Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 30.10.2023 15:31:25
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Полиграфический институт

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /Нагорнова И.В./
«16» февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

Направление подготовки/специальность

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль/специализация

Материаловедение и цифровые технологии

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2023 г.

Программа дисциплины Физика конденсированного состояния составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программу составили:

Профессор кафедры «Физика», д.ф.-м.н.  /А.А. Сонин/

Программа дисциплины Физика конденсированного состояния утверждена на заседании кафедры «Физика».
«04» мая 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой «Физика»  /Д.М. Стрекалина/

Программа согласована с руководителем образовательной программы

к.т.н., доцент  /Л.Ю. Комарова/

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины Физика конденсированного состояния следует отнести:

– формирование научного мировоззрения и современного физического мышления;

– приобретение практических навыков, необходимых для изучения естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин.

К **основным задачам** освоения дисциплины Физика конденсированного состояния следует отнести:

– изучение физики конденсированного состояния в объеме, соответствующем квалификации бакалавра.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина Физика конденсированного состояния относится к обязательной части (Б1.1.11.4) цикла (Б1) основной образовательной программы бакалавриата (ООП).

«Физика конденсированного состояния» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП

В базовой части (Б1):

- Линейная алгебра;
- Математический анализ;
- Электротехника и электроника;
- Проектная деятельность;
- Физика.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

ОПК-1	способностью применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	***Индикаторы достижения компетенции*** ИОПК-1.1. Решает задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания. **Знать:** ✓ фундаментальные законы природы и основные физические законы в области физики конденсированного состояния. ✓ основные направления и возможности использования информационных технологий (далее ИТ) для решения задач физического практикума. **Уметь:** ✓ применять физические законы в области физики конденсированного состояния для решения практических задач и реализовывать их с помощью ИТ. **Владеть:** ✓ навыками практического применения законов в области физики конденсированного состояния и реализации их с помощью ИТ.
ОПК-4	способностью проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	***Индикаторы достижения компетенции*** **Знать:** ИОПК-4.1. Имеет навыки работы с приборами, оборудованием и методиками проведения измерений и наблюдений в сфере профессиональной деятельности. ИОПК-4.2. Проводит измерения и наблюдения, обрабатывает экспериментальные данные и представляет их. ИОПК-4.3. Обрабатывает результаты научно-исследовательской деятельности, используя стандартное оборудование, приборы и материалы. ✓ работу с приборами, оборудованием и методиками проведения измерений и наблюдений в сфере профессиональной деятельности. **Уметь:** ✓ проводить измерения и наблюдения, обрабатывать экспериментальные данные и представлять их. **Владеть:** ✓ методикой обработки результатов

		научно исследовательской деятельности, работы со стандартным оборудованием, приборами и материалами.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы, т.е. **72** академических часа (из них **36** часов – самостоятельная работа студентов).
На втором курсе в третьем семестре выделяется **4** зачетных единицы, т.е. **72** академических часа (из них **36** часов – самостоятельная работа студентов).

Распределение аудиторных часов по видам занятий производится следующим образом.

Третий семестр: лекции – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 1 час в неделю (18 часов), семинары и практические занятия не предусмотрены, форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «**Физика конденсированного состояния**» по срокам и видам работы отражены в приложении А.

Содержание разделов дисциплины

Третий семестр

Основы кристаллографии

Кристаллическая решетка. Элементарные ячейки. Решетки Браве. Сингонии. Точечные и пространственные группы симметрии. Обратная решетка. Индексы Миллера.

Основы кристаллофизики

Принципы Кюри и Неймана. Анизотропия. Тензоры. Дефекты кристаллов. Точечные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.

Упругие свойства твердых тел

Закон Гука. Модуль Юнга. Кривая деформации.

Тепловые свойства твердых тел. Классическая и квантовые теории теплоемкости. Фононы. Распределение Бозе-Эйнштейна.

Агрегатные состояния вещества. Фазы и фазовые диаграммы. Фазовые переходы первого и второго рода. Формула Клапейрона-Клаузиуса.

Поверхностные явления

Поверхностное натяжение. Формулы Лапласа и Юнга. Динамика смачивания. Явления переноса. Основы неравновесной термодинамики. Перколяция. Вязкие пальцы. Фрактальная размерность.

Диэлектрики

Свойства диэлектриков. Дипольный момент и поляризация. Диэлектрические восприимчивость и проницаемость. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики.

Классическая и квантовая теории электропроводности. Распределение Ферми-Дирака. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Электропроводность собственных и примесных полупроводников. Фотопроводимость полупроводников. P-n переход, транзисторы.

Квантовые эффекты

Уравнение Шредингера и его решение для прямоугольной потенциальной ямы. Зонная теория. Сверхпроводимость.

