

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

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Кристаллография**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сарач О.Б.
	Идентификатор	R2562e7bf-SarachOB-f26c228a

О.Б. Сарач

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д.  
Баринов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зезин Д.А.
	Идентификатор	Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73

Д.А. Зезин

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен осуществлять расчет и проектирование полупроводниковых приборов и устройств, проводить моделирование и анализ с использованием средств автоматизации проектирования

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Взаимодействие излучения с кристаллом. Кристаллографические координаты. (Контрольная работа)
2. Дефекты в полупроводнике (Контрольная работа)
3. Методы исследования вещества. Проекция плоскостей, (Контрольная работа)
4. Основы строения кристаллических твёрдых тел. Сингонии. (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетное задание. Расчет параметров кристалла (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

### 4 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основы строения кристаллических твёрдых тел. Сингонии. (Тестирование)  
КМ-2 Взаимодействие излучения с кристаллом. Кристаллографические координаты. (Контрольная работа)  
КМ-3 Методы исследования вещества. Проекция плоскостей, (Контрольная работа)  
КМ-4 Расчетное задание. Расчет параметров кристалла (Расчетно-графическая работа)  
КМ-5 Дефекты в полупроводнике (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	15	16
Основные понятия кристаллографии						

Основные понятия кристаллографии	+	+			
Явление дифракции в кристаллах					
Явление дифракции в кристаллах				+	
Методы анализа вещества					
Методы анализа вещества			+		
Структура реального кристалла					
Структура реального кристалла					+
Вес КМ:	15	20	15	30	20

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	Знать: методы экспериментального исследования полупроводниковых материалов основы строения кристаллических твёрдых тел, основные свойства полупроводниковых материалов Уметь: анализировать взаимодействие различного рода дефектов и примесей в полупроводниковой матрице рассчитывать основные параметры полупроводниковых материалов	КМ-1 Основы строения кристаллических твёрдых тел. Сингонии. (Тестирование) КМ-2 Взаимодействие излучения с кристаллом. Кристаллографические координаты. (Контрольная работа) КМ-3 Методы исследования вещества. Проекция плоскостей, (Контрольная работа) КМ-4 Расчетное задание. Расчет параметров кристалла (Расчетно-графическая работа) КМ-5 Дефекты в полупроводнике (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Основы строения кристаллических твёрдых тел. Сингонии.

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится по вариантам.

**Краткое содержание задания:**

Выбрать верные ответы на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы строения кристаллических твёрдых тел, основные свойства полупроводниковых материалов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что относится к элементам внешней симметрии?</li><li>2.Что относится к элементам внутренней симметрии?</li><li>3.Каких элементов симметрии не может быть в кристалле конечных размеров?</li><li>4.На каком рисунке показана элементарная ячейка тетрагональной сингонии?</li><li>5.На каком рисунке показана элементарная ячейка тригональной сингонии?</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-2. Взаимодействие излучения с кристаллом. Кристаллографические координаты.

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется по вариантам.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы строения кристаллических твёрдых тел, основные свойства полупроводниковых материалов	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Каковы механизмы когерентного рассеяния рентгеновского излучения кристаллом?</li><li>2. Определите координаты плоскости кристалла и постройте плоскости (010), (132)</li><li>3. Каковы особенности дифракции электронов в кристалле?</li><li>4. Определите координаты ребра элементарной ячейки кристалла и постройте направления (010), (132)</li><li>5. Какие дополнительные возможности дают нейтронографические исследования структур?</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-3. Методы исследования вещества. Проекция плоскостей,

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится по вариантам.

**Краткое содержание задания:**

Выбрать верные ответы на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы экспериментального исследования полупроводниковых материалов	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какими методами можно исследовать строение массивного поликристаллического образца?</li><li>2. Какими методами можно исследовать строение монокристалла?</li><li>3. Какими методами можно исследовать строение тонкой поликристаллической пленки ?</li><li>4. Построить гномостереографические проекции плоскостей, заданных сферическими координатами: <math>A (78, 24)</math>, <math>B (154, 65)</math>, <math>C (222, 42)</math>.</li><li>5. Провести дугу большого круга, на которой лежат гномостереографические проекции плоскостей <math>A</math> и <math>B</math>. Определить сферические координаты оси зоны.</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

#### **КМ-4. Расчетное задание. Расчет параметров кристалла**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется дома самостоятельно.

**Краткое содержание задания:**

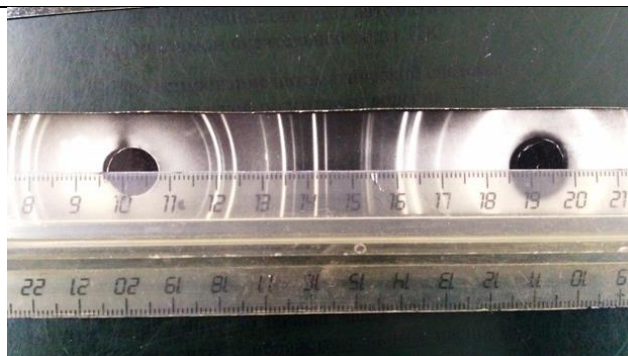
Рассчитать параметры кристалла

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине

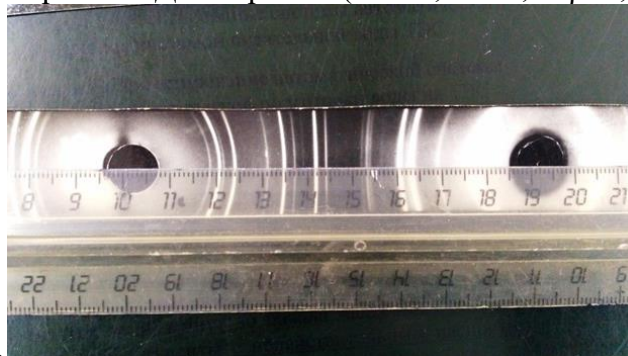
Уметь: рассчитывать основные параметры полупроводниковых материалов

Вопросы/задания для проверки



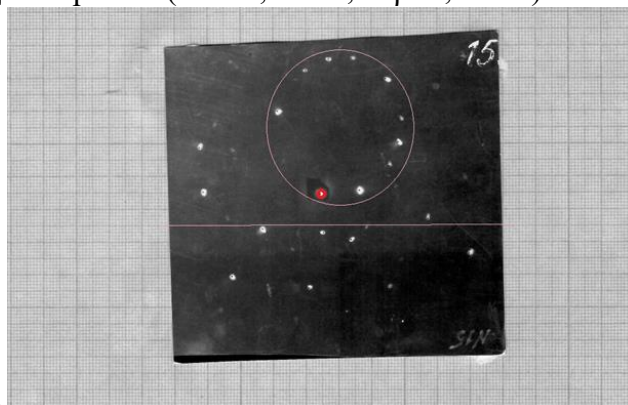
1.

Рассчитать межплоскостные расстояния и определить материал по Дебаеграмме ( $\lambda_{\alpha}=1,538 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_{\beta}=1,392 \text{ \AA}$ )



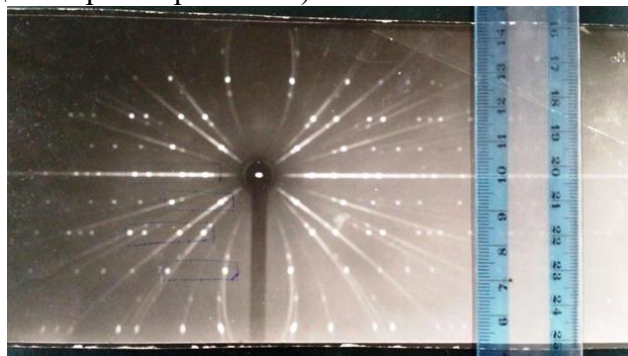
2.

Рассчитать параметры кристаллической решетки по Дебаеграмме ( $\lambda_{\alpha}=1,538 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_{\beta}=1,392 \text{ \AA}$ )



3.

Определить ориентацию кристалла по Лауэграмме (диаметр камеры 88 мм)



4.

Определить параметры решётки кристалла по рентнограмме вращения ( $a = 0,709 \text{ \AA}$ , диаметр камеры 86 мм)

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	5.Провести расчёт и построение электронограммы текстурированного образца ( $U=75\text{кВ}$ , $L=500\text{мм}$ , материал сфалерит, ось текстуры [100])

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-5. Дефекты в полупроводнике**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется по вариантам.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: анализировать взаимодействие различного рода дефектов и примесей в полупроводниковой матрице	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Объясните, как появляются электронные дефекты</li> <li>2.Объясните, как дислокации взаимодействуют между собой и с другими дефектами</li> <li>3.Объясните, как точечные дефекты взаимодействуют между собой</li> <li>4.Объясните, как возникают и перемещаются дислокации</li> <li>5.Объясните, как дефекты влияют на свойства кристалла</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Элементы внутренней и внешней симметрии кристаллов.
2. Влияние дефектов на свойства материалов.
3. Построить гномостереографические проекции плоскостей, заданных сферическими координатами:  $A (278, 84)$ ,  $B (150, 30)$ ,  $C (260, 142)$ . Определить углы между плоскостями  $A$  и  $B$ ,  $A$  и  $C$ .

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа

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

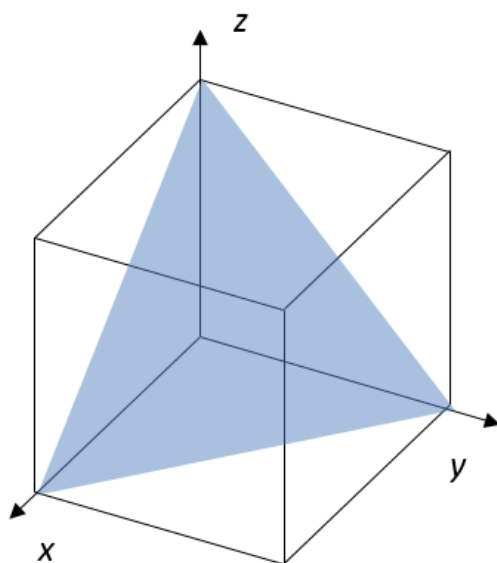
**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

Вопросы, задания

1. Кристаллические системы-сингонии
2. Индексирование плоскостей и направлений
3. Уравнения Лауэ. Дифракция как отражение. Соотношение Вульфа-Брегга
4. Понятие ближнего и дальнего порядка
5. Взаимодействие дефектов. Равновесие точечных дефектов в кристалле.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Индексы плоскости, показанной на рисунке



Ответы:

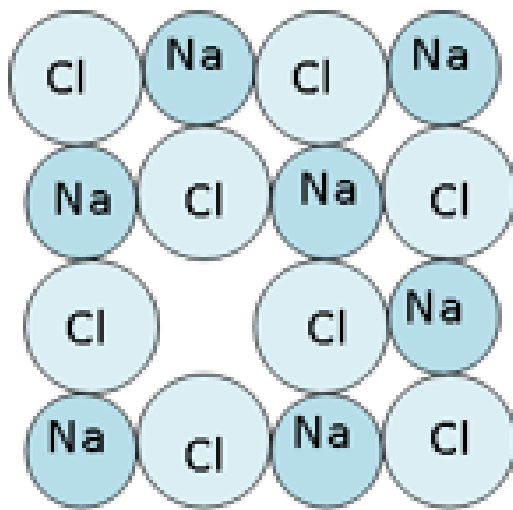
- (111)
- (110)

(011)

(101)

Верный ответ: (111)

2. Какой дефект показан на рисунке?



Ответы:

краевая дислокация

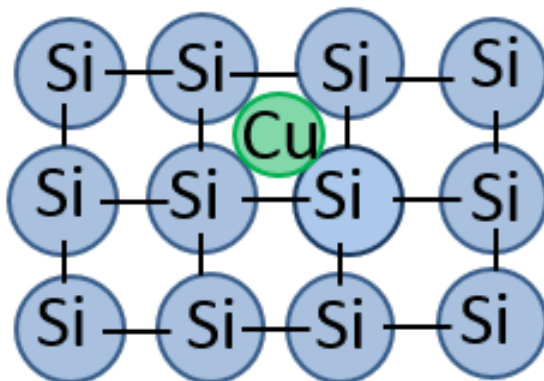
вакансия хлора

вакансия натрия

атом в междоузлии

Верный ответ: вакансия натрия

3. Какой дефект показан на рисунке?



Ответы:

примесный дефект внедрения

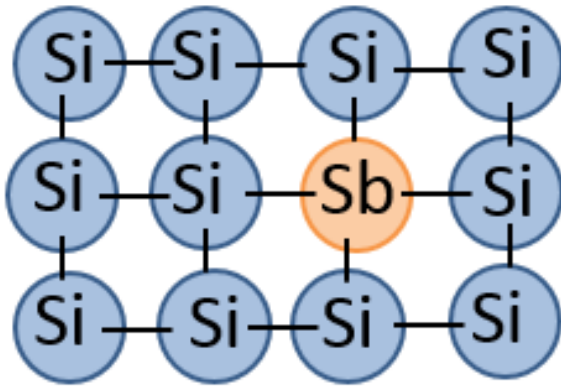
примесный дефект замещения

дефект по Шоттки

дефект по Френкелю

Верный ответ: примесный дефект внедрения

4. Какой дефект показан на рисунке?

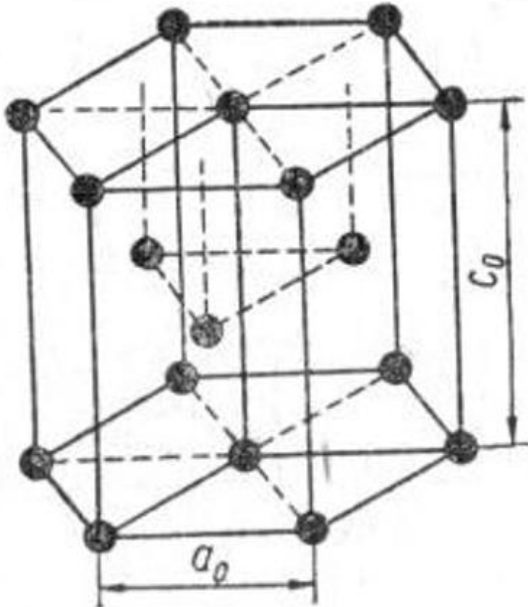


Ответы:

- примесный дефект внедрения
- примесный дефект замещения
- дефект по Шоттки
- дефект по Френкелю

Верный ответ: примесный дефект замещения

5. Элементарная ячейка какой структуры показана на рисунке?

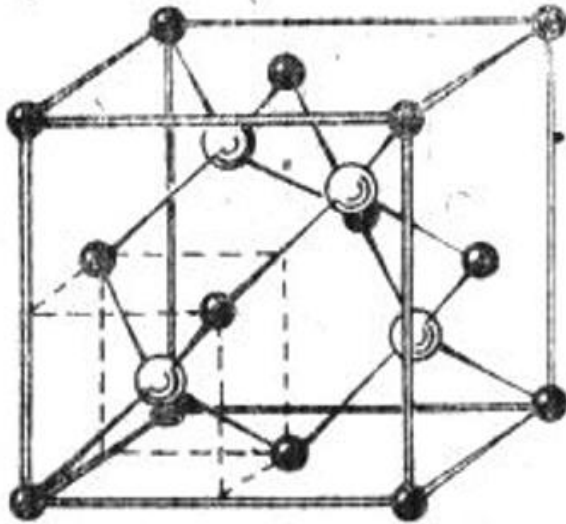


Ответы:

- кубическая плотная упаковка атомов
- гексагональная плотная упаковка атомов
- гексагональная примитивная структура вьюрцита

Верный ответ: гексагональная плотная упаковка атомов

6. Элементарная ячейка какой структуры показана на рисунке?

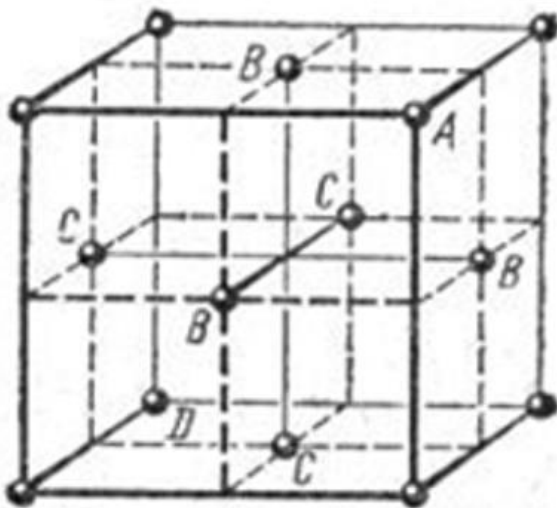


Ответы:

- кубическая объемноцентрированная структура алмаза
- структура сфалерита
- кубическая плотная упаковка атомов

Верный ответ: структура сфалерита

7. Элементарная ячейка какой структуры показана на рисунке?

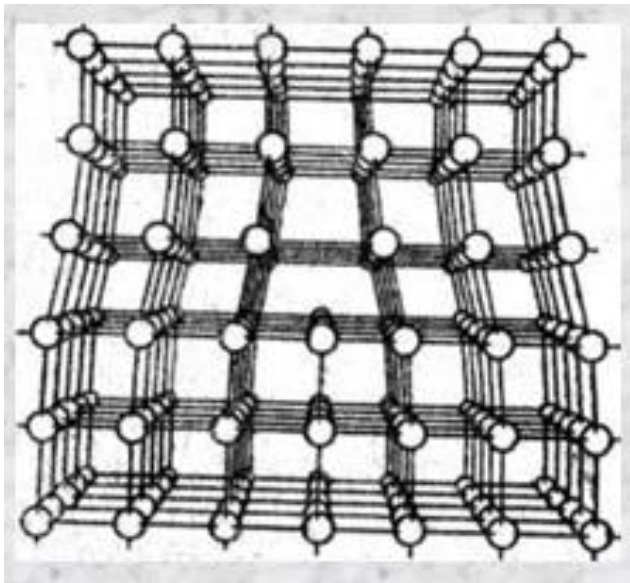


Ответы:

- кубическая объемноцентрированная
- кубическая гранецентрированная структура алмаза
- структура сфалерита

Верный ответ: кубическая гранецентрированная

8. Какой дефект показан на рисунке?

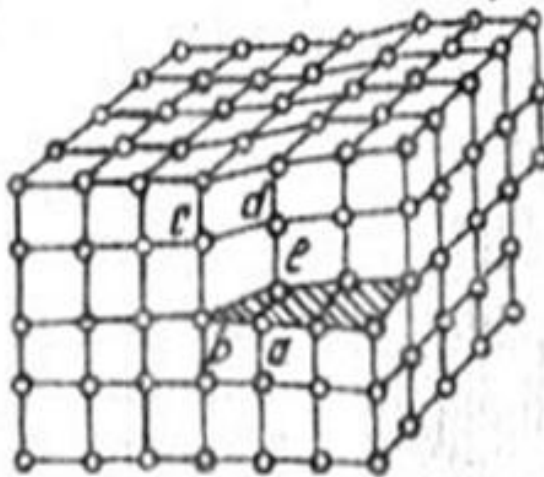


Ответы:

- дефект по Шоттки
- дефект по Френкелю
- краевая дислокация
- винтовая дислокация

Верный ответ: краевая дислокация

9. Какой дефект показан на рисунке?

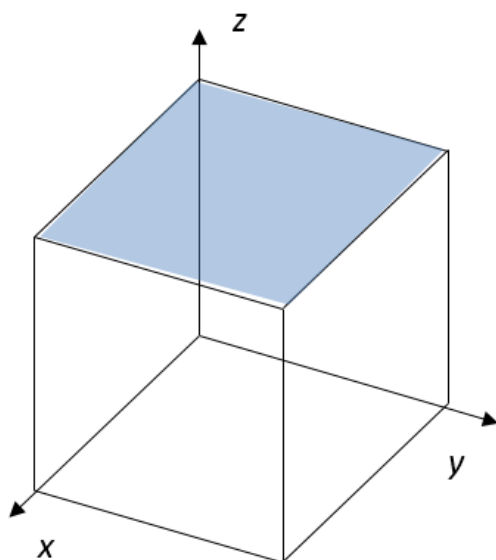


Ответы:

- дефект по Шоттки
- дефект по Френкелю
- краевая дислокация
- винтовая дислокация

Верный ответ: винтовая дислокация

10. Индексы плоскости, показанной на рисунке



Ответы:

(100)

(010)

(001)

(110)

Верный ответ: (001)

**11. Имеют одну поворотную или инверсионную ось симметрии 6-го порядка кристаллы**

Ответы:

тетрагональной сингонии

гексагональной сингонии

кубической сингонии

ромбической сингонии

Верный ответ: гексагональной сингонии

**12. К высшей категории симметрии относится**

Ответы:

Триклинная сингония

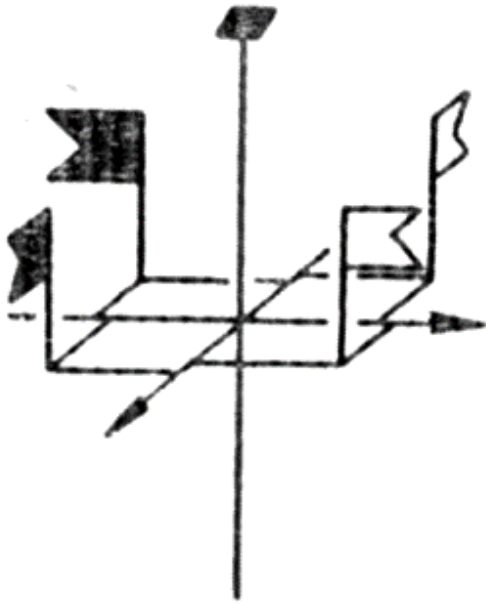
Моноклинная сингония

Ромбическая сингония

Кубическая сингония

Верный ответ: Кубическая сингония

**13. На рисунке показан элемент симметрии:**

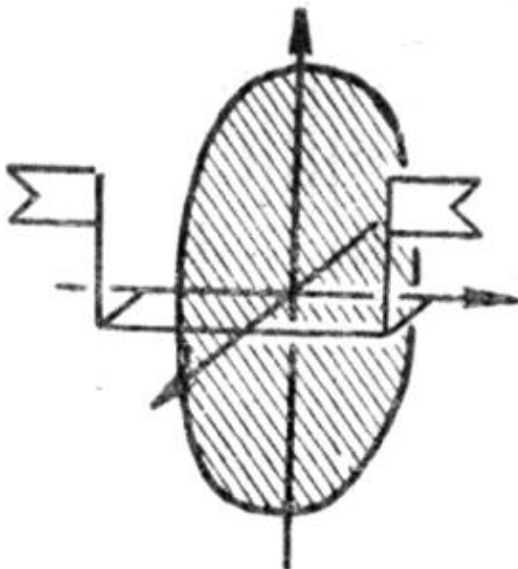


Ответы:

- поворотная ось четвертого порядка
- винтовая ось четвертого порядка
- инверсионная ось четвертого порядка
- инверсионная ось второго порядка

Верный ответ: поворотная ось четвертого порядка

14. На рисунке показан элемент симметрии:

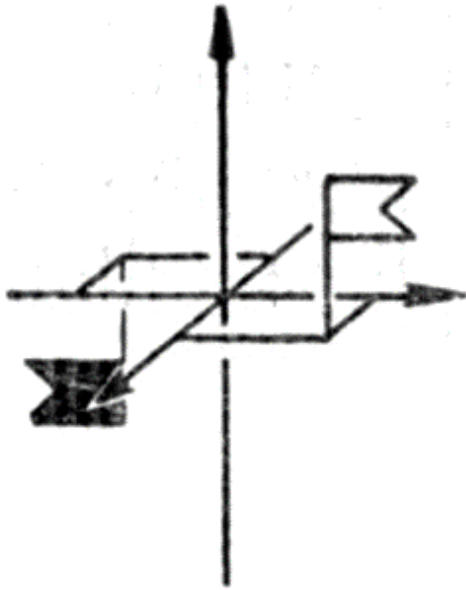


Ответы:

- поворотная ось четвертого порядка
- плоскость зеркального отражения
- центр инверсии
- вектор трансляции

Верный ответ: плоскость зеркального отражения

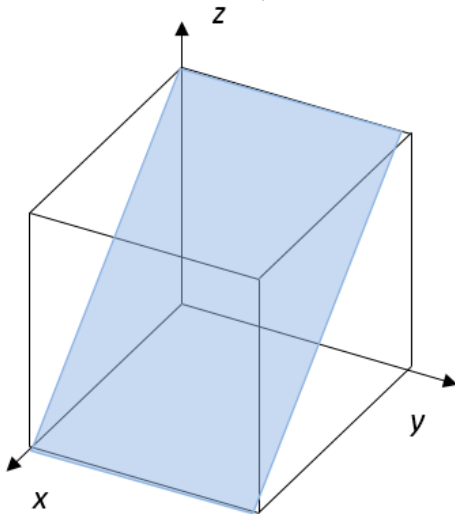
15. На рисунке показан элемент симметрии:



Ответы:

- поворотная ось четвертого порядка
  - плоскость зеркального отражения
  - центр инверсии
  - поворотная ось второго порядка
- Верный ответ: центр инверсии

16. Индексы плоскости, показанной на рисунке



Ответы:

- (110)
- (011)
- (101)
- (010)

Верный ответ: (101)

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.