

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

 Микола ШУЛЬГА

« 30 »

2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«КОСМОЛОГІЯ»

Назва навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Доктор філософії

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

104 фізика та астрономія

освітня програма

освітньо-професійна програма «Фізика та астрономія»

спеціалізація

«Теоретична фізика»

вид дисципліни

обов'язкова за вибором ННЦ ХФТІ

Інститут

Інститут теоретичної фізики ім. О.І.Ахієзера
ННЦ ХФТІ

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження
Науково-технічною радою ННЦ ХФТІ

Від "29" 11 2022 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

д.ф.-м.н., старший науковий співробітник, ЮРІЙ ЛЬВОВИЧ БОЛОТІН

Програму схвалено на засіданні Вченої ради Інституту теоретичної
фізики ім. О.І.Ахієзера ННЦ ХФТІ

від "19" 09.2022 року, протокол № 4

ТВО директора Інституту теоретичної фізики ім. О.І.Ахієзера ННЦ
ХФТІ

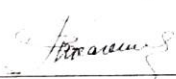


(підпис) Леонід ДАВИДОВ
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
«Фізика та астрономія»

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми «Фізика та астрономія»



(підпис) Віктор ТКАЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Дисципліна «Космологія» є частиною професійної підготовки аспірантів за вибором ННЦ ХФТІ за напрямом 10 Природничі науки, за спеціальністю – 104 фізика і астрономія, яка викладається протягом другого року навчання.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Космологія» є: формування в аспірантів знань про основні закони, що керують еволюцією Всесвіту, вивчення сучасних космологічних моделей, оволодіння прикладними аспектами загальної теорії відносності.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Космологія» є
а) загальні позиції

(1) здобуття глибинних знань із теоретичної фізики, за якою аспірант проводить дослідження;

(2) набуття універсальних навичок дослідника, необхідних для успішної наукової, науково-організаційної і педагогічної діяльності, комунікації з науковою спільнотою в галузі фізики та астрономії (зокрема - теоретичної фізики), а також урядовими і громадськими організаціями;

(3) сприяння здобуттю рівня мовних можливостей, достатніх для представлення та обговорення результатів своєї наукової роботи іноземною мовою (англійською) в усній та письмовій формі, а також для повного розуміння іншомовних наукових текстів зі спеціальності «Фізика та астрономія»;

б) вузькопрофесійні завдання

(1) систематизація знань в галузі загальної теорії відносності (ЗТВ) та космології, необхідних для опису поточних спостережних даних

(2) засвоєння аспірантами базових знань і методології обчислень у ЗВТ пов'язаних із рішенням різноманітних космологічних проблем.

1.2.1. Формування наступних загальних компетентностей

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

1.2.2. Фахові компетентності:

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

СК 13 Компетентність у сфері космології.

Знати історичні аспекти розвитку космології та сучасних моделей Всесвіту.

Засвоїти методи рішення рівнянь Фрідмана.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни:

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	
Галузь знань	10 – Природничі науки
напрямок підготовки	104 – фізика та астрономія
спеціальність	
освітньо-кваліфікаційний рівень	Доктор філософії
Мова навчання	Українська
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Обов'язкова за вибором ННЦ ХФТІ
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Форма контролю	іспит
Показники навчальної дисципліни	
Рік підготовки	II
Лекційні заняття	18
Практичні/семінарські заняття	10
Консультації	2
Самостійна робота	90

Опис навчальної дисципліни «Космологія»

1.6. Передумови для вивчення дисципліни.

Передумовою для вивчення дисципліни «Космологія» є наявність фундаментальних знань з спеціальної та загальної теорії відносності.

1.7. Очікувані результати навчання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки аспіранти повинні досягти таких результатів навчання:

Досягти професійного та культурного рівня здобувача наукового ступеня доктора філософії, який дозволяє демонструвати глибинні професійні знання, відповідні науковий і культурний кругозір та ерудицію, зокрема шляхом засвоєння, узагальнення та систематизації знань та основних концепцій, пов'язаних із рішенням сучасних космологічних проблем.

