



ЕЛЕКТРИКА ТА МАГНЕТИЗМ (ЗО-6)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	Загальна кількість: (8 кр.) 240 год. Лекційних занять: 36 год. Практичних занять: 36 год. Лабораторних занять: 72 год. Самостійна робота студентів: 96 год.
Семестровий контроль / контрольні заходи	екзамен, поточний контроль, модульна контрольна робота, розрахунково-графічна робота
Розклад занять	http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Сергій Миколайович (s.ponomarenko@kpi.ua). Практика: доцент, к.ф.-м.н. Кривернко-Еметов Ярослав Дмитрович. Лабораторні: доцент, к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Сергій Миколайович (s.ponomarenko@kpi.ua) та ст. викладач, Бех Станіслав Вікторович.
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NTQ1MzUzNjE5MDA3?cjc=su45h2j

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Наука про електрику і магнетизм є частиною курсу загальної фізики. У ньому вивчаються електричні та магнітні явища, що зустрічаються в природі. Фізичні закони електричних і магнітних явищ служать на благо людству, і застосовуються при вирішенні практичних завдань, які є значущими для науки, виробництва та повсякденної життєдіяльності, адже на сьогодні ми навіть не уявляємо своє повсякденне життя без освітлення, зв'язку та високотехнологічних пристроїв.

Мета курсу «Електрика та магнетизм» полягає в тому, щоб довести до студента основні принципи вчення про електрику і магнетизм в логічній послідовності теорії цих явищ і процесів та зв'язку з іншими розділами фізики, докладно пояснюючи фізичні закони в практичному застосуванні. Завданнями вивчення даної дисципліни є досягнення розуміння фізичної суті електричних і магнітних явищ, матеріальності електромагнітного поля, що дає можливість сформулювати фізичну картину світу.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі *результати* навчання:

- знання:** основних рівняння електромагнітного поля (диференціальна, інтегральна форми рівнянь поля та граничні умови на межі середовищ, макроскопічні рівняння за наявності діелектриків та магнетиків); рівняння, що визначають вплив електромагнітного поля на заряди й струми; основні поняття і властивості електромагнітного поля, а також наслідки з них; електричні та магнітні властивості окремих середовищ, включаючи анізотропні (полярні та неполярні діелектрики, піро-, п'єзо-, сегнетоелектрики, діа-, пара-, ферро-, антиферро-, феррімагнетики); основи теорії електричних кіл сталого і змінного струмів, електромагнітних коливань у таких колах.
- уміння:** вільно володіти і оперувати основними поняттями електромагнетизму; вміти визначати заряди, дипольні моменти, магнітні моменти систем зарядів та струмів; розраховувати струм у колах постійного і змінного струмів за допомогою законів Кірхгофа; розраховувати ємності та індуктивності систем; визначати характеристики електричного та магнітного полів; визначати сили, що виникають внаслідок електромагнітної взаємодії.
- досвід:** вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні в основних фізичних явищах, пов'язаних з проявами електромагнітного поля, виробити навички практичного використання засвоєних знань, методів і підходів у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Електрика та магнетизм» мають продемонструвати такі результати навчання:

Загальні компетентності ОПП

- ЗК 1: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 6: Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності ОПП

- ФК 2: Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.
- ФК 3: Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

Програмні результати навчання з ОПП

- ПРН 1: Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
- ПРН 3: Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.
- ПРН 4: Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.
- ПРН 14: Обирати та використовувати методи та засоби дослідження структури, складу та речовин і матеріалів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для засвоєння матеріалу курсу «Електрика та магнетизм» студенти повинні знати курс фізики в рамках шкільної програми та засвоїти термінологію та поняття курсів:

1. Математичний аналіз;
2. Тензорний аналіз;
3. Механіка;
4. Термодинаміка та молекулярна фізика;

Також повинні вміти використовувати математичний апарат: операції з матрицями, диференціювати, інтегрувати.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Електрика та магнетизм» можна використовувати в подальшому в навчальних дисциплінах, пов'язаних з теоретичними та практичними аспектами прикладної фізики, зокрема:

1. Класична механіка;
2. Оптика;
3. Теорія поля;
4. Електродинаміка суцільних середовищ.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Постійне електричне поле.

Тема 1.1 Постійне електричне поле у вакуумі.

Тема 1.2 Електричне поле у провідниках.

Тема 1.3 Електричне поле у діелектриках.

Розділ 2. Постійний електричний струм.

Розділ 3. Постійне магнітне поле.

Тема 3.1 Постійне магнітне поле у вакуумі.

Тема 3.2 Магнітне поле у речовині.

