

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук

Институт физических исследований и технологий

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности
03.03.02 «Физика»**

**Квалификация (степень) выпускника
бакалавр**

1. Цели и задачи дисциплины:

Курс излагается для студентов факультета физико-математических и естественных наук 3-го года обучения. Основной целью курса является изучение студентами классической теории электромагнитного поля и его взаимодействия с заряженными частицами.

Содержание курса посвящено изложению фундаментальных сведений по методам электродинамики в применении к задачам макрофизики. В курсе электродинамики даются основные представления о методах описания электромагнитных полей. Курс опирается на классическую механику. Предполагается знание математического анализа.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Электродинамика» относится к базовой части блока Б1.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
1	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	Модуль «Математика», модуль «Общая физика»	Квантовая теория

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование ряда компетенций в соответствии с ОС ВО РУДН.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: методы электродинамики в применении к физическим задачам.

Уметь: решать физические задачи из области электродинамики.

Владеть: способностью применять на практике приобретенные знания в области электродинамики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		А	В	
Аудиторные занятия (всего)	68	32	36	
В том числе:		-	-	
<i>Лекции</i>	34	16	18	
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	34	16	18	
<i>Семинары (С)</i>				
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>		-	-	
Самостоятельная работа (всего)	76	40	36	
Общая трудоемкость	час	144	72	72
	зач. ед.	4	2	2

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Уравнения Максвелла в вакууме как следствие опытных фактов	Уравнения Максвелла в вакууме как следствие опытных фактов. Вектор электрической поляризации. Плотность связанных зарядов. Вектор намагничности. Плотность тока намагничения. Уравнения Максвелла в среде. Граничные условия. Силы, действующие на заряды и токи в

		электромагнитном поле. Энергия электромагнитного поля.
2.	Электростатика	Потенциал электростатического поля, создаваемого заданным распределением зарядов. Мультипольное разложение электростатического потенциала. Потенциал двойного электрического слоя. Поле связанных зарядов. Энергия системы заряженных проводников. Потенциальные и ёмкостные коэффициенты. Силы, действующие на проводники и диэлектрики в электростатическом поле.
3.	Магнитостатика	Магнитное поле, создаваемое заданным распределением токов. Магнитное мультипольное разложение. Поле постоянных магнитов. Теорема эквивалентности Ампера. Магнитные свойства сверхпроводников. Энергия магнитного поля постоянных токов. Индуктивные коэффициенты. Силы, действующие на сверхпроводники и магнетики в постоянном магнитном поле.
4.	Стационарный электрический ток	Поле цилиндрического проводника с постоянным током. Модель Друде омического сопротивления проводников.
5.	Переменное электромагнитное поле	Плоские электромагнитные волны. Отражение и преломление электромагнитных волн на плоской границе раздела двух сред. Запаздывающие электромагнитные потенциалы. Поля электрического и магнитного вибраторов Герца. Мультипольное разложение запаздывающих потенциалов. Излучение линейной антенны. Поле произвольно движущегося электрического заряда. Сила реакции излучения. Рассеяние электромагнитных волн свободными зарядами.
6.	Квазистационарные токи и поля	Уравнения Максвелла в квазистационарном приближении. Квазистационарные токи в линейных цепях. Электромеханическая аналогия. Скин - эффект. Длинные линии. Приближение магнитной гидродинамики. Волны Альвеена.
7.	Электронная теория сред	Уравнения Максвелла - Лоренца и макроскопические уравнения Максвелла. Электронная теория диэлектриков в постоянном электрическом поле. Электронная теория намагничения (слабомагнитные среды). Теория ферромагнетизма по Вейссу. Электронная теория дисперсии и поглощения электромагнитных волн. Излучение Вавилова - Черенкова. Электронная теория оптического эффекта Керра. Электронная теория магнитного вращения плоскости поляризации света (эффекта Фарадея).
8.	Принцип относительности	Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца, его следствия. Относительность одновременности. Преобразование скорости. Четырёхмерные векторы. Четырёхмерная скорость.
9.	Релятивистская механика и движение заряда в электромагнитном поле	Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс частицы. Инвариантная масса. Элементарные частицы в теории относительности. Четырёхмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда во внешнем электромагнитном поле. Калибровочная инвариантность. Постоянное электромагнитное поле. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
10.	Уравнения электромагнитного поля в ковариантной	Первая пара уравнений Максвелла в вакууме. Действие для электромагнитного поля. Четырёхмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Вторая пара уравнений

форме	Максвелла. Плотность энергии и плотность потока энергии. Тензор энергии - импульса электромагнитного поля. Ковариантная форма уравнений Максвелла в среде.
-------	--

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Семина.	СРС	Всего час.
1.	Уравнения Максвелла в вакууме как следствие опытных фактов	3	3	8	14
2.	Электростатика	3	3	8	14
3.	Магнитостатика	3	3	8	14
4.	Стационарный электрический ток	3	3	8	14
5.	Переменное электромагнитное поле	3	3	8	14
6.	Квазистационарные токи и поля	3	3	8	14
7.	Электронная теория сред	3	3	8	14
8.	Принцип относительности	3	3	8	14
9.	Релятивистская механика и движение заряда в электромагнитном поле	3	3	10	16
10.	Уравнения электромагнитного поля в ковариантной форме	3	3	10	16

6. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1.	Уравнения Максвелла в вакууме как следствие опытных фактов	Теорема Гаусса в задачах электростатики. Основы векторного анализа 1. Основы векторного анализа 2. Общее решение уравнения Лапласа в цилиндрических координатах.	2
2.	Электростатика	Мультипольное разложение электростатического потенциала. Метод изображений. Дельта-функция Дирака в криволинейных координатах и ее приложения к задачам электростатики.	1
3.	Магнитостатика	Диэлектрический шар во внешнем однородном электрическом поле. Метод векторного потенциала в магнитостатике. Поле витка с током	1
4.	Стационарный электрический ток	Поле витка с током. Поле равномерно заряженного кольца.	2
5.	Переменное электромагнитное поле	Метод псевдоскалярного потенциала. Самоиндукция линейных проводников. Системы единиц. Поле заряда, равномерно движущегося по окружности.	1
6.	Квазистационарные токи и поля	Преобразование Меллина в квазистатике. Цилиндрические волны.	2
7.	Электронная теория сред	Системы единиц. Поле заряда, равномерно движущегося по окружности.	1
8.	Принцип относительности	Преобразования Лоренца. Аберрация света. Обобщенные преобразования Лоренца.	1
9.	Релятивистская механика и движение заряда в электромагнитном поле	Сокращение длин и времен. Псевдотензоры. Релятивистское уравнение движения заряда.	2
10.	Уравнения электромагнитного поля в ковариантной	Движение заряда в однородном электрическом поле Движение заряда в однородном магнитном поле. 4 волновой вектор. Эффект Комптона	2

форме		
-------	--	--

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторная база Университета позволяет проводить лекционные и лабораторные занятия с мультимедийными средствами обучения.

8. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

МЕНТОР

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС)

Учебный портал РУДН

Научная электронная библиотека РУДН

<http://www.edu.ru/> – федеральный образовательный портал.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/demo/> – кабинет физических демонстраций МГУ.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/ofp/>

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Я.П. Терлецкий и Ю.П. Рыбаков. Электродинамика. М.: Высшая Школа, 1990.

2. Дж. Джексон. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965.

3. В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. Современная электродинамика. М.: Ижевск, 2005.

4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982.

5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. М.: Наука, 1973.

б) список дополнительной литературы и источников в интернете

1. Н.В. Савельев. Основы теоретической физики. М.: Наука, 1991. 424 с.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Необходимо обеспечить себя рекомендованными учебными материалами. Для получения глубоких и прочных знаний, твердых навыков и умений, необходима, кроме проработки лекционного материала, систематическая самостоятельная работа студента. Дополнить конспект лекций, выделить главное студент должен самостоятельно, пользуясь предлагаемыми учебными пособиями.

Методика начисления баллов

1. Посещение – всего максимум 10 баллов.
2. Домашние задания – всего максимум 10 баллов.
3. Контрольные работы – всего максимум 10 баллов.
4. Коллоквиум (2 задания) - всего максимум 20 баллов.

Всего: 50 баллов (максимальная оценка за работу в семестре).

Итоговый контрольный опрос (письменно) -50 баллов (максимум).

Итоговый контроль проводится письменно. По допуску из деканата разрешена пересдача, но не более двух раз.

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Шкала оценок

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки
86-100	5	95-100	5+	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F
51-60	Зачет		Зачет	Passed

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Электродинамика (3-й курс, 5-й семестр)

Направление/Специальность: 03.03.02 Физика

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства													Баллы темы	Баллы раздела				
			Текущий контроль										Промежуточная аттестация								
			Опрос	Тест	Коллоквиум	Контрольная работа	Выполнение ЛР	Выполнение КР/КП	Выполнение ДЗ	Реферат	Выполнение РГР	Посещение	...	Экзамен/Зачет			
ОПК-3	Раздел 1: Уравнение Максвелла	Тема 1: Уравнения Максвелла в вакууме и среде				10								50			9	27			
		Тема 2: Стационарные поля: Электростатика		5	10				2										9		
		Тема 3: Стационарные поля: Магнитостатика																	9		
ОПК-3	Раздел 2: Переменное электромагнитное поле	Тема 1: Переменные поля в вакууме и среде					10										50			8	16
		Тема 2: Квазистационарные токи и поля и токи			10						2									8	
ОПК-3	Раздел 3: Релятивистская электродинамика	Тема 1: <u>Релятивистская кинематика</u>						10												50	
		Тема 2: Движение зарядов в электромагнитном поле, энергия и импульс								1									3		
		ИТОГО:		5	20	10				5			10			50			50		100

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Электродинамика

Направление/Специальность: 03.03.02 Физика

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства													Баллы темы	Баллы раздела		
			Текущий контроль										Промежуточная аттестация						
			Опрос	Тест	Коллоквиум	Контрольная работа	Выполнение ЛР	Выполнение КР/КП	Выполнение ДЗ	Реферат	Выполнение РГР	Посещение	Экзамен/Зачет				
ОПК-1	Раздел 1: Релятивистская кинематика	Тема 1: Принцип относительности Галилея и гипотеза эфира				10			1			2		50			10	60	
		Тема 2: Постулаты принципа относительности и свойства пространства-времени		5	10				1			2				10			
		Тема 3: Преобразование Лоренца и его следствие. Тензоры и 4-векторы							1			2				10			
ОПК-1	Раздел 2: Релятивистская электродинамика	Тема 1: Ковариантная запись уравнения Максвелла и закона сохранения заряда, уравнения Минковского			10				1			2						10	40
		Тема 2: Тензор энергии – импульса и законы сохранения, Принцип наименьшего действия							1			2				10			
		ИТОГО:		5	20	10			5			10		50			50	100	

Электродинамика (Тест №1)

1. Связь $\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P}$ между вектором электрической индукции и вектором поляризации диэлектрика справедлива

- А) В слабых электромагнитных полях и изотропных средах
- Б) В сильных электромагнитных полях и изотропных средах
- В) В сильных электромагнитных полях и анизотропных средах
- Г) В любых электромагнитных полях и любых средах

2. Уравнение состояния $\vec{D} = \epsilon\vec{E}$ справедливо

- А) В слабых электромагнитных полях и изотропных средах
- Б) В сильных электромагнитных полях и изотропных средах
- В) В сильных электромагнитных полях и анизотропных средах
- Г) В любых электромагнитных полях и любых средах

3. Граничные условия в случае отсутствия зарядов на пограничной поверхности для вектора напряженности электрического поля \vec{E} и электрической индукции \vec{D} имеют вид

- А) $\epsilon_1 E_{1n} = \epsilon_2 E_{2n}, E_{1t} = E_{2t}, \epsilon_1 D_{2n} = \epsilon_2 D_{1n}, D_{1n} = D_{2n}$
- Б) $\epsilon_1 E_{1n} = \epsilon_2 E_{2n}, E_{1t} = E_{2t}, \epsilon_1 D_{1n} = \epsilon_2 D_{2n}, D_{1n} = D_{2n}$

4. Граничные условия в случае отсутствия токов на пограничной поверхности для вектора напряженности магнитного поля \vec{H} и магнитной индукции \vec{B} имеют вид

- А) $\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}, H_{1t} = H_{2t}, \mu_1 B_{1t} = \mu_2 B_{1t}, B_{1n} = B_{2n}$
- Б) $\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}, H_{1t} = H_{2t}, \mu_1 B_{2t} = \mu_2 B_{1t}, B_{1n} = B_{2n}$

5. Электростатический потенциал φ непрерывен в случае

- А) При ограниченности плотности заряда
- Б) Для двойных электрических слоев

6. В магнитостатике справедливы утверждения

- А) $\vec{j} \neq 0$
- Б) $\vec{j} = \sigma\vec{E}$
- В) $\text{div}\vec{j} = -\frac{\partial\rho}{\partial t}$
- Г) $\text{div}\vec{A} = 0, \vec{B} = \text{rot}\vec{A}$

7. В области квазистационарных явлений справедливы следующие условия

- А) $\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \neq 0, \frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = 0$
- Б) $\frac{1}{4\pi} \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \ll \vec{j}$
- В) $\text{div}\vec{A} = 0, \vec{B} = \text{rot}\vec{A}$
- Г) $\Delta\varphi = -\frac{4\pi\rho}{\epsilon}$ в однородной среде

8. Западающие потенциалы из всех решений неоднородного волнового уравнения выделяются следующими условиями

- А) Нулевые начальные условия задачи Коши

Б) Существование поверхности перед фронтом волны, на которой поле должно отсутствовать

9. Волновая зона электромагнитного излучения выделяется следующими условиями (r - расстояние от источника до точки наблюдения, l - характерный размер источника, λ - длина излучаемой волны)

А) $r \gg l, r \gg \lambda, l \gg \lambda$

Б) $r \gg l, r \gg \lambda, \lambda \gg l$

10. Полная энергия дипольного излучения, усредненная по периоду колебаний поля зависит от длины волны следующим образом

А) λ^4

Б) λ^{-4}

11. Граничное условие для вектора магнитной индукции \vec{B} для ферромагнетиков имеет вид

А) \vec{B} направлен по касательной к поверхности ферромагнетика

Б) \vec{B} направлен по нормали к поверхности ферромагнетика

12. Магнитогидродинамические волны бывают

А) Только поперечными

Б) Только продольными

В) Как поперечными, так и продольными

13. Механизм парамагнетизма обусловлен

А) Гироскопическим эффектом

Б) Ориентацией молекулярных токов вдоль поля

14. Глубина скин-слоя зависит от частоты протекающего по проводнику тока как

А) $\omega^{\frac{1}{2}}$

Б) $\omega^{-\frac{1}{2}}$

Электродинамика (Тест №2)

1. Два события могут быть причинно связаны друг с другом только в том случае, если интервал между ними

А) пространственноподобный

Б) времениподобный

В) изотропный

2. Самую большую длину (собственная длина) стержень имеет в :

А) в системе отчета, где он покоится

Б) в лабораторной системе

В) в системе центра масс.

3. Преобразования Лоренца

А) коммутативны

Б) некоммутируют

В) коммутативны, если меняется только одна пространственная координата.

4. Абберация света это:

А) изменение направления скорости при переходе от одной ИСО к другой

Б) изменение изображения.

5. Компоненты 4-потенциала при переходе от одной ИСО к другой преобразуются как:

- А) 4-вектора
 - Б) 4-тензора валентности 2.
6. При преобразованиях Лоренца не меняется:
- А) квадрат «длины» 4-радиус вектора
 - Б) собственное время
 - В) интервал между двумя событиями
 - Г) элемент 4-объема
7. Поднятие и опускание индексов у 4-тензоров осуществляется с помощью:
- А) единичного тензора
 - Б) метрического тензора
 - В) полностью антисимметричного псевдотензора
8. При отражениях системы координат компоненты псевдотензора:
- А) меняют знак
 - Б) не меняют знак.
9. Для свободной частицы временная компонента 4-импульса связана:
- А) с энергией
 - Б) со временем.
10. При переходе от одной ИСО к другой, с помощью преобразований Лоренца электромагнитное поле преобразуется как:
- А) 4-вектор
 - Б) 4-тензор второго ранга.
11. С помощью антисимметричного 4-тензора электромагнитного поля можно составить следующие инвариантные величины:
- А) сумму квадратов электрической и магнитной напряженностей
 - Б) разность квадратов электрической и магнитной напряженностей
 - В) вектор Умова-Пойнтинга
12. Для пробного заряда, находящегося в электромагнитном поле, контравариантные компоненты обобщенного 4-импульса выражаются через:
- А) трехмерный импульс
 - Б) трехмерный вектор-потенциал.
13. Тензор электромагнитного поля выражается через
- А) 4-вектор –потенциал
 - Б) 4- вектор плотности тока
14. Уравнения Максвелла без источников в четырехмерных обозначениях можно записать с помощью:
- А) свертки с полностью антисимметричным тензором
 - Б) обычных частных производных
 - В) ковариантных производных
15. Уравнения Максвелла с источниками в четырехмерных обозначениях возможно записать с помощью:
- А) 4- вектора плотности тока
 - Б) тензора электромагнитного поля

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ
К РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕМУ КОНТРОЛЬНОМУ ОПРОСУ
по курсу лекций «Электродинамика»**

ТЕМА 1

Основные величины макроскопической электродинамики.

Основные величины макроскопической электродинамики. Уравнения Максвелла. Следствия из уравнений Максвелла

ТЕМА 2

Электростатика

Уравнения для электростатического потенциала. Граничные условия. Энергия электростатического поля. Тензор напряжений.

ТЕМА 3

Магнитостатика

Основные задачи. Магнитный момент системы токов Энергия в магнитостатике. Сверхпроводники. Скин-эффект. Приближение магнитной гидродинамики Энергия и силы в квазистатике.

ТЕМА 4

Квазистационарные явления

Линейные проводники. Скин-эффект. Приближение магнитной гидродинамики. Энергия и силы в квазистатике. Решение уравнений для потенциалов. Метод формул Грина и формулы Кирхгофа. Запаздывающие и опережающие потенциалы как решение задачи Коши

ТЕМА 5

Проблема излучения

Излучение. Уравнения для потенциалов. Метод формул Грина и формулы Кирхгофа. Запаздывающие и опережающие потенциалы как решение задачи Коши Потенциалы Льенара-Вихерта. Сила реакции излучения. Излучение от электрического и магнитного дипольного моментов. Рассеяние электромагнитных волн свободными электронами.

ТЕМА 6

Распространение электромагнитных волн

Плоские электромагнитные волны в непроводящей среде. Дисперсия.

ТЕМА 7

Принцип относительности»

Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы.

ТЕМА 8

Релятивистская механика»

Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс.

ТЕМА 9

Заряд в электромагнитном поле»

Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле. Постоянное электромагнитное поле. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты поля.

ТЕМА 10

Уравнения электромагнитного поля»

Первая пара уравнений Максвелла. Действие для электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Вторая пара уравнений Максвелла. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля

Руководитель направления 03.03.02

Директор института физических исследований и технологий, д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза