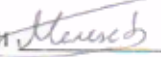


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Фізичний факультет**  
**Кафедра астрофізики**

**Затверджено**

На засіданні кафедри астрофізики  
фізичного факультету ЛНУ імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 30 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри  Богдан МЕЛЕХ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Теорія зоряних спектрів»,**  
**що викладається в межах**  
**ОНП «Теоретична фізика та астрофізика»**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів зі**  
**спеціальності 104 Фізика та астрономія**

**Львів 2023**

<b>Назва курсу</b>	Теорія зоряних спектрів
<b>Адреса викладання курсу</b>	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005, Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	фізичний факультет, кафедра астрофізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань — 10 Природничі науки, спеціальність — 104 Фізика та астрономія
<b>Викладач дисципліни</b>	Лектор: Ваврух Маркіян Васильович, професор кафедри астрофізики, докт. ф.-м. н.; лабораторні заняття проводить: проф. Ваврух М. В.
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:markiyan.vavruk@lnu.edu.ua">markiyan.vavruk@lnu.edu.ua</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/vavruk-markiyan-vasylovych">https://physics.lnu.edu.ua/employee/vavruk-markiyan-vasylovych</a>
<b>Консультації з курсу відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/teoriya-zoryanyh-spektriv">https://physics.lnu.edu.ua/course/teoriya-zoryanyh-spektriv</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Теорія зоряних спектрів» є вибірковою дисципліною в галузі знань 10 Природничі науки зі спеціальності 104 Фізика та астрономія для другого (магістерського) рівня вищої освіти, яку викладають у 2 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Теорія зоряних спектрів» є дисципліною для підготовки магістрів, яка викладається в 2 семестрі. Під час вивчення студенти засвоюють теорію перенесення випромінювання в лініях і в неперервному спектрі, теорію розширення спектральних ліній внаслідок ефекту Доплера, вплив міжчастинкових взаємодій і магнітних полів; методи розрахунку поперечних перерізів взаємодії фотонів з мікрочастинками атмосфери зорі та розрахунку спектральної концентраційної і температурної залежності коефіцієнта поглинання і спектральної інтенсивності випромінювання Сонця, а також зір спектральних класів А, F, G.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Мета дисципліни — дати студентам поглиблені знання про теорію перенесення випромінювання в атмосферах зір, механізми формування коефіцієнта поглинання, теорію іонізаційної рівноваги в зоряних атмосферах. Завдання дисципліни — сформувати у студентів необхідні знання та уміння для освоєння методи розрахунку спектральної інтенсивності випромінювання та інтерпретації спостережуваних даних в Сонці та зорях інших спектральних класів та класів світності.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова література:</b> 1. Вакарчук І. О. <i>Теорія зоряних спектрів</i> . Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2002. 2. Aller L. H. <i>Atoms, Stars, and Nebulae</i> . Cambridge University Press. 1991. 3. Ваврух М. В., Стельмах О. М. <i>Ефект депресії у неперервному випромінюванні Сонця</i> . Львів: Вид-во «Растр-7», 2022. 4. Merrill Paul W. <i>Lines of the chemical elements in astronomical spectra</i> . Washington: Carnegie Institution Washington Publication, 1956. 5. Ваврух М. В., Стельмах О. М. Поперечний переріз фотоіонізації від'ємних іонів водню. <i>Вісник Львів. Ун-ту. Серія фізична</i> . 2012. Вип. 47. С. 3–25. 6. Chandrasekhar S. On the continuous absorption coefficient of the negative hydrogen ion. <i>Astrophys. J.</i> 1945. Vol. 102. P. 223–231. 7. Komarov N. S. et al. The spectrophotometric star catalogue. <i>Odessa Astronomical Publication</i> . 1995. Vol. 8.

