«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.	*Ұсынылған диссертациялық жұмыс ғылыми тұрғыдан маңызды, себебі зерттеу нәтижесінде алынған TiO_2 негізіндегі наноқұрылымды анод материалдары Mg^{2+} иондары үшін тұрақты әрі тиімді орта ретінде көрсетілді. Материалдардың құрылымын өзгертіп, реттеу мүмкіндігі олардың қолданылу саласын кеңейтеді. Осындай анод материалдары болашақта қайта зарядталатын магний батареяларын*

			жасауға негіз бола алады. Қазақстан аумағында титан мен магний қорының молдығы, сондай-ақ Өскемен титан-магний комбинаты сияқты өндіріс орындарының болуы отандық шикізат базасын пайдалануға мүмкіндік береді. Осы зерттеу нәтижелерін өндіріске енгізу батарея компоненттерін өз елімізде шығарып, импортқа тәуелділікті азайтуға, сондай-ақ ғылым мен өндіріс арасындағы байланыстарды нығайтуға жағдай жасайды.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: ***1) жоғары;*** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	*Жұмыстың ғылыми мазмұны мен құрылымы, талдау тереңдігі ізденушінің диссертацияны өз бетімен орындағанын көрсетеді. Ғылыми мәтін жазу мәдениеті жоғары деңгейде.*
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: ***1) негізделген;*** 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	*Берілген диссертациялық жұмыста магний-иондық батареяларға арналған анодтық материалдарды жетілдіру мәселесінің ғылыми және практикалық өзектілігі негізделген. Литий-иондық батареялардың ресурстық, экологиялық және экономикалық шектеулері баламалы энергия сақтау жүйелерін іздеуді қажет етеді. Осы тұрғыдан магний негізіндегі батареялар қолжетімділігі, экологиялық қауіпсіздігі және жоғары энергия сыйымдылығы арқылы перспективалы нұсқа болып табылады. Алайда Mg^{2+} иондарының қайтымды интеркаляциясын қамтамасыз ететін тиімді анод материалдарының тапшылығы бұл саладағы басты ғылыми мәселе болып қала береді.*

			Зерттеу жұмысы осы мәселені шешуге бағытталған: титан диоксидінің наноқұрылымды формаларын қолдану арқылы Mg^{2+} иондарының интеркаляция процесін жақсарту жолдары ұсынылған. Сонымен бірге автор тақырыпқа қатысты қазіргі ғылыми зерттеулерді талдап, зерттеу бағытының өзектілігін дәлелді түрде негіздей алған.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	*Жұмыс құрылымы мен мазмұны белгіленген тақырыппен толық сәйкес келеді. Әрбір бөлім зерттеу логикасына сәйкес орналасқан және жалпы мақсатқа бағытталған. Әр түрлі наноқұрылымды титан оксиді бойынша жүргізілген зерттеулер толықтай тақырып аясында орындалған.*
		1) айқындайды;	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	*Диссертацияда қойылған ғылыми мақсат пен міндеттер нақты және өзара үйлесімді. Зерттеу барысында осы міндеттерге сәйкес нәтижелер алынған. Мақсатты шешуге бағытталған әрбір тарау логикалық және ғылыми тұрғыдан үйлесімді түрде дәйектеліп отырған.*
		1) сәйкес келеді;	
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	*Жұмыстың құрылымдық бірлігі жоғары деңгейде. Кіріспеден бастап, эксперименттік бөлімдер мен қорытындыға дейінгі барлық бөлімдер арасында логикалық сабақтастық сақталған. Әрбір ғылыми тұжырым нақты нәтижелерге негізделген.*
		1) толық байланысқан;	
		2) ішінара байланысқан;	
		3) байланыс жоқ.	
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:	1) сыни талдау бар *Автор зерттеу нәтижелерін бұрыннан белгілі ғылыми мәліметтермен салыстырып, олардың*

