

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра астрономії та космічної інформатики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Декан факультету (директор
навчально-наукового інституту)
фізичного факультету
(вказати назву структурного підрозділу)
BOBK P.B.
(вказати П.І.В. керівника)
“20” серпня 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Випадкові функції і процеси. Астродинаміка

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти бакалаврський
галузь знань 04. Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма астрономія
(шифр і назва)
спеціалізація астрономія
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

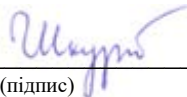
“ 30 ” серпня 2024 року, протокол № 9

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Станкевич Д. Г., кандидат фіз.-мат. наук, старший наук. співробітник, доцент кафедри астрономії та космічної інформатики

Програму схвалено на засіданні кафедри астрономії та космічної інформатики

Протокол від “ 27 ” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри астрономії та космічної інформатики


(підпис)

Шкуратов Ю. Г.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____
«Астрономія»
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) _____
«Астрономія»

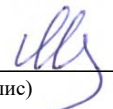

(підпис)

Станкевич Д.Г.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
фізичного факультету
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 2024 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету


(підпис)

Макаровський М. О.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Випадкові функції і процеси. Астродинаміка”
складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

бакалавра

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) 104 фізика та астрономія

спеціалізації

астрономія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Ознайомлення студентів з основними задачами та методами теорії руху штучних небесних тіл.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Засвоєння студентами основних задач та методів астродинаміки.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

• Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов (ІК).

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-3).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК-5).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК-8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків (ЗК-9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК-13).
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК-1).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК-7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК-9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК-10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК-12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (ФК-13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК-14).

1.3. Кількість кредитів: 5

1.4. Загальна кількість годин:150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
8 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
-	год.
Лабораторні заняття	
36 год.	год.
Самостійна робота	
106 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

- Знати основи теорії незбуреного руху штучних небесних тіл.
- Знати основи теорії збуреного руху штучних небесних тіл.
- Знати основні методи переходів між орбітами штучних небесних тіл.
- Знати особливості процесів старту та посадки космічних апаратів та їхні відмінності у випадку старту/посадки на планетах з атмосферою та без атмосфери.
- Знати поняття сфери дії планети.
- Вміти розраховувати потенціали збурення штучних небесних тіл, що мають різну природу.
- Вміти обрати оптимальний метод переходу між орбітами, в залежності від характеристик початкової та кінцевої орбіти.
- Вміти розрахувати сферу дії планети, дат старту а також час очікування для міжпланетних перельотів.
- Виконати лабораторні роботи з моделювання міжорбітальних переходів та обчислення параметрів міжпланетних перельотів (сфера дії планети, час очікування, дати старту).

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії (ПРН-1).
- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них (ПРН-2).
- Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання (ПРН-4).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН-5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН-6).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН-7).

- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань (ПРН-8).
- Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження (ПРН-12).
- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду (ПРН-17).
- Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень (ПРН-18).
- Знати та розуміти необхідність збереження та примноження моральних, культурних та наукових цінностей і досягнень суспільства (ПРН-19).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН-22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН-23).
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ПРН-24).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН-25).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Астрономія

Тема 1. Основні задачі астрономії.

Зміст: Основні методи астрономії. Незбурений рух штучних небесних тіл. Незбурений рух штучного супутника планети (ШСП). Траса супутника.

Тема 2. Вплив стиснення планети на рух ШСП.

Зміст: Збурюючий потенціал та його усереднення. Задача двох нерухомих центрів та її використання. Аналіз еволюційних рівнянь. Прецесія лінії вузлів та лінії апсид.

Тема 3. Вплив третього тіла на рух ШСП.

Зміст: Збурюючий потенціал та його усереднення. Перші інтеграли еволюційних рівнянь. Умови стійкості та нестійкості збуреного руху.

Тема 4. Вплив опору атмосфери на рух ШСП.

Зміст: Залежність густини атмосфери від висоти. Еволюційні рівняння збуреного руху та їх наближене інтегрування.

Тема 5. Міжорбітальні переходи.

Зміст: Поняття характеристичної швидкості операції. Двохімпульсні міжорбітальні переходи. Траєкторія Гомана. Трьохімпульсні міжорбітальні переходи. Знаходження характеристичної швидкості для переходу між круговими орбітами ШСП. Задача про зустріч космічних апаратів.

Тема 6. Міжпланетні перельоти.

Зміст: Сфера дії планети. Принципи знаходження характеристичних швидкостей для різних типів міжпланетних перельотів. Третя космічна швидкість. Визначення дат старту. Час очікування. Поняття про гравітаційний маневр.

Тема 7. Оптимізаційні задачі астрономії.

Зміст: Поняття про програму керування рухом космічного апарату. Задача Лагранжа–Ейлера. Ізопериметрична задача. Задача Майєра. Метод максимуму Понтрягіна.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Астродинаміка												
Тема 1.	18	2		4		12						
Тема 2.	19	1		4		14						
Тема 3.	23	1		6		16						
Тема 4.	23	1		6		16						
Тема 5.	21	1		4		16						
Тема 6.	23	1		6		16						
Тема 7.	23	1		6		16						
Разом за розділом 1	150	8		36		106						
Усього годин	150	8		36		106						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Траса супутника.	4
2	Прецесія лінії вузлів та лінії апсид.	4
3	Умови стійкості та нестійкості збуреного руху.	6
4	Залежність густини атмосфери від висоти.	6
5	Знаходження характеристичної швидкості для переходу між круговими орбітами ШСП.	4
6	Моделювання міжорбітальних переходів. Поняття про гравітаційний маневр.	6
7	Обчислення сфери дії планети, дати старту, часу очікування. Поняття про програму керування рухом космічного апарату	6
	Разом	36

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Аналіз еволюційних рівнянь.	12
2	Задача двох нерухомих центрів.	14
3	Наближене інтегрування рівнянь збуреного руху для врахування впливу третього тіла.	16
4	Наближене інтегрування еволюційних рівнянь збуреного руху для врахування впливу атмосфери.	16
5	Тьохімпульсні міжорбітальні переходи. Задача про зустріч космічних апаратів.	16
6	Принципи знаходження характеристичних швидкостей для різних типів міжпланетних перельотів. Третя космічна швидкість.	16
7	Метод максимуму Понтрягіна.	16
	Разом	106

6. Індивідуальні завдання

Нема

7. Методи навчання

Лекції, лабораторні, та самостійна робота.

8. Методи контролю

Поточне тестування на лекціях, усне опитування на семінарах, контроль виконання лабораторних робіт, проведення контрольних робіт.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										Залікове завдання	Сума
Розділ 1							Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індивідуальне завдання		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	1	2		30	100
5	5	5	5	10	10	10	10	10			

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 40 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Користуючись загальними критеріями оцінювання рівня сформованості знань, умінь та навичок, ступеня сформованості системи професійних компетенцій осіб, які навчаються для здобуття освітнього ступеня бакалавра, встановленими Міністерством освіти і науки України, виходячи зі Стандарту вищої освіти бакалавра Міністерства освіти і науки України за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія та його складової «Засоби діагностики якості вищої освіти», та у відповідності до Положення про організацію навчального процесу в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна встановлюються такі вимоги до проведення та критерії оцінювання заліку зі спецкурсу «Випадкові функції і процеси. Астродинаміка»:

1. Залікова робота проводиться у письмовій формі.
2. Термін виконання завдань дві аудиторні години, після чого студент передає відповідь викладачу.
3. Оцінка за виконання залікової роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 20 балів.
4. Оцінка за весь семестр роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 100 балів, як сума балів за навчальну діяльність студента протягом семестру, бали за контрольну роботу та залікову роботу.

Бали	Критерії оцінювання виконання завдань
90-100 Балів	Всі лабораторні роботи здані і для більшості отримано максимальну кількість балів. Відповідь на контрольні та залікові питання правильна, обґрунтована, логічна, містить аналіз і систематизацію, зроблені аргументовані висновки.

70-89 Балів	Всі лабораторні роботи здані. У відповідях на контрольний та заліковій роботах відтворюється значна частина питання. Студент виявляє знання і розуміння основних положень з навчальної дисципліни, певною мірою може аналізувати матеріал, порівнювати та робити висновки.
50-69 Балів	Здані не всі лабораторні роботи. Відповіді на контрольний та заліковій роботах відтворюють основні положення питання на рівні запам'ятовування без достатнього розуміння.
0-49 Балів	Здані окремі лабораторні роботи. Відповіді на контрольний та заліковій роботах дані неправильно, безсистемно, з грубими помилками, відсутні розуміння основної суті питань.

5. Студенту зараховується залік, якщо кількість балів складає не менше 50.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

1. Александров Ю. В. Вступ до космонавтики. Х.: ХНУ, 2009. – 143 с.
2. Александров Ю. В. Небесна механіка. Х.: ХНУ, 2010. – 227 с.
3. Bannikova E., Capaccioli M. Foundations of Celestial Mechanics. Springer. 2022. P. 392. ISSN1868-4513. ISBN978-3-031-04575-2. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-04576-9>
4. Murray C.D., Dermott S.F. Solar System dynamics. Cambridge University Press.-2009.-588 с.
5. Чолій В. Вступ до небесної механіки. Посібник для студентів. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2018. 244 с. ISBN 978-617-7503-15-5.
6. Чолій В.Я. Визначення орбіт. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2006. 104 с. ISBN 978-966-4390-32-0

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. www.astron.kharkov.ua
2. <http://www.nasa.gov>
3. <http://www.satflare.com/track.asp#TOP>
4. <http://pds.nasa.gov/> - Сайт Планетної бази даних (США).
5. <http://ssd.jpl.nasa.gov/> - Сайт планетних даних Лабораторії реактивного руху (JPL USA).
6. <http://dps.aas.org/> - Сайт відділення Планетних наук Американської астрономічної спілки.