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 «Електронне обладнання астрономічних обсерваторій», що викладається в межах ОНП «Теоретична фізика та астрофізика», ОНП «Експериментальна фізика» другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів зі спеціальності 104 Фізика та астрономія

Львів 2023

Назва дисципліни	Електронне обладнання астрономічних обсерваторій
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія, 8, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра астрофізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань — 10 Природничі науки Спеціальність — 104 Фізика та астрономія
Викладач дисципліни	Лектор: Кулініч Юрій Анатолійович, доцент кафедри астрофізики, к.ф.-м.н., старший дослідник;
Контактна інформація викладача	yuriy.kulinich@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/kulinich-yuriy-anatoliyovych
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або онлайн засобами Microsoft Teams та Zoom.
Сторінка курсу	Група «Електронне обладнання астрономічних обсерваторій» в Microsoft Teams https://physics.lnu.edu.ua/course/elektronne-obladnannia-astronomichnykh-observatoriy
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Електронне обладнання астрономічних обсерваторій» є вибірковою дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в III семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Електронне обладнання астрономічних обсерваторій» покликаний ознайомити студентів із технологічними рішеннями які лежать в основі сучасних астрономічних спостережень. Під час курсу студенти дізнаються про технології які лежать в основі сучасних астрономічних спостережень: 1) електронні системи ведення та позиціонування наземних та космічних (орбітальних) телескопів; 2) електронні системи активної та адаптивної оптики; 3) електронні пристрої реєстрації світла (фотонів) видимого, рентгенівського та гамма діапазонів; 4) радіоінтерферометри для реєстрації радіосигналів; 5) детектори космічних променів, нейтрино та частинок темної матерії; 6) технології та обладнання для реєстрації гравітаційних хвиль; 7) лазерні віддалеміри; 8) роботизація телескопа для автоматизації процесу спостереження.
Мета та цілі дисципліни	Метою даної дисципліни є одержання студентами знань і навичок, які потрібні при проектуванні та будівництві астрономічних інструментів, плануванні та проведені астрономічних спостережень на сучасних астрономічних інструментах (телескопах), а також первинній обробці (калібруванні — переведенню вимірюваних величин в фізичні) даних астрономічних спостережень, з метою отримання астрофізичної інформації про космічні об’єкти. Завданням курсу є формування у студентів комплексу знань та умінь, необхідних для роботи на сучасних астрономічних інструментах.
Література для вивчення дисципліни	**Базова:** 1. *Адаптивна оптика* : навч. посіб. / [Васюра А. С. та ін.] ; за ред. С. В. Павлова ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2015. 2. Зеленський С. Є. *Обернення хвильового фронту*. Конспект лекцій із дисципліни «Адаптивна оптика». – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 3. Кравченко О.П. *Фізичні основи функціональної мікроелектроніки*: навч. посібник. К.: Либідь, 1993.

	4. *Проведення лазерної локації супутників на станції "Львів-1831"*. Метод. посібник / [уклад. Апуневич С.В. Благодир Я.Т. Білінський А.І.]. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 5. Гофманн-Велленгоф Б., Леґат К., Візер М. *Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування* (Переклад українською мовою: С. Є.Апуневич, С. В. Апуневич. Науковий редактор перекладу: академік НАНУ Я. С. Яцків). Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 6. Дума Д. П. *Загальна астрометрія*: навч. посібник. К.: Наукова думка, 2007. 7. *Астрономічний енциклопедичний словник* / За заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. Львів: ЛНУ; ГАО НАНУ, 2003. **Допоміжна:** 1. *Техніка безпеки при роботі з лазерами*. Методичні вказівки для студентів фізичного факультету / МОНУ ЛНУ ім. Івана Франка [уклад. ДовгийЯ.О., Маньковська І.Г.,Тернавський В.В., Тернавська С.В.(Апуневич С.В.)]. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 2. Чирук В. М., Шмирьова Л. М. Еволюція датчиків зображення: КМОН-ФД і ПЗЗ-матриці. *Перспективні напрямки сучасної електроніки* : матеріали XIII науково-практичної конференції (4 квітня 2019 р., м. Київ) / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕЛ. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 176–181. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37888/1/2019-176-181.pdf 3. Kroening J., Tyson R. K.. *Adaptive Optics Engineering Handbook*. New York: M. Dekker, 2000. Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо. **Інформаційні ресурси:** 1. https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton 2. https://www.cosmos.esa.int/web/integral 3. https://www.sdss4.org/ 4. https://www.ligo.caltech.edu/ 5. https://public.nrao.edu/ 6. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_neutrino_experiments
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 16 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, та 74 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення даного курсу студенти повинні **знати:** 1) принцип дії та характеристики пристроїв автоматичного ведення та позиціонування наземних та космічних телескопів; 2) принцип роботи та характеристики електронних систем активної та адаптивної оптики; 3) принцип дії та характеристики електронних пристроїв реєстрації світла (болометрів, електронно - оптичних перетворювачів, фотоелектронних помножувачів, ПЗЗ та КМОН матриць, тощо) видимого, рентгенівського та гамма діапазонів; 4) принцип роботи радіотелескопів та радіоінтерферометрів; 5) принцип роботи детекторів космічних променів, нейтрино та частинок темної матерії 6) технологічні рішення та основні характеристики обладнання для реєстрації гравітаційних хвиль;

