

## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО КОНКУРСНОЙ ГРУППЕ КНТ ФИЗИЧЕСКАЕ НАУКИ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ**

На вступительном испытании будут заданы вопросы по выпускной квалификационной работе, вопросы по общефизическим дисциплинам и вопросы из раздела, соответствующего направлению будущей научно-исследовательской деятельности поступающего.

### **I. Вопросы по выпускной квалификационной работе (магистратура или специалитет)**

1. Основные положения.
2. Новизна.
3. Актуальность.

### **II. Вопросы по общефизическим и дисциплинам**

#### **Колебания, основы молекулярной физики и термодинамики**

1. Свободные колебания системы без трения. Математический маятник. Физический маятник. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.
2. Различные формы записи уравнения состояния идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при политропическом и адиабатическом процессе. Физический смысл энтропии идеального газа.
3. Число ударов молекул газа о стенку. Газокинетический вывод выражения для давления газа на стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
4. Распределение Максвелла. Наиболее вероятная скорость молекул, средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул. Распределение Больцмана. Распределение молекул по координатам. Барометрическая формула.
5. КПД тепловой машины. КПД цикла Карно. Теорема Карно.
6. Явления переноса. Диффузия газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента диффузии. Вязкость газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента вязкости. Теплопроводность газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента теплопроводности.

#### **Основы электромагнетизма**

1. Линии напряженности электрического поля и эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом. Работа силы электрического поля. Потенциал.
2. Электрический диполь в однородном и неоднородном поле (вращательный момент, энергия, сила). Дипольный электрический момент системы зарядов. Поле электрического диполя.
3. Поле вне и внутри объемно заряженного шара. Поле одной и двух заряженных плоскостей.
4. Электроемкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
5. Сила и плотность тока. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Мощность тока. Удельная тепловая мощность тока.
6. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Сила Лоренца. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.
7. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Поле в центре и на оси кругового

тока. Поле бесконечного прямого тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле (вращательный момент, энергия, сила).

8. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. ЭДС индукции. Индуктивность соленоида. Токи замыкания и размыкания. Энергия магнитного поля.
9. Ток смещения. Полный ток. Уравнения Максвелла.

### **Основы волновой оптики**

1. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны.
2. Эффект Доплера для звуковых и электромагнитных волн.
3. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления.
4. Явление интерференции. Сложение двух электромагнитных волн. Интенсивность суммарной волны.
5. Временная когерентность, длина когерентности на примере опыта Юнга с монохроматическим протяженным источником.
6. Способы наблюдения интерференции света (зеркало Ллойда, бипризма и бизеркала Френеля).
7. Интерференционные полосы равного наклона. Интерференционные полосы равной толщины. Простой клин.
8. Кольца Ньютона. Интерференция света на тонких пленках. Просветление оптики.
9. Графическое сложение амплитуд. Зоны Френеля.
10. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске. Дифракция Френеля на щели. Дифракция Фраунгофера на щели.
11. Дифракционная решетка. Положение и угловая ширина главных дифракционных максимумов дифракционной решетки. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.
12. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

### **Основы квантовой физики, строения вещества, атомной и ядерной физики**

1. Экспериментальные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Вина).
2. Формула Планка. Вывод закона Стефана-Больцмана из формулы Планка.
3. Фотоэффект. Уравнение А.Эйнштейна для фотоэффекта.
4. Опыт Боте. Фотоны.
5. Эффект Комптона.
6. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
7. Элементарная боровская теория водородоподобного атома.
8. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики.
9. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка размеров и минимальной энергии водородоподобного атома.
10. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка минимальной энергии одномерного гармонического осциллятора.
11. Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции.
12. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Результаты квантовой механики для одномерного гармонического осциллятора.
13. Результаты квантовой механики для водородоподобного атома.
14. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.
15. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атома. Электронные конфигурации.
16. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
17. Комбинационное рассеяние света. Эффект Рамана.
18. Энергетические зоны в твердых телах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.

### **Литература**

1. Базаров И. П. Б 17. Термодинамика: Учебник. 5 е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. — 384 с.
2. Молекулярная физика. Матвеев А.Н. М.: Высшая школа, 1981 — 400 с.

3. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3-х томах. М.: Наука, 1982.
4. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1991.
5. Иродов И.Е. Волновые процессы. М., СПб: Физматлит, 2002.

### III. Вопросы по разделам

#### Раздел «Физика конденсированного состояния»

1. Структурные единицы вещества
  - 1.1. Понятие частиц в квантовой механике. Структурные единицы вещества. Роль ядер, электронных оболочек, сил взаимодействия структурных единиц в формировании свойств конденсированных сред.
  - 1.2. Статистика структурных единиц, распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна, принцип Паули.
  - 1.3. Электрон в поле сферически симметричного потенциала, его энергия, волновая функция. Атом водорода.
2. Орбитали
  - 2.1. Геометрия волновых функций s, p, d, состояний. Атомные орбитали.
  - 2.2. Схема энергетических уровней в атоме, заполнение их электронами. 1-ое и 2-ое правила Хунда.
  - 2.3. Гибридные орбитали. Условия гибридизации. Построение гибридных орбиталей. Основные типы гибридных орбиталей,  $\sigma$ ,  $\pi$  связи.
  - 2.4. Многоцентровые и двухцентровые гибридные орбитали.
3. Симметрия и структура кристаллов
  - 3.1. Периодические атомные ряды. Трансляции и кристаллические решетки. Базис и кристаллические структуры. Свойства симметрии кристаллических решеток. Решетки Браве. Элементарная ячейка. Двумерные и трехмерные кристаллические решетки Браве.
  - 3.2. Ячейка Вигнера – Зейтца. Обратная решетка. Простейшие структуры металлов, полупроводников и диэлектриков.
  - 3.3. Теория и методы структурного анализа. Индексы Миллера. Условие дифракции Лауэ. Формула Брэгга-Вульфа.
4. Типы связей в кристаллах
  - 4.1. Силы ван дер Ваальса. Молекулярные кристаллы. Энергия связи. Ионное взаимодействие. Константа Маделунга.
  - 4.2. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь.
  - 4.3. Водородная связь в кристаллах и жидкостях.
5. Фононы
  - 5.1. Характер колебаний атомов в решетке. Нулевые колебания. Фононы.
  - 5.2. Колебания одномерной цепочки. Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с двумя ближайшими соседями. Колебания одномерной цепочки из атомов 2-х сортов. Оптические фононы.
  - 5.3. Групповая и фазовая скорости фононов.
  - 5.4. Статистика фононов. Вероятность возбуждения фонона, среднее число фононов, средняя энергия возбуждения.
  - 5.5. Спектральная плотность фононов в трехмерном, двумерном и одномерном случаях. Температура Дебая.
  - 5.6. Модели Дебая и Эйнштейна. Теплоемкость решетки в модели Дебая в трехмерном, двумерном и одномерном случаях.
  - 5.7. Электроны
  - 5.8. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Энергия и импульс Ферми. Модель ферми-жидкости.
  - 5.9. Электрон в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Эффективный потенциал. Волновая функция электрона.
  - 5.10. Одноэлектронное приближение, адиабатическое приближение. Теорема Блоха.

Квазиимпульс электрона.

- 5.11. Закон дисперсии электрона в решетке. Энергетические зоны.
  - 5.12. Зоны Бриллюэна. Заполнение зон электронами. Поверхности Ферми. Классификация поверхностей Ферми.
  - 5.13. Эффективная масса электронов. Различные способы введения понятия эффективной массы электронов в твердом теле.
  - 5.14. Феноменологическое описание электропроводности. Модель Друде. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Формула Лифшица.
  - 5.15. Плотность электронных состояний в трехмерном, двумерном и одномерном случае.
  - 5.16. Электронная теплоемкость.
  - 5.17. Теплопроводность твердого тела и ее зависимость от температуры
6. VII Электроны в магнитном поле
    - 6.1. Квантование энергетического спектра свободных электронов в магнитном поле. Уровни Ландау. Проводник в магнитном поле.
    - 6.2. Распределение квантованных магнитным полем электронов в пространстве импульсов.
    - 6.3. Спектральная плотность квантованных магнитным полем электронов.
    - 6.4. Эффект Шубникова- де Гааза. Условия наблюдения. Связь частоты с энергией Ферми и сечением поверхности Ферми.
  7. VIII Магнитные свойства конденсированных сред
    - 7.1. Парамагнетизм немагнитных веществ. Закон Кюри.
    - 7.2. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм.
    - 7.3. Обменное взаимодействие. Магнитный фазовый переход. Спонтанная намагниченность.
  8. IX. Сверхпроводимость
    - 8.1. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Глубина проникновения магнитного поля. Длина когерентности. Квантование магнитного потока.
    - 8.2. Сверхпроводник в магнитном поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Критические магнитные поля.
  9. X. Квантовые жидкости
    - 9.1. Жидкий гелий. Фононы и Ротоны в жидком гелии. Закон дисперсии элементарных возбуждений в жидком гелии.
    - 9.2. Сверхтекучесть. Критерий сверхтекучести Ландау.

