

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Проректор по учебной работе и  
довузовской подготовке**

**А.А. Воронов**

**по дисциплине:** **Рабочая программа дисциплины (модуля)**  
Современные проблемы физики. Часть 2

**программа аспирантуры:** Компьютерные науки и информатика

**курс:** кафедра теоретической физики  
1

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 48 час.

Всего часов: 78, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: Ю.М. Белоусов, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической физики 30.08.2022

## Аннотация

В начале XX века в естествознании утвердилась великая идея о том, что эффекты гравитации полностью обусловлены эффектами кривизны пространства-времени. Наоборот, кривизна пространства-времени создаётся движущейся в нём материей. Так возникла Общая теория относительности, другое название которой непосредственно отражает лежащие в её основе идеи --- геометродинамика. Можно сказать, что геометродинамика является наиболее общей из всех теорий поля, поскольку любая теория поля должна быть в конце концов сформулирована в искривлённом пространстве -времени, т.е. включена в общую теорию относительности. Геометродинамика позволяет поставить

и даёт физически интересные, хотя часто и удивительные, решения таких задач, которые в нерелятивистской ньютоновской теории даже не могли быть и поставлены. Например, это задача о распространении и об излучении гравитационных волн (которые были экспериментально зарегистрированы) или проблема эволюции Вселенной.

Первая часть курса лекций представляет собою сжатый курс дифференциальной геометрии. Изложение ведётся на языке дифференциальных форм. Это позволяет сформулировать и использовать структурные уравнения Картана. Такой подход ведёт к значительной экономии в конкретных вычислениях. Кроме того,

формулировка дифференциальной геометрии при помощи аппарата дифференциальных форм соответствует общепринятой в настоящее время практике в математической и физической литературе.

Во второй части курса лекций формулируется и обосновывается основное уравнение теории --- уравнение Эйнштейна. Затем при помощи уравнения Эйнштейна решаются классические задачи общей теории относительности: ньютоновское приближение, приближение слабых гравитационных полей и излучение гравитационных волн,

решение Шварцшильда для центрально-симметричного распределения материи (чёрная дыра), решение Фридмана уравнений Эйнштейна для однородной и изотропной Вселенной. Все эти задачи были поставлены и в основном решены самими создателями общей теории относительности. Поэтому обсуждение упомянутых задач содержится практически во всех учебниках по релятивистской теории гравитации. Главное отличие настоящего курса лекций от имеющихся учебников состоит в использовании математического аппарата дифференциальной геометрии, сформулированной на языке дифференциальных форм, и во включении появившихся за последние годы экспериментальных данных.

Нам представляется, что предлагаемый курс лекций может быть полезным для широкого круга читателей: студентов, аспирантов, преподавателей и научных работников физических специальностей.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Дать обзор и анализ основных достижений и открытий в области физики во второй половине XX и начале XXI века, определивших направления дальнейших фундаментальных и прикладных исследований, а также показать взаимосвязь различных областей знаний.

### Задачи дисциплины

- приобретение слушателями знаний об основных достижениях и открытиях в области физики во половине XX и начале XXI века, их важности для дальнейшего развития идей;
- знакомство слушателей с основными Нобелевскими премиями по физике, особенно с премиями советских и российских ученых;
- получение знаний о состоянии современной физики в следующих областях: фундаментальные взаимодействия, космология и астрофизика, конденсированные состояния вещества и ядерно-физические методы исследования, взаимодействие излучения с атомами и молекулами, квантовая оптика и квантовая радиофизика.

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Современное состояние фундаментальных и прикладных исследований в физике;
- суть Нобелевских премий по физике в следующих областях: фундаментальные взаимодействия, космология и астрофизика, конденсированные состояния вещества и ядерно-физические методы исследования, взаимодействие излучения с атомами и молекулами, квантовая оптика и квантовая радиофизика;
- главные результаты развития идей Нобелевских премий по физике;
- достижения отечественных ученых, награжденные Нобелевской премией по физике;
- актуальные задачи и направления развития современной физики;
- границы известного в современной физике.

