

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САНКТ – ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.
ВОЛНОВАЯ ОПТИКА.

Сборник задач

Санкт-Петербург
2014

ББК 22.33

Авторы: **Коваленко И.И., Кульбицкая М.Н., Щербак С.Я.**

Электричество. Электромагнетизм. Волновая оптика ~~Магнетизм. Оптика~~: Сборник задач/ Под ред. *И.И. Коваленко*; СПбГУАП. СПб., 2014. , ил.

Сборник включает задачи по курсу общей физики, из которых составляются контрольные задания для студентов заочной формы обучения Института довузовского и высшего дистанционного образования.

Учебное издание

Коваленко Иван Иванович
Кульбицкая Мария Никандровна
Щербак Сергей Яковлевич

Сборник задач состоит из трех частей: электричество, электромагнетизм, волновая оптика. Каждая часть включает в себя несколько разделов. В начале каждого раздела приведены краткие теоретические сведения и основные формулы с комментариями. В конце задачника приведены справочные материалы и список рекомендованной литературы.

Из приведенных задач составляются контрольные задания для студентов. Номер варианта – это последняя цифра в номере студенческого билета или зачетной книжки

Вар.	Задачи									
	1.1.	2.1	3.1.	4.1	5.1	6.1	7.1.	8.1	9.1	10.1
1	1.1.	2.1	3.1.	4.1	5.1	6.1	7.1.	8.1	9.1	10.1
2	1.2.	2.2	3.2.	4.2	5.2	6.2	7.2.	8.2	9.2	10.2
3	1.3.	2.3	3.3.	4.3	5.3	6.3	7.3.	8.3	9.3	10.3
4	1.4.	2.4	3.4.	4.4	5.4	6.4	7.4.	8.4	9.4	10.4
5	1.5.	2.5	3.5.	4.5	5.5	6.5	7.5.	8.5	9.5	10.5
6	1.6.	2.6	3.6.	4.6	5.6	6.6	7.6.	8.6	9.6	10.6
7	1.7.	2.7	3.7.	4.7	5.7	6.7	7.7.	8.7	9.7	10.7
8	1.8.	2.8	3.8.	4.8	5.8	6.8	7.8.	8.8	9.8	10.8
9	1.9.	2.9	3.9.	4.9	5.9	6.9	7.9.	8.9	9.9	10.9
10	1.10.	2.10	3.10.	4.10	5.10	6.10	7.10.	8.10	9.10	10.10

При выполнении контрольной работы для каждой задачи сначала записывается полное условие, затем – краткое, далее выполняется поясняющий рисунок (чертеж), потом следует решение, которое является связным текстом, содержащим обоснованные логические переходы и математические выводы расчетных формул.

Как правило, искомая величина должна быть выражена через данные задачи и константы. Решение сложных задач допускается выполнять поэтапно, т.е. разбить задачу на несколько частей и решать их последовательно, используя в следующей результат, полученный в предыдущей.

Если нет специального указания в условии задачи, численный ответ следует приводить в международной системе единиц (СИ) в нормализованном виде. Следует иметь в виду, что правильный численный ответ сам по себе не является решением задачи.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

1. Взаимодействие электрических зарядов. Напряженность электрического поля.

Теоретические сведения

Закон Кулона

$$F = \frac{k|q_1q_2|}{\epsilon r^2}, \quad (1.1)$$

где F - сила взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2 ; r - расстояние между ними; ϵ - диэлектрическая проницаемость среды;

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}; \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

Напряженность электрического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad (1.2)$$

где \vec{F} - сила, действующая на точечный электрический заряд q , помещенный в электрическое поле.

Сила, действующая на точечный заряд q в электрическом поле,

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}. \quad (1.3)$$

Напряженность электрического поля точечного заряда q на расстоянии r от него

$$E = \frac{k|q|}{\epsilon r^2}. \quad (1.4)$$

Принцип суперпозиции для напряженности электрического поля от N точечных источников

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_N = \sum_i^N \vec{E}_i. \quad (1.5)$$

Напряженность электрического поля от длинной равномерно заряженной нити с линейной плотностью заряда λ на расстоянии r от нее

$$E = \frac{2k|\lambda|}{\epsilon r} = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r}. \quad (1.6)$$

Напряженность электрического поля равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда σ

$$E = \frac{|\sigma|}{2\epsilon\epsilon_0}. \quad (1.7)$$

Напряженность электрического поля внутри плоского конденсатора с разноименно заряженными обкладками с поверхностной плотностью заряда σ

$$E = \frac{|\sigma|}{\epsilon\epsilon_0}. \quad (1.8)$$

Задачи

1.1. Расстояние между двумя одинаковыми по величине 1 мкКл разноименными точечными зарядами равно 10 см. Какая сила будет действовать на третий заряд 0,1 мкКл, помещенный на расстояниях 6 см от одного и 8 см другого заряда?

1.2. Два одинаковых точечных заряда находятся на расстоянии 20 см от друга. На каком расстоянии от первого заряда надо поместить третий заряд другого знака вдвое больший по величине, чтобы второй заряд оказался в равновесии?

1.3. Длинный тонкий стержень равномерно заряжен с линейной плотностью заряда 10 мкКл/м. На расстоянии 20 см от его середины находится точечный заряд 10 мкКл. С какой силой взаимодействуют стержень и заряд?

1.4. Два точечных заряда 6,7 и $-13,2$ нКл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Найти напряженность электрического поля в точке на расстоянии 3 см от первого заряда и 4 см от второго.

1.5. Бесконечно длинный тонкий прямой заряженный стержень ($\lambda = 1$ мкКл/см) расположен параллельно бесконечной заряженной плоскости ($\sigma = 8,85$ мкКл/м²). Найти силу, действующую на единицу длины стержня.

1.6. В трех вершинах квадрата со стороной 40 см находятся одинаковые заряды по 5 нКл каждый. Найти напряженность поля в четвертой вершине.

1.7. Два одноименных заряда q и $9q$ разнесены на расстояние 8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, напряженность электрического поля в которой равна нулю?

1.8. Два разноименных заряда q и $-9q$ разнесены на расстояние 8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, напряженность электрического поля в которой равна нулю?

1.9. Две одинаковые плоские пластины площадью по 100 см² каждая расположены рядом друг с другом на расстоянии 2 см. Заряды пластин 100 нКл и -100 нКл. Найти силу притяжения пластин. Считать поле между пластинами однородным.

1.10. Две параллельные бесконечно длинные прямые нити равномерно заряжены с линейными плотностями 0,1 и 0,2 мкКл/м. Расстояние между нитями 10 см. Найти силу, приходящуюся на отрезок нити длиной 1 м.

