

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 10.09.2026 10:01:04 Уникальный идентификатор: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a0788b9321525	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) "Кристаллохимия" по направлению подготовки (специальности) "Фундаментальная и прикладная химия" направленности (профилю) Фундаментальная и прикладная химия ФГБОУ ВО «ЧелГУ»
		стр. 1

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

по дисциплине (модулю)

К.М.03.06. Кристаллохимия

Направление подготовки (специальность)

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)

Фундаментальная и прикладная химия

Присваиваемая квалификация (степень)

Химик. Преподаватель химии

Форма обучения
очная

Челябинск 2026 г.

Структура фондов оценочных средств соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от 27 сентября 2022 №573-1



Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
 - 2.1 Компетенции, закрепленные за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств
 - 3.1. Виды оценочных средств
 - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
 - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
 - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
 - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Направленность: «Химия материалов»

Дисциплина: Кристаллохимия

Семестр изучения: 6

Форма промежуточной аттестации: экзамен

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Кристаллохимия» направлено на
формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.2. Демонстрирует умение применять современные коммуникативные технологии для академического и профессионального взаимодействия в ситуации устной и письменной коммуникации, в том числе на иностранном(ых) языке(ах)	Знать: Основные законы и термины кристаллохимии Уметь правильно использовать химическую терминологию в письменной и устной речи; Владеть: навыками изложения в письменной и устной форме с использованием химической терминологии.
ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3-1. Знает базовые основы химического и математического моделирования;	Знать: основные принципы и закономерности кристаллического строения вещества. Уметь правильно применять теоретические модели строения кристаллических твердых тел для описания их свойств;



Владеть элементарными навыками расчетов основных параметров кристаллов с использованием современной вычислительной техники.

3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3.1 Виды оценочных средств

Код, наименование компетенции согласно ФГОС	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Контролируемые темы/разделы	Семестр	Номер задания	Наименование оценочного средства
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия	1.1 Знать основные законы и термины кристаллохимии	Точечная симметрия молекул и кристаллов	6	1-3	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Симметрия кристаллической Решетки	6	4-6	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Кристаллические структуры металлов	6	7-10	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
	1.2 Уметь правильно использовать химическую терминологию в общении	Точечная симметрия молекул и кристаллов	6	11-12	Задания открытого типа задача
		Симметрия кристаллической Решетки	6	15	Задания открытого типа задача
		Кристаллические структуры металлов	6	16	Задания открытого типа задача
	1.3 Владеть навыками изложения в письменной и устной	Точечная симметрия молекул и кристаллов	6	13	Задания открытого типа задача



	форме с использованием химической терминологии.	Симметрия кристаллической решетки	6	14	Задания открытого типа задача
		Кристаллические структуры металлов	6	10	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	1.1 Знать основные принципы и закономерности кристаллического строения вещества; теоретические основы кристаллохимии; источники и методы поиска информации о кристаллах и общих закономерностей, решать типовые учебные задачи по кристаллохимии	Кристаллические структуры неметаллических простых веществ	6	1-4	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Кристаллические структуры бинарных и тройных соединений	6	5	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
	1.2 Уметь правильно применять теоретические модели строения кристаллических твердых тел для описания их свойств; описывать кристаллические структуры; выполнять стандартные действия (классификация кристаллических структур.) с учетом основных понятий; использовать уравнение Вульфа-Брэгга, Уравнения Лауэ	Кристаллические структуры неметаллических простых веществ	6	12-16	Задания открытого типа с задача
		Строение кристаллов со смешанным типом связи	6	6	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Структура молекулярных кристаллов	6	7	Задания открытого типа задача
		Рентгенография кристаллов	6	8	Задания открытого типа задача



	1.3. Владеть элементарными навыками расчетов основных параметров кристаллов с использованием современной вычислительной техники.	Кристаллические структуры неметаллических простых веществ	6	9-11	Задания открытого типа задача
--	---	---	---	------	-------------------------------------

3.2. Содержание оценочных средств

Часть 1. База заданий открытого типа с развёрнутым ответом и план ответа

Задание 1. Точечная симметрия молекул и кристаллов (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Точечная симметрия молекул и кристаллов. Закрытые операции и элементы симметрии. Взаимодействие операций симметрии. Группа операций симметрии, порядок группы, подгруппа. Системы Шенфлиса и Германа-Могена, взаимосвязь порядков зеркально-поворотных и инверсионных осей. Категории и семейства точечных групп по Шенфлису и Герману-Могену. Точечные группы геометрических фигур и молекул. Орбита точечной группы, кратность орбиты и локальная симметрия ее точек. Предельные группы бесконечного порядка. Принципы Кюри и Неймана. Перечислите известные Вам предельные группы (группы Кюри). Дать название и обозначение по любой из систем.

