

## 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: 2,8 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: 2 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: 6,4 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: 0,015.**
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 модуля 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 ( $n=1,5$ ) 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  $\alpha_B$  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  $\alpha_{пр}$  полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен  $43^\circ$ . Определить угол Брюстера  $\alpha_B$  (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  $34 \text{ Вт}$ . 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  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . **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  $1,7 \text{ В}$ . 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  $1,5 \text{ пм}$ . Определить длину волны падающего излучения. **Ответ: 1,2 пм.**