

$$Q_4 = 10^{-9} / \sqrt{3} \text{ Кл} = 5,77 \cdot 10^{-10} \text{ Кл} = 577 \text{ пКл}.$$

Отметим, что равновесие системы зарядов неустойчиво.

### 8. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №3

#### Вариант 1

- Сравнить силу  $F_{эл}$  электростатического взаимодействия в вакууме с силой  $F_{г}$  гравитационного взаимодействия: а) для двух однородных шаров одинаковой массы  $m = 100 \text{ кг}$ , по поверхности которых равномерно распределены одинаковые заряды  $q = 15 \text{ мкКл}$ ; б) для двух электронов.
- Потенциал электростатического поля задан выражением

$$\varphi(x, y, z) = 20 \left[ \left( \frac{x}{a} + 1 \right)^2 + \left( \frac{y}{b} - 1 \right)^2 + \left( \frac{z}{c} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Определить напряженность электростатического поля в точке с координатами  $x = y = z = 0,2 \text{ м}$ , если  $a = 0,2 \text{ м}$ ,  $b = 0,1 \text{ м}$ ,  $c = 0,3 \text{ м}$ .

- Две частицы с массами  $m_1$  и  $m_2$  и с зарядами, соответственно,  $q_1$  и  $q_2$  движутся навстречу друг другу, имея вдалеке относительную скорость  $v_{отн}$ . На какое наименьшее расстояние сблизятся частицы?
- Поток электронов, получивших свою скорость под действием напряжения  $5000 \text{ В}$ , влетает в середину между пластинами плоского конденсатора параллельно пластинам. Длина пластины  $10 \text{ см}$ , расстояние между пластинами  $1 \text{ см}$ . Какое наименьшее напряжение нужно приложить к конденсатору, чтобы электроны не вылетали из него?
- Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов  $300 \text{ В}$  и отключен от источника. Расстояние между пластинами  $0,5 \text{ см}$ , площадь пластин  $400 \text{ см}^2$ . Пластины раздвигаются до расстояния  $2,5 \text{ см}$ . Определить объемную

18

плотность энергии поля конденсатора до и после раздвижения пластин, а также работу раздвижения пластин.

- Сопротивление каждого ребра проволочного куба равно  $r$ . Чему равно сопротивление  $R$  куба, если он включен в цепь своими вершинами, лежащими на пространственной диагонали?
- Через какой промежуток времени после прекращения действия ионизатора число пар ионов вследствие рекомбинации уменьшится втрое, если первоначальная концентрация пар ионов была  $n_0 = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ м}^{-3}$ . Коэффициент рекомбинации  $\gamma = 1,67 \cdot 10^{-15} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ .
- По медному проводнику диаметром  $2 \text{ мм}$  течет ток силой  $20 \text{ А}$ . Определить среднюю скорость направленного движения электронов, считая, что концентрация свободных электронов равна концентрации атомов.

#### Вариант 2

- Одинаковые заряды  $q$  расположены в вершинах пятиугольника. Какой заряд надо поместить в центре этого пятиугольника, чтобы вся система зарядов оказалась в равновесии? Будет ли устойчивым это равновесие?
- Потенциал электростатического поля задан выражением

$$\varphi(x, y, z) = 50 \ln \left[ \left( \frac{x}{a} - 1 \right)^2 + \left( \frac{z}{a} + 2 \right)^2 \right] - 40y.$$

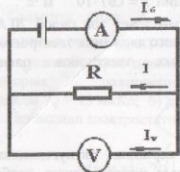
Определить напряженность электростатического поля в точке с координатами  $x = y = z = 0,2 \text{ м}$ , если  $a = 0,1 \text{ м}$ .

- Определите расстояние между пластинами плоского конденсатора, если между ними приложена разность потенциалов  $U = 300 \text{ В}$ . Площадь каждой пластины  $S = 80 \text{ см}^2$ , заряд  $-Q = 5 \text{ нКл}$ . Диэлектриком служит слюда  $\epsilon = 7$ .
- Поток электронов, имеющих энергию  $200 \text{ эВ}$ , влетает в поле плоского конденсатора параллельно его пластинам. Плотность заряда на обкладках конденсатора  $5 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/см}^2$ . Определить смещение электронов вдоль направления поля за  $10^{-8} \text{ с}$  движения в конденсаторе и их скорость.

19

- Пластины плоского конденсатора имеют площадь  $100 \text{ см}^2$ . Расстояние между пластинами  $0,5 \text{ мм}$ . Диэлектрик - стекло ( $\epsilon = 7$ ). Поверхностная плотность заряда на обкладках  $10^{-10} \text{ Кл/см}^2$ . Определить работу, необходимую для удаления диэлектрика из конденсатора и объемную плотность энергии поля до и после удаления диэлектрика.

- Если в схеме, изображенной на рисунке, переключить вольтметр, присоединив его к зажимам источника, то амперметр будет показывать силу тока  $I$  в резисторе  $R$ . При этом вольтметр будет давать показание  $U$ , превышающее напряжение на резисторе  $R$  за счет падения напряжения на амперметре. Полагая сопротивление амперметра равным  $R_A$ , определить относительную погрешность,  $\Delta R/R$ , которая будет допущена при вычислении сопротивления  $R$  без учета падения напряжения на амперметре.



- Медный и алюминиевый провода равной длины имеют одинаковые сопротивления. Определить отношения диаметров этих проводов. Вычислить, во сколько раз масса алюминиевого провода меньше массы медного провода.
- В атмосферном воздухе у поверхности Земли вследствие радиактивности почвы и ионизации космическими лучами в среднем образуется  $5$  ионов в  $1 \text{ см}^3$  в одну секунду. Найти ток насыщения, текущий в плоском воздушном конденсаторе, в результате этой ионизации. Площадь обкладок конденсатора  $100 \text{ см}^2$ , расстояние между обкладками  $3 \text{ см}$ .

#### Вариант 3

- Заряженная капля масла радиусом  $r = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$  находится в равновесии между горизонтально расположенными пластинами

20

плоского конденсатора, напряженность поля которого  $E = 7,85 \text{ кВ/м}$ . Приняв плотность масла  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ , определить заряд капельки.

- Электрический диполь образован зарядами  $q_1 = 10^{-9} \text{ Кл}$  и  $q_2 = -10^{-9} \text{ Кл}$ , расположенными на расстоянии  $2 \text{ см}$  в воздухе. Определить напряженность и потенциал поля в точках на оси диполя, на расстоянии  $5 \text{ см}$  и  $30 \text{ см}$  от его центра.

- На расстоянии  $1 \text{ м}$  от поверхности проводящей сферы радиусом  $10 \text{ см}$ , заряженной до потенциала  $20 \text{ кВ}$ , находится точечный заряд  $10 \text{ нКл}$ . Какую работу надо совершить для уменьшения расстояния между сферой и зарядом до  $10 \text{ см}$ ?

- Электрон движется по направлению силовых линий однородного электрического поля напряженностью  $1,2 \text{ В/см}$ . Какое расстояние он пролетит в вакууме до полной потери скорости, если его начальная скорость  $10^6 \text{ км/с}$ ? Сколько времени будет длиться этот полет?

- Сферический конденсатор состоит из двух концентрических обкладок радиусами  $10 \text{ см}$  и  $14 \text{ см}$ , пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной  $6$ . Конденсатор заряжен до напряжения  $100 \text{ В}$ . Определить энергию, заключенную между сферическими поверхностями радиусами  $11 \text{ см}$  и  $13 \text{ см}$ .

- Какой заряд пройдет по проводнику сопротивлением  $R = 1 \text{ кОм}$  при равномерном нарастании напряжения на его концах от  $U_1 = 15 \text{ В}$  до  $U_2 = 25 \text{ В}$  в течение  $t = 20 \text{ с}$ ?

- От генератора напряжением  $10 \text{ кВ}$  необходимо передать в шахтерский поселок мощность  $1000 \text{ кВт}$  на расстояние  $5 \text{ км}$ . Определить минимальное сечение алюминиевых проводов, если потери на линии не должны превышать  $2\%$ .

