«8D05301 – Химия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Оразов Жандос Қанатұлының «Көрінетін жарықтағы фотокатализге арналған легирленген TiO_2 нанобөлшектерін және TiO_2 негізіндегі гетероқұрылымдарды 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:	ГҚ «Ұшпа органикалық қосылыстарды жою үшін ауаны фотокаталитикалық тазартудың технологиясын дамыту» (ИРН AP09057924-ОТ-23); ГҚ «Көрінетін спектр аймағында ауаны тазартуға арналған TiO_2 негізіндегі гетероқұрылымды фотокатализаторларды әзірлеу» (ИРН AP19679298); ЖҒ 2025-2027 «Органикалық ластаушы заттардың көрінетін жарықта фотокаталитикалық ыдырауы үшін TiO_2 негізіндегі жартылай өткізгіш наноұнтақтарды жасау» (ИРН AP25796519)
		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 ғылымға белгілі бір дәрежеде үлес қосады, алайда бұл үлес негізінен инкременттік сипатта деп бағалауға болады. Зерттеу тақырыбы – TiO_2 негізіндегі фотокатализаторларды (N-модификацияланған жүйелер, әртүрлі гетероқұрылымдар, TiO_2/графен оксиді композиттері және т.б.) қоршаған ортаны қалпына келтіру үдерістерінде қолдану – қазіргі таңда қарқынды дамып

			келе жатқан әрі жеткілікті деңгейде зерттелген ғылыми бағытқа жатады. Диссертацияда заманауи ғылыми әдебиет кеңінен талданған, қолданылған синтез әдістері мен физика-химиялық талдау тәсілдері халықаралық ғылыми стандарттарға толық сәйкес келеді. Алынған нәтижелер белгілі материалдық жүйелер үшін қосымша эксперименттік деректер береді, олардың қасиеттерін нақтылайды және қолданыстағы тәсілдерді белгілі бір деңгейде жетілдіреді. Сонымен қатар, ұсынылған шешімдердің басым бөлігі ғылыми қауымдастықта бұрыннан қалыптасқан бағыттар шеңберінде жүзеге асырылған (TiO_2 легирлеу, TiO_2/графен негізіндегі гетероқұрылымдар және композиттер алу). Жұмыста түбегейлі жаңа ғылыми концепция немесе принциптік жаңа материалдар класы ұсынылмаған. Осыған байланысты, диссертацияның ғылымға қосқан үлесін бар, бірақ шектеулі, орташа деңгейде деп бағалауға болады, ал оның маңыздылығы мәтінде жеткілікті дәрежеде негізделіп, ашып көрсетілген.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі:	Диссертация құрылымы, тәжірибелік бөлімнің мазмұны, алынған нәтижелерді талдау тереңдігі мен жарияланымдар докторанттың зерттеу жұмысын өз бетінше орындағанын көрсетеді.
		1) **<u>жоғары;</u>**	
		2) орташа;	
		3) төмен;	
		4) өзі жазбаған.	
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:	Фотокатализді су және ауа тазарту мақсатында қолданудың маңыздылығы, TiO_2 материалдарының шектеулері және оларды модификациялау қажеттілігі ғылыми тұрғыда дәлелді негізделген.
		1) **<u>негізделген;</u>**	
		2) ішінара негізделген;	
		3) негізделмеген.	
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	Жұмыстың барлық бөлімдері зерттеу тақырыбына толық сәйкес келеді.

		1) **<u>айқындайды;</u>**	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	Ұсынылған диссертациялық жұмыста N-TiO_2 негізіндегі материалды Fe^{3+} иондарымен легирлеу және графен оксидімен (GO) модификациялау арқылы оның фотокаталитикалық қасиеттерінің өзгеруі зерттелген.
		1) **<u>сәйкес келеді;</u>**	
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	Жұмыста модификация нәтижесінде фотокаталитикалық белсенділіктің артқаны көрсетілгенімен, органикалық ластағыштарды ыдырату үдерісінде Fe^{3+}-легирленген және GO-құрамды композиттер арасында жүйелі әрі тікелей салыстырмалы талдау жүргізілмеген. Осыған байланысты, бірдей эксперименттік жағдайларда қай модификация әдісі тиімдірек екені нақты анық көрсетілмеген. Сонымен қатар, алынған нәтижелер заманауи әдебиетте сипатталған ұқсас Fe^{3+}-легирленген N-TiO_2 немесе N-TiO_2/графен оксиді жүйелерімен жеткілікті деңгейде салыстырылмаған. Ұқсас материалдармен салыстырмалы талдау жүргізілмеген жағдайда ұсынылған композиттердің ғылыми жаңалығы мен практикалық артықшылығын толық бағалау қиынға соғады. Бұдан бөлек, пропион қышқылын қолдана отырып және қолданбай синтезделген Fe^{3+}-легирленген үлгілер арасындағы айырмашылықтар диссертацияда нақты түсіндірілмеген. Пропион қышқылының бөлшек морфологиясына, ақаулар құрылымына немесе заряд тасымалдау қасиеттеріне әсері жеткілікті түрде негізделмеген. Сонымен қатар, Fe^{3+} легирлеу деңгейі (молярлық пайызбен) әртүрлі болғандықтан, олардың
		1) толық байланысқан;	
		2) **<u>ішінара байланысқан;</u>**	
		3) байланыс жоқ.	

