

Практическое занятие по физике (часть 1) «Механика. Электростатика. Постоянный ток.»

Методические указания к практическому занятию 1

1. Проработайте материал Лекций 1, 2, 3 и примеры решения задач. В лекциях есть все необходимые для решения задач формулы.
2. Изучите примеры решения задач.
3. Решите задачи и выполните задания из раздела «Задачи для самостоятельного решения к практическому занятию».
4. Возможные способы создания файла с решениями:
 - a. напишите решения задач от руки, отсканируйте или сфотографируйте. Возможные расширения у полученного файла: *.jpg, *.bmp, *.tif, *.pdf. (Совет: если полученный файл имеет большой размер, можно перевести его для уменьшения размера в формат *.pdf)
 - b. если есть возможность, можете набрать решения в текстовом редакторе. Возможные расширения у полученного файла: *.doc, *.rtf, *.pdf.
 - c. пожалуйста, **не присылайте файлы в формате *.docx**.
5. Загрузите файл с решениями задач в систему.

Правила оформления задач:

1. Записать полностью условие задачи. Выписать все величины, входящие в условие, – столбиком и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
2. Осмыслить физическую сущность задачи, представив ее наглядно в виде четкого рисунка, на котором, хотя бы условно, указать все параметры, характеризующие явления, на основе которых построено условие задачи.
3. Указать основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи, разъяснить буквенные обозначения, употребляемые при написании формул. Векторные величины внести на чертеж. Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести. Пояснения должны быть краткими, но исчерпывающими.
4. Решить задачу сначала в общем виде, то есть в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи и взятых из таблиц.
5. Подставив в рабочую формулу размерности, убедиться в правильности размерности искомой величины.
6. Подставить в конечную формулу числовые значения. При вычислениях соблюдать правила приближенных вычислений и округлений.

Примеры решения задач

Пример 1.

Материальная точка движется вдоль оси ox . Координата точки меняется по закону: $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$. Найти координату точки в начальный момент времени (x_0), зависимость проекции скорости от времени, зависимость проекции ускорения от времени.

$$x_0 = A$$

$$v_x = \dot{x} = B + 2Ct + 3Dt^2$$

$$a_x = \dot{v}_x = 2C + 6Dt$$

Пример 2.

Материальная точка, находящаяся на ободе диска радиусом $R=5$ см вращается согласно уравнению $\varphi=15+t+0,1t^3$. Найти зависимость углового ускорения точки от времени. Найти тангенциальное и нормальное ускорение точки на окружности диска для момента времени $t=5$ с.

Решение.

Угловая скорость точки находится как производная от угла поворота φ :

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi} = (15 + t + 0,1t^3)' = 1 + 0,3t^2.$$

Угловое ускорение точки находится как производная от угловой скорости ω :

$$\varepsilon = \frac{\partial \omega}{\partial t} = \dot{\omega} = 0,6t.$$

Найдем тангенциальное и нормальное ускорение. Выразим линейную скорость точки v :

$$v = \omega R = (1 + 0,3t^2) \cdot 0,05 = 0,05 + 0,015t^2.$$

Нормальное ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(0,05 + 0,015t^2)^2}{R}.$$

Нормальное ускорение в момент времени $t=5$ с:

$$a_n = \frac{(0,05 + 0,015 \cdot 5^2)^2}{0,05} \approx 3,6 \left(\frac{м}{с^2} \right).$$

Тангенциальное ускорение

$$a_\tau = \dot{v} = (0,05 + 0,015t^2)' = 0,03t.$$

Тангенциальное ускорение в момент времени $t=5$ с:

$$a_\tau = 0,03 \cdot 5 = 0,15 \left(\frac{м}{с^2} \right).$$

Примечание: чтобы найти полное ускорение точки, нужно использовать формулу

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}.$$

Пример 3.

На тело массой $m=2$ кг действует горизонтально направленная сила $F=10$ Н. Коэффициент трения тела о горизонтальную поверхность равен $0,1$. Найти ускорение, с которым будет двигаться тело.

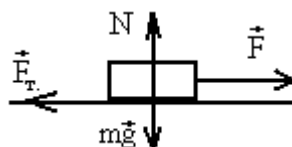
Дано:

$$m=2 \text{ кг}$$

$$F=10 \text{ Н}$$

$$\mu=0,1$$

Решение:



Найти:

$$a=?$$

По второму закону Ньютона:

$$\vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_T = m\vec{a}. \quad (1)$$

Спроектируем полученное уравнение на ось Ox :

$$F - F_T = ma. \quad (2)$$

Сила трения F_T равна

$$F_T = \mu N,$$

где N – сила реакции опоры.

Спроектируем уравнение (1) на ось Oy :

$$N - mg = 0.$$

Отсюда находим: $N = mg$.

$$F_T = \mu mg.$$

Подставим в уравнение (2):

$$F - \mu mg = ma.$$

Отсюда найдем ускорение a :

$$a = \frac{F - \mu mg}{m}.$$

Проведем численный расчет:

$$a = \frac{10 - 0,1 \cdot 2 \cdot 9,8}{2} \approx 4 \left(\frac{m}{c^2} \right).$$

Пример 4.

Конденсаторы с емкостями $C_1 = C_2 = C_4 = 2$ мкФ, $C_3 = 3$ мкФ соединены так, как показано на рисунке (рис.13а). Напряжение на обкладках 4-го конденсатора $U_4 = 50$ В. Найти общую емкость системы конденсаторов. Найти заряды и разности потенциалов на обкладках каждого конденсатора, а также общий заряд и разность потенциалов батареи.

Дано:
 $C_1 = C_2 = C_4 = 2$ мкФ
 $C_3 = 3$ мкФ
 $U_4 = 50$ В
 $C = ?$, $q = ?$, $U = ?$
 $q_1, q_2, q_3, q_4 = ?$
 $U_1, U_2, U_3 = ?$

Решение:
 Вычислим электроемкость батареи.
 Преобразуем исходную схему (рис. 13 а) в ряд эквивалентных схем (рис. 13 б, в, г). Конденсаторы C_2 и C_3 соединены последовательно:

$$\frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3},$$

$$C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = 1,2 (\text{мкФ}).$$

Эквивалентный конденсатор C_{23} соединен с конденсатором C_4 параллельно, поэтому:

$$C_{234} = C_{23} + C_4 = 1,2 + 2 = 3,2 (\text{мкФ}).$$

Эквивалентный конденсатор C_{234} соединен последовательно с конденсатором C_1 :

$$C = \frac{C_1 C_{234}}{C_1 + C_{234}} = \frac{2 \cdot 3,2}{2 + 3,2} = 1,23 (\text{мкФ}).$$

Заряд на конденсаторе связан с разностью потенциалов (напряжением) между его обкладками, поэтому:

$$q_4 = C_4 U_4 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 50 \text{ В} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 100 \text{ мкКл}.$$

При параллельном соединении напряжения на конденсаторах одинаковые, поэтому:

$$U_{234} = U_{23} = U_4 = 50 \text{ В}.$$

При последовательном соединении заряд на каждом из конденсаторов одинаковый, то есть:

$$q_2 = q_3 = q_{23} = C_{23} U_{23} = 1,2 \cdot 50 = 60 (\text{мкКл}).$$

Зная заряды, найдем напряжения:

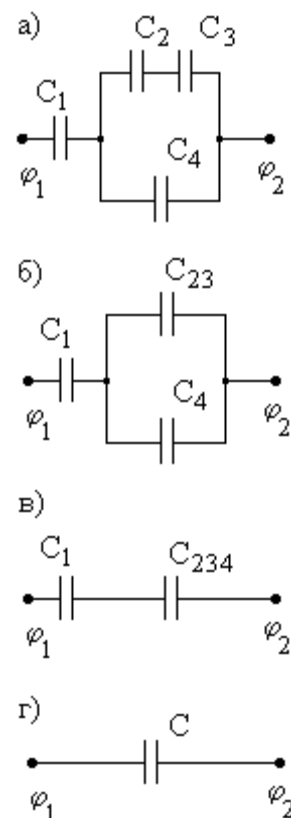


Рис.13

$$U_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{60 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 30 \text{ В},$$

$$U_3 = \frac{q_3}{C_3} = \frac{60 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 20 \text{ В}.$$

Общий заряд q равен заряду первого конденсатора q_1 , который равен заряду эквивалентного конденсатора C_{234} , который в свою очередь равен сумме зарядов конденсаторов C_{23} и C_4 :

$$q = q_1 = q_{234} = q_{23} + q_4 = 60 \text{ мкКл} + 100 \text{ мкКл} = 160 \text{ мкКл}$$

Напряжение на первом конденсаторе:

$$U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{160 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 80 \text{ В}.$$

Общее напряжение или разность потенциалов батареи:

$$U = \frac{q}{C} = \frac{160 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{1,23 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 130 \text{ В}.$$

Ответ: $C = 1,23 \text{ мкФ}$, $q = 160 \text{ мкКл}$, $U = 130 \text{ В}$,

$q_1 = 160 \text{ мкКл}$, $q_2 = q_3 = 60 \text{ мкКл}$, $q_4 = 100 \text{ мкКл}$,

$U_1 = 80 \text{ В}$, $U_2 = 30 \text{ В}$, $U_3 = 20 \text{ В}$.

Пример 5.

В данной схеме (рис.17) батарея с ЭДС равной $E = 100 \text{ В}$, $R_1 = R_3 = 40 \text{ Ом}$, $R_2 = 80 \text{ Ом}$, $R_4 = 34 \text{ Ом}$. Найти силу тока, текущего через сопротивление R_2 и падение напряжения на этом сопротивлении. Сопротивлением батареи пренебречь.

Дано:
 $E = 100 \text{ В}$
 $r = 0$
 $R_1 = R_3 = 40 \text{ Ом}$
 $R_2 = 80 \text{ Ом}$
 $R_4 = 34 \text{ Ом}$
 $I_2 = ?$
 $U_2 = ?$

Решение:
 По закону Ома для замкнутой цепи:

$$I = I_4 = \frac{E}{R + r} = \frac{E}{R},$$

где: R – полное сопротивление цепи.

Резисторы R_1 , R_2 , R_3 соединены параллельно и все вместе последовательно с R_4 .

При параллельном соединении падение потенциала на каждом резисторе одинаковое, т.е. $U_1 = U_2 = U_3$; а сопротивление:

$$R_{123} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}.$$

Подстановка данных даёт $R_{123} = 16 \text{ Ом}$.

Полное сопротивление цепи:

$$R = R_{123} + R_4 = 16 + 34 = 50 \text{ (Ом)}.$$

По закону Ома $I = \frac{E}{R}$, получим $I = 2 \text{ А}$. Но:

$$E = I \cdot R = I(R_{123} + R_4) = I \cdot R_{123} + I \cdot R_4 = U_2 + I \cdot R_4, \quad U_2 = E - I \cdot R_4.$$

После подстановки числовых данных получим: $U_2 = 32 \text{ В}$.

Сила тока, текущего через сопротивление R_2 :

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}, \quad I_2 = 0,4 \text{ А}.$$

Ответ: $U_2 = 32 \text{ В}$, $I_2 = 0,4 \text{ А}$.

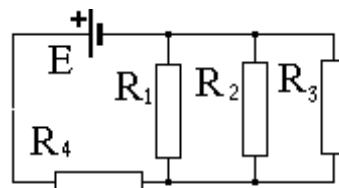
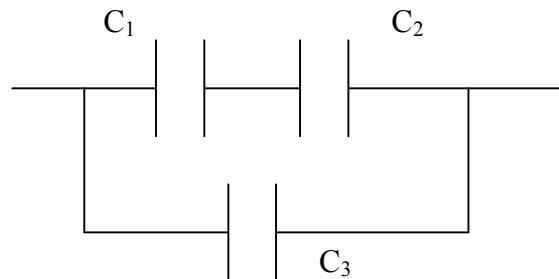


Рис. 17

Задачи для самостоятельного решения

1. Масса тела 1 т. На тело действует горизонтальная сила 5 кН. Коэффициент трения равен 0,2. Найти ускорение, с которым будет двигаться тело.
2. Что такое сила трения? Как она направлена? Каким образом можно уменьшить трение в механизмах?
3. Материальная точка, находящаяся на ободе диска радиусом $R=80$ см вращается согласно уравнению $\varphi=30+0,2t+0,01t^3$, где φ - угол поворота. Найти зависимость углового ускорения точки от времени. Найти тангенциальное и нормальное ускорение точки на окружности диска для момента времени $t=1$ с. Как направлено нормальное ускорение?
4. Конденсаторы соединены так, как показано на рисунке. Емкости $C_1 = 5$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $C_3 = 4$ мкФ. Общее напряжение на системе конденсаторов $U = 50$ В. Найти общую емкость системы.



5. Что такое работа? В каких единицах измеряется? Может ли работа быть отрицательной?