2. Потенциальная энергия и потенциал электрического поля.

Теоретические сведения

Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2 на расстоянии r друг от друга

$$W = \frac{kq_1q_2}{\epsilon r}, \quad (2.1)$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость среды;

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}; \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

Потенциал электрического поля

$$\phi = \frac{W}{q}, \quad (2.2)$$

где W - потенциальная энергия точечного электрического заряда q , помещенного в электрическом поле.

Потенциальная энергия точечного заряда q в электрическом поле,

$$W = q\phi. \quad (2.3)$$

Потенциал электрического поля точечного заряда q на расстоянии r от него

$$\phi = \frac{kq}{r}. \quad (2.4)$$

Принцип суперпозиции для потенциала электрического поля от N точечных источников

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots + \phi_N = \sum_i^N \phi_i. \quad (2.5)$$

Принцип суперпозиции для потенциала электрического поля непрерывно распределенного заряда

$$\phi = \int \frac{dq}{r}. \quad (2.6)$$

В этой формуле интегрирование ведется по всему заряженному телу.

Связь между напряженностью и потенциалом электрического поля

$$\vec{E} = -grad\phi = -\left(\vec{i} \frac{\partial\phi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial\phi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial\phi}{\partial z}\right); \quad (2.7)$$

$$\phi_1 - \phi_2 = \int_{(1)}^{(2)} \vec{E} \cdot d\vec{r}. \quad (2.8)$$

Разность потенциалов электрического поля от длинной равномерно заряженной нити с линейной плотностью заряда λ на расстояниях r_1 и r_2 от нее

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2k\lambda}{\varepsilon} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right). \quad (2.9)$$

Напряжение между обкладками плоского конденсатора, расстояние между которыми равно d

$$U = E d. \quad (2.10)$$

Задачи

2.1. Электрическое поле создано точечным зарядом 1 нКл. Найти потенциал в точке, удаленной от заряда на 20 см.

2.2. Заряды 1 и -1 мкКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Найти потенциал поля в точке, лежащей на перпендикуляре к отрезку, соединяющему заряды, из конца этого отрезка. Расстояние от первого заряда до точки наблюдения 10 см.

2.3. Вычислить потенциальную энергию двух точечных зарядов 100 и 10 нКл, находящихся на расстоянии 10 см друг от друга.

2.4. Найти потенциальную энергию системы трех точечных зарядов 10, 20 и -30 нКл, расположенных в вершинах равностороннего треугольника со стороной 10 см.

2.5. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $2q$ и $-q$, находящимися на расстоянии 12 см друг от друга. В каких точках на прямой, проходящей через заряды, потенциал поля равен нулю. Указать расстояния до второго заряда.

2.6. Тонкий стержень длиной 1 м несет равномерно распределенный по длине заряд 1 нКл. Определить разность потенциалов электрического поля в точках, лежащих на серединном перпендикуляре к стержню на расстояниях 2 мм и 16 мм. Считать стержень длинным и тонким.

2.7. Бесконечно длинная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по ее длине заряд с линейной плотностью 10 нКл/м. Найти разность потенциалов в двух точках, удаленных от нити на 2 и 4 см.

2.8. Заряд равномерно распределен по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью 10 нКл/м². Найти разность потенциалов двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от нее на 10 см.

2.9. Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии 0,5 см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями 0,2 и $-0,3$ мкКл/м². Найти разность потенциалов между плоскостями.

2.10. Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии 1 см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями 0,2 и 0,5 мкКл/м². Найти разность потенциалов между плоскостями.

3. Движение заряженных частиц в электрическом поле.

Теоретические сведения

Сила, действующая на заряд в электрическом поле

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}. \quad (3.1)$$

Потенциальная энергия точечного заряда q в электрическом поле,

$$W_{\Pi} = q\varphi. \quad (3.2)$$

Потенциал электрического поля точечного заряда q на расстоянии r от него

$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}, \quad (3.3)$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость среды,

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}; \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

Потенциал электрического поля заряженной сферы радиуса R :

для точек вне сферы, т.е. при $r > R$,
$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}; \quad (3.4)$$

для точек внутри сферы, т.е. при $r \leq R$,
$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon R}. \quad (3.5)$$

Разность потенциалов электрического поля от длинной равномерно заряженной нити с линейной плотностью заряда λ на расстояниях r_1 и r_2 от нее

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2k\lambda}{\epsilon} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right). \quad (3.6)$$

Напряженность электрического поля равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда σ

$$E = \frac{|\sigma|}{2\epsilon\epsilon_0}. \quad (3.7)$$

Напряженность электрического поля внутри плоского конденсатора с разноименно заряженными обкладками с поверхностной плотностью заряда σ

$$E = \frac{|\sigma|}{\epsilon\epsilon_0}. \quad (3.8)$$

Связь напряженности поля плоского конденсатора с напряжением между его обкладками, расстояние между которыми равно d

$$U = E \cdot d. \quad (3.9)$$

Задачи

3.1. В однородное электрическое поле с напряженностью 1 кВ/м вдоль силовой линии влетает электрон со скоростью 1 Мм/с. На каком пути скорость электрона уменьшится в два раза?

3.2. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В точке с потенциалом 100 В его скорость 6 Мм/с. Найти потенциал точки поля, в которой скорость электрона уменьшится вдвое.

3.3. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь 5,3 мм от одной обкладки до другой, разгоняется от 0 до 1 Мм/с. Найти напряженность электрического поля в конденсаторе.

3.4. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь 5,3 мм от одной обкладки до другой, разгоняется от 0 до 1 Мм/с. Найти поверхностную плотность заряда на обкладках конденсатора.

3.5. Электрическое поле создается двумя параллельными пластинами на расстоянии 2 см друг от друга; разность потенциалов между ними 120 В. Какую скорость приобретет электрон, начав двигаться в направлении действия силы поля и пройдя путь 3 мм?

3.6. Электрон движется в плоском конденсаторе, между обкладками которого приложено напряжение 3 кВ. Расстояние между ними 5 мм. Найти ускорение электрона.

3.7. Какой путь пройдет электрон в однородном электрическом поле напряженностью 200 кВ/м за 1 нс, если его начальная скорость была равна нулю?

3.8. Пылинка массой 10^{-12} кг, имеющая пять лишних электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов 3 МВ. Какую скорость при этом она приобрела?

3.9. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 600 кВ, имеет скорость 5,4 Мм/с. Определить удельный заряд частицы.

3.10. Протон, начальная скорость которого 100 км/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью 300 В/см вдоль вектора напряженности. На каком пути скорость протона удвоится?

4. Электрическая емкость. Конденсаторы.

