«6D060500-Ядролық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Молдабеков Жангали Мусырманкуловичтың «Плазмалық фокус қондырғыларында материалдардың эрозиясы және нейтрондардың шығуының параметрлері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми

РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ПІКІРІ

р/н №	Өлшем шарттар	Өлшем шарттарға 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: 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.	Диссертациялық зерттеу жұмысы плазмалық фокус қондырғыларында DD синтезделу нәтижесінде пайда болатын нейтрондардың эмиссиясына әсер ететін ядролық-физикалық параметрлері мен нейтрондардың генерациясына үстемдік ететін механизмін және нейтрондар ағынының ^{182}W және ^{92}Mo материал пластиналарымен ядролық серпімді әсерлесуден кейінгі кристаллдық торларындағы радиациялық зақымдануларды зерттеуге арналған. Диссертациялық жұмыс мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын «Жас ғалым» жобасы аясында орындалған. AP15473243 «Фокусталған импульстік плазма ағындарын материал бетін модификациялауда қолдану» (2022-2024 ж), Мемлекеттік тіркеу: 0122PK00915
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі **үлесін қосады**/қоспайды, ал оның маңыздылығы **ашылған**/ашылмаған.	Диссертациялық жұмыста ұсынылған нәтижелер ядролық физика, термоядролық реакторлардағы және Z-пинчтегі DD синтез реакцияларын зерттеуге қатысты өзекті мәселелерді шешуге бағытталған. Теориялық және қолданбалы зерттеулерді қолдана отырып аталған диссертациялық жұмыс нәтижелері жоғарыда көрсетілген сала бойынша ғылымның дамуына елеулі үлес қосады. Зерттеу жұмысында плазмалық фокус қондырғысындағы DD синтез реакциясының тиімді жүруі үшін оптималды параметрлері анықталған және эксперимент жүзінде 10^6-10^8 нейтрон\разряд

			тіркелген. Нейтрондар ағынымен материалдардың ядролық әсерлесуі нәтижесінде кристалдық торларда пайда болатын радиациялық процесттер толық сипатталған.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) **жоғары;** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	1) жоғары. Диссертацияда келтірілген әдеби деректерге аналитикалық талдау жасау, эксперименттік нәтижелерді өңдеу және ғылыми жарияланымдарға арналған қолжазбаларды дайындауда автордың жеке үлесі айқын және жоғары деңгейде екендігі байқалады. Жарияланған жұмыстарда докторанттың бірінші автор ретінде қатысуы, ғылыми біліктілігінің жоғары екенін көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) **негізделген;** 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	1) негізделген. Диссертациялық жұмыстың кіріспе бөлімінде DD синтезделу нәтижесінде нейтрондардың генерациясына әсер ететін ядролық-физикалық параметрлерін анықтау және нейтрондар ағынының заттармен ядролық серпімді әсерлесуін зерттеу қолданбалы ядролық физика саласындағы өзекті мәселелердің бірі екені толық баяндалған. Зерттеу нәтижелерінің ғылыми басылымдарда жариялануы, жұмыстың өзектілігіне күмән тудырмайды және осы сала бойынша мамандар мен сарапшылардың ғылыми қызығушылығын тудыратынын көрсетеді.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) **айқындайды;** 2) ішінара айқындайды; 3) айқындамайды.	1) айқындайды. Диссертация мазмұны плазмалық фокус қондырғысынада DD синтез реакциясының тиімді жүріп, нейтрондардың шығуына әсер ететін ядролық физикалық параматерлері мен нейтрондардың затпен ядролық серпімді өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған. Жұмыстың ішкі мазмұны мен алынған нәтижелер диссертация тақырыбын толық айқындайды.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) **сәйкес келеді;** 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	1) сәйкес келеді. Диссертациялық зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттері диссертациялық жұмыс тақырыбына толық сәйкес келеді. Мақсаттарға жету үшін қойылған тапсырмалардың шешімі, қорғауға ұсынылған негізгі қағидалар ретінде қалыптасқан.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: 1) **толық байланысқан;** 2) ішінара байланысқан;	1) толық байланысқан. Диссертациялық жұмыста қамтылған үш бөлім мен қорытындылар өзара логикалық жағынан толық байланысты қамтиды. Бірінші бөлімде плазмалық фокус қондырғысындағы нейтрондар генерациясын зерттеу мәселесіне

		3) байланыс жоқ.	қатысты аналитикалық талдаулар, теориялық болжамдар және нейтрондардың затпен өзара әсерлесуінен кейінгі процестер баяндалған. Дисертациялық жұмыстың екінші және үшінші бөлімдерінде, болжамдар эксперимент жүзінде нақтыланып толық түсіндірілген.
		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.	1) сыни талдау бар. Диссертациялық жұмыста ұсынылған жаңа шешімдер (қағидаттар мен әдістер) ғылыми тұрғыдан жеткілікті деңгейде негізделген және дәлелденген. Автор зерттеу барысында заманауи әдістемелік тәсілдерді тиімді қолдана отырып, қойылған ғылыми міндеттерді жүйелі түрде шешкен. Ұсынылған әдістердің тиімділігі жүргізілген эксперименттік (2.5-2.13 сурет, 2.16-2.21 сурет, 3.5-3.19 суреттер) және теориялық зерттеу нәтижелерімен расталған. Сонымен қатар, аталған шешімдер бұрыннан белгілі ғылыми тәсілдермен салыстырылып (55-87 әдебиеттер), олардың артықшылықтары мен ерекшеліктері жан-жақты талданған. Жұмыста жүргізілген сыни талдау негізінде ұсынылған әдістердің ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы айқындалып, алынған нәтижелердің сенімділігі мен дәлдігі қамтамасыз етілген.
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).	1) толығымен жаңа. Диссертациялық жұмыста термоядролық плазмадағы DD термоядролық синтез реакциясының парамтерлеріне плазмалық фокус қондырғысының физикалық және энергетикалық параметрлерінің әсері анықталған, 10^6-10^8 нейтрон/разряд деңгейіндегі нейтрондардың шығуы (38-47 бет, 2,7-2,13 сурет) мен термоядролық нейтрондар генерациясына үстемдік ететін механизмі (49-56 бет, 2,14-2,20 сурет) алғаш рет анықталған. Радиациялық әсерлесуден кейін ^{182}W материалындағы 0,6 dpa (атомдық ығысу) бастап дислокациялық торларда, вакансияларда және түйінаралық ақауларда дейтерий иондарының жиналуынан пайда болатын тығыз блистерлер саны азаятыны (77-81 бет, 3,11-3,14 сурет), ал ^{92}Mo материалында 0,4 dpa (атомдық ығысу) микросызаттар ені артатыны эксперимент жүзінде (70-76 бет, 3,5-3,10 сурет) анықталған.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? 1) **толығымен жаңа;**	1) толығымен жаңа. Диссертациялық жұмыста ың негізгі қорытындылары толықтай жаңа және өзіндік сипатқа ие. Докторант Диссертациялық зерттеу барысында қойылған міндеттерді шешудің

		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	жаңа әдістері ұсынылып, нәтижесінде DD синтез реакциясының тиімді жүруіне әсер ететін ядролық физикалық параметрлері анықталған және 10^6-10^8 дәрежесіндегі нейтрондар тіркелген. Сонымен қатар термоядролық нейтрондар ағынының ^{182}W және ^{92}Mo пластиналарымен ядролық әсерлесу процестерінің нәтижелері баяндалып, нақты ғылыми тұжырым жасалған (қорытынды, 90-92-беттер). Диссертациялық жұмыста тұжырымдалған қорытындылардың жаңалығы мен сенімділігі халықаралық рейтингтік ғылыми журналдарда, халықаралық конференцияларда және ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдардағы жарияланымдармен расталады.
		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).	1) толығымен жаңа. Диссертациялық жұмыста ұсынылған шешімдер ғылыми тұрғыдан жаңа және жеткілікті деңгейде негізделген. Олардың дұрыстығы мен тиімділігі зерттеу нәтижелері жарияланған ғылыми еңбектермен расталған.
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 қорытындылары ғылыми тұрғыдан жеткілікті дәрежеде негізделген. Эксперименттік нәтижелер тарапынан жан-жақты мұқият талданған және ешқандай күмән келтірмейді. Қорытынды теориялық болжамдар мен эксперименттік зерттеулердің нәтижесінде алынған ешқандай ғылыми заңдылықтарға қайшы келмейді.
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.	1. ПФ-4 плазмалық фокус қондырғысында разряд параметрлерінің өзгерісі, сығылу фазасындағы дейтерий иондарының энергиясының артуына, реакция қимасының σ(E) энергияға тәуелді өсуіне әсер етіп, нәтижесінде синтез реакциясының жылдамдығы $R \sim 10^{16}$-10^{17} $см^{-3}с^{-1}$ мәндеріне дейін артады. Ядролық әсерлесу уақытының өзгерісі, реакция жылдамдығының азаюына және нейтрондар генерациясының қарқындылығының $Y_n = 6 \cdot 10^7$-$2 \cdot 10^8$ н/разряд диапазонында қалыптасуына алып келеді. 7.1. дәлелденген

		7.2 Тривиалды ма?	7.2. жоқ 7.3. ия 7.4. кең. 7.5. Fusion Science and Technology. – 2021. – Vol. 77, Issue 5. – P. 359-365. Recent Contributions to Physics. – 2026. – Vol. 96, No. 1. – P. 23-31. 2. Нейтрондардың бұрыштық таралуы бойынша анизотропия коэффициенттері 2,32-2,9 аралығында өзгеруі плазмалық фокус разрядында DD термоядролық синтез реакциясы кезінде нейтрондар генерациясына үдеткіштік механизмнің үлесі, термоядролық механизммен салыстырғанда басым рөл атқарады. 7.1. дәлелденді 7.2. жоқ 7.3. ия 7.4. кең. 7.5. Fusion Science and Technology. – 2021. – Vol. 77, Issue 5. – P. 359-365. International Journal of Mathematics and Physics. – 2020. – Vol. 11, No. 2. – P. 41-44. ҚР ҰЯО Хабаршысы. – 2021. – Т. 85, № 1. – Б. 25-29. 3. Зақымдану деңгейінің 0,3 dpa (атомдық ығысу) бастап вольфрамда вакансиялық кластерлерде дейтерий иондарының жинақталуы нәтижесінде тығыз блистерлік құрылымдар түзіліп, 0,6 dpa-0,9 dpa аралығында кіші өлшемді блистерлердің бірігуінен тығыздығы ~65% төмендейді, ал ірі блистерлердің үлесі ~55% артады. Молибден үшін зақымдану деңгейі 0,2 dpa-0,6 dpa аралығында беткі эрозиялық эволюциялар 15% -20% артады. 7.1. дәлелденді 7.2. жоқ 7.3. ия 7.4. кең.
		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.	

			7.5. International Journal of Mathematics and Physics. – 2023. – Vol. 14, No. 2. – P. 56 - 63. NNC RK Bulletin. – 2021. – Vol. 85, No. 1. – P. 82 - 84.
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	1) Ия. Диссертациялық жұмыста қойылған мақсаттарға жетуде эксперимент нәтижелерін интерпретациялауға мүмкіндік беретін заманауи ядролық-физикалық диагностикалық әдістер кешені қолданылған 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:	1) Ия. Диссертациялық жұмыс нәтижелері және эксперименттік мәліметтерді өңдеу компьютерлік технологияларды қолдану арқылы жүргізілген және толық түсіндірілген.
		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):	1) Ия. Диссертациялық жұмыста ұсынылған теориялық қорытындылар ғылыми тұрғыдан дәлелденген, сенімді және өзара байланысты эксперименттік зерттеу нәтижелерімен жан-жақты расталған. Ядролық синтезделу реакция қимасын есептеу нәтижелері EXFOR деректер базасымен салыстырылған, ал нейтрондардың шығуы Lee model code арқылы есептелген. Алынған нәтижелер мен тұжырымдар осы бағыттағы басқа авторлардың зерттеулерімен сәйкес және оларға қайшы келмейді.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге **сілтемелермен расталған** / ішінара расталған / расталмаған.	Диссертациялық жұмыста алынған негізгі ғылыми нәтижелер мен қорытындылар отандық және шет елдік мына басылымдардың [52, 54, 77, 80-86, 100, 108-110, 115, 119, 120] нәтижелермен және тұжырымдар заманауи әрі сенімді ғылыми әдебиеттерге [45-50, 73, 82, 96, 99, 100-115] сілтемелер жасалып салыстырылған.

		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі **әдеби шолуға жеткілікті**/жеткіліксіз.	Диссертациялық жұмыста пайдаланылған әдебиеттер тізімі 124 құрайды, оның ішінде автордың диссертация нәтижелері бойынша жарияланған 16 баспа жұмысы: Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 9 мақала, Web of Science және Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына кіретін импакт-факторы жоғары журналдарда 2 мақала және халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның материалдарындағы 5 мақаласы енген. Пайдаланылған әдебиеттер саны мен мазмұны диссертациялық жұмыстың әдебиеттік шолуын, өзектілігін қалыптастыруға және алынған нәтижелерді жан-жақты салыстыруға толық жеткілікті.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы: 1) **бар;** 2) жоқ.	1) Бар. Зерттеу нәтижелері маңызды теориялық мәнге ие, өйткені плазмалық фокус қондырғысында жүретін термоядролық синтез реакцияларының параметрлері мен нейтрондардың түзілу механизмдері теориялық тұрғыдан толық жүйеленген. Эксперименттік зерттеу нәтижесінде аталған процестердің физикалық табиғаты нақтыланып, олардың өзара теориялық байланыстары сипатталған.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: **1) ия;** 2) жоқ.	1) Ия. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер практикалық тұрғыдан құнды болып табылады, себебі термоядролық плазма ортасында термоядролық реакцияларды орнықты (стационарлық) күйде жүзеге асырудың физикалық шарттарын сипаттайтын негізгі параметрлердің әсерін терең түсінуде және нейтрондар генерациясының механизмдерін бағалауға мүмкіндік береді. Нейтрондар ағынының ^{182}W вольфрам және ^{92}Mo молибден материал пластиналарымен ядролық серпімді соқтығысу нәтижелері, олардың ядролық технологияларда, термоядролық зерттеулерде қолданылу аясын кеңейтеді және радиациялық эрозия процестерін эксперименттік модельдеуге негіз болады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма? 1) **толығымен жаңа;** 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	1) толығымен жаңа. Диссертациялық жұмыстағы 10^6-10^8 нейтрон ағындарының материал пластиналарымен серпімді ядролық әсерлесу нәтижесінде ^{182}W материалында 0,6 dpa деңгейінен бастап дислокациялық торлар мен нүктелік ақауларда дейтерий

			иондарының жинақталуына байланысты блистерлер санының азаюына қатысты практикалық ұсыныстар, термоядролық зерттеулер үшін өте маңызды болып табылады.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) **жоғары;** 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	1) жоғары. Диссертациялық жұмыстың жазылу және рәсімделу сапасы жоғары деңгейде орындалған. Мәтін мазмұны жүйелі түрде, бірізді және логикалық тұрғыдан өзара байланысқан құрылымда баяндалған.
11	Диссертацияға ескертулер		Диссертациялық жұмыстағы кейбір графиктерде X, Y осьтері бойынша ағылшын тілінде жазылған.
12	Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі		Зерттеу тақырыбы бойынша жазылған мақалалар деңгейі жоғары. Диссертацияда қойылған негізгі тапсырмаларды толық қамтиды.
13	Ресми рецензенттің шешімі		Молдабеков Ж.М. диссертациялық жұмысы «6D060500 – Ядролық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу бойынша қойылатын талаптарға толық сәйкес келеді және философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға лайық деп санаймын

Ресми рецензент:
физика-математика ғылымдарының кандидаты,
философия докторы (PhD), профессор, Басқарма-төрағасы Ректор,
«Қазақстан-Британ техникалық университеті» АҚ. Габдуллин Маратбек Тулебергенович

Габдуллин Маратбек Тулебергеновичтың қолын растаймын

Ғалым хатшы «ҚБТУ» АҚ: Сермагамбетова Назгуль Кенесбековна

Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы қ., Төле би көшесі 59 үй, m.gabdullin@kbtu.kz