«8D05306 – Физика» білім беру бағдарламасы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға арналған диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

ЕРНАЗАРОВ ТУРСЫНБЕК ИЗМУХАНОВИЧ

ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР ШЕБІНІҢ МАГНЕТАРДЫҢ МАГНИТТІК ӨРІСІ АРҚЫЛЫ ӨТУІ КЕЗІНДЕГІ ВАКУУМНЫҢ БЕЙСЫЗЫҚ ЖӘНЕ ЖАЛПЫ САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ЭФФЕКТТЕРІ

Бұл жұмыс магнетардың магнит өрісі арқылы электромагниттік толқындардың шебінің өтуіндегі вакуумдағы сызықтық емес электродинамика мен жалпы салыстырмалық теориясының әсерлерін зерттеуге арналған.

Тақырыптың өзектілігі:

Қазіргі теориялық модельдерге сәйкес, вакуумдық электродинамика сызықтық емес теория болып табылады. Бұл теория екі бөлімде қарастырылады: материалдық ортада жүретін сызықтық емес электродинамикалық процестерді зерттейтін сызықтық емес оптика және күшті электромагниттік өрістерде вакуумда жүретін ұқсас процестерді зерттейтін вакуумдағы сызықтық емес электродинамика (СЕЭ).

Стэнфордтың сызықтық үдеткішінде өткізілген гамма-кванттарға лазерлік фотондардың серпімсіз шашырауы бойынша тәжірибелер вакуумдық электродинамиканың сызықтық емес қасиеттерге ие екенін растады. Жерде вакуумдағы кванттық электродинамиканың сызықтық емес әсерлерін байқау бойынша көптеген лабораториялық тәжірибелер өткізілді [1-2]. Зертханалық жағдайларында вакуумдағы СЕЭ әсерлерін бақылау тек салыстырмалы дәлдігі 10^{-19} – 10^{-20} деңгейінде болатын тәжірибелерде ғана жүргізілуі мүмкін. Мұндай дәлдікті тек дәлдік сақиналық лазерлер қамтамасыз ете алады. Сақиналық лазерлер мен олардың дәлдік оптикалық өлшеулердегі қолданылуы [3]. Қазіргі уақытта вакуумдағы СЕЭ әсерлерін өлшейтін аспаптардың дәлдігі бұл әсерлерді зерттеуге жеткіліксіз болғандықтан, вакуумдағы СЕЭ аз зерттелген. Сонымен бірге, жердегі лабораторияларда қолжетімсіз өте жоғары магнит өрістерінде зарядталған және магниттелген астрономиялық объектілер сызықтық емес электродинамиканың әсерлерін тереңірек түсінуге мүмкіндік беруі мүмкін [4,5]. Сондықтан, электромагниттік өрісі жоғары деңгейдегі астрофизикалық компакті объектілерге, атап айтқанда зарядталған қара құрдымдарға және магнетарларға қызығушылық артуда. Сыртқы электромагниттік өрісте әлсіз электромагниттік толқынның таралуы сызықтық емес электродинамикалық әсерлермен, мысалы,

сәулелердің сызықтық емес майысуымен жүреді. Осындай майысқан сәулелердің кідіруін детектор көмегімен зерттеу вакуумдағы СЕЭ әсерлерін түсіну мен зерттеуге үлкен үлес қосады. Әрине, магнетар сияқты компакті объектілер арқылы электромагниттік сәулелердің өтуіндегі вакуумдағы СЕЭ әсерлерін зерттеу өзекті болады.

Зерттеу мақсаты

Зерттеудің мақсаты – магнетардың дипольдік магнит өрісіндегі электромагниттік сәулеленудің гравитациялық және сызықтық емес магниттік линзалауын сандық зерттеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі **міндеттерді** орындау қажет:

1. Гравитациялық және магниттік біріккен өрістерінің әсерінен ЭМ сәуленің диполь осінің жазықтығында және оған перпендикуляр жазықтықта ауытқуын зерттеу. Әсер ету қашықтығына және магнит өрісінің қарқындылығына байланысты ауытқу бұрыштарының тәуелділіктерін анықтау, түрлі қашықтықтар (15-100 км) және күшті магнетар жағдайларындағы магнит өрістері үшін ($B = 10^{13}$ Г) зерттеу.
2. Магнетардың дипольдік магнит өрісі арқылы өтетін сәулелену шебінің деформациясын зерттеп, оның пішінінің өзгеру заңдылықтарын анықтау. Овал тәрізді идеал пішіннен эллипске дейінгі ауытқу дәрежесін бағалау және осы деформацияға әсер ететін негізгі параметрлерді анықтау.
3. Магнетардың магнит өрісі арқылы өткен кездегі сәулелену шебінің энергия ағынының таралуының өзгерістерін зерттеу. Шептің кіріс және шығыс энергиясы арақатынасын анықтау және энергия ағындарының минимумы мен максимумына әсер ететін факторларды белгілеу.

