

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/172.00.2/ /Б/ОК16-2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 28 / 1</i>

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від «29» червня
2023 р.
№9

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для самостійної роботи з навчальної дисципліни **«ЕЛЕКТРОДИНАМІКА ТА ТЕХНІКА НВЧ»**

для студентів освітнього рівня «бакалавр»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійні програми «Телекомунікації та радіотехніка»,
«Інформаційні відеосистеми та системи контролю доступу»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Розглянуто і рекомендовано
на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій
у медицині та телекомунікаціях
протокол від «11» травня 2023 р. №3

Розробник к.т.н., в.о. завідувача кафедри комп'ютерних технологій
у медицині та телекомунікаціях ЧУХОВ Владислав

Житомир
2023 р.

Чухов В. В. Методичні рекомендації для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Електродинаміка та техніка НВЧ» для студентів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / В. В. Чухов – Житомир: Житомирська політехніка, 2023.– 28 с.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Електродинаміка та техніка НВЧ» є вивчення студентами основних положень класичної електродинаміки, основ теорії ліній передач (хвилеводів) та резонаторів, основних типів хвилеводних елементів та вузлів, методів їхнього електродинамічного описання та аналізу.

Завданнями вивчення дисципліни «Електродинаміка та техніка НВЧ» є:

розвиток у студентів спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» навичок:

– знання теорій та методів фундаментальних та загально інженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

– проектування, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування таких **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»:

ФК4. Здатність розуміти технічні і функціональні характеристики телекомунікаційних та радіотехнічних систем, методів і процедур, що використовуються в радіотехніці.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю код спеціальності «Назва спеціальності»:

ПРН1. Застосовувати знання основ математики, фізики, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, компонентної бази, електроніки, інформатики, аналізу сигналів, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень.

ПРН4. Здатність використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та

комп'ютерного моделювання телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

ПРН5. Вміти спілкуватися з професіоналами в області телекомунікацій та радіотехніки та розуміти їхні вимоги до технічних продуктів і послуг.

ПРН6. Здійснювати інженерний супровід і технічне обслуговування при експлуатації лабораторно-аналітичної техніки, діагностичних комплексів та систем, проводити обробку діагностичної інформації, здійснювати сервісне обслуговування та оформляти типову документацію за видами робіт із урахуванням Європейських директив стосовно телекомунікаційної та радіотехніки.

ПРН11. Вміти аналізувати сигнали, які передаються в телекомунікаційних системах.

2. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Основні поняття та рівняння теорії електромагнітного поля.

Електромагнітне поле, система рівнянь Максвелла. Способи описання та класифікація середовищ. Поля на границях розподілу середовищ. Електромагнітне поле та перетворення енергії. Рівняння балансу енергії. Електромагнітне поле, гармонічне у часі: основні рівняння електродинаміки, баланс енергії при гармонічних коливаннях. Класи електромагнітних явищ. Фізичний зміст розв'язків задач електродинаміки.

Модуль 2

Тема 2. Лінії передач та резонатори.

Лінії передач (хвилеводи): призначення, основні параметри та способи класифікації. Класифікація ліній передач НВЧ та НЗВЧ діапазонів. Основні поздовжньо-однорідні лінії передач:

прямокутний хвилевід, круглий хвилевід. Загальні властивості вільних коливань. Основні типи об'ємних резонаторів.

Тема 3. Хвилеводні вузли та елементи.

Елементи хвилеводного тракту. Хвилеві матриці. Багатоплечеві вузли.

3. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Денна форма навчання

Змістові модулі і теми	Кількість годин				
	Всього	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основні поняття електродинаміки					
Тема 1. Основні поняття та рівняння теорії електромагнітного поля	79	16	12	16	35
Разом змістовий модуль 1	79	16	12	16	35
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Основи техніки НВЧ					
Тема 2. Лінії передач та резонатори	37	8	4	8	17
Тема 3. Хвилеводні вузли та елементи	34	8	0	8	18
Разом змістовий модуль 2	71	16	4	16	35
ВСЬОГО	150	32	16	32	70

