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 31.08.2026 р.)

Завідувач кафедри Володимир ТКАЧУК

Силабус
з навчальної дисципліни «Електродинаміка»,
що викладається в межах
ОПП «Комп'ютерна фізика»
для здобувачів зі спеціальності 104 Фізика та астрономія
та ОПП «Комп'ютерні технології у прикладній фізиці»,
ОПП «Нанофізика та наноматеріали»
для здобувачів зі спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Львів 2026

2026/27 н.р.

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 Природничі науки Спеціальність — 104 Фізика та астрономія
Викладачі дисципліни	професор кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, д.ф.-м.н., проф. Ровенчак Андрій Адамович;
Контактна інформація викладачів	andrij.rovenchak@lnu.edu.ua; andrij.rovenchak@gmail.com https://physics.lnu.edu.ua/employee/rovenchak-a-a
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 тощо.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/elektrodynamika-104-kf
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Електродинаміка» є нормативною і розрахована на слухачів спеціальностей «104 Фізика та астрономія» (ОПП «Комп'ютерна фізика») та «105 Прикладна фізика та наноматеріали» (ОПП «Комп'ютерні технології у прикладній фізиці», ОПП «Нанофізика та наноматеріали») 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:** 1. В. А. Головацький, *Електродинаміка*. Чернівці: Рута, 2011. 2. В. О. Іванов, Є. І. Габрусенко, Л. В. Сібрук, *Теорія електромагнітного поля*. Київ: НАУ, 2017. 3. А. А. Ровенчак, Ю. С. Криницький, В. П. Пастухов. *Класична електродинаміка*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2025. 4. А. М. Федорченко, *Теоретична фізика*, т. 1, 1988. 5. L. L. Deraad, K. A. Milton, J. Schwinger, and Wu-yang Tsai, *Classical Electrodynamics*. CRC Press, 2019. 6. J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics*. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. **Допоміжна:** 1. М. В. Блажиєвська, О. І. Григорчак, Ю. С. Криницький та ін.; за ред. Ю. С. Криницького та А. А. Ровенчака, *Збірник задач з електродинаміки*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 2. В. М. Мигаль, *Випромінювання електромагнітних хвиль*: Методичні

<table>
<tr><td></td><td>вказівки до розв’язування задач з вибраних розділів електродинаміки для студентів III курсу фізичного факультету. Львів: ЛДУ, 1999.
3. В. В. Обуховський, Збірка задач для контрольних робіт з електродинаміки. Київ: Вид-во КНУ імені Тараса Шевченка, 2003.
4. O. Hryhorchak, A. Rovenchak. Higher multipoles of highly symmetric charge distributions over Platonic solids. Phys. Scr. 98(4): 045501 (2023).
5. A. Rovenchak, Yu. Krynytskyi. Radiation of the electromagnetic field beyond the dipole approximation. Am. J. Phys. 86(10): 727–732 (2018); preprint arXiv:1803.07889

Інформаційні ресурси:
1. Eric Weisstein’s World of Physics https://scienceworld.wolfram.com/physics/
2. Wikipedia. https://www.wikipedia.org
3. The Feynman Lectures on Physics. Vol. II: The electromagnetic field. https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_toc.html</td></tr>
<tr><td>Тривалість курсу</td><td>один семестр</td></tr>
<tr><td>Обсяг курсу</td><td>90 годин, з яких 64 годин аудиторних занять, з них 32 годин лекцій, 32 годин практичних занять, та 26 години самостійної роботи.</td></tr>
<tr><td>Очікувані результати навчання</td><td>Курс формує такі загальні та спеціальні компетентності:

Загальні компетентності:
<table>
<tr><td>Спеціальність 104</td><td>Спеціальність 105</td></tr>
<tr><td>К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
К12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</td><td>ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК 9. Здатність працювати автономно.</td></tr>
</table>

Спеціальні компетентності:
<table>
<tr><td>Спеціальність 104</td><td>Спеціальність 105</td></tr>
<tr><td>К16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
К17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
К24. Здатність працювати з дже-</td><td>СК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.
СК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

релами навчальної та наукової інформації. **К25.** Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей. **К27.** Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень. **К28.** Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.	

