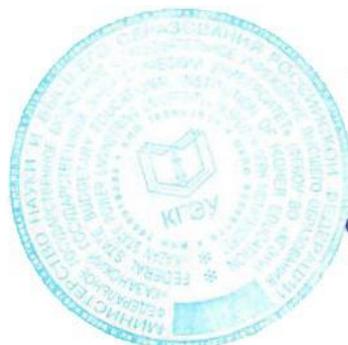




КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР


Ахметова И.Г.
«28» октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04. Современные экспериментальные методы в физике полупроводников

(указывается индекс и наименование дисциплины согласно учебному плану в соответствии с ФГОС ВО)

Направление под- 03.06.01 Физика и астрономия
готовки (указывается код и наименование)

Направленность под- 01.04.10 Физика полупроводников
готовки

Уровень высшего об- Подготовка кадров высшей квалификации
разования

Квалификация (степень) вы- Исследователь. Преподаватель-
пускника исследователь

Форма обучения Очная
(очная)

г. Казань

2020

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Современные экспериментальные методы в физике полупроводников» является обеспечение понимания физических основ и принципов функционирования современных методов исследования твердых тел, таких как: рентгеновская дифракция, просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия, сканирующая микроскопия и атомно-силовая микроскопия. В результате освоения дисциплины будут получены знания в различных областях современной физики твердого тела. Кроме того, будут рассмотрены механизмы взаимодействия поверхности твердых тел с рентгеновским излучением, высокоэнергетическими электронами и ионами, а также со сверхострыми твердотельными зондами.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Ознакомить аспирантов с принципиальными основами и практическими возможностями современных физических методов исследования, с их аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента;
2. Научить аспирантов современным методам обработки экспериментальных результатов;
3. Сформировать у аспирантов экспериментальные навыки и анализ различных экспериментальных методов;
4. Ознакомить аспирантов с планированием и моделированием физического эксперимента.

В результате изучения дисциплины «Современные экспериментальные методы в физике полупроводников» аспирант должен овладеть:

Формируемые компетенции <i>(код и формулировка компетенции)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<p>ОПК-2 готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</p>	<p>З1 (ОПК-2) Знать: правовые и нормативные основы функционирования системы образования в высшей школе; основные положения организации и функционирования высшей школы; формы организации учебного процесса в вузе, современные методы, методические приемы и средства обучения, инновационные технологии, применяемые в высшей школе; методические требования, предъявляемые к основным формам учебной работы в вузе (методику подготовки и проведения лекции, практических занятий, методы организации самостоятельной работы студентов; формы и методы педагогического контроля); учебно-методическую литературу, программное обеспечение по рекомендованным дисциплинам кафедры в соответствии с учебным планом.</p> <p>У1 (ОПК-2) Уметь: применять теоретические знания в практике преподавания дисциплин кафедры; применять на практике в процессе обучения и воспитания новейшие педагогические технологии, методы, приемы и средства обучения в целях эффективности педагогического процесса; использовать психологопедагогическую диагностику в исследовании эффективности педагогического процесса; разрабатывать методические и тестовые материалы для студентов при проведении лекционных и практических занятий по дисциплинам кафедры -</p>
	<p>В1 (ОПК-2) Владеть: практическими умениями, соответствующими специальному уровню профессиональной компетентности преподавателя ВУЗа по проведению лекций и практических занятий по дисциплинам кафедры; основами применения компьютерной техники и информационных технологий в учебном и научном процессах; навыками управления самостоятельной работой студентов; различными средствами коммуникации в профессиональной педагогической деятельности; навыками анализа результатов своего труда; навыками самообразования и повышения педагогического мастерства.</p>

