**Вариант 8**

**308.** Молекулу воды можно рассматривать как диполь, электрический момент которого р = 6,2·10-30 Кл·м. Найти наибольшее Fmax и наименьшее Fmin  значения силы взаимодействия этой молекулы с ионом водорода,  находящимся на расстоянии  r = 3·10-7см.

**318.** По дуге  окружности радиусом  R = 14 см  равномерно распределен заряд с линейной плотностью λ = 3,6·10-6 Кл/м. Найти напряженность   и потенциал φ поля в центре этой окружности, если дуга опирается на центральный угол α = 600.

**328.** Потенциал некоторого электростатического поля имеет вид      φ = ax3 – by2 + cz2. Найти вектор напряженности  поля и его модуль.

338. Бесконечно длинный цилиндр радиусом R  имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния  r  до его оси по закону ρ = ρ0r, где  ρ0 - константа. Полагая диэлектрическую проницаемость цилиндра и окружающего его пространства равной единице, найти напряженность электрического поля как функцию расстояния r: а) внутри цилиндра; б) вне цилиндра.

**348.** Металлический шар радиусом R = 2,0 см с зарядом q = 8,1·10–9 Кл окружен вплотную прилегающим к нему слоем диэлектрика (ε = 3) с внешним радиусом a = 50 см. Найти поверхностную плотность связанных зарядов на обоих сторонах слоя диэлектрика.

**358.** Сферическую оболочку радиуса R1, равномерно заряженную зарядом q, расширили до радиуса R2. Найти работу, совершенную при этом электрическими силами.

**368.** Батарея элементов при замыкании на сопротивление 5 Ом дает ток 1 А, ток короткого замыкания равен 6 А. Определить наибольшую полезную мощность, которую может дать батарея.

**378.** В проводнике сопротивлением 10 Ом сила тока I меняется со временем t по закону I = A +Bt, где A = 4 А, B = 2 А/с. Найти количество теплоты,  выделившееся в этом проводнике за интервал времени от 2 с до 6 с.

**Пример 1**.

Система состоит из тонкого заряженного проволочного кольца радиусом и очень длинной равномерно заряженной нити, расположенной по оси кольца так, что один из ее концов совпадает с центром кольца. Кольцо имеет заряд *q*. На единицу длины нити приходится заряд *λ*. Найти модуль силы взаимодействия кольца и нити.



**Решение.** Выделим на нити на расстоянии *x* от ее конца элемент длины *dx*, на котором локализован заряд *dq = λ dx*, а на кольце - элемент длины *dℓ = Rdφ*, на котором находится заряд (Рис. 3.1):

.

Модуль силы взаимодействия между этими точечными зарядами по закону Кулона

                  (3.1)

где   . Эта сила направлена под углом  *θ*  по отношению к нити. Разложим силу ** на параллельную нити составляющую d, и перпендикулярную нити составляющую d, модули которых равны:

                            (3.2)

Из соображений симметрии следует, что     суммирование по перпендикулярной составляющей дает ноль.

Тогда                                         .

.                                       (3.3)

Модуль результирующей силы взаимодействия найдем, если проинтегрируем выражение (3.3) по переменной  *φ*  от  0 до  2π и  по переменной  *x* от  0 до  ∞:

Обозначим   , следовательно, приращения  *dx* и  *dy* будут связаны соотношением:   .

Тогда окончательно получим

.

**Пример 2.**

Круглая пластинка радиусом *R* = 5 см равномерно заряжена с поверхностной плотностью заряда σ = 1,5·10–5Кл/м2. Определить напряженность поля в точке, лежащей  на расстоянии *а* = 6,0 см от пластинки на перпендикуляре к плоскости пластинки, проходящем через ее геометрический центр. Показать, что полученная формула переходит: а) в формулу напряженности поля бесконечной заряженной плоскости при  , б) в формулу для напряженности поля точечного заряда при  .



**Решение.**  Выделим на диске тонкое кольцо радиусом *r* и толщиной *dr* (Рис.3.2). На этом кольце выберем элемент длиной *dℓ*, на который опирается центральный угол *dφ*. Площадь *dS* выбранного элемента поверхности равна

.                                (3.5)

На этом элементе поверхности будет локализован точечный заряд

.                                            (3.6)

Модуль вектора напряженности электростатического поля этого заряда в точке *А*, находящейся от него на расстоянии *ℓ*, равен:

.                                        (3.7)

Разложим вектор напряженности  на параллельную оси *Оx* составляющую  и перпендикулярную этой оси составляющую .Из соображений симметрии следует, что результирующая составляющая электрического поля, направленная перпендикулярно оси, будет равна нулю:

.

Тогда вектор напряженности результирующего поля будет равен результирующей составляющей, параллельной оси *Ox*:

,                                               (3.8)

где    ,      – орт оси *Ox*.

Вектор  направлен под углом α к оси *Оx*, тогда его составляющая, направленная вдоль оси *Ox*, равна

.

Так как    ,     а    , то

                                   .                                    (3.9)

Проинтегрировав это выражение по переменной   *φ*   от 0 до 2*π*   и   по переменной  *r*  от 0 до  *R*, согласно (3.8) получим модуль *E* напряженности поля, создаваемого всем заряженным диском в точке *A*:

.             (3.10)

Для вычисления интеграла введем подстановку

,

значит, приращения  *dr* и  *du* будут связаны соотношением:

.

Тогда

.

Подставляя это выражение в (3.10), окончательно получаем для модуля напряженности

,                                    (3.11)

а с учетом направления      .                                 (3.12)

а) Если , то

,

что совпадает с модулем напряженности поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью;

2) Если  , то

.

С учетом этого выражение (3.11) переходит в

,

что совпадает с модулем напряженности поля точечного заряда *q* в точке, удаленной от него на расстояние *а*.

**Пример 3.**

Тонкое непроводящее кольцо радиусом *R* заряжено с линейной плотностью *λ* = *λ*0cos*φ*, где *λ*0 - постоянная, *φ* - азимутальный угол. Найти вектор напряженности электрического поля в центре кольца.



**Решение.** Выделим на кольце малый элемент длиной *dℓ*, на который опирается центральный угол *dφ*. Этот элемент расположен под азимутальным углом *φ* к оси *Ox* (Рис. 3.3), поэтому его заряд равен

                                    .                         (3.13)

Модуль напряженности электростатического поля этого заряда в центре кольца равен:

                                .                   (3.14)

Искомый вектор напряженности  создаваемого всем кольцом поля представим через его составляющие по осям выбранной системы координат (см. рис. 3.3):

,                                                     (3.15)

где *Ex* и *Ey* – проекции вектора  на оси соответственно *Ox* и *Oy*, которые можно вычислить как:

           и          ,

где *dEx* и *dEy* – проекции вектора  на оси соответственно *Ox* и *Oy*, равные (см. рис. 3.3):

                                              (3.16)

 =

|  |
| --- |
|  |

Интегрированием уравнений (3.16)  по переменной  *φ*  от  0  до  2*π*  получим:

                                                 .

Ey=0

|  |
| --- |
|  |

Тогда согласно (3.15) вектор напряженности  поля, создаваемого всем заряженным кольцом в его центре равен:

                      ,

а его модуль составляет                                  .

**Пример 4.**

Шар радиусом *R* имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния *r* до его центра по закону  ,  где  *ρ*0 - постоянная. Полагая диэлектрическую проницаемость шара и окружающего его пространства равной единице, найти:

1) модуль вектора напряженности электрического поля внутри и вне шара как функцию расстояния *r*;

2) максимальное значение напряженности *Emax* и соответствующее ему расстояние *rm*.

**Решение.**1. При указанном распределении заряда, как и в случае его равномерного распределения, поле является центрально-симметричным. Ясно, что при такой конфигурации поля в качестве замкнутой поверхности *S* в теореме Гаусса (гауссовой поверхности) надо взять сферу c центром в центре шара и проходящую через точку, в которой находим модуль вектора напряженности *Е* электростатического поля, удаленную от центра на расстояние *r* (радиус сферы). Согласно теоремы Гаусса для непрерывного распределения заряда по объёму *V*

,                                         (3.17)

 где *ρ* – объемная плотность заряда внутри элемента объема *dV*.

Поскольку все точки гауссовой поверхности *S* равноудалены от центра заряженного шара и в каждой из них , то

,                              (3.18)

где *Е* – модуль вектора напряженности в точке, находящейся на расстоянии r от центра шара.

При заданном распределении объемного заряда элемент объмом*dV* представляет собой узкий сферический слой радиусом *x* и толщиной *dx*. Тогда объем этого элемента равен:

,                                               (3.19)

а объемная плотность заряда внутри которого составляет:

.                                             (3.20)

Вид зависимости *Е*(*r*) для внутренних точек заряженного шара (при ) и для внешних точек (при ) будет неодинаковым.

Если , то при вычислении интеграла в правой части равенства (3.17) с учетом (3.19) и (3.20) переменная  *x*  изменяется в пределах от  0  до  *r*:

.

Подставляя это выражение и (3.18) в (3.17), получим

,

откуда зависимость *Е*(*r*) для внутренних точек заряженного шара имеет вид:

           при .                          (3.21)

Если , то при вычислении интеграла в правой части равенства (3.17) с учетом (3.19) и (3.20) переменная  *x*  изменяется в пределах от  0  до  *R*:

.

Подставляя данное выражение и (3.18) в (3.17), получим

,

откуда зависимость *Е*(*r*) для внешних точек по отношению к заряженному шару имеет вид:

           при .                          (3.22)

2. Чтобы найти максимальное значение модуля напряженности *E*max, нужно исследовать уравнение (3.21)на экстремум:

                                         (3.23)

Из уравнения (3.23) находим

.                                                  (3.24)

При  модуль напряженности электростатического поля принимает максимальное значение, так как при этом .

Значит, подставляя (3.24) в формулу (3.21), находим максимальное значение модуля напряженности *E*max:

.                              (3.25)

**Пример 5.**

Точечный заряд *q* находится в вакууме на расстоянии *ℓ* от плоской поверхности однородного изотопного диэлектрика, заполняющего все полупространство. Проницаемость диэлектрика равна *ε*. Найти: 1) поверхностную плотность связанных зарядов как функцию расстояния *r* от точечного заряда, исследовать полученный результат при  *ℓ*→0; 2) суммарный связанный заряд на поверхности диэлектрика.

**Решение.** 1. В результате поляризации диэлектрика на его поверхности возникает отрицательный связанный заряд, поверхностная плотность которого <0. По принципу суперпозиции вектор напряженности  в каждой точке поля равен:

,                                              (3.26)



где  и  – вектора напряженности полей соответственно точечного заряда *q* и связанного заряда .

Вблизи малого элемента поверхности диэлектрика, удаленного от *q* на расстояние *r* (Рис. 3.4, а), модули векторов  и  равны:

[](file:///G:\РќРћР’Р«Р•%20Р РђР—Р РђР‘РћРўРљР\РџСЂРёР»РѕР¶РµРЅРёСЏ\Электромагнетизм_1.doc#Е_точ_з)       и        [](file:///G:\РќРћР’Р«Р•%20Р РђР—Р РђР‘РћРўРљР\РџСЂРёР»РѕР¶РµРЅРёСЏ\Электромагнетизм_1.doc#Е_плоск).                                   (3.27)

Согласно условиям на границе раздела однородных изотропных диэлектриков

,                                                 (3.28)

где *Е*1*n* – нормальная составляющая вектора  в точке 1, находящейся в вакууме вблизи границы; *Е*2*n* – нормальная составляющая вектора  в точке 2, находящейся в диэлектрике вблизи границы (см. рис. 3.4, а).

В точке 1 вектора  и  направлены так, как показано на рис. 3.4, б. Тогда согласно (3.26) с учетом (3.27)

,    (3.29)

где учтено, что      и   .

В точке 2 вектора  и  направлены так, как показано на рис. 3.4, в. Тогда согласно (3.26) с учетом (3.27)

.   (3.30)

Подставив (3.29) и (3.30) в равенство (3.28), получим

,

откуда поверхностная плотность  связанных зарядов как функция расстояния *r* имеет вид:

.                                          (3.31)

При   величина , т.е. если заряд  *q*  находится на самой границе раздела, то поверхностный заряд на плоскости отсутствует.



2. Выделим на плоскости диэлектрика тонкое кольцо с центром в точке *O* радиусом  и толщиной  (Рис. 3.5). Поскольку во всех точках выделенного элемента площадью  плотность  связанного заряда одинакова, то связанный заряд  этого кольца равен:

.                                    (3.32)

Так как  , то приращения  *dr* и   будут связаны как  . С учетом этого,  подставляя (3.31) в (3.32), получим:

.

Интегрируя это выражение по переменной  *r*  от  *ℓ*  до  *∞*,  найдем суммарный связанный заряд, возникший на поверхности однородного изотропного диэлектрика:

.

**Пример 6.**

Между разноименно заряженными пластинами находится диэлектрик с диэлектрической проницаемостью *ε* = 5. Заряженные пластины стремятся сблизиться, чему препятствует находящийся между ними диэлектрик толщиной *d* = 0,001 м. Рассчитать давление, оказываемое заряженными пластинами на диэлектрик, если разность потенциалов между пластинами *U*= 200 В.

**Решение.** Давление, испытываемое поверхностью  диэлектрика, равно

,                                                   (3.33)

где *Fд* - сила давления одной из пластин на диэлектрик, *S*- площадь каждой пластины.

Модуль силы *Fд* давления одной пластины на диэлектрик равен модулю силы*F*, действующей на эту пластину c зарядом *q*1 = *q* со стороны электрического поля второй пластины c зарядом *q*2 = -*q*:

,                             (3.34)

где учтено, что величина заряда каждой пластины , σ – поверхностная плотность заряда пластин,   – модуль вектора напряженности поля второй пластины.

Модуль напряженности поля в любой точке между пластинами можно выразить с одной стороны, через поверхностную плотность *σ* заряда каждой пластины, а также через напряжение *U* между ними:

,            и              ,

где *d* – расстояние между пластинами. Из этих равенств получим:

.

Подставляя полученное выражение в (3.34), находим, что:

.

Тогда с учетом (3.33) давление, оказываемое заряженными пластинами на диэлектрик, равно:

.

Произведем вычисления:

 (Па).

**Пример 7.**

Найти электроемкость сферического конденсатора с радиусами обкладок  , и , который заполнен изотропным диэлектриком с проницаемостью, изменяющейся по закону **, где   - постоянная,  - расстояние от центра конденсатора.

**Решение.**  Электроемкость *С* конденсатора равна отношению его заряда *q* к напряжению *U* между обкладками этого конденсатора:

.                                                    (3.35)

Напряжение *U* между обкладками конденсатора равно разности потенциалов между ними, связанной с напряженностью электростатического поля так:

,                                      (3.36)

где *φ*+ – потенциал положительно заряженной обкладки радиусом *R*1;  *φ*– – потенциал отрицательно заряженной обкладки радиусом *R*2;   *Еr* – проекция вектора напряженности электростатического поля между обкладками на ось *Or*, начало которой находится в центре конденсатора (точка *О*).

Зависимость *Еr* от расстояния *r* до центра конденсатора определим с помощью теоремы Гаусса:

,

где *r* – радиус сферической гауссовой поверхности, находящейся между обкладками с центром в точке *О*;   *q* – заряд обкладки, охваченной этой гауссовой поверхностью;  ** – диэлектрическая проницаемость точек, лежащих на гауссовой поверхности.  Тогда

.

Подставим найденную зависимость в выражение (3.36) и вычислим интеграл:

.      (3.37)

Подставляя (3.37) в (3.35), находим электроемкость *С* конденсатора

.

**Пример 8.**

В плоском воздушном конденсаторе пластины находятся на расстоянии *x*1 = 0,02 м. Определить минимальную работу внешней силы, которой необходимо совершить для раздвижения пластин до *x*2 = 0,04м, если к ним приложена разность потенциалов *U* = 500 В и пластины все время подключены к источнику тока. Площадь каждой пластины  *S* = 0,01 м2.

**Решение.** Пусть на одной пластине конденсатора находится заряд *q.* Заряд этой пластины конденсатора находится в поле напряженностью , созданном зарядом другой пластины конденсатора. Следовательно, на первый заряд действует электростатическая сила, модуль которой равен:

,                                      (3.38)

где учтено, что величина заряда каждой пластины , σ – поверхностная плотность заряда пластин,   – модуль вектора напряженности поля второй пластины.

Модуль напряженности поля в любой точке между пластинами можно выразить с одной стороны, через поверхностную плотность *σ* заряда каждой пластины, а также через напряжение *U* между ними:

,            и              ,

где *x* – расстояние между пластинами. Из этих равенств получим следующее:

.                                                (3.39)

С учетом (3.39) выражение (3.38) примет вид

.                                              (3.40)

При совершении минимальной работы внешней силой  по раздвижению пластин ее величина должна быть равна модулю электростатической силы (3.40):

.                                           (3.41)

Элементарная работа *δА* внешней силы , действующей на одну обкладку, при ее малом перемещении *dx* в направлении действия этой силы относительно другой обкладки равна:

,                                       (3.42)

где учтено выражение (3.41).

Интегрируя выражение (3.42) по переменной   *x*  от  *x*1  до  *x*2, найдем минимальную работу внешней силы *А*, затраченную на раздвижение пластин:

. (3.43)

Проверим размерности правой и левой части вформуле:

                             Дж = Ф · м –1 · м2 · В2 · м –1 = Ф · В2 = Кл · В –1 · В2 = Кл · В = Дж

Размерности правой и левой частей совпадают.

Произведем  вычисления:

.

**Пример 9.**

Батарею из двух последовательно соединенных конденсаторов, электроемкости которых *C1* = 4 мкФ и *С2* = 6 мкФ, зарядили до разности потенциалов *U*= 2000 В и отключили от источника напряжения. Найти количество энергии, выделившейся при их соединении параллельно одноименно заряженными обкладками?

**Решение.** Обозначим через *W*1 энергию батареи при последовательном соединении конденсаторов, а через *W*2 при их параллельном соединении. Количество энергии *Q*, выделившейся в батареи в результате переключения конденсаторов:

.                                           (3.44)

Энергия *W*1 конденсаторов при их последовательном соединении:

,

где  *С*пос - электроемкость батареи при последовательном соединении конденсаторов *С*1 и *С*2, равная:

.

Тогда

.                                              (3.45)

В случае последовательного соединения конденсаторов их заряды  *q*1  и *q*2 одинаковы и равны:

.                                         (3.46)

При соединении конденсаторов одноименными обкладками происходит перераспределение зарядов, в результате которого на конденсаторах устанавливается одинаковое напряжение *U*пар (параллельное соединение).  Тогда

,                               (3.47)

где   - электроемкость батареи при параллельном соединении конденсаторов *С*1 и *С*2.

В соответствии с законом сохранения заряда (конденсаторы отключены от источника напряжения) алгебраическая сумма зарядов системы не изменяется:

,                                             (3.48)

где   и   – заряды соответственно первого и второго конденсаторов после их соединения параллельно.

Выразим эти заряды через их электроемкости и напряжения:

     и     

и подставим их в (3.48) с учетом (3.46):

,

откуда

.                                                  (3.49)

Подставим вражение (3.49) в (3.47) и найдем энергию *W*2:

                                             (3.50)

Для определения количества энергии *Q*, выделившейся в батареи в результате переключения конденсаторов, необходимо выражения (3.45) и (3.50) подставить в (3.44).  В результате этого:

**.

Произведем вычисление:

*=*0,192 (Дж).

**Пример 10**.

Зазор между пластинами плоского конденсатора заполнен неоднородной слабо проводящей средой, удельная проводимость которой изменяется в направлении, перпендикулярном к пластинам по линейному закону от σ1 = 1,0·10–12 См/м до σ2 = 2,0·10–12 См/м. Площадь каждой пластины *S* = 230 см2. Расстояние между пластинами *h* = 2,0 мм. Найти ток через конденсатор при напряжении на нем  *U* = 300 В.

**Решение.** Выделим в проводящей среде узкий слой *dx*, находящийся на расстоянии *x*от одной из пластин конденсатора. Сопротивление этого слоя:

,                                             (3.51)

где удельное сопротивление *ρ* среды этого слоя связано с его проводимостью *σ* как:

.

Проводимость среды линейно зависит от расстояния *x*:

.                                                  (3.52)

Так как при   значение , а при     значение   , то из (3.52) коэффициенты  *а* и  *b*  равны:

.

Тогда зависимость *σ*(*x*) принимает вид:

.                    (3.53)

С учетом  (3.53) выражение (3.51) можно представить:

                                   (3.54)

Полное сопротивление *R* среды между обкладками конденсатора получим интегрированием выражения (3.54) по переменной    *x*  от   0   *h*:

.                   (3.55)

Ток через конденсатор найдем, воспользовавшись законом Ома:

.                                       (3.56)

Произведем вычисления:

 (A).

**Пример 11.**

Длинный проводник крупного сечения радиусом *R*сделан из материала, удельное сопротивление которого зависит только от расстояния  *r*  до оси проводника ,  где *C*- постоянная. По проводнику течет ток *I*. Найти напряженность поля  *Е*  в проводнике и сопротивление единицы длины проводника.

**Решение.** Следует обратить внимание, что модуль напряженности *Е* электрического поля одинаков во всех точках данного сечения этого проводника. Выделим в некотором поперечном сечении проводника тонкий кольцевой слой, заключенный между радиусами и . Величина тока *dI*, проходящего по этому слою:

,                                        (3.57)

где  *j* – плотность тока в точках выделенного кольца;  – площадь выделенного кольцевого слоя.

По закону Ома в дифференциальной форме

,

тогда  (3.57)  с учетом заданной зависимости удельного сопротивления среды  примет вид:

.                                    (3.58)

Силу тока *I***,** проходящего через поперечное сечение проводника радиусом *R* получим интегрированием выражения (3.58) по переменной  *r*  от   0  до *R*:

,                                       (3.59)

откуда модуль напряженности Е электрического поля в проводнике составляет:

.                                                (3.60)

По закону Ома сопротивление проводника , а единицы длины проводника:

,                                           (3.61)

где *ℓ* – длина всего проводника, к концам которого приложено напряжение *U*, связанное в данном случае с напряженностью как  .

Подставляя  (3.60) в (3.61),  получаем

.

**Пример 12.**

Какой заряд пройдет по проводнику, если в течение *τ*= 10,0 с сила тока уменьшились от *I*0 = 10,0  A до *I*1 = 5,0 А. Уменьшение силы тока связано с изменением сопротивления цепи, которое равномерно возрастало в течение указанного промежутка времени. Разность потенциалов *U*, приложенная к цепи, поддерживалась постоянной.

**Решение.**  В данной задаче сопротивление цепи *R* является линейной функцией времени *t*:

,                                                (3.62)

где *R*0 - начальное сопротивление цепи, *k* - постоянная величина, выражающая скорость изменения сопротивления. Выразим зависимость силы тока *I*(*t*) по закону Ома[:](file:///G:/FZiDO-2/FZiDO%2002-OsnFormul/FZ%20OsnFormul.htm)

.                                            (3.63)

Заряд *dq*, прошедший в цепи за время  *dt*:

.                                            (3.64)

Полный заряд *q*, прошедший через поперечное сечение проводника за время *τ*, выразится интегралом

.           (3.65)

Так как                     ,     а      ,                          (3.66)

то                                          .                                                (3.67)

Подставляя (3.66) и (3.67) в формулу (3.65),получим

.

Произведем вычисления:     ** (Кл).

**Пример 13.**

По медным проводам общей длиной *ℓ* = 10 км надо передать электрическую энергию так, чтобы потери на джоулево тепло в проводящих проводaх не должны превышать 3 %передаваемой от источника энергии. Какое количество меди потребуется на подводящие провода, если энергия будет передаваться при напряжении  *U*1= 2000 B  и  *U*2= I0000 B?  Передаваемая мощность  *N =* 100 кВт. Плотность меди *D* = 8900 кг/м3 .

**Решение.**  Масса *m* медных проводов

,                                                 (3.68)

где *S* – площадь поперечного сечения подводящих проводов.

Так как потери электроэнергии в подводящих проводах не должны превышать 3 % от передаваемой энергии, следовательно, потери мощности  *N*прв подводящих проводах не должны превышать 3 % от всей мощности  *N,* т.е. *N*пр = 0,03·*N*.   С другой стороны, мощность *N*пр, выделяемая в подводящих проводах, равна

,

где  *R*пр - сопротивление подводящих проводов,  *I*пр*-* сила тока в них, равная силе тока *I* в цепи. Тогда

                                               (3.69)

Сила тока в цепи выражается через всю передаваемую [мощность *N*](file:///G:/FZiDO-2/FZiDO%2002-OsnFormul/FZ%20OsnFormul.htm) и напряжение *U*:

*.* (3.70)

[Сопротивление проводов](file:///G:/FZiDO-2/FZiDO%2002-OsnFormul/FZ%20OsnFormul.htm)   можно выразить так:

,                                                 (3.71)

где *ρ-* удельное сопротивление меди (по таблице значение *ρ* = 1,7·10 –8 Ом·м), ℓ - длина подводящих проводов, *S* - их поперечное сечение.

Подставляя формулы (3.70) и (3.71)  в (3.69), выражаем площадь сечения *S*:

,

которую подставим в выражение (3.68) и найдем массу подводящих проводов:

.

Рассчитаем массу проводов, если подаваемое напряжение *U*1= 2000 B:

 (кг).

При определении массы меди в подводящих проводах для того случая, когда напряжение равно 10 кВ,  получим результат в 25 раз меньший того, который был получен для напряжения  *U*1= 2000 B.

**Пример 14.**

Два источника электрического тока с ЭДС *ε*1 и *ε*2 включены в цепь по схеме (Рис. 3.6). Определить ЭДС источника *ε*2, если *ε*1 = 1,8 В, *R* = 1000 Oм,  *R*1 = 500 Ом,  сила тока, текущего в контуре источника *ε*2,  равна  I2 = 5·10–4  A.



**Решение.**  Выберем направления токов таким образом, как показано на рисунке стрелками. По правилам Кирхгофа для контуров ,   и узловой точки  *a* можно записать:

,                                         (3.72)

,                                         (3.73)

.

Подставляя значение *I*  в уравнения (3.72)и (3.73),получим

,                           (3.74)

                             (3.75)

Из уравнения (3.74)выражаем  *I*1:

,                                               (3.76)

подставляем  его   в (3.75)  и находим ,   *ε*2:

.

Подставляем численные значения:

=1,47(B).