

**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:	Управляемый термоядерный синтез
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра плазменной энергетики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

- лекции: 30 час.
- семинары: 90 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: И.М. Позняк, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры плазменной энергетики 04.06.2020

Аннотация

В программе курса «Управляемый термоядерный синтез» (УТС) последовательно рассмотрены основные вопросы, связанные с созданием неисчерпаемого и доступного источника энергии, способного удовлетворить нарастающие потребности человечества в обозримой перспективе. Показана актуальность этой задачи, проведен анализ преимуществ и недостатков существующих методов получения энергии. В ходе занятий разбираются вопросы физики плазмы и общие принципы, лежащие в основе работы термоядерных установок. Рассматриваются возможные пути реализации УТС: системы с магнитным удержанием плазмы, системы с инерциальным удержанием, а также – промежуточные импульсные системы. Слушатели знакомятся с устройством, принципами работы, основными преимуществами и недостатками Z и тета-пинчей, лайнерных систем, плазменных ускорителей, открытых магнитных ловушек, токамаков и стеллараторов, систем лазерного термоядерного синтеза.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение основ физики высокотемпературной плазмы и ядерных реакций синтеза с приобретением навыков применения полученных знаний в исследовательских работах. Основные работы ведутся в направлении решения энергетических проблем современного общества, но следует также отметить и бурное развитие целого ряда важнейших прикладных задач, базирующихся на создании высокотемпературной плазмы в земных лабораториях для всестороннего исследования поведения веществ в экстремальных условиях. Полученные знания, подкрепленные выполнением магистерской диссертации на действующих плазменных термоядерных установках с самыми современными средствами диагностики.
- развитие творческой активности молодых магистров в областях физики высокотемпературной плазмы и ее применениями.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в областях физики и техники высокотемпературной плазмы применительно к термоядерным системам с магнитным и инерциальным удержанием горячей плазмы;
- приобретение знаний о состоянии и перспективах развития различных подходов к реализации демонстрационного термоядерного реактора и ознакомление с применяемыми диагностическими методами и средствами; обсуждение на семинарах наиболее интересных новых результатов и предложений, публикуемых в научных журналах;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях (плазменные двигатели, рентгеновские лазеры, мощные источники нейтронов).

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)	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения

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
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
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- ☐ порядки численных величин, характерные для физики горячей плазмы и атомной физики;
- ☐ современные проблемы физики;
- ☐ общие подходы к решению прикладных и теоретических задач УТС.

уметь:

- ☐ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ производить численные оценки по порядку величины;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ видеть в технических задачах физическое содержание;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ получать наилучшие значения параметров термоядерных плазменных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
- ☐ эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования физических задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

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	Энергетические проблемы современного Мира.	3	9		6
2	Зависимость сечений DD и DT реакций от энергии.	3	9		6
3	Термоядерный реактор с нулевой полезной мощностью.	3	9		6
4	Управляемый т/я синтез (UTC) с инерционным удержанием плазмы.	3	9		6
5	Физические проблемы лазерного т/я синтеза.	3	9		6
6	Z-пинч и тета-пинч разряды.	3	9		9
7	Адиабатические магнитные ловушки с магнитными пробками.	3	9		9
8	Магнитные ловушки с замкнутыми силовыми линиями.	3	9		9
9	Общие принципы, устройство и назначение основных элементов и узлов установки токамак.	3	9		9
10	Инженерные проблемы т/я реакторов на основе токамака и систем с инерционным удержанием плазмы.	3	9		9
Итого часов		30	90		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Энергетические проблемы современного Мира.

Энергетические проблемы современного Мира. Роль и место ядерной энергетики с реакциями синтеза ядер легких элементов.

2. Зависимость сечений DD и DT реакций от энергии.

Зависимость сечений DD и DT реакций от энергии. Создание горячей (термоядерной) плазмы.

3. Термоядерный реактор с нулевой полезной мощностью.

Термоядерный реактор с нулевой полезной мощностью. Критерий Лоусона и классификация т/я систем по способам удержания плазмы и методам ее нагревания.

4. Управляемый т/я синтез (UTC) с инерционным удержанием плазмы.

Управляемый т/я синтез (UTC) с инерционным удержанием плазмы. Общие принципы. Мощные лазеры и генераторы сильнотоочных пучков заряженных частиц.

5. Физические проблемы лазерного т/я синтеза.

Физические проблемы лазерного т/я синтеза. Режимы сжатия и нагрева т/я топлива. Реализация т/я горения в мишенях прямого и непрямого облучения.

Семестр: 2 (Весенний)

6. Z-пинч и тета-пинч разряды.

Z-пинч и тета-пинч разряды. Нейтронное и жесткое рентгеновское излучение мощных импульсных разрядов. Лайнерные системы.

