МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"___" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇДИСЦИПЛІНИ

ВБ 6.01 «Динаміка Сонячної системи»

Рівень вищої освіти	**другий (освітньо-професійний)**
Галузь знань	**10 – Природничі науки**
Спеціальність	**104 – Фізика та астрономія**
Освітньо-професійна програма	**Фізика та астрономія**

ОНУ
Одеса
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Динаміка Сонячної системи». – Одеса: ОНУ, 2022. – 15с.

Розробник: Базєй Олександр Анатолійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та астрономії

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»_____Вадим АДАМЯН

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК _____ Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___від «___» _____20___ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___від «___» _____20___ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 5	Галузь знань	Вибіркова дисципліна
годин – 150	10 – Природничі науки	**Рік підготовки**:
змістовних модулів - 2	Спеціальність:	1-й
	104 – Фізика та астрономія	**Семестр**
	Рівень вищої освіти:	2-й
	Другий (освітньо-професійний)	**Лекції**
		30 год.
		Практичні, семінарські
		0 год.
		Лабораторні
		20 год.
		Самостійна робота
		100 год.
		Форма підсумкового контролю: екзамен

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є надання студентам цілісного уявлення про Сонячну систему, як складової частини Всесвіту, в рамках сучасного наукового світогляду; сприяти розвитку творчих здібностей, критичного мислення та ерудиції в ході виконання досліджень, аналізу спостережуваних явищ, сприйняття та інтерпретації отримуваної інформації.

Завдання:

- вивчити основні поняття сучасної астрономії, ключові засади космології, порівняльної планетології;
- засвоїти основні приклади прояву фундаментальних законів фізики в масштабах Сонячної системи;
- ознайомитись з основними методами досліджень, що використовуються в астрономії;
- сформувати у студентів цілісне розуміння природних явищ;
- навчити застосовувати отримані вміння в майбутній професійній діяльності.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей.**

Інтегральна компетентність:

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 комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К04. Здатність бути критичним і самокритичним.

К05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові) компетентності:

К17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

К24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

К25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

К26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

К27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- загальні відомості про структуру та еволюцію Сонячної системи, основних типів небесних тіл,
- основні закономірності будови Сонячної системи,
- основні чинники, що впливають на еволюцію Сонячної системи,
- основні фізичні характеристики планет Сонячної системи та їх супутників,
- загальні відомості про будову та фізику тіл Сонячної системи.

Вміти:

- користуватись основними формулами астрономії,
- виявляти резонансні явища у русі небесних тіл,
- застосовувати отримані знання для інтерпретації спостережуваних даних в області динаміки та фізики Сонячної системи,
- давати аргументовану оцінку нової інформації у галузі астрономії.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР04. 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.

ПР08. 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.

ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.

ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

3.Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1.

РУХ НЕБЕСНИХ ТІЛ.

Тема 1. Вступ. Загальні відомості про будову Всесвіту. Основні типи небесних тіл та їх систем. Їх фізичні властивості. Масштаби та відстані у Всесвіті. Матерія у Всесвіті. Фундаментальні фізичні взаємодії, речовина, поняття про темні матерію і темну енергію.

Тема 2. Визначна роль тяжіння у Всесвіті. Тяжіння як взаємодія, що визначає форму і рух небесних тіл. Термоядерні реакції як механізм формування атомних ядер. Еволюція фізичної картини світу. Концепція еволюціонуючого Всесвіту. Антропний принцип.

Тема 3. Будова Сонячної системи. Планети земної групи та їх супутники. Головний пояс астероїдів. Планети-гіганти та їх супутники. Карликові планети. Пояс Еджворта-Койпера. Комети та гіпотеза хмари Оорта.

Тема 4. Кінематика об'єктів Сонячної системи. «Закон» Тіциуса-Боде. Люки Кірквуда. Рух у резонансі. Хаотичний рух планет. Стійкість Сонячної системи.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2

ДИНАМІКА ОБ'ЄКТІВ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ.

Тема 1. Класична теорія гравітації. Задача 2-х тіл. Закони Кеплера як наслідок законів Ньютона. Закони збереження. Задача Кеплера. Рух по орбіті, близькій до колової.

