

**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**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Экспериментальная ядерная физика
<b>по направлению:</b>	Ядерные физика и технологии
<b>профиль подготовки:</b>	Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Экзамен

2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 60 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: Д.В. Дедович

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных и прикладных проблем физики микромира  
04.06.2020

## Аннотация

Современные экспериментальные установки в ядерной физике и физике элементарных частиц представляют собой сложные и масштабные сооружения, иногда включающие в себя несколько тысяч отдельных детекторов разных типов. В зависимости от типа детектора, они способны регистрировать различные элементарные частицы и измерять их свойства, такие как импульс, энергия, тип частицы. Регистрация частицы происходит в результате ее взаимодействия с материалом детектора. Таким образом, для проектирования экспериментальных ядерно-физических установок необходимо хорошо знать закономерности физических процессов, сопровождающих прохождение частиц через вещество, принцип работы и характеристики детекторов различных типов, устройство электроники считывания и сбора данных. Изучению такого довольно широкого круга вопросов посвящен этот курс.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- обучение основным способам регистрации и измерения свойств элементарных частиц, применяемым в экспериментальной ядерной физике. Рассматриваются основы проектирования экспериментальных ядерно-физических установок.

### Задачи дисциплины

- ознакомление с основными видами взаимодействия частиц с веществом;
- формирование знаний принципов работы и устройства основных типов детекторов<sup>1</sup> частиц в физике высоких и промежуточных энергий;
- объяснение способов измерения энергии, скорости и импульса элементарных частиц и методов их идентификации;
- обучение методам расчета и конструирования экспериментальных ядерно-физических установок.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	ОПК-1.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной	ОПК-2.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-2.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности

работы	ОПК-2.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования, применять знания в области профессиональной деятельности для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	ПК-1.1 Знает физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий
ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.4 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	ПК-3.1 Знает современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области
	ПК-3.3 Владеет навыками экспертной оценки предлагаемых решений или проектов

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные виды взаимодействия частиц с веществом;
- принцип работы и устройство основных типов детекторов частиц в физике высоких и промежуточных энергий;
- способы измерения энергии, скорости и импульса элементарных частиц, методы их идентификации;
- принципы конструирования экспериментальных установок.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной физики элементарных частиц.

владеть:

- техникой и методами расчета характеристик и основных параметров проектируемых экспериментальных ядерно-физических установок.

### 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	Введение.	1	3		3
2	Ионизационные потери тяжелых заряженных частиц.	1	3		3
3	Пробег заряженных частиц в веществе.	1	3		3
4	Тормозное излучение.	1	3		3

5	Кулоновское взаимодействие частиц с ядрами.	1	3		3
6	Излучение Вавилова-Черенкова.	1	3		3
7	Взаимодействие фотонов с веществом.	1	3		3
8	Взаимодействие нейтронов с веществом.	1	3		3
9	Сцинтилляционные детекторы.	1	3		3
10	Фотоумножители.	1	3		3
11	Вопросы светосбора и магнитной защиты.	1	3		3
12	Черенковские детекторы.	1	3		3
13	Газоразрядные детекторы.	1	3		3
14	Режимы работы газоразрядных детекторов. Ионизационные, пропорциональные, дрейфовые, искровые камеры.	1	3		3
15	Полупроводниковые детекторы. Ядерные фотоэмульсии.	1	3		3
16	Две концепции экспериментальных установок.	1	1		2
17	Структура установок на коллайдерах.	1	1		2
18	Измерение импульсов частиц в магнитном поле.	1	1		2
19	Вершинные детекторы.	1	1		2
20	Калориметры.	1	1		2
21	Энергетическое разрешение калориметров.	1	1		2
22	Мюонные детекторы.	1	1		2
23	Методы идентификации частиц.	1	1		2
24	Нейтринные детекторы.	1	1		2
25	Электроника в ядерно-физическом эксперименте.	1	1		2
26	Элементы триггерной электроники.	1	1		2
27	Случайные совпадения в двух или нескольких каналах.	1	1		2
28	Стандарты электроники.	1	1		2
29	Триггерные системы. Системы сбора данных (DAQ).	1	1		2
30	Системы триггера и сбора данных в крупных экспериментах.	1	1		2
Итого часов		30	60		75
Подготовка к экзамену		60 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Введение.

