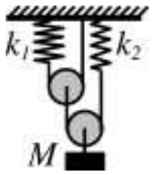
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов – 50 баллов.

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

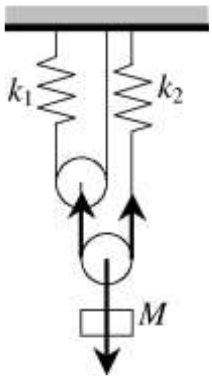
Задача №1 (10 баллов)



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/с^2.

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



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

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

где $T = k_2 x_2$,

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

Следовательно, пружина 2 растянута на

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

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

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

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

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

Подставляя значения x_1 и x_2, получим

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

Вычисления:

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

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

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:

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

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:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta\tau}=\mathrm{const}\cdot S\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0) \qquad (5)$$

$$\Delta Q=\mathrm{c}\cdot M\cdot\Delta\mathrm{T}$$

$$\frac{\mathrm{c}\cdot M\cdot\Delta\mathrm{T}}{\Delta\tau}=\mathrm{const}\cdot S\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)$$

Отсюда получим скорость остывания супа в супнице:

$$\frac{\Delta T}{\Delta\tau}=\frac{\text{const}\cdot S\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)}{c\cdot M}=\frac{\text{const}\cdot\pi R^2\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)}{c\cdot Nm}=\frac{n^2}{N}\frac{\text{const}\cdot\pi r^2\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)}{c\cdot m}=\frac{1}{n}\frac{\text{const}\cdot\pi r^2\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)}{c\cdot m} \qquad (6)$$

Скорость остывания супа в тарелке находим аналогично:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t}=\frac{\text{const}\cdot(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)}{c\cdot m}=\frac{\text{const}\cdot\pi r^2(\mathrm{T}-\mathrm{T}_0)}{c\cdot m}. \qquad (7)$$

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

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

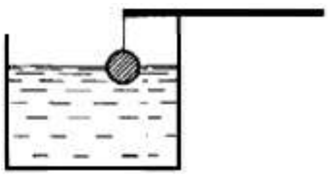
Ответ: есть суп из тарелки можно будет через время

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

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**.

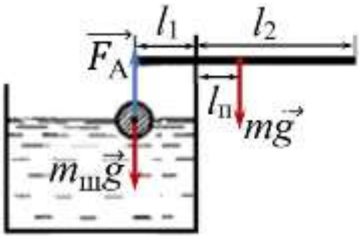
Задача №3 (10 баллов)



Однородный стержень массы m = 4 г с подвешенным к нему на нерастяжимой нити алюминиевым шариком радиуса r = 0,5 см уравновешивается 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 ρ = 2700 кг/м^3, плотность воды ρ_0 = 1000 кг/м^3. Объем шарика $\mathrm{V}=\frac{4}{3}\pi r^3$.

Возможное решение:

Обозначим $l_п$ – плечо силы тяжести палочки, $V_п$ – объем погруженной в воду части шарика, который равен половине объема шарика.



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

$$(m_ш g - F_a)l_1 = mgl_п \qquad (1)$$

Сила Архимеда:

$$F_a = \rho_0 g V_п = \rho_0 g \frac{V}{2} \qquad (2)$$

Масса шарика:

$$m_ш = \rho V \qquad (3)$$

Плечо силы тяжести палочки:

$$l_п = \frac{l_1 + l_2}{2} - l_1 = \frac{l_2 - l_1}{2} \qquad (4)$$

Из выше приведенных формул следует:

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

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

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: $Л_1$ от карманного фонарика, которая рассчитана на силу тока 0,25 А и напряжение 2,5 В и $Л_2$, которая рассчитана на напряжение 220 В и мощность 100 Вт. Лампа $Л_1$ перегорела. Объясните, какую ошибку допустил школьник?

Возможное решение:

Сопротивление лампы $Л_1$ из закона Ома для участка цепи равно

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

Мощность лампы Л$_2$:

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

Тогда сопротивление лампы Л$_2$:

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

Так как лампы соединены последовательно, то

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

При последовательном подключении ламп Л$_1$ и Л$_2$ сила тока в цепи

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

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

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

Определим мощность лампы Л$_1$ при последовательном подключении ламп Л$_1$ и Л$_2$

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

Но лампа Л$_1$ рассчитана на номинальную мощность

$$P_{\text{ном}1} = U_1 I_1 = 0{,}625 \text{ Вт} \qquad (8)$$

Так как, P_1 больше $P_{\text{ном}1}$, следовательно лампа Л$_1$ перегорит.

Ответ: лампа перегорела, так как P_1 больше $P_{\text{ном}1}$.

Критерии оценивания:

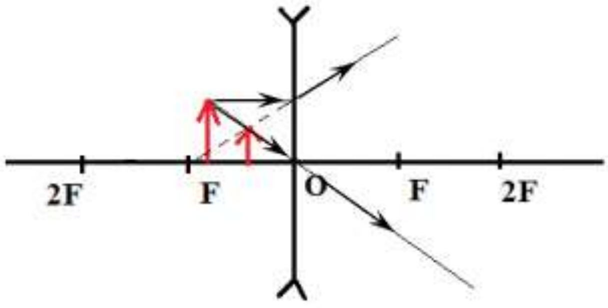
1. Найдено сопротивление лампы Л$_1$ (1) – **1 балл**
2. Найдена мощность лампы Л$_2$ (2) – **1 балл**
3. Получена формула сопротивления лампы Л$_2$ и записан результат (3) – **2 балла**
4. Получено выражение для сопротивления цепи при последовательном соединении ламп (4) – **1 балл**
5. Получено выражение 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 Л$_1$ (7) – **1 балл**
8. Определена номинальная мощность лампы Л$_1$ (8) – **1 балл**
9. Сделан вывод о том, что лампа Л$_1$ перегорела, так как P_1 больше $P_{\text{ном}1}$ – **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**