

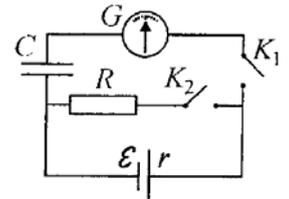
III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

3.1. Три незаряженные концентрические проводящие сферы радиусами  $r$ ,  $2r$  и  $3r$  находятся в вакууме. В центр сфер поместили точечный заряд  $q$ , а затем среднюю сферу заземлили тонким длинным изолированным проводом, пропущенным через небольшое отверстие в сфере радиусом  $3r$ . Найти разность потенциалов между внутренней и наружной сферами. Ответ:  $kq/(2r)$

3.2. Плоский конденсатор, расстояние между обкладками которого равно  $L$ , подключен к батарее с ЭДС  $\mathcal{E}$ . Между обкладками этого конденсатора находится плоскопараллельная диэлектрическая пластина с проницаемостью  $\epsilon$ . Пластина параллельна обкладкам, ее толщина  $d$ , а площадь ее поверхностей, параллельных обкладкам, равна площади обкладок. В пластине возникает электрический пробой, если модуль напряженности электрического поля в ней превышает  $E_0$ . При какой толщине пластины не произойдет ее электрического пробоя? Ответ:  $d \leq (\epsilon E_0 L - \mathcal{E}) / ((\epsilon - 1) E_0)$  при  $\mathcal{E} / (\epsilon L) < E_0 \leq \mathcal{E} / L$ ; если  $E_0 \leq \mathcal{E} / (\epsilon L)$ , то пробоя будет при любой толщине пластины; если  $E_0 > \mathcal{E} / L$ , то пробоя не будет при любой толщине пластины.

3.3. Чтобы определить ЭДС  $\mathcal{E}$  источника с малым внутренним сопротивлением с помощью вольтметра, предел измерения которого меньше  $\mathcal{E}$ , использовали два резистора с достаточно большим сопротивлением. При подключении вольтметра через первый резистор показание вольтметра оказалось равным  $U_1$ , через второй —  $U_2$ , а через соединенные определенным образом между собой эти резисторы —  $U_3$ . Зная, что  $U_3 < U_2$ , и  $U_3 < U_2$ , найти ЭДС источника. Ответ:  $\mathcal{E} = U_1 U_2 U_3 / ((U_1 + U_2) U_3 - U_1 U_2)$

3.4. В схеме, показанной на рисунке, конденсатор  $C$  первоначально был разряжен, ключи  $K_1$  и  $K_2$  разомкнуты, а стрелка гальванометра  $G$  находилась на нулевом делении посередине шкалы. После замыкания ключа  $K_1$  стрелка гальванометра отклонялась от равновесного положения вправо на максимальное число делений, равное  $n_1$ . На сколько делений и в какую сторону максимально отклонится стрелка гальванометра, если после замыкания ключа  $K_1$ , замкнуть ключ  $K_2$ ? ЭДС батареи  $\mathcal{E}$ , ее внутреннее сопротивление  $r$  и сопротивление резистора  $R$  известны. Ответ:  $n_1 r / (R + r)$ , влево.



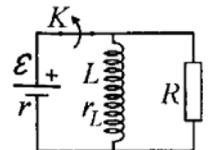
3.5. Два гвоздя вбиты в вертикальную стену на расстоянии  $L$  друг от друга на одном горизонтальном уровне. Тонкая гибкая проволока прикреплена одним концом к первому гвоздю и переброшена через второй гвоздь. К свободному концу проволоки прикреплен груз массой  $m$ . Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , направленной горизонтально перпендикулярно проволоке. Найти силу электрического тока, который должен протекать по участку проволоки, расположенному между гвоздями, чтобы этот участок имел в равновесии форму полуокружности. Массой проволоки и ее трением о второй гвоздь пренебречь. Ответ:  $2mg/(BL)$

3.6. В магнитном поле, вертикальная составляющая индукции которого убывает с высотой  $h$  по закону  $B_h = (l - kh)B_0$ , с достаточно большой высоты падает тонкое кольцо массой  $m$ , диаметром  $D$ . Сопротивление кольца равно  $R$ . Кольцо движется поступательно так, что его ось все время остается вертикальной. Пренебрегая влиянием воздуха, найти установившуюся скорость падения кольца. Ответ:  $16mgR/(\pi k B_0 D^2)^2$

3.7. В сильном однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией  $B$  на расстоянии  $l$  друг от друга закреплены два тонких вертикальных проводящих стержня. Плоскость, в которой расположены стержни, перпендикулярна индукции магнитного поля. К верхним концам стержней подключена катушка индуктивностью  $L$ . На стержни надевают тонкую проводящую перемычку массой  $m$  и отпускают ее с нулевой начальной скоростью. Перемычка начинает скользить по стержням без нарушения контакта с ними, оставаясь все время горизонтальной. Найти период установившихся колебаний перемычки. Сопротивлением проводников и трением пренебречь. Индуктивность стержней и перемычки много меньше индуктивности катушки. Ответ:  $T = 2\pi\sqrt{mL}/(IB)$

3.8. Лампу накаливания, рассчитанную на рабочее напряжение постоянного тока  $U = 120$  В, включают в сеть гармонического тока с амплитудой напряжения  $U_0 = 311$  В и частотой  $f = 50$  Гц последовательно с конденсатором емкостью  $C = 8,6$  мкФ. При этом лампа потребляет номинальную мощность. Определить эту мощность  $N$ . Ответ:  $\approx 60$  Вт

3.9. В схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  длительное время был замкнут. В первый момент сразу после размыкания ключа на резисторе  $R$  выделялась мощность  $N = 90$  Вт. Какое количество теплоты  $\Delta Q$  может выделиться на этом резисторе после размыкания ключа, если сопротивление резистора  $R = 25$  Ом, индуктивность катушки  $L = 0,8$  Гн, а ее сопротивление  $r_L = 5$  Ом? Ответ:  $1,2$  Дж

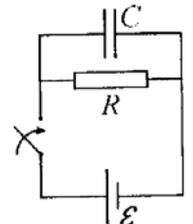


3.10. Два неподвижных точечных разноименных заряда находятся на расстоянии  $r = 1$  м друг от друга. Напряженность электрического поля этих зарядов посередине между ними равна по модулю  $E = 200$  В/м. На каком минимальном расстоянии  $r_1$  от первого заряда потенциал электрического поля равен нулю, если модуль этого заряда равен  $q_1 = 1,4 \cdot 10^{-9}$  Кл? Считать, что потенциал поля этих зарядов равен нулю на бесконечно большом расстоянии от данной системы зарядов. Ответ:  $\approx 0,25$  м

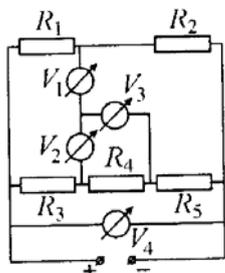
3.11. Горизонтально расположенная пластина плоского конденсатора подвешена на легкой металлической пружине жесткостью  $k$ , другой конец которой закреплен. Вторая пластина конденсатора закреплена на изоляторе так, что она находится под первой пластиной. Площадь каждой пластины равна  $S$ . В результате кратковременного касания изолированной пластины полюсом источника, другой полюс которого подсоединен к пружине, между пластинами возникла разность потенциалов  $U$ . Каким должно быть первоначальное расстояние  $L$  между пластинами, чтобы они в последующие моменты времени не касались друг друга? Ответ:  $L > \sqrt[3]{\epsilon_0 S U^2 / k}$

3.12. Два соединенных последовательно вольтметра подключены к клеммам аккумулятора. Показания вольтметров  $U_1 = 5$  В и  $U_2 = 15$  В. Если к аккумулятору подсоединить только первый вольтметр, то его показание станет равным  $V = 19$  В. Найти ЭДС  $\mathcal{E}$  аккумулятора. Ответ:  $20,4$  В.

3.13. Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, состоит из конденсатора, резистора, источника тока и ключа. Первоначально ключ был разомкнут. Найти ЭДС источника, если известно, что сила тока через источник сразу после замыкания ключа в  $n = 2$  раза больше установившейся силы тока в цепи, а установившееся напряжение на конденсаторе  $U = 1,75$  В. Ответ:  $3,5$  В.



3.14. В схеме, показанной на рисунке, использованы четыре одинаковых вольтметра с внутренними сопротивлениями  $1$  МОм. Показания четвертого вольтметра  $V_4 = 6$  В. Определить показания остальных вольтметров, если сопротивления резисторов равны, соответственно,  $R_1 = R_3 = 10$  Ом,  $R_2 = 50$  Ом,  $R_4 = 30$  Ом,  $R_5 = 20$  Ом. Ответ:  $V_1 = V_2 = 1$  В,  $V_3 = 2$  В.



**3.15.** Электрон влетает в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 30^\circ$  к направлению вектора магнитной индукции и движется по винтовой линии. Найти модуль перемещения электрона за время прохождения одного витка этой траектории. Модуль скорости электрона  $v = 10$  м/с, а вектора магнитной индукции  $B = 31$  мТл. Заряд электрона считать равным  $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, а его массу  $m = 9 \cdot 10^{-31}$  кг. Ответ: 9 мм.

**3.16.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L$  и плоского воздушного конденсатора емкостью  $C$ . Найти среднюю за период колебаний силу притяжения обкладок конденсатора друг к другу, если амплитуда тока в катушке равна  $I_0$ . Площадь обкладки конденсатора  $S$ . Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Ответ:  $L C I_0^2 / (4 S \epsilon_0)$

**3.17.** В схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  длительное время был замкнут. Определить максимальное количество теплоты, которое может выделиться в катушке после размыкания ключа. Параметры элементов схемы: ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  источника, емкость  $C$  конденсатора, индуктивность  $L$  и сопротивление проводов  $R$  катушки указаны на рисунке. Ответ:  $(L + C R^2) \mathcal{E}^2 / (2(R + r)^2)$

