

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука

Затверджено

На засіданні кафедри теоретичної фізики імені
професора Івана Вакарчука
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2022 р.)

Завідувач кафедри  _ професор В. М. Ткачук

Силабус
з навчальної дисципліни «Електродинаміка»,
що викладається в межах
ОПП «Середня освіта (Фізика)»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 014 Середня освіта
предметної спеціальності 014.08 Середня освіта. Фізика

Львів 2022

Назва дисципліни	Електродинаміка
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 12, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань — 01 Освіта Спеціальність — 014.08 Середня освіта. Фізика
Викладачі дисципліни	професор кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, д.ф.-м.н., проф. Ровенчак Андрій Адамович; доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н., доц. Пастухов Володимир Степанович
Контактна інформація викладачів	andrij.rovenchak@lnu.edu.ua ; andrij.rovenchak@gmail.com https://physics.lnu.edu.ua/employee/rovenchak-a-a volodymyr.pastukhov@lnu.edu.ua ; volodyapastukhov@gmail.com https://physics.lnu.edu.ua/employee/pastukhov-v-s
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Zoom, Microsoft Teams, Skype.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/elktrodynamika-014-08-serednia-osvita-fizyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Електродинаміка» є нормативною і розрахована на слухачів спеціальності «014.08 Середня освіта» освітнього рівня бакалавра. Її викладають у VI семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб стисло подати основи класичної та релятивістської електродинаміки, спеціальної теорії відносності, електродинаміки середовища.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни «Електродинаміка» є формування в майбутнього фізика цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних із електромагнітним полем. Це передбачає виклад основ теорії електромагнітних процесів у вакуумі та в середовищі, поглиблення знань, одержаних в загальному курсі «Електрика», засвоєння математичного апарату класичної теорії поля, вивчення теорії електромагнітного поля Максвелла–Лоренца і релятивістської теорії електромагнітного поля.
Література для вивчення дисципліни	Базова: <ol style="list-style-type: none"> 1. В. А. Головацький, <i>Електродинаміка</i>. Чернівці: Рута, 2011. 2. В. О. Іванов, Є. І. Габрусенко, Л. В. Сібрук, <i>Теорія електромагнітного поля</i>. Київ: НАУ, 2017. 3. А. М. Федорченко, <i>Теоретична фізика</i>, т. 1, 1988. 4. L. L. Deraad, K. A. Milton, J. Schwinger, and Wu-yang Tsai, <i>Classical electrodynamics</i>. CRC Press, 2019. Допоміжна: <ol style="list-style-type: none"> 5. В. М. Мигаль, <i>Випромінювання електромагнітних хвиль: Методичні вказівки до розв'язування задач з вибраних розділів електродинаміки для студентів III курсу фізичного факультету</i>. Львів: ЛДУ, 1999. 6. М. В. Блажівська, О. І. Григорчак, Ю. С. Криницький та ін.; за ред. Ю. С. Криницького та А. А. Ровенчака, <i>Збірник задач з</i>

	<p><i>електродинаміки</i>. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eric Weisstein's World of Physics http://scienceworld.wolfram.com/physics/ 2. Wikipedia. http://www.wikipedia.org 3. The Feynman Lectures on Physics. Vol. II: The electromagnetic field. https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_toc.html
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 64 годин аудиторних занять, з них 32 годин лекцій, 32 годин практичних занять, та 26 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК):</p> <p><i>Загальні компетентності:</i></p> <p>ЗК3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК9. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p><i>Спеціальні компетентності:</i></p> <p>СК4. Здатність коректно застосовувати фізичні поняття, закони, принципи, теорії у поєднанні з необхідним математичним інструментарієм для пояснення фізичних явищ і процесів з використанням сучасних засобів навчання.</p> <p>СК11. Здатність здійснювати об'єктивний контроль і оцінювання рівня навчальних досягнень учнів.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p>ПРН13. Знати та розуміти основні поняття, закони, теорії, загальну</p> <p>ПРН14. Аналізувати фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.</p> <p>ПРН22. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.</p>
Ключові слова	Рівняння Максвелла; потенціали електромагнітного поля; умови випромінювання; релятивістська механіка; рівняння Максвелла–Лоренца
Формат курсу	Очний
Теми	Див. Табл. 1 Схема курсу
Підсумковий контроль, форма	Іспит у кінці VI семестру. Форма: Письмово-усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують знань із таких дисциплін: математичний аналіз, векторний аналіз, диференціальні рівняння, механіка, електрика.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, розв'язування задач. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу схемами та рисунками.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:

<p>виду навчальної діяльності)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • робота на практичних заняттях під час семестру (усереднена оцінка), 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 20; • контрольні роботи (на практичних заняттях): 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 30; • результати іспиту: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 50; <p>Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають дві контрольні роботи.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що контрольні роботи студентів будуть оригінальними. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні 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 письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p>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.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані за роботу на практичних заняттях, контрольних роботах та на іспиті. 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>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Орієнтовний перелік питань на іспит</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рівняння Максвелла як узагальнення дослідних фактів. 2. Потенціали електромагнітного поля. 3. Закони збереження в електродинаміці. 4. Мультипольні розвинення. 5. Рівняння Максвелла для вільного поля. 6. Потенціали Ліснара–Віхерта. 7. Сила радіаційного гальмування. Променисте тертя. 8. Поле системи зарядів на великих відстанях від джерела. 9. Перетворення Лоренца. 10. Релятивістська механіка вільної частинки 11. 4-потенціали поля і закони їх перетворення. 12. Тензор електромагнітного поля. 13. Рівняння Максвелла в середовищі. Мікро- та макрополя. 14. Умови на межі двох середовищ.

	15. Поляризація і намагнічення середовища в постійних полях. 16. Поляризація середовища у змінному полі.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Електродинаміка»

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	1. Вступ. Математичний апарат електродинаміки: елементи векторного числення. Рівняння Максвелла як узагальнення дослідних фактів: закон Кулона; вихровий характер магнітного поля; закон Фарадея; джерела магнітного поля; закон Ерстеда; закон Ампера. Математичний апарат: δ -функція Дірака. Густина точкового заряду.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
2	2. Потенціали електромагнітного поля. Означення потенціалів, рівняння для потенціалів, градієнтна інваріантність електромагнітного поля, калібрування Кулона і Лоренца. Рівняння д'Аламбера. Поперечний струм. Запізнювальні і випереджувальні потенціали.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
3	3. Закони збереження. Рівняння неперервності як форма запису закону збереження. Закон збереження заряду. Закон збереження енергії. Умови випромінювання. Закон збереження імпульсу. Тензор напружень.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
4–5	4. Статичні поля у вакуумі. Рівняння для статичних полів. Безпосереднє розв'язування рівнянь для потенціалів. 5. Мультипольні розвинення. Потенціали і поля електричного та магнітного диполів. Електричний квадрупольний момент. Вищі мультипольні моменти.	Лекції — 4 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 3 год	2 тижні
6	6. Теорія випромінювання. Рівняння Максвелла для вільного поля. Плоскі, сферичні та інші хвилі. Закони збереження для вільного поля, енергія та імпульс поля. Потенціали Ліенара–Віхерта.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
7	7. Поле і потенціали заряду, який рухається. Випромінювання точкового заряду. Сила радіаційного гальмування. Променисте тертя.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
8	8. Поле системи зарядів на великих віддалях від джерела. Близька і хвильова зони. Дипольне і квадрупольне випромінювання.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
9	9. Теорія відносності. Принципи відносності. Інтервал між подіями. Чотиривимірні простори Мінковського. Перетворення Лоренца: формули Лоренца; додавання швидкостей; власний час і скорочення Лоренца; чотиривимірні вектори і тензори.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
10	10. Релятивістська механіка вільної і зарядженої частинки. Інтеграл дії, функції Лагранжа та Гамільтона, енергія й імпульс; 4-вектор енергії-імпульсу. Рівняння руху вільної частинки. 4-потенціали поля. і закони їх перетворення. Тензор електромагнітного поля: варіаційний принцип для знаходження рівняння руху зарядженої частинки.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
11	11. Тензор електромагнітного поля. Перетворення потенціалів і полів. Інваріанти поля. Рівняння для поля без зарядів і струмів.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
12	12. Основні співвідношення електродинаміки у просторі Мінковського. Дія для електромагнітного поля. Рівняння для поля із зарядами і струмами. 4-форма законів збереження. Тензор енергії-імпульсу	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
13	13. Рівняння макроскопічної електродинаміки. Мікроскопічні рівняння Максвелла–Лоренца. Мікро- та макрополя. Поляризація та намагнічення. Умови на межі двох середовищ	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
14	14. Поляризація і намагнічення середовища в постійних полях. Неполярні і полярні середовища, поле в конденсованому середовищі; діа- та парамагнетизм. Загальна характеристика матеріальних рівнянь. Умови на межі двох середовищ.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
15	15. Статичні поля в середовищі. Загальна характеристика матеріальних рівнянь. Енергія поля в середовищі. Ємність. Індуктивність.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
16	16. Поляризація середовища в змінному полі. Комплексна діелектрична проникність, дисперсійні співвідношення. Поглинання енергії в середовищі.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень