

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури

**Василь БРИЧ**

« 30 » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-педагогічної роботи

**Віктор ОСТРОВЕРХОВ**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор навчально-наукового інституту новітніх освітніх технологій

**Святослав ПИТЕЛЬ**

« 30 » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

з дисципліни **«Електротехнічні матеріали»**

ступінь вищої освіти – **перший (бакалаврський) рівень**

галузь знань – **14 «Електрична інженерія»**

спеціальність – **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

освітньо-професійна програма **«Енергетичний аудит»**

**Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу**

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	Лаб. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг. (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	II	4	28	14	14	3	8	83	150	4
Заочна	II	4	8	4	4	-	-	134	150	4

30.08.2024  
*[Signature]*

**Тернопіль – ЗУНУ  
2024**

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавр галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 10 від 23 червня 2023 р.

Робочу програму склав к.т.н., доцент кафедри  
Збишек Домбровський

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 26 серпня 2024 р.

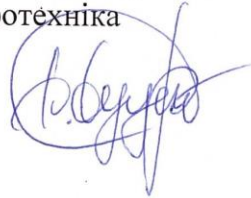
В.о. завідувача кафедри,  
д.е.н., професор



Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», протокол № 2 від 30 серпня 2024 р.

Голова групи забезпечення спеціальності,  
141 «Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка»,  
д.е.н., професор



Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

Гарант ОПП  
«Енергетичний аудит»,  
д.е.н., професор



Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

## Структура робочої програми навчальної дисципліни

### «Електротехнічні матеріали»

#### Опис дисципліни

Дисципліна – «Електротехнічні матеріали»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: - 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – дисципліна циклу професійної підготовки Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання</i> – 5	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 2 <i>Денна – 2;</i> <i>Заочна – 2;</i> Семестр: <i>Денна – 4;</i> <i>Заочна – 4.</i>
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 28 год;</i> <i>Заочна – 8 год;</i> Практичні заняття: <i>Денна – 14 год;</i> <i>Заочна – 4 год;</i> Лабораторні заняття : <i>Денна – 14 год;</i> <i>Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин -150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Самостійна робота: <i>Денна – 83 год;</i> <i>Заочна – 134 год;</i> Тренінг: <i>Денна – 8 год.</i> Індивідуальна робота: <i>Денна – 3 год</i>
Тижневих годин <i>денна форма - 8</i> <i>з них аудиторних:- 4</i>		Вид підсумкового контролю – екзамен

## **Мета і завдання дисципліни «Електротехнічні матеріали»**

### **2.1 Мета дисципліни**

Метою вивчення дисципліни є опанування знаннями про загальні характеристики електротехнічних матеріалів і вплив на них зовнішніх факторів.

### **2.2. Завдання дисципліни**

Основними завданнями вивчення дисципліни «Електротехнічні матеріали» є набуття студентами знань і умінь щодо:

- основних положень електричних та фізико-хімічних властивостей електротехнічних матеріалів.
- ознайомлення з класифікацією провідникових, напівпровідникових, діелектричних та магнітних матеріалів, їх особливими властивостями і експлуатаційними характеристиками.
- надбання практичних навичок по вибору конкретного електротехнічного матеріалу на підставі техніко-економічного аналізу їх характеристик.

### **2.3. Найменування та опис компетентностей, формування яких забезпечує вивчення дисципліни:**

- усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.
- усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
- здатність проводити оцінку та експертизу енергетичних ресурсів і пошук техніко-економічних механізмів раціонального їх використання

### **2.4. Передумови для вивчення дисципліни**

Вивчення дисципліни «Електротехнічні матеріали» доцільне після оволодіння студентами знаннями з таких дисциплін як «Фізика», «Інженерна графіка» та набуття ними відповідних фахових компетенцій.

## 2.5. Результати навчання

За результатами вивчення дисципліни студент повинен продемонструвати такі результати навчання (згідно освітньо-професійної програми, яка розроблена на основі діючого стандарту вищої освіти за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (наказ МОН України № 867 від 20.06.2019 р.):

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПР03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

**Зміст дисципліни**  
**«Електротехнічні матеріали**  
**Змістовий модуль 1**  
**«Діелектричні матеріали»**

**Тема 1. Предмет та структура навчальної дисципліни.**

Предмет вивчення дисципліни: діелектрики, провідникові та напівпровідникові матеріали, магнітні матеріали.

Загальні відомості про електротехнічні матеріали.

Основні відомості про будову речовин.

**Тема 2. Елементи теорії твердого тіла.**

Кристалічні та аморфні речовини. Моно - та полікристалічні речовини. Кристалічна гратка. Елементарна кристалічна комірка, її типи. Дефекти кристалічної будови та їх вплив на властивості речовин. Типи сплавів: твердий розчин, хімічна сполука, механічна суміш. Зв'язок між типом сплаву і його властивостями. Елементи зонної теорії твердого тіла.

**Тема 3. Діелектрики та їх основні властивості**

Визначення та характеристики діелектриків, фізико-хімічні та механічні властивості діелектриків. Електроізоляційні властивості діелектриків. Залежність електроізоляційних втрат від різних чинників в нормальних умовах експлуатації. Види та показники втрат енергії в діелектриках. Електропровідність рідин. Електропровідність газів. Зв'язок між струмом в діелектриках і втратами енергії.

**Тема 4. Залежність втрат енергії в діелектриках від різних чинників.**

Стабільність властивостей діелектриків при дії вологості, температури навколишнього середовища, радіоактивних опроміненнь тощо.

Відносна діелектрична проникність. Поляризація та види поляризації. Залежність поляризації від різних чинників. Поляризація рідин. Поляризація газів.

## **Тема 5. Класифікація діелектриків, їх властивості та застосування.**

Органічні електроізоляційні матеріали. Неорганічні електроізоляційні матеріали. Природна і синтетична слюда. Електротехнічне скло. Склад, властивості і застосування скла. Електротехнічна кераміка. Діелектричні рідини. Активні діелектрики. Матеріали квантової техніки. Діелектричні плівки.

## **Тема 6. Електрична міцність діелектриків.**

Види пробою діелектриків. Пробій газів та залежність пробою газів від різних чинників. Пробій твердих діелектриків. Пробій рідин.

## **Змістовий модуль 2**

### **«Провідникові, напівпровідникові та магнітні матеріали».**

#### **Тема 7. Провідникові матеріали їх властивості та застосування.**

Основи теорії електропровідності. Провідникові матеріали: типи електропровідності. Природа електропровідності провідників. Основні характеристики провідників та їх залежність від різних чинників.

Класифікація провідникових матеріалів.

Метали високої провідності: мідь, алюміній, срібло .

Надпровідність. Вплив магнітного поля на надпровідність. Високотемпературна провідність.

#### **Тема 8. Техніко-економічне обґрунтування використання різних провідникових матеріалів.**

Використання міді, алюмінію. Сплави високого опору їх особливості та використання.

Техніко-економічний аналіз використання різних провідникових матеріалів.

#### **Тема 9. Напівпровідникові матеріали.**

Напівпровідникові матеріали: основні визначення. Основні властивості p-n переходу. Два типи електропровідності. Фізика електропровідності. Домішки в напівпровідниках. Контакт метал - напівпровідник. Аморфні

напівпровідники. Електричні властивості напівпровідників. Основні характеристики напівпровідників.

### **Тема 10. Вплив зовнішніх факторів на електропровідність напівпровідників.**

Вплив електричного поля на контакт напівпровідник- напівпровідник.

Люмінесценція. Термоелектричні явища в напівпровідниках.

Вплив світла на контакт напівпровідник- напівпровідник.

Фотоелектричні ( сонячні ) модулі.

### **Тема 11. Застосування напівпровідникових матеріалів в електротехніці.**

Напівпровідникові матеріали в електротехніці.

Основні напрямки і перспективи наукових розробок електротехнічних матеріалів та технічні, соціальні та економічні переваги їх використання Вплив нових технологій що базуються на основі напівпровідників на розвиток електротехніки та підвищення її ефективності.

Вирішальний вплив інновацій та нових технологій в електротехніці щодо становлення і розвитку економіки 4,0.

### **Тема 12. Магнітні матеріали їх класифікація та застосування.**

Основні властивості магнітних матеріалів. Характеристики магнітних матеріалів у постійних і перемінних полях. Магнітні втрати. Магнітом'які матеріали, магнітотверді матеріали їх властивості та застосування . Магнітна енергія.

Класифікація магнітних матеріалів за поведінкою магнітному полі. Природа феромагнетизму. Основні властивості феромагнітних матеріалів. Початкова та основна крива намагнічення. Петля гістерезису. Втрати енергії в постійному та змінному магнітних полях. Магнітопровід з повітряним проміжком.

Спеціальні магнітні матеріали, їх властивості та застосування. Аморфні магнітні матеріали.



#### 4. Структура залікового кредиту дисципліни «Електротехнічні матеріали» (денна форма )

Тема	Кількість, годин, в т.ч.						Контроль-ні заходи
	лекції	практичні заняття	лабораторні роботи	індивідуальна робота студентів	тренінг		
<b>Змістовий модуль 1 «Діелектричні матеріали»</b>							
Тема 1. Предмет та структура навчальної дисципліни	2	1	-	1	4	6	Поточне оцінювання
Тема 2. Елементи теорії твердого тіла	2		-			7	Поточне оцінювання
Тема 3. Діелектрики та їх основні властивості	2	1	2			7	Поточне оцінювання
Тема 4. Залежність втрат енергії в діелектриках від різних чинників	2	1	-			7	Поточне оцінювання
Тема 5. Класифікація діелектриків, їх властивості та застосування	4	2	1			7	Поточне оцінювання
Тема 6. Електрична міцність діелектриків	2	1	1			7	Поточне оцінювання
<b>Змістовий модуль 2 «Провідникові, напівпровідникові та магнітні матеріали»</b>							
Тема 7. Провідникові матеріали їх властивості та застосування	2	1	2	2	4	7	Поточне оцінювання
Тема 8. Техніко-економічне обґрунтування використання різних провідникових матеріалів	2	2	2			7	Поточне оцінювання
Тема 9. Напівпровідникові матеріали	4	2	2			7	Поточне оцінювання
Тема 10. Вплив зовнішніх факторів на електропровідність напівпровідників	2	1	-			7	Поточне оцінювання
Тема 11. Застосування напівпровідникових матеріалів в електротехніці	2	1	2			7	Поточне оцінювання
Тема 12. Магнітні матеріали їх класифікація та застосування	2	1	2			7	Поточне оцінювання
<b>Разом</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>83</b>	

## **5.Тематика практичних занять**

### **Практичне заняття 1**

**Тема: Предмет та структура навчальної дисципліни. (2 год.)**

**Мета:** ознайомитися з предметом і завданням дисципліни.

#### **Питання для обговорення:**

1. Кристалічні та аморфні речовини. Моно- та полікристалічні речовини.
2. Кристалічна гратка. Елементарна кристалічна комірка, її типи.
3. Дефекти кристалічної будови та їх вплив на властивості речовин.
4. Різноманітність електротехнічних матеріалів, вплив якості електротехнічних матеріалів на енергоефективність.
5. Вплив зовнішнього середовища на роботу електротехнічних матеріалів.
6. Роль електротехнічних матеріалів для забезпечення надійної роботи електроустановок.

### **Практичне заняття 2**

**Тема: Особливості різних діелектриків (2 год.)**

**Мета:** З'ясувати характеристики та особливості різних діелектриків

#### **Питання для обговорення:**

1. Визначення та характеристики діелектриків, фізико-хімічні та механічні властивості діелектриків. Електроізоляційні властивості діелектриків.
2. Залежність електроізоляційних втрат від різних чинників в нормальних умовах експлуатації.
3. Види та показники втрат енергії в діелектриках.
4. Електропровідність рідин. Електропровідність газів. Зв'язок між струмом в діелектриках і втратами енергії.

### **Практичне заняття 3**

**Тема: Ізоляційні властивості діелектриків (2 год.)**

**Мета:** Ознайомитися з ізоляційними властивостями діелектриків

#### **Питання для обговорення:**

Залежність втрат енергії в діелектриках від різних чинників.

1. Фізичний смисл діелектричної проникності.
2. Діелектрична проникність газів.

3. Діелектрична проникність рідких діелектриків
4. Діелектрична проникність твердих діелектриків.
5. Діелектрична проникність комбінованих діелектриків.
6. Залежність діелектричної проникності від температури і тиску.
7. Основні види поляризації діелектриків.
8. Стабільність властивостей діелектриків при дії вологості, температури навколишнього середовища, радіоактивних опроміненень тощо.
9. Поляризація та види поляризації. Відносна діелектрична проникність. Залежність поляризації від різних чинників.

#### **Практичне заняття 4**

**Тема:** Діелектричні втрати у діелектриках. (4 год.)

**Мета:** З'ясувати діелектричні втрати у діелектриках.

##### **Питання для обговорення**

1. Чому діелектрики мають ненульову електропровідність?
2. Якими параметрами характеризують діелектрики з точки зору їх електропровідності?
3. Від яких чинників залежить величина питомого об'ємного опору діелектриків?
4. За якої напруги (постійної чи змінної) необхідно вимірювати опір діелектриків і чому?
5. Електропровідність газів.
6. Електропровідність рідин.
7. Електропровідність твердих діелектриків.
8. Види діелектричних втрат в електроізоляційних матеріалах.
9. Діелектричні втрати твердих речовин неоднорідної структури.

#### **Практичне заняття 5**

**Тема:** Електрична міцність діелектриків (2 год.)

**Мета:** З'ясувати чинники, які впливають на електричну міцність діелектриків

##### **Питання для обговорення:**

1. Пробій газів.
2. Пробій рідких діелектриків.

3. Види пробою твердих діелектриків.
4. Коли в електроізоляційних матеріалах настає тепловий пробій?
5. Коли в електроізоляційних матеріалах настає іонізаційний пробій?
6. Коли в електроізоляційних матеріалах настає електрохімічний пробій?
7. Від чого залежить електрична міцність електроізоляційних матеріалів?

### **Практичне заняття 6**

**Тема: Природа провідникових матеріалів та їх характеристики (2 год.)**

**Мета:** Ознайомитися з властивостями провідникових матеріалів

#### **Питання для обговорення:**

1. Основні характеристики провідникових електроматеріалів.
2. Провідникові матеріали: типи електропровідності.
3. Природа електропровідності провідників.
4. Основні властивості провідників та їх залежність від різних чинників.
5. Класифікація провідникових матеріалів, їх властивості.
6. Метали високої провідності: мідь, алюміній, срібло.
7. Надпровідність. Вплив магнітного поля на надпровідність.
8. Високотемпературна провідність

### **Практичне заняття 7**

**Тема: Мідні провідники. (2 год.)**

**Мета:** Дослідження мідних провідників.

#### **Питання для обговорення:**

1. Використання мідних провідників.
2. Переваги використання мідних провідників.
3. Недоліки використання мідних провідників.
4. Висновки щодо виключних випадків використання мідних провідників.

### **Практичне заняття 8**

**Тема: Алюмінієві провідники (2 год.)**

**Мета:** Дослідження алюмінієвих провідників

### **Питання для обговорення:**

1. Використання алюмінієвих провідників
2. Переваги використання алюмінієвих провідників
3. Недоліки використання алюмінієвих провідників
4. Висновки щодо виключних випадків використання алюмінієвих провідників

### **Практичне заняття 9**

**Тема: Провідники із сплавів високого опору. (2 год.)**

**Мета:** Ознайомитися з провідниками із сплавів високого опору.

### **Питання для обговорення:**

1. Характеристики найбільш поширених провідників із сплавів високого опору.
2. Застосування провідників із сплавів високого опору
3. Техніко-економічний аналіз використання різних провідникових матеріалів.

