

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

**ФИЗИКА. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.  
ОПТИКА. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ  
ФИЗИКИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ  
для студентов всех специальностей среднего профессионального  
образования, всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 53 (07)

ББК Ф 503

**Составитель** А. С. Головченко

**Физика:** методические указания к выполнению практических работ для студентов всех специальностей среднего профессионального образования, всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. В. Иванова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 19 с.

Методические указания содержат теоретический материал, необходимый для выполнения практических работ по дисциплине «Физика». Разработано на основе требований ФГОС СПО с опорой на научные принципы формирования содержания образования.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_ПР\_Физика.

**УДК 53 (07)**

**ББК Ф 503**

**Рецензент** – А. В. Абрамов, канд. техн. наук, доц. кафедры физики Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## Содержание

	<b>Предисловие</b>	4
<b>1</b>	<b>Колебания и волны</b>	5
	<b>Механические колебания</b>	5
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	6
	<b>Упругие волны</b>	7
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	8
	<b>Электромагнитные волны</b>	10
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	10
<b>2</b>	<b>Оптика</b>	11
	<b>Природа света</b>	11
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	13
	<b>Волновые свойства света</b>	13
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	14
<b>3</b>	<b>Элементы квантовой физики</b>	16
	<b>Квантовая оптика</b>	16
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	17
	<b>Физика атома</b>	18
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	19
	<b>Физика атомного ядра</b>	20
	<i>Учебные задания для решения на практических занятиях.</i>	21
	<b>Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины</b>	23

## Предисловие

Учебная дисциплина «Физика» является учебным предметом обязательной предметной области «Естественные науки» ФГОС среднего общего образования. Физика — фундаментальная наука о природе. Учебная дисциплина «Физика» изучается на углубленном уровне ФГОС среднего общего образования.

В методических рекомендациях представлены практические задания по разделам физики «Колебания и волны», «Оптика», «Элементы квантовой физики».

Раздел «Колебания и волны» — раздел общей физики, изучающий физические явления, характеризующиеся циклическим изменением физических величин во времени и в пространстве. Это — одна большая часть курса физики, изучается после электромагнетизма (рассматривая механические и электромагнитные процессы вместе) или сразу с механикой (в связи с тем, что теория колебаний и волн развивается на основе кинематики и динамики, что охватывает механика)

Раздел «Оптика» (от др.-греч. ὀπτική, optike' появление или взгляд) — раздел физики, рассматривающий явления, связанные с распространением электромагнитных волн преимущественно видимого и близких к нему диапазонов (инфракрасное и ультрафиолетовое излучение). Оптика описывает свойства света и объясняет связанные с ним явления. Методы оптики используются во многих прикладных дисциплинах, включая электротехнику, физику, медицину. В этих, а также в междисциплинарных сферах широко применяются достижения прикладной оптики.

Раздел «Элементы квантовой физики» — раздел физики, изучающий строение и свойства атомов, ионов и электронных конфигураций, а также элементарных процессов, в которых они участвуют. Строение атомного ядра изучается в ядерной физике. Основной задачей атомной физики является определение всех возможных состояний атома.

Пособие содержит подробные справочные материалы, которые помогут при выполнении учебных действий обучающихся.

## 1 Колебания и волны

### *Механические колебания*

Колебательное движение. Гармонические колебания. Свободные механические колебания. Линейные механические колебательные системы. Превращение энергии при колебательном движении. Свободные затухающие механические колебания. Вынужденные механические колебания.

***Уравнение колебательного движения (зависимость координаты от времени)***

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad \text{или} \quad x(t) = X_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0),$$

где  $\varphi_0$  – начальная фаза,

$A$  (или  $X_m$ ) – амплитуда колебаний координаты.

***Уравнение зависимости скорости от времени при колебательном движении,***

$$v(t) = v_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad \text{или} \quad v(t) = v_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0), \text{ где}$$

$v_m = X_m \cdot \omega$  – амплитуда колебаний скорости.

***Уравнение зависимости ускорения от времени при колебательном движении,***

$$a(t) = a_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad \text{или} \quad a(t) = a_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0),$$

где  $a_m = X_m \cdot \omega^2$  – амплитуда колебаний ускорения

***Собственная частота колебаний,  $\nu = \frac{N}{t}$ ,  $\nu = \frac{1}{T}$***

***Циклическая частота***

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu$$

***Период колебаний***

$$T = \frac{t}{N}, \text{ где } N \text{ – число колебаний}$$

***Период колебаний пружинного маятника,***

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

### **Период колебаний математического маятника**

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

**Длина волны:**

$$\lambda = v \cdot T, \quad \lambda = \frac{v}{\nu}$$

Учебные задания для решения на практических занятиях.

1.1. Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 с, если период колебаний 0,01 с?

1.2. Груз на пружине за 1 мин совершает 120 полных колебаний. Определите период и частоту колебаний.

1.3. Материальная точка колеблется с частотой 10 кГц. Определите период и число колебаний, совершенных за 30 с.

1.4. Колебательное движение описывается уравнением  $x = 0,06\sin(12,56t+0,6)$ . Определите период и амплитуду колебания.

1.5. Груз, подвешенный на пружине, колеблется с частотой 0,4 Гц. Определите циклическую частоту и период колебаний.

1.6. Период колебаний математического маятника равен 0,1 с. При какой частоте внешнего воздействия наступит явление резонанса?

1.7. Маятник установлен в кабине автомобиля, движущегося прямолинейно со скоростью 20 м/с. Определите частоту колебаний маятника, если за время, в течение которого автомобиль проходит 200 м, маятник совершает 27 полных колебаний.

1.8. Грузик на пружине колеблется вдоль прямой с амплитудой 2 см. Период колебаний 2 с. Определите среднюю скорость движения грузика от положения равновесия до его максимального отклонения от положения равновесия.

1.9. По графику гармонических колебаний (рисунок 1) определите амплитуду, период, частоту, циклическую частоту и запишите уравнение зависимости координаты колеблющегося тела от времени:  $x(t)$ .

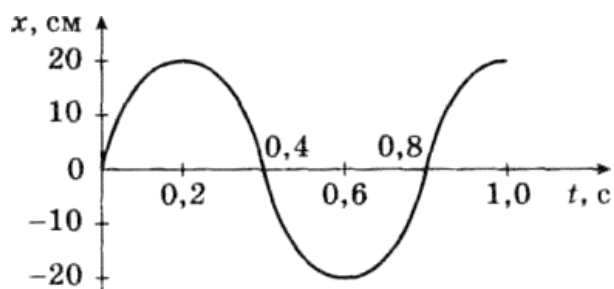


Рисунок 1

## Упругие волны

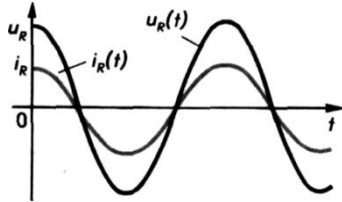
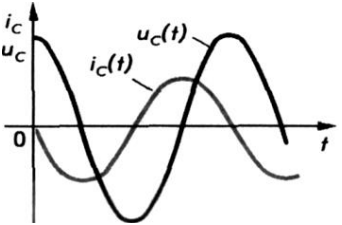
Поперечные и продольные волны. Характеристики волны. Уравнение плоской бегущей волны. Интерференция волн. Понятие о дифракции волн. Звуковые волны. Ультразвук и его применение. Электромагнитные колебания. Свободные электромагнитные колебания. Превращение энергии в колебательном контуре. Затухающие электромагнитные колебания. Генератор незатухающих электромагнитных колебаний. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Генератор переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления переменного тока (таблица 1). Закон Ома для электрической цепи переменного тока. Работа и мощность переменного тока. Генераторы тока. Трансформаторы. Токи высокой частоты. Получение, передача и распределение электроэнергии.

*Мгновенное значение заряда,  $q(t) = Q_m \cdot \text{Cos}(\omega \cdot t)$*

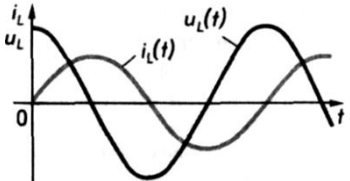
*Действующее значение силы тока:  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$*

*Действующее значение напряжения:  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$*

Таблица 1 – Формулы Активного, Емкостного, Индуктивного сопротивлений

Сопротивление	Формулы	Графики $i(t)$ . $u(t)$
Активное $R$	$u(t) = U_m \cdot \text{Cos}(\omega \cdot t)$ $i(t) = I_m \cdot \text{Cos}(\omega \cdot t)$ $I_m = \frac{U_m}{R}$ $I_m = Q_m \cdot \omega$ $\Delta\varphi = 0$ – сдвиг фаз	
Емкостное $X_C$	$u(t) = U_m \cdot \text{Cos}(\omega \cdot t)$ $i(t) = I_m \cdot \text{Cos}(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2})$ $I_m = \frac{U_m}{X_C}$ $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ – сдвиг фаз	

Продолжение таблицы 1

<p>Индуктивное <math>X_L</math></p>	$u(t) = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2})$ $i(t) = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$ $I_m = \frac{U_m}{X_L}$ $X_L = \omega \cdot L$ $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2} - \text{сдвиг фаз}$	
---	--	--

Учебные задания для решения на практических занятиях.