		1) сыни талдау бар;	*артықшылықтары мен тиімділігін ғылыми тұрғыда негіздейді. Әр түрлі нанқұрылымды титан оксидінің электрхимиялық және құрылымдық қасиеттері заманауи әдістермен зерттеліп, нәтижелері әдеби деректермен салыстырылып, толық талданған.* *Титан оксиді нанотүтіктердің интеркаляциялық қасиеттірі таза титан электродымен, титан оксиді наноталшықтарының интеркаляциялық қасиеттері коммерциялық титан оксиді ұнтағы мен ацетиленді күйемен салыстырылды.*
		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?	*1) толығымен жаңа* *Алғаш рет магний-иондық батареялар үшін анод материалы ретінде түрлі морфологияға ие TiO_2 наноқұрылымдары (соның ішінде нанотүтіктер және нанотаяқшалары) кешенді түрде қарастырылды және олардың қолдану мүмкіндігі дәлелденді. TiO_2 құрылымының пішіні мен өлшемі Mg^{2+} иондарының интеркаляция/деинтеркаляция процестерінің тиімділігіне тікелей әсер ететіні көрсетілді. Осылайша, TiO_2 нанотүтіктері мен нанотаяқшалары МИБ аноды ретінде қолдану бұл сала үшін жаңа ғылыми бағыт болып табылады.*
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	*Қорытындылар ғылыми жаңалық ретінде құнды. Титан оксидінің әр түрлі наноқұрылымдарына магний иондарының интеркаляция/деинтеркаляция процестерінің жүру мүмкіндігі тәжірибелік деректермен дәлелденді. Үш зерттелген наноқұрылымның*
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			ішінде TiO_2 нанотүтіктері салыстырмалы түрде төмен меншікті сыйымдылық көрсеткеніне қарамастан, олардың құрылымдық тұрақтылығы мен жоғары циклдік беріктігі тәжірибе нәтижелерімен нақты негізделген. Диссертациялық жұмыс нәтижелері 12 ғылыми еңбек түрінде көрініс тапқан, оның ішінде: *- 2 ғылыми мақала Web of Science және Scopus ақпараттық базаларына кіретін халықаралық басылымдарда жарияланды (1 – 89%, Q1, 2 – 35%, Q4).* *- 2 мақала ҚР білім және ғылым саласындағы бақылау Комитеті ұсынған басылымдарда жарияланды.* *- халықаралық және мемлекеттік конференциялар тезистері мен материалдары жинақтарында 8 тезис жарияланды, оның ішінде 5 тезис шетелдік конференциялар материалдарында жарық көрген.* *Сонымен қатар диссертация нәтижелері келесі халықаралық конференцияларда офлайн түрде ауызша баяндалған:* 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.* 5. *MedGU-2024, Barcelona, Spain, 2024.*
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	*Титан оксидінің әр түрлі наноқұрылымдарын синтездеу үдерісі экологиялық қауіпсіз және энергия шығыны төмен болып табылады, бұл олардың өндірістік тұрғыдан тиімділігін арттырады. Сонымен бірге, алынған нәтижелер болашақта жоғары энергия сыйымдылығы бар жаңа технологияларды дамытуға алғышарт бола алады.*
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
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).	*Барлық негізгі қорытындылар нақты эксперименттік деректерге және заманауи электрохимиялық әдістерге сүйеніп жасалған.*
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	***1-ші ереже*** *Анатаз фазалы TiO_2 нанотүтіктері мен наноталшықтары 1,2–1,9 В потенциалдар диапазонында заряд-разряд процестерінің айқын шыңдарымен расталатын магний иондарының қайтымды интеркаляциясын қамтамасыз етеді, бұл олардың электродтық белсенділігін растайды және оларды магнийионды батареялар үшін тиімді анодтық материалдар етеді.* ***7.1 Ереже дәлелденді*** *0,5 М $Mg(TFSI)_2$–EC/DMC электролитінде TiO_2 нанотүтіктері үшін шамамен 1,2 В-та және TiO_2 наноталшықтары үшін 1,45 В қасында катодтық шыңдардың, сондай-ақ 1,9 В облысында анодтық шыңның байқалуы магний*
		7.1 Ереже дәлелденді ме?	
		1) ***дәлелденді;***	
		2) шамамен дәлелденді;	
		3) шамамен дәлелденбеді;	
		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.	*иондарының осы наноқұрылымдарға еніп және қайта шығу процестерінің жүзеге асатынын дәлелдейді.* ***7.2 Тривиалды емес*** *Ұсынылған жүйенің байқалған нәтижелері күтпеген сипатқа ие. Әдетте Mg^{2+} иондарының оксидтік торға орныгуы баяу әрі күрделі үдеріс болып саналатындықтан, алынған интеркаляциялық белсенділік бұрынғы ғылыми түсініктерге сай келе бермейді. Сондықтан бұл нәтиже қарапайым емес және зерттеудің ғылыми маңызын айқындайды.* ***7.3 Ия*** *Магний-ионды батареялар үшін анодтық материал ретінде анатаз фазалы TiO_2 нанотүтіктері мен наноталшықтарының қасиеттері алғаш рет қарастырылды.* ***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 Иә*** *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 Ия*** *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 әдістер зерттеу мақсатына толық сәйкес келеді. Титан оксидінің әр түрлі наноқұрылымдарының сыйымдылықтары гальваностатикалық заряд разряд әдістері, электрохимиялық импеданстық спектроскопия (EIS), SEM микроскопиясы сынды заманауи зерттеу тәсілдері орынды таңдалып, нақты сипатталған. Магний иондарының титан оксидіне енуі циклді вольтамперометрия әдіс арқылы анықталды. Әдістемелік бөлімде әрбір эксперименттік кезеңнің орындалу реті, қолданылған реактивтер, ерітінді концентрациясы және өлшеу параметрлері толық келтірілген.*
	Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	**1) *ия;***	
		2) жоқ.	
		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	*Зерттеу нәтижелерін өңдеу кезінде Origin, Nova, EC-Lab, Excel бағдарламалары арқылы сандық және статистикалық өңдеулер жүргізілген. Электрхимиялық әдістер арқылы алынған нәтижелерге эквивалентті электр тізбектерін құру, поляризация қисықтарын математикалық модельдеу сияқты тәсілдер қолданылған. Бұл – ғылыми дәйектілікті қамтамасыз етудің дәлелі.*
		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):	*Аталған наноқұрылымдарда Mg^{2+} иондарының интеркаляциялану қабілеті алынған тәжірибелік нәтижелермен сенімді түрде дәлелденді. Сонымен қатар нанотүтік пішінінің магнийдің разрядтық әрекетіне және TiO_2 нанотүтік электродтарының бет морфологиясына әсері эксперименттік мәліметтер мен COMSOL Multiphysics модельдеу нәтижелері арқылы айқын көрсетілді.*
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	*Диссертацияда жалпы 171 ғылыми дереккөз қолданылған, оның ішінде 130-тан астамы соңғы 10 жылда (2015–2025 жж.) жарық көрген. Дереккөздердің көбісі Scopus және Web of Science базаларындағы жоғары импакт-факторлы журналдардан алынған. Автор заманауи ғылыми трендтерге сәйкес, шетелдік ғалымдардың еңбектеріне сілтеме жасай отырып, өзінің ғылыми тұжырымдарын салыстырмалы түрде негіздеген. Бұл жұмыстың әлемдік ғылым контекстіне сәйкестігін көрсетеді.*
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **жеткілікті**/жеткіліксіз.	*Әдеби шолу бөлімі құрылымдық жағынан жүйелі әрі мазмұндық тұрғыдан **жеткілікті.** Әдеби шолуда берілген деректер магний-ионды батареялардың жұмыс жасау қағидаларын, қолданылатын электролиттер мен анод материалдарының ерекшеліктерін, сондай-ақ TiO_2 негізіндегі наноқұрылымдарды синтездеу әдістері мен олардың физика-химиялық қасиеттерін жан-жақты сипаттайды.*
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	*Бұл жұмыста титан оксидінен түзілген наноқұрылымдарда Mg^{2+} иондарының ену*
		1) бар;	