РН4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у фізиці (астрономії) та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН14 Знати загальну теорію відносності, моделі виникнення та еволюції великомасштабних структур, основи спостережної космології. Уміти робити розрахунки по сучасним космологічним моделям, застосовувати методи теорії елементарних частинок до вирішення космологічних проблем, будувати нові космологічні моделі.

Уміти робити розрахунки по сучасним космологічним моделям, застосовувати методи теорії елементарних частинок до вирішення космологічних проблем, будувати нові космологічні моделі.

Набути здатності використовувати знання щодо основних принципів та положень методології наукової творчості при розв'язуванні конкретних завдань при визначенні стратегії власної творчої діяльності, спрямованої на проведення теоретичних наукових досліджень у галузі сучасної фізики й астрофізики.

Знати: методи досліджень процесів, пов'язаних з динамікою Всесвіту та сучасними космологічними моделями.

Уміти: використовувати на належному рівні; розшукувати, опрацьовувати, аналізувати та синтезувати отриману інформацію, пов'язану з рішенням рівнянь ЗТВ, та використовувати ці рішення для опису конкретних космологічних спостережень.

2. ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Стандартна космологічна модель

Тема 1.

1.1. Космологічний принцип.

1.2. FLRW метрика.

1.3. Рівняння Фрідмана. Параметри Стандартної моделі. Найпростіші рішення. Основні характеристики спостережуваного Всесвіту.

Тема 2.

1.4. Кінематика Стандартної моделі.

1.5. Проблеми Стандартної моделі та шляхи їх вирішення.

Розділ 2. Космологія за межами Стандартної моделі

Тема 3.

2.1. $F(R)$ - гравітація, дія, рівняння руху.

2.2. Космологічні моделі з об'ємним тертям.

Тема 4.

2.3. Взаємодія у темному секторі.

2.4. Моделі з народженням матерії.

Розділ 3. Голографічна динаміка

Тема 5.

- 3.1. Голографічний принцип.
- 3.2. Ентропія та інформація.
- 3.3. Узагальнений принцип невизначеності.

Тема 6.

- 3.4. Мінімальна довжина.
- 3.5. Фізика граничних величин.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		л	п	ко нс	к.р.	іспит	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8
Розділ 1. Стандартна космологічна модель	39	6	3				30
Розділ 2. Космологія за межами Стандартної моделі	39	6	3				30
Розділ 3. Голографічна динаміка	42	6	4	2			30
Усього годин	120	18	10	2			90

4. Теми лекцій

1.	Динаміка Всесвіту, що розширюється. Динаміка Всесвіту у моделі Великого Вибу.	2
2.	Спостережна космологія.	2
3.	Реліктове випромінювання.	2
4.	Термодинаміка Всесвіту.	2
5.	Теорія збурень у космології.	2
6.	Темна енергія.	2
7.	Темна матерія.	2
8.	Стандартна Космологічна Модель.	2
9.	Космологія за межами СКМ Голографічний Всесвіт	2

5. Теми практичних занять

1.	Розділ I. Рішення рівнянь Фрідмана в моделі Великого	3
----	--	---

	Вибуху та в Стандартній космологічній моделі	
2.	Розділ II. Аналіз рішень рівнянь Фрідмана в моделях з взаємодією між темними компонентами.	3
3.	Розділ III. Опис динаміки Всесвіту в голографічній моделі та ентропійної космології	4
	Усього	10

6. Завдання для самостійної роботи

1.	Найпростіші інфляційні моди.	6
2.	Мультивселені.	6
3.	Механізми виникнення червоного зміщення у космології.	6
4.	Реліктові гравітаційні хвилі.	6
5.	Методи реєстрації гравітаційних хвиль.	6
6.	Первинний ядерний синтез.	6
7.	Зв'язок гравітації з термодинамікою.	6
8.	Роль планківських одиниць у квантовій космології.	6
9.	Виникнення простору моделі Падманабхана. Закон рівнорозподілу.	6
10.	Методи реєстрації частинок темної матерії.	6
11.	Сумарна ентропія Всесвіту.	15
12.	Надмасивні чорні діри.	15
	Усього	90

7. Методи контролю

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. Експрес-контроль (загальний ваговий бал - 40) проводиться з метою перевірки якості роботи аспіранта на лекційних або практичних заняттях в аудиторії. Тривалість експрес-контролю 5 – 10 хвилин. Кожний експрес – контроль містить два простих завдання, за кожен правильну відповідь аспірант отримує 2 бали. Відсутність аспіранта на занятті або невиконання експрес – контролю приносить аспіранту 0 балів.

