

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физическая химия твердого тела. Избранные главы

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы

Химическая технология для микроэлектроники

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.02.02 Физическая химия твердого тела. Избранные главы 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-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией наук	ПК-1-н-1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н-1: Владеть навыками составления общего плана исследования и детальных планов отдельных стадий  Уметь применять знания по синтезу и свойствам твердых веществ для составления планов исследования  Знать современные подходы к синтезу и исследованию твердых веществ  ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	Контрольная работа Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией наук	ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией наук	ПК-2-н-1: Владеть навыками поиска специализированной информации в информационных базах данных  Уметь работать в информационных базах данных  Знать возможности современных баз данных,	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>включающих данные по химии твердого тела, и теорию, необходимую для понимания изложенной в них информации</p> <p>ПК-2-н-2: Владеть навыками анализа и обобщения результатов поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках</p> <p>Уметь интерпретировать результаты поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках</p> <p>Знать теорию, необходимую для понимания научной информации в области неорганической химии и химии твердого тела</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>43</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>
	<b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем),	Самостоятельная работа

		часы из них			обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
1. Введение. Предмет физической химии твердого тела.	8	2	2	4	4
2. Получение твердых веществ	48	16	16	32	16
3. Строение твердых веществ	36	10	10	20	16
4. Влияние структурных дефектов на свойства твердых материалов	15	4	4	8	7
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Введение. Предмет физической химии твердого тела

Химия твердого тела. Твердое состояние вещества. Изучаемые объекты и методы исследования.

Классификация твердых веществ по степени упорядочения частиц в пространстве, уровню организации микрочастиц, типу химической связи виду зонной структуры.

#### 2. Получение твердых веществ

Физико-химические основы получения твердых веществ

Термодинамика процесса кристаллизации. Кристаллизация в однокомпонентной и двухкомпонентной системах. Микроскопическое рассмотрение фазового равновесия, термодинамические условия образования твердых фаз.

Образование и рост кристаллов. Стадии кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное образование зародышей. Кинетика процесса образования зародышей твердой фазы. Рост кристаллов. Теории роста: теория поверхностной энергии, теория адсорбционного слоя, диффузионная теория. Атомарная структура поверхности кристалла. Стадии процесса роста кристаллов. Кинетический и диффузионный режимы роста кристаллов. Энергетическая диаграмма кристаллизации.

Морфология кристаллов

Понятие равновесной формы кристалла. Теорема Гиббса-Вульфа для равновесных форм. Метод Странского и Каишева. Цепи периодической связи. Морфология кристаллов с точки зрения кинетики. Огранка кристалла и габитус.

Методы получения твердых веществ

Получение твердых веществ из растворов. Массовая кристаллизация, особенности ее проведения.

Приёмы, которые применяют при кристаллизации из раствора. Выращивание монокристаллов из растворов. Гидротермальный метод.

Получение твердых веществ кристаллизацией из гелей. Особенности проведения. Синтез цеолитов. из пара, раствора и расплава. Методы и аппаратура для получения монокристаллов.

Кристаллизация из расплавов. Методы Бриджмена, Чохральского, зонной плавки, Вернейля.

Кристаллизация из паровой фазы. Получение веществ в виде тонких пленок. Эпитаксия. Степень эпитаксии. Гомогенная и гетерогенная эпитаксия. Метод испарения с последующей сублимацией. Метод молекулярных пучков. Метод катодного распыления.

Получение твердых веществ с помощью твердофазных реакций. Термодинамический и кинетический факторы. эпитаксиальные и топотаксические реакции. Проведение керамического синтеза. Факторы,

влияющие на скорость твердофазных реакций.

### 3. Строение твердых веществ

Порядок организации структуры вещества

Функция радиального распределения. Кристаллы. Аморфные тела. Стекла. Мотив структуры.

Изодезмические и гетеродезмические (островные, цепочечные, слоистые, каркасные) структуры.

Типы химической связи в твердых телах

Ионная связь. Устойчивость ионных структур. Правила Полинга для ионных структур. Энергия решетки ионных кристаллов.