Зерттеу объектісі

Магнетардың дипольдік магнит өрісі, гамма-сәуле жарқылы, магнетар.

Зерттеу пәні

Электромагниттік сәуле шебінің магнетар арқылы өтуіндегі гравитациялық және магниттік линзалау.

Зерттеу әдістері

Зерттеудің аналитикалық бөлігі жалпы салыстырмалық теориясына және дифференциалдық геометрия әдістеріне негізделеді, сондай-ақ жуық шешімдерді алу үшін бұзылыстар теориясының әдістері қолданылады. Сандық талдау негізінен Рунге-Кутта және Адамс әдістерін, сонымен қатар зерттелетін теңдеулердің сипаттамаларына бейімделген спектралдық әдістерді қолданады.

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдар

1. Импакт параметрінің мәні 15-100 км аралығында және магнит өрісінің кернеулігі $B = 10^{13}$ Гс болғанда, гравитациялық және дипольдік магнит біріккен өрістерінің әсерінен ЭМ сәуленің ауытқу бұрышы сәйкесінше 86 градус және 3,36 градусқа тең.
2. Магнетардың гравитациялық және дипольдік магнит өрістері әсерінен электромагниттік сәулеленудің толқын шебінің деформациясы (өлшемсіз шама) 0,07-ге тең.

3. Гравитациялық және дипольдік магниттік біріккен линзаланудың әсерінен магнетардан (Swift J1822.3-1606) 30 км қашықтықта GRB091006360 гамма сәулесінің энергия ағынының тығыздығы бастапқы мәнінен 1,83 есе артады.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы

Диссертацияның бірегейлігі мен инновациясы келесіден көрінеді:

- магнетардың біріктірілген гравитациялық және дипольдік магнит өрісі арқылы өтетін электромагниттік сәулелену жақын аймақтарда үлкен, ал қашықтықта кіші бұрышқа ауытқиды. Магнетардың беткі дипольдік магнит өрісінің қарқындылығы сындық мәнге жақындағанда, сызықтық емес электродинамиканың әсері маңызды болады;
- гравитациялық және дипольдік магнит өрістері біріктірілген жағдайда, электромагниттік сәуле шебі магнетардың магнитосферасынан өткенде эллипске айналады. Бұл құбылыс жеке гравитациялық өрісте байқалмайды;
- магнетардың магнитосферасынан өтетін гамма-кванттардың ағын тығыздығына гравитациялық және дипольдік магнит өрістерінің айтарлықтай әсері нәтижесінде ағынның қайта таралуы жүреді.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы

Алынған нәтижелер ықпалы жоғары ғылыми журналдардағы, сондай-ақ Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Комитеті ұсынған журналдардағы жарияланымдармен расталған. Сонымен қатар, нәтижелердің дұрыстығы қазақстандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференциялардың материалдар жинағындағы жарияланымдармен дәлелденеді. Зерттеу көздері – әдебиеттер тізімінде көрсетілген түпнұсқа ғылыми еңбектер.

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Алынған нәтижелер импакт-факторы бар жетекші ғылыми журналдардағы жарияланымдар және ҚР Білім және ғылым комитеті ұсынған журналдардағы жарияланымдар арқылы, сондай-ақ, отандық және шетелдердегі халықаралық ғылыми конференциялардың материалдар жинағындағы жарияланымдарының болуымен расталады.

Зерттеудің дереккөздері пайдаланылған әдебиеттер тізімінде келтірілген түпнұсқа ғылыми еңбектер болып табылады.

Автордың жеке үлесі

Зерттеу барысында, оның ішінде әдебиеттерді шолу, зерттеу міндеттерін шешуге арналған зерттеулер жүргізу және қанағаттанарлық нәтижелерге қол жеткізу бойынша автор тәуелсіз жұмыс жасады. Алайда, зерттеу тақырыбына сәйкес міндеттерді анықтау және алынған нәтижелерді талдау үшін ғылыми жетекшілермен кеңесіп отырды.

Жарияланымдар

Зерттеудің негізгі нәтижелері бойынша 10 мақала жарияланған: біреуі Web of Knowledge (Thomson Reuters, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды)

индекстелген журналда, 4 мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі ұсынған журналдарда, 3 мақала халықаралық ғылыми конференциялар материалдар жинағында.

Thomson Reuters мәліметтер базасында немесе Scopus халықаралық ғылыми мәліметтер қорына енгізілген басылымдарда импакт-факторы жоғары мақалалар:

1. Beissen, N., Abishev, M., Toktarbay, S., Yernazarov, T., Aimuratov, Y., Khassanov, M. (2023). Nonlinear electrodynamical lensing of electromagnetic waves on the dipole magnetic field of the magnetar. International Journal of Modern Physics D, 32(16), 2350106-142. (IF: 3.8, SCOPUS 80)

Қазақстан республикасы БҒМ БҒССҚК ұсынған басылымдардағы жарияланымдар

1. Beissen, N., Abishev, M., Toktarbay, S., Yernazarov, T., Utepova, D., & Zhakipova, M. (2023). The Exploring nonlinear vacuum electrodynamics beyond Maxwell's Equations. International Journal of Mathematics and Physics, 14(1), 61-70.

2. Beissen, N. A., Utepova, D. S., Kossov, V. N., Toktarbay, S., Khassanov, M. K., Yernazarov, T., Seydalieva, M. (2024). The influence of deformation in compact objects on redshift and radar echo delay. Recent Contributions to Physics, 88(1).

3. Beissen, N., Abishev, M., Toktarbay, S., Yernazarov, T., Khassanov, M., Utepova, D., Abduali, A. (2024). An overview of light ray deflection calculation by magnetars in nonlinear electrodynamics. Bulletin of the Karaganda University" Physics Series", 11429(2), 65-71.

4. Beissen, N. A., Utepova, D. S., Kossov, V. N., Toktarbay, S., Khassanov, M. K., Yernazarov, T., Imanbayeva, A. K. (2024). Comparing the efficiency of GPU and CPU in gravitational lensing simulation. International Journal of Mathematics and Physics, 15(1), 49-56.

Халықаралық шетелдік және отандық ғылыми конференциялар материалдарындағы жарияланымдар

1. Yernazarov, T., Abishev, M., & Aimuratov, Y. Correspondence of gamma radiation coming from GRBs and magnetars based on the effects of nonlinear vacuum electrodynamics. In the Sixteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theories: Proceedings of the MG16 Meeting on General Relativity Online; 5–10 July 2021 (pp. 4401-4409).

Диссертациялық жұмысты апробациялау

Диссертацияның негізгі нәтижелері Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың физика-техникалық факультетінің семинарларында, сондай-ақ келесі халықаралық конференцияларда ұсынылып, талқыланды:

- әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың Теориялық және ядролық физика кафедрасындағы ғылыми семинарларда;

- «The Fifteenth Marcel Grossmann Meeting» - Халықаралық ғылыми конференциясы (2021 ж., Рим қ., Италия);

- «Фараби әлемі» - Халықаралық студенттер мен жастардың ғылыми конференциясы (6-8 сәуір, 2023 ж., Алматы қ., Қазақстан);

- әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Физика және технология факультеті, Алматы, Қазақстан, 12-15 сәуір 2023 ж. өткен Абдилдин оқулары конференциясында;

- Өзбекстан Негізгі және Қолданбалы Зерттеулер Институты, Ташкент, Өзбекстан, 13-18 мамыр 2024 ж., Теориялық физика және астрофизика халықаралық конференциясында (ICTPA-2024).

Диссертация тақырыбының ғылыми зерттеу жобалармен байланысы

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылыми комитетінің "Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру" бағдарламасы аясында орындалды: “Магнетарлардағы вакуумдағы бейсызық электродинамика және жалпы салыстырмалық теориясының эффекттері” (2022-2024 жж., код AP14869524, Келісім № 253/30-22-24, 2022 жылғы 18 қазан).

Диссертацияның құрылымы

Диссертация кіріспеден, негізгі 2 тараудан және 116 әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертацияда 27 сурет болып, жалпы 111 бетті құрайды.