

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.10.2023 13:00:34  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«20» декабря 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ КОНДЕНСИРОВАННОГО**  
**СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА**  
(Начало подготовки – 2017 год)

Специальность  
**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:  
**№ 5 «Радиационная химия и радиационное материаловедение»**

Квалификация  
**Инженер**

Форма обучения  
**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**  
Кафедра **радиационной технологии**

Санкт-Петербург  
2016

Б1.В.ДВ.04.01

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	04
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	05
4.2. Занятия лекционного типа .....	06
4.3. Занятия семинарского типа .....	06
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	06
4.3.2. Лабораторные занятия .....	07
4.4. Самостоятельная работа .....	07
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	07
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	08
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	08
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	09
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	09
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	09
10.2. Программное обеспечение .....	09
10.3. Информационные справочные системы .....	09
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-10</b>	способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современный язык математики, на основе которого формируются понятия и модели физики конденсированного состояния вещества.</li> <li>- расчётные и исследовательские приёмы работы по дисциплине.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать экспериментальную и теоретическую информацию современного материаловедения, выявлять перспективные методы фундаментальных и прикладных исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналитическими процедурами и квантово-механическими подходами к описанию микромира.</li> </ul>
<b>ОПК-3</b>	способностью использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверки адекватности модели.	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы современной физики конденсированного состояния вещества.</li> <li>- методы квантостатистических расчётов макроскопических свойств кристаллов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- планировать и проводить исследования в области физики конденсированного состояния вещества.</li> <li>- анализировать экспериментальную и теоретическую информацию современного материаловедения и физики конденсированного состояния вещества.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическими методами исследования веществ в твёрдой фазе.</li> </ul>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам по выбору специализации № 05 (Б1.В.ДВ.04.01) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Методы аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики», «Основы ядерной физики и дозиметрии», «Общая физика».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Введение в физику конденсированного состояния вещества» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе обучающегося и при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>54</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	<b>18</b>
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>81</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (45)

### 4. Содержание дисциплины.

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение	2			4	ОПК-3, ПК-10
2	Сведения из квантовой механики, необходимые для понимания физики кристаллического состояния вещества.	12	6		12	ОПК-3

3	Основные положения квантовой статистической физики, статистической термодинамики.	10	6		17	ОПК-3
4	Дифракция волн в кристаллах и обратная решётка. Экспериментальные дифракционные методы в материаловедении.	8	6		22	ОПК-3, ПК-10
5	Избранные темы	4			24	ОПК-3, ПК-10
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>81</b>	

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Введение	2	Слайд-презентация
2.	Сведения из квантовой механики, необходимые для понимания физики кристаллического состояния вещества	12	Слайд-презентация
3.	Основные положения квантовой статистической физики, статистической термодинамики	10	Слайд-презентация
4.	Дифракция волн в кристаллах и обратная решетка	8	Слайд-презентация
5.	Избранные темы	4	Слайд-презентация

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	раздел № 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Расчет длин волн фотона, электрона, нейтрона при заданной для них энергии.</li> <li>- Решение задачи на собственные значения для простейших операторов физических величин. Разделение переменных в стационарном уравнении Шредингера.</li> <li>- Доказательство ортогональности собственных волновых функций оператора импульса, нормированных на циклические граничные условия.</li> <li>- Доказательство условия полноты для плоских гармонических волн, нормированных на циклические граничные условия.</li> <li>- Вычисление поправки к собственному значению энергии свободной частицы, попавшей в стационарное поле заданной формы</li> </ul>	6	-

2.	раздел № 3	- Энергия и теплоёмкость системы частиц с двумя состояниями. Аномалии теплоёмкости типа Шоттки. Вывод распределения для заселённости состояний одинаковыми частицами-фермионами (статистика Ферми-Дирака). Вывод распределения для заселённости примесных уровней (донорных и акцепторных) в кристаллах полупроводников. Вывод распределения для заселённости состояний частицами-бозонами (статистика Бозе-Эйнштейна). Распределение Планка для фотонов и фононов	6	-
3	раздел № 4	- Расчет сеттингов для двухосевых и трехосевых дифрактометров и построение соответствующих векторных диаграмм рассеяния для нейтронов и рентгеновских лучей.	6	
	<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>	

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

Лабораторные занятия не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма текущего контроля
1	История становления квантовой физики.	4	Письменный опрос №1
2	Стандартные условия для волновой функции в квантовой физике.	12	
3	Термодинамическое тождество. Основные законы термодинамики.	17	Письменный опрос №2
4	Основные понятия геометрической кристаллографии.	22	
5	Дифракция волн в кристаллах и обратная решётка кристаллов.	24	

Варианты вопросов приведены в Приложении 2.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена в 7-ом семестре.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

### **Вариант № 1**

1. Сформулируйте основные исторические этапы в развитии квантовой физики кристаллов.
2. Две подсистемы замкнутой системы в тепловом и диффузионном контакте. Статистическое определение химического потенциала.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1 Мартинсон Л.К. Квантовая физика: учебное пособие/ Л.К. Мартинсон., Е.В. Смирнов.- М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 .- 528 с.

2 Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела/ Б.Е. Винтайкин.- МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 250 с.

3 Матухин В.Л. Физика твердого тела : Учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 218 с.

4 Мейлахс А.П. Физика твердого тела : учебное пособие / А. П. Мейлахс, А. Я. Вуль ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - СПб. : [б. и.], 2015. - 83 с.

### **б) дополнительная литература:**

Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учебное пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2007. - 537 с.

### **в) вспомогательная литература:**

1. Чупрунов Е.В. Основы кристаллографии: Учеб. для вузов/ Е.В. Чупрунов, А.В. Хохлов, М.А. Фаддеев.- М.: Физматлит., 2004.- 500с.

2. Физика твердого тела: учеб. пособие/ И.К. Верещагин, С.М. Кокин, В.А. Никитенко, В.А. Селезнев, Е.А. Серов; под ред. И.К. Верещагина. -М.: Высш. Шк., 2001.- 238 с.

3. Павлов П.В. Физика твердого тела: Учеб. для вузов/ П.В. Павлов, А.В. Хохлов М.: Высш. Шк., 2000.-493 с.

4. Блейкмор Дж. Физика твердого тела/ Дж. Блейкмор. -М.: Мир,1988.- 608 с.
5. Киреев П.С. Физика полупроводников/ Д.С. Киреев. – М.: Высшая школа, 1969.- 590 с.
6. Задачи по физике твердого тела/ Под ред. Г.Дж. Голдсмита.- М.: Наука, 1976.- 431с.
7. Никотин О.П. Кристаллическое вещество. Простейшие модели зонной структуры: Текст лекций/ О.П.Никотин. - Л.: ЛТИ, 1986. -88 с.
8. Ашкрофт Н. Физика твердого тела. В 2-х т./ Н. Ашкрофт, Н. Мермин. –М.: Мир, 1979. – 527 с.
9. Киттель Ч. Статистическая термодинамика/Ч.Киттель. -М.: Наука, 1977.- 336 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. С. А. Кабакчи, Г. П. Булгакова. Радиационная химия в ядерном топливном цикле. <http://www.chemnet.ru/rus/teaching/kabakchi/welcome.html>
2. [www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru), [www.gosnadzor.ru](http://www.gosnadzor.ru), [www.tvel.ru](http://www.tvel.ru), [www.rosenergoatom.ru](http://www.rosenergoatom.ru),
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа - <http://www.gpntb.ru>.
4. Научно-техническая библиотека springerlink . Режим доступа - <http://www.springerlink.com/home/main.mpx>
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа - <http://elibrary.ru>
6. Библиотека публикаций по прикладной радиационной химии. Режим доступа - [http://mitr.p.lodz.pl/biomat/pub\\_main.html](http://mitr.p.lodz.pl/biomat/pub_main.html)
7. электронно-библиотечные системы: «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>; «Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Введение в физику конденсированного состояния вещества» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

видеоматериалы Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»; взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты и социальных сетей.

#### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel).

#### **10.3. Информационные справочные системы.**

Информационно-поисковая система «РОСАТОМ»: <http://www.rosatom.ru/sitemap/>.

Базы ядерно-физических данных в открытом доступе: NUBASE, ENDFB, EXFOR

### **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения лекционных и практических занятий используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных и практических занятий используются видеоматериалы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

### **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Введение в физику конденсированного состояния вещества»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ОПК-3	<b>способностью использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверки адекватности модели.</b>	промежуточный
ПК-10	<b>способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей</b>	промежуточный

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

<b>Показатели оценки результатов освоения дисциплины</b>	<b>Планируемые результаты</b>	<b>Критерий оценивания</b>	<b>Компетенции</b>
Освоение разделов № 1 -3	Знает теоретические основы современной физики конденсированного состояния вещества, методы квантостатистического расчёта макроскопических свойств кристаллов. Умеет использовать эти знания при решении соответствующих задач. Владеет возможностью понимания современных источников информации по предмету.	Правильные ответы на вопросы №1-11	ОПК-3
Освоение раздела № 4, 5	Знает основные методы дифракционных исследований, применяемые в современном материаловедении. Умеет применять эти знания при выборе соответствующей аппаратуры и методов измерения Владеет навыками самостоятельного освоения новой профессиональной информации.	Правильные ответы на вопросы № 12 – 24	ПК-10

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена шкала оценивания –  
балльная.

### **3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена.**

##### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-3:**

1. Сформулируйте постулаты о собственных функциях и собственных значениях операторов физических величин.
2. Напишите выражения для операторов импульса, кинетической энергии и полной энергии. Какой вид имеет собственная функция оператора полной энергии для любой стационарной задачи?
3. Напишите выражения, следующие из первого приближения теории возмущений для вычисления поправок к собственным значениям энергии и собственным волновым функциям исходного нулевого приближения (в случае отсутствия вырождения состояний).
4. Пользуясь уравнением Шредингера для электрона, движущегося в потенциальном поле  $U(\mathbf{r})$ , и полагая, что волновая функция электрона может быть взята в виде плоской гармонической волны, покажите, что полная энергия такого электрона равна в среднем сумме его кинетической и потенциальной энергии.
5. Напишите соотношения между импульсом, волновым вектором и длиной волны частицы. Напишите выражение для кинетической энергии частицы, если известны ее масса и длина волны по де-Бройлю.
6. Приведите выражение для собственных функций оператора импульса. Получите спектр собственных значений оператора импульса, используя циклические граничные условия для нормировочного объема в виде куба.
7. Как формулируются циклические граничные условия для собственных волновых функций оператора импульса в физике твердого тела для идеальных кристаллов?
8. Приведите соотношения квантовой физики, объединяющие волновые и корпускулярные свойства микрочастиц.
9. В чем заключается свойство ортонормированности волновых функций квантовой физики? Приведите краткую запись соотношения, поясняющего это свойство.
10. Приведите выражение для волновой функции свободной частицы. Как выглядит нормировочная постоянная в случае нормировки этой волновой функции в бесконечном пространстве?
11. Приведите основные свойства дельта-функции Дирака.

##### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-10:**

12. Найдите индексы Миллера для кристаллографической плоскости, пересекающей оси координат орторомбической решетки на расстояниях от начала координат: по оси  $X$  –  $1a$ , по оси  $Y$  –  $3b$ , по оси  $Z$  –  $2c$ . Напишите выражение для вектора обратной решетки, соответствующего кристаллографическим плоскостям с этими индексами Миллера.
13. Дайте определение правила геометрического построения зоны Бриллюэна в обратной решетке, заданной явно своими узлами.
14. Приведите выражение для удельной плотности состояний квазичастиц в зоне Бриллюэна (число состояний в единичном объеме  $3B$ ).
15. Поясните смысл понятий геометрической кристаллографии точечная группа и ее операции симметрии, пространственная группа кристалла.

16. Приведите примеры точечных, линейных и двумерных дефектов в реальных кристаллах. Приведите примеры влияния дефектов на различные макрофизические свойства кристаллов.

17. Нарисуйте элементарные ячейки простой кубической решетки (ПК), объемноцентрированной кубической решетки (ОЦК), гранецентрированной кубической решетки (ГЦК). Какое количество узлов в среднем принадлежит этим элементарным ячейкам.

18. Приведите примеры простых и двух- трехатомных веществ, обладающих ПК. ОЦК. ГЦК решетками.

19. Постройте элементарную ячейку Вигнера-Зейтца для плоской прямоугольной и для плоской ромбической решеток.

20. Перечислите основные геометрические свойства векторов обратной решетки.

21. Приведите общее выражение для вектора обратной решетки кристалла с простой кубической решеткой, выразив его через элементарные трансляции прямой решетки этого кристалла.

22. Какое явление называют в волновой оптике упругим когерентным рассеянием рентгеновских, нейтронных волн? Опишите схематично дифракционные приборы, необходимые для соответствующих измерений.

23. Каковы особенности законов сохранения импульса и энергии при упругом когерентном рассеянии волн идеальными кристаллами. Приведите поясняющие векторные диаграммы. Что называют вектором рассеяния?

24. Приведите выражение для структурной амплитуды рассеяния волн в одноатомном кристалле (простое вещество).

#### **4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

## Приложение 2

### Материалы, используемые при самоконтроле знаний студентов

1. а) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Федорова.  
б) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Мюллера.  
в) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Шенфлиса.  
г) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Миллера.  
ОТВЕТ а) \_\_да - нет \_\_; б) \_\_да – нет \_\_; в) \_\_да - нет \_\_; г) \_\_да - нет \_\_.
2. а) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в форме, совпадающей с геометрической формой куба.  
б) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в форме, совпадающей с геометрической формой элементарной ячейки кристалла.  
в) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в форме, совпадающей с геометрической формой прямоугольного параллелепипеда.  
г) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в виде параллелепипеда с углами между рёбрами равными углам между рёбрами элементарной ячейки кристалла и длинами рёбер кратными соответствующим элементарным трансляциям решетки кристалла.
3. а) Значения индексов векторов обратной решетки кристалла обратно пропорциональны значениям индексов соответствующих кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла.  
б) Значения индексов векторов обратной решетки кристалла идентичны индексам соответствующих систем кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла.  
в) Значения индексов векторов обратной решетки кристалла не связаны с индексацией кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла.
4. а) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать тригонометрическими функциями синуса, зависящими от пространственных координат и волнового вектора.  
б) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать тригонометрическими функциями косинуса, зависящими от пространственных координат и волнового вектора.  
в) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать экспоненциальными функциями с мнимым аргументом, являющимся скалярным произведением волнового вектора на радиус-вектор пространственной точки.  
г) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать экспоненциальными функциями с действительным значением аргумента, являющимся скалярным произведением волнового вектора на радиус-вектор пространственной точки.
5. а) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: скорость света в числителе и частота электромагнитных колебаний в знаменателе.  
б) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: длина волны в знаменателе, постоянная Планка и скорость света в числителе.  
в) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: длина волны в знаменателе и постоянная Планка в числителе.  
г) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: частота электромагнитных колебаний и постоянная Планка в числителе.

6. а) Векторы обратной решетки кристалла противоположны по направлению соответствующим им векторам прямой решетки.  
б) Векторы обратной и прямой решетки кристалла определяются векторными суммами элементарных трансляций соответствующих решеток.  
в) Векторы обратной решетки кристалла по направлению и модулю определяются в общем случае только теми системами кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла, которые дают конструктивную интерференцию волн.
7. а) Обратная решетка кристалла, обладающего объемно-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет объемно-центрированную кубическую элементарную ячейку.  
б) Обратная решетка кристалла, обладающего объемно-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет простую кубическую элементарную ячейку.  
в) Обратная решетка кристалла, обладающего объемно-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет гранецентрированную кубическую элементарную ячейку.
8. а) Обратная решетка кристалла, обладающего гранецентрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет объемно-центрированную кубическую элементарную ячейку.  
б) Обратная решетка кристалла, обладающего гранецентрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет гранецентрированную кубическую элементарную ячейку.  
в) Обратная решетка кристалла, обладающего гранецентрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет простую кубическую элементарную ячейку.
9. Какие системы квантовой статистики Вам известны?  
а) Бора-Зоммерфельда.  
б) Паули-Гейзенберга.  
в) Бозе-Эйнштейна.  
г) Фока-Ландау.
10. Соотношение де-Бройля.  
а) Это соотношение, связывающее энергию частицы и её волновой вектор.  
б) Это соотношение, связывающее волновой вектор и импульс частицы.  
г) Это соотношение, связывающее неопределённости измерения импульса и координаты частицы.
11. Какие системы квантовой статистики Вам известны?  
а) Бора-Зоммерфельда.  
б) Паули-Гейзенберга.  
в) Борна-Иордана.  
г) Фока-Ландау.
12. Соотношение неопределённости.  
а) Это соотношение погрешностей измерений физических величин из-за несовершенства измерительных приборов.  
б) Это соотношение погрешностей, возникающих при измерении координат и времени.  
в) Это соотношение погрешностей, возникающих при измерении импульса и энергии микрочастицы.
13. Нормировка волновой функции.  
а) Это процедура нахождения вида функции, являющейся решением заданного волнового уравнения.  
б) Это нахождение комплексно-сопряжённого выражения для заданной волновой функции.  
в) Это определение амплитудного коэффициента волновой функции.

14. Оператор полной энергии общего вида в уравнении Шредингера.
  - а) Представляет собой пространственную производную, умноженную на коэффициент.
  - б) Представляет собой оператор Лапласа, умноженный на коэффициент.
  - в) Представляет собой производную по времени, умноженную на коэффициент.
15. Какие системы квантовой статистики Вам известны?
  - а) Бора-Зоммерфельда.
  - б) Фурье-Дирака.
  - в) Борна-Иордана.
  - г) Фока-Ландау.
16. Оператор импульса.
  - а) Представляет собой вторую производную координат, умноженную на коэффициент.
  - б) Представляет собой оператор Лапласа, умноженный на коэффициент.
  - в) Представляет собой производную по времени, умноженную на коэффициент.
17. Дельта-функция Дирака.
  - а) Это ступенчатая функция разрывного типа.
  - б) Это обобщённая функция, имеющая нулевое значение при всех значениях аргумента за исключением единственной точки.
18. Циклические граничные условия.
  - а) Ограничивают решения волновых уравнений только «стоячими волнами».
  - б) Ограничивают решения волновых уравнений только «бегущими волнами».
  - в) Позволяют решения волновых уравнений в виде волн с непрерывным распределением значений волновых векторов.
19. Обратная решётка кристалла.
  - а) Связана соотношениями с прямой решёткой кристалла, которые сопоставляют координатам узлов прямой решётки координаты узлов обратной.
  - б) Это геометрическое построение, позволяющее наглядно представить результаты дифракции волн в кристаллах.
  - в) Связана соотношениями с прямой решёткой кристалла, сопоставляющими любым её кристаллографическим плоскостям координаты узлов обратной решётки.
  - г) Связана соотношениями с прямой решёткой кристалла, сопоставляющими некоторым её кристаллографическим плоскостям координаты узлов обратной решётки.
20. Статистическое рассмотрение условий равновесия двух подсистем, обменивающихся только энергией и составляющих замкнутую систему, позволяет.
  - а) определить понятия энтропии и химического потенциала.
  - б) Дать фундаментальное определение температуры и химического потенциала.
  - в) Дать фундаментальное определение температуры и энтропии.
21. Фактор Больцмана.
  - а) Определяет условия равновесия систем, находящихся в тепловом контакте.
  - б) Определяет условия равновесия систем, находящихся в диффузионном контакте.
  - в) Определяет условия равновесия систем, находящихся как в диффузионном, так и в тепловом контакте.
22. Фактор Гиббса.
  - а) Определяет условия равновесия систем, находящихся в тепловом контакте.
  - б) Определяет условия равновесия систем, находящихся в диффузионном контакте.
  - в) Определяет условия равновесия систем, находящихся и в диффузионном и в тепловом контакте.
23. Каноническое распределение определяется.
  - а) Фактором Гиббса.
  - б) Фактором Планка.
  - в) Фактором Эйнштейна.
24. Большое каноническое распределение определяется.
  - а) Фактором Больцмана.

- б) Фактором Планка.
  - в) Фактором Эйнштейна.
25. Третий закон термодинамики может быть обоснован.
- а) Исходя из физического смысла понятия химического потенциала.
  - б) Исходя из физического смысла понятия химического потенциала и энтропии.
  - в) Исходя из физического смысла понятия энтропии и температуры.