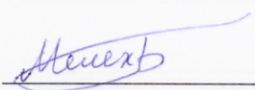


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет фізичний
Кафедра астрофізики

Затверджено

На засіданні кафедри астрофізики
факультету фізичного
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28 серпня 2019 р.)

Завідувач кафедри 

Силабус з навчальної дисципліни
«Моделювання астрофізичних процесів
та характеристик астрономічних об'єктів»,
що викладається в межах ОПП (ОПН) «Астрофізика та фізика
космосу» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти для
здобувачів з спеціальності 104. Фізика та астрономія

Львів 2019 р.

**Силабус курсу «Моделювання астрофізичних процесів
та характеристик астрономічних об'єктів»
2019–2020 н.р.**

Назва курсу	Моделювання астрофізичних процесів та характеристик астрономічних об'єктів
Адреса викладання курсу	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра астрофізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки, 104 Фізика та астрономія (спеціалізація: астрофізика та фізика космосу)
Викладачі курсу	Завідувач кафедри астрофізики, д.ф.-м.н., ст. наук. Мелех Богдан Ярославович
Контактна інформація викладачів	bohdan.melekh@lnu.edu.ua
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/employee/melekh-bohdan-yaroslavovych
Інформація про курс	Курс розроблено таким чином, щоб ознайомити аспірантів з сучасними методами моделювання та діагностики різноманітних астрофізичних процесів з метою набуття ними практичних навичок 1) при виборі (чи розробці) оптимальних алгоритмів розв'язку конкретних астрофізичних задач, а також 2) під час роботи з вже розробленими програмними реалізаціями деяких модельних та діагностичних астрофізичних методів.
Коротка анотація курсу	Дисципліна «Моделювання астрофізичних процесів та характеристик астрономічних об'єктів» є вибірковою дисципліною з спеціальності <i>104 Фізика та астрономія</i> для підготовки доктора філософії з природничих наук за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в IV семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). В результаті вивчення цього курсу аспірант повинен освоїти чисельні методи, які найчастіше зустрічаються в астрофізичних задачах, зокрема: алгоритми діагностики світіння небулярних об'єктів та принципи роботи з їх програмними реалізаціями; алгоритми розрахунку фотоіонізаційних моделей світіння небулярних об'єктів, пошуку їх оптимальних моделей та принципи роботи з відповідними програмними реалізаціями; алгоритми відтворення Лус-спектру іонізуючих ядер небулярних об'єктів та принципи роботи з відповідною програмною реалізацією; алгоритми генерації Лус-спектру і хемодинамічних симуляцій процесів зореутворення та принципи роботи з відповідними програмними реалізаціями; алгоритми розрахунку мультикомпонентних фотоіонізаційних моделей світіння карликових галактик з активним зореутворенням та їх поєднання з гідродинамічними та хемодинамічними симуляціями їх еволюції; алгоритми моделювання внутрішньої структури зір

	різних мас та металічності, а також їх атмосфер; алгоритми моделювання внутрішньої структури білих карликів та нейтронних зір; алгоритми розрахунку процесів зоряного та вибухового нуклеосинтезу (наднові, нуклеосинтез Великого Вибуху); основи побудови космологічних моделей та алгоритми вибору оптимальних з них; алгоритми розрахунку великомасштабної структури Всесвіту.
Мета та цілі курсу	Дати аспірантам поглиблений огляд основних методів, що використовуються в різних галузях сучасної астрофізики для моделювання та діагностики астрофізичних процесів, з набуттям дисертантами відповідних практичних навичок ефективної роботи під час розв'язання конкретних астрофізичних задач.
Література для вивчення дисципліни	<p>Базова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Головатий В.В., Мелех Б.Я., Гаврилова Н.В., Фізика світіння газових туманностей. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво ЛНУ ім. І.Франка, 2013. 2. В.В.Головатий, Ю.Ф. Мальков “Современная фотоионизационная модель свечения планетарной туманности. Краткое описание”, Институт теоретической физики АН Украины, Киев (1991), 41с. 3. 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. 4. 1. Ferland G.J. “Hazy 1. A brief introduction to Cloudy. Introduction and commands (version 05.07)”, Department of Physics and Astronomy, University of Kentucky, Lexington, (2005), 221p., http://www.nublado.org 5. 2. Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P. “Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing” 3rd edition, Cambridge University Press, (2007), 1235 p. 6. 3. Stone J.M., Norman M.L. “ZEUS-2D. A Radiation Magnetohydrodynamics Code for Astrophysical Flows in Two Space Dimensions: I. The Hydrodynamic Algorithms and Tests”, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urbana-Champaign, (1995), 74 p., http://zeus.ncsa.uiuc.edu 7. 4. Clarke D.A., Norman M.L., Fiedler R.A. “ZEUS-3D. USER MANUAL (Version 3.2.1)”, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urbana-Champaign, The Board of Trustees of the University of Illinois, (1994), 79 p., http://zeus.ncsa.uiuc.edu 8. 5. Головатий В.В., Гершберг Р.Е., Мальков Ю.Ф., Проник В.И. Количественный анализ ультрафиолетовых, оптических и инфракрасных эмиссионных спектров небесных тел с целью определения физических параметров и химического состава излучающего диффузного вещества и межзвездного поглощения до него// Известия Крымской астрофизической обсерватории. - 1999. - Т.96. - 67 страниц. 9. 6. Мелех Б.Я. Розподіл енергії в спектрі випромінювання іонізуючих ядер областей НІ в голубих компактних карликових галактиках за -1912A// Журнал фізичних досліджень. - 2000. -Т.4, N2. - С.225-235. 10. 7. Leitherer C., Schaerer D., Goldader J.D., Delgado R.G., Robert C., Kune D.F., de Mello D.F., Devost D., Heckman T.M. Starburst99: Synthesis

