

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Диагностика высокотемпературной плазмы
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем инерционного термоядерного синтеза
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Н.В. Жидков, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем инерционного термоядерного синтеза 04.04.2022

## Аннотация

Дисциплина "Диагностика высокотемпературной плазмы" имеет дело с изучением и применением методов диагностики параметров инерциально удерживаемой плазмы и высокотемпературной нестационарной плотной плазмы, получаемой при нагреве и сжатии термоядерных мишеней, облучаемых мощным лазерным излучением. При этом предполагается освоение студентами основных методов измерения различных рентгеновских и корпускулярных потоков, возникающих при облучении мишеней и ознакомление студентов с различной диагностической аппаратурой, применяемой на мощных лазерных установках, в частности на установке «Искра-5».

Даются основные направления исследований по управляемому термоядерному синтезу, характеристика термоядерных реакций, их роль в энергетике будущего. Излагаются основные свойства и дается определение плазмы, вводится понятие радиуса (расстояния) Дебаевского экранирования. Излагаются физические основы работы различных типов детекторов рентгеновского излучения и их применения. Рассматриваются способы формирования рентгеновских изображений и построения спектрографов для рентгеновского излучения. Излагаются основные принципы спектрометрии импульсного рентгеновского излучения с применением различных методов создания спектрометров. Рассматриваются основные методы корпускулярной диагностики плазмы, в том числе диагностики заряженных частиц и термоядерных нейтронов (измерения интегрального нейтронного выхода и измерения ионной температуры по уширению нейтронного импульса на заданном расстоянии (время-пролетная методика). Излагаются принципы диагностики сжатого ядра термоядерной мишени с использованием рентгеновского излучения или заряженных продуктов термоядерных реакций. Рассматриваются области применимости методов диагностики сжатия.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

усвоение студентами основных методов диагностики параметров инерциально удерживаемой плазмы и высокотемпературной нестационарной плотной плазмы, получаемой при нагреве и сжатии термоядерных мишеней, облучаемых мощным лазерным излучением.

### Задачи дисциплины

освоение студентами основных методов измерения различных рентгеновских и корпускулярных потоков, возникающих при облучении мишеней и ознакомление студентов с различной диагностической аппаратурой, применяемой на мощных лазерных установках, в частности на установке «Искра-5».

## 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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач 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-2.2 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-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения

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-4.2 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
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
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
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:

- основные определения плазмы;
- основные характеристики лазерного излучения;
- различия в принципах построения систем с магнитным удержанием плазмы и систем на основе инерциального удержания с использованием различных драйверов;
- критерии достижения энергетически выгодной термоядерной реакции;
- типы применяемых приемников различного вида излучений;
- основные методы диагностики плазмы, в том числе: оптические, рентгеновские, корпускулярные, нейтронные;
- иметь представление о проблемах управляемого термоядерного синтеза и основных принципах диагностики плазмы на мощных лазерных установках.

уметь:

- обрабатывать экспериментальные данные (двумерные изображения, реальные осциллограммы, спектрограммы и т.д.);
- пользоваться простейшими средствами измерений;
- проводить анализ и расчет погрешностей проведенных измерений.

владеть:

- методологией выбора адекватных методов исследования;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических 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	Что такое плазма?	1	1		2
2	Управляемый термоядерный синтез и физика высоких плотностей энергии.	1	1		2
3	Детекторы рентгеновского излучения и их применение.	2	2		9
4	Формирование рентгеновских изображений.	1	1		2
5	Спектрографы для рентгеновского излучения.	2	2		5
6	Спектрометрия импульсного рентгеновского излучения.	2	2		2
7	Корпускулярная диагностика плазмы.	1	1		2
8	Нейтронные измерения.	2	2		2
9	Диагностика сжатого ядра мишени.	2	2		2
10	Диагностика заряженных продуктов термоядерных реакций. Области применимости методов диагностики <pr>.	1	1		2
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

###### 1. Что такое плазма?

Определение плазмы.

Радиус (расстояние) Дебаевского экранирования.

###### 2. Управляемый термоядерный синтез и физика высоких плотностей энергии.

УТС с магнитным удержанием плазмы:

- Минимально необходимая температура плазмы.

- Критерий Лоусона.

Инерциальный термоядерный синтез:

- Основные понятия.

- Аналог критерия Лоусона.

- Минимальная требуемая энергия лазера для зажигания твердой сплошной мишени.

- Мишени прямого облучения.

- Мишени непрямого облучения (цилиндрический и сферический кожух-конвертер).

### 3. Детекторы рентгеновского излучения и их применение.

Фотоэмульсионный детектор.

Сцинтилляционный детектор.

Приборы с зарядовой связью.

Вакуумные рентгеновские диоды.

Полупроводниковые рентгеновские диоды.

Электронно-оптические рентгеновские регистраторы(хронограф, лупа времени).

Микроканальные регистраторы.

Рентгеновский калориметр.

### 4. Формирование рентгеновских изображений.

Камера – обскура (оптическая схема, увеличение, пространственное разрешение).

Рентгеновские микроскопы:

- Схема Киркпатрика — Баеза.

- Схема Вольтера.

- Использование многослойных интерференционных структур.

- Использование кристаллов.

Зонные пластины Френеля.

### 5. Спектрографы для рентгеновского излучения.

Спектрографы с кристаллическими диспергирующими элементами:

- Спектрограф с плоским кристаллом.

- Спектрограф с выпуклым кристаллом.

- Спектрограф с фокусировкой по схеме Иоганна.

- Спектрограф с кристаллом, изогнутым по сферической поверхности.

### 6. Спектрометрия импульсного рентгеновского излучения.

Метод краевых фильтров (К-фильтров).

Метод фильтров Росса.

Метод флуоресцентного конвертера.

Метод поглощающих ("серых") фильтров.

### 7. Корпускулярная диагностика плазмы.

Ионный коллектор.

Трековые детекторы.

Масс-спектрограф Томсона.

### 8. Нейтронные измерения.

Измерения интегрального нейтронного выхода:

- Метод протонов отдачи.

- Метод активационных детекторов.

- Метод затянутой регистрации.

Измерения ионной температуры по уширению нейтронного импульса на заданном расстоянии (время-пролетная методика).

### 9. Диагностика сжатого ядра мишени.

Регистрация изображений в собственном излучении ядра.

Излучение примесных газов.

Спектроскопия линий примесных ионов.

Рентгеновское зондирование с использованием внешнего источника.

10. Диагностика заряженных продуктов термоядерных реакций. Области применимости методов диагностики  $\langle pr \rangle$ .

Спектры заряженных ионов.

Ядра отдачи.

Активационная диагностика параметров  $\langle pr \rangle$  и  $\langle p \Delta r \rangle$ .

Вторичные термоядерные реакции:

- Спектры вторичных протонов и нейтронов.

- Выходы вторичных частиц.

## **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. Н.Г.Басов, Ю.А.Захаренков, А.А.Рупасов, Г.В.Склизов, А.С.Шиканов. Диагностика плотной плазмы. Под редакцией Н.Г.Басова. Москва, "Наука", 1989г.
2. Таблицы физических величин. Справочник под редакцией академика И.К.Кикоина. Москва, Атомиздат, 1976г.
3. А.И. Веретенников, В.М. Горбачёв, Б.А. Предеин. Методы исследования импульсных излучений. Москва, Энергоатомиздат, 1985г.

### **Дополнительная литература**

1. J. Lindl, "Development of the indirect-drive approach to inertial confinement fusion and the target physics basis for ignition and gain", Phys. Plasmas, 2 (11), 3933, 1995.

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

1. <http://lib.mipt.ru/catalogue/> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
4. <http://www.i-exam.ru> – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.
5. <http://ufn.ru/> «Успехи физических наук» обзоры по актуальным физическим проблемам.

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

Skype, Zoom

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Использование файлов (в формате pdf), содержащих визуальный материал для лекций в виде презентаций, а также при необходимости специализированных научных реферируемых журналов: российских (УФН, ЖЭТФ, письма в ЖЭТФ, Физика твердого тела и др) и англоязычных (Physical Review Letters, Physical Review A, Physical Review B, Journal of Chemical Physics, International Journal of Quantum Chemistry и др.), доступных через Internet. Для контроля и коррекции знаний обучающиеся могут использовать компьютерное тестирование, в том числе на портале [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)

## 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 понятия и подходы к диагностике высокотемпературной плазмы, знать основные модели и их недостатки и достоинства, применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по материалам лекций в виде презентации), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, экзамену.

Самостоятельная работа студентов (практическое домашнее задание)

Используя материал оригинальной статьи из реферируемого журнала на английском языке выполнить перевод и разобраться с диагностическими методами применяемыми авторами статьи. Написать реферат на тему, описанную в статье.

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

При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученный материал. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Так как важно добиться понимания изучаемого материала, при затруднении в восприятии материала студентам рекомендуется обращаться за консультациями к преподавателю.

Формы контроля: текущий – коллоквиум по материалам первой половины курса, промежуточный – экзамен (экзаменационный билет содержит 2 теоретических вопроса и 1 практический вопрос).

**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 проблем инерционного термоядерного синтеза
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Н.В. Жидков, 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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач 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-2.2 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-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
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-4.2 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
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
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
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 «Диагностика высокотемпературной плазмы» обучающийся должен:

### знать:

- основные определения плазмы;
- основные характеристики лазерного излучения;
- различия в принципах построения систем с магнитным удержанием плазмы и систем на основе инерциального удержания с использованием различных драйверов;
- критерии достижения энергетически выгодной термоядерной реакции;
- типы применяемых приемников различного вида излучений;
- основные методы диагностики плазмы, в том числе: оптические, рентгеновские, корпускулярные, нейтронные;
- иметь представление о проблемах управляемого термоядерного синтеза и основных принципах диагностики плазмы на мощных лазерных установках.

### уметь:

- обрабатывать экспериментальные данные (двумерные изображения, реальные осциллограммы, спектрограммы и т.д.);
- пользоваться простейшими средствами измерений;
- проводить анализ и расчет погрешностей проведенных измерений.

### владеть:

- методологией выбора адекватных методов исследования;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

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

Перечень контрольных тем:

- 1 Тема. Определение плазмы
- 2 Тема. Инерциальный термоядерный синтез. Основные понятия.
- 3 Тема. Рентгеновская диагностика сжатого ядра.
- 4 Тема. Области применимости методов диагностики <pr>.

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

На экзамене студенту достается билет, где ему предлагается:

- 1) письменно ответить на два теоретических вопроса;
- 2) решить одну задачу;
- 3) ответить на вопросы по теме курса.

Теоретический вопрос выбирается из набора контрольных тем, приведенных ниже. Задача выбирается из списка контрольных задач, приведенных ниже. Некоторые из дополнительных (уточняющих) вопросов приведены ниже.

Список дополнительных (уточняющих) вопросов:

1. Радиус (расстояние) Дебаевского экранирования
2. Инерциальный термоядерный синтез. Аналог критерия Лоусона
3. Мишени прямого облучения.
4. Измерения интегрального нейтронного выхода: метод протонов отдачи.
5. Диагностика заряженных продуктов термоядерных реакций.

Список теоретических вопросов для экзамена:

1. Определение плазмы
2. Радиус (расстояние) Дебаевского экранирования

3. УТС с магнитным удержанием плазмы Минимально необходимая температура плазмы
4. Инерциальный термоядерный синтез. Основные понятия
5. Инерциальный термоядерный синтез. Аналог критерия Лоусона
6. Инерциальный термоядерный синтез. Минимальная требуемая энергия лазера для зажигания твердой сплошной мишени
7. Мишени прямого облучения.
8. Мишени непрямого облучения (цилиндрический и сферический кожух-конвертер)
9. Фотоэмульсионный детектор
10. Сцинтилляционный детектор
11. Приборы с зарядовой связью
12. Вакуумные рентгеновские диоды
13. Полупроводниковые рентгеновские диоды
14. Электронно-оптические рентгеновские регистраторы (хронограф, лупа времени)
15. Микроканальные регистраторы
16. Рентгеновский калориметр
17. Камера – обскура (оптическая схема, увеличение, пространственное разрешение)
18. Рентгеновские микроскопы: схема Киркпатрика — Баеза.
19. Рентгеновские микроскопы: схема Вольтера.
20. Рентгеновские микроскопы: использование многослойных интерференционных структур.
21. Рентгеновские микроскопы: использование кристаллов
22. Зонные пластины Френеля.
23. Спектрографы с кристаллическими диспергирующими элементами: спектрограф с плоским кристаллом
24. Спектрографы с кристаллическими диспергирующими элементами: спектрограф с фокусировкой по схеме Иоганна
25. Спектрограф с кристаллом, изогнутым по сферической поверхности
26. Спектрографы с диспергирующими элементами на основе многослойных интерференционных зеркал.
27. Спектрографы с отражающими дифракционными решетками
28. Спектрографы с пропускающими дифракционными решетками

Список практических вопросов для экзамена:

1. Метод краевых фильтров (К-фильтров)
2. Метод фильтров Россса
3. Метод флуоресцентного конвертера
4. Метод поглощающих ("серых") фильтров
5. Ионный коллектор
6. Трековые детекторы
7. Масс-спектрограф Томсона
8. Измерения интегрального нейтронного выхода: метод протонов отдачи, метод активационных детекторов.
9. Метод затянутой регистрации. Измерения ионной температуры по уширению нейтронного импульса на заданном расстоянии (время-пролетная методика)
10. Рентгеновская диагностика сжатого ядра. Регистрация изображений в собственном излучении ядра. Излучение примесных газов.
11. Спектроскопия линий примесных ионов. Рентгеновское зондирование с использованием внешнего источника
12. Диагностика заряженных продуктов термоядерных реакций. Спектры заряженных частиц. Ядра отдачи.
13. Диагностика заряженных продуктов термоядерных реакций. Активационная диагностика параметров  $\langle pr \rangle$  и  $\langle p \Delta r \rangle$
14. Вторичные термоядерные реакции. Спектры вторичных протонов и нейтронов
15. Вторичные термоядерные реакции. Выходы вторичных частиц
16. Области применимости методов диагностики  $\langle pr \rangle$ .

Пример экзаменационного билета:

Билет 1.

1. Инерциальный термоядерный синтез. Основные понятия
2. Рентгеновский калориметр
3. Метод фильтров Росса

#### 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**

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса и один практический вопрос по теме курса. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.