«8D07110-Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Нұрболат Шырын Таңырбергенқызының «Көміртекті материалдар мен металл оксидтері негізінде суперконденсаторларға арналған электродты композиттер» 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:	Автор Нұрболат Шырынның диссертациялық жұмысы ғылым дамуының «Энергияны жинақтау және сақтаудың электрохимиялық құрылғылары үшін көміртегі композиттер және металл оксидтері» басым бағытына сәйкес келеді. Диссертациялық жұмыс AP09058501 «Энергияны сақтау және фотоэлектрохимиялық құрылғылар үшін перспективті наноқұрылымды материалдар жасаудың технологиялық негіздерін жасау», AP09259253 «Электрохимиялық энергияны жинақтау және сақтау құрылғыларына арналған көміртекті композиттерді әзірлеу» 2021-2023 жж. мемлекеттік гранттық қаржыландыру жобалары аясында жүргізілді.
		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.	Диссертациялық жұмыс отандық және халықаралық ғылымға елеулі үлес қосады. Зерттеу нәтижесінде жоғары энергия сыйымдылығын қамтамасыз ететін симметриялы электродтарды оңтайландыру әдістері әзірленді. Бұл әдістер өндірістік процестерді жеңілдетіп, олардың өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік ашады. Жұмыста алынған шешімдер энергия сақтау құрылғыларын өнеркәсіптік деңгейде перспективалы қолдануғажәне олардың тиімділігін арттыруға бағытталған. Зерттеу нәтижелері

			энергияны сақтаужүйелерінің тиімділігі мен экономикалық қолжетімділігін арттыруға ықпал етеді.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: **1) жоғары;** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Нұрболат Шырын диссертациялық жұмыстың материалдарын терең меңгерген, зерттеу әдістемесін әзірлеуге, алынған нәтижелерді талдап өңдеуге белсенді қатысқан, сондай-ақ зерттеу нәтижелері негізінде ғылыми мақалалар әзірлеген.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: **1) негізделген;** 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертациялық жұмыстың өзектілігі жоғары деңгейде негізделген және қазіргі заманғы ғылым мен өндіріс талаптарына сәйкес келеді. Суперконденсаторларды жасау барысында шығынды азайтып, жоғары өнімділікті қамтамасыз етуге бағытталған зерттеулер ерекше маңызды. Екі электродтың да бірдей материалдан жасалуы және олардың массасы мен ауданының тең болуы симметриялы конденсаторлардың өндірістік процестерін ассимметриялы жүйелермен салыстырғанда едәуір жеңілдетеді. Сондықтан симметриялы конденсаторлар жаппай өндіріс тұрғысынан тиімдірек әрі тартымды болып табылады. Дегенмен, суперконденсаторларды кеңінен қолданылатын белсендірілген көмірден (AC) жасалған симметриялы конденсаторлардың сыйымдылығы әлі толықтай оңтайландырылмаған. Бұл айнымалы ток суперконденсаторындағы анодты және катодты электродтардың потенциалдарының айырмашылығымен байланысты. Осы мәселені шешу мақсатында диссертациялық жұмыста кобальт бөлшектері мен синтезделген белсендірілген көмірден жасалған композит (Co@AC) негізіндегі симметриялы электродтары бар

			суперконденсаторларды әзірлеуге бағытталған зерттеу ұсынылған. Мұндай көзқарас зерттеудің өзектілігін айқын көрсетіп, оны ғылыми және практикалық тұрғыдан құнды етеді.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: **1) айқындайды;** 2) ішінара айқындайды; 3) айқындамайды.	Ұсынылған жұмыстың мазмұны диссертацияның тақырыбына толық сәйкес келеді және зерттелетін мәселені жан-жақты ашып көрсетеді. Диссертацияның құрылымы қысқартулар мен шартты белгілер тізімінен, кіріспеден, бес негізгі бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімі мен қосымшадан тұрады. Жұмыстың барлық бөлімдері, тараулары мен құрылымдық элементтері өзара үйлесімді және логикалық байланыста құрылған, бұл зерттеудің тұтастығын қамтамасыз етеді.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: **1) сәйкес келеді;** 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	Диссертациялық зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттері нақты айқындалып, диссертация тақырыбының мазмұнына толық сәйкес келеді.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: **1) толық байланысқан;** 2) ішінара байланысқан; 3) байланыс жоқ.	Диссертацияның барлық бөлімдері мен қағидалары толығымен логикалық реттілікпен байланысқан. Зерттеу жұмысына қойылған әрбір міндеттер бойынша жұмыс нәтижелері талқыланған. Диссертация бөлімдерінің ішкі бірлігі бар.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: **1) сыни талдау бар;** 2) талдау ішінара жүргізілген; 3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген;	Автордың ұсынған қағидаттары басқа зерттеушілердің белгілі шешімдермен салыстырмалы түрде талданып, сыни талдау нәтижесінде алынған. Диссертациялық жұмыстың 5.8-суретінде Нұрболат Ш.Т. өз нәтижелерін жан-жақты салыстырған. *Дегенмен, меншікті сыйымдылық пен сыйымдылықтың сақталуын көрсететін басқа*

		4) талдау жоқ.	*графиктерде де өз нәтижелерін басқа авторлардың деректерімен салыстырма жүргізілгені жақсы болар еді.*
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма?	Қорғауға ұсынылған негізгі ғылыми нәтижелер мен қағидаттар толығымен жаңашылдығымен ерекшеленеді. Диссертациялық жұмыстың негізгі тұжырымдары ғылыми тұрғыда жан-жақты негізделіп, логикалық жүйелікпен сұрыпталып, дәйектілікпен дәлелденген. Зерттеу нәтижелерінің шынайылығы күмән туғызбайды.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Диссертациялық жұмыстың қорытындылары толығымен жаңа болып табылады. Зерттеудің ғылыми жаңалығы келесідей: 1. Co_3O_4 нанобөлшектерінің тотықсыздандырудан кейінгі электрохимиялық белсенділігі және меншікті электрсыйымдылығының өзгерісі анықталды. 2. H_2-өңдеу режимдерінің Co_3O_4 нанобөлшектерінен жасалған электродтардың меншікті сыйымдылығының ұлғаюына жауапты жұқа электрохимиялық белсенді қабатты қалыптастыруға әсері зерттелді. 3. Тотықсыздану процесінде Co_3O_4 нанокристалл құрылымының CoO фазасына трансформациясы және тотығу кезінде CoO құрылымынан Co_3O_4 құрылымына кері ауысу ерекшеліктері зерттелді. 4. Кобальт және белсендірілген көмір негізінде синтезделген Co@AC композитінен жасалған симметриялы суперконденсатор жасау әдістері және олардың электрхимиялық қасиеттері зерттелді.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Техникалық, технологиялық және басқару шешімдері түбегейлі жаңашылдыққа ие, практикалық маңыздылығымен ерекшеленеді және жеткілікті түрде ғылыми әрі әдістемелік тұрғыда негізделген.
		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).	Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары ғылыми тұрғыда маңызды теориялық зерттеулерге және көптеген тәжірибелік жұмыстардың нәтижелеріне негізделіп, жеткілікті дәлелденіп және тұжырымдалған. Зерттеу нәтижесінде жасалған қорытындылар теориялық және тәжірибелік зерттеу жұмыстарының деректерімен қатар, талдаудың физика-химиялық және құрылымдық әдістерінің нәтижелеріне сүйене отырып әзірленген.
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; 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;	Қорғауға ұсынылған қағидаттар теориялық және тәжірибелік тұрғыдан дәлелденген толықтай жаңа және тривиалды емес. Ұсынылған қағидаттар бойынша материалтану саласында қолдану ауқымы кең. 1. Қағида Co_3O_4 негізіндегі электродтардың сыйымдылығының артуы Co_3O_4 бөлшектерін 300 °С-ге дейінгі температурада 1 сағатқа дейін сутегі атмосферасында тотықсыздандыру, кейін баяу тотықтыру арқылы жүзеге асырылады. 2. Қағида Co_3O_4 нанобөлшектері негізіндегі электродтарды 275 °С температурада тотықсыздандыру оның құрылымын бұзбайды және электродтардың меншікті сыйымдылығын 4-5 есе арттырады, бұл ретте Co^{2+}/Co^{3+} ауысуы сыйымдылыққа айтарлықтай үлес қосады. 3. Қағида Co_3O_4 бөлшектерінің бетін белсендіру және электродтардың электрохимиялық белсенділігін арттыру нанобөлшектердің қайта кристалдануы

