

№ 4502

53

Ф 503

ФИЗИКА

Часть 2

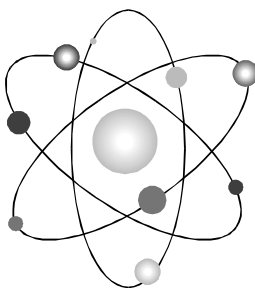
**Рабочая тетрадь
для практической индивидуальной работы**

**НОВОСИБИРСК
2015**

ФИЗИКА

Часть 2

Рабочая тетрадь для практической индивидуальной
работы студентов I курса дневного отделения



НОВОСИБИРСК
2015

УДК 53(076.5)
Ф 503

Составитель ст. преп. *Н.Ю. Березин*

Рецензент доцент *В.В. Христофоров*

Работа подготовлена на кафедре общей физики

Дорога к мудрости не неисповедима.
Наоборот, ее простой я вижу:
Ошибка, промах, мимо, мимо, мимо,
Но с каждым разом ближе, ближе,
ближе.

Пит Хейн. Груки

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс лекций «Физика» играет важную роль в формировании профессионального мышления будущих инженеров. Он закладывает тот фундамент исходных знаний по физике, отталкиваясь от которого студенты могут осваивать впоследствии дисциплины общего профессионального и специального профиля.

В курсе лекций студенты получают общее представление о физике как науке, об истории ее развития, своей будущей практической профессиональной деятельности, о теоретических направлениях в физике, учатся ориентироваться в этой системе знаний.

В разработке преследовались следующие цели.

1. Помощь студентам в усвоении лекционного материала:

- выделение и проработка наиболее важных вопросов, рассматриваемых в лекционном курсе;
- структурирование пройденного материала.

2. Помощь преподавателю в контроле за усвоением данной дисциплины.

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Каждый студент должен выполнить определенное количество заданий в рабочей тетради и сдать ее преподавателю к контрольным неделям. Результат работы влияет на количество баллов, полученных студентом на контрольной неделе.

Успешность выполнения студентом заданий рабочей тетради учитывается в отметке о зачете по окончании лекционного курса.

Удачные обозначения обладают утонченностью и будят мысль, порой делая это, кажется, почти так же, как искусный учитель.

Бертран Рассел

ОБОЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ, И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

<i>Основные физические величины</i>			
Длина	l , м	Сила света	J , кд
Масса	m , кг	Сила электрического тока	I , А
Время	t , с	Количество вещества	ν , моль
Термодинамическая температура	T , К		
<i>Дополнительные физические величины</i>			
Плоский угол	α , ф, рад	Телесный угол	Ω , ср
<i>Производные физические величины</i>			
Давление	P , Па	Скорость	v , м·с ⁻¹
Импульс	p , кг·м·с ⁻¹	Скорость угловая	ω , рад·с ⁻¹
Коэффициент жесткости	k , Н·м ⁻¹	Скорость центра инерции	v_c , м·с ⁻¹
Коэффициент трения	μ	Ускорение	a , м·с ⁻²
Модуль Юнга	E , Па	Ускорение нормальное	a_n , м·с ⁻²
Момент импульса	L , кг·м ² ·с ⁻¹	Ускорение свободного падения	g , м·с ⁻²
Момент инерции	J , кг·м ²	Ускорение тангенциальное	a_τ , м·с ⁻²
Момент силы	M , Н·м	Ускорение угловое	ϵ , рад·с ⁻²
Мощность	N , Вт	Частота	ν , Гц
Напряжение упругое	σ , Па	Частота круговая	ω , с ⁻¹
Период колебаний	T , с	Энергия кинетическая	E_k , Дж

Плотность	ρ , кг·м ⁻³	Энергия покоя	E_0 , Дж
Площадь	S , м ²	Энергия полная	E , Дж
Работа	A , Дж	Энергия потенциаль- ная	$E_{\text{п}}$, Дж
Сила	F , Н	Энергия удельная	w , Дж·м ⁻³

Греческий алфавит

Α α – альфа	Η η – эта	Ν ν – ню	Τ τ – тау
Β β – бета	Θ θ – тэта	Ξ ξ – кси	Υ υ – ипсилон
Γ γ – гамма	Ι ι – йота	Ο ο – омикрон	Φ φ – фи
Δ δ – дельта	Κ κ – каппа	Π π – пи	Χ χ – хи
Ε ε – эpsilon	Λ λ – ламбда	Ρ ρ – ро	Ψ ψ – пси
Ζ ζ – дзета	Μ μ – мю	Σ σ – сигма	Ω ω – омега

Приставки и множители десятичных кратных и дольных единиц международной системы СИ

экса	Э	10 ¹⁸	деци	д	10 ⁻¹
пета	П	10 ¹⁵	санти	с	10 ⁻²
тера	Т	10 ¹²	милли	м	10 ⁻³
гига	Г	10 ⁹	микро	мк	10 ⁻⁶
мега	М	10 ⁶	нано	н	10 ⁻⁹
кило	к	10 ³	пико	п	10 ⁻¹²
гекто	г	10 ²	фемто	ф	10 ⁻¹⁵
дека	да	10 ¹	атто	а	10 ⁻¹⁸

Фундаментальные физические константы

Абсолютный ноль температуры	$t = -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Заряд α -частицы	$q = 2e = 3,204 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_c = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 12,5663706144 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Магнитный момент протона	$\mu_p = 1,4106171 \cdot 10^{-26} \text{ Дж/Тл}$
Магнитный момент электрона	$\mu_e = 9,28483 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}$
Масса α -частицы	$m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Постоянная Ридберга	$R_n = 1,097 \cdot 10^7 \text{ 1/м}$
Объем одного моля идеального газа при нормальных условиях	$V_0 = 22,41383 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Ускорение свободного падения	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Нормальные условия:	
Атмосферное давление	$p_0 = 101325 \text{ Н/м}^2$
Температура	$T = 273 \text{ К}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Постоянная Вина	$b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Стефана–Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Фарадея	$F = 96,48456 \cdot 10^3 \text{ Кл/моль}$
Скорость света в вакууме	$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31441 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Элементарный заряд	$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Удельный заряд электрона	$e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$

Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85418783 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Электрон-вольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
Удельная теплоемкость воды	$c = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
Удельная теплота плавления льда	$\lambda = 333,7 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$
Удельная теплота парообразования воды	$r = 2,256 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
Масса Земли	$M_3 = 5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Земли	$R_3 = 6,371 \cdot 10^6 \text{ м}$
Масса Солнца	$M_C = 1,9891 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Радиус Солнца	$R_C = 6,955 \cdot 10^8 \text{ м}$
Масса Луны	$M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Радиус Луны	$R_L = 1,74 \cdot 10^6 \text{ м}$

ФОРМУЛЫ ПО РАЗДЕЛУ «ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ. КОЛЕБАНИЯ. ВОЛНЫ. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА»

Связь магнитной индукции и напряженности магнитного поля

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H},$$

где $\vec{B}$ – вектор магнитной индукции; μ – магнитная проницаемость изотропной среды (для вакуума $\mu = 1$); μ_0 – магнитная постоянная $\mu_0 = 1 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$; $\vec{H}$ – напряженность магнитного поля.

Магнитная индукция (индукция магнитного поля):

- в центре кругового тока $B = \frac{\mu \mu_0 I}{2R}$,

где R – радиус кругового тока;

- поля бесконечно длинного прямого тока $B = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi r}$,

где r – кратчайшее расстояние до оси проводника;

- поля, созданного прямолинейным отрезком проводника с током:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2),$$

где α_1 и α_2 – углы между направлением тока в проводнике и радиусом-вектором, соединяющим концы отрезка с точкой поля;

- поля бесконечно длинного соленоида

$$B = \mu\mu_0 n I,$$

где n – число витков на единицу длины соленоида.

Сила Лоренца

$$\vec{F} = q [\vec{v}, \vec{B}].$$

По модулю

$$F = qvB \sin \alpha,$$

где F – сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле;
 v – скорость заряда q ; α – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$.

Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток через площадку S):

- для однородного магнитного поля

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где α – угол между вектором $\vec{B}$ и нормалью к площадке;

- для неоднородного поля

$$\Phi = \int_s B \cos \alpha dS.$$

Потокосцепление (полный поток)

$$\Psi = N\Phi,$$

где N – число витков катушки.

Закон Фарадея–Ленца

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Psi}{dt}, \text{ или } \varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{для } N=1),$$

где ε_i – ЭДС индукции.

ЭДС самоиндукции

$$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt},$$

где L – индуктивность контура ($L = \text{const}$).

Индуктивность бесконечного соленоида

$$L = \mu\mu_0 n^2 V, \quad n = \frac{N}{l},$$

где n – число витков на единицу длины соленоида; V – объем соленоида.

Энергия магнитного поля

$$W = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} V.$$

Заряд, протекающий по замкнутому контуру при изменении магнитного потока через контур:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R},$$

где $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ – приращение магнитного потока; R – сопротивление контура.

Работа по перемещению замкнутого контура с постоянным током I в магнитном поле

$$A = I \Delta\Phi.$$

Уравнение гармонических колебаний

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

где x – смещение (отклонение) колеблющейся величины от положения равновесия; A – амплитуда; ω – круговая (циклическая) частота; t – время; $\omega t + \alpha$ – фаза, α – начальная фаза.

Связь между периодом и круговой частотой

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

Частота

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

Связь круговой частоты с частотой

$$\omega = 2\pi\nu.$$

Периоды собственных незатухающих колебаний:

- *пружинного маятника*

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

где k – жесткость пружины;

- *математического маятника*

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l – длина маятника; g – ускорение свободного падения;

- *колебательного контура*

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC},$$

где L – индуктивность контура; C – емкость конденсатора.

Частота собственных колебаний

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}.$$

Сложение двух косинусоидальных гармонических колебаний одинаковой частоты и направления:

- *амплитуда результирующего колебания*

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

где A_1 и A_2 – амплитуды складываемых колебаний; α_1 и α_2 – начальные фазы складываемых колебаний;

- начальная фаза результирующего колебания

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin \alpha_1 + A_2 \sin \alpha_2}{A_1 \cos \alpha_1 + A_2 \cos \alpha_2}.$$

Биения:

- период биений

$$T_{\text{б}} = \frac{2\pi}{|\omega_2 - \omega_1|} = \frac{1}{|\nu_2 - \nu_1|},$$

где ω_2, ω_1 – циклические частоты складываемых колебаний; ν_2, ν_1 – частоты складываемых колебаний;

- уравнение биений

$$x = 2A \cos\left(\frac{|\omega_2 - \omega_1|}{2}t\right) \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right).$$

Уравнение затухающих колебаний

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha).$$

Амплитуда затухающих колебаний

$$A = A_0 e^{-\beta t},$$

где A_0 – амплитуда в начальный момент времени; β – коэффициент затухания; t – время.

Коэффициент затухания:

- колеблющегося тела

$$\beta = \frac{r}{2m},$$

где r – коэффициент сопротивления среды; m – масса тела;

- колебательного контура

$$\beta = \frac{R}{2L},$$

где R – активное сопротивление; L – индуктивность контура.

Частота затухающих колебаний

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} .$$

Период затухающих колебаний

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} .$$

Логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} .$$

Связь логарифмического декремента λ и коэффициента затухания β

$$\lambda = \beta T .$$

Добротность

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} .$$

Амплитуда вынужденных колебаний

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} ,$$

где ω – частота вынужденных колебаний; f_0 – приведенная амплитуда вынуждающей силы:

- *при механических колебаниях*

$$f_0 = \frac{F_0}{m} ;$$

- *при электромагнитных колебаниях*

$$f_0 = \frac{U_m}{L} .$$

Резонансная частота

$$\omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}.$$

Резонансная амплитуда

$$A_p = \frac{f_0}{2\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}.$$

Полная энергия колебаний

$$W = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2.$$

Уравнение плоской волны

$$\xi = A \cos(\omega t - kx), \text{ или } \xi = A \sin(\omega t - kx),$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; ξ – смещение точек среды с координатой x в момент времени t (k – волновое число).

Длина волны

$$\lambda = vT,$$

где v – фазовая скорость распространения колебаний в среде; T – период колебаний.

Связь разности фаз $\Delta\varphi$ колебаний двух точек среды с расстоянием Δx между точками среды

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x.$$

Координаты пучностей

$$x_{\text{пучн}} = \pm \frac{n\lambda}{2}.$$

Координаты узлов

$$x_{\text{узн}} = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}.$$

Собственные частоты струны (частоты нормальных колебаний)

$$\nu_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{2l} n,$$

где v – скорость распространения волн; $l = n \frac{\lambda}{2}$ – длина струны; n – целое число укладываемых половин длин волн.

Абсолютный показатель преломления

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

где c – скорость света в вакууме,

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};$$

v – фазовая скорость распространения света в среде.

Относительный показатель преломления

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1},$$

где n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления второй и первой среды.

Оптическая длина пути

$$L = nr,$$

где n – показатель преломления среды; r – геометрическая длина пути световой волны.

Оптическая разность хода

$$\Delta = L_2 - L_1,$$

где L_1 и L_2 – оптические пути двух световых волн.

Условие интерференционного (для синфазных источников):

- *максимума*

$$\Delta = \pm m\lambda_0, \quad m = 0, 1, 2, \dots;$$

- минимума

$$\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda_0}{2}, \quad m=0, 1, 2, 3, \dots,$$

где λ_0 – длина световой волны в вакууме; m – порядок интерференционного максимума или минимума.

Оптическая разность хода волн в тонких пленках (показатель преломления окружающей среды $n_0=1$):

- в отраженном свете

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2};$$

- в проходящем свете

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i},$$

где d – толщина пленки; i – угол падения света; n – показатель преломления пленки.

Ширина интерференционных полос в опыте Юнга

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d},$$

где d – расстояние между когерентными источниками света; L – расстояние от источника до экрана.

Радиус внешней границы m -й зоны Френеля для сферической волны

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b}} m\lambda,$$

где m – номер зоны Френеля; λ – длина волны; a, b – соответственно расстояния диафрагмы с круглым отверстием от точечного источника и от экрана, на котором дифракционная картина наблюдается.

Дифракция Фраунгофера на щели

Условие минимума

$$b \sin \varphi = \pm m\lambda, \quad m=1, 2, \dots$$

Условие максимума

$$b \sin \varphi = \pm \left(m\lambda + \frac{\lambda}{2} \right), \quad m=1, 2, 3, \dots$$

где b – ширина щели; φ – угол дифракции.

Условие главных максимумов дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda, \quad m=0, 1, 2, \dots,$$

где d – постоянная дифракционной решетки; φ – угол дифракции.

Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN,$$

где $\Delta\lambda$ – минимальная разность длин волн двух спектральных линий, разрешаемых решеткой; m – порядок спектра; N – общее число щелей решетки.

Закон Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

где I_0 – интенсивность плоскополяризованного света, падающего на анализатор; I – интенсивность света, прошедшего через анализатор; α – угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора.

Связь интенсивности естественного света $I_{\text{ест}}$ с интенсивностью света, прошедшего поляризатор (и падающего на анализатор):

$$I_0 = \frac{1}{2} I_{\text{ест}} (1 - k),$$

где k – относительная потеря интенсивности света в поляризаторе.

Дисперсия вещества

$$D = \frac{dn}{d\lambda}.$$

Средняя дисперсия

$$\langle D \rangle = \frac{n_2 - n_1}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

Групповая скорость света

$$u = \frac{c}{n} \left(1 + \frac{\lambda}{n} \frac{dn}{d\lambda} \right).$$

Фазовая скорость света

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

Закон Стефана–Больцмана

$$R_e = \sigma T^4,$$

где R_e – энергетическая светимость (излучательность) черного тела;
 T – термодинамическая температура; $\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8}$ (Дж/с·м²)/К⁴ – постоянная Стефана–Больцмана.

Связь энергетической светимости R_e и спектральной плотности энергетической светимости $r_{\nu, T}(\nu, T)$ черного тела

$$R_e = \int_0^{\infty} r_{\nu, T} d\nu = \int_0^{\infty} r_{\lambda, T} d\lambda.$$

Энергетическая светимость серого тела

$$R_T^c = A_T \sigma T^4,$$

где A_T – поглощательная способность серого тела.