1.10. Напряжение на обкладках конденсатора меняется по закону  $u = 80 \cos 20t$ . Найдите максимальное напряжение на конденсаторе, циклическую частоту и период колебаний в контуре.

1.11. Заряд на конденсаторе меняется по закону  $q = 2 \cdot 10 \cos 10^4 t$ . Найдите амплитуду, период и частоту колебаний.

1.12. Определите период собственных электромагнитных колебаний контура, если индуктивность катушки 2 мГн, а емкость конденсатора 800 нФ.

1.13. Чему равна частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, конденсатор которого имеет емкость 100 нФ, а катушка - индуктивность 1 мГн?

1.14. Катушка, входящая в состав колебательного контура, имеет индуктивность 0,65 мГн. Определите емкость конденсатора, если частота собственных колебаний контура 4,2 кГц.

1.15. Частота собственных колебаний колебательного контура равна 5,3 кГц. Определите индуктивность катушки, если емкость конденсатора 6 мкФ.

1.16. В колебательном контуре индуктивность катушки 0,1 Гн. Величина тока изменяется по закону

1.17. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,2 мГн и конденсатора. Определите полную энергию колебательного контура, если ток в катушке достигает максимального значения 1 А?

1.18. Максимальный заряд конденсатора в колебательном контуре равен  $4 \cdot 10^{-8}$  Кл. Определите энергию колебательного контура, если емкость его конденсатора 50 нФ.

1.19. Мгновенное значение тока в катушке индуктивности колебательного контура - 0,01 А, соответствующее ему значение заряда конденсатора - 0,4 мкКл. Определите энергию колебательного контура



ра, если индуктивность катушки  $0,5$  мГн, а емкость конденсатора  $2$  мкФ.

1.20. Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки равна  $4,8 \cdot 10^8$  Дж, а индуктивность катушки -  $0,24$  Гн.

1.21. В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора емкостью  $0,01$  мкФ и катушки, происходят гармонические колебания. Энергия конденсатора изменяется от максимального значения до нуля за  $1$  мкс. Определите индуктивность катушки.

1.22. Конденсатор емкостью  $10^{-6}$  Ф включен в сеть переменного тока с частотой  $50$  Гц. Определите емкостное сопротивление конденсатора.

1.23. Катушка индуктивностью  $20$  мГн включена в сеть переменного тока с частотой  $50$  Гц. Определите индуктивное сопротивление катушки.

1.24. В цепь последовательно включены резистор с сопротивлением  $1$  кОм, катушка индуктивностью  $0,5$  Гн и конденсатор емкостью  $1$  мкФ. Найдите полное сопротивление цепи при частоте тока  $50$  Гц.

1.25. Найдите полное сопротивление цепи, состоящей из последовательно включенных конденсатора емкостью  $0,1$  мкФ и катушки индуктивностью  $0,5$  Гн, при частоте тока  $1$  кГц.

1.26. Индуктивное сопротивление катушки  $500$  Ом, частота переменного тока  $1$  кГц. Найдите индуктивность катушки.

1.27. Сила тока в цепи меняется по закону  $I = 8,5 \sin(314t + 0,6)$ . Определите частоту тока и действующее значение силы тока.

1.28. В цепи переменного тока, в которую включено активное сопротивление в  $40$  Ом, течет ток, действующее значение которого  $5$  А. Определите максимальное значение напряжения в цепи.

1.29. Амплитудные значения силы тока и напряжения в цепи переменного тока, содержащей резистор, равны  $2,5$  А и  $120$  В. Определите мощность тока

1.30. Первичная обмотка трансформатора содержит  $800$  витков, вторичная -  $3200$ . Определите коэффициент трансформации.

1.31. Напряжение на клеммах первичной обмотки трансформатора  $220$  В. Определите напряжение на вторичной обмотке, если коэффициент трансформации равен  $0,2$ .

1.32. Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора, имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение на ней 105 В?

1.33. Сила тока в первичной обмотке идеального трансформатора 2 А, напряжение на ее концах 220 В. Напряжение на концах вторичной обмотки 40 В. Определите силу тока во вторичной обмотке.

1.34. Понижающий трансформатор потребляет от сети мощность 2600 Вт, КПД трансформатора 90%. Определите мощность тока во вторичной катушке.

### **Электромагнитные волны**

Электромагнитное поле как особый вид материи. Электромагнитные волны. Вибратор Герца. Открытый колебательный контур. Изобретение радио А. С. Поповым. Понятие о радиосвязи. Применение электромагнитных волн.

#### **Формула Томсона**

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} .$$

#### **Циклическая частота**

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

#### **Условие резонанса**

$$\omega = \omega_0 .$$

#### **Скорость распространения волн**

$$v = \lambda \cdot \nu .$$

#### **Расстояние до объекта (радиолокация)**

$$\ell = \frac{c \cdot t}{2} , \text{ где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} .$$

#### Учебные задания для решения на практических занятиях.

Скорость электромагнитных волн в вакууме (воздухе) равна  $3 \cdot 10^8$  м/с.