	<p><b>Допоміжна література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geltman S. The bound-free absorption coefficient of the hydrogen negative ion. <i>Phys. Rev.</i> 1962. Vol. 136, P. 935.</li> <li>2. Kenneth R. Lang. <i>Astrophysical Formulae</i>. Berlin–Heidelberg–New York Springer-Verlag. 1974.</li> <li>3. Karzas W. J., Latter R. Electron radiative transitions in a Coulomb field. <i>Astrophys. J. Suppl.</i> 1961. Vol. 6, P. 167.</li> <li>4. Neckel H., Labs D. The solar radiation between 3300 and 12500 Å. <i>Solar Physics</i>. 1984. Vol. 74, No. 90, P. 205.</li> <li>5. Stewart A. L. A perturbation-variation study of photodetachment from H<sup>-</sup>. <i>J. Phys. B: Atom. Mol. Phys.</i> 1978. Vol. 11, P. 3851.</li> <li>6. Ваврух М. В., Стельмах О. М. <i>Явище депресії у спектрі неперервного випромінювання зір</i>. Львів: Растр. 2021. - 280 с. (у друці).</li> </ol> <p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1996BaltA...5..603A/abstract">https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1996BaltA...5..603A/abstract</a></li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	90 годин, з яких 32 години аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 16 годин лабораторних занять та 58 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення курсу студент буде:</p> <p><b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фізику процесів взаємодії фотонів з атомно-молекулярними об'єктами частково іонізованої плазми,</li> <li>- співвідношення квантової механіки, що визначають матричні елементи операторів фізичних величин та ймовірності швидкостей переходів між квантовими станами, хвильові функції та енергетичні рівні одно-, дво- та багатоелектронних атомних систем,</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- виводити кінетичні рівняння для фотонів у наближенні одно- та двофотонних процесів,</li> <li>- розраховувати поперечні перерізи та коефіцієнти поглинання, сили осциляторів,</li> <li>- розраховувати іонізаційну рівновагу у фотосферах зір,</li> <li>- виконувати розрахунки поперечних перерізів процесів взаємодії фотонів з атомно-молекулярними системами.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Спектри Фраунгофера та спектри неперервного поглинання; перенесення випромінювання; поперечні перерізи взаємодії фотонів з мікрочастинками; поперечні перерізи взаємодії фотонів з мікрочастинками; рівняння перенесення випромінювання; концентрації мікрочастинок в атмосферах зір; розширення спектральних ліній; модель атмосфери зорі; коефіцієнт поглинання у неперервному спектрі; явище депресії у неперервному випромінюванні зір.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Наведено у табл.1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін курсу загальної фізики та математичного аналізу, загальної астрономії та астрофізики, теорії диференціальних рівнянь, квантової механіки.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції, дискусія, робота з комп'ютером, підготовка рефератів.

<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, відкриті спеціальні комп'ютерні програми для моделювання, діагностики та візуалізації даних, операційна системи Linux, проєктор.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• написання реферату на задану викладачем тему для кожного зі змістовних модулів (ЗМ) : 25 (ЗМ 1) + 15 (ЗМ 2) = 40 балів. Розподіл балів зручніше подавати у відсотках від максимальної кількості балів, які можна отримати за відповідну роботу: 91–100% — реферат охоплює всі важливі аспекти обраної теми, матеріал викладено правильно (90%) + макс. 10% за акуратність оформлення; 51–90% — реферат охоплює всі важливі аспекти обраної теми, однак матеріал викладено неповно (якщо відсоток &lt; 90%); 1–50% — реферат містить помилки, викладення неповне; 0% — робота не виконана або виконана повністю неправильно.</li> <li>• контрольні роботи з двох ЗМ: 40 (ЗМ 1) + 20 (ЗМ 2) = 60 балів. кожна контрольна містить два теоретичних питання, кожне з яких у першій роботі оцінюється за 20-бальною шкалою, відповідно до таких критеріїв: 20 — питання викладено правильно і повністю; 12–19 — повнота викладення недостатня; 1–11 — рівень володіння матеріалом дуже низький, або ж низький; 0 — студент повністю неправильно виклав питання, або ж зовсім не надав на нього відповіді; у другій роботі кожне з двох питань оцінюється за 10-бальною шкалою: 10 — питання викладено правильно і повністю; 6–9 — повнота викладення недостатня; 1–5 — рівень володіння матеріалом дуже низький, або ж низький; 0 — студент повністю неправильно виклав питання, або ж зовсім не надав на нього відповіді;</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p><b>Академічна доброчесність</b> здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідують усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на</p>

	<p>лабораторних заняттях та контрольних роботах. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p><b>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</b></p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано після завершення курсу

Таблиця 1

## Схема дисципліни «Теорія зоряних спектрів»\*

Тиж- день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
<i><b>Змістовий модуль 1</b></i>			
1–4	1. Спектральна класифікація зір. 2. Процеси перенесення випромінювання в атмосферах зір. <b>Література:</b> Б1–Б7, Д1–Д6	Лекції — 4 год, лаборат. заняття — 4 год, самостійна робота — 14 год.	4 тижні
5–8	3. Основні процеси взаємодії фотонів з мікрочастинками. 4. Рівняння перенесення випромінювання. <b>Література:</b> Б1–Б7, Д1–Д6	Лекції — 4 год, лаборат. заняття — 3 год, контрольна робота — 1 год, самостійна робота — 14 год.	4 тижні
<i><b>Змістовий модуль 2</b></i>			
9–12	5. Розрахунок поперечних перерізів взаємодії фотонів з мікрочастинками у зоряних атмосферах. 6. Іонізаційна рівновага у зоряних атмосферах. <b>Література:</b> Б1–Б7, Д1–Д6	Лекції — 4 год, лаборат. заняття — 4 год, самостійна робота — 15 год	4 тижні
13–16	7. Коефіцієнт поглинання у неперервному спектрі. 8. Явище депресії у неперервному випромінюванні зір. <b>Література:</b> Б1–Б7, Д1–Д6	Лекції — 4 год, лаборат. заняття — 3 год, контрольна робота — 1 год, самостійна робота — 15 год.	4 тижні

\* Поклики на літературу подано відповідно до переліку базової (Б) та допоміжної (Д) літератури.