7. Адиабатические магнитные ловушки с магнитными пробками.

Адиабатические магнитные ловушки с магнитными пробками. Общие принципы, заполнение ловушек плазмой, гидродинамич. и кинетические неустойчивости и ловушки с минимумом В.

8. Магнитные ловушки с замкнутыми силовыми линиями.

Магнитные ловушки с замкнутыми силовыми линиями. Вращательное преобразование магнитного поля. Стелларатор и токамак- основные принципы равновесия и устойчивости тороидального плазменного столба.

9. Общие принципы, устройство и назначение основных элементов и узлов установки токамак.

Общие принципы, устройство и назначение основных элементов и узлов установки токамак. Применяемые методы диагностики и полученные результаты.

10. Инженерные проблемы т/я реакторов на основе токамака и систем с инерционным удержанием плазмы.

Инженерные проблемы т/я реакторов на основе токамака и систем с инерционным удержанием плазмы. Данные по сооружаемому Международному экспериментальному реактору токамаку ITER и результаты, полученные на крупнейшей лазерно термоядерной установке NIF (США).

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. Горячая плазма и управляемый ядерный синтез [Текст]/С. Ю. Лукьянов, -М., Наука, 1975
2. Инерциальный термоядерный синтез [Текст]/Дж. Дюдерштадт, Г. Мозес , -М., Энергоатомиздат, 1984
3. Чен Ф. «Введение в физику плазмы» - М.: Изд-во МИР, 1987.
4. Сборник «Диагностика плазмы» - М.: Энергоатомиздат, 1985
5. Термоядерные установки реакторного масштаба «Интернет: файлы ITER и NIF».

Дополнительная литература

1. Методы исследований в экспериментальной физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. И. Пергамент .— М. : Интеллект, 2010 .— 304 с.

2. Мирнов С.В. ЭНЕРГИЯ ИЗ ВОДЫ. - М.: МИФИ, 2007.
3. Сборник «Итоги науки и техники, ВИНТИ, серия Физика Плазмы»: Том 1, 1980; Том 2, 1981; Том 3, 1982.

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

<http://www.iter.org/>, <http://www.iterrf.ru/> - сайты проекта ИТЭР
<https://lasers.llnl.gov/> - сайт LLNL и проекта NIF.
<http://www.cislaser.com/> - сайт лазерной ассоциации России.
<http://www.atomic-energy.ru> - сайт Российского атомного сообщества.
<http://www.fian-inform.ru/lazernaya-fizika> - раздел лазерной физики сайта Агентства научной информации «ФИАН-информ».

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. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad и др.

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

Студент, изучающий курс «Управляемый Термоядерный Синтез», должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять полученные знания на практике.

Обучающийся должен получить чёткое представление о типах действующих и создаваемых термоядерных установок с высокотемпературной плазмой, их назначении, а так же используемых и разрабатываемых методах и средствах диагностики плазмы в экстремальных условиях. Студенту-магистру необходимо иметь достаточно ясное представление и, по возможности, усовершенствовать расчетно - теоретические модели процессов и явлений, разыгрывающихся в термоядерных системах с горячей плазмой. Следует обратить внимание на тот факт, что применяемые в теории методы решения возникающих в работах по УТС проблем оказываются весьма полезными для решения новых задач фундаментального, прикладного и технологического характера.

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 конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и семинарах,
- подготовку к практическим занятиям, дифференцированному зачёту и экзамену.

Руководство и контроль самостоятельной работы студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде сдачи дифференцируемого зачёта между IX и X семестрами и на семинарах. Следует отметить, что уже с четвертого курса студенты базовой кафедры Плазменной Энергетики прикреплены к научным отделам и лабораториям ТРИНИТИ и в настоящее время успешно работают над своими магистерскими диссертациями.

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 плазменной энергетики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: И.М. Позняк, канд. 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-1.2 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
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Управляемый термоядерный синтез» обучающийся должен:

знать:

- ☐ фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- ☐ порядки численных величин, характерные для физики горячей плазмы и атомной физики;
- ☐ современные проблемы физики;
- ☐ общие подходы к решению прикладных и теоретических задач УТС.

уметь:

- ☐ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ производить численные оценки по порядку величины;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ видеть в технических задачах физическое содержание;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ получать наилучшие значения параметров термоядерных плазменных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
- ☐ эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования физических задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Управляемый термоядерный синтез (УТС)» осуществляется по выступлениям на семинарах и в форме дифференцированного зачета по окончании 9 семестра. Дифференцированный зачет проводится в устной форме. Экзамен в конце 10 семестра проводится по билетам с двумя вопросами по всему курсу.

Перечень контрольных вопросов в 9-ом семестре:

1. Энергетические проблемы современного мира. Роль и место энергетики ядерного синтеза.
2. Термоядерные реакции в горячей плазме. Выделяющаяся мощность. Энергетические потери.
3. Зависимость сечений DD и DT реакций от энергии.
4. Методы создания горячей (термоядерной) плазмы.
5. Термоядерный реактор с нулевой полезной мощностью. Критерий Лоусона.
6. Классификация систем УТС.
7. Термоядерный синтез в системах с инерционным удержанием плазмы. Общие принципы
8. Мощные лазеры и мини мишени.
9. Генераторы сильноточных пучков заряженных частиц
10. Физические проблемы реализации ЛТС. Необходимость сильного сжатия твердого т/я топлива.
11. Гидродинамический КПД сжатия сферических мишеней.
12. Релей-Тейлоровская неустойчивость.
13. Волна термоядерного горения в мишенях прямого и непрямого облучения.
14. Методы исследования плотной короткоживущей плазмы и полученные результаты.
15. Сверхплотная плазма с многозарядными ионами как рентгеновский лазер.

Перечень контрольных вопросов в 10-ом семестре:

1. Z-пинч и тета-пинч разряды. Лайнерные системы.
2. Нейтронное и жесткое рентгеновское излучение импульсных разрядов.
3. Электродинамические ускорители плазмы.

4. Плазменный фокус.
5. Ловушки с магнитными пробками. Общие принципы. Заполнение ловушек горячей плазмой.
6. Гидродинамическая неустойчивость.
7. Ловушки с минимумом В.
8. Кинетические неустойчивости.
9. Статус и перспективы «открытых» магнитных ловушек с ограничением потерь через пробки.
10. Магнитные ловушки с замкнутыми силовыми линиями. Вращательное преобразование магнитного поля.
11. Стелларатор.
12. Токамак: общие принципы, элементы и узлы установки.
13. Методы доп. нагрева плазмы.
14. Диффузия и теплопроводность плазмы в тороидальных полях.
15. Применяемые методы диагностики и полученные результаты.
16. Инженерные проблемы термоядерных реакторов на основе токамака и систем с инерционным удержанием.
17. Международный Экспериментальный Реактор ITER и лазерный термоядерный комплекс NIF.

Примеры экзаменационных билетов (заданий, тестов и др. материалов, используемых для проведения зачета, экзамена):

Билет 1

1. Энергетические проблемы современного мира. Роль и место ядерной энергетики. Реакции синтеза легких ядер. Зависимость сечений DD и DT реакций от энергии взаимодействия ядер. Пикноядерные реакции. Мезонный катализ.
2. Токамак: общие принципы, устройство и назначение основных элементов и узлов установки, применяемые методы измерения параметров плазмы.

Билет 2

1. Термоядерный реактор с нулевой полезной мощностью. Критерий Лоусона. Классификация систем реализации управляемого термоядерного синтеза по способам удержания плазмы и методам ее нагревания.
2. Адиабатические магнитные ловушки с магнитными пробками: общие принципы, заполнение ловушек плазмой. Магнитные ловушки с полем, нарастающим к периферии. Ловушки с «минимумом В».

Билет 3

1. Термоядерные реакции в горячей плазме: выделяющаяся мощность, энергетические потери: диффузия, теплопроводность, излучение, выгорание топлива, перезарядка.
2. Z-пинч и тета-пинч разряды. Лайнерные системы. Нейтронное и жесткое рентгеновское излучение импульсных разрядов.

Билет 4

1. Неустойчивость плазмы: гидродинамические (Релей-Тейлоровская неустойчивость, гидродинамическая неустойчивость желобкового типа, перетяжки), кинетические неустойчивости.
2. Магнитные ловушки с замкнутыми силовыми линиями: общие принципы, равновесие и устойчивость тороидального плазменного столба. Тороидальные ловушки со слабым продольным магнитным полем. Вращательное преобразование магнитного поля. Стелларатор.

Билет 5

1. Физические проблемы лазерного термоядерного синтеза: поглощение и рассеяние мощного лазерного излучения плазмой, перенос энергии из зоны поглощения на поверхность твердой мишени, режимы сжатия и нагревания термоядерного топлива.
2. Электродинамические ускорители плазмы: общие принципы, устройство и модели ускорения. Применение плазменных ускорителей. Плазменный фокус.

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он показал 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 (9)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые были самостоятельно обнаружены и исправлены;

оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые после указания экзаменатора были самостоятельно исправлены;

оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает неточности в ответе или делает несущественные ошибки при решении задач;

оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает небольшие ошибки в ответе и (или) при решении задач;

оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но отвечает неуверенно и (или) допускает ошибки при решении задач;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, если при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеющему некоторыми разделами учебной программы, но умеющему применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач;

оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, показавшему полное незнание учебной программы дисциплины.

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

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

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