

ВИСНОВОК

наукового керівника щодо виконання
індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального плану
та роботи над дисертацією **Кириленка Ігоря Ігоровича**
«Чисельне моделювання динамічної еволюції малих тіл Сонячної системи»
яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
із галузі знань 10 Природничі науки
за спеціальністю 104 Фізика та астрономія

Кириленко Ігор Ігорович у 2021 році вступив до аспірантури Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна за спеціальністю 104 Фізика та астрономія кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету. Освітня складова (40 кредитів ЄКСТ) індивідуального плану Кириленко І.І. виконана у повному обсязі.

Аспіранту була поставлена актуальна наукова задача щодо моделювання динамічної еволюції вибраних груп малих тіл Сонячної системи. Метою роботи є вивчення та моделювання орбітальних параметрів малих тіл у майбутнє та у минуле під дією як гравітаційних збурень, так і негравітаційних сил, з метою розуміння їх еволюції та пошуку тіл зі спільним походженням.

Дисертаційна робота Кириленка І.І. почалася з вивчення літератури по пошуку і аналізу параметрів відомих астероїдних пар Головного поясу. Були розглянуті механізми утворення астероїдів на споріднених орбітах. Особлива увага приділена вивченню характерних параметрів відомих астероїдних пар, що могли утворитися під дією ЯОРП ефекту. Почалася розробка методики послідовного аналізу для визначення орбітальних пар, що включає виявлення астероїдів з подібними параметрами орбіт за d -критерієм, їх подальший статистичний аналіз і чисельне моделювання із створенням клонів орбіт. Отримані знання викладені аспірантом у Першому розділі дисертації.

Другий розділ присвячений відкриттю і дослідженню астероїдних пар і нового кластера. Під час виконання роботи Кириленком І.І. було створено спеціалізовані алгоритми для пошуку кандидатів у астероїдні пари, які застосовано для дослідження внутрішньої частини з метою пошуку невідомих астероїдних пар. Ефективність запропонованої ним методики перевірена на 17

відомих парах. У результаті проведеного огляду внутрішньої частини Головного поясу відкрито 50 нових астероїдних пар, що збільшило кількість відомих пар на 20%, із 262 відомих до 312, а також відкрито астероїдний кластер, та визначено можливий вік їхнього формування. На прикладі наймолодшої знайденої пари з віком близько утворення 2-3 тис. років, вперше було досліджено та показано прояв взаємного гравітаційного впливу компонентів пари.

Для виконання роботи Кириленком І.І. було розроблено програмне забезпечення для чисельного моделювання орбітальної еволюції тіл Сонячної системи. В його основі використання сучасних пакетів програм REBOUND і GENGA. Дане програмне забезпечення дозволяє з високою точністю аналізувати орбітальні параметри малих тіл та їхню динамічну поведінку під впливом різних факторів. Чисельні моделі враховують як гравітаційні збурення від планет, так і вплив негравітаційного ефекту Ярковського. Розрахунки за допомогою пакету GENGA виконані на спеціалізованому комп'ютерному кластері відділу астероїдів і комет, обладнаний графічними процесорами компанії Nvidia (GPU), що був отриманий за грантом НФДУ у 2021 році. Треба відмітити, що Кириленко І.І. був активним виконавцем цього гранту, а комп'ютерний кластер був зібраний і налаштований аспірантом особисто. Для роботи з новим кластером, Кириленко І.І. освоїв програмування паралельних обчислень за допомогою архітектури CUDA. Використання кластеру дозволило аспіранту пришвидшити розрахунки в декілька разів і визначати параметри досліджених астероїдних пар з набагато більшою достовірністю.

У Третьому розділі розглянута задача, яка була вирішена аспірантом, що стосується визначення орбіти і пошуку батьківського тіла металевго метеорита. У межах виконання роботи, Кириленком І.І. вперше визначена орбіта металевго метеороїда перед входом в атмосферу Землі, знайдено астероїди - потенційні кандидати у батьківське тіло метеорита, визначено можливе джерело його походження у Головному поясі астероїдів і оцінено час переходу на навколоземну орбіту. Робота включає використання сучасних методів чисельного інтегрування та аналізу орбітальних характеристик об'єктів. Дослідження походження залізного метеорита є важливим для розуміння процесів фрагментації малих тіл у Сонячній системі та механізмів переходу на навколоземні орбіти, і має практичне значення для пошуку корисних копалин у ближньому космосі.

Четвертий розділ інформує про використання Кириленком І.І. чисельного моделювання для визначення динамічної еволюції декількох цікавих АНЗ. Наведено дослідження контактної-подвійної АНЗ (153201) 2000 WO107, для якого отримано період обертання, форму подвійного тіла, та знайдено високий вміст металу. Розрахована еволюція високоексцентричної орбіти астероїда 2000 WO107 у минулому визначається тісними наближеннями до великих планет земної групи, та в найближчому майбутньому не несе загрози для Землі. Аспірантом проведено аналіз пов'язаних орбіт потенційно-небезпечних АНЗ Фаєтон і 2005 UD та показано, що можливим механізмом утворення цієї пари може бути катастрофічне зіткнення у достатньо далекому минулому або астероїди могли прийти із внутрішньої частини Головного поясу. Кириленко І.І. долучився до актуальної задачі – розробки методів захисту Землі від небезпечних астероїдів. Дисертантом зроблені розрахунки сили і напрямку дії цієї сили, що необхідна для зміни швидкості і напрямку руху штучного небезпечного астероїда для уникнення його зіткнення з Землею, в залежності від часу до зіткнення.

Під час навчання в аспірантурі Кириленко І.І. набув необхідних компетентностей для науково-дослідної діяльності. Зокрема, він оволодів методами чисельного інтегрування орбіт, аналізу динамічних параметрів малих тіл та використання сучасних комп'ютерних ресурсів для виконання об'ємних розрахунків. Крім того, аспірант набув компетентності до самостійної постановки завдань та показав спроможність вирішувати складні наукові задачі. Показав високий ступінь ерудиції, вміння працювати в колективі і цікаво виступати перед аудиторією. Треба відмітити такі риси характеру Кириленка І.І., як натхнення до виконання роботи, ініціативність і відповідальність, впевненість і креативність.

Підготовлена Кириленком І.І. дисертаційна робота є оригінальним завершеним дослідженням, що має значний внесок у вирішення актуальної задачі дослідження динамічної еволюції астероїдів. Результати роботи опубліковані у провідних міжнародних виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus і відносяться за рейтингом до першого квартиля, та були апробовані на декількох міжнародних і вітчизняних конференціях. Висновки зроблені автором достовірні і визначають високий науковий рівень виконаної роботи.

Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи аспіранта Кириленко І.І. виконана в повному обсязі та на високому рівні.

Науковий керівник,
кандидат фізико-математичних наук,
провідний науковий співробітник
НДІ астрономії
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна,



Юрій КРУГЛИЙ

Підпис Юрія Круглого засвідчую

Начальник Відділу Кадрів
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна,



Олена ГРОМИКО