

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

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физика специальная**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Афанасьев В.П.
	Идентификатор	Rd662399b-AfanasyevVP-e234fce

(подпись)

В.П.  
Афанасьев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2

(подпись)

А.С.  
Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.  
Пузина

(расшифровка  
подписи)

## 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-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах

ИД-4 Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Вариационный метод Ритца (Контрольная работа)
2. Квантовомеханические эффекты в теории рассеяния (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет моментов неравновесных функций распределения (Решение задач)

Форма реализации: Устная форма

1. Классическая теория рассеяния (Коллоквиум)
2. Молекулярная физика и кинетическая теория газов (Коллоквиум)
3. Основы квантовой механики (Коллоквиум)
4. Расчет процессов теплопереноса в разреженных газах (Коллоквиум)
5. Физика конденсированных тел (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	10	14
Основы квантовой механики					
Основные постулаты квантовой механики	+				
Операторы координат, импульсов, моментов импульса	+				
Соотношения неопределенностей	+				
Простейшие примеры применения квантовой механики	+				
Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния					

Классическая теория рассеяния		+	+	
Теория Томсона		+	+	
Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях				
Вариационный принцип квантовой механики и вариационный метод Ритца				+
Вес КМ:	20	20	30	30

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	11	13
Молекулярная физика и кинетическая теория газов					
Основные понятия и определения	+				
Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения					
Кинетическое уравнение Больцмана				+	
Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах					
Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о переконденсации			+		
Принципы физики конденсированных тел					
Параметры конденсированного тела					+
Кристаллическая решетка					+
Электроны в конденсированном теле					+
Вес КМ:	20	40	20	20	

\$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-3	ИД-4ПК-3 Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе	Знать: условия при которых необходимо квантовомеханическое описание процессов взаимодействия ускоренных частиц с твердыми телами способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности основные методы описания конденсированных систем Уметь: выполнять расчеты длины пробегов электронов и ионов в твердых телах, выполнять расчеты транспортных пробегов	Основы квантовой механики (Коллоквиум) Классическая теория рассеяния (Коллоквиум) Квантовомеханические эффекты в теории рассеяния (Контрольная работа) Вариационный метод Ритца (Контрольная работа) Молекулярная физика и кинетическая теория газов (Коллоквиум) Расчет процессов тепломассопереноса в разреженных газах (Коллоквиум) Расчет моментов неравновесных функций распределения (Решение задач) Физика конденсированных тел (Коллоквиум)

		электронов и ионов в твёрдых телах выполнять расчеты теплопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности выполнять расчеты теплофизических свойств конденсированных тел	
--	--	--	--

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

### 5 семестр

#### КМ-1. Основы квантовой механики

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов. Опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

#### **Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: условия при которых необходимо квантовомеханическое описание процессов взаимодействия ускоренных частиц с твердыми телами	1. найти коммутатор операторов $p_x$ и $l_x$ 2. найти коммутатор операторов $p_x$ и $l_y$ 3. найти коммутатор операторов $l_y$ и $l_x$ 4. Решить уравнение Шредингера для потенциала в форме ступени высотой $U > E$ , где $E$ энергия волны де Бройля 5. Решить уравнение Шредингера для потенциала в форме ямы глубиной $U$ стремящейся к бесконечности
--	---

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

#### КМ-2. Классическая теория рассеяния

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов. Опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах	1. Формула Бете-Блоха для средних потерь энергии на единице длины пробега заряженной частицы 2. Вывод дифференциального сечения упругого рассеяния для кулоновского потенциала взаимодействия 3. Вывод дифференциального сечения упругого рассеяния для обратно квадратичного потенциала взаимодействия. 4. Вывод дифференциального сечения неупругого рассеяния для обратно квадратичного потенциала взаимодействия. 5. Вывод формулы Томсона, вывод сечения ионизации.
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

**КМ-3. Квантовомеханические эффекты в теории рассеяния**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает задачу и индивидуальные значения параметров. Необходимо предоставить ответ с описанием хода его получения

**Краткое содержание задания:**

Найти амплитуды рассеяния для потенциалов, где  $a = 0,8853 \cdot a_0 \cdot (Z_1^{2/3} + Z_2^{2/3})^{-1/2}$  - параметр экранирования Линдхарда ( $a_0 = 0,0529$  нм – первый борковский радиус). Величины  $Z$  для налетающего атома и атома мишени для каждого студента определяет преподаватель.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых	1. Функция Мольер: $\Phi(R/a) = 0,35 \exp(-0,3R/a) + 0,55 \exp(-0,5R/a) + 0,10 \exp(-6R/a)$
---	--



телах	<p>2.Функция Ленца - Йенсена:  <math>\Phi(R/a)=0,7466\exp(-1,038R/a)+0,2433\exp(-0,3876R/a)+0,01018\exp(-0,206R/a)</math></p> <p>3.Функция Вилсона – Хаггмарка - Бирзака (Kг-С):  <math>\Phi(R/a)=0,191\exp(-0,279R/a)+0,474\exp(-0,637R/a)+0,355\exp(-1,919R/a)</math></p> <p>4.Функция Циглера, Бирзака и Литгмарка (ZBL) «универсальная»:  <math>\Phi(R/a)=0,1818\exp(-3,2R/a)+0,5099\exp(-0,9423R/a)+0,2802\exp(-0,4029R/a)+0,02817\exp(-0,2016R/a)</math></p>
-------	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

**КМ-4. Вариационный метод Ритца**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает задачу. Необходимо предоставить ответ с описанием хода его получения

**Краткое содержание задания:**

Решите задачу:

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять расчеты длины пробегов электронов и ионов в твердых телах, выполнять расчеты транспортных пробегов электронов и ионов в твердых телах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Найти энергию основного состояния осциллятора</li> <li>2.Найти энергию первого возбужденного состояния осциллятора</li> <li>3.Найти волновую функцию первого возбужденного состояния осциллятора</li> <li>4.Найти энергию основного состояния атома водорода</li> <li>5.Найти волновую функцию основного состояния водорода</li> </ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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:* 60

*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:* 50

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

## **6 семестр**

### **КМ-5. Молекулярная физика и кинетическая теория газов**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов по темам пройденного раздела. Каждый студент должен ответить хотя бы на один вопрос, можно в формате коллективного обсуждения

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое энергетический спектр?</li><li>2.Что такое гармонический осциллятор?</li><li>3.Что такое туннельный эффект?</li><li>4.Запишите уравнение Шредингера и дайте определение волновой функции</li><li>5.Как решается уравнение Шредингера в 1D-случае для прямоугольной потенциальной ямы?</li></ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*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:* 60

*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:* 50

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

## КМ-6. Расчет процессов теплопереноса в разреженных газах

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов по темам пройденного раздела. Каждый студент должен ответить хотя бы на один вопрос, можно в формате коллективного обсуждения

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять расчеты теплопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности	1.Что такое спин? 2.Статистика тождественных частиц 3.Классические и квантовые распределения 4.Целый спин и статистика Бозе-Эйнштейна 5.Что такое конденсация Бозе-Эйнштейна 6.Полуцелый спин и статистика Ферми-Дирака
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

## КМ-7. Расчет моментов неравновесных функций распределения

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает задание по теме "Расчет моментов функций распределения". На занятии проводится обсуждение полученных результатов

**Краткое содержание задания:**

Решить задачу

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять расчеты теплофизических свойств конденсированных тел	1.Оценить дисперсию случайной погрешности 2.Определить момент заданной функции распределения
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

### КМ-8. Физика конденсированных тел

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов по темам пройденного раздела. Каждый студент должен ответить хотя бы на один вопрос, можно в формате коллективного обсуждения

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы описания конденсированных систем	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что описывает параметр взаимодействия?</li><li>2.Что характеризует параметр де Бройля?</li><li>3.Что такое температура Дебая?</li><li>4.В чем состоит физический смысл параметра де Бура?</li><li>5.Что такое квазичастицы?</li><li>6.Что такое энергетический спектр конденсированного тела?</li><li>7.Как происходит описание колебаний кристаллической решетки – один атом в ячейке?</li><li>8.Спектр колебаний и акустические моды</li><li>9.Описание колебаний кристаллической решетки – два атома в ячейке</li><li>10.Спектр колебаний: акустические и оптические моды</li><li>11.Что такое фононы?</li><li>12.Как строится вклад фононов в термодинамические свойства диэлектриков?</li><li>13.Что такое закон Дебая и какова теплоемкость диэлектриков при высоких температурах?</li><li>14.Что такое фононная теплопроводность?</li><li>15.Что такое вырожденный электронный газ?</li><li>16.В чем особенности электронов в кристаллической решетке?</li><li>17.В чем состоит теорема Блоха для электронов в кристалле?</li><li>18.Что такое энергетические зоны?</li><li>19.Что такое зонная картина твердых тел и классификация тел по зонной картине?</li><li>20.Дать классификацию конденсированных тел</li><li>21.Как определяется плотность электронных состояний?</li><li>22.Как строится термодинамика электронов, в частности вычисляется теплоемкость электронного</li></ol>
---	---

	газа? 23. Как вычисляется теплопроводность электронов в металле? 24. Чем определяется электропроводность металла и как получается закон Ома?
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Экспериментальные основы квантовой механики. Основные постулаты квантовой механики.
2. Определение пси функций и энергий гармонического осциллятора на основе вариационного метода Ритца.

### Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-3</sub> Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе

### Вопросы, задания

1. Экспериментальные основы квантовой механики. Основные постулаты квантовой механики.
2. Определение пси функций и энергий гармонического осциллятора на основе вариационного метода Ритца.
3. Квантовые состояния и волновые функции; основные свойства волновых функций.
4. Определение пси функций и энергий атома водорода на основе вариационного метода Ритца.
5. Операторы физических величин (наблюдаемых); средние значения и дисперсии наблюдаемых.
6. Средние потери энергии на единице длины, формула Бете-Блоха.
7. Плотность вероятности распределения частиц в пространстве. Вектор потока плотности вероятности.
8. Описание процесса ионизации в теории Томсона.
9. Эрмитовы операторы, их собственные функции и собственные значения. Вырождение. Разложение по собственным функциям эрмитова оператора. Коммутационные соотношения.
10. Неупругое сечение рассеяния, локальные и нелокальные потери энергии механизмы описания явлений.
11. Операторы координат, импульсов, моментов импульса.
12. Полное и транспортное сечения рассеяния, полный и транспортный пробеги, физический смысл.
13. Собственные функции и собственные значения операторов импульса, момента импульса.
14. Дифференциальное упругое сечение рассеяния, сечение Резерфорда, классический вывод.
15. Операторы кинетической и потенциальной энергии.

16. Классическая теория рассеяния. Виды сечений.
17. Оператор Гамильтона (гамильтониан). Соотношения неопределенностей. Физический смысл и простейшие оценки на их основе.
18. Квантовая теория рассеяния, Амплитуда рассеяния
19. Принцип причинности и уравнение Шредингера.
20. Средний неупругий пробег, тормозной путь.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как называется коэффициент, связывающий величину энергии кванта электромагнитного излучения с его частотой?

Ответы:

- число Нуссельта
- постоянная Планка
- постоянная Больцмана

Верный ответ: постоянная Планка

2. Что описывает уравнение Шредингера?

Ответы:

- изменение квантового состояния в пространстве и времени
- собственные функции и собственные значения операторов импульса
- поведение котов

Верный ответ: изменение в пространстве и времени квантового состояния

3. Оператор  $A$  является Эрмитовым, если удовлетворяет выражению:

Ответы:

- $(Ax, y) = (x, Ay)$
- $(Ax, y) \llcorner (x, Ay)$
- $(Ax, y) = (Ax, Ay)$

Верный ответ:  $(Ax, y) = (x, Ay)$

4. В чем основное отличие квантовой теории рассеяния от классической?

Ответы:

- нет понятия эффективного сечения рассеяния
- в классической теории рассматривается рассеяние макроскопических частиц
- нет понятия траекторий

Верный ответ: нет понятия траекторий

5. Чем неупругое рассеяние отличается от упругого?

Ответы:

- ядро разрушается
- частицы схлопываются
- ядро сохраняет целостность

Верный ответ: ядро разрушается

6. Ионизация атомов происходит за счет:

Ответы:

- добавления или удаления электрона
- добавления или удаления протона
- расщепления ядра атома

Верный ответ: добавления или удаления электрона

7. Чем описывается квантовое состояние системы?

Ответы:

- пси-функцией
- пи-функцией
- гамма-функцией

Верный ответ: пси-функцией

8. Что описывает спектральный терм частицы?

Ответы:

энергетическое состояние электронной подсистемы

время жизни частицы

время рассеяния электрона на частице

Верный ответ: энергетическое состояние электронной подсистемы

9. Наиболее близко модель гармонического осциллятора можно представить в виде:

Ответы:

висящего на упругой пружине грузика, колеблющегося вверх-вниз

вращающегося на жестко закрепленной нити грузика

упругого изотропического шара

Верный ответ: висящего на упругой пружине грузика, колеблющегося вверх-вниз

10. Эффект Штарка имеет место:

Ответы:

только в постоянном электрическом поле

только в переменном электрическом поле

и в постоянном, и в переменном электрических полях

Верный ответ: и в постоянном, и в переменном электрических полях

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

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

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

### **6 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

1. Основные принципы квантовой механики; соотношение неопределенностей, волновая функция, описание состояний



2. Электроны в кристаллической решетке. Энергетический спектр электронов в кристалле. Запрещенные зоны энергий. Зонная картина конденсированного тела: металлы, диэлектрики и полупроводники

## Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-3 Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе

## Вопросы, задания

1. Основные принципы квантовой механики; соотношение неопределенностей, волновая функция, описание состояний
2. Принципы физики конденсированных тел: квазичастицы и энергетический спектр
3. Квантование магнитного потока и макроскопические квантовые явления
4. Акустические фононы в конденсированных телах
5. Диамагнетизм Ланжевена и диамагнетизм Ландау
6. Частицы с целым спином и квантовая статистика Бозе–Эйнштейна
7. Классификация конденсированных систем. Характер связей частиц в конденсированных телах. Распределение электронного заряда
8. Параметры конденсированных тел: параметр взаимодействия, параметры де Бройля и де Бюра; классическое и квантовое описания
9. Элементарные возбуждения и энергетический спектр конденсированного тела; фононы; фононный газ
10. Оптические фононы в конденсированных телах; особенности их энергетического спектра
11. Электроны в кристаллической решетке. Энергетический спектр электронов в кристалле. Запрещенные зоны энергий. Зонная картина конденсированного тела: металлы, диэлектрики и полупроводники
12. Вырожденный электронный газ. Импульс и энергия Ферми. Температура вырождения. Энергия и давление вырожденного электронного газа
13. Термодинамика свободного электронного газа. Плотность числа состояний электронов. Электронная теплоемкость кристалла
14. Кинетическое уравнение для электронного газа. Теплопроводность электронного газа в металлах. Закон Видемана-Франца
15. Электропроводность электронного газа в металлах. Вывод закона Ома
16. Колебания кристаллической решетки с одним атомом в элементарной ячейке
17. Колебания кристаллической решетки с двумя атомами в элементарной ячейке. Акустические и оптические моды
18. Теплоемкость кристаллической решетки. Законы Дюлонга-Пти и Дебая
19. Фонноная теплопроводность

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое оптические колебания атомов решетки?

Ответы:

соседние атомы колеблются в противофазе и с разными амплитудами

все атомы колеблются с одной и той же частотой и амплитудой

Верный ответ: соседние атомы колеблются в противофазе и с разными амплитудами

2. Что из представленного не является примером конденсированного тела?

Ответы:

Газ

Жидкость

Твердое тело

Сверхпроводящие тела

Конденсат Бозе-Эйнштейна

Верный ответ: Газ

3. Как называется физическая константа вещества, характеризующая температуру, при которой возбуждаются все моды колебаний в твердом теле?

Ответы:

температура Дебая

температура Лейденфроста

тройная точка

Верный ответ: температура Дебая

4. Потенциалами взаимодействия называют:

Ответы:

вероятность взаимного воздействия элементов квантовой системы

потенциальную энергию в точке минимального расстояния между частицами

частные производные уравнения состояния для внутренней энергии

Верный ответ: частные производные уравнения состояния для внутренней энергии

5. Какое существует ограничение для применения кинетического уравнения Больцмана?

Ответы:

плотность газов должна быть небольшой

возможно рассмотрение лишь для малых объемов

оно справедливо для инертных газов

Верный ответ: плотность газов должна быть небольшой

6. Переконденсация может наблюдаться:

Ответы:

в жидких золях

в коллоидных растворах

в чистых жидкостях

Верный ответ: везде, кроме чистых жидкостей

7. Физический смысл плотности потока массы:

Ответы:

масса (количество) вещества, прошедшего через единицу площади за единицу времени

масса (количество) вещества, прошедшего за единицу времени

масса (количество) вещества, прошедшего через единицу площади

Верный ответ: масса (количество) вещества, прошедшего через единицу площади за единицу времени

8. Что такое вырожденный электронный газ?

Ответы:

материя, целиком составленная из электронов

газ в электрическом поле

бозонный газ

Верный ответ: материя, целиком составленная из электронов

9. Что такое фононы?

Ответы:

квазичастица, представляющая собой квант колебательного движения атомов кристалла

фундаментальная частица, квант электромагнитного излучения

квазичастица с целым значением спина

Верный ответ: квазичастица, представляющая собой квант колебательного движения атомов кристалла

10. "При временной эволюции к равновесному состоянию энтропия внешне замкнутой системы возрастает и остается неизменной при достижении равновесного состояния". Это формулировка чего?

Ответы:

H-теорема

кинетическое уравнение Больцмана

теорема Блоха

Верный ответ: H-теорема

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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: 50*

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

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

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент