

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау**

**А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Современные проблемы квантовой физики
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальной и прикладной физики микро- и наноструктур
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 150 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

Программу составил: В.С. Столяров, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной физики микро- и наноструктур  
10.04.2023

## Аннотация

Курс направлен на обучение критическому мышлению при анализе научной литературы и получение широкого спектра практических навыков работы на современном исследовательском оборудовании базовых лабораториях кафедры. В процессе обучения студентам будет предложено изучить несколько, относящихся к практическим занятиям публикаций, по которым ими готовятся доклады на семинарах. После чего студентами проводятся соответствующие исследования.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Целью дисциплины является приобщение студента к научной работе, развитие навыков работы с литературой, развитие кругозора по использованию различных исследовательских методик различными научными группами, поиск научного руководителя для выполнения НИР.

#### Задачи дисциплины

Развитие навыков работы с современной литературой, определение направления научной деятельности студента в будущем.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Получить опыт работы на оборудовании всех базовых лабораторий кафедры, понять основные направления исследований научных групп лабораторий. Научится работать с научной литературой, овладеть терминологией.

уметь:

Искать актуальную для исследования научную литературу. Владеть широким спектром методик, используемых в научных лабораториях. Включая численные, криогенные и оптические исследования.

владеть:

- навыками работы с литературой;
- методы получения криогенных температур;
- оптические методы исследования;
- навыками теоретического анализа реальных задач.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Обсуждение современных публикаций на семинарах		30		30
2	Практические занятия			30	45
3	Обсуждение публикаций на семинарах		30		30
4	Практические занятия			30	45
Итого часов			60	60	150
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		270 час., 6 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Обсуждение современных публикаций на семинарах

В процессе обучения студентам будет предложено изучить несколько, относящихся к практическим занятиям публикаций, по которым ими готовятся доклады на семинарах. После чего студентами проводятся соответствующие исследования.

## 2. Практические занятия

Практические лабораторные работы отражающие основные направления исследований базовых лабораторий.

Семестр: 2 (Весенний)

## 3. Обсуждение публикаций на семинарах

В процессе обучения студентам будет предложено изучить несколько, относящихся к практическим занятиям публикаций, по которым ими готовятся доклады на семинарах. После чего студентами проводятся соответствующие исследования.

## 4. Практические занятия

Практические лабораторные работы отражающие основные направления исследований базовых лабораторий.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

На кафедре будут организованы практические лабораторные работы отражающие основные направления исследований базовых лабораторий. По мере повышения уровня студентов от семестра к семестру сложность исследовательских задач будет расти.

Необходимое оборудование для практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система). Лабораторные установки с поставленными на них учебными экспериментами.

Необходимое программное обеспечение: офисный пакет Microsoft PowerPoint для рефератов и презентаций, программа Origin (при наличии технической возможности).

Обеспечение самостоятельной работы – доступ в Интернет, базы данных по научной периодике.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Курс общей физики [Текст] : в 5 кн. Кн. 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учеб. пособие для вузов / И. В. Савельев. — 4-е изд., перераб. — М. : Наука : Физматлит, 1998.

Публикации из высокорейтинговых изданий.

### Дополнительная литература

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Сайты журналов по физике твердого тела и электродинамике (Физика твердого тела, ЖЭТФ, Письма в ЖЭТФ, Успехи физических наук, Physica Status Solidi b, Physical Review B и др.), доступные через Internet научные и научно-технические журналы: издательств American Physical Society, American Institute of Physics, Institute of Physics, Nature, Springer Verlag, , база данных Web of Science, электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Microsoft PowerPoint для рефератов и презентаций, программа Origin (при наличии технической возможности).

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальной и прикладной физики микро- и наноструктур
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** В.С. Столяров, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные проблемы квантовой физики» обучающийся должен:

**знать:**

Получить опыт работы на оборудовании всех базовых лабораторий кафедры, понять основные направления исследований научных групп лабораторий. Научится работать с научной литературой, овладеть терминологией.

**уметь:**

Искать актуальную для исследования научную литературу. Владеть широким спектром методик, используемых в научных лабораториях. Включая численные, криогенные и оптические исследования.

**владеть:**

- навыками работы с литературой;
- методы получения криогенных температур;
- оптические методы исследования;
- навыками теоретического анализа реальных задач.

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Доклады на семинаре по предложенным преподавателем статьям по направлению Современные проблемы квантовой физики.

**4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Каждый студент должен выполнить 6 докладов (3 в осеннем семестре и 3 в весеннем) продолжительностью 10-15 минут.

Выполнить 6 исследовательских практических задач (3 в осеннем семестре и 3 в весеннем). В соответствии с изученной литературой.

Вопросы задаются по ходу докладов и при допуске к исследовательской установке, а также по существу проведенных исследований.

Примеры тем докладов:

1. Исследование процесса квантования потока сверхпроводником методами магнитно-силовой микроскопии
2. Измерение временного отклика считывающего резонатора кубита
3. Восстановление оптических констант материалов с помощью спектральной эллипсометрии
4. Построение квантовой схемы для динамической эволюции системы, описываемой моделью Гейзенберга
5. Исследование пространственного распределения плотности электронных состояний сверхпроводника с использованием сканирующей туннельной микроскопии в присутствии магнитного поля
6. Калибровка управляющего пи-импульса кубита
7. Исследование магнитооптических материалов и эффект Фарадея в микрорезонаторах Фабри-Перо
8. Построение квантовой схемы для динамической эволюции системы, описываемой моделью Ферми-Хаббарда

**Критерии оценивания**

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.



Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и, по существу, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится по итогам выступлений и подготовленных докладов, выполненных исследовательских практических задач в течении семестра.