



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по дисциплине «Физическая кристаллография»

Владивосток  
2023

**I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Физическая кристаллография»**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Профессиональные компетенции  Тип задач научно-исследовательский	ПК-1 - способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	ПК-1-1. готов проводить исследования структуры и свойств новых материалов, перспективных для использования	<u>Знает</u> принципы строения материалов и структур, основные характеристики кристаллического состояния  <u>Умеет</u> осуществлять оценочные расчеты характеристик материалов и структур  <u>Владеет</u> навыками оценки соответствия кристаллической структуры материалов их свойствам, перспективным для использования
		ПК-1-2. Выбирает современное аналитическое оборудование, технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для проведения материаловедческих исследований	<u>Знает</u> принципы работы высокотехнологичного оборудования анализа материалов  <u>Умеет</u> осуществлять выбор высокотехнологичного оборудования для анализа материалов и их свойств  <u>Владеет</u> навыками настройки и эксплуатации высокотехнологичного оборудования для анализа структуры материалов с заданными служебными свойствами
		ПК-1-3. Применяет знание закономерностей физических и химических процессов для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик	<u>Знает</u> принципы модификации свойств кристаллических структур  <u>Умеет</u> осуществлять подготовку к процессу модификации свойств кристаллических структур в соответствии с их физическими свойствами  <u>Владеет</u> навыками проведения процессов модификации свойств твердотельных материалов и структур в соответствии с заданными свойствами

\* Формы оценочных средств:

- 1) собеседование/устный опрос (УО-1);
- 2) лабораторная работа (ПР-6).

## **II. Текущая аттестация по дисциплине «Физическая кристаллография»**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Физическая кристаллография» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Физическая кристаллография» проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, лабораторных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

По каждому объекту дается характеристика процедур оценивания в привязке к используемым оценочным средствам.

### **Оценочные средства для текущего контроля**

#### ***1. Комплект лабораторных заданий***

Цель лабораторных работ – выработка у учащихся профессиональных умений применять полученные знания для решения практических задач, умений и навыков пользоваться физическими подходами и методами для осуществления профессиональной деятельности.

#### **Раздел 2.**

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Точечные группы симметрии кристаллов.**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.
2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:
  - 1) определение формулы симметрии;
  - 2) определение точечного класса симметрии;
  - 3) определение сингонии;
  - 4) определение категории;
  - 5) операции и элементы симметрии - решение контрольных задач;
  - 6) вывод точечных групп симметрии, обозначение точечных классов симметрии по формуле симметрии, Шенфлису, международный символ.
3. Составление отчета, формулировка выводов.
4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение результатов работы.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Методы проецирования кристаллов.**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.
2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:
  - а) определение симметрии кристаллического многогранника;

- б) построение стереограмм кристаллических многогранников;
- в) решение контрольных задач.
- 3. Составление отчета, формулировка выводов.
- 4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение результатов работы.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Метод кристаллического индирования: символы узлов, ребер, граней кристалла; параметры Вейсса, индексы Миллера.**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

3. Закон Гаюи – закон рациональности отношения параметров граней. Понятие «единичная грань» и ее выбор в кристаллах разных сингоний. Уравнение плоскости, ее кристаллографическое прочтение. Связь символов граней и ребер кристалла.

4. Методы проецирования кристаллов:

1) выбор кристаллографических координатных осей и единичной грани в кристаллах разных сингоний;

2) приемы определения символов граней кристаллов;

3) индирование (на моделях) кристаллов различных классов, сингоний, категорий;

4) решение графических и расчетных задач с применением теорем взаимодействия элементов симметрии;

5) определение символов граней и ребер кристаллов различными способами;

б) решение задач.

5. Составление отчета, формулировка выводов.

6. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение результатов работы.

**Раздел 3.**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Матричное представление элементов симметрии.**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

1) матричный метод описания элементов симметрии;

2) матрицы точечных операций и элементов симметрии;

3) точечные группы симметрии: изучение точечной симметрии кристаллов с использованием компьютерной программы PointGroups;

4) решение задач.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение результатов работы.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Элементы теории групп в описании кристаллических структур**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

- 1) основные положения теории групп;
- 2) абстрактные точечные группы;
- 3) 32 точечные группы симметрии кристаллов;
- 4) решение задач.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение результатов работы.

### **Раздел 4.**

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Описание пространственной группы симметрии кристаллов.**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

3. Описание симметрии кристаллических структур по их пространственным моделям:

- 1) выбор элементарной ячейки;
- 2) определение типа решетки Браве;
- 3) подсчет числа атомов, приходящихся на ячейку;
- 4) подсчет числа формульных единиц;
- 5) определение координационных чисел и многогранников;
- 6) описание структуры кристалла в терминах плотнейших упаковок;
- 7) определение группы симметрии;
- 8) определение типа связи.

4. Составление отчета, формулировка выводов.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение результатов работы.

### **Требования к выполнению лабораторных работ:**

Во всех лабораториях существуют особые правила поведения студентов, которые необходимо неукоснительно соблюдать – правила техники безопасности. За знание правил техники безопасности и обязательство их выполнять каждый студент должен расписаться в соответствующем журнале.

Домашнюю подготовку к работе рекомендуется вести следующим образом. Прочитать имеющееся описание работы и отметить возникшие вопросы и неясности. Затем прочитать соответствующие разделы по учебникам или конспектам лекций. После этого снова вернуться и к описанию, подробно проработать его и особенно часть, посвященную

практике, сделать записи в рабочей тетради, составить и записать примерный план проведения эксперимента.

Перед выполнением работы студент беседует с преподавателем (проводится допуск к работе), при этом выясняется, насколько студент подготовлен к работе. Неподготовленный студент к работе не допускается. Если результаты опроса удовлетворительны, студент может выполнять работу.

По окончании измерений студент показывает полученные результаты преподавателю, который проверяет и подписывает их (без подписи преподавателя работа не считается выполненной).

Отчет должен полностью отражать все проведенные измерения, вычисления и их результаты. *Отчет по лабораторной работе должен содержать:*

1. Краткую формулировку цели работы.
2. Краткую теорию, содержащую рабочую формулу или последовательность формул.
3. Результаты измерений (по возможности в форме таблиц). В отчете следует приводить результаты всех измерений, в том числе и оказавшихся ошибочными. Указывается и причина, по которой они исключены из дальнейших вычислений.
4. Вычисление результатов.
5. Окончательный результат или таблица результатов.
8. Выводы по проделанной работе.

Обработка результатов и оформление отчета проводится в течение недели после выполнения работы. Студент, не сдавший отчета в срок, к следующей работе не допускается.

#### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Выполнение лабораторной работы осуществляется студентом самостоятельно в часы лабораторных занятий.

Допуск к выполнению лабораторной работы проводится перед экспериментальной частью работы и предполагает собеседование по отдельным вопросам теории, относящимся к данной работе и по методике проведения эксперимента; защита теории проводится после выполнения экспериментальной части работы и предполагает проверку знаний студентов по ключевым теоретическим вопросам темы работы.

Отчет по работе сдается преподавателю в специальной тетраде для лабораторных работ.

При оценке работы студента преподаватель учитывает все этапы работы студента над отчетом. Если отчет не был принят преподавателем и возвращен для доработки.

При оценке учитывается правильность выполнения отчета, защита теории и отчета по лабораторной работе. Защита лабораторной работы предполагает аргументированное изложение результатов эксперимента, их математическую обработку и формулирование выводов по работе в отчете по лабораторной работе.