Ковалентная связь. Координация атомов. Виды гибридизации орбиталей.

Металлическая связь. Применение метода МО ЛКАО для описания химической связи в кристаллах.

Структура энергетических зон. Приложения зонной теории. Диэлектрики, полупроводники, металлы.

Молекулярные кристаллы. Принцип плотной упаковки. Водородная связь в кристаллах. Молекулярные комплексы с переносом заряда. Роль ковалентной составляющей в структурах с ионной и металлической связью.

Дефекты в твердых телах

Идеальные и реальные кристаллы. Классификация дефектов. Собственные и примесные дефекты.

Атомные, линейные и объемные дефекты. Равновесные и неравновесные дефекты.

Точечные дефекты. Дефекты Шоттки, дефекты Френкеля. Механизм образования. Взаимодействие дефектов. Равновесие точечных дефектов.

Линейные дефекты. Краевая и винтовая дислокации. Контур Бюргерса. Вектор Бюргерса. Скопление дислокаций. Появление дислокаций. Механизмы движения дислокаций.

Поверхностные дефекты. Границы зерен. Структуры кристаллографического сдвига. Антифазные границы. Дефекты упаковки. Образование и развитие поверхностных дефектов.

Объемные дефекты. Структурные и технологические нарушения сплошности. Трещины и поры, механизмы их образования. Градация объемных дефектов по размеру и способу обнаружения.

### 4. Влияние структурных дефектов на свойства твердых материалов

Влияние дефектов на температуру плавления кристаллов.

Центры окраски в твердых веществах.

Влияние дефектов на транспортные свойства твердых веществ. Механизмы и основные закономерности диффузии. Хаотическая диффузия. Химический коэффициент диффузии. Электропроводность твердых веществ.

Влияние дислокаций на прочность и пластичность твердых материалов.

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).

- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: -

### 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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Сформулируйте правило фаз Гиббса. Определите количество фаз в системах:

а)  $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2$ ; б)  $\text{MgSiO}_3 + \text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ; в)  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  ( $\beta$ - +  $\gamma$ -модификации);  
г)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$  (при высоких температурах образуют непрерывный ряд твёрдых растворов).

2. Сформулируйте правило фаз Гиббса. Определите число компонентов в бинарном сечении тройной системы: Ca, Si, O.

3. Из фазовой диаграммы углерода давление-температура опишите условия получения алмаза.

4. Оцените вклады различных слагаемых в выражении для химического потенциала:  $\mu = \epsilon - TS + pV$  на примере магния при  $T = 500 \text{ K}$  и  $p = 1 \text{ атм}$ . Энтропию оцените по колебательной составляющей. Средняя частота колебаний атомов магния равна  $8 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ . Плотность магния  $\rho = 1.737 \text{ г/см}^3$ , кристаллохимический радиус атомов магния  $r = 0.160 \text{ нм}$

5. Определите критический размер зародыша и оцените число атомов в нём для свинца при его переохлаждении по отношению к температуре плавления на  $8^\circ\text{C}$ , если  $\Delta S$  плавления свинца составляет  $7.9 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ . Плотность свинца  $\rho(\text{Pb}) = 11.3 \text{ г/см}^3$ ,  $\alpha(\text{Pb}) = 1.00 \cdot 10^{-5} \text{ Дж/см}^2$ . Форму зародышей принять сферической.

6. Определите степень переохлаждения в расплаве Ni, если в равновесии со сферическими зародышами критического размера находятся зародыши радиуса  $R = 2 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ . Удельная свободная поверхностная энергия  $\alpha(\text{Ni}) = 2.55 \cdot 10^{-5} \text{ Дж/см}^2$ , плотность  $\rho(\text{Ni}) = 8.9 \text{ г/см}^3$ ,  $\Delta S = 10.0 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ . Форму зародышей принять сферической.