### **Практичне заняття 10**

**Тема: Напівпровідники (2 год.)**

**Мета:** З'ясувати властивості напівпровідників та їх використання

### **Питання для обговорення:**

1. Основні властивості p-n переходу. Два типи електропровідності.
2. Фізика електропровідності. Домішки в напівпровідниках.
3. Контакт метал - напівпровідник. Аморфні напівпровідники.
4. Електричні властивості напівпровідників. Основні характеристики напів- провідників.
5. Назвіть напівпровідникові матеріали, які використовують в електротехніці.
6. Напівпровідникові хімічні сполуки і матеріали на їх основі.

### **Практичне заняття 11**

**Тема: Вплив зовнішніх факторів на напівпровідники. (4 год.)**

**Мета:** Дослідження впливу зовнішніх факторів на напівпровідники. (4 год.)

### **Питання для обговорення:**

1. Вплив зовнішніх факторів на електропровідність напівпровідників.
2. Вплив електричного поля на контакт напівпровідник- напівпровідник.

3. Люмінесценція. Термоелектричні явища в напівпровідниках.
4. Вплив світла на контакт напівпровідник- напівпровідник.
5. Фотоелектричні ( сонячні ) модулі.
6. Основні напрямки і перспективи наукових розробок електротехнічних матеріалів та технічні, соціальні та економічні переваги їх використання
7. Вплив нових технологій що базуються на основі напівпровідників на розвиток електротехніки та підвищення її ефективності.
8. Вирішальний вплив інновацій та нових технологій в електротехніці щодо становлення і розвитку економіки 4,0.

### **Практичне заняття 12**

**Тема: Властивості феромагнітних матеріалів (2 год.)**

**Мета:** Ознайомитися властивостей феромагнітних матеріалів

#### **Питання для обговорення:**

1. Магнітні матеріали їх класифікація та застосування.
2. Основні властивості магнітних матеріалів. Характеристики магнітних матеріалів у постійних і перемінних полях.
3. Магнітні втрати. Магнітом'які матеріали. Магнітотверді матеріали. Магнітна енергія.
4. Класифікація магнітних матеріалів за поведінкою магнітному полі.
5. Природа феромагнетизму. Основні властивості феромагнітних матеріалів.
6. Початкова та основна крива намагнічення. Петля гістерезису.
7. Втрати енергії в постійному та змінному магнітних полях. Магнітопровід з повітряним проміжком.
8. Класифікація магнітних матеріалів.
9. Магнітом'які матеріали, їх властивості та застосування. Спеціальні магнітні матеріали, їх властивості та застосування. Аморфні магнітні матеріали.

## 6. Організація і проведення тренінгу з дисципліни «Електротехнічні матеріали».

Важливим навчально-методичним засобом удосконалення підготовки фахівців в енергетичній сфері є освоєння і розповсюдження активних методів навчання, серед яких чільне місце займає тренінг. Тренінг сфокусовано на формування у студентів комплексного мислення, вдалого використання теоретичних знань для вирішення практичних завдань, сприяння формуванню вмінь і навичок, необхідних у дослідницькій діяльності.

У процесі проведення тренінгу студентам пропонуються ситуації, у яких вони зможуть продемонструвати набуті знання і вміння застосовувати їх на практиці, виявляти, ставити та вирішувати проблеми і приймати обґрунтовані рішення, діяти відповідально і свідомо, критично оцінювати рівень енергоефективності.

### *Критерії оцінювання виконання тренінгу за 100-бальною шкалою:*

0-59 – завдання не виконані, виявлено істотне нерозуміння проблеми, оформлення не відповідає встановленим вимогам, відсутня логіка викладу представленого матеріалу;

60-74 – є істотні недоліки стосовно дотримання вимог до виконання завдань, зокрема: завдання виконані лише частково; допущені помилки в змісті виконаних завдань; відсутня логічна послідовність у судженнях; є недоліки в оформленні;

75-89 – основні вимоги до завдань і оформлення виконані, але при цьому допущені деякі недоліки: не обґрунтовано актуальність проблеми, висновки не чіткі. Наявні певні неточності у викладенні матеріалу. Вимоги щодо оформлення дотримано на належному рівні;

90-100 – виконані всі вимоги до виконання завдань: позначені проблема й обґрунтована її актуальність, зроблений аналіз різних точок зору на проблему й логічно викладена власна позиція, сформульовані висновки, усі питання розкриті повністю, дотримані вимоги до зовнішнього оформлення.

### *Приклади завдань для проведення тренінгу:*

**Завдання 1.** Двошаровий діелектрик включений на змінну напругу. На першому шарі напруга  $U_1$ , на другому –  $U_2$ ; товщина шару дорівнює відповідно  $h_1$  і  $h_2$  (таблиця 1). Визначити відносну діелектричну проникність першого шару, коли діелектрична проникність другого шару  $\epsilon_2=5$ , і діелектричну проникність суміші двох компонентів.

Таблиця 1

Варіант	$U_1$ , В	$U_2$ , В	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм
1	600	1200	1	4,0
2	500	1000	1,71	3,0
3	400	1600	0,5	2,0
4	275	1100	0,81	1,6
5	1000	600	4,0	1,0

Вкажіть діелектрик, якому відповідає одержане значення діелектричної проникності.

**Завдання 2.** Конденсатор із матеріалу з діелектричною проникністю  $\epsilon$  був заряджений до напруги  $U_1$ , після чого джерело було вимкнено. За час  $t$  напруга на обкладках конденсатора знизилась до напруги  $U_2$  (таблиця 2). Визначити постійну часу саморозряду конденсатора і питомий об'ємний опір його діелектрика. Поверхневим витоком у розрахунках знехтувати.

Таблиця 2

Варіант	$\epsilon$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$t, \text{хв}$
1	6	1000	200	5
2	2,5	200	40	180
3	2	500	100	40
4	3	1200	240	1
5	4	400	80	50

**Завдання 3.** Визначити опір ізоляції конденсатора, коли через час  $t$  після його вимкнення відджерела живлення різниця потенціалів на обкладках зменшилась на  $n$ . Ємність конденсатора дорівнює  $C$  (таблиця 3).

Таблиця 3

Варіант	$t, \text{с}$	$C, \text{мкф}$	$n, \%$
1	20	2	5
2	20	10	10
3	30	20	5
4	40	25	10
5	50	30	10

Результати проходження тренінгу оформляються як цілісний звіт в електронному варіанті або на аркушах формату А4. Сторінки слід пронумерувати, залишити поля для зауважень рецензента.

Оцінка з тренінгу визначається як середнє арифметичне окремих оцінок за виконання його завдань (за 100-бальною шкалою).

Критерії оцінювання результатів проходження тренінгу:

- повнота відповіді на задане питання (20 балів);
- глибина знань та ерудованість (20 балів);
- системність та логіка викладення матеріалу (20 балів);
- ступінь ознайомлення з новітніми розробками, нормативною, інструктивною базою та уміння використовувати їх у відповіді (20 балів);
- уміння узагальнювати викладений матеріал (20 балів).



## 7. Самостійна робота студентів з дисципліни

### «Електротехнічні матеріали»

У процесі вивчення курсу навчання виконують самостійну роботу в обов'язі, передбаченому навчальною програмою. Виконання самостійної роботи необхідне для систематизації, закріплення і розширення теоретичних і практичних знань з дисципліни. Це дає змогу здобувачам вищої освіти опанувати необхідні практичні навички для вирішення конкретних практичних завдань та організації самостійної роботи.

Самостійна робота містить теоретичні і практичні завдання.

Проект побудований у вигляді завдань за основними темами курсу. Кожен студент виконує проект згідно обраного варіанту. Проект виконується на аркушах формату А4. Працюючи над завданнями, необхідно виконувати певні вимоги. Відповіді на поставлені питання та розв'язання задач слід надавати в тому самому порядку, який указаний у таблиці варіантів. Відповідь на кожне питання має бути подана з нової сторінки і бути повною та обґрунтованою.

При описі окремо взятого або групи електротехнічних матеріалів необхідно обов'язково навести дані (числові), які їх характеризують, а також вказати, де застосовується матеріал, які особливості його властивостей використовуються при цьому і

Умову задач у потрібно переписати повністю без скорочень. Розв'язання задач необхідно супроводжувати стислими, але вичерпними поясненнями. Числові значення фізичних величин слід виражати тільки в одиницях СІ.

Якщо в умові задачі не вказано числових значень параметрів матеріалів, слід звернутися до рекомендованої літератури. Наприкінці роботи слід вказати список використаної літератури.

Для кращого засвоєння курсу та якісного виконання роботи рекомендована така послідовність дій:

1. Ознайомлення з навчальною програмою, змістом теми та методичними вказівками щодо вивчення матеріалу.

2. Опрацювання конспекту лекції за темою.

3. Робота над розділом посібника чи підручника, що стосується теми.

4. Розв'язання задач згідно з визначеними завданнями.

5. Оформлення результатів.

*При виконанні завдання необхідно дотримуватись таких вимог:*

1. Виконану самостійну роботу слід подати у встановлені кафедрою терміни.

2. Задачі розв'язувати у визначеній послідовності.

3. Завдання, в яких вказані лише відповіді без розрахунків і пояснень, вважатимуться не виконаними.

4. До кожного завдання потрібно сформулювати висновок.

5. Роботи, списані частково або повністю, не зараховуватимуться.

6. Проект слід відповідно оформити: записи здійснювати охайно, сторінки скріпити і пронумерувати, залишити поля для зауважень рецензента, навести перелік використаної літератури.

Підсумкова оцінка за проектом визначається як середнє арифметичне

окремих оцінок за виконання його завдань (за 100-бальною шкалою).

**Критерії оцінювання виконання практичного  
(розрахункового) завдання:**

1. Повне викладення теоретичних завдань – (5 балів за кожне питання).
2. Розв'язання практичних завдань – (15 балів за кожне правильне практичне завдання).

***Приклади питань для виконання теоретичної частини самостійної роботи***

1. Які матеріали належать до електротехнічних і за якими ознаками вони класифікуються? Навести декілька прикладів і дати їх якісну характеристику.

2. Наведіть приклади діелектриків, які володіють переважно електронною, іонною, дипольною, самочинною поляризацією.

3. Побудуйте якісні графіки зміни діелектричної проникності нейтральних і полярних рідких діелектриків залежно від температури та частоти і поясніть їх. Наведіть приклади вказаних діелектриків.

4. Класифікація електроізоляційних матеріалів за видами поляризації. Наведіть приклади діелектриків, які застосовуються в електроенергетиці та електромеханіці.

5. Електрична провідність газів. Самостійна і несамостійна провідність газу. Поясніть струм насичення в газах.

6. Електропровідність рідких діелектриків та її залежності від температури. Електрофоретична провідність. Електропровідність рідких неполярних діелектриків.

7. Назвіть гази, які мають підвищену порівняно з повітрям електричну міцність; вкажіть їхні основні властивості та галузі застосування.

8. Класифікація провідникових матеріалів. Опишіть характер електричної провідності провідникових матеріалів та їхні основні властивості. Наведіть приклади основних провідникових матеріалів.

***Приклади завдань для виконання  
практичної частини самостійної роботи***

**Завдання 1.** Діелектрик плоского конденсатора є сполучення двох матеріалів. Побудувати графіки залежності діелектричної проникності суміші двох компонентів від їх об'ємного вмісту, коли вони включені: а) послідовно; б) паралельно.

Обидва графіки побудувати в одній системі координат. Як незалежну змінну прийняти об'ємний вміст одного з матеріалів (від 0 до 1). Варіанти задачі подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Варіанти	Діелектрик
1	Поліетилен, поліхлорвініл
2	Полістирол, органічне скло
3	Фторопласт, полівінілхлорид
4	Л, текстоліт
5	Гетинакс, фторопласт

**Завдання 2.** Діелектрик конденсатора являє собою суміш двох матеріалів (таблиця 2). Яким має бути співвідношення компонентів, щоб  $\text{TK}\epsilon$  суміші дорівнювало нулю? Якою буде діелектрична проникність суміші? Дані про електричні матеріали взяти зі списку літератури.

Таблиця 2

Варіанти	Діелектрик
1	Тиконд Т-40, ультрафарфор
2	Тиконд Т-40, мікалекс
3	Тиконд Т-80, ультрафарфор
4	Т-80, мікалекс
5	Тиконд Т-130, ультрафарфор

**Завдання 3.** Є два плоских конденсатори: а) повітряний, з відстанню між електродами  $d=d_1+d_2$ ; б) двошаровий, в якому ізоляція складається з шару повітря товщиною  $d_1$  та пластини товщиною  $d_2$  з твердого діелектрика із діелектричною проникністю  $\epsilon_2$ .

Побудувати графік розподілу напруженості електричного поля в конденсаторі з твердим діелектриком і без нього при напрузі на обкладках  $U$  (таблиця 3).

Таблиця 3

Варіант	Діелектрик	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$U$ , кВ
1	Мікалекс	5	1	7
2	Полістирол	6	2	10
3	Поліетилен	7	2	12
4	он-4	8	3	20
5	Вініпласт	6	1	15

**Завдання 4.** На двошаровий конденсатор з неоднорідним діелектриком подано змінну напругу  $U$  (таблиця 4). Шари мають товщину  $d_1$  і  $d_2$  та складаються з різних електроізоляційних матеріалів. Визначити напругу на шарах і напруженість поля в них, а також діелектричну проникність суміші двох компонентів.

Таблиця 4

Варіант	Перший шар		Другий шар		$U$ , кВ
	Діелектрик	$d_1$ , мм	Діелектрик	$d_2$ , мм	
1	Мусковіт	0,5	Поліетилен	1,0	1,0
2	Полістирол	2,0	Флогопіт	1,0	2,0
3	Мікалекс	3,0	Поліамід	1,5	0,5
4	илен	4,0	Ситал	2,0	0,5
5	Вініпласт	5,0	Поліетилен	1,0	2,5

## 8. Критерії, форми поточного і підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Електротехнічні матеріали» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів (екзамен) %:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10	10	10	10	5	15	40
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середній бал за результатами і поточного оцінювання за темами першого змістового модуля	Письмова робота за темами першого змістового модуля (тестові завдання, ситуаційні завдання)	Середній бал за результатами і поточного оцінювання за темами другого змістового модуля	Письмова робота за темами другого змістового модуля (тестові завдання, ситуаційні завдання)	Оцінка за виконані завдання	Оцінка за виконані завдання	Підсумкове оцінювання: 10 тестів по 3 бали; теоретичні питання 30 балів; 2 задачі по 20 балів

### Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	<b>A</b> (відмінно)
85–89	Добре	<b>B</b> (дуже добре)
75–84		<b>C</b> (добре)
65–74	Задовільно	<b>D</b> (задовільно)
60–64		<b>E</b> (достатньо)
35–59	Незадовільно	<b>FX</b> (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		<b>F</b> (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

## 9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Персональні комп'ютери	1-12
2	Мультимедійний проектор	1-12
3.	Проекційний екран	1-12
4.	Програмне забезпечення: ОС Windows	1-12
5.	Інструменти Microsoft Office (Word; Excel; PowerPoint) та Internet Explorer	1-12
6.	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-12
7.	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-12

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Боброва Т. Б. Основи матеріалознавства. Навчальний посібник. Київ: ФОП Клименко О.О., 2019. 104 с.
2. Електротехнічні матеріали [Електронний ресурс] : методичні рекомендації для виконання самостійної роботи здобувачами вищої освіти ступеня "бакалавр" спеціальності 141 "Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки" денної форми навчання / уклад. О. О. Плахтир, О. М. Циганов. Електрон. текст. дані. Миколаїв : МНАУ, 2017. 90 с.
3. Матеріалознавство : навч. посіб. / В.І. Бузило, В.П. Сердюк, М 34 А.В. Яворський, О.А. Гайдай / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка».– Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 243 с .
4. Прикладне матеріалознавство: підручник для вищих навчальних закладів III-IV ступенів акредитації / Авт. колектив: Сушко О.В., Посвятенко Е.К., Кюрчев С.В., Лодяков С.І. Мелітополь: ТПЦ «Forward press», 2019. 352 с.
5. Трегуб М. І., Рубець А. М., Хахула В. С. Електротехнічні матеріали: навчальний посібник, Біла Церква, 2020. 60 с.