- Между плоскими электродами площадью  $100 \text{ см}^2$  каждый, находящимися на расстоянии  $5 \text{ см}$  друг от друга, создана ионизация воздуха рентгеновскими лучами и наблюдается ток насыщения  $100 \text{ нА}$ . Определить число пар ионов, создаваемых ионизатором в  $1 \text{ см}^3$  в течение одной секунды, а также концентрацию этих пар в установившемся состоянии. Считать ионы однозарядными.

21

Вариант 4

- Две непрозрачные сферы радиусами  $R_1=3$  см и  $R_2=2$  см расположены в вакууме и несут равномерно распределенные по их поверхностям заряды  $q_1=1,0 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $q_2=-2,0 \cdot 10^{-9}$  Кл. Расстояние между центрами сфер  $r=10$  см. Определить напряженность поля, созданного зарядами  $q_1$  и  $q_2$  в точке  $A$ , удаленной от центров обеих сфер соответственно на расстояния  $r_1$  и  $r_2$ . Решить задачу для двух случаев: а)  $r_1=9$  см,  $r_2=7$  см; б)  $r_1=2$  см,  $r_2=8$  см.
- Электрический диполь образован зарядами  $q_1=10^{-9}$  Кл и  $q_2=-10^{-9}$  Кл, расположенными на расстоянии 2 см в воздухе. Определить напряженность и потенциал поля в точках на перпендикуляре, восстановленном из середины диполя, на расстоянии 2 см и 30 см от диполя.
- Какую работу надо совершить, чтобы извлечь проводящую пластину, расположенную между двумя заземленными пластинами параллельно им, наполовину? Заряд пластины  $Q$ . Все пластины имеют площадь  $S$ . Перемещаемая пластина удалена от заземленных пластин на расстояния  $a$  и  $b$ .
- Поток электронов движется к заряженному шару радиусом 1 см в радиальном направлении. Какую линейную скорость должен иметь электрон на расстоянии 1 м от центра шара, чтобы достичь его поверхности, если поверхностная плотность заряда на шаре равна  $-10^{-10}$  Кл/м<sup>2</sup>? Определить ускорение электронов на расстоянии 0,5 м от центра шара.
- Цилиндрический конденсатор состоит из двух обкладок высотой 10 см и радиусами 2 см и 5 см, пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 7. Конденсатор заряжен до напряжения 200 В. Определить энергию, заключенную между цилиндрическими поверхностями радиусами 3 см и 4 см. Цилиндрические поверхности и конденсатор имеют общую ось симметрии.

22

- Под каким постоянным напряжением следует передавать электрическую энергию на расстояние 4 км, чтобы при плотности тока  $2,5 \cdot 10^3$  А/м<sup>2</sup> в медных проводах двухпроводной линии электропередачи потери энергии в линии не превышали 1%?
- Два источника тока с различными э.д.с.  $E_1$  и  $E_2$  и внутренними сопротивлениями  $r_1$  и  $r_2$  включены параллельно одноименными полюсами. Определить ток  $I$  через сопротивление  $R$ , если его подключить к источникам тока.
- Ток насыщения при несамостоятельном разряде равен 8,4 пА. Найдите число пар ионов, создаваемых за 1 минуту внешним ионизатором.

Вариант 5

- Две бесконечно длинные нити, расстояние между которыми  $r=5$  см, одинаково равномерно заряжены с линейной плотностью заряда  $\tau=1,00 \cdot 10^{-4}$  Кл/м. Найти максимальное значение  $E_{\max}$  напряженности электрического поля для точек, принадлежащих плоскости симметрии нитей
- Потенциал электростатического поля задан выражением

$$\varphi(x, y, z) = -20 \ln \frac{b^2 + c^2}{(x+b)^2 + (y-c)^2} + 50z,$$

- где  $b=c=0,1$  м. Определить напряженность поля в точке с координатами  $x=y=0,2$  м,  $z=0,1$  м.
- Металлический шар радиуса  $r=5$  см, несущий заряд  $q=2$  нКл, покрыт слоем диэлектрика толщиной  $a=1$  см с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=6$ . Найти напряженности электрического поля  $E_1$  и  $E_2$  в точках, удаленных от центра шара, соответственно, на  $r_1=5,5$  см и  $r_2=7,0$  см, а также поверхностную плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на внешней поверхности диэлектрика.
  - Электрон движется в радиальном направлении к заряженному цилиндру радиусом 1 см. Какую минимальную скорость должны

