



Робоча програма	<b>«ТЕП»</b> (назва навчальної дисципліни)
За освітньо-науковою програмою	163 Біомедична інженерія доктора філософії (шифр і назва)
Інститут	Навчально-науковий інститут енергетики та комп'ютерних технологій (назва інституту, факультету)

Розробники: д.т.н., проф. Косуліна Н. Г., д.т.н..

Базовими дисциплінами для успішного засвоєння програмного матеріалу дисципліни є математика, фізика, ТОЕ, Електроніка, Метрологія.

**Компетентності** – ЗК15. Здатність здійснювати теоретичний аналіз процесу взаємодії інформаційних електромагнітних випромінювань з біологічними об'єктами. ФК7. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати математичні моделі біофізичних явищ та процесів з використанням апарату математичної фізики.

**Результати навчання** – ПРН5. Вміти досліджувати вплив електромагнітних полів на біологічні об'єкти та проводити розрахунки електромагнітних полів та аналіз математичних моделей пов'язаних з фізичними факторами впливу на біологічні об'єкти та вміти використовувати математичні моделі, пов'язаних з фізичними факторами впливу на біологічний об'єкти. ПРН6. Вміти проводити теоретичний аналіз процесу взаємодії інформаційних електромагнітних випромінювань з біологічними об'єктами.

Програма навчальної дисципліни схвалена:

На засіданні робочої групи Phd PBO (доктора філософії) спеціальності 163 Біомедична інженерія: « 14 » червня 2019 р. Протокол № 5 від 14. 06. 2019 року.

На засіданні кафедри біомедичної інженерії та теоретичної електротехніки:  
« 17 » червня 2019 р. Протокол № 13 від 17. 06. 2019 року.

завідувач кафедри БМІТЕ \_\_\_\_\_ Косуліна Н. Г.

На засіданні робочої групи Phd PBO (доктора філософії) спеціальності 163 Біомедична інженерія: « 29 » червня 2020 р. Протокол № 4 від 29. 06. 2020 року.

На засіданні кафедри біомедичної інженерії та теоретичної електротехніки:  
« 30 » червня 2020 р. Протокол № 13 від 30. 06. 2020 року.

завідувач кафедри БМІТЕ \_\_\_\_\_ Косуліна Н. Г.  
Косуліна Н. Г.

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, Освітня програма освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 3 кредита	Галузь знань Хімічна та біоінженерія Спеціальність 163 Біомедична інженерія	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 2	Спеціальність 163 <b>Біомедична інженерія</b>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістовних модулів – 2		Лекції	
Індивідуальне науково-дослідне завдання  (назва)		14 год.	
		Практичні, семінарські	
		16 год.	
		Лабораторні	
		- год.	- год.
		Самостійна робота	
Загальна кількість годин - 90		30 год.	.
		Індивідуальні завдання:	
	30		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –1; самостійної роботи студента – 2.	Доктор філософії з біомедичної інженерії	Вид контролю:	
		залік	залік

### 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою дисципліни** Метою вивчення дисципліни є поглиблення фундаментальних знань о законах, що описують електромагнітне поле, як вид матерії, освоєння математичного апарату і методів електродинамічного описання явищ та процесів в пристроях різного призначення, вивчення розповсюдження електромагнітних хвиль в вільному просторі та направляючих системах.

Для успішного оволодіння дисципліни студент повинен знати основні закони фізики, основні методи математичного аналізу та вищої математики; вміти працювати за ЕВМ, бути здатним до моделювання процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

**Здатність** освоєння математичного апарату і методів електродинамічного опису явищ і процесів в електротехнічних пристроях різного призначення, вивчення поширення електромагнітних хвиль у вільному просторі і направляючих системах.

**Здобувач повинен знати:** розв'язання фундаментальних рівнянь електродинаміки, що формують основні моделі теорії електромагнітного поля, які використовуються в електротехніці; розповсюдження електромагнітного поля в провідних, діелектричних середовищах та напівпровідникових матеріалах; питання, що пов'язані з поширенням електромагнітних хвиль в атмосфері і їх дифракцією; основи теорії ліній передачі електромагнітної енергії, принципи моделювання „холодних” компонентів кіл, у тому числі з розподіленими параметрами, тощо; особливості фізичних процесів та характеристик, що супроводжують роботу електричних пристроїв.

**вміти:** аналізувати процеси в біомедичному обладнанні і відповідних комплексів і систем, вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням та програмним забезпеченням при виконанні розрахунків режимів роботи біомедичного обладнання, відповідних комплексів та систем, використовувати програмні комплекси для дослідження електромагнітного поля.

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Змістовий модуль 1.

Тема 1. Основи теорії електромагнітного поля. Загальні відомості. Вектори електромагнітного поля. Класифікація середовищ. Основні рівняння електромагнітного поля. Граничні умови. Енергія електромагнітного поля. Векторні та скалярні потенціали. Перетворення векторів електромагнітного поля. Приватні види електромагнітних явищ. Графічні зображення електромагнітного поля. Комп'ютерне моделювання електромагнітних полів. Фізичне моделювання електромагнітних полів. Моделювання мікрополів.

Тема 2. Електростатичне поле. Пондеромоторні сили. Основні рівняння електростатики. Приклади розрахунку полів простої

структури. Використання теореми Гауса. Загальні методи та приклади розрахунку полів. Ємність, сила та енергія поля.

Тема 3. Електричне поле постійного струму. Основні рівняння електричного поля. Аналогія між електростатичним полем та електричним полем в провідному середовищі. Приклади розрахунку стаціонарного електричного поля.

Тема 4. Магнітне поле постійного струму. Основні рівняння магнітного поля. Приклади розрахунку магнітних полів. Електромагнітне поле як об'єкт моделювання. Елементи релятивістської електродинаміки.

### 3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	с.р.	інд	л		п	лаб.	с.р.	інд	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Назва</b>												
Тема 1. Основи теорії електромагнітного поля.												
Тема 2. Електростатичне поле												
Разом за змістовим модулем 1												
<b>Змістовий модуль 2. Назва</b>												
Тема 1. Електричне поле постійного струму.												10
Тема 2. Магнітне поле постійного струму.												10
Разом за змістовим модулем 2												20
<b>Усього годин</b>	60	14	16			30						30
<b>Модуль 2</b>												
ІНДЗ	30											
<b>Усього годин</b>	90											

### 5. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок полів простої структури електростатичного поля. Перетворення векторів електромагнітного поля. Вступні задачі аналізу полів. Визначення граничних умов. Використання теореми	5

	Гауса. Загальні методи та приклади розрахунку поля. Ємність, сила та енергія. Метод дзеркальних зображень. Конформне перетворення (відображення) плоскопаралельних полів. Поляризація, відбиття і переломлення електромагнітних хвиль. Комп'ютерне моделювання електромагнітних полів. Розрахунок динаміки електромагнітного поля пакетом FEMM	
2	Розрахунок стаціонарного електричного поля. Теорема Стокса. Рівняння для векторного потенціалу. Розрахунок стаціонарних електромагнітних полів пакетом FEMM	5
3	Розрахунок магнітних полів. Вступні задачі аналізу магнітного поля. Визначення граничних умов. Використання закону повного струму, симетрії та принципу накладання. Рівняння Лапласа та Пуасона. Закон Біо-Савара. Дзеркальні зображення та інші приклади. Енергія та сила в магнітному полі. Індуктивність. Електромагнітні сили в речовині.	6

## 6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні рівняння змінного електромагнітного поля. Пакети програм для моделювання методами теорії поля.	10
2	Змінне електромагнітне поле в однорідному та ізотропному провідному середовищі.	10
3	Розподіл електромагнітних хвиль в однорідному та ізотропному діелектриках та в напівпровідниках та гіротропних середовищах.	5
4	Запізнюючий потенціал змінного електромагнітного поля та випромінювання електромагнітної енергії	5
5	Електромагнітні хвилі в направляючих системах	10
6	Основи магнітної гідродинаміки	10
7	Надпровідне середовище в електромагнітних полях. Розсіювання Електромагнітних хвиль зарядами.	10
8	Разом	60 з ІНДЗ

## 7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

### 1. Розрахунок електростатичного поля.

ЗАВДАННЯ: Дано переріз багатошарової кулі та циліндру з відомими внутрішніми та зовнішніми радіусами концентрично розташованих шарів. Шар діелектрика характеризується відносною діелектричною проникністю, та в шарі с  $\epsilon_1$  рівномірно розподіляється заряд  $q$ , питома поверхнева щільність якого  $\sigma$ . Зовнішній провідячий шар заземлено. (10 годин).

### 2. Розрахунок магнітного поля постійних струмів.

ЗАВДАННЯ: Дано два мідних циліндра, які служать прямим та зворотним дротом постійного струму.

Розрахувати: Визначити напруженість та векторний потенціал магнітного поля та побудувати графіки зміни цих величин в залежності від відстані, що відлічується від поздовжньої осі циліндрів.

Визначити потік, що проходить через пласку поверхню осевого перерізу, що обмежується віссю з однієї. (10 годин).

3. *Розрахунок електричного поля постійних струмів.*

**ЗАВДАННЯ:**

Дано заземлювач кульової форми та частина кулі, яка розташована в однорідному ґрунті з заданою провідністю  $\gamma$  до якого підводиться струм  $I$ .

Визначити: опір заземлювача; шагову напругу між точками  $A$  та  $B$ ; побудувати графіки розподілу напруженості електричного поля на поверхні землі від точки  $A$  в сторону точки  $B$  на відрізьку  $3h$ . (10 годин).

## **8. ТЕМИ РЕФЕРАТІВ:**

1. Поширення електромагнітних хвиль в гіротропних середовищах.
2. Елемент Гюйгенса, його поле і діаграма спрямованості.
3. Розрахунок ліній зв'язку на основі далекого тропосферного розсіювання.
4. Вплив магнітного поля Землі на поширення іоносферних радіохвиль.
5. Системи супутникового зв'язку. Розрахунок шумів в каналах супутникових радіоліній.

В якості

творчого завдання зараховується виступ студентів з доповідями

## **9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

Лекції; розв'язування задач на практичних; самостійна робота; творчі задачі (реферати).

## **10. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ**

Поточне тестування на ЕОМ, письмові звіти з виконання практичних робіт та індивідуального навчально-дослідного завдання (РГЗ), підсумковий тест на ЕОМ.

- Політика щодо академічної доброчесності: Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із



коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування (наприклад, програма Kahoot).

● Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбутись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

## 11. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	Реферати	ІНДЗ 1	ІНДЗ 2	ІНДЗ 3	тести	100
10	10	10	10	20	10	10	10	10	

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів.

## 12. ПОНЯТІЙНО-ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК КУРСУ (ГЛОСАРІЙ)

**Електричне коло** – сукупність джерел електричної енергії, приймачів та з'єднуючих їх провідників.

**Електрична схема** – умовне графічне зображення електричного кола.

**Реальне джерело енергії** – джерело напруги з величиною електрорушійної сили і внутрішнім опором. У джерелі електричної енергії відбувається перетворення різних видів енергії в електричну.

**Ідеальне джерело енергії** – джерело напруги з нульовим внутрішнім опором.

**Приймач електричної енергії** - елемент кола, в якому електрична енергія перетворюється в теплову, механічну і ін. Енергію.

**Електрична гілка** – ділянку кола, утворена послідовно з'єднаними елементами, за якими протікає один і той же струм.

**Електричний вузол** – точка кола, де сходяться не менше трьох гілок.

**Електричний контур** – будь-який замкнутий ділянка кола.

**Незалежний електричний контур** – це контур, в який входить хоча б одна нова гілка.

**Електрична ємність** – величина, що характеризує здатність провідника утримувати електричний заряд.

**Електрична індукція** – величина, що характеризує електричне поле в речовині поряд з напруженістю.

**Електричний генератор** – пристрій для перетворення різних видів енергії (механічної, хімічної, теплової та ін.) в електричну.

**Електричний двигун** – електрична машина для перетворення електричної енергії в механічну.

**Електричний заряд** – величина, що визначає інтенсивність електромагнітного взаємодії заряджених частинок; джерело електромагнітного поля.

**Електричний струм** – спрямований (упорядкований) рух заряджених частинок: електронів, іонів і ін.

**Електричний трансформатор** – електрична машина, яка не має рухомих частин, що перетворює змінний струм однієї напруги в перемінний струм іншої напруги.

**Електричне поле** – приватна форма прояву електромагнітного поля; створюється електричними зарядами або змінним магнітним полем.

**Електрорушійна сила** – величина, що характеризує джерело енергії неелектростатичної природи в електричному колі, необхідній для підтримання в ній електричного струму.

**Електромагнітне поле** – особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між зарядженими частинками.

**Електромагнітні хвилі** – електромагнітне поле, яке розповсюджується в просторі з кінцевою швидкістю, яка залежить від властивостей середовища.

**Електростатичне поле** – електричне поле нерухомих електричних зарядів.

**Магнітна індукція** – середнє результуюче магнітне поле в середовищі.

**Рівняння Максвелла** – основні рівняння класичної макроскопічної електродинаміки, що описують електромагнітні явища в довільних середовищах і в вакуумі.

**Напруженість електричного поля** – основна силова характеристика електричного поля, що дорівнює відношенню сили, що діє на точковий електричний заряд в даній точці простору, до величини заряду.

**Напруженість магнітного поля** – силова характеристика магнітного поля, яка не залежить від магнітних властивостей середовища. У середовищі визначає внесок в магнітну індукцію, який дають зовнішні джерела струму.

**Чотириполюсник (ЧП)** – пристрій, що містить дві пари затискачів, одна з яких служить для підключення до джерела, а інша - до приймача.

**Симетричний ЧП** – пристрій, який з боку вихідних затискачів представляє таку ж ланцюг, як і з боку вхідних затискачів.

**Пасивний ЧП** – чотириполюсник, який не містить у своїй структурі джерел енергії.

**Нелінійний елемент** – елемент електричного кола, у якого немає лінійної залежності між напругою і струмом.

**Нелінійне коло** – електричне коло, в якій присутній хоча б один нелінійний елемент.

**Коло з розподіленими параметрами або довга лінія** – електричне коло, в якому кожна як завгодно мала ділянка лінії може бути опором і індуктивністю, а між проводами - провідність і ємність.

**Однорідна довга лінія** – це лінія, в якій параметри однієї ділянки повторюються на інших ділянках.

**Довга лінія без втрат** – це лінія, у якій прийняті за нуль значення поздовжнього активного опору і поперечної активної провідності

## 13. ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Балан Г. П. Теоретичні основи електротехніки / Г. П. Балан, П. О. Кравченко, Ю. Ф. Свергун, О. Є. Щербаков. – К.: Видавництво. – 2007. – 325 с.

2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи / Бессонов Л. А. – М.: Высшая школа, 1978. – Ч. 1. – 528 с.

3. Зевеке В. В. Основы теории цепей / Зевеке В. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В., Стахов С. В. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

4. Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи / Матханов П. Н. – М.: Высшая школа, 1981. – 333 с.

5. Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи / Матханов П. Н. – М.: Высшая школа, 1977. – 272 с.

6. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи / Атабеков Г. И.– М.: Энергия, 1978. – Ч. 1. – 592 с.

7. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. Г. И. Атабекова. – М.: Энергия. – 1979. – Ч. 2, 3. – 432 с.

### **Додаткова**

1. Перхач В. С. Теоретична електротехніка / Перхач В. С. – К.: Вища школа. – 1992. – 439 с.

2. Кухаркин Е. С. Основы инженерной электрофизики / Кухаркин Е. С. – М.: Высшая школа. – 1982. – Ч. 1. – 511 с.

3. Ионкин П. А. Основы инженерной электрофизики / П. А. Ионкина. – М.: Высшая школа, 1972. – Ч. 2. – 636 с.

4. Бессонов Л. А. Нелинейные электрические цепи / Бессонов Л. А. – М.: Высшая школа. – 1977. – 342 с.

5. Тамм И. Е. Основы теории электричества / Тамм И. Е. – М.: Высшая школа. – 1972. – 504 с.

### **14. РЕСУРСИ**

1. Бібліотека ХНТУСГ ім. П. Василенка (ННІ енергетики та комп'ютерних технологій).
2. Бібліотека імені В. Г. Короленка (м. Харків, вул. Короленка, 18).
3. Обласна наукова бібліотека (м. Харків, вул. Кооперативна, 13).
4. Адреси в Інтернеті.

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

#### 1. Критерії оцінювання до визначення рівня знань і навичок:

1) «Відмінно» (90-100 балів) – студент виявляє всебічні системні і глибокі знання програмного матеріалу, вільно оперує матеріалом, чітко володіє понятійним апаратом, уміє аналізувати і робити висновки;

2) «Дуже добре» (82-89 бали) – студент виявляє широкий професійний кругозір, уміння логічно мислити, виявляє достатньо системне і глибоке знання програмного матеріалу, чітко володіє понятійним апаратом, проте у відповідях допускаються окремі неточності, які не змінюють суті питання.

3) «Добре» (74-81 бали) – студент виявляє достатньо глибоке знання програмного матеріалу, володіє понятійним апаратом, вміє

аргументувати свої відповіді, проте у відповідях допускаються неточності, які впливають на чіткість.

4) «Задовільно» (64-73 бали) – студент виявляє не достатньо глибоке знання програмного матеріалу, в основному володіє основним понятійним апаратом, але допускає принципові помилки;

5) «Достатньо» (60-63 бали) – студент виявляє слабкі знання, у відповідях не точно формулює причинно-наслідкові зв'язки між явищами і процесами, оперування фактами відбувається на рівні запам'ятовування, допускаються значні помилки.

6) «Незадовільно» (35-59 бали) – студент виявляє значні прогалини в знаннях основного програмного матеріалу, у володінні окремими поняттями, не знає більшої частини фактичного матеріалу, не вміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між явищами і процесами, завчивши матеріал без його усвідомлення.

## **2. Пояснення до критеріїв оцінювання**

Усі види контролю тісно пов'язані між собою та організовуються таким чином, щоб стимулювати ефективну самостійну роботу студентів і забезпечити об'єктивне оцінювання рівня їх знань.

Протягом семестру студенту надається можливість набрати від 60 до 100 балів рейтингового оцінювання в точках контролю (модульне опитування).

Загальну рейтингову оцінку, що складає 100 балів студент отримує, коли у повному обсязі засвоїв навчальний матеріал, вільно в ньому орієнтується, вміє швидко і чітко виконувати практичні завдання, не допускає помилок під час формулювання термінів та виконання семінарських завдань і може бути звільнений від складання екзамену.

Загальну рейтингову оцінку, що складає 80 балів студент отримує, коли у повному обсязі засвоїв навчальний матеріал, достатньо в ньому орієнтується, вміє виконувати практичні завдання, але допускає окремі незначні помилки під час формулювання термінів.

Загальну рейтингову оцінку, що складає 65 балів студент отримує, коли у повному обсязі засвоїв навчальний матеріал, вміє виконувати практичні завдання, але допускає помилки у

формулюванні термінів, у виконанні конкретних видів практичних завдань.

Загальну рейтингову оцінку, що складає менше 65 балів студент отримує, коли він не в повному обсязі засвоїв навчальний матеріал, допускає принципові помилки в відповідях, грубі помилки при виконанні практичних завдань або взагалі не засвоїв навчальний матеріал, та не справляється з виконанням конкретних практичних завдань.

Підсумковий контроль з дисципліни «Експлуатація машин і обладнання переробних та харчових виробництв» проводиться у формі іспиту після закінчення вивчення курсу дисципліни та повного виконання навчальної програми за умови, що студент за модулями не набрав 60 балів. Оцінювання складеного іспиту здійснюється відповідно до рейтингової оцінки 10, 20, 30, 40 балів та за чотирибальною шкалою: “незадовільно”, “задовільно”, “добре”, “відмінно”

Тобто під час іспиту студент може набрати від 10 до 40 балів. Якщо студент під час іспиту набрав менше 10 балів, то він вважається таким, що не склав іспит.

Отже, встигаючим з дисципліни «Експлуатація машин і обладнання переробних та харчових виробництв» вважається студент, що отримав рейтингову оцінку від 65 до 100 балів.