

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Современные проблемы физики

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы
магистерская программа «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные проблемы физики» относится к обязательной части Б1.О блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на втором году обучения, в третьем семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «История и методология физики», «Философские вопросы естествознания».

Целями освоения дисциплины «Современные проблемы физики» являются:

1. ознакомление студентов с современными достижениями физики как науки о природе в целом;
2. ознакомление студентов с особенностями развития физической науки на современном ее этапе;
3. формирование у студентов навыков самостоятельного анализа исследовательских задач и проблем, выработки творческих и нестандартных подходов к их решению;
4. выработка навыков оценки социальных последствий результатов естественнонаучной деятельности.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности	<i>ОПК-1.1. Фундаментальные знания в области физики</i> <i>ОПК-1.2. Умение использовать фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач в профессиональной сфере деятельности</i> <i>ОПК-1.3. Навыки применения педагогического мастерства для осуществления преподавательской деятельности</i>	(ОПК-1) Знать теоретические основы фундаментальной физики; (ОПК-1) Уметь использовать фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач в профессиональной сфере деятельности; (ОПК-1) Владеть навыками педагогического мастерства для осуществления преподавательской деятельности.	Индивидуальные собеседования, доклад, тест	Контрольные задания

<p>ОПК-3.</p> <p>Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</p>	<p><i>ОПК-3.1. Знание принципов построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовых процедур применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности</i></p> <p><i>ОПК-3.2. Умение использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной сферы деятельности</i></p> <p><i>ОПК-3.3. Навыки применения методов математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий</i></p>	<p>(ОПК-3) Знать принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовых процедур применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств;</p> <p>(ОПК-3) Уметь использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций;</p> <p>(ОПК-3) Владеть методами математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий.</p>	<p>Индивидуальные собеседования, доклад, тест</p>	<p>Контрольные вопросы</p>
<p>ОПК-4.</p> <p>Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной</p>	<p><i>ОПК-4.1. Знание новых научных принципов и методов исследований в области своей профессиональной деятельности</i></p> <p><i>ОПК-4.2. Умение анализировать результаты своего</i></p>	<p>(ОПК-4) Знать сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности;</p> <p>(ОПК-4) Уметь внедрять результаты научных исследований в области своей профессиональной деятельности;</p>	<p>Индивидуальные собеседования, доклад, тест</p>	<p>Контрольные вопросы</p>

деятельности	<p>научного исследования и определять сферу его внедрения</p> <p>ОПК-4.3. Навыки внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p>	(ОПК-4) Владеть навыками внедрения результатов научных исследований.		
--------------	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	-
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	зачет

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Классификация проблем современной физики. Классификация разделов современной физики. Проблемы физики элементарных частиц, физики конденсированного состояния, физики Земли и астрофизики. Современные проблемы теоретической и математической физики.	15	—	4	—	4	11
2. Современные проблемы физики конденсированного состояния. Путь от технологии к прибору. Современные	15	—	4	—	4	11

методы исследования структуры кристаллов и управляемого воздействия на нее. Современные методы формирования и диагностики твердотельных структур. Теоретические методы исследования структуры и стабильности кристаллических твердых тел и твердотельных структур.						
3. Современные проблемы электроники. Спинтроника. Поляритоника. Кремниевая оптоэлектроника. Фотовольтаика. Двумерные материалы для электроники. Квантовые вычислительные системы. Топологические изоляторы.	30	–	8	–	10	20
4. Новые материалы. Инженерия и применение новых материалов. Металлы и сплавы. Керамики. Аддитивные технологии.	14	–	6	–	4	10
5. Современные проблемы физики Земли. Краткий обзор современного состояния физики атмосферы и гидросферы.	8	–	2	–	2	6
6. Современные проблемы физики элементарных частиц. Стандартная модель. Бозон Хиггса. Нейтринные осцилляции. Ускорители элементарных частиц.	12	–	4	–	4	8
7. Современные проблемы астрофизики и космологии. Расширение Вселенной. Темная материя. Темная энергия. Гравитационные волны. Черные дыры. Квантовая теория гравитационного поля.	12	–	4	–	4	8
В т.ч. текущий контроль	2	2				–
Промежуточная аттестация – зачет						

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Зачет	
Зачтено	Обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий.
Не зачтено	Обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

– выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1 Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

Темы устного доклада:

1. Основные проблемы Стандартной модели, предел применимости.
2. Обзор Нобелевской премии по физике 2012 года.
3. Технология 3D печати, классификация 3D-принтеров.
4. Черные дыры. Классификация, наблюдение, нерешенные проблемы физики черных дыр.
5. Проблема темной материи и ее детектирование.
6. Органические солнечные элементы. Структура, принцип работы. Основные преимущества.
7. Перовскитные солнечные элементы. Структура, принцип работы. Основные преимущества.
8. Аномальный эффект Холла.
9. Спиновый эффект Холла.
10. Квантовый спиновый эффект Холла. Топологические изоляторы.
11. Лазеры на свободных электронах. Принципы функционирования и области применения.
12. Топологические фазовые переходы.
13. Альтернативные теории гравитации.
14. Проблема квантования гравитации и существующие решения.
15. Пентакварк.
16. Светоизлучающие структуры на основе нитрида галлия: Нобелевская премия по физике за 2014 год.

17. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением как современный метод изучения зонной структуры двумерных систем.
18. Адиабатическое охлаждение твердых тел.
19. Ультрахолодные газы атомов.
20. Теория суперструн. М-теория.

Тестовые задания:

**Вопросы для оценки сформированности компетенции ОПК-1
(приведены ответы к вопросам в тестовой форме)**

Вопрос 1. Квантовый спиновый эффект Холла впервые был экспериментально реализован для

- Ответ а):** квантовой ямы арсенида галлия;
Ответ б): объемного кремния;
Ответ в): квантовой ямы теллурида ртути.

Вопрос 2. Какие частицы из представленных могут являться майорановскими фермионами?

- Ответ а):** нейтрино;
Ответ б): нейтроны;
Ответ в): протоны.

Вопрос 3. Спектр квазичастиц в графене

- Ответ а):** квадратичный;
Ответ б): линейный;
Ответ в): нелинейный.

Вопрос 4. Щель в спектре силицена обусловлена

- Ответ а):** экранированным кулоновским взаимодействием;
Ответ б): обменным взаимодействием;
Ответ в): спин-орбитальным взаимодействием.

Вопрос 5. Композитной квазичастицей, связывающей квант света и электронно-дырочную пару, является

- Ответ а):** поляритон;
Ответ б): плазмон;
Ответ в): полярон.

Вопрос 6. Из представленных детектором гравитационных волн является

Ответ а): XFEL;
Ответ б): LIGO;
Ответ в): CERN.

Вопрос 7. В каком году Дэвид Вайнленд удостоился Нобелевской премии по физике?

Ответ а): 2012;
Ответ б): 2010;
Ответ в): 2011.

Вопрос 8. В каком году впервые была осуществлена электрическая спиновая инжекция из ферромагнетика в кремний?

Ответ а): 2009;
Ответ б): 2011;
Ответ в): 2007.

Вопрос 9. Что из ниже перечисленного относится к органическим полупроводникам?

Ответ а): цинковая обманка;
Ответ б): нафталин;
Ответ в): метанол.

Вопрос 10. Согласно Стандартной модели переносчиками сильного взаимодействия являются

Ответ а): адроны;
Ответ б): глюоны;
Ответ в): лептоны.

Правильные ответы к вопросам:

Вопрос 1: в)
Вопрос 2: а)
Вопрос 3: б)
Вопрос 4: в)
Вопрос 5: а)
Вопрос 6: б)
Вопрос 7: а)
Вопрос 8: в)
Вопрос 9: б)
Вопрос 10: б)

**Вопросы для оценки сформированности компетенции ОПК-3
(приведены ответы к вопросам в тестовой форме)**

Вопрос 1. Элементарная частица, предсказанная Питером Хиггсом, является

Ответ а): фермионом;
Ответ б): бозоном;
Ответ в): анионом.

Вопрос 2. По своим оптическим и электрическим свойствам кремний является

Ответ а): прямозонным полупроводником;
Ответ б): непрямозонным полупроводником;
Ответ в): металлом.

Вопрос 3. Основной механизм спиновой релаксации электронов в кремнии n-типа проводимости:

Ответ а): Дьяконова-Переля;
Ответ б): Бира-Аронова-Пикуса;
Ответ в): Эллиотта-Яфета.

Вопрос 4. Какое из фундаментальных взаимодействие практически не играет никакой роли в физике элементарных частиц?

Ответ а): гравитационное;
Ответ б): слабое;
Ответ в): электромагнитное.

Вопрос 5. Горизонт событий является характеристикой

Ответ а): нейтронной звезды;
Ответ б): белого карлика;
Ответ в): черной дыры.

Вопрос 6. Кубит – это

Ответ а): двухуровневая квантовая система;
Ответ б): элементарная частица;
Ответ в): то же, что и классический бит.

Вопрос 7. Из ниже приведенных к дифракционным методам исследования твердотельных структур относится

Ответ а): спектроскопия электронного парамагнитного резонанса;
Ответ б): сканирующая зондовая микроскопия;
Ответ в): просвечивающая электронная микроскопия.

Вопрос 8. Из перечисленных ниже частиц нейтральной является

Ответ а): мюон;

Ответ б): тау-нейтрино;

Ответ в): тау-лептон.

Вопрос 9. Основной механизм спиновой релаксации электронов в кремнии р-типа проводимости:

Ответ а): Бира-Аронова-Пикуса;

Ответ б): Дьяконова-Переля;

Ответ в): Эллиотта-Яфета.

Вопрос 10. По современным представлениям расширение Вселенной с ускорением обусловлено наличием во Вселенной

Ответ а): черных дыр;

Ответ б): темной энергии;

Ответ в): спиральных галактик.

Правильные ответы к вопросам:

Вопрос 1: б)

Вопрос 2: б)

Вопрос 3: в)

Вопрос 4: а)

Вопрос 5: в)

Вопрос 6: а)

Вопрос 7: в)

Вопрос 8: б)

Вопрос 9: а)

Вопрос 10: б)

**Вопросы для оценки сформированности компетенции ОПК-4
(приведены ответы к вопросам в тестовой форме)**

Вопрос 1. Из ниже перечисленных веществ вейлевским полуметаллом является

Ответ а): арсенид тантала;

Ответ б): арсенид галлия;

Ответ в): арсенид индия.

Вопрос 2. Российский исследователь Константин Новоселов удостоился Нобелевской премии по физике в...

Ответ а): 2011 году;

Ответ б): 2010 году;

Ответ в): 2009 году.

Вопрос 3. В графене в поперечном квантующем магнитном поле уровни Ландау обладают:

Ответ а): квадратичной зависимостью от величины приложенного поля;

Ответ б): линейной зависимостью от величины приложенного поля;

Ответ в): корневой зависимостью от величины приложенного поля.

Вопрос 4. Из чего, согласно Стандартной модели элементарных частиц, состоят протоны и нейтроны:

Ответ а): лептоны;

Ответ б): адроны;

Ответ в): кварки.

Вопрос 5. Из перечисленных ниже частиц кварком является:

Ответ а): странный;

Ответ б): интересный;

Ответ в): обаятельный.

Правильные ответы к вопросам:

Вопрос 1: а)

Вопрос 2: б)

Вопрос 3: в)

Вопрос 4: в)

Вопрос 5: а)

6.3.2. Вопросы для итогового контроля сформированности компетенции:

1. Модель структурного исследования: технология, эксперимент, дизайн-теория.
2. Современные тенденции в физике конденсированного состояния.
3. Современные методы исследования структуры твердых тел.
4. Кремниевая оптоэлектроника: проблема излучателей на кремнии, обзор методов решения проблемы.
5. Современные проблемы спинтроники: управление спином, создание структур с долгоживущими спиновыми состояниями, приборы на спиновых эффектах.
6. Дираковские материалы (кристаллы): графен, силицен, дираковские и вейлевские полуметаллы. Обзор особенностей зонной структуры.
7. Введение в Стандартную модель физики элементарных частиц.
8. Органические полупроводники: отличие от неорганических, классификация и примеры, применение.
9. Нанокристаллические металлы и сплавы. Керамики. Физические свойства, преимущества перед классическими материалами. Применения.
10. Современная физика атмосферы и гидросферы: основные направления исследований и достижения.
11. Фермионы Майораны: в физике элементарных частиц (нейтрино); в физике твердого тела (цепочка Китаева, полупроводниковая нанопроволока).
12. Нейтрино: открытие, классификация, детектирование. Нейтринные осцилляции и открытые вопросы Стандартной модели.

13. Квантовый компьютер. Кубиты. Измерения в квантовой механике.
14. Космическое излучение и его детектирование.
15. Гравитационные волны. Теория, способы детектирования. Интерферометр LIGO.
16. Гигантское магнетосопротивление. Теория, методы получения (материалы и структуры), применение.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Учебные аудитории могут быть при необходимости оснащены демонстрационным оборудованием для сопровождения учебных занятий презентациями.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы):

доцент кафедры теоретической физики физического факультета, к. ф.-м. н. А.А. Конаков.

Рецензенты(ы):

Зав. кафедрой теоретической физики физического факультета, д. ф.-м. н., доцент В.А. Бурдов.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.11.2022, протокол № б/н.