

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана ХФ

*А.С. Князев*

А.С. Князев

«04»

04

2022 г.

Фонд оценочных средств

**Химия твердого тела и химическое материаловедение**

по направлению подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Химия»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.02.02.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

*В.В. Шелковников* В.В. Шелковников

Председатель УМК

*Л.Н. Мишенина* Л.Н. Мишенина

Томск – 2022

## 1 Паспорт фонда оценочных средств

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Направление подготовки         | 04.03.01 Химия                                    |
| Дисциплина                     | Химия твердого тела и химическое материаловедение |
| Семестр обучения               | 8   |
| Общий объем дисциплины, ЗЕ     | 4   |
| Формы текущего контроля        | коллоквиум, отчет по лабораторной работе          |
| Форма промежуточной аттестации | экзамен   |

Оценивание результатов учебной деятельности обучающихся при изучении дисциплины осуществляется текущим контролем и промежуточной аттестацией.

## 2 Перечень формируемых компетенций и уровни их освоения

Изучение дисциплины «Химия твердого тела и химическое материаловедение» направлено на формирование следующих компетенций:

| Коды и содержание компетенций по СУОС   | Индикаторы достижения компетенций согласно ООП   | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |  |
|---|--|---|--|
| ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений. | ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.<br>ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.<br>ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по | <i>Допороговый уровень</i>                              | <i>Знать:</i> – теоретические основы химии твердых веществ: основные понятия и предмет химии твердых веществ; классификацию твердых веществ (классификация по зонной модели, по типу химической связи, по внутреннему строению твердых веществ и т.д.); основные модели описания твердого тела (остовная, зонная), но допускает много неточностей. |
|   |  | <i>Пороговый уровень</i>                                | <i>Знать:</i> <i>Знать:</i> – теоретические основы химии твердых веществ: основные понятия и предмет химии твердых веществ; классификацию твердых веществ (классификация по зонной модели, по типу химической связи, по внутреннему строению твердых веществ и т.д.); основные модели описания твердого тела (остовная, зонная);                   |

|  |                            |   |
|--|----------------------------|---|
| результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности. |                            | <i>Уметь:</i> – решать типовые задачи по химии твердого тела и химическому материаловедению с помощью преподавателя   |
|  | <i>Достаточный уровень</i> | <i>Знать:</i> – теоретические основы химии твердых веществ: основные понятия и предмет химии твердых веществ; классификацию твердых веществ (классификация по зонной модели, по типу химической связи, по внутреннему строению твердых веществ и т.д.); основные модели описания твердого тела (остовная, зонная);<br><i>Уметь:</i> – решать типовые задачи по химии твердого тела и химическому материаловедению самостоятельно  |
|  | <i>Продвинутый уровень</i> | <i>Знать:</i> – теоретические основы химии твердых веществ: основные понятия и предмет химии твердых веществ; классификацию твердых веществ (классификация по зонной модели, по типу химической связи, по внутреннему строению твердых веществ и т.д.); основные модели описания твердого тела (остовная, зонная);<br><i>Уметь:</i> – решать типовые задачи по химии твердого тела и химическому материаловедению<br><i>Владеть (обладать навыками):</i> владеть навыками решения практических задач химии твердого тела из различных разделов: описание симметрии кристаллических структур, дефекты в твердых телах. |

|  |  |                            |  |
|--|--|----------------------------|--|
| ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием. | ИОПК-2.1.<br>Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.                                      | <i>Допороговый уровень</i> | <i>Знать:</i> основные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ  |
|  | ИОПК-2.2.<br>Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.                         | <i>Пороговый уровень</i>   | <i>Знать:</i> основные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ<br><i>Уметь:</i> проводить химические эксперименты по различным методикам (синтез, анализ, изучение свойств веществ, приготовление растворов, проведение различных реакций) с помощью преподавателя  |
|  | ИОПК-2.3.<br>Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе. | <i>Достаточный уровень</i> | <i>Знать:</i> основные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ<br><i>Уметь:</i> проводить химические эксперименты по различным методикам (синтез, анализ, изучение свойств веществ, приготовление растворов, проведение различных реакций) самостоятельно   |
|  | ИОПК-2.4.<br>Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.            | <i>Продвинутый уровень</i> | <i>Знать:</i> основные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ<br><i>Уметь:</i> проводить химические эксперименты по различным методикам (синтез, анализ, изучение свойств веществ, приготовление растворов, проведение различных реакций)<br><i>Владеть (обладать навыками):</i> навыками подбора методов диагностики и исследования материалов в соответствии с их функциональными свойствами |
| ПК-1. Способен выбирать и  | ИПК-1.1.<br>Планирует  | <i>Допороговый уровень</i> | <i>Знать:</i> алгоритм планирования отдельных  |

|   |   |                            |   |
|---|---|----------------------------|---|
| использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации. | отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.<br>ИПК-1.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.<br>ИПК-1.3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.<br>ИПК-1.4. Готовит объекты исследования. |                            | стадий исследования твердых веществ.  |
|   |   | <i>Пороговый уровень</i>   | <i>Знать:</i> алгоритм планирования отдельных стадий исследования твердых веществ.<br><i>Уметь:</i> описывать план эксперимента   |
|   |   | <i>Достаточный уровень</i> | <i>Знать:</i> алгоритм планирования отдельных стадий исследования твердых веществ.<br><i>Уметь:</i> описывать план эксперимента и выбирать технические средства и методы исследований твердых веществ   |
|   |   | <i>Продвинутый уровень</i> | <i>Знать:</i> алгоритм планирования отдельных стадий исследования твердых веществ.<br><i>Уметь:</i> описывать план эксперимента и выбирать технические средства и методы исследований твердых веществ<br><i>Владеть (обладать навыками):</i> навыками подготовки твердого тела для исследований различными методами |

#### Уровни и шкала оценивания сформированности компетенций

|                     |   |
|---------------------|---|
| Допороговый уровень | Соответствует оценке «неудовлетворительно», предполагает несформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками.                |
| Пороговый уровень   | Соответствует оценке «удовлетворительно», предполагает сформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки. |
| Достаточный уровень | Соответствует оценке «хорошо», предполагает сформированность компетенций на достаточно хорошем уровне. Студент изучил все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки.  |
| Продвинутый уровень | Соответствует оценке «отлично», предполагает сформированность компетенций на высоком уровне. Студент показал творческое отношение к   |

|  |  |
|--|--|
|  | обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки. |
|--|--|

## 2 Этапы формирования компетенций и оценочные средства (текущая аттестация)

### 2.1 Виды оценочных средств

| № | Контролируемые темы/разделы   | Наименование оценочного средства для текущего контроля | Код индикатора достижения компетенции согласно ОПП                       |
|---|---|--|--|
| 1 | Тема 1. Основные понятия и предмет ХТВ. Методология науки о твердофазном веществе. Природа твердофазного состояния вещества. Основные модели твердых веществ.   | Индивидуальное задание 1                               | ИОПК 1.3.  |
| 2 | Тема 2. Кристаллохимические основы ХТВ. Кристаллическое и некристаллическое состояние вещества. Энергия кристаллической решетки. Реальные кристаллы. Дефекты в твердом теле. Квасихимические реакции. | Индивидуальное задание 2                               | ИОПК 1.1.<br>ИОПК 2.1.   |
| 3 | Тема 3. Факторы, определяющие реакционную способность твердых веществ. Поверхность твердого тела кристаллохимия   | Индивидуальное задание 3                               | ИОПК 1.3.  |
| 4 | Тема 4. Твердофазные реакции  | Коллоквиум<br>Отчеты                                   | ИПК 1.1.<br>ИПК 1.2.<br>ИОПК 2.1.<br>ИОПК 2.2.<br>ИОПК 2.3.<br>ИОПК 2.4. |
| 5 | Тема 5. Фундаментальные физико-химические принципы создания материалов  | Отчеты   | ИОПК 1.3.<br>ИОПК 1.2.<br>ИОПК 2.1.<br>ИПК 1.3<br>ИПК 1.4.               |
| 6 | Тема 6. Важнейшие современные материалы: целевые свойства и требования, потребности современных областей промышленности   | Реферат  | ИОПК 1.3.  |

### 2.2 Содержание оценочных средств

#### Индивидуальное задание 1

##### Вариант № 2

1. Параметры моноклинной ячейки галогенида меди:  $a = 6,85$ ;  $b = 6,70$  и  $c = 3,30$ ;  $\lambda = 121$ ,  $Z = 2$ . Плотность равна  $3,44 \text{ г/см}^3$ . Определите формулу галогенида.

2. Привести примеры кристаллических решеток оксидов. Рассмотрите структуру шпинели. Какие факторы оказывают влияние на распределение ионов металла по тетраэдрическим и октаэдрическим узлам. Есть ли различия нормальной, обращенной и

промежуточной шпинели. Приведите примеры.

3. Объясните почему элементарная ячейка любого сложного кристалла должна содержать целое число формульных единиц.

4. В виде, каких наиболее стабильных форм существует в обычных условиях оксиды  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{ZrO}_2$ . Почему при изготовлении изделий из  $\text{ZrO}_2$ . Необходимо стабилизировать его кубическую структуру и как это можно осуществить.

5. Плотность кремния (структурный тип алмаза) =  $2,23 \text{ г/см}^3$ . Найти ковалентный радиус атома кремния.

6. В чем заключается оптическая активность кристалла? Для каких кристаллов это характерно, приведите примеры.

7. Укажите, каким образом изменяется температура плавления в ряду соединений  $\text{CdF}_2 - \text{CdCl}_2 - \text{CdBr}_2 - \text{CdI}_2$ , если это изменение обусловлено поляризационным эффектом:

| Ион           | значение ионных радиусов $\text{Å}$ |
|---------------|-------------------------------------|
| $\text{F}^-$  | 1,33                                |
| $\text{Cl}^-$ | 1,81                                |
| $\text{Br}^-$ | 1,96                                |
| $\text{I}^-$  | 2,70                                |

8. Используя табличные данные, изобразите зависимость ионного радиуса лантоноидов (III) от порядкового номера. Обоснуйте вид кривой.

9. Экспериментально найденное значение энергии решетки для  $\text{NaCl} = 183 \text{ ккал} \cdot \text{моль}^{-1}$ . Используя величину сжимаемости  $K = 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ см}^2 \text{ дин}$  для кристаллической решетки  $a = 5,53 \text{ Å}$ ;  $c = 2$  (геометрический фактор) рассчитайте энергию решетки и сравните с экспериментальными данными.

10. Какие факторы определяют цвет, электропроводность, твердость, тугоплавкость кристаллов. Приведите примеры соединений по группе, периоду подтверждающие закономерности в изменении этих свойств.

#### Индивидуальное задание 2.

##### Вариант № 11

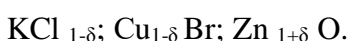
1. Что такое точечные дефекты в реальных кристаллах? Приведите примеры.

2. При отклонении состава кристалла от стехиометрического состава во многих случаях наблюдается увеличение электропроводности. С чем это связано?

3. Составьте квазихимические уравнения, выражающие образование дефекта по Шоттки в кристалле  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{NbF}_5$ ,  $\text{LiTaO}_3$

4. Составьте квазихимическое уравнение, выражающее образование дефектов в кристалле шпинели  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , содержащей избыток  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

5. Напишите квазихимическую реакцию образования соединений переменного состава с избытком металла и избытком неметалла



6. Если кристаллы  $\text{KCl}$  нагревать в атмосфере хлора, то он, поглощая избыток хлора, приобретает желто-зеленую окраску. Запишите квазихимическую реакцию внедрения учитывая, что центрами окраски являются вакансии в металлической подрешетки.

#### Индивидуальное задание № 3

##### Вариант №10

1. Какие принципы можно положить в основу классификации твердофазных реакций (ТФР).

2. Опишите последовательность расчета изменения энергии Гиббса при ТФР. Какие сведения можно получить из термодинамического анализа процесса твердофазного

взаимодействия?

3. Какова цель кинетического анализа твердофазного взаимодействия.

4. При изучении кинетики бимолекулярной реакции были получены следующие данные:

|                          |       |       |       |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| T, K                     | 292,0 | 299,2 | 332,4 |
| k, см <sup>3</sup> /моль | 6,9   | 84    | 2000  |

Рассчитайте  $E_a$  и предэкспоненциальный множитель.

