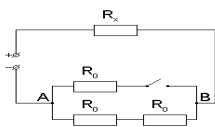


Второй (заключительный) этап олимпиады школьников
«Шаг в будущее» для 8-10 классов по общеобразовательному предмету
«Физика», 8 класс, весна 2018 г.

Вариант №15

1. (20 баллов) Алюминиевая проволока диаметром $d = 2,5$ мм покрыта льдом. Общий диаметр проволоки со льдом равен $D = 3,5$ мм. Температура льда и проволоки $t = 0$ °С. По проволоке пустили ток силой $I = 15$ А. За какое время лёд растает? Плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,9$ г/см³, а его удельная теплота плавления $\lambda = 340$ кДж/кг. Удельное сопротивление алюминия $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

2. (20 баллов) Из двух полушарий, сделанных из разных материалов, склеили шар. Массы половинок отличаются в два раза. Шар плавает в воде, погрузившись ровно наполовину. Найдите плотность материала тяжелой половинки.



3. (20 баллов) На участке АВ в цепи мощность тока одинакова независимо от того, замкнут или разомкнут ключ. Каково сопротивление R_x , если $R_0 = 40$ Ом, а напряжение в цепи можно считать постоянным?

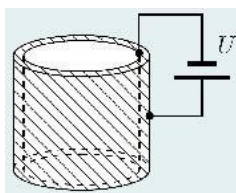
4. (20 баллов) С края шероховатого стола свешивается однородная нерастяжимая веревка длиной **30 см**. Известно, что она находится в равновесии, если длина ее висящей части не превышает **10 см**. К висящему концу привязывают бантик из такой же веревки длиной **6 см**. Затем ее кладут на стол так, что она снова находится в равновесии. Какова длина той части веревки, которая лежит на столе?

5. (20 баллов) Васе руководитель кружка «Эксперимент на олимпиадах» поручил экспериментально определить число витков намотанных на магнитофонную бобину. С помощью линейки Вася определил радиус магнитофонной бобины (с пленкой) он оказался равен **R**, а радиус (без пленки) – **r**. От одноклассника он узнал скорость движения ленты **v**, а время полного проигрывания он и сам знал **t**. Рассчитайте число намотанных витков на бобину воспользовавшись данными эксперимента, который провёл Вася.

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

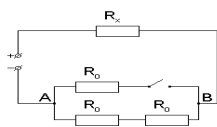
Вариант №16

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.

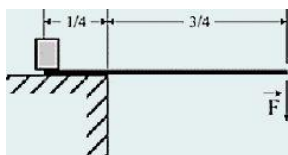


2. (20 баллов) Пространство между двумя коаксиальными металлическими цилиндрами заполнено водой, находящейся при температуре $t_0 = 20$ °С (рис.). Расстояние между цилиндрами равно **1 мм** и значительно меньше их радиусов. Цилиндры подключают к источнику постоянного напряжения $U = 42$ В. Через какое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

За каждую верно решенную задачу учащийся получает 20 баллов. За арифметическую ошибку снимается 2 балла.

1. Алюминиевая проволока диаметром $d = 2,5$ мм покрыта льдом. Общий диаметр проволоки со льдом равен $D = 3,5$ мм. Температура льда и проволоки $t = 0$ °С. По проволоке пустили ток силой $I = 15$ А. За какое время лёд растает? Плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,9$ г/см³, а его удельная теплота плавления $\lambda = 340$ кДж/кг. Удельное сопротивление алюминия $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Решение:

При прохождении тока через проволоку в ней выделяется теплота, равное по закону Джоуля-

$$Q = I^2 R \tau$$

Ленца, где τ — искомое время таяния льда, а R — сопротивление проволоки. Это

сопротивление, согласно известной формуле, равно $R = \rho l / S = 4\rho l / \pi d^2$ (здесь l — длина проволоки, S — площадь её поперечного сечения). Это количество теплоты расходуется на

плавление льда: $Q = \lambda m$. Масса льда m равна произведению его плотности на

$$m = \rho V = \rho (1/4) \pi (D^2 - d^2) l$$

объём:

Приравнявая полученные выражения для количеств теплоты, окончательно олучаем:

$$\tau = \lambda \rho \pi^2 d^2 (D^2 - d^2) / (16 I^2 \rho) \approx 19$$

Ответ: 19 с.

Критерии оценивания задания 1

- верно записан закон Дж-Ленца – 2 балла,
- получено выражение для расчёта сопротивления – 2 балла,
- получено выражение для расчёта массы льда – 5 баллов,
- получено итоговое выражение – 15 баллов,
- получена итоговая формула для расчёта времени – 18 баллов.

2. Из двух полушарий, сделанных из разных материалов, склеили шар. Массы половинок отличаются в два раза. Шар плавает в воде, погрузившись ровно наполовину. Найдите плотность материала тяжелой половинки.

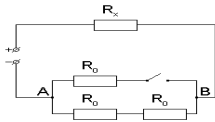
Решение

Так как объемы полушарий равны, а масса второй половинки в 2 раза больше массы первой, то плотность второй половинки в 2 раза больше плотности первой: $\rho_2 = 2\rho_1$. Пусть M - масса шара, V - его объем, тогда справедливо равенство: $M = \frac{\rho_1 V}{2} + \frac{\rho_2 V}{2} = \frac{\rho_1 V}{2} + \frac{2\rho_1 V}{2} = \frac{3\rho_1 V}{2}$

Поскольку тело плавает, погрузившись ровно наполовину, то сила Архимеда равна силе тяжести: $\rho_2(V/2)g = (3/2)\rho_1 Vg$. Отсюда $\rho_1 = \rho_2/3 = 1000/3 \approx 333$ кг/м³, $\rho_2 = 2\rho_1 \approx 667$ кг/м³.

Критерии оценивания задания 2

- получено соотношение между плотностями – 4 балла,
- получено выражение для массы – 8 баллов,
- сделан динамический чертёж с расставленными силами – 2 балла,
- записано условие равновесия – 4 балла,
- найдена каждая плотность – 10 баллов.



3. На участке АВ в цепи мощность тока одинакова независимо от того, замкнут или разомкнут ключ. Каково сопротивление R_x , если $R_0 = 40$ Ом, а напряжение в цепи можно считать постоянным?

Решение:

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

Решая полученную систему уравнений, зная, что мощности при разомкнутом и при замкнутом ключе одинаковы, получаем $R_x = \frac{2R_0}{\sqrt{3}} = 46,19$ Ом

Критерии оценивания задания 3

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

4. С края шероховатого стола свешивается однородная нерастяжимая веревка длиной **30 см**. Известно, что она находится в равновесии, если длина ее висящей части не превышает **10 см**. К висящему концу привязывают бантик из такой же веревки длиной **6 см**. Затем ее кладут на стол так, что она снова находится в равновесии. Какова длина той части веревки, которая лежит на столе?

Решение

1) Для того, чтобы веревка была в покое, необходимо чтобы сила трения действовала на **2/3** ее длины, на столе находится **20 см**.

2) Если привязать бантик длиной **6 см** к висящему концу, то масса веревки увеличится в **36 см/30 см = в 1,2** раза.

3) Следовательно, для уравнивания веревки на столе должна быть часть веревки также большей в **1,2 раза**.

Тогда $1,2 \times 20 \text{ см} = 24 \text{ см}$.

Критерии оценивания задания 4

- каждый пункт 1-3 – 6 баллов.

5. Васе руководитель кружка «Эксперимент на олимпиадах» поручил экспериментально определить число витков намотанных на магнитофонную бобину. С помощью линейки Вася определил радиус магнитофонной бобины (с пленкой) он оказался равен R , а радиус (без пленки) – r . От одноклассника он узнал скорость движения ленты v , а время полного проигрывания он и сам знал t . Рассчитайте число намотанных витков на бобину воспользовавшись данными эксперимента, который провёл Вася.

Решение.

Площадь боковой поверхности бобины с пленкой

$$S = \pi R^2, \quad (1)$$

площадь боковой поверхности бобины без пленки

$$S_1 = \pi r^2, \quad (2)$$

тогда площадь боковой поверхности которую занимает пленка

$$\Delta S = S - S_1 = \pi(R^2 - r^2). \quad (3)$$

С другой стороны площадь боковой поверхности ленты равна

$$\Delta S = L \times d, \quad (4)$$

где толщина пленки равна

$$d = (R - r)/N, \quad (5)$$

N число намотанных витков,

$$L = v \times t. \quad (6)$$

Тогда приравняв

$$v \times t \times (R - r)/N = \pi(R^2 - r^2), \quad (7)$$

выразим искомое число витков

$$N = v \times t \times (R - r)/(\pi(R^2 - r^2)) = vt/(\pi(R - r)).$$

Критерии оценивания задания 5

- каждый пункт 1-7 – 2 балла,

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

$$\rho_w g(h + 2h_2) = \rho_r g(h_2/2 + h_2). (4)$$

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

$$\rho_w h + 2\rho_w h_2 = (3/2)\rho_r h_2. (5)$$

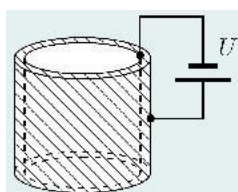
Откуда

$$h_2 = \rho_w h / ((3/2)\rho_r - 2\rho_w). (6)$$

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.

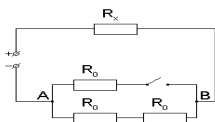
Согласно закону Джоуля-Ленца количество теплоты, выделившейся при прохождении электрического тока, равно

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

Приравняв 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?

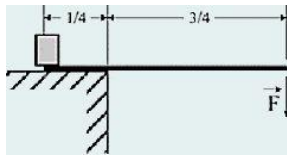
Решение:

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

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.

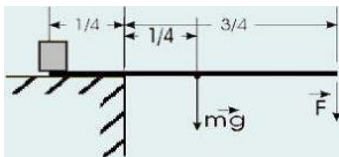


4. На платформе стоит массивный куб. Подсунув под куб плоский лом, выступающий за край платформы на три четверти своей длины, и приложив вертикально вниз к противоположному концу лома силу F , куб приподнимают. Масса лома m . Найдите массу лома той же длины, который приподнимал бы куб только за счет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