Заочна форма навчання

Змістові модулі і теми	Кількість годин				
	Всього	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основні поняття електродинаміки					
Тема 1. Основні поняття та рівняння теорії електромагнітного поля	64	2	2	0	60
Разом змістовий модуль 1	64	2	2	0	60

Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Основи техніки НВЧ					
Тема 2. Лінії передач та резонатори	41	1	0	0	40
Тема 3. Хвилеводні вузли та елементи	45	1	0	4	40
Разом змістовний модуль 2	86	2	0	4	80
ВСЬОГО	150	4	2	4	140

4. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Елементи векторного аналізу. Частина 1	2	2
2	Елементи векторного аналізу. Частина 2	2	2
3	Рівняння Максвелла. Частина 1	2	0
4	Рівняння Максвелла. Частина 2	2	0
5	Плоскі електромагнітні хвилі. Частина 1	2	0
6	Плоскі електромагнітні хвилі. Частина 2	2	0
7	Хвилеводи. Частина 1	2	0
8	Хвилеводи. Частина 2	2	0
Разом		16	4

5. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Хвилі ТЕМ у довгих лініях	4	0
2	Хвилі у хвилеводах	4	0
3	Дисперсія у лініях передачі	4	0
4	Електромагнітні хвилі у діелектриках	4	0
5	Неоднорідності у лінії передачі	4	0
6	Дослідження хвилеводних реактивних елементів	4	4
7	НВЧ атенюатори	4	0
8	Спрямовані відгалужувачі на хвилеводах	4	0
Разом		32	4

6. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Основні поняття та рівняння теорії електромагнітного поля

1. Опрацювання лекційного матеріалу
2. Питання для самостійного вивчення у темі 1: вектор Герца [4]; зовнішні та внутрішні задачі електродинаміки [2]; плоскі хвилі при довільній орієнтації у просторі [2]; Закони Снеліуса [2]
3. Підготовка до практичних занять №1 – 6.
4. Підготовка до лабораторних робіт №1 – 4.
5. Підготовка до КМР №1.

Тема 2. Лінії передач та резонатори

1. Опрацювання лекційного матеріалу

2. Питання для самостійного вивчення у темі 2: спеціальні функції [2, 4]; П- та Н-подібні хвилеводи [2, 3, 4]; коаксіальна лінія [2, 3, 4].

Тема 3. Хвилеводні вузли та елементи

1. Опрацювання лекційного матеріалу
2. Підготовка до практичних занять №7 – 8.
3. Підготовка до лабораторних робіт №5 – 8.
4. Підготовка до КМР №2.

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання для самостійної роботи студентів не передбачено навчальним планом.

9. Методи навчання

Методами навчання під час викладання дисципліни є: лекції (теорія), практичні та лабораторні заняття, самостійна робота, консультації.

10. Методи контролю

Під час вивчення дисципліни застосовуються поточний, модульний контроль і підсумковий контроль знань студентів. Останній здійснюється у формі заліку.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни різного характеру і рівня складності, засвоєння якого відповідно перевіряється під час поточного контролю і на заліку. Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою.

1. Поточний контроль. В процесі поточного контролю здійснюється перевірка запам'ятовування та розуміння програмного матеріалу, набуття вміння і навичок конкретних розрахунків та обґрунтувань, набуття навичок практичної роботи з вимірювальними приладами.

Об'єктами поточного контролю знань студента є:

1) систематичність та активність роботи на лабораторних заняттях;

2) виконання завдань для самостійного опрацювання;

3) виконання модульної роботи (контрольних занять);

4) завдання на лабораторні роботи.

При контролі систематичності та активності роботи на лекційних заняттях оцінці підлягають: рівень знань продемонстрований в письмових та усних відповідях на лабораторних заняттях, результати контролю.

При контролі виконання завдань для самостійного опрацювання оцінці підлягають: самостійне опрацювання тем в цілому чи окремих питань, проведення контрольних робіт.

При виконанні модульних (контрольних) завдань оцінці підлягають: тести, виконання письмових завдань під час проведення контрольних робіт, інші завдання.

2. Система підсумкового контролю

Формою підсумкового контролю з дисципліни є залік. Екзамен проводиться в усній формі. Студент має право отримати оцінку за результатами модульного контролю, якщо він виконав всі види навчальної роботи без порушення встановлених термінів і отримав позитивну (за національною шкалою) підсумкову оцінку.

