**«8D07112 – Наноматериалдар және нанотехнологиялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін іздену үшін ұсынылған Қадір Меруерт Фазылханқызының «Металл оксидтерінің көпфункционалды нанокеуекті мембраналары және оларға негізделген наноталшықтардың құрылымдық ерекшеліктері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми рецензенттің**

## СЫН-ПІКІРІ

| р/н № | Критерийлер | Критерийлер сәйкестігі | Ресми рецензенттің ұстанымы |
|---|---|---|---|
| 1. | Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы | 1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: | Автор М.Ф. Қадірдің диссертациялық жұмысы ғылым дамуының «Геология, минералды және көмірсутек шикізатын өндіру және қайта өңдеу, жаңа материалдар, технология, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар» басым бағытына сәйкес келеді. |
| | | 1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі);<br>2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы)<br>3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) | Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылыми дамуының «Геология, минералды және көмірсутек шикізатын өндіру және қайта өңдеу, жаңа материалдар, технология, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар» басым бағытына сәйкес жасалған.<br><br>Диссертация докторантпен дербес жүргізілген |
| 2. | Ғылымға маңыздылығы | Жұмыс ғылымға елеулі үлесін **қосады**/қоспайды, ал оның маңыздылығы **ашылған**/ашылмаған. | Диссертациялық жұмыс отандық және халықаралық ғылымға айтарлықтай үлес қосады. Жоба аясында алынған нәтижелердің маңыздылығы белгіленген құрылымдық ерекшеліктерге ие металл оксидтері негізінде көп функционалды материалдардың синтезі және оларды қолдану туралы түсініктерді кеңейтуге бағытталғандығымен жақсы ашылады. Алюминий және титан оксидтерінің нанокеуекті/наноталшықты құрылымдарының түрлі ластаушы боғыштардан суды тазартуда сүзгі ретінде, беттік күшейтілген раман шашырауына (SERS – surface-enhanced Raman scattering) арналған төсеніштердің негізі ретінде қолданылуы нанотехнология саласындағы іргелі мәселелерді шешуде маңызды болып есептеледі. |
| 3. | Өзі жазу | Өзі жазу деңгейі: | Диссертациялық жұмысты ізденушінің өзі жазу деңгейі |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | принципі | **1) жоғары;**<br>2) орташа;<br>3) төмен;<br>4) өзі жазбаған | жоғары. Автордың диссертациялық жұмыстағы жеке үлесі зерттеу нәтижелері бойынша жарыққа шыққан мақалаларда ізденушінің негізгі бірінші автор ретіндегі жарияланымымен, сонымен қатар, зерттеу тақырыбын тұжырымдаудан, міндеттер қоюдан және тәжірибелік зерттеулердің нәтижелерін дербес талдау жасауымен расталады. Жұмыстың негізгі сатылары титан және алюминий оксидтеріне негізделген нанокеуекті және наноталшықты құрылымдарды алу және электрохимиялық анодтау процесінің негізгі параметрлерінің олардың морфологиясына әсерін зерттеу; $TiO_2$ нанотүтікшелері мен наноталшықтарын күміспен модификациялау және оларды SERS төсеніштері ретінде қолдану мақсатында зерттеу; кеуекті алюминий оксиді негізінде наноталшықты өтпелі мембраналарды алу және олардың гидрофильді қасиеттерін, сүзгілеу қабілетін зерттеу барлығы диссертация бөлімдерінде көрсетілген. |
| 4. | Ішкі бірлік принципі | 4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:<br>**1) негізделген;**<br>2) жартылай негізделген;<br>3) негізделмеген. | Диссертациялық жұмыстың өзектілігі жоғары деңгейде негізделген.<br>Диссертациялық жұмыс металоксидті нанокеуекті және наноталшықты қабаттарды синтездеуге, олардың құрылымдық ерекшеліктерін және қолдану мүмкіндіктерін зерттеуге бағытталған. Қазіргі таңда алтынның (Au) немесе күмістің (Ag) әртүрлі периодтық наноөлшемді құрылымдарына негізделген коммерциялық SERS төсеніштерінің бағасының қымбат және жасалуында жоғары технологиялық әдістерді талап етуі олардың қолданысын шектейді. Бұл мәселені шешуде Ag-пен немес Au-мен модификацияланған титан диоксидінің нанокұрылымдары белсенді түрде зерттелуде. Аталған композиттерді SERS төсеніштері ретінде қолданудың маңызды артықшылығы сигналдың плазмонды күшейту тиімділігін арттыратын үлкен меншікті беттік ауданмен қамтамасыз ететін титан диоксидінің нанокұрылымдарын жасау мүмкіндігі. |
| | | 4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды<br>**1) айқындайды;**<br>2) жартылай айқындайды;<br>3) айқындамайды | Ұсынылған жұмыстың мазмұны диссертацияның тақырыбына сай және зерттелетін мәселені толығымен ашып көрсетеді. Диссертацияның құрылымы қысқартулар мен шартты белгілер, кіріспе, төрт негізгі бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымшадан тұрады. Диссертациялық жұмыстың барлық бөлімдері мен |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | құрылымдық бірліктері толықтай логикалық байланысқан. |
| | | 4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:<br>**1) сәйкес келеді;**<br>2) жартылай сәйкес келеді;<br>3) сәйкес келмейді | Диссертациялық зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттері толығымен айқындалған және диссертация тақырыбына сәйкес келеді. |
| | | 4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан:<br>**1) толық байланысқан;**<br>2) жартылай байланысқан;<br>3) байланыс жоқ | Диссертацияның барлық бөлімдері мен қағидалары толығымен логикалық реттілікпен байланысқан. Зерттеу жұмысына қойылған әрбір міндеттер бойынша жұмыс нәтижелері талқыланған. |
| | | 4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:<br>**1) сыни талдау бар;**<br>2) талдау жартылай жүргізілген;<br>3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген | Автордың ұсынған қағидаттары басқа авторлардың бұрыннан белгілі шешімдермен салыстыра отырып және сыни талдау жүргізе отырып алынған. Жұмыстың дәлелдемесі жүргізілген зерттеулердің оң нәтижелерімен, зерттеудің мақсаты мен міндеттеріне сәйкес келетін қосымша зерттеу әдістерін қолдануымен негізделеді. |
| 5. | Ғылыми жаңашылдық принципі | 5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма?<br>**1) толығымен жаңа;**<br>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);<br>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады) | Қорғауға ұсынылған негізгі ғылыми нәтижелер мен қағидаттар толығымен жаңа. Алғаш рет титан мен алюминийді анодтау кезінде қалыптасатын металоксидті наноталшықты құрылымдарды сүзгі және SERS төсеніштері ретінде қолдану мүмкіндіктері көрсетілген. |
| | | 5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?<br>**1) толығымен жаңа;**<br>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);<br>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады) | Диссертациялық жұмыстың қорытындылары толығымен жаңа болып табылады. Зерттеудің ғылыми жаңалығы келесідей:<br>1. Белгіленген құрылымдық ерекшеліктерге ие түзілген титан диоксиді морфологиясының нанотүтікшеліден наноталшықты құрылымға өзгеруі анодтау параметрлерін басқару жолымен қол жеткізілетіндігі анықталды.<br>2. Күміс атомдарының нанокұрылымдалған $TiO_2$ төсеніштеріне отыруы титан диоксидінің құрылымдық ерекшеліктеріне тәуелді болатындығы көрсетілді: нанотүтікшелер бетінде - нанобөлшектер түрінде, ал наноталшықтарда – нанокабықша түрінде түзіледі. Күміспен модификацияланған нанотүтікшелермен салыстырғанда наноталшықтардың бетінде күмістің неғұрлым тығыз отыруы Раман сигналын күшейту үшін қажетті «hot spots» санын ұлғайтуға мүмкіндік беретіндігі анықталды. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 3. $Al_2O_3$ негізіндегі кеуекті мембраналардың бетінде наноталшықтардың түзілуі гидрофильділіктің жоғарылауына алып келеді. Нәтижесінде, түзілген кеуекті-талшықты мембраналардың жақсартылған беттік құрылымы есебінен оларды тиімді сүзгілеуде пайдалануға болатындығы анықталды. |
| | | 5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?<br>**1) толығымен жаңа;**<br>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);<br>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады) | Техникалық, технологиялық және басқару шешімдері толығымен жаңа, практикалық маңыздылыққа ие және жеткілікті түрде негізделген. Зерттеудің әдістемелік негізі электрохимиялық анодтау процесі, химиялық жеміру, термиялық өңдеу, вакуумдық термиялық буландыру, ерітіндіден электрохимиялық отырғызу сияқты әдістерді құрайды. |