5. Нарисуйте термодинамический цикл Борна-Габера соответствующей реакции  $MF_4(тв) \rightarrow MF_3(тв) + \frac{1}{2} F_2(г)$ . Напишите выражение для расчета  $\Delta G^0$

Коллоквиум

Билет №6

1. Некристаллическое состояние вещества.
2. Ассоциация точечных дефектов. Природа взаимодействия и различные типы ассоциатов.
3. Факторы, определяющие реакционную способность твердых веществ.

Билет 1

1. Основные понятия и предмет химии твердых веществ. Твердое тело, твердое вещество, твердое агрегатное состояние, твердая фаза. Отличие.
2. Зонная модель описания образования твердого тела. Собственная и примесная электронная и ионная проводимость твердых тел. Примеры.
3. Термодинамика образования дефектов. Ассоциация точечных дефектов. Природа их образования. Примеры.

План написания отчета:

- дата;
- название лабораторной работы;
- цель;
- приборы и реактивы;
- теоретическая часть;
- расчетная часть;
- практическая часть;
- выводы.

Примерная тематика рефератов

1. Современные методы синтеза материалов (на примере химической сборки).
2. Современные методы синтеза материалов (на примере матричного синтеза)
3. Современные методы синтеза материалов (на примере саораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС))
4. Современные методы синтеза материалов (на примере плазмохимического метода)
5. Современные методы синтеза материалов (на примере криохимического метода)

Оценочные материалы в полном объеме содержатся на странице электронного курса в системе Moodle: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23446>

## 2.3 Методические рекомендации

### 2.3.1 Порядок проведения текущего контроля

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, устного коллоквиума, включающего теоретические вопросы и практические задания по



теме: «Кристаллохимические основы ХТВ. Реальные кристаллы.»; выполнения лабораторных работ и написания отчетов по лабораторным работам, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### 2.3.2 Критерии оценивания по видам оценочных средств

#### Индивидуальные задания 1-3

- задание выполнено на 55 % - зачет;
- задание выполнено менее чем на 55 % – незачет.

#### Написание отчета:

- отчет правильно оформлен и содержание отчета соответствует целям и выводам соответствующей темы лабораторной работы – зачет;
- отчет неправильно оформлен и содержание отчета не соответствует целям и выводам соответствующей темы лабораторной работы – незачет

#### Коллоквиум:

- студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками – неудовлетворительно;
- студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки – удовлетворительно;
- студент раскрыл все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки – хорошо;
- студент раскрыл все теоретические вопросы, показал, что владеет материалом в совершенстве, привел свои примеры – отлично.

#### Реферат:

- реферат правильно оформлен и содержание реферата соответствует целям и выводам соответствующей темы – зачет;
- реферат неправильно оформлен и содержание реферата не соответствует целям и выводам соответствующей темы лабораторной работы – незачет

## 3 Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

### 3.1 Порядок проведения экзамена

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и 1 практическую задачу. Продолжительность подготовки ответа по билетам 45 минут, ответ 20 минут.

### 3.2 Примеры экзаменационных билетов

#### Экзаменационный билет № 1

1. Ионные, металлические, ковалентные, молекулярные кристаллы. Цикл Борна-Габера Примеры.
2. Принцип периодичности. Примеры.
3. Составьте квазихимические уравнения, выражающие образование дефекта по Шоттки в кристалле  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ .

#### Экзаменационный билет № 2

1. Реальные кристаллы. Точечные дефекты в твердом теле и их взаимодействие. Примеры.

2. Типы твердофазных реакций. Примеры. Геометрические модели твердофазных реакции.
3. Напишите квазихимическую реакцию образования соединения переменного состава  $\text{NaCl}_{1-\delta}$ .

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в полном объеме содержатся на странице электронного курса в системе Moodle: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23446>

### 3.3. Критерии оценивания

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично – студент самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи;

Хорошо – студент в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи;

Удовлетворительно – студент в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, но допускает не более 3 ошибок, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи;

Неудовлетворительно – студент не может в логической последовательности и исчерпывающе отвечать на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, не умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное, устанавливать причинно-следственные связи.

### Информация о разработчиках

Кузнецова Светлана Анатольевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.