		2) жоқ.	*(интеркаляция) үдерісі зерттелді. Мұндай талдау магний-ионды батареялардың теориялық негізін айқындауда маңызды рөл атқарады. Зерттеу барысында наноматериалдардың пішіні, өлшемдік ерекшеліктері және реакция жылдамдығы ескеріліп, масса мен зарядтың тасымалдануы сандық модельдеу арқылы сипатталды. Алынған нәтижелер көпзарядты иондардың қатты материалдармен әрекеттесуін жақсырақ түсінуге мүмкіндік беріп, TiO_2 негізіндегі тұрақты және тиімді анодтық материалдарды таңдауға негіз болды.*
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	*Энергияға деген сұраныстың өсуі мен экологиялық қауіптердің артуы тиімді және қауіпсіз энергия сақтау жүйелерін жасауды талап етеді. Магний-ионды батареялар осы тұрғыда литий-ионды аккумуляторларға қолайлы балама бола алады. Бұл зерттеу барысында алынған TiO_2 наноқұрылымдары магний иондарын тұрақты түрде қабылдай алатын анод материалы ретінде ұсынылды. Қазақстанда титан мен магний қорлары жеткілікті болғандықтан, мұндай материалдарды отандық шикізат негізінде өндіру мүмкіндігі бар. Алынған нәтижелер жаңартылатын энергия, электр көлігі және медицина салаларында қолданылуы мүмкін және елдің жасыл экономикаға көшуіне үлес қосады.*
		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*
		1) *толығымен жаңа;*	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	

		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	*Electrochemistry» журналында, «ҚазҰУ хабаршысы», «ҚБТУ хабаршысы», журналдарында мақалалар, және халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда 8 баяндаманың материалдары мен тезистері түрінде жарияланған*
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	*Диссертациялық жұмыс сауатты ғылыми-техникалық, толық сипатта жазылған.*
		1) *жоғары;*	
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	
11.	Диссертацияға ескертулер	*1. Диссертацияда титан диоксидінің (TiO_2) наноөлшемді құрылымдарын алу үшін үш түрлі синтез әдісі ұсынылып, әдеби шолуда олардың магний-ионды батареяларда қолдану әлеуеті көрсетілген. Сонымен қатар, TiO_2 анатаз фазасының кең тыйым салынған аймаққа ($Eg \approx 3,2–3,4$ эВ) ие болуы электрондық өткізгіштік пен заряд тасымалын шектейтіні белгілі. Жұмыста TiO_2 негізіндегі материалдардың қасиеттерін жақсартудың кең таралған тәсілдері легирлеу, оттекті бос орындар қалыптастыру немесе композиттік жүйелер жасау қарастырылмаған. Мұндай модификациялар алдағы зерттеулерде материалдың өткізгіштігі мен циклдік жұмыс тұрақтылығын жан-жақты бағалауға мүмкіндік беруі мүмкін.* *2. Сурет 16-да нанотүтікшелерге арналған ЭДС деректері ұсынылғанымен, наноталшықтар мен нанотаяқшалар үшін SEM/EDS нәтижелері және бөлшек өлшемдерінің статистикалық сипаттамалары жеке берілмеген. Бұл әртүрлі морфологиялар арасындағы құрылымдық айырмашылықтарды толық салыстыруға қосымша мүмкіндіктер қалдырады.* *3. 77-бетте алмасу тоғының тығыздығын (i_0) есептеу барысында $n = 2$ мәнінің қолданылғаны көрсетілген. Автордың өзі атап өткендей, магний иондарының қалпына келуі көпсатылы процесс болуы ықтимал, сондықтан бұл қарапайымдандыру есептелген параметрлердің дәлдігіне белгілі бір деңгейде әсер етуі мүмкін. Бұл бөлікті нақтылау жұмыстың нәтижелерін түсіндіруді толықтыра алады.* *4. Диссертацияда 50 циклдік заряд/разряд нәтижелері келтірілгенімен, сыйымдылықтың өзгеруіне ықпал етуі мүмкін факторлар кеңінен талданбаған. Циклдеу барысындағы құрылымдық немесе интерфейстік өзгерістер, ішкі кедергілердің динамикасы немесе Mg^{2+} интеркаляция/деинтеркаляция процесінің қайтымдылық ерекшеліктері жеке қарастырылмаған.*	

		Бұл аспектілерді қосымша талдау материалдың циклдік тұрақтылығын толық сипаттауға мүмкіндік бере алады.	
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)		
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	*Р.Ж. Джуманованың қорғауға ұсынылған диссертациялық зерттеуі белгіленген ғылыми талаптарға толық сәйкес келеді. Жұмыс қазақ тілінде сауатты және түсінікті түрде баяндалған, терминологиясы дұрыс қолданылған. Диссертацияның құрылымы реттелген, бөлімдердің мазмұны өзара үйлесімді және зерттеу тақырыбына сәйкес ашылған. Жұмыс ғылыми жаңалыққа ие және зерттеу нәтижелері негізді. Жоғарыда айтылған ескертпелер жалпы жұмыстың теориялық маңыздылығы мен практикалық құндылығын төмендетпейді.*	***Ресми рецензенттің шешімі:*** *1) философия докторы (PhD) немесе бейіні бойынша доктор дәрежесін беру;*

Подпись Бейсенова Р.Е заверяю

Департамент по развитию персонала

Ресми рецензент:

АҚ «Қазақстан -Британ техникалық университеті»,

PhD, профессор

(жұмыс орны, ғылыми дәрежесі)

ДЕПАРТАМЕНТ ПО РАЗВИТИЮ ПЕРСОНАЛА

(қолы)

Бейсенов Ренат Елемесұлы

(Аты-жөні)