

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Излучательные свойства и спектроскопия низко- и высокотемпературной  
плазмы**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кавыршин Д.И.
	Идентификатор	R8d2a2d58-KavyrshinDI-47e2bed9

Д.И.  
Кавыршин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

М.В.  
Лукашевский

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Готов анализировать и моделировать технологические процессы, используемые в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках

ИД-3 Владеет практическими навыками спектрального определения основных параметров низко- и высокотемпературной плазмы

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа 1. Основные соотношения равновесной плазмы (Контрольная работа)

2. Контрольная работа 2. Диагностика высокотемпературной плазмы. Физика лазеров (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы 1 (Лабораторная работа)

2. Защита лабораторной работы 2 (Лабораторная работа)

3. Защита расчетного задания (Проверочная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	15	16
Энергетические спектры атомов						
Энергетические спектры атомов	+	+				
Энергетические спектры молекул						
Энергетические спектры молекул	+	+				
Излучательные свойства низкотемпературной плазмы						
Излучательные свойства низкотемпературной плазмы		+	+			
Основы количественной спектроскопии плазмы						

Основы количественной спектроскопии плазмы			+	+	
Методы спектральной диагностики равновесной и неравновесной низкотемпературной плазмы					
Методы спектральной диагностики равновесной и неравновесной низкотемпературной плазмы				+	
Краткие основы физики лазеров					
Краткие основы физики лазеров					+
Диагностика высокотемпературной плазмы					
Диагностика высокотемпературной плазмы					+
Вес КМ:	14	24	24	14	24

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-3ПК-1 Владеет практическими навыками спектрального определения основных параметров низко- и высокотемпературной плазмы	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные современные методы диагностики плазмы</li> <li>основы теории атомных и молекулярных спектров</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>выполнять оценки излучательных свойств плазмы с заданными параметрами и геометрией</li> <li>осуществлять литературный поиск, анализировать научно-техническую информацию и уметь выбирать оптимальные решения задач по спектроскопии</li> <li>практически применить методы количественной спектроскопии в исследованиях плазмы</li> </ul>	<p>Контрольная работа 1. Основные соотношения равновесной плазмы (Контрольная работа)</p> <p>Защита расчетного задания (Проверочная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы 1 (Лабораторная работа)</p> <p>Контрольная работа 2. Диагностика высокотемпературной плазмы. Физика лазеров (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы 2 (Лабораторная работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Контрольная работа 1. Основные соотношения равновесной плазмы

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 14

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают билеты с заданиями и готовят на них ответы письменно

#### Краткое содержание задания:

Ответить письменно на вопросы билета

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы теории атомных и молекулярных спектров	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Выполнить оценку концентрации электронов равновесной плазмы Ar атмосферного давления при электронной температуре <math>T_e=12000\text{K}</math></li><li>2. Выполнить оценку количества частиц в сфере Дебая для сильно ионизованной плазмы с температурой <math>T_e = 1.5 \text{ эВ}</math> и <math>n_e = 10^{17} \text{ см}^{-3}</math></li><li>3. Определить концентрацию электронов в равновесной плазме ксенона, если вам удалось зарегистрировать две ионные линии: <math>I = 3 \text{ кВт/м}^3</math>, <math>\lambda = 529 \text{ нм}</math>, <math>E = 13.9 \text{ эВ}</math>, <math>A_{ki}=8.9 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}</math>, <math>g=6</math> и <math>I = 1</math>, <math>\text{кВт/м}^3</math>, <math>\lambda = 441 \text{ нм}</math>, <math>E = 16.4 \text{ эВ}</math>, <math>A_{ki}=1.0 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}</math>, <math>g=6</math></li><li>4. Найти относительную равновесную заселенность верхнего уровня по сравнению с нижним, если энергетический зазор между ними соответствует частоте перехода азотного лазера (337 нм), а температура среды 8000 К</li><li>5. Какому интервалу частот (<math>\text{см}^{-1}</math>) соответствует спектральный интервал <math>\Delta l = 2 \text{ \AA}</math> на длине волны 300 нм?</li><li>6. Рассчитать длину волны (нм) спектральной линии водородоподобного иона гелия HeII, отвечающей излучательному переходу <math>5 \rightarrow 3</math>. В какой части спектра линия расположена.</li></ol>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

## **КМ-2. Защита расчетного задания**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 24

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вопросы и готовят на них письменно ответы

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задание

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять оценки излучательных свойств плазмы с заданными параметрами и геометрией	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Составить программу расчёта состава равновесной плазмы в диапазоне температур 0.5 – 5 эВ. Рассчитать с ее помощью состав плазмы криптона при давлении 0.1 атм</li><li>2. Составить программу расчёта состава равновесной плазмы в диапазоне температур 0.5 – 5 эВ. Рассчитать с ее помощью состав плазмы неона при давлении 0.01 атм</li><li>3. Составить программу расчёта состава равновесной плазмы в диапазоне температур 0.5 – 5 эВ. Рассчитать с ее помощью состав плазмы ксенона при давлении 0.001 атм</li><li>4. Составить программу расчёта состава равновесной плазмы в диапазоне температур 0.5 – 5 эВ. Рассчитать с ее помощью состав плазмы гелия при давлении 1 атм.</li><li>5. Составить программу расчёта состава равновесной плазмы в диапазоне температур 0.5 – 5 эВ. Рассчитать с ее помощью состав плазмы азота при давлении 0.01 атм.</li></ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-3. Защита лабораторной работы 1**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 24

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают билеты с заданиями и готовят на них ответы письменно

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задание билета

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: практически применить методы количественной спектроскопии в исследованиях плазмы	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Состояния и квантовые числа связанных электронов в атоме</li><li>2.Типы радиационных переходов. Непрерывное излучение плазмы. Излучение спектральных линий: интенсивности, контур и ширина</li><li>3.Уровни энергии и спектры излучения атомных частиц. Правила отбора для изменения состояний излучающего атома</li><li>4.Интенсивности спектральных линий, континуума, молекулярных полос. Их связь с параметрами низкотемпературной плазмы</li><li>5.Состояние локального термодинамического равновесия в плазме и его использование в спектральной диагностике</li><li>6.Методы спектрального определения температуры и концентрации электронов атомарной плазмы</li></ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

#### **КМ-4. Защита лабораторной работы 2**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 14

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают билеты с заданиями и готовят на них ответы письменно

**Краткое содержание задания:**

Выполнить задание билета

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: осуществлять литературный поиск, анализировать научно-техническую информацию и уметь выбирать оптимальные решения задач по спектроскопии</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Кривые потенциальной энергии двухатомных молекул и ионов. Энергия диссоциации молекул.</li><li>2.Принцип Франка-Кондона и относительные интенсивности электронно-колебательных полос.</li><li>3.Спектр излучения абсолютно черного тела. Закон Планка.</li><li>4.Методы определения локальных параметров плазмы, преобразование Абеля.</li><li>5.Сформулируйте принципы выбора дисперсии и ширины щели спектрального прибора для исследования контура спектральной линии с ожидаемой шириной <math>&lt;0.5 \text{ \AA}</math>.</li><li>6.Считая аппаратную функцию спектральной системы равной <math>0.2 \text{ \AA}</math>, оценить температуру атомов аргона, начиная с которой необходимо учитывать доплеровское уширение спектральных линий в области <math>\lambda \geq 800 \text{ нм}</math>.</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-5. Контрольная работа 2. Диагностика высокотемпературной плазмы.

### Физика лазеров

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 24

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают билеты с заданиями и готовят на них ответы письменно

#### Краткое содержание задания:

Ответить письменно на вопросы билета

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные современные методы диагностики плазмы	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Основные свойства индуцированных оптических переходов, принцип работы лазера</li><li>2.Интерферометрия плазмы, основные типы интерферометров</li><li>3.Теневая фотография и шпирен метод</li><li>4.Корпускулярная диагностика высокотемпературной плазмы</li><li>5.Поглощение и отражение зондирующего излучения в плазме, основанные на них методы диагностики</li><li>6.Типы рассеяния, диагностики, основанные на рассеянии и их особенности</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

### Форма промежуточной аттестации: Экзамен

#### Пример билета

1. Атом Бора. Уровни энергии, орбиты. Спектр атома водорода.
2. Типы радиационных переходов. Непрерывное излучение плазмы.  
Излучение спектральных линий: интенсивности, контур и ширина.
3. Выполнить оценку концентрации электронов равновесной плазмы  
Ar атмосферного давления при электронной температуре  $T_e=12000\text{K}$

#### Процедура проведения

Студенты получают билеты с заданиями и готовят на них ответы письменно. Затем отвечают Лектору.

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Владеет практическими навыками спектрального определения основных параметров низко- и высокотемпературной плазмы

#### Вопросы, задания

1. Атом Бора. Уровни энергии, орбиты. Спектр атома водорода.
  2. Типы радиационных переходов. Непрерывное излучение плазмы.  
Излучение спектральных линий: интенсивности, контур и ширина.
  3. Выполнить оценку концентрации электронов равновесной плазмы  
Ar атмосферного давления при электронной температуре  $T_e=12000\text{K}$
1. Электронные конфигурации и термы основных состояний атомов (на примере H, He, Na)
  2. Спектроскопия с использованием ПЗС-линеек и ПЗС-матриц. Спектральное и временное разрешение систем с их использованием.
  3. Выполнить оценку количества частиц в сфере Дебая для сильно ионизованной плазмы с температурой  $T_e=2.5\text{ эВ}$  и  $n_e=10^{17}\text{ см}^{-3}$ .
1. Методы спектрального определения температуры и концентрации электронов атомарной плазмы.
  2. Принцип Франка-Кондона и относительные интенсивности электронно-колебательных полос.
  3. Считая аппаратную функцию спектральной системы равной  $0.2\text{ \AA}$ , оценить температуру атомов аргона, начиная с которой необходимо учитывать доплеровское уширение спектральных линий в области  $\lambda \geq 800\text{ нм}$ .
1. Полная энергия и энергетические уровни двухатомных молекул.
  2. Состояние локального термодинамического равновесия в плазме и его использование в спектральной диагностике.
  3. Найти относительную равновесную заселенность верхнего уровня по сравнению с нижним, если энергетический зазор между ними соответствует частоте перехода азотного лазера (337 нм), а температура среды 8000 К.

1. Кривые потенциальной энергии двухатомных молекул и ионов.  
Энергия диссоциации молекул.
2. Интенсивности спектральных линий, континуума, молекулярных полос. Их связь с параметрами низкотемпературной плазмы.
3. Определите концентрацию электронов в равновесной плазме ксенона, если вам удалось зарегистрировать две ионные линии:  $I = 3$  кВт/м<sup>2</sup>,  $\lambda = 529$  нм,  $E = 13.9$  эВ,  $A_{ki} = 8.9 \cdot 10^7$  с<sup>-1</sup>,  $g = 6$  и  $I = 1$ , кВт/м<sup>2</sup>,  $\lambda = 441$  нм,  $E = 16.4$  эВ,  $A_{ki} = 1.0 \cdot 10^8$  с<sup>-1</sup>,  $g = 6$ .
5.
  1. Уровни энергии и спектры излучения атомных частиц. Правила отбора для изменения состояний излучающего атома.
  2. Оптическая толщина плазмы. Реабсорбция излучения спектральных линий и ее использование в спектроскопии.
  3. Выполнить оценку количества частиц в сфере Дебая для сильно ионизованной плазмы с температурой  $T_e = 1.5$  эВ и  $n_e = 10^{17}$  см<sup>-3</sup>.
- 6.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Обратное преобразование Абеля служит для

Ответы:

1. Разделения контура спектральной линии на составляющие
2. Учёта спектральной чувствительности прибора.
3. Учёта эффекта самопоглощения
4. Восстановления истинного радиального распределения интенсивности по зарегистрированным интегральным по линии наблюдения значениям.

Верный ответ: Восстановления истинного радиального распределения интенсивности по зарегистрированным интегральным по линии наблюдения значениям

2. Энергия диссоциации двухатомной молекулы отсчитывается от

Ответы:

1. Нижнего колебательного уровня.
2. Нижнего вращательного уровня.
3. От нуля.
4. Энергии поступательного движения молекулы.

Верный ответ: Нижнего колебательного уровня

3. Плазма называется оптически тонкой, если

Ответы:

1. Ее геометрические размеры меньше фокусного расстояния объектива, через который она наблюдается.
2. Испускаемое ей излучение может покидать ее объём, не испытывая поглощения.
3. Ее геометрические размеры меньше дебаевского радиуса.
4. Испускаемое ей излучение фокусируется в малый телесный угол.

Верный ответ: Испускаемое ей излучение может покидать ее объём, не испытывая поглощения

4. С ростом температуры черного тела его излучательная способность

Ответы:

1. Возрастает, а ее максимум смещается в область более коротких длин волн.
2. Уменьшается, а ее максимум смещается в область более коротких длин волн.
3. Возрастает, а ее максимум смещается в область больших длин волн.

4. Уменьшается, а ее максимум смещается в область больших длин волн.

Верный ответ: Возрастает, а ее максимум смещается в область более коротких длин волн

5. Спектральная серия, соответствующая излучательным переходам с S состояний, называется:

Ответы:

1. Дикая.
2. Дерзкая.
3. Резкая.
4. Чёткая.

Верный ответ: Резкая

6. Энергетический уровень называется невырожденным, если

Ответы:

1. Наблюдается соответствующая ему спектральная линия.
2. С этого уровня затруднены излучательные переходы.
3. Заселённость данного уровня равновесна.
4. Если имеется только одно стационарное состояние с соответствующим значением энергии.

Верный ответ: Если имеется только одно стационарное состояние с соответствующим значением энергии.

7. Одним из свойств индуцированных оптических переходов не является:

Ответы:

1. Вероятность перехода отлична от нуля только для вынуждающего кванта с энергией, равной энергии рассматриваемого перехода
2. Излученные при индуцированных переходах кванты полностью тождественны вынуждающим квантам
3. Вероятность вынужденного излучения обратно пропорциональна вероятности спонтанного излучения
4. Вероятность индуцированных переходов в единицу времени пропорциональна плотности энергии внешнего поля в единичном спектральном интервале

Верный ответ: Вероятность вынужденного излучения обратно пропорциональна вероятности спонтанного излучения

8. Формула Саха описывает

Ответы:

1. Распределение электронов по энергиям
2. Излучательную способность абсолютно чёрного тела
3. Ионизационный баланс в равновесной плазме
4. Распределение заселённостей возбуждённых атомов по энергиям

Верный ответ: Ионизационный баланс в равновесной плазме

9. Гауссовский контур спектральной линии формируется за счёт

Ответы:

1. Эффекта Штарка
2. Эффекта Доплера
3. Аппаратной функции спектрометра

4. Эффекта Доплера и аппаратной функции спектрометра

Верный ответ: Эффекта Доплера и аппаратной функции спектрометра

10. Принцип Франка-Кондона говорит о том, что

Ответы:

1. В двухатомной молекуле электронный переход в нижнее состояние совершается при неизменном междядерном расстоянии
2. Легче всего совершаются переходы в такие нижние колебательные состояния, для которых одна из точек поворота расположена на таком же междядерном расстоянии, что и одна из точек поворота в верхнем состоянии
3. Излучение молекул образует спектральные полосы
4. Вращательная температура молекул близка к температуре тяжелых частиц

Верный ответ: Легче всего совершаются переходы в такие нижние колебательные состояния, для которых одна из точек поворота расположена на таком же междядерном расстоянии, что и одна из точек поворота в верхнем состоянии

11. Принцип Паули говорит о том, что

Ответы:

1. Электроны заполняют орбитали в порядке увеличения их энергии
2. В пределах подуровня электроны заполняют сначала свободные орбитали
3. При увеличении заряда ядра заполнение электронных орбиталей происходит в порядке возрастания суммы  $n+l$
4. На одной орбитали не может быть больше двух электронов

Верный ответ: На одной орбитали не может быть больше двух электронов

12. В идеальной плазме

Ответы:

1. Число электронов в дебаевской сфере много больше 1
2. Число электронов в дебаевской сфере много меньше 1
3. Не происходит химических реакций
4. Степень ионизации много больше 1

Верный ответ: Число электронов в дебаевской сфере много больше 1

13. Равновесной плазмой называется плазма, в которой

Ответы:

1. Не происходит химических реакций
2. Концентрация атомов больше концентрации ионов
3. Все процессы уравниваются детально обратными процессами
4. Не происходит самопоглощения спектральных линий

Верный ответ: Все процессы уравниваются детально обратными процессами

14. От какого из перечисленных параметров не зависит интенсивность спектральной линии?

Ответы:

1. Вероятность перехода между верхним и нижним уровнями
2. Концентрация атомов в возбужденном состоянии
3. Концентрация атомов в основном состоянии
4. Длина волны излучения

Верный ответ: Концентрация атомов в основном состоянии

15. Разрешенными оптическими переходами для атома водорода являются такие, при которых

Ответы:

1. Азимутальное квантовое число меняется на единицу
2. Азимутальное квантовое число меняется на единицу или не меняется
3. Азимутальное квантовое число не меняется
4. Главное квантовое число уменьшается

Верный ответ: Азимутальное квантовое число меняется на единицу

16. К какому типу радиационных переходов относится фоторекомбинация?

Ответы:

1. Связанно-связанным
2. Свободно-связанным
3. Связанно-свободным
4. Свободно-свободным

Верный ответ: Связанно-свободным

17. Что из перечисленного не приводит к отклонению плазмы от состояния термодинамического равновесия:

Ответы:

1. Омический нагрев.
2. Амбиполярная диффузия.
3. Плазмохимические реакции.
4. Выход излучения из плазменного объема.

Верный ответ: Плазмохимические реакции

18. Если спектральная линия уширена за счёт квадратичного эффекта Штарка, то ее ширина пропорциональна

Ответы:

1. Концентрации электронов.
2. Концентрации электронов в квадрате.
3. Температуре электронов.
4. Энергии возбуждения излучающего состояния.

Верный ответ: Концентрации электронов

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.