

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 10.09.2026 10:01:04

Уникальный идентификатор средства

04c19ed88b78f7b0c077a48bb9a8788b8322329

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) "Основы химии твердого тела" по направлению подготовки (специальности) "Фундаментальная и прикладная химия" направленности (профиль) Фундаментальная и прикладная химия ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

по дисциплине (модулю)

Б1.В.1.09. Основы химии твердого тела

Направление подготовки (специальность)

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)

Химия материалов

Присваиваемая квалификация (степень)

Химик. Преподаватель химии

Форма обучения

очная

Челябинск 2026 г.

**04.05.01/ Фундаментальная и прикладная химия/ Фундаментальная и прикладная химия/
Основы химии твердого тела/ 2026 год набора/ очная форма обучения**

Фонд оценочных средств дисциплины (модуля) одобрен и рекомендован:

Проректор по учебной работе

утверждено 27.02.26

А.А. Саламатов

Ученым советом химического факультета

Протокол заседания № 6 от 26.02.2026

Председатель Ученого совета

химического факультета

СОГЛАСОВАНО

В. А. Бурмистров

Заседанием кафедры химии твердого тела и нанопроцессов

Протокол заседания № 8 от 25.02.2026

Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО

Е.А. Белая

Автор (составитель)

Е.О. Макаркина

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 (профиль): Химия материалов

Дисциплина: Основы химии твердого тела

Семестр изучения: 7

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Основы химии твердого тела» направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции (согласно ФГОС) Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	УК-6.3. Планирует результаты собственной деятельности с учетом необходимых ресурсов	<i>Знать:</i> способы совершенствования собственной деятельности; <i>Уметь:</i> определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности; <i>Владеть:</i> способностью определения и реализации приоритетов собственной деятельности.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ



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-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	1.1 Знать теоретические основы физических процессов взаимодействия частиц в веществе; особенности квантовомеханического описания молекул; основные типы межмолекулярных взаимодействий; основы химии конденсированного состояния; основные физические закономерности зависимости свойств вещества от структурных особенностей и особенностей строения и их проявление при внешнем воздействии.	Механическая модель молекулы	7	1-2	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Квантовохимическое описание молекул	7	3	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Межмолекулярные взаимодействия	7	4	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Особенности строения конденсированных фаз	7	5-7	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Строение поверхности твердых тел	7	8-9	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
	1.2 Уметь сопоставлять данные физических измерений со свойствами и структурой органических и неорганических веществ; проводить базовые квантоомеханические расчеты; интерпретировать результаты физических измерений и проявление химических свойств к строению молекул	Механическая модель молекулы	7	20	Задания открытого типа задача
		Квантовохимическое описание молекул	7	18	Задания открытого типа задача
		Межмолекулярные взаимодействия	7	21	Задания открытого типа задача
		Особенности строения конденсированных фаз	7	19	Задания открытого типа задача
		Строение поверхности	7	22	Задания открытого



	веществ; анализировать научную литературу по химии твердого тела.	твердых тел			типа задача
	1.3 Владеть навыками составления моделей молекул; навыками квантовомеханического описания молекул; способами поиска научной информации; навыками интерпретации спектроскопических исследований в структурные элементы молекул.	Механическая модель молекулы	7	12-13	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Квантовохимическое описание молекул	7	14	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Межмолекулярные взаимодействия	7	15	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Особенности строения конденсированных фаз	7	16-17	Задания открытого типа с развёрнутым ответом
		Строение поверхности твердых тел	7	10-11	Задания открытого типа с развёрнутым ответом

3.2. Содержание оценочных средств

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

Задание 1. Объект и предмет химии твердого тела (УК-6).

План ответа: Цели и задачи химии твердого тела. Основные направления развития. Особенности химии твердого тела.

Задание 2. Строение твердого тела. Структурные типы (УК-6).

План ответа: Общие отличия строения и свойств твердых веществ от газов и жидкостей. Классификация твердых веществ. Кристаллические твердые тела. Монокристаллическое, поликристаллическое и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Строение кристаллических твердых веществ. Строение аморфных твердых тел. Стеклообразное состояние вещества.

Задание 3. Типы связей в твердом теле (УК-6)..

План ответа: Кристаллы с ионными и ковалентными решетками. Металлы и сплавы. Интерметаллические соединения. Кристаллы с участием водородных и Ван-дер-ваальсовых связей.

Задание 4. Стабильность кристаллических структур (УК-6).



План ответа: Устойчивость кристаллических структур. Правила Полинга.

Задание 5. Типы дефектов в кристаллах (УК-6).

План ответа: Совершенные и несовершенные кристаллы. Дефекты. Типы дефектов. Влияние дефектов на свойства твердых тел.

Задание 6. Точечные дефекты, их виды (УК-6).

План ответа: Дефектообразование и нестехиометрия кристаллов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Нейтральные и заряженные точечные дефекты. Взаимодействие точечных дефектов. Ассоциаты дефектов. Влияние точечных дефектов на свойства неорганических веществ.

Задание 7. Метод квазихимических уравнений (УК-6).

План ответа: Квазихимический метод описания равновесия точечных дефектов.

Задание 8. Линейные дефекты (УК-6).

План ответа: Дислокации в кристаллах, основные виды. Причины возникновения дислокаций. Движение дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Влияние дислокаций на свойства кристаллов.

Задание 9. Двумерные и трехмерные дефекты (УК-6).

План ответа: Дефекты упаковки. Границы блоков и антифазные домены (границы). Поверхность кристалла. Включения поры, трещины.

Задание 10. Виды твердофазных взаимодействий и условия их протекания (УК-6).

План ответа: Теория твердофазных взаимодействий Вагнера. Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций с участием твердых тел. Термодинамические функции различных процессов с участием твердых тел.

Задание 11. Метод фазовых диаграмм (УК-6).

План ответа: Основы метода фазовых диаграмм, Правило фаз, правило рычага, Особые точки на диаграммах.

Задание 12. Особенности кинетики твердофазных реакций (УК-6).

План ответа: Общие закономерности скорости гетерогенных химических процессов с участием твердых тел. Элементарные кинетические стадии процессов. Роль массопереноса. Модели процессов, лимитируемых диффузионными и кинетическими стадиями.

Задание 13. Кинетические модели твердофазных превращений (УК-6).

План ответа: Основные кинетические модели твердофазных превращений. Модель Яндера, условия ее применимости. Недиффузионные кинетические модели.

Задание 14. Методы синтеза в химии твердого тела (УК-6).

План ответа: Синтез путем твердофазных реакций. Экспериментальное осуществление, роль температуры. Гидротермальные методы синтеза твердых веществ. Применение различных физических (ультразвукового, микроволнового и др.) воздействий при синтезе твердофазных веществ.

Задание 15. Химические методы гомогенизации исходной смеси (УК-6).

План ответа: Методы интенсификации твердофазных процессов: диспергирование исходных



веществ, методы химической гомогенизации. Совместное осаждение компонентов из растворов. Криохимический синтез и распылительная сушка. Золь-гель процесс.

Задание 16. Методы получения монокристаллов (УК-6).

План ответа: Выращивание из расплавов и растворов. Методы Чохральского и Бриджмена-Стокбаргера. Зонная плавка. Выращивание из газовой фазы. Газоплазменный метод Вернейля.

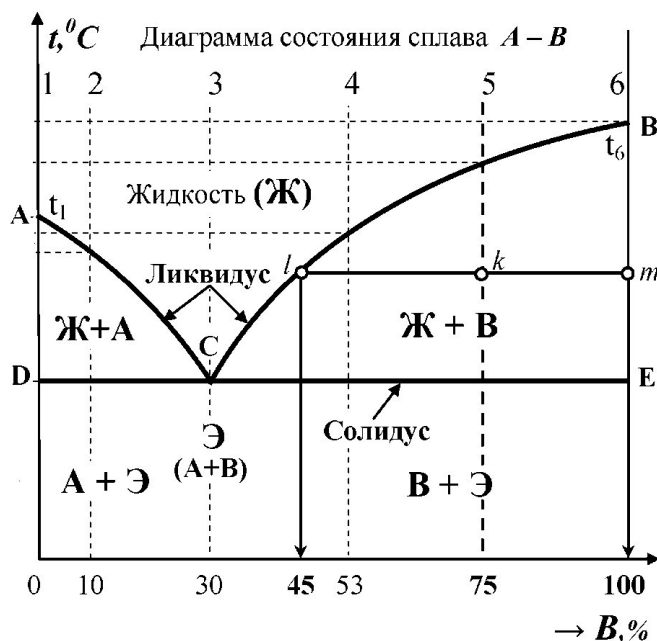
Задание 17. Дифракционные методы исследования твердых тел (УК-6).

План ответа: Метод порошка, научные основы и применение. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ. Общие представления о структурном анализе по порошковым данным. Рентгенографическое исследование монокристаллов.

Часть 2. База вопросов открытого типа: задачи.

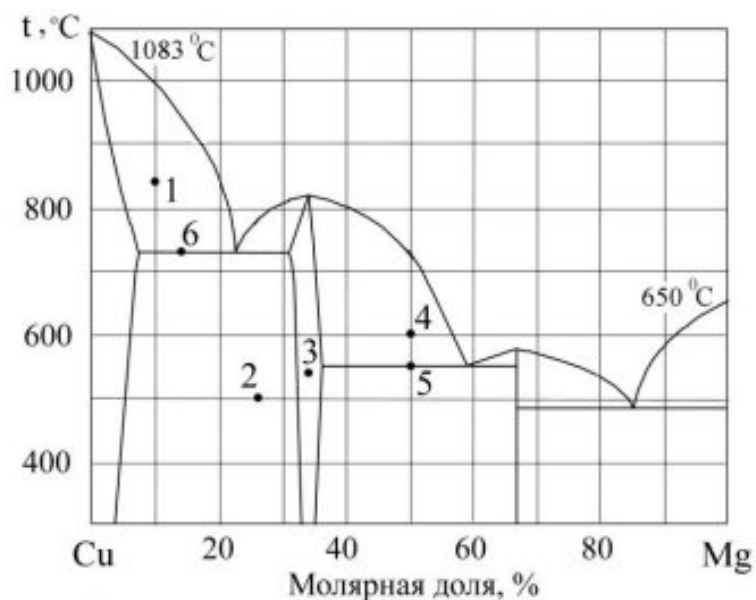
Задание 18. Найти энергию кристаллической решётки хлорида кальция, если известно: 243 кДж/моль (энергия связи Cl_2); 590 кДж/моль (энергия ионизации кальция); -349 кДж/моль (средство к электрону атома хлора); -795 кДж/моль (энтальпия образования хлорида кальция); 178 кДж/моль (энтальпия сублимации кальция) (УК-6).

Задание 19. Постройте кривые охлаждения для составов 0, 10, 30, 53, 75 и 100 % В, используя фазовую диаграмму сплава А-В (УК-6).

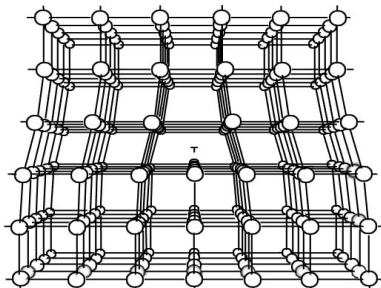


Задание 20. Напишите квазихимическое уравнение для AgCl , два дефекта – атом серебра в междоузлии и вакансия на месте серебра. (УК-6).

Задание 21. Для точки 2 на диаграмме Cu-Mg найти следующие характеристики: исходный состав системы в ат. %, число фаз в точке, наименование фаз, состав каждой фазы в ат. %, относительное количество фаз от общей массы, температуры начала и конца кристаллизации, число степеней свободы системы, если число внешних факторов равно 1 (УК-6).



Задание 22. Построить контур Бюргенса. Куда направлен вектор Бюргенса? (УК-6)



Задание 23. Сплав олова со свинцом содержит 10% (масс.) олова. Найти массу эвтектики в 1 кг твердого сплава, если эвтектика включает 64% (масс.) олова? (УК-6)



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 экзамене

Экзамен проводится в письменном виде. Состоит из 2 частей.

1 часть – студент отвечает на два вопроса из списка экзаменационных вопросов. Продолжительность – 30 минут.

Максимальное количество баллов за выполнение заданий – 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,
- ~ калькулятором,
- ~ таблицей растворимости,
- ~ справочниками физико-химических величин,
- ~ фазовыми диаграммами двухкомпонентных систем.

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 твердофазных взаимодействий, 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.

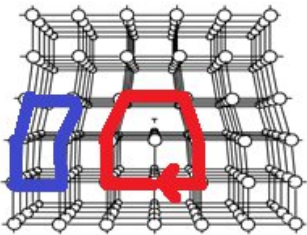
Ключи и критерии к оцениванию заданий открытого типа: задачи

№ задания	Верный ответ	Критерии
18	Записано уравнение образования CaCl_2 $\text{Ca(тв)} + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{тв}), \Delta H_f^\circ = -795 \text{ кДж/моль}$ Процесс по стадиям Сублимация кальция $\text{Ca(тв)} \rightarrow \text{Ca(г)},$ $\Delta H_1 = +178 \text{ кДж/моль}$ Ионизация кальция $\text{Ca(г)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{г}) + 2e^-,$ $\Delta H_2 = +590 \text{ кДж/моль}$ Диссоциация хлора $\text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{Cl}(\text{г}),$ $\Delta H_3 = +243 \text{ кДж/моль}$ Сродство хлора к электрону $2\text{Cl}(\text{г}) + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{г}),$ $\Delta H_4 = 2 \times (-349) = -698 \text{ кДж/моль}$ Образование кристаллической решётки $\text{Ca}^{2+}(\text{г}) + 2\text{Cl}^-(\text{г}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{тв}),$ $\Delta H_5 = -U,$ где U — искомая энергия кристаллической решётки. Уравнение цикла Борна — Габера: Сумма энтальпий всех стадий равна энтальпии	4 б — совпадение с верным ответом 3 б — допущены ошибки в стадиях реакции 2 б — при решении допущены грубые ошибки, например, отсутствует ряд стадий, перепутаны тепловые эффекты, перепутаны стадии 1 б — при решении не использован цикл Борна-Габера 0 б — ответ полностью неверный



	образования CaCl_2 : $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 = \Delta H_f^\circ$ Подставлены значения: $178 + 590 + 243 - 698 - U = -795$ $U = 1108 \text{ кДж/моль}$	
19	Кривые охлаждения Содержание компонента $B, \%$ Время, с	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в температурах перегибов на кривых охлаждения 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, отсутствуют плато на кривых охлаждения 1 б – при решении не использованы ключевые понятия: температуры фазовых переходов, эвтектики, перепутаны A и B 0 б – ответ полностью неверный
20	$\text{Ag}_{\text{Ag}}^x + \text{Cl}_{\text{Cl}}^x = \text{Ag}_i^+ + \text{V}_{\text{Ag}}^{'}$	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в зарядах и межстрочных индексах 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, перепутаны левая и правая часть уравнений, отсутствуют подстрочные или надстрочные индексы 1 б – при решении не использованы обозначения Винка-Крегера 0 б – ответ полностью неверный
21	Для точки 2. Исходный состав системы в ат. % Mg: 2 Число фаз в точке: 2 Наименование фаз: α и γ Состав каждой фазы в ат. % Mg: $\alpha=6$ и $\gamma=32$ Относительное количество фаз от общей массы: $\alpha/\text{общ.} = 27\%$ и $\gamma/\text{общ.} = 73\%$ Температуры начала и конца кристаллизации, °C: 780 и 722 Число степеней свободы системы, если число внешних факторов равно 1: 1.	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки при нахождении 1-2 параметров 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, определено другое число фаз, перепутаны температуры начала и конца кристаллизации 1 б – при решении не использована фазовая диаграмма 0 б – ответ полностью неверный



22	Выбран фрагмент элементарной ячейки без дефекта, построен контур. Для построения использованы 6 шагов. Выбран фрагмент элементарной ячейки с дефектом, построен контур. Для построения использованы 7 шагов. 7ой шаг обозначен вектором – это вектор Бюргенса, вектор сдвига. 	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки при построении контура либо не построен контур для фрагмента элементарной ячейки без дефекта. 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, не найден вектор Бюргенса, контуры не замкнуты 1 б – при решении не использована элементарная ячейка 0 б – ответ полностью неверный
23	Составлено уравнение по массе олова: олово в исходном сплаве = олово в эвтектике + олово в остаточном растворе. $0,1 = 0,64 \cdot m_{\text{эвт}} + 0 \cdot (1 - m_{\text{эвт}})$ (остаточный раствор не содержит олова — упрощение для эвтектической системы) $m_{\text{эвт}} = 0,15625 \text{ кг}$	4 б – совпадение с верным ответом 3 б – допущены ошибки в математических расчетах 2 б – при решении допущены грубые ошибки, например, не использована эвтектика, не использован состав системы 1 б – при решении не использованы данные фазовой диаграммы Sn-Pb 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*.