

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*

26.03.2020 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 № 3 от 19.03.2020

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

**8. Учебный год:** 2022/2023

**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
ПКВ-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПКВ-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.
		ПКВ-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	-
1.2	Твердые тела, жидкости и стекла	Физика жидких кристаллов. Физика жидкостей. Физика дисперсных систем. Методы синтеза аморфных материалов.	-
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.	-
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.	-
1.5	Решеточные теории жидкого состояния.	Классификация решеточных теорий жидкого состояния: теория свободного объема, дырочные теории. Статистический интеграл для решетки. Уравнения состояния Эйринга.	-
1.6	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	Молекулярные функции распределения по Боголюбову и Борну-Грину-Ивону. Вычисление внутренней энергии. Уравнение состояния.	

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.	-
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.	-
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Твердые тела, жидкости и стекла	Решение задач по темам: Физика жидких кристаллов. Физика жидкостей. Физика дисперсных систем.	-
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	
2.3	Исследование структуры жидкостей.	Расчет кривых интенсивности. Построение и расчет электронограмм от поверхностных слоев	
2.4	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	Вычисление внутренней энергии	
2.5	Методы расчета радиальной функции распределения.	Расчета радиальной функции распределения по методу Боголюбова.	
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	

### 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.

#### 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 а морфных 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.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №1
2	Твердые тела, жидкости и стекла	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №2
3	Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос
4	Исследование структуры жидкостей.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №3
5	Решеточные теории жидкого состояния.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос
6	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос, Комплект тестов №4
7	Методы расчета радиальной функции распределения.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2	Устный опрос
8	Аналитический и численные расчеты теплоты испарения.	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-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, образующаяся 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:

- A) 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?
- A) 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:
- A) 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?
- A) 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?
- A) Разницу между давлением пара над вогнутой (выпуклой) поверхностью и давления пара над плоской поверхностью;
- Б) Направление диффузии при спиноподальном распаде;



- В) Энергию упругих напряжений возникающих из-за разности плотностей зародыша и матрицы;
- Г) Возможность эпитаксии на поверхности;
- Д) Размер критического зародыша;
- Е) Верного ответа нет

### Комплект тестов №2

1. В чем заключаются особенности зародышеобразования согласно теории Гиббса-Фольмера:
- 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
2. Что является движущей силой зародышеобразования?
- А) образование неоднородной смеси, имеющей мелкозернистую структуру, при резком охлаждении растворов
- Б) отклонение системы от положения равновесия;
- В) слияние частиц внутри подвижной среды или на поверхности тела;
- Г) изменение структуры системы, приводящее к потере ее естественных свойств;
- Д) ответы А-Г верны; Е) Верного ответа нет.
3. Эпитаксия – 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 на поверхности кристалла;
- В) процесс разделения среды на две и более фаз;
- Г) ориентированное наращивание вещества на кристаллической поверхности;
- Д) ответы А-Г верны; Е) Верного ответа нет.
4. Металлическая 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, образующаяся 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.
5. В чем заключаются особенности зародышеобразования согласно теории Беккера-Деринга-Зельдовича:
- А) В учете энергии упругих напряжений, возникающих из-за разности плотностей зародыша и матрицы, в которой он образуется;

- 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
6. Что такое лабильное состояние системы?
- А) Область состояния системы, в которой раствор может существовать без изменений «кинетически» очень долго, не являясь термодинамически равновесным;
  - Б) Состояние системы, в котором за счет самопроизвольных флуктуаций концентрация вещества также локально изменяется, причем это приводит к образованию новой фазы;
  - В) Состояние системы, при котором кристалл и жидкая фаза находятся в равновесии бесконечно долго;
  - Г) Состояние термодинамического равновесия пара с жидкостью или твердым телом того же состава;
  - Д) ответы А-Г верны;
  - Е) Верного ответа нет.
7. Какова доля ионной связи в межатомном взаимодействии для соединения SiO<sub>2</sub>:
- А) 18%;
  - Б) 26%;
  - В) 51%;
  - Г) 32%;
  - Д) 94%;
  - Е) Верного ответа нет.
8. В чем заключаются особенности гетерогенного зародышеобразования?
- А) В учете энергии упругих напряжений, возникающих из-за разности плотностей зародыша и матрицы, в которой он образуется;
  - 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. Почему при спиноподальном распаде диффузия компонентов идет против этого градиента концентрации компонентов?
- А) т.к. при спиноподальном распаде не требуется образование зародыша и просто идет расслоение компонентов;
  - Б) т.к. направление диффузии определяется градиентом химического потенциала;
  - В) т.к. существует активационный барьер для начала спиноподального распада, не позволяющий атомам диффундировать по направлению градиента концентраций;
  - Г) т.к. направление диффузии определяется градиентами изобарно – изотермического и изохорно - изотермического потенциала, а также коэффициентом диффузии;
  - Д) ответы А-Г верны;
  - Е) Верного ответа нет.
10. С чем связан эффект Оствальдовского старения?
- А) с изменением свойств материала, протекающим во времени без заметного изменения микроструктуры;
  - Б) с тем, что давление пара над вогнутой или выпуклой поверхностью отличается от давления пара над плоской поверхностью;
  - В) с ориентированным наращивание вещества на кристаллической поверхности;
  - Г) с распадом, полигонизацией и рекристаллизацией образовавшейся фазы;

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)

- Г) Путем движения частичной дислокации вдоль линии дислокации перпендикулярно неискаженным плоскостям
- Д) Верного ответа нет
10. Как происходит рост двойника по механизму поперечного скольжения
- А) Путем образования дефекта упаковки вращением дислокации с последующим движением вдоль линии дислокации
- Б) Частичные дислокации расщепляются в скоплении и в плоскости двойникования, давая двойнивающие дислокации**
- В) Путем искажения плоскостей плотной упаковки с последующим зеркальным отражением в плоскости (111)
- Г) Путем движения частичной дислокации вдоль линии дислокации перпендикулярно неискаженным плоскостям
- Д) Верного ответа нет
11. Величина локальных деформаций у стыка двойников определяется
- А) Условиями двойникования                                      Б) природой двойниковых прослоек
- В) Углом встречи двойников                                      Г) природой двойниковых границ
- Д) Все ответы верны**
12. Чем определяется вклад двойникования в общую пластическую деформацию
- А) Углом между осью кристалла и плоскостью двойникования и углом между осью кристалла и направлением двойникования.**
- Б) Энергией образования дефекта упаковки
- В) Изменением угла между неискаженными плоскостями
- Г) Энергией движения перегиба на дислокации
- Д) Верного ответа нет

## Темы курсовых работ

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Агрегатные состояния вещества.
2. Классификация конденсированных тел по типу химической связи.
3. Особенности движения частиц в кристаллах и жидкостях.
4. Понятие о ближнем и дальнем порядке.
5. Раздельная функция распределения как количественная мера ближнего порядка в жидкостях
6. Физика жидких кристаллов. Физика жидкостей
7. Физика дисперсных систем
8. Рассеяние рентгеновских лучей свободным электроном и свободным атомом.
9. Рассеяние электронов свободным атомом.
10. Рассеяние медленных нейтронов на свободном ядре.
11. Параметры, определения по кривым интенсивности.
12. Определение парной корреляционной функции.
13. Определение функций распределения электронной плотности для молекулярных жидкостей и аморфных тел.
14. Теория Ван Хофа.
15. Временные корреляционные функции.
16. Методологические особенности электронографии.
17. Информация, получаемая из кривой интенсивности.
18. Строение жидких металлов.
19. Электронография поверхностных слоев.

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