«8D05301-Химия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған Сарсенбаева Замира Беркбайкызының «Күрделі оксидті манганиттердің наноболшектерін синтездеу және сутек алудағы (CAP, OAP) каталитикалық қасиеттерін физика-химиялық тұрғыда зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

РЕСМИ РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША СЫН-ПІКІРІ

р/н №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін сызу)	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме (ескертуді курсивпен көрсету)
	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 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 бағыттарына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.	Диссертация Қазақстан Республикасы ғылымды дамытудың басым бағыты «Энергия, озық материалдар және көлік» және «Елдің зияткерлік әлеуеті» бағдарламаларға толық сәйкес келеді. Зерттеу жұмыстары ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті қаржыландыратын: 1 ИРН AP26198947 «Физика-химиялық сипаттамалары бақыланатын магнитке сезімтал орталарды әзірлеу үшін көп компонентті перовскиттердің қасиеттерін синтездеу және зерттеу» (2025-2027); 2 ИРН AP26198941 «Сутегі өндірісіндегі композиттер мен нанокомпозиттердің электрокаталитикалық қасиеттерін зерттеу» (2025-2027) гранттық жобаларды іске асыру аясында орындалған. Сондай-ақ Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің 26 сәуір 2023 жылдың №236 бұйрығына сәйкес ішкі қаржыландырылу «Спинтроникаға арналған жаңа композициялық мультиферроиктердің синтезі және физикалық негіздері» және Йылдыз техникалық университетінің (Түркия) BAP бағдарламасы аясындағы FBG-2025-6692 «Әртүрлі ауыспалы металдармен байытылған және графенмен легирленген перовскит құрылымды темір манганиттерінің электрокаталитикалық белсенділігі мен сутек өндіру тиімділігін арттыру (Perovskite NanoGraphene, PNG)» халықаралық жобасын іске асырумен тікелей байланысты жүргізілген.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлес қосады/қоспайды және оның маңыздылығы диссертациялық жұмыста толық ашылған/ашылмаған.	Диссертациялық жұмыс ғылымға елеулі үлес қосады, себебі наноқұрылымды перовскитті манганиттер негізінде сутектік энергетикаға арналған асыл металдарсыз электрокатализаторларды әзірлеумен айқындалған. Автор алғаш рет бірфазалы және екіфазалы оксидтік жүйелердің ($FeMnO_3$, $La_{0.9}MnO_3$–$LaFeO_3$, $FeMnO_3$–$Ho_3Fe_5O_{12}$, $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3$–$In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$) қалыптасу заңдылықтарын ғылыми тұрғыдан негіздеп, кристалдық құрылым, диэлектрлік өтімділіктің артуы және сутектің бөліну реакциясындағы электрокаталитикалық белсенділік арасындағы өзара байланыстың механизмдерін түсіндіруге бағытталған. Жұмыста жаңа асыл металдарсыз катализаторларды әзірлеу, жаңа наноқұрылымды жүйелерді синтездеу,

