

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

Кафедра «Физика и теоретическая механика»

## **РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ**

для выполнения контрольных работ по физике  
(два семестра, часть 2)

---

ФИО студента

---

номер зачетной книжки

Учебный год \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Хабаровск

Пример 1.

Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом  $R = 5\text{ см}$  и шагом  $h = 20\text{ см}$ . Определить скорость электрона, если индукция магнитного поля  $B = 0,1\text{ мТл}$ .

Дано:  $R = 5\text{ см} = 0,05\text{ м}$ ,  $h = 20\text{ см} = 0,2\text{ м}$ ,  $B = 0,1\text{ мТл} = 10^{-4}\text{ Тл}$ .

Найти:  $v$ .

Решение: В магнитном поле на электрон действует сила Лоренца, являющаяся центростремительной:

$$F_L = F_{\text{ц.с.}} \Rightarrow qBv_H = \frac{mv_H^2}{R},$$

Откуда нормальная составляющая скорости:

$$v_H = \frac{qBR}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4} \cdot 0,05}{9,11 \cdot 10^{-31}} = 8,78 \cdot 10^5 \text{ (м/с)},$$

и т.к. угловая скорость  $\omega = \frac{v_H}{R} = \frac{2\pi}{T}$  и тогда:

$$qB = \frac{m \cdot 2\pi}{T},$$

Откуда период обращения электрона:

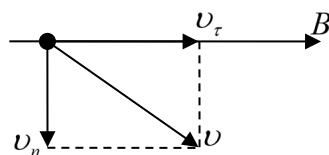
$$T = \frac{2\pi \cdot m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}} = 3,58 \cdot 10^{-7} \text{ (с)},$$

Тангенциальная составляющая скорости:

$$v_T = \frac{h}{T} = \frac{0,2}{3,58 \cdot 10^{-7}} = 5,59 \cdot 10^5 \text{ (м/с)},$$

Эти две скорости перпендикулярны и тогда общая скорость:

$$v = \sqrt{v_T^2 + v_H^2} = \sqrt{(5,59 \cdot 10^5)^2 + (8,78 \cdot 10^5)^2} = 1,04 \cdot 10^6 \text{ (м/с)}$$



Задача 1. Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом  $R$  и шагом  $h$ .  
Определить скорость электрона, если индукция магнитного поля  $B = 0,5 \text{ мТл}$ .

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R, \text{ см}$	6	6,2	6,5	7	8	6,5	5,2	5,5	5,4	5
$h, \text{ см}$	25	15	20	20	20	24	22	25	20	18

Пример 2.

Конденсатор электроемкостью 10мкФ, заряженный до напряжения 100В, разряжается через катушку с малым активным сопротивлением и с индуктивностью 10мГн. Найти максимальное значение силы тока в катушке. Какова объемная плотность энергии магнитного поля катушки, если ее длина 20см и площадь поперечного сечения 10см<sup>2</sup>?

Дано:  $C = 10\text{мкФ} = 10^{-5}\Phi$ ,  $U = 100\text{В}$ ,  $L = 10\text{мГн} = 10^{-2}\text{Гн}$ ,  $l = 20\text{см} = 0,2\text{м}$ ,  $S = 10\text{см}^2 = 10^{-3}\text{м}^2$

Найти:  $J$ ,  $\omega$ .

Решение: По закону сохранения энергии полная энергия заряженного конденсатора равна полной энергии катушки с током:

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LJ^2}{2},$$

Откуда сила тока в катушке:

$$J = U \sqrt{\frac{C}{L}} = 100 \sqrt{\frac{10^{-5}}{10^{-2}}} = 3,16(\text{А}).$$

Объемная плотность энергии:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\frac{LJ^2}{2}}{lS} = \frac{10^{-2} \cdot 3,16}{2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} = 25 \cdot 10^3 \left( \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right).$$

Задача 2. Конденсатор электроемкостью  $C$ , заряженный до напряжения  $U$ , разряжается через катушку с малым активным сопротивлением и с индуктивностью  $L$ . Найти максимальное значение силы тока в катушке. Какова объемная плотность энергии магнитного поля катушки, если ее длина 20см и площадь поперечного сечения  $10\text{см}^2$ ?

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C, \text{мкФ}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$U, \text{В}$	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
$L, \text{мГн}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Пример 3.

На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает свет с длиной волны 500нм. Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину пленки, если показатель преломления материала пленки равен 1,4.

Дано:  $\lambda = 500\text{нм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{м}$ ,  $n = 1,4$ .

Найти:  $d_{\min}$ .

Решение: Длины хода лучей:

$$l_1 = \frac{\lambda}{2} \text{ и}$$

$$l_2 = 2dn.$$

Разность хода этих лучей:

$$\Delta = l_2 - l_1 = 2dn - \frac{\lambda}{2}.$$

Условие максимального усиления света:

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2},$$

Тогда приравняв эти разности ходов:

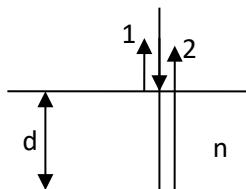
$$2dn - \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2},$$

Откуда выражаем толщину пленки:

$$d = \frac{(2k+1)\lambda}{4n}.$$

И ее минимум при  $k=0$ :

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4n} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 1,4} = 8,9 \cdot 10^{-8} (\text{м}).$$



Задача 3. На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает свет с длиной волны  $\lambda$ . Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину пленки, если показатель преломления материала пленки равен  $n$ .

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda, \text{ нм}$	450	475	500	525	550	575	600	650	700	750
$n$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Пример 4.

Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшается в четыре раза? Поглощением света пренебречь.

Дано:  $\frac{I_0}{I_2} = 4$ .

Найти:  $\varphi$ .

Решение: Пройдя через поляризатор свет теряет половину своей интенсивности:

$$I_1 = \frac{I_0}{2},$$

После прохождения поляризатора и анализатора интенсивность света:

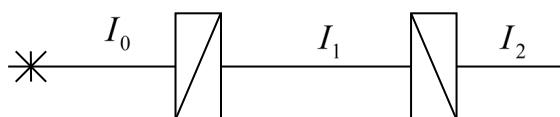
$$I_2 = I_1 \cos^2 \varphi = \frac{I_0}{2} \cos^2 \varphi.$$

Из условия  $\frac{I_0}{I_2} = 4$ , получим:

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cos^2 \varphi,$$

И угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора:

$$\varphi = \arccos\left(\sqrt{\frac{1}{2}}\right) = 45^\circ.$$



Задача 4. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшается в  $k$ ? Поглощением света пренебречь.

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k$	2	2,5	3	3,5	4,5	5	5,5	6	6,5	7



Пример 5.

Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для некоторого металла  $\lambda_k = 275\text{nm}$ . Найти работу выхода электрона из металла светом с длиной волны  $180\text{nm}$ , и максимальную энергию электронов.

Дано:  $\lambda_k = 275\text{nm} = 2,75 \cdot 10^{-7} \text{м}$ ,  $\lambda = 180\text{nm} = 1,8 \cdot 10^{-7} \text{м}$ .

Найти:  $A$ ,  $T_{\max}$ .

Решение: Воспользуемся формулой для красной границы фотоэффекта:

$$h\nu_k = A \Rightarrow A = h \frac{c}{\lambda_e},$$

Подставив числовые значения, найдем работу выхода электрона:

$$A = 6,625 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{2,75 \cdot 10^{-7}} = 7,22 \cdot 10^{-19} (\text{Дж}).$$

Воспользуемся уравнением Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = A + T_{\max},$$

Откуда выразим максимальную энергию электронов:

$$T_{\max} = h \frac{c}{\lambda} - A = 6,625 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^{-7}} - 7,22 \cdot 10^{-19} = 3,8 \cdot 10^{-19} (\text{Дж}).$$

Кинетическая энергия электрона:

$$T = \frac{mv^2}{2},$$

Откуда выразим скорость электрона:

$$v = \sqrt{\frac{2T}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,8 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 9,1 \cdot 10^5 (\text{м/с}).$$

Задача 5. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для некоторого металла  $\lambda_k$ . Найти работу выхода электрона из металла светом с длиной волны  $\lambda$ , и максимальную энергию электронов.

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_k$ , нм	270	269	268	267	266	265	264	263	262	261
$\lambda$ , нм	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169

Пример 6.

$\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r = 8,3 \text{ мм}$  в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H = 18,9 \text{ кA/m}$ . Найти длину волны де Бройля для  $\alpha$ -частицы.

Дано:  $r = 8,3 \text{ мм} = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ,  $H = 18,9 \text{ кA/m} = 18,9 \cdot 10^3 \text{ A/m}$ .

Найти:  $\lambda$ .

Решение: Магнитное поле действует на заряд с Лоренцовой силой  $F_L = qBv = q\mu_0 Hv$ , сообщая ей центростремительное ускорение  $F_{ц.с.} = \frac{mV^2}{r}$ , тогда имеем:

$$q\mu_0 Hv = \frac{mV^2}{r},$$

Откуда радиус окружности:

$$v = \frac{q\mu_0 H r}{m} = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \cdot 18,9 \cdot 10^3 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} = 9440 \text{ м/c}.$$

Импульс  $\alpha$ -частицы:

$$P = mv.$$

И длина волны де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9440} = 10^{-11} \text{ м}.$$

Задача 6.  $\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $r$  в однородном магнитном поле, напряженность которого  $H$ . Найти длину волны де Бройля для  $\alpha$ -частицы.

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r, \text{мм}$	9,6	9,7	9,5	9,3	9,0	8,9	8,5	8,1	8,0	7,8
$H, \text{кA/m}$	18,6	19,4	19,6	18,7	18,8	18	18,2	19,5	18,7	19,3