Термоэлектрические свойства

Термоэлектрические явления: эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона. Электроника, микро-, нано-, молекулярная и атомная электроника. Материалы для современной электроники (диэлектрики и проводники).

Магнитные свойства

Магнитные свойства твердых тел. Магнитный момент и намагничивание. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Диа- и парамагнетики. Ферро- и антиферромагнетики. Сила Лоренца и эффект Холла.

Оптические свойства

Оптические свойства кристаллов. Электромагнитные волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Уравнения Максвелла.

Дифракция рентгеновского излучения в кристаллах, формула Вульфа-Брэгга.

Спонтанное и наведенное двулучепреломление. Поляризация света и вращение плоскости поляризации. Дисперсия света, рассеяние и поглощение света.

Квантовая оптика. Излучение твердых тел. Давление света. Фотоэффект. Эффект Комптона.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Физика конденсированного состояния» предусматривает использование различных форм проведения групповых и индивидуальных аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

1) Изложение лекционного материала по ряду разделов сопровождается презентациями Microsoft Office PowerPoint, включающими использование текстов, фотоснимков, рисунков, схем, моделей, виртуальных экспериментов.

2) В ходе лекций проводятся демонстрационные эксперименты с использованием экспериментальной базы кафедры.

3) Студенты выполняют лабораторные работы физического практикума в лабораториях кафедры «Физика». Учебные материалы для самостоятельной работы по подготовке к допуску и к защите лабораторных работ студенты могут получать дистанционно через личный кабинет или систему LMS.

4) Проверка результатов внеаудиторной работы студентов осуществляется с помощью проведения тестов, контрольных работ, защиты лабораторных работ путем применения, в том числе электронной системы LMS.

Для всех видов занятий применяются следующие цифровые инструменты: Webinar, LMS; цифровые технологии IOT (электронные доски и интерактивные проекторы).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В третьем семестре

– выполнение и защита 3 лабораторных работ по тематике дисциплины Физика конденсированного состояния;

- выполнение не менее 1 семестра (раздел «Физика конденсированного состояния»);

– выполнение не менее 2 контрольных работ;

- выполнение Итогового теста не менее 60%;

– зачет по дисциплине «Физика конденсированного состояния».

Образцы заданий для проведения текущего контроля: контрольных работ, тестовых заданий, вопросов для зачета, а также билетов для зачета приведены в Приложении 2.

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

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и

	экспериментального исследования в профессиональной деятельности.
ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Код и наименование компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		«неудовлетвори-тельно»	**«удовлетвори-тельно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
ОПК-1 - Способен применять естественно-научные и общеинженер-ные знания, методы математическо-го анализа и моделирования, теоретического и эксперимен-тального исследования в профессиональ-ной деятельности;	**Знать:** фундаменталь-ные законы природы и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма. Основные направления и возможности использования информацион-ных технологий (далее ИТ) для решения задач физического практикума.	Знание на уровне ориентирования, представлений.	Знание на репродуктивном уровне.	Знание на аналитичес-ком уровне.	Знание на системном уровне.
	Уметь: применять физические законы для решения практических задач и	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале.	Умение на репродуктивном уровне.	Умение на аналитичес-ком уровне.	Умение на системном уровне.

	реализовывать их с помощью ИТ.				
	Владеть: навыками практического применения законов физики и реализации их с помощью ИТ.	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале.	Произвольное воспроизведение знаний устно, письменно или в демонстрируемых действиях.	Способность указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения.	Произвольное и доказательное воспроизведение знаний устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между элементами содержания учебной дисциплины
ОПК-4 Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	**Знать:** ✓ Работу с приборами, оборудованием и методиками проведения измерений и наблюдений в сфере профессиональной деятельности.	Знание на уровне ориентирования, представлений.	Знание на репродуктивном уровне.	Знание на аналитическом уровне.	Знание на системном уровне.
	Уметь: Проводить измерения и наблюдения, обрабатывать экспериментальные данные и представлять их.	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале.	Умение на репродуктивном уровне.	Умение на аналитическом уровне.	Умение на системном уровне.
	Владеть: Методикой обработки результатов научно исследовательской деятельности, работы со стандартным оборудованием, приборами и материалами.	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале.	Произвольное воспроизведение знаний устно, письменно или в демонстрируемых действиях.	Способность указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения.	Произвольное и доказательное воспроизведение знаний устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между элементами содержания

					учебной дисциплины.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине Физика конденсированного состояния (успешно написавшие контрольные работы, успешно прошедшие тесты, выполнившие и защитившие лабораторные работы)

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонд оценочных средств представлен в приложениях 1 и 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Епифанов Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: Учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб: Лань, 2022. – 288 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210671 (дата обращения 04.07.2023).
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. [Электронный ресурс] – М.: Наука, 1978. – 791 с. – Режим доступа: https://www.studmed.ru/kittel-ch-vvedenie-v-fiziku-tverdogo-tela_fac9143594c.html (дата обращения 04.07.2023).
3. Электромагнетизм. Часть 2/ сост.: В.В. Нижегородов, Н.М. Кузнецова, Л.В. Волкова. Москва: Московский Политех. 2021. – 52 с.

