

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В.Н. КАРАЗІНА

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

ЗАВІДУВАЧ КАФЕДРИ

_____ проф. _____

_____ 20____ р.

**КОМПЛЕКС НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Матеріали та технології сонячної енергетики»**

ЗМІСТ НМК

- 1. Розширені плани (теми) лекцій;**
- 2. Навчальний контент** (перелік підручників та посібників, що є в наявності в бібліотечному фонді та в мережі Інтернет);
- 3. План практичних та лабораторних занять;**
- 4. Завдання для самостійної роботи;**
- 5. Завдання для контрольної роботи, передбаченої навчальним планом;**
- 6. Перелік питань до заліку;**
- 7. Білети для семестрових екзаменів або завдання для письмових залікових робіт** (з проставленням балів за кожне завдання; критерії оцінювання завдань у робочій програмі);
- 8. Критерії оцінювання набутих знань і вмінь** (у робочій програмі дисципліни).

1.

Розширені плани (теми) лекцій

Тема 1. Природа електричної енергії.

- 1) Класифікація заряджених елементарних частинок. Електромагнітна активність Сонця. Електричне і магнітне поле Землі. Хвилі Шумана. Мікрохвильове фонове випромінювання Всесенної.
- 2) Основні закони електромагнетизму, що встановлені експериментально. Принципи електростатичної та електродинамічної індукції. Особливості протікання постійного та змінного струмів в різних матеріалах. Розповсюдження і властивості електромагнітних хвиль. Хвильоводи, резонатори, високочастотний скін-ефект.
- 3) Особливості високовольтної електрики. Коронний розряд, дуговий розряд, тліючий розряд. Атмосферна електрика Землі та її практичне застосування.

Тема 2. Промислове виробництво електричної енергії.

- 1) Генераторний спосіб виробництва електричної енергії. Принцип роботи генераторів змінного і постійного струму. Промислова частота змінного струму. Схема роботи теплової, гідро- і атомної електростанції. Екологічні аспекти виробництва генераторної електрики.
- 2) Методи накопичення і акумулявання електричної енергії. Лейденська банка, хімічні акумулятори, водневі паливні елементи. Принцип роботи та особливості застосування літій-іонних і полімерних акумуляторів.
- 3) Виробництво фотоелектричної енергії. Принцип роботи сонячної батареї. Типи і конструкція фотоелектричних сонячних модулів. Схема сонячної електростанції. Засоби перетворення постійного струму сонячного модуля в змінний струм промислової частоти.

Тема 3. Передача електричної енергії двопровідними лініями.

- 1) Системи перетворення змінного струму промислової частоти. Трансформаторні підстанції. Потужна промислова електроніка. Заземлення та «занулення».
- 2) Однофазні і трифазні лінії. Високовольтні ЛЕП. Облік і нормування електричної енергії. Підключення сонячних електростанцій до ліній електропередачі та організація «зеленого тарифу».
- 3) Основні електричні втрати і підвищення ефективності передачі електроенергії двопровідними лініями. Матеріаломісткість і економічні аспекти двопровідних промислових ліній. Техніка безпеки при роботі з промисловими двопровідними лініями передачі електричної енергії.

Тема 4. Передача електричної енергії по одному дроту.

- 1) Принцип резонансної однопровідної передачі електричної енергії. Патенти і схеми можливих однопровідних систем. Дослідження Н.Тесла.
- 2) Перетворення змінного струму, переданого по одному дроту, в постійну напругу. Принцип роботи газорозрядних ламп.

3) Результати експериментальних досліджень на лабораторному стенді. Способи налаштування системи в резонанс. Енергетичні показники роботи однопровідної лінії передачі електроенергії.

Тема 5. Бездротова передача електричної енергії.

1) Патенти в області бездротової передачі електричної енергії. Принцип роботи та основні особливості функціонування «резонансного трансформатора», «плазмової кулі», Біфілярного, плоскі та конусні котушки індуктивності.

2) Принцип електромагнітної індукції Фарадея. Промислові індукційні печі і бездротові системи зарядки електронних пристроїв. Залежність переданої потужності від відстані.

