

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**и.о. директора физтех-школы  
физики и исследований им.  
Ландау**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Приборы и методы исследования планет
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра космической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

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: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: О.И. Кораблев, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры космической физики 04.06.2020

## Аннотация

Курс лекций посвящен обзору методов планетных исследований. Описываются приборы и экспериментальные методы, применяемые для исследования планет и малых тел Солнечной системы. В курсе затрагиваются дистанционные, контактные, активные и геофизические методы измерений физических и химических параметров атмосферы, поверхности и недр планет. Приводятся многочисленные примеры работающих и работавших инструментов на борту космических аппаратов и с наземных телескопов. Большое внимание уделено оптическим и спектрометрическим измерительным системам как наиболее распространенным в изучении далеких объектов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных теоретических и экспериментальных концепций в области исследования планет;  
развитие умений, основанных на полученных знаниях, позволяющих на творческом уровне создавать и применять методы для исследования планет;  
получение студентами навыков самостоятельной исследовательской работы, предполагающей изучение специфических алгоритмов, инструментов и средств;  
получение практических навыков использования данных современных космических экспериментов для решения задач.

#### Задачи дисциплины

получение базовых знаний, необходимых студенту для проведения научных исследований в рамках своей магистерской работы.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-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
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов

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	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- дистанционные методы исследования планет;
- контактные методы исследования планет;
- основы физики планет;
- основные типы оптических и спектрометрических инструментов для исследования планет.

уметь:

- пользоваться знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач планетной физики;
- видеть в задачах физическое содержание;
- делать численные оценки по порядку величины;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций в планетной физике;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах.

владеть:

- работы с современной научной литературой по данному вопросу;
- культурой постановки и моделирования задач планетной физики;
- практикой исследования и решения задач физики планет;
- навыками теоретического анализа реальных задач в различных областях космического пространства.

### 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	Условия в атмосфере планеты, метеопараметры, состав атмосферы, аэрозоли.	3			1
2	Условия на поверхности планеты, физические, химические.	3			2
3	Дистанционные измерения. Изображения, спектроскопия, радиометоды, лидар.	3			1
4	Атмосферная спектроскопия высокого разрешения.	3			2
5	Контактные измерения в атмосфере, планетная метеорология.	3			1
6	Дистанционные и неразрушающие методы исследования поверхности.	3			2

7	Контактные методы исследования поверхности.	3			1
8	Геофизические методы исследования планет, внутреннее строение.	3			2
9	Оценка обитаемости, поиск следов жизни и живых форм.	3			1
10	Комплексы научной аппаратуры, принципы организации космических проектов.	3			2
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Условия в атмосфере планеты, метеопараметры, состав атмосферы, аэрозоли.

Условия в атмосфере планеты, метеопараметры, состав атмосферы, аэрозоли. Климатические системы, количественные оценки эволюции атмосферы и климата, обитаемость. Классификация методов измерений, дистанционные, контактные, активные.

##### 2. Условия на поверхности планеты, физические, химические.

Условия на поверхности планеты, физические, химические. Внутренне строение, морфология, геология, состав поверхности, летучие компоненты, взаимодействие с атмосферой, обитаемость. Классификация методов измерений, дистанционные, контактные, с активацией, разрушающие (пиролиз). Методы исследования внутреннего строения.

##### 3. Дистанционные измерения. Изображения, спектроскопия, радиометоды, лидар.

Дистанционные измерения. Изображения, спектроскопия, радиометоды, лидар. Мониторинг климатических параметров со спутников.

##### 4. Атмосферная спектроскопия высокого разрешения.

Атмосферная спектроскопия высокого разрешения. Измерения состава атмосферы, детектирование малых составляющих. Спектральные диапазоны измерений. Метод затмений. Типы спектрометров высокого разрешения. Фурье-спектрометры, эшелле-спектрометры, гетеродин.

##### 5. Контактные измерения в атмосфере, планетная метеорология.

Контактные измерения в атмосфере, планетная метеорология. Метеодатчики (давление, температура, скорость ветра), нефелометры, газоанализаторы (хромато-масс-спектрометр, спектроскопия в кювете).

##### 6. Дистанционные и неразрушающие методы исследования поверхности.

Дистанционные и неразрушающие методы исследования поверхности. Морфология: анализ изображений, построение карт. Альтиметрия, радары, лидары. Геоинформационные системы. Минералогия: картирующие спектрометры оптического диапазона, гамма, нейтронная, и рентгеновская спектрометрия.

## 7. Контактные методы исследования поверхности.

Контактные методы исследования поверхности. Элементный и структурный анализ вещества. Активация, пиролиз. Измерения физических свойств.

## 8. Геофизические методы исследования планет, внутреннее строение.

Геофизические методы исследования планет, внутреннее строение. Магнитное поле, электромагнитное зондирование. Сейсмометрия, методы регистрации собственного движения небесных тел. Гравиметрия, траекторные измерения.

## 9. Оценка обитаемости, поиск следов жизни и живых форм.

Оценка обитаемости, поиск следов жизни и живых форм. Критерии обитаемости, обитаемость в прошлом и в настоящем. Подходы к оценке обитаемости. Хиральность. Методы обнаружения ископаемых и современных форм жизни. Понятие о планетарной защите.