			фотокаталитикалық белсенділігін тікелей салыстыру әдістемелік тұрғыдан күрделі. Себебі легирлеу концентрациясы тыйым салынған аймақтың құрылымына, заряд тасымалдаушылардың рекомбинация динамикасына және белсенді орталықтардың санына тікелей әсер етеді. Осылайша, легирлеу деңгейі бірдей емес және синтез параметрлері стандартталмаған жағдайда алынған нәтижелер негізінде ұсынылған модификация әдістерінің салыстырмалы тиімділігі туралы нақты әрі бірмәнді қорытынды жасау қиын. Жоғарыда келтірілген тұжырымдарға сүйене отырып, диссертацияда қойылған мақсаттар, эксперименттік дизайн және алынған композиттерді салыстырмалы талдау арасындағы логикалық байланыс толық емес, тек ішінара қамтамасыз етілген деп қорытынды жасауға болады. Жеке нәтижелер ғылыми тұрғыдан негізді түрде ұсынылғанымен, жүйелі салыстырмалы талдаудың, біріздендірілген бағалау критерийлерінің және әртүрлі модификация тәсілдерінің нақты айырмашылықтарын айқын көрсететін тұжырымдамалық құрылымның болмауы жұмыстың жалпы тұтастығын әлсіретеді.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:	Диссертацияда ұсынылған модификация тәсілдері негізделген және олардың фотокаталитикалық белсенділікке әсері көрсетілген. Әртүрлі үлгілердің құрылымдық және оптикалық сипаттамалары заманауи әдістермен зерттеліп, нәтижелері ғылыми тұрғыдан дәлелденген. Сонымен қатар, жаңа шешімдердің өзара тікелей салыстырмалы талдауы толық деңгейде жүргізілмеген. Сондай-ақ, ұсынылған материалдардың қасиеттері және фотокаталитикалық белсенділігі әдебиетте
		1) сыни талдау бар;	
		2) **<u>талдау ішінара жүргізілген;</u>**	
		3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген;	
		4) талдау жоқ.	