б) дополнительная литература:

1. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. [Электронный ресурс]: М.: МГТУ, 2008. – 336 с. – Режим доступа: https://zlibrary-asia.se/book/2830829/0faf07 (дата обращения 04.07.2023).

в) Электронные образовательные ресурсы

Электронные образовательные ресурсы по данной дисциплине не предусмотрены.

г) Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
2	Информационно-правовой портал ГАРАНТ	http:// www.garant.ru	Доступно
3	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования	http://www.fgosvo.ru.	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
4	Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/	Доступно
5	«Открытое образование» - платформа, предлагающая онлайн-курсов	https://openedu.ru/	Доступно
6	Система онлайн курсов Московского Политеха LMS	https://lms.mospolytech.ru/	Доступно
Профессиональные базы данных			
7	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступно

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства:

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)

			распространяемое)	
1	Astra Linux Common Edition	ООО «РУСБИТЕХ-АСТРА»	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/305783/?sphrase_id=954036
2	МойОфис	ООО «НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайте: https://mospolytech.ru

Перечень программного обеспечения, применение которого возможно в образовательном процессе, приведен в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы высшего образования.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Физика» по электричеству: Ауд. ПК331, оснащенная, в том числе, используемыми в данной рабочей программе лабораторными установками «Phywe»:
1. «Изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников»
2. «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков»
3. «Изучение эффекта Пельтье»
и др.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Тема 1. «Основы кристаллографии».
Студент должен подготовиться к устному опросу в ходе подготовки к допуску к лабораторной работе, выполнить лабораторную работу и подготовиться к представлению результатов измерений на ее защите.
Тема 2. «Основы кристаллофизики».
Студент должен подготовиться к устному опросу и решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, а также подготовиться к выполнению и защите лабораторной работы.
выполнению контрольной работы.
Тема 3. «Упругие свойства твердых тел».
Студент должен решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, а также подготовиться к контрольной работе, к выполнению и защите лабораторной работы.
Тема 4. «Поверхностные явления».
Студент должен подготовиться решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, а также подготовиться к тестированию и к выполнению и защите лабораторной работы.
Тема 5. «Диэлектрики».

Студент должен решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения и подготовиться к выполнению и защите лабораторной работы.

Тема 6. «Квантовые эффекты».

Студент должен решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, а также подготовиться к контрольной работе и выполнению и защите лабораторной работы.

Тема 7. Термоэлектрические свойства.

Студент должен подготовиться к устному опросу и решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения подготовиться к выполнению и защите лабораторной работы.

Тема 8. «Магнитные свойства».

Студент должен решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, и подготовиться к выполнению и защите лабораторной работы.

Тема 9. «Оптические свойства»

Студент должен решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, и подготовиться к выполнению и защите лабораторной работы.

9. Методические рекомендации для преподавателя

Контрольные работы пишутся при подготовке к допуску к лабораторной работе. Время написания каждой контрольной работы должно составлять 20 минут. Критерии оценки контрольной работы в соответствии с пунктом 6.1.2 следующие: 2 – решение задачи фактически не начато; 3 – решение начато, написаны правильные исходные формулы, но отсутствуют выводы из них; 4 – решение есть, но с недочетами, например, при наличии правильного обоснованного ответа в общем виде допущены вычислительные ошибки; 5 – получен правильный обоснованный численный ответ.

Бланковое тестирование проводится при защите лабораторной работы. В тесте студенту предлагается пять заданий. Тест оценивается по двухбалльной шкале: зачет-незачет. Тест зачитывается, если три задания из пяти сделаны верно.

Устный опрос проводится на лабораторной работе по предлагаемым вопросам и является интерактивной формой проведения занятия. Результат оценивается по двухбалльной шкале: зачет-незачет. До тех пор, пока не будет получен зачет, работа не может считаться защищенной.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**

Приложение 1 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки:
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

ООП (профиль): 02

Материаловедение и цифровые технологии

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности: научно-исследовательский и технологический

Кафедра «Физика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Физика конденсированного состояния

Состав: I. Паспорт фонда оценочных средств

II. Описание оценочных средств:

1. комплекты контрольных работ (К/Р)
2. фонд тестовых вопросов (Т)
3. примерные вопросы для защиты лабораторной работы (ЗЛР)
4. образец билета для зачета и вопросы для подготовки к зачету (З)

Составители:

Профессор кафедры «Физика»

