

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и  
инженерной механики

 Могильная Е.П.  
« 25 » 02 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по учебной дисциплине**

**Физика конденсированного состояния**

(наименование учебной дисциплины, практики)

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

«Физика»

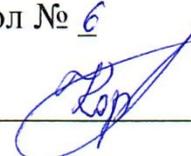
(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик:

профессор  Корсунов К.А.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры физики

от 25 02 2025 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой  Корсунов К.А.

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине  
«Физика конденсированного состояния»**

**Задания открытого типа**

**Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

*Выберите один правильный ответ.*

1. Первая зона Бриллюэна – это

- А) ячейка, построенная на векторах  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  и  $\vec{c}$  решетки
- Б) ячейка Вигнера-Зейтца для обратной решетки
- В) ячейка, имеющая максимально возможное число прямых углов
- Г) ячейка, не имеющая прямых углов

Правильный ответ: Б

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Первая зона Бриллюэна для линейного кристалла с периодом  $a$  имеет границы

- А) от  $-a$  до  $a$
- Б) от  $-\frac{\pi}{2a}$  до  $\frac{\pi}{2a}$
- В) от  $-\frac{a}{\pi}$  до  $\frac{a}{\pi}$
- Г) от  $-\frac{\pi}{a}$  до  $\frac{\pi}{a}$

Правильный ответ: Г

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

3. Сколько нормальных колебаний существует в кристалле, содержащем  $N$  атомов

- А)  $N$
- Б)  $2N + 1$
- В)  $3N$
- Г)  $N^2$

Правильный ответ: В

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1)

4. Характеристическая температура Эйнштейна определяется по формуле

- А)  $\theta_E = \frac{h\nu_E}{T}$
- Б)  $\theta_E = \frac{h\nu_E^2}{k}$
- В)  $\theta_E = \frac{h\nu_E}{k}$

$$\Gamma) \theta_E = \frac{h\nu_E}{kT}$$

Правильный ответ: В

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ПК-1.1)

5. Энергия фонона равна

А)  $\varepsilon = h\nu$

Б)  $\varepsilon = h\nu^2$

В)  $\varepsilon = h\nu^{\frac{1}{2}}$

Г)  $\varepsilon = \frac{h\nu}{2}$

Правильный ответ: А

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

6. В какой области температур выполняется закон Дюлонга-Пти?

А) для  $T < \frac{\theta}{50}$

Б) для  $T > \theta$

В) для  $T < \frac{\theta}{2}$

Г) при любой температуре

Правильный ответ: Б

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1)

### Задания закрытого типа на установление соответствия

*Установите правильное соответствие.*

*Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.*

1. Установите соответствие между температурной зависимостью сопротивления и веществом

	Температурная зависимость сопротивления		Вещество
1)	с ростом температуры сопротивление линейно возрастает	А)	диэлектрик
2)	с ростом температуры сопротивление снижается	Б)	металл
3)	при любой температуре сопротивление $\rho \rightarrow \infty$	В)	полупроводник

Правильный ответ:

1	2	3
Б	В	А

Компетенция (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.3)

2. Установите соответствие между количеством акустических и оптических ветвей колебаний и базисом кристалла S :

	Количество акустических и оптических ветвей	Базис кристалла
--	---	-----------------

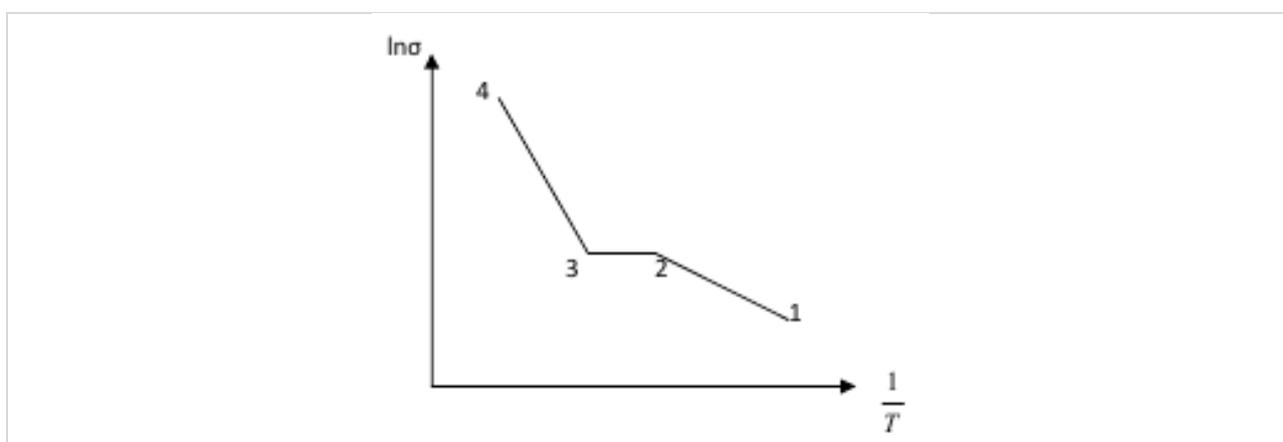
	колебаний		
1)	3 и 3	А)	$S = 1$
2)	3 и 0	Б)	$S = 2$
3)	3 и 6	В)	$S = 3$

Правильный ответ:

1	2	3
Б	А	В

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1)

3. Установите соответствие между участками зависимости  $\ln \sigma = f\left(\frac{1}{T}\right)$  для примесных полупроводников и характером проводимости:



	Участки зависимости		Характер проводимости
1)	1-2	А)	отвечает собственной проводимости полупроводника
2)	2-3	Б)	отвечает примесной проводимости
3)	3-4	В)	соответствует области истощения примеси

Правильный ответ:

1	2	3
Б	В	А

Компетенция (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1)

**Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите правильную последовательность этапов формирования кристаллической решётки при охлаждении вещества из расплава:

А) Кристаллическая структура полностью формируется.

Б) Расплавленное вещество охлаждается.

В) Температура достигает точки кристаллизации

- Г) Энергия системы уменьшается за счёт выделения тепла  
Д) Атомы начинают упорядочиваться в регулярную решётку  
Правильный ответ: Б, В, Г, Д, А  
Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

## Задания открытого типа

### Задания открытого типа на дополнение

*Напишите пропущенное слово (сочетание).*

1. \_\_\_\_\_ - это частица, которая не может существовать в вакууме и для своего возникновения и существования нуждается в некоторой вещественной среде.

Правильный ответ: квазичастица

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. В \_\_\_\_\_ волне при малых значениях волнового вектора  $\vec{k}$  атомы базиса в элементарной ячейке совершают колебания как единое целое.

Правильный ответ: акустической

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

3. Расстояние между потоком валентной зоны и дном зоны проводимости называется шириной \_\_\_\_\_ зоны.

Правильный ответ: запрещенной

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

4. Ограниченность объема кристалла при рассмотрении движения «почти» свободных электронов учитывается введением условия \_\_\_\_\_ .

Правильный ответ: Борна-Кармана

Компетенция (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

### Задания открытого типа с кратким свободным ответом

*Напишите пропущенное слово (сочетание).*

1. Последняя, полностью заполненная энергетическая зона, называется \_\_\_\_\_ .

Правильный ответ: валентная / валентной

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1)

2. Энергетический уровень, ниже которого все энергетические состояния заняты, а выше которого все энергетические состояния свободны при температуре абсолютного нуля, называется \_\_\_\_\_ .

Правильный ответ: уровень Ферми / уровнем Ферми

Компетенция (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1)

## Задания открытого типа с развернутым ответом

*Получите числовой результат.*

1. Какова максимальная энергия фонона в кристалле свинца, если характеристическая температура Дебая 94 К? Ответ привести в Дж, до первого значения после запятой.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Решение. 1. Температура Дебая связана с максимальной частотой колебаний кристаллической решетки  $\nu_{\max}$  соотношением

$$k \Theta_D = h \nu_{\max} .$$

2. Максимальная энергия фонона в кристалле свинца равна

$$\varepsilon_{\max} = h \nu_{\max} .$$

Таким образом, запишем

$$\varepsilon_{\max} = k \Theta_D .$$

3. Вычисление:  $\varepsilon_{\max} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 94 = 1,3 \cdot 10^{-21}$  Дж.

Ответ:  $1,3 \cdot 10^{-21}$  Дж

Компетенция (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.3)

2. Определить величину квазиимпульса фонона соответствующего частоте  $\omega = 0,1 \omega_{\max}$ . Усредненное значение скорости в кристалле  $\langle v \rangle = 1380$  м/с, характеристическая температура Дебая  $\theta_D = 100$  К. Дисперсией звуковых волн в кристалле пренебречь.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Решение. 1. Температура Дебая связана с максимальной частотой колебаний кристаллической решетки  $\omega_{\max}$  соотношением

$$k \Theta_D = \hbar \omega_{\max} ,$$

откуда

$$\omega_{\max} = \frac{k \Theta_D}{\hbar} .$$

2. Квазиимпульс фонона находим по формуле

$$p = \frac{\hbar}{\lambda} .$$

Длину волны находим как

$$\lambda = \frac{2\pi\langle v \rangle}{\omega}.$$

3. По условию задачи  $\omega = 0,1\omega_{\max}$ . Следовательно, можно записать

$$\omega = \frac{0,1k\Theta_D}{\hbar},$$

тогда

$$\lambda = \frac{2\pi \hbar \langle v \rangle}{0,1k\Theta_D} = \frac{h\langle v \rangle}{0,1k\Theta_D},$$

а квазиимпульс фонона

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{0,1k\Theta_D}{\langle v \rangle}.$$

4. Вычисление:  $p = \frac{0,1 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 100}{1380} = 10^{-25} \text{ Н} \cdot \text{с}.$

Ответ:  $10^{-25} \text{ Н} \cdot \text{с}$

Компетенция (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.3)

## Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Физика конденсированного состояния» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической  
комиссии института технологий и  
инженерной механики



Ясуник С.Н.

### Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)