<p>ПК-1 способностью самостоятельно разрабатывать, исследовать и применять теоретические модели для исследования физических свойств полупроводниковых материалов и композитных структур на их основе</p>	<p>З1 (ПК-1) Знать: Знать основные направления, проблемы и новейшие достижения в области физики твердого тела, связанной с получением новых материалов и исследованием их свойств.</p> <p>У1 (ПК-1) Уметь: проводить классификацию материалов, процессов обработки материалов и готовых изделий из них; объяснять взаимосвязь между структурой твердых тел и свойствами материалов.</p> <p>В1 (ПК-1) Владеть: Владеть навыками применения знаний фундаментальных законов физики для решения научно-исследовательских задач в области физики твердого тела, связанной с получением новых материалов и исследованием их свойств, в том числе с применением новейших информационно-коммуникационных технологий.</p>
<p>ПК-2 способностью к разработке методологии экспериментальных исследований физических явлений, происходящих в полупроводниках, разработки и исследования технологических процессов получения полупроводниковых материалов и композитных структур на их основе, создания оригинальных полупроводниковых приборов и интегральных устройств</p>	<p>З1(ПК-2) Знать: теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и экспериментальной физики;</p> <p>У1 (ПК-2) Уметь: обрабатывать данные, полученные физико-химическими и физическими методами исследования;</p> <p>В1 (ПК-2) Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Современные экспериментальные методы в физике полупроводников» относится к дисциплинам по выбору и является образовательной составляющей учебного плана. Дисциплина преподается на 2 курсе. Содержание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Квантовая электроника; Физика металлов, полупроводников и диэлектриков; Физика сверхпроводимости; История и методология науки и техники.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, используются при выполнении научно-исследовательской работы аспиранта и диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

3. Структура и содержание дисциплины «Современные

»

3.1 Структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

для аспирантов очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	из них, проводимых в интерактивной форме	семестры
			4
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	108		108
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:			
Лекции (Лк)	18		18
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	9		9
Лабораторные работы (ЛР)			
и(или) другие виды аудиторных занятий			
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА:	81		81
Курсовой проект (работа)			
Расчетно-графические работы			
Реферат			
и (или) другие виды самостоятельной работы			
ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (З – зачет, Э – экзамен)	ЗсО		ЗсО

3.2. Содержание разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лк	ПЗ	ЛР	СР	
1	2	3	4	6	7	8	9	10
1	Введение.	11	4	2			9	Устный опрос, доклад.
2	Методы диагностики твердых тел и параметры, определяемые с их помощью.	12	4	2	1		9	Устный опрос, доклад.
3	Дифракционные методы исследования кристаллической структуры.	11	4	2			9	Устный опрос, доклад.
4	Высокоразрешающая рент-	13	4	2	2		9	Устный опрос, доклад.

	геновская дифракция.							
5	Растровая электронная микроскопия.	11	4	2			9	Устный опрос, доклад.
6	Просвечивающая электронная микроскопия.	13	4	2	2		9	Устный опрос, доклад.
7	Вторичная ионная масс-спектрометрия.	11	4	2			9	Устный опрос, доклад.
8	Атомно-силовая микроскопия.	15	4	2	4		9	Устный опрос, доклад.
9	Сканирующая туннельная микроскопия.	11	4	2			9	Устный опрос, доклад.
	Промежуточная аттестация		4					ЗсО
	Итого:	108	4	18	9		81	

3.3. Содержание разделов дисциплины

Тема 1 – Введение.

Физика твердого тела. Основные параметры и характеристики твердых тел.

Тема 2 – Методы диагностики твердых тел и параметры, определяемые с их помощью.

Физические основы и принципы функционирования современных методов исследования твердых тел, таких как: рентгеновская дифракция, просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия, сканирующая микроскопия и атомно-силовая микроскопия.

Тема 3 – Дифракционные методы исследования кристаллической структуры.

Источники рентгеновского излучения. Опыты Лауэ и Брегга. Дифракция рентгеновских лучей на атомных плоскостях. Схемы установок рентгеновской дифракции. Рентгеновская топография.

Тема 4 - Высокорастворяющая рентгеновская дифракция.

Высокорастворяющая рентгеновская дифракция. Влияние наличия и видов дефектов в структуре на положение и форму максимума отражения, их идентификация

Тема 5- Растровая электронная микроскопия.