1.35. На какой частоте работает передатчик, излучаемый электромагнитные волны длиной 500 м?

1.36. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью  $2 \cdot 10^8$  м/с. Какую длину имеют электромагнитные волны в этой среде, если их частота в вакууме 1 МГц?

1.37. Чему равно расстояние до наблюдаемого объекта, если между излучением импульса радиолокатором и приемом отраженного от объекта прошло 3 мс?

1.38. Расстояние от Земли до Венеры примерно  $4,3 \cdot 10^8$  км. Определите время, за которое радиосигнал, посланный на Венеру, разится и будет принят на Земле.

1.39. Радиолокатор работает на волне длиной 5 см и испускает импульсы длительностью 1,5 мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе?

1.40. Изменение тока в антенне радиопередатчика происходит по закону  $I = 0,3 \sin 1,57 \cdot 10^5 t$ . Найдите длину излучаемой электромагнитной волны.

## 2 Оптика

### Природа света

Скорость распространения света. Законы отражения и преломления света. Полное отражение. Линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы.

#### *Алгоритм решения задач на тему «Преломление света»*

1. Установить переходит ли луч из оптически менее плотной среды в более плотную или наоборот.

2. Сделать чертеж, где указать ход лучей, идущих из одной среды в другую.

3. В точке падения луча на границу раздела сред провести нормаль и отметить углы падения и преломления.

4. Записать формулу закона преломления для каждого перехода луча из одной среды в другую.

5. Составить вспомогательные уравнения, связывающие углы и расстояния, используемые в задаче.

6. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.

7. Решение проверить и оценить критически.

**Закон отражения,  $\alpha = \gamma$ .**

**Закон преломления (рисунок 2)**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}, \quad n = \frac{n_2}{n_1}$$

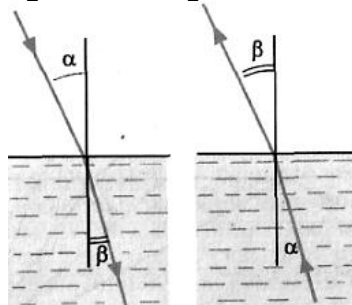


Рисунок 2

**Полное отражение (рисунок 3)**

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}, \text{ где } \beta = 90^\circ$$

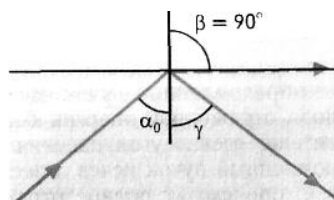


Рисунок 3

**Абсолютный показатель преломления сред**

$$n = \frac{c}{v}$$

*Расстояние от предмета до зеркала равно расстоянию от зеркала до изображения!!!*

**Оптическая сила линз**

$$D = \frac{1}{\pm F}, \text{ где } F - \text{фокусное расстояние.}$$

**Формула тонкой линзы**

$$\frac{1}{\pm F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}, \text{ где } d - \text{расстояние от предмета до линзы,}$$

*f – расстояние от линзы до изображения*

*f < 0 – мнимое изображение !!!*

*F < 0 – рассеивающая линза !!!*

**Увеличение линз**

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|}, \quad \Gamma = \frac{H}{h}$$

где  $H$  – линейный размер изображения,  $h$  – линейный размер предмета

Учебные задания для решения на практических занятиях.

2.1 Под каким углом должен падать луч на плоское зеркало, чтобы отраженный луч был перпендикулярен падающему?

2.2 Угол падения света на плоское зеркало равен  $16^\circ$ . Каков угол между отраженным лучом и зеркалом?

2.3 На сколько градусов увеличится угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами при увеличении угла падения на  $8^\circ$ ?

2.4 Человек стоял перед плоским зеркалом, затем отошел от него на 1,5 м. На сколько увеличилось расстояние между человеком и его изображением?

2.5 Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало передвинуть в то место, где было изображение?

2.6 Определите угол преломления, соответствующий углу падения  $45^\circ$ , если известно, что показатель преломления данного вещества равен 1,63.

2.7 Показатель преломления кунжутного масла 1,47. Определите скорость распространения света в нем.

2.8 Луч света переходит из стекла в воздух. Угол падения луча  $30^\circ$ , угол преломления  $45^\circ$ . Чему равен показатель преломления данного сорта стекла?

2.9 Световой луч переходит из воды в стекло. Угол падения света  $35^\circ$ . Определите угол преломления, если абсолютный показатель преломления воды равен 1,3, стекла - 1,6.

2.10 Луч света падает из воздуха на поверхность некоторой жидкости под углом  $40^\circ$ . Угол преломления равен  $24^\circ$ . Найдите угол преломления, если угол падения увеличить в 2 раза.

### **Волновые свойства света**

Интерференция света. Когерентность световых лучей. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины. Кольца Ньютона. Использование интерференции в науке и технике. Дифракция света. Дифракция на щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка. Понятие о голографии. Поляризация поперечных волн. Поляризация

света. Двойное лучепреломление. Поляроиды. Дисперсия света. Виды спектров. Спектры испускания. Спектры поглощения. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства.

***Условие максимума интерференционной картины***

$\Delta d = k \cdot \lambda$ , где  $k$  – порядок спектра

***Условие минимума интерференционной картины***

$$\Delta d = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

***Условие максимума дифракционной картины***

$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$ , где  $k$  – порядок спектра

***Оптическая толщина плёнки***

$\Delta d = 2 \cdot n \cdot h$ , где  $h$  – толщина плёнки

*Учебные задания для решения на практических занятиях.*

2.11 Два когерентных луча с длинами волн 404 нм пересекаются в одной точке экрана. Усиление или ослабление света будет наблюдаться в этой точке, если разность хода лучей равна 17,17 мкм?

2.12 Разность хода двух когерентных лучей 2,5 мкм. Определите длину волн видимого света (от 700 до 400 нм), которые дадут интерференционные максимумы.

2.13 В воде интерферируют когерентные волны частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц. Усилится или ослабится свет в точке, если геометрическая разность хода лучей равна 1,8 мкм?

2.14 Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм перпендикулярно поверхности она в отраженном свете казалась черной?

2.15 Чтобы уменьшить коэффициент отражения света от поверхности стекла, на него наносят тонкую прозрачную пленку с показателем преломления меньшим, чем у стекла. Определите необходимую минимальную толщину пленки. Длина волны падающего света 600 нм, показатель преломления пленки 1,2, свет падает на поверхность нормально.

2.16 Определите период дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волны 656 нм максимум второго порядка виден под углом  $15^\circ$ .

2.17 Монохроматический свет с длиной волны  $L$  нормально падает на дифракционную решетку с периодом  $d = 4L$ . Под каким углом будет наблюдаться максимум второго порядка?

2.18 Через дифракционную решетку, имеющую 200 штрихов на 1 мм, пропущено монохроматическое излучение с длиной волны 750 нм. Определите угол, под которым виден максимум первого порядка.

2.19 Сколько штрихов на 1 см имеет дифракционная решетка, если спектр четвертого порядка, даваемый ею при нормальном падении света с длиной волны 0,65 мкм, наблюдается под углом  $6^\circ$ ?

2.20 Определите длину волны для линий в дифракционном спектре третьего порядка, совпадающей с линией спектра четвертого порядка с длиной волны 450 нм.

2.21 При освещении дифракционной решетки светом с длиной волны 590 нм спектр третьего порядка виден под углом  $10^\circ$ . Определите длину волны, для которой спектр второго порядка будет виден под углом  $5^\circ$ .

2.22 Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картинке максимум второго порядка наблюдается под углом  $14^\circ$ . Под каким углом виден максимум третьего порядка?

2.23 На дифракционную решетку с периодом 0,01 мм падает монохроматический свет. Первый дифракционный максимум получается на экране смещенным на 3 см от первоначального направления света. Определите длину волны падающего света, если расстояние между экраном и решеткой 70 см. Углы считать малыми.

2.24 Спектр дифракционной решетки со 100 штрихами на 1 мм проектируется на экран, расположенный параллельно решетке на расстоянии 1,8 м от нее. Определите длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если расстояние от центрального максимума до второго 21,4 см. Углы считать малыми.

2.25 Какой наибольший порядок спектра можно увидеть в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении ее светом с длиной волны 720 нм? Сколько всего максимумов можно наблюдать?

### 3 Элементы квантовой физики

#### Квантовая оптика

Квантовая гипотеза Планка. Фотоны. Внешний фотоэлектрический эффект. Внутренний фотоэффект. Типы фотоэлементов.

#### *Алгоритм решения задач по теме: «Квантовая физика»*

1. учитывать связь между волновыми и квантовыми характеристиками частиц;
2. применять законы сохранения энергии и импульса при рассмотрении взаимодействия фотонов с другими частицами (например, с электронами);
3. учитывать, что на основании положений квантовой физики, радиус орбиты электрона, энергия атома, а также энергия поглощенного и излученного кванта света имеют только дискретные значения;
4. помнить, что при любых ядерных реакциях выполняются законы сохранения энергии, импульса, заряда, а также закон взаимосвязи массы и энергии.

