**ӘОЖ 52**

**КБЖ 22.63**

Диярат Дина

(Астана, Қазақстан)

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті 071400**

**ҒАРЫШТЫҚ АКСИОНАНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІ**

**Аңдатпа:**Ғарыштық аксиондар қазіргі физика саласындағы маңызды және болашағы зор тақырыптардың бірі болып табылады. Бұл бөлшектер негізінен қараңғы материяның табиғатын түсіндіру мақсатында ұсынылған, бірақ олардың физикалық қасиеттері әлі толық ашылмаған. Мақалада ғарыштық аксиондардың әртүрлі теориялық модельдері мен қазіргі уақытта жүргізіліп жатқан эксперименттік зерттеулердің нәтижелері қарастырылады. Сонымен қатар, аксиондардың қараңғы материяның құрамындағы рөлі және олардың ғарыштық әсерлері талқыланады.

**Түйін сөздер**: ғарыштық аксиондар, қараңғы материя, аксиондық модельдер, кванттық өрістер, астрофизика, ғарыштық бақылаулар, космология, гипотезалар, аксиондық модельдеу.

Аксиондардың зерттелуі жоғары энергия физикасы мен астрофизика саласында маңызды ғылыми мәселелерді шешуге бағытталған. Ғарыштық аксиондардың теориялары қараңғы материяның табиғатын тереңірек түсінуге мүмкіндік беріп, ғаламның құрылымын жан-жақты зерттеуге жол ашады. Мақалада аксиондар туралы жалпы түсінік, ғарыштық аксиондардың модельдері сияқты өзекті тақырыптар талданады.

Аксиондар электромагниттік өріспен әлсіз әрекеттескенімен, олар ядролық күштер арқылы өзара әрекеттесуі мүмкін. Бұл олардың физикалық және эксперименттік зерттеулерінде аса маңызды болып табылады.[1]

Қазіргі астрофизикада қараңғы материя ғаламның маңызды құраушысы болып саналады, бірақ оның нақты табиғаты әлі анықталмаған. Аксиондар қараңғы материяның ықтимал кандидаттары ретінде қарастырылады, өйткені олар өте аз массаға ие және электромагниттік өріспен әлсіз өзара әрекеттеседі. Аксиондар қараңғы материяның құрамдас бөлігі ретінде қарастырылған жағдайда, олар ғаламның жалпы массасы мен энергиясының балансын түсінуге көмектеседі.

Максвелл теңдеулеріне түзетулер енгізу мақсатында Лагранжианның кеңейтілген нұсқалары пайдаланылады. Бұл саланың ең белгілі үлгісі – Борн–Инфельд теориясы, ол электромагниттік өрістің ең жоғары күштерін ескереді және вакуумдағы поляризация әсерлерін сипаттайды, бұл процесс келесі теңдеумен беріледі:

мұндағы– электромагниттік өріс тензоры, ал – сипаттамалық өріс күші, –Лагранж функциясы.Бұл модель электр өрісінің шексіздікке жетуін болдырмайды, сондықтан ол кванттық гравитация мен суперсимметриялық теорияларда кеңінен қолданылады. Тағы бір маңызды сызықты емес әсер - Эйлер–Гейзенберг-Лагранж теориясы, ол кванттық электродинамикада виртуалды бөлшектердің әсерінен вакуумның поляризациясын сипаттайды:

мұндағы,-жұптасу тұрақтысы, -электрон массасы, – электромагниттік өріс тензоры, -қосарланған тензор, -электр және магнит компоненттерінің негізгі шама, -ЭйлерГейзенберг Лагранж

функциясы.

Ғарыштық аксиондық физикада және магнитосферадағы экстремалды жағдайларда сызықты емес эффектілер аса маңызды рөл атқарады. Мысалы:Қатты магниттелген нейтрон жұлдыздары (магнетарлар) – бұл жұлдыздардың магнит өрісі -Гс деңгейіне жетуі мүмкін, мұнда электродинамиканың сызықты емес әсерлері, соның ішінде вакуумдық қосарлану байқалады [2]

Аксиондық электродинамика – аксион сияқты жеңіл бөлшектердің электромагниттік өріспен өзара әрекеттесуі ерекше кванттық эффектілерді тудырады. Бұл құбылыстар аксиондық космологияның маңызды аспектілерінің бірі ретінде зерттелуде. Аксиондардың бар-жоғын анықтау үшін лазерлер мен магниттік өрістерді пайдалану әдісі кеңінен қолданылады. Бұл әдіс аксиондардың электромагниттік өріспен әлсіз өзара әрекеттесуге негізделіп, олардың бар болуын анықтауға бағытталған [3].

Қара құрдымдар аймағындағы электромагниттік процестер мен лазерлік плазмадағы сызықты емес әсерлер қазіргі астрофизика мен плазма физикасының маңызды әрі күрделі зерттеу салаларының бірі болып табылады. Бұл тақырыптар тек теориялық қана емес, сонымен қатар эксперименттік тұрғыдан да жан-жақты зерттеуді қажет етеді. Осы құбылыстарды зерттеуде эксперименттік зерттеулер мен теориялық модельдер маңызды рөл атқарады, ал теориялық модельдеу – бұл зерттеудің негізі.

Аксиондардың табиғаты әлі толық ашылмағанымен, осы бағыттағы зерттеулердің нәтижелері маңызды физикалық және астрофизикалық сұрақтарды шешуге мүмкіндік береді [4].

Эксперименттерде қолданылатын негізгі құралдар Хаббл телескопы NASA мен ESA (Еуропалық ғарыш агенттігі) бірлесіп жасаған ғарыштық құрылғы болып табылады. Оның атауы белгілі америкалық астроном Эддингтон Хабблдің құрметіне берілген. Хаббл телескопы 1990 жылдың 24 сәуірінде Space Shuttle Discovery ғарыш кемесі арқылы орбитаға шығарылды.Телескоптың басты міндеті – ғаламды зерттеу, жұлдыздардың, галактикалардың қалыптасуы мен дамуын бақылау, сондай-ақ ғарыштағы басқа да құбылыстарды зерттеу. [spacecraft\_th\_hubble.jpg](file:///C:\Users\Acer\AppData\Roaming\Microsoft\Word\spacecraft_th_hubble.jpg)[5].

Ғарыштық модельдеу қазіргі ғылымда ғарыш кеңістігіндегі шарттарды арнайы бақылаулар мен тәжірибелер арқылы қайталауға мүмкіндік беретін маңызды әдіс болып табылады. Бұл әдіс ғаламның объектілерін, кеңістік элементтерінің әрекетін, ғарыш кемелерінің құрылымын және ғарыш жағдайларының тірі ағзаларға әсерін терең зерттеуде аса қажет. Бұл мақала ғарыштық модельдеудің түрлі тәсілдерін, олардың қолданыс аясын және осы саладағы ғылыми зерттеулердің болашақ бағыттарын талқылайды[6]. Ғарыштық модельдер тек теориялық тұрғыдан ғана емес, сонымен қатар эксперименттік зерттеулерде де маңызды функция атқарады. Эксперименттер ғарыштық модельдердің дұрыстығын тексеруге мүмкіндік береді. Ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу үшін алдымен негізгі түсініктерді анықтап алу қажет. Ғарыштық аппараттың траекториясы екі негізгі бөліктен тұрады: активті және пассивті. Активті бөлімде қозғалыс реактивті қозғалтқыштар өшірілгеннен кейін басталады. Бұл кезеңде ғарыштық аппараттың қозғалысына Жер, Күн, Ай және басқа да планеталардың тарту күштері әсер етеді. Соңғы қозғалтқыштың өшірілуі ғарыштық аппараттың жылдамдығын анықтап, оның қозғалыс траекториясын белгілеуге мүмкіндік береді [7].

MATLAB және Maple сияқты есептеу жүйелері ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу үшін кеңінен қолданылады, себебі олар сандық әдістерді және аналитикалық шешімдерді тиімді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.Бұл тәсіл ғарыштық аппараттардың күрделі қозғалыстарын, оның ішінде орбиталық маневрлер мен қону процестерін болжауға тиімді.

MATLAB — сандық есептеулер мен модельдеу үшін кеңінен пайдаланылатын танымал бағдарламалық орта. Бұл құрал, әсіресе, ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу кезінде әртүрлі математикалық тапсырмаларды, оның ішінде дифференциалдық теңдеулерді шешу, траекторияларды болжау және күштерді талдау сияқты мәселелерді тиімді түрде орындауға мүмкіндік береді.

Ғарыштық аппараттардың қозғалысын MATLAB бағдарламасында модельдеуге арналған бірнеше мысалдарды қарастырайық. Бұл мысалдар орбиталық қозғалыс пен ғарыштық аппараттың траекториясын есептеу бойынша болады [8].

Жер мен ғарыштық аппарат арасындағы гравитациялық өзара әрекеттесудің әсерінен қозғалыс теңдеулерін шығарып, MATLAB көмегімен оларды шешу процесі қарастырылады.

