

## Содержание лекций 3-й семестр 2014 г

### Лекция 1

04.09.2014

**Тепловое излучение.** Спектральные характеристики теплового излучения. Поглощательная и излучательная способность твердых тел. Абсолютно черное тело. Энергетическая светимость. Равновесное излучение в полости. Закон Кирхгофа. Связь излучательной способности с плотностью энергии равновесного излучения. Экспериментальная зависимость излучательной способности от длины волны (график). Закон Стефана-Больцмана. Законы смещения Вина. Гипотеза квантов и формула Планка. Свойства черного излучения: вывод из формулы Планка закона Стефана-Больцмана и закона смещения Вина. *Вывод формулы Планка по Эйнштейну.*

#### Литература

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 §§ 1-6.

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 §§ 1.1-1.4, 1.6, 1.7

И. Е. Иродов Квантовая физика § 1.1

Задачник Чертова и Воробьева, Гл. 7, §§ 34.

### Лекция 2

11.09.2014

**Квантовые свойства электромагнитного излучения.** Свойства фотоэффекта (зависимость фототока от интенсивности облучения и от частоты падающего излучения) и его объяснение данное Эйнштейном. Уравнение Эйнштейна. Зависимость тока вакуумного фотоэлемента от напряжения между катодом и анодом. Задерживающий потенциал и его связь с частотой падающего излучения. Контактная разность потенциалов. Влияние контактной разности потенциалов на зависимость тока вакуумного фотоэлемента от напряжения между катодом и анодом. Эффект Комптона. Зависимость интенсивности рассеянного излучения под определенным углом от длины волны.

#### Литература

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн 5 §§ 2.1–2.4

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 §§ 7–10.

И. Е. Иродов Квантовая физика §§ 1.1–1.5 Задачи 1.1, 1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9.

Задачник Чертова и Воробьева, Гл. 7, §§ 35, 37.

### Лекция 3

19.09.2014

**Интерференция электромагнитных волн.** Интерференция двух электромагнитных волн с разными фазами (общее выражение). Когерентные и некогерентные источники. Интерференция двух монохроматических волн (опыт Юнга). Ширина интерференционной полосы в опыте Юнга. Интерферометр Майкельсона. Интерференция от тонких пленок. Однофотонная интерференция (опыт Юнга с одиночными фотонами).

#### Литература

И. Е. Иродов Волновые процессы - Гл. 4, §§ 4.1, 4.3(бипризма Френеля), 4.4, 4.5.

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн 4 Гл. 4, § 4.1, 4.4(п.1), 4.5.

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 2 § 119, 122(п.1), 123

#### **Лекция 4**

25.09.2014

##### **Дифракция электромагнитных волн.**

Многолучевая интерференция (без подробного вывода). Двухлучевая интерференция как частный случай многолучевой. Дифракция Фраунгофера на щели- следствие принципа Гюйгенса (из формулы многолучевой интерференции). Ширина дифракционного пятна, максимумы и минимумы дифракционной картины. Расхождение лазерного луча. Разрешающая способность оптических приборов. Критерий Рэля. Дифракционный предел. Разрешающая способность глаза. Дифракционная решетка. Общая формула. Главные максимумы спектра. Их ширина. Угловая дисперсия. Разрешающая способность дифракционной решетки согласно критерию Рэля.

И. Е. Иродов Волновые процессы - Гл. 5, §§ 5.1, 5.5-5.8

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн 4 §§ 4.6, 5.1, 5.2, 5.5, 5.6, 5.8

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 2 §§ 124-126, 129-132.

#### **Лекция 5**

02.10.2014

**Поляризация электромагнитного излучения.** Линейная, круговая, эллиптическая поляризация. Неполаризованное излучение, частично поляризованное излучение. Дипольное излучение электронов-причина изменения поляризации излучения. Поляризация дипольного излучения. Поляроид и принцип его действия. Изменение поляризации излучения при его прохождении через поляроидную пластинку. Поляризация при отражении. Угол Брюстера.

##### **Литература**

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн 4 Гл. 6, § 6.1.

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 2 § 134.

И. Е. Иродов Волновые процессы - Гл. 6, §§ 6.1, 6.2.

#### **Лекция 6**

09.10.2014

##### **Волновые свойства частиц и соотношение неопределенностей Гейзенберга.**

Волны де Бройля. Примеры вычисления длины волны де Бройля материальных объектов электрона, протона, теплового нейтрона. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля. Эксперименты Девиссона и Джермера по рассеянию электронов на кристаллах. Электронный микроскоп. Соотношение неопределенностей Гейзенберга (СНГ). Физический смысл СНГ. Эксперименты, подтверждающие СНГ (дифракция на молекулах фуллерена  $C_{60}$  и т. п.). Применение СНГ для оценки энергии связи электронов в атоме и нуклонов в ядре. Применение СНГ для оценки радиуса атома водорода и его энергии основного состояния.

И. Е. Иродов Квантовая физика - Гл. 3 стр. 60-84.

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 §§ 4.1-4.3.

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 §§ 11-13.

А. Г. Чертов Задачник по физике Гл. 9, § 45 стр. 478-483.

## **Лекция 7**

16.10.2014

### **Атом Резерфорда-Бора. Постулаты Бора. Спектральные серии водородоподобных атомов.**

Опыты Резерфорда по рассеянию альфа частиц на ядрах. Спектральные серии водородоподобных атомов: серии Бальмера, Лаймана, Пашена и др. Общая формула серийных линий. Классическая модель атома водорода и ее недостатки. Постулаты Бора. Стационарные уровни энергии и квантование момента импульса электрона в ядре. Вывод серийной формулы из постулатов Бора. Боровский радиус и уровни энергии электрона в атоме водорода и водородоподобных атомов. Переходы между стационарными состояниями в атоме водорода. Объяснение комбинационного принципа Ритца на основе теории Бора. Опыты Франка и Герца.

А. Г. Чертов Задачник по физике Гл. 7, § 38 стр. 444-447.

И. Е. Иродов Квантовая физика - Гл. 2 §§ 2.2, 2.3, 2.4. Задачи 2.7-2.10.

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 §§ 3.1-3.6.

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 5 §§ 21-22.

## **Лекция 8**

23.10.2014

### **Волновая функция и уравнение Шредингера**

Волновая функция. Плотность вероятности. Свойства волновой функции. Нормировка. Вычисление вероятности обнаружения частицы в области пространства. Объяснение однофотонной интерференции с помощью волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Уравнение Шредингера для свободной частицы. Уравнение Шредингера в общем виде. Волновая функция стационарного состояния. Решение уравнения Шредингера в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Гармонический осциллятор. Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке. Коэффициенты отражения и прохождения.

А. Г. Чертов Задачник по физике Гл. 9, § 46

И. Е. Иродов Квантовая физика - §§ 4.1, стр. 85-93; 4.2, 4.3, 4.4, 4.5; Задачи 4.1, 4.2, 4.5, 4.6, 4.7.

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 §§ 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9, 4.10.

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 5 §§ 14-18, 20.

## **Лекция 9**

30.10.2014

### **Волновая функция и уравнение Шредингера (Продолжение)**

Рассеяние частиц на потенциальном барьере. Туннелирование. Физические проявления эффекта туннелирования:  $\alpha$ -распад, холодная эмиссия электронов из металла, сканирующий туннельный микроскоп. Операторы импульса, кинетической энергии, полной энергии. Гамильтониан. Вычисление средних значений с помощью волновой функции. Разложение волновой функции по полному набору. Суперпозиционное состояние. Эволюция волновой функции суперпозиционного состояния от времени. Проблема измерения в квантовой механике.

Литература к теме Атом водорода

А. Г. Чертов Задачник по физике Гл. 9, § 47

И. Е. Иродов Квантовая физика - §§ 5.1, 5.2 Задачи 5.5, 5.6, 5.7

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 § 4.8, 4.9,

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 5 § 22

## **Лекция 10**

06.11.2014

**Уравнение Шредингера и атом водорода** Оператор момента импульса и его квантование. Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса. Радиальные функции и сферические гармоники. Уравнение Шредингера в центрально симметричном поле и его собственные функции. Структура уровней атома водорода. Правила отбора.

Квантование момента импульса см. здесь

И. Е. Иродов Квантовая физика - §§ 5.3, 6.1, 6.2. Задачи 6.1, 6.3

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 § 4.7, 5.1.

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 4 § 19

## **Лекция 11**

13.11.2014

Магнитный момент электрона. Атом в магнитном поле. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Простой эффект Зеемана. Спин электрона и его магнитный момент.

И. Е. Иродов Квантовая физика - §§ 6.3 (до тонкой структуры), 6.5, 6.6 (до правила Хунда), 7.1, 7.2 (до сложного эффекта Зеемана), задача 7.5

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 § 5.7 (до сложного эффекта Зеемана), 5.9, 5.10

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 5 § 23, 25 (до сложного эффекта Зеемана), 27.

## **Лекция 12**

20.11.2014

Многоэлектронные атомы. Заполнение электронных оболочек.

Симметрия волновых функций и принцип запрета Паули. Пространственное квантование. Опыт Штерна-Герлаха.

## **Лекция 13**

27.11.2014

Электроны в металлах

Электроны в одномерном случае: подсчет числа состояний, плотность уровней, уровень Ферми. Электроны в металле в трехмерном случае.. Подсчет числа состояний. Плотность уровней. Уровень Ферми. Скорость Ферми, Температура Ферми. Распределение Ферми при  $T=0K$  Распределение Ферми при ненулевой температуре. Химический потенциал. Вычисление полной энергии и полного числа частиц. Теплоемкость электронного газа.

**Что читать.**

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 § 8.1

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 5 § 38

А. Г. Чертов Задачник по физике Гл. 10, § 51 стр. 547-554.

Ч. Киттель Введение в физику твердого тела. -Наука 1978. Гл.7. Свободный электронный газ Ферми, стр.249-269.

Ф 503 Физика твердого тела: уч. пособие/ А. А. Корнилович и др. Изд-во НГТУ.-2012.

## **Лекция 14**

04.12.2014

Элементы зонной теории твердых тел. Различие между металлами, диэлектриками и полупроводниками с точки зрения зонной теории. Электроны и дырки в полупроводнике. Выражение для тока и проводимости в полупроводниках. Подвижность носителей в полупроводниках. Связь проводимости с концентрацией и подвижностью носителей. Собственный полупроводник. Распределение Ферми для электронов и дырок. Плотность состояний для электронов и дырок в полупроводнике. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике. Вычисление числа электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Закон действующих масс. Концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике.

### **Что читать**

И. В. Савельев Курс общей физики в 5-ти кн. Кн. 5 § 8.2, 8.6

И. В. Савельев Курс общей физики в 3-х т. Том 3 Гл. 5 § 42, 43

Ч. Киттель Введение в физику твердого тела. -Наука 1978. Гл.9. Энергетические зоны. стр. 307-313; Гл. 11. Полупроводниковые кристаллы. стр. 379-400.

Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников. Москва.-1978, стр. 336-349. Электроны в полупроводниках.

Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. МИР 1979 стр.194-207. Однородные полупроводники.

Ф 503 Физика твердого тела: уч. пособие/ А. А. Корнилович и др. Изд-во НГТУ.-2012.

## **Лекция 15**

11.12.2014

Проводники с примесями. Равновесие заряда в примесных полупроводниках. Вычисление концентрации электронов в зоне проводимости для полупроводника n- типа. Зависимость проводимости от температуры в примесном проводнике.

Эффект Холла в полупроводниках. Связь постоянной Холла с концентрацией и подвижностью носителей.

### **Что читать**

Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. МИР 1979 стр.194-207. Однородные полупроводники.

Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников. Москва.-1978, стр. 336-349. Электроны в полупроводниках.

## **Лекция 16.**

18.12.2014

Неоднородные полупроводники. p-n переход. Равновесные свойства p-n перехода. Формирование обедненного слоя. Оценка электрического поля и падения напряжения в обедненном слое. Принцип действия солнечных элементов. Электронные и дырочные токи генерации и рекомбинации в равновесном случае. Электронные и дырочные токи генерации и рекомбинации при ненулевом внешнем напряжении на p-n переходе.. Зависимость тока через переход от напряжения. Выпрямляющие свойства p-n перехода.

Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников. Москва.-1978, стр. 387-393. Свойства p-n перехода

Ф 503 Физика твердого тела: уч. пособие/ А. А. Корнилович и др. Изд-во НГТУ.-2012.

Ашкрофт Физика тв. тела т.2 стр 210-222 p-n переход