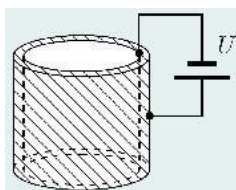


Второй (заключительный) этап олимпиады школьников
«Шаг в будущее» для 8-10 классов по общеобразовательному предмету
«Физика», 8 класс, весна 2018 г.

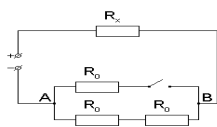
Вариант №16

1. (20 баллов) В сообщающихся сосудах находится ртуть. Площадь сечения одного сосуда в два раза больше площади другого. Широкий сосуд доливают водой до края. На сколько сантиметров поднимется уровень ртути в другом сосуде? Первоначально уровень ртути был расположен на $h = 36,8$ см ниже верхнего края сосуда. Плотность ртути в **13,6 раз** больше плотности воды.



2. (20 баллов) Пространство между двумя коаксиальными металлическими цилиндрами заполнено водой, находящейся при температуре $t_0 = 20$ °С (рис.). Расстояние между цилиндрами равно **1 мм** и значительно меньше их радиусов. Цилиндры подключают к источнику постоянного напряжения $U = 42$ В. Через какое время вода между цилиндрами закипит?

Теплоёмкостью цилиндров и потерями теплоты пренебречь. Атмосферное давление нормальное. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг × °С), удельное электрическое сопротивление воды $r = 3200$ Ом•м



3. (20 баллов) На участке АВ в цепи мощность тока одинакова независимо от того, замкнут или разомкнут ключ. Каково сопротивление R_0 , если $R_x = 46,19$ Ом, а напряжение в цепи можно считать постоянным?



4. (20 баллов) На платформе стоит массивный куб. Подсунув под куб плоский лом, выступающий за край платформы на три четверти своей длины, и приложив вертикально вниз к противоположному концу лома силу F , куб приподнимают. Масса лома m . Найдите массу лома той же длины, который приподнимал бы куб только за счет собственного веса. Ускорение свободного падения считать данным.

5. (20 баллов) Мальчик поднимается в гору со скоростью **1 м/с**. Когда до вершины остается идти **100 м**, мальчик отпускает собаку, и она начинает бегать между мальчиком и вершиной горы. Собака бежит к вершине со скоростью **3 м/с**, а возвращается к мальчику со скоростью **5 м/с**. Какой путь успеет пробежать собака до того, как мальчик достигнет вершины?

Решения и критерии оценивания варианта №15, 8 класс

1. В сообщающихся сосудах находится ртуть. Площадь сечения одного сосуда в два раза больше площади другого. Широкий сосуд доливают водой до края. На сколько сантиметров поднимется уровень ртути в другом сосуде? Первоначально уровень ртути был расположен на $h = 36,8$ см ниже верхнего края сосуда. Плотность ртути в **13,6 раз** больше плотности воды.

Решение.

В широкий сосуд придется долить воды высотой

$$h + h_1, (1)$$

где h_1 – это высота опускания ртути в широком сосуде. При этом ртуть, по отношению к своему первоначальному положению, поднимется на высоту h_2 .

Высоты h_1 и h_2 свяжем, воспользовавшись равенством объемов ртути, в силу ее не сжимаемости

$$h_1 S_1 = h_2 S_2, (2)$$

так как, по условию задачи

$$S_1/S_2 = 2,$$

то

$$h_2 = 2h_1. (3)$$

Давление, создаваемое водой в широком сосуде будет равно давлению ртути в узком сосуде

$$\rho_v g(h + 2h_2) = \rho_p g(h_2/2 + h_2). (4)$$

Отсчет высоты ведется от нижнего уровня ртути в широком сосуде. Решим последнее уравнение относительно искомой высоты.

$$\rho_v h + 2\rho_v h_2 = (3/2)\rho_p h_2. (5)$$

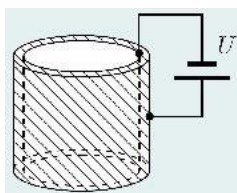
Откуда

$$h_2 = \rho_v h / ((3/2)\rho_p - 2\rho_v). (6)$$

После вычисления $h_2 = 2$ см.

Критерии оценивания задания 1

- каждый пункт 1-6 – 3 балла.



2. Пространство между двумя коаксиальными металлическими цилиндрами заполнено водой, находящейся при температуре $t_0 = 20$ °С (рис.). Расстояние между цилиндрами равно **1 мм** и значительно меньше их радиусов. Цилиндры подключают к источнику постоянного напряжения $U = 42$ В. Через

какое время вода между цилиндрами закипит? Теплоёмкостью цилиндров и потерями теплоты пренебречь. Атмосферное давление нормальное. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоёмкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг} \times \text{°C)}$, удельное электрическое сопротивление воды $r = 3200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Решение

Электрическое сопротивление слоя воды можно рассчитать по формуле $R = rd/S = rd/(lh)$, (1)

где d – расстояние между цилиндрами, S – площадь поверхности контакта, l – длина окружности цилиндров, h – высота цилиндров, r – удельное электрическое сопротивление воды.