			бұрын сипатталған ұқсас жүйелермен жеткілікті деңгейде салыстырмалған (benchmarking).
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма?	Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңашылдығын 25-75% аралығында, яғни ішінара жаңа деп бағалауға болады. Титан диоксиді (TiO_2) – фотокатализ саласында жан-жақты зерттелген және ғылыми әдебиетте кеңінен сипатталған материал. Оны азотпен легирлеу, темір (Fe^{3+}) иондарымен модификациялау және TiO_2 графен оксиді (GO) гетероқұрылымдарын алу қазіргі таңда кең таралған және жиі қолданылатын тәсілдер болып табылады. Сондықтан жұмыста қолданылған жеке модификация әдістері өздігінен түбегейлі жаңа ғылыми тұжырымдама немесе жаңа материалдар класын ұсынбайды. Сонымен қатар, диссертацияның жаңашылдығы синтез параметрлерінің нақты үйлесімінде, құрамдық оңтайландыруда және алынған материалдардың органикалық ластағыштарға, соның ішінде бояғыштар мен антибиотиктерге қатысты фотокаталитикалық белсенділігін жүйелі зерттеуде көрініс табады. Әртүрлі легирлеу тәсілдерін және тірек материалдарды мақсатты синтез шарттарымен біріктіру, сондай-ақ оларды экологиялық тұрғыдан маңызды жүйелерде қолдану жұмыстың ғылыми құндылығын арттырады.
		1) толығымен жаңа;	
		2) **ішінара жаңа (25-75% жаңа);**	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Жұмыстың бір бөлігі халықаралық беделді Applied Surface Science журналында жарияланған. Бұл журнал Web of Science және Scopus дерекқорларына енгізілген, импакт-факторы шамамен 6.3 және Materials Science (Multidisciplinary), Surface Science санаттары бойынша Q1 квартиліне жатады. Аталған журналда жариялану зерттеу нәтижелерінің
		1) толығымен жаңа;	
		2) **ішінара жаңа (25-75% жаңа);**	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			халықаралық ғылыми талаптарға сәйкес келетінін және өзектілігін көрсетеді. Осылайша, жұмыс түбегейлі жаңа фотокаталитикалық бағыт ұсынбағанымен, белгілі тәсілдердің ғылыми негізделген үйлесімі мен тәжірибелік дәлелденуі арқылы ішінара жаңашылдық деңгейін көрсетеді.
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Ұсынылған синтез тәсілдері мен композициялық құрылымдар практикалық қолдануға бейімделген.
		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 кең ауқымды эксперименттік деректермен (РФА, БЭТ, ФЛ, РФЭС, ТЭМ, фотокаталитикалық сынақтар, кинетикалық талдау) негізделген. Нәтижелердің сенімділігі заманауи физика-химиялық әдістермен расталған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	- NH_2-MIL-125 типті МОҚҚ-ты (NH_2-BDC:Ti(OPr)4 мольдік қатынасы = 3,3:1) ауа атмосферасында 450 °C-та күйдіру анатаз фазасының түзілуі үшін оңтайлы температура болып табылады және ол көрінетін жарық аймағында фотокаталитикалық белсенділік көрсетеді (I_0 = 30 мВт/см^2 кезінде ципрофлоксацинді ыдырату жылдамдық костантасы k = (13,30 ± 0,29) × 10^{-3} мин$^{-1}$) **7.1. Дәлелденді** Күйдіру температурасының, уақытының және бастапқы прекурсорлар қатынасының әртүрлі комбинациялары зерттеліп, оңтайлы шарттар CIP фотокаталитикалық ыдырауы негізінде анықталды. **7.2. Тривиалды** және **7.3. Жаңа емес**
		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?	Бұл тәсіл әдістемелік тұрғыдан дұрыс болғанымен, ол кеңінен танылған және жақсы зерттелген стандартты әдіске жатады, сондықтан айтарлықтай жаңалық болып табылмайды. **7.4. Кең** **7.5. Мақалада дәлелденген** Applied Surface Science, 164466, 714 (2025) - Темір иондарын немесе графен оксидін N-TiO_2 құрамына енгізу бастапқы N-TiO_2-мен салыстырғанда көрінетін жарық аймағындағы фотокаталитикалық белсенділіктің артуына алып келеді. Көрінетін жарық аймағындағы ең жоғары фотокаталитикалық белсенділік 20 масс.% графен оксиді қосылған МОҚҚ (NH_2-MIL-125) негізіндегі қоспаны 450 °C-та термолиздеу нәтижесінде алынған N-TiO_2/GO үлгілерінде байқалды (I_0 = 30 мВт/$см^2$ кезінде Orange II-ні ыдырату жылдамдық константасы k = (16,2 ± 1,4) × 10^{-3} $мин^{-1}$) **7.1. Шамамен дәлелденді** Пропион қышқылын қолдана отырып және қолданбай синтезделген Fe^{3+}-легирленген үлгілер арасындағы айырмашылықтар диссертацияда нақты түсіндірілмеген. Пропион қышқылының бөлшек морфологиясына, ақаулар құрылымына немесе заряд тасымалдау қасиеттеріне әсері жеткілікті түрде негізделмеген. Сонымен қатар, Fe^{3+} легирлеу деңгейі (молярлық пайызбен) әртүрлі болғандықтан, олардың фотокаталитикалық белсенділігін тікелей салыстыру әдістемелік тұрғыдан күрделі. Себебі легирлеу концентрациясы тыйым салынған аймақтың құрылымына, заряд тасымалдаушылардың рекомбинация динамикасына және белсенді
		1) ия;	
		2) **<u>жоқ;</u>**	
		3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес.	
		7.4 Қолдану деңгейі:	
		1) тар;	
		2) орташа;	
		3) **<u>кең</u>**	
		4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес.	
		7.5 Мақалада дәлелденген бе?	
		1) **<u>ия;</u>**	
		2) жоқ	
		3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	

			орталықтардың санына тікелей әсер етеді. Бұл тұжырымда N-TiO_2/GO оңтайлы мөлшері 20% деп көрсетілген, алайда басқа қолданбалар үшін 30% тексерілген, бірақ бұл айырмашылықтың себебі түсіндірілмеген. Осылайша, легирлеу деңгейі бірдей емес және синтез параметрлері стандартталмаған жағдайда алынған нәтижелер негізінде ұсынылған модификация әдістерінің салыстырмалы тиімділігі туралы нақты әрі бірмәнді қорытынды жасау қиын. **7.2. Тривиалды** және **7.3. Жаңа емес** Бұл тәсіл әдістемелік тұрғыдан дұрыс болғанымен, ол кеңінен танылған және жақсы зерттелген стандартты әдіске жатады, сондықтан айтарлықтай жаңалық болып табылмайды. **7.4. Кең** **7.5. Жоқ** - Супероксид-радикалдар ($\bullet O^{2-}$), гидроксил-радикалдар ($\bullet OH$), синглетті оттек ($^1O_2$) N-TiO_2/30 мас.% GO негізіндегі гетероқұрылымдардың қатысуымен жүретін фотокатализ кезінде органикалық қосылыстардың фотоыдырауындағы негізгі белсенді бөлшектер болып табылады **7.1. Дәлелденді** Органикалық молекулалардың ыдырау механизмін анықтау және ықтимал жолын ұсыну үшін «жұтқыш реагент» (scavenger) зерттеулер мен ЭПР талдауы жүргізілді. 7.2. **Тривиалды** және 7.3. **Жаңа емес** Бұл тәсіл әдістемелік тұрғыдан дұрыс болғанымен, ол кеңінен танылған және жақсы зерттелген стандартты

			әдіске жатады, сондықтан айтарлықтай жаңалық болып табылмайды. **7.4. Кең** Бұл әдістеме фотокаталитикалық зерттеулерде кеңінен қолданылады және жақсы зерттелген, дамыған деп бағалануы мүмкін. **7.5. Мақалада дәлелденген** Applied Surface Science, 164466, 714 (2025)
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Әдіснама дұрыс таңдалған және толық 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 интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	Эксперименттік нәтижелер заманауи құрал-жабдықтар арқылы алынған.
		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):	Есептелген көрсеткіштерді соңғы жаңа композиттермен тікелей салыстыру бұл жұмыстың маңыздылығы мен әсерін одан әрі айқындауы мүмкін.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	

		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен **<u>расталған</u>** / ішінара расталған / расталмаған.	Маңызды тұжырымдар сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **<u>жеткілікті</u>**/жеткіліксіз.	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі жеткілікті және заманауи дереккөздерді қамтиды.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Иә, бұл жұмыс тағы бір рет көрсетіп отыр: жақсы зерттелген сала да жаңа комбинациялар, синтез параметрлерін өзгерту және басқа ұқсас тәсілдер арқылы одан әрі дамытылуы мүмкін. Ол төңкеріс жасайтын жаңалық болмаса да, маңызды қадамдық үлес болып табылады.
		1) **<u>бар;</u>**	
		2) жоқ.	
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Алынған фотокатализаторлар органикалық ластағыштарды жою үшін су және ауа тазарту жүйелерінде қолдануға сай.
		1) **<u>ия;</u>**	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Бұл тәсіл әдістемелік тұрғыдан дұрыс болғанымен, ол кеңінен танылған және жақсы зерттелген стандартты әдіске жатады.
		1) толығымен жаңа;	
		2) **<u>ішінара жаңа (25-75% жаңа);</u>**	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Жұмыс ғылыми стильде сауатты жазылған, құрылымы талаптарға сәйкес.
		1) **<u>жоғары;</u>**	
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	
11.	Диссертацияға ескертулер		1) Фотокатализаторлардың негізгі параметрлерін көрсететін, яғни құрамын, pH, масса (немесе ластаушы заттың массасына қатынасы), көлемін, бастапқы концентрацияны, реакция уақытын және әр жағдайда берілген уақыт ішінде есептелген фотокаталитикалық деградация тиімділігін

			қамтитын қорытынды салыстырмалы кестені қосу ұсынылады. 2) Кейбір бөлімдерде әдеби деректермен салыстырмалы талдау тереңірек берілуі мүмкін еді. 3) Өндірістік масштабқа көшіру мүмкіндіктері кеңірек талқыланса, практикалық маңызы арта түсер еді. 4) 10-беттегі Chemical Bulletin of Kazakh National University журналындағы мақаланың сілтемесі дұрыс емес.
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)		Оразов Жандос Қанатұлына «8D05301 – Химия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруге, ал диссертацияны қорғауға ұсынуға болады.

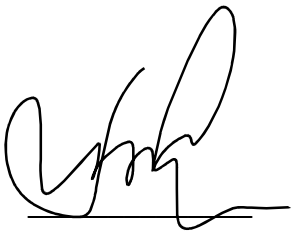
Ресми рецензенттер пікірлерінде келесі шешімдердің бірін көрсетеді:

1) философия докторы (PhD) дәрежесін беру;

Ресми рецензенттер пікірлерінің көшірмелері докторантқа диссертация қорғауға дейін кемінде 5 (бес) жұмыс күнінен кешіктірілмей беріледі.

Ресми рецензент:

_____



Pacific Northwest National Laboratory, PhD		**Бегилдаева Талшын Ерболқызы**
(жұмыс орны, ғылыми дәрежесі)	**(қолы)**	**(Аты-жөні)**