Розділ 4. Рух заряджених частинок у електричному та магнітному полях.

Розділ 5. Електродинаміка.

Тема 5.1 Явище електромагнітної індукції.

Тема 5.2 Квазістаціонарні струми.

Тема 5.3 Рівняння Максвелла.

Тема 5.4 Відносність електричного та магнітного полів.

Тема 5.5 Поширення електромагнітного поля.

Тема 5.6 Випромінювання електромагнітних хвиль.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Нижче наводиться перелік навчальних матеріалів та ресурсів для засвоєння матеріалу, розглянутого на лекційних заняттях та для додаткового вивчення.

Підручники та посібники

1. *Парновский С. Л.* Электрика та магнетизм: додаткові матеріали до курсу. — ФТІ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 24 с.
2. *Азаренков М. О., Булавін Л. А., Олефір В. П.* Электрика та магнетизм : підручник. — Х. : ХНУ імені Каразіна, 2018. — 564 с.

Додаткова

3. *Алешкевич В. А.* Электромагнетизм. — М. : Физматлит, 2014. — 404 с.
4. *Ахиезер А. И.* Общая физика : Электрические и магнитные явления: Справочное пособие. — К. : Наукова думка, 1981. — 472 с.
5. *Ахиезер А. И., Ахиезер И. А.* Электромагнетизм и электромагнитные волны. — М. : Высшая школа, 1985. — 504 с.
6. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики : в 5 т. Том 3. Электричество. — 4-е изд. — М. : Физматлит, 2004. — 655 с.
7. *Парселл Э.* Берклевский курс физики : в 6 т. Том 2. Электричество и магнетизм. — 3-е изд. — М. : Наука, 1983. — 416 с.
8. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 5. Электричество и магнетизм. — 2-е. — М.: Мир, 1977. — 306 с.
9. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 6. Электродинамика. — 2-е. — М.: Мир, 1977. — 354 с.
10. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 7. Физика сплошных сред. — 2-е. — М.: Мир, 1977. — 290 с.
11. *Матвеев А. Н.* Том 3. Электричество и магнетизм. — Высшая школа, 1983. — 463 с.
12. *Савельев И. В.* Курс общей физики. Том 2. Электричество. — 3-е изд. — М. : Наука, 1988. — 496 с.
13. *Смайт В.* Электростатика и электродинамика / пер. А. В. Гапонова, М. А. Миллер. — Перевод со 2-го издания. — М. : ИЛ, 1954. — 604 с.
14. *Зильберман Г. Е.* Электричество и магнетизм. — М. : Наука, 1970. — 384 с.
15. *Тамм И. Е.* Основы теории электричества. — 11-е изд. — М.: Физматлит, 2003. — 618 с.
16. *Калашников С. Г.* Электричество. — 6-е изд. — М. : Физматлит, 2004. — 624 с. — ISBN 5-9221-0312-1.
17. *Пеннер Д. И., Угаров В. А.* Электродинамика и специальная теория относительности. — М. : Просвещение, 1980. — 271 с.
18. *Пановский В., Филипс М.* Классическая электродинамика. — 1963.

Задачники

19. *Пономаренко С. М.* Электрика та магнетизм. Збірник задач. — КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 156 с.
20. Сборник задач по общему курсу физики. III. Электричество и магнетизм / С. П. Стрелков, Д. В. Сивухин, С. Э. Хайкин, И. А. Яковлев ; под ред. И. А. Яковлев. — 5-е. — М.: Физматлит, 2006. — 232 с.
21. Сборник задач по общему курсу физики. Часть 2. Электричество и магнетизм. Оптика / С. М. Козел, В. Г. Лейман, Г. Р. Локшин, В. А. Овчинкин ; под ред. В. А. Овчинкин. — Наука, 2004. — 400 с.
22. *Зильберман А. Р., Сурков Е. Л.* Задачи для физиков. — 1971.
23. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения с ответами и решениями / под ред. А. П. Леванюк. — 3-е, переработанное. — М.: Мир, 1978. — 546 с.
24. *Иродов И. Е.* Задачи по общей физике. — 9-е изд. — Бином, 2012. — 432 с.

25. Лабораторний практикум з електрики та магнетизму / М. В. Грайворонський, А. А. Єрещенко, Г. Є. Монастирський, О. В. Гомонай. — ФТІ, НТУУ «КПІ», 1999. — 55 с.
26. Пономаренко С. М., Тараненко Ю. О. Електрика та магнетизм. Лабораторний практикум. Змінний струм. — КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 40 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Математичний апарат, необхідний для вивчення курсу дається в курсі «Тензорного аналізу», який читається в тому ж семестрі, що і дисципліна «Електрика та магнетизм», також необхідний матеріал можна знайти в [1] та в додатках [19]. Крім того, кожна тема підкріплена відповідними матеріалами у вигляді лекційних презентацій.

