«6D061100 – Физика и астрономия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

ИБРАИМОВА АЙГЕРІМ ТАЛАЙБЕККЫЗЫ

РЕАКТИВТІ КҮШТЕР БАР БОЛҒАН ЖАҒДАЙДАҒЫ МАССАСЫ АЙНЫМАЛЫ ҚОС ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСІНДЕГІ МАССАСЫ АЙНЫМАЛЫ КІШІ ДЕНЕ ДИНАМИКАСЫ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Шектелген үш дене мәселесі, жалпы алғанда, екі негізгі дененің тартылыс өрісіндегі кіші дененің қозғалысын сипаттайды, ал кіші дене екі негізгі дененің қозғалысына әсер етпейді. Мысалы: жұлдыздың екі галактиканың тартылыс өрісіндегі қозғалысы, планетаның қос жұлдыздың тартылыс өрісіндегі қозғалысы, жасанды аспан денесінің үлкен табиғи аспан денелерінің тартылыс өрісіндегі қозғалысы, сондай-ақ ғарыштық шаң, кометалар, астероидтар табиғи үлкен аспан денелерінің тартылыс өрісіндегі кіші табиғи аспан денелерінің қозғалысы кіреді. Жер планетасы үшін астероидтық қауіпті шектелген үш дене мәселесінің математикалық моделімен де зерттеуге болады.

Жұмыста үш сфералық аспан денесінен тұратын гравитациялық жүйе қарастырылады. Бұл жүйе жұлдыздан, планетадан және астероидтан тұрады. Жұлдыз мен планетаның қозғалысы олардың өзара тартылыс күшімен, сондай-ақ олардың массаларының изотропты емес өзгеруімен пайда болатын реактивті күштермен анықталады деп болжанады. Массасы аз астероид жұлдыз мен планетаның қозғалысына әсер етпейді және олардың гравитациялық өрісінде қозғалады. Астероидтың массасы аз деп болжанғанымен, оның өзгеруі реактивті күштердің пайда болуына және оның қозғалысының ұйытқуына әкеледі.

Планета мен астероидтың қозғалыс теңдеулерінің жалпы шешімін зерттеу үшін квазиконикалық қима бойымен апериодтық қозғалысқа негізделген ұйытқу теориясының әдістері қолданылады.

Планета мен астероидқа әсер ететін ұйытқытушы күшті аналитикалық есептеу алгоритмі кез-келген дәлдікпен эксцентриситет пен көлбеулік параметрлері бойынша қатарға жіктелді. Эксцентриситеттер мен көлбеулік мәндерінің кіші жағдайында планета мен астеороидтың эволюциясын сипаттайтын теңдеулер алынады. Алынған теңдеулер жұлдыздың, планетаның және астероидтың массалары реактивті күштер болған кезде әртүрлі қарқынмен изотропты емес өзгеретін жалпы жағдайды сипаттайды.

Алынған ғасырлық ұйытқу теңдеулері Wolfram Mathematica математикалық пакеті арқылы сандық әдіспен зерттелді. Сандық зерттеу үшін Күн+Юпитер+Астероид Ryugu (ішкі есеп үшін) және Chiron (сыртқы есеп үшін) жүйесі таңдалды.

Зерттеу жұмысының өзектілігі. Диссертация қазіргі астрономияның ғаламдағы динамикалық процестер туралы маңызды ақпарат көздерінің бірі болып табылатын кіші денелердің (астероидтар, кометалар), планеталардың, жұлдыздардың, планетарлық жүйелердің пайда болуы мен эволюциясы туралы өзекті мәселелерімен байланысты. Оларды талдау әдістерін дамыту және аспан денелерінің динамикасын түсіндіру қазіргі астрономияның басты міндеті болып табылады. Бұл жұмыста уақыт өте келе гравитациялық денелер массаларының айнымалылығын есепке алуға мүмкіндік беретін тәсіл ұсынылған, бұл стационар емес гравитациялық жүйелердің динамикасын жақсы түсінуге ықпал етеді.

Жұмыстың мақсаты. Ньютон заңы бойынша бір-біріне тартылатын айнымалы массалы екі негізгі денеден және осы екі негізгі дененің ньютондық тартылыс өрісінде қозғалатын массасы айнымалы шағын денеден тұратын жүйенің динамикалық эволюциясына массаның айнымалылық әсерін сапалық және сандық зерттеу.

