

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

ЧАСТЬ 3

**ВОЛНОВАЯ ОПТИКА.
КВАНТОВАЯ, АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА.
ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ.
ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

ОМСК 2018

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Омский государственный университет путей сообщения

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

Часть 3

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА.
КВАНТОВАЯ, АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА.
ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ.
ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Утверждено методическим советом университета
в качестве учебно-методического пособия
для самостоятельной работы студентов
при подготовке к тестированию по физике

Омск 2018

УДК 530.1(075.8)
ББК 22.3я73
П44

Подготовка к тестированию по физике. Часть 3. Волновая оптика. Квантовая, атомная и ядерная физика. Физика элементарных частиц. Физика твердого тела: Учебно-методическое пособие / С. Н. Крохин, Р. С. Курманов, В. Л. Литневский, Л. А. Литневский, Ю. М. Сосновский, Г. Б. Тодер, Н. А. Хмырова; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2018. 30 с.

Учебно-методическое пособие сформировано в соответствии с действующей рабочей программой по курсу общей физики для втузов. Оно содержит общие методические рекомендации по выполнению теоретических и практических тестовых заданий по физике в условиях аттестации, а также методические рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию. По каждой теме разделов физики представлены вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям, примеры решения типовых теоретических и практических тестовых заданий, задания для самостоятельного решения с ответами.

Предназначено для самоподготовки студентов очной и заочной форм обучения к текущей и промежуточной аттестации в форме тестирования.

Библиогр.: 7 назв. Рис. 2. Прил. 1.

Рецензенты: доктор физ.-мат. наук, профессор В. И. Струнин;
канд. техн. наук, доцент Т. В. Ковалева.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Правила тестирования по физике в условиях аттестации и методические рекомендации по подготовке к тестированию.....	6
1.1. Структура тестов, используемых для аттестации студентов по физике.....	6
1.2. Правила тестирования по физике в условиях аттестации.....	6
1.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию по физике.....	6
1.4. Рекомендации к выполнению тестовых заданий.....	7
2. Контрольная работа № 9.....	7
2.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части.....	7
2.2. Примеры решения теоретических заданий.....	8
2.3. Примеры решения практических заданий.....	10
2.4. Задания для самостоятельного решения.....	12
3. Контрольная работа № 10.....	14
3.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части.....	14
3.2. Примеры решения теоретических заданий.....	15
3.3. Примеры решения практических заданий.....	17
3.4. Задания для самостоятельного решения.....	19
4. Контрольная работа № 11.....	21
4.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части.....	21
4.2. Примеры решения теоретических заданий.....	21
4.3. Примеры решения практических заданий.....	24
4.4. Задания для самостоятельного решения.....	26
Библиографический список.....	28
Приложение. Ответы на задания для самостоятельного решения.....	29

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время задание для текущей и промежуточной аттестации студентов очной и заочной форм обучения часто представляет собой набор тестовых вопросов и задач. Поэтому студентам необходима самостоятельная подготовка к аттестационным мероприятиям, учитывающая специфику тестирования как формы контроля усвоения материала.

Предлагаемое читателю учебно-методическое пособие предназначено студентам второго курса ОмГУПС, изучающим дисциплину «Физика». В рамках модульно-рейтинговой системы обучения достижения и компетенции студентов оцениваются по результатам контрольных мероприятий. Рабочая программа третьего семестра предусматривает три контрольных мероприятия в виде тестовых заданий, теоретических вопросов и типовых задач. Цель данного пособия – организовать эффективную подготовку к тестированию и помочь студентам добиться высоких рейтинговых показателей.

Каждый пункт пособия содержит примеры решения теоретических и практических типовых тестовых заданий, а также задания для самостоятельного решения с ответами.

Относящиеся к третьей части курса «Физика» типовые задачи, сформулированные в традиционной форме, и примеры их решения даны в учебно-методических изданиях ОмГУПС [1 – 3]. Теоретическая часть в кратком виде представлена в изданиях [4 – 7]. В данном пособии все задания сформулированы в тестовой форме. Они аналогичны заданиям, предлагаемым студентам ОмГУПС при проведении аттестации. Поэтому авторы надеются, что представленный в пособии материал поможет читателям подготовиться к аттестации и успешно пройти ее.

1. ПРАВИЛА ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ АТТЕСТАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕСТИРОВАНИЮ

1.1. Структура тестов, используемых для аттестации студентов по физике

Контролирующие материалы состоят из двух частей: теоретической и практической.

Теоретическая часть состоит из пяти тестовых заданий и двух вопросов в традиционной формулировке, требующих расширенного ответа. Тестовые задания содержат вопросы, связанные с определениями физических величин, единицами измерения, применением физических величин, связью физических величин друг с другом, графиками зависимости физических величин от каких-либо параметров, а также формулировками физических законов, и предполагают выбор одного правильного ответа.

Практическая часть состоит из пяти тестовых заданий, также предполагающих выбор одного правильного ответа, и одной типовой задачи.

1.2. Правила тестирования по физике в условиях аттестации

При выполнении контрольной работы необходимо нарисовать таблицу, в столбцах (строках) которой указать номер задания и соответствующий этому заданию номер выбранного варианта ответа.

Для аттестации по теоретическим заданиям достаточно указать номер варианта ответа. Приводить обоснование выбора варианта ответа на теоретические задания не требуется. Если указан правильный вариант ответа, то задание оценивается в 1 балл.

Для аттестации по практическим заданиям недостаточно указать номер варианта ответа: требуется представить развернутое решение каждого задания. Если развернутое решение не представлено, то задание оценивается как невыполненное, в 0 баллов.

При вычислениях разрешается использовать калькулятор и черновик. Черновик не проверяется и на результат аттестации не влияет.

На выполнение заданий отводится 90 минут (два академических часа).

1.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию по физике

При подготовке к тестированию для успешного выполнения теоретических заданий следует основательно поработать с вопросами к контрольной работе: выучить определения физических величин и явлений; формулировки за-

конов, границы применимости законов и теорий; запомнить формулы, связывающие физические величины друг с другом, и единицы измерения этих величин в системе СИ. В определениях величин важно обязательно указать, является ли она векторной, скалярной или алгебраической. Это требование относится и к формулировке физических законов.

Для успешного выполнения практических заданий важно научиться распознавать и решать типовые задачи, применяя алгоритмы решения, рассмотренные на аудиторных занятиях. Во всем этом обязательно нужно тренироваться, в частности, используя материал предлагаемого пособия.

Полезно также повторить необходимые для вычислений математические выражения (например, тригонометрические соотношения, правила вычисления производных и интегралов различных функций, правила нахождения проекции векторов на координатные оси и т.п.).

К тестированию важно подготовиться психологически и физически: прийти собранным, настроенным на положительный результат, бодрым, выспавшимся.

1.4. Рекомендации к выполнению тестовых заданий

Приступать к тестированию желательно в спокойном состоянии, преодолев волнение.

Задания можно выполнять в любом порядке. Начинать лучше с понятных. Задания, которые не понятны или вызывают трудности, можно пропустить. Вы сможете возвратиться к ним после выполнения других заданий.

При выборе правильного варианта ответа на практическое задание обратите внимание на указанные в тексте задания единицы измерения искомой физической величины, в которых требуется представить ответ.

Чтобы избежать обидных ошибок, связанных скорее с личностными особенностями, чем с незнанием материала, после выполнения заданий следует проверить правильность решения и правильность представления ответа.

2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 9

2.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Волновая оптика»

1. Показатель преломления света. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.

2. Монохроматичность и когерентность (временная и пространственная) световых волн. Получение когерентных волн в оптике.
3. Оптическая разность хода лучей. Интерференция световых волн. Условия интерференционных максимумов и минимумов.
4. Метод Юнга. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников.
5. Интерференция света в тонких пленках. Оптическая разность хода для отраженных и проходящих лучей.
6. Интерференционные полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.
7. Практическое применение интерференции световых волн. Просветленная оптика. Интерферометры.
8. Дифракция световых волн. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
9. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске.
10. Дифракция Фраунгофера на щели (в монохроматическом и белом свете).
11. Дифракционная решетка. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке (в монохроматическом и белом свете).
12. Естественный и поляризованный свет. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
13. Двойное лучепреломление. Закон Малюса. Эффект Керра.
14. Дисперсия света и ее электронная теория.
15. Чем отличается дифракция от интерференции? В чем заключаются различия призматического и дифракционного спектров?

2.2. Примеры решения теоретических заданий

З а д а н и е 1. При интерференции наблюдается

- 1) отражение нескольких когерентных волн препятствиями;
- 2) чередование максимумов и минимумов амплитуды результирующей волны;
- 3) зависимость показателя преломления среды от частоты падающей волны;
- 4) колебание частиц среды в одной плоскости;
- 5) огибание волнами препятствий, соизмеримых с длиной волны.

Решение. Согласно определению при интерференции наблюдается картина в виде чередующихся максимумов и минимумов амплитуды результирующей волны.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 2. Волны, разность фаз которых постоянна в течение времени наблюдения, называются

- 1) когерентными;
- 2) гармоническими;
- 3) стоячими;
- 4) монохроматическими;
- 5) поляризованными.

Решение. Согласно определению, волны, разность фаз которых остается постоянной в течение времени наблюдения, называются когерентными.

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 3. Дифракция волн – это

- 1) сложение когерентных волн, при котором происходит перераспределение энергии результирующей волны;
- 2) зависимость показателя преломления вещества от частоты падающей волны;
- 3) огибание волнами препятствий, соизмеримых с длиной волны;
- 4) колебания частиц среды в одной плоскости;
- 5) поглощение волн в среде.

Решение. В современном широком смысле дифракция понимается как любое отклонение распространения волн от прямолинейного направления. Таким образом, одним из вариантов отклонения является огибание препятствий.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 4. Если на дифракционную решетку нормально падает белый свет, то на экране наблюдаются

- 1) радужная центральная полоса, а по обе стороны от нее – чередующиеся светлые и темные полосы;
- 2) концентрические светлые и темные кольца, центральное кольцо – светлое;
- 3) концентрические радужные кольца, разделенные темными промежутками, центральное кольцо – радужное;
- 4) светлая центральная полоса, а по обе стороны от нее – радужные полосы, разделенные темными промежутками;
- 5) кольца Ньютона.

Решение. Белый свет состоит из множества лучей различных длин волн. Углы, под которыми наблюдаются главные максимумы дифракционной картины от решетки, зависят от длины волны, поэтому все максимумы картины, кроме центрального, имеют вид радужных спектров. Так как в центре картины выполняется условие главных максимумов для длин всех волн падающего пучка, в этой точке разложения в спектр не происходит, поэтому максимум имеет бе-

лый цвет. Форма максимумов повторяет форму препятствия, поэтому максимумы дифракционной картины от решетки имеют форму полос.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 5. Плоскополяризованная электромагнитная волна – это волна, в которой вектор напряженности электрического поля совершает колебания

- 1) одновременно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;
- 2) вдоль скорости распространения света;
- 3) в одной плоскости;
- 4) в разных плоскостях;
- 5) в направлении переноса энергии волной.

Решение. Электромагнитная волна называется плоскополяризованной, если вектор напряженности электрического поля в ней совершает колебания в одной плоскости.

Номер правильного ответа: 3.

2.3. Примеры решения практических заданий

З а д а н и е 6. Расстояние между щелями в опыте Юнга – 2,5 мм. Щели освещаются красным светом с длиной волны 600 нм. На расстоянии 5 м от щелей расположен экран. На экране на расстоянии 600 мкм от центрального максимума наблюдается темная интерференционная полоса.

Эта полоса соответствует

- 1) первому интерференционному максимуму;
- 2) первому интерференционному минимуму;
- 3) второму интерференционному минимуму;
- 4) второму интерференционному максимуму;
- 5) при таких данных темной полосы не может быть.

Дано:

$$d = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$L = 5 \text{ м};$$

$$\lambda = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м};$$

$$x = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Найти: m и цвет полосы.

Решение. Так как полоса темная, в рассматриваемой точке экрана наблюдается минимум интерференции. В опыте Юнга интерференционные минимумы одинакового порядка расположены симметрично относительно центра экрана, поэтому достаточно, используя условие минимума интенсивности результирующей волны для разности хода $\Delta = (2m - 1)\lambda/2$, найти номер m минимума, наблюдаемого выше центра. Приравняв формулу для разности хода лучей от щелей $\Delta = d \cdot x / L$ к условию минимума,

найдем: $d \cdot x / L = (2m - 1)\lambda / 2$. Отсюда выразим m : $m = x \cdot d / (L\lambda) + 0,5$. Численный расчет дает значение m : $m = \frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 6 \cdot 10^{-7}} + 0,5 = 1$. Таким образом, в интересующей нас точке экрана наблюдается темная полоса, соответствующая первому интерференционному минимуму.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 7. Круглое отверстие открывает наблюдателю три первых зоны Френеля сферического волнового фронта. Амплитуды колебаний напряженности электрического поля электромагнитных волн, приходящих в точку наблюдения от этих зон, соответственно равны: $A_1 = 13,1$ В/м; $A_2 = 13,0$ В/м; $A_3 = 12,9$ В/м. Если вторую зону полностью закрыть, то амплитуда результирующей волны в точке наблюдения будет равна (в В/м)

- 1) 13,0; 2) 19,5; 3) 26,0; 4) 32,5; 5) 39,0.

Дано:

$$k = 5;$$

$$A_1 = 13,1 \text{ В/м};$$

$$A_2 = 13,0 \text{ В/м};$$

$$A_3 = 12,9 \text{ В/м}.$$

Найти: $A_{\text{рез}}$.

Решение. При вычислении с помощью метода зон Френеля для амплитуды результирующей волны в точке наблюдения справедлива формула: $A_{\text{рез}} = \sum_i (-1)^{i-1} A_i$, которая предполагает суммирование амплитуд A_i всех открытых зон Френеля. Согласно условию задачи открыты первая и третья зоны Френеля, поэтому в рассматриваемом случае

$$A_{\text{рез}} = A_1 + A_3.$$

Подстановка чисел дает следующий результат:

$$A_{\text{рез}} = 13,1 + 12,9 = 26,0 \text{ В/м}.$$

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 8. Дифракционная решетка имеет 250 штрихов на миллиметр. Период этой решетки равен (в мкм)

- 1) 250; 2) 2,5; 3) 0,04; 4) 25; 5) 4.

Дано:

$$N = 250; \quad l = 10^{-3} \text{ м}.$$

Найти: φ .

Решение. Период решетки $d = l / N = 4 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 4 \text{ мкм}.$

Номер правильного ответа: 5.

З а д а н и е 9. При падении света из воздуха на диэлектрик с показателем преломления 1,6 угол Брюстера равен (в градусах)

- 1) 30; 2) 32; 3) 58; 4) 60; 5) 605.

Дано:	<i>Решение.</i> Согласно закону Брюстера $\operatorname{tg} \alpha_B = n_1 / n_2 = 1,7$.
$n_1 = 1$;	Следовательно, $\alpha_B = \operatorname{arctg} 1,6 = 58^\circ$.
$n_2 = 1,6$.	<i>Номер правильного ответа:</i> 3.
Найти: α_B .	

З а д а н и е 10. На пути поляризованного света помещен анализатор. Угол между плоскостями поляризации падающего света и анализатора равен 30° . Коэффициенты поглощения и отражения анализатора равны 0,05 каждый. Отношение интенсивности света, прошедшего анализатор, к интенсивности падающего света равно

- 1) 0,675; 2) 0,713; 3) 0,750; 4) 1,333; 5) 1,481.

Дано:	<i>Решение.</i> Интенсивность прошедшего анализатор света
$\varphi = 30^\circ$;	определяется по формуле: $I_2 = (1 - k_{\text{отр}} - k_{\text{погл}}) I_1 \cos^2 \varphi$. Отсюда
$k_{\text{погл}} = 0,05$;	$I_2 / I_1 = (1 - k_{\text{отр}} - k_{\text{погл}}) \cos^2 \varphi$. Подставляя в эту формулу чис-
$k_{\text{отр}} = 0,05$.	ленные данные, получим: $I_2 / I_1 = 0,9 \cdot 0,75 = 0,675$.
Найти: I_2 / I_1 .	

Номер правильного ответа: 1.

2.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

З а д а н и е 1. Характеристика переноса энергии, численно равная количеству энергии, переносимому волной через поверхность, перпендикулярную направлению переноса энергии в единицу времени, – это

- 1) поток энергии; 2) плотность потока энергии;
 3) интенсивность; 4) освещенность;
 5) энергетическая светимость.

З а д а н и е 2. Принцип Гюйгенса – Френеля утверждает, что

- 1) интерферировать могут только когерентные волны;
 2) луч света, падающий на границу раздела двух сред с разными показателями преломления, частично отражается и частично преломляется;

3) при отражении света от оптически более плотной среды фаза световой волны меняется на 180° ;

4) каждая точка пространства, до которой дошел фронт волны в данный момент времени, становится источником вторичных волн, которые в дальнейшем интерферируют;

5) тангенс угла падения луча на границу раздела двух сред равен отношению показателей преломления второй и первой сред.

З а д а н и е 3. Зависимость показателя преломления вещества от частоты падающего света называется

- 1) интерференцией;
- 2) дифракцией;
- 3) поляризацией;
- 4) дисперсией;
- 5) линейным дихроизмом.

З а д а н и е 4. Угол Брюстера – это

- 1) угол отражения, при котором преломленный луч частично поляризован;
- 2) угол отражения, при котором падающий луч частично поляризован;
- 3) предельный угол полного внутреннего отражения;
- 4) угол падения, при котором отраженный луч полностью поляризован;
- 5) угол падения, при котором преломленный луч полностью поляризован.

З а д а н и е 5. Неполяризованный свет – это свет, у которого

- 1) тангенс угла падения луча на границу раздела двух сред равен отношению показателей преломления второй и первой сред;
- 2) напряженность магнитного поля колеблется вдоль направления скорости волны;
- 3) колебания напряженности электрического поля не упорядочены;
- 4) колебания напряженности электрического поля отсутствуют;
- 5) колебания напряженности магнитного поля отсутствуют.

Практическая часть

З а д а н и е 6. На поверхность объектива с показателем преломления 1,3 нанесена тонкая прозрачная пленка с показателем преломления 1,6. Толщина пленки – 270 нм. Пленка освещается параллельным пучком белого света, падающим под углом 30° к ее поверхности. В отраженном свете пленка окрашена в цвет, соответствующий волне с длиной (в нм)

- 1) 484;
- 2) 480;
- 3) 478;
- 4) 490;
- 5) 482.

З а д а н и е 7. Оптическая длина пути луча света, падающего на прозрачную пластинку толщиной 4 мм с показателем преломления 2,73, равна (в мм)

- 1) 0,6835;
- 2) 1,4652;
- 3) 1,2700;
- 4) 6,7300;
- 5) 10,9200.

З а д а н и е 8. Точечный источник света с длиной волны 539 нм помещен на расстоянии 0,9 м от непрозрачной преграды с отверстием, за которой на расстоянии 3,5 м от нее находится экран. Отверстие открывает пять зон Френеля. Радиус отверстия равен (в мм)

- 1) 1,1;
- 2) 1,2;
- 3) 1,3;
- 4) 1,4;
- 5) 1,5.

З а д а н и е 9. Дифракционная решетка имеет 800 штрихов на миллиметр. Период этой решетки равен (в мкм)

- 1) 1,670; 2) 1,000; 3) 1,250; 4) 0,001; 5) 8,000.

З а д а н и е 10. На пути естественного света помещены поляризатор и анализатор. Коэффициенты отражения и поглощения поляризатора и анализатора пренебрежимо малы. Отношение интенсивностей света, прошедшего анализатор и падающего на поляризатор, равно 0,4. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен (в градусах):

- 1) 5,4; 2) 51,0; 3) 56,0; 4) 66,0; 5) 74,0.

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 10

3.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Квантовая и атомная физика, физика ядра и элементарных частиц»

1. Корпускулярные свойства излучения. Экспериментальное подтверждение.
2. Фотоны. Энергия, импульс и масса фотона. Опыт Боте.
3. Тепловое излучение. Энергетическая светимость. Поглощательная и излучательная способности. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело.
4. Закон Стефана – Больцмана.
5. Законы Вина. Формула Рэлея – Джинса. «Ультрафиолетовая катастрофа».
6. Квантовая гипотеза и формула Планка для теплового излучения.
7. Фотоэффект и его основные законы.
8. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта.
9. Эффект Комптона и его объяснение.
10. Тормозное рентгеновское излучение. Коротковолновая граница излучения.
11. Давление света.
12. Гипотеза и формула де Бройля. Экспериментальное подтверждение.
13. Соотношение (принцип) неопределенностей Гейзенберга. Границы применимости классической механики.
14. Волновая функция, ее статистический смысл и свойства.
15. Уравнение Шредингера (временное, стационарное). Свободная частица.
16. Частица в «потенциальной яме». Квантование энергии и импульса частицы. Квантовый гармонический осциллятор.
17. Строение атома. Энергетические уровни. Спектры излучения атомов. Спектральные серии линий.
18. Квантовые числа. Спин электрона. Правила отбора. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули.
19. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система элементов Менделеева.

20. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности барьера.
21. Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсная населенность уровней. Свойства лазерного излучения.
22. Лазер. Конструкция и принцип работы лазера. Практическое использование лазеров.
23. Заряд, размер и масса атомного ядра. Массовое и зарядовое числа. Состав ядра. Нуклоны.
24. Взаимодействие нуклонов и понятие о свойствах и природе ядерных сил.
25. Дефект массы и энергия связи ядра. Удельная энергия связи.
26. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
27. Ядерные реакции и законы сохранения. Энергия реакции. Деление тяжелых ядер.
28. Цепная реакция деления. Атомный реактор.
29. Реакция синтеза атомных ядер. Проблема управляемых термоядерных реакций.
30. Элементарные частицы, их классификация и взаимные превращения. Частицы и античастицы. Единая теория взаимодействий.

3.2. Примеры решения теоретических заданий

З а д а н и е 1. Де Бройль предположил, что свободной частице вещества можно сопоставить

- 1) вероятность попасть на экран;
- 2) плотность вероятности;
- 3) плоскую волну;
- 4) длину пути;
- 5) нет правильного ответа.

Решение. При исследовании законов теплового излучения Макс Планк высказал смелое предположение о том, что поток теплового излучения, имеющий волновую природу, необходимо рассматривать как поток частиц – квантов. Луи де Бройль, в свою очередь, предположил обратное: а не могут ли реальные материальные объекты иметь волновые свойства? Впоследствии его гипотеза получила экспериментальное подтверждение.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 2. Квантами электромагнитного поля являются

- 1) фотоны;
- 2) нейтроны;
- 3) протоны;
- 4) электроны;
- 5) нет правильного ответа.

Решение. Нейтроны, протоны, электроны – это стабильные элементарные частицы, которые входят в состав атома. Фотон – это световой квант, который существует, только двигаясь со скоростью света. Электрический заряд фотона

равен нулю. Впервые идею существования квантов электромагнитного поля высказал М. Планк.

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 3. Однозначность волновой функции означает, что в каждой точке пространства в любой момент времени волновая функция

- 1) задает постоянное значение вероятности обнаружить квантовую частицу;
- 2) определяет единственное значение вероятности обнаружить квантовую частицу;
- 3) равна единице;
- 4) позволяет найти вероятность обнаружения частицы;
- 5) нет правильного ответа.

Решение. Развитие гипотезы Луи де Бройля, впоследствии привело к понятию волновой функции. С помощью волновой функции, например, описывается состояние электрона в атоме. Под состоянием понимается значение импульса или энергии. Однозначность волновой функции заключается в том, что она определяет единственное значение вероятности обнаружения электрона в том или ином месте вблизи атомного ядра.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 4. Принцип запрета Паули для электронов в атоме может быть сформулирован так:

- 1) атом, как любая устойчивая система, находится в состоянии, соответствующем минимальному из всех возможных значений полной энергии;
- 2) в атоме не может быть двух электронов, находящихся в состоянии, определяемом одинаковым набором всех четырех квантовых чисел;
- 3) в данном энергетическом состоянии может находиться только два одинаковых электрона;
- 4) все электроны атома тождественны друг другу и находятся на уровне с минимальным значением энергии;
- 5) нет правильного ответа.

Решение. Принцип запрета Паули заключается в том, что в одном и том же энергетическом состоянии может находиться не больше двух фермионов. Фермионы – элементарные частицы, которые имеют полуцелый спин. К классу фермионов относятся электроны. Именно поэтому в 1s-состоянии в атоме могут быть только два электрона.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 5. Все энергетические уровни, за исключением самого нижнего, называются

- 1) непрерывными; 2) спектральными; 3) невозбужденными;
4) возбужденными; 5) нет правильного ответа.

Решение. Одна из интересных особенностей квантовой физики – квантование физических величин. Например, электрон в атоме не может иметь произвольные значения энергии, а может находиться только в состоянии с определенным ее значением. Именно поэтому в любом атоме есть энергетические уровни, на которых и могут находиться электроны. При переходе электрона с одного уровня на другой атом испускает или поглощает квант энергии. Все энергетические уровни, за исключением самого нижнего, называются возбужденными.

Номер правильного ответа: 4.

3.3. Примеры решения практических заданий

З а д а н и е 6. В результате комптоновского рассеяния фотон на свободном электроне рассеялся на угол 90° . Найдите комптоновское смещение (в пм):

- 1) 4,84; 2) 4,52; 3) 3,63; 4) 2,42; 5) 1,21.

Решение. Длина волны рассеянного фотона λ' и падающего λ связаны между собой формулой Комптона: $\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \lambda_K(1 - \cos \alpha)$, где α – угол рассеяния фотона на свободном электроне; $\lambda_K = 2,42 \cdot 10^{-12}$ м – постоянная Комптона; $\Delta\lambda$ – комптоновское смещение.

С учетом того, что $\cos 90^\circ = 0$, получим: $\Delta\lambda = \lambda_K = 2,42$ пм.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 7. Отношение длин волн де Бройля для молекул водорода и кислорода, соответствующих их наиболее вероятным скоростям при одной и той же температуре, равно

- 1) 1/2; 2) 1/4; 3) 2; 4) 4; 5) 1.

Решение. Следует заметить, что молекула кислорода в 16 раз тяжелее молекулы водорода. Это можно определить, например, с помощью таблицы Менделеева. В свою очередь формула де Бройля имеет вид: $\lambda_B = \frac{h}{p} = \frac{h}{mV}$, где h – постоянная Планка; p – импульс частицы – молекулы. Скорость молекулы V

равна наиболее вероятной скорости $V = V_{\text{н.в.}} = \sqrt{\frac{2k_{\text{Б}}T}{m}}$. Исходя из этого составим

$$\text{отношение: } \frac{\lambda_{\text{н}}}{\lambda_{\text{о}}} = \frac{\frac{h}{p_{\text{н}}}}{\frac{h}{p_{\text{о}}}} = \frac{p_{\text{о}}}{p_{\text{н}}} = \frac{m_{\text{о}} \sqrt{\frac{2k_{\text{Б}}T}{m_{\text{о}}}}}{m_{\text{н}} \sqrt{\frac{2k_{\text{Б}}T}{m_{\text{н}}}}} = \frac{m_{\text{о}}}{m_{\text{н}}} \sqrt{\frac{m_{\text{н}}}{m_{\text{о}}}} = 16 \sqrt{\frac{1}{16}} = 4.$$

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 8. При переходах электрона из второго возбужденного состояния в основное атом водорода может испустить фотон с максимальной энергией (в эВ)

- 1) 12; 2) 10; 3) 3; 4) 2; 5) 1.

Решение. Первый энергетический уровень в атоме водорода соответствует наименьшей энергии $W_1 = -13,6$ эВ. Второй энергетический уровень W_2 соответствует первому возбужденному состоянию, третий энергетический уровень W_3 соответствует второму возбужденному состоянию и т. д. Энергия n -уровня

определяется по формуле: $W_n = \frac{W_1}{n^2}$. При переходе электрона с одного уровня на

другой атом испускает или поглощает квант с энергией, равной разности энергий соответствующих уровней. С учетом изложенного выше и условия задачи следует, что электрон перешел с третьего энергетического уровня на первый, так как энергия фотона максимальна. Атом излучил квант с энергией

$$h\nu = W_{f \max} = W_3 - W_1 = \frac{W_1}{3^2} - W_1 = -\frac{8}{9} W_1 = -\frac{8}{9} \cdot (-13,6) \approx 12 \text{ эВ.}$$

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 9. Если через интервал времени τ осталось 25% нераспавшихся радиоактивных ядер, то это время равно (в периодах полураспада)

- 1) 4; 2) 5; 3) 2; 4) 3; 5) 1.

Решение. Закон радиоактивного распада имеет вид: $N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$, где N_0 – число радиоактивных атомов в начальный момент времени при $t = 0$; N – число радиоактивных атомов в момент времени $t = \tau$; $T_{1/2}$ – период полураспада – время, за которое распадается половина первоначально радиоактивных атомов.

Если осталось 25% нераспавшихся радиоактивных ядер, то $N = \frac{1}{4} N_0$. Отсюда

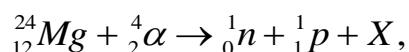
следует, что $\frac{1}{4} N_0 = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$; $2^{-2} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$; $2 = \frac{t}{T_{1/2}}$; $t = 2T_{1/2}$.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 10. Если при бомбардировке ядра изотопа магния $^{24}_{12}\text{Mg}$ α -частицей вылетают нейтрон и протон, то продуктом реакции является

- 1) $^{20}_{11}\text{Na}$; 2) $^{26}_{13}\text{Al}$; 3) $^{24}_{15}\text{P}$; 4) $^{22}_{10}\text{Ne}$; 5) ^1_0n .

Решение. Нижний индекс в обозначениях химических элементов показывает количество протонов в ядре и называется зарядовым числом, верхний индекс – это массовое число, которое показывает количество протонов и нейтронов в ядре. Во всех ядерных реакциях выполняется закон сохранения зарядового и массового чисел. С учетом условия задачи и изложенного выше запишем:



где X – неизвестный химический элемент.

Находим массовое число неизвестного химического элемента:

$$24 + 4 - 1 - 1 = 26.$$

Находим зарядовое число неизвестного химического элемента:

$$12 + 2 - 0 - 1 = 13.$$

Следовательно, продуктом данной реакции является алюминий $^{26}_{13}\text{Al}$.

Номер правильного ответа: 2.

3.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

З а д а н и е 1. Рентгеновский фотон в эффекте Комптона взаимодействует

- 1) с электроном; 2) с протоном; 3) с ядром атома; 4) с нейтроном;
5) среди представленных нет правильного ответа.

З а д а н и е 2. Волновые свойства электронов существенны при

- 1) движении в электронно-лучевой трубке осциллографа;
2) измерении силы тока в проводнике;
3) движении внутри атома;
4) расчете емкости конденсатора;
5) среди представленных нет правильного ответа.

З а д а н и е 3. Квадрат модуля волновой функции имеет смысл

- 1) энергии, приходящейся на единицу объема;
- 2) вероятности, приходящейся на единицу объема;
- 3) вероятности, приходящейся на единицу времени;
- 4) плотности потока вероятности, переносимой волной;
- 5) нет правильного ответа.

З а д а н и е 4. Заряд ядра атома

- 1) равен нулю; 2) положительный; 3) отрицательный;
- 4) для разных изотопов может иметь различный знак;
- 5) среди представленных нет правильного ответа.

З а д а н и е 5. В невозбужденном атоме водорода электрон находится в состоянии

- 1) 1s; 2) 2p; 3) 3s; 4) 2s; 5) 3p.

Практическая часть

З а д а н и е 6. Фотон с длиной волны 4,86 пм рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроном. Комптоновская длина волны для электрона равна $2,43 \cdot 10^{-12}$ м. Отношение максимально возможной длины волны рассеянного фотона к его первоначальной длине равно

- 1) 2; 2) 3; 3) 6; 4) 7; 5) 5.

З а д а н и е 7. Если протон ${}^1_1\text{H}$ и дейтрон ${}^2_1\text{H}$ прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов, то отношение длин соответствующих им волн де Бройля равно

- 1) $\frac{1}{\sqrt{2}}$; 2) 1; 3) 2; 4) $\sqrt{2}$; 5) $\frac{1}{2}$.

З а д а н и е 8. Наибольшая частота кванта в серии Пашена для атома водорода равна (в Гц)

- 1) $23 \cdot 10^{13}$; 2) $23 \cdot 10^{34}$; 3) $46 \cdot 10^{15}$; 4) $23 \cdot 10^{15}$; 5) $46 \cdot 10^{15}$.

З а д а н и е 9. Полоний ${}^{214}_{84}\text{Po}$ превращается в висмут ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ в результате α - и β -распадов. В этой реакции произошли

- 1) 2 α -распада и 1 β -распад; 2) 2 α -распада и 2 β -распада;
- 3) 1 α -распад и 2 β -распада; 4) 1 α -распад и 1 β -распад;
- 5) нет правильного ответа.

З а д а н и е 10. Если через интервал времени τ осталось 12,5 % нераспавшихся радиоактивных ядер, то это время равно (в периодах полураспада)

- 1) 5; 2) 4; 3) 3; 4) 2; 5) 1.

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 11

4.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Физика твердого тела»

1. Виды связей в кристаллах.
2. Распределение электронов в кристалле по квантовым состояниям (распределение Ферми – Дирака).
3. Энергия Ферми, уровень Ферми, температура Ферми (температура вырождения).
4. Элементы зонной теории твердых тел. Деление твердых тел на проводники, диэлектрики и полупроводники.
5. Классическая теория теплоемкости Дюлонга – Пти для твердых тел, трудности теории.
6. Фононы. Распределение фононов по квантовым состояниям (распределение Бозе – Эйнштейна).
7. Квантовая теория теплоемкости Дебая для твердых тел. Характеристическая температура Дебая.
8. Теплоемкость металлов и твердых диэлектриков.
9. Теплопроводность твердых тел.
10. Классическая и квантовая теория электропроводности металлов. Зависимость сопротивления металла от температуры. Сверхпроводимость.
11. Собственные полупроводники. Проводимость полупроводников и ее температурная зависимость. Терморезисторы.
12. Примесные полупроводники (донорные, акцепторные). Проводимость примесных полупроводников и ее температурная зависимость.
13. Фотопроводимость полупроводников. Красная граница фотопроводимости. Полупроводниковые фотоэлементы.
14. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Полупроводниковый диод, транзистор.
15. Термоэлектронная эмиссия и ее практическое применение. Контакт двух металлов. Термопара.

4.2. Примеры решения теоретических заданий

З а д а н и е 1. К полупроводникам относятся кристаллы, у которых при абсолютном нуле температуры

- 1) над целиком заполненной валентной зоной располагается пустая зона проводимости;

2) над целиком заполненной валентной зоной располагается частично заполненная зона проводимости;

3) над частично заполненной валентной зоной располагается частично заполненная зона проводимости;

4) над частично заполненной валентной зоной располагается целиком заполненная зона проводимости;

5) заполненная валентная зона перекрывается с зоной проводимости.

Решение. Согласно зонной теории твердых тел к полупроводникам относятся вещества, у которых в валентной зоне все энергетические уровни заняты электронами, а до ближайшей свободной зоны (зоны проводимости) лежит запрещенная зона с энергией $\Delta W < 1$ эВ.

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 2. В формуле $f(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{a-b}{k_B d}\right)}$ для функции распре-

ления Ферми – Дирака, определяющей вероятность заполнения энергетических уровней электронами в металле (k_B – постоянная Больцмана), буква b :

1) энергия Ферми;

2) произвольное значение кинетической энергии электрона в металле;

3) потенциальная энергия электронов в металле;

4) температура металла;

5) полная энергия электрона в металле.

Решение. Формула для функции распределения электронов в твердом теле по квантовым состояниям имеет вид: $f(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W - W_F}{k_B T}\right)}$, где T – температура

металла, в представленной формуле ей соответствует буква d ; W_F – энергия Ферми, в представленной формуле ей соответствует буква b ; W – энергия электрона в металле, в представленной формуле ей соответствует буква a .

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 3. Характеристическая температура Дебая зависит от

1) подведенной теплоты; 2) рода вещества; 3) теплоемкости кристалла;

4) энергии Ферми; 5) среди представленных нет правильного ответа.

Решение. Температура Дебая, или характеристическая температура, – это температура, при которой в твердом теле возбуждается весь спектр нормаль-

ных колебаний узлов кристаллической решетки. Температура Дебая характеризует свойства твердых тел, такие как теплоемкость, теплопроводность, и определяется по формуле $T_D = \frac{\hbar v_{зв}}{k_B} (6\pi^2 n)^{1/3}$, где $v_{зв}$ – скорость звука в кристалле;

n – концентрация атомов. Эти характеристики зависят только от рода вещества.

Номер правильного ответа: 2.

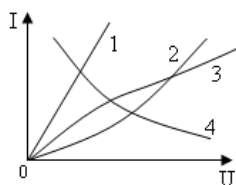


Рис. 1

З а д а н и е 4. Вольт-амперная характеристика металлического резистора приведена на рис. 1 под номером

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) отсутствует на рисунке.

Решение. Вольт-амперная характеристика металлического резистора – это зависимость силы тока в проводнике от напряжения. По закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$ сила тока в

проводниках прямо пропорциональна напряжению, что соответствует линейной зависимости под цифрой 1.

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 5. У собственного полупроводника

А) удельное сопротивление возрастает при нагревании;

В) концентрации свободных электронов и дырок совпадают;

С) минимальная энергия, необходимая для рождения пары «свободный электрон – дырка», равна половине ширины запрещенной зоны;

Д) при температуре 0 К отсутствуют свободные носители заряда.

Правильными являются утверждения:

1) В, С, Д; 2) А, В, С; 3) В, Д; 4) А, В; 5) А, С.

Решение. Собственные полупроводники – это твердые вещества, состоящие из элементов IV группы таблицы Менделеева (*Ge, Si*). Валентные электроны образуют ковалентную связь между соседними атомами в кристаллической решетке. При абсолютном нуле температуры отсутствуют свободные носители заряда.

Согласно зонной теории все уровни валентной зоны заняты электронами, а уровни зоны проводимости свободны.

При нагревании собственного полупроводника происходит разрушение ковалентных связей. В кристалле появляются попарно и свободные электроны, и дырки, поэтому концентрация электронов и дырок одинакова.

При наложении электрического поля на собственный полупроводник при не нулевой температуре свободные электроны начинают упорядоченно дви-

гаться, образуя электрический ток, что приводит к уменьшению удельного сопротивления и росту проводимости собственного проводника.

Таким образом, верными утверждениями являются В и D.

Номер правильного ответа: 3.

4.3. Примеры решения практических заданий

З а д а н и е 6. При температуре 90 К вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня, расположенного на 0,01 эВ выше уровня Ферми, равна

- 1) 0,2; 2) 0,3; 3) 0,4; 4) 0,6; 5) 0,7.

Дано:

$$T = 290 \text{ К};$$

$$W - W_F = 0,01 \text{ эВ};$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}};$$

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж};$$

Найти: $f(W)$.

Решение. Вероятность заполнения электронами в металле энергетических уровней определяется распределением Ферми – Дирака:

$$f(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W - W_F}{k_B T}\right)}.$$

По условию задачи энергетический уровень находится выше уровня Ферми, поэтому разность $W - W_F > 0$.

Подставляем в формулу все данные, переводя эВ в Дж:

$$f(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{0,01 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290}\right)} = 0,4.$$

Вероятность заполнения уровней, расположенных выше уровня Ферми, всегда меньше 0,5.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 7. При охлаждении некоторого кристалла его удельная теплоемкость изменилась в восемь раз. Если первоначальная температура кристалла была равна 40 К, то конечная температура в конце процесса охлаждения стала равной (в К)

- 1) 5; 2) 10; 3) 14; 4) 20; 5) 32.

Дано:

$$\frac{c_{m1}}{c_{m2}} = 8;$$

$$c_{m2}$$

$$T_1 = 40 \text{ К};$$

Найти: T_2 .

Решение. В области низких температур молярная теплоемкость кристалла изменяется по закону кубов Дебая:

$$c_v = \frac{12}{5} \pi^4 R \left(\frac{T}{T_D}\right)^3.$$

Используя связь молярной и удельной теплоемкостей

$$c_v = c_m \cdot \mu, \text{ закон Дебая запишем в виде } c_m = \frac{12}{5 \cdot \mu} \pi^4 R \left(\frac{T}{T_D}\right)^3. \text{ Отсюда}$$

видно, что при охлаждении кристалла его удельная теплоемкость уменьшается.

Находим отношение $\frac{c_{m1}}{c_{m2}}$. После подстановки и преобразований получим:

$$\frac{c_{m1}}{c_{m2}} = \frac{T_1^3}{T_2^3} = 8.$$

Отсюда $T_2 = \frac{T_1}{\sqrt[3]{8}}; T_2 = \frac{40}{2} = 20 \text{ К.}$

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 8. Молярная теплоемкость электронного газа в меди в процессе нагревания меди от температуры $t_1 = -250^\circ\text{C}$ до $t_2 = -200^\circ\text{C}$

- 1) увеличится в 32 раза; 2) увеличится в 3,2 раза;
3) увеличится в 1,3 раза; 4) не изменится; 5) уменьшится в 3,2 раза.

<p>Дано: $T_1 = 23 \text{ К};$ $T_2 = 73 \text{ К};$ Найти: $\frac{c_{v2}}{c_{v1}}.$</p>	<p><i>Решение.</i> Для металлов при низких температурах в молярную теплоемкость кристалла вносит вклад теплоемкость электронного газа $C_{v,эл} = \frac{\pi^2}{2} zR \frac{T}{T_F}$, где z – количество электронов проводимости, приходящихся на каждый атом.</p>
---	---

Находим отношение $\frac{c_{v2}}{c_{v1}} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{23}{73} = 3,2$, следовательно, при нагревании

меди молярная теплоемкость увеличивается в 3,2 раза.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 9. Длина волны λ_1 красной границы внутреннего фотоэффекта в собственном полупроводнике с шириной запрещенной зоны 0,25 эВ связана со значением λ_2 в собственном полупроводнике с шириной запрещенной зоны 0,50 эВ отношением

- 1) $\lambda_1 = 2\lambda_2$; 2) $\lambda_2 = 2\lambda_1$; 3) $\lambda_1 = \lambda_2$; 4) $\lambda_1 = 4\lambda_2$; 5) $\lambda_1 = 0,5\lambda_2$.

<p>Дано: $\Delta W_1 = 0,25 \text{ эВ};$ $\Delta W_2 = 0,50 \text{ эВ};$ Найти: $\lambda_1 / \lambda_2.$</p>	<p><i>Решение.</i> Минимальная энергия фотона, при которой возможен внутренний фотоэффект в собственном полупроводнике, равна ширине запрещенной зоны: $W_\phi = \Delta W$.</p>
---	--

Энергия фотона связана с длиной волны соотношением:

$W_\phi = hc / \lambda$. Отсюда $\lambda = hc / W_\phi$ и, следовательно, $\lambda_1 / \lambda_2 = W_{\phi 2} / W_{\phi 1}$. Таким образом, длины волн связаны соотношением $\lambda_1 = 2\lambda_2$.

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 10. Ширина запрещенной зоны для некоторого собственного полупроводника равна 0,36 эВ. Удельная электропроводность σ этого полупроводника при повышении его температуры от $t_1 = 27^\circ\text{C}$ до $t_2 = 67^\circ\text{C}$

- 1) увеличится в 2,3 раза;
- 2) уменьшится в 1,2 раза;
- 3) увеличится в 46 раз;
- 4) уменьшится в 3,4 раза;
- 5) уменьшится в 2,3 раза.

Дано:

$$\Delta W = 0,36 \text{ эВ};$$

$$T_1 = 300 \text{ К};$$

$$T_2 = 340 \text{ К};$$

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Найти: $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$.

Решение. Удельная электропроводность собственно-

го полупроводника $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta W}{2k_B T}}$. При повышении температуры удельная электропроводность возрастает, поэтому

находим отношение
$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\sigma_0 e^{-\frac{\Delta W}{2k_B T_2}}}{\sigma_0 e^{-\frac{\Delta W}{2k_B T_1}}} = e^{\frac{\Delta W}{2k_B} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}.$$

Подставив численные данные, получим:
$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = e^{\frac{0,36 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}} \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{340} \right)} = 2,3.$$

Номер правильного ответа: 1.

4.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

З а д а н и е 1. В формуле $f(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{a-b}{k_B d}\right)}$ для функции распре-

ления Ферми – Дирака, определяющей вероятность заполнения энергетических уровней электронами в металле (k_B – постоянная Больцмана), буква d :

- 1) энергия Ферми;
- 2) температура;
- 3) произвольное значение кинетической энергии электрона в металле;
- 4) потенциальная энергия электронов в металле;
- 5) температура Кюри.

З а д а н и е 2. Из приведенных на рис. 2 зависимостей сопротивления от температуры сверхпроводнику соответствует зависимость (укажите номер зависимости на рис. 2):

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) отсутствует на рисунке.

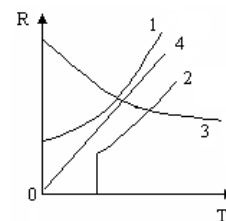


Рис. 2

З а д а н и е 3. Закон Дюлонга – Пти утверждает, что при температуре много меньше температуры Дебая молярная теплоемкость атомных кристаллов

- 1) обратно пропорциональна T^3 ;
- 2) пропорциональна T^3 ;
- 3) пропорциональна $T^{1/2}$;
- 4) пропорциональна T ;
- 5) не зависит от температуры.

З а д а н и е 4. В собственном полупроводнике

- А) концентрация электронов значительно больше концентрации дырок;
- Б) удельная электропроводность полупроводника возрастает при увеличении температуры;
- В) при внутреннем фотоэффекте электроны из валентной зоны переходят в зону проводимости;
- Г) концентрация носителей заряда не зависит от температуры.

- 1) В, Г;
- 2) А, В, Г;
- 3) А, Б;
- 4) Б, В;
- 5) А, Г.

З а д а н и е 5. p - n -переход – это

- 1) контакт двух полупроводников, легированных донорной и акцепторной примесями;
- 2) контакт двух проводников, легированных донорной и акцепторной примесями;
- 3) контакт двух диэлектриков;
- 4) переход электрона из зоны проводимости в валентную зону;
- 5) контакт двух полупроводников – собственного и легированного донорной примесью.

Практическая часть

З а д а н и е 6. Вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня, расположенного на 0,01 эВ ниже уровня Ферми, при температуре 18 °С равна

- 1) 0,3;
- 2) 0,4;
- 3) 0,5;
- 4) 0,6;
- 5) 0,7.

З а д а н и е 7. Если для алюминия энергия Ферми $W_F = 11,9$ эВ при температуре $T = 0$ К, то средняя энергия электронов равна (в эВ)

- 1) 4,0;
- 2) 5,9;
- 3) 7,1;
- 4) 11,9;
- 5) 19,8.

З а д а н и е 8. Логарифм отношения удельной электропроводности σ_1 собственного полупроводника при $T_1 = 100$ К к его электропроводности σ_2 при $T_2 = 200$ К $\ln(\sigma_1 / \sigma_2) = -3$. Ширина запрещенной зоны собственного полупроводника равна (в эВ)

- 1) 0,10;
- 2) 0,41;
- 3) 0,5;
- 4) 0,67;
- 5) 0,83.

З а д а н и е 9. При нагревании некоторого кристалла его удельная теплоемкость изменилась в 17 раз. Если конечная температура кристалла стала равной 10 К, то первоначальная температура была равна (в К)

- 1) 1,0; 2) 2,4; 3) 3,6; 4) 3,9; 5) 4,1.

З а д а н и е 10. Отношение красной границы (частота волны $\nu_{к1}$) внутреннего фотоэффекта в собственном полупроводнике с шириной запрещенной зоны ΔW_1 к красной границе (частота волны $\nu_{к2}$) в собственном полупроводнике с шириной запрещенной зоны $\Delta W_2 = 4 \Delta W_1$ равно

- 1) 0,5 2) 0,25; 3) 2; 4) 4; 5) 16.

Библиографический список

1. О с е л е д ч и к Ю. С. Физика. Модульный курс [Электронный учебник]: электронное учебное пособие для бакалавров / 1 эл. опт. диск (CD-ROM) / Ю. С. Оселедчик, П. И. Самойленко, Т. Н. Точилина. М.: Юрайт, 2012.

2. Практикум по физике. Часть 3. Волновая оптика. Квантовая, атомная и ядерная физика. Физика твердого тела / И. И. Гончар, С. Н. Крохин и др. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2014. 36 с.

3. К р о х и н С. Н. Контрольная работа № 3 по физике для студентов заочного факультета: Методические указания к решению задач и выполнению контрольных работ для студентов заочного факультета / С. Н. Крохин, Ю. М. Сосновский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 29 с.

4. Г о н ч а р И. И. Свойства атомных ядер и элементарных частиц: Учебное пособие / И. И. Гончар, С. Н. Крохин, М. В. Чушнюкова / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 59 с.

5. К р о х и н С. Н. Краткий курс физики твердого тела: Учебное пособие / С. Н. Крохин, Л. А. Литневский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2015. 67 с.

6. К у р м а н о в Р. С. Оптика. Примеры решения задач / Р. С. Курманов, Г. Б. Тодер / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 40 с.

7. Л и т н е в с к и й Л. А. Квантовая, атомная и ядерная физика. Примеры решения задач / Л. А. Литневский, Ю. М. Сосновский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 30 с.

Ответы к заданиям для самостоятельного решения

Номер контрольной работы	Номер задания	Номер правильного ответа
9	1	1
	2	4
	3	4
	4	4
	5	3
	6	5
	7	5
	8	4
	9	3
	10	2
10	1	1
	2	3
	3	2
	4	2
	5	1
	6	1
	7	4
	8	4
	9	4
	10	3
11	1	2
	2	2
	3	2
	4	4
	5	1
	6	4
	7	3
	8	1
	9	4
	10	2

Учебное издание

КРОХИН Сергей Николаевич, КУРМАНОВ Рамиль Султангареевич,
ЛИТНЕВСКИЙ Владимир Леонидович, ЛИТНЕВСКИЙ Леонид Аркадьевич,
СОСНОВСКИЙ Юрий Михайлович, ТОДЕР Георгий Борисович,
ХМЫРОВА Наталья Анатольевна

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

Часть 3

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА. КВАНТОВАЯ, АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА.
ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Учебно-методическое пособие

Редактор Н. А. Майорова

Подписано в печать 09. 04.2019. Формат $60 \times 84^{1/16}$.
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,9. Уч.-изд. л. 2,1.
Тираж 150 экз. Заказ .

**

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа
Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35