Студентам рекомендується переглянути списки літературних джерел в кінці кожної з тем. Також для поглибленого вивчення питань доцільно використовувати не лише рекомендований тематичний перелік, а і ті джерела, що вказані в розділі 4.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань	Самостійне опрацювання
Розділ 1. Постійне електричне поле.		
Тема 1.1. Постійне електричне поле у вакуумі.		
1.	Сили в природі. Закон Кулона. Електростатичне поле. Заряд. Закон збереження заряду. Закон Кулона. Теорема Гауса. Електростатичне поле з центральною та циліндричною симетрією. Поле нескінченної зарядженої площини. Система одиниць СГС та СІ. Напруженість електричного поля. Силові лінії. Особливі точки електростатичного поля. <i>Опрацювати:</i> [6, § 1, 2, 3, 4, 85], [1], [5, § 1.1, 1.2, 1.3, 1.4], [16, Глава I, II], [14, Глава IV, §§19 – 24]	-
2.	Потенціал. Потенціал електричного поля, його зв'язок з напруженістю. Рівняння Лапласа. Дипольний та квадрупольний електричні моменти. Взаємодія тіл на далеких відстанях. Сили, що діють на диполь у електричному полі. Дивергенція поля точкового заряду. Теорема Ірншоу. Градієнт. Ротор, формула Стокса, операції та інтегральні співвідношення теореми. <i>Опрацювати:</i> [6, § 4], [5, § 1.5, 1.6, 1.7, 1.8], [16, Глава III], [14, Глава IV, §§25 – 28]	-
Тема 1.2. Електричне поле у провідниках.		
3.	Електричне поле у провідниках. Електростатика провідників — рівняння, граничні умови тощо. Методи розв'язання електростатичних задач. Металева куля у однорідному електричному полі. Основна задача електростатики провідників і доказ того, що вона має тільки один розв'язок. Граничні умови для \vec{E} . Конденсатори. Ємність, електростатична індукція та взаємна ємність провідників. Рівняння Пуассона. <i>Опрацювати:</i> [5, Глава 2], [16, Глава III], [14, Глава IV, §§29 – 35]	-

№	Назва теми лекції та перелік основних питань	Самостійне опрацювання
Тема 1.3. Електричне поле у діелектриках.		
4.	<p>Електричне поле у діелектриках. Поляризація діелектриків: загальні уявлення про основні механізми та типи діелектриків. Полярні й неполярні діелектрики. Вільні та зв'язані заряди. Вектор поляризації та густина зв'язаних зарядів. Електрична індукція, її зв'язок з напруженістю електричного поля. Граничні умови для \vec{D}. Її дивергенція. Діелектрична проникливість. Її залежність від температури для полярних діелектриків. Сегнетоелектрики. Тензор діелектричної проникливості у кристалах. Енергія електростатичного поля, її густина. Пондеромоторні сили у електростатичному полі.</p> <p>Опрацювати: [5, Глава 3], [16, Глава IV], [14, Глава IV, §§36 – 43]</p>	-
Розділ 2. Постійний електричний струм.		
5.	<p>Постійний струм. Джерела ЕРС. Закон Ома у інтегральній та диференціальній формі. Закони Кірхгофа. Електричний струм в суцільному середовищі. Граничні умови для густини струму. Контактна ЕРС. Термоелектричні ефекти. Закон Джоуля-Ленца. Електрорушійна сила та закон Ома для лінійних кіл.</p> <p>Опрацювати: [5, Глава 4], [16, Глава VI], [6, Глава II], [14, Глава V]</p>	-
Розділ 3. Постійне магнітне поле.		
Тема 3.1. Постійне магнітне поле у вакуумі.		
6.	<p>Магнітне поле постійного струму. Магнітне поле постійного струму. Вектори \vec{B} і \vec{H}, зв'язок між ними. Закон Біо-Савара-Лапласа. Сили, що діють на елементи струму в магнітному полі. Сила Лоренца. Сила Ампера. Магнітний момент струму або системи зарядів, що рухаються. Магнітні одиниці систем СГС та СІ. Густина енергії магнітного поля. Само- і взаємоіндукція. Магнітний потік. Сили, що діють на контур зі струмом у магнітному полі. Рух зарядженої частинки в однорідному магнітному полі. Векторний потенціал магнітного поля. Калібрувальна інваріантність.</p> <p>Опрацювати: [5, Глава 8], [16, Глава VIII], [14, Глава VII]</p>	-
Тема 3.2. Постійне магнітне поле у речовині.		
7.	<p>Магнітне поле у речовині. Магнітна проникливість. Діа-, пара- та феромагнетики. Залежність магнітної проникності від температури. Постійні магніти. Дивергенції полів \vec{B} і \vec{H}, їх граничні умови. Джерела та вихрі полів \vec{E}, \vec{D}, \vec{B}, \vec{H}.</p> <p>Опрацювати: [5, Глава 12], [16, Глава XI], [14, Глава VIII]</p>	+
Розділ 4. Рух заряджених частинок у електричних та магнітних полях.		
8.	<p>Рух заряджених частинок у електричних та магнітних полях. Рух у постійному однорідному електричному полі. Рух у постійному однорідному магнітному полі. циклотронна частота. Рух у електричному та магнітному полі. Електричний дрейф.</p> <p>Опрацювати: [5, Глава 12], [16, Глава XI], [14, Глава VIII]</p>	-
Розділ 5. Електродинаміка.		
Тема 5.1. Явище електромагнітної індукції.		