Програмні результати навчання, на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:

Спеціальність 104	Спеціальність 105
ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії. **ПР04.** Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання. **ПР05.** Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. **ПР08.** Мати базові навички са-	**ПРН 01.** Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики. **ПРН 02.** Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. **ПРН 06.** Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

	мостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.	
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, 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: • робота на практичних заняттях під час семестру, 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 20 (10 балів (усереднена оцінка) за розв'язування задач біля дошки + 10 балів за роботу на практичних); кожна відповідь біля дошки оцінюється відповідно до такої 10-бальної шкали: 9–10 — задача розв'язана повністю правильно; 7–8 — розв'язок в основному правильний, є незначні технічні огріхи; 5–6 — задача розв'язана частково; 3–4 — записано лише кілька вихідних виразів; 1–2 — записано лише один вихідний вираз; 0 — відмова відповідати; робота на практичних оцінюється так: 9–10 — активна участь у 13–16 заняттях; 7–8 — активна участь у 9–12 заняттях; 5–6 — активна участь у 5–8 заняттях; 1–4 — активна участь у 1–4 заняттях; 0 — жодної активної участі в практичних заняттях; • 2 контрольні роботи (на практичних заняттях): 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 30; кожна контрольна складається з трьох задач по 5 балів відповідно до такої шкали: 5 — задача розв'язана повністю правильно; 4 — розв'язок в основному правильний, є незначні технічні огріхи; 3 — задача розв'язана частково; 2 — записано лише кілька вихідних виразів; 1 — записано лише один вихідний вираз; 0 — розв'язок відсутній.	

	• результати іспиту: 50% підсумкової оцінки; максимальна кількість балів — 50: тестова частина — 30 балів (питання з варіантами вибору відповідей); два розширених теоретичних питання по 10 балів кожне відповідно до такої шкали: 9–10 — студент повністю володіє матеріалом; 6–8 — рівень володіння матеріалом достатній; 3–5 — рівень володіння матеріалом частковий; 1–2 — студент майже не володіє матеріалом; 0 — відповідь відсутня. Додаткові бали (до 10 включно) можна отримати: написання тез, статті, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни. Підсумкова максимальна кількість балів — 100. **Письмові роботи:** Очікується, що студенти виконають дві контрольні роботи. **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 незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **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. **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 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 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 порушення академічної доброчесності не толеруються.
Орієнтовний перелік питань на іспит	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 Лієнара–Віхерта. 7. Сила радіаційного гальмування. Променисте тертя. 8. Поле системи зарядів на великих віддалях 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. **Література:** Б1–6, Д1, 3	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
2	**2. Потенціали електромагнітного поля.** Означення потенціалів, рівняння для потенціалів, ґрадієнтна інваріантність електромагнітного поля, калібрування Кулона і Лоренца. Рівняння д'Аламбера. Поперечний струм. Запізнювальні і випереджувальні потенціали. **Література:** Б1–6, Д1, 3	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. **Література:** Б1–6, Д1, 3	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. **Література:** Б1–6, Д1, 3, 4	Лекції — 4 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 3 год	2 тижні

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

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
6	**6. Теорія випромінювання.** Рівняння Максвелла для вільного поля. Плоскі, сферичні та інші хвилі. Закони збереження для вільного поля, енерґія та імпульс поля. Потенціали Ліенара–Віхерта. **Література:** Б1–6, Д1, 2, 3	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. **Література:** Б1–6, Д1, 2, 3	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. **Література:** Б1–6, Д1, 2, 3, 5	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
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. **Література:** Б1–6, Д1, 3	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
10	**10. Релятивістська механіка вільної і зарядженої частинки.** Інтеґрал дії, функції Лаґранжа та Гамільтона, енерґія й імпульс; 4-вектор енерґії-імпульсу. Рівняння руху вільної частинки. 4-потенціали поля. і закони їх перетворення. Тензор електромагнітного поля: варіаційний принцип для знаходження рівняння руху зарядженої частинки. **Література:** Б1–6, Д1, 3	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. **Література:** Б1–6, Д1, 3	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 енерґії-імпульсу. **Література:** Б1–6, Д1, 3	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. **Література:** Б1–6, Д1, 3	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
14	**14. Поляризація і намагніченість середовища в постійних полях.** Неполярні і полярні середовища, поле в конденсованому середовищі; діа- та парамагнетизм. Загальна характеристика матеріальних рівнянь. Умови на межі двох середовищ. **Література:** Б1–6, Д1, 3	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
15	**15. Статичні поля в середовищі.** Загальна характеристика матеріальних рівнянь. Енерґія поля в середовищі. Ємність. Індуктивність. **Література:** Б1–6, Д1, 3	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 енерґії в середовищі. **Література:** Б1–6, Д1, 3	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень