

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

Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
О.А. Шпырко
20 __ г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Электрические свойства конденсированных сред

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

(К.В. Показеев)

(подпись)

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

(Л.И. Теплова)

(подпись)

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 – 4

семестры – 8

зачетных единиц – 3

академических часов – 51, в т.ч.

лекций – 17 часов

практических занятий – 34 часа

Форма промежуточной аттестации:

зачет в 8 семестре

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

Дисциплина «Электрические свойства конденсированных сред» является углубленным развитием прослушанного ранее базового курса «Физика конденсированного состояния» в части электрических свойств.

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

Успешное освоение дисциплин модуля «Теоретическая физика», а также дисциплин вариативной части ОПОП.

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

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

понятия:

- Поляризация диэлектриков
- Дипольная диэлектрическая релаксация
- Проводимость диэлектриков
- Диэлектрические потери
- Сегнетоэлектрики
- Пьезоэлектрики
- Полупроводники
- Проводимость полупроводников
- Контактные явления
- Электропроводность твердых тел (II)
- Фотопроводимость
- Люминесценция
- Сверхпроводимость. Экспериментальные факты
- Сверхпроводимость. Теоретические представления
- Высокотемпературная сверхпроводимость
- Термоэлектрические и гальваномагнитные явления

Уметь:

- Определять электрические свойства кристаллов.

Владеть:

- Экспериментальными методами.

Иметь опыт:

- Определения экспериментальными методами электрических свойств кристаллов.

4. Формат обучения – контактный.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з. е., в том числе 51 академический час, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 57 академических часа 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			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
Поляризация диэлектриков	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Дипольная диэлектрическая релаксация	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Проводимость диэлектриков	Консультации, 2	Решение задач, 2	2	6	-
Диэлектрические потери	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Сегнетоэлектрик и и пьезоэлектрики	Консультации, 2	Решение задач, 2	2	6	-
Пьезоэлектрики	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	Контрольная работа
Полупроводники	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Проводимость полупроводников	Консультации, 1	Решение задач, 1	1	3	-

Контактные явления	Консультации, 1	Решение задач, 1	1	3	-
Электропроводность твердых тел (II)	Консультации, 2	Решение задач, 2	2	6	-
Фотопроводимость	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Люминесценция	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Сверхпроводимость. Экспериментальные факты	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Сверхпроводимость. Теоретические представления. Высокотемпературная сверхпроводимость.	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	Контрольная работа
Термоэлектрические и гальваномагнитные явления	Консультации, 1	Решение задач, 1	2	4	-
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, курсовая работа, творческая работа (эссе)	-	-	-	-	-
	18	18	28	64	
Промежуточная аттестация (экзамен)			8	8	
Итого				72	

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
Лекции		
1.	Поляризация диэлектриков.	Система уравнений Максвелла для диэлектриков. Поляризованность. Поле электрического диполя. Момент сил, действующих на диполь во внешнем поле. Энергия диполя во внешнем поле. Макроскопическое электрическое поле. Локальное электрическое поле. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Формула Клаузиуса-Мосотти. Электронная поляризуемость.

2.	Дипольная диэлектрическая релаксация.	Понятие о релаксации и времени релаксации. Релаксация в твердых телах.
3.	Проводимость диэлектриков.	Электропроводность вещества. Ионная электропроводность диэлектриков. Электронная электропроводность диэлектриков. Частотная зависимость электропроводности.
4.	Диэлектрические потери.	Энергия диэлектрических потерь в диэлектриках с релаксационной поляризацией. Тангенс угла потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость для нерелаксационной поляризации.
5.	Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики.	Классификация сегнетоэлектрических кристаллов. Особенности поляризации сегнетоэлектриков. «Поляризационная катастрофа». Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Сегнетоэлектрические домены. Пьезоэлектрики.
6.	Пьезоэлектрики.	Прямой пьезоэлектрический эффект. Обратный пьезоэлектрический эффект.
7.	Полупроводники.	Собственные полупроводники. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные уровни. Закон действующих масс. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в собственных полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в примесных полупроводниках.
8.	Проводимость полупроводников.	Движение носителей в электрическом поле. Удельная электропроводность и подвижность. Электропроводность чистых металлов. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников.
9.	Контактные явления.	Получение р-п-перехода. Равновесное состояние р-п-перехода. Выпрямляющее действие р-п-перехода.
10.	Электропроводность твердых тел (II).	Отступление от закона Ома. Эффект сильного поля. Термоэлектронная ионизация. Ударная ионизация. Электростатическая ионизация.
11.	Фотопроводимость.	Внутренний фотоэффект. Собственная и примесная фотопроводимость. Экситоны.
12.	Люминесценция.	Люминесценция – неравновесное излучение. Флуоресценция, фосфоресценция. Закон Стокса. Закон Вавилова. Механизм люминесценции.

13.	Сверхпроводимость. Экспериментальные факты.	Открытие и проявления эффекта. Эффект Мейснера. Поглощение электромагнитного излучения. Поведение теплоемкости. Изотопический эффект. Квантование магнитного потока. Сверхпроводящий контакт.
14.	Сверхпроводимость. Теоретические представления.	Феноменологические теории Лондонов и Гинзбурга-Ландау. Микроскопическая теория Бардина-Купера-Шрифера (БКШ). Куперовские пары. Эффект Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.
15.	Термоэлектрические и гальваномагнитные явления.	Термоэлектрические явления. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Эффект Эттингсгаузена. Эффект Нернста. Изменение электропроводности проводника в магнитном поле (магнетосопротивление). Практическое применение термоэлектрических и гальваномагнитных эффектов.
Семинары		
1.	Поляризация диэлектриков.	Система уравнений Максвелла для диэлектриков. Поляризованность. Поле электрического диполя. Момент сил, действующих на диполь во внешнем поле. Энергия диполя во внешнем поле. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Формула Клаузиуса-Мосотти.
2.	Дипольная диэлектрическая релаксация.	Релаксация в твердых телах.
3.	Проводимость диэлектриков.	Частотная зависимость электропроводности.
4.	Диэлектрические потери.	Энергия диэлектрических потерь в диэлектриках с релаксационной поляризацией. Тангенс угла потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость для нерелаксационной поляризации.
5.	Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики.	Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Сегнетоэлектрические домены.
6.	Пьезоэлектрики.	Прямой пьезоэлектрический эффект. Обратный пьезоэлектрический эффект.
7.	Полупроводники.	Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные уровни. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в собственных полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в примесных полупроводниках.

8.	Проводимость полупроводников.	Движение носителей в электрическом поле. Удельная электропроводность и подвижность.
9.	Контактные явления.	Получение р-п-перехода. Выпрямляющее действие р-п-перехода.
10.	Электропроводность твердых тел (II).	Термоэлектронная ионизация. Ударная ионизация. Электростатическая ионизация.
11.	Фотопроводимость.	Собственная и примесная фотопроводимость. Экситоны.
12.	Люминесценция.	Механизм люминесценции.
13.	Сверхпроводимость. Экспериментальные факты.	Поглощение электромагнитного излучения. Квантование магнитного потока. Сверхпроводящий контакт.
14.	Сверхпроводимость. Теоретические представления.	Эффект Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.
15.	Термоэлектрические и гальваномагнитные явления.	Изменение электропроводности проводника в магнитном поле (магнетосопротивление). Практическое применение термоэлектрических и гальваномагнитных эффектов.

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 итогового контроля знаний включает зачет, проводимый в устной форме в конце седьмого семестра и экзамен после прохождения курса в восьмом семестре. Экзамен проводится в устной форме и оценивается по четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

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

- для экзамена

Вопросы экзаменационных билетов.

1. Система уравнений Максвелла для диэлектриков. Поляризованность.
2. Поле электрического диполя. Момент сил, действующих на диполь во внешнем поле. Энергия диполя во внешнем поле.
3. Макроскопическое электрическое поле. Локальное электрическое поле.
4. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Формула Клаузиуса-Мосотти.
5. Электронная поляризуемость.
6. Ионная поляризуемость.
7. Дипольная (ориентационная) поляризуемость.
8. Понятие о релаксации и времени релаксации.
9. Релаксация в твердых телах.
10. Электропроводность вещества.
11. Ионная электропроводность диэлектриков.
12. Электронная электропроводность диэлектриков.

13. Частотная зависимость электропроводности.
14. Энергия диэлектрических потерь в диэлектриках с релаксационной поляризацией.
15. Тангенс угла потерь.
16. Комплексная диэлектрическая проницаемость для нерелаксационной поляризации.
17. Собственные полупроводники. Понятие о дырках.
18. Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные уровни.
19. Закон действующих масс.
20. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в собственных полупроводниках.
21. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в примесных полупроводниках.
22. Движение носителей в электрическом поле.
23. Удельная электропроводность и подвижность.
24. Электропроводность чистых металлов.
25. Собственная проводимость полупроводников.
26. Примесная проводимость полупроводников.
27. Получение р-п-перехода.
28. Равновесное состояние р-п-перехода.
29. Выпрямляющее действие р-п-перехода.
30. Явление сегнетоэлектричества. Поляризация сегнетоэлектриков.
31. Классификация сегнетоэлектрических кристаллов.
32. «Поляризационная катастрофа».
33. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках.
34. Сегнетоэлектрические домены.
35. Пироэлектрики.
36. Прямой пьезоэлектрический эффект.
37. Обратный пьезоэлектрический эффект.
38. Движение носителей в электрическом поле.
39. Удельная электропроводность и подвижность. Температурная зависимость подвижности.
40. Электропроводность чистых металлов.
41. Собственная проводимость полупроводников.
42. Примесная проводимость полупроводников.
43. Отступление от закона Ома. Эффект сильного поля.
44. Фотопроводимость полупроводников.
45. Люминесценция.
46. Сверхпроводимость. Экспериментальные факты.
47. Теория сверхпроводимости.
48. Эффект Джозефсона.
49. Высокотемпературная сверхпроводимость.
50. Термоэлектрические явления. Эффект Зеебека.
51. Эффект Пельтье.
52. Эффект Томсона.
53. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла.
54. Эффект Эттингсгаузена.
55. Эффект Нернста.
56. Изменение электропроводности проводника в магнитном поле (магнетосопротивление).
57. Практическое применение термоэлектрических и гальваномагнитных эффектов.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания (домашние задания)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (контрольные работы)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (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

8. Ресурсное обеспечение:

– Перечень основной и дополнительной литературы.

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела / Г.И. Епифанов. – 4-е изд., стер. – М.: Лань, 2011. – 288 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т 3 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 5-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2001. – 808 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т 9, ч. 2 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 4-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2004. – 496 с.

– Описание материально-технического обеспечения.

Учебный кабинет №174, (33,21 м²)
 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).

Доктор физико-математических наук, профессор Марк Борисович Стругацкий.

12. Автор (авторы) программы.

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики Андрей Валерьевич Сулимов.

**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 Электрические свойства конденсированных сред

Семестр 8

Экзаменационный билет № 1

1. Дипольная (ориентационная) поляризуемость.
2. Пироэлектрики.
3. Эффект Джозефсона.

Утверждено на заседании кафедры,
протокол № ____ от « ____ » _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____ (Ф.И.О)

Преподаватель _____ (Ф.И.О.)