

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.16 Квантовая и статистическая физика**

- 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:** Даринский Борис Михайлович, доктор физико-математических наук профессор
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом химического факультета, протокол №5 от 24.05.2018
- 8. Учебный год:** 2020-2021 **Семестр(ы):** 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью изучения дисциплины "Квантовая и статистическая физика" является изучение студентами основных понятий, специфики квантового движения электронов, ознакомление с достижениями и перспективами современной физики электронных систем, достижение понимания связи макросвойств вещества и движения микрочастиц.

Основные задачи изучения дисциплины:

- формирование у студентов необходимых знаний и понимания основных законов, определяющих квантовые свойства микрочастиц ;
- формирование понимания механизма возникновения макроскопических свойств материалов как следствия движения микрочастиц, эргодичности системы многих частиц.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

### Б1, вариативная часть

Необходимо знание уравнений математической физики и методов решения этих уравнений, основных понятий теории вероятностей, законов классической механики и электродинамики. Физика твердого тела, физико-химия конденсированного состояния вещества.

## 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-1	Способность использовать современные методы химии, физики, математики механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание.	<b>знать:</b> знать основные закономерности квантового движения частиц, макроскопические и микроскопические характеристики многотельных систем, основные законы термодинамики различных материалов, кинетические закономерности многотельных систем <b>уметь:</b> использовать знания для интерпретации процессов в макроскопических системах, включая объекты, полученные самостоятельно в рамках научно-исследовательской деятельности. <b>владеть:</b> навыками проведения самостоятельных исследований тепловых явлений и их интерпретации.
ОПК-2	способностью использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния	<b>знать:</b> тепловые свойства жидкостей и твердых тел, закономерности поведения материалов при высоких температурах под действием механических нагрузок, химических реакций в твердых телах. <b>уметь:</b> использовать знания о тепловых свойствах систем для интерпретации экспериментальных результатов. <b>владеть:</b> навыками самостоятельной интерпретации тепловых явлений

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4/144.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		6	№ семестра	...
Аудиторные занятия	68	68		
в том числе: лекции	34	34		
практические	34	34		
лабораторные				
Самостоятельная работа	40	40		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./ экзамен – 36 час.)	Экзамен 36			
Итого:	144	144		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Основы квантовой механики	Волновая функция многочастичной системы. Энергетический спектр. Энергетическая плотность.
1.2	Статистическая физика и термодинамика	Термодинамические потенциалы. Эргодические системы. Классическое распределение Гиббса. Квантовое распределение Гиббса. Распределение Ферми. Классическая и квантовая теории теплоемкости.
1.3	Статистическая физика идеального и реального газа	Закон Клайперона-Менделеева, Уравнение Ван-дер-Ваальса
1.4	Статистическая физика твердого тела	Фононы в кристаллах, теория теплоемкости и теплопроводности. Распределение Бозе-Ейнштейна.
1.5	Статистическая физика растворов	Идеальные и реальные растворы, растворимость, энергия смешения.
1.6	Статистическая кинетика	Классическое и квантовое кинетическое уравнение.
1.7	Теория флуктуаций	Гауссовские флуктуации, минимальная работа
1.8	Излучение черного тела	Формула черного излучения, закон Вина.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Основы квантовой механики	Волновая функция многочастичной системы. Энергетический спектр. Энергетическая плотность
2.2	Статистическая физика твердого тела	Акустические и оптические фононы
2.3	Статистическая физика растворов	Энергия смешения для различных растворов, водородный потенциал
2.4	Статистическая физика и термодинамика	Расчет химических потенциалов
2.5	Статистическая кинетика	Диффузия частиц, электропроводность твердых тел
2.6	Теория флуктуаций	Расчет функции распределения и дисперсии
2.7	Излучение черного тела	Формула черного излучения, закон Вина.

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Основы квантовой механики	4	8		5	17
2	Статистическая физика и термодинамика	4	4		5	13
3	Статистическая физика идеального и реального газа	6	2		5	13
4	Статистическая физика твердого тела	4	4		5	13
5	Статистическая физика растворов	4	4		5	13

6	Статистическая кинетика	4	4		5	13
7	Теория флуктуаций	4	4		5	13
8	Излучение черного тела	4	4		9	17
	Итого:	34	34		40	144

#### 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;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса по основным разделам дисциплины.
- Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6431>

#### 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	Мултановский В.В. Квантовая механика / В.В. Мултановский, А.С. Василевский. – 2-е изд., перераб. – М. : Дрофа, 2007. – 399 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Ландау Л.Д. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : Физматлит, 2002.- Т. 3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – 5-е изд., стер. – 803 с.
3	Ландау Л.Д. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : Физматлит, 2002.- Т. 5, ч. 1: Статистическая физика. – 5-е изд., стер. – 616 с.
4	Васильев А.М. Введение в статистическую физику : Учебное пособие для студ. вузов / А.М. Васильев.– М. : Высшая школа, 1980. – 270 с.