Якщо студент отримав незадовільну оцінку або не згоден з оцінкою за результатами модульного контролю, він повинен скласти залік.

3. Перелік залікових завдань

Теоретичні питання, наведені у білетах, добираються з тематичного плану дисципліни, лекційного матеріалу, переліку питань для самостійного вивчення дисципліни, питань самостійної роботи студентів.

11. Схема нарахування балів

Загальна кількість балів за якими оцінюється вся поточна робота розподіляється між об'єктами контролю таким чином (денна форма навчання):

- виконання та захист звітів з 8 лабораторних робіт 32 бали;

- 2 письмові контрольні модульні роботи 30 балів;
- робота під час 8 практичних занять 32 бали;
- відвідування лекційних занять 6 балів;
- Разом 100 балів.

Загальна кількість балів за якими оцінюється вся поточна робота розподіляється між об'єктами контролю таким чином (заочна форма навчання):

- виконання та захист звіту з однієї лабораторної роботи 32 бали;
- одна письмова контрольна модульна робота 40 балів;
- робота під час 2 практичних занять 20 балів;
- - відвідування лекційних занять 8 балів;
- Разом 100 балів.

Мінімум балів при яких студент допускається до заліку – 60 балів.

Підсумкову оцінку студент отримує за загальною сумою балів згідно таблиці:

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

Література

Основна література

1. Чернишов П. М., Самсонов В. П., Чернишов М. П. Технічна електродинаміка. – Х.: Прапор, 2006. – 428 с.
2. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 1. Основи теорії електромагнітного поля: Підручник для студентів ВНЗ / В. М. Шокало, В. І. Правда, В. А. Усін, В. С. Вунтесмері, Д. В. Грецьких; під ред. В. М. Шокало та В. І. Правди. – Харків: ХНУРЕ; Колегіум, 2009. – 286 с.
3. Москалюк В. О., Саурова Т. А. Теорія поля / В. О. Москалюк, Т. А. Саурова. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 244 с.
4. Мелков Г. А., Прокопенко О. В. Вибрані розділи з курсу «Мікрохвильова електродинаміка та електроніка»: Навчальний посібник / Г. А. Мелков, О. В. Прокопенко. – К.: Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2013. – 226 с.
5. Tamer Becherrawy Electromagnetism: Maxwell Equations, Wave Propagation and Emission. – John Wiley & Sons, Inc, 2012. – 562 p.
6. Eugene I. Nefyodov, Sergey M. Smolskiy Elctromagnetic Fields and Waves: Microwave and mmWave Engineering with Generalized Macroscopic Electrodynamics. – Springer, 2019. – 329 p.

Додаткова література

1. Bahl I. J. Lumped elements for RF and microwave circuits – Artech house, 2003. – 505 p.
2. Michael Steer Microwave and RF Design: transmission lines. Volume 2 – Third edition. – NC State University, 2019. – 304 p.

3. Захарія Й. А. Методи прикладної електродинаміки. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 352 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. www.ies.ch – Міжнародна електротехнічна комісія.
2. www.itu.int – Міжнародний союз з телекомунікацій.
3. www.cenelec.org – Європейський комітет стандартизації в області електротехніки.
4. www.ied.org.ua – Інститут електродинаміки Національної академії наук України.
5. www.ire.kharkov.ua – Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова.
6. www.nbuv.gov.ua/ – Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.
7. www.lib.zt.ua/ – Житомирська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олега Ольжича.
8. www.lib.ztu.edu.ua/ – бібліотека Житомирського державного технологічного університету.
9. www.akoninc.com – AKON, Inc, електронні пристрої з цифровим керуванням для діапазону частот 0,5...40 ГГц.
10. www.minicircuits.com – компанія Mini-Circuits, ВЧ та НВЧ пристрої.
11. www.flann.com – Flann Microwave, антени, НВЧ пристрої, тестове та вимірювальне обладнання для діапазону частот 2...170 ГГц.
12. www.etiworld.com – Electromagnetic Technologies Industries (ET Industries), компоненти та системи ВЧ та НВЧ діапазонів.
13. www.eclipsemicrowave.com – Eclipse Microwave, Inc , НВЧ компоненти.

14. www.ditom.com – DiTom Microwave, феритові пристрої для діапазону частот 250 МГц... 40 ГГц.

15. www.aml-microtec.com – AML Microtechnique Lorraine, НВЧ пристрої та вироби для бортової авіаційної та космічної апаратури.

16. www.barryind.com – Barry Industries, пасивні електронні компоненти.

17. www.datadelay.com – Data Delay Devices, Inc. (DDD), лінії затримки, генератори, помножувачі частоти, фільтри.

18. www.emifiltercompany.com – EMI Filter Company, фільтри.

19. www.ionbeammilling.com – Ion Beam Milling, прецизійні радіочастотні елементи.

20. www.ums-gaas.com – United Monolithic Semiconductors, ВЧ та НВЧ мікросхеми.

21. www.rogerscorp.com – Rogers Corporation, радіоматеріали.

22. www.semiconductorenclosures.com – Semiconductor Enclosures, Inc. (SEI), корпуси для НВЧ та оптоелектронних пристроїв, керамічні підложки, кристали на підложці.

23. www.precidip.com – PRECI-DIP, контакти та з'єднувачі.

24. www.passiveplus.com – Passive Plus Inc, НВЧ компоненти.

25. www.coaxicom.com – Coaxial Components Corporation (COAXICOM, коаксіальні радіочастотні компоненти.

26. www.diamondantenna.com – Diamond Antenna & Microwave Corporation, обертові зчленування.

27. www.megaphase.com – MegaPhase, НВЧ та оптичні кабелі і роз'єми

28. www.microtech-inc.com – Microtech, Inc., хвилеводи, хвилеводні пристрої.

29. www.ni-microwavcomponents.com – National Instruments, вимірювальна апаратура, радіочастотні компоненти та пристрої.

30. www.signalhound.com – Test Equipment Plus, тестове обладнання.

**Тестові питання для самоконтролю
(правильні відповіді виділено кольором)**

№	Питання	Варіанти відповіді
	Основні поняття та рівняння теорії електромагнітного поля	
1	Електричне поле визначають вектори:	<p>А) \vec{E}, \vec{D} ;</p> <p>Б) \vec{B}, \vec{H} ;</p> <p>В) \vec{E}, \vec{H} ;</p> <p>Г) \vec{B}, \vec{D} ;</p> <p>Д) \vec{P}, \vec{M} .</p>
2	Магнітне поле визначають вектори:	<p>А) \vec{E}, \vec{D} ;</p> <p>Б) \vec{B}, \vec{H} ;</p> <p>В) \vec{E}, \vec{H} ;</p> <p>Г) \vec{B}, \vec{D} ;</p> <p>Д) \vec{P}, \vec{M} .</p>
3	Яке з наведених рівнянь є першим рівнянням Максвела?	<p>А) $\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}$;</p> <p>Б) $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$;</p> <p>В) $\text{div } \vec{D} = \rho$;</p> <p>Г) $\text{div } \vec{B} = 0$;</p> <p>Д) $\text{div } \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$.</p>

4	Яке з наведених рівнянь є другим рівнянням Максвела?	А) $\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}$; Б) $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$; В) $\text{div } \vec{D} = \rho$; Г) $\text{div } \vec{B} = 0$; Д) $\text{div } \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$.
5	Яке з наведених рівнянь є третім рівнянням Максвела?	А) $\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}$; Б) $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$; В) $\text{div } \vec{D} = \rho$; Г) $\text{div } \vec{B} = 0$; Д) $\text{div } \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$.
6	Яке з наведених рівнянь є четвертим рівнянням Максвела?	А) $\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}$; Б) $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$; В) $\text{div } \vec{D} = \rho$; Г) $\text{div } \vec{B} = 0$; Д) $\text{div } \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$.
7	Якій системі координат відповідає операція дивергенція, записана у такий спосіб:	А) декартовій; Б) полярній; В) циліндричній; Г) сферичній; Д) криволінійній.