№	Назва теми лекції та перелік основних питань	Самостійне опрацювання
9.	Явище електромагнітної індукції. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Індукційний струм, правило Ленца. Струм зміщення. Рівняння Максвелла в інтегральному та диференціальному виді для систем СГС та СІ. Виведення закону збереження заряду з рівнянь Максвелла. <i>Опрацювати:</i> [5, Глава 9], [16, Глава IX], [6, с. IV], [14, Глава IX]	-
Тема 5.2. Квазістаціонарний струм.		
10.	Квазістаціонарний струм. Квазістаціонарний струм. Глибина проникнення змінного магнітного поля у речовину. Скін-ефект. Ефект Холла. <i>Опрацювати:</i> [15, Глава VI]	+
11.	Кола змінного струму. Кола змінного струму. Комплексний опір. Закони Кірхгофа для змінного струму. RC-, RL- та LC-кола. Рівняння неперервності для струму. Коливання та резонанс. Лінійні та нелінійні кола. Трифазний струм. Електричні генератори, двигуни і трансформатори. <i>Опрацювати:</i> [5, Глава 10], [16, Глава XXI], [26, Теоретична частина], [16, Глава XXI], [6, §§ 129 –131]	+
Тема 5.3. Рівняння Максвелла.		
12.	Система рівнянь Максвелла. Струм зміщення. Система рівнянь Максвелла. Граничні умови. Вектор Пойнтінга. Густина енергії електромагнітного поля. Доказ єдиності розв'язку основної задачі електромагнетизму. <i>Опрацювати:</i> [6, § 145]	-
Тема 5.4. Відносність електричного та магнітного полів.		
13.	Відносність електричного та магнітного полів. Інваріанти електромагнітного поля. <i>Опрацювати:</i> [15, Глава VII, §§ 100 – 105]	+
Тема 5.5. Поширення електромагнітного поля.		
14.	Електромагнітні хвилі. Поширення електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі. Швидкість світла. Монохроматичні плоскі хвилі. Імпульс та момент імпульсу електромагнітного поля. Тиск світла. Відбивання та заломлення світла на межі розділу середовищ. Формули Френеля. Повне внутрішнє відбивання. Кут Брюстера. <i>Опрацювати:</i> [16, Глава XXIII], [6, §§ 138 – 142], [14, Глава X]	-
15.	Поширення електромагнітних хвиль у середовищах. Дисперсія діелектричної проникливості. Рівняння Лоренца-Лорентца. Класична теорія діелектричної проникливості. Поширення електромагнітних хвиль у плазмі. <i>Опрацювати:</i> [15, Глава VII, §§ 100 – 105]	+
Тема 5.6. Випромінювання електромагнітних хвиль.		
16.	Випромінювання електромагнітних хвиль. Потенціали електромагнітного поля. Рівняння для скалярного потенціалу. Рівняння Даламбера для потенціалів. Запізнюючі потенціали. Елементарний дипольний випромінювач. Запізнюючі потенціали для диполя. Поля диполя. Потужність, що випромінюється осцилятором. Випромінювання рухомого заряду.	+

№	Назва теми лекції та перелік основних питань	Самостійне опрацювання
17.	Електромагнітні хвилі. Поширення електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі. Швидкість світла. Монохроматичні плоскі хвилі. Імпульс та момент імпульсу електромагнітного поля. Тиск світла. Відбивання та заломлення світла на межі розділу середовищ. Формули Френеля. Повне внутрішнє відбивання. Кут Брюстера. <i>Опрацювати:</i> [16, Глава XXIII], [6, §§ 138 – 142], [14, Глава X]	+

Практичні заняття

Необхідний матеріал, для підготовки до практичних занять можна знайти, зокрема, у [19], який містить основні формули, необхідні для розв'язування задач. В кінці збірника міститься довідковий матеріал та перелік літератури для підготовки.

