

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

  
В.М. Иевлев  
*подпись, расшифровка подписи*

25.06.2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.13 Аморфные жидкокристаллические материалы**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** материаловедение и индустрия наносистем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Донцов Алексей Игоревич, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 17.06.2021

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

**8. Учебный год:** 2023/2024

**Семестр(ы):** 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

теоретическое и практическое изучение основ физики конденсированного состояния, включающих общие представления о структуре жидкостей и аморфных структур, о процессах, происходящих внутри и на поверхности жидкости и твердого тела, об основных зависимостях между атомно-электронной структурой жидкостей и твердых тел, их составом и различными физическими свойствами - механическими, тепловыми, электрическими, магнитными, оптическими и другими.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПК-2.1.	Способен выбирать методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей	<b>знать:</b> основные зависимости между атомно-электронной структурой жидкостей и твердых тел, их составом и различными физическими свойствами; основные принципы и методы синтеза аморфных материалов различного назначения <b>уметь:</b> использовать знания для выбора образцов, а также параметров и методов синтеза материалов в соответствии с поставленной задачей <b>владеть:</b> навыками проведения самостоятельных экспериментальных исследований в области синтеза аморфных материалов.
		ПК-2.2.	Способен использовать знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач	<b>знать:</b> иметь целостное представление о структуре жидкостей и аморфных тел, о процессах, происходящих внутри и на поверхности жидкости и твердого тела <b>уметь:</b> использовать знания описания механических, тепловых, электрических, магнитных, оптических и других свойств для широкого круга аморфных материалов включая объекты, полученные самостоятельно в рамках научно-исследовательской деятельности. <b>владеть:</b> навыками проведения самостоятельных экспериментальных исследований в области изучения свойств аморфных материалов.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108

Форма промежуточной аттестации – зачет.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			5	
Контактная работа				
в том числе:	лекции	36	36	
	практические	36	36	
	лабораторные			
	курсовая работа			
Самостоятельная работа		36	36	
Промежуточная аттестация				
Итого:		108	108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Понятие о конденсированном состоянии вещества, особенности твердого и жидкого состояний.	Агрегатные состояния вещества. Классификация конденсированных тел по типу химической связи. Особенности движения частиц в кристаллах и жидкостях. Понятие о ближнем и дальнем порядке. Раздельная функция распределения как количественная мера ближнего порядка в жидкостях	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
1.2	Твердые тела, жидкости и стекла	Физика жидких кристаллов. Физика жидкостей. Физика дисперсных систем. Методы синтеза аморфных материалов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
1.3	Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах.	Рассеяние рентгеновских лучей свободным электроном и свободным атомом. Рассеяние электронов свободным атомом. Рассеяние медленных нейтронов на свободном ядре. Параметры, определения по кривым интенсивности. Определение парной корреляционной функции. Определение функций распределения электронной плотности для молекулярных жидкостей и аморфных тел.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
1.4	Исследование структуры жидкостей.	Аппаратура. Монохроматизация. Системы детектирования. Теория Ван Хофа. Временные корреляционные функции. Методологические особенности электронографии. Информация, получаемая из кривой интенсивности. Строение жидких металлов. Электронография поверхностных слоев.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
1.5	Решеточные теории жидкого состояния.	Классификация решеточных теорий жидкого состояния: теория свободного объема, дырочные теории. Статистический интеграл для решетки. Уравнения состояния Эйринга.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
1.6	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	Молекулярные функции распределения по Боголюбову и Борну-Грину-Ивону. Вычисление внутренней энергии. Уравнение состояния.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>