	$\operatorname{div} \vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z} ?$	
8	Якій системі координат відповідає операція ротор, записана у такий спосіб: $\operatorname{rot} \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{x}_0 & \vec{y}_0 & \vec{z}_0 \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} ?$	А) декартовій; Б) полярній; В) циліндричній; Г) сферичній; Д) криволінійній.
9	У першому рівнянні Максвелла величина $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ – це:	А) густина струму провідності; Б) густина струму зміщення; В) густина конвекційного струму; Г) електрична індукція; Д) магнітна індукція.
10	«За відсутності магнітного поля дорівнює нулю і повний узагальнений струм, а поява струму обов'язково спричиняє магнітного поля» – це фізичний зміст якого рівняння Максвелла?	А) першого; Б) другого; В) третього; Г) четвертого; Д) п'ятого.
11	«Будь-яка зміна магнітного поля неминуче спричиняє появу електричного поля» – це фізичний зміст якого рівняння Максвелла?	А) першого; Б) другого; В) третього; Г) четвертого; Д) п'ятого.
12	«Розходження (дивергенція) електричної індукції дорівнює об'ємній густині заряду» – це фізичний зміст якого рівняння Максвелла?	А) першого; Б) другого; В) третього; Г) четвертого; Д) п'ятого.

13	«Розходження (дивергенція) електричної індукції дорівнює нулю» – це фізичний зміст якого рівняння Максвелла?	А) першого; Б) другого; В) третього; Г) четвертого; Д) п'ятого.
14	Чи змінюватиметься густина струму провідності у законі Ома $\vec{j} = \sigma \vec{E}$, якщо збільшувати провідність середовища σ ?	А) зменшуватиметься; Б) збільшуватиметься; В) не змінюватиметься; Г) стане рівною нулю; Д) стане від'ємною.
15	Якщо параметри середовища ϵ, μ, σ не залежать від значень поля, то таке середовище називають:	А) нелінійним; Б) ізотропним; В) лінійним; Г) параметричним; Д) анізотропним.
16	Якщо параметри середовища ϵ, μ, σ залежать від значень поля, то таке середовище називають:	А) нелінійним; Б) ізотропним; В) лінійним; Г) параметричним; Д) анізотропним.
17	Якщо параметри середовища ϵ, μ, σ не залежать від координат простору, то таке середовище називають:	А) однорідним; Б) ізотропним; В) лінійним; Г) параметричним; Д) анізотропним.
18	Якщо параметри середовища ϵ, μ, σ не залежать від координат простору та значень \vec{E}, \vec{H} , але при цьому хоча б один з параметрів залежить від напрямку векторів \vec{E}, \vec{H} , то таке середовище називають:	А) однорідним; Б) ізотропним; В) лінійним; Г) неоднорідним; Д) анізотропним.
19	Якщо у середовища питома	А) ідеальним діелектриком;

	провідність $\sigma = 0$, то його називають:	Б) діелектриком; В) напівпровідником; Г) провідником; Д) ідеальним провідником.
20	Якщо у середовища питома провідність $\sigma \rightarrow \infty$, то його називають:	А) ідеальним діелектриком; Б) діелектриком; В) напівпровідником; Г) провідником; Д) ідеальним провідником.
21	Відношення, яким підпорядковуються нормальні та тангенційні складові векторів поля на границях розподілу середовищ – це:	А) рівняння Максвелла; Б) матеріальні рівняння; В) рівняння Гельмгольца; Г) граничні умови; Д) рівняння Даламбера.
22	Тангенційна складова напруженості електричного поля поблизу поверхні ідеального провідника дорівнює:	А) 0; Б) 1; В) 10; Г) 120π ; Д) 1000.
23	Нормальна складова напруженості магнітного поля поблизу поверхні ідеального провідника дорівнює:	А) 0; Б) 1; В) 10; Г) 120π ; Д) 1000.
24	Яким фізичним процесам відповідає зменшення запасу енергії електромагнітного поля в об'ємі?	А) поглинання; Б) перехід енергії електромагнітного поля у тепло; В) наявність провідників в об'ємі; Г) притік енергії зовні; Д) варіанти А), Б).
25	Яким фізичним процесам відповідає збільшення запасу енергії електромагнітного поля в	А) поглинання; Б) перехід енергії електромагнітного поля у тепло;

	об'ємі?	В) наявність провідників в об'ємі; Г) притік енергії зовні; Д) наявність діелектриків в об'ємі.
26	Який з виразів описує вектор Пойнтінга?	А) $\vec{P} = [\vec{E}, \vec{H}]$; Б) $\vec{P} = [\vec{H}, \vec{E}]$; В) $\vec{P} = (\vec{E}, \vec{H})$; Г) $\vec{P} = \vec{E} + \vec{H}$; Д) $\vec{P} = \vec{E} - \vec{H}$.
27	У загальному випадку енергія електромагнітного поля дорівнює:	А) енергії електричного поля; Б) енергії магнітного поля; В) сумі енергій електричного та магнітного полів; Г) різниці енергій електричного та магнітного полів; Д) добутку енергій електричного та магнітного полів.
28	Якщо будь-яка лінійна комбінація розв'язків системи рівнянь Максвелла є також розв'язком цієї системи, то це:	А) баланс енергії; Б) випромінювання енергії; В) принцип суперпозиції; Г) граничні умови; Д) взаємна енергія.
29	Відстань між сусідніми вузлами стоячої хвилі дорівнює:	А) довжині хвилі; Б) половині довжини хвилі; В) третині довжини хвилі; Г) чверті довжини хвилі; Д) одній десятій довжини хвилі.
30	Є дві біжучі хвилі з амплітудами Q, P та	А) $Q = P; \varphi = \psi$; Б) $Q \neq P; \varphi = \psi$;

	початковими фазами φ, ψ . Якими мають бути ці амплітуди та фази, щоб при інтерференції цих хвиль утворилась стояча хвиля?	В) $Q = P; \varphi \neq \psi$; Г) $Q \neq P; \varphi \neq \psi$; Д) $Q = 2P; \varphi = 2\psi$.
31	Хвилевий опір вакууму дорівнює:	А) 10π Ом; Б) 50π Ом; В) 100π Ом; Г) 120π Ом; Д) 150π Ом.
32	Плоска однорідна електромагнітна хвиля в ідеальному діелектрику:	А) має незмінну амплітуду; Б) затухає; В) її вектори \vec{E}, \vec{H} синфазні; Г) її вектори \vec{E}, \vec{H} несинфазні; Д) варіанти А), В).
33	Напрямок вектора Пойнтінга:	А) співпадає з напрямком поширення хвилі; Б) протилежний до напрямку поширення хвилі; В) перпендикулярний до напрямку поширення хвилі; Г) розташований під гострим кутом до напрямку поширення хвилі; Д) розташований під тупим кутом до напрямку поширення хвилі.
34	У якому середовищі вектори \vec{E}, \vec{H} електромагнітної хвилі будуть синфазні?	А) у діелектрику без втрат; Б) у діелектрику з втратами; В) у будь-якому середовищі; Г) у металах; Д) у будь-якому діелектрику.
35	Площину, що проходить	А) головною площиною;

	через напрям поширення, та паралельна до вектора \vec{E} , називають:	Б) вищою площиною; В) незалежною площиною; Г) однорідною площиною; Д) площиною поляризації.
36	Якщо частота поля ω , то за колової поляризації вектори поля:	А) не змінюють свого положення у просторі; Б) обертаються з частотою ω ; В) обертаються з частотою $\omega/2$; Г) обертаються з частотою 2ω ; Д) обертаються з частотою 3ω .
37	Залежність фазової швидкості хвилі від частоти в електродинаміці називають:	А) дисперсія; Б) поляризація; В) рефракція; Г) дифракція; Д) заломлення.
38	Яким чином впливає дисперсія хвиль на передачу сигналів?	А) ніяк; Б) покращує сигнали; В) спотворює сигнали; Г) модулює сигнали; Д) детектує сигнали.
39	Визначенням чого є цей вираз: $v = \frac{\omega}{k}$ (ω – частота, k – хвилеве число)?	А) дисперсії; Б) групової швидкості; В) поляризації; Г) фазової швидкості; Д) рефракції.
40	У хвиль якого типу відсутня дисперсія?	А) TEM; Б) H; В) E; Г) HE; Д) EH.
	Лінії передач та резонатори	
41	Сукупність тіл, яка здійснює передачу	А) лінія передачі; Б) резонатор;

	електромагнітної енергії у певному напрямі без випромінювання у навколишній простір – це:	В) антена; Г) атенюатор; Д) резонансне вікно.
42	Якщо властивості лінії передачі незмінні у напрямку поширення, то таку лінію передачі називають:	А) періодичною; Б) поздовжньо-однорідною; В) нерегулярною; Г) відкритою; Д) закритою.
43	Якщо властивості лінії передачі змінюються за періодичним законом, то таку лінію передачі називають:	А) періодичною; Б) поздовжньо-однорідною; В) нерегулярною; Г) відкритою; Д) закритою.
44	Якщо властивості лінії передачі уздовж напрямку поширення змінюються за довільним законом, то таку лінію передачі називають:	А) періодичною; Б) поздовжньо-однорідною; В) нерегулярною; Г) відкритою; Д) закритою.
45	Якщо електромагнітне поле лінії передачі необмежене у поперечному напрямі, то таку лінію передачі називають:	А) періодичною; Б) поздовжньо-однорідною; В) нерегулярною; Г) відкритою; Д) закритою.
46	Якщо електромагнітне поле лінії передачі існує лише всередині замкненої металевої оболонки, то таку лінію передачі називають:	А) періодичною; Б) поздовжньо-однорідною; В) нерегулярною; Г) відкритою; Д) закритою.
47	Загальна назва елемента, який перетворює регулярну лінію передачі на нерегулярну – це:	А) неоднорідність; Б) резонатор; В) антена; Г) атенюатор; Д) резонансне вікно.
48	Одномодовою називають таку лінію передачі, у якій:	А) поширюється дві хвилі; Б) поширюється одна хвиля;

		В) поширюється гібридна хвиля; Г) поширюється електрична хвиля; Д) поширюється магнітна хвиля.
49	Багатомодовою називають таку лінію передачі, у якій:	А) поширюється дві і більше хвиль; Б) поширюється одна хвиля; В) поширюється гібридна хвиля; Г) поширюється електрична хвиля; Д) поширюється магнітна хвиля.
50	У загальному випадку стала поширення ϵ :	А) нулем; Б) суто дійсним числом; В) суто уявним числом; Г) комплексним числом; Д) гіперкомплексним числом.
51	Коли сталу поширення записують у форматі $\gamma = \beta - i\alpha$, то її дійсна частина – це:	А) критична частота; Б) поперечне хвилеве число; В) хвилеве число; Г) стала затухання; Д) коефіцієнт фази.
52	Коли сталу поширення записують у форматі $\gamma = \beta - i\alpha$, то її дійсна частина – це:	А) критична частота; Б) поперечне хвилеве число; В) хвилеве число; Г) стала затухання; Д) коефіцієнт фази.
53	Який з наведених варіантів відповідає виразу, що пов'язує між собою позовжне хвилеве число (сталу поширення) γ , поперечне хвилеве число	А) $k^2 = \gamma^2 + \chi^2$; Б) $k^2 = \gamma^2 - \chi^2$; В) $k^2 = \gamma^2 \cdot \chi^2$; Г) $k^2 = \gamma^2 / \chi^2$;

	χ та хвильове число k ?	Д) $k^2 = \chi^2 / \gamma^2$.
54	У межах кожного класу хвилі відрізняються:	А) структурою поля; Б) сталими поширення; В) хвильовим опором; Г) критичною частотою; Д) варіанти А), Б), В) та Г).
55	Якщо χ – поперечне хвильове число, то вираз $\lambda_{cr} = \frac{2\pi}{\chi}$ визначає:	А) поздовжнє хвильове число; Б) хвильове число; В) поперечне хвильове число; Г) критичну довжину хвилі; Д) критичну частоту.
56	Якщо χ – поперечне хвильове число, то вираз $f_{cr} = \frac{\chi c}{2\pi\sqrt{\epsilon\mu}}$ визначає:	А) поздовжнє хвильове число; Б) хвильове число; В) поперечне хвильове число; Г) критичну довжину хвилі; Д) критичну частоту.
57	Основною хвилею у прямокутному металевому хвильоводі є хвиля:	А) E_{11} ; Б) H_{11} ; В) H_{10} ; Г) E_{21} ; Д) H_{30} .
58	У загальному випадку втрати у лінії передачі обумовлені:	А) втратами у діелектрику; Б) кінцевою провідністю металу; В) випромінюванням; Г) варіанти А, Б та В; Д) потужністю генератора.
59	Тонкий шар металу з однієї сторони діелектричної підкладки та провідник кінцевої ширини з протилежної сторони – таку будову має:	А) щільна лінія; Б) повітряна симетрична лінія; В) копланарна лінія; Г) смужкова (мікросмужкова) лінія; Д) коаксіальна.
	Хвильоводні вузли та	

	елементи	
60	Хвиля, створювана генератором, і яка рухається від вибраного початкового перерізу уздовж напрямку поширення, називають:	А) гібридною; Б) відбитою; В) комбінованою; Г) падаючою; Д) розсіяною.
61	Біжучу хвилю, створювану неоднорідністю або навантаженням, і яка поширюється у напрямку, зворотному до падаючої хвилі, називають:	А) відбитою; Б) гібридною; В) комбінованою; Г) падаючою; Д) розсіяною.
62	Коефіцієнтом відбиття за напругою називають:	А) відношення амплітуд напруг відбитої та падаючої хвиль; Б) суму амплітуд напруг падаючої та відбитої хвиль; В) відношення амплітуд напруг падаючої та відбитої хвиль; Г) різницю амплітуд напруг падаючої та відбитої хвиль; Д) добуток амплітуд напруг падаючої та відбитої хвиль.
63	Максимальне значення модуля коефіцієнта відбиття дорівнює:	А) 0; Б) 0,5; В) 5 Г) 1; Д) 100.
64	Мінімальне значення модуля коефіцієнта відбиття дорівнює:	А) 0; Б) 0,5; В) 5 Г) 1; Д) 100.
65	Нормоване значення опору – це:	А) значення опору, помножене на значення

		<p>хвильового опору лінії передач;</p> <p>Б) різниця значень опору та хвильового опору лінії передач;</p> <p>В) значення опору, поділене на значення хвильового опору лінії передач;</p> <p>Г) сума значень опору та хвильового опору лінії передач;</p> <p>Д) логарифм різниці значень опору та хвильового опору лінії передач.</p>
66	Нормовані значення вхідного опору лінії передач без втрат у режимі узгодження:	<p>А) однакові у будь-якій точці лінії передач;</p> <p>Б) різні;</p> <p>В) змінюються за законом синусоїди;</p> <p>Г) змінюються за законом косинусоїди;</p> <p>Д) змінюються за законом логарифма.</p>
67	Хвильові матриці об'єднують між собою:	<p>А) падаючі та відбиті хвилі;</p> <p>Б) падаючі хвилі;</p> <p>В) відбиті хвилі;</p> <p>Г) нормовані напруги;</p> <p>Д) нормовані струми.</p>
68	Діагональні елементи матриці розсіяння – це:	<p>А) коефіцієнти відбиття у відповідних плечах;</p> <p>Б) коефіцієнти відбиття у відповідних плечах, за умови, що всі інші плечі узгоджені;</p> <p>В) коефіцієнти передачі з одного плеча в інше;</p> <p>Г) коефіцієнти передачі з</p>

		одного плеча в інше, за умови, що до одного плеча підключено генератор; Д) коефіцієнти передачі з одного плеча в інше, за умови, що до одного плеча підключено генератор, а решта плечей узгоджені.
69	Якщо хвилеводний вузол взаємний, то:	А) його матриця розсіювання симетрична; Б) його матриця розсіювання антисиметрична; В) його матриця розсіювання канонічна; Г) його матриця розсіювання унітарна; Д) його матриця розсіювання одинична.
70	Спрямований відгалужувач – це пристрій, який:	А) здійснює механічну комутацію напрямів проходження сигналів; Б) здійснює електричну комутацію напрямів проходження сигналів; В) здійснює передачу потужності з одного свого плеча у два інших; Г) узгоджує лінії передач; Д) послаблює електромагнітну хвилю у задану кількість разів.