«6D060500-Ядролық физика» мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D) дәрежесін алу үшін диссертациясына

# АҢДАТПА

**ХАСАНОВ МАНАС КАБЫЛТАЙЕВИЧ**

## ГАММА СӘУЛЕЛЕРДІҢ НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАР МАГНИТОСФЕРАСЫНДАҒЫ ГЕНЕРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ТАРАЛУЫ

Диссертациялық жұмыста гамма сәулелердің нейтронды жұлдыздарда Pb-Bi циклді ядролық реакция нәтижесінде пайда болуы және гамма сәулелердің нейтронды жұлдыздардың күшті магнит өрісінде таралу нәтижелері көрсетілген.

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі**.

Гамма-астраномияның классикалық облысында атмосфера ашық емес. Сол себепті, бақылау жасау мүмкіндігі тек космостағы спутниктерді қолдану арқылы туындайды. Арнайы жабдықталған спутниктер арқылы, мысалы: Cos B (1975-1982 ж.ж), Комптондық гамма обсерваториясы (EGRET - гамма сәулеленудің энергетикалық эксперемен, жабдығы), AGILE (Astro-rivelatore Gamma a Immagini, LEggero - космостағы жеңіл телескоп гамма-аралығында бейне кескін жасауға арналған (2007 ж. бастап), Э. Ферми атындағы космостағы абсерватория (2008 ж. бастап) нүктелік және кеңейтілген гамма сәулелердің көздерінің диффузды фоның көруге мүмкіндік туындап отыр. Бұл нүктелік сәуле көздерінің көп бөлігі (егер тіпті барлығы болмаса) компактті объекттермен, нейтронды жұлдыздармен, Галактика ішіндегі қара құрдымдармен және галактикалардың активті ядроларындағы массасы өте көп қара құрдымдармен байланысты. Ал изотропты фонды алыс галактикалардағы дәл осындай сәуле көдері тудырады деп есептелінеді.

Массивті жұлдыздар эволюциясының мүмкін нәтижелерінің бірден бірі болып табылатыны нейтрон жұлдыздар. Бұндай компактті объект астрофизика тұрғысынан ғана емес, сондай ақ, фундаменталды физика жағынан да өте қызықты объект болып табылады. Айтылғанның дәлелі ретінде үш Нобель сыйлығы осы нейтронды жұлдыздарды зерттегені үшін берілген. (радио-пульсардың ашылуына байланысты, қос пульсардың ашылуы және жалпы салыстырмалы теориясын тексерілуіне байланысты және ренген астрономиясының дамуына байланысты).

Қазіргі уақытта оптикалық және жақын ИҚ диапазонында 25 нейтрондық жұлдыздар ғана анықталған, ал гамма диапазонында жүзге жуық және рентгендік диапазонда шамамен екі жүз және радиожиілікте 2000-ға жуық нейтронды жұлдыздар табылған.

Алайда қазіргі кездегі қолда бар мәліметтер гамма-диапазондағы пульсарлардың сәулелену механизмі туралы белгілі бір қорытынды жасауға мүмкіндік бермейді. Сондықтан жаңа мәліметтерді алу және нейтрон жұлдыздарының осы диапозонда сәулеленуінің теориялық модельдерін құру өте маңызды.

Нейтронды жұлдыздардың пайда болуы, эволюциясы және қара құрдымға айналу процестері: супернова, гипернова, килон жұлдыздары және гамма-сәулелік жарылыс әлемдегі ең күшті жарылыс процестері болып табылады. Мультимедиялық астрономияның пайда болуына байланысты бұл нысандарды космологиялық қашықтықта байқауға болады, сондықтан оларды заттың экстремал күйлеріндегі қасиеттері мен құрылымын зерттеу үшін қолдануға болады. Соңғы онжылдықта бақылауға байланысты материалдар көлемі бірнеше есе өсті, бірақ жұлдыздың жарылуы және гамма-сәулелердің шығу сипаты мен механизмдеріне қатысты кейбір маңызды мәселелер қазіргі кездн құпия болып отыр.

1a (SN 1a) типінің жарықтығы максимумда тұрақты болады деп есептеледі, нәтижесінде олар Әлемдегі қашықтық көрсеткіштерінің рөліне өте ыңғайлы. SN 1a жарылысының нәтижесінде ақ карлик жұлдызы нейтрондық жұлдызға айналады. Бірақ бақылаушы деректерді түсіндірудегі кейбір проблемаларға байланысты жарылыс механизмін (SN 1a) анықтау, жарылыстың бастапқы және соңғы сәттерінде сәуле шығару және тарату, сонымен қатар гамма-сәулелік жарылыс ағындарындағы магнит өрістерінің құрылымын анықтау қажет. Бұл сұрақтарға нейтронды жұлдыздың тереңдігі мен бетінде болатын процестерді компьютерлік модельдеудің, NS магнитосферасындағы сәулеленудің пайда болу және таралу механизмдерінің көмегімен, сондай-ақ жұлдыздардың сәулелену спектрінің, қарқындылығы мен поляризациясының дәлдігін өлшеу көмегімен жауап беруге болады. Өкінішке орай, SN 1a поляризациясының бақылаулары, әсіресе қабықтың кеңеюінің алғашқы кезеңдерінде, сондай-ақ гамма-сәулелік жарылыстардың ішкі және ерте оптикалық сәулеленуі аз. Гамма-сәулелерінің ішкі оптикалық сәулеленудің поляризациясы әлі тіркелген жоқ; Кейінгі поляризацияның бірнеше өлшеулері ғана бар.

Нейтронды жұлдыздарда түрлі сәулелену нәтижесінде жоғалған энергияны толтыратың ішкі ресурстары жоқ, ал миллиондаған жылдар бойы ол біртіндеп суып, өлі объектіге айналады. Алайда, егер аккреция

нейтрондық жұлдыздың бетінде пайда болса, ол өзінің энергиясын қалпына келтіре алады.

Нейтронды жұлдыздың бетіндегі аккреция оның ішінде күрделі магнитогидродинамикалық және ядролық процестерді тудырады. Аккреция нейтронды жұлдыздарда тиімді энергия көзі ретінде қызмет ететін ядролық реакциялар тізбегін қоздырады. Бұл жағдайда нейтронды жұлдыздың сыртқы қабаты тепе-теңдік күйінен айырылады, бұл нейтронды жұлдыз бетіндегі жер сілкінісі және диффузия сияқты тұрақсыз процестердің пайда болуына әкеледі. Алайда, аккреция аяқталғаннан кейін нейтрондық жұлдыз қайтадан энергиясын жоғалта бастайды. Сезімтал рентгендік телескоптар мен арнайы бақылау әдістерін қолдана отырып, біз осы процестердің қолтаңбаларын анықтай аламыз: аккреция эпизодтары кезінде нейтронды жұлдыздың температурасы көтеріледі, бірақ кейін біртіндеп төмендейді. Атап айтқанда, нейтронды жұлдызды «салқындату қисығын» егжей-тегжейлі карталау оның ішкі құрылымы туралы бірегей түсінік бере алады, бұл нейтрондық жұлдызды зерттеудің негізгі мақсаттарының бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда қолда бар мәліметтер гамма диапазонындағы импульсті сәулелену механизмі туралы белгілі бір қорытынды жасауға мүмкіндік бермейді, сондықтан осы объектілерде болатын ядролық реакциялар теориялық тұрғыдан қарқынды түрде зерттеледі. Д.Клейтон алғаш қарастырған Pb-Bi циклді реакциясы ауыр элементтердің нуклеосинтезін, жаңа және супернова жарылыстарың түсіндіруде маңызды рөл атқарады. Сондықтан Pb-Bi циклінің ядролық реакциясына және оның барлық субциклдеріне қатысты егжей-тегжейлі есептеулер, сондай-ақ Pb-Bi цикліндегі гамма-сәулеленудің қарқындылығын есептеулер гамма-сәулеленудегі импульсті сәулелену механизмін түсіндіру үшін бүгінгі күні өзекті болып табылады. Магнетарлар деп аталатын кейбір нейтрондық жұлдыздардың керемет супермагниттік өрістері сәулелену процестері үшін маңызды болып табылатын сызықты емес кванттық электродинамикалық әсерлерге әкелуі мүмкін (мысалы, вакуумдық поляризация). Сондықтан нейтрондық жұлдыздың барлық осы қасиеттері идеал емес плазма физикасы мен ядролық физиканың теориялық астрофизикасы үшін үлкен қызығушылық тудырады.

**Жұмыстың мақсаты**

Жұмыстың негізгі мақсаты нейтронды жұлдыздар қабықшасындағы тепе-теңдік емес процестерде гамма-сәулеленудің пайда болу механизмдерін және оның магнитосферасындағы таралуын зерттеу.

**Зерттеу нысаны** – нейтронды жұлдыздар қабықшасы мен магнитосферасы.

**Зерттеу пәні** – нейтронды жұлдыздардың қабықшасындағы Pb-Bi циклді реакциясы арқасында гамма-сәулелердің пайда болуы және оның магнитосферада таралуы.

**Зерттеу әдістері**.
Аналитикалық және сандық әдістер, компьютерлік модельдеу.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі **есептерді шешу** қажет:
– Pb-Bi циклді реакцияны моельдеу.
– Pb-Bi циклі бойынша гамма-сәулелердің қарқындылығын анықтау.
– Нейтрондық жұлдыздың магнитосферасы арқылы өтетін гамма-сәулелердің екі нормалды модасының салыстырмалы кідіріс уақытын анықтау.