7. Постройте равновесную форму кристалла NaCl с простой кубической решеткой в предположении, что силы действуют только между первыми и вторыми ближайшими соседними атомами в решетке (кристалл Косселя). Величины удельной поверхностной энергии для граней 100, 111 и 110:  $\alpha(100) = \phi/(2d^2)$ ;  $\alpha(110) = \phi/(1.414d^2)$ ;  $\alpha(111) = 1.7\phi/(2d^2)$   
Здесь  $\phi$  – работа, требуемая для разрыва связей между двумя соседними частицами с расстоянием между их центрами  $d$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без

Оценка	Критерии оценивания
	ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

Что такое степень пересыщения и степень переохлаждения? Как они влияют на: скорость образования зародышей, размер критического зародыша, скорость роста кристалла?

Изобразите на фазовой диаграмме области метастабильности в однокомпонентной системе.

Назовите стадии процесса кристаллизации.

Из каких слагаемых складывается  $\Delta G$  процесса кристаллизации?

Как можно рассчитать размер критического зародыша сферической формы и потенциальный барьер его образования?

Какие закономерности описывают кинетику образования зародышей кристаллов?

Какие теории описывают стадию роста кристаллов?

Что такое атомно-гладкие и атомно-шероховатые поверхности кристаллов?

Каким может быть положение атома на атомно-шероховатой поверхности кристалла?

Назовите стадии процесса роста кристалла из раствора?

Как выглядит энергетическая диаграмма кристаллизации? Объясните ее.

Что такое кинетический режим роста кристаллов? Как определяется скорость роста кристалла в этом случае?

Какие закономерности характеризуют диффузионный режим роста кристаллов?

Что такое стационарная форма кристалла?

Сформулируйте теорему Гиббса-Вульфа для равновесных форм кристаллов.

Что такое положение полукристалла?

Что такое периодическая цепь связи? Какие они бывают?

Что называется кристаллом Косселя?

Что такое огранка кристалла и его габитус? Какое влияние оказывают примеси на процесс кристаллизации и габитус получаемого кристалла?

Что такое эпитаксия? Какая она бывает?

### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:**

Что изучает химия твердого тела?

Дайте определение понятия «твердое состояние вещества».

Какие Вы знаете способы классификации твердых веществ?

Расскажите о классификации твердых веществ по степени упорядочения частиц в пространстве, уровню организации микрочастиц, типу химической связи виду зонной структуры.

Определите оптимальный набор физико-химических свойств, которыми должны обладать вещества для получения их в виде монокристаллов при кристаллизации: из расплава, из раствора, из паровой фазы.

Какие методы существуют для получения кристаллов из раствора?

Как проводят массовую кристаллизацию? Какие стадии и аппаратура этого процесса?

Каким образом можно вырастить монокристалл из раствора? Из расплава? Как проводят гидротермальное выращивание кристаллов? Какая аппаратура при этом используется?

Каковы условия проведения кристаллизации из гелей?

Для чего используют химический транспорт через паровую фазу?

Какая аппаратура используется в методе испарения с последующей сублимацией? Методе молекулярных пучков? Методе катодного распыления?

Какими факторами определяется скорость химической реакции при взаимодействии двух твердых тел?

Назовите аппаратуру и стадии керамического синтеза?

Опишите методы синтеза твердых соединений, используемые Вами при выполнении квалификационной работы. Почему Вы выбрали эти методы?

Из каких этапов состоит процесс проводимого Вами синтеза? Какие процессы происходят на каждом этапе? Как можно использовать эту информацию и справочные данные о свойствах веществ для оптимизации процесса синтеза?

Какие приемы, способствующие кристаллизации, используются Вами в квалификационной работе?