Задание 2. Симметрия кристаллической решетки (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Трансляционная симметрия и кристаллическая решетка, параметры элементарной ячейки. Кристаллографические и некристаллографические закрытые элементы симметрии. Сингонии, голоэдрические группы, кристаллографические классы. Прimitивные и центрированные решетки; классы (решетки) Браве. Индексы направлений и плоскостей в решетке. Открытые кристаллографические элементы симметрии, их обозначение по Герману-Могену. Взаимодействие открытых элементов с закрытыми и между собой. Пространственные группы, их символы по Герману-Могену, связь с кристаллографическим классом. Симморфные и несимморфные группы. Системы эквивалентных позиций (орбиты) пространственных групп, кратность общей позиции.

Задание 3. Кристаллические структуры металлов (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Межатомные взаимодействия в кристаллических металлах. Структуры металлов: плотные и плотнейшие шаровые упаковки на плоскости и в пространстве (ПК, ПГ, ОЦК, ГПУ, ГЦК) с примерами металлов; виды и размеры пустот в этих упаковках. Полиморфные модификации (Fe).

Задание 4. Кристаллические структуры неметаллических простых веществ (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Принципы строения простых веществ - неметаллов: ковалентные и ван-дер-ваальсовы взаимодействия, мотивы расположения атомов в кристалле (островной, цепочечный, трубчатый, слоистый, каркасный). Аллотропия, полиморфизм и изоморфизм, политипы в неметаллах. Структуры алмаза, лонсдейлита, а- и b-графита, фуллеренов, нанотрубок; Si, Ge, , кристаллических инертных газов.

Задание 5. Кристаллические структуры бинарных и тройных соединений (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Бинарные соединения, построенные по принципу плотной упаковки анионов с катионами в пустотах. Ионные кристаллохимические радиусы. Структурные типы AX CsCl, NaCl, ZnS (сфалерит, вюрцит), NiAs, Структурные типы AX₂: флюорит и антифлюорит, рутил, двухслойный CdI₂, CdCl₂ и



Cs₂O. "Корундовый" мотив из катионов и упаковка анионов в Al_2O_3 и FeCl₃. 5.5 Полиморфные модификации BN, H₂O, SiO₂. Принципы построения тройных соединений: CuFeS₂ (халькопирит), (шпинели AB₂O₄), (перовскиты ABO₃).

Задание 6. Строение кристаллов со смешанным типом связи (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Влияние водородных связей на структуру и свойства кристаллов. Равномерное распределение лигандов в координационной сфере металла в комплексных и металлоорганических соединениях.

Задание 7. Структура молекулярных кристаллов (УК-4, ОПК-3).

План ответа: Ковалентные и ван-дер-ваальсовы радиусы основных элементов-органогенов: C, H, O, N, F, Cl, Br. Мотивы расположения молекул в кристаллических структурах метана, алмадана, n- алканов, бензола, нафталина, ферроцена.

Задание 8. Рентгенография кристаллов(УК-4, ОПК-3).

План ответа: Дифракция рентгеновского излучения на кристалле.

Формула Вульфа-Брегга. Межплоскостные расстояния и индексы Миллера, понятие об обратной решетке. Связь индексов hkl с межплоскостными расстояниями для кристаллов орторомбической, тетрагональной и кубической сингоний. Рентгенофазовый анализ. Атомный фактор рассеяния. Интегральные интенсивности рефлексов и комплексные структурные амплитуды F_{hkl}. Понятие о проблеме фаз и методах расшифровки кристаллических структур.

Часть 2. База вопросов открытого типа: задачи.

Задание 9. Какой тип координационного полиэдра у натрия в структуре NaCl (УК-4, ОПК-3).

Задание 10. Определите тип ячейки Бравэ (сингония. центровка) в пространственной группе Fmm2 (УК-4, ОПК-3).

Задание 11. Изобразить стереографическую проекцию, дать обозначение по Шенфлису группы симметрии молекулы оксида серы (IV) (УК-4, ОПК-3).

Задание 12. Перевести из систематики Шёнфлиса в систематику Германа-Могена D_{3d} (УК-4, ОПК-3).

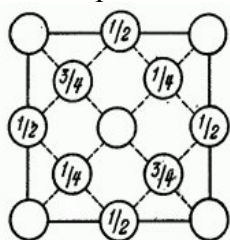
Задание 13. Найти частные по оси 2го порядка эквивалентные позиции группы D_{6h} (УК-4, ОПК-3).