23

- иметь электроны на расстоянии 1 м от оси цилиндра, чтобы достичь его поверхности, если линейная плотность заряда равна  $10^{-10}$  Кл/м? Определить ускорение электрона на расстоянии 0,5 м от оси цилиндра.
- Плоский конденсатор заряжен до разности потенциалов 300 В и отключен от источника. Расстояние между пластинами 5 мм, их площадь 300 см<sup>2</sup>. Определить заряд и энергию конденсатора, если при извлечении диэлектрика из конденсатора его энергия увеличивается в 8 раз.
  - Сила тока в электроплитке, подключенной к сети напряжением  $U=220$  В, за время 40 с равномерно падает от  $I_1=6$  А до  $I_2=5,6$  А. Определить количество теплоты, выделившееся за это время в электроплитке.
  - Определить э.д.с. и внутреннее сопротивление гальванического элемента, если при замыкании на сопротивление  $R_1=1,8$  Ом он дает ток  $I_1=0,7$  А, а при замыкании на сопротивление  $R_2=2,3$  Ом - ток  $I_2=0,56$  А. Чему будет равен ток  $I_0$  короткого замыкания?
  - К медной проволоке длиной 5 м и радиусом 0,38 мм приложено напряжение 40 мВ. Сколько электронов пройдет через поперечное сечение проводника за 1 час.

Вариант 6

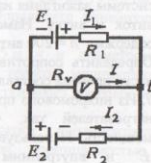
- Два соосных диска одинакового радиуса  $r=10$  см заряжены равномерно с поверхностными плотностями зарядов, равными  $\sigma_1=5,0$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2=0,35$  мкКл/м<sup>2</sup>, и сближены до расстояния  $d=3,1$  мм. Определить силу электрического взаимодействия дисков, полагая, что они находятся в вакууме.
- Потенциал электростатического поля задан выражением

$$\varphi(x, y, z) = -100x + 200 \ln \frac{(y-a)^2 + (z-b)^2}{a^2 + b^2},$$

где  $a=0,1$  м,  $b=0,2$  м. Определить напряженность электростатического поля в точке с координатами  $x=y=0,2$  м,  $z=0,1$  м.

24

- Плоский конденсатор, в котором диэлектриком служит слюда ( $\epsilon=7,5$ ), а расстояние между пластинами  $d=1$  мм, находится под напряжением  $U=1000$  В. Определить плотность энергии электрического поля конденсатора.
- Узкий пучок электронов, обладающих энергией 1,6 кэВ, проходит в вакууме посередине между пластинами плоского конденсатора. Какое напряжение необходимо подвести к пластинам, чтобы электроны не вышли за пределы пластин? Длина пластин  $b=2$  см, а расстояние между ними  $d=1$  см.
- Определите поверхностную плотность зарядов на пластинах плоского слюдяного конденсатора ( $\epsilon=7$ ) емкостью  $C=150$  пФ, находящегося под напряжением  $U=200$  В. Обкладки конденсатора имеют форму квадрата со стороной  $d=2$  см.
- Электрическая плитка предназначена для эксплуатации в сети с напряжением 220 В. Какую длину должна иметь нихромовая проволока диаметром 0,7 мм для изготовления спирали, чтобы обеспечить мощность плитки 2 кВт при рабочей температуре 800 °С? Удельное сопротивление нихрома при температуре 0 °С 1 мкОм·м, температурный коэффициент  $-0,4 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>.
- Определить силу тока на всех участках цепи, изображенной на рисунке, если точки  $a, b$  соединить проводником пренебрежимо малого сопротивления.
- В ионизационной камере, расстояние между плоскими электродами которой равно 10 см, проходит ток насыщения плотностью 20 мкА/м<sup>2</sup>. Определить число пар ионов, образующихся в каждом кубическом миллиметре объема камеры за 1 с.



