

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

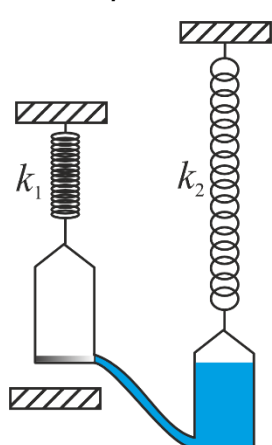
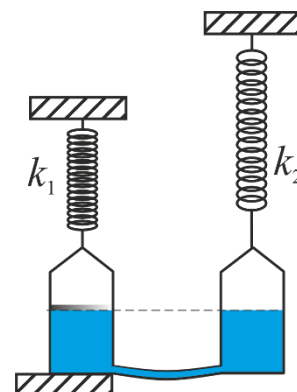
«Будущее Сибири»

II (заключительный) этап, 2024–2025 учебный год

Физика 8 класс

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

1. На двух пружинах с жесткостью $k_1=20$ Н/м (левая) и $k_2=15$ Н/м (правая) подвешены два одинаковых сосуда, соединенные тонкой и легкой трубкой, как показано на рисунке. Сосуды имеют форму цилиндра диаметром 5,0 см и высотой 10 см. Под левым сосудом находится подставка, на которую он не оказывает давления. Каждый сосуд заполнен водой ровно наполовину, и вся система находится в равновесии. В левый сосуд аккуратно помещают небольшой поршень массой 10 г. Поршень плотно прилегает к стенкам сосуда и может двигаться без трения. **Насколько после этого сместятся правый и левый сосуды?** Влиянием веса трубки с жидкостью на равновесие системы пренебречь. Колебаниями в системе пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 9,8$ м/с². Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.



Решение

Поршень оказывает давление на жидкость и она перетекает в правый сосуд. Масса воды в правом сосуде увеличивается, а в левом уменьшается. Следовательно, левая пружина сжимается, а правая растягивается. Процесс остановится когда вся жидкость перельется в правый сосуд.

46.

Найдем насколько поднимется левый цилиндр. Он поднимется на столько, на сколько изменится длина пружины. Из условия равновесия получим:

$$F_{y1} = k_1 x_1 = (m_{\text{в}} + m_{\text{с}})g$$

$$F_{y2} = k_2 x_2 = (m_{\text{н}} + m_{\text{с}})g$$

$$|\Delta x_1| = |x_2 - x_1| = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{н}}}{k_1} g =$$

46.

$$= \frac{\rho V/2 - m_{\text{н}}}{k_1} g = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2 / 2 - 0,01}{20} 9,8 \approx 0,043(\text{м})$$

где, x_1 , x_2 – растяжение пружины левого сосуда до помещения в него поршня и после, $m_{\text{в}}$, $m_{\text{с}}$, $m_{\text{н}}$ – масса воды в левом сосуде, масса сосуда и масса поршня соответственно, F_{y1} , F_{y2} – сила упругости, действующая на левый сосуд до помещения в него поршня и после, V – объем сосуда.

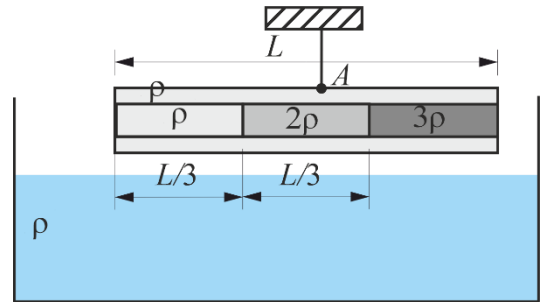
Найдем смещение правого сосуда, он сместиться вниз.

$$|\Delta x_2| = \frac{2m_{\text{в}} - m_{\text{с}}}{k_2} g = \frac{\rho V}{2k_2} g = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2}{2 \cdot 15} 9,8 \approx 0,064(\text{м}).$$

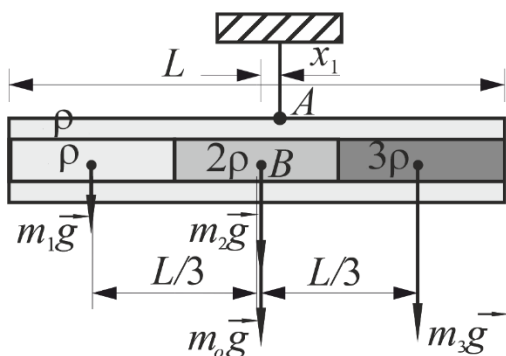
26.