д.ф-м.н

А.А. Сонин

Москва, 2023год

Таблица 1

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Физика конденсированного состояния					
ФГОС ВО					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				
ОПК-1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания.	**Знать:** ✓ Фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма. ✓ Основные направления и возможности использования информационных технологий (далее ИТ) для решения задач физического практикума. **Уметь:** ✓ Применять физические законы для решения практических задач и реализовывать их с помощью ИТ. **Владеть:** ✓ Навыками практического применения законов физики и реализации их с помощью ИТ.	Лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, выполнение лабораторных работ с помощью цифровых инструментов.	ЗЛР, КР, Т, З	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации. **Повышенный уровень:** умение нестандартно отвечать на поставленные вопросы.

ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	**Знать:** ✓ Работу с приборами, оборудованием и методиками проведения измерений и наблюдений в сфере профессиональной деятельности. **Уметь:** ✓ Проводить измерения и наблюдения, обрабатывать экспериментальные данные и представлять их. **Владеть:** ✓ Методикой обработки результатов научно исследовательской деятельности, работы со стандартным оборудованием, приборами и материалами.	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, выполнение лабораторных работ с помощью цифровых инструментов.	ЗЛР, КР, Т, З	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации. **Повышенный уровень:** умение нестандартно отвечать на поставленные вопросы.

**- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

Приложение 2
к рабочей программе

ОПИСАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Перечень оценочных средств по дисциплине Физика конденсированного состояния

№ ОС	Наименование оценочного	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
2	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3	Защита лабораторной работы (ЗЛР)	Средство проверки умений и навыков по использованию лабораторного оборудования и измерительных приборов, обработке экспериментальных данных и их сравнению с теоретическими расчетами.	Примерные вопросы для защиты лабораторных работ
4	Зачет (З)	Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «зачтено» или «не зачтено».	Вопросы для подготовки к зачету, примеры зачетных билетов

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Направление подготовки: **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**
Профиль: 02 **Материаловедение и цифровые технологии**

Кафедра Физика

Комплект заданий для контрольной работы

по дисциплине **Физика конденсированного состояния**

Форма текущего контроля, проверяющая степень освоения компетенции ОПК-1, ОПК-4

1	1). Написать индексы направления прямой, проходящей через узлы [[200]] и [[001]] кубической примитивной решетки. ([-201]).
2	2). Написать индексы Миллера для плоскости, содержащей узлы с индексами [[200]], [[020]] и [[001]]. Решетка кубическая, примитивная. ((112)).
3	3). Вычислить удельные теплоемкости c кристаллов алюминия и меди по классической теории теплоемкости. (c(Al) = 925 Дж/(кг·К); c(Cu) = 390 Дж/(кг·К)).
4	4). Определить максимальную частоту ω_{max} собственных колебаний в кристалле золота по теории Дебая. Характеристическая температура θ_D равна 180 К. ($\omega_{max} \approx 2{,}4 \cdot 10^{13}$ Гц).
5	5). Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту h = 20 мм. Определить поверхностное натяжение σ глицерина, если диаметр d канала трубки равен 1 мм. (σ = 62 мН/м).
6	6). К обкладкам плоского конденсатора, расстояние между которыми d = 1 см, приложена разность потенциалов Δφ = 2 кВ. Конденсатор заполняется диэлектриком с восприимчивостью χ = 0,08. Определить поляризацию P диэлектрика. ($P \approx 0{,}14$ мкКл/м^2).
7	7). При какой напряженности E электростатического поля в диэлектрике (ε = 3,0) поляризация достигнет значения 0,20 мКл/м^2? ($E \approx 11$ МВ/м).
8	8). Плотность тока j в алюминиевом проводе равна 1 А/мм^2. Найти среднюю скорость <v> упорядоченного движения электронов, полагая, что число свободных электронов в 1 см^3 алюминия равно числу атомов.
9	9). В медном проводнике длиной l = 2 м и площадью поперечного сечения S = 0,4 мм^2, идет ток. При этом ежесекундно выделяется количество теплоты Q = 0,35 Дж. Сколько электронов N проходит за 1 с через поперечное сечение этого проводника?
10	10). Определить температуру вырождения T_0 металла, если значение его энергии Ферми E_F = 1 эВ. ($T_0 = 1{,}16 \cdot 10^4$ К).
11	11). Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление ρ = 0,48 Ом·м. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижности b_n и b_p электронов и дырок соответственно равны 0,36 и 0,16 м^2/(В·с). ($n = 2{,}5 \cdot 10^{19}$ м$^{-3}$).
12	12). Тонкая пластинка из кремния шириной l = 2 см помещена перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля (B = 0,5 Тл). При плотности тока $j = 2 \cdot 10^{-6}$ А/мм^2, направленного вдоль пластины, холловская разность потенциалов U_H оказалась равной 2,8 В. Определить концентрацию n носителей заряда. ($n = 5{,}25 \cdot 10^{16}$ м$^{-3}$).
13	13). Какова длина волны λ монохроматического рентгеновского излучения, падающего на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается, когда угол ϑ между направлением падающего излучения и гранью кристалла равен 3°? Расстояние d между атомными плоскостями кристалла принять равным 0,3 нм. (λ = 31 пм).
14	14). Пластинку кварца толщиной d_1 = 2 мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол φ = 53°. Определить толщину d_2 пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор. (d_2 = 3,4 мм).
15	15). Максимум спектральной плотности энергетической светимости $(\tau^*_{\lambda,T})_{max}$ яркой звезды Арктур приходится на длину волны λ_m = 580 нм. Принимая, что звезда излучает как черное

	тело, определить температуру T поверхности звезды. (T = 4,98 кК).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Направление подготовки:
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль: 02

Материаловедение и цифровые технологии

Кафедра Физика

Фонд тестовых заданий

по дисциплине **Физика конденсированного состояния**

Форма текущего контроля, проверяющая степень освоения компетенции ОПК-1

1. Молярная теплоемкость кристалла при НИЗКИХ температурах
Не зависит от температуры и равна 3R
Пропорциональна температуре
Изменяется как квадрат температуры
* Изменяется как куб температуры
2. Сопротивление кристаллических проводников определяется
Рассеянием электронов на узлах кристаллической решетки
* Рассеянием электронов на неоднородностях кристаллической решетки
Взаимодействием с дырками валентной зоны
3. Стальной (серебристый) и графитовый (черный) стержни нагреты до одинаковой высокой
температуры. Какой стержень будет светиться ярче:
Стальной
* Графитовый
Одинаково
4. Число атомов, приходящееся на элементарную объемоцентрированную ячейку кристалла,
равно
Один
* Два
Восемь
Девять
5. Фононы являются
* Бозонами
Фермионами
Барионами
Низкочастотными фотонами
6. Молярная теплоемкость кристалла при ВЫСОКИХ температурах
* Не зависит от температуры и равна 3R
Пропорциональна температуре

Изменяется как квадрат температуры
Изменяется как куб температуры
7. Интенсивность излучения с нагретой поверхности
Не зависит от температуры
Пропорциональна температуре
Пропорциональна T3
* Пропорциональна T4
8. Физический смысл температуры Дебая:
Температура, при которой в кристалле возбуждаются фононы
Температура, при которой энергетический спектр фононов начинает сказываться на теплоемкости кристалла
* Температура, соответствующая максимально возможной энергии фононов
Температура, соответствующая энергии Ферми в кристалле
9. Фононы подобны фотонам, так как у них одинаковы (отметьте что):
Степень вырождения (количество возможных поляризаций)
* Статистика заполнения разрешенных состояний
Максимальная частота
Скорость
10. При вынужденном излучении у излученного фотона и вынуждающего (налетающего) фотона совпадают:
Только частота и фаза
Только поляризация
Только направление распространения
* Все вышеперечисленное
11. Сопротивление примесного полупроводника n-типа при T=0 K
Равно нулю
Равно бесконечности
* Зависит от концентрации примеси
Зависит от положения уровня Ферми
12. Электронная теплоемкость металлов при низких температурах
* Пропорциональна T
Пропорциональна T^2
Пропорциональна T^3
Постоянна и не зависит от температуры
13. Электронная теплоемкость металлов при комнатной температуре
Равна половине теплоемкости решетки
Равна теплоемкости решетки согласно закону Делонга-Пти
* Много меньше теплоемкости решетки
Пропорциональна T^3
14. Где расположена энергия Ферми у собственных полупроводников
Вблизи валентной зоны
Вблизи зоны проводимости
* Вблизи середины запрещенной зоны
Вблизи примесного уровня
15. Полупроводники
* При нормальных температурах проводят электрический ток, а при низких являются изоляторами
Выталкивают из себя магнитное поле при низких температурах
Проводят ток только в одном направлении
При нормальных температурах являются изоляторами
16. В области комнатных температур теплопроводность диэлектрических монокристаллов приблизительно изменяется по закону:

exp(T)
T^2
* T-1
17. Теплопроводность металлических сплавов
Выше, чем у чистых металлов
* Ниже, чем у чистых металлов
Практически одинакова с теплопроводностью чистых металлов
18. С увеличение температуры сопротивление полупроводников
Увеличивается
* Уменьшается
Не изменяется
Зависит от типа полупроводника
19. При приложении к p-n переходу напряжения в прямом направлении
* Возрастает ток основных носителей заряда
Возрастает ток неосновных носителей заряда
Ток не меняется
Ток основных носителей заряда компенсируется током неосновных носителей заряда
20. Средняя длина свободного пробега фононов в диэлектрических монокристаллах в области
высоких температур составляет величину
Порядка мм
Порядка мкм
* Порядка ангстрем
21. Удельное электрическое сопротивление аморфного металла (металлического стекла) в области комнатных температур изменяется по закону
exp(T)
T^{-1}
* T0
22. Теплопроводность аморфных диэлектрических материалов в области комнатных температур
обычно:
Убывает по закону T-1
Не изменяется с ростом температуры
* Растет с увеличением температуры
23. Легирование диэлектрического кристалла в области комнатных температур
Существенно снижает теплопроводность
Повышает теплопроводность
* Снижает теплопроводность незначительно при малых концентрациях ионов примеси
24. Перекрытие валентной зоны и пустой зоны проводимости характерно для
Полупроводника
* Металла
Диэлектрика
Сверхпроводника
25. Удельная проводимость металлов описывается формулой s = enu, где u – подвижность электронов. Что в данном случае n?
Полная концентрация электронов в металле: $n = n_0$
Концентрация неспаренных электронов вблизи поверхности Ферми: $n = (3kT/\mu)\, n_0$, где μ - энергия Ферми
* Концентрация электронов в зоне проводимости
26. В случае гексагональной кристаллической решетки с плотнейшей упаковкой отношения
параметров решетки c/a для разных веществ:

Существенно различаются
Приблизительно одинаковы
* Равны 1
27. Координационное число с наименьшим радиусом в случае плотнейшей упаковки равно:
* 12
6
8
9
28. Все снежинки с совершенной формой имеют поворотные оси симметрии n-го порядка:
n = 3
n = 6
n = 5
* n = 1, 2, 6
29. Ось симметрии 5-го порядка в упорядоченных средах
Часто встречается
Никогда не бывает
* Встречается в случае квазикристаллов
30. В случае ромбической симметрии число параметров решетки равно:
2
* 3
1
31. В случае гексагональной симметрии число параметров решетки равно:
* 2
3
6
32. В случае тетрагональной симметрии число параметров решетки равно:
4
* 2
1
33. На одну элементарную ячейку гранецентрированной кубической решетки приходится n
узлов:
* n = 4
n = 2
n = 3
34. На одну элементарную ячейку объемноцентрированной кубической решетки приходится n
узлов:
n = 4
* n = 2
n = 1
35. На одну элементарную ячейку (ромбическую базоцентрированную) приходится n узлов:
* n = 2
n = 4
n = 3
36. В случае моноклинной симметрии число параметров решетки равно:
1
* 4
3
37. В случае триклинной симметрии число параметров решетки равно:

3
4
* 6
38. Координационное число с наименьшим радиусом в случае объемноцентрированной кубической решетки равно:
12
* 8
4
39. Каждой плоскости прямой решетки в обратном пространстве соответствует:
* Узел обратной решетки
Плоскость обратной решетки
Семейство точек вдоль одного направления
40. Винтовые дислокации существенно влияют на
Механические свойства кристалла
* Скорость роста кристалла
Теплофизические свойства кристалла
41. Значение коэффициента Пуассона для твердых тел варьируется в пределах:
От 0 до 1
* От 0 до 1/2
От 1 до 2
42. Для поликристаллических материалов соотношение модуля Юнга и модуля сдвига E/G
Равно 1
* Равно приблизительно 3
Существенно различно
43. Увеличение количества дислокаций в кристалле
Практически не влияет на механическую прочность
Однозначно снижает механическую прочность
* Может повысить механическую прочность
44. Пути повышения механической прочности твердых тел:
Изготовление бездефектных кристаллов
Максимальное искажение структуры кристалла
* Оба варианта
45. Значение линейного коэффициента теплового расширения кристаллов в области комнатных
температур обычно:
* Увеличивается с ростом температуры
Убывает с ростом температуры
Не изменяется с температурой
46. Соотношение между объемным *A* и линейным *B* коэффициентами теплового расширения для кристаллов кубической симметрии можно представить в виде:
A = B
A = 2 *B*
3 A = B
* *A = 3 B*
47. Дрейфовая скорость свободных электронов в металле при обычных значениях плотности
тока:
* Порядка 0,1 мм/с
Равна 3□108 м/с
Порядка км/с
48. У какого металла при комнатной температуре выше молярная теплоемкость – у свинца или

платины (существенно различаются по температурам плавления)
* У свинца
У платины
Практически одинакова
49. Теплоемкость вещества в аморфном состоянии в области комнатных температур
Существенно меньше, чем в кристаллическом
Существенно больше, чем в кристаллическом
* Практически одинакова
50. Температура плавления твердых растворов:
Равна среднему арифметическому из температур плавления исходных компонент
* Значительно ниже температур плавления исходных компонент
Равна сумме температур плавления исходных компонент

* обозначает правильное решение

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Направление подготовки:
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль: 02

Материаловедение и цифровые технологии

Кафедра Физика

Примерные вопросы для защиты лабораторных работ

по дисциплине **Физика конденсированного состояния**

Форма текущего контроля, проверяющая степень освоения компетенции
ОПК-1; ОПК-4

Лабораторная работа
«Изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников»

1. В чем заключается причина электрического сопротивления металлов?
2. Чем объясняется зависимость удельного сопротивления металлов от температуры?
3. Как зависит средняя длина свободного пробега электронов от температуры?
4. Что такое температурный коэффициент сопротивления проводников? Как этот коэффициент определяется в данной работе?
5. В чем заключается механизм проводимости полупроводников.
6. Какие физические факторы, кроме температуры, влияют на проводимость полупроводников?
7. Почему проводимость полупроводников сильно зависит от температуры?
8. Как влияет наличие примесей на проводимость полупроводников?
9. Какой тип проводимости называется проводимостью n - типа?
10. Какой тип проводимости называется проводимостью p - типа?
11. Какие примеси называются акцепторными?
12. Какие примеси называются донорными?

Лабораторная работа
«Исследование магнитных свойств ферромагнетиков»

1. Дайте определение напряженности магнитного поля.
2. Что называют индукцией магнитного поля?

3. Что такое намагниченность вещества?
4. На какие группы делятся вещества по своим
магнитным
свойствам? В чем отличие этих свойств?
5. Какие вещества называются ферромагнетиками?
6. Что такое магнитный гистерезис? Чем он обусловлен?
7. Что такое остаточная намагниченность? Чем она
обусловлена?
8. Что такое коэрцитивная сила?
9. Как можно размагнитить ферромагнетик?
10. В чем заключается отличие магнитно-твердых и магнитно-
мягких материалов?
11. Из каких материалов изготавливают постоянные магниты?

Лабораторная работа

«Изучение эффекта Пельтье»

1. Кратко изложите метод измерений и основные результаты работы.
2. Какие термоэлектрические эффекты наблюдаются в изотропных полупроводниках?
3. В чем суть и каково объяснение явления Пельтье?
4. Какие значения может принимать ДТЭДС?
5. Какова связь между коэффициентом Пельтье и ДТЭДС?
6. Как устроен термогенератор?
7. Как устроена термоэлектрическая батарея?
8. Почему в горячей ванне вода нагревается, а в холодной ванне первые минуты вода охлаждается?
9. Как меняется температура в холодной ванне со временем?
10. Почему электрическая мощность источника тока превышает полную мощность тепла, выделяемого на термогенераторе и в ваннах?
11. Выведите формулу $П(T) = (Ph - Pc) / 2I$

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет
Направление подготовки:

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль: 02

Материаловедение и цифровые технологии

Кафедра Физика

Материалы к зачету

по дисциплине **Физика конденсированного состояния**

Форма промежуточной аттестации, проверяющая степень освоения компетенции ОПК-1; ОПК-4

Образец билета для зачета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет базовых компетенций, кафедра «Физика»
Дисциплина Физика конденсированного состояния
Образовательная программа «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов»

Курс 2, семестр 3

БИЛЕТ № 1

1. Точечные дефекты.

2. Туннельный эффект

3. В каком виде можно представить соотношение между объемным A и линейным B коэффициентами теплового расширения для кристаллов кубической симметрии.

Утверждено на заседании кафедры «Физика»
04.05.2023 г., протокол №.9

Зав. кафедрой_____ /_____ /

Вопросы для подготовки к зачету

1. Основы кристаллографии. Кристаллическая решетка. Элементарные ячейки. Решетки Браве.
2. Сингонии. Точечные и пространственные группы симметрии. Обратная решетка. Индексы Миллера.
3. Основы кристаллофизики. Принципы Кюри и Неймана. Анизотропия. Тензоры.
4. Дефекты кристаллов. Точечные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.
5. Упругие свойства твердых тел. Закон Гука. Модуль Юнга. Кривая деформации.
6. Тепловые свойства твердых тел. Классическая и квантовые теории теплоемкости. Фононы. Распределение Бозе-Эйнштейна.
7. Агрегатные состояния вещества. Фазы и фазовые переходы. Фазовые диаграммы.
8. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение. Капиллярное давление. Смачивание. Формула Юнга.
9. Явления переноса: диффузия, теплопроводность, динамическая вязкость. Запись кинетических коэффициентов в рамках микроскопической теории.
10. Свойства диэлектриков. Дипольный момент и поляризация. Диэлектрические восприимчивость и проницаемость.
11. Сегнетоэлектрики. Температура Кюри. Петля гистерезиса. Пьезоэффект.
12. Классическая и квантовая теории электропроводности. Распределение Ферми-Дирака.
13. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Туннельный эффект. Высокотемпературная сверхпроводимость.
14. Электропроводность собственных и примесных полупроводников и ее зависимость от температуры.
15. Фотопроводимость полупроводников. P-n переход, транзисторы.
16. Уравнение Шредингера в стационарной форме и примеры его решения.
17. Зонная теория. Энергетические зоны для диэлектриков, собственных и примесных полупроводников, металлов.
18. Термоэлектрические явления: эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона.
19. Электроника, микро-, нано-, молекулярная и атомная электроника. Материалы для современной электроники (диэлектрики и проводники).

Приложение А.

Структура и содержание дисциплины **Физика конденсированного состояния**

по направлению подготовки **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**

Профиль: 02 **Материаловедение и цифровые технологии**

(бакалавр)

очная форма обучения

Номера тем	**Раздел**	**Семестр**	**Неделя семестра**	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах**				**Формы аттестации**						
				Л	**П/С**	**Лаб**	**СРС**	**ЗЛР**	**Т**	**Р**	**К/Р**	**УО**	**Э**	**З**
1	**Основы кристаллографии.** Кристаллическая решетка. Элементарные ячейки. Решетки Браве. Сингонии. Точечные и пространственные группы симметрии. Обратная решетка. Индексы Миллера.	3	1	2			2							
1	Выполнение лабораторной работы «Изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников».	3	2			**2**	2				+			

2	**Основы кристаллофизики.** Принципы Кюри и Неймана. Анизотропия. Тензоры. Дефекты кристаллов. Точечные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.	3	3	2			2							
2	Выполнение лабораторной работы «Изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников».	3	4			**2**	2							
3	**Упругие свойства твердых тел** Закон Гука. Модуль Юнга. Кривая деформации. Тепловые свойства твердых тел. Классическая и квантовые теории теплоемкости. Фононы. Распределение Бозе-Эйнштейна. Агрегатные состояния вещества. Фазы и фазовые диаграммы. Фазовые переходы первого и второго рода. Формула Клапейрона-Клаузиуса.	3	5	2			2							
3	Выполнение лабораторной работы «Изучение температурной зависимости сопротивления	3	6			**2**	2	**+**	**+**					

	металлов и полупроводников».													
4	**Поверхностные явления.** Поверхностное натяжение. Формулы Лапласа и Юнга. Динамика смачивания. Явления переноса. Основы неравновесной термодинамики. Перколяция. Вязкие пальцы. Фрактальная размерность.	3	7	2			2							
4	Выполнение лабораторной работы «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков».	3	8		4	**2**	2				+			
5	**Диэлектрики** Свойства диэлектриков. Дипольный момент и поляризация. Диэлектрические восприимчивость и проницаемость. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. Классическая и квантовая теории электропроводности. Распределение Ферми-Дирака. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Электропроводность собственных и примесных полупроводников. Фотопроводимость полупроводников. P-n переход,	3	9	2			2							

	транзисторы.													
5	Выполнение лабораторной работы «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков».	3	10		4	**2**	2							
6	**Квантовые эффекты** Уравнение Шредингера и его решение для прямоугольной потенциальной ямы. Зонная теория. Сверхпроводимость.	3	11	2			2							
6	Выполнение лабораторной работы «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков».	3	12		2	**2**	2	+	+					
7	**Термоэлектрические свойства** Термоэлектрические явления: эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона. Электроника, микро-, нано-, молекулярная и атомная электроника. Материалы для современной электроники (диэлектрики и проводники).	3	13	2			2							
7	Выполнение лабораторной работы «Изучение эффекта Пельтье».	3	14			**2**	2				+			
8	**Магнитные свойства** Магнитные свойства твердых тел. Магнитный момент и	3	15	2			2							

	намагничивание. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Диа- и парамагнетики. Ферро- и антиферромагнетики. Сила Лоренца и эффект Холла.													
8	Выполнение лабораторной работы «Изучение эффекта Пельтье».	3	16			**2**	2							
9	**Оптические свойства** Оптические свойства кристаллов. Электромагнитные волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Уравнения Максвелла. Дифракция рентгеновского излучения в кристаллах, формула Вульфа-Брэгга. Спонтанное и наведенное двулучепреломление. Поляризация света и вращение плоскости поляризации. Дисперсия света, рассеяние и поглощение света. Квантовая оптика. Излучение твердых тел. Давление света. Фотоэффект. Эффект Комптона.	3	17	2			2							
9	Выполнение лабораторной работы	3	18			**2**	2	+	+					

	«Изучение эффекта Пельтье».													
	Итого по 3-му семестру:	3-й	18-ть	18		18	36	3-и	3-и		3-и			Зачет