1.7	Методы расчета радиальной функции распределения.	Метод Боголюбова. Цепочка интергродифференциальных уравнений Боголюбова. Уравнение Боголюбова-Борна-Грина-Ивона. Суперпозиционное приближение. Гиперцепное приближение и приближение Перкуса-Иевики.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
1.8	Аналитический и численные расчеты теплоты испарения.	Аналитический расчет внутренней энергии и теплоты испарения жидкостей. Обработка кривых рассеяния электронов расплавами металлов. Нахождение структурного фактора и радиальной функции распределения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Твердые тела, жидкости и стекла	Решение задач по темам: Физика жидких кристаллов. Физика жидкостей. Физика дисперсных систем.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
2.2	Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах.	Определение парной корреляционной функции. Определение функций распределения электронной плотности для молекулярных жидкостей и аморфных тел	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
2.3	Исследование структуры жидкостей.	Расчет кривых интенсивности. Построение и расчет электронограмм от поверхностных слоев	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
2.4	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	Вычисление внутренней энергии	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
2.5	Методы расчета радиальной функции распределения.	Расчета радиальной функции распределения по методу Боголюбова.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>
2.6	Аналитический и численные расчеты теплоты испарения.	Аналитический расчет внутренней энергии и теплоты испарения жидкостей. Обработка кривых рассеяния электронов расплавами металлов. Нахождение структурного фактора и радиальной функции распределения	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Понятие о конденсированном состоянии вещества, особенности твердого и жидкого состояний.	4	0		6	10
2	Твердые тела, жидкости и стекла	6	10		6	22
3	Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах.	6	6		4	16
4	Исследование структуры жидкостей.	5	4		4	13
5	Решеточные теории жидкого состояния.	4	0		1	5

6	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	4	5		5	14
7	Методы расчета радиальной функции распределения.	3	5		5	13
8	Аналитический и численный расчеты теплоты испарения.	4	6		5	15
	Итого:	36	36		36	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Организация изучения дисциплины предполагает:

изучение основных и дополнительных литературных источников;

выполнение практического задания;

текущий контроль успеваемости в форме тестового контроля и устного опроса по основным разделам дисциплины,

использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11980>

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Матухин В.Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков .— СПб. [и др.] : Лань, 2010. – 218 с.
2	Павлов П.В. Физика твердого тела : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". – 4-е изд. – Москва : URSS, 2015. – 316 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М: Наука 2003. – 304 с.
4	Попель С.И., Спиридонов М.А., Жукова Л.А. Атомное упорядочение в расплавленных и аморфных металлах. Екатеринбург, 1997.
5	Смирнова Н.А. Теория растворов. М.: Высшая школа, 1984.
6	Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. М.: Высшая школа, 1982.
7	Мальцев А.А. Молекулярная спектроскопия. МГУ, 1980
8	Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. М.: Высшая школа, 1980.
9	Крокстон К. Физика жидкого состояния. М.: Мир, 1978.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
2.	Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet, <a href="http://www.chem.msu.ru/rus/">http://www.chem.msu.ru/rus/</a>
3.	Образовательный ресурс по материаловедению – <a href="http://www.materialscience.ru/lectures.htm">http://www.materialscience.ru/lectures.htm</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Проведение текущей аттестации и самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Понятие о конденсированном состоянии вещества, особенности твердого и жидкого состояний.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №1
2	Твердые тела, жидкости и стекла	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №2
3	Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
4	Исследование структуры жидкостей.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №3
5	Решеточные теории жидкого состояния.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
6	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	ПК-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №4
7	Методы расчета радиальной функции распределения.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
8	Аналитический и численные расчеты теплоты испарения.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Комплект КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущая аттестация

#### Комплект тестов №1

1. Зародышеобразование – это  
А) процесс флуктуационного образования жизнеспособных центров выделения новой фазы при фазовых переходах первого рода и химических реакциях;  
Б) собирательный и неопределенный, поскольку просто подразумевает, что возникает новый зародыш;  
В) процесс разделения среды на две и более фаз;  
Г) процесс фазового перехода в системе, находящейся вне области термодинамически устойчивых состояний;  
Д) ответы А-Г верны; Е) Верного ответа нет.
2. Энергия связи системы – это  
А) это величина, показывающая изменение энергии в ходе химической связи и дающая таким образом ответ на вопрос о принципиальной возможности образования химической связи;  
Б) термодинамический потенциал, убыль которого в изотермическом процессе равна работе, совершённой системой над внешними телами;  
В) энергия равная работе, которую необходимо затратить, чтобы разделить эту систему на составляющие ее частицы и удалить их друг от друга на такое расстояние, на котором их взаимодействием можно пренебречь;  
Г) часть полной энергии термодинамической системы, которая не зависит от выбора системы отсчета и показывает изменение химического потенциала и направления перекрытия электронных облаков;  
Д) ответы А-Г верны; Е) Верного ответа нет.
3. Что такое критический зародыш?  
А) Зародыш, рост которого приводит к уменьшению свободной энергии системы;  
Б) Зародыш, который находится в состоянии неустойчивого равновесия с окружающей средой;  
В) Зародыш такого размера, при котором в системе достигается максимум свободной энергии при  $\Delta\mu > 0$ ;  
Г) Зародыш такого размера, при образовании которого увеличение химического потенциала превышает затраты энергии на образование новой поверхности;  
Д) ответы А-Г верны; Е) Верного ответа нет.
4. Какова доля ионной связи в межатомном взаимодействии для соединения GaAs:  
А) 18%; Б) 26%; В) 51%; Г) 32%; Д) 94%;  
Е) Верного ответа нет.
5. Ионная связь – это  
А) химическая связь, образованная перекрытием пары валентных электронных облаков;  
Б) химическая связь между атомами возникающая за счёт обобществления их валентных электронов;  
В) химическая связь, образуемая между атомами с большой разностью электроотрицательностей, при которой общая электронная пара переходит преимущественно к атому с большей электроотрицательностью;  
Г) химическая связь, возникающая при поляризации молекул и образовании диполей;  
Д) форма ассоциации между атомами, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом;  
Е) верного ответа нет.

6. В чем заключаются особенности зародышеобразования согласно теории Фольмера-Вебера:
- А) В учете спонтанного возникновения гетерофазных флуктуаций и их дальнейшей эволюции за счет последовательного присоединения отдельных молекул. Использование функции квазистационарного распределения зародышей;
  - Б) В учете эволюции во времени ансамбля зародышей с разными радиусами – поглощение мелких зародышей крупными;
  - В) В учете баланс между энергией химических связей в объемном состоянии и энергией образования новой поверхности;
  - Г) В учете компенсации части ненасыщенных связей на поверхности зародыша при контакте с ним смачиваемой им поверхности;
  - Д) В учете ограниченной молекулярной подвижности и экспоненциальной зависимости вязкости переохлажденной жидкости от температуры;
  - Е) Верного ответа нет.
7. Что произойдет, если в насыщенный раствор NaCl поместить идеальный монокристалл NaCl?
- А) Кристалл будет растворяться, пока не растворится полностью;
  - Б) Кристалл будет растворяться, пока не установится равновесие между ним и раствором;
  - В) Кристалл в насыщенном растворе будет существовать бесконечно долго;
  - Г) Кристалл будет расти до тех пор, пока не достигнет стенок сосуда, в котором находится раствор;
  - Д) Кристалл будет расти до тех пор, пока не установится равновесие между ним и раствором;
  - Е) Верного ответа нет.
8. В чем заключаются особенности зародышеобразования согласно теории Лифшица-Слезова:
- А) В учете спонтанного возникновения гетерофазных флуктуаций и их дальнейшей эволюции за счет последовательного присоединения отдельных молекул. Использование функции квазистационарного распределения зародышей;
  - Б) В учете эволюции во времени ансамбля зародышей с разными радиусами – поглощение мелких зародышей крупными;
  - В) В учете баланс между энергией химических связей в объемном состоянии и энергией образования новой поверхности;
  - Г) В учете компенсации части ненасыщенных связей на поверхности зародыша при контакте с ним смачиваемой им поверхности;
  - Д) В учете ограниченной молекулярной подвижности и экспоненциальной зависимости вязкости переохлажденной жидкости от температуры;
  - Е) Верного ответа нет.
9. Что такое метастабильное состояние системы?
- А) Состояние термодинамической системы, при котором всякое бесконечно малое воздействие вызывает только бесконечно малое изменение ее состояния;
  - Б) состояние системы, в котором её внутренние процессы не изменяют макроскопических параметров;
  - В) состояние квазиустойчивого равновесия системы, при котором после малого воздействия система возвращается в исходное состояние;
  - Г) Состояние соответствующее локальному минимуму термодинамического потенциала и поэтому устойчивому относительно малых изменений параметров системы;
  - Д) ответы А-Г верны;
  - Е) Верного ответа нет.
10. Что определяет формула Томсона-Фрейндлиха?
- А) Разницу между давлением пара над вогнутой (выпуклой) поверхностью и давления пара над плоской поверхностью;







Д) ответы А-Г верны;

Е) Верного ответа нет.

