

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
филиал МГУ в г. Севастополе  
Факультет естественных наук  
кафедра физики и геофизики



УТВЕРЖДАЮ



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Наименование дисциплины (модуля)**  
**Электромагнетизм**

код и наименование дисциплины (модуля)

**Уровень высшего образования:**  
*специалитет*

**Направление подготовки:**  
**03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика**

*(код и название направления/специальности)*

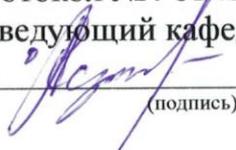
**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**общий**

*(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)*

**Форма обучения:**  
**очная**

*очная, очно-заочная*

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры физики и геофизики  
протокол №4 от «21» июня 2023 г.  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

(К.В. Показеев)

Рабочая программа одобрена  
Методическим советом  
Филиала МГУ в г. Севастополе  
Протокол №6 от «28» июня 2023 г.

  
(подпись)

(Л.И. Теплова)

Севастополь, 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1780 (в редакции приказа МГУ от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404), приказами об утверждении изменений в ОС МГУ от 29 мая 2023 года №700, от 29 мая 2023 года № 702, от 29 мая 2023 года № 703

Год (годы) приема на обучение: с 2020



*курс – 2*

*семестры – 3*

*зачетных единиц – 6*

*академических часов – 126, в т.ч.*

*лекций – 54 часа*

*практических занятий – 72 часа*

*Форма промежуточной аттестации:*

*зачет и экзамен в 3 семестре*

## **1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.**

Курс «Электромагнетизм», читаемый в 3 семестре, представляет собой основу для всего дальнейшего обучения студента-физика. В нем вводятся основные принципы теории и практика решения задач, общих для большинства физических систем. Математической основой курса являются разделы курса математики, включая, в частности, математический анализ, аналитическую геометрию, линейную алгебру, теорию функций комплексной переменной, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения и вариационное исчисление.

## **2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).**

Успешное освоение дисциплин «Математический анализ» (за 1 и 2 семестры) и «ТФКП».

## **3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

понятия:

- Электростатическое поле в вакууме
- Проводники в электростатическом поле.
- Электрическое поле в диэлектрике.
- Энергия электрического поля.
- Постоянный электрический ток.
- Магнитное поле в вакууме.
- Магнитное поле в веществе.
- Электромагнитная индукция.
- Электрические колебания.
- Энергия электромагнитного поля.
- Относительность электрического и магнитного полей.

Уметь:

- Применять изученные методы при решении задач.

Владеть:

- Уравнениями Максвелла.

Иметь опыт:

- Решения задач по электричеству и магнетизму с применением соответствующего математического аппарата.

## **4. Формат обучения – контактный.**

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 6 з. е., в том числе 126 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 90 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

**6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.**

**6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.**

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
Электрическое поле в вакууме	Консультации, 5	Решение задач, 6	10	21	-
Проводники в электрическом поле.	Консультации, 5	Решение задач, 6	10	21	-
Диэлектрики. Электрическое поле в диэлектриках.	Консультации, 5	Решение задач, 7	10	22	-
Энергия электростатического поля. Пондеромоторные силы.	Консультации, 5	Решение задач, 7	10	22	-
Постоянный электрический ток.	Консультации, 5	Решение задач, 7	10	22	Контрольная работа
Магнитное поле токов.	Консультации, 5	Решение задач, 7	10	22	-
Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля.	Консультации, 5	Решение задач, 7	10	22	-
Магнетики. Магнитное поле в веществе.	Консультации, 5	Решение задач, 6	10	21	-
Переходные процессы в электрических цепях. Электромагнитные колебания.	Консультации, 5	Решение задач, 7	10	22	Контрольная работа
Система	Консультации	Решение	10	22	-

уравнений Максвелла электромагнитного поля.	тации, 5	задач, 7			
Теория электронной проводимости. Полупроводники. Сверхпроводимость.	Консультации, 4	Решение задач, 5	12	21	-
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, курсовая работа, творческая работа (эссе)	-	-	-	-	-
	54	72	112	126	
Промежуточная аттестация (зачет и экзамен)			14	14	
<b>Итого</b>				252	

## 6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
Лекции		
1.	Тема 1.	<p>Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Развитие физики электричества в работах М.В. Ломоносова. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Опыт Милликена. Закон сохранения электрического заряда.</p> <p>Электростатика. Закон Кулона и его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Силовые линии и их свойства.</p>
2.	Тема 2.	<p>Поток вектора напряженности электрического поля. Электростатическая теорема Остроградского-Гаусса, ее представление в дифференциальной форме. Теорема Ирншоу.</p> <p>Нормальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности.</p> <p>Работа сил электростатического поля, его потенциальность. Потенциал. Нормировка потенциала. Связь вектора напряженности электростатического поля и потенциала.</p>

		Потенциал системы зарядов.
3.	Тема 3.	Локальная связь между потенциалом и напряженностью электрического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.
4.	Тема 4.	<p>Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема о циркуляции, ее представление в дифференциальной форме. Тангенциальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности.</p> <p>Электростатическое поле в веществе. Микро- и макроскопические поля. Явление электростатической индукции.</p> <p>Проводники в электростатическом поле. Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Механизм образования поля вблизи поверхности проводника. Влияние кривизны поверхности проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Проводящий шар в однородном электростатическом поле. Силы, действующие на заряд проводника.</p>
5.	Тема 5.	<p>Свойства замкнутой проводящей однородной оболочки. Электростатическая защита от внешнего поля. Электростатически независимые части пространства. Экранировка зарядов. Метод электростатических изображений.</p> <p>Связь между зарядами и потенциалами проводников. Емкость уединенного проводника. Простые конденсаторы и их емкость. Параллельное и последовательное соединение батареи конденсаторов. Система проводников. Емкостные коэффициенты.</p>
6.	Тема 6.	<p>Диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризации. Связь вектора поляризации со связанными зарядами (теорема Гаусса для вектора поляризации).</p> <p>Граничные условия для нормальной составляющей вектора поляризации. Вектор электрической индукции и теорема Гаусса. Граничные условия при наличии диэлектриков. Материальное уравнение для электрического поля. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость</p>

		<p>вещества.</p> <p>Граничные условия для изотропных диэлектриков. Поле в однородном изотропном диэлектрике. Взаимосвязь свободных и связанных зарядов. Электрическое поле в полостях диэлектрика. Диэлектрический шар в однородном электрическом поле</p> <p>Факторы формы диэлектрика.</p>
7.	Тема 7.	<p>Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле, неполярные диэлектрики. Формула Клаузиуса-Моссотти. Полярные диэлектрики. Функция Ланжевена. Поляризация ионных кристаллов.</p> <p>Электрические свойства кристаллов. Пирозлектрики. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект и их применение.</p> <p>Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри. Применение сегнетоэлектриков.</p>
8.	Тема 8.	<p>Энергия системы электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия электрического диполя во внешнем поле.</p> <p>Пондеромоторные силы в электрическом поле и методы их вычислений. Связь пондеромоторных сил с энергией системы зарядов. Объемные и поверхностные пондеромоторные силы в проводниках и диэлектриках.</p>
9.	Тема 9.	<p>поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности. Условие стационарности тока.</p> <p>Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление.</p> <p>Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная электропроводность вещества. Токи в сплошных средах. Заземление.</p> <p>Объемное распределение заряда в проводящих средах. Граничные условия и поверхностное распределение заряда для поверхностей раздела двух проводников и проводника с диэлектриком.</p>
10.	Тема 10.	<p>Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома</p>

		для замкнутой цепи. Разветвленные цепи. Узлы и простые контуры. Правила Кирхгофа. Примеры их применения. Метод контурных токов.
11.	Тема 11.	Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био-Савара-Лапласа и его полевая трактовка. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Уравнение $\operatorname{div}\mathbf{B} = 0$ . Понятие о векторном потенциале. Релятивистская природа магнитных взаимодействий.
Семинары		
1.	Темы 1-2	Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции.
2.	Темы 3-4	Электростатическая теорема Гаусса.
3.	Темы 5-6	Работа сил и потенциал электростатического поля.
4.	Темы 7-8	Уравнения Пуассона и Лапласа. Электрический диполь и его поле.
5.	Тема 9	Проводники в электростатическом поле.
6.	Тема 10	Метод электростатических изображений.
7.	Темы 11-12	Емкость. Простые конденсаторы и их соединения.
8.	Темы 13-14	<b>Контрольная работа 1.</b>
9.	Темы 15-16	<b>Разбор и анализ решений задач контрольной работы 1.</b>
10.	Тема 17	Однородный диэлектрик в электростатическом поле. Граничные условия.
11.	Тема 18	Неоднородный диэлектрик в электростатическом поле.

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

### 7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Система контроля знаний включает промежуточную аттестацию в виде зачета и экзамена в конце третьего семестра после прохождения курса. Текущая аттестация осуществляется посредством выполнения студентами контрольных работ. Контрольные работы состоят из 3-4-х задач по темам, изученным на практических занятиях. Результаты

контрольных работ служат основой для проставления зачета. Зачет также включает решение задач и ответы на вопросы преподавателя. Экзамен проводится в устной форме и оценивается по четырехбалльной системе: “неудовлетворительно”, “удовлетворительно”, “хорошо”, “отлично”.

Примеры задач контрольных работ:

Вариант 1

Фамилия.....

1. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин плотностью  $\rho=0,8 \text{ г/см}^3$ . Какой должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же? Диэлектрическая проницаемость керосина  $\epsilon=2$  (рис.1)

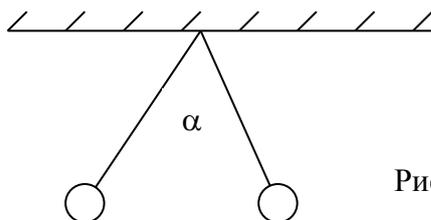


Рис.1.

2. Две концентрические сферы радиусами  $R_1=20 \text{ см}$   $R_2=50 \text{ см}$  заряжены соответственно одинаковыми зарядами  $Q=100 \text{ нКл}$ . Определить энергию электростатического поля, заключенную между сферами.

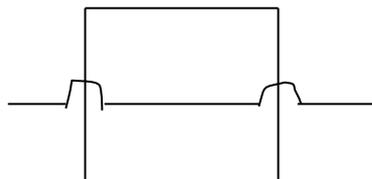
3. Циклотроны позволяют ускорять протоны до энергий 20 МэВ. Определите радиусы дуантов циклотрона, если магнитная индукция  $B = 2 \text{ Тл}$ .

Вариант 2

Фамилия.....

1. В вершинах квадрата со стороной 5 см находятся одинаковые положительные заряды  $Q = 2 \text{ мКл}$ . Определите напряженность электрического поля: 1) в центре квадрата, 2) в середине одной из сторон квадрата.

2. Две гладкие замкнутые металлические шины, расстояние между которыми равно 30 см со скользящей перемычкой, которая может перемещаться без трения, находятся в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$ , перпендикулярном плоскости контура. Перемычка массой  $m = 5 \text{ г}$  скользит вниз с постоянной скоростью  $v = 0,5 \text{ м/с}$ . Определите сопротивление перемычки, пренебрегая самоиндукцией контура и сопротивлением остальной части контура. (рис.)



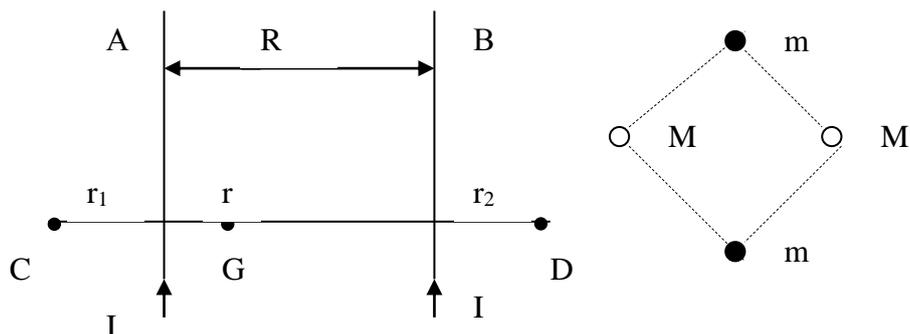
3. Определите емкость коаксиального кабеля длиной  $\ell=10 \text{ м}$ , если радиус его центральной жилы  $r_1=1 \text{ см}$ , радиус оболочки  $r_2=1,5 \text{ см}$ , а изоляционным материалом служит резина ( $\epsilon =2,5$ ).

Вариант 3

Фамилия.....

1. По двум бесконечно длинным проводам, находящимся на расстоянии  $R=10 \text{ см}$  друг от друга в вакууме, текут токи  $I_1=20 \text{ А}$  и  $I_2=30 \text{ А}$  одинакового направления. Определите магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого токами в точках, лежащих на прямой, соединяющей оба провода, если 1) точка С лежит на расстоянии  $r_1=2 \text{ см}$  левее левого провода, 2) точка D лежит на

расстоянии  $r_2=3$  см правее правого провода; 3) точка G лежит на расстоянии  $r_3=4$  см правее левого провода.



2. По бесконечно прямому полному круговому цилиндру протекает параллельно оси цилиндра постоянный ток, равномерно распределенный по его поверхности. Показать, что поле тока внутри цилиндра равно нулю.

3. В противоположных вершинах квадрата (рис.) оказались два протона (заряды  $+e$ , массы  $M$ ) и два позитрона (заряды  $+e$  и массы  $m_e \ll M$ ) все с нулевыми скоростями. Оценить скорости частиц после полного “развала” системы.

## 7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

- для экзамена

Вопросы экзаменационных билетов:

### Билет №1

1. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Фундаментальные свойства заряда.

2. Электромагнитная индукция. Формула и закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Механизмы электромагнитной индукции. Токи Фуко. Дифференциальная форма закона Фарадея. Индукционные методы измерения магнитной индукции (флюксметр) и магнитного напряжения (пояс Роговского).

### Билет №2

1. Закон Кулона. Метод Кавендиша. Точечный и пробный заряды. Электрическое поле и его напряженность. Принцип суперпозиции электрических полей. Дискретное и непрерывное распределения заряда. Силовые линии и их свойства.

2. Явление самоиндукции. Коэффициент самоиндукции. Батареи индуктивностей. Явление и коэффициенты взаимной индукции. Методы расчета коэффициентов индукции.

### Билет №3

1. Поток напряженности электрического поля. Электростатическая теорема Гаусса. Нормальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности. Дивергенция и формула Остроградского-Гаусса. Дифференциальная форма теоремы Гаусса. Теорема Ирншоу.

2. Магнитное поле в веществе. Магнетики. Микроскопические и макроскопические магнитные поля, молекулярные токи и токи намагничивания. Вектор намагниченности. Граничное условие для тангенциальной составляющей вектора намагниченности. Теорема о циркуляции для вектора намагниченности в интегральной и дифференциальной формах.

### Билет №4

1. Работа сил электростатического поля. Теорема о циркуляции напряженности поля. Тангенциальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности. Ротор и формула Стокса. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

2. Напряженность магнитного поля. Материальное уравнение. Магнитные восприимчивость и проницаемость вещества. Граничные условия для векторов магнитного поля. Закон преломления линий магнитной индукции. Магнитная защита.

#### Билет №5

1. Разность потенциалов и потенциал электростатического поля. Локальная связь между потенциалом и напряженностью поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства. Потенциал системы точечных зарядов и непрерывного распределения зарядов. Уравнения Пуассона и Лапласа.

2. Поле в однородном изотропном магнетике. Взаимосвязь токов проводимости и намагничивания. Неограниченный и ограниченный непроводящий магнетик в системе проводников с токами.

#### Билет №6

1. Электрический диполь. Потенциал и напряженность электрического поля точечного диполя, электрически нейтральной и нескомпенсированной систем зарядов.

2. Энергия магнитного поля при наличии магнетиков. Силы, действующие на магнетики в магнитном поле. Объемные силы. Учет формы магнетика.

#### Билет №7

1. Электростатическое поле в веществе. Микро- и макроскопические поля. Теоремы для макроскопических полей. Проводники в электростатическом поле. Электрическое поле внутри и у поверхности проводника. Распределение заряда по проводнику. Механизм образования поля вблизи поверхности проводника. Роль кривизны поверхности проводника. Силы, действующие на заряд проводника.

2. Гиромагнитные эффекты. Механический и магнитный моменты атома.  $g$ -Фактор. Магнитомеханический эффект Эйнштейна-де Гааза. Механомагнитный эффект Барнетта.

#### Билет №8

1. Свойства замкнутой проводящей однородной оболочки. Электростатически независимые части пространства. Электростатическая защита от внешнего поля. Экранировка зарядов. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроёмкость. Простые конденсаторы. Ёмкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Ёмкость батареи конденсаторов.

2. Диамагнетики. Механизм намагничивания. Гиромагнитное отношение. Ларморова прецессия. Классическое описание диамагнетизма. Парамагнетики. Теория Ланжевена.

#### Билет №9

1. Диэлектрики в электростатическом поле. Механизмы электрической индукции. Связанные заряды и вектор поляризации. Аналог теоремы Гаусса для вектора поляризации. Граничные условия для нормальной составляющей вектора поляризации.

2. Вынужденные колебания в контуре. Процесс установления вынужденных колебаний. Резонанс. Напряжения и токи при резонансе. Резонансная кривая, ее амплитуда и ширина. Разность фаз и мощность э.д.с. при резонансе.

#### Билет №10

1. Электрическая индукция и теорема Гаусса. Материальное уравнение для электрического поля. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Граничные условия при наличии диэлектриков.

2. Квазистационарные электромагнитные процессы. Условия квазистационарности. Время релаксации Максвелла. Переходные процессы в электрических цепях. RC- и RL-цепи.

#### Билет №11

1. Поле в однородном изотропном диэлектрике. Взаимосвязь свободных и связанных зарядов. Неограниченный диэлектрик. Поле в полостях диэлектрика. Измерение напряженности и индукции. Факторы формы диэлектрика.

2. Колебательный контур. Собственные колебания в контуре. Формула Томсона. Гармонические и затухающие колебания. Энергия гармонических колебаний. Коэффициент затухания. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура.

#### Билет №12

1. Энергия системы точечных зарядов. Энергия системы непрерывно распределенных зарядов. Взаимная и собственная энергии зарядов. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия точечных заряда и диполя во внешнем поле.

2. Переменный синусоидальный ток. Метод комплексных амплитуд. Комплексное сопротивление – импеданс. Активное и реактивное сопротивления. Закон Ома и правила Кирхгофа для цепей переменного тока. Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения силы тока и напряжения. Коэффициент мощности цепи.

Билет №13

1. Пондеромоторные силы в электростатическом поле. Силы, действующие на точечный заряд, непрерывно распределенный заряд и точечный диполь. Силы в проводниках. Объемные силы в диэлектриках.

2. Система уравнений Максвелла, как обобщение опытных данных. Взаимные превращения электрических и магнитных полей, ток проводимости и ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

Билет №14

1. Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле. неполярные диэлектрики. Электронная поляризуемость молекулы. Формула Моссооти-Клаузиуса.

2. Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление. Соединение проводников. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная электропроводность вещества.

Билет №15

1. Классификация и электрические свойства кристаллических диэлектриков. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект. Пирозэлектрики. Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков, гистерезис, точка Кюри. Применение сегнетоэлектриков.

2. Переменный синусоидальный ток. Метод векторных диаграмм. Резонанс напряжений и резонанс токов.

Билет №16

1. Постоянный электрический ток. Действия электрического тока. Плотность и сила тока. Линии, трубки и нити тока. Уравнение непрерывности и условие стационарности тока.

2. Ферромагнетики. Характерные особенности ферромагнетиков. Кривая Столетова. Магнитный гистерезис. Точка Кюри. Закон Кюри-Вейса. Природа ферромагнетизма. Спонтанная намагниченность и доменная магнитная структура.

Билет №17

1. Система уравнений Максвелла, как обобщение опытных данных. Взаимные превращения электрических и магнитных полей, ток проводимости и ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

2. Энергия магнитного поля и пондеромоторные силы. Поверхностные силы. Максвелловские силы натяжения и давления.

Билет №18

1. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Механизм поддержания постоянного тока. Сторонние силы и их электродвижущая сила. Обобщенный закон Ома в дифференциальной и интегральной формах. Закон Ома для замкнутой цепи.

2. Теорема Гаусса для магнитного поля. Дивергенция магнитной индукции. Поток магнитной индукции.

Билет №19

1. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Ампера. Принцип суперпозиции. Закон Ампера и третий закон Ньютона.

2. Проводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимости. Полупроводники p и n типа. Электронно-дырочный (p-n)-переход. Применение полупроводников.

Билет №20

1. Магнитное поле и вектор индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера. Принцип суперпозиции. Поле прямого тока и сила взаимодействия прямых токов. Силовые линии магнитного поля и их свойства.

2. Контактные явления в проводниках. Работа выхода и контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления Зеебека, Пельтье и Томсона. Термопары.

#### Билет №21

1. Теорема о циркуляции магнитной индукции. Магнитное напряжение. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

2. Трансформатор – устройство и принцип действия. Коэффициент трансформации. Высокочастотные токи. Скин-эффект. Толщина скин-слоя.

#### Билет №22

1. Классическая электронная теория проводимости Друде-Лоренца. Опыт Рикке. Опыты Толмена и Стюарта. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории. Закон Видемана-Франца. Трудности классической теории.

2. Система уравнений Максвелла, как обобщение опытных данных. Взаимные превращения электрических и магнитных полей, ток проводимости и ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

#### Билет №23

1. Силы, действующие на токи в магнитном поле. Элементарный ток и его магнитный момент. Элементарный ток в однородном магнитном поле. Пробный виток с током в неоднородном магнитном поле.

