Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра комп'ютерної фізики

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**

Директор навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

"__" _____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

# ЕЛЕКТРОДИНАМІКА СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

| | |
|---|---|
| рівень вищої освіти | перший (бакалаврський) |
| галузь знань | 10 Природничі науки |
| спеціальність | 105 Прикладна фізика та наноматеріали |
| освітня програма | «Комп'ютерна фізика»<br>«Прикладна фізика енергетичних систем» |
| вид дисципліни | обов'язкова |
| навчально – науковий інститут | комп'ютерної фізики та енергетики |

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

«28» серпня 2024 року, протокол № 8/24

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Нємченко Костянтин Едуардович, професор кафедри комп'ютерної фізики, д.ф.-м.н.
Нємченко Єгор Костянтинович, старший викладач кафедри комп'ютерної фізики, к.ф.-м.н.

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від «28» серпня 2024 року № 8/24

Завідувач кафедри комп'ютерної фізики

_____ Костянтин НЄМЧЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика»

Гарант освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика»

_____ Світлана РОГОВА

Гарант освітньо-наукової програми «Прикладна фізика енергетичних систем»

_____ Руслан СУХОВ

Гарант освітньо-наукової програми «Прикладна фізика нетрадиційної енергетики»

_____Ілля МАРУЩЕНКО

Програму погоджено науково-методичною комісією
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від «28» серпня 2024 року № 8/24

Голова науково-методичної комісії
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Денис ПРОТЕКТОР

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Електродинаміка суцільних середовищ» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавр
спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: «Прикладна фізика енергетичних систем», «Комп'ютерна фізика»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни:

Вивчення і освоєння студентами основних теоретичних методів опису і дослідження електромагнітних явищ і придбання навичок самостійної постановки і розв'язку задач класичної електродинаміки.

**Основним завданням** курсу «Електродинаміка суцільних середовищ» є забезпечення формування у студентів знань основних фактів і методів електродинаміки суцільних середовищ, отримання навиків застосування наукових знань на практиці при аналізуванні та вирішенні фізичних задач, які виникають при вирішенні фізичних проблем мікроскопіки.

Загальні компетентності: ЗК-1, ЗК-2, ЗК-5, ЗК-7, ЗК-11.

Спеціальні компетентності: СК-3, СК-4, СК-5, СК-6, СК-7, СК-8.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни | |
|---|---|
| Нормативна | |
| Вид кінцевого контролю - семестровий екзамен | |
| Денна форма навчання | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки | |
| 4-й | - |
| Семестр | |
| 7-й | - |
| Лекції | |
| 32 год. | - |
| Практичні, семінарські заняття | |
| 32 год. | - |
| Лабораторні заняття | |
| - | - |
| Самостійна робота | |
| 56 год. | - |
| Індивідуальні завдання | |
| - | |

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**Знати і розуміти** сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

Зокрема**, знати**: основні поняття, визначення, закони та факти електродинаміки суцільних середовищ.

**Вміти**: розв'язувати складні задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Зокрема, **вміти** застосувати отримані знання на практиці при описі фізичних мікроскопічних явищ при надмалих та великих частотах; вміти розв'язувати типові задачі з находження електричних та магнітних полів, та їх потенціалів.

*2. Тематичний план навчальної дисципліни*

**Розділ 1. Рівняння Максвелла у середовищі**
Тема 1. Рівняння Максвелла у вакуумі.
Зміст: Мікроскопічні рівняння Максвелла у вакуумі та у середовищі. Принципи усереднення рівнянь Максвелла. Поняття суцільних середовищ.(2 год.)
Тема 2 Поляризація середовищ
Зміст: Поняття поляризації. Вектор поляризації. Індукція електричного поля. Діелектрична проникність (2 год)
Тема 3. Намагніченість середовища.
Зміст: Вектор намагніченості. Індукція магнітного поля. Діелектрична проникність (2 год)
Тема 4 Повна система рівнянь Максвелла.
Зміст: Диференціальна форма рівнянь Максвела. Інтегральна форма рівнянь Максвела. Матеріальні рівняння. Енергія та потік електромагнітного поля в середовищі, яке покоїться.

**Розділ 2. Електростатика та магнітостатика**
Тема 5. Електростатика у суцільних середовищах.
Зміст: Електростатика у суцільних середовищах. Рівняння електростатики та граничні умови для електростатичного потенціалу. Поле точкового заряду у середовищі.
Тема 6. Магнітостатика у суцільних середовищах.
Зміст: Магнітостатика у суцільних середовищах. Векторний потенціал. Стаціонарні струми та їх магнітне поле. Поля сталих магнітів.
Тема 7. Індукції та напруженості полів.
Зміст: Вектори індукцій та напружностей полів. Граничні умови.
Тема 8. Електростатика провідників і діелектриків. (2 год.)
Зміст: Енергія системи заряджених провідників в середовищі. Ємнісні коефіцієнти.
Тема 9. Постійне магнітне поле. (3 год.)
Зміст: Сили, що діють на провідники зі струмом. Пондеромоторні сили. (2 год.)

