

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
материаловедения и индустрии наносистем



В.М. Иевлев
20.06.2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.19 Физика конденсированного состояния
(жидкости и аморфные структуры)

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**
04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:**

- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Донцов Алексей Игоревич, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 24.05.2018
- 8. Учебный год:** 2020-2021 **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, вариативная часть

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-8	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	знать: основные зависимости между атомно-электронной структурой жидкостей и твердых тел, их составом и различными физическими свойствами; иметь целостное представление о структуре жидкостей и аморфных структур, о процессах, происходящих внутри и на поверхности жидкости и твердого тела уметь: 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. владеть: навыками проведения самостоятельных экспериментальных исследований в области изучения свойств аморфных материалов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/ 72..

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		5
Аудиторные занятия	50	50
в том числе: лекции	34	34
практические	16	16
лабораторные		
Самостоятельная работа	22	22
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./ экзамен – 36 час.)	0	0
Итого:	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
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.
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 интерго-дифференциальных уравнений Боголюбова. Уравнение Боголюбова-Борна-Грина-Ивона. Суперпозиционное приближение. Гиперцепное приближение и приближение Перкуса-Йефика.
1.8	Аналитический и численный расчеты теплоты испарения.	Аналитический расчет внутренней энергии и теплоты испарения жидкостей. Обработка кривых рассеяния электронов расплавами металлов. Нахождение структурного фактора и радиальной функции распределения.
2. Практические занятия		
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 электронограм 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 численный расчеты теплоты испарения.	Аналитический расчет внутренней энергии и теплоты испарения жидкостей. Обработка кривых рассеяния электронов расплавами металлов. Нахождение структурного фактора и радиальной функции распределения
2.7		

2.8		
-----	--	--

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.	2	0		1	3
2	Твердые тела, жидкости и стекла	2	0		1	3
3	Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах.	4	1		1	6
4	Исследование структуры жидкостей.	4	2		3	9
5	Решеточные теории жидкого состояния.	1111	1		1	8
6	Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения.	5	2		3	10
7	Методы расчета радиальной функции распределения.	5	4		7	16
8	Аналитический и численный расчеты теплоты испарения.	6	6		5	17
	Итого:					

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

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 (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ 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.	http://www.elibrary.ru – 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, http://www.chem.msu.ru/rus/
3.	Образовательный ресурс по материаловедению – http://www.materialscience.ru/lectures.htm

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	
2	

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Персональные компьютеры с доступом в Интернет; мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-8 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с	знать: основные зависимости между атомно-электронной структурой жидкостей и твердых тел, их составом и различными физическими свойствами; иметь целостное представление о структуре жидкостей и аморфных	Понятие о конденсированном состоянии вещества, особенности твердого и жидкого состояний. Твердые тела,	Устный опрос, Комплекс тестов №1,2.

<p>применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p>структур, о процессах, происходящих внутри и на поверхности жидкости и твердого тела</p>	<p>жидкости и стекла Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах. Исследование структуры жидкостей. Решеточные теории жидкого состояния. Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения. Методы расчета радиальной функции распределения. Аналитический и численные расчеты теплоты испарения.</p>	
	<p>уметь: использовать знания о механических, тепловых, электрических, магнитных, оптических и других свойствах для широкого круга аморфных материалов включая объекты, полученные самостоятельно в рамках научно-исследовательской деятельности.</p>	<p>Понятие о конденсированном состоянии вещества, особенности твердого и жидкого состояний. Твердые тела, жидкости и стекла Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах. Исследование структуры жидкостей. Решеточные теории жидкого состояния. Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения. Методы расчета радиальной функции распределения.</p>	<p>Устный опрос, Комплект тестов №1,2</p>

		Аналитический и численный расчеты теплоты испарения.	
	владеть: навыками проведения самостоятельных экспериментальных исследований в области изучения свойств аморфных материалов.	Понятие о конденсированном состоянии вещества, особенности твердого и жидкого состояний. Твердые тела, жидкости и стекла Рассеяние рентгеновского излучения, электронов и нейтронов в жидкостях и твердых телах. Исследование структуры жидкостей. Решеточные теории жидкого состояния. Связь термодинамических параметров жидкости с функциями распределения. Методы расчета радиальной функции распределения. Аналитический и численный расчеты теплоты испарения.	Устный опрос, Комплект тестов №1,2
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Пример:

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 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 о структуре жидкостей и аморфных структур, 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

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

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.
28. Нахождение структурного фактора и радиальной функции распределения.

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.3 Тестовые задания

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;

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_2 :
- 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 спиnodальном распаде диффузия компонентов идет против этого градиента концентрации компонентов?
- А) т.к. при спиnodальном 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 спиnodального 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.