#### *Квант энергии*

$E = h \cdot \nu$ , где  $h$  – постоянная Планка

#### *Масса фотона*

$$m = \frac{h \cdot \nu}{c^2}$$

#### *Импульс фотона*

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

#### *Красная граница фотоэффекта*

$$\nu_{min} = \frac{c}{\lambda_{max}}$$

#### *Условие возникновения фотоэффекта*

$$\nu < \nu_{min}$$

#### *Работа выхода*

$$A_{вых} = h \cdot \nu_{min}$$



### **Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта**

$$h \cdot \nu = A_{\text{вых}} + E_k, \implies E_k \sim \nu$$

### **Кинетическая энергия фотоэлектронов**

$$E_k = \frac{m_e \cdot v_{\text{max}}^2}{2}, \text{ где } m_e - \text{масса электрона}$$

$$E_k = e \cdot U_3$$

### **Частота излучения (по Бору)**

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}, \text{ где } E_k \text{ и } E_n - \text{энергии на } k\text{-ом и } n\text{-ом уровнях}$$

### Учебные задания для решения на практических занятиях.

Заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

3.1 Определите энергию фотонов рентгеновских лучей с длиной волны  $4 \cdot 10^{-11}$  м.

3.2 Вычислите массу фотона видимого света, длина волны которого 650 нм.

3.3 Определите частоту видимого излучения, масса фотона которого  $4 \cdot 10^{-36}$  кг.

3.4 Чему равен импульс фотона, если длина соответствующей световой волны равна 500 нм?

3.5 При какой длине электромагнитной волны энергия фотона равна  $2,8 \cdot 10^{-19}$  Дж?

3.6 Какова красная граница фотоэффекта для алюминия, если работа выхода электрона равна  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж?

3.7 Определить энергию массу и импульс фотон, длина волны которого 500 нм.

3.8 Работа выхода электрона из цезия равна  $3 \cdot 10^{-19}$  Дж. Найдите длину волны падающего света на поверхность цезия, если скорость фотоэлектронов равна  $0,6 \cdot 10^6$  м/с.

3.9 На поверхность площадью  $1,5 \text{ см}^2$  падает нормально монохроматический свет с длиной волны 663 нм. Свет полностью поглощается поверхностью. Определите, какой импульс передан поверхности, если за время 1 с на нее попало  $2 \cdot 10^{18}$  фотонов. Какое давление оказывает свет на поверхность?

3.10 На сколько градусов нагреется за 1 с капля воды массой 0,2 г, если она каждую секунду поглощает  $10^{10}$  фотонов с длиной волны 750 нм? Потерями энергии пренебречь.

3.11 Задача повышенной сложности. Протон движется со скоростью  $7,7 \cdot 10^6$  м/с. На какое наименьшее расстояние может приблизиться этот протон к ядру атома алюминия? Влиянием электронной оболочки атома алюминия пренебречь. Масса протона  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг.

3.12 Красная граница фотоэффекта серебра равна 0,26 мкм. Определите работу выхода серебра.

3.13 Определите красную границу фотоэффекта (частоту) для платины. Работа выхода для платины 5,3 эВ.

3.14 Свет с энергией фотона 3,8 эВ вырывает из металлической пластины электроны, имеющие максимальную кинетическую энергию 1,8 эВ. Определите работу выхода электрона из этого металла.

3.15 Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные с поверхности меди, при облучении ее светом с частотой  $6 \cdot 10^{16}$  Гц? Красная граница фотоэффекта для меди 270 нм.

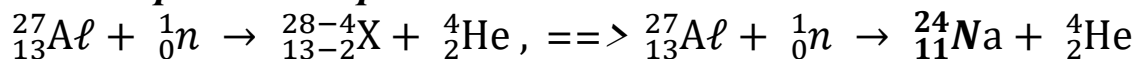
3.16 Работа выхода электронов из кадмия равна 4,1 эВ. Какой должна быть длина волны излучения, падающего на кадмий, чтобы при фотоэффекте кинетическая энергия фотоэлектронов была равна  $18,2 \cdot 10^{11}$  Дж?

3.17 Найдите работу выхода электрона с поверхности некоторого металла, если при облучении его желтым светом с длиной волны 590 нм скорость выбиваемых электронов равна  $0,28 \cdot 10^6$  м/с.

### **Физика атома**

Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода. Ядерная модель атома. Опыты Э. Резерфорда. Модель атома водорода по Н. Бору. Квантовые генераторы.

**Закон сохранения зарядового и массового числа:**



**Атомная физика:**  $A = Z + N$ , где

$A$  – массовое число (число нуклонов),

$N$  – число нейтронов,

$Z$  – число протонов (порядковый номер в ПСХЭ, число электронов на внешних энергетических оболочках)

Учебные задания для решения на практических занятиях.

3.18 При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны 0,652 мкм. Какую энергию теряет при этом атом водорода?

3.19 При переходе электрона в атоме водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую излучается фотон с энергией  $4 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны, соответствующую этой линии в спектре излучения водорода.

3.20 Определите энергию и импульс фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьей орбиты на первую.

3.21 Найдите соотношение между первым, вторым и третьим радиусами орбиты электрона в атоме водорода согласно модели Бора.

3.22 Чему равно число протонов и нейтронов в ядрах атомов: а) Na; б) Si?

3.23 Электронная оболочка атома состоит из 6 электронов. Сколько нейтронов находится в ядре атома, если массовое число 14?

3.24 На сколько в ядре атома урана U нейтронов больше, чем протонов?

3.25 Во сколько раз меньше нейтронов содержит атом азота с массовым числом 14 и зарядовым числом 7, чем ядро цинка с массовым числом 65, зарядовым числом 30?

3.26 Во сколько раз число протонов в ядре атома U больше, чем число нуклонов в атоме O?

3.27 Какие ядра образуются в результате электронного  $\beta$ -распада ядер изотопов: а)  ${}^2\text{H}$ ; б) Si?

3.28 Какие ядра образуются в результате  $\alpha$ -распада ядер изотопов: а) Ra; б) U?

3.29 Ядро свинца Pb может быть получено в результате  $\alpha$ -распада полония  ${}^{84}\text{Po}$  или  $\beta$ -распада таллия Tl. Напишите соответствующие реакции.

3.30 Сколько нейтронов содержит кусочек алюминиевой фольги (Al), если его масса 1 г?

3.31 В какой элемент превращается радиоактивный изотоп лития Li после одного  $\beta$ -распада и одного  $\alpha$ -распада?

3.32 В какой элемент превращается U после двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада? Напишите соответствующие реакции.

3.33 Ядро полония Po образовалось после двух последовательных  $\alpha$ -распадов. Из какого ядра получился полоний?

3.34 Ядро изотопа Bi получилось из другого ядра после последовательных  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. Какое это было ядро?

### **Физика атомного ядра**

Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц. Эффект Вавилова - Черенкова. Строение атомного ядра. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер. Ядерные реакции. Искусственная радиоактивность. Деление тяжелых ядер. Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная реакция. Ядерный реактор. Получение радиоактивных изотопов и их применение. Биологическое действие радиоактивных излучений. Элементарные частицы.

#### **Закон радиоактивного распада**

$$m = m_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} \quad \text{или} \quad N = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}}, \quad \text{где}$$

$N_0$  – начальное число атомов,

$N$  – число не распавшихся атомов в любой момент времени  $t$ ,

$T$  – период полураспада,

$\left(1 - \frac{N}{N_0}\right)$  – доля распавшихся атомов,

$\frac{N}{N_0}$  – активность (доля не распавшихся атомов)

#### **Правила смещения (Содди)**

$\alpha$ -распад,  ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$

$\beta^-$ -распад,  ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$

#### **Энергия связи атомных ядер**

$$E_{св.} = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{я}) \cdot c^2 \quad [\text{Дж}]$$

или

$$E_{св.} = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{я}) \cdot 931 \quad [\text{МэВ}],$$

где  $(Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{я})$  – дефект масс.

#### **Энергетический выход ядерной реакции**

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \quad [\text{Дж}]$$

или

$\Delta E = \Delta m \cdot 931 \text{ [МэВ]}$ ,  
где  $\Delta m = (m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)$  – изменение массы.

$\Delta m > 0$  – энергия испускается,  
 $\Delta m < 0$  – энергия поглощается.

Учебные задания для решения на практических занятиях.

3.35 Сколько атомов радиоактивного элемента распадется за 23ч из 106 атомов? Период полураспада данного элемента 92 ч.

3.36 Сколько процентов радиоактивного вещества останется через 4 периода полураспада?

3.37 У некоторого радиоактивного элемента период полураспада 1,5 ч. Через какое время останется 25% исходного числа радиоактивных атомов?

3.38 За 12 суток распалось 75% ядер некоторого радиоактивного элемента. Найдите период полураспада этого элемента.

3.39 Чему равен период полураспада изотопа, если за сутки распадается в среднем 750 атомов из 1000?

3.40 За время, равное 12,6 суткам, количество радиоактивного золота Au уменьшилось в 16 раз. Чему равен период полураспада данного изотопа золота?

3.41 Определите массу не распавшегося за 135 лет радиоактивного цезия, если его начальная масса составляла 8 кг, а период полураспада равен 27 годам.

3.42 Имеется 4 г радиоактивного кобальта. Сколько граммов кобальта распадется за 216 суток, если период полураспада составляет 72 суток?