#### **Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент при допуске и защите теории по	100 – 86

	<p>лабораторной работе показал прочные знания основных физических понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов измерений, используемых в работе, методики обработки результатов измерения, правил техники безопасности. Ответ отличается глубиной, логичностью и последовательностью. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с исходными данными, компьютерными программами и владение навыками представления и математической обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в соответствии с требованиями, структурирован, вычисления не содержат ошибок; правильно и полно сформулирован вывод по работе.</p>	<p>Зачтено (отлично)</p>
Базовый	<p>Студент при допуске и защите теории по лабораторной работе показал хорошие знания основных физических понятий и их взаимосвязей, сущности физических явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов измерений, используемых в работе, методики обработки результатов измерения, правил техники безопасности. Ответ отличается логичностью и последовательностью, но допущены одна-две неточности. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с исходными данными, компьютерными программами, делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном – в соответствии с требованиями, структурирован, вычисления не содержат ошибок; правильно и полно сформулирован вывод по работе. Допускаются не более 2-х недочетов в оформлении отчета.</p>	<p>85-76  Зачтено (хорошо)</p>
Пороговый	<p>Студент при защите теории и допуске к лабораторной работе показал не слишком глубокие знания основных физических понятий и их взаимосвязей, сущности физических явлений, рассматриваемых в работе, демонстрирует, в целом, знание методов измерений, используемых в работе, методики обработки результатов измерения, правил техники безопасности. При выполнении</p>	<p>75-61  Зачтено (удовлетворительно)</p>



	экспериментальной части работы и оформлении отчета в целом показал умение работать с исходными данными, компьютерными программами, делать выводы по результатам работы. Отчет оформлен в основном в соответствии с требованиями, вычисления не содержат грубых ошибок; вывод по работе сформулирован.	
Уровень не достигнут	Студент не выполнил лабораторную работу, либо при защите теории и допуске к лабораторной работе показал незнание основных физических понятий, сущности физических явлений, рассматриваемых в работе, демонстрирует плохое знание или незнание методов измерений, методики обработки результатов измерения, правил техники безопасности. Слабо сформировано или не сформировано умение работать с исходными данными, компьютерными программами, отсутствуют выводы по результатам работы. Отчет не соответствует требованиям. Вычисления содержат грубые ошибки.	60-0 Не зачтено (неудовлетворительно)

### III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическая кристаллография»

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Физическая кристаллография» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 теоретических вопроса. Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего департаментом допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются на экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

## Оценочные средства для промежуточного контроля (экзамен)

### Вопросы к экзамену

#### Раздел 1.

1. Понятия «симметрия», «кристалл».
2. Основные характеристики кристаллического состояния вещества.
3. Симметрия- фундаментальный закон науки.
4. Симметрия в природе. Объяснение формы Земли с позиций симметрии.
5. Симметрия физических законов.

#### Раздел 2.

5. Платоновские фигуры, дуальное сопряжение, формула Эйлера.
6. I закон кристаллографии - закон постоянства углов (понятие идеально развитого, искаженного кристаллов). Доказательство закона Вульфа-Брэггов.
7. Кристаллическое состояние. Макроскопические характеристики: габитус кристалла, простая, комбинированная кристаллические формы, зона, ось зоны кристалла.
8. Микроструктура кристаллического состояния вещества.
9. Метод кристаллического индцирования (символы узлов, ребер, плоскостей).
10. Установка кристаллов. Понятие единичной грани. Связь между символами граней и ребер.
11. Сферическая проекция (полярный комплекс, сфера проекции, определение положения точки).
12. Стереографическая проекция (проецирование вертикальных и горизонтальных направлений).
13. Кристалл – однородная анизотропная симметричная среда. Понятие узлового ряда, узловой сетки. Трехмерная узловая сетка.
14. Решетка Браве: определение, основные характеристики.
15. Элементы симметрии кристаллических многогранников I рода (международный символ, обозначение по формуле симметрии, изображение в стереографической проекции).
16. Невозможность осей симметрии V порядка в кристаллах.
17. Принцип Кюри. Взаимодействие элементов симметрии.
18. Элементы симметрии II рода. Формула симметрии. Эквивалентные, неэквивалентные элементы симметрии.
19. Матричные представления элементов симметрии.
20. Теоремы о сочетании элементов симметрии (доказательства).
21. Понятие единичного направления. Кристаллографические категории, сингонии. Определение класса симметрии.
22. Точечные группы симметрии. Простейший, центральный, планальный классы симметрии низшей и средней категории кристаллов.
23. Точечные группы симметрии. Аксиальный, инверсионно-примитивный, планаксиальный классы симметрии низшей и средней категории кристаллов.
24. Вывод классов симметрии кристаллов высшей категории.

#### Раздел 3.

25. Понятие группы; конечная группа, порядок группы, порядок элемента.
26. Абелева группа, циклическая группа.
27. Четверная группа Клейна  $D_2$  – основные характеристики, свойства.
28. Четверная циклическая группа – основные характеристики, свойства.
29. Понятие подгруппы. Нормальный делитель, сопряженные классы элементов.
30. Группа элементов вращения равностороннего треугольника  $D_3$ .
31. Основные характеристики и свойства точечных групп  $C_n$ ,  $S_{2n}$ ,  $C_{nh}$ ,  $C_{nv}$ ,  $D_n$ ,  $D_{nh}$ ,  $D_{nd}$ ,  $T$ ,  $T_d$ ,  $Th$ ,  $O$ ,  $O_h$ .

#### Раздел 4.

32. Принцип плотнейшей шаровой упаковки. Двухслойные, трехслойные структуры. Примеры.
33. Понятия координационного числа и координационного многогранника.
34. Элементы симметрии кристаллических многогранников: плоскости скользящего отражения, винтовые оси.
35. Пространственные группы симметрии кристаллов. Группы трансляций решетки Браве.
36. Правильные системы точек. Кратность решетки Браве.
37. Структура куприта  $Cu_2O$ .
38. Структура  $NaCl$ ,
39. Структура  $\alpha$ -Fe,
40. Структура Mg,
41. Структура сфалерита  $ZnS$ ,
42. Структура вюрцита,
43. Структура рутила  $TiO_2$ ,
44. Структура флюорита  $CaF_2$ .
45. Структура кристалла и химическая связь. Структуры алмаза, графита.
46. Икосаэдрическая симметрия. Квазикристаллы.

#### Раздел 5.

47. Кристаллофизические системы координат.
48. Физические свойства кристаллов: скалярные, векторные, тензорные.
49. Физические свойства кристаллов: скалярные, векторные, тензорные.
50. Физические свойства кристаллов: скалярные, векторные, тензорные.
51. Пироэлектрический эффект.
52. Диэлектрические свойства кристаллов.
53. Магнитные свойства кристаллов. Группы антисимметрии Шубникова.
54. Двойное лучепреломление.
55. Тепловое расширение кристаллов.
56. Теплопроводность.

### Критерии оценки:

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом, свободно справляется с заданиями, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	100-86 отлично
Базовый	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает ответ, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	85-76 хорошо
Пороговый	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет фрагментарные знания, не усвоил деталей материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении ответа, испытывает затруднения при выполнении заданий.	75-61 удовлетворительно
Уровень не достигнут	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на вопросы. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	60-0 неудовлетворительно

#### IV. Шкала оценки уровня достижения результатов обучения для текущей и промежуточной аттестации по дисциплине «Кристаллография и кристаллофизика»

Баллы (рейтинговая оценка) / оценка	Уровни достижения результатов обучения		Требования к сформированным компетенциям
	Текущая и промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация	
100-86	Повышенный	«отлично»	Свободно и уверенно находит достоверные источники информации, оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации,

			знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной задачи.
85-76	Базовый	«хорошо»	В большинстве случаев способен выявить достоверные источники информации, обработать, анализировать и синтезировать предложенную информацию, выбрать метод решения задачи и решить ее. Допускает единичные серьезные ошибки в решении задач, испытывает сложности в редко встречающихся или сложных случаях решения задач, не знает типичных ошибок и возможных сложностей при решении того или иного задания.
75-61	Пороговый	«удовлетворительно»	Допускает ошибки в определении достоверности источников информации, способен правильно решать только типичные задания (обработать информацию, выбирать метод решения задачи и решать ее).
60-0	Уровень не достигнут	«неудовлетворительно»	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания.