

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 № __ від __ серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри _____

Силабус з навчальної дисципліни
«Нуклеосинтез та життя у Всесвіті»,
що викладається в межах ОПП (ОПН) _____
першого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності _____

Львів 2022 р.

**Силабус курсу «Нуклеосинтез та життя у Всесвіті»
2022–2023 н.р.**

Назва курсу	Астрономія для всіх
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	Дисципліна вільного вибору студентів III курсу
Викладачі курсу	Завідувач кафедри астрофізики, д.ф.-м.н., ст. наук. Мелех Богдан Ярославович
Контактна інформація викладачів	bohdan.melekh@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/melekh-bohdan-yaroslavovych
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації з використанням засобів <i>Microsoft Teams</i> .
Сторінка курсу	https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3a805344e5b623449a8e9f0dce9b07e508%40thread.tacv2/%25D0%2597%25D0%25B0%25D0%25B3%25D0%25B0%25D0%25BB%25D1%258C%25D0%25BD%25D0%25B5?groupId=8859e9ac-0e98-4f4b-84cd-994fefee99f8&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf (команда “Нуклеосинтез у Всесвіті” у <i>Microsoft Teams</i>)
Інформація про курс	Курс “Нуклеосинтез та життя у Всесвіті” є дисципліною вільного вибору для студентів 3-го курсу університету, незалежно від їхньої спеціальності чи факультету. Курс викладається у VI семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація курсу	Курс покликаний дати загальнодоступний огляд теорій формування (нуклеосинтезу) ядер хімічних елементів в епоху нуклеосинтезу Великого Вибуху і в подальшому під час життя зір та в процесі їх смерті, а також після неї (злиття нейтронних зір, вибухи білих карликів). Планується викласти сучасні наукові погляди на формування та еволюцію життя у Всесвіті. Особливу увагу приділено парадоксу Фермі (проблемі Великого Мовчання Всесвіту).
Мета та цілі курсу	Дати студентам знання про погляд сучасної природничої науки на походження ядер хімічних елементів у Всесвіті, а також на зв’язок цих процесів з виникненням життя у ньому. У результаті вивчення цього курсу студент буде знати основні положення сучасної природничої науки про основи формування різноманітності Всесвіту, а також та про можливі шляхи виникнення різних форм життя у ньому.
Література для вивчення дисципліни	Методичне забезпечення: 1. С.М. Андрієвський, І.А. Климишин “Курс загальної астрономії. Навчальний посібник”, Астропринт, Одеса, (2007), 480 с. 2. R. Kippenhahn, A. Weigert, A. Weiss “Stellar Structure and Evolution.

Second Edition”, DOI 10.1007/978-3-642-30304-3, Springer Heidelberg New York Dordrecht London (2012).

3. T. Rauscher 1 & A. Patkós “Origin of the chemical elements” // Handbook of Nuclear Chemistry, by Vertes, Attila; Nagy, Sandor; Klencsar, Zoltan; Lovas, Rezso G.; Rosch, Frank, ISBN 978-1-4419-0719-6. Springer Science+Business Media B.V., 2011, p. 611.
PDF: <https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept16/Rauscher/paper.pdf>

Базова література:

1. S.E. Woosley & A. Heger “The Evolution and Explosion of Massive Stars” // Rev. Mod. Phys. 74, 1015 – Published 7 November 2002.
<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.74.1015>
2. David Tytler, John M. O'Meara, Nao Suzuki & Dan Lubin REVIEW OF BIG BANG NUCLEOSYNTHESIS AND PRIMORDIAL ABUNDANCES // Physica Scripta, 85, p. 12, 2000
(http://ned.ipac.caltech.edu/level5/Tytler2/Tytler_contents.html)
3. F.-K. Thielemann, M. Eichler, I.V. Panov, and B. Wehmeyer “Neutron Star Mergers and Nucleosynthesis of Heavy Elements” // Annual Review of Nuclear and Particle Science, Vol. 67:253-274 (Volume publication date 12 October 2017) First published as a Review in Advance on August 7, 2017, <https://doi.org/10.1146/annurev-nucl-101916-123246>

