Форма № Н - 3.04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра астрофізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан фізичного факультету

_____ проф. Якібчук П.М.

"27" ____06____ 2017 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНОЇ АСТРОФІЗИКИ

галузь знань: 10 Природничі науки

спеціальність: **104 Фізика та астрономія**

спеціалізація: астрофізика та фізика космосу

факультет: фізичний

Львів – 2017 рік

Робоча програма навчальної дисципліни **“Актуальні задачі сучасної астрофізики”** для підготовки доктора філософії з природничих наук за спеціальністю 104 Фізика і астрономія, 2017. – 8 с.

Розробники:

Мелех Б.Я. – доктор фіз.-мат. наук, ст. наук. співр., завідувач кафедри астрофізики,
Ваврух М.В. – доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри астрофізики,
Новосядлий Б.С. – доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри астрофізики,

Програма затверджена на засіданні кафедри астрофізики

Протокол № 10 від 27.06.2017

Завідувач кафедри астрофізики

_____ Б.Я. Мелех

_____

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № 5 від 27.06.2017

Голова Вченої ради фізичного факультету

_____ П.М. Якібчук

_____

© Мелех Б.Я., Ваврух М.В., Новосядлий Б.С. 2017

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни
“Актуальні задачі сучасної астрофізики”)

<table>
<tr><th>Найменування показників</th><th>Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</th><th>Характеристика навчальної дисципліни</th></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 3</td><td>Галузь знань:
10 Природничі науки</td><td>Денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td rowspan="2">Спеціальність:
104 Фізика та астрономія</td><td>Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Блоків змістових модулів – 1</td><td>Рік підготовки –другий</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 90</td><td rowspan="2">Спеціалізація:
Астрофізика та фізика космосу</td><td>Семестр – 3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Тижневих годин:
аудиторних – 3
самостійної роботи – 2,625</td><td>Лекції – 32 год</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Освітньо-кваліфікаційний рівень:
доктор філософії</td><td>Практичні – 16 год</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота – 42 год</td></tr>
<tr><td>Вид контролю – іспит</td></tr>
</table>

Примітка.
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить – 1,143.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою і завданням навчальної дисципліни "Актуальні задачі сучасної астрофізики" є дати аспірантам поглиблений огляд актуальних проблем сучасної астрофізики з оглядом шляхів їх вирішення, показати взаємозв'язок між різними галузями астрофізики, що в подальшому стане цінним інструментом під час виконання дисертаційних робіт.

В результаті вивчення цього курсу аспірант повинен

знати:

принципи роботи сучасних телескопів, детекторів підземної астрофізики та детекторів гравітаційних хвиль, а також їх роль у розвитку сучасної астрофізики; роль гідродинамічних та магнетогідродинамічних симуляцій для розв'язку актуальних задач сучасної астрофізики; сучасні діагностичні та модельні методи і підходи до досліджень різноманітних і небулярних середовищ та вплив результатів цих досліджень на інші галузі астрофізики, сучасні теорії внутрішньої будови зір різної маси та їх еволюції (еволюційні треки), методи моделювання зоряних атмосфер та утворення екзопланет; теорії внутрішньої будови білих карликів та нейтронних зір; теорії еволюції галактик різних морфологічних типів, основи детекції гравітаційних хвиль та інтерпретації цих спостережень; сучасні космологічні моделі.

вміти:

оцінювати якісно та кількісно оптимальні характеристики астрономічних телескопів для задач сучасної астрофізики; аналізувати результати гідродинамічних, хемодинамічних та магнетогідродинамічних симуляцій еволюції астрофізичних об'єктів; оцінювати коректність застосування діагностичних та модельних методів при дослідженні фізичних характеристик та хімічного вмісту різноманітних небулярних середовищ; вибрати оптимальний метод врахування внутрішньої структури небулярних середовищ під час моделювання їх світіння; знати методи оцінки вмісту первинного гелію та темпу його збагачення в процесі зоряної хімічної еволюції речовини у Всесвіті; описувати сучасні моделі зоряних атмосфер; аналізувати результати моделювання внутрішньої структури білих карликів та нейтронних зір; інтерпретатувати події, зареєстровані на детекторах гравітаційних звиль за допомогою шаблонів моделей джерел цих хвиль; аналізувати сучасні космологічні моделі, отримані за результатами спостережень космічного мікрохвильового реліктового випромінювання на космічних телескопах WMAP та PLANCK.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Сучасні астрономічні телескопи.

Найбільші наземні та космічні електромагнітні телескопи (існуючі та проекти) — від радіо- до гамма-діапазону, телескопи для створення оглядів неба, інтерферометри. Підземна астрофізика. Принципи роботи детекторів гравітаційних хвиль.

Тема 2. Гідродинамічні та магнетогідродинамічні симуляції еволюції астрофізичних об'єктів.

Рівняння гідродинаміки. Рух газу за відсутності магнітного поля. Рівняння магнітогідродинаміки. Стаціонарні ударні хвилі. Автомодельність руху. Стійкість рівноважних газових конфігурацій. Нестійкості: гравітаційна, Релея-Тейлора, Кельвіна-Гельмгольца. Стійкість ударних хвиль. турбулентність, конвективна та теплова нестійкості. Проблеми гідродинамічних та магнетогідродинамічних симуляцій моделювань еволюції астрофізичних об'єктів: порівняння методів, зоряний вітер, супервітер від областей зореутворення, сонячна магнетогідродинаміка. Прискорення частинок на фронтах ударних хвиль.

Тема 3. Актуальні задачі небулярної астрофізики.

Розрахунок атомних даних для спектроскопії. Плюси та мінуси методів діагностики світіння небулярного газу. Фотоіонізаційне моделювання світіння небулярного газу: врахування пилу, геометрія моделей, сіткове моделювання та визначення хімічного вмісту. Методи пошуку оптимальних фотоіонізаційних моделей світіння небулярних середовищ. Визначення вмісту хімічних елементів у небулярних середовищах за допомогою заборонених та рекомбінаційних ліній. Визначення вмісту первинного гелію та темпу його збагачення на основі хімічного вмісту небулярних середовищ. Визначення градієнту вмісту хімічних елементів у нашій та інших галактиках. Визначення маси оболонки планетарної туманності та відстані до неї. Поєднання гідродинамічних/хемодинамічних симуляцій моделювань еволюції карликової галактики з активним зореутворенням з мультикомпонентним фотоіонізаційним моделюванням світіння її небулярної складової. Оцінка темпу зореутворенням на основі випромінювання від небулярних середовищ. Початкова функція мас областей зореутворення. Роль карликових у галактик у реіонізації Всесвіту.

Тема 4. Зорі та їх еволюція. Екзопланетні системи.

Формування зір. Проблеми теорії внутрішньої будови зір. Моделі зоряних атмосфер. Еволюція зір з різною масою. Зоряний нуклеогенезис. Виникнення планетарних туманностей. Моделі вибухів наднових різних типів. Гравітаційне лінзування та вибухи наднових. Механізми збагачення міжзоряного середовища гелієм та важкими елементами. Білі карлики та моделювання їх внутрішньої структури. Нейтронні зорі. Кваркові зорі. Гамма-спалахи: спостережувані дані та їх інтерпретація. Теорії гамма-спалахів. Гравітаційний радіус тіл. Чорні діри зоряних мас. Еволюція подвійних зір. Формування планетних систем навколо зір різних спектральних класів. Методи виявлення екзопланетних систем. Планети земного типу: історія їх детекції та проекти майбутніх телескопів для цієї задачі. Сучасні моделі формування планетних систем.

Тема 5. Галактики та їх еволюція.

Населення та будова Галактики. Криві обертання та темна матерія в галактиках. Проблеми теорії еволюції галактик. Проблема формування спіральних хвиль густини – рукавів спіральних галактик. Надмасивна чорна діра у ядрі галактики та її вплив на еволюцію галактики як цілого. Галактики з активними ядрами: основні спостережувані властивості та класифікація, механізми активності галактичних ядер. Моделі акреції речовини на надмасивну чорну діру, формування джетів. Гравітаційне лінзування: зображення віддаленої галактики, утвореного гравітаційною лінзою. Хрест Айнштайна. Гравітаційне лінзування та розподіл темної матерії.

Тема 6. Гравітаційні хвилі. Детектори гравітаційних хвиль. Історія реєстрації гравітаційних хвиль. Шаблони моделей астрофізичних подій для їх ототожнення під час спостереження на інтерферометричних детекторах.

Тема 7. Актуальні задачі сучасної космології.

Спостережувальні основи сучасної космології. Проблеми стандартної моделі Великого Вибуху. Інфляційні моделі Всесвіту. Анізотропія реліктового випромінювання: основи теорії та спостережувальні дані. Космологічні тести та їх реалізації (наднові типу Ia, гамма-спалахи, баріонні акустичні осциляції, рентгенівський газ в скупченнях галактик, тест Алкока-Пачинського). Прискорене розширення Всесвіту та темна енергія. Моделі темної енергії. Темна матерія на космологічних масштабах. Космологічний нуклеосинтез.. Космологічна рекомбінація. Формування перших молекул в епоху Темних віків. Формування великомасштабної структури Всесвіту: основи теорії та спостережувані дані. Філософські проблеми космології, антропний принцип.