Тема 2. Теорія гравітаційного потенціалу. Потенціал однорідної сфери. Потенціал ззовні однорідного сфероїду. Основи теорії припливів. Радіус сфери Роша. Прецесія перигеліїв планет.

Тема 3. Теорія руху Місяця. Історичний огляд. Попередній аналіз. Рівняння руху Місяця. Незбурений рух Місяця. Збурений рух Місяця. Опис руху Місяця.

Тема 4. Імпактні події у Сонячній системі. Імпактні події у системі Юпітера. Поняття про астероїдно-кометну небезпеку. Поняття космічного сміття. Загрози для руху у навколоземному просторі.

4. Структура навчальної дисципліни «Динаміка Сонячної системи»

Назва тем	**Кількість годин**				
	Очна (денна) форма				
	Усього	**у тому числі**			
		Лек.	**Пр.**	**Лаб.**	**СР**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Змістовний модуль 1. Рух небесних тіл.					

Тема 1. Вступ. Загальні відомості про будову Всесвіту	6	2			4
Тема 2. Визначна роль тяжіння у Всесвіті.	6	2			4
Тема 3. Будова Сонячної системи.	10	4		2	4
Тема 4. Кінематика об’єктів Сонячної системи.	8	4		2	2
Змістовний модуль 2. Динаміка об’єктів Сонячної системи.					
Тема 1. Класична теорія гравітації.	16	4		2	8
Тема 2. Теорія гравітаційного потенціалу.	16	4		4	8
Тема 3. Теорія руху Місяця.					
Тема 4. Імпактні події у Сонячній системі.					
Усього годин	150	30		20	100

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

4. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Чисельне інтегрування рівнянь руху супутника	6

	планети.	
2.	Пошук резонансів у орбітальному русі супутникових систем.	4
3.	Обчислення сталої Лапласа для орбіт великих планет Сонячної системи.	4
4.	Обчислення тіньової функції планети.	2
5.	Точки рівноваги у обмеженій задачі трьох тіл.	4
	Разом	20

8. Самостійна робота

№	Питання для підготовки	Кількість годин
1.	Будова Галактики: гало, диск, балдж. Місцева група галактик. Скупчення галактик.	10
2.	Теорема Ньютона про тяжіння сфери з центральносиметричним розподілом густини.	4
3.	Робота та енергія. Теплова енергія речовини, що стискається. Теорія Гельмгольца	6
4.	Гравітаційний потенціал. Розкладання потенціалу за сферичними функціями.	16
5.	Динамічні характеристики супутників планет-гігантів.	10
6.	Резонанси у орбітальному русі малих планет. Пошук співмірностей з рухом великих планет.	12
7.	Обчислення швидкості руху на планетоцентричних орбітах.	10
8.	Визначення мас небесних тіл за допомогою уточненого закону Кеплера.	8
9.	Класифікація резонансів. Рух небесного тіла у резонансному захваті.	14

10.	Поняття хаотичного руху.	10
	Разом	100

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція − відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, евристичний метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод.

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється шляхом фронтального контролю знань. Індивідуальний контроль застосовується для ґрунтовного ознайомлення викладача із рівнем навчальних досягнень окремих студентів. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист, розв’язання практичних задач. Підсумковий контроль − залік.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Оцінювання виконання самостійної роботи студентів за кожною темою навчальної дисципліни здійснюється за 2-бальною шкалою. Об’єктом поточного контролю самостійної роботи є:

Конспектування окремих питань теми (максимальна оцінка – 1 бал).

Критерії оцінювання:

Наявність конспекту теоретичного матеріалу – 1 бал.

Повнота представленого матеріалу, якість відповідей на запитання викладача та однокурсників – 1 бал.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За виконання розрахунків та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 8 балів за кожну роботу. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 2 бали. За неповну відповідь, відповідь, що містить несуттєві помилки додається 1 бал. За неправильну відповідь, або її відсутність бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 15 балів. При виставленні підсумкової оцінки береться середня арифметична оцінка за всіма лабораторними роботами.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль (залік) проводиться в усній формі. Студенту пропонується два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 15 бальною шкалою.

Критерії оцінювання теоретичного питання:

– повна розгорнута відповідь – 15 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь – 12 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 8 балів,

за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що здобувач отримав на заліку, є сумою балів, що були отримані за кожне теоретичне питання.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче (п.12).

11. Питання для підготовки для поточного та підсумкового контролю.

1. Охарактеризуйте розвиток уявлень про будову Всесвіту. Основні моделі Всесвіту.
2. Місце Сонячної системи у Галактиці.
3. Що називають великою планетою?
4. Що називають карликовою планетою?
5. Що називають малою планетою?
6. Дайте визначення понять метеор, метеороїд, метеорит.
7. Сформулюйте інтеграл Лапласа.
8. Сформулюйте закони Кеплера.
9. Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння.
10. Задача двох тіл.
11. Рівняння руху супутника в обмеженій задачі двох тіл.
12. Інтеграл енергії в задачі двох тіл.
13. Орбітальна швидкість. Перша і друга космічні швидкості.
14. Кеплерові незалежні елементи орбіти.
15. Збурений рух. Визначення збурень орбіти.
16. Обертання перигелію Меркурія.
17. Походження люків Кірквуда у головному поясі астероїдів.
18. Особливості руху по орбіті, близькій до колової.
19. Види руху у резонансі.
20. Елементи орбіти, що визначають її положення у просторі.
21. Що називають космічним сміттям?
22. Межа Роша. Від чого залежить радіус сфери Роша?
23. Дайте визначення хаотичного руху.
24. Що називають незмінною площиною Лапласа?

25. Де розташована незмінна площина Лапласа у Сонячній системі?

26. Як класифікують комети?

27. Походження комет у Сонячній системі.

28. Перелічіть декілька методів спостережень тіл Сонячної системи.

29. Що називають моделлю руху небесного тіла?

30. Для чого і як визначають маси астероїдів?

31. У чому полягає механізм приливної передачі енергії в системі планета-супутник?

32. Що дає спостереження подвійних астероїдів?

33. Як класифікують астероїди?

34. Скільки супутників планет мають атмосферу? Назвіть їх.

35. Яка велика планета найменша?

36. Які чисельні методи розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь називаються багатокроковими методами?

37. Який супутник у Сонячній системі найбільший?

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль, самостійна робота							**Підсумковий контроль (Екзамен)**	**Сума балів**
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях				**Контрольна робота**	**Виконання і захист лабораторних робіт**	**Разом**		
Т1	**Т2**	**Т3**	**Т4**			**70**	**30**	**100**
1	**1**	**1**	**1**	**16**	**15**			
Змістовний модуль 2 Поточний контроль на лекціях								
Т1	**Т2**	**Т3**	**Т4**					
1	**1**	**1**	**1**	**16**	**15**			

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності		Оцінка за національною шкалою	
	Оцінка ЄКТС	для для екзамену, курсового проекту (роботу), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок виконання лабораторної роботи: http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny, http://phys.onu.edu.ua, http://lib.onu.edu.ua

14. Рекомендована література

Основна

1. Murray C., Dermott S. Solar System Dynamics. 1st Edition. Cambridge University Press, 2000. – 608 p.
2. Kechichian J. Orbital relative motion and terminal rendezv. Microcosm Press and Springer, 2021. – 427 p.

3. Celletti A., Perozzi E. Celestial Mechanics. The Waltz of the Planets. Chichester, UK, 2007. − 276 p.
4. Gurfil P., Seidelmann P. Celestial Mechanics and astrodynamics: Theory and Practice. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. − 553 c.
5. Краснобокий Ю. М., Ткаченко І. А. Механіка небесних тіл. Збірник задач. – ФОП Жовтий О. О., 2014. − 174 с.

Додаткова

1. Roy A. Orbital Motion. 4th Edition. IOP Publishing Ltd, 2005. − 505 p.
2. Александров Ю. В. Небесна механіка : Посібник для студентів спеціальності „Астрономія”. Харків, 2003. − 182 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://dspace.onu.edu.ua
2. http://phys.onu.edu.ua
3. https://ssd.jpl.nasa.gov
4. https://analyzer.depaul.edu/paperplate/dynamic_solar_system.htm