

Условие

Задание 2 Полузамкнутая цепочка.

Присоедините к правой скрепке дополнительную нить и спиралевидно или змейкой уложите ее на пол.

К левой скрепке подвесьте 6 или 7 скрепок. 2.1 Измерьте зависимость координаты скрепок от времени $x(t)$. Постройте график полученной зависимости.

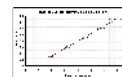
2.2 Определите какая из моделей (равномерное или равноускоренное движение) точнее описывает полученную Вами зависимость. Ответ обоснуйте графически.

2.3 Качественно объясните полученный результат.

Решение

Задача 9-2 Теплоёмкость и теплоотдача

1. и 2. Зависимость температуры системы 1 (мензурка, заполненная водой) и системы 2 (мензурка, с помещённым в неё металлическим стержнем, заполненная водой) от времени при охлаждении.



Время охлаждения системы 1 τ , с	Время охлаждения системы 2 τ , с	Температура систем 1 и 2 t , °C	Система 1 $\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}}$, °C/с	Система 2 $\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}}$, °C/с	Разность температур между системой тел и окружающей средой $\Delta t_{\text{сист ср}}$, °C
0	0	44,0	0,0105	0,0115	24,8
95,0	87,0	43,0	0,0102	0,0108	23,8
193	180	42,0	0,0097	0,0100	22,8
296	280	41,0	0,0094	0,0103	21,8
402	377	40,0	0,00917	0,00971	20,8
511	480	39,0	0,00893	0,00909	20,1
567	535	38,5	0,00833	0,00926	19,6
627	589	38,0	0,00862	0,00833	19,1
685	649	37,5	0,00862	0,00862	18,6
743	707	37,0	0,00794	0,00833	18,1
806	767	36,5	0,00806	0,00806	17,6
868	829	36,0			

3. и 4. Приравнивая правые части (1) и (2) получим:

$$\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} = \frac{\beta}{C} \Delta t_{\text{сист ср}} \quad (3)$$

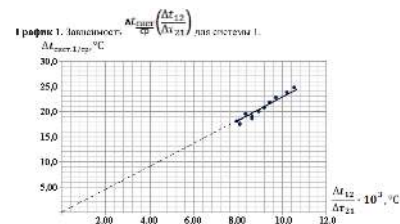
То есть $\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}}$ прямо пропорциональна $\Delta t_{\text{сист ср}}$. Построив график зависимости $\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}}$ ($\Delta t_{\text{сист ср}}$), определим интервалы температур, в которых мощность теплоотдачи систем тел при охлаждении прямо пропорциональна разности температур систем тел и температуры окружающей среды. Разность температур систем тел и окружающей среды (воздуха) определим как

$$\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21} \left(\frac{\Delta t_{\text{сист ср}}}{\Delta t_{12}} \right)},$$

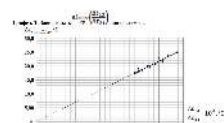
$$\Delta t_{\text{сист ср}} = \frac{t_2 + t_1}{2} - t_{\text{ср}} \quad (4)$$

Отношение $\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}}$ определим

$$\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} = \frac{t_1 - t_2}{\tau_2 - \tau_1} \quad (5)$$



Температура окружающего воздуха во время эксперимента .



Для удобства вычислений построим графики зависимости $\Delta t_{\text{сист. ср}} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} \right)$ для обеих систем.