уметь:

- Ориентироваться в наиболее значимых достижениях в области физики во второй половине XX и начале XXI века, определивших направления дальнейших фундаментальных и прикладных исследований;
- анализировать условия и обстоятельства, необходимые для возникновения достижений уровня Нобелевской премии;
- оценивать перспективы развития тех или иных открытий и идей для науки, экономической и хозяйственной деятельности человека;
- выделять направления физики, находящиеся на передовом рубеже изучения;
- применять рассмотренные методы для получения качественных оценок задач, относящихся к различным областям современной физики.

владеть:

- Методами анализа современной научной информации;
- методами учета актуальности разделов физики и открытий в процессе преподавания и организации деятельности в сфере образования.

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

### 3.1. 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	Строение вещества: макроскопические квантовые явления, мезоскопические и макроскопические системы, новые методы исследования конденсированных сред	10			14
2	Квантовые системы, магнитный резонанс, квантовая химия	10			12
3	Физика плазмы и сильные электромагнитные поля	10			22
Итого часов		30			48
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		78 час., 2 зач.ед.			

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

#### Семестр: 2 (Весенний)

1. Строение вещества: макроскопические квантовые явления, мезоскопические и макроскопические системы, новые методы исследования конденсированных сред

Сверхпроводимость. Теория БКШ. Сверхпроводимость. Теория Гинзбурга-Ландау, Вихри Абрикосова. Конденсация Бозе-Эйнштейна, слабонеидеальные газы. Сверхтекучесть,  $^4\text{He}$  и  $^3\text{He}$  Эффект Мессбауэра. Топологические фазовые переходы. Ренормгруппа и теория критических явлений. Дробный квантовый эффект Холла.

2. Квантовые системы, магнитный резонанс, квантовая химия

Компьютерные методы квантовой химии. Теории функционала плотности и ее применения. Ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонанс. Ядерно-физические методы исследования вещества.

3. Физика плазмы и сильные электромагнитные поля

Создания сверхсильных фемтосекундных лазерных импульсов. Высокотемпературная плазма. Управляемый термоядерный синтез, токамаки.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором, экраном и микрофоном. Для проведения занятий в формате видеоконференции – ноутбук или персональный компьютер, оснащенный микрофоном и видеокамерой, имеющий выход в сеть Интернет с достаточной для участия в видеоконференции пропускной способностью.

#### 5. Перечень рекомендуемой литературы

##### Основная литература

1. Основы теории металлов [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / А. А. Абрикосов .— 2-е изд., доп. и испр. — М. : Физматлит, 2009, 2010 .— 600 с.

##### Дополнительная литература

1. Лекции по теории относительности, классической электродинамике и гравитации [Текст], [учеб. пособие для вузов] /Э. Т. Ахмедов. -М., МЦНМО, 2018
2. Лекции по колебаниям и волнам. В 2 частях. Часть 2 /А. А. Пухов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) %i Волны, учебное пособие. Москва, МФТИ, 2019
3. Лекции по колебаниям и волнам. В 2 частях. Часть 1 /А. А. Пухов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) %i Колебания, учебное пособие. Москва, МФТИ, 2019
4. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / П. Г. Крюков .— Долгопрудный : Интеллект, 2012 .— 248 с.

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

1. УФН, Нобелевские лекции: <https://ufn.ru/ru/rubrics/nobel-lectures/>

2. Б. Грин. "Элегантная Вселенная": <https://www.youtube.com/watch?v=1HnZynMDYOU>
3. Э. Т. Ахмедов. Лекции по общей теории относительности:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Jxb6cCSGsgU&list=PL9peWTxCcrBIZ4AH4t0VXsKd-LtUOJjxZ>  
<https://www.youtube.com/watch?v=Z5d6utFcW0E>  
<https://www.youtube.com/watch?v=T2bSKqmAJxs>

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

На занятиях могут использоваться мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентации. Также семинары могут проходить в дистанционном режиме посредством видеоконференций.

