

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук

Соловська І.М., Розенвассер Д.М.

**ЕЛЕКТРОДИНАМІКА, АНТЕНИ ТА ПРИСТРОЇ МІКРОХВИЛЬОВОГО
ТРАКТУ**

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять
та самостійної роботи здобувачів
галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації,
спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Одеса – 2025 рік

Рекомендовано Вченою радою Міжнародного гуманітарного університету
(Протокол № 5 від 20.01.2025 р.)

Соловська І.М., Розенвассер Д.М.

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса. 2025. – 28 с.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна / заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 5 Загальна кількість годин – 150	Галузь – 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» Спеціальність – 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»	обов'язкова	
		Рік підготовки:	
		3	
		Семестр	
		5	
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень	Лекції	
		40 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		26 год.	10 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота та індивідуальні завдання	
		84 год.	130 год.
		Вид контролю:	
		екзамен	

Дисципліна «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту» надає знання та практичні навички здобувачам з основних положень електродинаміки, конструктивних особливостей побудови антен та пристроїв мікрохвильового тракту, вивчення питань поширення радіохвиль, врахування впливу поверхні Землі та атмосфери, а також вміння виконувати розрахунки пристроїв мікрохвильового тракту надає цілісне розуміння процесів у сфері електронних комунікацій та радіотехніки.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Метою даної дисципліни є вивчення основ електродинаміки, антен та пристроїв мікрохвильового тракту для підготовки кваліфікованих фахівців у галузі електронних комунікацій та радіотехніки, які володіють знаннями з теорії макроскопічної електродинаміки, характеристик антен та пристроїв мікрохвильового тракту, а також оволодіють методами аналізу та розрахунку їх параметрів. Здобуті знання та практичні навички дозволять здобувачам розробляти та вдосконалювати радіотехнічні пристрої, антени та системи мікрохвильового тракту, а також використовувати їх у сучасних

технологічних рішеннях для забезпечення ефективного функціонування безпроводових та мобільних мереж.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання і вміння, отримані студентом при вивченні, в тому числі і паралельному, навчальних дисциплін бакалаврської підготовки, таких як: «Вища математика», «Теорія інформації та кодування», «Комп'ютерні мережі та Інтернет».

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання, уміння та навички, набуті під час вивчення дисципліни, використовуються при подальшому вивченні дисциплін бакалаврської підготовки, практики та написанні кваліфікаційної роботи.

У рамках опанування дисципліни «Цифрова обробка сигналів» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням з викладачем).

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту» формуються наступні компетентності із передбачених освітньою програмою:

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

ЗК-4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Спеціальні (фахові) компетентності

ПК-3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

ПК-4. Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

ПК-5. Здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та

національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т. інш.) для вирішення професійних завдань.

ПК-9. Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.

ПК-10. Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, досліду перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

ПК-15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Навчальна дисципліна «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту» забезпечує досягнення програмних результатів навчання (ПРН), передбачених освітньою програмою:

ПРН 5. Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

ПРН 6. Вміння проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН 10. Здатність проводити випробування телекомунікаційних систем, та мереж, систем телевізійного та радіомовлення у відповідності до технічних регламентів та інших нормативних документів.

ПРН 11. Вміння діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Основи теорії електромагнітного поля.

Джерела та вектори електромагнітних полів. Макроскопічні властивості середовищ. Матеріальні рівняння. Класифікація середовищ за електрофізичними параметрами. Рівняння Максвелла в диференційній та інтегральній формах.

Повна система рівнянь Максвелла. Закон збереження заряду. Закон Ома у диференційній формі. Енергія електричного та магнітного полів. Баланс миттєвих потужностей (теорема Умова-Пойнтинга). Класифікація електромагнітних полів.

Тема 2. Електромагнітне поле у направляючих системах.

Класифікація напрямних систем. Класифікація хвиль в напрямних системах. Поняття критичної частоти, довжини хвилі. Коефіцієнт поширення. Фазова та групові швидкості. Втрати енергії в напрямних системах. Умови одномодового (однохвильового) режиму роботи напрямної системи. Дисперсія у напрямних системах. Хвилі у прямокутному хвилеводі. Хвилі у круглому хвилеводі. Хвилі у двопровідній, смужковій і коаксіальній лініях. Об'ємні резонатори. Основні типи коливальних. Розрахунки параметрів електромагнітного поля.