Модульний контроль (загальний ваговий бал – 24) проводиться у вигляді двох модульних контрольних робіт тривалістю 2 академічних години кожна. Кожна модульна контрольна робота складається з 2 задач різної складності, які оцінюються у 4 та 8 балів. Максимальна кількість балів за модульні контрольні роботи $2 \times 12 = 24$ балів.

Критерії оцінювання:

а) Повністю правильно виконане завдання оцінюється в 4 або 5 (у залежності від складності) бали;

б) Завдання, виконане з несуттєвими помилками, оцінюється в 3 або 4 (у залежності від складності) бали (незначні помилки в розрахунках);

с) Часткове виконання завдання оцінюється в 2 або 3 (у залежності від складності) бали (правильно обрана логіка розв'язку проблеми за присутності грубих помилок в розрахунках);

д) Часткове виконання завдання оцінюється в 1 бал (правильно обрана логіка розв'язку проблеми за відсутності розрахунків);

е) Неправильне виконання завдання оцінюється в 0 балів.

Якщо аспірант отримав оцінку 4 балів за модульну контрольну роботу, то він зобов'язаний переписати цю роботу, але не більше двох разів.

1. Залік (ваговий бал - 40). Необхідною умовою допуску аспіранта до заліку з дисципліни є позитивний рейтинг з усіх форм семестрової атестації (позитивний рейтинг з модульної контрольної роботи та експрес - контролю), але не менше 30 балів.

Екзаменаційний білет містить два теоретичних завдання з різних розділів навчальної дисципліни.

Критерії оцінювання:

- Повністю правильно виконане завдання оцінюється в 20 балів;
- Завдання, виконане з несуттєвими помилками, оцінюється в 15 балів (незначні помилки в розрахунках);
- Часткове виконання завдання оцінюється в 10 балів (правильно обрана логіка розв'язку проблеми за присутності грубих помилок в розрахунках);
- Часткове виконання завдання оцінюється в 5 балів (правильно обрана логіка розв'язку проблеми за відсутності розрахунків);
- Неправильне виконання завдання оцінюється в 0 балів.

Форма підсумкового контролю знань – залік.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота								Залік	Сума	
Розділ 1		Розділ 2		Розділ 3		Контрольні роботи				Разом
T1	T2	T3	T4	T5	T6	Kp1	Kp2			
6	6	6	6	6	6	12	12	60	40	100

9. 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.

Основна

1. Weinberg S, Gravitation and Cosmology, Wiley, Chichester, 1972.
2. Mukhanov V. Physical foundations of cosmology. Cambridge University Press, 2005.
3. Dodelson S. Modern cosmology. Academic Press, Amsterdam, 2003.
4. Yu. L. Bolotin, O. A. Lemets, and D. A. Yerokhin, Expanding Universe: slowdown or speedup? arXiv:1108.0203v4Ng Y., Selected topics in Planck-scale physics // Mod.Phys.Lett. - 2003 - V.A1 8. - P.1073.
6. Барьяхтар В.Г., Болотін Ю.Л., Тур А.В., Яновський В.В., Фізична тканина Всесвіту. - Харків: НАН України, 2010. -510 с.
7. Hossenfelder S., Minimal Length Scale Scenarios for Quantum Gravity// Living Rev. Relativity-2013-V. 16- P.2.
8. Liddle A. An introduction to modern cosmology. Wiley, 2004.
9. V.Frolov, I.Novikov, Black Holr Physics, Cleaver Academic Publishing, 1988.
10. Townsend P. Black holes, arXiv: gr-qc/9707012.

Додаткова

1. Durrer R. The cosmic microwave background. Cambridge University Press, 2008.
2. Padmanabhan T., Advanced topics in cosmology: a pedagogical ntroduction, arXiv: astro-ph/0602117.
3. Liddle A., Lyth D., Cosmological inflation and large-scale structure, ambridge University Press, 2000.
4. D. Baumann, Cosmology, Cambridge University Press, 2022.