Сканировано с CamScanner

			физика-химиялық және электрондық әсерлердің механизмдерін ашу бойынша ғылыми қорытындылар жасалған. Жұмыстың ғылым үшін маңыздылығы жоғары деңгейде толық ашылған деп есептеймін.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертациялық жұмыс ҚР Ғылым және жоғары білім министрінің 06.01.2026 жылғы №4 бұйрығына сәйкес мақалалар топтамасы түрінде ұсынылған. Докторант оксидті наноматериалдардың барлығына, соның ішінде «жасыл» синтез әдісін әзірлеуге қатысты золь-гель синтезін өз бетінше жүргізіп, фазалық құрамына, микроқұрылымына, диэлектрлік сипаттамаларына және электрохимиялық параметрлеріне кешенді талдау жасаған. Негізгі ғылыми жарияланымдарда докторант хат-хабар алмасуға жауапты автор ретінде көрсетілген. Бұл зерттеу нәтижелерді алудағы үлесі мен өзі жазу деңгейінің жоғары екендігін көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертациялық жұмыстың өзектілгі қатты денелер химиясы, нанотехнологиялар және сутектік энергетика салаларына тікелей байланысты. Автор алған наноқұрылымды манганиттер мен композиттерді синтездеу шарттары, кристаллографиялық және морфологиялық сипаттамалары, электрофизикалық және диэлектрлік қасиеттері, сутектің бөліну реакциясындағы электрокаталитикалық белсенділігі нәтижелер кешені ғылыми тұрғыда негізделген. Өзектілік формальды сипатта емес, нақты ғылыми мәселелер арқылы дәлелденген.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) айқындайды; 2) ішінара айқындайды; 3) айқындамайды.	Жарияланымдардың мазмұны диссертациялық жұмыстың тақырыбына толық сәйкес келеді және күрделі оксидті манганиттерді синтездеу, олардың физика-химиялық қасиеттерін талдау және каталитикалық белсенділігін сынау үдерістерін жүйелі түрде қамтиды. Диссертациялық жұмыс мазмұны ұсынылған ғылыми бағыт аясын толыққанды айқындайды.
		4.3 Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеі; 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	Күрделі оксидті манганиттердің нанобөлшектерін синтездеу және сутек алудағы (CAP, OAP) каталитикалық қасиеттерін физика-химиялық тұрғыда зерттеу бойынша қойылған мақсат пен зерттеу міндеттері оны шешуді толық орындайды және диссертация тақырыбына сәйкес келеді. Орындалған реакцияларда нанобөлшектерді синтездеу және олардың каталитикалық қасиеттерін бағалау барысында алынған нәтижелер ғылыми тұрғыдан негізделген.
		4.4 Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: 1) толық байланысқан; 2) ішінара байланысқан;	Жарияланған мақалаларда зерттеудің бірізді логикалық құрылымы сақталған: перовскитті манганиттерге іргелі шолу жасаудан бастап, жеке моноперовскитті $FeMnO_3$, және күрделі екі фазалы $La_{0.9}MnO_3$ – $LaFeO_3$ және $FeMnO_3$–$Ho_3Fe_5O_{12}$ нанокомпозиттерін синтездеу мен олардың

Сканировано с CamScanner

		3) байланыс жоқ.	қасиеттерін эксперименттік апробациялауға дейінгі кезеңдері жүйелі түрде қамтылған. Барлық негізгі ережелер мен қорытындылар өзара логикалық байланысқан және біртұтас ғылыми тұжырымдамаға жүйеленген.
		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; 4) талдау жоқ.	Автор ұсынған жаңа ғылыми шешімдер (синтездеу әдістері, катализаторларды құрастыру қағидаттары және күрделі оксидті материалдардың қасиеттерін басқару тәсілдері) мен қорытындылар толық негізделген және қолданыстағы балама нәтижелерме жан-жақты салыстырылған, сыни тұрғыдан бағаланған.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75 % жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25 %-дан кем).	Диссертациялық жұмыста Печини әдісімен золь-гель синтезі арқылы жаңа құрамды $FeMnO_3$, $La_{0.9}MnO_3$ – $LaFeO_3$ және $FeMnO_3$ – $Ho_3Fe_5O_{12}$ манганиттері мен ферро-манганиттері синтезделді. Алынған қосылыстардың перовскиттік құрылымды бірфазалы және екіфазалы күрделі оксидтер түзетіні дәлелденді. Олардың кристалдық тор параметрлері, бөлшектердің морфологиясы және матрица көлемі бойынша элементтердің таралу ерекшеліктері анықталды. Алғаш рет жаңадан синтезделген барлық күрделі оксидтердің электрлік кедергісі мен диэлектрлік өтімділігінің температура мен жиілікке тәуелді өзгеру заңдылықтары анықталды. Синтезделген материалдардың, атап айтқанда, $La_{0.9}MnO_3$ – $LaFeO_3$ өткізгіш композиті мен $FeMnO_3$ нанобөлшектерінің қышқыл ортадағы сутектің бөліну реакциясына қатысты электрокаталитикалық қасиеттері сызықтық вольтамперометрия (LSV) және импеданстық спектроскопия (EIS) әдістерімен бағаланды. Aloe vera өсімдік экстрактын пайдалана отырып, перовскиттік құрылымды $LaMnO_3$ оксидін синтездеудің жаңа «жасыл» әдісі әзірленді. Автор ұсынған ғылыми нәтижелер мен ережелер толғымен жаңа мазмұн береді.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75 % жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25 %-дан кем).	Диссертациялық жұмыста ұсынылған ғылыми нәтижелер мен қорытындылар жаңа. Эксперименттер толығымен жаңадан жасалған және олардың нәтижелері қойылған міндеттерге сай қорытындылар түрінде келтірілген. 650 °C-тан жоғары температураларда күйдірудің және Fe^{3+} + $Mn^{2+/3+} \rightarrow Fe^{2+}$ + Mn^{4+} электрондық ауысуларының $FeMnO_3$ құрылымының қалпына келуіне және электрокаталитикалық жауаптың тұрақтылығына әсері, алынған жаңа нанокұрылымды фазалар мен екіфазалы

Сканировано с CamScanner

			композиттердің кристалдық тор параметрлері, тыйым салынған аймаққа ену (0,12–1,44 эВ) және аса жоғары диэлектрлік өтімділігі ($\varepsilon = 2{,}43\times10^5$), сонымен қатар, 0,5 М H_2SO_4 ерітіндісінде циклдік вольтамперометриялық сынақ жүргізу барысында каталитикалық токтың артуы туралы жаңа тұжырымдар жасалған.
		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).	Автор ұсынған технологиялық және техникалық шешімдер толығымен жаңа әрі ғылыми тұрғыдан негізделген. Негізгі назар тікелей экономикалық және ресурстық тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік беретін физика-химиялық, технологиялық және техникалық шешімдерге аударылған. Жұмыста тазалығы жоғары бір және екіфазалы күрделі оксидті наноматериалдар алудың технологиялық режимі, өсімдік экстрактын хелаттаушы және тотықсыздандырушы агент ретінде пайдалана отырып, $LaMnO_3$ перовскитін синтездеудің жаңа «жасыл» фитосинтез әдісі, сутектік энергетикаға арналған асыл металдарсыз электрокатализаторлар әзірленген, екіфазалы гетероқұрылымдарды (композиттерді) құрастырған. Платина тобына жататын сирек әрі қымбат металдарды темір, марганец, лантан және кальций негізіндегі қолжетімді оксидтік қосылыстармен алмастырып электролизерлерді өндіру кезінде күрделі капиталдық шығындарды азайту жөніндегі экономикалық міндетті тікелей шешуге мүмкіндік береді. Бұл шешімдер алынған материалдарды практикалық қолдануға бейімдеуге мүмкіндік береді.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген/негізделмеген (qualitative research (куолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша дарялық бағыттары үшін).	Диссертациядағы негізгі қорытындылар эксперименттік нәтижелердің жеткілікті көлеміне сүйенеді және ғылыми тұрғыдан негізделген. Қорытындылардың дұрыстығы жоғары дәлдікті физика-химиялық зерттеу әдістерімен расталған: рентгендік фазалық талдау (Rigaku MiniFlex 600), сканерлеуші электрондық микроскопия және энергия-дисперсиялық рентгендік спектроскопия (Thermo Scientific Apreo 2 S LoVac), ИҚ-Фурье спектроскопиясы (Bruker ALPHA), оттегі қатысындағы температуралық бағдарламаланған тотықтыру (ТПО-О2, USGA-101), Novocontrol / LCR-800 аспаптары арқылы жүргізілген өлшеулер, сондай-ақ электрохимиялық импеданстық спектроскопия (Gamry Reference 600) нәтижелерімен қамтамасыз етілген. Қорытындылар нақты деректермен бекітілген, оларды түсіндіруде ғылыми әдебиеттермен салыстыру жасалған, сондықтан жұмыстың тұжырымдары дәлелді және нанымды деп бағаланады.

