

1. Кубики

В сосуде, площадь которого $S_0 = 100 \text{ см}^2$, находится вода. Высота её столба $h = 2,5 \text{ см}$. На воду кладут кубик полиуретана, на него второй и т. д. Сколько минимально кубиков надо положить в столбик, чтобы нижний коснулся дна?

Все кубики одинаковые, высота одного $a = 8 \text{ мм}$, плотность полиуретана $\rho = 0,91 \text{ г/см}^3$, плотность воды $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$. Вода из сосуда не выливалась.

Решение.

Пусть столбик из кубиков чуть коснулся дна. При этом объём воды, вытесненной столбиком, равен объёму воды, поднявшейся выше первоначального уровня. Значит, $h_0 \cdot a^2 = (S_0 - a^2)(h - h_0)$.

Сила тяжести столбика равна архимедовой силе, поэтому $\rho n_{\min} a^3 g = \rho_0 a^2 h g$.

Из этих уравнений минимальное количество кубиков

$$n_{\min} = \frac{\rho_0 S_0 h_0}{\rho a (S_0 - a^2)} = 3,4.$$

По смыслу n – целочисленное, поэтому ответ задачи $n \geq 4$.

Критерии оценивания:

Найдено равенство объёмов воды – 3 балла.

Определено равенство сил тяжести и архимедовой – 3 балла.

Определено минимальное количество кубиков – 3 балла.

Учтен смысл задачи, что кубиков целое число – 1 балл.

2. Линейка

Металлическая плоская линейка имеет малую одинаковую всюду толщину, одинаковую по всей длине ширину и длину, равную 50 см. На концах линейки находятся отметки: 0 см и 50 см. Линейку согнули под прямым углом. Место сгиба приходится на отметку 40 см. За какое место нужно подвесить на тонкой нити согнутую линейку, то есть вблизи какой отметки нужно закрепить нить, чтобы длинный прямой участок линейки в положении равновесия был горизонтален?

Решение.

$$l = 20 \text{ см}.$$

Запишем уравнения моментов:

$$F_1(l - x) = F_2 x;$$

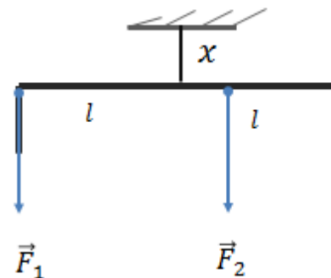
$$\frac{m}{5} g(l - x) = \frac{4m}{5} g x;$$

Откуда

$$x = \frac{l}{5} = 4 \text{ см};$$

И положение отметки

$$l + x = 20 + 4 = 24 \text{ см}.$$



Критерии оценивания:

Приведен верный рисунок с пояснениями – 3 балла;
Записаны уравнения моментов – 3 балла;
Выражена и рассчитана величина x – 2 балла;
Найдено положение отметки – 2 балла.

3. Температура

В калориметр добавили 5 порций воды. Первая порция имела массу $m=1$ г и температуру $t=10$ °С. Каждая следующая порция была на один грамм больше, а температура в два раза меньше предыдущей. Найти установившуюся температуру смеси. Потерями теплоты пренебречь.

Решение.

Количество теплоты, которое выделится при остывании всей воды в системе от температуры t до 0 °С.

$$Q_1 = cmt + \frac{2mct}{2} + \frac{3mct}{4} + \frac{4mct}{8} + \frac{5mct}{16} = \left(\left(\frac{9}{16} \right) + 3 \right) cmt.$$

Количество теплоты, пошедшей на нагревание всей воды, имеющей массу $m + 2m + 3m + 4m + 5m = 15m$, от 0 °С до искомой температуры T : $Q_2 = 15cmT$.

Система теплоизолированная, следовательно, в ней выполняется закон сохранения энергии: $Q_1 = Q_2$. Уравнение для определения установившейся температуры: $\left(\left(\frac{9}{16} \right) + 3 \right) cmt = 15cmT$. Формула для вычисления

установившейся температуры: $T = \frac{\frac{57t}{16}}{15} = 2,375^\circ\text{C}$.

Критерии оценивания:

В общем виде написано выражение для количества теплоты, выделившейся при остывании всей воды в системе – 2 балла.

Выполнено упрощение полученного выражения – 1 балл.

В общем виде записано выражение для количества теплоты, пошедшей на нагревание всей воды в системе – 2 балла.

Выполнено упрощение этого выражения – 1 балл.

Сформулировано положение о сохранении энергии – 1 балл.

Составлено уравнение для определения искомой температуры – 1 балл.

Получена формула для вычисления установившейся температуры – 1 балл.

Рассчитано значение установившейся температуры – 1 балл.

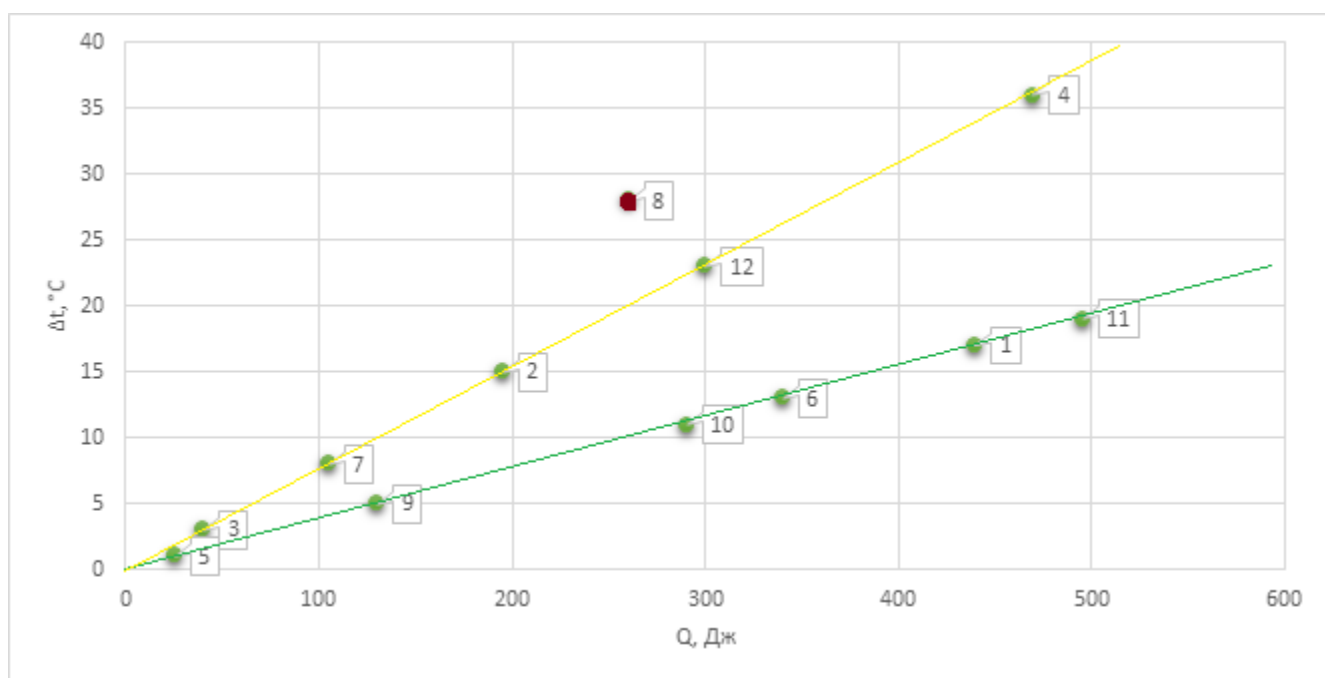
4. Псевдо эксперимент

В лаборатории калориметрии провели серию экспериментов по нагреванию стальных шариков двух различных масс. В таблице приведены значения изменений их температур Δt в зависимости от подведенного количества теплоты Q . К сожалению, по неопытности лаборант занес в одну таблицу данные для разных шариков. Построив график, определите, во сколько раз отличались массы шариков, и найдите, какой из результатов явно надо отбросить, как промах экспериментатора.

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q, Дж	440	195	40	470	25	340	105	260	130	290	495	300
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	17	15	3	36	1	13	8	28	5	11	19	23

Решение.

Необходимо построить график, правильно указав оси, и выбрав соответствующий масштаб.



По графику видно, что выбивается точка №8.

Соответственно, ориентируясь на график и используя формулу $Q = cm\Delta t$, хорошо видно, что массы отличаются в 2 раза.

Критерии оценивания:

Построены верные графики – 2 балла.

Верно определена выбивающаяся точка – 2 балл.

Верно выбран масштаб графиков – 3 балла.

Верно использована формула для определения во сколько раз отличаются массы – 3 балла.