Ответ: $|\Delta x_1| = 0,043\text{ м}$
 $|\Delta x_2| = 0,064\text{ м}$

2. Стержень цилиндрической формы состоит из однородной оболочки равной толщины и соосного сплошного цилиндра, состоящего из трёх однородных частей одного диаметра и длины, но разной плотности. Между оболочкой и внутренним цилиндром нет зазоров. Стержень висит на невесомой нерастяжимой нити горизонтально и находится в равновесии. Длина стержня L . Плотность оболочки ρ . Объем внутреннего цилиндра и оболочки одинаков. Плотности частей, из которых состоит внутренний цилиндр, равны ρ , 2ρ , 3ρ , а их длины $L/3$. Найдите расстояние Δx на которое нужно сместить точку A крепления нити для достижения нового равновесия после полного погружения стержня в жидкость плотностью ρ .



Решение:



Найдем положение x_1 точки A относительно центра стержня до его погружения в воду. Из условия равновесия для моментов сил относительно центра стержня (точка B)

$$m_1 g \frac{L}{3} + T x_1 = m_3 g \frac{L}{3}, \quad 2 \text{ б.}$$

где T – сила натяжения нити прикрепленной к стержню в точке A .

Учитывая, что объемы частей внутреннего цилиндра равны, а плотности равны ρ , 2ρ , 3ρ , получим

$$\begin{aligned} m g \frac{L}{3} + T x_1 &= 3 m g \frac{L}{3} \\ T x_1 &= \frac{2}{3} m g L \\ x_1 &= \frac{2}{3} \frac{m g L}{T} \end{aligned} \quad 1 \text{ б.}$$

где m – масса массы элемента цилиндра плотностью ρ .

Из условия равновесия для сил, векторная сумма сил, действующих на стержень равна нулю. Следовательно

$$T = m_1 g + m_2 g + m_3 g + m_0 g, \quad 1 \text{ б.}$$

где m_0 – масса оболочки.

Объем оболочки равен объему внутреннего цилиндра, а плотность равна ρ . Следовательно, масса оболочки в 3 раза больше массы элемента цилиндра плотностью ρ :

$$T = mg + 2mg + 3mg + 3mg = 9mg$$

$$x_1 = \frac{2}{27}L \quad 16.$$

Найдем новое положение точки крепления стержня A' относительно центра стержня после его погружения в воду. Из условия равновесия для моментов сил относительно центра стержня (точка B)

$$m_1 g \frac{L}{3} + T x_2 = m_3 g \frac{L}{3}$$

$$mg \frac{L}{3} + T x_2 = 3mg \frac{L}{3}$$

$$T x_2 = \frac{2}{3} mg L$$

$$x_2 = \frac{2}{3} \frac{mgL}{T}$$

26

Из условия равновесия для сил, векторная сумма сил, действующих на стержень равна нулю. Следовательно

$$T = mg + 2mg + 3mg + 3mg - F_A, \quad 16.$$

где F_A – сила Архимеда, действующая на стержень. Объем стержня равен сумме объёмов оболочки (V_0) и внутреннего цилиндра, которые одинаковы. Тогда сила Архимеда равна

$$F_A = 2\rho g V_0 = 2m_0 g = 2 \cdot 3mg = 6mg. \quad 16.$$

Тогда

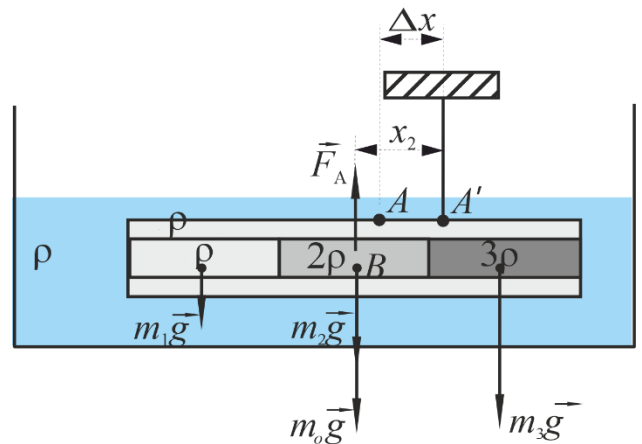
$$T = 9mg - 6mg = 3mg$$

$$x_2 = \frac{2}{3} \frac{mgL}{3mg} = \frac{2}{9}L. \quad 16.$$

В итоге имеем:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \left(\frac{2}{9} - \frac{2}{27} \right) L = \frac{4}{27} L \approx 0,15L. \quad 16.$$

Ответ: $\Delta x = 0,15L$



3. В калориметр положили кусок льда и с постоянной мощностью начали подводить тепло. За $\tau_1 = 901$ с удалось поднять температуру содержимого с $t_{01} = -30$ °С до $t_1 = 30$ °С. Затем в калориметр добавили еще один кусок льда. **Еще через время $\tau_2 = 420$ с температура достигла $t_2 = 40$ °С. Определите начальную температуру t_{02} второго куска.** Если второй кусок льда имеющий начальную температуру t_{02} положить в пустой калориметр и нагревать с первоначальной постоянной мощностью, то он начнет плавиться через $\tau_0 = 60$ с. Удельная теплоемкость воды равна $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость льда $c_{\text{л}} = 2,1$ кДж/(кг · К).

Решение

Тепло, переданное калориметру за время τ_1

$$P\tau_1 = c_{\text{л}}m_1(0 - t_{01}) + \lambda m_1 + c_{\text{в}}m_1(t_1 - 0), \quad (1) \text{ 2 б.}$$

где m_1, m_2 – массы первого и второго кусков льда соответственно, P – мощность теплового потока.

Тепло, переданное калориметру за время τ_2

$$P\tau_1 = c_{\text{л}}m_2(0 - t_{02}) + \lambda m_2 + c_{\text{в}}m_2(t_2 - 0) + c_{\text{в}}m_1(t_2 - t_1) \quad (2) \text{ 2 б.}$$

Тепло, переданное калориметру за время τ_0

$$P\tau_0 = c_{\text{л}}m_2(0 - t_{02}) \quad (3) \text{ 1 б.}$$

Подставим (3) в (2) и после преобразований поделим на (1)

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\tau_1}{\tau_2 - \tau_0} \frac{\lambda + c_{\text{в}}t_2 + \frac{m_1}{m_2}c_{\text{в}}(t_2 - t_1)}{\lambda - c_{\text{л}}t_{01} + c_{\text{в}}t_1} \quad 1 \text{ б.}$$

Выразим отношение масс кусков льда m_1/m_2

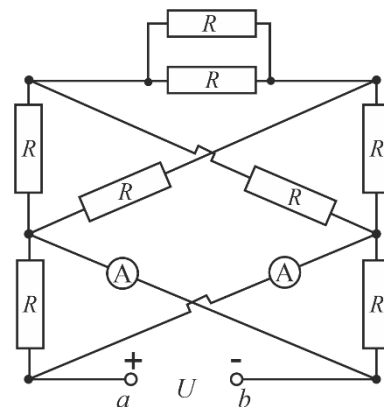
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{(\lambda + c_{\text{в}}t_2) \frac{\tau_1}{\tau_2 - \tau_0}}{\lambda - c_{\text{л}}t_{01} + c_{\text{в}}t_1 - c_{\text{в}}(t_2 - t_1) \frac{\tau_1}{\tau_2 - \tau_0}} \approx 3 \quad (4) \text{ 1 б.}$$

Разделим (2) на (3) и с учетом (4) выразим t_{02} :

$$t_{02} = \frac{\lambda + c_{\text{в}}t_2 + \frac{m_1}{m_2}c_{\text{в}}(t_2 - t_1)}{c_{\text{л}} \left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_0} \right)} \approx -50^\circ\text{C} \quad 3 \text{ б.}$$

Ответ: $t_{02} = -50$ °С

4. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно $R = 5,0$ Ом. Напряжение между точками ab $U = 2,0$ В. Сопротивления соединяющих проводов пренебрежимо малы. **Чему равны показания идеальных амперметров?**



Решение

Обозначим эквивалентные точки буквами a , b , c , d , учитывая, что сопротивление амперметров равно нулю. Пронумеруем сопротивления и нарисует эквивалентную схему.

Из эквивалентной схемы видно, что цепь симметрична относительно точек ab , следовательно потенциалы точек c и d равны:

$$\varphi_c = \varphi_d$$

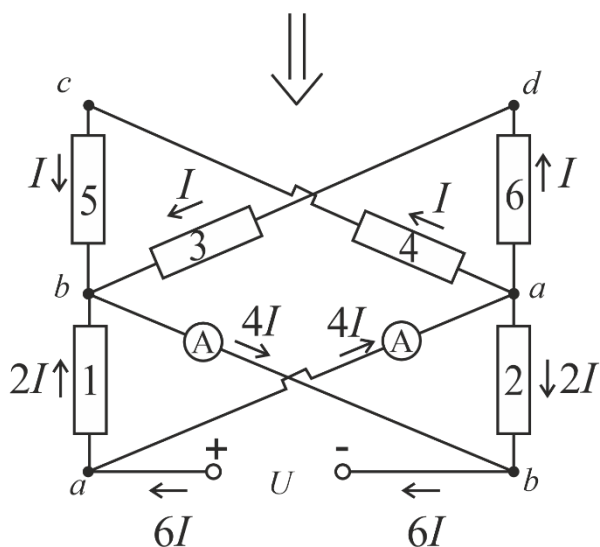
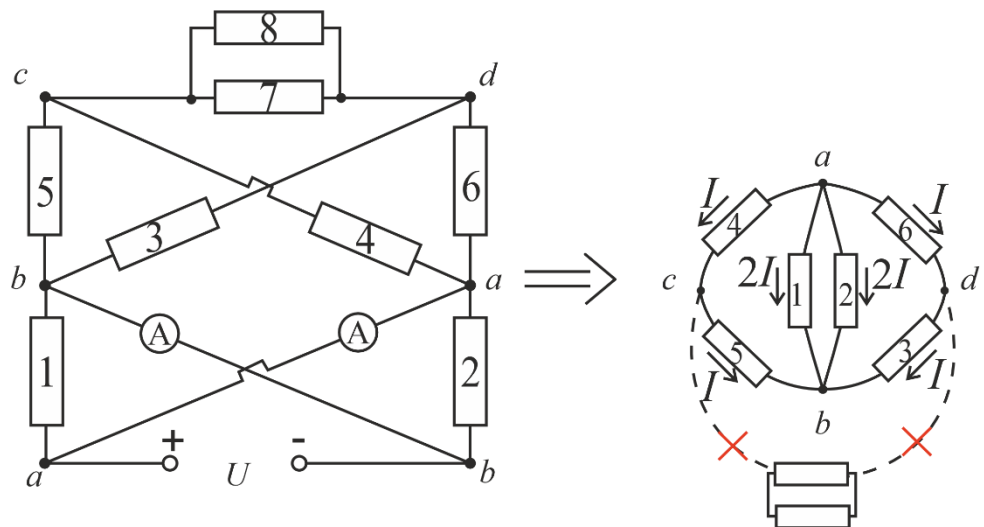
3 б.

Это значит, что ток через систему резисторов 7 и 8 не потечет и их можно исключить из рассмотрения.

Из анализа эквивалентной схемы следует, что резисторы 6 и 3 соединены последовательно как и резисторы 4 и 5. Параллельно им подключены резисторы 1 и 2. Токи протекающие по участкам цепи обратно пропорциональны сопротивлениям этих участков.

Нарисуем направление токов и их значение на исходной схеме. Учитывая закон сохранения электрического заряда сумма входящих токов в узел цепи равна сумме исходящих токов. Следовательно, через амперметры потекут токи $4I$.

3 б.



Разность потенциалов между точками a и b равна:

$$\varphi_a - \varphi_b = U = 2IR,$$

2 б.

Следовательно:

$$I = \frac{U}{2R} = \frac{2,0}{10} = 0,2(\text{A}),$$

Тогда показания амперметров равны:

$$I_{A1} = I_{A2} = 4I = 4 \cdot 0,2 = 0,8(\text{A}),$$

2 б.

Ответ: $I_{A1} = I_{A2} = 0,8\text{A}$