Задание 14. Представить графически действие следующих матриц преобразования (УК-4, ОПК-3).

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2x mx

Задание 15. Проекция какого структурного типа приведена? Что означают цифры 1/2, 3/4? Почему не на всех шарах есть цифры? (УК-4, ОПК-3)



Задание 16. Плотность железа 7,8 г/см³, a = 2,87Å (кубическая решетка). Определить число атомов в элементарной ячейке железа (н.у.) (УК-4, ОПК-3).



4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по данной дисциплине представляет собой экзамен, который проводится в письменной форме по билетам.

Критерии оценки ответа на зачете

Экзамен проводится в письменном виде. Состоит из 2 частей.

1 часть – студент отвечает на два вопроса из списка вопросов.

Продолжительность – 30 минут.

Максимальное количество баллов за ответы – 8 баллов.

2 часть – студент решает три задачи из заданий открытого типа.

Продолжительность – 30 минут.

Максимальное количество баллов за выполнение заданий – 12 баллов.

Максимальный балл – 20 баллов.

Итоговая оценка ставится по сумме баллов:

"отлично" - 18- 20 баллов;

"хорошо" - 16- 17 баллов;

"удовлетворительно" - 12- 15 баллов;

"неудовлетворительно" - менее 12 баллов.

Дополнительные материалы и оборудование

При выполнении заданий промежуточной аттестации экзаменуемый имеет право пользоваться:

- ~ таблицей химических элементов Д.И. Менделеева,
- ~ таблицами с атомными и ионными радиусами элементов,
- ~ калькулятором,
- ~ таблицей растворимости,
- ~ справочниками физико-химических величин.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Ответ на вопросы 1 части (заданий открытого типа с развёрнутым ответом) оценивается от одного до четырех баллов:

4 балла ставится за полный, краткий и правильный ответ, материал изложен химически грамотным языком. Студент владеет терминологией и номенклатурой, имеет представление об особенностях описания кристаллов с помощью элементов симметрии, умеет применять законы химии для объяснения конкретных явлений, умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать факты.

3 балла. Ответ полный и правильный, но допущены несущественные ошибки в терминологии.



2 балла. Студент ответил на вопрос, но при этом допущена существенная ошибка или ответ не полный.

1 балл. Студент ответил на вопрос, но не владеет химической терминологией и номенклатурой, допускает грубые ошибки в истолковании и употреблении химических понятий.

0 баллов. Студент не ответил на вопрос, либо ответ полностью неверный.

Ответ на задания 2 части (задания открытого типа: задачи) оценивается от одного до четырех баллов:

4 балла ставится за верно решенную задачу. Студент показал верную последовательность действий при решении, указал единицы измерений и получил верный ответ.

3 балла. Студент верно решил задачу, но пропустил при решении часть шагов, не указал единицы измерений величин.

2 балла. Студент неверно решил задачу, но при решении верно указал фундаментальные закономерности и законы.

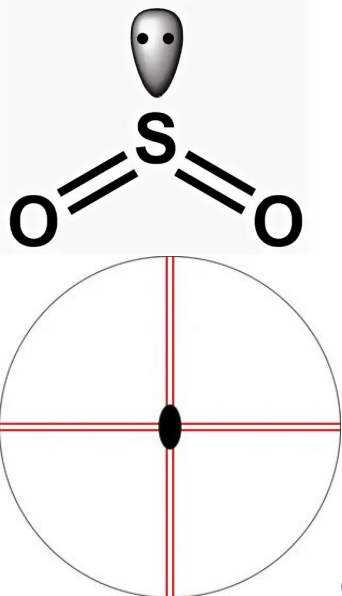
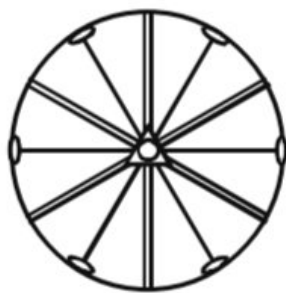
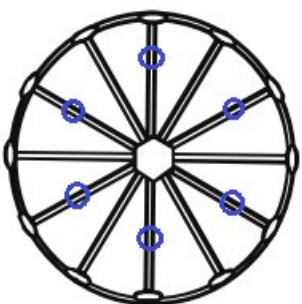
1 балл. Студент неверно решил задачу, но понимает, какую величину требуется найти. Не владеет необходимыми знаниями для решения задачи.

0 баллов. Студент не решил задачу, ответ полностью неверный.

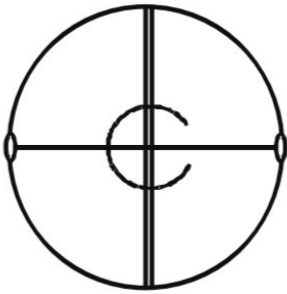
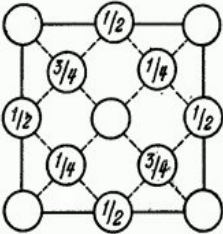
Ключи и критерии к оцениванию заданий открытого типа: задачи

№ задания	Верный ответ	Критерии
9	Октаэдр — тип координационного полиэдра ионов натрия (Na^+) в структуре хлорида натрия (NaCl). Указаны причины, почему $KЧ=6$.	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в графическом изображении NaCl . 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, неверно определен КЧ и КП полиэдра. 1 б – ошибочные представления о структурном типе NaCl . 0 б – ответ полностью неверный
10	Fmm2, тип центровки гранецентрированная, сингония – орторомбическая	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в определении сингонии или типа центровки 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, неверно определен тип сингонии 1 б – ошибки при графическом изображении решетки Браве 0 б – ответ полностью неверный
11		4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в названии точечной группы симметрии 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, неверно или не полностью найдены



	 C_{2v}	элементы симметрии 1 б – неверно определена точечная группа симметрии 0 б – ответ полностью неверный
12	 $\bar{3} m, (D_{3d})$	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в графическом изображении точечной группы симметрии 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, в обозначении точечной группы симметрии указан не тот порядок оси 1 б – при решении не показана точечная группа симметрии 0 б – ответ полностью неверный
13	 6 частных позиций на оси 2 порядка	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки либо в графическом изображении, либо при определении количества позиций 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, частные позиции обозначены не полностью, обозначения не только на оси 2 порядка 1 б – при решении с ошибкой представлена проекция группы D_{6h} 0 б – ответ полностью неверный
14	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки при перемножении матриц 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, не отмечен центр инверсии 1 б – при решении не найден элемент симметрии с помощью матричного представления 0 б – ответ полностью неверный



	 $2/m, (C_{2h})$	
15	 Проекция структурного типа алмаза $\frac{1}{4}, \frac{3}{4}$ - положение атомов углерода над плоскостью чертежа на высоте $\frac{1}{4}, \frac{3}{4}$ параметра с. Цифры не везде, потому что атомы находятся на разной высоте.	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки при определении значения $\frac{1}{4}$ и $\frac{3}{4}$ на проекции.. 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, с проекции убраны значения $\frac{1}{4}$ и $\frac{3}{4}$ с некоторых позиций 1 б – структурный тип не назван 0 б – ответ полностью неверный
16	Для кубической решётки: $V=a^3=(2,87 \times 10^{-8})^3=2,36 \times 10^{-23} \text{ см}^3$. Выразим Z из формулы плотности $Z=\rho \cdot N_A \cdot a^3 M$. $Z=7,8 \cdot 6,022 \times 10^{23} \cdot 2,36 \times 10^{-23} 55,845$. $Z \approx 2,0$. Ответ: Число атомов в элементарной ячейке железа равно 2.	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки при расчетах 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, формула для нахождения z выведена неверно 1 б – при решении не использовали понятия элементарной ячейки 0 б – ответ полностью неверный

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Уровни сформированности компетенций определяются следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке *отлично*:

- предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируются навыки сбора и обработки информации по исследуемой проблеме, навыки систематизации данных, необходимых для решения



профессиональных задач, навыки получения и обработки экспериментальных результатов;

- студент способен аргументировать собственную точку зрения по дискуссионным вопросам дисциплины, решать ситуационные задачи, критически оценивать информацию о состоянии и проблемах развития современной химии, формулировать собственные выводы.

2. Средний уровень соответствует оценке *хорошо*:

- предполагает формирование компетенций на хорошем уровне: формируется комплексное знание особенностей применения и понимания проблем современной химической науки, умение сбора, анализа и обработки данных, необходимых для решения профессиональных задач;
- студент способен давать развернутые ответы на теоретические вопросы дисциплины на уровне не ниже оценки «удовлетворительно».

3. Базовый уровень соответствует оценке *удовлетворительно*:

- предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание основных положений изучаемой дисциплины;
- студент способен отвечать на вопросы в форме закрытого теста. Количество правильных ответов – не менее 50%.

4. Низкий уровень соответствует оценке *неудовлетворительно*.

.