

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Кристаллография

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы

Радиофотоника и оптоэлектроника

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2021 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 Кристаллография относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники	ПК-1.1: Знает физические явления и процессы, лежащие в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники. ПК-1.2: Умеет применять фундаментальные представления о физических явлениях и процессах для достижения требуемых функциональных качеств приборов и устройств электроники и наноэлектроники.	ПК-1.1: Знание теоретических основ и методов решения основных типов задач кристаллографии в приложении к явлениям и процессам, лежащим в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники. ПК-1.2: Умение выбирать правильные подходы к решению и решать основные типы задач кристаллографии в приложении к явлениям и процессам, лежащим в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники с целью достижения требуемых функциональных качеств указанных приборов и устройств.	Задачи	Зачёт: Задачи Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение	1	1	0	1	0
Аналитическая геометрия кристаллического пространства	13	4	5	9	4
Точечная симметрия кристаллов	39	9	9	18	21
Основы пространственной симметрии кристаллических структур	18	2	2	4	14
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1 Записать компоненты вектора, перпендикулярного узловым плоскости (hkl), для ромбического кристалла. Совпадает ли он с узловым рядом?

2 Какую операцию симметрии необходимо добавить к перечисленным операциям симметрии, чтобы получилась группа? 1) $\{e, 2_z, m_z, \dots\}$; 2) $\{e, 2_x, 2_y, \dots\}$

3 В кристаллографической системе координат найти матрицу симметрического преобразования, эквивалентную последовательному действию двух операций симметрии и определить какой операции симметрии она соответствует: $3_z^1 \times m_x$

4 Проверить, будет ли выполняться соотношение:

$$3_z^1 \times m_z = m_z \times 3_z^1$$

5 Проверить, будет ли выполняться соотношение:

$$2_x \times 2_{xy} = 2_{xy} \times 2_x;$$

6 Какие координаты получит точка с координатами x, y, z после действия операции симметрии 4_z^{-1} ?

7 Вывести точечную группу симметрии и записать её символ двумя способами. Генераторы заданы следующими операциями симметрии: поворот вокруг оси четвертого порядка и отражение в перпендикулярной ей плоскости симметрии.

8 К кристаллу дигидрофосфата калия (KDP) с точечной группой симметрии $D_{2d} = 2m$ приложено однородное электрическое поле вдоль направления $[001]$. Найти симметрию кристалла в поле.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	1. Верный ход решения. 2. Верное объяснение решения. 3. Верный ответ, либо неверный ответ по причине арифметической ошибки.
не зачтено	Невыполнение хотя бы одного критерия на "зачтено".

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Задачи

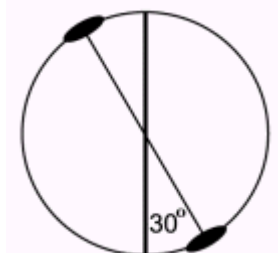
Зачёт

Критерии оценивания (Задачи - Зачёт)

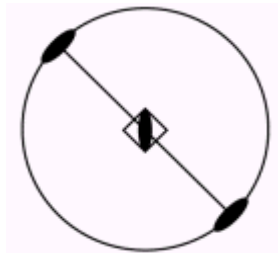
Оценка	Критерии оценивания
зачтено	1. Верный ход решения. 2. Верное объяснение решения. 3. Верный ответ, либо неверный ответ по причине арифметической ошибки.
не зачтено	Невыполнение хотя бы одного критерия на "зачтено".

Типовые задания (Задачи - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-1
(Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники)

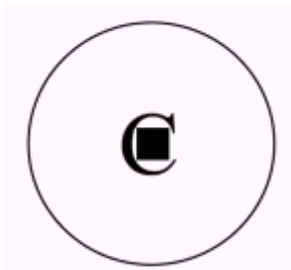
1 Нарисовать полную стереографическую проекцию элементов симметрии точечной группы, для которой генераторы заданы графически на рис. Записать обозначение группы по Шенфлису и международное. Записать квадрат Кейли.



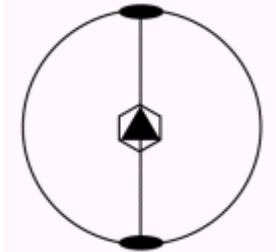
2 Нарисовать полную стереографическую проекцию элементов симметрии точечной группы, для которой генераторы заданы графически на рис. Записать обозначение группы по Шенфлису и международное. Записать квадрат Кейли.



3 Нарисовать полную стереографическую проекцию элементов симметрии точечной группы, для которой генераторы заданы графически на рис. Записать обозначение группы по Шенфлису и международное. Записать квадрат Кейли.



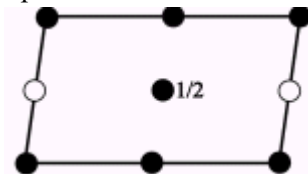
4 Нарисовать полную стереографическую проекцию элементов симметрии точечной группы, для которой генераторы заданы графически на рис. Записать обозначение группы по Шенфлису и международное. Записать квадрат Кейли.



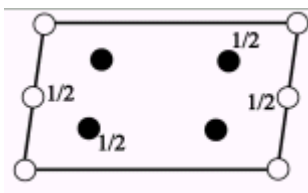
5. Вывести точечную группу симметрии и записать её символы двумя способами. Записать квадрат Кейли. Генераторы заданы следующими операциями симметрии: Последовательные повороты вокруг взаимно перпендикулярных осей четвертого и второго порядка и отражение в центре инверсии.

6. Вывести точечную группу и записать её символ по Шенфлису и международный. Записать квадрат Кейли. Генераторы заданы элементами симметрии: 4_z и 2_x

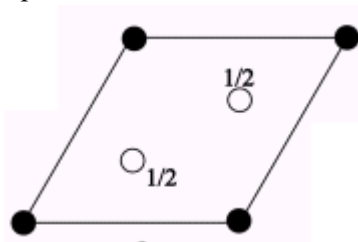
7 На рис. приведена проекция элементарной ячейки моноклинного кристалла. Определить тип решетки Бравэ.



8 На рис. приведена проекция элементарной ячейки моноклинного кристалла. Определить тип решетки Бравэ.



9 На рис. приведена проекция элементарной ячейки моноклинного кристалла. Определить тип решетки Бравэ.



10 Через две точки (x_1, y_1, z_1) и (x_2, y_2, z_2) кристаллического пространства с некоторым базисом проведена прямая. При каких условиях данная прямая параллельна какому-либо узловому ряду?

Оценочное средство - Задания

Зачёт

Критерии оценивания (Задания - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Верное (либо с незначительными неточностями, не влияющими на общее целостное понимание вопроса) объяснение темы теоретического вопроса.
не зачтено	Неверное (либо со значительными неточностями, влияющими на общее целостное понимание вопроса) объяснение темы теоретического вопроса.

Типовые задания (Задания - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-1
(Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники)

1. Кристаллическое пространство, кристаллическая решетка
2. Индексы узлов решетки, узловых рядов и узловых плоскостей
3. Первая основная теорема решетчатой кристаллографии (с доказательством)
4. Обратная решетка
5. Вторая основная теорема решетчатой кристаллографии (с доказательством)
6. Преобразование координат точек и индексов узловых плоскостей кристаллического пространства при изменении базиса кристаллографической системы координат
7. Основные положения теории групп
8. Понятие о точечной симметрии кристаллов. Возможные порядки осей симметрии.
9. Матричный метод описания операций симметрии
10. Точечные операции симметрии кристаллического пространства: повороты, отражения, инверсия
11. Точечные операции симметрии кристаллического пространства: зеркальные повороты, инверсионные повороты
12. Теоремы об умножении операций точечной симметрии: mmN -теорема, NNN -теорема (Эйлера) и следствия из этих теорем
13. Теоремы об умножении операций точечной симметрии: $22N$ – теорема, $2mN^0$ теорема и следствия из этих теорем
14. Кристаллографические точечные группы симметрии: S_n , C_n , C_i , C_{nv}
15. Кристаллографические точечные группы симметрии: C_s , C_{nh} , D_{nh}

16. Кристаллографические точечные группы симметрии: D_n , D_{nd}
17. Кристаллографические точечные группы симметрии. Кубические группы
18. Сингонии
19. Обозначения точечных групп: по Шенфлису и международные (алгоритм и примеры)
20. Влияние точечной симметрии кристалла на геометрию кристаллической решетки.
21. Кристаллографические системы координат по сингониям
22. Суперпозиция групп симметрии (принципы Кюри и Неймана)
23. Решетки Бравэ триклинной и моноклинной сингоний
24. Решетки Бравэ ромбической сингонии
25. Решетки Бравэ тетрагональной сингонии
26. Решетки Бравэ кубической сингонии
27. Решетки Бравэ гексагональной сингонии (без вывода)

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Чупрунов Евгений Владимирович. Основы кристаллографии : учеб. для вузов. - М. : Физматлит, 2004. - 500 с. - ISBN 5-94052-060-1 : 143.00., 86 экз.
2. Задачи по кристаллографии : учеб. пособие для вузов по физ. и хим. специальностям / [под ред. Е. В. Чупрунова, А. Ф. Хохлова]. - М. : Физматлит, 2003. - 208 с. - ISBN 5-94052-066-3 : 44.00., 196 экз.

Дополнительная литература:

1. Загальская Юдифь Герцевна. Геометрическая кристаллография : [учеб. для геол. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1986. - 165, [1] с. : ил. - 0.35., 13 экз.
2. Загальская Юдифь Герцевна. Геометрическая микрокристаллография : практический курс : [для геол. специальностей вузов] / под ред. Н. В. Белова. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1976. - 238 с. : ил. - 0.64., 38 экз.
3. Сиротин Юрий Исакович. Основы кристаллофизики : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1979. - 639 с. : ил. - 1.80., 7 экз.
4. Сиротин Юрий Исакович. Основы кристаллофизики. - М. : Наука, 1975. - 680 с. - 2.81., 16 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 11.03.04 - Электроника и микроэлектроника.

Автор(ы): Иванов Владимир Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Павлов Дмитрий Алексеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.