Какая аппаратура используется при выполнении Вашей квалификационной работы для синтеза твердых веществ и анализа полученных результатов? Обоснуйте ее выбор.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше



Оценка	Критерии оценивания
	минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении	Продemonстрирован творческий подход к решению

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки	решения стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач без ошибок и недочетов	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 с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Микроскопическое рассмотрение фазового равновесия в однокомпонентных системах.
2. Кристаллизация. Стадии кристаллизации. Образование зародышей твердой фазы: термодинамическое и кинетическое описание.
3. Кристаллизация. Стадия роста кристаллов. Теории, объясняющие рост кристаллов. Атомно-гладкие и атомно-шероховатые поверхности.
4. Кинетический и диффузионный режимы роста кристаллов. Энергетическая диаграмма процесса кристаллизации.
5. Морфология кристаллов. Методы описания равновесных форм роста кристаллов.
6. Получение твердых веществ из растворов. Массовая кристаллизация, выращивание монокристаллов.
7. Методы получения твердых веществ из гелей и расплавов.
8. Получение твердых веществ кристаллизацией из паровой фазы. Получение тонких пленок. Эпитаксия.

9. Получение твердых веществ путем твердофазных реакций. Факторы, влияющие на скорость твердофазных реакций.
10. Влияние структурных дефектов на температуру плавления кристаллов, прочность и пластичность твердых материалов. Центры окраски в твердых веществах.
11. Влияние дефектов на транспортные свойства твердых веществ.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Предмет физической химии твердого тела. Твердое состояние вещества. Классификация твердых веществ.
2. Фазовые равновесия в одно- и двухкомпонентных системах. Макроскопическое рассмотрение.
3. Функция радиального распределения. Мотив структуры. Классификация твердых веществ по структурному мотиву.
4. Ионная химическая связь в твердых телах. Устойчивость ионных структур. Энергия решетки ионных кристаллов.
5. Ковалентная химическая связь в твердых телах. Координация атомов.
6. Металлическая связь в твердых телах. Диэлектрики, полупроводники, металлы.
7. Молекулярные кристаллы.
8. Структура идеальных и реальных (дефектных) кристаллов. Разновидности дефектов в твердых телах.
9. Точечные дефекты в твердых телах. Механизм их образования. Равновесие точечных дефектов.
10. Линейные дефекты в твердых телах, их образование и развитие.
11. Поверхностные дефекты в твердых телах, их образование и развитие.
12. Объемные дефекты в твердых телах, механизмы их образования.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Кригер В. Г. Избранные главы химии твердого тела : учебное пособие / Кригер В. Г., Каленский А. В., Ананьева М. В. - Кемерово : КемГУ, 2014. - 139 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции КемГУ - Химия. - ISBN 978-5-8353-1612-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=700424&idb=0>.
2. Кузьмина Л. В. Задачник по химии твердого тела / Кузьмина Л. В., Газенаур Е. Г., Крашенинин В. И. - Кемерово : КемГУ, 2010. - 63 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань.

- Книга из коллекции КемГУ - Химия. - ISBN 978-5-8353-1093-7.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=684901&idb=0>.  
3. Уваров Н. Ф. Химия твердого тела : учебное пособие / Уваров Н. Ф., Матейшина Ю. Г. -  
Новосибирск : НГТУ, 2019. - 108 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебного пособия. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС  
Лань. - Книга из коллекции НГТУ - Химия. - ISBN 978-5-7782-3831-2.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729523&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Вест Антони Р. Химия твердого тела : теория и приложения : в 2 ч. Ч. 1 / пер. с англ. А. Р. Кауля, И. Б. Куценка ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Мир, 1988. - 555 с. : ил. - ISBN 5-03-000070-4. - ISBN 5-03-000056-9 : 6.00., 1 экз.
2. Вест Антони Р. Химия твердого тела : теория и приложения : в 2 ч. Ч. 2 / пер. с англ. А. Р. Кауля, И. Б. Куценка ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Мир, 1988. - 334, [1] с. : ил. - ISBN 5-03-000070-4. - ISBN 5-03-000071-2 : 4.00., 2 экз.
3. Хенней Н. Химия твердого тела / пер. с англ. Ю. И. Михайлова, Э. Ф. Хайретдинова ; под ред. В. В. Болдырева. - М. : Мир, 1971. - 223 с. : ил. - 1.03., 5 экз.

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

[http://www.unn.ru/books/met\\_files/Asabina.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Asabina.pdf)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

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

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 подготовки 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Асабина Елена Анатольевна, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Сулейманов Евгений Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.