### Комплект тестов №3

1. Какой механизм пластической деформации металлов и сплавов является основным  
А) Межзеренное проскальзывание;      Б) Внутризеренное сдвиговое перемещение;  
В) Скольжение;      Г) Двойникование;      Д) Верного ответа нет.
2. При каких условиях внутризеренная и межзеренная пластическая деформация облегчена?  
А) При  $T \geq 0,5T_{пл}$ ;      Б) При пластической деформации выше 70%;  
В) При максимальном значении фактора Шмида;  
Г) При рекристаллизации;      Д) Верного ответа Нет.
3. Что такое система скольжения?  
А) Совокупность плотноупакованных плоскостей и направлений в кристалле;  
Б) Система, соответствующая наибольшему вектору Бюргерса дислокации;  
В) Совокупность плотноупакованных плоскостей и плоскостей дефекта упаковки;  
Г) Плоскость скольжения и направление скольжения, не лежащее в этой плоскости;  
Д) Верного ответа нет.
4. По каким плоскостям и направлениям происходит пластическая деформация в металлах с ОЦК решеткой?  
А)  $\langle 110 \rangle \{112\}$ ;      Б)  $\langle 111 \rangle \{110\}$ ;      В)  $\langle 110 \rangle \{110\}, \{hkl\}$ ;  
Г)  $\{110\}, \{112\}, \{123\} \langle 111 \rangle$ ;      Д) Верного ответа нет.
5. Каково общее число возможных систем скольжения в металлах с ОЦК решеткой?  
А) 48 систем;      Б) 12 систем;      В) 6 систем;  
Г) Зависит от соотношения  $c/a$ ;      Д) Верного ответа нет
6. Какое отношение  $c/a$  соответствует идеальности структуре в ГПУ решетках?  
А) 1,331;      Б) 1,633;      В) 2,121;      Г) 0,5;      Д) Верного ответа нет
7. В каком случае деформация скольжением происходить не может?  
А) Когда Фактор Шмида  $m=0$ ;      Б) При участии диффузионных процессов;  
В) Когда ось кристалла не совпадает с кристаллографической осью;  
Г) Низкой энергией образования дефекта упаковки;  
Д) Верного ответа нет.
8. Чем определяется предел текучести монокристалла?  
А) Увеличением приведенного напряжения сдвига с ростом деформации;  
Б) Смещения перегиба вдоль линии дислокации;  
В) Фактором Шмида;      Г) Структурой металла (сплава);  
Д) Все ответы верны.
9. В чем состоит явление деформационного наклепа?  
А) В смещении перегиба вдоль линии дислокации;  
Б) В увеличении приведенного напряжения сдвига с ростом деформации;  
В) В повороте плоскости скольжения в более благоприятное положение;  
Г) В увеличении степени деформации с повышением температуры;  
Д) Все ответы верны.
10. Каким образом осуществляется скольжение при участии процесса переползания?  
А) В результате образования косых перегибов (вместо прямых) на дислокации;

- Б) В результате скольжения краевых дислокаций и переползания винтовых;
- В) В результате смещения перегиба вдоль линии дислокации;
- Г) В результате переползания дислокации как единого целого; Д) Верного ответа нет.

#### Комплект тестов №4

1. Плоскостями двойникования в кристаллах являются
  - А) Плотнупакованные плоскости и плоскости дефекта упаковки;
  - Б) Плоскости зеркального отражения, пересечения которых с поверхностью имеют вид прямолинейных границ.**
  - В) Плоскости с наименьшим вектором Бюргерса дислокации;
  - Г)  $\{211\}$
  - Д) Все ответы верны
2. Как определить по кривой напряжение-деформация механизм деформации
  - А) По появлению площадки текучести
  - Б) По исчезновению участка упругой деформации
  - В) По появлению участков зубчатого вида
  - Г) По снижению предела прочности
  - Д) Верного ответа нет.
3. К какому типу границ относятся плоскости двойникования
  - А) Междолинный тип
  - Б) Междолинный тип
  - В) Когерентный тип**
  - Г) Двойниковый тип
  - Д) Верного ответа нет
4. Что представляет собой процесс двойникования
  - А) Кооперативное движение атомов на часть междолинного расстояния**
  - Б) Расщепление дислокаций
  - В) Образование частичных дислокаций
  - Г) Образование дефектов упаковки с последующим двойникованием
  - Д) Все ответы верны
5. Какие параметры кристалла изменяются при двойниковании
  - А) Симметрия
  - Б) Структура
  - В) Сингония
  - Г) Симметрия и структура
  - Д) Верного ответа нет**
6. Чем определяется величина сдвиговой деформации при двойниковании
  - А) Энергией образования дефекта упаковки
  - Б) Приложенными нормальными напряжениями
  - В) Изменением угла между неискаженными плоскостями**
  - Г) Энергией движения перегиба на дислокации
  - Д) Верного ответа нет
7. При каких условиях скорость двойникования в кристалле возрастает
  - А) С увеличением скорости деформации
  - Б) с понижением температуры
  - В) с уменьшением энергии дефекта упаковки
  - Г) с понижением энергии сдвига
  - Д) Все ответы верны**
8. Механизмом двойникования в кристалле является
  - А) Дислокационный механизм;**
  - Б) Полюсный механизм;
  - В) Механизм поперечного скольжения;
  - Г) Кооперативный механизм;
  - Д) Все ответы верны
9. Как происходит рост двойника по механизму Коттрелла-Билби
  - А) Путем образования дефекта упаковки вращением дислокации с последующим движением вдоль линии дислокации**
  - Б) Частичные дислокации расщепляются в скоплении и в плоскости двойникования, давая двойничающие дислокации
  - В) Путем искажения плоскостей плотной упаковки с последующим зеркальным отражением в плоскости (111)



20. Классификация решеточных теорий жидкого состояния: теория свободного объема, дырочные теории.
21. Статистический интеграл для решетки. Уравнения состояния Эйринга.
22. Молекулярные функции распределения по Боголюбову и Борну-Грину-Ивону.
23. Вычисление внутренней энергии. Уравнение состояния.
24. Метод Боголюбова. Цепочка интерго-дифференциальных уравнений Боголюбова. Уравнение Боголюбова-Борна-Грина-Ивона.
25. Суперпозиционное приближение. Гиперцепное приближение и приближение Перкуса-Йефика.
26. Аналитический расчет внутренней энергии и теплоты испарения жидкостей.
27. Обработка кривых рассеяния электронов расплавами металлов.

Нахождение структурного фактора и радиальной функции распределения.

### Практические задания

1. Определение парной корреляционной функции.
2. Расчет кривых интенсивности
3. Построение и расчет электронограм от поверхностных слоев
4. Вычисление внутренней энергии
5. Расчета радиальной функции распределения по методу Боголюбова
6. Аналитический расчет внутренней энергии и теплоты испарения жидкостей.
7. Определение функций распределения электронной плотности для молекулярных жидкостей и аморфных тел
8. Обработка кривых рассеяния электронов расплавами металлов.

Описание технологии проведения.

После получения студентом билета КИМ и бланка листа ответа, самостоятельно выполняются задания КИМ в письменной форме. Время подготовки 40 минут.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание основных зависимостей между атомно-электронной структурой жидкостей и твердых тел, их составом и различными физическими свойствами; знание классификации, способов синтеза, основных проявлений и природы размерных эффектов в нанодисперсных системах;
- 2) Целостное представление методах синтеза аморфных структур, о структуре жидкостей и аморфных тел, о процессах, происходящих внутри и на поверхности жидкости и твердого тела;
- 3) умения описывать механические, тепловые, электрические, магнитные, оптические свойства для круга аморфных материалов и жидкостей;
- 4) владение способностью иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полные и развернутые ответы на вопросы билета, возможны некоторые неточности, в целом не влияющие на содержание ответа; в случае активной работы в течение семестра и систематической подготовки докладов возможно выставление зачёта автоматом.	Пороговый уровень	Зачтено
отсутствие основных знаний по разделам дисциплины, отсутствие ответов на вопросы билета	–	Не зачтено