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

№ п/п	Ресурс
5	<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.

\* 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-1 Способность использовать современные методы химии, физики, математики механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание.	знать: основные закономерности квантового движения частиц, макроскопические и микроскопические характеристики многотельных систем, основные законы термодинамики различных материалов, кинетические закономерности многотельных систем	Основы квантовой механики	Устный опрос
	уметь: использовать знания для интерпретации процессов в макроскопических системах, включая объекты, полученные самостоятельно в рамках научно-исследовательской деятельности.	Статистическая физика и термодинамика Статистическая физика идеального и реального газа	Устный опрос
	владеть: навыками проведения самостоятельных исследований тепловых явлений и их интерпретации.	Статистическая физика и термодинамика Статистическая физика идеального и реального газа	Устный опрос
ОПК-2 способностью использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния	знать: тепловые свойства жидкостей и твердых тел, закономерности поведения материалов при высоких температурах под действием механических нагрузок, химических реакций в твердых телах.	Основы квантовой механики	Устный опрос
	уметь: использовать знания о тепловых свойствах систем для интерпретации экспериментальных результатов. :	Статистическая физика твердого тела Статистическая физика растворов Статистическая кинетика Теория флуктуаций Излучение черного тела	Устный опрос

	владеть: навыками самостоятельной интерпретации тепловых явлений	Статистическая физика твердого тела Статистическая физика растворов Статистическая кинетика Теория флуктуаций Излучение черного тела	Устный опрос
<b>Промежуточная аттестация</b>			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 экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание закономерностей квантового движения микрочастиц;
- 2) знание схемы нахождения термодинамических характеристик по микроскопическим.
- 3) знание и понимание основных статистических функций распределения ;
- 4) умение использовать знания для интерпретации макроскопических свойств;
- 5) владение способностью иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для интерпретации свойств макросистем.	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен использовать знания для интерпретации явлений, допускает отдельные ошибки в формулах	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен описать конкретные закономерности.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно

## 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. Первое и второе начала термодинамики. Энтропия.
2. Термодинамические потенциалы.
3. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Эргодические системы.
4. Распределение Гиббса для классической системы многих частиц.
5. Теорема вириала.

6. Уравнение состояния и теплоемкость идеального газа. Парадокс Гиббса.
7. Распределение с переменным числом частиц. Химический потенциал.
8. Ионизированные газы и электролиты. Экранирование электрического поля.
9. Системы с различными частицами. Правило фаз.
10. Слабые растворы. Осмотическое давление.
11. Выделение тепла при растворении.
12. Растворы сильных электролитов.
13. Фазовые переходы в растворах. Диаграмма состояний.
14. Химические реакции. Закон действующих масс.
15. Диссоциация молекул в дисциллированной воде. Водородный показатель.
16. Флуктуации внутренних параметров системы многих частиц. Распределение Гаусса.
17. Термодинамическое описание неравновесных процессов. Соотношения Онсагера. Диссипативная функция.
18. Броуновское движение. Энергия активации и частотный фактор коэффициента диффузии.
19. Фазовые переходы первого рода. Кинетика зарождения и роста новой фазы.
20. Фазовые переходы второго рода. Классификация переходов по физическому смыслу параметра порядка.
21. Теория Ландау для фазовых переходов второго рода. Критические индексы.
22. Приближение среднего поля для фазовых переходов второго рода.
- Атомное упорядочивание в твердых кристаллических растворах.
23. Распределение Гиббса в квантовых системах. Распределение Ферми и Бозе.
24. Вырожденный электронный газ в металлах. Химический потенциал. Теплоемкость.
25. Магнетизм электронного газа.
26. Черное излучение.
27. Теплоемкость твердых тел.
28. Фононы. Энергетическая плотность фононов.
29. Теплоемкость двумерных и одномерных систем.
30. Равновесные концентрации электронов и дырок в собственных полупроводниках.

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса, защиты рефератов выполнения практического задания. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.