Сканировано с CamScanner

7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға 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 тривалды екенін тексеру мүмкін емес. 7.3 Жаңа ма? 1) иә; 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) иә; 2) жоқ; 3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	1. Бірінші қағидат. Микро- және наноөлшемді құрылымдық элементтері бар $FeMnO_3$, $La_{0.9}MnO_3$–$LaFeO_3$, $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3$–$In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$ және $FeMnO_3$–$Ho_3Fe_5O_{12}$ құрамды күрделі оксидті материалдарды синтездеу жағдайларын анықтау бойынша Печинидің золь-гель әдісі мен «жасыл» фитосинтез әдісіне негізделген эксперименттік зерттеулер арқылы толық дәлелденген. Тривиалды болып табылмайды, өйткені фазалық тазалығы жоғары микро- және наноқұрылымдарды алу үшін кешен түзілу мен күйдірудің нақты температуралық-уақыттық параметрлерін анықтау процестерді терең физика-химиялық оңтайландыруды талап етті. Ғылыми жаңалығы жаңа болып табылады, себебі аталған оксидті қосылыстарды берілген дисперстілік дәрежесімен алу шарттары алғаш рет ғылыми тұрғыдан негізделген. Қолданылу деңгейі кең ауқымды, өйткені әзірленген синтездің технологиялық режимдерін әртүрлі функционалдық оксидті материалдар өндірісінде қолдануға болады. Қағидат автордың Molecules, Nanomaterials және Academic Scientific Journal of Chemistry журналдарында жарияланған ғылыми мақалалар топтамасында дәлелденген. 2. Екінші қағидат. Бір және екіфазалы материалдардың фазалық құрамы, кристалдық құрылымы мен морфологиясының ерекшеліктерін анықтау рентгендік-фазалық талдау (РФТ), сканерлеуші электрондық микроскопия (СЭМ-ЭДС) және ИҚ-Фурье спектроскопиясы әдістерінің көмегімен толық дәлелденген. Тривиалды болып табылмайды, өйткені кристаллографиялық симметрияны (гексагональдық, кубтық $Ia3^-$ және орторомбалық Pnma) анықтау және күрделі оксидті гетероқұрылымдардың кристалдық тор параметрлерін есептеу ғылыми міндет болып табылады. Ғылыми жаңалығы жаңа болып табылады, себебі жаңадан синтезделген фазалар үшін кристаллографиялық константалар, нанокристаллиттердің өлшемдері (51–186,9 нм) және матрица көлемі бойынша элементтердің біркелкі таралуы алғаш рет есептелген. Қолданылу деңгейі орташа, өйткені алынған нәтижелер күрделі оксидті жүйелердің физика-химиясы мен материалтану салаларына бағытталған. Қағидат ғылыми мақалаларда дәлелденген. 3. Үшінші қағидат. Диэлектрлік өтімділік пен электр кедергісінің температура мен жиілікке байланысты өзгеру заңдылықтары кеңжолақты диэлектрлік спектроскопия (Novocontrol/LCR-800) және электрөткізгіштікті температура мен жиілікке тәуелді өлшеу әдістері арқылы толық дәлелденген. Тривиалды болып табылмайды, өйткені иондық релаксация, зарядтың секірмелі тасымалдануы және алып диэлектрлік өтімділік

Сканировано с CamScanner

			эффектісінің (ε≈2,43×105) механизмдерін анықтау терең физикалық негіздеуді талап етеді. Ғылыми жаңалығы жаңа болып табылады, себебі зерттелген манганиттердің жартылай өткізгіштік сипаттағы электрөткізгіштігі (ΔE=0,12–1,44 эВ) мен релаксациялық жауабы алғаш рет эксперименттік тұрғыдан тіркелген. Қолданылу деңгейі кең, өйткені алынған қорытындылар жартылай өткізгіштер физикасына, диэлектриктер физикасына және ақаулық химияға бағытталған. Қағидат автордың Molecules және Nanomaterials халықаралық ғылыми журналдарында жарияланған мақалаларда дәлелденген. 4. Төртінші қағидат. Манганиттердің фазалық құрылымының, құрамының және морфологиясының олардың сутектің бөліну реакциясындағы (РПВ/HER) электрокаталитикалық белсенділігі мен заряд тасымалдау кинетикасына әсері сызықтық вольтамперометрия (LSV) және электрохимиялық импеданстық спектроскопия (EIS) әдістері арқылы толық дәлелденген. Тривиалды болып табылмайды, өйткені асыл металдарды (Pt, Ir) қолданбайтын, бағалы металдарсыз оксидті жүйелердің каталитикалық белсенділігін дәлелдеу Mn^{3+}/Mn^{4+} электрондық ауысуларын және «электрод–электролит» шекарасындағы заряд тасымалдануын күрделі талдауға негізделген. Ғылыми жаңалығы жаңа болып табылады, себебі зерттелген күрделі оксидті қабаттар үшін 0,5 М H_2SO_4 ерітіндісінде циклдік сынақтар жүргізу барысында каталитикалық токтың тұрақты өсуі мен тұрақтануы алғаш рет расталған. Қолданылу деңгейі кең ауқымды, өйткені алынған қорытындылар сутегі энергетикасы мен суды электролиздеу қондырғыларына арналған бағалы металдарсыз электродтарды жасаудың практикалық мүмкіндіктерін ашады. Қағидат автордың Molecules, Nanomaterials және Academic Scientific Journal of Chemistry журналдарында жарияланған ғылыми мақалалар топтамасында дәлелденген.
8.	Дәйектілік қағидаты. Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	8.1 Әдістеменің таңдауы – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған: 1) иә; 2) жоқ.	Зерттеу әдіснамасын таңдау толық негізделген және диссертациялық жұмыстың барлық бөлімдері мен автордың жарияланымдарында егжей-тегжейлі сипатталған. Печинидің золь-гель әдісін қолдану оның металл катиондарын молекулалық деңгейде араластыруға, стехиометриялық дәлдікті жоғары деңгейде қамтамасыз етуге және төмен температураларда фазалық тазалығы жоғары перовскитті манганиттерді түзуге мүмкіндік беруімен ғылыми тұрғыдан негізделген. Сонымен қатар, Aloe vera сығындысын қолдану арқылы экологиялық қауіпсіз «жасыл» фитосинтез әдісін пайдалану нанобөлшектердің дисперстілік дәрежесін реттеудің

Сканировано с CamScanner

			тиімді тәсілі ретінде дәлелденген. Зерттеу әдіснамасы барлық кезеңдер бойынша, атап айтқанда, органикалық кешен түзілу параметрлері мен термиялық өңдеу режимдерінен бастап, құрылымдық, морфологиялық және электрфизикалық қасиеттерді кешенді талдауға дейін егжей-тегжейлі сипатталған. Бұл ретте рентгендік-фазалық талдау (РФТ), сканерлеуші электрондық микроскопия (СЭМ-ЭДС), ИҚ-Фурье спектроскопиясы, кеңжолақты диэлектрлік спектроскопия, сондай-ақ сызықтық вольтамперометрия (LSV) және импеданстық спектроскопия (EIS) сияқты электрохимиялық әдістер қолданылған. Таңдалған әдістер кешені эксперименттік деректердің толық және жоғары сапасын қамтамасыз етеді. Әдіснамалық бөлімнің мазмұны зерттеуді қайталап жүргізуге жеткілікті деңгейде сипатталған.
		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) иә; 2) жоқ.	Зерттеуінің барлық ғылыми нәтижелері зерттеу мақсаттарына арналған заманауи жоғары технологиялық жабдықтарды пайдалану арқылы жоғары ғылыми-технологиялық деңгейде алынған. Атап айтқанда, Rigaku MiniFlex 600 рентгендік дифрактометрі, энергия-дисперсиялық спектрометрлермен (EDS) жабдықталған Thermo Scientific Apreo 2 S және Hitachi TM4000Plus электрондық микроскоптары, Bruker ALPHA ИҚ-Фурье спектрометрі, сондай-ақ Novocontrol Concept 50 және Gamry Reference 600 электрфизикалық және электрохимиялық жүйелері қолданылған. Барлық эксперименттік деректер арнайы бағдарламалық кешендердің (PDXL2, ICDD PDF-5+ деректер базасы, ImageJ, OPUS және Gamry Echem Analyst) көмегімен өңделген. Бұл автор алған нәтижелердің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді.
		8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған: 1) иә; 2) жоқ.	Синтезделген перовскиттер мен нанокомпозиттердің кубтық, гексагональдық және орторомбалық сингонияларға жататын құрылымдық модельдері PDF-5 халықаралық деректер базасын пайдалынып рентгендің фазалық талдаумен расталған. Бірфазалылық пен фазалардың өзара түйісуі EBSD (электрондардың кері шашырау дифракциясы) және SAED (таңдалған аймақтан электрондардың дифракциясы) әдістері арқылы тікелей тіркелген. Шеррер теңдеуі бойынша есептелген кристаллиттер өлшемдерінің модельдері (51–55 нм-ден 186,9 нм-ге дейін) эмиссиялық сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) әдісімен жүргізілген тікелей өлшеулер және өлшемдердің таралу гистограммалары арқылы эксперименттік тұрғыдан расталған.