2. Стационарные токи и электрическое поле в сплошных средах. Задача о двух электродах. Заземление. Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.

#### Билет №24

1. Движущиеся заряды и электромагнитное поле. Сила Лоренца. Движение заряда в электромагнитном поле: однородное электрическое поле, однородное магнитное поле, электрический дрейф. Эффект Холла. Магнитное поле движущегося заряда. Опыты Роуланда и Эйхенвальда.

2. Понятие о зонной теории твердых тел. Энергетические уровни и формирование энергетических зон. Принцип Паули и статистика Ферми-Дирака. Особенности зонной структуры металлов, полупроводников и диэлектриков. Объяснение проводимости твердых тел с помощью зонной теории.

#### Билет №25

1. Связь пондеромоторных сил с энергией системы зарядов. Поверхностные силы в диэлектриках. Максвелловские силы натяжения и давления.

2. Магнитное поле в полостях магнетика. Измерение напряженности и индукции магнитного поля. Факторы формы магнетика. Слабые и сильные магнетики.

#### Билет №26

1. Разветвленные электрические цепи. Правила Кирхгофа. Метод контурных токов. Примеры применения.

2. Понятие о векторном потенциале. Кулоновская калибровка потенциала. Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока.

#### Билет №27

1. Полярные диэлектрики. Функция Ланжевена. Формула Ланжевена-Дебая. Закон Кюри. Поляризация ионных кристаллов. Модель упругой связи.

2. Собственная энергия электрического тока. Объемная плотность энергии магнитного поля. Энергия системы контуров с током. Энергия поля и пондеромоторные силы. Взаимодействие контуров с током.

#### Билет №28

1. Электрическое поле стационарных токов. Граничные условия и поверхностное распределение заряда. Поверхность раздела двух проводников. Поверхность раздела проводника с диэлектриком. Поле в изогнутом проводнике с током. Квазилинейный проводник.

2. Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Магнитная индукция внутри сверхпроводника. Эффект Мейснера. Критическое поле. Природа сверхпроводимости. Применение сверхпроводников.

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
<b>Знания</b> (домашние задания)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (контрольные работы)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (экзамен)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

- для зачета

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Не зачтено	Зачтено		
<b>Знания</b> (домашние задания)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (контрольные работы)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (зачет)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

## 8. Ресурсное обеспечение:

### – Перечень основной и дополнительной литературы

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: Учебное пособие / И.Е. Иродов. – 15-е изд. стер. – М.: Лань, 2018. – 420 с.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм. – 11-е изд., испр. и доп. – М.: Физматлит, 2003. – 616 с.
3. Алешкевич В.А. Электромагнетизм / В.А. Алешкевич. – М.: Физматлит, 2014. – 404 с.
4. Калашников С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. – 6-е изд. – М.: Физматлит, 2008. – 624 с.
5. Сивухин Д.В. Курс общей физики: в 5 т. Т 3 / Д.В. Сивухин. – 6-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2015. – 656 с.

– **Описание материально-технического обеспечения.**

- Учебный кабинет №173, (40,71м<sup>2</sup>)
- Учебных столов – 9 шт., стульев – 19 шт.,
- 3-х створчатая доска для мела – 1 шт.,
- Стол для преподавателя – 1 шт.
- Стационарный экран для проектора – 1 шт.

**9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.**

**10. Язык преподавания русский.**

**11. Преподаватель (преподаватели).**

Кандидат физико-математических наук, Татьяна Борисовна Шапаева.

**12. Автор (авторы) программы.**

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики, кандидат физико-математических наук Олег Евгеньевич Кульша.

**ОФОРМЛЕНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ,  
ПРОВОДИМОЙ В ФОРМЕ УСТНОГО ЭКЗАМЕНА**

Формат (в зависимости от количества вопросов, наличия или отсутствия задач и т.п.) А-5 или А-6

**ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени М.В. ЛОМОНОСОВА в г. СЕВАСТОПОЛЕ**

Направление 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

(шифр (шифры) и название (названия) направления (направлений) подготовки)

Учебная дисциплина

Электромагнетизм

Семестр 3

**Экзаменационный билет № 1**

1. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Фундаментальные свойства заряда.
2. Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление. Соединение проводников. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная электропроводность вещества.
3. Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Магнитная индукция внутри сверхпроводника. Эффект Мейснера. Критическое поле. Природа сверхпроводимости. Применение сверхпроводников.

Утверждено на заседании кафедры,  
протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ (Ф.И.О)

Преподаватель \_\_\_\_\_ (Ф.И.О)