Закон смещения Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

где $\lambda_{\max}$ – длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности энергетической светимости черного тела; b – постоянная Вина,

$$b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}.$$

Зависимость максимальной спектральной плотности энергетической светимости черного тела от температуры

$$(r_{\lambda, T}) = CT^5,$$

где $C = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$.

Формула Рэлея–Джинса для спектральной плотности энергетической светимости черного тела

$$r_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT,$$

где k – постоянная Больцмана.

Энергия кванта

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

где $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – постоянная Планка; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света в вакууме; $h = 2\pi\hbar$.

Формула Планка

$$r_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{\frac{h\nu}{e^{kT}} - 1}; \quad r_{\lambda, T} = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{h\nu}{\frac{hc}{e^{kT\lambda}} - 1}.$$

Связь радиационной T_p и истинной T температур

$$T_p = \sqrt[4]{A_T} T,$$

где A_T – поглощательная способность серого тела.

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$\varepsilon = h\nu = A + T_{\max},$$

где $\varepsilon = h\nu$ – энергия фотона, падающего на поверхность металла; A – работа выхода электрона из металла; $T_{\max} = \frac{m2\pi v_{\max}^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона.

«Красная граница» фотоэффекта для данного металла

$$\nu_0 = \frac{A}{h}; \quad \lambda_0 = \frac{hc}{A},$$

где λ_0 – максимальная длина волны излучения (ν_0 – соответственно минимальная частота), при которой фотоэффект еще возможен.

Масса и импульс фотона

$$m_\gamma = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}; \quad p_\gamma = \frac{h\nu}{c},$$

где $h\nu$ – энергия фотона.

Изменение длины волны рентгеновского излучения при комптоновском рассеянии

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta) = \frac{2h}{m_0c} \sin^2 \frac{\theta}{2} = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

где λ и λ' – длины волн падающего и рассеянного излучения; m_0 – масса электрона; θ – угол рассеяния, $\lambda_c = \frac{h}{m_0c}$ – комптоновская длина волны.

Длина волны де Бройля

<i>Для нерелятивистской частицы</i>
$\lambda_B = \frac{2\pi \hbar}{p} = \frac{2\pi \hbar}{mv},$
где p – импульс нерелятивистской частицы
$\lambda_B = \frac{2\pi \hbar}{\sqrt{2mE}},$
где E – кинетическая энергия нерелятивистской частицы; m – масса частицы
$\lambda_B = \frac{2\pi \hbar}{\sqrt{3mkT}},$
где m – масса частицы; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура
$\lambda_B = \frac{2\pi \hbar}{\sqrt{2mqU}},$
где q – заряд частицы; U – разность потенциалов
<i>Для релятивистской частицы</i>
$\lambda_B = \frac{2\pi \hbar}{\sqrt{2E_{\text{кин}} m_0 + \frac{E_K^2}{c^2}}},$
где m_0 – масса покоя частицы; $E_{\text{кин}}$ – кинетическая энергия релятивистской частицы, $E_{\text{кин}} = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2$, p – импульс,
$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{c} \sqrt{E_{\text{кин}} (E_{\text{кин}} + 2m_0c^2)}$

Соотношения неопределенностей Гейзенберга

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar; \quad \Delta y \Delta p_y \geq \hbar; \quad \Delta z \Delta p_z \geq \hbar; \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar,$$

где $\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$ – неопределенности проекции импульса частицы на оси x, y, z , а $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ – неопределенности ее координат; ΔE – неопределенность энергии состояния частицы; Δt – время пребывания частицы в данном квантовом состоянии.

УРАВНЕНИЕ ШРЁДИНГЕРА. ОДНОМЕРНЫЙ БЕСКОНЕЧНО ГЛУБОКИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ЯЩИК. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР. АТОМ ВОДОРОДА. МОЛЕКУЛЫ

Волновая функция ψ (или пси-функция)

Вероятность dP того, что частица в момент времени t будет обнаружена в пределах объема dV :

$$dP = |\psi|^2 dV = \psi \psi^* dV ;$$

$\int \psi \psi^* dV = 1$ – условие нормировки.

Общее уравнение Шрёдингера (уравнение Шрёдингера, зависящее от времени)

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U(x, y, z, t) \psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t},$$

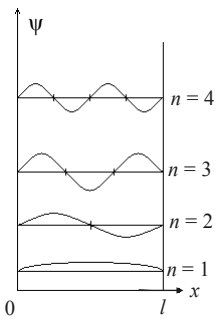
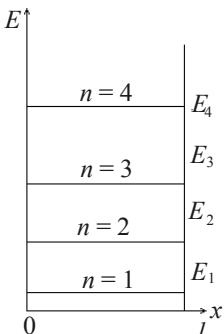
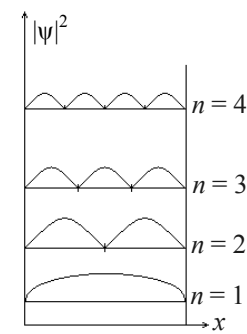
где m – масса частицы; i – мнимая единица; $U(x, y, z, t)$ – потенциальная функция частицы в силовом поле, в котором она движется; Δ – оператор Лапласа $\left(\Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right)$; $\psi(x, y, z, t)$ – волновая функция частицы.

Стационарное уравнение Шрёдингера

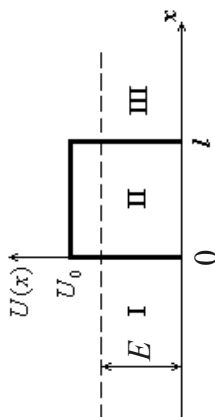
$$\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\psi = 0,$$

где E – полная энергия частицы; U – потенциальная энергия частицы в силовом поле, в котором она движется.

Частица в одномерном бесконечно глубоком потенциальном «ящике»

Собственные ψ -функции	Собственные значения энергии электрона	Расстояние между энергетическими уровнями
$\psi_n = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi x}{l},$ $n=1, 2, 3, 4, \dots$	$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2},$ $n=1, 2, 3, 4, \dots$	$\Delta E_n = E_{n+1} - E_n =$ $= \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} (2n+1) \approx \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n$
 <i>a</i>	 <i>б</i>	 <i>в</i>

Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект



Области	Уравнение Шрёдингера	Решение уравнения Шрёдингера	Значения коэффициентов k_1, k_2 и β	Коэффициент отражения R	Коэффициент прозрачности D
I и III	1. $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$	3. $\psi_1 = A_1 e^{ik_1 x} + B_1 e^{-ik_1 x}$ 4. $\psi_3 = A_3 e^{ik_1 x} + B_3 e^{-ik_1 x}$, или $\psi_3 = A_3 e^{iKx}$	7. $k_1 = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$		
II	2. $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U_0)\psi = 0$	5. $\psi_2 = A_2 e^{ik_2 x} + B_2 e^{-ik_2 x}$ 6. $\psi_2 = A_2 e^{-\beta x} + B_2 e^{\beta x}$	8. $k_2 = \frac{\sqrt{2m(E - U_0)}}{\hbar}$ 9. $\beta = \frac{\sqrt{2m(U_0 - E)}}{\hbar}$	$R = \frac{ B_1 ^2}{ A_1 ^2} = \frac{\left \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \right ^2}{\left 1 - \sqrt{1 - \frac{U_0}{E}} \right ^2} = \frac{\left \frac{\sqrt{\frac{U_0}{E}}}{1 + \sqrt{1 - \frac{U_0}{E}}} \right ^2}{\left \frac{\sqrt{\frac{U_0}{E}}}{1 + \sqrt{1 - \frac{U_0}{E}}} \right ^2} = \frac{ A_3 ^2}{ A_1 ^2} = \frac{4k_1 k_2}{(k_1 + k_2)^2} \approx \frac{2}{\hbar} \sqrt{2m(U_0 - E)} l$ $D = 1 - R$	

Атом водорода

Энергия электрона

$$E_n = - \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{me^4}{2\hbar^2 n^2} \text{ (Дж)},$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$.

Состояние, в котором находится электрон с минимальным значением энергии, называется *основным* ($E_1 = -13,6$ эВ). Все остальные состояния ($E_2, E_3, \dots$) – возбужденными.

КВАНТОВЫЕ ЧИСЛА

Главное квантовое число n определяет энергию электрона в атоме ($n = 1, 2, 3, 4, \dots$).

Орбитальное квантовое число l определяет момент импульса электрона в атоме. При заданном значении n квантовое число l может принимать значения $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n - 1$. Момент импульса (механический орбитальный момент) электрона квантуется (принимает дискретные значения) и рассчитывается по формуле

$$L_l = \hbar \sqrt{l(l+1)}.$$

Магнитное квантовое число m_l определяет проекцию момента импульса L_{l_z} электрона на физически заданное направление. При заданном l число m_l может принимать значения $m_l = -l, -(l-1), \dots, 0, 1, \dots, l$, всего $(2l + 1)$ значений.

Проекция момента импульса L_{l_z} принимает квантованные значения

$$L_{l_z} = m_l \hbar.$$

Спиновое квантовое число s принимает у электрона значения $s = +\frac{1}{2}$. Спин электрона – квантовая величина, у нее нет классического

аналога; это внутреннее неотъемлемое свойство электрона, подобно его заряду.

Собственный механический момент импульса (спин) L_s квантуется:

$$L_s = \hbar \sqrt{s(s+1)}.$$

Проекция спина L_{s_z} на направление внешнего магнитного поля – величина квантованная:

$$L_{s_z} = m_s \hbar,$$

где m_s – спиновое магнитное квантовое число.

Оно может иметь только два значения: $m_s = \pm \frac{1}{2}$.

Спектры испускания и поглощения атома водорода. В квантовой механике вводятся *правила отбора*, ограничивающие число возможных переходов электронов в атоме, связанных с испусканием и поглощением света.

Изменение орбитального квантового числа Δl удовлетворяет условию

$$\Delta l = \pm 1.$$

Изменение магнитного квантового числа Δm_l удовлетворяет условию

$$\Delta m_l = \pm 1.$$

При переходе электрона в атоме водорода с одного энергетического уровня на другой испускается или поглощается квант энергии с частотой ω :

$$\omega = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

где n определяет серию ($n=1, 2, 3, \dots$); m – отдельные линии соответствующей серии ($n=m+1, n=m+2, n=m+3, \dots$); R – постоянная Ридберга $\left(R = 2,07 \cdot 10^{16} \frac{1}{c} \right)$.

Молекулы. Молекулярные спектры

Энергия молекулы, имеющей момент инерции I и вращающейся с угловой скоростью ω_r , равна

$$E_r = \frac{I\omega_r^2}{2} = \frac{I^2\omega_r^2}{2I} = \frac{L^2}{2I} = \frac{\hbar^2 J(J+1)}{2I},$$

где $L = I\omega_r$ – момент импульса молекулы.

Момент импульса молекулы – величина квантованная:

$$L = \hbar\sqrt{J(J+1)},$$

где J – вращательное квантовое число. Оно может принимать значения $J = 0, 1, 2, \dots$

Для вращательного квантового числа имеется правило отбора

$$\Delta J = \pm 1.$$

Вращательные полосы

Наименьшей энергией обладают фотоны, соответствующие переходам молекулы из одного вращательного состояния в другое:

$$\hbar\omega = \Delta E_r = \frac{\hbar^2(J+1)(J+2)}{2I} - \frac{\hbar^2 J(J+1)}{2I} = \frac{\hbar^2 \cdot 2(J+1)}{2I}.$$

Частоты линий, испускаемых при переходах между вращательными уровнями, могут иметь значения:

$$\omega = \frac{\Delta E_r}{\hbar} = \frac{\hbar}{2I} 2(J+1) = 2B(J+1) = \omega_1(J+1),$$

где $B = \frac{\hbar}{2I}$; J – квантовое число уровня, на который совершается переход.

Приведенная масса двухатомной молекулы

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2},$$

где m_1 и m_2 – массы атомов, входящих в состав молекулы.

Собственная круговая частота двухатомной молекулы

$$\omega = \sqrt{\frac{\beta}{\mu}},$$

где β – коэффициент квазиупругой силы.

Энергия колебания квантового гармонического осциллятора

$$E_n = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2} \right),$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$

Нулевая энергия

$$E_0 = \frac{\hbar\omega}{2}.$$

Энергия диссоциации двухатомной молекулы

$$E_d = \frac{\hbar\omega}{4\gamma} (1 - 2\gamma),$$

где γ – коэффициент ангармоничности.

Момент инерции двухатомной молекулы относительно оси, проходящей через ее центр инерции перпендикулярно прямой, соединяющей ядра атомов:

$$I = \mu d^2,$$

где μ – приведенная масса молекулы; d – межъядерное расстояние.

Энергия вращательного движения двухатомной молекулы

$$E_J = BJ(J+1),$$

где J – вращательное квантовое число; B – вращательная постоянная

$$B = \frac{\hbar^2}{2I}.$$

ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Записать все данные (с их единицами) и искомые в задаче величины.

2. Записать все данные задачи в СИ.

3. Сделать чертеж, схему или рисунок с обозначением данных задачи (в зависимости от условий задачи).

4. Установить, какие физические законы отвечают содержанию данной задачи.

5. Решить задачу в общем виде (получить «рабочую формулу»), т.е. выразить искомую величину через заданные в задаче. При изучении движения точки (поступательного движения твердого тела) необходимо:

а) выбрать систему отсчета, относительно которой изучается движение;

б) связать с ней систему координат;

в) записать закон движения точки в векторном виде;

г) перейти к скалярной записи уравнений движения в проекциях на выбранные оси;

д) записать начальные данные и дополнительные условия рассматриваемого движения;

е) решить полученную систему уравнений и проанализировать ответ;

ж) если в движении участвует несколько тел, то удобно выбрать общие для всех начала отсчета перемещения и времени.

При изучении вращения тела вокруг неподвижной оси надо перейти к угловым характеристикам движения (угловому перемещению, угловой скорости, угловому ускорению), так как они одинаковы для всех точек тела, в то время как линейные характеристики различны.

6. Произвести вычисления.

7. Желательно произвести проверку единиц величин, подставив их в «рабочую формулу». Полученная единица должна совпадать с единицей искомой в задаче величины.

КОНСПЕКТЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ ЗАПОЛНЯЮТСЯ СТУДЕНТАМИ ВМЕСТЕ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ НА ЗАНЯТИЯХ

Занятие 1 «Магнетизм»

- Магнитное поле.
- Индукция и напряженность магнитного поля.

Занятие 2 «Магнетизм»

- Законы электромагнетизма.

Занятие 3 «Магнетизм»

- Электромагнитная индукция.
- Самоиндукция.
- Энергия магнитного поля.

Занятие 4 «Колебания и волны»

- Механические колебания и волны.

Занятие 5 «Колебания и волны»

- Электромагнитные колебания и волны.

Занятие 6 «Волновая оптика»

- Волновые свойства света.

Занятие 7 «Тепловое излучение»

- Тепловое излучение.

Занятие 8 «Тепловое излучение»

- Фотоны.
- Давление света.
- Фотоэффект.
- Эффект Комптона.

Занятие 9 «Квантовая физика»

- Электронные оболочки атома.
- Теория Бора.
- Элементы квантовой механики.

Занятие 1 «Магнетизм»

- Магнитное поле
- Индукция и напряженность магнитного поля

По двум бесконечно длинным прямолинейным проводникам, находящимся на расстоянии 50 см друг от друга, в одном направлении текут токи силой по 5 А. Между проводниками на расстоянии 30 см от первого расположен центр кольцевого проводника, сила тока в котором 5 А. Радиус кольца 20 см. Определить индукцию и напряженность магнитного поля, создаваемого токами в центре кольцевого проводника. (Рассмотреть несколько вариантов расположения кольцевого проводника)

Дано	Решение
Найти	Ответ

По двум бесконечно длинным прямолинейным проводникам, находящимся на расстоянии 10 см друг от друга, текут токи силой 5 А в каждом. Определить индукцию магнитного поля, создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводниками в случаях, когда: 1) проводники параллельны и токи текут в одном направлении; 2) проводники перпендикулярны.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Изолированный проводник изогнут в виде прямого угла со сторонами 20 см каждая. В плоскости угла помещен кольцевой проводник радиусом 10 см так, что стороны угла являются касательными к кольцу. Найти индукцию в центре кольца. Силы токов в проводнике равны 2 А. Влияние подводящих проводов не учитывать.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Два бесконечно длинных прямых проводника, сила тока в которых 6 и 8 А, расположены перпендикулярно друг другу. Определить индукцию и напряженность магнитного поля на середине кратчайшего расстояния между проводниками, равного 2 см.

Дано	Решение
Найти	Ответ

По двум бесконечно длинным прямым проводникам, расстояние между которыми 15 см, в одном направлении текут токи 4 и 6 А. Определить расстояние от проводника с меньшей силой тока до геометрического места точек, в котором напряженность магнитного поля равна нулю.

Дано	Решение
Найти	Ответ

По двум бесконечно длинным прямым проводникам, расстояние между которыми 15 см, в противоположных направлениях текут токи 4 и 6 А. Определить расстояние от проводника с меньшей силой тока до геометрического места точек, в котором напряженность магнитного поля равна нулю.

Дано	Решение
Найти	Ответ

В кольцевом проводнике радиусом 10 см сила тока 4 А. Параллельно плоскости проводника на расстоянии 2 см над его центром проходит бесконечно длинный проводник, сила тока в котором 2 А. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в центре кольца. Рассмотреть все возможные случаи.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Два круговых витка с током лежат в одной плоскости и имеют общий центр. Радиус большего витка 12 см, а меньшего 2 см. Напряженность поля в центре витков равна 50 А/м, если токи текут в одном направлении, и равна нулю, если в противоположных. Определить силу тока в витках.

Дано	Решение
Найти	Ответ

По квадратной рамке со стороной 0,2 м течет ток 4 А. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в центре рамки.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 2 «Магнетизм»

• Законы электромагнетизма

Виток радиусом 5 см помещен в однородное магнитное поле напряженностью 5000 А/м так, что нормаль к витку составляет угол 60° с направлением поля. Сила тока в витке 1 А. Какая работа совершается при повороте витка в устойчивое положение?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Пройдя ускоряющую разность потенциалов 3,52 кВ, электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Индукция поля 0,01 Тл, радиус траектории 2 см. Определить удельный заряд электрона.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Виток радиусом 2 см, сила тока в котором 10 А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией 1,5 Тл. Линии индукции перпендикулярны плоскости витка. Определить работу, совершаемую внешними силами при повороте витка на угол 90° вокруг оси, совпадающей с диаметром витка. Считать, что при повороте витка сила тока в нем поддерживается неизменной.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Квадратная рамка со стороной 4 см содержит 100 витков и помещена в однородное магнитное поле напряженностью 100 А/м. Направление поля составляет с нормалью к рамке угол 30° . Какая работа совершается при повороте рамки на 30° в одну и в другую сторону, если сила тока в ней 1 А?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Под действием однородного магнитного поля перпендикулярно линиям индукции начинает перемещаться прямой проводник массой 2 кг, сила тока в котором 10 А. Какой магнитный поток пересечет этот проводник к моменту времени, когда его скорость станет равна 31,6 м/с?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Проводник, сила тока в котором 1 А , длиной $0,3\text{ м}$ равномерно вращается вокруг оси, проходящей через его конец, в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля напряженностью 1 кА/м . За 1 мин вращения совершается работа $0,1\text{ Дж}$. Определить угловую скорость вращения проводника.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Протон движется в магнитном поле напряженностью 10^5 А/м по окружности радиусом 2 см. Найти кинетическую энергию протона.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Момент импульса протона в однородном магнитном поле напряженностью 20 кА/м равен $6,6 \cdot 10^{-23}$ кг·м²/с. Найти кинетическую энергию протона, если он движется перпендикулярно линиям индукции магнитного поля.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Электрон с энергией 300 эВ движется перпендикулярно линиям индукции магнитного поля напряженностью 465 А/м. Определить силу Лоренца, скорость и радиус траектории электрона.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 3 «Магнетизм»

- Электромагнитная индукция
 - Самоиндукция
- Энергия магнитного поля

Сила тока в соленоиде равномерно возрастает от 0 до 10 А за 1 мин, при этом соленоид накапливает энергию 20 Дж. Какая ЭДС индуцируется в соленоиде?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Однослойный соленоид без сердечника длиной 20 см и диаметром 4 см имеет плотную намотку медным проводом диаметром 0,1 мм. За 0,1 с сила тока в нем равномерно убывает с 5 А до 0. Определить ЭДС самоиндукции в соленоиде.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Обмотка соленоида имеет сопротивление $10\ \text{Ом}$. Какова его индуктивность, если при прохождении постоянного тока, созданного источником, за $0,05\ \text{с}$ в нем выделяется количество теплоты, эквивалентное энергии магнитного поля соленоида?

Дано	Решение
Найти	Ответ

В плоскости, перпендикулярной магнитному полю напряженностью $2 \cdot 10^5$ А/м, вращается стержень длиной 0,4 м относительно оси, проходящей через его сердцевину. В стержне индуцируется ЭДС 0,2 В. Определить угловую скорость стержня.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Соленоид без сердечника длиной 15 см и диаметром 4 см имеет 100 витков на 1 см длины и включен в цепь источника тока. За 1 мс сила тока в нем изменилась на 10 мА. Определить ЭДС самоиндукции, считая, что ток в цепи изменяется равномерно.

Дано	Решение
Найти	Ответ

На концах крыльев самолета с размахом 20 м, летящего со скоростью 900 км/ч, возникает ЭДС индукции 0,06 В. Определить вертикальную составляющую напряженности магнитного поля Земли.

Дано	Решение
Найти	Ответ

По обмотке соленоида с параметрами: число витков 1000, длина 0,5 м, диаметр 4 см течет ток 0,5 А. Определить потокосцепление, энергию, объемную плотность энергии соленоида.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Однородное магнитное поле, объемная плотность энергии которого $0,4 \text{ Дж/м}^3$, действует на проводник с током, расположенный перпендикулярно линиям индукции с силой $0,1 \text{ мН}$ на 1 см его длины. Определить силу тока в проводнике.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Соленоид без сердечника имеет плотную однослойную намотку проводом диаметром 0,2 мм, и по нему течет ток 0,1 А. Длина соленоида 20 см, диаметр 5 см. Найти энергию магнитного поля соленоида.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 4 «Колебания и волны»

• Механические колебания и волны

Материальная точка массой 20 г совершает гармонические колебания с периодом 9 с. Начальная фаза колебания 10° . Через какое время от начала движения смещение точки достигнет половины амплитуды? Найти амплитуду, максимальные скорость и ускорение точки, если полная ее энергия равна 10^{-2} Дж.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Материальная точка массой 1 г колеблется гармонически. Амплитуда колебания равна 5 см, циклическая частота 2 с^{-1} , начальная фаза равна 0. Определить силу, действующую на точку в тот момент, когда ее скорость равна 6 см/с.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Найти закон изменения периода колебания математического маятника над поверхностью земли в зависимости от высоты над поверхностью земли.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Однородный диск радиусом 49 см совершает малые колебания относительно оси, которой является гвоздь, вбитый перпендикулярно стене. Колебания совершаются в плоскости, параллельной стене. Найти частоту колебаний диска, если гвоздь находится на расстоянии $2R/3$ от центра диска.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Материальная точка массой 10 г совершает гармонические колебания, уравнения которых имеют вид $x=0,2\sin 8\pi t$ (м). Найти возвращающую силу в момент времени 0,1 с и полную энергию точки.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Материальная точка массой 10 г совершает гармонические колебания с периодом 2 с. Полная энергия колеблющейся точки 10^{-4} Дж. Найти амплитуду колебаний, написать уравнение колебаний, наибольшее значение силы, действующей на точку.

Дано	Решение
Найти	Ответ

В упругой среде распространяется волна со скоростью 20 м/с. Частота колебаний 2 с^{-1} , амплитуда 2 см. Определить фазу колебаний, смещение, скорость, ускорение точки, отстоящей на расстоянии 60 м от источника в момент времени 4 с, и длину волны. Считать начальную фазу колебаний источника равной нулю.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Волна распространяется по прямой со скоростью 20 м/с. Две точки, находящиеся на этой прямой на расстоянии 12 и 15 м от источника колебаний, колеблются по закону синуса с амплитудами, равными 0,1 м, и с разностью фаз 135° . Найти длину волны, написать уравнение этой волны и найти смещение указанных точек в момент времени 1,2 с. Считать начальную фазу колебаний источника равной нулю.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Колеблющиеся точки, находящиеся на одном луче, удалены от источника колебания на 6 и 8,7 м и колеблются с разностью фаз $\frac{3\pi}{4}$. Период колебания источника 10^{-2} с. Чему равна длина волны и скорость распространения колебаний в данной среде? Составить уравнение колебания для первой и второй точек волны, считая амплитуды колебаний точек равными 0,5 м.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 5 «Колебания и волны»

- Электромагнитные колебания и волны

Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 10 \cos 10^4 t$ (В). Емкость конденсатора 10 мкФ. Найти индуктивность контура и закон изменения силы тока в нем.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону $I = 0,1 \sin 10^3 t$ (А). Индуктивность контура 0,1 Гн. Найти закон изменения напряжения на конденсаторе и его емкость.

Дано	Решение
Найти	Ответ

В колебательном контуре максимальная сила тока $0,2\text{ А}$, максимальное напряжение на обкладках конденсатора 40 В . Найти энергию колебательного контура, если период колебаний $15,7\text{ мкс}$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Максимальная сила тока в колебательном контуре $0,1\text{ А}$, максимальное напряжение на обкладках конденсатора 200 В . Найти циклическую частоту колебаний, если энергия контура $0,2\text{ Дж}$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $37,5 \text{ нФ}$ и катушки с индуктивностью $0,68 \text{ Гн}$. Максимальное значение заряда на обкладках конденсатора равно $2,5 \text{ мкКл}$. Написать уравнение изменения напряжения и заряда на обкладках конденсатора и тока в цепи и найти значения этих величин в момент времени $T/2$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Изменение разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре происходит в соответствии с уравнением $U = 50 \cos 10^4 \pi t$. Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность контура, закон изменения силы тока со временем и длину волны, на которую настроен контур.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с магнитной проницаемостью, равной 1, имеет вид $E=10\sin(6,28\cdot 10^8 t-4,19x)$. Определить диэлектрическую проницаемость среды и длину волны.

Дано	Решение
Найти	Ответ

В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряженности электрического поля которой 100 В/м. Какую энергию переносит эта волна через площадку 50 см^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, за 1 мин? Период волны $T \ll t$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны $0,1 \text{ А/м}$. Определить энергию, переносимую этой волной через поверхность площадью 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространению волны, за время 1 с . Период волны $T \ll t$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 6 «Волновая оптика»

• Волновые свойства света

Монохроматический свет длиной волны $0,5 \text{ мкм}$ падает на мыльную пленку ($n = 1,3$) толщиной $0,1 \text{ мкм}$, находящуюся в воздухе. Найти наименьший угол падения, при котором пленка в проходящем свете кажется темной.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Найти угловое расстояние между соседними светлыми полосами в опыте Юнга, если известно, что экран отстоит от когерентных источников света на 1 м, а пятая светлая полоса на экране расположена на расстоянии 1,5 мм от центра интерференционной картины.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Для устранения отражения света от поверхности линзы на нее наносится тонкая пленка вещества с показателем преломления 1,25, меньшим, чем у стекла (просветление оптики). При какой наименьшей толщине пленки отражение света с длиной волны 0,72 мкм не будет наблюдаться, если угол падения лучей 60° ?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Постоянная дифракционной решетки 2,5 мкм. Определить наибольший порядок спектра, общее число главных максимумов в дифракционной картине и угол дифракции в спектре второго порядка при нормальном падении монохроматического света с длиной волны 0,62 мкм.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Дифракционная решетка шириной 12 мм содержит 4800 штрихов. Определить число главных максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решетки для длины волны 0,55 мкм.

Дано	Решение
Найти	Ответ

На узкую щель шириной $0,1$ мм падает нормально плоская монохроматическая волна с длиной волны $0,585$ мкм. Найти расстояние между первыми дифракционными минимумами на экране, удаленном от щели на $0,6$ м.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы свет, отраженный от поверхности воды, был максимально поляризован (показатель преломления равен 1,33)?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор, уменьшилась в 2,3 раза. Во сколько раз она уменьшится, если за первым поставить второй такой же поляризатор так, чтобы угол между их главными плоскостями был равен 60° ?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, плоскости поляризации которых повернуты по отношению друг к другу на угол 45° . Каждый николь поглощает 8 % света, падающего на него.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 7 «Тепловое излучение»

• Тепловое излучение

Мощность потока энергии, излучаемой из смотрового окошка мартеновской печи, $P = 2,17$ кВт. Площадь смотрового окошка $S = 6$ см². Определить температуру печи.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Найти площадь излучающей поверхности нити 25-ваттной лампы, если температура нити 2450 К. Излучение нити составляет 30 % излучения абсолютно черного тела при данной температуре. Потерями тепла, связанными с теплопроводностью, пренебречь.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Вследствие изменения температуры тела максимум его спектральной энергетической светимости переместился с $\lambda_1 = 2,5$ мкм до $\lambda_2 = 0,125$ мкм. Тело абсолютно черное. Во сколько раз изменилась: а) температура тела; б) интегральная энергетическая светимость?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Максимальная спектральная светимость абсолютно черного тела $r_{\lambda, T_{\max}} = 4,16 \cdot 10^{11} \text{ Вт/м}^2$. На какую длину волны она приходится?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Диаметр вольфрамовой проволоки в электрической лампочке равен 0,33 мм, длина проволоки 5 см. При включении лампочки в цепь напряжением 127 В через лампочку идет ток силой 0,31 А. Найти температуру лампочки. Считать, что по установлении равновесия все выделяющееся в нити тепло теряется в результате лучеиспускания. Отношение энергетических светимостей вольфрама и абсолютно черного тела считать для этой температуры равным 0,31.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Железный шар радиусом 10 см, нагретый до температуры 1227 °С, остывает на открытом воздухе. Через какое время его температура понизится до 1000 К? При расчете принять, что отношение энергетических светимостей железа и абсолютно черного тела 0,5. Считать, что потеря энергии происходит только за счет излучения. Воздух находится при нормальных условиях.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Абсолютно черное тело было нагрето от температуры 100 до 300 °С. Найти, во сколько раз изменилась мощность суммарного излучения при этом.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Температура абсолютно черного тела понизилась с 1000 до 850 К. Определить, как и на сколько при этом изменилась длина волны, отвечающая максимуму распределения энергии.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Во сколько раз увеличится мощность излучения черного тела, если максимум энергии излучения сместится от красной границы видимого спектра к его фиолетовой границе?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 8 «Тепловое излучение»

- Фотоны
- Давление света
- Фотоэффект
- Эффект Комптона

На зачерненную поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны $0,65 \text{ мкм}$, производя давление $5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$. Определить концентрацию фотонов, падающих на площадь 1 м^2 в 1 с .

Дано	Решение
Найти	Ответ

Определить давление, оказываемое светом с длиной волны 0,4 мкм на черную поверхность, если каждую секунду на 1 см² поверхности нормально падает $6 \cdot 10^{16}$ фотонов.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Давление света с длиной волны $0,55 \text{ мкм}$, нормально падающего на зеркальную поверхность, равно 9 мкПа . Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Красная граница фотоэффекта для никеля равна $0,257 \text{ мкм}$. Найти длину волны света, падающего на никелевый электрод, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной $1,5 \text{ В}$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Какую часть энергии фотона составляет энергия, которая пошла на совершение работы выхода электронов их фотокатода, если красная граница для материала фотокатода равна $0,54 \text{ мкм}$, кинетическая энергия фотоэлектронов $0,5 \text{ эВ}$?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Облучение литиевого фотокатода производится фиолетовыми лучами, длина волны которых равна $0,4 \text{ мкм}$. Определить скорость фотоэлектронов, если длина волны красной границы фотоэффекта для лития равна $0,52 \text{ мкм}$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Гамма-фотон с длиной волны $1,2 \text{ пм}$ в результате комптоновского рассеяния на свободном электро́не отклонился от первоначального направления на угол 60° . Определить кинетическую энергию и импульс электро́на отда́чи. До столкновения электро́н покоился.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Фотон с импульсом $5,44 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с был рассеян на свободном электро-не на угол 30° в результате эффекта Комптона. Определить им-пульс рассеянного фотона.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Первоначально покоившийся электрон приобрел кинетическую энергию 0,06 МэВ в результате комптоновского рассеяния на нем γ -фотона с энергией 0,51 МэВ. Чему равен угол рассеяния фотона?

Дано	Решение
Найти	Ответ

Занятие 9 «Квантовая физика»

- Электронные оболочки атома
 - Теория Бора
- Элементы квантовой механики

Определить первый боровский радиус орбиты в атоме водорода и скорость движения электрона по этой орбите.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Определить наибольшие и наименьшие длины волн фотонов, излучаемых при переходе электронов в сериях Лаймана, Бальмера и Пашена.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Определить кинетическую энергию протона и электрона, для которых длина волны де Бройля равна 0,06 нм.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов U . Найти длину волны де Бройля для случаев: $U = 51 \text{ В}$; $U = 510 \text{ кВ}$.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии равно 12 нс. Вычислить минимальную неопределенность длины волны $\lambda = 12$ мкм излучения при переходе атома в основное состояние.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Атом испустил фотон с длиной волны $0,55 \text{ мкм}$. Продолжительность излучения 10 нс . Определить наименьшую погрешность, с которой может быть измерена длина волны излучения.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы $l=1$ нм . Определить наименьшую разность энергетических уровней электрона.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Определить, при какой ширине одномерной потенциальной ямы наименьшая дискретность энергии электрона становится сравнимой с энергией теплового движения молекул гелия при температуре 300 К.

Дано	Решение
Найти	Ответ

Частица в потенциальной яме шириной l находится в возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $0 < x < \frac{l}{4}$ на втором энергетическом уровне.

Дано	Решение
Найти	Ответ

РЕЙТИНГ-ЛИСТ

ФМА (2 часть)

Название модуля	Вид контроля	Сроки контроля	Максимальное число баллов	Минимальное число баллов	Экзамен
Электромагнетизм	РГЗ	5–6 недели	$8 \cdot 8 = 64$	$8 \cdot 2 = 16$	1 вопрос – 10 баллов
	Лабораторные работы «2–5»	семестр	$1 \cdot 200 = 200$	$1 \cdot 100 = 100$	2 вопрос – 10 баллов
Колебания и волны	Тест	9–10 недели	33	0	10 баллов
	Лабораторные работы «2–5»	семестр	$1 \cdot 200 = 200$	$1 \cdot 100 = 100$	Задача – 20 баллов
Волновая оптика. Квантовая оптика	РГЗ	12–13 недели	$7 \cdot 8 = 56$	$7 \cdot 2 = 14$	
	Лабораторные работы «2–5»	семестр	$2 \cdot 200 = 400$	$2 \cdot 100 = 200$	
			$953 \cdot 0,063 = 60$ баллов	$430 \cdot 0,063 = 27$ баллов	40 баллов

Расчетно-графическое задание (баллы за одну задачу при условии правильного решения)

8 баллов – с защитой
2 балла – без защиты

Лабораторные работы (минимум – 100 баллов, максимум – 200 баллов)

Отчет оценивается в 100 баллов (минимум – 50 баллов, максимум – 100 баллов).

Защита оценивается в 100 баллов (1 уровень – 50 баллов, 2 уровень – 75 баллов, 3 уровень – 100 баллов).

ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ ЗАДАЧ К РГЗ «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ВОЛНОВАЯ ОПТИКА»

	Магнитное поле	Волновая оптика
1.	7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5; 8.1.2; 8.1.3; 8.1.4; 8.1.5;	12.1.2; 12.1.5; 13.1.2; 13.1.3; 13.1.4; 14.1.2; 14.1.4;
2.	7.2.2; 7.2.3; 7.2.4; 7.2.5; 8.2.2; 8.2.3; 8.2.4; 8.2.5;	12.2.2; 12.2.5; 13.2.2; 13.2.3; 13.2.4; 14.2.2; 14.2.4;
3.	7.3.2; 7.3.3; 7.3.4; 7.3.5; 8.3.2; 8.3.3; 8.3.4; 8.3.5;	12.3.2; 12.3.5; 13.3.2; 13.3.3; 13.3.4; 14.3.2; 14.3.4;
4.	7.4.2; 7.4.3; 7.4.4; 7.4.5; 8.4.2; 8.4.3; 8.4.4; 8.4.5;	12.4.2; 12.4.5; 13.4.2; 13.4.3; 13.4.4; 14.4.2; 14.4.4;
5.	7.5.2; 7.5.3; 7.5.4; 7.5.5; 8.5.2; 8.5.3; 8.5.4; 8.5.5;	12.5.2; 12.5.5; 13.5.2; 13.5.3; 13.5.4; 14.5.2; 14.5.4;
6.	7.6.2; 7.6.3; 7.6.4; 7.6.5; 8.6.2; 8.6.3; 8.6.4; 8.6.5;	12.6.2; 12.6.5; 13.6.2; 13.6.3; 13.6.4; 14.6.2; 14.6.4;
7.	7.7.2; 7.7.3; 7.7.4; 7.7.5; 8.8.2; 8.8.3; 8.8.4; 8.8.5;	12.7.2; 12.7.5; 13.7.2; 13.7.3; 13.7.4; 14.7.2; 14.7.4;
8.	7.18.2; 7.18.3; 7.18.4; 7.18.5; 8.18.2; 8.18.3; 8.18.4; 8.18.5;	12.8.2; 12.8.5; 13.8.2; 13.8.3; 13.8.4; 14.8.2; 14.8.4;
9.	7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5; 8.1.2; 8.1.3; 8.1.4; 8.1.5;	12.9.2; 12.9.5; 13.9.2; 13.9.3; 13.9.4; 14.9.2; 14.9.4;
10.	7.2.2; 7.2.3; 7.2.4; 7.2.5; 8.2.2; 8.2.3; 8.2.4; 8.2.5;	12.1.2; 12.1.5; 13.1.2; 13.1.3; 13.1.4; 14.1.2; 14.1.4;
11.	7.3.2; 7.3.3; 7.3.4; 7.3.5; 8.3.2; 8.3.3; 8.3.4; 8.3.5;	12.2.2; 12.2.5; 13.2.2; 13.2.3; 13.2.4; 14.2.2; 14.2.4;
12.	7.4.2; 7.4.3; 7.4.4; 7.4.5; 8.4.2; 8.4.3; 8.4.4; 8.4.5;	12.3.2; 12.3.5; 13.3.2; 13.3.3; 13.3.4; 14.3.2; 14.3.4;
13.	7.5.2; 7.5.3; 7.5.4; 7.5.5; 8.5.2; 8.5.3; 8.5.4; 8.5.5;	12.4.2; 12.4.5; 13.4.2; 13.4.3; 13.4.4; 14.4.2; 14.4.4;
14.	7.6.2; 7.6.3; 7.6.4; 7.6.5; 8.6.2; 8.6.3; 8.6.4; 8.6.5;	12.5.2; 12.5.5; 13.5.2; 13.5.3; 13.5.4; 14.5.2; 14.5.4;
15.	7.7.2; 7.7.3; 7.7.4; 7.7.5; 8.8.2; 8.8.3; 8.8.4; 8.8.5;	12.6.2; 12.6.5; 13.6.2; 13.6.3; 13.6.4; 14.6.2; 14.6.4;
16.	7.18.2; 7.18.3; 7.18.4; 7.18.5; 8.18.2; 8.18.3; 8.18.4; 8.18.5;	12.7.2; 12.7.5; 13.7.2; 13.7.3; 13.7.4; 14.7.2; 14.7.4;
17.	7.1.2; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5; 8.1.2; 8.1.3; 8.1.4; 8.1.5;	12.8.2; 12.8.5; 13.8.2; 13.8.3; 13.8.4; 14.8.2; 14.8.4;
18.	7.2.2; 7.2.3; 7.2.4; 7.2.5; 8.2.2; 8.2.3; 8.2.4; 8.2.5;	12.9.2; 12.9.5; 13.9.2; 13.9.3; 13.9.4; 14.9.2; 14.9.4;
19.	7.3.2; 7.3.3; 7.3.4; 7.3.5; 8.3.2; 8.3.3; 8.3.4; 8.3.5;	12.2.2; 12.2.5; 13.2.2; 13.2.3; 13.2.4; 14.2.2; 14.2.4;

1. Сборник задач по общей физике. Ч. 2 . Электричество и электромагнетизм : учебное пособие для 1 и 2 курсов АВТФ, ФЛА, ФАМ, ФАЭМС, ФПМ дневной и вечерней формы обучения / Э.Б. Селиванова, С.И. Вашуков, Л.М. Родникова, Н.Я. Усольцева, Б.И. Юдин / под ред. Э.Б. Селивановой; Новосибир. гос. техн. ун-т , Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. – 97 с.: ил.

2. Сборник задач по общей физике. Ч. 3 . Колебания и волны. Волновая оптика: учебное пособие для 1 и 2 курсов АВТФ, ФЛА, ФАМ, ФАЭМС, ФПМ дневной и вечерней формы обучения / Э.Б. Селиванова, С.И. Вашуков, Н.Я. Усольцева, Н.В. Клягина, М.А. Шорохова / под ред. Э.Б. Селивановой; Новосиб. гос. техн. ун-т , Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 106 с.: ил.

ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Кроме семинарских занятий студенты выполняют лабораторные работы. Методические указания к выполнению лабораторных работ студенты берут в библиотеке или в лабораториях в электронном виде на занятиях, или на сайте кафедры общей физики. Формы отчета работ приведены в лабораториях на стендах. Далее приводятся рекомендуемые таблицы измерений при выполнении лабораторных работ (студент вправе использовать и свои таблицы).

Лабораторная работа № 23

СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

C, Ф	Формула	R, Ом	График	$\sqrt{C}, \Phi^{1/2}$
	T, с		T, с	
		0		

C ₁ , Ф	R, Ом	λ	R _L + R _Γ , Ом	R', Ом	R _{ср} , Ом	R _{ср} , Ом	Q

Лабораторная работа № 32

ДИФРАКЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Объект	n	$\Delta x_0,$ м	$x_n,$ м	$b,$ м	k	$x_k,$ м	$d, 0^\circ,$ м	$d, 30^\circ,$ м	$d, 60^\circ,$ м	k	$x_k,$ м	$d, 0^\circ,$ м	$d, 30^\circ,$ м	$d, 60^\circ,$ м
Одиночная щель	1													
Пластина с двумя щелями					1									

Пластина с четырьмя щелями							1				
		k_1	k_2	$x_{k_1},$ м	$y_{k_2},$ м	$d_1, \text{ м}$	$d_2, \text{ м}$				
Двумерная дифракционная решетка		1									

ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ФМА 1 (ТПП)

<i>1 занятие</i>	<i>2 занятие</i>	<i>3 занятие</i>	<i>4 занятие</i>
Л.р № 14	Л.р № 23	Л.р № 32	ТК
Определение удельного заряда электрона методом магнетрона	Свободные электромагнитные колебания	Дифракция лазерного излучения	Дифракция микрочастиц (компьютерное моделирование)

Литература

- Электричество и магнетизм, Новосибирск, 2002, № 2383 шифр 53 Э 454 (Л.р. № 14-теория)
- Электричество и магнетизм, Новосибирск, 2008, № 3453 шифр 53 Э 454 (вопросы для защиты лабораторных работ, Л.р. № 14)
- Электричество и магнетизм, Новосибирск, 2012, № 4215 шифр 53 Э 454 (вопросы для защиты лабораторных работ, Л.р. № 14)
- Колебания и волны, Новосибирск, 2006, № 3247 шифр 53 Э 602 (Л.р. № 23)
- Колебания и волны, Новосибирск, 2008, № 3584 шифр 53 К 602 (вопросы для защиты лабораторных работ, Л.р. № 23)
- Оптика, Новосибирск, 2007, № 3446 шифр 53 О 627 (Л.р. № 32)
- Оптика, Новосибирск, 2014, № 4341 шифр 53 О 627 (Л.р. № 32)
- Оптика, Новосибирск, 2009, № 3739 шифр 53 О 627 (вопросы для защиты лабораторных работ, Л.р. № 32)

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Семестр 2

1. Магнитное поле. Инвариантность электрического заряда. Электрическое поле в различных системах отсчета.
2. Взаимодействие движущихся зарядов. Магнитное поле движущегося заряда.
3. Закон Био–Савара–Лапласа.
4. Расчет магнитных полей на основе закона Био-Савара-Лапласа.
5. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в магнитном поле.
6. Закон Ампера.
7. Контур с током в магнитном поле.
8. Закон полного тока для магнитного поля в вакууме.
9. Применение теоремы о циркуляции вектора магнитной индукции $\vec{B}$.
10. Работа перемещения проводника с током в постоянном магнитном поле.
11. Магнитные моменты электронов и атомов.
12. Диа- и парамагнетизм.
13. Намагниченность. Магнитное поле в веществе.
14. Ферромагнетики.
15. Закон Фарадея. Правило Ленца.
16. Индуктивность контура. Самоиндукция.
17. Взаимная индукция.
18. Энергия магнитного поля.
19. Первое уравнение Максвелла.
20. Ток смещения. Второе уравнение Максвелла.
21. Теорема Гаусса для магнитного поля. Третье и четвертое уравнения Максвелла.
22. Когерентность и монохроматичность световых волн.
23. Интерференция света от двух источников.
24. Интерференция света от плоскопараллельной пластинки.
25. Интерференция света от пластинки переменной толщины. Кольца Ньютона.
26. Принцип Гюйгенса–Френеля. Метод зон Френеля.
27. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске.
28. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
29. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке.
30. Дифракция рентгеновских лучей.

31. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет.
32. Поляризация света при отражении и преломлении.
33. Поляризация при двойном лучепреломлении.
34. Поляризационные призмы. Анализ поляризованного света.
35. Характеристики теплового излучения. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
36. Законы Стефана–Больцмана, Вина. Формулы Рэлея–Джинса и Планка.
37. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта.
38. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Фотоны.
39. Эффект Комптона. Корпускулярно-волновые свойства электромагнитного излучения.
40. Корпускулярно-волновой дуализм вещества. Свойства микро-частиц.
41. Соотношение неопределенностей.
42. Волновая функция и ее статистический смысл.
43. Общее уравнение Шрёдингера. Уравнение Шрёдингера для стационарных состояний.
44. Движение свободной квантовой частицы.
45. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками».
46. Прохождение частицы через «потенциальный барьер». Туннельный эффект.
47. Гармонический осциллятор.
48. Атом водорода по Бору.
49. Атом водорода в квантовой механике.
50. Волновые функции для электрона в атоме водорода. Спин электрона. Спиновое квантовое число.
51. Принцип неразличимости тождественных частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции.
52. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям.
53. Электронные состояния в многоэлектронных атомах.
54. Химические связи.
55. Энергия молекулы. Молекулярные спектры.
56. Лазеры.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Контроль самостоятельной работы студента	3
Обозначения физических величин, используемых в рабочей тетради, и единицы их измерения.....	4
Формулы по разделу «Электромагнетизм. Колебания. Волны. Волновая оптика. Квантовая физика»	7
Уравнение Шрёдингера. Одномерный бесконечно глубокий потенциальный ящик. Потенциальный барьер. Атом водорода. Молекулы.....	21
Квантовые числа	24
Порядок решения задач	28
Рейтинг-лист.....	111
Таблица вариантов задач к РГЗ «Магнитное поле, волновая оптика».....	112
Выполнение лабораторных работ	113
График выполнения лабораторных работ.....	117
Вопросы к экзамену	118

ФИЗИКА

Часть 2

Рабочая тетрадь

Выпускающий редактор *И.П. Брованова*

Корректор *И.Е. Семенова*

Компьютерная верстка *Н.В. Гаврилова*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 28.05.2015. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 200 экз. Уч.-изд. л. 6,97. Печ. л. 7,5. Изд. № 68. Заказ № 936
Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20