Теоретические сведения

Емкость уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi}, \quad (4.1)$$

где q - электрический заряд, сообщенный проводнику, φ - созданный этим зарядом потенциал.

Емкость уединенного проводящего шара радиуса R

$$C = \frac{\varepsilon R}{k} = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R, \quad (4.2)$$

где ε - диэлектрическая проницаемость среды,

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}; \quad \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

Энергия заряженного проводника

$$W = \frac{1}{2} q\varphi = \frac{1}{2} C\varphi^2 = \frac{q^2}{2C}. \quad (4.3)$$

Два близко расположенных проводника, несущих одинаковые по величине разноименные заряды $\pm q$, образуют конденсатор. Емкость конденсатора равна

$$C = \frac{q}{U}, \quad (4.4)$$

где U - напряжение (разность потенциалов) между его обкладками.

Емкость плоского конденсатора равна

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}, \quad (4.5)$$

где S - площадь обкладок, d - расстояние между ними.

Емкость цилиндрического конденсатора (коаксиального кабеля) равна

$$C = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 l}{\ln(R_2/R_1)} = \frac{\varepsilon l}{2k \ln(R_2/R_1)}, \quad (4.6)$$

где l - длина кабеля, R_1 и R_2 - его внутренний и внешний радиусы.

Емкость N параллельно соединенных конденсаторов:

$$\text{в общем случае} \quad C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_N; \quad (4.7)$$

$$\text{в случае одинаковых конденсаторов} \quad C = C_1 \cdot N. \quad (4.8)$$

Емкость N последовательно соединенных конденсаторов:

$$\text{в общем случае} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_N}. \quad (4.9)$$

$$\text{в случае двух конденсаторов} \quad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \quad (4.10)$$

в случае N одинаковых конденсаторов $C = C_1/N$. (4.11)

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{q^2}{2C}. \quad (4.12)$$

Задачи

4.1. Батарея состоит из 4 одинаковых последовательно соединенных конденсаторов. Во сколько раз изменится электроемкость батареи, если конденсаторы соединить параллельно?

4.2. Два одинаковых металлических диска диаметрами по 12 см расположены параллельно друг другу и разделены диэлектриком с проницаемостью равной 2 и толщиной 2 мм. Диска сдвинуты так, что центр одного находится напротив края другого. Найти электроемкость конденсатора.

4.3. Найти силу взаимодействия обкладок плоского воздушного конденсатора емкостью 20 мкФ, если расстояние между ними 1 мм, а поверхностная плотность зарядов 2 мкКл/м².

4.4. Определить электроемкость коаксиального кабеля длиной 10 км, радиус внутренней жилы которого равен 1 мм, а внешней оболочки - 2 мм. Кабель заполнен веществом с диэлектрической проницаемостью равной 2.

4.5. Конденсатор, заполненный веществом с диэлектрической проницаемостью равной 2, зарядили до 220 В и отключили от источника. Диэлектрик удалили из конденсатора и вдвое увеличили расстояние между обкладками. Найти напряжение на конденсаторе.

4.6. Напряжение между обкладками плоского воздушного конденсатора 25 В, расстояние между ними 5 мм, их площадь 200 см². Определить энергию конденсатора.

4.7. Последовательно соединенные 5 одинаковых конденсаторов, подключены к источнику постоянного напряжения. Во сколько раз изменится энергия конденсаторов, если их подключить к тому же источнику параллельно?

4.8. Параллельно трем последовательно соединенным конденсаторам по 0,36 мкФ включены два последовательно соединенных конденсатора 0,2 и 0,3 мкФ. Найти электроемкость этой батареи.

4.9. На два последовательно соединенных конденсатора емкостями 10 нФ и 100 нФ подано напряжение 220 В. Определить напряжение на первом конденсаторе.

4.10. На два последовательно соединенных конденсатора емкостями 10 нФ и 50 нФ подано напряжение 12 В. Определить напряжение на втором конденсаторе.

5. Электрический ток.

Теоретические сведения

Электрический ток I связан с зарядом q , прошедшим по проводнику соотношениями

$$I = \frac{dq}{dt}; \quad (5.1)$$

$$q = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt. \quad (5.2)$$

Плотность электрического тока j равна отношению тока I к площади поперечного сечения проводника S

$$j = \frac{I}{S}. \quad (5.3)$$

Закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}, \quad (5.4)$$

где U - падение напряжения на проводнике, а R - его электрическое сопротивление. Сопротивление проводника не зависит от приложенного к нему напряжения и от протекающего по нему тока. Оно зависит лишь от формы, размеров проводника и от материала, из которого он изготовлен. Для длинного тонкого провода

$$R = \rho \frac{\ell}{S}, \quad (5.5)$$

где ρ - удельное сопротивление материала, ℓ - длина провода, S - площадь его поперечного сечения.

Для последовательно включенных резисторов (рис.5.1) имеем

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_N, \quad (5.6)$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_N, \quad (5.7)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N. \quad (5.8)$$



Рис.5.1. Последовательно включенные резисторы.

Для параллельно включенных резисторов (рис.5.2) справедливо

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N, \quad (5.9)$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_N, \quad (5.10)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}. \quad (5.11)$$

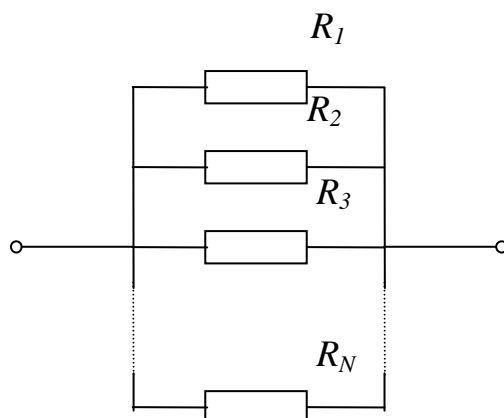


Рис.5.2. Параллельное соединение проводников.

В случае двух параллельно включенных резисторов вместо формулы (5.11) можно использовать

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (5.12)$$

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad (5.13)$$

где ε - ЭДС источника, r - его внутреннее сопротивление.

Для участка цепи с источником тока справедливо выражение

$$\Delta \varphi = I(R + r) \pm \varepsilon, \quad (5.14)$$

в котором $\Delta \varphi$ - разность потенциалов на концах участка. Знак “+” или “-” в этой формуле определяется полярностью включения источника.

Мощность электрического тока, выделяющаяся на участке цепи

$$N = IU \quad (5.15)$$

включает в себя как тепловую, так и механическую мощность электромоторов или других устройств.

Мощность источника электрического тока, выделяющаяся в самом источнике и на нагрузке (потребителе электроэнергии)

$$N = I\varepsilon. \quad (5.16)$$

Эту формулу можно сочетать с законами Ома лишь для тех участков цепи, которые не содержат электромоторов или других устройств, превращающих электрическую энергию в механическую.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе

$$N_T = I^2 R. \quad (5.17)$$

Если на участке цепи справедлив закон Ома, выделяется только тепловая мощность, и формулы (5.15), (5.17) дают одинаковый результат. В этом случае можно пользоваться также формулой:

$$N = \frac{U^2}{R}. \quad (5.18)$$

Задачи

5.1. Ток в проводнике изменяется со временем по закону $I = I_0 + \alpha \cdot t$, где $I_0 = 4$ А, $\alpha = 2$ А/с. Какой электрический заряд проходит по проводнику за промежуток времени от 2 до 6 с?

5.2. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от 0 до 3 А в течение 80 с. Найти электрический заряд, протекший за это время.

5.3. Какой электрический заряд протечет по проводнику за 10 с, если за это время сила тока равномерно уменьшилась от 10 до 5 А?

5.4. Какой электрический заряд протечет по проводнику за 10 с, если в это время напряжение оставалось постоянным, сила тока уменьшилась от 10 до 5 А, а сопротивление проводника возрастало линейно со временем?

5.5. Определить плотность электрического тока в медной проволоке длиной 10 м, если напряжение на ее концах 12 В. Удельное сопротивление меди $17,14$ нОм·м.

5.6. Катушка и амперметр последовательно подключены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением 1 кОм. Показания амперметра 0,5 А, вольтметра 100 В. Найти сопротивление катушки.

5.7. Обмотка электрического чайника имеет две секции. Если включить одну секцию, то вода закипит через 10 минут, если вторую, то через 20. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить параллельно? Потерями тепла пренебречь.

5.8. Спираль электроплитки имеет две секции. Если включена одна секция, то вода закипает через 15 минут, если другая, то через 30. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить параллельно? Потерями тепла во внешнюю среду пренебречь.

5.9. Обмотка электрического чайника имеет две секции. Если включить одну секцию, то вода закипит через 10 минут, если вторую, то через 20. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить последовательно? Потерями тепла пренебречь.

5.10. Спираль электроплитки имеет две секции. Если включена одна секция, то вода закипает через 15 минут, если другая, то через 30. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить последовательно? Потерями тепла во внешнюю среду пренебречь.

6. Расчет магнитных полей и магнитных моментов.

Теоретические сведения

Закон Био – Савара – Лапласа

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi r^2} \cdot \left[\frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}}{r} \right], \quad (6.1)$$

где $d\vec{B}$ - магнитная индукция, создаваемая элементом проводника $d\vec{\ell}$ с током I на расстоянии r от него. Здесь μ - магнитная проницаемость, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Величина вектора dB выражается формулой

$$dB = \frac{\mu\mu_0 I \sin \alpha}{4\pi r^2} d\ell, \quad (6.2)$$

где α - угол между векторами $d\vec{\ell}$ и \vec{r} .

Магнитная индукция в центре кругового витка с током

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}, \quad (6.3)$$

где R - радиус витка.

Если провод является дугой окружности радиуса R , опирающейся на угол β (рис.6.1.а.), магнитная индукция в его центре равна

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R} \cdot \frac{\beta}{2\pi}. \quad (6.4)$$

Магнитная индукция, создаваемая отрезком проводника

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi \cdot b} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2). \quad (6.5)$$

Обозначения ясны из рис.6.1.б. При симметричном расположении проводника относительно точки наблюдения $\cos \alpha_1 = -\cos \alpha_2 = \cos \alpha$,

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi \cdot b} \cos \alpha. \quad (6.6)$$

В случае, когда провод можно считать бесконечно длинным,

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi \cdot b}. \quad (6.7)$$

Магнитная индукция тороида или длинного соленоида в средней его части

$$B = \mu\mu_0 nI. \quad (6.8)$$

В этой и следующих формулах n - плотность намотки провода, т.е. количество витков, приходящихся на единицу длины катушки.

Магнитная индукция соленоида конечной длины

$$B = \frac{1}{2} \mu \mu_0 n I \cdot (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \quad (6.9)$$

Смысл всех обозначений ясен из рис.6.1.в.

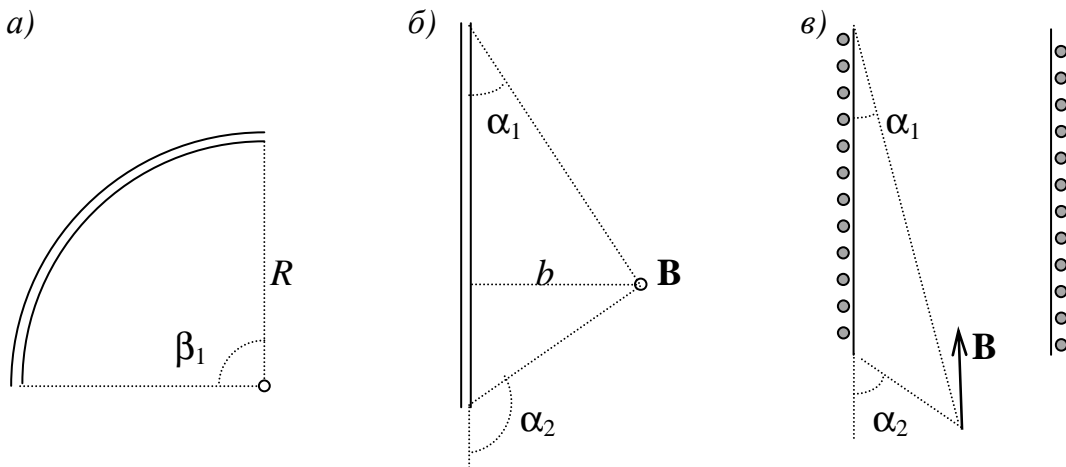


Рис. 6.1. Определение магнитной индукции от различных проводни-

Магнитная индукция электрического заряда q , летящего со скоростью v

$$\vec{B} = \frac{\mu \mu_0 q}{4\pi r^2} \cdot \left[\frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r} \right]. \quad (6.10)$$

Здесь r - текущее расстояние от точки наблюдения до заряда. Величину магнитной индукции движущегося заряда можно найти по формуле

$$B = \frac{\mu \mu_0 v q}{4\pi r^2} \cdot \sin \alpha, \quad (6.11)$$

в которой α - угол между векторами v и r .