Сканировано с CamScanner

			Теориялық тұрғыдан болжанған катиондардың (Fe, Mn, La, Ca, In, Ho) таралуы энергия-дисперсиялық рентгендік спектроскопия (EDS/EDX) әдісі және беттің элементтік құрамын микрокарталау арқылы дәлелденген. 658–755 $см^{-1}$ диапазонында Mn–O, Fe–O және Ca–O байланыстарының валенттік тербелістерінің болуы мен сипаттамалары ИҚ-Фурье-спектроскопиясы (FTIR) әдісі арқылы эксперименттік тұрғыдан дәлелденген. $Fe^{3+} + Mn^{2+/3+} \leftrightarrow Fe^{2+} + Mn^{4+}$ түріндегі электрондық ауысулар және жоғары температураларда (528–651 °C) кристалдық құрылымның қалпына келу процестері температуралық-бағдарламаланған тотығу (ТРО-O_2) әдісі арқылы расталған. Тар тыйым салынған аймақты жартылай өткізгіштердің теориялық моделі электр кедергісінің температураға тәуелділігін өлшеу арқылы эксперименттік тұрғыдан расталған (тыйым салынған аймақтың ені ΔE=0,12–1,44 эВ). Иондық релаксация құбылыстары мен диэлектрлік өтімділіктің артуы ($\varepsilon \approx 2{,}43 \times 10^5$-ке дейін) Novocontrol Concept 50 және LCR-8001 құрылғыларында кеңжолақты спектроскопия әдісі арқылы расталған. Қымбат бағалы металдарсыз оксидті катализаторлардың каталитикалық белсенділігі туралы теориялық алғышарттар Gamry Reference 600 потенциостатының көмегімен сызықтық вольтамперометрия (LSV) әдісі арқылы расталған. 0,5 М H_2SO_4, ерітіндісінде жүргізілген 50 өлшеу циклі барысында каталитикалық токтың артуы және тұрақтануы тіркелген. Кернеу артқан кезде «электрод–электролит» шекарасындағы заряд тасымалдау кедергісінің (Rct) төмендеуі электрохимиялық импеданстық спектроскопия (EIS) әдісі және Найквист годографтары арқылы эксперименттік тұрғыдан расталған.
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған/расталмаған.	Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Дереккөздерге сілтемелер орынды берілген, соңғы жаңа, олардың арасында шетелдік басылымдарға, сонымен бірге өз еңбектеріне сілтемелер келтірілген. Жарияланған мақалаларда халықаралық ғылыми журналдарда жарияланған 160-тан астам заманауи әрі беделді ғылыми дереккөзге талдау жасалған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз.	Әдеби шолуда перовскиттердің ақаулық химиясы мен катализінің барлық аспектілері қамтылған. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі зерттеу тақырыбын ашуға жеткілікті және заманауи ғылыми жарияланымдарды қамтиды.

Сканировано с CamScanner

9.	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы: 1) бар; 2) жоқ.	Диссертациялық жұмыста «құрылым — қасиеттер» арасындағы іргелі байланыстар, синтез жағдайлары, фазалық құрам, кристалдық құрылым, морфология және күрделі оксидті перовскитті әрі гранатты манганиттердің функционалдық қасиеттері арасындағы тікелей тәуелділік ғылыми тұрғыдан сипатталып, жүйеленген. Электрлік және диэлектрлік сипаттамалардың температура мен жиілікке тәуелділігін зерттеу, оның ішінде иондық релаксация механизмдері мен аса жоғары диэлектрлік өтімділіктің пайда болу ерекшеліктерін анықтау күрделі оксидті жартылай өткізгіштердегі заряд тасымалы туралы физика-химиялық түсініктер толықтырылған. Құрылымдық-кристаллографиялық параметрлерді (Mn–O–Mn байланысының бұрышы мен ұзындығы, Ян–Теллер эффектісі салдарынан MnO_6 октаэдрлерінің деформациялануы, Mn^{3+}/Mn^{4+} валенттік жұптарының арақатынасы, катиондық орынбасу және оттегі вакансиялары) электрохимиялық зерттеу нәтижелерімен салыстыру сутектің (РПВ) және оттегінің (РПК) бөліну реакцияларындағы материалдардың электрокаталитикалық белсенділігін түсіндіретін жалпы теориялық түсініктерді нақтылайды.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) иә; 2) жоқ.	Жұмыстың негізгі практикалық маңыздылығы бар және практикада қолдану деңгейі жоғары. Сутектің бөліну реакциясында (РПВ/HER) платина тобы металдарына (Pt, Ir) негізделген қымбат әрі тапшы катализаторларды алмастыруға қабілетті, қолжетімді және арзан күрделі оксидті манганиттер ($FeMnO_3$, $La_{0.9}MnO_3$ – $LaFeO_3$) негізіндегі катализаторларды әзірлеу және олардың қасиеттерін бағалаудан тұрады. Өтпелі металдардың қолжетімді нанобөлшектерін пайдалану суды электролиз арқылы ыдырату жүйелеріне арналған электродтық материалдарды өндіру шығындарын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Сызықтық вольтамперометрия (LSV) және импеданстық спектроскопия (EIS) әдістерінің көмегімен қышқыл ортада (H_2SO_4) циклдік сынақтар жүргізу барысында келтірілген каталитикалық қабаттардағы каталитикалық токтың тұрақты артуы және заряд тасымалдауға кедергінің (Rct) төмен мәні расталды. Әзірленген наноматериалдарды сутегі электролизерлерінде электродтар ретінде пайдалануға ұсынуға болады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75 % жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25 %-дан кем).	Диссертациялық жұмыстың практикалық ұсыныстары жаңа және өзекті болып табылады. Сутегі энергетикасы мен экология салаларына арналған дайын ғылыми-техникалық шешімдер қалыптастырылды.

Сканировано с CamScanner

10.	Жазу және рәсімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) жоғары; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Диссертациялық жұмыс академиялық жазу сапасы жоғары, ғылыми стиль талаптарына толық сәйкес рәсімделген. Мақалаларда ғылыми терминология орынды қолданылған, мәтін логикалық тұрғыдан жүйелі және түсінікті баяндалған. Зерттеу нәтижелері нақты әрі дәл тұжырымдалған, кестелер мен суреттер ғылыми мазмұнды толық ашуға қызмет етеді.
11.	Диссертацияға ескертулер	1. Сутектің бөліну реакциясында (HER) материалдардың электрокаталитикалық тұрақтылығын зерттеу кезінде неліктен LSV әдісімен жүргізілген сынақтар 50 циклмен шектелді? Катализатордың өнеркәсіптік жағдайда пайдалану мерзімін бағалау үшін 24–48 сағат бойы ұзақ мерзімді хроноамперометриялық сынақтар (i–t) жүргізуді жоспарда болды ма? 2. Сіздің электрокаталитикалық сынақтарыңыз қышқыл ортада (0,5 M H_2SO_4) жүргізілген. Синтезделген күрделі оксидті манганиттер өнеркәсіптік электролизерлерде қолданылатын сілтілі электролиттерде (1,0 M KOH) қандай қасиеттер көрсетеді? 3. Диссертациялық жұмыста $FeMnO_3$–$Ho_3Fe_5O_{12}$ және $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3$–$In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$ композиттері синтезделген. Неліктен олардың электрокаталитикалық сипаттамалары $La0.9MnO_3$ – $LaFeO_3$ композитімен салыстырғанда анағұрлым аз дәрежеде зерттелген? Көрсетілген ескертулер ұсынымдық сипатқа ие, негізгі нәтижелердің дұрыстығына күмән және диссертацияға оң баға беруге кедергі келтірмейді.	
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 жұмыстың негізгі нәтижелері Web of Science деректер базасындағы Q1-Q2 квартильді журналдарда 3 мақала жарияланған. Сонымен қатар, ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК тізіміндегі журналдарда 3 мақала және РИНЦ базасында 1 мақаласы бар. Халықаралық конференцияларда 7 мақала мен тезистері жарияланған. Жалпы – 14 мақала. Ізденушінің Web of Science деректер базасындағы жарияланған мақалаларының ғылыми деңгейі халықаралық талаптарға сай, жоғары деп бағаланады. Халықаралық Q1 бірінші квартиліне жататын журналдарда (Molecules, Nanomaterials, International Journal of Molecular Sciences, импакт-факторлары 4,8–5,6 аралығында) жарияланған және ҚР ҒЖБССҚК ұсынған журналда (Academic Scientific Journal of Chemistry) жарияланған мақалалары — тұрақты түрде жоғары болып табылады және заманауи академиялық стандарттарға толық сәйкес келеді. Әрбір ғылыми жұмыс әдіснамалық тұрғыдан терең пысықталуымен ерекшеленеді және зерттеудің негізгі кезеңдерін жүйелі түрде қамтиды. Атап айтқанда, сыни шолуда перовскиттердің ақаулық химиясын іргелі талдаудан және золь-гель мен «жасыл» синтездің инновациялық әдістерін әзірлеуден бастап, кристалдық құрылымды дәл талдауға, кеңжолақты диэлектрлік өлшеулер жүргізуге және сутектің бөліну реакциясындағы (HER) күрделі оксидті манганиттердің жоғары электрокаталитикалық белсенділігін эксперименттік тұрғыдан дәлелдеуге дейінгі зерттеу бағыттары жүйелі түрде ашып көрсетілген. Бұл докторанттың жеке үлесінің елеулі жоғары екенін және алынған нәтижелердің практикалық қолдануға дайын екенін айқындайды. Осылайша, диссертациялық жұмыс нәтижелерінің халықаралық материалтану және бейорганика ғылымында жоғары деңгейде екендігін көрсетеді.	

Сканировано с CamScanner

13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	Сарсенбаева Замира Беркбайкызының «8D05301-Химия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін іздену үшін ұсынылған «Күрделі оксидті манганиттердің нанобөлшектерін синтездеу және сутек алудағы (CAP, OAP) каталитикалық қасиеттерін физика-химиялық тұрғыда зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылыми дәрежелер беру қағидаларының 5-1-тармағында белгіленген нормативтік талаптарға толық сәйкес келеді. Диссертациялық жұмыста алынған ғылымми нәтижелердің жаңашылдығы, ғылыми және практикалық маңыздылығы жеткілікті деңгейде негізделген. Жұмыс мақалалар сериясы нысанында орындалған, ал қорғауға шығарылған негізгі ережелер халықаралық рецензияланған ғылыми журналдарда жарияланған және ғылыми тұрғыдан дәлелденген. Диссертациялық жұмыс философия докторы (PhD) дәрежесіне қойылатын талаптарға толық жауап береді. Осыған байланысты, ресми рецензент Сарсенбаева Замира Беркбайкызына «8D05301-Химия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруге лайықты деп есептеймін.

Ресми рецензенттің шешімі:
Сарсенбаева Замира Беркбайкызына «Күрделі оксидті манганиттердің нанобөлшектерін синтездеу және сутек алудағы (CAP, OAP) каталитикалық қасиеттерін физика-химиялық тұрғыда зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы үшін «8D05301-Химия» білім беру бағдарламасы бойынша
1) философия докторы (PhD) дәрежесін беру ұсынылады.

Ресми рецензент:
Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды
ұлттық зерттеу университетінің
постдокторант-ғылыми қызметкері,
философия докторы (PhD),
қауымдастырылған профессор

Н.Н. Жаникулов

РАСТАЙМЫН
Ғалым хатшы Н.Е. Тутинова
2026 ж. «12» 12 2026

Сканировано с CamScanner