

Кубок Главы города. ИМ по физике.

2025 год.

8 класс.

Задача №1

В прямоугольном аквариуме с подвижной левой стенкой на дне лежит кубик массой $M=200$ г и длиной ребра $a=10$ см. В начале эксперимента расстояние между левой и правой стенками аквариума равно $L=20$ см, а высота налитой воды $h=1$ см. Ширина и высота аквариума равны $H=20$ см. Плотность воды $\rho=1$ г/см³, вода под кубик подтекает. Левую стенку медленно начинают сдвигать вправо.

- 1) Какой должна стать высота воды в аквариуме h_1 , чтобы кубик перестал давить на дно аквариума?
- 2) На сколько Δl_1 при этом должна переместиться левая стенка аквариума?
- 3) На сколько нужно переместить левую стенку от начального положения Δl_2 чтобы верхняя грань кубика оказалась на одном уровне с краем аквариума?

Решение:

Вопрос №1.

Запишем условие плавания тел: $Mg = \rho g a^2 h_1$ (1 балл)

Отсюда выражаем глубину погружения кубика в воду, она же высота уровня воды в аквариуме:

$$h_1 = \frac{M}{\rho a^2} = 2 \text{ см} \quad (1 \text{ балл})$$

Вопрос №2.

Выразим объём воды, налитый в аквариум из начальных условий:

$$V = hLH - a^2 h \quad (1) \quad (1 \text{ балл})$$

Теперь выразим объём воды в аквариуме после смещения стенки:

$$V = h_1 H (L - \Delta l_1) - a^2 h_1 \quad (2) \quad (1 \text{ балл})$$

Так как объём воды в аквариуме не изменился, то можно приравнять правые части двух последних уравнений и выразить оттуда смещение стенки:

$$\Delta l_1 = \frac{(h_1 - h)(HL - a^2)}{h_1 H} = 7,5 \text{ см} \quad (2 \text{ балла})$$

Вопрос №3.

Чтобы верхняя грань кубика совпадала с краем аквариума нужно чтобы уровень воды был равен

$$h_2 = H - (a - h_1) = 12 \text{ см} \quad (1 \text{ балл})$$

Тогда объём воды в аквариуме можно выразить по формуле:

$$V = h_2 H (L - \Delta l_2) - a^2 h_1 \quad (3) \quad (1 \text{ балл})$$

Приравняв правые части у (1) и (3) уравнений, можно выразить нужное смещение стенки.

$$\Delta l_2 = \frac{HL(h_2 - h) - a^2(h_1 - h)}{h_2 H} \approx 18 \text{ см} \quad (2 \text{ балла})$$

Задача №2

В распоряжении Володи имеется два термоса с горячей и холодной водой, термостойкий стакан с пренебрежимо малой теплоёмкостью, очень много одинаковых кубиков льда массой $m=10$ г каждый, хранящихся в термостате при температуре $t_0=0$ °С, мощная спиртовка, длинный жидкостный термометр

со стертой шкалой. Цель Володи - измерить температуры горячей воды в первом термосе. Для этого он хочет изготовить новую самодельную шкалу для измерения температуры с ценой деления равной 1°C .

- 1) Предложите и подробно опишите способ изготовления самодельной шкалы термометра с имеющимся у Володи оборудованием. Потерями энергии можно пренебречь. Помещать термометр в термостат запрещено!

Изготовив рабочий термометр, Володя измерил температуру t воды в термосе с горячей водой. Затем он положил в термос с горячей водой три кубика льда из термостата. После установления равновесия весь лёд растаял, а показание термометра уменьшилось на $\Delta t = 40^\circ\text{C}$. Затем он поместил в тот же термос с водой еще 6 таких же кубиков льда. И вновь весь лёд растаял. Показание термометра уменьшилось еще на $\Delta t = 40^\circ\text{C}$. При этом вода из термоса не проливалась.

- 2) Определите по этим данным начальные температуру воды t и массу M воды в стакане. Потерями энергии можно пренебречь. Термосы обладают очень малой теплоёмкостью. Теплоёмкость воды $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $0,33 \text{ МДж}/\text{кг}$.