Принцип суперпозиции магнитных полей: магнитная индукция результирующего поля равна векторной сумме магнитных индукций складываемых полей

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_N = \sum_i^N \vec{B}_i. \quad (6.12)$$

В частном случае наложения двух полей B_1 и B_2 величина магнитной индукции будет равна

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha}. \quad (6.13)$$

В этой формуле α - угол между направлениями векторов B_1 и B_2 .

Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции в вакууме: циркуляция вектора магнитной индукции по замкнутому контуру равна алгебраической сумме всех токов, охваченных этим контуром;

$$\oint_{(l)} (\vec{B} d\vec{l}) = \mu_0 \cdot \sum_i I_i. \quad (6.14)$$

Суммирование токов нужно проводить с учетом направлений, в которых они пересекают контур циркуляции.

Магнитный момент контура с током равен

$$\vec{P}_m = I \vec{S}, \quad (6.15)$$

где \vec{S} - вектор, равный по модулю площади контура, и направленный по нормали к ней.

Эквивалентный круговой ток, возникающий при вращении заряженного тела вокруг некоторой оси, можно найти по формуле

$$I = q/T = q\nu, \quad (6.16)$$

в которой T - период, а ν - частота вращения тела.

Задачи

6.1. По двум длинным параллельным проводам, расположенным на расстоянии 10 см друг от друга, текут токи 50 и 100 А в одном направлении. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковом расстоянии 10 см.

6.2. По квадрату со стороной 20 см течет ток 50 А. Определить магнитную индукцию в центре этого квадрата.

6.3. По прямоугольнику со сторонами 30 и 40 см течет ток 60 А. Определить магнитную индукцию в центре этого прямоугольника.

6.4. По проводу, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см, течет ток 25 А. Найти магнитную индукцию в центре этого контура.

6.5. Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом 53 пм. Найти силу эквивалентного кругового тока и магнитную индукцию в центре орбиты.

6.6. По круговому витку радиусом 0,1 м из тонкого провода течет ток 1 А. Найти магнитную индукцию в центре витка.

6.7. Найти магнитную индукцию в центре прямоугольного контура с диагоналями 16 см, угол между которыми 30° . Ток в контуре 5 А.

6.8. Найти магнитный момент тонкого кругового витка с током радиусом 0,1 м, если индукция магнитного поля в его центре 6 мкТл.

6.9. По двум длинным параллельным проводам, расположенным на расстоянии 5 см друг от друга, текут одинаковые токи 10 А в противоположных направлениях. Найти магнитную индукцию в точке на расстоянии 2 см от одного провода и 3 см от другого.

6.10. По двум длинным параллельным проводам, расположенным на расстоянии 5 см друг от друга, текут одинаковые токи 30 А в одном направлении. Найти магнитную индукцию в точке на расстоянии 4 см от одного провода и 3 см от другого.

7. Проводники с током в магнитном поле.

Теоретические сведения

Сила Ампера, действующая на проводник с током I в магнитном поле с индукцией B , выражается формулой

$$\vec{F}_A = I \left[\Delta \vec{\ell} \vec{B} \right]. \quad (7.1)$$

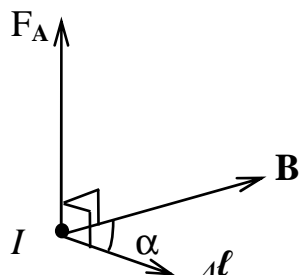


Рис.7.1. Направление силы Ампера

В этой формуле $\vec{\ell}$ - вектор, равный по модулю длине проводника и направленный вдоль него по направлению тока. Формула (7.1) задает как величину, так и направление силы Ампера (рис.7.1). Величину этой силы удобнее вычислять по формуле, записанной в скалярном виде

$$F_A = I \Delta \ell B \cdot \sin \alpha, \quad (7.2)$$

где α - угол между векторами магнитной индукции и скорости частицы.

Сила взаимодействия двух прямых бесконечно длинных параллельных проводников с токами I_1 и I_2 , находящихся на расстоянии b друг от друга, рассчитанная на отрезок провода длиной l выражается формулой

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu \mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}. \quad (7.3)$$

Магнитный момент контура с током равен

$$\vec{P}_m = I \vec{S}, \quad (7.4)$$

где \vec{S} - вектор, равный по модулю площади контура, и направленный по нормали к ней.

Механический момент, действующий на контур с током в однородном магнитном поле

$$\vec{M} = \left[\vec{P}_m \vec{B} \right]. \quad (7.5)$$

Модуль механического момента равен

$$M = P_m B \sin \alpha, \quad (7.6)$$

где α - угол между векторами \vec{P}_m и \vec{B} .

Сила, действующая в магнитном поле на контур с током, ориентированный своей нормалью вдоль линии индукции (по оси z)

$$F_z = P \frac{\partial B}{\partial z}, \quad (7.8)$$

где $\frac{\partial B}{\partial z}$ - величина неоднородности магнитного поля. Эта сила затягивает магнитный диполь в область более сильного поля.

Задачи

7.1. Участок прямого проводника длиной 10 см с током 20 А находится в магнитном поле с индукцией 10 мТл. На проводник действует сила 0,01 Н. Найти угол между направлениями проводника и магнитной индукции.

7.2. Квадратная рамка лежит в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что ближайшая сторона рамки находится от провода на расстоянии равном ее длине. По рамке и по проводу текут одинаковые токи 10 А. Какая сила действует на рамку?

7.3. По двум параллельным проводам длиной 1 м текут одинаковые токи. Расстояние между проводами 1 см, сила взаимодействия токов 1 мН. Найти токи в проводах.

7.4. По трем параллельным проводам, находящимся на равном расстоянии 10 см друг от друга, текут одинаковые токи 100 А разных направлений. Найти величину и направление силы, действующей на единицу длины каждого провода.

7.5. По двум тонким кольцам радиусами 10 см текут одинаковые токи 10 А. Найти силу взаимодействия колец, если их плоскости параллельны, а расстояние между ними, равное 1 мм, считать малым по сравнению с радиусами колец.

7.6. По двум параллельным квадратным контурам со стороной 20 см текут одинаковые токи 10 А. Найти силу взаимодействия контуров, если расстояние между соответствующими сторонами равно 2 мм. Считать расстояние между контурами малым по сравнению их размерами.

7.7. Шины электростанции представляют собой параллельные медные полосы длиной 3 м, находящиеся на расстоянии 50 см. При коротком замыкании по ним может пройти ток 10000 А. С какой силой взаимодействуют при этом шины. Считать расстояние между шинами малым по сравнению с их длиной.

7.8. Квадратный контур с током 0,8 А из медного провода диаметром 0,4 мм может свободно вращаться вокруг своей верхней горизонтальной стороны. На какой угол отклонится плоскость контура, если его поместить в вертикальное магнитное поле с индукцией 3 мТл. Плотность меди 8900 кг/м^3 .

7.9. Магнитное поле создано бесконечно длинным проводником с током 100 А. На расстоянии 10 см от него находится точечный диполь с магнитным моментом $1 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$, ориентированным вдоль линий индукции. Найти силу, действующую на диполь.

7.10. Определить степень неоднородности магнитного поля, если максимальная сила, действующая на точечный диполь с магнитным моментом $2 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$, равна 1 мН.

ОПТИКА

8. Отражение и преломление света.

Теоретические сведения

Показатель преломления среды

$$n = c/v, \quad (8.1)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме, v - скорость света в среде.

Законы отражения и преломления света (рис.8.1)

$$\alpha' = \alpha, \quad (8.2)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (8.3)$$

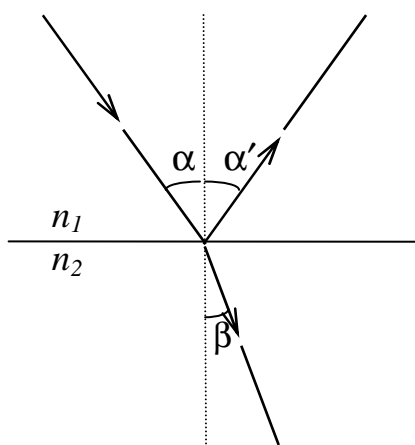


Рис. 8.1. Законы отражения и преломления света.

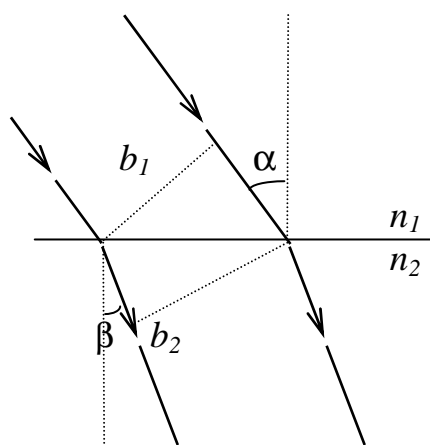


Рис.8.2. Изменение сечения светового пучка.

При преломлении волнового фронта изменяется сечение светового пучка, как это показано на рис.8.2.

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}, \quad (8.4)$$

где b_1 и b_2 - поперечные сечения световых пучков.

В случае когда свет идет из оптически более плотной в менее плотную условие (12.3) не может быть удовлетворено для углов β , больших предельного

$$\beta_{\text{П}} = \arcsin \frac{n_1}{n_2}, \quad (8.5)$$

при котором преломленный луч выходит параллельно границе раздела сред (рис.8.3).

Луч света, прошедший сквозь плоскопараллельную пластину смещается относительно своей первоначальной оси на величину h , как это показано на рис.8.4.

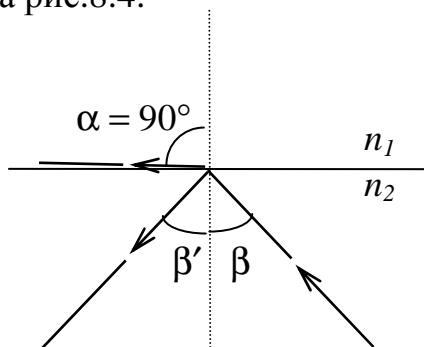


Рис.8.3. Полное внутреннее отражение света

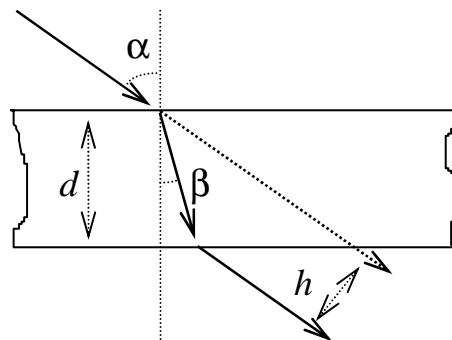


Рис.8.4. Смещение луча света в плоско – параллельной пластине

Для величин h , d и углов α , β справедливо соотношение

$$\frac{h}{d} = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}. \quad (8.6)$$

Луч света, прошедший треугольную равнобедренную призму отклоняется от своего первоначального направления к ее основанию, как это показано на рис.8.5. Угол отклонения луча δ складывается из двух углов $\delta = \delta_1 + \delta_2$. Этот угол минимален в том случае, когда в призме луч света идет параллельно основанию (рис.8.6.), т.е. выполняются условия

$$\beta_1 = \beta_2 = \gamma/2, \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \arcsin(n \cdot \sin \gamma/2). \quad (8.7)$$

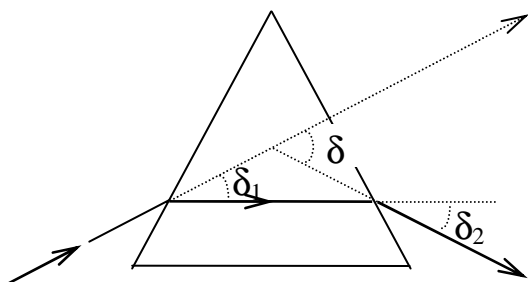


Рис.8.5. Отклонение светового луча в призме.

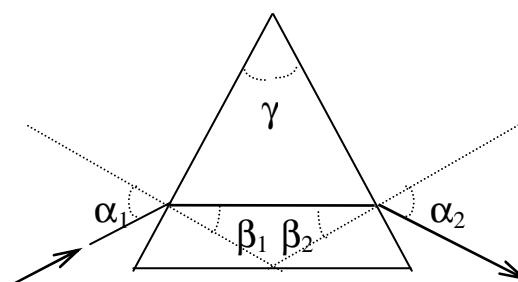


Рис.8.6. Наименьшее отклонение светового луча.

Задачи

8.1. Луч света падает на поверхность воды под углом 45° . Определить расстояние между точками входа и выхода луча из воды, если на глубине 1,5 м лежит плоское горизонтальное зеркало.

8.2. Длинное волокно из оптического материала с показателем преломления 1,36 используется как световод. Под каким максимальным углом к оси волокна свет может падать на его торец, чтобы пройти световод без ослабления?

8.3. При каком угле падения луча света на стекло угол между отраженным и преломленным лучами окажется равным 120° ?

8.4. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе стекло - жидкость равен 65° . Найти показатель преломления жидкости.

8.5. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной 6 см под углом 60° к нормали. Найти величину смещения луча, прошедшего эту пластину.

8.6. На плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной 1 см падает луч света под углом 60° . Часть света отражается от верхней, а часть - от нижней грани. Найти расстояние между соседними отраженными от пластины лучами.