Допоміжна література

1. Alak Ray “Massive stars as thermonuclear reactors and their explosions following core collapse” // <https://arxiv.org/abs/0907.5407>
2. Heyvaerts, in Late stages of Stellar evolution, edited by C. de Loore, Ecole EADN de Ponte de Lima, Lect. Notes Phys. (Springer Verlag, 1991) 313.
3. Amanda I. Karakas “Nucleosynthesis of Low and Intermediate-mass Stars” // A. Goswami and B.E. Reddy (eds.), Principles and Perspectives in Cosmochemistry, Astrophysics and Space Science Proceedings, ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
https://www.researchgate.net/publication/226808111_Nucleosynthesis_of_Low_and_Intermediate-mass_Stars
4. D. Karinkuzhi, S. Van Eck, S. Goriely, L. Siess, A. Jorissen, T. Merle, A. Escorza, and T. Masseron “Low-mass low-metallicity AGB stars as an efficient i-process site explaining CEMP-rs stars” // A&A, Vol. 645 (2021).
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038891>
5. Bernhard Muller, and Vishnu Varma «A 3D simulation of a neutrino-driven supernova explosion aided by convection and magnetic fields» // MNRAS 498, L109–L113 (2020) <https://doi.org/10.1093/mnras/laa137>
6. Hayato Mikami, Yuji Sato, Tomoaki Matsumoto & Tomoyuki Hanawa «Three-dimensional magnetohydrodynamical simulation of a core-collapse supernova» // The Astrophysical Journal, 683:357-374, 2008 August 10.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1086/589759>

Інформаційні ресурси:

1. https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept16/Rauscher/Rauscher_contents.html
2. http://ned.ipac.caltech.edu/level5/Tytler2/Tytler_contents.html

	<p>3. http://cs.physics.sunysb.edu/verbaarschot/html/lectures/phy551-08/notes/Nucleosynthesis.pdf</p> <p>4. https://pdg.lbl.gov/2020/reviews/rpp2020-rev-bbang-nucleosynthesis.pdf</p> <p>5. http://www2.iap.fr/users/pitrou/primat.htm</p> <p>6. https://camb.readthedocs.io/en/latest/bbn.html</p> <p>7. https://www-thphys.physics.ox.ac.uk/people/SubirSarkar/bbn.html</p> <p>8. https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/stellar-nucleosynthesis</p>
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 32 години аудиторних занять, з них 16 годин лекцій та 16 годин практичних занять, а також 58 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент повинен</p> <p>- <u>знати</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • особливості протікання ядерних реакцій синтезу в надрах зір та під час нуклеосинтезу Великого Вибуху, знати основні рівняння для опису внутрішньої структури зір різної маси, • структуру зір різної маси на Головній послідовності, • ланцюжки ядерних реакцій у протон-протонному та CNO-циклах, • ядерні реакції, які приводять до синтезу важких елементів у надрах зір різної маси та на яких етапах зоряної еволюції такий синтез відбувається, • основи термоядерного синтезу хімічних елементів під час вибуху наднових різних типів, • роль процесів злиття нейтронних зір у синтезі важких елементів, • реакції, які відбувалися під час нуклеосинтезу Великого Вибуху та ядра яких елементів при цьому утворюються; • основи вуглецевих форм життя, • альтернативні шляхи біохімії (кремнієві, азотно-фосфорні та азотно-борові основи життя), • формулу Дрейка. <p>- <u>вміти</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описувати внутрішню структуру зір різної маси під час їх перебування на Головній послідовності та описувати реакції протон-протонного та CNO-циклів у зорях різної маси, • описувати еволюцію зір різної маси після їх сходження з Головної послідовності та реакції термоядерного синтезу в них, • описувати процеси термоядерного синтезу, що відбуваються під час вибуху Наднових різних типів, • описувати процеси термоядерного синтезу під час нуклеосинтезу Великого Вибуху, • описувати основи вуглецевих форм життя та альтернативної біохімії, • оперувати формулою Дрейка, • описувати різні способи пояснення “Великого мовчання Всесвіту”.
Ключові слова	Вікна Гамова, ядерні реакції, ядерна астрофізика, нуклеогенезис, нуклеосинтез, реакції синтезу, еволюція зір, наднові, нові, злиття нейтронних зір, нуклеосинтез Великого Вибуху, вуглецеві форми життя, альтернативна біохімія, пошук життя у Всесвіті.
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій, практичних занять та консультацій для кращого

	розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення дисципліни необхідні лише базові шкільні знання з математики, фізики, хімії та біології.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, опитування, дискусія, практичні завдання, підготовка доповідей/відеопрезентацій, <i>Microsoft Teams</i> .
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: 1) контрольні за двома змістовими модулями (30+20=50 балів), 2) практичні завдання, опитування у формі тесту та відеопрезентація за змістовими модулями (15+15+20=50 балів). Підсумкова максимальна кількість балів — 100.
Питання на контрольні роботи	1. Особливості протікання термоядерних реакцій у надрах зір. 2. Джерело енерговиділення в зорях. 3. Діаграма Герцшпрунга-Рассела. 4. Виникнення зір та області активного зореутворення. 5. Протон-протонний цикл. 6. Нейтринні детектори та перевірка теорії внутрішньої будови Сонця. 7. CNO-цикл. 8. Термоядерний синтез в зорях різної маси після сходження з Головної послідовності. 9. Кінцеві стадії еволюції маломасивних зір. 10. Причини вибухів Наднових та синтез важких елементів. 11. Злиття нейтронних зір та синтез важких елементів. 12. Основи теорії нуклеосинтезу Великого Вибуху та її перевірка. 13. Формування планетних систем навколо зір. 14. Утворення перших молекул у Всесвіті. 15. Умови виникнення та існування життя земного типу. 16. Пошуки життя у Сонячній системі. 17. Зони життя навколо зір. 18. Зони життя в галактиках. 19. Складні органічні молекули в космосі. 20. Шукачі планет земного типу. 21. Формула Дрейка. 22. Історія проекту SETI. 23. Інформація про людську цивілізацію на деяких космічних апаратах. 24. Парадокс Фермі та спроби його пояснення.
Опитування	

Таблиця 1

Схема курсу «Нуклеосинтез та життя у Всесвіті»

Тижд ень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1,2	Вступ. Виникнення зір та області активного зореутворення. Особливості протікання термоядерних реакцій у надрах зір. Джерело енерговиділення в зорях. Діаграма Герцшпрунга-Рассела.	Лекції — 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 2 год.		2 тижні
3,4	Протон-протонний та CNO-цикли.	Лекція – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні
5,6	Геліофізика. Нейтринні детектори та перевірка теорії внутрішньої будови Сонця.	Лекції – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні
7,8	Кінцеві стадії еволюції маломасивних зір. Причини вибухів Наднових та синтез важких елементів. Злиття нейтронних зір та синтез важких елементів.	Лекції – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні
9,10	Основи теорії нуклеосинтезу Великого Вибуху та її перевірка. Утворення перших молекул у Всесвіті.	Лекції – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні
11,12	Складні органічні молекули в космосі. Формування планетних систем навколо зір. Умови	Лекції – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні

	виникнення та існування життя земного типу. Пошуки життя у Сонячній системі.			
13,14	Зони життя в галактиках. Зони життя навколо зір. Шукачі планет земного типу.	Лекції – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні
15,16	Формула Дрейка. Історія проекту SETI. Інформація про людську цивілізацію на деяких космічних апаратах. Парадокс Фермі та спроби його пояснення.	Лекції – 2 год., практ. заняття – 2 год., самостійна робота – 8 год.		2 тижні