## 10. Комплексы научной аппаратуры, принципы организации космических проектов.

Комплексы научной аппаратуры, принципы организации космических проектов. Организация научных космических проектов. Понятие о требованиях, предъявляемых к научной аппаратуре и системам космических аппаратов. Целевые научные комплексы, критерии отбора научной аппаратуры. Примеры проектов.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Общий курс астрономии [Текст] : учеб. пособие для вузов / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова . — 4-е изд. — М. : ЛИБРОКОМ, 2011 . — 544 с.
2. Трухин В.И., К.В. Показеев, В.Е. Куницын. Общая и экологическая геофизика. М. Физматлит 2005. 576с.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. Элементарное введение в планетную и спутниковую геофизику. М. ООО «Наука и образование», 2013 414с.

### Дополнительная литература

1. Теоретические основы атмосферной оптики [Текст] / Ю. М. Тимофеев, А. В. Васильев - СПб.Наука,2003
2. Pater I., J.J. Lissauer. Planetary sciences. Cambridge Univ. Press. 2001, 2006, 528p.
3. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. М. Наука 1979 478с.
4. Маров М.Я., Хантресс У.Т. Советские роботы в Солнечной системе. Технологии и открытия. М. Физматлит 2013, 612с.
5. Hanel R.A. et al. Exploration of the Solar System by Infrared Remote Sensing. Cambridge Univ. Press. 1992, 2003, 518p.

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

Не используются

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

## **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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### 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 космической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

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

**Разработчик:** О.И. Кораблев, д-р физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-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
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
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-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Приборы и методы исследования планет» обучающийся должен:

### знать:

- дистанционные методы исследования планет;
- контактные методы исследования планет;
- основы физики планет;
- основные типы оптических и спектрометрических инструментов для исследования планет.

### уметь:

- пользоваться знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач планетной физики;
- видеть в задачах физическое содержание;
- делать численные оценки по порядку величины;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций в планетной физике;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах.



**владеть:**

- работы с современной научной литературой по данному вопросу;
- культурой постановки и моделирования задач планетной физики;
- практикой исследования и решения задач физики планет;
- навыками теоретического анализа реальных задач в различных областях космического пространства.

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

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

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

1. Условия в атмосфере планеты, метеопараметры, состав атмосферы, аэрозоли. Климатические системы, количественные оценки эволюции атмосферы и климата, обитаемость. Классификация методов измерений, дистанционные, контактные, активные.
2. Условия на поверхности планеты, физические, химические. Внутреннее строение, морфология, геология, состав поверхности, летучие компоненты, взаимодействие с атмосферой, обитаемость. Классификация методов измерений, дистанционные, контактные, с активацией, разрушающие (пиролиз). Методы исследования внутреннего строения.
3. Дистанционные измерения. Изображения, спектроскопия, радиометоды, лидар. Мониторинг климатических параметров со спутников.
4. Атмосферная спектроскопия высокого разрешения. Измерения состава атмосферы, детектирование малых составляющих. Спектральные диапазоны измерений. Метод затмений. Типы спектрометров высокого разрешения. Фурье-спектрометры, эшелле-спектрометры, гетеродин.
5. Контактные измерения в атмосфере, планетная метеорология. Метеодатчики (давление, температура, скорость ветра), нефелометры, газоанализаторы (хромато-масс-спектрометр, спектроскопия в кювете).
6. Дистанционные и неразрушающие методы исследования поверхности. Морфология: анализ изображений, построение карт. Альтиметрия, радары, лидары. Геоинформационные системы. Минералогия: картирующие спектрометры оптического диапазона, гамма, нейтронная, и рентгеновская спектрометрия.
7. Контактные методы исследования поверхности. Элементный и структурный анализ вещества. Активация, пиролиз. Измерения физических свойств.
8. Геофизические методы исследования планет, внутреннее строение. Магнитное поле, электромагнитное зондирование. Сейсмометрия, методы регистрации собственного движения небесных тел. Гравиметрия, траекторные измерения.
9. Оценка обитаемости, поиск следов жизни и живых форм. Критерии обитаемости, обитаемость в прошлом и в настоящем. Подходы к оценке обитаемости. Хиральность. Методы обнаружения ископаемых и современных форм жизни. Понятие о планетарной защите.
10. Комплексы научной аппаратуры, принципы организации космических проектов. Организация научных космических проектов. Понятие о требованиях, предъявляемых к научной аппаратуре и системам космических аппаратов. Целевые научные комплексы, критерии отбора научной аппаратуры. Примеры проектов.

**Примеры контрольных билетов:****Билет №1**

1. Атмосферная спектроскопия высокого разрешения. Измерения состава атмосферы, детектирование малых составляющих. Спектральные диапазоны измерений.
2. Оценка обитаемости, поиск следов жизни и живых форм. Критерии обитаемости, обитаемость в прошлом и в настоящем. Подходы к оценке обитаемости.

**Билет №2**

1. Контактные измерения в атмосфере, планетная метеорология. Метеодатчики (давление, температура, скорость ветра), нефелометры, газоанализаторы (хромато-масс-спектрометр, спектроскопия в кювете).
2. Условия в атмосфере планеты, метеопараметры, состав атмосферы, аэрозоли. Климатические системы, количественные оценки эволюции атмосферы и климата, обитаемость.

#### 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 зачёт проводится в устной форме. Студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса. При проведении дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.