8.7. Луч монохроматического света падает нормально на боковую поверхность стеклянной призмы с преломляющим углом 40° . Найти угол отклонения луча от своего первоначального направления.

8.8. Под каким углом луч монохроматического света падает на боковую поверхность стеклянной призмы с преломляющим углом 30° , если из призмы он выходит перпендикулярно другой грани.

8.9. Преломляющий угол стеклянной призмы равен 10° . Найти угол выхода луча из призмы, если угол падения на боковую грань равен 10° . Рассмотреть два возможных случая.

8.10. Луч света падает под углом 30° на плоскопараллельную пластину с показателем преломления $n = 1,5$ и выходит параллельно падающему лучу, сместившись на 1,95 см. Найти толщину пластины.

9. Интерференция.

Теоретические сведения

Скорость света в оптической среде

$$v = c/n, \quad (9.1)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме, а n – абсолютный показатель преломления среды.

Оптическая длина пути световой волны:

$$L = n \ell, \quad (9.2)$$

где ℓ - геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n .

Оптическая разность хода двух световых волн:

$$\Delta = L_2 - L_1. \quad (9.3)$$

Связь оптической разности хода двух световых волн с разностью фаз колебаний $\Delta\phi$

$$\Delta = \lambda \cdot \frac{\Delta\phi}{2\pi}. \quad (9.4)$$

Оптическая разность хода световых волн отраженных от двух граней тонкой пленки (рис.9.1.а) равна

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} \quad \text{или} \quad \Delta = 2dn \cdot \cos \beta + \frac{\lambda}{2}. \quad (9.5)$$

Оптическая разность хода двух световых волн прошедших тонкую пленку (рис.9.1.б) равна

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \quad \text{или} \quad \Delta = 2dn \cdot \cos \beta. \quad (9.6)$$

Слагаемое $\frac{\lambda}{2}$ в этих формулах учитывает изменение фазы световой волны на π при ее отражении от оптически более плотной среды.

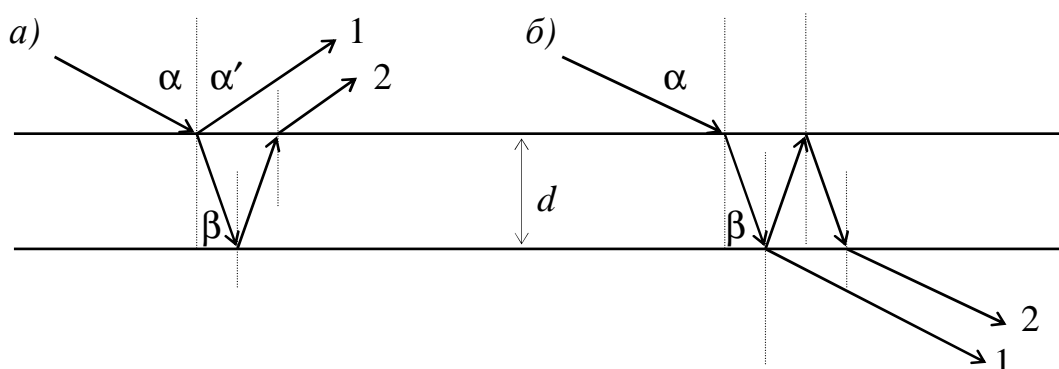


Рис.9.1. Интерференция лучей, отраженных от пленки (а) и прошедших через нее (б)

Максимум интенсивности при интерференции двух световых лучей наблюдается при условии:

$$\Delta = k \cdot \lambda, \quad \text{где} \quad k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots \quad (9.7)$$

Минимум интенсивности при интерференции двух световых лучей наблюдается при условии:

$$\Delta = (k + 1/2) \cdot \lambda, \quad \text{где } k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots \quad (9.8)$$

Задачи

9.1. На тонкий стеклянный клин по нормали к его поверхности падает монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Определить преломляющий угол клина, если расстояние между смежными интерференционными минимумами в отраженном свете равно 4 мм.

9.2. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками вдоль линии их соприкосновения на расстоянии 75 мм от нее положили очень тонкую проволочку. Определить ее диаметр, если на расстоянии 30 мм наблюдается 16 интерференционных полос. Длина волны 0,5 мкм.

9.3. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками образовался воздушный клин с углом $30''$. На одну из пластин нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Найти расстояние между интерференционными полосами.

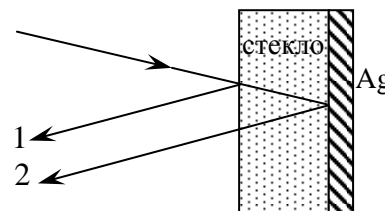
9.4. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом $30''$. Пространство между пластинками заполнено глицерином с показателем преломления, равным 1,47. На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны 0,6 мкм. Какое число интерференционных полос приходится на 1 см длины клина в отраженном свете?

9.5. На экране наблюдается интерференционная картина от двух когерентных источников света с длиной волны 0,48 мкм. Когда на пути одного пучка поместили тонкую пластину плавленого кварца, интерференционная картина сместилась на 69 полос. Найти толщину пластины кварца.

9.6. На каком пути в вакууме укладывается столько же длин волн, сколько их укладывается на отрезке 3 см в воде.

9.7. Какой путь пройдет фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за которое он проходит путь 1 м в воде?

9.8. Одна сторона стекла посеребрена. Луч света падает нормально и отражается от ближнего и дальнего края. Найти оптическую разность хода лучей 2 и 1. Показатель преломления стекла 1,4. Толщина стекла – 10 мм.



9.9. На тонкий стеклянный клин по нормали к его поверхности падает монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Определить преломляющий угол клина, если расстояние между смежными интерференционными максимумами в прошедшем свете равно 4 мм.

9.10. На мыльную пленку нормально падает пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине пленки отраженный свет с длиной волны 0,55 мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

10. Дифракция света.

Теоретические сведения

Дифракция света на щели при нормальном падении лучей:

$$\text{условие минимума} \quad b \cdot \sin\varphi = m \cdot \lambda; \quad (10.1)$$

$$\text{условие максимума} \quad b \cdot \sin\varphi = (m+1/2) \cdot \lambda; \quad (10.2)$$

где b - ширина щели, φ - угол дифракции, $k = 1, 2, 3, \dots$ - порядок дифракции или номер минимума (максимума), λ - длина волны света.

Дифракция света на дифракционной решетке при нормальном падении лучей. Условие для главных максимумов интенсивности

$$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda, \quad (10.3)$$

где d - период решетки, φ - угол дифракции, λ - длина волны света, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ - порядок дифракции.

