

**Решения заданий заключительного этапа
олимпиады «Бельчонок» по физике
9 класс
Вариант 1**

Задача 1

С двадцать пятого этажа здания было сброшено яблоко. Когда сброшенное яблоко поравнялось с двадцать четвертым этажом, было сброшено второе яблоко с этого этажа, а когда второе с двадцать третьим, было сброшено третье с соответствующего этажа. Какое расстояние будет между первым и последним яблоком в момент удара первого о землю. Расстояние между этажами 3 м. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Решение:

Время падения первого яблока с 25 го этажа до 24го $t_{24} = \sqrt{(2h/g)} = 0.78\text{с}$

Время падения второго яблока с 24 этажа до 23 этажа также 0.78 с. Тогда время, через которое вылетит последнее яблоко с 23 этажа равно $t = 1.56\text{с}$

Полное время падения первого яблока $t_{25} = \sqrt{(2H/g)} = 3.9\text{с}$.

Тогда время полёта последнего яблока, до момента падения первого на землю $\Delta t = t_{25} - t = 2.35\text{с}$.

За это же время Δt последнее яблоко пролетит $h_1 = g\Delta t^2/2 = 27\text{ м}$.

Тогда искомая величина $S = h - h_1 = 69\text{м} - 27\text{м} = 42\text{м}$.

Ответ $S = 42\text{м}$.

Задача 2

В большой емкости с теплой водой плавает льдинка температурой 0°C и массой 0,0850 кг. Внутри нее находится маленький шарик радиусом 2 мм из железа. Сколько расплавится льда, до момента, когда он начнет тонуть? Удельная теплота плавления льда $3,4 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$. Плотность железа 7800 кг/м^3 . Плотность льда 916 кг/м^3

Решение:

Льдинка начнет тонуть, если средняя плотность льда вместе с шариком станет равной или больше плотности воды. Пусть m_l – масса оставшегося льда, а $m_{ш}$ – масса шарика, тогда объем оставшегося куска $V = m_l/\rho_l + m_{ш}/\rho_{ш}$ Средняя плотность куска льда с шариком $\rho_{ср}$

$$\rho_{ср} = \frac{m_l + m_{ш}}{V} = \frac{m_l + m_{ш}}{m_l/\rho_l + m_{ш}/\rho_{ш}} = \rho_v$$

$$m_l = m_{ш} \frac{\rho_v/\rho_l - 1}{1 - \rho_v/\rho_l}$$

$$m_{ш} = \rho V = (\rho 4\pi R^3)/3$$

Значит масса растаявшего льда $m_p = m - m_l$

Подставив данные из условия, получаем, что $m_p = 0,0838$

Задача 3

На нихромовом стрержне длиной 5 м находятся два неподвижных контакта на расстоянии 1 м друг от друга. Контакты подключены к источнику тока через амперметр. Во сколько раз

изменится сила тока, проходящая через амперметр, если стержень согнуть в кольцо и замкнуть. Сопротивление подводящих проводников и контактов пренебрежимо мало.

Решение:

До замыкания в кольцо сила тока I_1 определяется соотношением

$$I_1 = US/\rho l_1,$$

где l_1 -расстояние между контактами. После замыкания в кольцо сопротивление изменится и будет определяться как:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\rho l_1 l_2}{S(l_1 + l_2)}$$

Сила тока I_2 запишется из закона Ома для участка цепи:

$$I_2 = \frac{US(l_1 + l_2)}{\rho l_1 l_2}$$

Отношение токов $I_1/I_2 = l_2/(l_1 + l_2)$

Подставив данные из условия, получаем, что $I_1/I_2 = 0,8$

Задача 4

В ведро с 3 литрами воды температурой 20 °С опустили кипятильник, состоящий из четырех нагревательных элементов, соединенных параллельно. Номинальная мощность каждого элемента 300 Вт. Кипятильник подключен к источнику тока. Сколько времени потребуется, для того чтобы вскипятить воду, если каждые 5 минут выходит из строя один нагревательный элемент? Теплоемкость воды c_v 4200 Дж/кг °С

Решение:

Сначала выясним, закипит ли вода:

Полное количество теплоты, выделяющееся в кипятильнике является суммой количеств теплоты, выделяющегося на каждом из пяти элементов: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

Или переписав это выражение через мощность ($Q = Pt$) получаем $Q = P_1 t + P_2 t + P_3 t + P_4 t$

Отсюда:

$$Q = t(P_1 + P_2 + P_3 + P_4).$$

Мощность одного элемента $P_0 = P_1/4$ или $P_1/P_0 = 0,25$, где P_1 -мощность всего кипятильника 1200 Вт.

Тогда можно записать:

$$Q = P_1 t(1 + 0,75 + 0,5 + 0,25) = 2,5 P_1 t$$

Подставив данные из условия, получаем, что $Q = 0,9 \cdot 10^6$ Дж

На то, чтобы вскипятить 10 литров воды требуется количество теплоты $Q_v = cm\Delta t$

Подставив данные из условия, получаем, что $Q_v = 10^6$ Дж

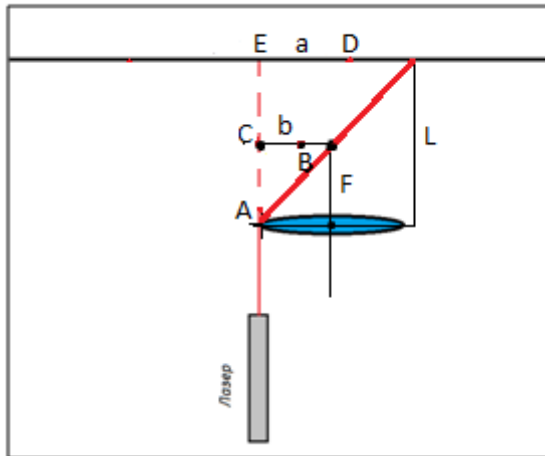
Поскольку $Q_v > Q$ вода не успеет закипеть, когда выйдет из строя последний нагревательный элемент

Задача 5

На экран, перпендикулярно поверхности попадает луч лазера (Рис. 1). Параллельно стене, на расстоянии 50 см от нее катится тонкая линза со скоростью 5 м/с так, что высота луча лазера и главная оптическая ось линзы совпадают. С какой скоростью будет двигаться точка от лазерного луча по стене, пока линза будет его пересекать? Оптическая сила линзы 5 Дптр.

Решение:

Время, которое требуется линзе для того, чтобы полностью пройти лазерный луч определяется как $t=D/v$



Фокусное расстояние тонкой собирающей линзы определяется как:

$$F=1/D'$$

Поскольку фокальная плоскость линзы остается неподвижной, при максимальном отклонении луча

$$b=D/2 .$$

Из подобия треугольников ABC и ADE следует, что

$$b/a=F/L$$

Выражая из этого уравнения a и сделав замену b на $D/2$ получаем

$$a=-LD/2F=-LDD'/2$$

Скорость луча определим как

$$v_n = 2a/t=2av/D$$

Заменим a из предыдущей формулы и получим, что

$$v_n=LD'v$$

Подставив данные из условия, получаем, что $v_n=12,5 \text{ м/с}$

**Решения заданий заключительного этапа
олимпиады «Бельчонок» по физике
9 класс
Вариант 2**

Задача 1

С тридцатого этажа здания был сброшен без начальной скорости мяч. Когда сброшенный мяч пролетал мимо двадцать пятого этажа, с тридцатого был брошен еще один мяч со скоростью 5 м/с направленной вниз. Какое расстояние будет между мячами, в момент удара первого о землю? Расстояние между этажами 3,5 м. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Решение:

Для первого мяча полное время падения $t_1 = (2 \cdot 3.5 \cdot 30 / 9.8)^{1/2} = 3.27 \text{ с}$

Для первого мяча время падения с 30 по 25 этаж $t_2 = (2 \cdot 3.5 \cdot 5 / 9.8)^{1/2} = 1.88 \text{ с}$

Для первого мяча время падения с 25 по 0 этаж $t_1 - t_2 = 1.39 \text{ с}$

За это же время 1,39 с второй мяч пролетит $h_2 = v_0 t + g t^2 / 2 = 16.4 \text{ м}$

Тогда расстояние между первым и вторым мячом $S = H - h_2 = 30 \cdot 3.5 - 16.4 = 88.6 \text{ м}$

Задача 2

В большой емкости с теплой водой плавает льдинка температурой 0°C и массой 0,07 кг. Внутри нее находится маленький кубик со стороной 5 мм из алюминия. Сколько тепла поглотит лед, до момента, когда он начнет тонуть? Удельная теплота плавления льда $3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, плотность алюминия 2700 кг/м^3 . Плотность льда 916 кг/м^3

Решение:

Льдинка начнет тонуть, если средняя плотность льда вместе с шариком станет равной или больше плотности воды. Пусть m_l – масса оставшегося льда, а m_k – масса кубика, тогда объем оставшегося куска $V = m_l / \rho_l + m_k / \rho_k$ Средняя плотность куска льда с кубиком

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m_l + m_k}{V} = \frac{m_l + m_k}{m_l / \rho_l + m_k / \rho_k} = \rho_v$$

$$m_l = m_k \frac{\rho_v / \rho_l - 1}{1 - \rho_v / \rho_l}$$

$$m_k = \rho V = \rho a^3$$

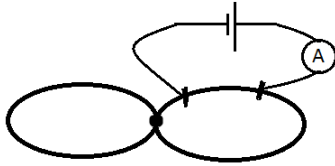
Значит масса растаявшего льда $m_p = m - m_l$

Для этого нужно сообщить количество теплоты $Q = \lambda(m - m_l)$

Подставив данные из условия, получаем, что $Q = 23 \text{ КДж}$

Задача 3

На нихромовом стержне длиной $l = 3 \text{ м}$ находятся два неподвижных контакта на расстоянии $l_1 = 20 \text{ см}$ друг от друга. Контакты подключены к источнику тока через амперметр. Во сколько раз изменится сила тока, проходящая через амперметр, если стержень согнуть в виде восьмерки и замкнуть (см рис). Сопротивление подводящих проводников и контактов пренебрежимо мало.



Решение:

До замыкания в восьмерку сила тока I_1 определяется соотношением:

$$I_1 = US / \rho l_1,$$

где l_1 - расстояние между контактами. После замыкания сопротивление изменится, при этом ток через левую половину восьмерки протекать не будет и сопротивление запишем:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\rho l_1 l_2}{S(l_1 + l_2)}$$

Здесь $l_2 + l_1 = l/2$

Сила тока I_2 из закона Ома для участка цепи:

$$I_2 = \frac{US(l_1 + l_2)}{\rho l_1 l_2}$$

Отношение токов $I_1 / I_2 = l_2 / (l_1 + l_2) = 1 - 2l_1 / l$

Подставив данные из условия, получаем, что $I_1 / I_2 = 0,87$

Задача 4

В емкость с 5 литрами воды температурой 100 °С опустили кипятильник, состоящий из пяти одинаковых нагревательных элементов, соединенных параллельно и подключенный к источнику тока. Номинальная мощность всего кипятильника 1000 Вт. Сколько воды сможет выкипеть, если каждые 2 минуты выходит из строя один нагревательный элемент? Удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг

Решение:

Полное количество теплоты, выделяющееся на кипятильнике является суммой количеств теплоты выделяющегося на каждом из пяти элементов:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Или переписав это выражение через мощность ($Q = Pt$) получаем

$$Q = P_1 t + P_2 t + P_3 t + P_4 t + P_5 t$$

Отсюда

$$Q = t(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5).$$

Мощность одного элемента

$$P_0 = P_1 / 5 \text{ или } P_1 / P_0 = 0,2$$

Тогда можно записать:

$$Q = P_1 t(1 + 0,8 + 0,6 + 0,4 + 0,2)$$

Если масса выкипевшей воды $m = Q/r$, то получаем

$$m = 3P_1 t / r$$

Подставив данные, получим $m = 0,16$ кг

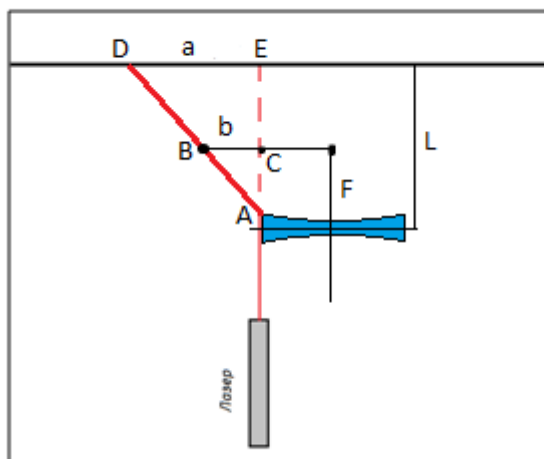
Задача 5

На экран, перпендикулярно поверхности попадает луч от лазера (Рис. 1). Параллельно стене, на расстоянии 200 см от нее катится тонкая рассеивающая линза со скоростью 2 м/с так, что высота луча лазера и главная оптическая ось линзы совпадают. С какой средней

Экран

Лазер

Зеркало

$$t=D/v$$

$$F=-1/D',$$
$$b=D/2 \text{ .}$$
$$b/a=F/L$$
$$a = -LD/2F = -LDD'/2$$
$$v_{\eta} = 2a/t = 2av/D$$
$$v_L = -LD'v$$

Подставив данные, получим $v_l = -12 \text{ м/с}$, направление движение точки от луча лазера на экране будет противоположным направлению движения линзы.