Мысалы,

% Массасы (кг)

m = 1000;

% Гравитациялық тұрақты

G = 6.67430e-11;

% Жердің массасы

M = 5.972e24;

% Бастапқы орын мен жылдамдық

= [7e6, 0]; % бастапқы орын

= [0, 8000]; % бастапқы жылдамдық

% Уақыт интервалдары

tspan = [0 3600\*24]; % 1 күн

% Дифференциалдық теңдеу жүйесі

ode = @(t, y) [y(3); y(4); -G\*M\*y(1)/norm([y(1), y(2)])^3; -G\*M\*y(2)/norm([y(1), y(2)])^3];

% Бастапқы шарттар

initial\_conditions = [, ];

% Дифференциалдық теңдеуді шешу

[t, sol] = ode45(ode, tspan, initial\_conditions);

% Позиция координаттары

x = sol(:, 1);

y = sol(:, 2);

% Орбитаны көрсету

figure;

plot(x, y);

title('Ғарыштық аппараттың орбиталық қозғалысы');

xlabel('X (метр)');

ylabel('Y (метр)');

axis equal;

grid on;

Бұл мысалда біз ғарыштық аппараттың орбитасын анықтау үшін Ньютонның екінші заңына негізделген қозғалыс теңдеулерін қолданамыз [9].

MATLAB мен Maple бағдарламалары ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу үшін үлкен маңызға ие. MATLAB сандық әдістерді қолдану мүмкіндігін берсе, Maple аналитикалық шешімдер алуға ыңғайлы. Бұл әдістер ғарыштық зерттеулерде қолданылатын нақты есептерді шешуде көмектесіп, ғаламшарлар арасындағы орбиталық қозғалыстардың дәлдігін арттыруға ықпал етеді.Мысалы, ғарыштық аппаратқа әсер ететін магниттік өрістер, күннің желі және космостық радиация оның орбиталық траекториясына ықпал етеді[10].

Қорыта айтқанда, ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу қазіргі заманғы ғылыми зерттеулерде маңызды рөл атқарады, және оның болашақтағы дамуы жаңа технологиялардың әсерінен ары қарай жетілетін болады. Қазіргі таңда кванттық есептеу мен жасанды интеллект сияқты озық әдістер ғарыштық аппараттардың траекториясын болжау және олардың маневрлерін жоспарлау үшін тиімді әрі дәл тәсілдер ұсынады. Қарастырылып отырған технологиялар ғарыштық миссияларды жоспарлау мен жүзеге асырудың сапасын жақсартып, ғарыштық зерттеулердің кең ауқымын қамтуға мүмкіндік береді. Болашақта ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеуде қол жеткізілген жетістіктер адамзаттың ғарышты зерттеу мен игерудегі жаңа кезеңіне жол ашуы мүмкін.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

[1. Khlopov, M. (1999). Cosmoparticle Physics. World Scientific Publishing.](C:\\Users\\Acer\\Downloads\\[https:\\scholar.google.com\\](https:\\scholar.google.com\\))

[2. Peccei, R. D., & Quinn, H. R. (1977). CP Conservation in the Presence of Instantons. Physical Review Letters, 38(25), 1440–1443](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.38.1440).

[3. Srednicki, M., & Zee, A. (1990). Axions and the Strong CP Problem. Nuclear Physics B, 474(2), 291–300.](https://www.researchgate.net/publication/225523820_The_Strong_CP_Problem_and_Axions)

[4. Marsh, D. J. E., & Ferreira, P. G. (2014). Axion Cosmology: From the Early Universe to the Present Day. Physics Reports, 643, 1–47.](https://doi.org/10.1016/j.physrep.2016.06.005)

[5. Hui, L., &Ostriker, J. P. (2017). Axion Cosmology: New Constraints from Cosmic Surveys. Physical Review D, 96(8), 083523.](https://doi.org/10.48550/arXiv.1510.07633)

[6. Нуркасымова С.Н, Ашуров А.Е Физиканы оқытудың компьютерлік әдістері Алматы 2016](https://arsu.mbook.kz/ru/index_brief/94/)

[7. Thomson, W. T. (1986). Introduction to Space Dynamics. Dover Publications.](https://store.doverpublications.com/products/9780486651132?srsltid=AfmBOoqQC5jZMt33UBCk0bJf7nTEpJDkVLh2iDM2-wwmeYHr322LwxcE)

[8. Moore, H. (2006). MATLAB for Engineers.](https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/us/en/files/14939-ENG-Moore-MATLABforEngineers-6E.pdf)

[9. Curtis, H. D. (2013). Orbital Mechanics for Engineering Students. Elsevier.](https://shop.elsevier.com/books/orbital-mechanics-for-engineering-students/curtis/978-0-12-824025-0)

[10.Miele, J., Miele, A. J. (2004). Gravitational Dynamics of Spacecraft. Wiley-Interscience](https://www.wiley-vch.de/en/areas-interest/engineering/mechanical-engineering-10me/aeronautic-aerospace-engineering-10me7/space-flight-dynamics-978-1-119-15782-3)

**Ғылыми жетекші:**

Нуркасымова Сауле Нуркасымовна

педагогика ғылымының докторы, профессор

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

071400 Казақстан Республикасы, Астана қаласы

[SauleNurkasim@mail.ru](mailto:SauleNurkasim@mail.ru)