

## Электростатика. Закон Кулона Принцип суперпозиции

1. Сила притяжения двух одинаковых металлических шаров, находящихся на расстоянии 14 см, равна 36 мкН. После того, как шары были приведены в соприкосновение и удалены на прежнее расстояние, они стали отталкиваться с силой 95 мкН. Определить заряды шаров до соприкосновения, считая их точечными.
2. Два одинаковых шарика радиусом 1,5 см и массой 16 г каждый подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины 19 см. шарикам сообщены одинаковые заряды. Найти заряд каждого из шариков, если они разошлись на угол 60 градусов. На какой угол разойдутся эти заряды, если вся система будет погружена в воду.
3. Тонкое кольцо радиусом 5 см равномерно заряжено с линейной плотностью зарядов 75 мкКл/м. Определить напряженность поля, создаваемую кольцом в точке, равноудаленной от всех точек кольца на 7 см. Найти силу, действующую на точечный заряд 4 нКл, находящийся в указанной точке.
4. Тонкий стержень длиной 15 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью 6 мкКл/м.. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 10 см от одного из концов стержня 1) на его продолжении; 2) на перпендикуляре к стержню.

### Теорема Остроградского-Гаусса.

1. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Требуется: 1) используя теорему Остроградского - Гаусса, найти зависимость напряженности электрического поля от расстояния для трех областей: I, II и III. Принять  $\sigma_1 = -2\sigma$  и  $\sigma_2 = \sigma$ ; 2) вычислить напряженность в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $E$ . Принять  $\sigma = 30$  нКл/м<sup>2</sup>,  $r = 1,5R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .
2. Объемный заряд плотностью 2 нКл/м<sup>3</sup> равномерно распределен между двумя концентрическими сферическими поверхностями, причем радиус внутренней поверхности 10 см, наружной 50 см. Найти напряженность поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояние 3 см, 12 см и 56 см.
3. Эбонитовый шар радиусом 5 см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью 10 нКл/м<sup>3</sup>. Определить напряженность электрического поля в точках: 1) на расстоянии 3 см от центра шара; 2) на поверхности шара; 3) на расстоянии 10 см от центра шара. Построить график  $E(r)$ .

### Потенциал и работа электростатического поля. Конденсаторы Конденсаторы

1. Какую работу необходимо совершить, чтобы три одинаковых точечных положительных заряда  $q$ , находящихся в вакууме на расстоянии  $a$  друг от друга как показано на рис.1, расположить в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a/2$ ?
2. Найти емкость системы конденсаторов, если емкость каждого равна 0,5 мкФ (рис.2.).

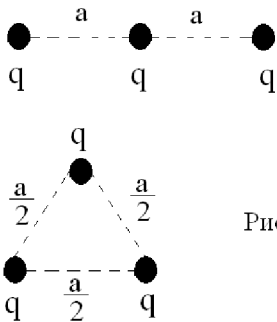


Рис. 1

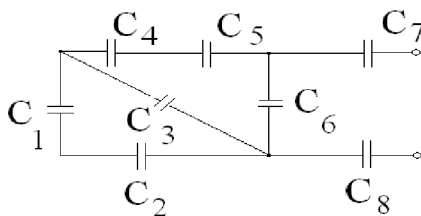


Рис. 2

3. Найти потенциал в точке А, удаленной на расстояние  $a$  от заряженной нити длиной  $(L_1 + L_2)$ . Линейная плотность зарядов  $\tau$ . (рис.3)
4. Электрон, обладавший кинетической энергией  $10$  эВ, влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов  $8$  В?
5. Положительные заряды  $3,7 \cdot 10^{-5}$  Кл и  $6,2 \cdot 10^{-5}$  Кл находятся в вакууме на расстоянии  $2,7$  м друг от друга. Найти работу, которую нужно совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния  $45$  см.
6. Под действием поля бесконечной заряженной плоскости точечный заряд  $74$  нКл переместился по силовой линии на расстояние  $3,2$  см. При этом совершена работа  $6,1$  мкДж. Найти поверхностную плотность заряда на плоскости.
7. Электрическое поле создано зарядом тонкого равномерно заряженного стержня, изогнутого по трем сторонам квадрата. Длина стороны квадрата  $20$  см. Линейная плотность зарядов равна  $500$  нКл/м. Вычислить напряженность и потенциал поля в точке А. (рис.4)