## **Литература**

1. Н.Б.Брандт, В.А.Кульбачинский. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М. Физматлит, 2016.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М. Физматлит: 2006

### **Дополнительная литература**

1. В.В. Шмидт, Введение в физику сверхпроводников, М.: Наука, 2000.
2. А.А. Абрикосов Основы теории металлов. М.: Физматлит, 2005.
3. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
4. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.

### **Раздел «Биофизика»**

1. Предмет биофизики, ее подразделение, методы. Роль русских и зарубежных ученых в развитии биофизики.
2. Биоэнергетика и ее задачи. Особенности приложения законов термодинамики к биологическим системам.
3. Первый закон термодинамики. Его значение в биофизике. Методы изучения приложимости I закона термодинамики к биосистемам. Доказательства приложимости I закона термодинамики к биосистемам.

4. Второй закон термодинамики и его приложимость к биосистемам. Значение функции энтропии в биосистемах.
5. Свободная энергия и работоспособность биосистем. КПД биологических процессов.
6. Расчет стандартной свободной энергии в биосистемах исходя из связи свободной энергии и химического потенциала.
7. Свободная энергия активации в биосистемах.
8. Биологические системы как открытые системы. Уравнение Пригожина.
9. Соотношения Онзагера.
10. Стационарное состояние биосистемы. Свойства стационарных состояний.
11. Основные методы решения математических моделей в биологической кинетике.
12. Стационарная кинетика ферментативных процессов. Уравнение Михаэлиса-Ментон.
13. Критерий устойчивости стационарных состояний по Ляпунову.
14. Модель проточного культиватора как пример стационарной системы с различными стационарными состояниями.
15. Типы особых точек в биосистемах. Колебательные системы. Модель Вольтерра.
16. Триггерные свойства биосистем.
17. Схемы электронных возбужденных состояний, синглетное и триплетное возбужденные состояния, их особенности и значение в биосистемах.
18. Молекулярные основы зрительной рецепции.
19. Фототропизм.
20. Миграция энергии в биосистемах. Индуктивно-резонансный механизм миграции энергии (FRET).
21. Биолюминесценция.
22. Перекисное окисление липидов и хемилюминесценция.
23. Структурно-функциональная организация биологических мембран.
24. Пассивное проникновение веществ через мембрану, простая диффузия.
25. Облегченная диффузия.
26. Активный транспорт через мембрану. Структура и механизм работы  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы.
27. Уравнение Гольдмана.
28. Потенциал покоя как совокупность пассивной и активной компонент.
29. Природа потенциала действия, уравнение Ходжкина-Хаксли.
30. Возбудимые ионные каналы.
31. Действие ионизирующих излучений на биологические системы, биологическая эффективность разных типов излучений.
32. Принципы количественной радиобиологии.
33. Особенности первичного действия ионизирующих излучений на организм.
34. Механизм первичного действия ионизирующих излучений.
35. Особенность вторичных реакций лучевого поражения.
36. Пути проникновения радиоактивных изотопов в организм, факторы, влияющие на распределение радиоактивных изотопов внутри организма.
37. Факторы токсического действия радиоактивных изотопов при попадании внутрь организма.

### Литература

1. Антонов В.Ф. Биофизика. Учебник для ВУЗов. М.: ВЛАДОС 2000. 288 с.
2. Артюхов В.Г., Башарина О.В. Молекулярная биофизика: механизмы протекания и

- регуляции внутриклеточных процессов. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2012.
3. Артюхов В.Г. Биофизика, Издательство: Академический Проект, Деловая книга, 2009.
  4. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М.: Наука, 1988. – 592 с.
  5. Губанов Н.И., Утепбергенов А.А. Медицинская биофизика. - М.: Медицина, 1978 – 336 с.
  6. Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика. - М.: Мир, 2009. - 551 с.
  7. Костюк П.Г. и др. Биофизика, 1988.
  8. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. Учебник для вузов. 2003. 506 с.
  9. Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. – М.: МГУ, 1987. – 304 с.
  10. Рубин А.Б. Биофизика. Т.1,2. М.: Издательство МГУ, 2004.
  11. Рубин А.Б. Лекции по биофизике, 1994.