Устройство растрового микроскопа, принцип действия, основные характеристики. Взаимодействия высокоэнергетических электронов с поверхностью твердого тела. Получение изображений с помощью сигналов: обратно-рассеянных электронов, вторичных электронов, Оже-электронов, катодолюминесценция и ток, индуцированный электронным зондом. Рентгеновский микроанализ.

Тема 6 –Просвечивающая электронная микроскопия.

Устройство просвечивающего электронного микроскопа, принцип действия, основные характеристики, параметры, определяемые при его помощи. Методы получения изображений в дифракционном и фазовом контрасте. Подготовка образцов для исследования в просвечивающем электронном микроскопе.

Тема 7 - Вторичная ионная масс-спектрометрия.

Взаимодействие высокоэнергетических электронов с поверхностью твердых тел. Конструкция масс-спектрометра и принцип его действия. Виды исследований, проводимых с помощью вторичного масс-спектрометра, измеряемые величины.

Тема 8- Атомно-силовая микроскопия.

Устройство атомно-силового микроскопа и принцип его действия. Механизмы взаимодействия зонда и поверхности твердого тела. Виды исследований, проводимых с его помощью, измеряемые величины, достижимая точность.

Тема 9- Сканирующая туннельная микроскопия.

Устройство туннельного зондового микроскопа и принцип его действия. Туннельный ток через тонкий барьер. Виды исследований, проводимых с помощью сканирующей туннельной микроскопии, измеряемые величины, достижимая точность. Манипуляции атомами.

3.4. Практические (семинарские) занятия

для аспирантов очной формы обучения

№ п/п	Тема практических (семинарских) занятий	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1	Физика твердого тела. Основные параметры и характеристики твердых тел.	4	1-3	1
2	Дифракция рентгеновских лучей на атомных плоскостях.	4	3-5	2
3	Высокора разрешающая рентгеновская дифракция.	4	5-7	2
4	Устройство туннельного зондового микроскопа и принцип его действия. Туннельный ток через тонкий барьер.	4	7-9	4
	Промежуточная аттестация, ЗсО.	4	1-9	
	Итого			9

3.5. Лабораторные занятия учебным планом дисциплины не предусмотрены.

3.6. Разделы дисциплины и связь с формируемыми компетенциями

	Раздел дисциплины, участвующий в формировании компетенций	Часов на раздел	Компетенции			Количество компетенций
			ОПК-2	ПК-1	ПК-2	
1	Введение.	11	У,В		3, У	2
2	Методы диагностики твердых тел и параметры, определяемые с их помощью.	12	3,В	3, В		1
3	Дифракционные методы исследования кристаллической структуры.	11	3,У	3, У		2
4	Высокоразрешающая рентгеновская дифракция.	13	3,У	3, В	3, В	3
5	Растровая электронная микроскопия.	11	3,В		3, В	2
6	Просвечивающая электронная микроскопия.	13		3, В	3, У	2
7	Вторичная ионная масс-спектрометрия.	11	У,В		3, В	2
8	Атомно-силовая микроскопия.	15		3, В	3, У	2
9	Сканирующая туннельная микроскопия.	11	У,В	3, В		2

(Сумма компетенций, сформированных каждым разделом, соотношенная с часами на изучение данного раздела, позволяет оценить реальность формирования компетенций и скорректировать распределение часов отведенных на разделы).

Условные обозначения: З – знать,
У – уметь,
В – владеть.

3.7. Организация самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Объем академических часов
1	2	3	4	5
1	Введение: обзор основных методов исследования твердых тел	4	1	9
2	Исследование топографии поверхности твёрдых тел методом атомно-силовой микроскопии.	4	2	9
3	Метод локальной катодolumинесценции	4	3	9
4	Рентгеноспектральный микроанализ	4	4	9
5	Проведение электронной литографии с использованием растровой электронной микроскопии	4	5	9
6	Рентгеновская дифракция: фазовый анализ	4	6	9
7	Исследование состава твёрдых тел методом вторично-ионной масс-спектрометрии	4	7	9
8	Просвечивающая электронная микроскопия	4	8	9
9	Сканирующая туннельная микроскопия.	4	9	9
Итого:				81

4. Образовательные технологии

№ п/п	Раздел дисциплины	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1	Введение.	ОПК-2 у, в ПК-1 з, у	Лекция-визуализация	Устный опрос. доклад
2	Методы диагностики твердых тел и параметры, определяемые с их помощью.	ОПК-2 з, в ПК-2 з, в	Лекция-визуализация, интерактивная форма	Устный опрос. Доклад.
3	Дифракционные методы исследования кристаллической структуры.	ОПК-2 з, у ПК-1з, у	Лекция-визуализация, интерактивная форма	Устный опрос. Доклад.
4	Высокоразрешающая рентгеновская дифракция.	ОПК-2 з, у ПК-1з, в ПК-2з, в	Лекция-визуализация	Устный опрос. Доклад.
5	Растровая электронная микроскопия.	ОПК-2 з, в ПК-2 з, в	Лекция-визуализация	Устный опрос. Доклад.
6	Просвечивающая электронная микроскопия.	ПК-1з, в ПК-2 з, у	Лекция-визуализация, интерактивная форма	Устный опрос. Доклад.
7	Вторичная ионная масс-спектрометрия.	ОПК-2 у, в ПК-2 з, в	Лекция-визуализация	Устный опрос. Доклад.
8	Атомно-силовая микроскопия.	ПК-1 з, в ПК-2з, у	Лекция-визуализация	Устный опрос. Доклад.
9	Сканирующая туннельная микроскопия.	ОПК-2 у, в ПК-1 з, в	Лекция-визуализация	Устный опрос. Доклад.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГЭУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий в форме устного опроса, докладов. Текущему контролю подлежит посещаемость аспирантами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине «Современные экспериментальные методы в физике полупроводников») является промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой проводимая с учетом результатов текущего контроля в 4 семестре.

5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

5.2.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Комплект тем докладов

1. Развитие энергетической электроники.
2. Основы физики лазеров и лазерных технологий.
3. Лазеры с высокой мощностью и сверхмалой длительностью импульсов.
4. Взаимодействие мощного лазерного излучения с веществом.
5. Лазеры на свободных электронах.
6. Рентгеновские лазеры.
7. Мощные химические лазеры.
8. Полупроводниковые лазеры.
9. Современное состояние солнечной фотоэнергетики.
10. Материалы солнечной фотоэнергетики.
11. Установки солнечной фотоэнергетики.
12. Проблемы глобальной солнечной энергосистемы.
13. Топливные батареи.
14. Светодиоды как источники излучения.

Примерный перечень вопросов для устного опроса.

1. Перечислить основные методы определения механических свойств твердых тел.
2. Дать примеры твердофазных реакций, сопровождающихся изменением массы. Как исследовать эти процессы?
3. Описать схемы оптико-механического и интерференционного дилатометра.
4. Перечислить физические принципы, лежащие в основе дифференциального термического анализа.
5. Описать два способа регистрации результатов термического анализа.
6. Рассказать, каким образом можно использовать информацию о тепловых эффектах для изучения твердофазных реакций.
7. Описать схемы установок для физических исследований при высоких давлениях.
8. На чем основан спектроскопический метод исследования твердых тел - оптическая микроскопия?
9. Объяснить физические принципы Оже-электронной спектроскопии (ОжеЭС)?
10. На чем основан спектроскопический метод исследования твердых тел: инфракрасная спектроскопия (ИКС)?
11. Объяснить принцип действия электронного микроскопа?
12. В чем физическая суть структурного метода исследования: дифракция медленных электронов (ДМЭ)?
13. В чем суть текстурного метода исследования: сканирующая электронная микроскопия?
14. В чем заключаются особенности, преимущества и недостатки метода просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ)?
15. Объяснить принцип работы атомно-силового микроскопа (АСМ)?
16. На чем основан микроскопический метод исследования твердых тел: зондовая микроскопия?
17. В чем основная суть метода Лауэ?
18. На чем основан дифракционный метод исследования твердых тел: рентгеновская дифрактография.
19. Описать дифракционные методы исследования твердых тел с использованием синхротронного излучения?
20. Как получают спектры EXAFS. Какую информацию можно извлечь из этих спектров?
21. На чем основан дифракционный метод исследования твердых тел: электронография и нейтронография?
22. Для каких целей используются методы рентгеновской спектроскопии?
23. Описать физические принципы спектроскопии ультрафиолетового (УФ-спектроскопия) и видимого света?
24. Какую химическую информацию можно получить с помощью колебательной спектроскопии (ИК-спектроскопии, КР-спектроскопии)?