3) Результати експериментальних досліджень на лабораторному стенді. Способи налаштування системи в резонанс. Основні енергетичні показники роботи бездротової лінії передачі електроенергії.

Тема 6. Перспективні лазерні, біо- і нано- технології.

1) Принцип роботи газових і твердотільних лазерних установок. Передача електромагнітних сигналів по променю лазера. Функціонування лазерних установок в імпульсному режимі. Створення із застосуванням лазерів провідних каналів для однопровідної передачі електроенергії.

2) Біоелектричні потенціали рослин. Можливості застосування біоелектричної енергії в якості малопотужних джерел постійного і змінного напруги. Основні резонансні частоти електричної активності рослин. Експерименти Бакстера.

3) Застосування резонансних методів передачі електроенергії із застосуванням нанотехнологій. Джерела енергії живих клітин і можливості здійснення «холодного ядерного синтезу». Виробництво і перспективи використання нових конструкційних матеріалів, композитів, надпровідних керамік, двовимірних систем і фулеренів.

2. Навчальний контент

Література

1. Й.С.Мисак, О.Т.Возняк, О.С.Дацько, С.П.Шаповал. Сонячна енергетика: теорія та практика. Львів: видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.
2. Енергоефективність та відновлювальна енергетика в Україні. Проблеми управління / за заг. ред. І. М. Сотник. Суми: Університетська книга, 2019, 248 с.

3. План практичних та лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<p>Класифікація заряджених елементарних частинок. Електромагнітна активність Сонця. Електричне і магнітне поле Землі. Хвилі Шумана. Мікрохвильове фонове випромінювання Всесенної.</p> <p>Основні закони електромагнетизму, що встановлені експериментально. Принципи електростатичної та електродинамічної індукції. Особливості протікання постійного та змінного струмів в різних матеріалах. Розповсюдження і властивості електромагнітних хвиль. Хвиліводи, резонатори, високочастотний скін-ефект.</p> <p>Особливості високовольної електрики. Коронний розряд, дуговий розряд, тліючий розряд. Атмосферна електрика Землі та її практичне застосування.</p>	3
2	<p>Генераторний спосіб виробництва електричної енергії. Принцип роботи генераторів змінного і постійного струму. Промислова частота змінного струму. Схема роботи теплової, гідро-і атомної електростанції. Екологічні аспекти виробництва генераторного</p>	3

	<p>електрики. Методи накопичення і акумулювання електричної енергії. Лейденська банку, хімічні акумулятори, водневі паливні елементи. Принцип роботи та особливості застосування літій-іонних і полімерних акумуляторів. Виробництво фотоелектричної енергії. Принцип роботи сонячної батареї. Типи і конструкція фотоелектричних сонячних модулів. Схема сонячної електростанції. Способи перетворення постійного струму сонячного модуля в змінний струм промислової частоти.</p>	
3	<p>Системи перетворення змінного струму промислової частоти. Трансформаторні підстанції. Потужна промислова електроніка. Заземлення та «занулення». Однофазні і трифазні лінії. Високовольтні ЛЕП. Облік і нормування електричної енергії. Підключення сонячних електростанцій до ліній електропередачі та організація «зеленого тарифу». Основні електричні втрати і підвищення ефективності передачі електроенергії двопровідними лініями. Матеріаломісткість і економічні аспекти двопровідних промислових ліній. Техніка безпеки при роботі з промисловими двопровідними лініями передачі електричної енергії.</p>	3
4	<p>Принцип резонансної однодротової передачі електричної енергії. Патенти і схеми можливих однодротових систем. Перетворення змінного струму, поточного по одному дроту, в постійну напругу. Принцип роботи газорозрядних ламп. Результати експериментальних досліджень на лабораторному стенді. Способи налаштування системи в резонанс. Енергетичні показники роботи однодротової лінії передачі електроенергії.</p>	3
5	<p>Патенти в області бездротової передачі електричної енергії. Принцип роботи та основні особливості функціонування «трансформатора Тесли», «плазмової кулі». Біфілярного, плоскі і конусні котушки індуктивності. Принцип електромагнітної індукції Фарадея. Промислові індукційні печі і бездротові системи зарядки електронних пристроїв. Залежність переданої потужності від відстані. Результати експериментальних досліджень на лабораторному стенді. Способи налаштування системи в резонанс. Основні енергетичні показники роботи бездротової лінії передачі електроенергії.</p>	2
6	<p>Принцип роботи газових і твердотільних лазерних установок. Передача електромагнітних сигналів по променю лазера. Функціонування лазерних установок в імпульсному режимі. Створення із застосуванням лазерів провідних каналів для однопровідною передачі електроенергії.</p> <p>Біоелектричні потенціали рослин. Можливості застосування біоелектричної енергії в якості малопотужних джерел постійного і змінного напруги. Основні резонансні частоти електричної активності дерев. Застосування резонансних методів передачі електроенергії із</p>	2

	застосуванням нанотехнологій. Джерела енергії живими клітин і можливості здійснення «холодного ядерного синтезу». Виробництво і перспективи використання нових конструкційних матеріалів, які проводять композитів, надпровідних керамік, двовимірних систем і фулеренів.	
	Разом	16

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<p><i>Вивчити:</i> Структура матерії та відкриття елементарних частинок. Електромагнітна активність Сонця. Електричне і магнітне поле Землі. Хвилі Шумана. Мікрохвильове фонове випромінювання Всесені.</p> <p><i>Проаналізувати:</i> Основні закони електромагнетизму, що встановлені експериментально. Принципи електростатичної та електродинамічної індукції. Особливості протікання постійного та змінного струмів в різних матеріалах. Розповсюдження і властивості електромагнітних хвиль. Хвильоводи, резонатори, високочастотний скін-ефект.</p> <p>Особливості високовольтної електрики. Коронний розряд, дуговий розряд, тліючий розряд.</p>	15
2	<p><i>Вивчити:</i> Електричні струми. Генераторний спосіб виробництва електричної енергії. Принцип роботи генераторів змінного і постійного струму. Промислова частота змінного струму. Схема роботи теплової, гідро-і атомної електростанції.</p> <p><i>Проаналізувати:</i> Екологічні аспекти виробництва генераторного електрики. Методи накопичення і акумулявання електричної енергії. Лейденська банку, хімічні акумулятори, водневі паливні елементи. Принцип роботи та особливості застосування літій-іонних і полімерних акумуляторів. Виробництво фотоелектричної енергії. Принцип роботи сонячної батареї. Типи і конструкція фотоелектричних сонячних модулів. Схема сонячної електростанції.</p>	15
3	<p><i>Розглянути:</i> Промислова електрика. Системи перетворення змінного струму промислової частоти. Трансформаторні підстанції. Заземлення та «занулення». Однофазні і трифазні лінії. Високочастотні ЛЕП. Облік і нормування електричної енергії. Підключення сонячних електростанцій до ліній електропередачі та організація «зеленого тарифу».</p> <p><i>Проаналізувати:</i> Основні електричні втрати і підвищення ефективності передачі електроенергії двопровідними лініями.</p>	15

	Матеріаломісткість і економічні аспекти двопровідних промислових ліній. Техніка безпеки при роботі з промисловими двопровідними лініями передачі електричної енергії.	
4	<p><i>Вивчити:</i> Явище резонансу. Принцип резонансної однодротової передачі електричної енергії. Патенти і схеми можливих однодротових систем. Дослідження Н.Тесла. Перетворення змінного струму, поточного по одному дроту, в постійну напругу.</p> <p><i>Проаналізувати:</i> Принцип роботи газорозрядних ламп. Результати експериментальних досліджень на лабораторному стенді. Способи налаштування системи в резонанс. Енергетичні показники роботи однодротової лінії передачі електроенергії.</p>	15
5	<p><i>Проаналізувати:</i> Базові патенти в області бездротової передачі електричної енергії. Біфілярного, плоскі і конусні котушки індуктивності. Принцип електромагнітної індукції Фарадея. Промислові індукційні печі і бездротові системи зарядки електронних пристроїв. Залежність переданої потужності від відстані. Результати експериментальних досліджень на лабораторному стенді. Способи налаштування системи в резонанс. Основні енергетичні показники роботи бездротової лінії передачі електроенергії.</p>	14
6	<p><i>Розглянути:</i> Відкриття оптичних квантових генераторів. Принцип роботи газових і твердотільних лазерних установок. Передача електромагнітних сигналів по променю лазера.</p> <p><i>Проаналізувати:</i> Функціонування лазерних установок в імпульсному режимі. Створення із застосуванням лазерів провідних каналів для однопровідною передачі електроенергії.</p>	14
	Разом	88

5. Завдання для контрольної роботи, передбаченої навчальним планом

Зразки завдань для експрес-контрольних робіт

Варіант x1

1. Який вид електричного струму виробляють сонячні фотоелектричні системи?
А) змінний струм Б) імпульсний струм С) постійний струм
2. Визначення параметра атмосферної маси.
3. Перерахувати основні компоненти автономної сонячної фотоелектричної системи.

4. Перерахуйте основні фактори, що призводять до зменшення сонячного випромінювання в атмосфері.
5. Яке призначення інвертора в сонячній енергоустановці?
А) знижувати постійну напругу Б) підвищувати постійну напругу
В) змінювати негативний потенціал на позитивний Г) перетворювати постійну напругу в змінну 220 В. Відповідь обґрунтуйте.
6. Фотоелектричний елемент має наступні параметри:
 $U_{ТММ} = 1.5$ В, $I_{ТММ} = 0.5$ А. Намалюйте, як з'єднати елементи, щоб отримати на виході напругу 12 В і силу струму 1 А.

6. Перелік питань до заліку

1. Рівень сонячної радіації на поверхні Землі та в космосі. Загальні принципи функціонування сонячної фотоелектричної енергетичної установки.
2. Типи фотоелектричних систем. Автономні фотоелектричні системи. Способи акумулювання сонячної енергії.
3. Принцип дії та схема підключення контролеру заряду. Екологічні аспекти виробництва та експлуатації сонячних фотоелектричних систем.
4. Основні компоненти фотоелектричних систем, з'єднаних з загальною електромережею. Схема функціонування фотоелектричної енергетичної установки при її інтеграції в електричну мережу.
5. Принцип дії та схема підключення інвертора та лічильника електроенергії.
6. Виробництво та транспортування сонячних модулів. Наземні фотоелектричні електростанції. Основні українські сонячні електростанції.
7. Потужність сонячного випромінювання на поверхні планети. Состав сонячного спектра випромінювання, розподіл за довжинами хвиль. Визначення сонячної сталої.
8. Визначення щорічної сукупної інтенсивності сонячного випромінювання. Розподіл сукупної річної інтенсивності сонячного випромінювання на поверхні Землі. Рівні сонячної радіації на території України та Центральної Європи.
9. Повне сонячне випромінювання і його компоненти в різних погодних умовах. Співвідношення між прямим та розсіяним випромінюванням.
10. Визначення кута сонцестояння. Шлях Сонця по небосхилу в різні пори року.
11. Параметр атмосферної маси. Поглинання сонячного випромінювання атмосферою. Залежність інтенсивності випромінювання від кута положення сонця. Визначення альbedo сонячного випромінювання.
12. Структура та принцип дії сонячного фотоелемента. Напівпровідникові матеріали, що застосовуються в сонячних фотоелементах.
13. Кристалічна структура кремнію і власна провідність.
14. Домішкова провідність в n- і р-допованому кремнію. Створення області просторового заряду і електричного поля в р-n переході при дифузії електронів.
15. Структура і функціонування сонячних елементів з кристалічного кремнію. Типи сонячних елементів.

16. Принцип роботи піранометру та фотоелектричних датчиків.
17. Промислові вимірювачі інтенсивності сонячного випромінювання.
18. Фотоелектричні батареї із системою стеження за сонцем. Типи систем із стеженням. Пасивні та активні системи стеження за сонцем.
19. Інженерні системи, що забезпечують одно- та двовісні системи стеження.
20. Процес виробництва кристалічного та полікристалічного кремнію. Основні характеристики кристалічних кремнієвих сонячних елементів.
21. Антивідбиваюче покриття на кристалічних кремнієвих сонячних елементах.
22. Виробництво тонкоплівкових кремнієвих фотоелектричних елементів.
23. Нанесення передніх та задніх електричних контактів.
24. Прозорі фотоелектричні елементи.
25. Багатошарові фотоелектричні елементи з високим ККД.
26. Фізичні основи роботи фотоелектричних перетворювачів. Параметри і еквівалентні схеми фотоелектричних елементів.
27. Вольт-амперна характеристика фотоелемента в умовах освітлення. Сила струму і напруга фотоелемента.
28. Стандартні умови випробувань та європейські норми щодо визначення параметрів фотоелементів. Маркування промислових сонячних модулів.
29. Сила струму короткого замикання фотоелементу та напруга холостого ходу. Розрахунок точки максимальної потужності.
30. Фізичні моделі функціонування сонячного фотоелемента.
31. Ефективна модель фотоелемента та її основні параметри.
32. Коефіцієнт заповнення та спектральна чутливість.
33. ККД сонячних фотоелементів та фотоелектричних модулів.
34. З'єднання елементів в фотоелектричних модулях. Герметизація фотоелектричних елементів.
35. Існуючі типи фотоелектричних модулів та нові концепції. Спеціальні та гнучкі модулі. Розташування елементів та прозорість модулів.
36. Форми елементів, що застосовуються. Конструктивні особливості передніх контактів та технологія виготовлення оборотної сторони фотоелементів.
37. Ефекти від затінення фотоелементів та використання шунтуючих діодів.

7. Білети для семестрових екзаменів або завдання для письмових залікових робіт

Зразок залікового завдання

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

2021/2022 навчальний рік

Спеціальність прикладна фізика

Семестр 9-й

Навчальна дисципліна Матеріали та технології сонячної енергетики

БІЛЕТ № Х

1. Рівень сонячної радіації на поверхні Землі та в космосі. Загальні принципи функціонування сонячної фотоелектричної енергетичної установки.
2. Процес виробництва кристалічного та полікристалічного кремнію. Основні характеристики кристалічних кремнієвих сонячних елементів.
3. Задача. Вольт-амперна характеристика сонячного фотоелемента описується функцією:

$$I = I_{кз} \left(1 - \frac{U}{U_{хх}}\right)^2$$

Визначити потужність сонячного фотоелемента в ТМП, якщо виміри сили току короткого замикання та напруги холостого ходу в стандартних умовах випробувань мають наступні результати: $I_{кз} = 4,0$ А, $U_{хх} = 0,6$ В.

8. Критерії оцінювання набутих знань і вмінь

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. Експрес-контроль (загальний ваговий бал - 30) проводиться з метою перевірки якості роботи студента на практичних заняттях в аудиторії. Тривалість експрес-контролю 5-10 хвилин. Кожен експрес-контроль включає 2 простих завдання, за кожен правильну відповідь студент отримує 1 бал. Відсутність студента на занятті або невиконання експрес-контролю приносить студенту 0 балів.

2. Розрахунково-графічна робота оцінюється в 10 балів. Частково виконана - в 5 балів.

2. Залікова робота (ваговий бал - 40). Необхідною умовою допуску студента до заліку з дисципліни є позитивний рейтинг з усіх форм семестрової атестації (позитивний рейтинг з КР та експрес-контролю), але не менше 10 балів.

Залікова робота містить два теоретичних питання і одне прикладне.

Критерії оцінювання:

- Теоретичні питання оцінюються в 10 балів кожен, при неповній або частково помилковій відповіді – 5 балів, при відсутності відповіді – 0 балів.

- Повністю розкриті прикладні питання оцінюються в 20 балів; частково 5-10 балів.

Форма підсумкового контролю знань – залік.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль , самостійна робота, індивідуальні завдання										Залік	Сума
Розділ 1				Розділ 2		Розділ 3					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	10	
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		40

T1, T2 ... T10 – теми розділів.

Шкала оцінювання

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