Обзор материала курса. Классификация и основные характеристики детекторов. Процессы, происходящие при прохождении частиц через вещество.

##### 2. Ионизационные потери тяжелых заряженных частиц.

Ионизационные потери тяжелых заряженных частиц. Вывод формулы Бете-Блоха и ее анализ.

### 3. Пробег заряженных частиц в веществе.

Пробег заряженных частиц в веществе. Флуктуации ионизационных потерь. Дельта-электроны. Ионизационные потери электронов.

### 4. Тормозное излучение.

Тормозное излучение. Формула Бете-Гайтлера. Радиационная длина. Критическая энергия.

### 5. Кулоновское взаимодействие частиц с ядрами.

Кулоновское взаимодействие частиц с ядрами. Многократное рассеяние.

### 6. Излучение Вавилова-Черенкова.

Излучение Вавилова-Черенкова. Физические основы черенковского излучения и его характеристики. Переходное излучение.

### 7. Взаимодействие фотонов с веществом.

Взаимодействие фотонов с веществом: фотоэффект, комптоновское рассеяние, рождение  $e^+e^-$  пар.

### 8. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Взаимодействие нейтронов с веществом. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов. Ядерные реакции.

### 9. Сцинтилляционные детекторы.

Сцинтилляционные детекторы. Сцинтилляционные материалы. Характеристики сцинтилляторов.

### 10. Фотоумножители.

Фотоумножители. Характеристики ФЭУ. Система питания ФЭУ. Шумы ФЭУ.

### 11. Вопросы светосбора и магнитной защиты.

Вопросы светосбора и магнитной защиты. Полупроводниковые фотоприемники. Временное и энергетическое разрешение сцинтилляционных детекторов.

### 12. Черенковские детекторы.

Черенковские детекторы. Типы радиаторов (газ, жидкость, твердое тело, аэрогель). Сместители спектра. Пороговые и дифференциальные счетчики. Спектрометры полного поглощения. RICH детекторы.

### 13. Газоразрядные детекторы.

Газоразрядные детекторы. Физика газового разряда. Лавинное усиление. Пропорциональный счетчик.

14. Режимы работы газоразрядных детекторов. Ионизационные, пропорциональные, дрейфовые, искровые камеры.

Выбор газового наполнения. Режимы работы газоразрядных детекторов: пропорциональный, гейгеровский, стримерный, искровой.

Ионизационные, пропорциональные, дрейфовые, искровые камеры. Варианты конструкции. Основы реконструкции треков.

15. Полупроводниковые детекторы. Ядерные фотоэмульсии.

Полупроводниковые детекторы. Физические основы работы полупроводниковых детекторов. Поверхностно-барьерные, диффузионно-дрейфовые детекторы. Микростриповые детекторы.

Ядерные фотоэмульсии. «Классические» детекторы прежних лет: камеры Вильсона, диффузионные камеры, пузырьковые камеры.

Семестр: 2 (Весенний)

16. Две концепции экспериментальных установок.

Экспериментальные установки с фиксированной мишенью и установки на коллайдерах: сравнение двух концепций. Типы мишеней: твердотельные, струйные, pellet, поляризованные.

17. Структура установок на коллайдерах.

«Луковичная» структура установок на коллайдерах (внутренний трекер, электромагнитный и адронный калориметры, мюонная система). Примеры крупных установок на коллайдерах.

18. Измерение импульсов частиц в магнитном поле.

Измерение импульсов частиц в магнитном поле. Разрешение по импульсу. Типы используемых магнитов: дипольные, соленоидальные, тороидальные.

19. Вершинные детекторы.

Вершинные детекторы: полупроводниковые (микростриповые, пиксельные), сцинтилляционные фиберные, straw, TPC, группа детекторов MPGD (MSGC, GEM, Micromegas).

