

**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 1

**программа аспирантуры:** Математика и механика

**курс:** кафедра теоретической физики  
1

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - 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	Земля и Вселенная	6			10
2	Строение вещества: атомные ядра, ядерные реакции и распады, излучений.	6			10
3	Строение вещества: элементарные частицы, фундаментальные взаимодействия и симметрии, высокие энергии	6			10
4	Электродинамика, электронная оптика, квантовая электроника	6			10
5	Квантовая оптика и квантовая радиофизика	6			8
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: 1 (Осенний)

#### 1. Земля и Вселенная

Анализ реликтового излучения, эффект от темной энергии и темной материи, инфляционная модель. Прямая регистрация гравитационных волн. Черные дыры.

#### 2. Строение вещества: атомные ядра, ядерные реакции и распады, излучений.

Современная ядерная физика, включая астрофизические аспекты. Современные исследования фундаментальных Р и Т симметрий при низких энергиях

#### 3. Строение вещества: элементарные частицы, фундаментальные взаимодействия и симметрии, высокие энергии

Стандартная модель. Массы и осцилляции нейтрино.

Калибровочные теории и механизм Хиггса - обобщения механизма Гинзбурга-Ландау на калибровочные теории. Калибровочная теория сильных взаимодействий и асимптотическая свобода в КХД.

#### 4. Электродинамика, электронная оптика, квантовая электроника

Полупроводниковые устройства и гетероструктуры. Графен и его свойства.

#### 5. Квантовая оптика и квантовая радиофизика

Лазеры и лазерная спектроскопия. Когерентные и сжатые состояния. Интерпретации квантовой механики. Квантовые измерения. Проблема необратимости.

### 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) — 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)%iКолебания, 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:** Математика и механика  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
кафедра теоретической физики

**курс:** 1

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - 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 1» 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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

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

1. Кому и за какие открытия была присуждена Нобелевская премия по физике в 2019 году?
2. Какая работа, связанная с прямой регистрацией гравитационных волн была удостоена Нобелевской премии в 2017 году?
3. Объясните суть построения калибровочных теорий.
4. Почему осцилляции нейтрино доказывают существование его массы?
5. Объясните суть работы, за которую были удостоены Нобелевской премии Н. Басов, А. Прохоров и Д. Таунс.
6. Какие эксперименты показали существование темной материи
7. Какова природа реликтового излучения?
8. Что такое асимптотическая свобода?
9. Особенности энергетического спектра электронов в двумерных материалах

Примеры контрольных заданий (дифференцированный зачет)

Билет №1

1 Почему осцилляции нейтрино доказывают существование его массы?

2. Какова природа реликтового излучения?

#### 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**

Дифференцированный зачет проводится в устной форме в виде беседы и опроса по основным понятиям пройденного материала.

Обучающемуся предлагается ответить на билет, содержащий два вопроса.