№	Назва теми заняття та перелік розглядуваних питань
1.	Закон Кулона. Напруженість електричного поля. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції. <i>Опрацювати:</i> [6, § 85], [14, Глава 1]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.1].
2.	Векторне поле. Поняття потоку векторного поля. Теорема Гауса для поля \vec{E} . Поняття потенціалу, скалярне поле. <i>Опрацювати:</i> [14, § 21 – 24]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.3]
3.	Поле диполя. Сили, що діють на диполь з боку поля. <i>Опрацювати:</i> [6, § 4]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.2]
4.	Векторне поле. Поняття потоку векторного поля. Теорема Гауса для поля \vec{E} . Поняття потенціалу, скалярне поле. <i>Опрацювати:</i> [14, § 21 – 24]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.3]
5.	Теорема Остроградського-Гаусса та теорема Стокса. Диференціальна форма рівнянь електростатики. Рівняння Пуассона та Лапласа. <i>Опрацювати:</i> [14, § 31], [11, § 14, 15], [6, § 7, 22, 56]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.4]
6.	Провідники в електричному полі. Метод електричних зображень. <i>Опрацювати:</i> [8, Глава 5.] § 9, § 10, [8, Глава 6. § 6 – 9]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.5]
7.	Ємність провідників та конденсаторів. Батареї конденсаторів. <i>Опрацювати:</i> [16, Глава IV]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.7]
8.	Граничні умови. Поле у речовині. Діелектрична проникність. <i>Опрацювати:</i> [6, § 12 – 15]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.6]
9.	Енергія електричного поля. Пондеромоторні сили. <i>Опрацювати:</i> Енергія поля: [6, § 28, 29, 30]. Пондеромоторні сили: [6, § 32, 33]. <i>Задачі:</i> [19, § 1.8, 1.9]
10.	Струм у середовищах. Кола постійного струму. Закони Ома та Джоуля-Ленца. <i>Опрацювати:</i> [14, Глава V]. <i>Задачі:</i> [19, §§ 2.1, 2.2, 2.3]
11.	Магнітне поле. Закон Біо-Савара-Лапласа. Теорема про циркуляцію. <i>Опрацювати:</i> [14, Глава I], § 5, [6, § 42, 47]. <i>Задачі:</i> [19, § 3.1]
12.	Поняття ротора. Теорема Стокса. Векторний потенціал. Магнітний момент. <i>Опрацювати:</i> [14, Глава VII, § 80], [6, § 49, 50], [7, с. 6.2 — 6.5]. <i>Задачі:</i> [19, § 3.2]

№	Назва теми заняття та перелік розглянутих питань
13.	Магнітне поле у речовині. Граничні умови <i>Опрацювати:</i> [14, Глава VIII]. <i>Задачі:</i> [19, § 3.3]
14.	Закон Фарадея. Індуктивність провідників. <i>Опрацювати:</i> [16, Глава IX]. <i>Задачі:</i> [19, § 4.1]
15.	Пондеромоторні сили. Енергія та тиск поля. <i>Опрацювати:</i> [16, Глава X]. <i>Задачі:</i> [19, § 3.4]
16.	Надпровідники у магнітному полі. Збереження магнітного потоку. <i>Опрацювати:</i> [6, § 90]. <i>Задачі:</i> [19, § 4.2]
17.	Рух часток у електричному та магнітних полях. <i>Опрацювати:</i> [6, Глава V], [16, Глава XVII]. <i>Задачі:</i> [19, Розділ 5]
18.	Рівняння Максвелла. Вектор Пойнтінга <i>Опрацювати:</i> [6, Глава IV], [16, Глава XIII]. <i>Задачі:</i> [19, § 4.3]
19.	Перехідні процеси в електричних колах. Вільні коливання. Кола змінного струму. <i>Опрацювати:</i> [6, Глава IV], <i>Опрацювати:</i> [16, Глава XX]. <i>Задачі:</i> [19, Розділ 7]

Лабораторні заняття

№	Назва теми заняття
1.	Комп'ютерні засоби обробки експериментальних даних.
2.	Закон Кулона. <i>Лабораторний практикум:</i> [25]
3.	Електричні поля та потенціал заряджених тіл. Метод зображень. <i>Лабораторний практикум:</i> [25]
4.	Внутрішній опір та узгодження в джерелах струму. <i>Лабораторний практикум:</i> [25]
5.	Магнітний момент у магнітному полі. <i>Лабораторний практикум:</i> [25]
6.	Вимірювання напруженості магнітного поля Землі. <i>Лабораторний практикум:</i> [25]
7.	Конденсатору колі змінного струму. <i>Лабораторний практикум:</i> [26]
8.	Котушка індуктивності у колі змінного струму. <i>Лабораторний практикум:</i> [26]
9.	RLC-коло. Вільні та вимушені коливання. <i>Лабораторний практикум:</i> [26]

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів має на меті розвиток творчих здібностей та активізація їх розумової діяльності, формування потреби безперервного самостійного поповнення знань та розвиток морально-вольових зусиль. Завданням самостійної роботи студентів є навчити студентів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його та формування навичок до щоденної роботи з метою одержання та узагальнення знань, умінь і навичок.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- виконання підготовчої роботи до лабораторних, практичних занять та до написання МКР;
- виконання РГР;
- підготовка до складання семестрового контролю.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам необхідно обов'язково відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного складання екзамену. В разі великої кількості пропусків занять, студент може бути недопущений до екзамену.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50 % від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі — атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами¹.

Термін атестації	Перша атестація 8-й тиждень	Друга атестація 14-й тиждень
Критерій: поточний контроль	≥ 20 балів	≥ 30 балів

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

¹Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно «Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Видами контролю успішності засвоєння матеріалу дисципліни є модульна контрольна робота (МКР), розрахунково-графічна робота (РГР) та семестровий контроль.

Активність на лекційних заняттях

На кожному лекційному занятті задається лекційна задача, розв'язок якої обов'язковий. За розв'язок лекційної задачі дається 0.5 бала. Всього 20 задач. Максимум 10 балів. Задача прикріплюється до classroom. Невчасно здані задачі не зараховуються.

Активність на практичних заняттях

На практичних заняттях за кожну самостійно розв'язану біля дошки задачу дається до 1 бал. Конструктивна ідея або вірна відповідь з «місця»: 0.5 балів. Можливі і інші варіанти оцінки роботи на розсуд викладача, що веде практику, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 10.

З огляду на обмежену кількість виходів до дошки студенти зацікавлені у активній участі в роботі на практичних заняттях.

Лабораторні роботи

За кожну *вчасно* здану лабораторну роботу студент отримує дві оцінки за експериментальну частину та оформлення звіту (50 балів максимум) та теоретичну частину (50 балів максимум), яка являє собою відповіді на контрольні питання.

Також, перед кожною із атестацій та наприкінці семестру виводиться середня оцінка і приводиться до 20-бальної системи. Можливі і інші варіанти оцінки на розсуд викладача, що веде лабораторні роботи, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 20.

Роботи, що були здані *не вчасно* розглядаються окремо у домовлений з викладачем час. Максимальний бал за лабораторну роботу, що виконана/здана *не вчасно* без поважних причин, не може перевищувати 60% максимальної оцінки.

У випадку очного навчання всі лабораторні роботи здаються на занятті. У випадку on-line навчання, всі виконані лабораторні роботи прикріплюються до classroom за добу до заняття.

Лабораторна робота вважається виконаною, якщо студент належним чином оформив звіт. Умови оформлення звіту обговорюються з викладачем на перших заняттях.

Лабораторна робота вважається захищеною, якщо студент належним чином оформив звіт та відповів на контрольні запитання.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота проводиться після завершення першої частини курсу «Електрика та магнетизм» проводиться протягом 2-х академічних годин на практичних заняттях. Вона складає-

ться з 4 задач і передбачає письмовий розв'язок задачі, подібних до тих, що розглядались на практичних заняттях та під час виконання домашніх робіт.

Оцінюється за чіткими критеріями з позначенням коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь, 95% інформації, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% — розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% — наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються.

Розрахунково-графічна робота

РГР складається із двох частин і містить задачі, що задаються студентам для самостійної роботи після завершення кожної теми. Задачі оформлюються в окремому зошиті (або їх розв'язки оформлюються в електронному вигляді за допомогою \LaTeX) послідовно за заданими темами і мають містити: умову, рисунок там, де необхідно, пояснення до формул, чіткі позначення, чисельні обрахунки, відповідь із розмірністю отриманої величини.

РГР приймається у два етапи. Захист першої частини РГР — проводиться протягом 2-х академічних годин на консультації після завершення першого розділу курсу «Електрика та магнетизм», другої частини — на останньому тижні на основному занятті і консультаціях. За кожний етап захисту дається максимум 10 балів. Студенту надається можливість захищати кожну половину розрахункової роботи до трьох разів. За кожну невдалу спробу призначаються штрафні задачі, кількість яких визначається на розсуд викладача, що проводить практику (загальна кількість не більше 5). У разі, якщо три спроби невдалі — студент, отримавши 10 штрафних балів, наприкінці семестру здає всю роботу повністю.

Можливі і інші варіанти оцінки на розсуд викладача, що веде практику, проте загальна кількість балів за РГР не більше 10.

Критерії оцінювання за один етап. На захисті студент повинен:

- показати зошит з не менш як 75% оформлених задач — до 2 балів здати для перевірки оформлену розрахункову роботу з необхідним мінімумом задач (90%), що визначається згідно із тематикою РГР. У разі необхідності виправити неправильні розв'язки — до 5 балів
- прокоментувати розв'язок довільно вибраних викладачем задач із розрахункової роботи (кількість задач визначається викладачем, але не менше 5).
- Розв'язати в присутності викладача штрафні задачі, кількість яких визначається на розсуд викладача, що проводить практику — до 10 балів.

Умови допуску до екзамену

В таблиці наведені умови допуску до семестрового контролю.

№	Обов'язкова умова допуску до екзамену	Критерій
1	Поточний рейтинговий бал	≥ 30
2	МКР	виконана
3	РГР	здана

Додаткові умови допуску до екзамену, які заохочуються:

- Залучення при виконанні РГР нових програмних засобів та застосунків для візуалізації результатів обрахунків, оптимізації обрахунків, використання оригінальних методик (додаються заохочувальні бали).

- Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс (додаються заохочувальні бали).
- Позитивний результат першої та другої атестації.

Семестровий контроль (екзамен)

Екзамен приймається у 2 етапи і складається із двох частин. Перша частина (контрольна робота) — виконується в екзаменаційну сесію напередодні другого етапу і має тривалість 3 астрономічні години. Друга частина (усна частина) — усна відповідь за білетом (співбесіда), що містить два питання з теорії і проходить в окремий день (наступний або через день після проведення КР).

Контрольна робота передбачає роз'язок 4-х задач. Кількість балів за кожну задачу та відповідність набраних балів оцінці в університетській шкалі встановлюється викладачами в білетах до контрольної роботи, що готують і проводять її. Максимальний рейтинговий бал за контрольну роботу 15.

Загальна оцінка за екзамен складається із стартового рейтингу, отриманого протягом семестру, та рейтингових балів набраних під час екзамену. Рейтингові бали (максимум 25) за усний екзамен нараховуються згідно наступних критеріїв:

- від 20 до 25 — повна правильна відповідь, 95% інформації, наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, формулювання та терміни точні, терміни роз'яснено, повна правильна відповідь на уточнюючі запитання
- від 15 до 20 — правильна відповідь, 80% інформації, наведено рисунки, позначення, є письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни по суті правильні але не повні, терміни роз'яснено, правильна відповідь на уточнюючі запитання
- від 10 до 15 — по суті правильна але неповна відповідь, 70% інформації, наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни по суті правильні але не повні, терміни не роз'яснено, правильна відповідь на більшість уточнюючих запитання
- від 5 до 10 — відповідь неповна, 50% інформації, не наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни в основному правильні але не повні, терміни не роз'яснено, відповіді на уточнюючі запитання не повні
- від 0 до 5 — відповідь неповна, 30% інформації, не наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни в основному не повні, терміни не роз'яснено, відповіді на уточнюючі запитання не повні або відсутні

Остаточна оцінка **R** є сумою рейтингових балів отриманих за поточний контроль та балів отриманих на екзамені після співбесіди зі студентом.

№	Контрольний захід	Бал	Кількість	Всього
1	Модульна контрольна робота	10	1	10
2	РГР	10	1	10
3	Лекційні задачі	0.5	20	10
4	Практичні заняття	10	1	10
5	Лабораторні роботи	20	1	20
6	Екзамен	40	1	40
Всього				

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Значення рейтингу	Оцінка ECTS
$95 \leq R \leq 100$	відмінно
$85 \leq R < 95$	дуже добре
$75 \leq R < 85$	добре
$65 \leq R < 75$	задовільно
$60 \leq R < 65$	достатньо
$R < 60$	незадовільно
Є незараховані лабораторні роботи, не зарахована розрахункова робота або більше 50% пропусків без поважних причин по одному з видів занять	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни «Електрика та магнетизм»