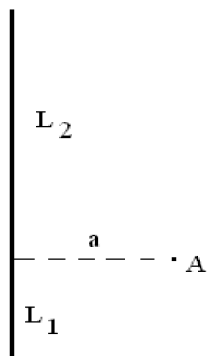


Рис. 3

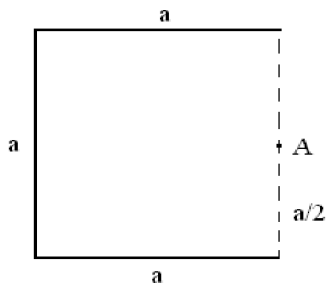


Рис. 4

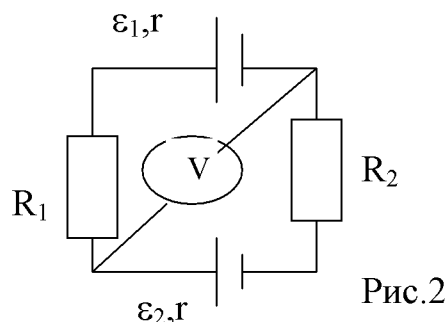
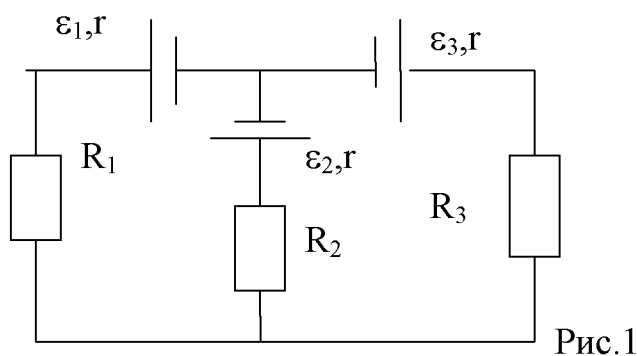
8. В каких пределах может изменяться емкость системы, состоящей из двух конденсаторов переменной емкости, если емкость каждого из них может меняться от  $10$  до  $450$  пФ?
9. Сравнить емкости двух конденсаторов – сферического и цилиндрического, сферы либо цилиндры которых имеют радиусы  $10$  см и  $10,5$  см. Высота цилиндрического конденсатора  $5$  см. Пространство между сферами заполнено маслом.
10. Расстояние между пластинами плоского конденсатора увеличили в  $3$  раза. Во сколько раз изменился заряд, напряжение между пластинами, напряженность поля и энергия поля заряженного конденсатора? Рассмотреть случаи, когда а) конденсатор отключили от источника напряжения, б) конденсатор остался подключенным к источнику постоянного напряжения.
11. Между пластинами плоского конденсатора, находящимися на расстоянии  $1$  см

друг от друга, приложена разность потенциалов 300 В. В пространстве между пластинами помещается плоскопараллельная пластинка стекла толщиной 0,5 см и плоскопараллельная пластинка парафина толщиной 0,5 см. Найти напряженность электрического поля в каждом слое, падение потенциала в каждом слое, емкость конденсатора и поверхностную плотность заряда на пластинах. Считать площадь каждой пластины равной  $100 \text{ см}^2$ , диэлектрическую проницаемость стекла - 6, а парафина - 2.

12. Протон и  $\alpha$ -частица, двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в плоский конденсатор параллельно пластинам. Во сколько раз отклонение протона полем конденсатора будет больше отклонения  $\alpha$ -частицы?

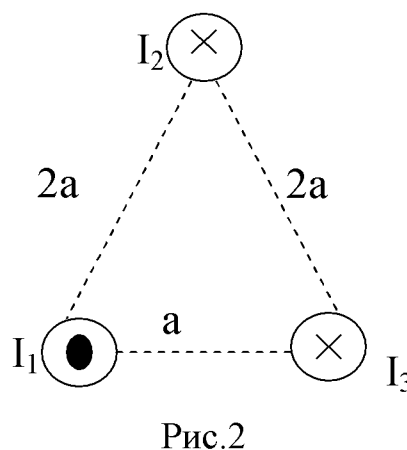
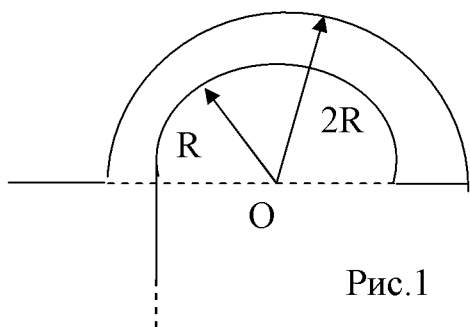
### Постоянный ток

1. Электрическая плитка имеет две спирали сопротивлением 100 Ом каждая. Определить мощность плитки при включении ее в сеть напряжением 220 В, соединив спирали: а) параллельно; б) последовательно; в) включить только одну спираль.
2. Источнику тока с ЭДС 12 В присоединена нагрузка. Напряжение на клеммах источника стало при этом равным 8 В. Определить КПД источника тока. (68%)
3. Внешняя цепь источника тока потребляет мощность 0,75 Вт. Определить силу тока в цепи, если ЭДС источника тока 2 В и внутреннее сопротивление 1 Ом. (0,5 и 1,5 А)
4. В схеме рис.1  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$ ,  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 12 \text{ Ом}$  и падение напряжения во втором сопротивлении равно 6 В. Найти силу тока во всех участках цепи и сопротивление  $R_3$ . считать внутреннее сопротивление элементов одинаковым и равным 1 Ом.
5. В схеме рис.2  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ ,  $R_2 = 2 R_1$ . Во сколько раз ток, текущий через вольтметр, больше тока, текущего через второе сопротивление? Сопротивлением источников пренебречь.
6. При включении источника тока сила тока в цепи убывает по закону  $I = I_0 e^{-at}$  ( $I_0 = 10 \text{ А}$ ,  $a = 500 \text{ с}^{-1}$ ). Определить количество теплоты, которое выделится в резисторе сопротивлением 5 Ом через 2 с после выключения источника тока.



## Закон Био-Савара-Лапласа. Вектор магнитной индукции. Заряженные частицы и проводники с током в магнитном поле

1. Определить магнитную индукцию поля, создаваемого отрезком прямого провода, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии 20 см от его середины. Сила тока, текущего по проводу, равна 30 А, длина отрезка 60 см.
2. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи силой 50 и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.
3. По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как показано на рис 1., течет ток 100 А. Определить магнитную индукцию в точке О, если  $R = 10$  см.
4. По проводнику, согнутому в виде квадратной рамки со стороной длиной 10 см, течет ток 5 А. Определить магнитную индукцию в точке, равноудаленной от вершин квадрата на расстояние, равное его стороне.
5. В каком направлении станет двигаться проводник с током  $I_1$  под действием двух других проводников с токами, если  $I_1=I_2=I_3$  (рис.2) Рассчитать эту силу.
6. Прямоугольная рамка со сторонами 40 и 30 см расположена в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током 6 А так, что длинные стороны рамки параллельны проводу. Сила тока в рамке 1 А. Определить силы, действующие на каждую из сторон рамки, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии 10 см, а ток в ней сонаправлен току в проводе.
7. Электрон, имеющий начальную скорость  $10^5$  м/с, влетает в пространство, в котором создано магнитное поле 0,3 мТл, под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции. Определить радиус и шаг спирали, по которой станет двигаться частица, а также магнитный момент эквивалентного кругового тока.



## Закон полного тока. Магнитный поток. Электромагнитная индукция

1. В однородном магнитном поле  $0,4$  Тл в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной  $10$  см. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определить разность потенциалов на концах стержня при частоте вращения  $16$  с<sup>-1</sup>.
2. Чугунное кольцо имеет воздушный зазор длиной  $5$  мм. Длина средней линии кольца равна  $1$  м. Сколько витков содержит обмотка на кольце, если при силе тока  $4$  А индукция магнитного поля в воздушном зазоре равна  $0,5$  Тл? Рассеянием магнитного поля в зазоре пренебречь. Гистерезис не учитывать.
3. Электромагнит изготовлен в виде тороида. Сердечник тороида со средним диаметром  $51$  см имеет вакуумный зазор длиной  $2$  мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей длине. Во сколько раз уменьшится индукция магнитного поля в зазоре, если, не изменяя силы тока в обмотке, зазор увеличить в  $3$  раза? Магнитную проницаемость сердечника считать постоянной и равной  $800$ .
4. Рамка в форме круга радиусом  $5$  см помещена под углом  $60$  градусов к силовым линиям в магнитном поле с индукцией  $4$  Тл. Определить: какой ток будет индуцироваться в рамке за  $4$  с при ее повороте на  $30$  градусов в сторону увеличения угла, если сопротивление рамки равно  $3$  Ом; какой заряд при этом пройдет через рамку; какая работа совершается при таком повороте; как изменится потенциальная энергия рамки при ее последующем вынесении (без изменения положения из магнитного поля)?
5. Проволочное кольцо радиусом  $10$  см лежит на столе. Какое количество электричества протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца равно  $1$  Ом. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна  $50$  мкТл.
6. Виток, по которому течет ток  $20$  А, свободно установился в однородном магнитном поле  $0,016$  Тл. Диаметр витка равен  $10$  см. Определить работу, которую нужно совершить, чтобы повернуть виток на угол  $\pi/2$  относительно оси, совпадающей с диаметром. То же, если угол поворота равен  $2\pi$ .
7. В однородном магнитном поле  $0,35$  Тл равномерно с частотой  $480$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $1500$  витков площадью  $50$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.

## Колебания и волны

1. Маятник состоит из стержня длиной  $30$  см и массой  $50$  г, на верхнем конце которого укреплен маленький шарик массой  $40$  г, а на нижнем – шарик радиусом  $5$  см и массой  $100$  г. Определить период колебаний этого маятника относительно оси, проходящей через центр стержня.
2. Найти величину отношения длины математического маятника, совершающего за некоторый промежуток времени  $10$  колебаний, к длине математического маятника, совершающего за тот же промежуток времени  $30$  колебаний.

3. В открытую с обоих концов U-образную трубку вливают 0,24 кг ртути. Радиус канала трубки 5 мм. Определить циклическую частоту колебаний ртути в трубке.
4. Тело массой 0,02 кг совершает гармоническое колебание с амплитудой 0,05 м и частотой  $10 \text{ с}^{-1}$ , начальная фаза колебаний равна нулю. Определить, полную энергию колеблющегося тела написать уравнение гармонического колебания.
5. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, уравнения которых  $x = A_1 \sin(\omega t)$  и  $y = A_2 \cos(\omega t)$ , где  $A_1 = 8 \text{ см}$ ,  $A_2 = 4 \text{ см}$ ,  $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$ . Написать уравнение траектории и построить ее. Показать направление движения точки.
6. Тело массой 0,6 кг подвешено к пружине жесткостью 30 Н/м и совершает гармонические колебания, логарифмический декремент затухания которых равен 0,01. Определить время, за которое амплитуда уменьшится в 3 раза, и число полных колебаний, за которое произойдет подобное уменьшение амплитуды.(97,6 с и 110 колеб.)
7. Тело массой 100 г, совершая гармонические затухающие колебания, за 1 мин., потеряло 40% своей энергии. Определить коэффициент сопротивления.
8. Период затухающих колебаний системы равен 0,2 с, а отношение амплитуд первого и шестого колебаний равно 13. Определить резонансную частоту данной колебательной системы.(4,98 Гц)
9. Колебательный контур состоит из катушки 25 мГн, емкости 10 мкФ и сопротивления 1 Ом. Конденсатор заряжен до 1 мКл. Определить период колебаний контура, логарифмический декремент затухания колебаний, добротность контура и время релаксации.
10. Частота электромагнитной волны 100 МГц, а ее длина в бензоле 2 м. Чему равна диэлектрическая проницаемость бензола? Магнитную проницаемость бензола считать равной 1.
11. Электромагнитная волна частотой 59 Гц распространяется в немагнитной среде с показателем преломления 5,1. Определить длину волны в среде.
12. Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура со скоростью 15 м/с. Период колебаний точек шнура 1,2 с. Определить разность фаз колебаний двух точек, лежащих на луче и отстоящих от источника волн на расстояниях 20 м и 30 м.
13. Вдоль оси  $x$  распространяется плоская гармоническая волна длиной  $\lambda$ . Определить расстояние между точками, в которых колебания частиц отличаются по фазе на  $\pi/2$ .