Вариант 7

- Точечный заряд  $q$  помещен в центр удлиненной проводящей сферической оболочки через небольшое отверстие. Полагая внутренний и внешний радиусы оболочки равными  $r_1$  и  $r_2$ ,

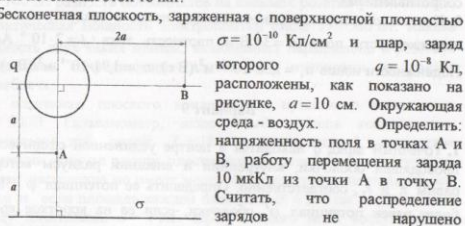
25

- определить минимальную работу  $A$ , которую надо совершить, чтобы вывести заряд наружу и удалить в бесконечность.
- Принимая Землю за проводящий шар радиуса  $R = 6400$  км, определить заряд  $q$  и потенциал  $\phi$  Земли, если напряженность электрического поля около ее поверхности  $E = 100$  В/м.
  - Какой энергией обладало бы электрическое поле медного шарика радиусом  $r = 1$  см, если бы из каждого его атома удалили по одному электрону?
  - Определить величину отклонения луча на экране электронного осциллографа, если ускоряющее напряжение  $U_a = 1000$  В, напряжение на отклоняющих пластинах  $U = 150$  В, их длина  $b = 4$  см, расстояние между ними  $d = 1$  см, а расстояние от отклоняющих пластин до экрана  $l = 15$  см.
  - Плоский конденсатор заполнен двумя слоями диэлектрика: парафином ( $\epsilon_1 = 2$ ) и стеклом ( $\epsilon_2 = 7$ ). Расстояние между пластинами конденсатора 6 см, разность потенциалов 500 В. Толщина слоев диэлектриков одинакова. Определить напряженность поля и электрическое смещение в каждом слое.
  - На цилиндрический каркас с внешним радиусом  $R = 1$  см катушки системы зажигания намотан медный провод диаметром  $d_w = 0,12$  мм виток к витку. Намотка состоит из  $m = 50$  слоев. Каждый слой содержит  $n = 200$  витков. Слои прилегают плотно друг к другу. Определить сопротивление катушки, если диаметр металлической части провода составляет  $d_w = 0,08$  мм.
  - Из нихромового провода длиной  $l$  нужно сделать  $n$  одинаковых нагревателей так, чтобы они имели общую максимальную мощность. Используется источник тока с электродвижущей силой  $E$  и внутренним сопротивлением  $r$ . Определить число нагревателей.
  - Первоначальная концентрация пар ионов в воздухе, ионизированном рентгеновскими лучами,  $n_0 = 2 \cdot 10^6$  см $^{-3}$ . Через какой промежуток времени после прекращения действия излучения число пар ионов уменьшится в 10 раз? Коэффициент рекомбинации  $\gamma = 1,67 \cdot 10^{-6}$  см $^3 \cdot$  с $^{-1}$ .

26

## Вариант 8

- Два точечных заряда  $10^{-9}$  Кл и  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл расположены на расстоянии 40 см друг от друга. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность поля равна нулю? Какой потенциал этой точки?



- Бесконечная плоскость, заряженная с поверхностной плотностью  $\sigma = 10^{-10}$  Кл/см $^2$  и шар, заряд которого  $q = 10^{-3}$  Кл, расположены, как показано на рисунке,  $a = 10$  см. Окружающая среда - воздух. Определить: напряженность поля в точках А и В, работу перемещения заряда  $10$  мкКл из точки А в точку В. Считать, что распределение зарядов не нарушено.
- Протон, двигаясь от положительно заряженной бесконечной нити вдоль линии напряженности от расстояния  $r_1 = 1$  см до  $r_2 = 5$  см, изменил свою скорость от  $10^6$  до  $10^7$  м/с. Определите линейную плотность заряда нити.
- В алюминиевом проводнике длиной  $l = 5$  м и диаметром  $d = 0,8$  мм течет ток. При этом выделяется теплота мощностью  $W = 0,2$  Вт. Сколько электронов  $n$  пройдет за сутки через поперечное сечение этого проводника?
- Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 4. Расстояние между пластинами конденсатора 5 мм, разность потенциалов 4 кВ, площадь пластин  $200$  см $^2$ . Определить: поверхностную плотность заряда на пластинах и на диэлектрике, работу поляризации диэлектрика.
- Полусферический заземлитель погружен в землю вровень с ее поверхностью. Найти разность потенциалов шага, если длина шага 1 м, расстояние от ближайшей к заземлителю ноги человека до

27

- заземлителя 2 м. Удельное сопротивление грунта  $10^2$  Ом·м, сила тока, протекающего через заземлитель 0,5 А.
- Э.д.с. батареи  $E = 12$  В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея,  $I_{\text{max}} = 5,0$  А. Какая наибольшая мощность  $P_{\text{max}}$  может выделяться на подключенном к батарее резисторе с переменным сопротивлением?
  - Какова концентрация одновалентных ионов в воздухе, если при напряженности поля  $E = 34$  В/м плотность тока  $j = 2 \cdot 10^{-6}$  А/м $^2$ . Подвижности ионов  $u_+ = 1,38 \cdot 10^{-4}$  м $^2$ /(В·с),  $u_- = 1,91 \cdot 10^{-4}$  м $^2$ /(В·с).

## Вариант 9

- Точечный заряд  $q$  находится в центре уединенной сферической проводящей оболочки, внутренний и внешний радиусы которой равны  $r_1$  и  $r_2$ , соответственно. Определить ее потенциал  $\phi$ . Чему будет равен потенциал  $\phi'$  оболочки, если ее на короткое время соединить с Землей? Потенциал Земли принять равным нулю.
- Потенциал электростатического поля задан выражением 
$$\phi(x, y, z) = \frac{10}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}},$$
 где  $a = b = c = 0,1$  м. Определить напряженность электростатического поля в точке с координатами  $x = 0,2$  м,  $y = -0,2$  м,  $z = 0,1$  м.
- Тонкое кольцо радиуса  $R$  несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью  $\tau$ . Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля на оси кольца как функции расстояния  $h$  от центра кольца.
- Какую скорость приобретает  $\alpha$ -частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов 100 кВ?
- Во сколько раз изменится емкость и плотность энергии плоского вакуумного конденсатора, если пространство между его пластинами заполнить веществом с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ ?
- От трансформаторной подстанции с э.д.с. равной 220 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом необходимо протянуть в шахту

28

- двухпроводную линию длиной 200 м. Какая масса меди пойдет на изготовление подводящих проводов, если максимальная потребляемая мощность 20 кВт? Падение напряжения на нагрузке не должно быть ниже 200 В.
- При включении в сеть электроплитки с номинальной мощностью  $P_n = 700$  Вт разность потенциалов на клеммах розетки уменьшилась, а фактическая мощность электроплитки стала  $P_1 = 580$  Вт. Какова мощность двух таких плиток, включенных параллельно в розетку? Изменением сопротивления плиток при изменении их накала пренебречь.
  - К пластинам плоского конденсатора приложено напряжение  $U = 500$  В. Гальванометр, включенный в цепь конденсатора, показывает ток силой  $I = 18$  нА, возникающий вследствие ионизации воздуха между пластинами рентгеновским излучением, причем насыщение не имеет места. Определить концентрацию пар ионов  $n$ , если площадь каждой пластины  $S = 200$  см $^2$ , а расстояние между пластинами  $d = 4$  см. Заряд каждого иона воздуха равен элементарному. Подвижности ионов:  $u_+ = 1,4 \cdot 10^{-4}$  м $^2$ /(В·с) и  $u_- = 1,9 \cdot 10^{-4}$  м $^2$ /(В·с).

## Вариант 10

- Два точечных заряда  $10^{-9}$  Кл и  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл находятся на расстоянии 30 см друг от друга. На каком расстоянии от первого заряда на прямой, проходящей через заряды, находится точка, в которой потенциал равен нулю? Какова напряженность поля в этой точке?
- Электрон с начальной энергией  $W = 500$  эВ движется издалека в вакууме по направлению к центру равномерно заряженной сферы радиуса  $R = 6$  см. Полагая заряд сферы  $q = -5$  нКл, определить минимальное расстояние  $r$ , на которое приблизится электрон к поверхности сферы.
- Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено парафином ( $\epsilon = 2$ ). Расстояние между пластинами 10 мм. Какое напряжение необходимо подать на пластины, чтобы поверхностная плотность связанных зарядов составила 1 нКл/см $^2$ ?

29

4. Две концентрические сферические поверхности, находящиеся в вакууме, заряжены одинаковым количеством электричества  $q = 3 \cdot 10^{-6}$  Кл. Радиусы этих поверхностей  $R_1$  и  $R_2$ . Найти энергию электрического поля, заключенного между этими сферами.

5. Три точечных заряда  $q_A, q_B, q_C$  находятся в вершинах треугольника ABC:  $q_A = 3 \cdot 10^{-6}$  Кл,  $q_B = 5 \cdot 10^{-6}$  Кл,  $q_C = -6 \cdot 10^{-6}$  Кл,  $AB = 0,3$  м,  $BC = 0,5$  м,  $AC = 0,6$  м. Определить работу, которую нужно совершить, чтобы развести эти заряды на такое расстояние, чтобы силы их взаимодействия можно было считать равными нулю. Заряды находятся в керосине.

6. Металлический диск вращается вокруг оси, проходящей через центр тяжести перпендикулярно плоскости диска, с угловой скоростью  $\omega = 100$  с<sup>-1</sup>. Радиус диска  $R = 10$  см. Какая разность потенциалов должна возникнуть между центром и краем диска?

7. Три батареи с э.д.с. и внутренними сопротивлениями  $E_1 = 12$  В,  $E_2 = 5$  В,  $E_3 = 10$  В и  $r_1 = r_2 = r_3 = 1$  Ом, соответственно, соединены между собой одноименными полюсами. Определите силу токов, текущих через батареи.

8. Средняя напряженность электрического поля Земли составляет 130 В/м. Определить плотность тока проводимости в атмосфере, если концентрация пар ионов в воздухе  $n = 7 \cdot 10^8$  м<sup>-3</sup>. Подвижности ионов воздуха:  $u_+ = 1,37 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/(В·с),  $u_- = 1,91 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/(В·с).

## 9. СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

### ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Таблица 1

Физическая величина	Численное значение
Авогадро постоянная	$N_A = 6,022169(40) \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,66053(11) \cdot 10^{-27}$ кг
Заряд элементарный	$e = 1,6021917(70) \cdot 10^{-19}$ Кл
Заряд удельный электрона	$e/m_e = 1,7588028(54) \cdot 10^{11}$ Кл·кг <sup>-1</sup>
Масса покоя протона	$m_p = 1,672614(11) \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109558(54) \cdot 10^{-31}$ кг
Ускорение силы тяжести стандартное (ускорение свободного падения)	$g = 9,80665$ м·с <sup>-2</sup> (точно)
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,854187817 \cdot 10^{-12}$ Ф·м <sup>-1</sup>

Таблица 2

### МНОЖИТЕЛИ, ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕСЯТИЧНЫХ, КРАТНЫХ ЕДИНИЦ

Множитель	Приставка		Пример
	Наименование	Обозначение	
$10^{12}$	Тера	Т	Терагерц - ТГц
$10^9$	Гига	Г	Гигаом - ГОм
$10^6$	Мега	М	Мегаджоуль - МДж
$10^3$	Кило	к	Килограмм - кг
$10^2$	Деци	д	Дециметр - дм
$10^{-1}$	Санти	с	Сантиметр - см
$10^{-2}$	Милли	м	Милливольт - мВ
$10^{-6}$	Микро	мк	Микроампер - мкА
$10^{-9}$	Нано	н	Нанкулон - нКл
$10^{-12}$	Пико	п	Пикофарада - пФ

Таблица 3

### НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Металл	Алюминий	Железо	Медь
Относительная атомная масса, а.е.м.	26,98154	55,847	63,546
Плотность, кг·м <sup>-3</sup>	2,7·10 <sup>3</sup>	7,87·10 <sup>3</sup>	8,92·10 <sup>3</sup>
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	0,0265	0,097	0,0168