	7) принцип роботи і характеристики лазерних віддалемірів; 8) електронні засоби роботизації телескопів; **вміти:** 1) враховувати вплив неточностей у ведені та/або позиціонуванні телескопа при виборі часу експозиції; 2) враховувати (підбирати) основні параметри електронних пристроїв реєстрації світла (поріг чутливості, квантову ефективність, динамічний діапазон, просторову та спектральну роздільну здатність, тощо) при плануванні та здійснені астрономічних спостережень; 3) застосовувати методи калібрування вимірюваних при спостережені сигналів з метою зменшення (усунення) шумів і переведенні вимірюваних величин у фізичні; 4) оцінювати похибки виміряних під час спостережень фізичних величин.
Ключові слова	Електронне обладнання, астрономічні спостереження, обсерваторія
Формат курсу	Очний
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з астрономії
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентації, лекції, робота за комп'ютером.
Необхідне обладнання	персональний комп’ютер, загальновживані комп’ютерні програми й операційні системи, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: • написання реферату на задану викладачем тему для кожного із 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 лабораторну 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 < 90%), 1–50% — реферат містить помилки, викладення неповне, 0% — робота не виконана, або виконана повністю неправильно. • контрольні роботи (модулі): 60% семестрової оцінки; загалом — дві роботи (по 30 балів); кожна контрольна містить шість теоретичних питань, кожне з яких оцінюється за 5-бальною шкалою, відповідно до таких критеріїв: 5 — питання викладено правильно і повністю; 3–4 — повнота викладення недостатня; 1–2 — рівень володіння матеріалом дуже низький, або ж низький; 0 — студент повністю неправильно виклав питання, або ж зовсім не надав на нього відповіді; Підсумкова максимальна кількість балів — 100. **Академічна доброчесність** 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. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції 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. **Література.** 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. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали, набрані під час написання рефератів та контрольних робіт. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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. **Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.**
Питання на контрольні роботи	1. Пристрої автоматичного ведення та позиціонування наземних та космічних телескопів. 2. Особливості електронних пристроїв наземних та космічних (орбітальних) телескопів. 3. Принцип роботи та характеристики електронних систем активної та адаптивної оптики. 4. Пристрої реєстрації світла (болометри, електронно-оптичні перетворювачі, фотоелектронні помножувачі, ПЗЗ та КМОН матриці, тощо) видимого, рентгенівського та гамма діапазонів; 5. Детектори космічних променів, нейтрино та частинок темної матерії. 6. Лазерна інтерферометрична гравітаційно-хвильова обсерваторія (ЛІГО). 7. Комплекс апаратури лазерного віддаленіра ТПЛ-1М (Астрономічна обсерваторія, ЛНУ імені Івана Франка). 8. SDSS: конструкція телескопа, приймачів та стратегія спостережень. 9. Основи радіоастрономії: радіоінтерферометр, корелятор, зв'язок між інтенсивністю спостережуваного радіоджерела та вимірюваними величинами на кореляторі (інтерференційним патерном). Калібрування: рівняння Хамакера–Соулта–Брегмана. Основи роботи з інструментами для калібрування та побудови зображень CASA. 10. XMM-Newton: конструкція телескопа та приймачів. 11. INTEGRAL: конструкція телескопа та приймачів. 12. Електронні засоби роботизації телескопів.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Електронне обладнання астрономічних обсерваторій»[*]

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
Змістовий модуль 1			
1–2	Тема 1. Вступ. Конструктивні особливості сучасних астрономічних інструментів та їх електронного обладнання. Відмінності електронного обладнання наземних та космічних телескопів. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 2 год, самостійна робота — 9 год.	2 тижні
3–4	Тема 2. Пристрої автоматичного ведення та позиціонування наземних та космічних телескопів. Активна та адаптивна оптика оптичних телескопів. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 2 год, самостійна робота — 9 год.	2 тижні
5–6	Тема 3. Електронні пристрої реєстрації світла видимого, рентгенівського та гамма діапазонів. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 2 год, самостійна робота—10 год.	2 тижні
7–8	Тема 4. Радіотелескопи та радіоінтерферометрія. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 1 год, контрольна робота — 1 год, самостійна робота—10 год.	2 тижні
Змістовий модуль 2			
9–10	Тема 5. Детектори космічних променів, нейтрино та частинок темної матерії. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 2 год, самостійна робота — 9 год.	2 тижні
11–12	Тема 6. Лазерна інтерферометрична гравітаційно-хвильова обсерваторія (ЛІГО). **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 2 год, самостійна робота — 9 год.	2 тижні
13–14	Тема 7. Лазерні віддалеміри: вимірювання відстані до штучних супутників Землі і Місяця. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 2 год, самостійна робота — 9 год.	2 тижні
15–16	Тема 8. Роботизація телескопа для автоматизації процесу спостереження. **Література**: Б1–Б7, Д1–Д3	Лекції — 1 год, контрольна робота — 1 год, самостійна робота — 9 год.	2 тижні

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