Зерттеу міндеттері

1. Реактивті күштер болған кезде жалпы жағдайда абсолютті және салыстырмалы тікбұрышты координаттар жүйесінде массалары айнымалы үш дене (жұлдыз-планета-астероид) қозғалысының дифференциалдық теңдеулерін қорытып шығару;
2. Ұйытқыған қозғалыс теңдеуінің Ньютон теңдеулері түріндегі жаңа формаларын алу; Планета мен астероидқа әсер ететін ұйытқыту күшін e_j және i_j бойынша кез келген дәлдікпен аналитикалық түрде есептеу алгоритмін дайындау; Шектелген үш дене есебі шеңберінде стационар емес орталық дененің айналасында қозғалатын екі айнымалы дененің орбиталық элементтерінің ғасырлық ұйытқуын анықтайтын дифференциалдық теңдеулерді алу;
3. Алынған эволюциялық теңдеулер арқылы күн-Юпитер-Астероид Ryugu (ішкі мәселе үшін) және Chiron (сыртқы мәселе үшін) жүйесін сандық зерттеу. Орбиталық элементтердің графиктерін салу. Алынған нәтижелерді талдау.

Зерттеу нысаны. қос галактика мен жұлдыз, қос жұлдыз және планета, жұлдыз-планета-кіші дене, планета – табиғи серік – жасанды серік, шектеулі үш дененің мәселесінің шеңберіндегі математикалық моделі.

Зерттеу әдістері. Бұл жұмыста планета мен астероидтың қозғалысы квазиконустық қима бойымен апериодтық қозғалысқа негізделген ұйытқу теориясының әдістерімен зерттеледі. Стационарлық емес жүйелер эволюциясының динамикасын талдау үшін компьютерлік алгебраның заманауи әдістері мен сандық есептеулер қолданылады, ал оларды жүзеге асыру үшін Wolfram Mathematica математикалық пакеті қолданылады.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы.

1. Массалары изотропты және/немесе изотропты емес, әр түрлі қарқынмен, әр түрлі комбинацияда өзгеретін, орбиталық координаттар жүйесінде реактивті күштер болған кезде шектелген үш дене мәселесі

шеңберінде жұлдыздан, планетадан және астероидтан тұратын жаңа физикалық модель құрылды.

2. Квазиконустық қима бойымен апериодты қозғалысқа негізделген ұйытқу теориясының әдістері жаңартылды. Жалпы жағдайға арналған Ньютон теңдеулері түріндегі планета мен астероидтың қозғалыс теңдеуінің жаңа формалары алынды. Шектеулі үш дене мәселесі шеңберінде стационар емес орталық дене – жұлдыз айналасында қозғалатын планетаның орбиталық элементтері мен массасы айнымалы астероидтың ұйытқуын анықтайтын теңдеулер алынды. Планета және астероидқа әсер ететін ұйытқытушы күштерді аналитикалық есептеудің түрленген алгоритмі e_j және i_j кіші параметрлері бойынша кез келген дәлдікпен қатарға жіктелді. Жұлдызды айнала қозғалатын массалары айнымалы планета мен астероидтың орбита элементтерінің жаңа эволюциялық теңдеулері алынды. Жұлдыз бен планетаныныңың эволюциялық теңдеулерінен эксцентриситет пен жартылай осьті байланыстыратын алғашқы интеграл алынды.

3. Алынған планета мен астероидтың эволюциялық теңдеулері Wolfram Mathematica пакетін қолдана отырып, сандық әдіспен Күн+Юпитер+Ryugu астероиды (ішкі есеп үшін) және Chiron (сыртқы есеп үшін) жүйесін мысалға ала отырып зерттелді.

Қорғауға шығарылатын ғылыми тұжырымдамалар:

1. Шектелген үш дене мәселесі аясында жаңа физикалық модель негізінде алынған кез келген массаның өзгеру заңдылығы бар жұлдыздың, планетаның және астероидтың реактивті күштер болған жағдайдағы қозғалыс теңдеулері гравитациялаушы жүйелердің әртүрлі эволюциялық жолдарын талдау құралы болып табылады.

2. Орбиталық координаттар жүйесінде квазиконустық қима бойымен апериодты қозғалыс негізінде Ньютон теңдеулері түріндегі қозғалыс теңдеуінің жаңа формалары, сондай-ақ планета мен астероид қозғалысының жаңа негізгі эволюциялық теңдеулері, реактивті күштер болған кезде, массалары айнымалы жұлдыз-планета-астероид жүйесінің орбиталық параметрлерінің эволюциясын дұрыс сипаттайды.

3. Күн+Юпитер+Ryugu астероиды (ішкі мәселе үшін) және Chiron (сыртқы мәселе үшін) жүйесі үшін Ryugu Күн массасының 1 000 000 жылда (84 245 Юпитер айналымы) айнымалылығына байланысты жартылай осьтің мәні 1,1 - 3,5 а.б.-ке дейін өсетіні анықталды; Ryugu және Chiron астероидтары эксцентриситеттерінің шамасы 200 000 жылдан бастап астероидтың реактивті күшінің трансверсаль компонентіне байланысты Ryugu 16%-ға, ал Chiron 3% - ға төмендейді; Күн массасының өзгеруіне байланысты астероид орбитасының көлбеулік шамасы 6-дан 8 градусқа дейін өзгереді, ал жиілігі төмендейді және өзгерістер 150 000 жылдан басталады.

Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі.

Жұмыс нәтижелері бірқатар халықаралық конференцияларда баяндалды. Баяндамалар мен талқылаулар негізінде мақалалар жазылды және рецензиядан кейін Web of Science және Scopus дерекқорында индекстелген журналдарда жариялауға бағытталған.

Сондай-ақ, жұмыстың сенімділігі теориялық модельдермен, басқа авторлар алған ұқсас объектілердің табиғаты туралы тұжырымдармен расталады.

Жұмыс нәтижелерінің теориялық және іс жүзіндегі маңыздылығы.

Алынған шектелген үш дене есебінің ғасырлық ұйытқу теңдеулері жалпы жағдайға жарамды, яғни үш дене массасының өзгеру заңдары кез-келген комбинацияда изотропты да, изотропты емес те бола алады.Алынған ғасырлық ұйытқу теңдеулері реактивті күштер болған кезде және кез келген массаның өзгеру заңдарында гравитациялық қос жүйелердегі массасы айнымалы шағын дене қозғалысының динамикалық эволюциясын сипаттау үшін қолдануға болады.

Жұмыстың аппробациясы.

1. Ибраимова А.Т. Ограниченная задача трех тел с переменными массами при наличии реактивных сил //Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». Алматы, Казахстан, 8-11 апреля 2019г. - С.255.
2. Ибраимова А.Т. Новые формы уравнения возмущенного движения на базе апериодического движения по квазиконическому сечению // Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». Алматы, Казахстан, 6-9 апреля 2020г. - С.283.
3. Ибраимова А.Т. Эволюционные уравнения ограниченной задачи трех тел с неизотропно изменяющимися массами при наличии реактивных сил //Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». Алматы, Казахстан, – 6-8 апреля 2021г. – С.193.
4. Minglibayev M. Ibraimova A. Perturbation theory for non-stationary problems of celestial mechanics and its applications in dynamics of gravity systems with variable masses //International Astronomical Union Symposium 364. Iasi, Romania, October 18-22, 2021. – P.30. (онлайн)
5. Ibraimova A.T., Minglibayev M.Zh. To the dynamics of the two-body problem with variable masses in the presence of reactive forces //Proceedings of the International Astronomical Union. - 2021. - Vol.17 (S370). - P.281-282. https://doi.org/10.1017/S1743921322003611
6. Ibraimova A., Minglibayev M. To the dynamics of the two-body problem with variable masses in the presence of reactive forces //XXXIst General Assembly International Astronomical Union. BEXCO, Busan, Rep. of Korea, August 2 – 11, 2022. – P.327. (онлайн)
7. Prokopenya A.N., Minglibayev M.Zh., Ibraimova A.T. Perturbations in the restricted three-body problem of variable mass // Aplications of Computer Algebra – ACA 2022. Gebze Technical University, Gebze-Istanbul, Turkey, August 15-19, 2022. - P.60.
8. Minglibayev M., Ibraimova A. Two spherical bodies with non-isotropically varying masses in the presence of reactive forces // International Conference «Computational and Information Technologies in Science, Engineering and Education». Almaty, Kazakhstan, October 12-15, 2022. –P.93.

9. Prokopenya A., Minglibayev M., Ibraimova A. Derivation of the evolution equations in the restricted three-body problem with variable masses by using Computer Algebra // Applications of Computer Algebra – ACA 2023. Warsaw, Poland, July 17 – 21, 2023. - P.68.

10. Ibraimova A., Minglibayev M., Prokopenya A.N. Study of the small body dynamics with variable mass in the presence of reactive forces in the framework of the restricted three-body problem with variable masses // XXXII General Assembly International Astronomical Union. Cape Town, South Africa, 6-15 August 2024. (онлайн)

Жарияланымдар. Диссертациялық жұмыс бойынша жалпы саны 15 ғылыми жұмыс жарық көрді. Оның ішінде Web of Science (Clarivate Analytics) (Q2 және Q3) дерекқорында 2 мақала жарық көрді. Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдар тізіміне кіретін журналдарда 3 мақала және халықаралық конференциаларда 10 жұмыс жарық көрді.

Автордың қосқан үлесі. Диссертацианың негізгі нәтижелерін автор өзі алды. Есептің қойылымы мен нәтижелерді талқылау жұмыстары ғылыми кеңесшілермен бірге іске асты.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы.

Диссертациялық жұмыс «BR10965141 - Роботтандырылған телескоптар, Big Data технологиясы және жоғары өнімді есептеуші жүйелер негізінде ұлттық виртуалды обсерватория құру» және «BR20280974 - Қазақстандағы іргелі астрофизикалық зерттеулер бағдарламасы: бақылаулар және теория» тақырыбы бойынша ҚР ҒЖБМ ҒК МБҚ іргелі ғылыми - зерттеу жұмыстарының жоспарларына сәйкес орындалды.

Диссертацияның көлемі және құрылымы. Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытынды, әдебиеттер тізімінен, қосымшадан тұрады.