**Розділ 3. Електромагнітні хвилі у середовищі**
Тема 10. Рівняння електромагнітних хвиль. (2 год.)
Тема 11. Дисперсія діелектричної проникності, поглинання. (2 год.)
Зміст: Діелектрична проникність речовини при різних частотах. Комплексна діелектрична проникність. Фазова і групова швидкості в середовищі з дисперсією.
Тема 12. Віддзеркалення і заломлення. (2 год.)
Зміст; Поширення в неоднорідному середовищі. Електромагнітні хвилі в анізотропних середовищах. Дифракція, інтерференція.

**Розділ 4. Електромагнітні явища у суцільних середовищах**
Тема 13. Квазістаціонарне наближення. (2 год.)
Зміст: Рівняння і умови їх застосовності. Проникнення змінних полів в провідники. Енергія магнітного поля і струмів Коефіцієнти індукції. Перетворення енергії в ланцюзі квазістаціонарного струму.
Тема 14. Надпровідність. (2 год.)
Зміст: Надпровідність. Критичний струм, критичне магнітне поле. Причина виникнення надпровідності. Ефект Мейснера. Рівняння Лондонів. Глибина проникнення магнітного поля. Застосування надпровідності. Явище високотемпературної надпровідності.
Тема 15. Феромагнетизм та інші магнітні властивості
Тема 16. Магнітогідродинаміка.
Зміст: Магнітогідродинамічні хвилі. Електричне поле в обмеженому просторі і моди хвиль.

### 3. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | денна форма | | | | | | | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | | | | | | |
| | | л | п | л | ін | с.р. | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | |
| **Розділ 1. Рівняння Максвелла у середовищі** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 2 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 3 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 4 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| **Разом за розділом 1** | **32** | **8** | **8** | | | **16** | | | | | | |
| **Розділ 2. Електростатика та магнітостатика** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 5 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 6 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 7 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 8 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| Тема 9 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | | | | | | |
| **Разом за розділом 2** | **40** | **10** | **10** | | | **20** | | | | | | |
| **Розділ 3. Електромагнітні хвилі у середовищі** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 10 | 6 | 2 | 2 | | | 2 | | | | | | |
| Тема 11 | 7 | 2 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| Тема 12 | 7 | 2 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| **Разом за розділом 3** | **20** | **6** | **6** | | | **8** | | | | | | |
| **Розділ 4. Електромагнітні явища у суцільних середовищах** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 13 | 7 | 2 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| Тема 14 | 7 | 2 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| Тема 15 | 7 | 2 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| Тема 16 | 7 | 2 | 2 | | | 3 | | | | | | |
| **Разом за розділом 4** | **28** | **8** | **8** | | | **12** | | | | | | |
| **Усього годин** | **120** | **32** | **32** | | | **56** | | | | | | |

### 4. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Рівняння Максвелла у вакуумі. | 2 |
| 2 | Поляризація середовищ | 2 |
| 3 | Намагніченість середовища | 2 |
| 4 | Повна система рівнянь Максвелла. | 2 |
| 5 | Електростатика у суцільних середовищах | 2 |
| 6 | Магнітостатика у суцільних середовищах | 2 |
| 7 | Індукції та напруженості полів. | 2 |
| 8 | Електростатика провідників і діелектриків | 2 |
| 9 | Постійне магнітне поле. | 2 |
| 10 | Рівняння електромагнітних хвиль | 2 |
| 11 | Дисперсія діелектричної проникності, поглинання | 2 |
| 12 | Віддзеркалення і заломлення | 2 |
| 13 | Квазістаціонарне наближення | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 | Надпровідність | | 2 |
| 15 | Феромагнетизм та інші магнітні властивості | | 2 |
| 16 | Магнітогідродинаміка | | 2 |
| | Разом | | 32 |

## 5. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Види, зміст самостійної роботи | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Розв’язати задачі за темою «Рівняння Максвелла у вакуумі» | 4 |
| 2 | Розв’язати задачі за темою «Поляризація середовищ» | 4 |
| 3 | Розв’язати задачі за темою «Намагніченість середовища» | 4 |
| 4 | Розв’язати задачі за темою «Повна система рівнянь Максвелла» | 4 |
| 5 | Розв’язати задачі за темою «Електростатика у суцільних середовищах» | 4 |
| 6 | Розв’язати задачі за темою «Магнітостатика у суцільних середовищах» | 4 |
| 7 | Розв’язати задачі за темою «Індукції та напруженості полів. » | 4 |
| 8 | Розв’язати задачі за темою «Електростатика провідників і діелектриків» | 4 |
| 9 | Розв’язати задачі за темою «Постійне магнітне поле. » | 4 |
| 10 | Розв’язати задачі за темою «Рівняння електромагнітних хвиль» | 2 |
| 11 | Розв’язати задачі за темою «Дисперсія діелектричної проникності, поглинання» | 3 |
| 12 | Розв’язати задачі за темою «Віддзеркалення і заломлення» | 3 |
| 13 | Розв’язати задачі за темою «Квазістаціонарне наближення» | 3 |
| 14 | Розв’язати задачі за темою «Надпровідність» | 3 |
| 15 | Розв’язати задачі за темою «Феромагнетизм та інші магнітні властивості» | 3 |
| 16 | Розв’язати задачі за темою «Магнітогідродинаміка» | 3 |
| | Разом | 56 |

## 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

## 7. Методи контролю

Навчальна програма нормативної дисципліни “Електродинаміка суцільних середовищ” відповідає чинним нормативним документам, рекомендованим Міністерством освіти і науки України як навчальна програма для студентів фізичного спрямування для вищих навчальних закладів. Місце дисципліни ***(****в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напряму)*. Нормативна навчальна дисципліна " Електродинаміка суцільних середовищ" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо–кваліфікаційного рівня "бакалавр.

Зв’язок з іншими дисциплінами. Нормативна навчальна дисципліна "Електродинаміка суцільних середовищ" є базовою для вивчення таких спеціальних дисциплін як "Механіка суцільних середовищ", "Термодинаміка", загальних та спеціальних курсів фізики, тощо.

Зміст програми, об’єм учбових питань дисципліни “ Електродинаміка суцільних середовищ” визначаються потребою загальнонаукової, загально-інженерної та технічної підготовки.

Послідовність викладання тем не є суворо обов’язковою і може бути змінена у відповідності із структурно-логічною схемою викладання інших дисциплін.

Вивчення дисципліни “Електродинаміка суцільних середовищ” передбачає викладання лекцій, проведення практичних занять, виконання контрольних робіт. Підсумковий контроль знань здійснюється на екзамені.

На лекціях викладається теоретичний матеріал, який ілюструється типовими прикладами і задачами за профілем підготовки фахівців з прикладної фізики та наноматеріалів. Викладання лекційного матеріалу повинно мати закінчений характер, здійснюватись у доступній і наочній формі, містити проблемні ситуації.

Основною метою практичних занять є розвиток навичок практичного застосування вищої математики і закріплення теоретичного матеріалу. При вирішенні задач рекомендується користуватися стандартними прийомами і методиками. На кожному практичному занятті частину учбового часу доцільно використовувати для самостійного розв’язку задач, контролюючи при цьому правильність обраного методу і ходу рішення.

Важливим фактором засвоєння курсу “Електродинаміка суцільних середовищ” й оволодіння її методами є самостійна робота студентів. Для самостійного відпрацювання розділів і тем дисципліни пропонуються індивідуальні контрольні роботи, при перевірці виконання яких здійснюється ефективний контроль за рівнем засвоєння матеріалу.

На всіх заняттях доцільно підкреслювати роль і значення електродинамики на конкретних прикладах і задачах прикладного характеру, висвітлюється її зв’язок з іншими дисциплінами і майбутньою професією.

## 8. Схема нарахування балів

| Поточний контроль, самостійна робота | |
|---|---|
| | |
| Теми розділів | Кількість балів |
| Тема 1 | 3 |
| Тема 2 | 3 |
| Тема 3 | 3 |
| Тема 4 | 3 |
| Тема 5 | 3 |
| Тема 6 | 3 |
| Тема 7 | 3 |
| Тема 8 | 3 |
| Контрольна робота 1 | 6 |
| | |
| Тема 9 | 3 |
| Тема 10 | 3 |
| Тема 11 | 3 |
| Тема 12 | 3 |
| Тема 13 | 3 |
| Тема 14 | 3 |
| Тема 15 | 3 |
| Тема 16 | 3 |
| Контрольна робота 2 | 6 |
| Разом | 60 |
| Екзамен | 40 |
| **Сума** | 100 |

**Шкала оцінювання**

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | |
|---|---|---|
| | для екзамену | для заліку |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

## 9. Рекомендована література

### 1. Основна література

1. Єжов С.М., Макарець М.В., Романенко О.В. Класична механіка. Київ, 2007.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Ліфшиц "Курс теоретичної фізики, том 1: Механіка", 2004.

### Допоміжна література

5. Wolfgang Nolting. Theoretical Physics 1. Classical Mechanics. Springer, 2016 року.
6. Wolfgang Nolting. Theoretical Physics 2. Analytical Mechanics. Springer, 2016 року.
7. John R. Taylor. Classic mechanics. University Science Books, 2005.
8. David Morin. Introduction to Classical Mechanics. З проблемами і рішеннями. Cambridge University Press, 2007.
9. Д. Тер Хаар "Основи гамільтонової механіки".
10. В.І. Арнольд "Математичні методи класичної механіки".

## 10. Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. https://dist.karazin.ua/moodle/course/view.php?id=25