

**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

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	14	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

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-1ПК-2 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	Знать: основы строения кристаллических твёрдых тел, основные свойства полупроводниковых материалов методы экспериментального исследования полупроводниковых материалов Уметь: рассчитывать основные параметры полупроводниковых материалов анализировать взаимодействие различного рода дефектов и примесей в полупроводниковой матрице	Основы строения кристаллических твёрдых тел. Сингонии. (Тестирование) Взаимодействие излучения с кристаллом. Кристаллографические координаты. (Контрольная работа) Методы исследования вещества. Проекция плоскостей, (Контрольная работа) Расчетное задание. Расчет параметров кристалла (Расчетно-графическая работа) 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:

Знать: основы строения кристаллических твёрдых тел, основные свойства полупроводниковых материалов	1.Что относится к элементам внешней симметрии? 2.Что относится к элементам внутренней симметрии? 3.Каких элементов симметрии не может быть в кристалле конечных размеров? 4.На каком рисунке показана элементарная ячейка тетрагональной сингонии? 5.На каком рисунке показана элементарная ячейка тригональной сингонии?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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:

Знать: методы экспериментального исследования полупроводниковых материалов	1. Каковы механизмы когерентного рассеяния рентгеновского излучения кристаллом? 2. Определите координаты плоскости кристалла и постройте плоскости (010), (132) 3. Каковы особенности дифракции электронов в кристалле? 4. Определите координаты ребра элементарной ячейки кристалла и постройте направления (010), (132) 5. Какие дополнительные возможности дают нейтронографические исследования структур?
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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:

Знать: методы экспериментального исследования полупроводниковых материалов	1. Какими методами можно исследовать строение массивного поликристаллического образца? 2. Какими методами можно исследовать строение монокристалла? 3. Какими методами можно исследовать строение тонкой поликристаллической пленки ? 4. Построить гномостереографические проекции плоскостей, заданных сферическими координатами:
---	---

	A (78, 24), B (154, 65), C (222, 42). 5. Провести дугу большого круга, на которой лежат гномостереографические проекции плоскостей A и B . Определить сферические координаты оси зоны.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

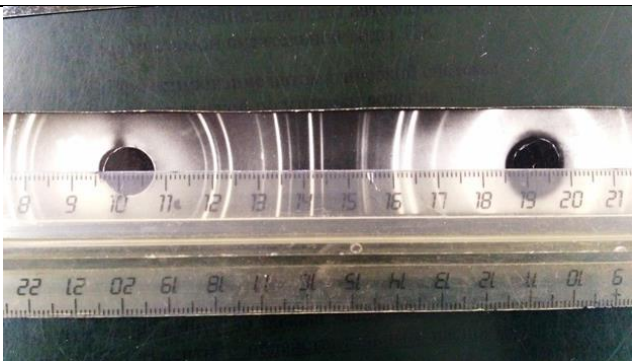
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполняется дома самостоятельно

Краткое содержание задания:

Рассчитать параметры кристалла

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать основные параметры полупроводниковых материалов	 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 рентгенограмме вращения ($a = 0,709 \text{ \AA}$, диаметр камеры 86 мм) 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

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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:

Уметь: анализировать взаимодействие различного рода дефектов и примесей в полупроводниковой матрице	1.Объясните, как появляются электронные дефекты 2.Объясните, как дислокации взаимодействуют между собой и с другими дефектами 3.Объясните, как точечные дефекты взаимодействуют между собой 4.Объясните, как возникают и перемещаются дислокации 5.Объясните, как дефекты влияют на свойства кристалла
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

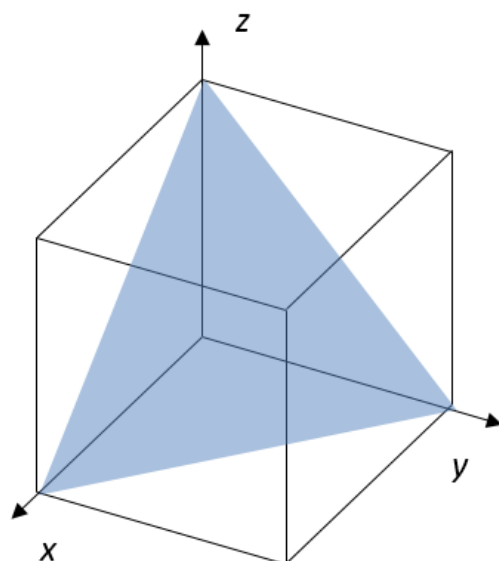
1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

Вопросы, задания

1. Кристаллические системы-сингонии
2. Индiciрование 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:

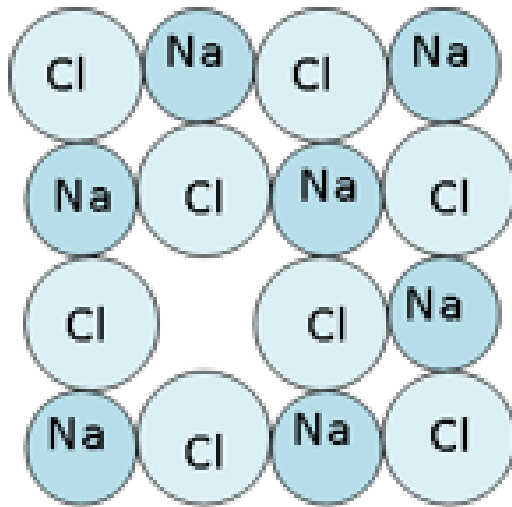
- (111)
(110)

(011)

(101)

Верный ответ: (111)

2. Какой дефект показан на рисунке?



Ответы:

краевая дислокация

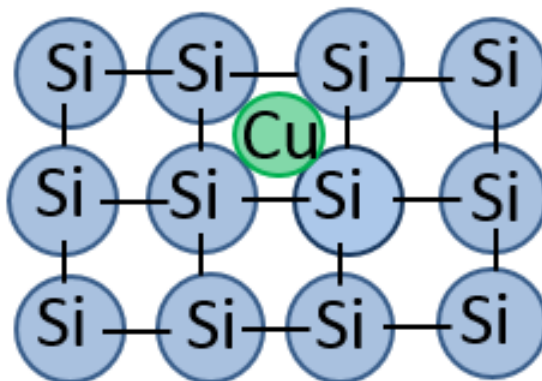
вакансия хлора

вакансия натрия

атом в междоузлии

Верный ответ: вакансия натрия

3. Какой дефект показан на рисунке?



Ответы:

примесный дефект внедрения

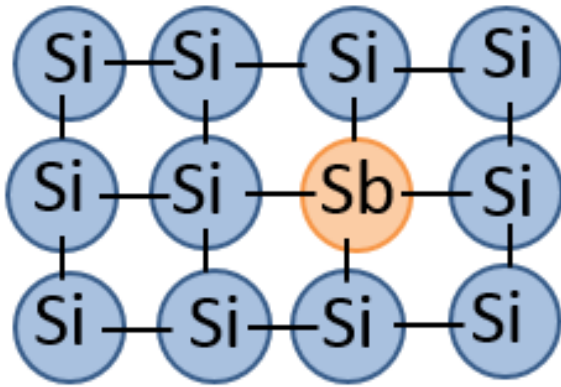
примесный дефект замещения

дефект по Шоттки

дефект по Френкелю

Верный ответ: примесный дефект внедрения

4. Какой дефект показан на рисунке?

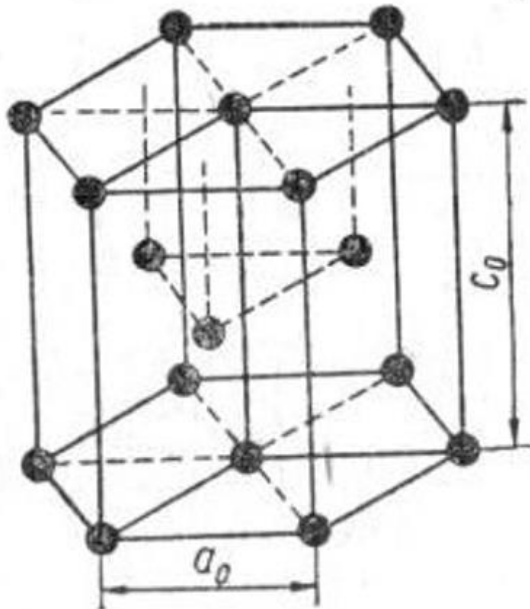


Ответы:

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?

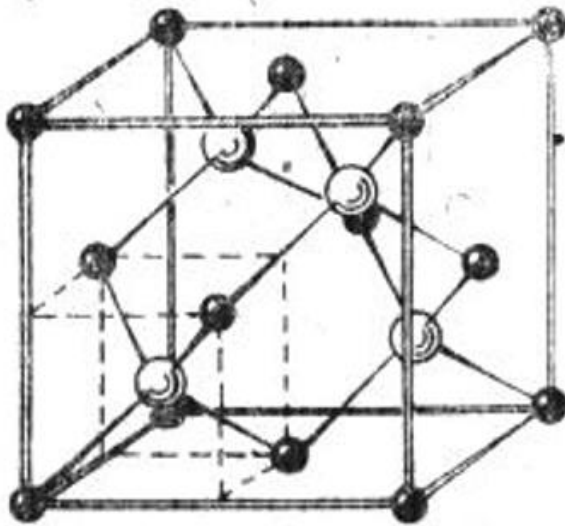


Ответы:

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?

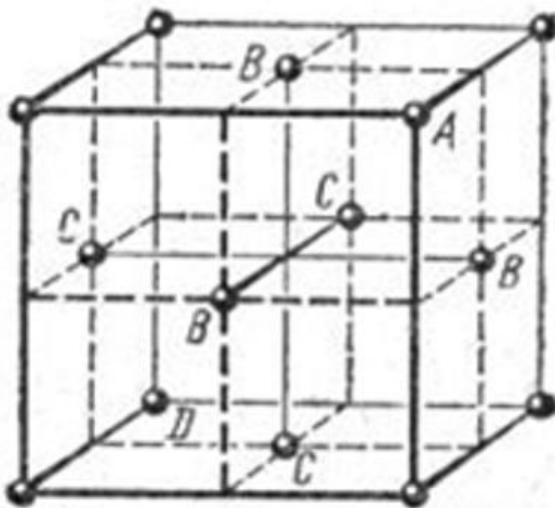


Ответы:

кубическая объемноцентрированная
структура алмаза
структура сфалерита
кубическая плотная упаковка атомов

Верный ответ: структура сфалерита

7. **Элементарная ячейка какой структуры показана на рисунке?**

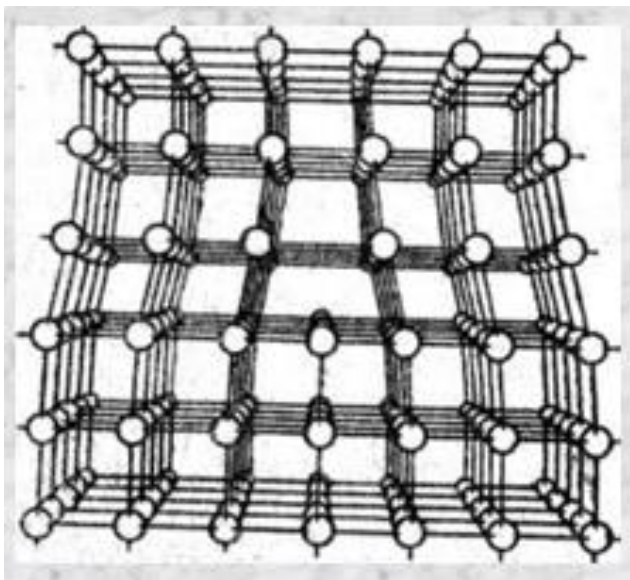


Ответы:

кубическая объемноцентрированная
кубическая гранецентрированная
структура алмаза
структура сфалерита

Верный ответ: кубическая гранецентрированная

8. **Какой дефект показан на рисунке?**



Ответы:

дефект по Шоттки

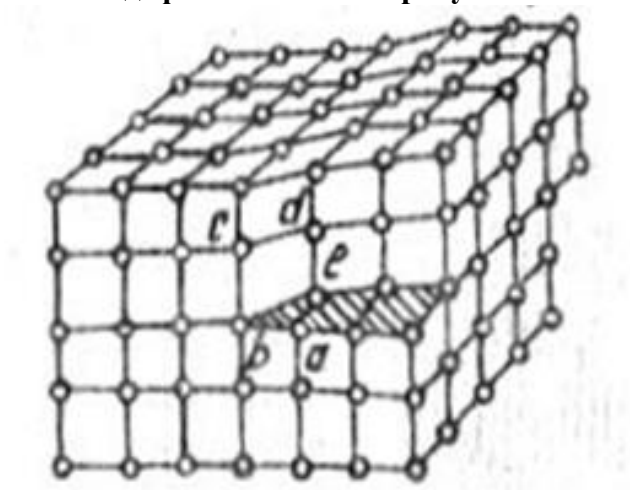
дефект по Френкелю

краевая дислокация

винтовая дислокация

Верный ответ: краевая дислокация

9. Какой дефект показан на рисунке?



Ответы:

дефект по Шоттки

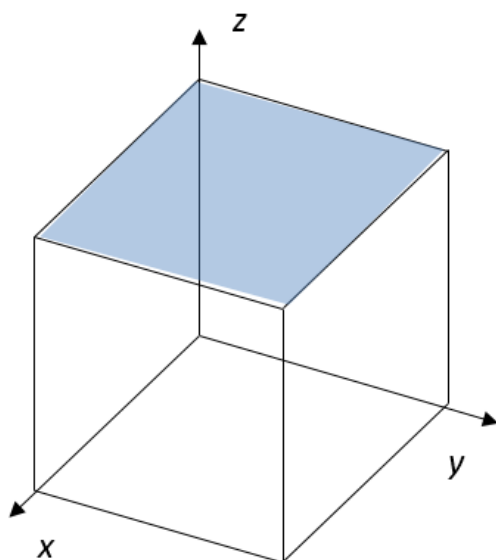
дефект по Френкелю

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

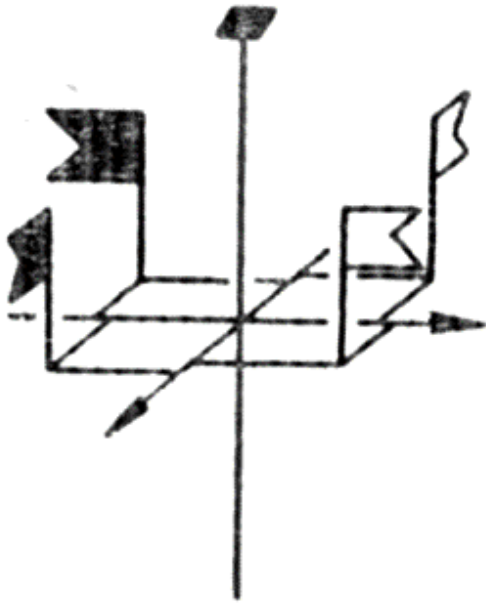
12. К высшей категории симметрии относится

Ответы:

- Триклинная сингония
- Моноклинная сингония
- Ромбическая сингония
- Кубическая сингония

Верный ответ: Кубическая сингония

13. На рисунке показан элемент симметрии:

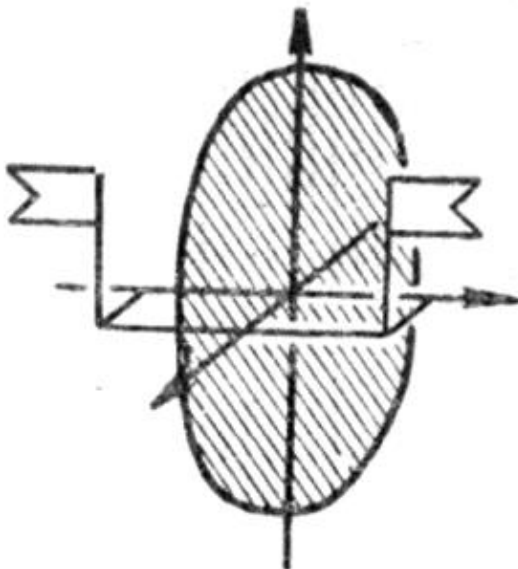


Ответы:

- 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:

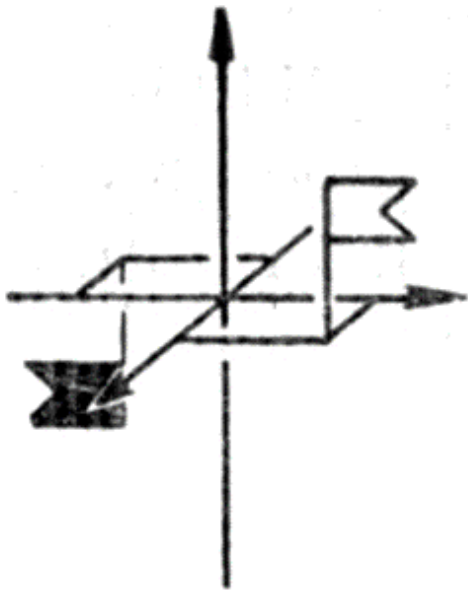


Ответы:

- 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

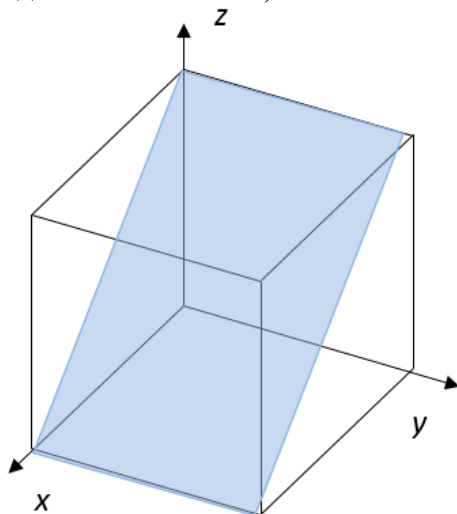
плоскость зеркального отражения

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

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

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

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

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.