

Условия задач. Теоретический тур.

1. В большой теплоизолированный сосуд, первоначально находящийся при температуре $t_c = 20^\circ\text{C}$, порциями по $m = 100$ г вливают горячую воду, находящуюся при температуре $t_n = 80^\circ\text{C}$. После добавления каждой порции дожидаются установления теплового равновесия, после чего измеряют температуру воды в сосуде t_n . В таблице даны значения этих установившихся температур, в зависимости от числа n влитых порций воды.

1) Найдите примерный вид теоретической зависимости температуры t_n от числа добавленных порций n .

2) Используя приведенные экспериментальные данные, проверьте справедливость полученной вами формулы.

3) Объясните возможные причины полученных отклонений теоретических и экспериментальных значений.

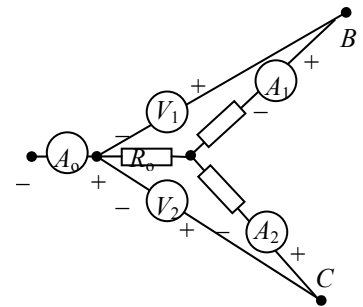
4) Определите теплоемкость сосуда, с которым проводился эксперимент.

Удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C)

n	1	2	3	4	5	6
$t_n, ^\circ\text{C}$	34	43	51	54	57	61

2. Два одинаковых шара A и B связаны легкой нерастяжимой нитью AB длиной $L_1 = 0,5$ м. Шар A с помощью нити AO , длина которой $L_2 = 1,0$ м, прикреплен к оси O , перпендикулярной плоскости рисунка. Шары вращаются с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ с⁻¹ вокруг оси O . Когда нити AO и AB расположились горизонтально, нить AB разорвалась, а через один оборот (нить AO опять приняла горизонтальное положение) разорвалась нить AO . На какие высоты поднялись шары A и B ?

3. На рисунке показана схема участка электрической цепи. Известно, что сопротивление резистора $R_0 = 2$ Ом. Показания приборов следующие:



4. Дельфин плывет под водой с постоянной горизонтально направленной скоростью v_0 и издает серию коротких ультразвуковых импульсов, временной интервал между которыми τ_0 . Эти импульсы отражаются от вертикальной скалы и возвращаются к дельфину.

С каким интервалом будет слышать дельфин эти импульсы?

Решение задач.

Решение 1. Уравнение теплового баланса для рассматриваемой системы имеет вид

$$C(t_n - t_c) = ncm_o(t_n - t_n), \quad (1)$$

из которого следует искомая зависимость температуры от числа влитых порций горячей воды

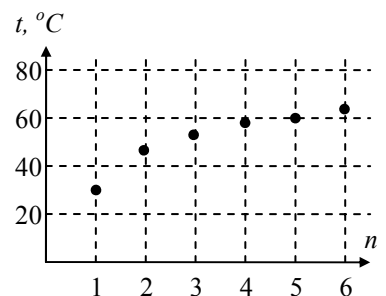


Рис. 1

$$t_n = \frac{ncm_o t_n + Ct_c}{ncm_o + C}. \quad (2)$$

Проверить непосредственно справедливость формулы (2) затруднительно (рис. 1), поэтому приведем зависимость (1) к линейному виду, удобному для проверки

$$\frac{t_n - t_c}{t_n - t_n} = n \frac{cm_o}{C}. \quad (3)$$

График такой зависимости близок к прямой (рис. 2), что, во-первых, подтверждает справедливость уравнения теплового баланса, во-вторых, позволяет найти коэффициент наклона, на основании которого легко определить неизвестную теплоемкость сосуда.

Так из графика следует, что упомянутый коэффициент наклона равен $a = 0,36$. С другой стороны, из формулы (2) следует, что этот коэффициент равен $\frac{cm_o}{C}$. Следовательно,

теплоемкость сосуда равна $C = \frac{cm_o}{a} \approx 1200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ \text{C})$.

Основными причинами, которые приводят к отклонению экспериментальных данных от теоретической зависимости, являются погрешности измерений и пренебрежение потерями теплоты.

Решение 2. В момент отрыва первый шар имел скорость $v_B = \omega(L_1 + L_2)$, направленную вертикально вверх. Следовательно, он поднимется на высоту

$$H_B = \frac{v_B^2}{2g} = \frac{(\omega(L_1 + L_2))^2}{2g} \approx 11,5 \text{ м.}$$

В момент отрыва второй шар имел скорость $v_A = \omega L_2$, также направленную вертикально вверх. Следовательно, он поднимется на высоту

$$H_A = \frac{v_A^2}{2g} = \frac{(\omega L_2)^2}{2g} \approx 5,1 \text{ м.}$$

В «совместном» полете в момент отрыва центр масс шаров имел скорость $v_c = \omega(L_2 + L_1/2)$, поэтому он поднимется на высоту

$$H_C = \frac{v_c^2}{2g} = \frac{(\omega(L_2 + L_1/2))^2}{2g} \approx 8,0 \text{ м.}$$

В процессе движения шары будут вращаться с угловой скоростью $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$.

Решение 3. Из закона сохранения заряда следует, что сила тока, проходящего через амперметр A_o равна

$$I_o = I_1 + I_2 = 4,0 \text{ А.}$$

Напряжение на вольтметре V_1 равно

$$U_1 = (I_1 + I_2)R_o + I_1 R_1 \Rightarrow R_1 = \frac{U_1 - (I_1 + I_2)R_o}{I_1} \approx 3,0 \text{ Ом.}$$

Абсолютно аналогично рассчитывается второе неизвестное сопротивление

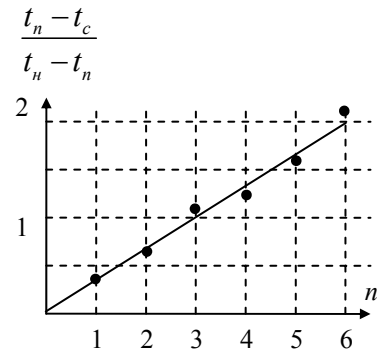


Рис. 2

$$U_2 = (I_1 + I_2)R_o + I_2R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{U_2 - (I_1 + I_2)R_o}{I_2} \approx 5,0 \text{ Ом}.$$

При подключении вольтметра к точкам BC , в зависимости от полярности подключения, его показания будут равны

$$U_{BC} = \pm(U_1 - U_2) = \pm 4,0 \text{ В}.$$

Решение 4. За время между двумя последовательно испущенными импульсами дельфин сместится на расстояние $v_o\tau_o$, передний импульс пройдет за тоже время расстояние $c\tau_o$. Следовательно, расстояние между двумя последовательно испущенными импульсами в воде будет равно

$$l = (c - v_o)\tau_o.$$

Это расстояние остается неизменным и после отражения импульсов. Учитывая, что после отражения импульсы и дельфин движутся навстречу друг другу, найдем время между регистрациями этих импульсов

$$\tau = \frac{l}{c + v_o} = \tau_o \frac{c - v_o}{c + v_o}.$$