Разрешающей способностью - R называется отношение длины волны - λ спектральной линии к минимальной разности длин волн двух соседних спектральных линий - $\delta\lambda$, которые наблюдаются отдельно:

$$R = \lambda / \delta\lambda. \quad (10.4)$$

Разрешающая способность дифракционной решетки равна

$$R = k \cdot N, \quad (10.5)$$

где k - порядок дифракции, а N - полное число ее освещенных штрихов.

Задачи

10.1. На щель шириной 0,021 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,63 мкм. Сколько дифракционных минимумов можно наблюдать на экране за этой щелью?

10.2. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Найти угол отклонения света на четвертую темную дифракционную полосу.

10.3. Сколько штрихов на миллиметр содержит дифракционная решетка, если при нормальном падении на неё монохроматического света с длиной волны 0,6 мкм максимум пятого порядка наблюдается под углом 18°?

10.4. На дифракционную решетку, содержащую 100 штрихов на миллиметр, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на 20°. Найти длину волны света.

10.5. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. Максимум второго порядка наблюдается под углом 14°. Под каким углом наблюдается максимум третьего порядка?

10.6. Дифракционная решетка содержит 200 штрихов на миллиметр. На нее нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

10.7. Дифракционная решетка содержит 200 штрихов на миллиметр. На нее нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Найти общее число дифракционных максимумов в спектре этой дифракционной решетки.

10.8. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка отчасти перекрываются. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая линия длиной волны 0,4 мкм в спектре третьего порядка?

10.9. Какой наименьшей разрешающей силой должна обладать дифракционная решетка, чтобы с её помощью можно было разрешить две спектральные линии калия с длинами волн 578 и 580 нм? Каким должно быть число штрихов, чтобы это разрешение было возможным в спектре второго порядка?

10.10. На дифракционную решетку с периодом 10 мкм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Найти угол между главными дифракционными максимумами второго порядка.

Показатели преломления

Стекло	1,5,
Плавленый кварц	1,46,
Вода	1,33;
Мыльная пленка	1,3.

Примечание: Указанные значения следует рассматривать как условные и использовать только в случае, когда в условии задачи показатель преломления не задан.

Значения физических постоянных

Электрическая постоянная . . .	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Ф/м
Скорость света в вакууме	$c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 3 \cdot 10^8$ м/с
Элементарный заряд	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Заряд α - частицы	$q_\alpha = 2e = 3,20 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса электрона	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса α - частицы	$m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27}$ кг

Библиографический список

1. [53(075) С12] Савельев И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3-т.
2. [53(075) Т76] Трофимова Т.И. Курс физики. 2007, ФО(3), ГС(27).
3. [53(075) Т76] Трофимова Т.И. Курс физики. 2003, ГС(35), КЛ(5)
4. [53(075) Ч50] Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. М.Высш.шк.2008. ФО(2), ГС(87), КЛ(13)
5. [53(075) Ч50] Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. М.Высш.шк.2005. КЛ(23), ГС(275), СО(1), СБ(1)
6. [53(075) Ч50] Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. Физматлит.2003. ФО(3),

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	2
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	4
1. Взаимодействие электрических зарядов.	
Напряженность электрического поля.	4
2. Потенциальная энергия и потенциал электрического поля	6
3. Движение заряженных частиц в электрическом поле.	8
4. Электрическая ёмкость. Конденсаторы	10
5. Электрический ток	12
МАГНЕТИЗМ.	15
6. Расчет магнитных полей и магнитных моментов	15
7. Проводники с током в магнитном поле	18
ОПТИКА.	20
8. Отражение и преломление света.	20
9. Интерференция света	23
10. Дифракция света.	25
Показатели преломления	26
Значения физических постоянных	26
Библиографический список.	27
Ответы	28

ОТВЕТЫ

1.1. 287 мН	1.2. 8,3 см	1.3. 9 Н	1.4. 100 кВ/м	1.5. 50 Н
1.6. 535 В/м	1.7. 2 см	1.8. 4 см	1.9. 56,5 мН	1.10. 3,6 мН/м
2.1. 45 В	2.2. 26,4 кВ	2.3. 90 мкДж	2.4. -63 мкДж	2.5. 4 и 12 см
2.6. 25 В	2.7. 125 В	2.8. 56,6 В	2.9. 141 В	2.10. 170 В
3.1. 2,13 мм	3.2. 23,3 В	3.3. 530 В/м	3.4. 4,7 нКл/м ²	3.5. 2,53 Мм/с
3.6. $1,05 \cdot 10^{17}$	3.7. 1,76 см	3.8. 2,19 м/с	3.9. 24,9 мКл/	3.10. 5,19 мм
4.1. 16	4.2. 39 пФ	4.3. 511 Н	4.4. 0,11 мДж/м ³	4.5. 880 В
4.6. 1,1 нДж	4.7. 25	4.8. 56,6 В	4.9. 141 В	4.10. 5,19
5.1. 48 Кл	5.2. 120 Кл	5.3. 75 Кл	5.4. 69 Кл	5.5. 70 МА/м ²
5.6. 250 Ом	5.7. 6 мин	5.8. 10 мин	5.9. 30 мин	5.10. 45 мин
6.1. 87,2 мкТл	6.2. 282 мкТл	6.3. 200 мкТл	6.4. 173 мкТл	6.5. 1,1 мА, 12 Тл
6.6. 6,3 мкТл	6.7. 0,1 мТл	6.8. 0,03 А·м ²	6.9. 106 мкТл	6.10. 251 мкТл
7.1. 30°	7.2. 10 мкН	7.3. 7,1 А	7.4. 20 мН/м, 34,6 мН/м	7.5. 12,6 мН
7.6. 8 мН	7.7. 120 Н	7.8. 6°18′	7.9. 2 мкН	7.10. $6,4 \cdot 10^{-16}$ А·м ²
8.1. 1,87 м	8.2. 36°53′	8.3. 36°36′	8.4. 1,359	8.5. 3,08 см
8.6. 7,06 мм	8.7. 34°37′	8.8. 48°35′	8.9. 25°27′, 5°02′	8.10. 10,1 см
9.1. 10 ⁻⁴ рад	9.2. 10 мкм	9.3. 2,06 мм	9.4. 7	9.5. 72 мкм
9.6. 4 см	9.7. 1,33 м	9.8. 28 мм	9.9. $5 \cdot 10^{-5}$ рад	9.10. $1,06 \cdot 10^{-7}$ м
10.1. 33	10.2. 2°45′	10.3. 103 мм ⁻¹	10.4. $0,58 \cdot 10^{-6}$ м	10.5. 21°17′
10.6. 8	10.7. 17	10.8. $0,6 \cdot 10^{-6}$ м	10.9. 290,145	10.10. 13,8°