		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.	нәтижесінде жүзеге асады, мұнда Co_3O_4 нанокристалл құрылымының CoO фазасына өзгеруі және Co^{2+} күй концентрациясының өсуі H_2-өңдеуімен басталады. 4. Қағида Симметриялы конденсаторға арналған кобальт нанобөлшектері және белсендірілген көмір негізіндегі композитті (Co@AC) синтездеу теріс электродтың сыйымдылығын сақтай отырып, фарадей реакциялары есебінен оң электродтың сыйымдылығын ~3 еседен астам арттырады. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша 9 баспалық жұмыс жарияланды. Соның ішінде Scopus базасында CiteScore көрсеткіштік процентильге ие Q2 квартиліне кіретін журналдарда 3 мақала, ҚР БҒМ БҒСБК ұсынатын ғылыми журналдарда 3 мақала, халықаралық ғылыми - практикалық конференциялардың жинақтарында 3 ғылыми жұмыс жарияланды.
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Диссертациялық жұмыста қолданылған әдістемелер теориялық және тәжірибелік зерттеулердің дәлдігі мен дұрыс орындалуын қамтамасыз ететіндей деңгейде жан-жақты сипатталған. Метал оксидтері үлгілерінің және олардың негізіндегі композиттердің құрылымдық ерекшеліктері мен беттік морфологиясы, элементтік және фазалық құрамы, сондай-ақ электрхимиялық қасиеттері толық әрі нақты сипатталған.
	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	Ізденуші диссертациялық жұмыстың нәтижелерін ғылыми зерттеулердің заманауи әдістерін қолдану арқылы алған. Зерттеу барысында Сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ) және

		интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	Жарықтандырушы электронды микроскопия (ТЭМ), Рентгендік дифракция (XRD), Раман спектроскопиясы, Электрхимиялық импеданс спектроскопиясы (EIS), Циклдық вольтамперометрия (CV), Гальваностатикалық заряд-разряд әдісі (GCD), Рентгендік фотоэлектрондық спектроскопия (XPS), БЭТ әдісі (газдың адсорбция/десорбция әдісі), Энергодисперсті рентгендік спектроскопия (EDX) сияқты заманауи әдістер қолданылған. Алынған нәтижелер сипаттамалары Origin Pro, KaleidaGraph, CorelDRAW бағдарламаларының көмегімен өңделіп, олардың дәлдігі мен көрнекілігі қамтамасыз етілген. *Ұсыныс: соңғы аталған бағдарламалар көмегімен суперконденсатордың суреті мен сұлбасын қоссаңыз, диссертацияға көркемдік элементтер енгізіп қана қоймай, ұсынылған материалдардың визуализациясын айқынырақ көрсетер еді.*
		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):	Диссертациялық жұмыстың теориялық тұжырымдары дұрыс жүргізілген және тәжірибелік зерттеулердің деректеріне сүйеніп толықтай негізделген. Металоксидтері негізіндегі электродтарты сутегі атмосферасында өңдеу кезіндегі құрылымдық және электрхимиялық қасиеттерінің өзгерісі тәжірибелік зерттеулермен толық расталған.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен **расталған** / ішінара расталған / расталмаған.	Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Сілтеме жасалған дереккөздердің көпшілігі соңғы жылдардағы басылымдар мен мақалалардан тұрады.

		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **жеткілікті**/жеткіліксіз.	Диссертациялық жұмыста пайдаланылған әдебиеттер тізімі зерттеу тақырыбы бойынша аналитикалық әдеби шолу жүргізу үшін жеткілікті деңгейде құрастырылған. Жұмыста сілтеме жасалған әдебиеттердің жалпы саны 153. Ізденуші өзге авторлардың құқықтары мен заңды мүдделерін толықтай сақтай отырып, дереккөздерді дәл әрі дұрыс пайдаланған.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы: **1) бар;** 2) жоқ.	Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы жоғары. Зерттеу нәтижелері материалдардың электрлік сипаттамаларын іргелі зерттеу саласындағы маңызды мәселелерді шешуге елеулі үлес қосып, осы саладағы ғылыми таным мен түсінікті тереңдетуге ықпал етеді. Алынған нәтижелер электрод материалдарын жетілдірудің жаңа тәсілдерін ұсына отырып, электрхимиялық құрылғылардың тиімділігін арттыруға және олардың қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, зерттеу материалтану саласындағы іргелі зерттеулер мен қолданбалы технологиялар арасындағы байланысты нығайтуға негіз болады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: **1) ия;** 2) жоқ.	Диссертацияда келтірілген нәтижелердің практикалық маңыздылығы өте жоғары және ауқымы кең. Алынған нәтижелерді энергияны сақтау құрылғылары, жаңартылатын энергия көздері, электрмобильдер мен көлік салаларында тиімді түрде қолдануға болады. Сонымен қатар, әртүрлі әдістермен синтезделген дайын наноматериалдар нанотехнология саласының кең спектрінде қолдануға мүмкіндік береді, бұл зерттеудің қолданбалы құндылығын арттырады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	

		1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Диссертациялық жұмыстағы практикалық ұсыныстар толығымен жаңа болып табылады.Олар зерттеу нәтижелеріне негізделіп, суперконденсаторлар мен материалтану саласындағы қазіргі ғылыми және инженерлік мәселелерді шешуге бағытталған. Ұсыныстардың жаңашылдығы технологиялық параметрлерді оңтайландыру және материалдардың электрхимиялық қасиеттерін жақсартуға арналған тиімді әдістерді ұсынуында көрініс табады. Бұл ұсыныстар энергия сақтау құрылғылары мен нанотехнология саласындағы қолданбалы зерттеулер үшін ерекше маңызға ие.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: **1) жоғары;** 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Диссертанттың академиялық жазу сапасын жоғары деңгейде, диссертациялық жұмыс сауатты ғылыми-техникалық тілде баяндалған. Негізгі ережелер, тұжырымдар мен қорытындылар толықтай аяқталған және сенімді.
11.	Диссертацияға ескертулер	*3.8 және 3.27 суреттердің пунктері ағылшын әріптерімен көрсетілген; қорытынды бөлімінде орфографиялық қателер кездеседі; диссертация мәтінінде «электрхимиялық» термині кей жерлерді «электрохимия» немесе «электрхимия» болып әртүрлі қолданылған; қысқартулар бөлімінде «Co@AC» аббревиатурасы ашылмаған. Алайда көрсетілген техникалық қателіктер диссертация мәтінінде жазу сапасын төмендетпейді.*	
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)	Диссертациялық жұмыс негізінде орындалған ғылыми мақалалардың деңгейі жоғары.	

13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	Жоғарыда айтылған сипаттамаларға сүйене отырып, ізденуші Нұрболат Шырын Таңырбергенқызын «8D07110-Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға толығымен лайықты деп есептеймін.

Ресми рецензент:
АҚ Металлургия және кен байыту институтының
Металлтану лобараториясының меңгерушісі, PhD

Кенжегулов Айдар Караулович

13 12 24