4. Структура навчальної дисципліни

№	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
		лк	пр	лаб	ср
	МОДУЛЬ 1				
1	Тема 1. Сучасні астрономічні телескопи.	4	2	–	6
2	Тема 2. Гідродинамічні та магнетогідродинамічні симуляції еволюції астрофізичних об'єктів.	4	2	–	6
3	Тема 3. Актуальні задачі небулярної астрофізики.	4	2	–	6
4	Тема 4. Зорі та їх еволюція. Екзопланетні системи.	4	2	–	6
5	Тема 5. Галактики та їх еволюція.	4	2	–	6
6	Тема 6. Гравітаційні хвилі.	4	2	–	6
7	Тема 7. Актуальні задачі сучасної космології.	8	4	–	6
	ВСЬОГО	**32**	**16**	**–**	**116**

5. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
	МОДУЛЬ 1	
1	Пошук оптимальних характеристик астрономічних телескопів для задач сучасної астрофізики.	2
2	Аналіз результатів гідродинамічних/хемодинамічних та магнетогідродинамічних симуляцій еволюції астрофізичних об'єктів.	2
3	Аналіз коректності застосування діагностичних та модельних методів під час дослідження фізичних характеристик та хімічного вмісту різноманітних небулярних середовищ.	2
4	Опис врахування внутрішньої структури небулярних середовищ під час моделювання їх світіння.	2
5	Опис сучасних моделей зоряних атмосфер. Аналіз результатів моделювання внутрішньої структури білих карликів та нейтронних зір.	2
6	Опис шаблонів моделей для інтерпретації подій, зареєстрованих на гравітаційних детекторах.	2
7	Аналіз космологічних моделей, отриманих за результатами спостережень космічного мікрохвильового реліктового випромінювання на космічних телескопах WMAP та PLANCK.	4
	ВСЬОГО	**16**

6. Методи навчання

Використовуються такі методи навчання:
а) *словесні* – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;
б) *наочні* – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами та графіками;
в) *практичні* – виконання практичних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень, узагальнень та аналізу та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об’єктів.

7. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Контроль знань здійснюється за результатами іспиту.

Шкала оцінювання: вузу, національна та ECTS

Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен	
A	90–100	5	відмінно
B	81–89	4	дуже добре
C	71–80		добре
D	61–70	3	задовільно
E	51–60		достатньо

8. Рекомендована література

Базова:

1. Accretion discs, jets and high energy phenomena in astrophysics. Edited by V.Beskin, G.Henri, F.Menard, G. Pelletier and J. Dalibard. NATO Advanced Study Institute, Euro Summer School, Session LXXVIII, 29 July – 23 August 2002, EDP Sciences; Springer-Ferlag 2003.
2. Э.Р. Прист, Солнечная магнитогидродинамика. - М.: Мир, 1985.
3. J. Heyvaerts, in Transport and Energy Conversion in the heliosphere, edited by J.P. Rozelot, L. Klein and J.C. Vial, Lect. Notes Phys. (Springer Verlag, 2000).
4. Osterbrock D.E., Ferland G.J., Astrophysics of the Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei. Second Edition. – Saulito, California: University Science Book, 2005.
5. Dopita M.A., Sutherland R.S., Astrophysics of the Diffuse Universe. – Berlin, New York: Springer, 2003.
6. Головатий В.В., Мелех Б.Я., Гаврилова Н.В., Фізика світіння газових туманностей. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво ЛНУ ім. І.Франка, 2013.
7. S.E. Woosley & A. Heger The Evolution and Explosion of Massive Stars // REVIEWS OF MODERN PHYSICS, VOL. 74, OCT., 2002.
8. Rutten R.J. Radiative transfer in stellar atmospheres. – Sterrekunding Institut Utrecht, 2000.
9. «Dark energy and dark matter in the Universe» у трьох томах, – Київ: Видавництво НАН України «Академперіодика», 2013-2015 рр.
10. Энциклопедия неорганических материалов. Т.1, 2. – Киев: УСЭ, 1977.
11. Физическая энциклопедия. Т. 1-5. – М.: БРЭ, 2003.
12. Б. Новосядлий. Курс лекцій «Стуктура і еволюція Всесвіту», електронна версія посібника, http://astro.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/02/sev.pdf
13. Ю. Кудря, І. Вавилова, Позагалактична астрономія. Книга 1. Галактики: основні фізичні властивості. - Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2016.

Допоміжна:

1. В.Г. Горбацкий Космическая газодинамика. – М. : Наука, 1977.
2. Головатий В.В., Мелех Б.Я., Гаврилова Н.В. “Фізика газових туманностей. Лабораторний практикум”, Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, Львів (2006), 78 с.
3. В.В.Головатый, Ю.Ф.Мальков Современная фотоионизационная модель свечения планетарной туманности. Краткое описание, ИТФ-91-66Р, Киев-1991
4. Сахибуллин Н.А. Методы моделирования в астрофизике. I. Звездные атмосферы. 1997.

Періодичні видання:

1. Astronomy & Astrophysics.

2. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.
3. Кінематика і фізика небесних тіл.
4. Astronomy Reports.
5. Журнал фізичних досліджень.
6. Астрономіческий журнал.

Інформаційні ресурси:

1. http://adsabs.harvard.edu (The SAO/NASA Astrophysics Data System).
2. www.nublado.org (Code Cloudy for Photoionization Simulations).
3. http://www.stsci.edu/science/starburst99/docs/default.htm (Code Starburst99 for Evolutionary Population Sythesis).

2. http://www.motionmountain.net/motionmountain-volume2.pdf. (Book on Relativity and Cosmology).
2. http://www.sciencedirect.com.
3. http://onlinelibrary.wiley.com.