

**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)
по дисциплине:	Проблемы теории элементарных частиц и космологии
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

- лекции: 0 час.
- семинары: 60 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Д.С. Горбунов, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных взаимодействий и космологии 04.06.2020

Аннотация

В курсе рассматривается современная теория ранней Вселенной, базирующаяся на Общей теории относительности (для описания гравитации) и Стандартной модели физики элементарных частиц (для описания физики микромира), дополненной массивными нейтрино, моделями тёмной материи и бариогенезиса.

Первый семестр посвящён вопросам, для понимания которых в основном достаточно представления об однородной Вселенной. Во втором семестре рассматривается в линейном режиме эволюция неоднородностей (радиация, материя, гравитационные потенциалы) в расширяющейся Вселенной. Здесь же рассматривается инфляция как стадия, предшествующая горячей Вселенной. Лекционный материал сопровождается большим количеством задач для самостоятельного решения и совместного обсуждения результатов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- получение современных научных представлений об устройстве и законах эволюции Вселенной.

Задачи дисциплины

- изучение основ общей теории относительности;
- применение математического аппарата квантовой теории поля для описания динамики физики частиц в расширяющейся Вселенной;
- обучение методам получения численных оценок величин основных космологических параметров.

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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области 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-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-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы 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
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	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	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:

- ☐ проблемы пространства-времени, о Вселенной в целом как физическом объекте, и её эволюции;
- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы физики и математики;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- ☐ новейшие открытия естествознания;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- ☐ использовать вероятностные модели для конкретных процессов и проводить необходимые расчёты в рамках построенной модели;
- ☐ представлять панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

- ☐ логикой в научном творчестве;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ математическим моделированием природных процессов и явлений;
- ☐ научным методом как исходным принципом познания объективного мир.

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	Вселенная сегодня.		2		1
2	Элементы Общей теории относительности.		5		2
3	Однородная изотропная Вселенная.		2		1
4	Динамика расширения Вселенной.		2		1
5	Стандартная космологическая модель.		2		1
6	Термодинамика в расширяющейся Вселенной.		2		1
7	Рекомбинация.		2		1
8	Реликтовые нейтрино.		2		2
9	Первичный нуклеосинтез.		3		1
10	Тёмная материя.		3		2
11	Электрослабый фазовый переход в ранней Вселенной.		2		1
12	Генерация барионной асимметрии.		3		1
13	Проблемы теории горячего Большого взрыва.		2		2

14	Инфляция в режиме медленного скатывания.		3		4
15	Гауссовы случайные величины и случайные поля.		2		2
16	Генерация космологических возмущений в ходе инфляции.		3		3
17	Рождение частиц во внешних полях.		2		2
18	Постинфляционный разогрев.		3		3
19	Джинсовская неустойчивость.		2		2
20	Космологические возмущения в линейном.		4		3
21	Эволюция векторных и тензорных мод.		3		3
22	Скалярные возмущения для однокомпонентной.		2		2
23	Формирование структур во Вселенной.		2		2
24	Анизотропия реликтового излучения.		2		2
Итого часов			60		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Вселенная сегодня.

Общие представления о современной Вселенной, законах её эволюции и истории её развития на основании анализа совокупности имеющихся астрономических наблюдений.

2. Элементы Общей теории относительности.

Тензорный анализ, основные постулаты ОТО, инварианты относительно общекоординатных преобразований, лагранжиан Гильберта—Эйнштейна, тензор энергии-импульса материи, уравнения Эйнштейна, понятие геодезических, ньютоновский предел ОТО.

3. Однородная изотропная Вселенная.

Однородные и изотропные трёхмерные пространственные многообразия, метрика Робертсона—Уокера, свободные частицы в расширяющейся Вселенной, закон Хаббла.

4. Динамика расширения Вселенной.

Уравнение Фридмана, однокомпонентные космологические решения (пыль, радиация, космологическая постоянная), возраст Вселенной, горизонт частиц, горизонт событий.

5. Стандартная космологическая модель.

Модель с тёмной материей и тёмной энергией, переход от замедления к ускорению, переход от радиационно-доминированной к пылевидной стадии, способы определения состава современной Вселенной: «стандартные свечи», угловые размеры удалённых объектов.

6. Термодинамика в расширяющейся Вселенной.

Функции распределения бозонов и фермионов, энтропия в расширяющейся Вселенной, барион-фотонное отношение.

7. Рекомбинация.

Физика рекомбинации, последнее рассеяние фотонов, размер горизонта эпохи рекомбинации.

8. Реликтовые нейтрино.

Температура заалки нейтрино, космологические ограничения на сумму масс нейтрино.

9. Первичный нуклеосинтез.

Заалка нейтронов, направление термоядерных реакций, кинетика нуклеосинтеза: образование и горение дейтерия, образование трития и гелия-3, определение величины барион-фотонного отношения и ограничения на модели с новыми нестабильными частицами.

10. Тёмная материя.

Холодная, тёплая и горячая компоненты тёмной материи, заалка тяжёлых реликтовых частиц, прямые поиски слабовзаимодействующих массивных частиц, кандидаты на роль частиц тёмной материи в обобщениях Стандартной модели физики частиц.

11. Электрослабый фазовый переход в ранней Вселенной.

Фазовые переходы в теории поля при конечной температуре, электрослабый фазовый переход в рамках Стандартной модели физики частиц.

12. Генерация барионной асимметрии.

Необходимые условия (Сахарова) генерации асимметрии, несохранение барионного и лептонных чисел во взаимодействиях частиц (теории Большого объединения), электрослабый бариогенезис, лептогенезис, механизм Аффлекса—Дайна генерации асимметрии комплексным скалярным полем.

Семестр: 2 (Весенний)

13. Проблемы теории горячего Большого взрыва.

Проблемы горизонта, плоскостности, энтропии, первичных неоднородностей.

14. Инфляция в режиме медленного скатывания.

Инфляционное решение проблем теории горячего Большого взрыва, условия медленного скатывания, хаотическая инфляция, новая инфляция, гибридная инфляция.

15. Гауссовы случайные величины и случайные поля.

Свойства гауссовых случайных величин, гауссовы случайные поля.

16. Генерация космологических возмущений в ходе инфляции.

Генерация возмущений инфлатона, первичные скалярные возмущения, генерация гравитационных волн, амплитуды и наклоны спектров возмущений.

17. Рождение частиц во внешних полях.

Метод преобразований Боголюбова: бозоны, фермионы.

18. Постинфляционный разогрев.

Пертурбативный механизм распада колеблющегося инфлатонного поля, условия термализации частиц в расширяющейся Вселенной, явление параметрического резонанса в распаде инфлатона, распад колебаний большой амплитуды, рождение тяжёлых фермионов.

19. Джинсовская неустойчивость.

Джинсовская неустойчивость в статической среде, развитие неустойчивости в расширяющейся Вселенной, структуры во Вселенной.

20. Космологические возмущения в линейном.

Линеаризованный тензор энергии-импульса идеальной жидкости, линеаризованные уравнения Эйнштейна, разложения по спиралям: тензорные, векторные, скалярные моды.

21. Эволюция векторных и тензорных мод.

Загоризонтные и подгоризонтные моды, сшивка на горизонте.

22. Скалярные возмущения для однокомпонентной.

Случаи доминирования релятивистского вещества, пыли, возмущения нерелятивистского вещества на стадии доминирования космологической постоянной.

23. Формирование структур во Вселенной.

Линейная стадия эволюции неоднородностей материи после рекомбинации, спектр мощности, выход возмущений на нелинейную стадию, распределение структур по массам.

24. Анизотропия реликтового излучения.

Анизотропия температуры реликтового излучения в приближении мгновенного отщепления фотонов.

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 теорию ранней Вселенной : Теория горячего Большого взрыва [Текст]/Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков , -М., ЛЕНАНД, 2016

Дополнительная литература

1. Введение в теорию ранней Вселенной : Космологические возмущения. Инфляционная теория [Текст]/Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков , -М., КРАСАНД, 2016

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

<http://pdg.lbl.gov> (база данных по физике частиц)

<http://arxiv.org...> (открытая база электронных препринтов по физике частиц с 1993 года)

<http://inspirehep.net> (поисковик статей по физике частиц)

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

<http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

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

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др.

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

Студент, изучающий курс «Проблемы теории элементарных частиц и космологии», 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, уверенно разбираться в таких разделах теории элементарных частиц и космологии, как теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях, современные проблемы физики и математики, знать место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях и новейшие открытия естествознания, Студент должен научиться эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки и использовать вероятностные модели для конкретных процессов и проводить необходимые расчёты в рамках построенной модели, он должен хорошо представлять панораму универсальных методов и законов современного естествознания и уметь абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций а также должен владеть математическим моделированием природных процессов и явлений и научной картиной мира.

Изучение курса должно выполняться самостоятельно каждым студентом по итогам каждого из занятий, результаты контролируются преподавателем на семинарах. По заданию преподавателя решаются задачи, выданные преподавателем по итогам занятий, используются конспекты, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные, учебно-методические пособия.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, зачёту и экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные сведения.

При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к практическому занятию, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю, ведущему практические занятия.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: Д.С. Горбунов, 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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области 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-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-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы 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
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-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Проблемы теории элементарных частиц и космологии» обучающийся должен:

знать:

- ☐ проблемы пространства-времени, о Вселенной в целом как физическом объекте, и её эволюции;
- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы физики и математики;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- ☐ новейшие открытия естествознания;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- ☐ использовать вероятностные модели для конкретных процессов и проводить необходимые расчёты в рамках построенной модели;
- ☐ представлять панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

- ☐ логикой в научном творчестве;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ математическим моделированием природных процессов и явлений;
- ☐ научным методом как исходным принципом познания объективного мира.

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

Перечень контрольных вопросов:

1. Общие представления о современной Вселенной и пути её эволюции.
2. Математический аппарат и основные постулаты ОТО.
3. Уравнения Эйнштейна, понятие геодезических, ньютоновский предел ОТО.
4. Однородность и изотропия Вселенной, метрики подходящих пространственных многообразий, метрика Робертсона—Уокера.
5. Закон Хаббла, свободные частицы в расширяющейся Вселенной.
6. Уравнение Фридмана, его решения для однокомпонентных сред, возраст Вселенной и размер космологического горизонта.
7. Стандартная космологическая модель, хронология развития Вселенной, возраст современной Вселенной, яркость и угловой размер объектов, удалённых на космологические расстояния.
8. Функции распределения частиц плазмы в расширяющейся Вселенной, плотность энергии и энтропия.
9. Образование атомарного водорода в ранней Вселенной.
10. Закалка активных нейтрино в ранней Вселенной, космологические ограничения на сумму масс нейтрино.
11. Основные этапы первичного нуклеосинтеза, оценка остаточной концентрации гелия.
12. Типы компонент тёмной материи, оценки остаточной концентрации для холодной и горячей термальных компонент тёмной материи.
13. Кандидаты на роль частиц тёмной материи: слабо взаимодействующие массивные частицы, аксион, стерильные нейтрино, когерентные осцилляции однородного скалярного поля.
14. Электрослабый фазовый переход в ранней Вселенной.
15. Условия Сахарова образования барионной асимметрии Вселенной. Лептогенезис.
16. Электрослабый бариогенезис, механизм Аффлекса—Дайна генерации барионной асимметрии Вселенной.
17. Проблемы теории Горячего Большого взрыва и инфляция как способ их решения.
18. Инфляция в режиме медленного скатывания, хаотическая, новая, гибридная инфляции.
19. Гауссовы случайные величины и гауссовы случайные поля.
20. Генерация скалярных и тензорных возмущений на инфляционной стадии, амплитуды и наклоны спектров.
21. Рождение бозонов и фермионов во внешних полях, метод преобразований Боголюбова.
22. Постинфляционный разогрев Вселенной, явление параметрического резонанса, рождение тяжёлых фермионов.
23. Джинсовская неустойчивость в статической среде и в расширяющейся Вселенной.
24. Линеаризованные по малым возмущениям уравнения Эйнштейна, разложение возмущений по спиралям.
25. Эволюция векторных и тензорных мод в расширяющейся Вселенной.
26. Законы эволюции скалярных возмущений в расширяющейся Вселенной для однокомпонентных сред.
27. Формирование структур в ранней Вселенной, аналитическая оценка распределения структур по массам в формализме Пресса-Шехтера.
28. Формирование анизотропии температуры реликтового излучения, связь анизотропии с основными космологическими параметрами.

Примеры экзаменационных билетов, используемых для проведения экзамена:

Билет №1

1. Математический аппарат и основные постулаты ОТО
2. Эволюция векторных и тензорных мод в расширяющейся Вселенной
3. Законы эволюции скалярных возмущений в расширяющейся Вселенной для однокомпонентных сред

Билет №2

1. Однородность и изотропия Вселенной, метрики подходящих пространственных многообразий, метрика Робертсона—Уокера
2. Основные этапы первичного нуклеосинтеза, оценка остаточной концентрации гелия
3. Закалка активных нейтрино в ранней Вселенной, космологические ограничения на сумму масс нейтрино

Критерии оценивания

Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы.

Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения.

Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей.

Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей.

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов).

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если по десятибалльной шкале его знания оцениваются не ниже «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся в противном случае.

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

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.