3.43 За 300 с распалось  $\frac{7}{8}$  ядер радиоактивного вещества. Определите период полураспада данного вещества.

3.44 Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

3.45 При распаде одного атома урана-235 выделяется 200 МэВ энергии. Какое количество энергии выделится при полном распаде 1 кг урана?

3.46 При делении одного ядра урана-235 освобождается 200 МэВ энергии. Сколько энергии выделится при цепной реакции в образце данного урана массой 60 кг, если разделится 0,1% содержащихся в нем ядер?

3.47 При реакции деления ядер урана-235 выделилось  $1,2 \cdot 10^{26}$  МэВ энергии. Определите массу распавшегося урана, если при делении одного ядра выделяется 200 МэВ энергии.

3.48 Определите мощность реактора, в котором делится 1 г урана-235 в сутки. Энергия, выделяющаяся при делении ядра урана, равна 200 МэВ.

3.49 Какую массу каменного угля надо сжечь, чтобы получить такую же энергию, какая выделяется при полном делении 1 г урана-235? При делении одного ядра урана выделяется  $3,2 \cdot 10^{11}$  Дж энергии. Удельная теплота сгорания угля  $3 \cdot 10^7$  Дж/кг.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### а) основная литература:

1. Дмитриева В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для СПО / В. Ф. Дмитриева. - 4-е изд., стер. - Москва: Академия, 2017. - 448 с. : ил. - (Профессиональное образование).

2. Дмитриева, В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для СПО / В. Ф. Дмитриева. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2017. - 448 с. - URL: <http://www.academia-moscow.ru/reader/?id=294470>

### б) дополнительная литература:

1 Физика. Задачи, качественные вопросы, тесты. : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А. В. Славов [и др.] ; под ред. А. В. Славова. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. - URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010044.html>

2 Физика. Задачи, качественные вопросы, тесты. : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2 / В. Л. Чудов, [и др.] ; под ред. В.Л. Чудова. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. - URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010082.html>

3 Бордовский Г. А. Общая физика. В 2 т. Т. 1 : учебное пособие для СПО / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2018. — 242 с. — (Профессиональное образование). — URL: [www.biblio-online.ru/book/6F75BAA2-0360-4A74-8744-FBBC28C8FDC2](http://www.biblio-online.ru/book/6F75BAA2-0360-4A74-8744-FBBC28C8FDC2).

4 Бордовский Г. А. Общая физика. В 2 т. Т. 1 : учебное пособие для СПО / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2018. — 299 с. — (Профессиональное образование). — URL: [www.biblio-online.ru/book/FC1465B9-FE4C-423D-BDB7-A69F86CC12A9](http://www.biblio-online.ru/book/FC1465B9-FE4C-423D-BDB7-A69F86CC12A9).

5 Трофимова Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для СПО / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2017. — 265 с. — (Профессиональное образование). — URL:

[www.biblio-online.ru/book/65C1CD78-22C0-4A48-B45E-0FF2AC9E3A7A](http://www.biblio-online.ru/book/65C1CD78-22C0-4A48-B45E-0FF2AC9E3A7A) (дата обращения: 10.04.2019).

**в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. - Новокузнецк, [199 - ]. - URL:<http://libr.sibsiu.ru>.

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. - Новокузнецк, [200 - ]. - URL:<http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3 Академия, изд. центр (Москва). Электронные учебники / ООО «Образовательно-издательский центр «Академия». - Москва, [200 - ]. - URL:<http://www.academia-moscow.ru>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4 Университетская библиотека ONLINE : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». - Москва, [200 - ]. - URL: <http://www.biblioclub.ru>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

5 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система / ООО «ЭБС ЛАНЬ». - Санкт-Петербург, [200 - ]. - URL:<http://e.lanbook.com>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6 Консультант студента. Электронная библиотека технического ВУЗа : электронно-библиотечная система /ООО «Политехресурс». - Москва, [200 - ]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7 ЭБС ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система / ООО «Электронное издательство Юрайт». - Москва, [200 - ]. - URL: <http://www.biblio-online.ru>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8 Электронно-библиотечная система elibrary / ООО «РУНЭБ». - Москва, [200 - ]. -URL:<http://elibrary.ru>. - Режим доступа: по подписке.

**г) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:** ABBYY FineReader 11, Kaspersky Endpoint Security, «Программное обеспечение «Рукопункт», 7-Zip, Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2007, Microsoft Windows 7.



**д) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 Техэксперт: информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». - Кемерово, [200 - ]. - Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

2 КонсультантПлюс: справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». - Новокузнецк, [199 - ]. - Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

3 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». - Кемерово, [200 - ]. - Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

4 Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) : база данных / ВИНТИ РАН. - Москва, [200 - ]. - Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.