	<p>Models for Galaxies with Active Star Formation // Astrophysical Journal Supplement Series - 1999. - Vol.123. - P.3-40.</p> <p>Допоміжна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ferland G.J. “Hazy 2. A brief introduction to Cloudy 96. Computational methods”, Department of Physics and Astronomy, University of Kentucky, Lexington, (2005), 361 p., http://www.nublado.org 2. Ferland G.J. “Hazy 3. A brief introduction to Cloudy 96. Results, environment”, Department of Physics and Astronomy, University of Kentucky, Lexington, (2005), 543 p., http://www.nublado.org 3. Stone J.M., Norman M.L. “ZEUS-2D. A Radiation Magnetohydrodynamics Code for Astrophysical Flows in Two Space Dimensions: II. The Magnetohydrodynamics Algorithms and Tests”, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urbana-Champagn, (1995), 55 p., http://zeus.ncsa.uiuc.edu 4. Stone J.M., Michalas D., Norman M.L. “ZEUS-2D. A Radiation Magnetohydrodynamics Code for Astrophysical Flows in Two Space Dimensions: III. The Radiation Hydrodynamic Algorithms and Tests”, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urbana-Champagn, (1995), 54 p., http://zeus.ncsa.uiuc.edu <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. http://www.nublado.org 2. http://www.astro.princeton.edu/~jstone/zeus.html 3. http://ascl.net/cmbfast.html 4. http://flash.uchicago.edu/site/flashcode/ 5. http://plutocode.ph.unito.it/ 6. http://www.stsci.edu/science/starburst99/docs/default.htm 7. http://camb.info/
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 48 години аудиторних занять, з них 32 годин лекцій, 16 годин практичних занять та 42 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <ul style="list-style-type: none"> - знати чисельні методи, які найчастіше зустрічаються в астрофізичних задачах; алгоритми діагностики світіння небулярних об’єктів та принципи роботи з їх програмними реалізаціями; алгоритми розрахунку фотойонізаційних моделей світіння небулярних об’єктів; пошуку їх оптимальних моделей та принципи роботи з відповідними програмними реалізаціями; алгоритми відтворення Лус-спектру іонізуючих ядер небулярних об’єктів та принципи роботи з відповідною програмною реалізацією; алгоритми генерації Лус-спектру і хемодинамічних симуляцій процесів зореутворення та принципи роботи з відповідними програмними реалізаціями; алгоритми розрахунку мультикомпонентних фотоіонізаційних моделей світіння карликових галактик з активним зореутворенням та їх поєднання з гідродинамічними та хемодинамічними симуляціями їх еволюції; алгоритми моделювання внутрішньої структури зір різних мас та металічності, а також їх

	атмосфер; алгоритми моделювання внутрішньої структури білих карликів та нейтронних зір; алгоритми розрахунку процесів зоряного та вибухового нуклеосинтезу (наднові, нуклеосинтез Великого Вибуху); основи побудови космологічних моделей та алгоритми вибору оптимальних з них; алгоритми розрахунку великомасштабної структури Всесвіту; - вміти коректно здійснювати постановку та розробку, або ж модифікацію вже існуючих програмних реалізацій діагностичних та модельних гідродинамічних, хемодинамічних, фотоіонізаційних та космологічних астрофізичних задач.
Ключові слова	Діагностика спектрів, фотоіонізаційне моделювання, гідродинаміка, магнетогідродинаміка, моделювання зоряних атмосфер, галактики, активне зореутворення, акреція, космологічні моделі.
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій, практичних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1
Підсумковий контроль, форма	іспит в кінці семестру усний
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін фізика зір та туманностей, діагностика та моделювання світіння небулярних середовищ, космічна магнетогідродинаміка, фізика мікро та макросвіту, загальна астрофізика, програмування в середовищі ОС Linux.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, розв'язок задач, підготовка доповідей.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, відкриті спеціальні комп'ютерні програми для моделювання, діагностики та візуалізації даних, операційна системи Linux, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • практичні/самостійні тощо: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20 • контрольні заміри (модулі): 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30 • іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 50 Підсумкова максимальна кількість балів 100
Питання до екзамену	1. Основи діагностики небулярних спектрів. 2. Програмні реалізації методів діагностики світіння небулярних середовищ. 3. Основи фотоіонізаційного моделювання світіння небулярних середовищ. 4. Методи розрахунку дифузного іонізуючого випромінювання у небулярних середовищ. 5. Програми для розрахунку статичних, стаціонарних та нестаціонарних фотоіонізаційних моделей світіння небулярних

	<p>середовищ.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Основні чисельні схеми сучасної космічної гідродинаміки та магнетогідродинаміки. 7. Опис алгоритмів програм ZEUS-2D, ZEUS-3D, FLASH та PLUTO. 8. Основи моделювання внутрішньої структури зір з різними масами та металічностями 9. Основи моделювання внутрішньої структури білих карликів та нейтронних зір. 10. Сонячна магнетогідродинаміка.. 11. Моделі зоряних атмосфер зір з різними масами та металічностями. 12. Моделювання зоряного вітру. 13. Моделювання формування оболонки планетарної туманності.. 14. Моделювання вибухів наднових. 15. Моделювання еволюції залишків наднових. 16. Моделювання формування планетних систем навколо зір. 17. Еволюційно-популяційний синтез областей зореутворення. 18. Хемодинамічні симуляції еволюції галактик з активним зореутворенням. 19. Фотоіонізаційний аналіз результатів хемодинамічних симуляцій. 20. Емпіричні підходи до визначення швидкості зореутворення та їх перевірка. 21. Оцінка витоку іонізуючих квантів з карликових галактик, що характеризуються активним зореутворенням. 22. Моделювання акреції на білий карлик та нейтронну зорю. 23. Моделювання акреції на чорну діру зоряної маси у тісній подвійній системі. 24. Моделювання акреції на надмасивну чорну діру: ядра активних галактик. 25. Злиття нейтронних зір. 26. Злиття чорних дір. 27. Розрахунок шаблонних моделей для ідентифікації астрофізичних подій, зафіксованих гравітаційними детекторами. 28. Алгоритм розрахунку космологічної моделі. Пошук оптимальної моделі шляхом відтворення спектру потужності космічного реліктового мікрохвильового випромінювання. Програми CMB та CMBFAST. 29. Моделювання нуклеосинтезу Великого Вибуху. 30. Моделювання утворення перших молекул. 31. Основні схеми космологічних гідродинамічних симуляцій та аналіз їх результатів.
Опитування	

Таблиця 1

Схема курсу «Моделювання астрофізичних процесів та характеристик астрономічних об'єктів»

Тиждень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1,2	Діагностичні задачі	Лекції – 4 год,		2 тижні

	у небулярній астрофізиці.	практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		
3,4	Модельні методи у небулярній астрофізиці.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
5,6	Космічна гідродинаміка та магнетогідродинаміка.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
7,8	Моделювання внутрішньої структури зір та їх атмосфер. Формування планет.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
9,10	Моделювання структури та світіння карликових галактик з активним зореутворення.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
11,12	Моделювання акреційних процесів. Злиття масивних релятивістських об'єктів.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
13-16	Космологічні моделі та основи симуляцій формування та динаміки галактик, скупчень та надскупчень галактик.	Лекції – 8 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 6 год		4 тижні

»