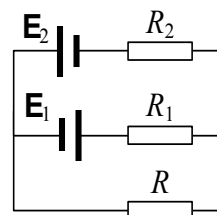


Вариант № 1

1. Тонкое кольцо радиусом 8 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью 10 нКл/м. Какова напряженность электрического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние 10 см? [2,71 кВ/м]
2. Две длинные параллельные нити равномерно заряжены, каждая с линейной плотностью  $\lambda = 0,50$  мкКл/м. Расстояние между нитями  $l = 45$  см. Найти максимальное значение напряженности электрического поля в плоскости симметрии этой системы. [ $E_{max} = \lambda/\pi\epsilon_0 l = 40$  кВ/м]
3. Металлический шар радиусом 1 м, имеющий потенциал 1 В, окружат сферической оболочкой радиусом 2 м. Чему будет равен потенциал шара, если заземлить оболочку? [0,5 В]
4. Точечный заряд  $q$  находится в вакууме на расстоянии  $l$  от плоской поверхности однородного диэлектрика, заполняющего все полупространство. Проницаемость диэлектрика  $\epsilon$ . Найти суммарный заряд на поверхности диэлектрика. [ $q' = -q(\epsilon - 1)/(\epsilon + 1)$ ]
5. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин, равной 500 см<sup>2</sup>, подключен к источнику тока с ЭДС, равной 300 В. Определите работу внешних сил по раздвижению пластин от расстояния 1 см до 3 см. Конденсатор перед раздвижением пластин отключен от источника тока. [3,98 мкДж]
6. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком, диэлектрическая проницаемость которого зависит от напряжения на конденсаторе по закону  $\epsilon = \alpha U$ , где  $\alpha = 1$  В<sup>-1</sup>. Параллельно этому «нелинейному» конденсатору, который не заряжен, подключают такой же конденсатор, но без диэлектрика, который заряжен до напряжения  $U_0 = 156$  В. Определите напряжение  $U$ , которое установится на конденсаторах. [ $U = (\sqrt{4\alpha U_0 + 1} - 1)/(2\alpha) = 12$  В]
7. К гальванометру сопротивлением 290 Ом подключен шунт, повышающий предел измерения гальванометра в 10 раз. Какое сопротивление надо подключить последовательно с гальванометром с шунтом, чтобы его общее сопротивление осталось прежним? [261 Ом]
8. Гальванический элемент замыкается один раз на сопротивление 4 Ом, другой раз на сопротивление 9 Ом. В том и другом случаях количество теплоты, выделяющееся за одно и то же время, оказывается одинаковым. Каково внутреннее сопротивление элемента? [6 Ом]
9. Определите толщину слоя меди, выделившейся за время 5 ч при электролизе медного купороса, если плотность тока 80 А/м<sup>2</sup>. [54 мкм]
10. Найдите значение и направление тока через сопротивление  $R$  в схеме (см. рис.), если  $E_1 = 1,5$  В,  $E_2 = 3,7$  В,  $R_1 = 20$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом и  $R = 5,0$  Ом. Внутренние сопротивления источников тока пренебрежимо малы. [ $I = \frac{R_1 E_2 - R_2 E_1}{R R_1 + R_1 R_2 + R_2 R} = 0,02$  А, ток течет слева направо]



## Вариант № 2

1. Тонкое полукольцо радиуса  $R=20$  см заряжено равномерно зарядом  $q = 0,70$  нКл. Найти модуль напряженности электрического поля в центре кривизны этого полукольца. [ $E = q/2\pi^2\epsilon_0R^2 = 0,10$  кВ/м]
2. На расстоянии  $r$  от поверхности Земли находится точечный заряд  $+q$ . Используя метод изображений, найдите силу притяжения этого заряда к Земле. [ $F = q^2/(16\pi\epsilon_0r^2)$ ]
3. Из трех концентрических бесконечно тонких металлических сфер с радиусами  $R_1 < R_2 < R_3$  крайние заземлены, а средней сфере сообщен электрический заряд  $Q$ . Сферы находятся в вакууме. Определить, в каких точках пространства напряженность электрического поля равна нулю.
4. Круглый диэлектрический диск радиуса  $R$  и толщины  $d$  поляризован *статически* так, что поляризованность, равна  $P$ , всюду одинакова и вектор  $P$  лежит в плоскости диска. Найти напряженность  $E$  электрического поля в центре диска, если  $d \ll R$ . [ $E = -Pd/4\epsilon_0R$ ]
5. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин, равной  $500 \text{ см}^2$ , подключен к источнику тока с ЭДС, равной  $300$  В. Определите работу внешних сил по раздвижению пластин от расстояния  $1$  см до  $3$  см. Конденсатор перед раздвижением пластин не отключен от источника тока. [ $1,33$  мкДж]
6. Две частицы, имеющие массу  $m = 1$  мг и заряд  $q = 10^{-9}$  Кл каждая, летят из бесконечности со скоростями  $v_1 = 1$  м/с и  $v_2 = 2$  м/с навстречу друг другу. На какое минимальное расстояние  $r_0$  они могут сблизиться? Гравитационное взаимодействие не учитывать.

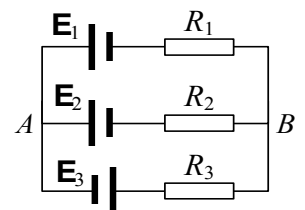
$$[r_0 = \frac{q^2}{\pi^2\epsilon_0^2m(v_1 + v_2)^2} = 4 \text{ мм}]$$

7. Определите заряд, прошедший по проводу сопротивлением  $3$  Ом при равномерном нарастании напряжения на концах провода от  $2$  В до  $4$  В в течение  $20$  с. [ $20$  Кл]
8. Какое сопротивление  $R$  нужно подключить к  $n$  одинаковым последовательно соединенным источникам с ЭДС  $E$  и внутренним сопротивлением  $r$ , чтобы выделяемая полезная мощность была максимальной? [ $nr$ ]
9. Какое количество меди выделилось из раствора медного купороса за  $100$  с, если ток, протекающий через электролит, менялся по закону  $I(t) = (5 - 0,02t)$  А, где  $t$  – время в секундах? [ $0,13$  г]
10. Из материала с удельным сопротивлением  $\rho$  изготовлено плоское кольцо толщиной  $d$ . Радиусы кольца равны  $a$  и  $b$  ( $b > a$ ). Между внешней и внутренней цилиндрическими поверхностями кольца поддерживается разность потенциалов. Найдите сопротивление кольца в этих условиях. [ $R = \frac{\rho}{2\pi d} \cdot \ln \frac{b}{a}$ ]

### Вариант № 3

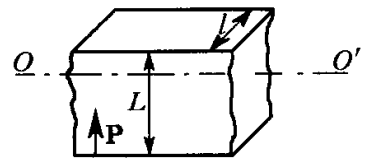
1. Плоскость с круглым отверстием радиуса  $R$  равномерно заряжена с поверхностной плотностью  $\sigma$ . Найти напряженность  $E$  электрического поля на оси отверстия как функцию расстояния  $l$  до его центра. [ $E = \sigma l / 2 \varepsilon_0 \sqrt{R^2 + l^2}$ ]
2. Очень длинная прямая проволока несет заряд, равномерно распределенный по всей ее длине. Вычислите линейную плотность заряда, если напряженность поля на расстоянии 0,5 м от проволоки против ее середины равна 200 В/м. [5,5 нКл/м]
3. Проводящий шар радиусом 1 м равномерно заряжен по поверхности зарядом 1 нКл. Каково минимальное расстояние между точками  $A$  и  $B$ , такими, что разность потенциалов между ними равна  $-1$  В? [12,5 см]
4. Сторонние заряды равномерно распределены с объемной плотностью  $\rho > 0$  по шару радиуса  $R$  из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$ . Найти модуль напряженности электрического поля как функцию расстояния  $r$  от центра шара. [ $E(r < R) = \rho r / 3 \varepsilon_0 \varepsilon, E(r > R) = \rho R^3 / 3 \varepsilon_0 r^2$ ]
5. Батарея из двух последовательно соединенных конденсаторов с емкостями 300 пФ и 500 пФ заряжена до разности потенциалов 1200 В. Чему равен заряд на обкладках каждого конденсатора? [225 нКл]
6. Положительно заряженная пластина, создающая вертикально направленное однородное электрическое поле напряженностью  $10^4$  В/м, укреплена на горизонтальной плоскости. На нее с высоты 10 см падает шарик массой 20 г, имеющий положительный заряд  $1 \cdot 10^{-5}$  Кл. Какой импульс передаст шарик пластине при абсолютно неупругом ударе? [0,02 Дж]
7. В ускорителе пучок заряженных частиц движется по круговой орбите радиусом 0,25 м со скоростью  $1,5 \cdot 10^7$  м/с. Величина среднего тока, создаваемого пучком, равна 15 мкА. Определите заряд пучка. [1,57 пКл]
8. Плотность электрического тока в медном проводе равна  $10$  А/см<sup>2</sup>. Определите удельную тепловую мощность тока. [170 Дж/м<sup>3</sup>·с]
9. Сила тока, проходящего через электролитическую ванну с раствором медного купороса, равномерно возрастает в течение времени 20 с от 0 до 2 А. Найдите массу меди, выделившейся за это время на электроде ванны. [6,6 мг]
10. В схеме (см. рис.)  $E_1 = 1,5$  В,  $E_2 = 1,5$  В,  $E_3 = 2,0$  В,  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом,  $R_3 = 30$  Ом. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Найдите ток через сопротивление  $R_1$ .

$$[I_1 = [R_3(E_1 - E_2) + R_2(E_1 + E_3)] / (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1) = 0,06 \text{ А}]$$



### Вариант № 4

1. По тонкому кольцу радиусом 5 см равномерно распределен заряд с линейной плотностью 14 нКл/м. Определите напряженность поля в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии 10 см от центра кольца. [2,83 кВ/м]
2. Пространство между двумя плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние  $2a$ , заполнено зарядом, объемная плотность которого зависит только от координаты  $x$  оси, перпендикулярной этим плоскостям, как  $\rho = \alpha x$ , где  $\alpha$  — постоянная. Начало координат ( $x = 0$ ) находится посередине между этими плоскостями. Найти зависимости от  $x$  напряженности электрического поля  $E_x(x)$  и  $E(x)$ . Изобразить их примерные графики. [ $E_x = \alpha(x^2 - a^2)/2\epsilon_0$ ,  $E = |E_x|$ ]
3. Проводящая полая сфера имеет радиус 10 см и заряд  $10^{-9}$  Кл. Определите потенциал и напряженность точек поля, расположенных на расстоянии 5; 10; 20 см от центра сферы. [90 В; 90 В; 45 В; 0 В; 900 В/м; 225 В/м]
4. Имеется бесконечная полоса диэлектрика толщиной  $l$  и шириной  $L$  (см. рис.). Материал пластины поляризован. Вектор поляризации  $\mathbf{P}$  постоянен и перпендикулярен меньшей грани. Считая  $l \ll L$ , найти поле  $\mathbf{E}$  и индукцию  $\mathbf{D}$  на средней линии  $OO'$ . [ $\mathbf{E} = -2Pl/\pi\epsilon_0 L$ ,  $\mathbf{D} = (1 - 2l/\pi L)\mathbf{P}$ ]



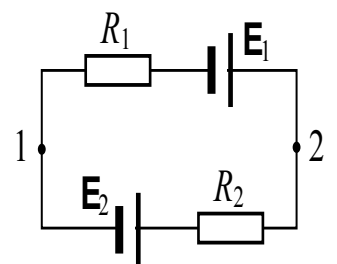
5. Вычислите собственную электростатическую энергию шара радиусом  $R$ , заряженного с постоянной объемной плотностью, если полный заряд шара равен  $q$ . [ $W = \frac{3}{5} \cdot \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R}$ ]

6. Тонкое непроводящее кольцо радиусом  $R$  заряжено с линейной плотностью  $\lambda = \lambda_0 \cos\varphi$ , где  $\lambda_0$  — положительная постоянная,  $\varphi$  — азимутальный угол. Найдите напряженность  $E$  электрического поля в центре кольца. [ $E = \lambda_0/(4\epsilon_0 R)$ ]
7. Шесть аккумуляторов с внутренним сопротивлением 0,1 Ом каждый соединены последовательно в батарею. К этой батарее подключена лампочка сопротивлением 11,4 Ом, через которую течет ток 2 А. Определите ЭДС одного аккумулятора. [4 В]
8. Батарея состоит из пяти последовательно соединенных элементов с ЭДС 1,4 В и внутренним сопротивлением 0,3 Ом каждый. Мощность во внешней цепи равна 8 Вт. При каких значениях силы тока это возможно? [2 или 8/3 А]
9. Резистор с сопротивлением  $R$  и нелинейное сопротивление, вольтамперная характеристика которого имеет вид  $U = a\sqrt{I}$ , где  $a$  — постоянная, соединены последовательно и подключены к источнику напряжения  $U_0$ . Найдите ток в цепи. [

$$I = \left(\frac{a}{2R}\right)^2 \left(\sqrt{1 + 4RU_0/a^2} - 1\right)^2]$$

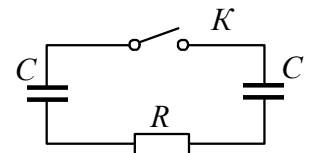
10. Найдите разность потенциалов  $\varphi_1 - \varphi_2$  между точками 1 и 2 схемы (см. рис.), если  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом,  $E_1 = 5$  В и  $E_2 = 2,0$  В. Внутренние сопротивления источников тока пренебрежимо малы.

$$[\varphi_1 - \varphi_2 = -(E_1 R_1 + E_2 R_2)/(R_1 + R_2) = -4 \text{ В}]$$



## Вариант № 5

1. Прямой металлический стержень диаметром 5 см и длиной 4 м несет равномерно распределенный по его поверхности заряд, равный 500 нКл. Определите напряженность поля в точке, находящейся против середины стержня на расстоянии 1 см от его поверхности. [64,3 кВ/м]
2. Шар радиуса  $R$  имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния  $r$  до его центра как  $\rho = \rho_0(1 - r/R)$ , где  $\rho_0$  — постоянная. Пренебрегая влиянием вещества шара найти модуль напряженности электрического поля внутри шара как функцию  $r$ . [ $E = \rho_0 r(1 - 3r/4R) / 3\epsilon_0$ ]
3. Заряженный до потенциала 300 В шар радиусом 15 см соединили с незаряженным шаром длинной тонкой проволокой. После соединения потенциал шара оказался равным 100 В. Каков радиус второго шара? [0,3 м]
4. Два точечных заряда,  $q$  и  $-q$ , расположены на расстоянии  $l$  друг от друга и на одинаковом расстоянии  $l/2$  от проводящей плоскости с одной стороны от нее. Найти модуль электрической силы, действующей на каждый заряд. [ $F = (2\sqrt{2} - 1)q^2 / 8\pi\epsilon_0 l^2$ ]
5. Эбонитовая плоскопараллельная пластина помещена в однородное электрическое поле напряженностью 2 МВ/м. Грани пластины перпендикулярны линиям напряженности. Определите поверхностную плотность связанных зарядов на гранях пластины. [ $\pm 11,8$  мкКл/м<sup>2</sup>]
6. Точечный заряд  $q$  находится на расстоянии  $d$  от проводящей плоскости. Какую энергию нужно затратить, чтобы удалить его на бесконечное расстояние от плоскости? [ $W = q^2 / (16\pi\epsilon_0 d)$ ]
7. Электрическая лампочка накаливания потребляет ток силой 0,2 А. Диаметр вольфрамового волоска 0,02 мм. Температура вольфрама при горении лампы 2000°C. Определите напряженность поля в волоске, считая поле однородным. [281 В/м]
8. За время 40 с в цепи, состоящей из трех одинаковых проводников, соединенных параллельно, подключенных к идеальному источнику постоянного тока, выделилось некоторое количество теплоты. За какое время выделится такое же количество теплоты, если проводники соединить последовательно? [360 с]
9. Определите скорость, с которой растет слой никеля на плоской поверхности металла при электролизе, если плотность тока, протекающего через электролит, равна 30 А/м<sup>2</sup>. Никель считать двухвалентным. [3,74 мкм/ч]
10. В схеме, показанной на рис., один конденсатор зарядили до напряжения  $U_0$  и в момент  $t = 0$  замкнули ключ  $K$ . Найдите: а) ток  $I$  в цепи как функцию времени  $t$ ; б) количество выделившегося тепла, зная функцию  $I(t)$ .



$$[a) I = \frac{U_0}{R} \exp\left(-\frac{2t}{RC}\right); \text{ б) } Q = CU_0^2/4]$$

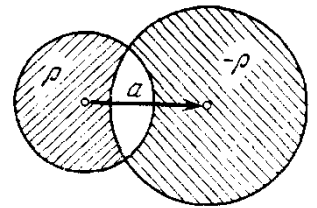
## Вариант № 6

1. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды по  $0,3$  нКл каждый. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?  $[-0,29$  нКл]
2. Бесконечно длинная цилиндрическая поверхность круглого сечения заряжена равномерно по длине с поверхностной плотностью  $\sigma = \sigma_0 \cos\varphi$ , где  $\varphi$  — полярный угол цилиндрической системы координат, ось  $z$  которой совпадает с осью данной поверхности. Найти модуль и направление напряженности электрического поля на оси  $z$ .  $[E = \sigma_0/2\varepsilon_0, \varphi = \pi]$
3. Прямая бесконечно длинная нить имеет заряд  $\lambda$  на единицу длины и расположена параллельно проводящей плоскости на расстоянии  $l$  от нее. Найти модуль силы, действующей на единицу длины нити.  $[f = \lambda^2/4\pi\varepsilon_0 l]$
4. Одинаковые шарики, подвешенные на нитях равной длины, закрепленных в одной точке, зарядили одинаковыми одноименными зарядами. Шарики оттолкнулись, и угол между нитями стал равен  $60^\circ$ . После погружения шариков в жидкий диэлектрик угол между нитями уменьшился до  $50^\circ$ . Найдите диэлектрическую проницаемость среды. Выталкивающей силой пренебречь.  $[1,7]$
5. Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно  $2$  мм, разность потенциалов  $1,8$  кВ. Пространство между пластинами заполнено стеклом. Определите диэлектрическую восприимчивость стекла и поверхностную плотность поляризационных (связанных) зарядов на поверхности стекла.  $[6; 47,7$  мкКл/м<sup>2</sup>]
6. Система состоит из равномерно заряженной сферы радиусом  $R$  и окружающей среды, заполненной зарядом с объемной плотностью  $\rho = \alpha/r$ , где  $\alpha$  — положительная постоянная,  $r$  — расстояние от центра сферы. Найдите заряд сферы, при котором напряженность  $E$  электрического поля вне сферы не будет зависеть от  $r$ . Чему равно  $E$ ?  $[q = 2\pi\alpha R^2; E = \alpha/(2\varepsilon_0)]$
7. Определите среднюю скорость упорядоченного движения свободных электронов в медном проводнике сечением  $1$  мм<sup>2</sup>, если сила тока в нем  $10$  А. Принять, что на каждый атом меди приходится два электрона проводимости.  $[0,39$  мм/с]
8. Два цилиндрических проводника одинаковой длины и одинакового сечения, один из меди, другой из алюминия, соединены параллельно. Определите отношение токов для этих проводников.  $[1,58]$
9. При никелировании пластины ее поверхность покрывается слоем никеля толщиной  $0,05$  мм. Определите среднюю плотность тока, если никелирование длилось  $2,5$  ч. Никель считать двухвалентным.  $[161$  А/м<sup>2</sup>]
10. Два металлических шарика одинакового радиуса  $a$  находятся в однородной слабо проводящей среде с удельным сопротивлением  $\rho$ . Найдите сопротивление среды между шариками при условии, что расстояние между ними значительно больше  $a$ .  $[R = \rho/(2\pi a)]$

## Вариант № 7

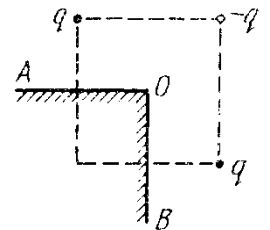
1. На отрезке прямого тонкого проводника длиной 10 см равномерно распределен заряд с линейной плотностью 3 мкКл/м. Вычислите напряженность поля, создаваемую этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца на расстояние, равное длине этого отрезка. [135 кВ/м]

2. Найти напряженности  $E$  электрического поля в области пересечения двух шаров, равномерно заполненных разноименными по знаку зарядами с объемности плотностью  $\rho$  и  $-\rho$ , если расстояние между центрами шаров равно  $a$  (см. рис.). [ $E = a\rho/3\varepsilon_0$ ]



3. Определите линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда 1 нКл с расстояния 5 см до 2 см в направлении, перпендикулярном нити, равна 50 мкДж. [303 нКл/м]

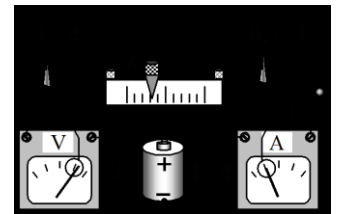
4. Три разноименных точечных заряда расположены в вершинах квадрата с диагональю  $l = 50$  см, как показано на рис., где точка  $O$  — центр квадрата,  $AOB$  прямой угол, образованный двумя проводящими полуплоскостями. Найти силу, действующую на заряд  $q$ , если  $q = 11$  мкКл. [ $F = (2\sqrt{2} - 1)q^2/4\pi\varepsilon_0 l^2 = 6$  Н]



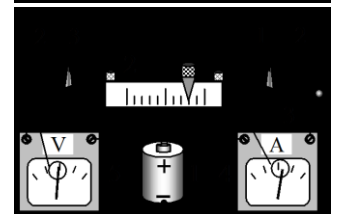
5. Металлический шар радиусом 5 см окружен слоем фарфора толщиной 2 см. Определите поверхностные плотности поляризационных зарядов соответственно на внутренней и внешней поверхностях диэлектрика. Заряд шара равен 10 нКл. [ $-0,255$  мкКл/м<sup>2</sup>;  $0,13$  мкКл/м<sup>2</sup>]

6. Потенциал поля внутри заряженного шара зависит только от расстояния  $r$  до его центра по закону  $\varphi = ar^2 + b$ , где  $a$  и  $b$  — постоянные. Найдите распределение объемного заряда  $\rho(r)$  внутри шара. [ $\rho = -6\varepsilon_0 a$ ]

7. Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он провел измерения напряжения на полюсах и силы тока в цепи при различных сопротивлениях внешней цепи (см.рис.). Определите силу тока короткого замыкания батарейки. [6,12 А]



8. Два одинаковых гальванических элемента с внутренними сопротивлениями 0,2 Ом соединены параллельно и нагружены на внешнее сопротивление  $R$ . Если эти элементы соединить последовательно, то мощность, выделяющаяся на сопротивлении нагрузки, возрастает в 2,25 раза. Чему равно сопротивление  $R$  нагрузки? [0,8 Ом]



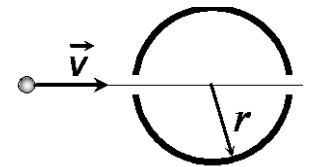
9. При серебрении пластины через раствор нитрата серебра протекает ток плотностью 2 кА/м<sup>2</sup>. С какой средней скоростью растет толщина серебряного покрытия пластины? Валентность серебра принять равной 1. [0,21 мкм/с]

10. Катушка радиусом  $r = 25$  см, содержащая  $l = 500$  м тонкого медного провода, вращается с угловой скоростью  $\omega = 300$  рад/с вокруг своей оси. Через скользящие контакты катушка подключена к баллистическому гальванометру. Общее сопротивление всей цепи  $R = 21$  Ом. Найдите удельный заряд носителей тока в меди, если при резком затормаживании катушки через гальванометр проходил заряд  $q = 10$  нКл. [ $e/m = l\omega r/(qR) = 1,8 \cdot 10^{11}$  Кл/кг]

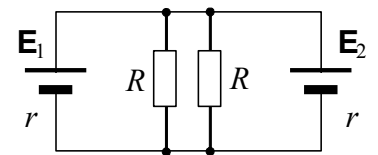
## Вариант № 8

1. Полусфера несет заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью  $1 \text{ нКл/м}^2$ . Найдите напряженность электрического поля в геометрическом центре полусферы. [9 В/м]
2. Внутри шара, заряженного равномерно с объемной плотностью  $\rho$ , имеется сферическая полость. Центр полости смещен относительно центра шара на расстояние  $a$ . Пренебрегая влиянием вещества шара, найти напряженность  $E$  поля внутри полости. [ $E = a\rho/3\varepsilon_0$ ]
3. По тонкому кольцу радиусом  $R = 10 \text{ см}$  равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 20 \text{ нКл/м}$ . Определите потенциал в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии  $a = 5 \text{ см}$  от центра кольца. [1009 В]
4. Точечные заряды  $q_1$  и  $q_2$  находятся на расстоянии  $R$  друг от друга. Определить величины и направления сил, которые будут действовать на эти заряды после того, как посередине между ними будет введена бесконечная металлическая пластина толщиной  $R/2$ . [ $F_1 = 4q_1^2/R^2$ ,  $F_2 = 4q_2^2/R^2$ ]
5. Стеклопластиковая плоскопараллельная пластина помещена в однородное электрическое поле напряженностью  $4 \text{ МВ/м}$ . Грани пластины перпендикулярны линиям напряженности. Определите поверхностную плотность поляризованных зарядов на поверхности стекла. [ $\pm 23,6 \text{ мкКл/м}^2$ ]

6. В тонкостенной непроводящей равномерно заряженной сфере радиусом  $r = 1 \text{ см}$  имеются два небольших диаметрально противоположных отверстия (см. рис.). По прямой, соединяющей отверстия, из бесконечности движется со скоростью  $v = 5000 \text{ м/с}$  частица массой  $m$  с зарядом  $q$  (заряды сферы и частицы одноименные). Найдите время, в течение которого заряд будет находиться внутри сферы. Заряды и массы сферы и частицы принять одинаковыми и равными  $m = 1 \text{ мг}$  и  $q = 1 \text{ мкКл}$ .  
[  $t = 2r/\sqrt{v^2 - q^2/(\pi\varepsilon_0 mr)} = 4,3 \text{ мкс}$  ]



7. Источники тока, имеющие одинаковые внутренние сопротивления  $0,5 \text{ Ом}$ , подключены к резисторам, каждый из которых имеет сопротивление  $R$ . ЭДС источников тока:  $E_1 = 12 \text{ В}$ ,  $E_2 = 6 \text{ В}$ , (см.рис.). Чему должно быть равно это сопротивление, чтобы ток, протекающий через источник  $E_2$ , был равен нулю? [1 Ом]



8. Линия электропередачи имеет сопротивление  $250 \text{ Ом}$ . Какое напряжение должен иметь генератор, если его мощность  $25 \text{ кВт}$ , а потери мощности в линии не должны превышать  $4 \%$  мощности генератора? [12,5 кВ]
9. Через поперечное сечение медного проводника диаметром  $2 \text{ мм}$  за время  $2 \text{ мин}$  был перенесен заряд  $2 \text{ Кл}$ . Определите напряженность электрического поля в проводнике. [91,2 мкВ/м]
10. Металлический шар, удаленный от окружающих предметов, заземлен через резистор, имеющий сопротивление  $R$ . На шар налетает пучок электронов, скорость которых вдали от шара равна  $\vec{v}_0$ , так что на шар попадает  $n_t$  электронов в единицу времени. Какое количество  $Q_t$  теплоты выделяется в шаре в единицу времени.

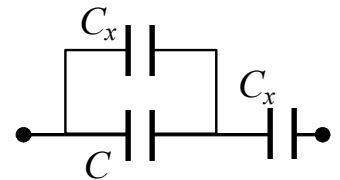
$$[Q_t = n_t \frac{mv^2}{2} \left( 1 - \frac{2n_t e^2 R}{mv^2} \right)]$$



## Вариант № 9

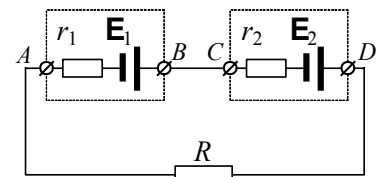
1. Система состоит из тонкого заряженного проволочного кольца радиуса  $R$  и очень длинной заряженной нити, расположенной по оси кольца так, что один из ее концов совпадает с центром кольца. Последнее имеет заряд  $q$ . На единицу длины нити приходится заряд  $\lambda$ . Найти силу взаимодействия кольца и нити. [ $E = q\lambda / 4\pi\epsilon_0 R$ ]
2. Длинный прямой провод, расположенный в вакууме, несет заряд, равномерно распределенный по длине провода с линейной плотностью  $2$  нКл/м. Определите напряженность электрического поля на расстоянии  $1$  м от провода. [ $36$  В/м]
3. Тонкий стержень длиной  $10$  см несет равномерно распределенный заряд  $1$  нКл. Определите потенциал в точке, лежащей на оси стержня на расстоянии  $20$  см от ближайшего его конца. [ $36,5$  В]
4. Показать, что на границе однородного диэлектрика с проводником поверхностная плотность связанных зарядов  $\sigma' = -\sigma(\epsilon - 1)/\epsilon$ , где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость,  $\sigma$  поверхностная плотность зарядов на проводнике.

5. К конденсатору, электрическая емкость которого  $C = 16$  пФ, подключают два одинаковых конденсатора емкостью  $C_x$ : один – параллельно, а второй – последовательно (см. рис.). Емкость образовавшейся батареи конденсаторов равна емкости  $C$ . Какова емкость  $C_x$ ? [ $26$  пФ]



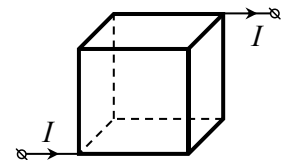
6. Незаряженный металлический цилиндр вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Найдите напряженность  $E$  электрического поля в цилиндре на расстоянии  $r$  от его оси. [ $E = m\omega^2 r / e$ ]

7. Два аккумулятора включены, как показано на рис., ЭДС первого аккумулятора равна  $5$  В, второго –  $15$  В. Внутреннее сопротивление первого аккумулятора равно  $2$  Ом, второго –  $3$  Ом. Каким должно быть сопротивление нагрузки  $R$ , чтобы напряжение на клеммах  $AB$  первого аккумулятора было равно нулю? [ $3$  Ом]



8. Конденсатор, электрическая емкость которого  $1000$  мкФ, заряжают до напряжения  $50$  В, к его выводам подключают цепочку из трех резисторов  $100$  Ом,  $200$  Ом и  $400$  Ом, соединенных параллельно. Какое количество теплоты выделится в резисторе  $200$  Ом? [ $0,36$  Дж]
9. Найдите силу тока короткого замыкания аккумуляторной батареи, если при силе тока  $5$  А батарея отдает во внешнюю цепь мощность  $9,5$  Вт, а при силе тока  $8$  А –  $14,4$  Вт. [ $62$  А]

10. Куб из проволочек, каждая из которых имеет сопротивление  $R = 1$  Ом, включен в цепь, как показано на рис. Найдите полное сопротивление  $R_k$  куба. [ $R_k = 5/6 R = 0,83$  Ом]



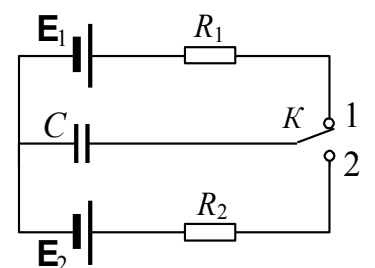
### Вариант № 10

1. Тонкий стержень длиной 12 см заряжен с линейной плотностью 200 нКл/м. Найдите напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 5 см от стержня против его середины. [55,7 кВ/м]
  2. Шар радиуса  $R$  имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния  $r$  до его центра как  $\rho = \rho_0(1 - r/R)$ , где  $\rho_0$  — постоянная. Пренебрегая влиянием вещества шара найти модуль напряженности электрического поля вне шара как функцию  $r$ . [ $E = \rho_0 R^3 / 12\epsilon_0 r^2$ ]
  3. На отрезке прямого тонкого проводника равномерно распределен заряд с линейной плотностью 10 нКл/м. Вычислите потенциал поля, создаваемого этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца на расстояние, равное длине этого отрезка. [62,4 В]
  4. На двух нитях АВ и А'В' на одинаковой высоте подвешены шарики, связанные между собой нитью ВВ' длиной  $l$  (см. рис.). На шарики нанесены одинаковые заряды  $q$ . Под шариками на расстоянии  $h$  расположена горизонтальная заземленная металлическая плита, размеры которой велики по сравнению с  $l$  и  $h$ . Считая, что радиус шариков мал по сравнению с  $l$  и  $h$ , определить натяжения горизонтальной нити. [ $F = -q^2/l^2 + (q^2/[4h^2 + l^2])(1 + 4h^2/l^2)^{-1/2}$ ]
- 
5. Две пластинки из стекла и эбонита сложены вплотную. Напряженность поля в стекле 42 В/м, его толщина 1 см. Определите напряженность поля в эбоните и разность потенциалов между внешними гранями пластинок, если толщина эбонита 2 см. [98 В/м; 2,38 В]
  6. Электрон и позитрон движутся по окружности вокруг своего неподвижного центра масс, образуя атом позитрония. Найдите отношение потенциальной и кинетической энергий частиц. [-1/2]
  7. Сколько электронов проходит в единицу времени через единицу площади поперечного сечения алюминиевой проволоки длиной 5 м, если разность потенциалов на ее конце 9 В? [ $4 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ]
  8. На рис. изображена электрическая цепь, состоящая из источника тока с ЭДС  $E = 50$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом, а также внешнего сопротивления  $R = 9$  Ом и конденсатора емкостью  $C = 1$  мкФ. Ключ К замыкают. Найдите величину заряда на конденсаторе. [45 мкКл]
- 
9. Определите ЭДС аккумулятора, подзаряжаемого от сети напряжением 12 В, если половина потребляемой аккумулятором энергии расходуется на теплоту. [6 В]
  10. Длинный проводник круглого сечения радиусом  $a$  сделан из материала, удельное сопротивление которого зависит только от расстояния  $r$  до оси проводника по закону  $\rho = \alpha/r^2$ , где  $\alpha$  — постоянная. Найдите: а) сопротивление единицы длины такого проводника; б) напряженность электрического тока в проводнике, по которому будет протекать ток  $I$ . [а)  $R_1 = 2\alpha/(\pi a^4)$ ; б)  $E = 2\alpha I/(\pi a^4)$ ]

## Вариант № 11

1. Находящийся в вакууме тонкий прямой стержень длины  $2a$  заряжен равномерно зарядом  $q$ . Найти модуль напряженности электрического поля как функцию расстояния  $r$  от центра стержня до точки прямой, перпендикулярной стержню и проходящей через его центр. [ $E = q/4\pi\epsilon_0 r\sqrt{r^2 + a^2}$ ]
2. На расстоянии  $a = 10$  см от бесконечной проводящей плоскости находится точечный заряд  $q = 20$  нКл. Вычислите напряженность электрического поля в точке, удаленной от плоскости на расстояние  $a$  и от заряда  $q$  на расстояние  $2a$ . [3,32 кВ/м]
3. Одинаковые заряды 100 нКл расположены в вершинах квадрата со стороной 10 см. Определите потенциальную энергию этой системы. [4,87 мДж]
4. В центре диэлектрического шара радиусом  $R$  с проницаемостью  $\epsilon_1$  помещен точечный заряд  $q$ . Шар окружен безграничным диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon_2$ . Определить поверхностную плотность поляризационных зарядов на границе раздела диэлектриков. [ $\sigma = (q/4\pi R^2)(\epsilon_2^{-1} - \epsilon_1^{-1})$ ]
5. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов 600 В и отключенному от источника напряжения, присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор таких же размеров и формы, но с диэлектриком (фарфор). Определите диэлектрическую проницаемость фарфора, если после присоединения второго конденсатора разность потенциалов уменьшилась до 100 В. [5]
6. Отрицательно заряженная пластина, создающая вертикально направленное однородное электрическое поле напряженностью  $10^4$  В/м, укрепена на горизонтальной плоскости. На нее с высоты 10 см падает шарик массой 20 г, имеющий положительный заряд  $1 \cdot 10^{-5}$  Кл. Какой импульс шарик передаст пластине при абсолютно упругом ударе? [0,07 кг·м/с]
7. Два тонких медных проводника одинаковой длины  $l$  соединены последовательно. Диаметр первого равен  $d_1$ , второго –  $d_2$ . Определите отношение напряженности электростатического поля в первом проводнике к напряженности поля во втором проводнике  $E_1/E_2$  при протекании по ним тока. [ $d_2^2/d_1^2$ ]
8. При длительном протекании тока 1,4 А через проволоку последняя нагрелась до температуры 55 °С, а при протекании тока 2,8 А до температуры 160 °С. До какой температуры нагреется проволока при токе 5,5 А? Теплоотдача с единицы поверхности проволоки пропорциональна разности температур проволоки и воздуха. Температура воздуха неизвестна. Зависимостью сопротивления проволоки от температуры пренебречь. [560 °С]
9. Никелирование металлического изделия площадью 120 см<sup>2</sup> продолжалось 5 ч при силе тока 0,9 А. Определите толщину слоя никеля на изделии. Валентность никеля принять равной 1. [101 мкм]
10. Ключ  $K$  на схеме (см. рис.) замыкают поочередно с каждым из контактов на малые промежутки времени, так что изменение заряда конденсатора за время каждого замыкания мало. Какой заряд  $q_{уст}$  установится на конденсаторе?

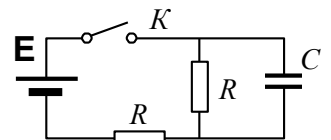
$$[q_{уст} = CU_{уст} = C(E_2R_1 + E_1R_2)/(R_1 + R_2)]$$



## Вариант № 12

1. Тонкий стержень длиной 10 см заряжен с линейной плотностью 400 нКл/м. Найдите напряженность электрического поля в точке, расположенной на перпендикуляре к стержню, проведенном через один из его концов, на расстоянии 8 см от этого конца. [35,6 кВ/м]
2. Из трех концентрических бесконечно тонких металлических сфер с радиусами  $R_1 < R_2 < R_3$  крайние заземлены, а средней сфере сообщен электрический заряд  $Q$ . Сферы находятся в вакууме. Определить напряженность электрического поля  $E(r)$  в области  $R_2 < r < R_3$ .
3. Известно, что градиент потенциала электрического поля Земли у ее поверхности направлен вертикально вверх и равен (в среднем) 130 В/м. Найдите среднюю поверхностную плотность заряда Земли. [ $-1,15 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup>]
4. В некоторой точке  $A$  внутри однородного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon = 2,5$  плотность стороннего заряда  $\rho = 50$  мКл/м<sup>3</sup>. Найти в этой точке плотность связанных зарядов. [ $\rho' = -\rho(\epsilon - 1)/\epsilon = -30$  мКл/м<sup>3</sup>]
5. На одной из пластин плоского конденсатора емкостью  $C$  находится заряд  $+q$ , на другой  $+4q$ . Определите разность потенциалов между пластинами конденсатора. [ $U = 3q/(2C)$ ]
6. Два точечных заряда  $+q$  и  $-q$  расположены на расстоянии  $l$  друг от друга и на одинаковом расстоянии  $l/2$  от проводящей плоскости с одной стороны от нее. Найдите модуль электрической силы, действующей на каждый заряд. [ $F = (2\sqrt{2} - 1)q^2 / (8\pi\epsilon_0 l^2)$ ]
7. Два медных проводника одинаковой длины  $l$  соединены последовательно. Площадь поперечного сечения первого равна  $S_1$ , второго –  $S_2$ . Определите отношение  $E_1/E_2$  напряженности электростатического поля в первом проводнике к напряженности поля во втором при протекании по ним тока. [ $S_2/S_1$ ]
8. Обмотка электрического кипятильника имеет две секции. Если включена только первая секция, то вода закипает через 15 мин, если только вторая, то через 30 мин. Через какое время закипит вода, если обе секции включить: последовательно, параллельно? [45 мин; 10 мин]
9. Аэростат объемом 250 м<sup>3</sup> наполняется водородом при температуре 27 °С и давлении  $2 \cdot 10^5$  Па. Какое количество электричества необходимо пропустить через слабый раствор серной кислоты, чтобы получить нужное количество водорода? [4 ГКл]
10. Найдите зависимость от времени напряжения на конденсаторе  $C$  (см. рис.) после замыкания ключа  $K$  в момент  $t = 0$ .

$$[U = [1 - \exp(-2t/RC)]E/2]$$

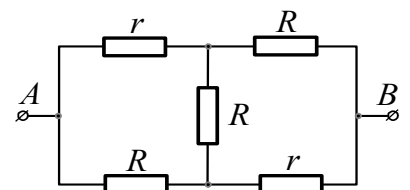
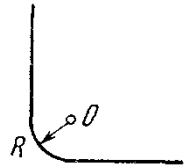


### Вариант № 13

1. Находящийся в вакууме тонкий прямой стержень длины  $2a$  заряжен равномерно зарядом  $q$ . Найти модуль напряженности электрического поля как функцию расстояния  $r$  от центра стержня до точки прямой, совпадающей с осью стержня, если  $r > a$ . [ $E = q/4\pi\epsilon_0(r^2 - a^2)$ ]
2. Определите поток вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечные заряды  $5$  нКл и  $-2$  нКл. [ $339$  В·м]
3. Тонкое кольцо радиусом  $5$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $10$  нКл. Каков потенциал электрического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние  $10$  см? [ $282$  В]
4. Проводник произвольной формы, имеющий заряд  $q = 2,5$  мКл, окружен слоем однородного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon = 5$ . Найти суммарные поверхностные связанные заряды на внутренней и наружной поверхностях диэлектрика. [ $q'_{in/out} = \pm q(\epsilon - 1)/\epsilon = \pm 2$  мКл]
5. Емкость плоского конденсатора  $200$  пФ. Пространство между пластинами заполнено фарфором. Конденсатор зарядили до разности потенциалов  $600$  В и отключили от источника напряжения. Какую работу нужно совершить, чтобы вынуть диэлектрик из конденсатора? Трение пренебрежимо мало. [ $144$  мкДж]
6. Точечный заряд  $q$  находится на расстоянии  $l$  от безграничной проводящей плоскости. Определите поверхностную плотность зарядов, индуцированных на плоскости как функцию расстояния  $r$  от основания перпендикуляра, опущенного из заряда  $q$  на плоскость. [ $\sigma = -ql/(2\pi(l^2 + r^2)^{3/2})$ ]
7. Пластины плоского конденсатора присоединены к батарее, напряжение которой  $600$  В. Какой величины ток будет проходить по проводам при перемещении одной пластины вдоль другой, если скорость движения  $6$  см/с? Пластины конденсатора квадратные площадью  $100$  см<sup>2</sup>, расстояние между пластинами, равное  $0,1$  см, остается во время движения постоянным. [ $32$  нА]
8. Какое сопротивление  $R$  нужно подключить к  $n$  одинаковым параллельно соединенным источникам с ЭДС  $E$  и внутренним сопротивлением  $r$ , чтобы выделяемая полезная мощность была максимальной? [ $r/n$ ]
9. Сколько атомов двухвалентного металла выделится на  $1$  см<sup>2</sup> поверхности электрода за время  $5$  мин при плотности тока  $10$  А/м<sup>2</sup>? [ $9,3 \cdot 10^{17}$ ]
10. Имеются две проволоки одинаковой длины, но разного квадратного сечения, сделанные из одного и того же материала. Сторона сечения первой проволоки  $d_1 = 1$  мм, второй –  $d_2 = 4$  мм. Для того чтобы расплавить первую проволоку, через нее нужно пропустить ток  $I_1 = 10$  А. Определите силу тока  $I_2$ , который нужно пропустить через вторую проволоку, чтобы она расплавилась. Считать, что количество теплоты, уходящее в окружающую среду за  $1$  с, подчиняется закону  $Q = kS \cdot (T - T_{cp})$ , где  $S$  – площадь поверхности проволоки,  $T$  – температура проволоки,  $T_{cp}$  – температура окружающей среды вдали от проволоки,  $k$  – коэффициент пропорциональности, одинаковый для обеих проволок. [ $I_2 \geq I_1 \sqrt{d_2^3/d_1^3} = 80$  А]

## Вариант № 14

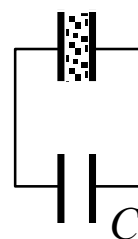
1. Равномерно заряженная нить, на единицу длины которой приходится заряд  $\lambda$ , имеет конфигурацию, указанную на рис. Радиус закругления нити  $R$  значительно меньше длины нити. Найти модуль напряженности электрического поля в точке  $O$ . [ $E = \lambda\sqrt{2}/4\pi\epsilon_0 R$ ]
2. Бесконечно длинная тонкостенная металлическая трубка радиусом 2 см несет равномерно распределенный по поверхности заряд с поверхностной плотностью 1 нКл/м<sup>2</sup>. Определите напряженность электрического поля в точках, отстоящих от оси трубки на расстояниях 1 см и 3 см. [0; 75,5 В/м]
3. На кольце с внутренним радиусом 80 см и внешним – 1 м равномерно распределен заряд 10 нКл. Определите потенциал в центре кольца. [100 В]
4. Точечный заряд  $q$  находится на расстоянии  $l$  от проводящей плоскости. Определить поверхностную плотность зарядов, индуцированных на плоскости, как функцию расстояния  $r$  от основания перпендикуляра, опущенного из заряда на плоскость. [ $\sigma = -ql/2\pi(l^2 + r^2)^{3/2}$ ]
5. Расстояние между пластинами плоского конденсатора 5 мм, разность потенциалов 150 В. На нижней пластине лежит плитка парафина толщиной 4 мм. Определите поверхностную плотность связанных зарядов этой пластинки. [ $2,43 \cdot 10^{-7}$  Кл/м<sup>2</sup>]
6. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен изотропным диэлектриком, проницаемость которого изменяется в направлении перпендикулярном к обкладкам конденсатора по линейному закону от  $\epsilon_1$  до  $\epsilon_2$ . Площадь каждой пластины  $S$ , расстояние между пластинами  $d$ . Найдите емкость конденсатора. [ $C = \epsilon_0 S (\epsilon_2 - \epsilon_1) / (d \ln(\epsilon_2 / \epsilon_1))$ ]
7. Найдите суммарный импульс электронов в прямом проводе длиной 100 м, по которому течет ток силой 70 А. [ $4 \cdot 10^{-8}$  кг·м/с]
8. Электромотор питается от источника напряжением 24 В. При силе тока в цепи 8 А механическая мощность на валу 96 Вт. Какой ток пойдет в цепи, если якорь электромотора остановить? [16А]
9. Два цилиндрических проводника равной длины, изготовленные из одного и того же материала, соединены последовательно. Найдите отношение температур проводников при подключении их в сеть, если площадь поперечного сечения первого из них в четыре раза больше, чем второго, а теплоотдача пропорциональна площади поверхности проводника и разности температур проводника и окружающей среды. Температура окружающей среды 0 °С. При решении задачи зависимость удельного сопротивления проводников от температуры не учитывайте, температуру проводника и окружающей среды выражайте в градусах Цельсия. [ $t_2/t_1 = \sqrt{(S_1/S_2)^3} = 8$ ]
10. Найдите, используя законы Кирхгофа, сопротивление цепи между точками  $A$  и  $B$  (рис. 4.26), если сопротивление  $R = 120$  Ом. [ $R_{\text{ц}} = 5R/7 = 85,7$  Ом]



### Вариант № 15

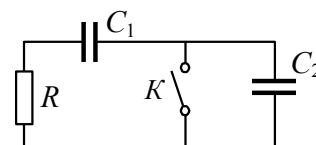
1. Имеется аксиально-симметричное электрическое поле, напряженность которого зависит от расстояния  $r$  до его оси как  $E = a r/r^2$ , где  $a$  — постоянная. Найти заряд внутри сферы радиуса  $R$  с центром на оси этого поля. [ $q = 4\pi\epsilon_0 aR$ ]
2. Электростатическое поле создается бесконечной прямой нитью, заряженной равномерно с линейной плотностью  $50$  пКл/см. Определите числовое значение и направление градиента потенциала в точке на расстоянии  $0,5$  м от нити. [ $180$  В/м]
3. Чему равен потенциал точки, находящейся внутри полой проводящей сферы радиусом  $1$  см и зарядом  $10^{-8}$  Кл на расстоянии  $2$  см от центра сферы? [ $9$  кВ]
4. Однородный диэлектрик имеет вид сферического слоя радиусов  $a$  и  $b$ , причем  $a < b$ . Изобразить примерные графики модуля напряженности электрического поля  $E$  и потенциала  $\varphi$  как функций расстояния  $r$  от центра системы, если диэлектрик имеет положительный сторонний заряд  $q$ , распределенный равномерно по внутренней поверхности слоя.

5. Два одинаковых по размерам плоских конденсатора, один из которых воздушный, а второй заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной  $5$ , соединены, как показано на рис. Конденсаторы зарядили до напряжения  $100$  В и отключили от источника напряжения. Какую работу надо совершить, чтобы вытащить диэлектрическую пластинку из конденсатора? Емкость воздушного конденсатора  $C = 1$  мкФ. [ $60$  мДж]



6. Точечный сторонний заряд  $q$  находится в центре сферического слоя неоднородного изотропного диэлектрика, проницаемость которого изменяется только в радиальном направлении по закону  $\epsilon = \alpha/r$ , где  $\alpha$  — постоянная,  $r$  — расстояние от центра системы. Найдите объемную плотность  $\rho'$  связанных зарядов как функцию  $r$  внутри слоя. [ $\rho' = q/(4\pi\alpha r^2)$ ]
7. По алюминиевому проводу сечением  $0,2$  мм<sup>2</sup> течет ток  $0,2$  А. Определите силу, действующую на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля. [ $4,16 \cdot 10^{-21}$  Н]
8. Определите плотность тока в медном проводе, если удельная тепловая мощность тока равна  $1,7$  Дж/(м<sup>3</sup>·с). [ $10$  кА/м<sup>3</sup>]
9. Цепь состоит из аккумулятора с внутренним сопротивлением  $r$  и нагрузки сопротивлением  $R$ . Вольтметр, подключенный последовательно и параллельно к сопротивлению  $R$ , дает одно и то же показание. Найдите сопротивление вольтметра. [ $R^2/r$ ]

10. Конденсатор емкостью  $C_1$  разряжается через резистор сопротивлением  $R$  (рис.). Когда сила тока разряда достигает значения  $I_0$ , ключ  $K$  размыкают. Найдите количество теплоты  $Q$ , которое выделится на резисторе, начиная с этого момента времени. [ $Q = \frac{(I_0 R)^2}{2} \cdot \frac{C_2 C_1}{C_1 + C_2}$ ]

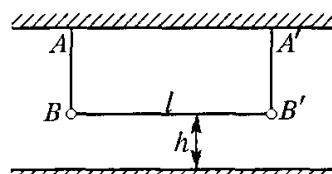


## Вариант № 16

1. Тонкое кольцо радиусом 5 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью 14 нКл/м. Какова напряженность электрического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние 10 см? [2,83 кВ/м]
2. Шар радиуса  $R$  имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния  $r$  до его центра как  $\rho = \rho_0(1 - r/R)$ , где  $\rho_0$  — постоянная. Пренебрегая влиянием вещества шара найти максимальное значение модуля напряженности  $E_m$  и соответствующее ему значение  $r_m$ . [ $E_m = \rho_0 R / 9\epsilon_0$ ,  $r_m = 2R/3$ ]

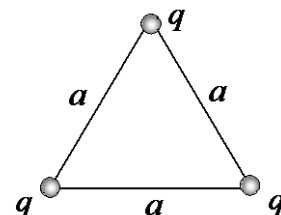
3. Металлический шар радиусом  $R = 3$  см опущен наполовину в керосин. Каков его заряд, если он заряжен до потенциала  $\varphi = 1800$  В? [ $q = 4\pi\epsilon_0(\epsilon + 1)R\varphi = 18$  нКл]

4. На двух нитях АВ и А'В' на одинаковой высоте подвешены шарики, связанные между собой нитью ВВ' длиной  $l$  (см. рис.). На шарики нанесены одинаковые заряды  $q$ . Под шариками на расстоянии  $h$  расположена горизонтальная заземленная металлическая плита, размеры которой велики по сравнению с  $l$  и  $h$ . Считая, что радиус шариков мал по сравнению с  $l$  и  $h$ , определить натяжения вертикальных нитей. [ $F = mg + (q^2/4h^2)[1 + (1 + l^2/4h^2)^{-3/2}]$ ]



5. Определите поверхностную плотность связанных зарядов на слюдяной пластинке толщиной 1 мм, служащей изолятором плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами конденсатора равна 300 В. [15,9 мкКл/м<sup>2</sup>]

6. Три одинаковых одноименно заряженных шарика, заряд каждого из которых равен  $q$ , а масса —  $m$ , соединены невесомыми, нерастяжимыми нитями длиной  $a$  так, что они образуют равносторонний треугольник (см. рис.). Одну из нитей пережигают. Найдите максимальные скорости шариков.

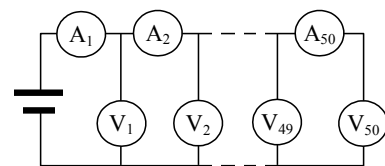


$$[v_1 = 2q\sqrt{k/6ma}, v_2 = q\sqrt{k/6ma}, \text{ где } k = 1/(4\pi\epsilon_0)]$$

7. При замыкании элемента на сопротивление 2,3 Ом сила тока в цепи 0,56 А, а при замыкании на сопротивление 1,8 Ом сила тока в цепи 0,7 А. Определите силу тока короткого замыкания. [7 А]
8. Сила тока в проводнике сопротивлением 12 Ом равномерно убывает от 5 А до 0 в течение времени 10 с. Какое количество теплоты выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени? [1 кДж]
9. Амперметр и вольтметр подключили последовательно к батарее с ЭДС  $E = 6,0$  В. Если параллельно вольтметру подключить некоторое сопротивление, показание вольтметра уменьшается в  $\eta = 2,0$  раза, а показание амперметра во столько же раз увеличивается. Найдите показание вольтметра после подключения сопротивления.

$$[U = E/(\eta + 1) = 2,0 \text{ В}]$$

10. Схема, приведенная на рис., содержит 50 разных амперметров и 50 одинаковых вольтметров сопротивлением  $R$ . Показания первого вольтметра  $U_1 = 9,6$  В, первого амперметра  $I_1 = 9,5$  мА, второго амперметра  $I_2 = 9,2$  мА. Определите по этим данным



$$\text{сумму показаний всех вольтметров. } \left[ \sum_{i=1}^{50} U_{Vi} = RI_1 = I_1 \frac{U_1}{I_1 - I_2} = 304 \text{ В} \right]$$



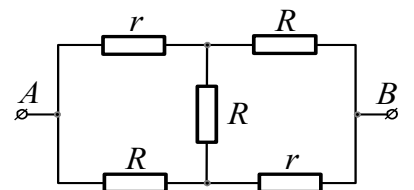
### Вариант № 17

1. Диск радиусом  $R$  заряжен равномерно с поверхностной плотностью  $\sigma$ . Определить напряженность поля  $E$  в точке, находящейся на расстоянии  $d$  от диска, на перпендикуляре, проходящем через центр диска. [ $E = (\sigma/2\varepsilon_0)(1 - d/\sqrt{d^2 + R^2})$ ]
2. Электростатическое поле создается бесконечной прямой нитью, заряженной равномерно с линейной плотностью  $1 \text{ нКл/см}$ . Какую скорость приобретет электрон, приблизившись под действием поля к нити вдоль линий напряженности с расстояния  $1,5 \text{ см}$  до расстояния  $1 \text{ см}$ ? [ $16 \text{ Мм/с}$ ]
3. Электрическое поле создано тонким стержнем, несущим равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью  $0,1 \text{ мКл/м}$ . Определите потенциал в точке поля, удаленной от концов стержня на расстояние, равное длине стержня. [ $990 \text{ В}$ ]
4. Точечный заряд  $q$  находится в вакууме на расстоянии  $l$  от плоской поверхности однородного диэлектрика, заполняющего все полупространство. Проницаемость диэлектрика  $\varepsilon$ . Найти поверхностную плотность связанных зарядов как функцию расстояния  $r$  от точечного заряда  $q$ . [ $\sigma' = -ql(\varepsilon - 1)/2\pi r^3(\varepsilon + 1)$ ]
5. Плоский конденсатор имеет площадь пластин  $2000 \text{ см}^2$ , расстояние между которыми  $0,5 \text{ мм}$ . В конденсаторе находится пластинка слюды толщиной  $0,3 \text{ мм}$ , в остальной части – воздух. Определите емкость конденсатора. [ $7,3 \text{ нФ}$ ]
6. Методом изображений найдите силу, действующую на заряд  $q$ , помещенный на расстояниях  $a$  и  $b$  от двух проводящих полуплоскостей, образующих между собой прямой угол.

$$[F = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{a^2 + b^2}{a^2 b^2}]$$

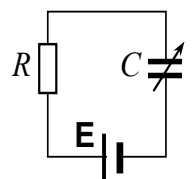
7. Сколько одинаковых элементов с внутренним сопротивлением  $0,5 \text{ Ом}$  и ЭДС  $1,5 \text{ В}$  каждый надо соединить последовательно, чтобы напряжение на зажимах батареи было равно  $80 \text{ В}$  при силе тока  $0,5 \text{ А}$ ? [ $64$ ]
8. По проводнику сопротивлением  $3 \text{ Ом}$  течет ток, сила которого равномерно возрастает. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за время  $8 \text{ с}$ , равно  $200 \text{ Дж}$ . Определите количество электричества, протекшее за это время по проводнику. В момент времени, принятый за начальный, сила тока в проводнике равна нулю. [ $20 \text{ Кл}$ ]
9. Металлический шар радиусом  $a$  окружен концентрической тонкой металлической оболочкой радиусом  $b$ . Пространство между этими электродами заполнено однородной изотропной слабо проводящей средой с удельным сопротивлением  $\rho$ . Найдите сопротивление  $R$  межэлектродного промежутка. Рассмотреть случай  $b \rightarrow \infty$ . [ $R = \rho(b - a)/(4\pi ab)$ . При  $b \rightarrow \infty$  сопротивление  $R = \rho/(4\pi a)$ ]
10. В схеме (см. рис.) найдите сопротивление между точками  $A$  и  $B$ , если  $R = 100 \text{ Ом}$  и  $r = 50,0 \text{ Ом}$ .

$$[R_{AB} = r(r + 3R)/(R + 3r) = 70 \text{ Ом}]$$



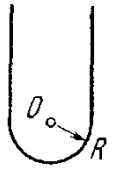
### Вариант № 18

1. Тонкое кольцо радиусом 5 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью 14 нКл/м. Определите, на каком расстоянии от центра кольца напряженность поля на его оси будет максимальной; минимальной. [0; 3,5 см]
2. Из трех concentрических бесконечно тонких металлических сфер с радиусами  $R_1 < R_2 < R_3$  крайние заземлены, а средней сфере сообщен электрический заряд  $Q$ . Сферы находятся в вакууме. Определить напряженность электрического поля  $E(r)$  в области  $R_1 < r < R_2$ .
3. В поле бесконечной металлической пластины с поверхностной плотностью  $7 \text{ мкКл/м}^2$  параллельно ей расположена бесконечная пластина из слюды. Найдите поверхностную плотность поляризованных зарядов на поверхности слюды. [ $6 \text{ мкКл/м}^2$ ]
4. Прямая бесконечно длинная нить имеет заряд  $\lambda$  на единицу длины и расположена параллельно проводящей плоскости на расстоянии  $l$  от нее. Найти распределение поверхностной плотности заряда  $\sigma(x)$  на плоскости (здесь  $x$  — расстояние от прямой на плоскости, где  $\sigma$  максимально). [ $\sigma = \lambda l / \pi(l^2 + x^2)$ ]
5. Конденсатор состоит из двух неподвижных, вертикально расположенных, параллельных, разноименно заряженных пластин. Пластины расположены на расстоянии 5 см друг от друга. Напряженность поля внутри конденсатора равна  $10^4 \text{ В/м}$ . Между пластинами, на равном расстоянии от них, помещен шарик с зарядом  $10^{-5} \text{ Кл}$  и массой 20 г. После того как шарик отпустили, он начинает падать и ударяется об одну из пластин. На какую величину уменьшится высота шарика к моменту его удара об одну из пластин? [5 см]
6. Сферический конденсатор с радиусами обкладок  $a$  и  $b$ , где  $a > b$ , заполнен изотропным, но неоднородным диэлектриком, проницаемость которого зависит от расстояния  $r$  до центра системы как  $\epsilon = \alpha/r$ , где  $\alpha$  — постоянная. Найдите емкость такого конденсатора. [ $C = 4\pi\epsilon_0\alpha/\ln(b/a)$ ]
7. В начале зарядки аккумулятора током 2 А присоединенный к нему вольтметр показывал напряжение 12 В, в конце зарядки аккумулятора током 0,4 А тот же вольтметр показывал напряжение 8 В. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора, пренебрегая током, протекающим по вольтметру. [2,5 Ом]
8. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от 0 до некоторого максимального значения в течение 10 с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты 1 кДж. Определите скорость нарастания тока в проводнике, если его сопротивление равно 3 Ом. [1 А/с]
9. Моток голой проволоки, состоящей из семи с половиной витков, растянут между двумя вбитыми в доску гвоздями, к которым прикреплены концы проволоки. Подключив к гвоздям приборы, измерили сопротивление цепи между гвоздями. Определите, во сколько раз изменится это сопротивление, если моток размотать, оставив концы, присоединенными к гвоздям. [Увел. в 225 раз]
10. Аккумулятор с ЭДС 100 В подключен через резистор к конденсатору переменной емкости, расстояние между пластинами которого можно изменять (см. рис.). Медленно раздвинув пластины, емкость конденсатора изменили на 0,01 мкФ. При этом против сил притяжения совершена работа 80 мкДж. Какое количество теплоты выделилось в электрической цепи с момента начала движения пластин до полного затухания возникших при этом переходных процессов? [30 мкДж]



## Вариант № 19

1. Равномерно заряженная нить, на единицу длины которой приходится заряд  $\lambda$ , имеет конфигурацию, указанную на рис. Радиус закругления нити  $R$  значительно меньше длины нити. Найти модуль напряженности электрического поля в точке  $O$ . [ $E = 0$ ]



2. Полубесконечный круглый цилиндр радиуса  $R$  заряжен равномерно по поверхности так, что на единицу его длины приходится заряд  $\lambda$ . Найти напряженность электрического поля в центре основания цилиндра. [ $E = \lambda / 4\pi\epsilon_0 R$ ]

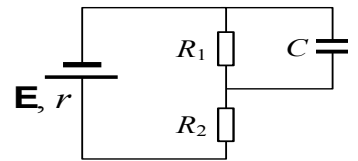
3. Отрицательно заряженное тело малого размера с зарядом  $-10^{-5}$  Кл и массой 20 г начинает скользить без трения по незаряженной непроводящей наклонной плоскости, угол наклона которой  $30^\circ$ . Начальная скорость тела равна нулю. Горизонтальная непроводящая поверхность под наклонной плоскостью заряжена положительно и создает вертикально направленное однородное поле напряженностью  $10^4$  В/м. Какое время требуется телу для соскальзывания с вершины наклонной плоскости, высота которой 50 см, до основания? [0,52 с]

4. Две параллельные незаряженные пластины площадью  $1 \text{ см}^2$  находятся во внешнем однородном электрическом поле напряженностью 1000 В/м, перпендикулярном к пластинам. Определите заряды пластин после замыкания их проводником. [ $9 \cdot 10^{-13}$  Кл]

5. Точечный сторонний заряд  $q$  находится в центре шара радиусом  $a$  из однородного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon_1$ . Шар окружен безграничным диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon_2$ . Найдите поверхностную плотность связанных зарядов на границе раздела этих диэлектриков. [ $\sigma' = (q/4\pi a^2)(\epsilon_1 - \epsilon_2)/\epsilon_1\epsilon_2$ ]

6. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен последовательно двумя диэлектрическими слоями 1 и 2 толщиной  $d_1$  и  $d_2$  с проницаемостями  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  и удельными сопротивлениями  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Конденсатор находится под постоянным напряжением  $U$ , причем электрическое поле направлено от слоя 1 к слою 2. Найдите  $\sigma$  – поверхностную плотность сторонних зарядов на границе раздела диэлектрических слоев и условие, при котором  $\sigma = 0$ . [ $\sigma = \epsilon_0 U(\epsilon_2 \rho_2 - \epsilon_1 \rho_1)/(\rho_1 d_1 - \rho_2 d_2)$ ;  $\sigma = 0$  при  $\epsilon_1 \rho_1 = \epsilon_2 \rho_2$ ]

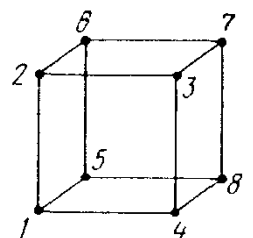
7. Какова должна быть ЭДС батареи в схеме, приведенной на рис., чтобы напряженность поля в плоском конденсаторе  $C$  была равна 2 кВ/м, если расстояние между пластинами конденсатора 5 мм, а  $R_1 = R_2 = r$ , где  $r$  – внутреннее сопротивление источника ЭДС? [30 В]



8. ЭДС источника постоянного тока  $E = 2,0$  В, а внутреннее сопротивление  $r = 1,0$  Ом. Определите сопротивление  $R$  внешней цепи, если в ней выделяется мощность  $P = 0,75$  Вт, и известно, что  $R > 1$  Ом. [3 Ом]

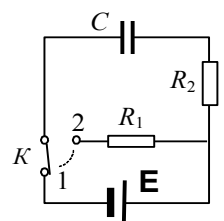
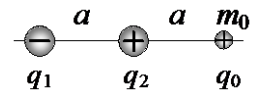
9. Напряжение на шинах электростанции равно 10 кВ, расстояние до потребителя 500 км. Станция должна передать потребителю мощность 100 кВт. Потери напряжения в линии 4 %. Найдите массу медных проводов на участке электростанция – потребитель. [3,94 т]

10. Найти сопротивление проволочного каркаса, имеющего форму куба (см. рис.), при его включении в цепь между точками 1-2.



## Вариант № 20

1. Напряженность электрического поля на оси заряженного кольца имеет максимальное значение на расстоянии  $L$  от центра. Во сколько раз напряженность электрического поля в точке, расположенной на расстоянии  $0,5L$  от центра кольца, будет меньше максимального значения напряженности? [1,3]
2. Металлический шар радиусом 5 см, заряженный до потенциала 200 В, окружили незаряженной концентрической сферической проводящей оболочкой радиусом 20 см. Чему станет равен потенциал шара, если его соединить проводником с оболочкой? [50 В]
3. В плоском конденсаторе, расположенном горизонтально и находящемся в вакууме, взвешена заряженная капля ртути на равном расстоянии от пластин конденсатора. Расстояние между пластинами конденсатора 2 см. К конденсатору приложена разность потенциалов 500 В. Внезапно разность потенциалов падает до 490 В и равновесие капли нарушается. Определите время, в течение которого капля достигнет нижней пластины конденсатора. [0,32 с]
4. Сторонние заряды равномерно распределены с объемной плотностью  $\rho > 0$  по шару радиуса  $R$  из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$ . Найти объемную и поверхностную плотности связанных зарядов. [ $\rho' = -\rho(\varepsilon - 1)/\varepsilon, \sigma' = \rho R(\varepsilon - 1)/3\varepsilon$ ]
5. Внутри металлической сферы, внутренний радиус которой 5 см, а внешний 6 см, помещен точечный заряд  $10^{-8}$  Кл на расстоянии 2 см от центра. Найдите потенциал в центре сферы. [78 В]
6. Три маленьких заряженных шарика с зарядами  $q_1 = -1$  нКл,  $q_2 = 5$  нКл и  $q_0 = 10$  нКл, соответственно, закреплены в вакууме вдоль одной прямой на расстоянии  $a = 1$  см друг от друга (см. рис.). Какую максимальную скорость приобретет правый шарик массой  $m_0 = 10^{-8}$  кг, если его освободить?  
[ $v = \sqrt{(q_0/2\pi\varepsilon_0 m_0 a)(q_1/2 + a_2)} = 90$  м/с]
7. Три одинаковых источника тока, соединенные последовательно в батарею так, что отрицательный полюс одного источника соединен с положительным полюсом последующего, подключены к внешнему сопротивлению. Во сколько раз ток в цепи уменьшится, если полярности двух источников переключить на противоположные? [3]
8. Конденсатор емкостью 100 мкФ заряжают постоянным током через резистор сопротивлением 100 Ом. Через какое время после начала зарядки конденсатора энергия, запасенная в конденсаторе, станет равной энергии, выделенной на резисторе? [0,02 с]
9. Две электролитические ванны соединены последовательно. В первой ванне выделилось 3,9 г цинка, во второй за то же время 2,24 г железа. Цинк двухвалентен. Определите валентность железа. [3]
10. Конденсатор емкостью  $C = 5,0$  мкФ подключен к источнику постоянной ЭДС  $E = 200$  В (см.рис.). Затем переключатель  $K$  перевели с контакта 1 на контакт 2. Найдите количество тепла, выделившееся на сопротивлении  $R_1 = 500$  Ом, если  $R_2 = 330$  Ом. [



$$Q = \frac{CE^2 R_1}{2(R_1 + R_2)} = 60 \text{ мДж}]$$