Тема 3. Випромінювання електромагнітних хвиль.

Випромінювання електромагнітних хвиль. Поняття елементарного електричного випромінювача. Діаграма направленості. Опір випромінювання. Поле елементарного магнітного випромінювача. Поле рамки із струмом. Класифікація радіохвиль за діапазонами та способами поширення. Структурна схема та типи радіоліній. Поширення радіохвиль у вільному просторі. Втрати під час поширення радіохвиль та основні втрати.

Тема 4. Основи теорії пристроїв надвисокої частоти.

Лінії передавання електромагнітних хвиль (коаксіальна лінія передачі, металеві хвилеводи, мікросмужкові хвилеводи). Основи теорії багатополісників НВЧ, метод декомпозиції. Поділювані потужності НВЧ. Мостові з'єднання. Атенюатори. Фазообертачі. Направлені відгалужувачі. Невзаємні пристрої.

Тема 5. Основи теорії антен.

Класифікація та задачі теорії антен. Конструкції антен та розрахункові формули. Антенні пристрої високого ступеня спрямованості. Антенні решітки. Лінійні та плоскі антенні решітки. Параболічні дзеркальні антени, конструктивні особливості. Офсетні параболічні антени. Багатодзеркальні антени. Лінзові антени. Діелектричні й металеві пластинчасті лінзи. Плоскі лінзи Френеля.

Тема 6. Антени мікрохвильового тракту.

Основні параметри та характеристики антен. Огляд сучасних систем автоматизованого проектування антен та пристроїв мікрохвильового тракту (CST STUDIO SUITE, HFSS, FEKO). Чисельні методи розрахунку електродинамічних параметрів антен. Огляд низькочастотних методів (Метод скінчених різниць у часовій області, метод моментів, метод скінчених елементів), високочастотні

методи (геометрична теорія дифракції, метод фізичної оптики, фізична теорія дифракції).

Тема 7. Антенні пристрої радіосистем безпроводового та мобільного зв'язку.

Основні типи спрямованих антен та елементів антенно-фідерного тракту, що використовуються у системах мобільного радіозв'язку. Фазовані антенні решітки, характеристики, розрахунок параметрів. Слабкоспрямовані антени абонентських терміналів, методи мініатюризації антен. Характеристики приймальних антен, шумова температура антен, розрахунок основних показників. Антени базових станцій мобільного зв'язку та абонентських терміналів, основні характеристики і конструктивні особливості.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лекц.	практ.	сам. роб.		лекц.	практ.	сам. роб.
Тема 1. Основи теорії електромагнітного поля. Джерела та вектори електромагнітних полів. Макроскопічні властивості середовищ. Матеріальні рівняння. Класифікація середовищ за електрофізичними параметрами. Рівняння Максвелла в диференційній та інтегральній формах. Повна система рівнянь Максвелла. Закон збереження заряду. Закон Ома у диференційній формі. Енергія	20	4	2	14	20	2		18

електричного та магнітного полів. Баланс миттєвих потужностей (теорема Умова-Пойнтинга). Класифікація електромагнітних полів.								
Тема 2. Електромагнітне поле у направляючих системах. класифікація напрямних систем. Класифікація хвиль в напрямних системах. Поняття критичної частоти, довжини хвилі. Коефіцієнт поширення. Фазова та групова швидкості. Втрати енергії в напрямних системах. Умови одномодового (однохвильового) режиму роботи напрямної системи. Дисперсія у напрямних системах. Хвилі у прямокутному хвилеводі. Хвилі у круглому хвилеводі. Хвилі у двопровідній, смужковій і коаксіальній лініях. Об'ємні резонатори. Основні типи коливань. Розрахунки параметрів електромагнітного поля.	20	6	4	10	20	2	2	16
Тема 3. Випромінювання електромагнітних хвиль. Випромінювання електромагнітних хвиль. Поняття елементарного електричного	20	6	4	10	20	2		18

випромінювача. Діаграма направленості. Опір випромінювання. Поле елементарного магнітного випромінювача. Поле рамки із струмом. Класифікація радіохвиль за діапазонами та способами поширення. Структурна схема та типи радіоліній. Поширення радіохвиль у вільному просторі. Втрати під час поширення радіохвиль та основні втрати.								
Тема 4. Основи теорії пристроїв надвисокої частоти. Лінії передавання електромагнітних хвиль (коаксіальна лінія передачі, металеві хвилеводи, мікросмужкові хвилеводи). Основи теорії багатополіусників НВЧ, метод декомпозиції. Поділювані потужності НВЧ. Мостові з'єднання. Атенюатори. Фазообертачі. Направлені відгалужувачі. Невзаємні пристрої.	24	6	4	14	24		2	22
Тема 5. Основи теорії антен. Класифікація та задачі теорії антен. Конструкції антен та розрахункові формули. Антені пристрої високого ступеня спрямованості. Антенні решітки. Лінійні	24	6	4	14	24	2	2	20

та плоскі антенні рештки. Параболічні дзеркальні антени, конструктивні особливості. Офсетні параболічні антени. Багатодзеркальні антени. Лінзові антени. Діелектричні й металеві пластинчасті лінзи. Плоскі лінзи Френеля.								
Тема 6. Антени мікрохвильового тракту. Основні параметри та характеристики антен. Огляд сучасних систем автоматизованого проектування антен та пристроїв мікрохвильового тракту (CST STUDIO SUITE, HFSS, FEKO). Чисельні методи розрахунку електродинамічних параметрів антен. Огляд низькочастотних методів (Метод скінчених різниць у часовій області, метод моментів, метод скінчених елементів), високочастотні методи (геометрична теорія дифракції, метод фізичної оптики, фізична теорія дифракції).	22	6	4	12	22	2	2	18
Тема 7. Антенні пристрої радіосистем безпроводового та мобільного зв'язку.	20	6	4	10	20		2	18

Основні типи спрямованих антен та елементів антенно-фідерного тракту, що використовуються у системах мобільного радіозв'язку. Фазовані антенні решітки, характеристики, розрахунок параметрів. Слабкоспрямовані антени абонентських терміналів, методи мініатюризації антен. Характеристики приймальних антен, шумова температура антен, розрахунок основних показників. Антени базових станцій мобільного зв'язку та абонентських терміналів, основні характеристики і конструктивні особливості.								
Усього годин	150	40	26	84	150	10	10	130
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ - ЕКЗАМЕН								

5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Основи теорії електромагнітного поля. Рівняння Максвелла та енергетичні характеристики електромагнітного поля	2	
2	Тема 2. Електромагнітне поле у направляючих системах. Напрямні системи: класифікація, дисперсія та втрати енергії	4	2
3	Тема 3. Випромінювання електромагнітних хвиль.	4	

	Випромінювання електромагнітних хвиль та характеристики антен і радіоліній.		
4	Тема 4. Основи теорії пристроїв надвисокої частоти. Пристрої надвисокої частоти та лінії передачі електромагнітних хвиль	4	2
5	Тема 5. Основи теорії антен. Основи теорії антен та аналіз антен високої спрямованості.	4	2
6	Тема 6. Антени мікрохвильового тракту. Чисельні методи розрахунку електродинамічних параметрів антен.	4	2
7	Тема 7. Антенні пристрої радіосистем безпроводового та мобільного зв'язку. Антенні пристрої систем мобільного та безпроводового зв'язку	4	2
	Всього	26	10

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів щодо вивчення дисципліни «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту» включаються наступні тематики завдання.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1.	Тема 1. Основи теорії електромагнітного поля. Джерела та вектори електромагнітних полів. Макроскопічні властивості середовищ. Матеріальні рівняння. Класифікація середовищ за електрофізичними параметрами. Рівняння Максвелла в диференційній та інтегральній формах. Повна система рівнянь Максвелла. Закон збереження заряду. Закон Ома у диференційній формі. Енергія електричного та магнітного полів. Баланс миттєвих потужностей	14	18

	(теорема Умова-Пойнтинга). Класифікація електромагнітних полів.		
2.	Тема 2. Електромагнітне поле у направляючих системах. класифікація напрямних систем. Класифікація хвиль в напрямних системах. Поняття критичної частоти, довжини хвилі. Коефіцієнт поширення. Фазова та групова швидкості. Втрати енергії в напрямних системах. Умови одномодового (однохвильового) режиму роботи напрямної системи. Дисперсія у напрямних системах. Хвилі у прямокутному хвилеводі. Хвилі у круглому хвилеводі. Хвилі у двопровідній, смужковій і коаксіальній лініях. Об'ємні резонатори. Основні типи коливань. Розрахунки параметрів електромагнітного поля.	10	16
3.	Тема 3. Випромінювання електромагнітних хвиль. Випромінювання електромагнітних хвиль. Поняття елементарного електричного випромінювача. Діаграма направленості. Опір випромінювання. Поле елементарного магнітного випромінювача. Поле рамки із струмом. Класифікація радіохвиль за діапазонами та способами поширення. Структурна схема та типи радіоліній. Поширення радіохвиль у вільному просторі. Втрати під час поширення радіохвиль та основні втрати.	10	18
4.	Тема 4. Основи теорії пристроїв надвисокої частоти. Лінії передавання електромагнітних хвиль (коаксіальна лінія передачі, металеві хвилеводи, мікросмужкові хвилеводи). Основи теорії багатополосників НВЧ, метод декомпозиції. Поділювані потужності НВЧ. Мостові з'єднання. Атенюатори. Фазообертачі. Направлені відгалужувачі. Невзаємні пристрої.	14	22
5.	Тема 5. Основи теорії антен. Класифікація та задачі теорії антен. Конструкції антен та розрахункові формули. Антенні пристрої високого ступеня спрямованості. Антенні решітки. Лінійні та плоскі	14	20

	антенні рештки. Параболічні дзеркальні антени, конструктивні особливості. Офсетні параболічні антени. Багатодзеркальні антени. Лінзові антени. Діелектричні й металеві пластинчасті лінзи. Плоскі лінзи Френеля.		
6.	Тема 6. Антенні пристрої мікрохвильового тракту. Основні параметри та характеристики антен. Огляд сучасних систем автоматизованого проектування антен та пристроїв мікрохвильового тракту (CST STUDIO SUITE, HFSS, FEKO). Чисельні методи розрахунку електродинамічних параметрів антен. Огляд низькочастотних методів (Метод скінчених різниць у часовій області, метод моментів, метод скінчених елементів), високочастотні методи (геометрична теорія дифракції, метод фізичної оптики, фізична теорія дифракції).	12	18
7.	Тема 7. Антенні пристрої радіосистем безпроводового та мобільного зв'язку. Основні типи спрямованих антен та елементів антенно-фідерного тракту, що використовуються у системах мобільного радіозв'язку. Фазовані антенні решітки, характеристики, розрахунок параметрів. Слабкоспрямовані антени абонентських терміналів, методи мініатюризації антен. Характеристики приймальних антен, шумова температура антен, розрахунок основних показників. Антени базових станцій мобільного зв'язку та абонентських терміналів, основні характеристики і конструктивні особливості.	10	18
	Всього	84	130

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає наступні види та методи контролю:

Види контролю	Складові оцінювання
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних занять, виконання варіантів завдань, проведення консультацій та відпрацювань, підсумковий контроль.	50%
підсумковий контроль , який здійснюється у ході проведення іспиту.	50%

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування, індивідуальне опитування, робота у групах, розв'язання задач і практичних завдань, екзамен
--	---

Питання до екзамену

1. Джерела електромагнітного поля та їх класифікація.
2. Вектори електромагнітного поля та їх фізичний зміст.
3. Макроскопічні властивості середовищ.
4. Матеріальні рівняння електромагнітного поля.
5. Класифікація середовищ за електрофізичними параметрами.
6. Рівняння Максвелла в диференційній формі.
7. Рівняння Максвелла в інтегральній формі.
8. Закон збереження електричного заряду.
9. Закон Ома в диференційній формі.
10. Енергія електричного та магнітного полів.
11. Класифікація напрямних систем.
12. Типи хвиль у напрямних системах.
13. Поняття критичної частоти та довжини хвилі.
14. Коефіцієнт поширення хвилі.
15. Фазова та групова швидкості хвилі.
16. Дисперсія у напрямних системах.
17. Умови одномодового режиму роботи хвилеводу.
18. Хвилі у прямокутному та круглому хвилеводах.
19. Поняття елементарного електричного випромінювача.
20. Діаграма направленості антени та її характеристики.

- 21.Опір випромінювання.
- 22.Поширення радіохвиль у вільному просторі.
- 23.Основні втрати при поширенні радіохвиль.
- 24.Типи ліній передачі НВЧ та їх особливості.
- 25.Основи теорії багатополюсників.
- 26.Подільники потужності та мостові з'єднання.
- 27.Класифікація антен та їх основні параметри.
- 28.Антенні решітки (лінійні та плоскі).
- 29.Параболічні антени та їх конструктивні особливості.
- 30.Антенні пристрої мобільного зв'язку та їх характеристики.

8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ З ПІДСУМКОВИМ КОНТРОЛЕМ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Денна форма навчання/Заочна форма навчання			
Поточний контроль			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на семінарських (практичних) заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	30
Виконання індивідуальних завдань (науково-дослідна робота здобувача)			
1.2. Підготовка звіту щодо індивідуального завдання	Відповідно до розкладу занять	Обговорення (захист)	10
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів,	-//-	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних	10

конференцій тощо.		занять або ІКР, наукових конференцій та круглих столів.	
Разом балів за поточний контроль			50
Підсумковий контроль екзамен			50
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів при підсумковому контролі у формі екзамену (максимум 50 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

– за підготовку до аудиторних занять (максимум 30 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 6;

– за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату за заданою тематикою) (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переведу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2;

– за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2.

Критерії оцінювання поточного контролю

– «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;

– «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;

– «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

Критерії оцінювання підсумкового контролю у формі екзамену

Максимальна оцінка підсумкового контролю у формі екзамену не може перевищувати 50 балів. При цьому рівень знань оцінюється:

– **від 40 до 50 балів** – здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки;

– **від 30 до 40 балів** – здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді;

– **від 20 до 30 балів** – здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

– **від 10 до 20 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих;

– **від 0 до 10 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (А)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (B)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (C)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– **«Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (FX)** – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– **«Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		іспит	залік
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Василенко Д. О. Пристрої надвисоких частот. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія» за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / Д. О. Василенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 182 с.

2. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Збірник задач: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / С. І. Пільтяй; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 88 с.

3. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Методичні вказівки та завдання розрахунково-графічної роботи: навчальний посібник для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / О. М. Купрій, В. І. Найдено; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 25 с.

4. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Практикум: навчальний посібник для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / С. І. Пільтяй; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 54 с.

5. Найдено В. І. Конспект лекцій із курсу «Електродинаміка та поширення радіохвиль». 2021. 692 с.

6. Пристрої надвисоких частот. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. С. Вунтесмері, О. М. Купрій, А. Ф. Левіна, С. Є. Мартинюк, Ф. М. Репа. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 88 с.

7. Сучасні методи аналізу, синтезу і оптимізації пристроїв надвисоких частот та антен: методичні рекомендації для студентів напряму підготовки 6.050901 «Радіотехніка» [Електронний ресурс]/ Д. О. Василенко. – К.: НТУУ «КПІ», РТФ, 2015. – 58 с.

8. Конспект лекцій з дисципліни «Антени та пристрої мікрохвильової техніки» освітньо-професійної програми першого(бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», за освітньо-професійною програмою «Телекомунікації та радіотехніка», укл. Марченко С. В., Кам'янське; ДДТУ, 2020 р. – 168с.