Перелік питань, які виносяться на усний екзамен

1. Закон Кулона. Електричні одиниці систем СГС та СІ. Заряд. Закон збереження заряду. Електростатичне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції. Силові лінії.
2. Теорема Гауса. Електростатичне поле з центральною та циліндричною симетрією. Поле нескінченної зарядженої площини.
3. Потенціал електричного поля, його зв'язок з напруженістю. Рівняння Лапласа.
4. Дипольний та квадрупольний електричні моменти. Взаємодія тіл на далеких відстанях. Сили, що діють на диполь у електричному полі.
5. Дивергенція поля точкового заряду. Теорема Ірншоу. Градієнт. Ротор, формула Стокса, операції та інтегральні співвідношення теореми.
6. Електростатика провідників — рівняння, граничні умови тощо. Методи розв'язання електростатичних задач. Металева куля у однорідному електричному полі.
7. Рівняння Пуассона. Основна задача електростатики провідників і доказ того, що вона має тільки один розв'язок. Граничні умови для \vec{E} .
8. Конденсатори. Ємність, електростатична індукція та взаємна ємність провідників.
9. Поляризація діелектриків: загальні уявлення про основні механізми та типи діелектриків. Полярні й неполярні діелектрики. Вільні та зв'язані заряди. Вектор поляризації та густина зв'язаних зарядів.
10. Електрична індукція, її зв'язок з напруженістю електричного поля. Граничні умови для \vec{D} та її дивергенція.
11. Діелектрична проникливість. Її залежність від температури для полярних діелектриків. Сегнетоелектрики. Тензор діелектричної проникливості у кристалах.
12. Енергія електростатичного поля, її густина. Пондеромоторні сили у електростатичному полі.
13. Джерела ЕРС. Закон Ома у інтегральній та диференціальній формі. Закони Кірхгофа.
14. Електричний струм в суцільному середовищі. Граничні умови для густини струму.
15. Контактна ЕРС. Термоелектричні ефекти.
16. Електрорушійна сила та закон Ома для лінійних кіл. Закон Джоуля-Ленца.
17. Магнітне поле постійного струму. Вектори \vec{B} і \vec{H} , зв'язок між ними. Закон Біо-Савара-Лапласа.
18. Сили, що діють на елементи струму в магнітному полі. Сила Лоренца.
19. Сила Ампера. Магнітний момент струму або системи зарядів, що рухаються.
20. Магнітні одиниці систем СГС та СІ. Густина енергії магнітного поля.
21. Само- і взаємоіндукція. Магнітний потік. Сили, що діють на контур зі струмом у магнітному полі.
22. Рух зарядженої частинки в однорідному магнітному полі.
23. Векторний потенціал магнітного поля. Калібрувальна інваріантність.
24. Магнітне поле стаціонарної системи струмів на великих відстанях.

25. Магнітна проникливість. Діа-, пара- та феромагнетики. Залежність магнітної проникності від температури. Постійні магніти.
26. Дивергенції полів \vec{B} і \vec{H} , їх граничні умови. Джерела та вихрі полів \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} , \vec{H} .
27. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Індукційний струм, правило Ленца. Струм зміщення.
28. Рівняння Максвела в інтегральному та диференціальному виді для систем СГС та СІ.
29. Виведення закону збереження заряду з рівнянь Максвела.
30. Квазістаціонарний струм. Глибина проникнення змінного магнітного поля у речовину. Скін-ефект. Ефект Холла.
31. Кола змінного струму. Комплексний опір. Закони Кірхгофа для змінного струму.
32. RC-, RL- та LC-кола.
33. Коливання та резонанс. Лінійні та нелінійні кола.
34. Трифазний струм. Електричні генератори, двигуни і трансформатори.
35. Поширення електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі.
36. Змінне електромагнітне поле в резонаторах. Швидкість світла. Монохроматичні плоскі хвилі.
37. Дисперсія діелектричної проникливості. Рівняння Лоренца-Лорентца. Класична теорія діелектричної проникливості.
38. Поширення електромагнітних хвиль у плазмі. Відбивання радіохвиль від іоносфери.
39. Взаємне перетворення електричного і магнітного полів. Інваріанти електромагнітного поля.
40. Зв'язок між \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} , \vec{H} для рухомих середовищ, граничні умови для цих векторів.
41. Вектор Пойнтінга. Густина енергії електромагнітного поля. Доказ єдиності розв'язку основної задачі електромагнетизму.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: _____ доцент, к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Сергій Миколайович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ)

Ухвалено: кафедрою _____ прикладної фізики (протокол № _____ 6 від _____ 11 червня 2024 р.)
(повна назва кафедри)

Затверджено: Метод. комісією _____ НН ФТІ (протокол № _____ 6 від _____ 27 червня 2024 р.)
(назва інституту)