**Қорғауға шығарылатын мәселелер**:
– Pb-Bi циклы нейтрон ағынының $10^{13} - 10^{18} нейтрон/см^2$ диапазонында қосымша субциклдер бар, сондықтан көрсетілген нейтрон ағынының диапазонында толық Pb-Bi циклы Tl206, Pb206-Pb209, Bi209-Bi210, Po210-Po211 изотоптарынан құралған.
– Нейтронды жұлдыздың бетінде жұлдызаралық материя ағынының әсерінен пайда болатын толық Pb-Bi циклінің гамма-сәулелену қарқыны $10^{18}$ фотон / $см^2$ сек құрайды.
– Нейтронды жұлдыздың магнит өрісі арқылы өтетін гамма-сәуле бір-біріне қатысты кешігуі $10^{-8}$ сек болатын екі қалыпты нормал модаға ыдырайды.

**Диссертациялық жұмыстың нәтижесінің ғылыми жаңалығы.**
Берілген жұмыста келесі алғаш рет келесігідей нәтижелер алынды:
– Pb-Bi изотоптық құрамы және толық циклі анықталды.
– Нейтронды жұлдыз бетіндегі Pb-Bi циклінің гамма-сәулелену қарқындылығы есептелінді.
– Нейтронды жұлдыздың магнит өрісі арқылы өтетін гамма сәуленің екі нормал модасы арасындағы уақыт кідірісінің тәуелділігі есептелінді.

**Жұмыстың ғылыми-практикалық маңыздылығы**. Диссертациялық жұмыстағы Pb-Bi циклдік реакциясының параметрлерін анықтау жұлдызды

нуклеосинтез нәтижесінде элементтердің құрамымен байланысты бірқатар мәселелерді анықтауға және гамма-сәулелену механизмін нақтылауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, нейтронды жұлдыздардың дипольді және квадрупольды магнитосфералары арқылы гамма сәулелерінің таралуын анықтау бізге нейтронды жұлдыздың магнит өрісінің параметрлерін өлшеу үшін балама әдісті ұсынады.

**Жұмыстың нәтижесінің нақтылығы** рецензияланған ғылыми журналдардағы жарияланымдармен және халықаралық конференцияларға қатысумен расталады.

**Автордың өзінің тигізген үлесі**

Автор ғылыми жетекшілерімен бірге есепті шешуге қатысты және Pb-Bi кеңейтілген циклді реакциясын қарастыруды ұсынды. Автор ENDF файлдарымен жұмыс істеуге және циклдік реакция кезінде энергия шығынын есептеуге арналған «IBUS» бағдарламалық пакетін жасады. Сондай-ақ, автор электромагниттік импульстің кідірісін есептеу үшін «Mathematica» көмегімен бағдарламалық код жазды.

**Басылымдар.** Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша 9 жазба жұмысы жарияланған: 3 мақала ҚР БҒМ БҒСБК тізіміне кіретін журналдарда PhD дәрежесін алу үшін диссертацияның негізгі нәтижелерін жариялау үшін және 1 мақала жоғары импакт факторлы халықаралық информациялық Web of Knowledge (Thomson Reuters, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланд) қорына кіретін журналдарда, 4 жұмыс халықаралық ғылыми конференция жинақтарында, соның ішінде 1 шет ел конференцияларында.

**Апробацияланған диссертациялық жұмыстар.** Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесі конференцияларда талқыланды:

– «Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics, and Relativistic Field Theories» (2018, Rome, Italy) халықаралық ғылыми конференциясында;

– «Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics, and Relativistic Field Theories» (2018, Rome, Italy) халықаралық ғылыми конференциясында;

– НАН РК академигі Абдильдин М.М. 80-жылдығына арналған Абдильдин оқулары атты: «Заманауи физиканың өзекті мәселелері » (2018, Almaty) халықаралық ғылыми конференциясында.

– Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби Әлемі» атты халықаралық конференциясында 2016, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан;

– Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби Әлемі» атты халықаралық конференциясында 2017, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан;

– «Ядролық ғылым және технология». - Алматы, 2017. халықаралық ғылыми конференциясында.

**Диссертацияның тақырыбының ғылыми жұмыстардың жоспарымен байланысы.** Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Гравитациялық өрістерде айналмалы кеңейтілген денелердің қозғалысы» (2015-2017 жж.), «Жалпы салыстырмалы теориясында ішкі құрылымы бар кеңейтілген сынақ денелерінің динамикасын сандық зерттеу (2018-2020 жж.)» ғылыми жобаларының жоспарлары аясында орындалды.

**Диссертацияның көлемі мен құрылымы.** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 2 бөлімнен, қорытынды және 149 қолданылған әдебиеттер тізімінен, 100 негізгі компьютерлік мәтіннен, 20 суреттен тұрады.