Додаткова

1. Системи мобільного зв'язку. Застосування засобів мобільного зв'язку [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Спеціальні системи електронних комунікацій» спец. 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Головін Ю.О. та інш. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 187 с.
2. Лінії радіозв'язку та антенні пристрої. Навчальний посібник / [М.Д. Ільїнов, Т.Г. Гурський, І.В. Борисов, К.М. Гриценко]. – К.: ВІТІ, 2018. – 250 с.
3. Розповсюдження радіохвиль [Електронний ресурс] : консп. лекцій В. О. Шевелєв, Н. В. Кожемякіна. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 116 с.
4. Ільїнов М.Д. Лінії радіозв'язку та антенні пристрої: навчальний посібник / М. Д. Ільїнов, Т. Г. Гурський, І. В. Борисов, К. М. Гриценко. — Київ: Вид. дім «СКІФ», 2023. – 250 с

Інформаційні ресурси

1. Бібліотека Міжнародного гуманітарного університету: офіційний сайт. Режим доступу: https://mu.edu.ua/science_library
2. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського: офіційний сайт. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
3. CST Microwave Studio Getting Started Manual, CST Studio Suite 2022 [Online]. <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studiosuite/latest-release/>

ДОДАТОК А. ЗАВДАННЯ-ТЕСТИ

1. Який вектор описує потік енергії електромагнітного поля?
 А) Вектор напруженості електричного поля
 Б) Вектор Пойнтінга
 В) Вектор індукції магнітного поля
2. Рівняння Максвелла в диференціальній формі описує:
 А) Локальні співвідношення між полями і джерелами
 Б) Енергетичний баланс у напрямних системах
 В) Розсіяння радіохвиль у вільному просторі

3. Критична частота хвилі визначає:

- А) Потужність хвилі*
- В) Мінімальну частоту, при якій хвиля може поширюватися*
- С) Швидкість групи*

4. Що визначає фазова швидкість хвилі?

- А) Швидкість фронту хвилі в напрямку поширення*
- В) Швидкість енергетичного переносу*
- С) Частоту хвилі*

5. Що описує діаграма направленості антени?

- А) Потужність джерела*
- В) Просторовий розподіл випромінюваної енергії*
- С) Швидкість групи хвилі*

6. Елементарний електричний випромінювач - це:

- А) Короткий провідник з коливальним струмом*
- В) Параболічне дзеркало*
- С) Коаксіальна лінія передачі*

7. Основні втрати при поширенні радіохвиль у вільному просторі пов'язані з:

- А) Опором джерела*
- В) Зменшенням інтенсивності з відстанню*
- С) Перешкодами у кабелі*

8. Для високочастотної коаксіальної лінії характерно:

- А) Велика дисперсія при низьких частотах*
- В) Невеликі втрати та простота підключення*
- С) Переважно резонансні явища*

9. Основна функція багатополісника НВЧ:

- А) Збільшення частоти*
- В) Розподіл і трансформація потужності сигналу*
- С) Випромінювання у вільний простір*

10. Направлений відгалужувач використовується для:

- А) Підсилення сигналу*

- В) Виділення потужності в заданому напрямку*
- С) Генерації хвиль*

11. Параболічна антена забезпечує:

- А) Малі втрати в коаксіальній лінії*
- В) Високу спрямованість і підсилення*
- С) Одномодовий режим у хвилеводі*

12. Лінійна антена решітка складається з:

- А) Одного провідника*
- В) Ряду елементів, розташованих у лінію*
- С) Параболічного дзеркала*

13. Плоскі лінзи Френеля застосовуються для:

- А) Поширення ТЕ хвиль у хвилеводі*
- В) Фокусування електромагнітних хвиль у просторі*
- С) Зменшення опору випромінювання*

14. Метод скінченних різниць у часовій області застосовується для:

- А) Збільшення потужності антени*
- В) Чисельного моделювання електромагнітних полів*
- С) Побудови діаграми направленості*

15. Слабкоспрямовані антени абонентських терміналів характеризуються:

- А) Високою спрямованістю*
- В) Широкою діаграмою направленості*
- С) Низькою спрямованістю*

16. Вектор магнітної індукції B вимірюється у:

- А) Вольтах (V)*
- В) Теслах (T)*
- С) Амперах (A)*

17. Рівняння Максвелла для електричного поля включає:

- А) Поняття фазової швидкості*
- В) Дивергенцію електричного поля та густину заряду*
- С) Коефіцієнт поширення*

18. Групова швидкість хвилі визначає:

- А) Фронт хвилі*

- В) Швидкість переносу енергії*
- С) Частоту джерела*

19. Дисперсія у хвилеводі проявляється як:

- А) Зменшення потужності*
- В) Залежність фазової швидкості від частоти*
- С) Збільшення діаграми направленості*

20. Класична одиниця опору випромінювання:

- А) Вольт (V)*
- В) Генрі (H)*
- С) Ом (Ω)*

21. Вільне поширення радіохвиль відбувається за законом:

- А) Закон Кулона*
- В) Закон Ома*
- С) Зворотних квадратів відстані*

22. Радіохвилі довжиною 1–10 м відносяться до діапазону:

- А) УВЧ*
- В) ДВХ (довгі хвилі)*
- С) СВЧ*

23. Втрати сигналу у радіолініях визначаються:

- А) Тільки опором джерела*
- В) Розсіюванням, поглинанням та відбиттям*
- С) Тільки фазовою швидкістю*

24. Атенюатор використовується для:

- А) Підсилення сигналу*
- В) Зменшення потужності сигналу*
- С) Вимірювання опору*

25. Мостове з'єднання застосовується для:

- А) Випромінювання сигналу*
- В) Вимірювання відношення хвильового опору*
- С) Розподілу потужності в антені*

26. Діелектрична лінза Френеля застосовується для:

- А) Зменшення втрат у хвилеводі*

- В) Фокусування електромагнітних хвиль у просторі*
- С) Збільшення критичної частоти*

27. Основним параметром антенної решітки є:

- А) Опір хвилеводу*
- В) Відстань між елементами і фаза*
- С) Довжина хвилі у вільному просторі*

28. Лінзова антена забезпечує:

- А) Одномодову хвилю в хвилеводі*
- В) Фокусування і формування спрямованого пучка*
- С) Збільшення опору випромінювання*

29. Метод моментів застосовується для:

- А) Моделювання силових ліній*
- В) Чисельного розрахунку антен і хвильових структур*
- С) Вимірювання фазової швидкості*

30. Геометрична теорія дифракції використовується для:

- А) Зменшення втрат у хвилеводах*
- В) Оцінки розсіяння хвиль на великих об'єктах*
- С) Збільшення критичної частоти*

31. Слабкоспрямовані антени абонентських терміналів:

- А) Мають вузьку діаграму направленості*
- В) Мають широке покриття*
- С) Використовуються тільки у НВЧ*

32. Мікросмужкові антени використовуються у:

- А) Радіолокації*
- В) Мобільних пристроях і Wi-Fi*
- С) Прямокутних хвилеводах*

33. Коаксіальна лінія передачі забезпечує:

- А) Формування антенного пучка*
- В) Передачу сигналу з мінімальними втратами на низьких і середніх частотах*
- С) Фокусування хвиль*

34. Основний недолік мікросмужкових ліній:

- А) Великі розміри*

- В) Вищі втрати на НВЧ порівняно з хвилеводами*
- С) Неможливість виготовлення на платах*

35. Основне призначення антени базової станції мобільного зв'язку:

- А) Випромінювати сигнал у всі напрямки рівномірно*
- В) Забезпечувати спрямоване покриття у заданому секторі*
- С) Зменшувати критичну частоту хвиль*

ЗМІСТ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	3
2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ, ТА ДОСЯГНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	4
3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	6
4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	7
5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	12
6. САМОСТІЙНА РОБОТА.....	12
7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ	15
8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ	16
9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ	19
10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	20
ДОДАТОК А. ЗАВДАННЯ-ТЕСТИ.....	22
ЗМІСТ.....	27

**Соловська Ірина Миколаївна
Розенвассер Денис Михайлович**

**ЕЛЕКТРОДИНАМІКА, АНТЕНИ ТА ПРИСТРОЇ МІКРОХВИЛЬОВОГО
ТРАКТУ**

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять
та самостійної роботи здобувачів
галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації,
спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»,

Українською мовою