| 6. | Негізгі қорытындылардың негізділігі | Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде **негізделген**/негізделмеген (qualitative research және өнертану және гуманитарлық бағыттары боынша) | Диссертациялық жұмыс барысындағы негізгі қағидалар ғылыми тұрғыдан маңызды теориялық зерттеулерге және көптеген тәжірибелік жұмыстардың нәтижелеріне сүйене отырып, жеткілікті негізделген және тұжырымдалған. Зерттеу нәтижесінде алынған қорытындылар теориялық және тәжірибелік зерттеу жұмыстарының нәтижелері, сондай-ақ талдаудың физика-химиялық және құрылымдық әдістерінің нәтижелері негізінде жасалынған. |
| 7. | Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар | Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:<br>7.1 Қағидат дәлелденді ме?<br>**1) дәлелденді;**<br>2) шамамен дәлелденді;<br>3) шамамен дәлелденбеді;<br>4) дәлелденбеді<br>7.2 Тривиалды ма?<br>1) ия;<br>**2) жоқ**<br>7.3 Жаңа ма?<br>**1) ия;**<br>2) жоқ<br>7.4 Қолдану деңгейі:<br>1) тар;<br>2) орташа;<br>**3) кең**<br>7.5 Мақалада дәлелденген бе?<br>**1) ия;** | Қорғауға ұсынылған қағидаттар теориялық және тәжірибелік тұрғыдан дәлелденген, толықтай жаңа және тривиальды емес. Ұсынылған қағидаттар бойынша нантехнология саласында қолдану ауқымы кең.<br>**1. Қағида**<br>Титан диоксиді морфологиясының нанотүтікшеден наноталшыққа өзгеруі 0.5 мас. % $NH_4F$ бар этиленгликоль негізіндегі электролиттегі судың үлесін 10 мас.% - дан 2 мас.% - ға дейін төмендету кезінде электролит тұтқырлығының артуына байланысты фтордың диффузия жылдамдығының төмендеуі есебінен орын алады. Анодтау кернеуі мен уақытын өзгерту арқылы түзілген нанотүтікшелер мен наноталшықтардың кеуек диаметрі, қабырға қалыңдығы, түтікшелер мен талшықтардың ұзындығы сияқты құрылымдық параметрлерін басқаруға болады.<br>**2. Қағида**<br>Титан диоксидінің құрылымдық ерекшеліктері |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 2) жоқ | отырғызылатын күмістің формасын анықтайды: нанотүтікшелер жағдайында - күміс нанобөлшектер ретінде, ал наноталшықтар жағдайында – наноқабықша түрінде отырады. Нанотүтікшелі $TiO_2$/Ag негізіндегі төсеніштерімен салыстырғанда наноталшықты $TiO_2$/Ag негізіндегі SERS төсеніштерін қолдану, талшықты $TiO_2$– нің жақсартылған морфологиясына байланысты Ag «hot spots» тығыздығының артуы есебінен Раман сигналының интенсивтілігінің 2 есе ұлғаюына sersалып келеді. Бұл $10^{-12}$ моль концентрациялы метилен көк молекулаларын анықтауға мүмкіндік береді.<br>**3. Қағида**<br>Кернеу мәні мен анодтау уақытын озгерту арқылы басқарылатын құрылымдық параметрлерге ие алюминий оксидінің наноталшықты және кеуекті құрылымдарының комбинациясын қалыптастыруға болады. Қалыңдығы 10 микрон болатын кеуекті алюминий оксидіне негізделген наноталшықты өтпелі мембраналар бетінде диаметрі ~20 нм наноталшықтардың болуы есебінен гидрофильділік пен меншікті бетінің ауданының артуы екі реттік сүзгілеу кезінде судағы органикалық бояғыштардың концентрациясын 10 есе азайтуға мүмкіндік береді.<br>Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша 10 баспалық жұмыс жарияланған. Соның ішінде Scopus базасында CiteScore көрсеткіштік процентильге ие Q2, Q3 квартильдеріне кіретін журналдарда 2 мақала, ҚР БҒМ БҒСБК ұсынатын ғылыми журналдарда 4 мақала, халықаралық<br>ғылыми - практикалық конференциялардың жинақтарында 4 ғылыми жұмыс жарияланды, олардың 2 Scopus базасына кіреді. |
| 8. | Дәйектілік принципі Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі | 8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған<br>**1) ия;**<br>2) жоқ | Диссертацияда әдістемелер теориялық және тәжірибелік зерттеулердің дұрыс жүргізілуін қамтамасыз ететіндей жеткілікті деңгейде сипатталған.<br>Наноқұрылымдалған $TiO_2$, $Al_2O_3$ үлгілерінің және олардың негізіндегі композиттердің құрылымдық ерекшеліктері мен беттік морфологиясы, элементтік/фазалық құрамы, кристалдық құрылымын талдау әдістемелеріне толығымен сипаттама берілген. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:<br>**1) ия;**<br>2) жоқ | Ізденуші диссертациялық жұмыстың нәтижелерін ғылыми зерттеулердің заманауи әдістерін қолдана отырып алған. Заманауи ғылыми зерттеу әдістерінің ішінде, үлгілердің морфологиясынің СЭМ, АКМ, оптикалық микроскопия әдістері арқылы, үлгілердің кристалдық құрылымы мен фазалық құрамы рентгендік дифракция және рамандық шашырау спектроскопия әдістерімен арқылы зерттеу нәтижелері келтірілген. Алынған нәтижелер морфологиялық сипаттамалары Origin, Image J бағдарламаларының көмегімен өңделген. |
| | | 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):<br>**1) ия;**<br>2) жоқ | Диссертациялық жұмыстың теориялық тұжырымдары дұрыс жүргізілген және тәжірибелік зерттеулердің деректеріне сүйеніп толықтай негізделген. Металоксидтеріне негізделген наноқұрылымдарды синтездеу кезіндегі құрылымдық өзгерістер және оларды қолдану мүмкіндіктері тәжірибелік зерттеулермен толық расталған. |
| | | 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 | Пайдаланылған әдебиеттер тізімі диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша аналитикалық әдеби шолу жасау үшін толықтай жеткілікті. Диссертациялық жұмыста сілтеме жасалған әдебиеттердің саны 198.<br>Ізденуші өзге авторлардың құқықтары мен заңды мүдделерін толықтай сақтаған. |
| 9 | Практикалық құндылық принципі | 9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар:<br>**1) ия;**<br>2) жоқ | Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы жоғары. Зерттеу барысында алынған нәтижелер сүзгілер және аз концентрациялы заттарды анықтауда пайдаланылатын беттік күшейтілген раман шашырауына арналған төсеніштердің негізі ретінде қолданылатын металоксидтерінің наноқұрылымдарын алудың тиімді технологиялық параметрлерін ұсынады. |
| | | 9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: | Диссертацияда келтірілген нәтижелердің практикалық маңыздылығының ауқымы кең. Алынған нәтижелерді фотокатализаторлар ретінде, күн элементтерінде, газ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | **1) ия;**<br>2) жоқ | датчиктерінде, суперконденсаторларда, суды тазартуда сүзгілер ретінде, сондай-ақ өздігінен тазару қабілетіне ие беттерді жасауда және аз концентрациялы заттарды анықтауда пайдаланылатын беттік күшейтілген раман шашырауына арналған төсеніштердің негізі ретінде қолдануға мүмкіндік береді. |
| | | 9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады?<br>**1) толығымен жаңа;**<br>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);<br>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады) | Алынған нәтижелерді практикада пайдалану бойынша ұсыныстар толығымен жаңа. |
| 10. | Жазу және ресімдеу сапасы | Академиялық жазу сапасы:<br>**1) жоғары;**<br>2) орташа;<br>3) орташадан төмен;<br>4) төмен. | Докторанттың академиялық жазу сапасын жоғары. Диссертациялық жұмыс сауатты ғылыми-техникалық тілде баяндалған. Негізгі ережелер, . тұжырымдары мен қорытындылары толықтай аяқталған және сенімді.<br>Диссертациялық жұмыстың рәсімделуінде шамалы қателіктер кездеседі:<br>- келтірілген графиктердегі белгіленген осьтер атауы кей жерлерде ағылшын тілінде келтірілген мыс 26,56 суреттер;<br>-мәтіндегі сөздердің кебір жерлерінде әріптердің орнының өзгеруі сынды орфографиялық қателіктер кездеседі. Дегенмен, аталған кемшіліктер диссертациялық жұмыстың сапасын төмендетпейді |

Философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беру мүмкіндігі туралы қорытынды.

Қадір Меруерт Фазылханқызының **«Металл оксидтерінің көпфункционалды панокеуекті мембраналары және оларға негізделген наноталшықтардың құрылымдық ерекшеліктері»** тақырыбындағы диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми деңгейде орындалған және өзіндік ғылыми зерттеу сипатына ие. Диссертациялық жұмыстың мазмұны мен рәсімделуі Қазақстан Республикасының Ғылым және Жоғары Білім министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау және аттестация комитетінің «Ғылыми дәрежелерді тағайындау ережесі» талаптарына толығымен сәйкес келеді. Аталған сипаттамаларды негізге ала отырып ізденуші Қадір Меруерт Фазылханқызын «8D07112 – Наноматериалдар және нанотехнологиялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға толығымен лайықты деп есептеймін.

**Ресми рецензент:**
АҚ Металлургия және кен байыту институтының
жетекші ғылыми қызметкері, ф-м.ғ.к.,

қауымдастырылған профессор

Қолы/подпись Мамаевой А.А.
растаймын / заверяю
Ғылыми хатшы / Ученый секретарь
«Металлургия және кен байыту институты» АҚ
«05» 06 2024 ж.

Мамаева Аксауле Алиповна