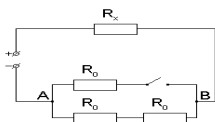
Согласно закону Джоуля-Ленца количество теплоты, выделившейся при прохождении электрического тока, равно

$Q = U^2\tau/R = U^2lh\tau/(rd)$, (2) где τ – время прохождения тока. Этого количества теплоты должно хватить для нагревания воды: $Q = mc\Delta t = c\rho lhd\Delta t$. (3)

Приравнивая выражения (3) и (2), находим время нагревания $\tau = cr\rho d^2\Delta t/U^2 \approx 609 \text{ с}$.

Критерии оценивания задания 2

- каждое уравнение 1-3 – 4 балла,
- записано уравнение (2)=(3) = 14 баллов,
- за верно полученную в общем виде формулу 18 баллов



3. На участке АВ в цепи мощность тока одинакова независимо от того, замкнут или разомкнут ключ. Каково сопротивление R_0 , если $R_x = 46,19 \text{ Ом}$, а напряжение в цепи можно считать постоянным?

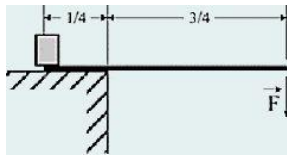
Решение:

$$P_{\text{разомкн}} = I_1^2 \cdot 2R_0, P_{\text{замкн}} = I_1^2 \cdot \frac{2}{3}R_0, \text{ при этом } I_1 = \frac{U}{R_x + 2R_0}, \text{ а } I_2 = \frac{U}{R_x + \frac{2}{3}R_0}$$

Решая полученную систему уравнений, зная, что мощности при разомкнутом и при замкнутом ключе одинаковы, получаем $R_x = \frac{2R_0}{\sqrt{3}}$, откуда $R_0 = \frac{\sqrt{3}R_x}{2} \approx 40 \text{ Ом}$

Критерии оценивания задания 3

- каждое верно записанное уравнение системы (*) – 4 балла,
- верно решенная система – 18 баллов.

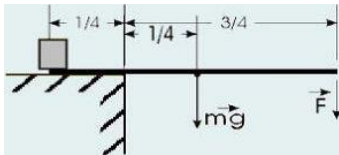


4. На платформе стоит массивный куб. Подсунув под куб плоский лом, выступающий за край платформы на три четверти своей длины, и приложив вертикально вниз к противоположному концу лома силу F , куб приподнимают. Масса лома m . Найдите массу лома той же длины, который приподнимал бы куб только за счет собственного веса. Ускорение свободного падения считать данным.

Решение

Напишем равенство моментов:

$$M_1 = M_2 + M_3,$$



где M_1 – момент, создаваемый кубом, а M_2 и M_3 – ломом и силой F .

Стоит отметить, что решение задачи не зависит от конкретного расположения центра масс куба относительно лома.

$$M_1 = mg \times l/4 + F \times 3l/4,$$

для другого лома:

$$M_1 = m'g \times l/4,$$

тогда:

$$m'g \times l/4 = mg \times l/4 + F \times 3l/4$$

$$m'g = mg + 3F$$

Ответ: $m' = m + 3F/g$.

Критерии оценивания задания 4

- сделан динамический чертёж с указанием всех сил – 4 балла,
- записано правило моментов – 4 балла для каждого лома,

5. Мальчик поднимается в гору со скоростью 1 м/с . Когда до вершины остается идти 100 м , мальчик отпускает собаку, и она начинает бегать между мальчиком и вершиной горы. Собака бежит к вершине со скоростью 3 м/с , а возвращается к мальчику со скоростью 5 м/с . Какой путь успеет пробежать собака до того, как мальчик достигнет вершины?

Решение

Пусть скорость мальчика равна v , скорость собаки вверх – v_1 , вниз – v_2 .

Отношение пути S_c , который пробегает собака в течение одного своего пробега туда и обратно, к пути S , который за это время проходит мальчик, постоянно (зависит только от скоростей). (Это можно получить как из последующих вычислений, так и из графических соображений).

Путь, который пробегает собака за один такой пробег, уменьшается до нуля по мере подхода мальчика к вершине. Поэтому искомый полный путь собаки равен

$$100 \text{ м} \times S_c/S,$$

т.к. полный путь мальчика **100 м**.

Пусть в момент очередной встречи собаки с мальчиком их отделяет от вершины расстояние **L**, **τ** – время до следующей встречи. Время, за которое собака добежит до вершины равно **L/v_1** . Следовательно, собака возвращается от вершины до мальчика за время

$$\tau - L/v_1.$$

Собака бежит до вершины расстояние **L**, затем возвращается на расстояние

$$v_2(\tau - L/v_1).$$

Мальчик при этом проходит расстояние **$v\tau$** .

$$v\tau = L - v_2(\tau - L/v_1).$$

Отсюда

$$\tau = L(1 + v_2/v_1)/(v + v_2) = 4L/9.$$

$$S_c/S = (L + v_2(\tau - L/v_1))/(v\tau) = 7/2.$$

Ответ: $S_c = 350 \text{ м}$

Критерии оценивания задания 5

- каждый пункт 1-7 – 2 балла