

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:

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

Откуда нормальная составляющая скорости:

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

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:

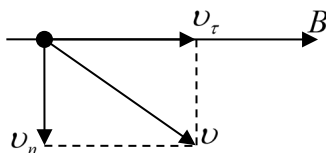
$$T = \frac{2\pi \cdot m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}} = 3,58 \cdot 10^{-7} (\text{с}),$$

Тангенциальная составляющая скорости:

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

Эти две скорости перпендикулярны и тогда общая скорость:

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



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 , см	6	6,2	6,5	7	8	6,5	5,2	5,5	5,4	5
h , 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 10см²?

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

Найти: J , ω .

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:

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

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 10см^2 ?

Данные для задачи по вариантам

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

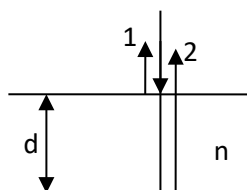
$$2dn - \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2},$$

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 λ . 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
λ , 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: φ .

Решение: Пройдя через поляризатор свет теряет половину своей интенсивности:

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

После прохождения поляризатора и анализатора интенсивность света:

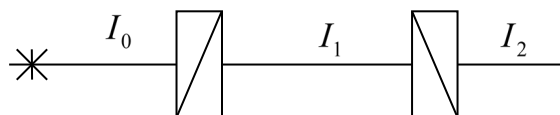
$$I_2 = I_1 \cos^2 \varphi = \frac{I_0}{2} \cos^2 \varphi.$$

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 $\lambda_k = 275 \text{ нм}$. Найти работу выхода электрона из металла светом с длиной волны 180 нм , и максимальную энергию электронов.

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

Найти: A , T_{\max} .

Решение: Воспользуемся формулой для красной границы фотоэффекта:

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

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:

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

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

Данные для задачи по вариантам

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

Пример 6.

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

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

Найти: λ .

Решение: Магнитное поле действует на заряд с Лоренцовой силой $F_L = qBv = q\mu_0 H v$, сообщая ей

центростремительное ускорение $F_{ц.с.} = \frac{mV^2}{r}$, тогда имеем:

$$q\mu_0 H v = \frac{mv^2}{r},$$

Откуда радиус окружности:

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

Импульс α -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. α -частица движется по окружности радиусом r в однородном магнитном поле, напряженность которого H . Найти длину волны де Бройля для α -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
$H, \text{ кА/м}$	18,6	19,4	19,6	18,7	18,8	18	18,2	19,5	18,7	19,3