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

Слушатели, 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 обучающийся 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 слушателя.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых слушателям 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 слушателей в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**программа аспирантуры:** Компьютерные науки и информатика  
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики  
кафедра теоретической физики

**курс:** 1

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** Ю.М. Белоусов, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

## 1. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные проблемы физики. Часть 2» обучающийся должен:

### знать:

- Современное состояние фундаментальных и прикладных исследований в физике;
- суть Нобелевских премий по физике в следующих областях: фундаментальные взаимодействия, космология и астрофизика, конденсированные состояния вещества и ядерно-физические методы исследования, взаимодействие излучения с атомами и молекулами, квантовая оптика и квантовая радиофизика;
- главные результаты развития идей Нобелевских премий по физике;
- достижения отечественных ученых, награжденные Нобелевской премией по физике;
- актуальные задачи и направления развития современной физики;
- границы известного в современной физике.

### уметь:

- Ориентироваться в наиболее значимых достижениях в области физики во второй половине XX и начале XXI века, определивших направления дальнейших фундаментальных и прикладных исследований;
- анализировать условия и обстоятельства, необходимые для возникновения достижений уровня Нобелевской премии;
- оценивать перспективы развития тех или иных открытий и идей для науки, экономической и хозяйственной деятельности человека;
- выделять направления физики, находящиеся на передовом рубеже изучения;
- применять рассмотренные методы для получения качественных оценок задач, относящихся к различным областям современной физики.

### владеть:

- Методами анализа современной научной информации;
- методами учета актуальности разделов физики и открытий в процессе преподавания и организации деятельности в сфере образования.

## 2. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Примеры тем для реферата по одной из тем курса:

1. Стандартная модель и ее значение в развитии физики фундаментальных взаимодействий.
2. Гравитационные волны и методы их регистрации.
3. Графен и другие двумерные материалы.
4. Эффект Мессбауэра и его применения в исследовании твердых тел.
5. Уравнения Гинзбурга-Ландау и вихревая решетка Абрикосова.
6. Управляемый термоядерный синтез и возможности его реализации в токамаках.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

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

Перечень контрольных вопросов (диф. зачет):

1. Какое взаимодействие положено в основу теории БКШ?
2. Чем механизм сверхтекучести  $^4\text{He}$  отличается от механизма сверхтекучести  $^3\text{He}$ ?
3. Объясните суть работы К Вильсона, за которую в 1982 году была присуждена Нобелевская премия по физике?
4. Объясните суть работы В. Кона, которому в 1998 году была присуждена Нобелевская премия по химии?

5. Какой механизм создания фемтосекундных лазерных импульсов был предложен Ж. Муру и Д. Стрикланд?
6. Особенности кристаллов, в которых наблюдается ВТСП.
7. В каких материалах впервые наблюдалась ВТСП и кому была присуждена Нобелевская премия?
8. Объясните смысл метода функционала плотности.
9. Когерентные состояния лазерного излучения.

Примеры контрольных заданий (диф.зачет).

Билет №1.

1. Какое взаимодействие положено в основу теории БКШ?
2. Какой механизм создания фемтосекундных лазерных импульсов был предложен Ж. Муру и Д. Стрикланд?

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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 обучающемуся, 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.

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



Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков.

Дифференцированный зачет проводится в устной форме в виде беседы и опроса по основным понятиям пройденного материала. Обучающемуся предлагается ответить на билет, содержащий два вопроса.

Итоговая аттестация по дисциплине «Современные проблемы физики» осуществляется в форме диф. зачета.

Дифференцированный зачет проводится в устной форме в виде защиты реферата по выбранному вопросу и опроса по основным понятиям пройденного материала.