Решение:

Можно предложить следующую последовательность действий

- создание реперной точки 0°C : поместить несколько кубиков льда в термос с холодной водой, дождаться равновесия. Отметить положение столбика на термометре как 0°C . (2 балла)
- создание реперной точки 100°C : вскипятить воду с помощью спиртовки и при кипении отметить положение столбика на термометре как 100°C . (2 балла)
- Градуировка шкалы: разделить интервал между 0°C и 100°C на 100 равных частей (цена деления = 1°C). (1 балл)

Запишем уравнение теплового баланса для первого добавления льда:

$$-Mc\Delta t + 3m\lambda + 3cm(t - \Delta t - t_0) = 0 \quad (1) \quad (1,5 \text{ балла})$$

Запишем уравнение теплового баланса для второго добавления льда:

$$-(M + m)c\Delta t + 6m\lambda + 6cm(t - 2\Delta t - t_0) = 0 \quad (2) \quad (1,5 \text{ балла})$$

Решаем систему из уравнений (1) и (2) получаем искомые ответы:

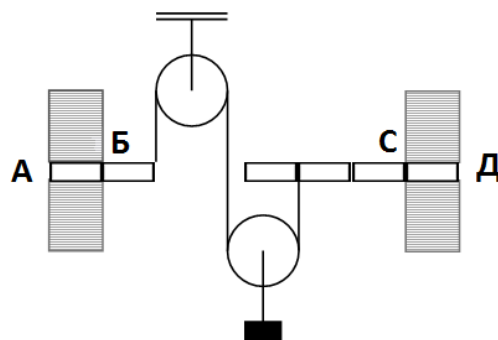
$$t = 81,4^\circ\text{C}, \quad (1 \text{ балл})$$

$$M = 90 \text{ г}. \quad (1 \text{ балл})$$

Задача №3

На рисунке представлена система из двух стержней, закрепленных в стенах и двух блоков, находящихся в равновесии. Масса правого стержня $M = 4 \text{ кг}$, масса груза, подвешенного к подвижному блоку $m = 2 \text{ кг}$. Блоки и нити невесомые. Принять равным $g = 10 \text{ Н}/\text{кг}$.

- 1) Найти силу натяжения нити T .
- 2) Найти силу реакции стены в точке $Д$.
- 3) Найти силу реакции стены в точке $С$.
- 4) Силы реакции стены в точках $Б$ и $А$ направлены в одну сторону и отличаются друг от друга в 3 раза. Чему равна масса левого стержня?



Решение:

Условие равновесия для блока с грузом:

$mg = 2T$, получаем, что сила натяжения нити:

$$T = mg/2 = 10 \text{ Н} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть точка С – ось вращения, то:

$T \cdot 2L + Mg \cdot L = F_D \cdot L$, получаем, что сила реакции в точке Д:

$$F_D = 2T + Mg = 60 \text{ Н} \quad (2 \text{ балла})$$

Если точка Д – ось вращения, то:

$T \cdot 3L + Mg \cdot 2L = F_C \cdot L$, получаем, что сила реакции в точке С:

$$F_C = 3T + 2Mg = 110 \text{ Н} \quad (2 \text{ балла})$$

Пусть точка А – ось вращения, тогда:

$$F_B \cdot L + T \cdot 2L = M_L g \cdot L,$$

Получаем, что:

$$F_B = M_L g - 2T. \quad (1 \text{ балл})$$

Если точка Б – ось вращения, то:

$$F_A \cdot L = T \cdot L,$$

Получаем, что:

$$T = F_A. \quad (1 \text{ балл})$$

Возможны два варианта:

$$F_A = 3F_B \text{ и } F_B = 3F_A \quad (1 \text{ балл})$$

решая систему из двух уравнений для каждого из этих вариантов, получаем:

$$M_L = 5T/g = 5 \text{ кг} \quad (1 \text{ балл})$$

или

$$M_L = 7T/3g = 2,33 \text{ кг} \quad (1 \text{ балл})$$