

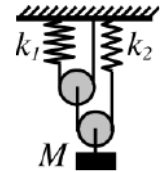
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов – 50 баллов.

На решение заданий школьного этапа олимпиады по физике учащимся 9 класса отводится 230 минут.

Задача №1 (10 баллов)

В системе, изображённой на рисунке, нити невесомы и нерастяжимы, пружины и блоки невесомы, трение отсутствует. Определите смещение нижнего блока по достижении равновесия системы, наступившего после подвешивания груза массы $M = 8$ кг. Жесткости пружин $k_1 = 100$ Н/м и $k_2 = 200$ Н/м, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Возможное решение:

На нижний блок действует вес груза, численно равный Mg , направленный вниз, и две силы натяжения нити T , направленные вверх. Поскольку блок находится в равновесии, то

$$2T = Mg, \quad (1)$$

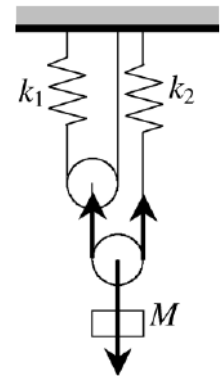
$$T = \frac{Mg}{2}.$$

где $T = k_2 x_2$,

$$k_2 x_2 = \frac{Mg}{2}.$$

Следовательно, пружина 2 растянута на

$$x_2 = \frac{Mg}{2k_2} \quad (2)$$



Верхний блок висит на двух нитях с натяжением T' , а вниз его тянет нить с натяжением T , поэтому

$$T' = \frac{T}{2} = \frac{Mg}{4}$$

где $T' = k_1 x_1$,

$$k_1 x_1 = \frac{Mg}{4}.$$

Значит, пружина 1 растянута с силой $\frac{Mg}{4}$, и ее удлинение равно

$$x_1 = \frac{Mg}{4k_1} \quad (3)$$

Поскольку пружина 1 удлинилась на x_1 , верхний блок опустился на $\frac{x_1}{2}$. Так как верхний блок опустился на $\frac{x_1}{2}$, а пружина 2 удлинилась на x_2 , то нижний блок опустился на

$$h = \frac{\frac{x_1}{2} + x_2}{2} = \frac{x_1}{4} + \frac{x_2}{2} \quad (4)$$

Подставляя значения x_1 и x_2 , получим

$$h = \frac{Mg}{16k_1} + \frac{Mg}{4k_2} \quad (5)$$

Вычисления:

$$h = \frac{1}{16} \cdot \frac{8 \cdot 10}{100} + \frac{1}{4} \cdot \frac{8 \cdot 10}{200} = \frac{1}{20} + \frac{1}{10} = \frac{3}{20} = 0,15(\text{м})$$

Ответ: блок опустится на $h = 0,15\text{м} = 15\text{см}$.

Критерии оценивания:

1. Найдена сила натяжения нити T и сила упругости пружины 2 (1) – **2 балла**
2. Найдено удлинение x_2 (2) – **2 балла**
3. Найдено удлинение x_1 (3) – **2 балла**
4. Записано соотношение между удлинениями (4) – **2 балла**
5. Получена искомая величина смещения блока (5) – **2 балла**

Задача №2 (10 баллов)

Суп из супницы можно разлить по 8 тарелкам поровну и без остатка. Через какое время можно будет есть только что сваренный суп из тарелок, если в доверху заполненной супнице за 10 минут он остывает до температуры, при которой его можно есть, не обжигаясь? Количество тепла, отдаваемое в единицу времени с единицы поверхности каждой тарелки, пропорционально разности температур супа и окружающей среды. Супницу и тарелки считать полусферами, объем шара $\frac{4}{3}\pi R^3$, где R – радиус шара.

Возможное решение:

Обозначим радиус супницы R , а радиус тарелки r . M и V – масса супа и его объем в супнице, а m и v – масса супа и его объем в тарелке, $N = 8$ – число тарелок, τ – время остывания супа в супнице, t – время остывания супа в тарелке.

Поскольку весь объем супа из супницы поместился в тарелках, то

$$M = N \cdot m, \quad (1)$$

Из подобия супницы и тарелки получаем, что

$$R = r \cdot n \quad (2)$$

Объем полусферы определяется её радиусом. Тогда, используя (1) и (2), найдем:

$$\frac{M}{m} = \frac{V}{v} = \frac{R^3}{r^3} = n^3 = N, \quad (3)$$

откуда получим, что

$$n = \sqrt[3]{N} = 2. \quad (4)$$

Площадь поверхности, с которой испаряется суп, для супницы равна $S = \pi R^2$, а для тарелки, соответственно, $s = \pi r^2$. По условию задачи для супницы можно записать:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = \text{const} \cdot S \cdot (T - T_0) \quad (5)$$

$$\Delta Q = c \cdot M \cdot \Delta T$$

$$\frac{c \cdot M \cdot \Delta T}{\Delta \tau} = \text{const} \cdot S \cdot (T - T_0)$$

Отсюда получим скорость остывания супа в супнице:

$$\frac{\Delta T}{\Delta \tau} = \frac{\text{const} \cdot S \cdot (T - T_0)}{c \cdot M} = \frac{\text{const} \cdot \pi R^2 \cdot (T - T_0)}{c \cdot Nm} = \frac{n^2 \text{const} \cdot \pi r^2 \cdot (T - T_0)}{N} = \frac{1}{n} \frac{\text{const} \cdot \pi r^2 \cdot (T - T_0)}{c \cdot m} \quad (6)$$

Скорость остывания супа в тарелке находим аналогично:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{\text{const} \cdot (T - T_0)}{c \cdot m} = \frac{\text{const} \cdot \pi r^2 (T - T_0)}{c \cdot m}. \quad (7)$$

Из (6) и (7) следует, что

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = n \cdot \frac{\Delta T}{\Delta \tau} = \sqrt[3]{N} \cdot \frac{\Delta T}{\Delta \tau}.$$

Таким образом, скорость охлаждения супа в тарелке в $\sqrt[3]{N}$ раз больше, чем в супнице, т.е. время охлаждения супа в тарелке будет в $\sqrt[3]{N}$ раз меньше, чем в супнице.

Поэтому есть суп из тарелки можно будет через время

$$t = \frac{\tau}{\sqrt[3]{N}} = 5 \text{ минут}$$

Ответ: есть суп из тарелки можно будет через время

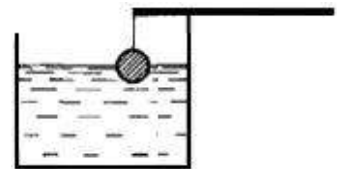
$$t = \frac{\tau}{\sqrt[3]{N}} = 5 \text{ минут}$$

Критерии оценивания:

1. Установлено, во сколько раз отличаются объемы супницы и тарелок (3) – **2 балла**.
2. Записана формула для скорости теплоотдачи (5) – **2 балла**.
3. Записана формула для расчета количества теплоты – **1 балла**.
4. Установлена связь между скоростями остывания супа в супнице и тарелке (6) – **4 балла**.
5. Получена формула и найдено время охлаждения супа в тарелке – **1 балл**.

Задача №3 (10 баллов)

Однородный стержень массы $m = 4$ г с подвешенным к нему на нерастяжимой нити алюминиевым шариком радиуса $r = 0,5$ см уравнивается на краю сосуда с водой, когда шарик наполовину погружен в воду. Определите, во сколько раз длина части стержня, выступающей за край сосуда l_2 , должна быть больше внутренней части его длины l_1 . Плотность алюминия $\rho = 2700$ кг/м³, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Объем шарика $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.



Возможное решение:

Обозначим $l_{\text{п}}$ – плечо силы тяжести палочки, $V_{\text{п}}$ – объем погруженной в воду части шарика, который равен половине объема шарика.

Запишем правило моментов для силы тяжести палочки, силы тяжести шарика и силы Архимеда:

$$(m_{\text{ш}}g - F_a)l_1 = mgl_{\text{п}} \quad (1)$$

Сила Архимеда:

$$F_a = \rho_0 g V_{\text{п}} = \rho_0 g \frac{V}{2} \quad (2)$$

Масса шарика:

$$m_{\text{ш}} = \rho V \quad (3)$$

Плечо силы тяжести палочки:

$$l_{\text{п}} = \frac{l_1 + l_2}{2} - l_1 = \frac{l_2 - l_1}{2} \quad (4)$$

Из выше приведенных формул следует:

$$\left(\rho g V - \rho_0 g \frac{V}{2}\right) \cdot l_1 = mg \frac{l_2 - l_1}{2} \quad (5)$$

$$\frac{l_2}{l_1} = 1 + \frac{(2\rho - \rho_0)V}{m} \quad (6)$$

Вычисления:

$$\frac{l_2}{l_1} = 1 + \frac{(2 \cdot 2700 - 1000)}{0,004} \cdot \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (0,005)^3 \approx 1,58$$

Ответ: l_2 больше l_1 в 1,58 раз.

Критерии оценивания:

1. Сделан рисунок с пояснениями – **2 балла**
2. Записано условие равновесия палочки (правило моментов) (1) – **2 балла**
3. Записана формула для силы Архимеда (2) – **1 балл**
4. Записана формула для плеча силы тяжести палочки (4) – **2 балла**
5. Получено итоговое выражение (6) – **2 балла**
6. Вычислено, в каком отношении делится палочка точкой опоры – **1 балл**

Задача № 4 (10 баллов)

Школьник изучал законы электрической цепи и включил последовательно в электрическую цепь две лампы: L_1 от карманного фонарика, которая рассчитана на силу тока 0,25 А и напряжение 2,5 В и L_2 , которая рассчитана на напряжение 220 В и мощность 100 Вт. Лампа L_1 перегорела. Объясните, какую ошибку допустил школьник?

Возможное решение:

Сопротивление лампы L_1 из закона Ома для участка цепи равно

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 10 \text{ Ом} \quad (1)$$

Мощность лампы L_2 :

$$P_2 = I_2 U_2 = \frac{U_2^2}{R_2} \quad (2)$$

Тогда сопротивление лампы L_2 :

$$R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = 484 \text{ Ом} \quad (3)$$

Так как лампы соединены последовательно, то

$$R = R_1 + R_2 = 494 \text{ Ом} \quad (4)$$

При последовательном подключении ламп L_1 и L_2 сила тока в цепи

$$I = I_1 = I_2 \quad (5)$$

Используя закон Ома для участка цепи, найдем силу тока I в цепи,

$$I = \frac{U}{R} = 0,45 \text{ А} \quad (6)$$

Определим мощность лампы L_1 при последовательном подключении ламп L_1 и L_2

$$P_1 = I^2 R_1 = 2,025 \text{ Вт} \quad (7)$$

Но лампа L_1 рассчитана на номинальную мощность

$$P_{\text{ном1}} = U_1 I_1 = 0,625 \text{ Вт} \quad (8)$$

Так как, P_1 больше $P_{\text{ном1}}$, следовательно лампа L_1 перегорит.

Ответ: лампа перегорела, так как P_1 больше $P_{\text{ном1}}$.

Критерии оценивания:

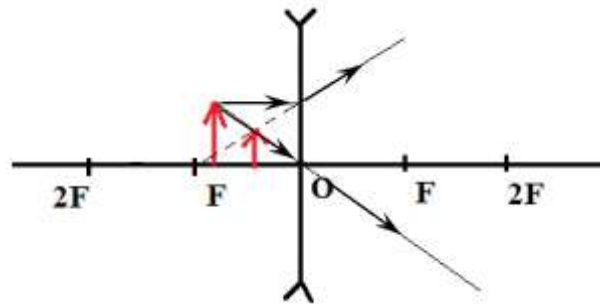
1. Найдено сопротивление лампы L_1 (1) – **1 балл**
2. Найдена мощность лампы L_2 (2) – **1 балл**
3. Получена формула сопротивления лампы L_2 и записан результат (3) – **2 балла**
4. Получено выражение для сопротивления цепи при последовательном соединении ламп (4) – **1 балл**
5. Получено выражение для силы тока в цепи при последовательном подключении ламп (5) – **1 балл**
6. Рассчитана сила тока I в цепи (6) – **1 балл**
7. Определена мощность лампы L_1 (7) – **1 балл**
8. Определена номинальная мощность лампы L_1 (8) – **1 балл**
9. Сделан вывод о том, что лампа L_1 перегорела, так как P_1 больше $P_{\text{ном1}}$ – **1 балл**

Задача № 5 (10 баллов)

У Пети дедушка относится к близоруким людям, он различает мелкие предметы на расстоянии $d = 15$ см. Определите, на каком расстоянии дедушка сможет различать мелкие предметы в очках с оптической силой $D = -3$ дптр. Постройте ход лучей от предмета через линзу очков.

Возможное решение:

Ход лучей в рассеивающей линзе:



Оптическая сила близорукого глаза без очков

$$D_1 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

где d – расстояние от предмета до хрусталика глаза; f - расстояние от хрусталика глаза до сетчатки.

Оптическая сила близорукого глаза в очках

$$D_2 = D_1 + D = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f}$$

где d_2 - расстояние от предмета до хрусталика глаза при наличии очков.

$$\frac{1}{d} + D = \frac{1}{d_2}$$

откуда

$$d_2 = \frac{d}{1 + Dd}$$

$$d_2 = \frac{0,15}{1 - 3 \cdot 0,15} \text{ м} = 0,27 \text{ м}$$

Ответ: дедушка сможет различать мелкие предметы в очках с расстояния 0,27 м.

Критерии оценивания:

1. Выполнено верное построение – **3 балла**
2. Записана формула расчета оптической силы глаза без очков – **2 балла**
3. Записана формула расчета оптической силы близорукого глаза в очках – **2 балла**
4. Получено значение расстояние, на котором дедушка сможет различать мелкие предметы в очках – **3 балла**