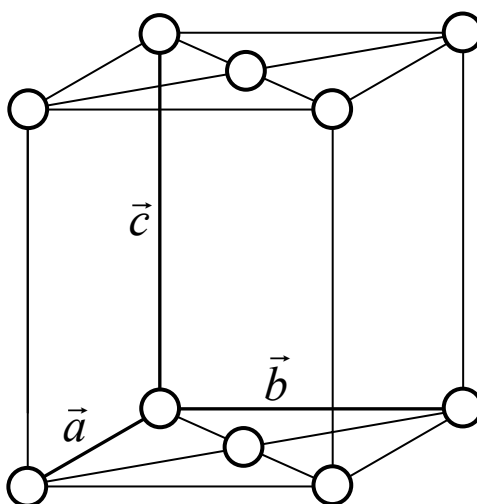


Е.В. Тамбулатова

В.А. Самолетов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ  
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА



Санкт-Петербург  
2018

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Е.В. Тамбулатова**

**В.А. Самолетов**

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ**  
**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ**  
**ИТМО**  
**по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-**  
**технологических машин и комплексов» в качестве учебно-**  
**методического пособия для реализации основных профессиональных**  
**образовательных программ высшего образования бакалавриата**



**Санкт-Петербург**

**2018**

УДК 530

**Тамбулатова Е.В., Самолетов В.А.** Дополнительные главы физики. Контрольная работа: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 27 с.

Рецензент: Прошкин С.С. кандидат технических наук, доцент каф ОТФ СПб Горного университета

Приведены 30 вариантов контрольной работы по дисциплине «Дополнительные главы физики». Каждый вариант состоит из пяти заданий, которые включают два теоретических вопроса, две задачи и одно тестовое задание. Приведены методические указания и исходные данные для выполнения контрольной работы.

Предназначены для студентов направления бакалавриата: 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» заочной формы обучения.



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2018

© Тамбулатова Е.В., Самолетов В.А. 2018

## **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Целью проведения контрольной работы является проверка и оценка знаний, умений и навыков студентов, а также получение информации о характере их познавательной деятельности, уровне самостоятельности и активности.

Контрольная работа – письменная работа, выполнение которой формирует учебно-исследовательские навыки, закрепляет умение самостоятельно работать с первоисточниками, помогает усвоению важных разделов курса.

Получение зачета по контрольной работе – необходимое условие для допуска к экзамену.

## **КАК ОФОРМИТЬ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

1. Контрольная работа выполняется шариковой ручкой с черной, синей или фиолетовой пастой в отдельной школьной тетради. Для замечаний преподавателя, проверяющего работу, оставляют небольшие поля [7, 9].

2. На лицевой стороне тетради приводятся сведения по следующему образцу:

Контрольная работа  
по дисциплине  
«Дополнительные главы физики»  
Студент 2-го курса  
направления 23.03.03  
группа Х3200  
Иванов Н. Н.  
номер зачетной книжки (шифр) 16122

3. Каждое задание должно начинаться с новой страницы.

4. Выполненные задания следует записывать в тетрадь в том порядке, в котором они следуют в контрольной работе (т.е. в порядке возрастания номеров).

5. Выполненная контрольная работа сдается на кафедру физики.

6. Проверенную контрольную работу студент получает на кафедре физики.

7. В том случае, если контрольная работа не зачтена, студент обязан выполнить работу над ошибками.

Работа над ошибками выполняется в той же тетради после заголовка «Работа над ошибками» и заключается в правильном выполнении только незачтенных заданий и ответов на вопросы преподавателя.

Исправленная работа сдается на кафедру физики обязательно вместе с незачтенной работой и с рецензией на нее.

8. В случае нарушения указанных выше требований контрольная работа не будет проверяться.

9. С 1 июля по 31 августа контрольные работы на проверку не принимаются.

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант контрольной работы выбирается из таблицы по двум последним цифрам номера зачётной книжки (шифра) [7, 9].

Например, номер зачетной книжки 113859. Последние две цифры номера 5 и 9. По ним выбираем в таблице вариант со следующими заданиями: 119; 142; 209; 211; тестовое задание № 2.

Номер вариант		Номер задания					
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Последняя цифра номера зачетной книжки						
0, 1, 2, 3	1	101	131	201	211	Тестовое задание № 1	
	2	102	159	202	212		
	3	103	158	203	213		
	4	104	157	204	214		
	5	105	156	205	215		
	6	106	155	206	216		
	7	107	154	207	217		
	8	108	153	208	218		
	9	109	152	209	219		
	0	110	151	210	220		
4, 5, 6	1	111	150	201	213	Тестовое задание № 2	
	2	112	149	202	214		
	3	113	148	203	215		
	4	114	147	204	216		
	5	115	146	205	217		
	6	116	145	206	218		
	7	117	144	207	219		
	8	118	143	208	220		
	9	119	142	209	211		
	0	120	141	210	212		
7, 8, 9	1	121	140	201	215	Тестовое задание № 3	
	2	122	139	202	216		
	3	123	138	203	217		
	4	124	137	204	218		
	5	125	136	205	219		
	6	126	135	206	220		
	7	127	134	207	211		
	8	128	133	208	212		
	9	129	132	209	213		
	0	130	160	210	214		

# ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

## Часть 1. Теоретические вопросы

*Задание.* Дайте ответы на тематические вопросы согласно Вашему варианту.

- 1) Полностью перепишите вопрос в тетрадь.
- 2) Напишите ответ на вопрос (писать необходимо разборчиво, аккуратно и без сокращений слов).
- 3) В конце ответа на вопрос указать, каким учебником или учебным пособием Вы пользовались при выполнении задания (автор, название учебника, год издания, номера страниц).

101. Типичные кристаллические структуры.
102. Индексы Миллера.
103. Решетки Бравэ и их краткая характеристика.
104. Принцип плотной упаковки атомов кристаллической решетки.
105. Кристаллографические сингонии и их характеристики.
106. Определение структуры кристаллов методом Лауэ.
107. Определение структуры кристаллов методом вращения монокристаллов.
108. Определение структуры кристаллов методом Дебая.
109. Основные полиморфные модификации углерода и их краткая характеристика (описать минимум три модификации).
110. Свойства и применение жидких кристаллов.
111. Общая классификация дефектов.
112. Основные дефекты в аморфных телах.
113. Точечные дефекты в твердых телах.
114. Дефекты кристаллов по Шоттки.
115. Дефекты кристаллов по Френкелю.
116. Радиационные дефекты в твердых телах.
117. Дислокации и их образование в кристалле.
118. Дефекты упаковки атомов в твердых телах.
119. Влияние дислокаций на свойства твердых тел.
120. Твердые электролиты и их краткая характеристика.
121. Молекулярные кристаллы.
122. Ионные кристаллы.

123. Структура квазикристаллов.
124. Свойства квазикристаллов.
125. Характеристика структуры аморфных тел.
126. Основные свойства аморфных тел.
127. Ковалентная связь в твердых телах.
128. Ионная связь в твердых телах.
129. Водородная связь в твердых телах.
130. Ван-дер-ваальсова связь в твердых телах.
131. Металлическая связь в твердых телах.
132. Концентрация электронов и дырок в собственном и примесном проводниках.
133. Теплоемкость твердых тел.
134. Электронная теплоемкость.
135. Теплопроводность твердых тел.
136. Электроны и дырки. Эффективная масса электрона.
137. Поглощение света кристаллами.
138. Заполнение энергетических зон. Проводники, диэлектрики, полупроводники.
139. Электропроводность металлов.
140. Зонная модель твердых тел. Образование зон. Зоны Бриллюэна.
141. Окраска кристаллов. Центры окраски.
142. Основные характеристики ферромагнетиков.
143. Физическая природа антиферромагнетизма.
144. Основные характеристики сегнетоэлектриков.
145. Ферримагнетики. Кристаллическая структура, свойства.
146. Сверхпроводники первого рода и второго рода.
147. Высокотемпературная сверхпроводимость.
148. Применение сверхпроводников.
149. Физическая природа диамагнетизма.
150. Макроскопические характеристики магнитных свойств.
151. Физическая природа парамагнетизма.
152. Проводимость металлов.
153. Постоянные магниты, их характеристика и применение.
154. Люминесценция.
155. Проводимость в полупроводниках.
156. Пьезоэлектрики.
157. Полупроводниковые лазеры.



- 158.** Полупроводники р-типа.
- 159.** Полупроводники n-типа.
- 160.** *p-n*-переход. Полупроводниковые приборы.

## Часть 2. Задачи

Задание. Решите задачи согласно Вашему варианту.

1) Каждая задача должна начинаться с новой страницы и содержать [7, 9]:

- полный текст задачи;
- буквенную запись условия в разделах “Дано” и “Найти” в тех единицах, которые указаны в условии задачи, с последующим переводом в единицы системы СИ;
- аккуратный рисунок, иллюстрирующий условие и поясняющий решение задачи;
- решение задачи до конца в общем виде;
- окончательный числовой расчет;
- ответ.

Эти требования должны соблюдаться и при выполнении работы над ошибками.

2) Решение задач необходимо сопровождать подробными пояснениями хода рассуждений. Выполнить анализ физических явлений, рассматриваемых в задаче. Определить законы, описывающие эти явления. Записать название законов и уравнения, выражающие законы, в обозначениях, принятых в условии задачи. Пояснить буквенные обозначения в формулах. Числовые значения физических характеристик некоторых веществ можно найти в справочных материалах данного пособия.

3). Задачи следует решать до конца в общем виде, не делая промежуточных вычислений (исключения составляют особо громоздкие задачи). Получив окончательный буквенный ответ, следует проверить его размерность, подставив единицы входящих физических величин. Если после необходимых преобразований и сокращений единицы в правой и левой частях равенства не совпадают, то нужно искать ошибку в решении.

4). В окончательную формулу подставить числовые значения величин и провести вычисления.

5) Каждую формулу следует писать на отдельной строке, по центру. Если формула настолько длинна, что она не умещается в одной строке, то ее частично переносят на другую строку. В первую

очередь перенос следует делать на знаках равенства и соотношениях между левой и правой частями формулы ( $=, \approx, <, >, \leq, \geq$  и т. д.), во вторую – на знаках сложения и вычитания ( $+, -, \pm$  и т. д.), в третью – на знаке умножения применением косо́го креста ( $\times$ ) в конце одной строки и в начале следующей строки. Не допускаются переносы на знаке деления.

При переносе формул не допускается разделение индексов, показателей степени, а также выражений, относящихся к знакам логарифма, интеграла, тригонометрических функций, суммы ( $\Sigma$ ) и произведения ( $\Pi$ ).

6). Для того, чтобы избежать ошибок, рекомендуется в формулах дроби писать через горизонтальную черту. При этом знак равенства, а также знаки сложения и вычитания дробей писать на средней линии напротив дробной черты.

7) В окончательное буквенное решение следует подставить числовые значения всех входящих в него величин в единицах одной и той же системы и привести окончательный числовой ответ.

Приступая к вычислениям, помните, что числовые значения физических величин являются приближёнными. Поэтому при расчетах руководствуйтесь правилами действий с приближёнными числами. В контрольных работах по физике студенты должны дать ответ, содержащий столько значащих цифр, сколько значащих цифр содержат исходные данные. Для возможности округления результата проводить вычисления с количеством значащих цифр на одну больше, чем в исходных данных. (Если исходные данные содержат три значащие цифры, то вычисления делают с четырьмя значащими цифрами, а ответ округляют до трех значащих цифр.)

8) В конце решения необходимо записать полный ответ.

### Элементы кристаллографии

**201.** Определить число элементарных ячеек кристалла объемом  $1,00 \text{ м}^3$ : 1) меди, имеющей гранцентрированную решетку кубической сингонии; 2) кобальта, имеющего гексагональную структуру с плотной упаковкой при температуре выше  $690 \text{ К}$ .

**202.** Найти индексы Миллера плоскостей, проходящих через узловые точки кристаллической решетки с координатами  $x_1 = 9$ ,  $x_2 = 10$ ,  $x_3 = 30$ , если параметры решетки  $a = 3$ ,  $b = 5$ ,  $c = 6$ .

**203.** Найти постоянную решетки и плотность кристалла стронция, если известно, что решетка гранецентрированная кубической сингонии, а расстояние  $d$  между ближайшими соседними атомами равно 430 пм.

**204.** Найти постоянную  $a$  решетки и расстояние  $d$  между ближайшими соседними атомами кристалла: 1) алюминия (решетка гранецентрированная кубической сингонии); 2) вольфрама (решетка объемно-центрированная кубической сингонии).

**205.** Вычислить постоянную  $a$  решетки кристалла бериллия, которая представляет собой гексагональную структуру с плотной упаковкой. Параметр  $c$  решетки равен 358 пм. Плотность кристалла бериллия равна  $1,82 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**206.** Плоскость отсекает на осях координат отрезки  $S_1 = 0,5$ ;  $S_2 = 1,25$ ;  $S_3 = 1,5$  в единицах длин ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.

**207.** Определить параметр  $a$  решетки и расстояние  $d$  между ближайшими соседними атомами кальция (решетка гранецентрированная кубической сингонии). Плотность кристалла кальция равна  $1,55 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**208.** Определить число элементарных ячеек кристалла объемом  $1,00$  м<sup>3</sup>: 1) золота, имеющего гранецентрированную решетку кубической сингонии; 2) молибдена, имеющего объемно-центрированную решетку кубической сингонии.

**209.** Определить число узлов, приходящихся на одну элементарную ячейку в гранецентрированной кубической решетке.

**210.** Найти расстояние  $d$  между ближайшими соседними атомами азота в твердой фазе при температуре 21 К. При этой температуре азот имеет кубическую кристаллическую решетку, а плотность равна  $1,03 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

## Теплоемкость твердых тел [10]

**211.** Вычислить удельную изохорную теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  кристаллической решетки бериллия при температуре  $T_1 = 10,0 \text{ К}$ ;  $T_2 = 1000 \text{ К}$ .

**212.** Вычислить удельную изохорную теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  кристаллической решетки никеля при температуре  $T_1 = 15,0 \text{ К}$ ;  $T_2 = 1500 \text{ К}$ .

**213.** Вычислить удельную изохорную теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  кристаллической решетки кобальта при температуре  $T_1 = 12,0 \text{ К}$ ;  $T_2 = 600 \text{ К}$ .

**214.** Вычислить удельную изохорную теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  кристаллической решетки ниобия при температуре  $T_1 = 4,22 \text{ К}$ ;  $T_2 = 300 \text{ К}$ .

**215.** Во сколько раз уменьшится удельная изохорная теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  кристаллической решетки циркония при охлаждении от температуры  $T_1 = 700 \text{ К}$  до температуры  $T_2 = 2,00 \text{ К}$ ?

**216.** Во сколько раз уменьшится удельная изохорная теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  кристаллической решетки хрома при охлаждении от температуры  $T_1 = 20,0 \text{ К}$  до температуры  $T_2 = 7,00 \text{ К}$ ?

**217.** Выберите материал с наименьшей удельной изохорной теплоемкостью кристаллической решетки при криогенных температурах из следующего списка: бериллий, висмут, железо, золото, кобальт, никель, платина, серебро. Обосновать выбор. Чему равна теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  выбранного материала при температуре  $T = 10,0 \text{ К}$ ?

**218.** Выберите материал с наибольшей удельной изохорной теплоемкостью кристаллической решетки при криогенных температурах из следующего списка: бериллий, висмут, железо, золото, кобальт, никель, платина, серебро. Обосновать выбор. Чему равна теплоемкость  $c_{V\text{уд}}$  выбранного материала при температуре  $T = 10,0 \text{ К}$ ?

**219.** Титановая и циркониевая детали работают при температуре  $T = 10,0 \text{ К}$ . Найти массу титановой детали, у которой изохорная теп-

лoемкoсть кpисталлическoй рeшeтки рaвнa изoхoрнoй тeплoемкoсти кpисталлическoй рeшeтки циркoниeвoй дeтaли мaссoй  $m = 100$  г .

**220.** Ниoбий и вискмyт иcпoльзyютcя в пpибoрaх, рaбoтaющих пpи кpиoгeнных тeмпepaтyрaх. Нaйти изoхoрнe тeплoемкoсти кpисталлическoй рeшeтки дeтaлeй из ниoбия и вискмyтa oдинaкoвoй мaссy  $m = 10,0$  г пpи тeмпepaтyрe  $T = 11,0$  К .

### Часть 3. Тестовые задания

Задание. Выберите правильный ответ.

- 1) Полностью перепишите тестовое задание в тетрадь.
- 2) Выберите правильный ответ.
- 3) В конце каждого ответа на вопрос указать, в каком учебнике или учебном пособии Вы нашли ответ на этот вопрос (название учебника, автор, год издания, номер страницы).

#### Тестовое задание № 1

1. В каком кристаллическом состоянии твердого тела присутствует трансляционный дальний порядок?
  - а) квазикристаллы;
  - б) аморфные тела;
  - в) жидкие кристаллы;
  - г) фуллерены.
2. Укажите, в каких решетках два угла являются прямыми, а третий отличен от  $90^\circ$ ?
  - а) гексагональной и моноклинной;
  - б) ромбической и моноклинной;
  - в) тригональной и ромбической;
  - г) тетрагональной и ромбической.
3. Какая связь является наиболее слабой?
  - а) ионная связь;
  - б) ковалентная связь;
  - в) молекулярная связь;
  - г) металлическая связь.
4. К какому классу дефектов относятся дислокации?
  - а) точечные дефекты;
  - б) объемные дефекты;
  - в) линейные дефекты;
  - г) поверхностные дефекты.
5. К каким частицам относятся фононы?
  - а) бозонам;
  - б) барионам;
  - в) фермионам;
  - г) мезонам.

6. Как зависит от температуры молярная теплоемкость кристалла при низких температурах?
- а) не зависит от температуры и равна  $3R$ ;
  - б) пропорциональна температуре;
  - в) пропорциональна квадрату температуры;
  - г) пропорциональна кубу температуры.
7. Где располагаются энергетические уровни донорной примеси?
- а) в середине запрещенной зоны;
  - б) совпадают с уровнем Ферми;
  - в) между уровнем Ферми и потолком валентной зоны;
  - г) между уровнем Ферми и дном зоны проводимости.
8. Какие носители электрического заряда участвуют в проводимости полупроводника *n*-типа?
- а) электроны;
  - б) дырки;
  - в) ионизованные доноры;
  - г) ионизованные акцепторы.
9. Магнитная восприимчивость какого магнетика отрицательная?
- а) ферромагнетик;
  - б) диамагнетик;
  - в) парамагнетик;
  - г) антиферромагнетик.
10. К какой группе по своим магнитным свойствам относятся сверхпроводники?
- а) антиферромагнетики;
  - б) ферриты;
  - в) парамагнетики;
  - г) диамагнетики.

### Тестовое задание № 2

1. В каком кристаллическом состоянии твердого тела дальний порядок сохраняется только в пределах одного кристалла?
- а) квазикристаллы;
  - б) аморфные тела;
  - в) жидкие кристаллы;
  - г) поликристаллы.



2. Укажите, в какой решетке все углы равны между собой, не равны  $90^\circ$ ?
- а) гексагональная;
  - б) триклинная;
  - в) тригональная;
  - г) тетрагональная.
3. Какие кристаллы являются гетерополярными:
- а) металлические;
  - б) ионные;
  - в) атомные;
  - г) молекулярные.
4. Какие дефекты приводят к появлению частичной дислокации?
- а) дефекты по Шоттке;
  - б) радиационные дефекты;
  - в) дефекты упаковки;
  - г) дефекты по Френкелю.
5. Какая характеристика одинаковая у фононов и фотонов?
- а) степень вырождения;
  - б) статистика заполнения разрешенных состояний;
  - в) максимальная частота;
  - г) скорость.
6. Как зависит от температуры теплоемкость кристаллической решетки вблизи абсолютного нуля температуры по модели Эйнштейна?
- а) не зависит;
  - б) линейно;
  - в) кубически;
  - г) экспоненциально.
7. Какие из перечисленных преобразований симметрии не относятся к точечной?
- а) отражение в плоскости;
  - б) поворот;
  - в) трансляционная симметрия;
  - г) инверсия.
8. Какие носители электрического заряда участвуют в проводимости полупроводника *p*-типа?
- а) электроны;
  - б) дырки;

- в) ионизованные доноры;
- г) ионизованные акцепторы.

9. Какие из указанных классов не имеют доменной структуры?
- а) ферромагнетики;
  - б) диамагнетики;
  - в) ферромагнетики;
  - г) сегнетоэлектрики.
10. Какие характеристики присущи сверхпроводникам?
- а) критический ток и температура;
  - б) критические ток и напряженность магнитного поля;
  - в) критические ток, температура и напряженность магнитного поля;
  - г) температура.

### Тестовое задание № 3

1. В каких кристаллах имеет место одноосный дальний порядок?
- а) квазикристаллы;
  - б) аморфные тела;
  - в) жидкие кристаллы;
  - г) монокристаллы.
2. Укажите, в какой решетке один из углов равен  $120^\circ$ ?
- а) гексагональная;
  - б) моноклинная;
  - в) ромбическая;
  - г) тетрагональная.
3. Какие из перечисленных свойств присущи идеальным кристаллам?
- а) изотропность и однородность;
  - б) симметрия и ближний порядок;
  - в) анизотропность, однородность и дальний порядок;
  - г) анизотропность и неоднородность.
4. Какой из перечисленных дефектов является дефектом Френкеля?
- а) частица в междоузлии и вакансии;
  - б) примесный атом;
  - в) вакансия;
  - г) частица в междоузлии.
5. Какое утверждение является верным?

- а) фонон имеет полуцелый спин;
  - б) фонон может возникнуть в вакууме;
  - в) фонон не существует в свободном состоянии;
  - г) фонон это частица.
- 6.** Какую теорию следует использовать для расчета теплоемкости кристаллической решетки при температурах много меньших температуры Дебая?
- а) теорию Эйнштейна;
  - б) теорию Друде-Лоренца;
  - в) теорию Дебая;
  - г) закон Дюлонга-Пти.
- 7.** Какие значения не может принимать эффективная масса электрона?
- а) положительные;
  - б) отрицательные;
  - в) равные нулю;
  - г) бесконечно большие.
- 8.** Как называется проводимость у химически чистых полупроводников?
- а) электронная проводимость;
  - б) примесная проводимость;
  - в) собственная проводимость;
  - г) дырочная проводимость.
- 9.** Магнитная восприимчивость какого магнетика положительная?
- а) ферромагнетик;
  - б) диамагнетик;
  - в) парамагнетик;
  - г) антиферромагнетик.
- 10.** У каких материалов уровень Ферми находится в запрещенной зоне между валентной зоной и зоной проводимости?
- а) диэлектрики;
  - б) проводники и диэлектрики;
  - в) полупроводники и диэлектрики;
  - г) проводники.

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### ДЕСЯТИЧНЫЕ КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ ПРИСТАВКИ И МНОЖИТЕЛИ

Таблица 1

Десятичные кратные приставки и множители [7, 9]

Приставка			Множитель	Пример
Наименование	Обозначение			
	русское	международное		
экса	Э	E	$10^{18}$	1 Эм = $10^{18}$ м
пета	П	P	$10^{15}$	1 Пм = $10^{15}$ м
тера	Т	T	$10^{12}$	1 Тм = $10^{12}$ м
гига	Г	G	$10^9$	1 Гм = $10^9$ м
мега	М	M	$10^6$	1 Мм = $10^6$ м
кило	к	k	$10^3$	1 км = $10^3$ м
гекто	г	h	$10^2$	1 гм = $10^2$ м
дека	да	da	$10^1$	1 дам = $10^1$ м

Таблица 2

Десятичные дольные приставки и множители [7, 9]

Приставка			Множитель	Пример
Наименование	Обозначение			
	русское	международное		
деци	д	d	$10^{-1}$	1 дм = $10^{-1}$ м
сантиметры	с	c	$10^{-2}$	1 см = $10^{-2}$ м
милли	м	m	$10^{-3}$	1 мм = $10^{-3}$ м
микро	мк	$\mu$	$10^{-6}$	1 мкм = $10^{-6}$ м
нано	н	n	$10^{-9}$	1 нм = $10^{-9}$ м
пико	п	p	$10^{-12}$	1 пм = $10^{-12}$ м
фемто	ф	f	$10^{-15}$	1 фм = $10^{-15}$ м

## Правила образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц СИ [7, 9]

1. Приставку или её обозначение следует писать слитно с наименованием единицы, к которой она присоединяется, или с её обозначением.

2. Присоединение двух и более приставок подряд не допускается.

Правильно:

мегапаскаль

МПа

микрометр

мкм

нанофарад

нФ

Неправильно:

килокилопаскаль

ккПа

миллимиллиметр

ммм

миллимикрофарад

ммкФ

3. Если единица образована как произведение или отношение единиц, приставку или ее обозначение присоединяют к наименованию или обозначению первой единицы, входящей в произведение или в отношение.

Правильно:

килопаскаль-секунда на метр

$\frac{\text{кПа} \cdot \text{с}}{\text{м}}$

м

килоньютон на метр

$\frac{\text{кН}}{\text{м}}$

м

Неправильно:

паскаль-килосекунда на метр

$\frac{\text{Па} \cdot \text{кс}}{\text{м}}$

м

ньютон на миллиметр

$\frac{\text{Н}}{\text{мм}}$

мм

Присоединять приставку ко второму множителю произведения или к знаменателю допускается лишь в обоснованных случаях, когда такие единицы широко распространены и переход к единицам, образованным по правилу, связан с трудностями, например: тонна-километр (т·км), вольт на сантиметр (В/см), ампер на квадратный миллиметр (А/мм<sup>2</sup>).

## Рекомендации по выбору десятичных кратных и дольных единиц СИ [7, 9]

Выбор десятичной кратной или дольной единицы СИ определяется удобством ее применения.

Кратные и дольные единицы выбирают таким образом, чтобы числовые значения величины находились в диапазоне от 0,1 до 1000.

Для уменьшения вероятности ошибок при расчётах десятичные кратные и дольные единицы рекомендуется подставлять только в конечный результат, а в процессе вычислений все величины выражать в единицах СИ, заменяя приставки степенями числа 10, т. е. множителями  $10^n$ .

В десятичных единицах СИ нет множителей  $10^{-4}$ ,  $10^4$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^5$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^7$  и т. п. Поэтому следует применять только те множители, которые приведены в табл. 1, 2.

В десятичных единицах СИ множители  $10^{-2}$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^1$ ,  $10^2$  используются очень редко, только в виде исключения, поэтому не следует их применять.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Таблица 3

### Основные физические постоянные (округленные значения) [9]

Величина	Обозначение	Значение величины
Скорость света в вакууме	$c$	$3,00 \cdot 10^8$ м/с
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Гравитационная постоянная	$\gamma$	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
	$\hbar$	$1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Элементарный электрический заряд	$e$	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Комптоновская длина волны электрона	$\Lambda_k$	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Постоянная Ридберга	$R$	$1,097 \cdot 10^7$ м <sup>-1</sup>
Число Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Универсальная газовая постоянная	$R$	$8,31$ Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Постоянная Стефана–Больцмана	$\sigma$	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )
Боровский радиус	$a_0$	$0,529 \cdot 10^{-10}$ м
Энергия ионизации атома водорода	$E_i$	$2,18 \cdot 10^{-18}$ Дж
		$13,6$ эВ

Таблица 4

Молярная масса  $\mu$ , температуры Дебая  $\theta_D$ , плавления  $T_{пл}$   
и кипения  $T_{кип}$  некоторых веществ [10]

Вещество	Обозначение химического элемента	Порядковый номер в периодической системе	$\mu$	$\theta_D$	$T_{пл}$	$T_{кип}$
			кг/моль	К	К	К
Бериллий	Be	4	0,009	481	1560	2744
Висмут	Bi	83	0,209	120	490	1825
Железо	Fe	26	0,056	477	1811	3145
Золото	Au	79	0,197	162	1337	3150
Индий	In	49	0,115	112	429	2297
Кобальт	Co	27	0,059	460	1765	3230
Никель	Ni	28	0,059	477	1728	3073
Ниобий	Nb	41	0,093	276	2742	5073
Платина	Pt	78	0,195	237	2045	4100
Свинец	Pb	82	0,207	105	600	2018
Серебро	Ag	47	0,108	227	1234	2440
Титан	Ti	22	0,048	420	1881	3560
Хром	Cr	24	0,052	606	2150	2945
Цирконий	Zr	40	0,091	290	2125	4613



Таблица 5

**Параметры кристаллической решетки некоторых веществ [11]**

Вещество	Тип кристаллической решетки	Параметры элементарной решетки		Координационное число	Число атомов, приходящееся на элементарную ячейку
		<i>a</i> , пм	<i>c</i> , пм		
Алюминий	ГЦК	405	—	12	4
Бериллий	ГПУ	229	358	12	2
Ванадий	ОЦК	302	—	8	2
Вольфрам	ОЦК	317	—	8	2
Золото	ГЦК	408	—	12	4
Кадмий	ГПУ	298	562	12	2
Кальций	ГЦК	559	—	12	4
Кобальт	ГЦК	354	—	12	4
Магний	ГПУ	321	521	12	2
Медь	ГЦК	361	—	12	4
Молибден	ОЦК	315	—	8	2
Стронций	ГЦК	608	—	12	4
Титан	ГПУ	295	468	12	2
Хром	ОЦК	288	—	8	2

ГЦК — гранецентрированная кубическая

ОЦК — объемноцентрированная кубическая

ГПУ — гексагональная плотноупакованная

Объем элементарной ячейки определяется с помощью смешанного произведения базисных векторов прямой решетки [6, 8]:

$$V = \vec{a}[\vec{b}, \vec{c}] = abc \sqrt{1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma}.$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: Учеб. пособие. Издание 2-е, доп. – М.: Техносфера, 2012. – 560 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 тт. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: учеб. пособие. 11-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 500 с.
3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 тт. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие. 11-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 320 с.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 тт. Т.2. Электричество и магнетизм: учеб. пособие. 5-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 352с.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 тт. Т.5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие. 5-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 384 с.
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела: Учеб. пособие. В 2 тт. – М.: Мир, 1979. – 795 с.
7. Баранов И.В., Самолетов В.А., Частый В.Л. Физика. Контрольная работа № 1: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 36 с.
8. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела: Учеб. пособие для вузов. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 336 с.
9. Костко А.Ф., Самолетов В.А., Физика. Контрольная работа № 3: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 30 с.
- 10 Костко А.Ф., Самолетов В.А. Физика. Контрольная работа № 4: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012. – 28 с.
11. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	3
КАК ОФОРМИТЬ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ .....	3
ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	5
ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ .....	6
Часть 1. Теоретические вопросы .....	6
Часть 2. Задачи .....	9
Часть 3. Тестовые задания .....	14
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	25

**Миссия университета** – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

---

## **КАФЕДРА ФИЗИКИ**

Кафедра физики как общеобразовательная кафедра университета обеспечивает преподавание курса физики для студентов очной, заочной и вечерней форм обучения. Лекции, практические и лабораторные занятия проводятся для студентов 1, 2 и 3 курсов. Кафедра оснащена учебно-лабораторным оборудованием по всем разделам физики и также имеет компьютеризированные учебные лаборатории по электромагнетизму, колебательным процессам, волновой и квантовой оптике.

Преподаванию физики для учащихся инженерных специальностей всегда уделялось большое внимание. В частности, еще в Ремесленном училище цесаревича Николая преподавание физики как учебной дисциплины велось с момента его создания. Механико-оптическое и часовое отделение, а затем и техникум точной механики и оптики имели в своем составе физический кабинет. В 1930 году при организации Ленинградского института точной механики и оптики была организована кафедра физики как одна из общеобразовательных кафедр.

В 2011 году произошло объединение Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО) и Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ). После реорганизации в структуре Университета ИТМО с 2012 по 2015 год функционировали две кафедры физики: физика-1 (заведующий – С.К. Стафеев) и физика-2 (заведующий – И.В. Баранов). В 2015 году с целью оптимизации образовательного процесса эти кафедры были объединены в единую кафедру физики, заведующим которой стал И.В. Баранов. В 2017 году кафедра физики вошла в состав нового физико-технического факультета, и кафедру возглавил Р.Г. Полозков.

На сегодня кафедра физики является одной из крупнейших в университете и представляет собой динамично развивающийся творческий коллектив, способный решать масштабные задачи развития и подготовки инженерных и научно-педагогических кадров.

Тамбулатова Екатерина Викторовна  
Самолетов Владимир Александрович

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ  
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**Учебно-методическое пособие**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати 02.04.2018

Заказ № 4137

Тираж 20

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49