

## Тема 1. Электростатика

1. Найти расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, если известно, что при уменьшении этого расстояния на 50 см сила взаимодействия увеличивается в 2 раза. **Ответ: 1,7 м.**
2. Два точечных заряда  $+7,5$  нКл и  $-14,7$  нКл расположены на расстоянии 5 см. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от первого и 4 см от второго заряда. **Ответ: 112 кВ/м.**
3. На металлической сфере радиусом 15 см находится заряд  $q = 2$  нКл. Определить напряженность  $E$  электростатического поля на расстоянии  $r = 20$  см от центра сферы. **Ответ: 450 В/м.**
4. Найти напряженность электрического поля на расстоянии 10 см от металлической нити, заряженной с линейной плотностью 5 нКл/м. **Ответ: 900 В/м.**
5. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность  $E$  поля вне пластин. **Ответ: 113 В/м.**
6. Два точечных заряда  $+6$  нКл и  $-4$  нКл расположены на расстоянии 5 см. Найти потенциал электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от первого и 4 см от второго заряда. **Ответ: 900 В.**
7. Найти потенциал электрического поля, создаваемый точечным диполем с электрическим моментом  $p = 5$  пКл·м в точке, лежащей на оси диполя на расстоянии  $r = 3$  см от него. **Ответ: 50 В.**
8. Потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов, имеет вид  $\varphi = a(x^2 - y^2)$ , где  $a = 1$  В/м<sup>2</sup>. Найти модуль напряженности электрического поля в точке с координатами  $x = 1$  м,  $y = 0,5$  м. Ответ привести в системе СИ и округлить с точностью до двух цифр после запятой. **Ответ: 2,24 В/м.**
9. Диполь с электрическим моментом  $p = 75$  пКл·м свободно устанавливается в однородном электрическом поле напряженностью  $E = 80$  кВ/м. Вычислить работу  $A$ , необходимую для того, чтобы повернуть диполь на угол  $\alpha = 90^\circ$ . **Ответ: 6 мкДж.**
10. Определить, при какой напряженности  $E$  среднего макроскопического поля в диэлектрике ( $\epsilon=3$ ) поляризованность  $P$  достигнет значения, равного 200 мкКл/м<sup>2</sup>. **Ответ: 11,3 МВ/м.**

## Тема 2. Конденсаторы и постоянный ток

1. Найти радиус внешней обкладки  $R_2$  воздушного сферического конденсатора емкостью  $C = 4$  пф, если радиус внутренней обкладки  $R_1 = 2$  см. **Ответ: 4,5 см.**
2. Три одинаковых конденсатора соединены последовательно. Емкость такой батареи  $C = 100$  пф. Определить емкость батареи конденсаторов после того, как один из них заполнили парафином ( $\varepsilon = 2$ ). **Ответ: 120 пФ.**
3. Плоский воздушный конденсатор электроемкостью  $C = 1,11$  нФ заряжен до разности потенциалов  $U = 300$  В. После отключения от источника тока расстояние между обкладками конденсатора было увеличено в 5 раз. Определить работу  $A$  внешних сил по раздвижению обкладок. **Ответ: 0,2 мДж.**
4. Конденсатор емкостью  $C = 10$  нФ заряжен до напряжения  $U_1 = 200$  В, а второй такой же конденсатор – до напряжения  $U_2 = 100$  В. Какое количество теплоты выделится при соединении этих конденсаторов одноименными обкладками. **Ответ: 25 мкДж.**
5. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I(t) = kt$ , где  $k = 0,5$  А/с. Найти заряд  $q$ , протекающий через поперечное сечение проводника за время  $\tau = 1$  с. **Ответ: 0,25 Кл.**
6. К источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,5$  В присоединили катушку с сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Амперметр показал силу тока, равную  $I_1 = 0,5$  А. Когда к источнику тока присоединили последовательно еще один источник тока с такой же ЭДС, то сила тока  $I_2$  в той же катушке оказалась равной 0,4 А. Определить внутреннее сопротивление второго источника тока. **Ответ: 4,5 Ом.**
7. Определить ток короткого замыкания источника ЭДС, если при внешнем сопротивлении  $R_1 = 50$  Ом ток в цепи  $I_1 = 0,2$  А, а при  $R_2 = 110$  Ом –  $I_2 = 0,1$  А. **Ответ: 1,2 А.**
8. Аккумулятор с внутренним сопротивлением 0,08 Ом при токе 4 А отдает во внешнюю цепь 8 Вт. Какую мощность отдаст он во внешнюю цепь при токе 6 А? **Ответ: 11 Вт.**
9. При силе тока  $I_1 = 3$  А во внешней цепи аккумулятора выделяется мощность  $P_1 = 18$  Вт, при силе тока  $I_2 = 1$  А – соответственно  $P_2 = 10$  Вт. Определить внутреннее сопротивление  $r$  аккумулятора. **Ответ: 20 Ом.**
10. Плотность тока в медном проводнике равна 2 А/мм<sup>2</sup>. Найти напряженность электрического поля в проводнике. Удельное сопротивление меди 17 нОм·м. **Ответ: 34 мВ/м.**

### Тема 3. Магнитное поле и электромагнитная индукция

1. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r = 5$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I = 10$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 2$  см от одного и  $r_2 = 3$  см от другого провода.

**Ответ: 132 А/м.**

2. Вычислить циркуляцию вектора напряженности вдоль контура, охватывающего токи  $I_1 = 10$  А,  $I_2 = 15$  А, текущие в одном направлении, и ток  $I_3 = 20$  А, текущий в противоположном направлении. **Ответ: 5 А.**

3. Прямой провод, по которому течет ток  $I = 100$  А, расположен в однородном магнитном поле под углом  $60^\circ$  к линиям магнитной индукции. С какой силой  $F$  действует поле на отрезок провода длиной  $l = 10$  см если магнитная индукция  $B$  равна 0,1 Тл? **Ответ: 0,87 Н.**

4. Рамка гальванометра длиной  $a = 4$  см и шириной  $b = 1,5$  см, содержащая  $N = 200$  витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти механический момент  $M$ , действующий на рамку, когда по витку течет ток  $I = 1$  мА. **Ответ: 12 мкН/м.**

5. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре круговой витка равна 200 А/м. Магнитный момент  $p_m$  витка равен 1 А·м<sup>2</sup>. Вычислить радиус  $R$  витка. **Ответ: 9,27 см.**

6. Двукратно ионизированный атом гелия ( $\alpha$ -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 100$  кА/м по окружности радиусом  $R = 10$  см. Найти скорость  $\alpha$ -частицы. **Ответ: 0,61 Мм/с.**

7. Горизонтальный стержень длиной 1 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого 50 мкТл. При какой частоте вращения стержня разность потенциалов на концах этого стержня равна 1 мВ? **Ответ: 32 Гц.**

8. Проволочное кольцо радиусом 4 см, имеющее сопротивление 0,01 Ом, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Плоскость кольца составляет угол  $30^\circ$  с линиями индукции поля. Какое количество электричества протечет по кольцу, если магнитное поле исчезнет? **Ответ: 0,01 Кл.**

9. Найти индуктивность проводящего контура, если магнитный поток через него увеличивается на 0,02 Вб в результате изменения тока в контуре с 4 А до 8 А. **Ответ: 5 мГн.**

10. Вычислить энергию магнитного поля соленоида, содержащего  $N = 1000$  витков провода, при силе тока  $I = 1$  А, если магнитный поток через его поперечное сечение  $\Phi = 0,1$  мВб. **Ответ: 0,05 Дж.**

#### Тема 4. Электромагнитные колебания и волны. Интерференция света

1. Определить логарифмический декремент, при котором энергия колебательного контура за  $N = 70$  периодов уменьшается в  $n = 8$  раз. **Ответ: 0,03.**
2. Определить минимальное активное сопротивление при разрядке конденсатора емкости  $C = 1.2$  нФ, при котором разряд будет апериодическим, если индуктивность проводов  $L = 3$  мкГн. **Ответ: 100 Ом.**
3. Найти напряженность магнитного поля в электромагнитной волне, если напряженность электрического поля составляет 20 В/м. **Ответ: 0,053 А/м.**
4. Найти объемную плотность энергии электромагнитной волны в стекле с показателем преломления  $n = 1,5$ , если значение вектора Пойнтинга составляет  $S = 20$  мВт/м<sup>2</sup>. **Ответ:  $10^{-10}$  Дж/м<sup>3</sup>.**
5. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку (показатель преломления стекла равен 1,5) толщиной 1 мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку нормально. **Ответ: 0,5 мм.**
6. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут максимально усилены при оптической разности хода интерферирующих волн, равной 1 мкм. **Ответ: 0,5 мкм.**
7. Расстояние  $d$  между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние  $l$  от щелей до экрана 3 м. Определить длину волны  $\lambda$ , испускаемой источником монохроматического света, если ширина  $b$  интерференционных полос на экране равна 1,5 мм. **Ответ: 0,5 мкм.**
8. На мыльную пленку ( $n = 1,3$ ), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине  $d$  пленки отраженный свет с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции? **Ответ: 0,1 мкм.**
9. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинами положили тонкую проволочку, параллельную линии соприкосновения пластин и находящуюся на расстоянии  $a = 75$  мм от нее. При освещении пластин монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм на верхней пластине наблюдаются интерференционные полосы. Определить диаметр проволочки, если на расстоянии  $b = 30$  мм насчитывается  $m = 16$  светлых полос. **Ответ: 10 мкм.**
10. Расстояние  $\Delta r_{2,1}$  между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние  $\Delta r_{10,9}$  между десятым и девятым кольцами. **Ответ: 0,39 мм.**

## Тема 5. Дифракция и поляризация света

1. Плоская световая волна с длиной волны  $\lambda = 0,7$  мкм падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r = 1,4$  мм. На каком максимальном расстоянии от диафрагмы может быть расположен экран, чтобы в центре дифракционной картины наблюдалось темное пятно? **Ответ: 1,4 м.**
2. На щель шириной  $a = 0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). Определить (в градусах) угол  $\varphi$  между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу. **Ответ: 2,75°.**
3. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda = 0,6$  мкм) максимум пятого порядка отклонен на угол  $\varphi = 18^\circ$ ? **Ответ: 100.**
4. Дифракционная решетка содержит  $n = 200$  штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка? **Ответ: 8.**
5. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda = 0,6$  мкм) максимум третьего порядка отклонен на угол  $\varphi = 21^\circ$ ? **Ответ: 200.**
6. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза ( $n = 2,42$ ), погруженного в воду ( $n = 1,33$ ). При каком угле падения  $\alpha$  (в градусах) отраженный свет полностью поляризован? **Ответ: 61,2°.**
7. Угол Брюстера  $\alpha_{бр}$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле. **Ответ: 194 Мм/с.**
8. Предельный угол  $\alpha$  полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен  $43^\circ$ . Определить угол Брюстера  $\alpha_{бр}$  (в градусах) для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости. **Ответ: 55°45'.**
9. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет  $30^\circ$ . Определить изменение интенсивности прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора изменился до  $45^\circ$ . **Ответ: 1,5.**
10. Степень поляризации  $P$  частично-поляризованного света равна 0,5. В сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной? **Ответ: 3.**

## Тема 6. Квантовая природа излучения

1. Определить температуру, при которой энергетическая светимость  $R_\Sigma$  абсолютно черного тела равна  $10 \text{ кВт/м}^2$ . **Ответ: 648 К.**
2. Поток энергии, излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Определить температуру печи, если площадь окошка составляет  $6 \text{ см}^2$ . **Ответ: 1000 К.**
3. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость выросла в 16 раз. **Ответ: 2.**
4. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при температуре  $0^\circ\text{C}$ . **Ответ: 10,6 мкм.**
5. При увеличении термодинамической температуры в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\lambda = 580 \text{ нм}$ . Найти начальную температуру тела. **Ответ: 2500 К.**
6. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с  $\lambda_1 = 1,6 \text{ мкм}$  на  $\lambda_2 = 0,8 \text{ мкм}$ . Во сколько раз изменилась максимальная спектральная плотность энергетической светимости? **Ответ: 32.**
7. Определить, до какого потенциала зарядится уединенный медный шарик ( $A = 4,47 \text{ эВ}$ ) при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 140 \text{ нм}$ . **Ответ: 4,4 В.**
8. Определить длину волны света, облучающего фотокатод с работой выхода  $A = 2,1 \text{ эВ}$ , если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов  $T_{\text{max}} = 1 \text{ эВ}$ . **Ответ: 400 нм.**
9. На поверхность фотокатода падает монохроматический свет ( $\lambda = 310 \text{ нм}$ ). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов  $U$  не менее 1,7 В. Определить работу выхода в эВ. **Ответ: 2,3 эВ.**
10. При рассеянии излучения на свободных электронах энергия электрона отдачи составляет 20 % от энергии падающего излучения. Длина волны рассеянного излучения составляет 1,5 пм. Определить длину волны падающего излучения. **Ответ: 1,2 пм.**