25. Какую информацию дают химику микроволновые и диэлектрические спектры кристаллов?
26. Описать методы исследования диффузии и ионного переноса в твердых телах.
27. Для решения, каких задач химии твердого тела можно использовать методы потенциометрии?
28. Какие твердофазные системы можно изучать методами ЭПР?
29. Чем отличается спектр ЯМР в кристаллах от аналогичных спектров в жидкостях и газах и почему?
30. В чем уникальность и ограничения метода мессбауэровской спектроскопии?

ПРИМЕРНЫЕ БИЛЕТЫ К ЗАЧЁТУ С ОЦЕНКОЙ

Билет № 1

1. Какие условия должны соблюдаться, чтобы колебание проявилось в ИК-спектре поглощения?
2. Что такое нормальные колебания в молекуле?

Билет № 2

1. Какие условия должны соблюдаться, чтобы колебание проявилось в ИК-спектре поглощения?
2. Что такое нормальные колебания в молекуле?

Билет № 3

1. Может ли отличаться число полос поглощения в ИК – спектре и число нормальных колебаний? Поясните ответ.
2. Что такое характеристические колебания в ИК-спектроскопии?

Билет № 4

1. Перечислите преимущества ИК-Фурье спектроскопии, кратко их опишите.
2. Что такое комбинационное рассеяние света?

Билет №5

1. Почему комбинационное рассеяние может быть использовано для изучения структуры вещества?
2. С чем связано появление стоксовой и антистоксовой гармоник?

Билет №6

1. Как соотносятся интенсивности стоксовой и антистоксовой гармоник, с чем связана температурная зависимость этого отношения?
2. Что такое поперечно усиленное рамановское рассеяние?

Билет №7

1. Спектры комбинационного рассеяния. Энергетические переходы при релеевском, стоксовом и антистоксовом рассеянии. Отличие механизмов возникновения ИК-спектров и КР-спектров.
2. Расчёт КР-спектра вещества состоящего из 2-атомных молекул и определение колебательной постоянной ν_v .

Билет №8

- 13.Схема установки КР-спектроскопии. Получение КР-спектров для газообразных, жидких и твёрдых веществ.
14. Как можно установить критерии определения границ объекта при исследовании методом растровой электронной микроскопии?

Билет №9

- 15.Какова информативность картин дифракции обратно рассеянных электронов?
16.Какова информативность энергетического спектра оже-электронов?

Билет №10

- 17.Какова информативность характеристического рентгеновского излучения?
18.Сравните преимущества и недостатки волнового и энерго-дисперсионного детекторов рентгеновского излучения.

5.3. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Оценка результатов обучения по дисциплине «Современные экспериментальные методы в физике полупроводников» в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета с оценкой.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается. Что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины.

Критерии оценивания

Оценка	Критерии
«отлично»	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы
«хорошо»	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала
«удовлетворительно»	Наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, необходимость дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике

«неудовлетворительно»

Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 основная литература:

1. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников: учебное пособие / А. И. Ансельм. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 624 с. — Электронный ресурс Издательского дома «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71742>.

2. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 224 с. — Электронный ресурс Издательского дома «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>.

4. Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел: учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с. — Электронный ресурс Издательского дома «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71707>.

6. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Электронный ресурс Издательского дома «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.

10. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — Электронный ресурс Издательского дома «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/648>.

6.2. Дополнительная литература:

1. Физика твердого тела: сборник задач для расчетных заданий / В. Л. Матухин. - Казань: КГЭУ, 2004. - 69 с.

2. Введение в квантовую физику кристаллических твердых тел : учебное пособие по курсу "Физика твердого тела" / В. Л. Матухин. - Казань : КФ МЭИ, 1997. - 96 с.

3. **Физика твердого тела** : учебное пособие / В. Л. Матухин. - Казань : КГЭУ, 2003. - 171 с. - Б. ц. - Текст : непосредственный.

5. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Радио и связь, 1990.

7. Основы физики полупроводниковых приборов / Я. А. Федотов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Сов.радио, 1970. - 592 с.

8. Светодиоды / А. Берг, П. Дин; пер. с англ. - М. : Мир, 1979. - 688 с.

9. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учебное пособие для вузов / Д. Брандон, У. Каплан; пер. с англ. - М. : Техносфера, 2006. - 384 с.

6.3. Электронно-библиотечные системы

1. e.lanbook.com.

6.4. Программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК)	Пользовательская операционная система	"ЗАО ""ТаксНет- Сервис"" №ПО-ЛИЦ 0000/2014 от 27.05.2014 Неискл. право. Бессрочно
2	Windows 10	Пользовательская операционная система	договор № Tr096148 от 29.09.2020, лицензиар - ООО "Софтлайн трейд", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - до 14.09.2021
3	Office Professional Plus 2007 Russian OLP NL	Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	Договор № 225/ 10, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно
4	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии – бессрочно
5	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Операционная система	договор №2011.25486 от 28.11.2011, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.
6	Браузер Chrome	Система поиска и просмотра информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

7	LMS Moodle	Система управления обучением	Свободная лицензия, тип (вид) лицензии – неискл.право, срок действия лицензии – бессрочно
---	------------	------------------------------	---

6.5. Интернет-ресурсы

1. [http:// otherreferats.allbest.ru](http://otherreferats.allbest.ru).
2. www.kgeu.ru.
3. www.mirknig.com

6.6. Профессиональные базы данных

1	Официальный сайт президента России	http://kremlin.ru/	http://kremlin.ru/
2	Официальный сайт Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации	http://duma.gov.ru/	http://duma.gov.ru/
3	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	http://nlr.ru/
4	Фонд «Общественное мнение»	https://fom.ru/	https://fom.ru/
5	Всероссийский центр изучения общественного мнения	https://www.wciom.ru/	https://www.wciom.ru/
6	Исторический портал «ИСТОРИЯ.РФ»	https://histrf.ru/	https://histrf.ru/
7	Библиотека ГУМЕР	https://www.gumer.info/	https://www.gumer.info/
8	Справочно-информационный портал ГРАМОТА.РУ	http://gramota.ru/	http://gramota.ru/
9	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/	http://window.edu.ru/
10	Аналитический центр Юрия Левады (Левада- центр)	http://www.levada.ru/	http://www.levada.ru/
11	Президентская библиотека имени Николаевича Ельцина	В http://prlib.ru	В http://prlib.ru
12	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук), экран
2	Практические занятия	Специальные помещения для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук)

№ п.п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
		Компьютерный класс с выходом в Интернет	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: ПК, лицензионное программное обеспечение
4	Самостоятельная работа обучающихся	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
		Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, мультимедийный проектор, экран, программное обеспечение

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;*
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;*
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.*

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;*
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;*
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;*
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;*
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;*
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).*

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки аспирантов «03.06.01 Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867.

Авторы



д. ф.-м. н., проф. В.Л. Матухин



к. ф.-м. н., Е.В. Шмидт

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Физика» от 20.10. 2020 г., протокол № 5.

Зав. кафедрой
«Физика»



кан. физ.-мат. н., доц. Р.Р. Хуснутдинов

На заседании методического совета ИЭЭ от 28.10.2020 г., протокол №3 программа рекомендована к утверждению.

Директор ИЭЭ



д.т.н., проф. И.В. Ившин