20. Калориметры.

Калориметры. Классификация калориметров по назначению (электромагнитные, адронные) и по структуре (гомогенные, слоистые).

21. Энергетическое разрешение калориметров.

Энергетическое разрешение калориметров. Факторы, определяющие разрешение.

22. Мюонные детекторы.

Мюонные детекторы: назначение, используемая методика, разрешение по импульсу. Примеры мюонных систем больших установок.

23. Методы идентификации частиц.

Методы идентификации частиц: по времени пролета, по скорости (пороговые черенковские, RICH, DIRC детекторы, детекторы переходного излучения), по величине ионизационных потерь, по форме развития ливня.

#### 24. Нейтринные детекторы.

Нейтринные детекторы. Детекторы космических нейтрино, нейтринные детекторы на реакторах и на ускорителях.

#### 25. Электроника в ядерно-физическом эксперименте.

Электроника в ядерно-физическом эксперименте. Структура аппаратуры эксперимента в целом. Front-end электроника: усилители, дискриминаторы и др.

#### 26. Элементы триггерной электроники.

Элементы триггерной электроники: схемы совпадений, логические матрицы, цифровые задержки и др. Электронные модули цифровой обработки сигналов: ADC, TDC, счетчики, регистры.

#### 27. Случайные совпадения в двух или нескольких каналах.

Случайные совпадения в двух или нескольких каналах. Мертвое время электроники. Просчеты.

#### 28. Стандарты электроники.

Уровни логических сигналов (NIM, ECL, TTL, LVDS). Стандарты электроники NIM, CAMAC, VME.

#### 29. Триггерные системы. Системы сбора данных (DAQ).

Триггерные системы. Методы отбора событий, используемые в триггерной логике. Многоуровневый триггер.

Системы сбора данных (DAQ). Аппаратная и программная части DAQ. Взаимодействие DAQ с триггерной системой. Организация “Slow control” и мониторингования в реальном времени.

#### 30. Системы триггера и сбора данных в крупных экспериментах.

Особенности построения систем триггера и сбора данных в крупных экспериментах. Системы триггера и DAQ в экспериментах на LHC.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

### **6.Перечень рекомендуемой литературы**

#### Основная литература

1. Введение в физику высоких энергий [Текст] / Д. Перкинс ; пер. с англ. А. В. Беркова ; под ред. Б. А. Долгошеина - М.Энергоатомиздат,1991
2. К. Грουν, Детекторы элементарных частиц, Сибирский хронограф, 1999

#### Дополнительная литература

1. Р. Бок, Х. Грот, Д. Ноц, М. Реглер, Методы анализа данных в физическом эксперименте., М., Мир, 1993
2. Rossi, L., Fischer, P., Rohe, T., Wermes, N. \_Pixel Detectors From Fundamentals to Applications, Springer, 2006

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

база данных Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>), поисковая система INSPIRE (<http://inspirehep.net/>) и электронные версии журналов Phys. Lett., Phys. Rev., Eur. Phys. J., Nucl. Phys., Nucl. Instrum and Meth.

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

Необходимое программное обеспечение: Adobe Reader.

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к базе данных Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>), библиотеке и электронным версиям журналов Phys. Lett., Phys. Rev., Eur. Phys. J., Nucl. Phys., Nucl. Instrum and Meth.

## **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 дисциплины, 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 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 к преподавателю.

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



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Ядерная физика и технологии
<b>профиль подготовки:</b>	Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Экзамен	
2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Д.В. Дедович

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	ОПК-1.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-2.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования, применять знания в области профессиональной деятельности для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	ПК-1.1 Знает физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий
ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.4 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	ПК-3.1 Знает современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области
	ПК-3.3 Владеет навыками экспертной оценки предлагаемых решений или проектов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Экспериментальная ядерная физика» обучающийся должен:

**знать:**

- основные виды взаимодействия частиц с веществом;
- принцип работы и устройство основных типов детекторов частиц в физике высоких и промежуточных энергий;
- способы измерения энергии, скорости и импульса элементарных частиц, методы их идентификации;
- принципы конструирования экспериментальных установок.

**уметь:**

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной физики элементарных частиц.

**владеть:**

- техникой и методами расчета характеристик и основных параметров проектируемых экспериментальных ядерно-физических установок.

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

Не предусмотрено.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 9-ом семестре:

1. Объяснить зависимость ионизационных потерь от импульса в формуле Бете-Блоха.
2. Флуктуации ионизационных потерь и их проявление в эксперименте.
3. Физическая суть излучения Вавилова-Черенкова и его свойства.
4. Сравнить характеристики двух видов излучения: черенковского и тормозного.
5. Объяснить явление многократного рассеяния и как оно проявляется в эксперименте.
6. Описать основные виды взаимодействия фотонов с веществом.
7. Общая схема сцинтилляционного детектора.
8. Фотоумножители и их характеристики.
9. Пороговые и дифференциальные черенковские счетчики.
10. Физические основы работы полупроводниковых детекторов и их основные типы.
11. Лавинное усиление и работа пропорционального счетчика.
12. Различные режимы работы газоразрядных детекторов.
13. Пропорциональные и дрейфовые камеры.

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 10-ом семестре:

1. Особенности установок с фиксированной мишенью и установок на коллайдерах.
2. Измерение импульсов частиц в магнитном поле. Типы магнитных систем.
3. Полупроводниковые и сцинтилляционные фиберные детекторы в качестве вершинных детекторов.
4. Детекторы straw и TRC.
5. Различные типы калориметров и их сравнение.
6. Факторы, определяющие разрешение калориметра.
7. Мюонные детекторы на коллайдерах.
8. Методы идентификации частиц по времени пролета и по скорости.
9. Особенности нейтринных детекторов при изучении космических, реакторных и ускорительных нейтрино.
10. Front-end и триггерная электроника. Стандарты электроники.
11. Функции системы сбора данных и ее взаимодействие с триггерной системой.
12. Случайные совпадения, просчеты. Мертвое время и его источники.

Примеры экзаменационных билетов

В 9 семестре:

Билет 1.

1. Физическая суть излучения Вавилова-Черенкова и его свойства.

2.Объяснить явление многократного рассеяния и как оно проявляется в эксперименте.

Билет 2.

1.Лавинное усиление и работа пропорционального счетчика.

2.Фотоумножители и их характеристики.

Билет 3.

1.Различные режимы работы газоразрядных детекторов.

2.Сравнить характеристики двух видов излучения: черенковского и тормозного.

Билет 4.

1.Описать основные виды взаимодействия фотонов с веществом.

2.Объяснить зависимость ионизационных потерь от импульса в формуле Бете-Блоха.

Билет 5.

1.Пороговые и дифференциальные черенковские счетчики.

2.Общая схема сцинтилляционного детектора.

В 10 семестре:

Билет 1.

1.Измерение импульсов частиц в магнитном поле. Типы магнитных систем.

2.Front-end и триггерная электроника. Стандарты электроники.

Билет 2.

1.Особенности нейтринных детекторов при изучении космических, реакторных и ускорительных нейтрино.

2.Факторы, определяющие разрешение калориметра.

Билет 3.

1.Мюонные детекторы на коллайдерах.

2.Случайные совпадения, просчеты. Мертвое время и его источники.

Билет 4.

1.Функции системы сбора данных и ее взаимодействие с триггерной системой.

2.Различные типы калориметров и их сравнение.

Билет 5.

1.Полупроводниковые и сцинтилляционные фиберные детекторы в качестве вершинных детекторов.

2.Особенности установок с фиксированной мишенью и установок на коллайдерах.

## Критерии оценивания

Обучающемуся ставится оценка в соответствии с продемонстрированным уровнем подготовки; оценивание производится на усмотрения экзаменатора в соответствии с особенностями дисциплины и следующими критериями:

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 недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо 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 твёрдо 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**

При проведении оценивания знаний обучающемуся предоставляется время на подготовку на усмотрение экзаменатора. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.