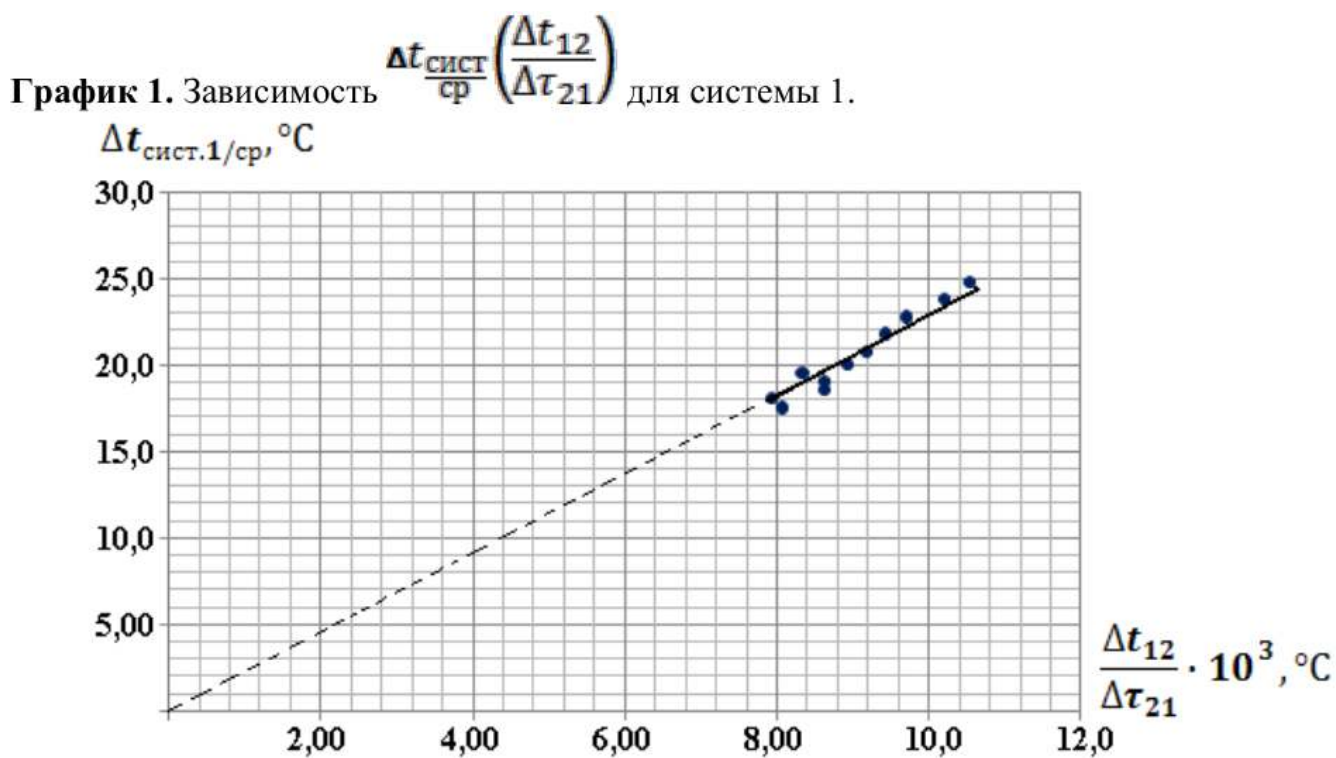


График 1. Зависимость $\frac{\Delta t_{\text{сист.1/ср}}}{\Delta \tau_{21}} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} \right)$ для системы 1.

График 2. Зависимость $\frac{\Delta t_{\text{сист}}}{\text{ср}} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} \right)$ для системы 2.

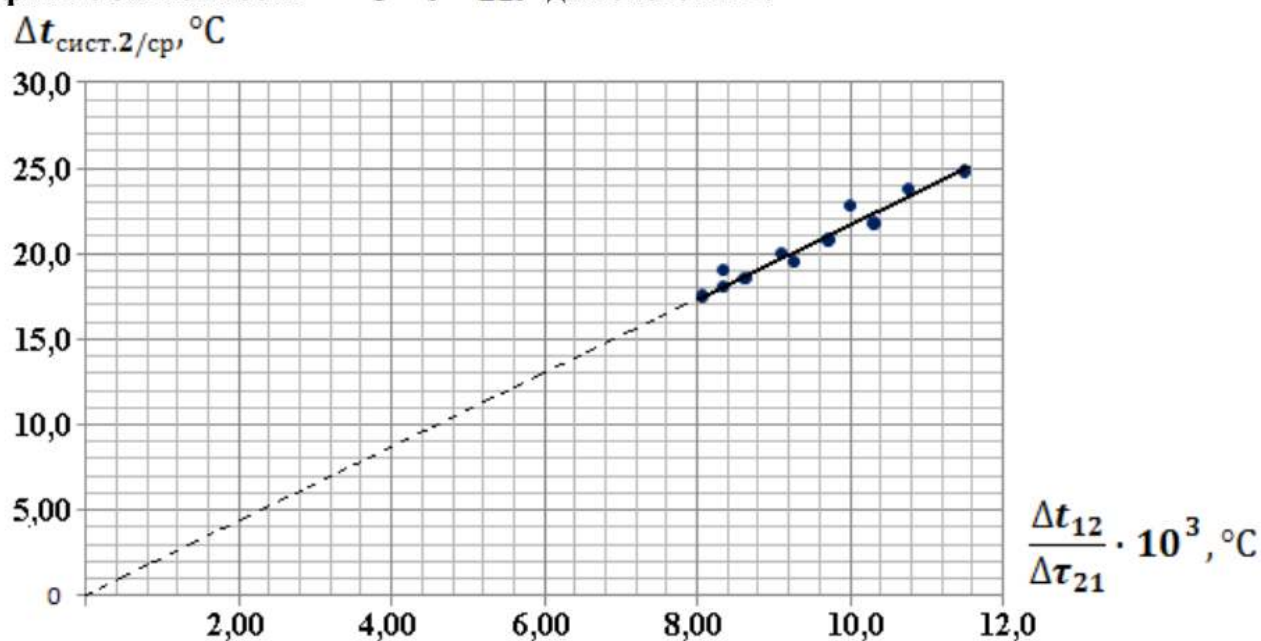


График 2. Зависимость $\frac{\Delta t_{\text{сист}}}{\text{ср}} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} \right)$ для системы 2.

Графики подтверждают, что зависимость $\frac{\Delta t_{\text{сист}}}{\text{ср}} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} \right)$ для обеих систем прямо пропорциональная, следовательно, для обеих систем выполняется уравнение (2).

5. Для определения теплоёмкости системы 1. необходимо определить массу воды в мензурке и массу мензурки. Массу мензурки определяем взвешиванием на весах:

Массу воды определим через произведение объёма на плотность. Объём воды определим с помощью большей мензурки:

$$V_{B1} = (160 \pm 1) \text{ см}^3. \quad m_{B1} = V_{B1} \cdot \rho_B = 160 \text{ см}^3 \cdot 0,992 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 159 \text{ г}.$$

$$V_{B1} = (160 \pm 1) \text{ см}^3.$$

$$m_{B1} = V_{B1} \cdot \rho_B = 160 \text{ см}^3 \cdot 0,992 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 159 \text{ г}.$$

Теплоёмкость системы 1 найдём как сумму теплоёмкости мензурки и содержащейся в ней воды:

$$C_1 = 840 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,0722 \text{ кг} + 4170 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,159 \text{ кг} = 724 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}.$$

6. Приведём уравнение (3) к виду:

$$\Delta t_{\text{сист}} = \frac{C}{\beta} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta \tau_{21}} \right). \quad (7)$$

$$\Delta t_{\text{сист}} = \frac{C}{\beta} \left(\frac{\Delta t_{12}}{\Delta t_{21}} \right) \quad (7).$$

Тогда $\frac{C_1}{\beta} = k_1$ – тангенс угла наклона графика 1 к горизонтальной оси. Из графика находим, что $k_1 = 2280 \text{с}$. Единица измерения коэффициента $\frac{C}{\beta}$ – секунда. Данный коэффициент равен характерному времени, за которое система охлаждается до температуры окружающей среды.

$$\beta = \frac{C_1}{k_1} = \frac{724 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}}{2280 \text{с}} = 0,318 \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot ^\circ\text{C}}. \quad (8)$$

$$\beta = \frac{C_1}{k_1} = \frac{724 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}}{2280 \text{с}} = 0,318 \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (8).$$

7. Для определения теплоёмкости системы 2 определим тангенс угла наклона графика 2 к горизонтальной оси (k_2). $k_2 = 2180 \text{с}$. Теплоёмкость системы 2 определим как

$$C_2 = \beta \cdot k_2 = 0,318 \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2180 \text{с} = 693 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}. \quad (9)$$

8. Найдём теплоёмкость воды, находившейся в системе 2. Объём воды в системе 2 будет меньше чем в системе 1 на объём металлического стержня. Объём стержня находим с помощью большей мензурки: Тогда

$$m_{\text{в}2} = V_{\text{в}2} \cdot \rho_{\text{в}} = 144 \text{см}^3 \cdot 0,992 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 143 \text{г}. \quad (11)$$

Теплоёмкость стержня найдём как: Удельную теплоёмкость определим как: Массу стержня определим взвешиванием Удельная теплоёмкость металлического стержня: 9. Сравнивая полученное значение удельной теплоёмкости металлического стержня со справочными данными можно утверждать, что стержень изготовлен из сплава алюминия. То, что стержень изготовлен из сплавов алюминия, можно дополнительно убедиться, определив его плотность. Несоответствие результата интервалу справочных значений можно объяснить следующими факторами: – погрешностью измерений, которые, к радости для участников олимпиады, здесь не вычислялись. – пренебрежением теплоёмкостью термометра, и то, что при вычислениях не учитывалась масса вытесняемой им воды. – не учитывалось то, что температура стеклянного стакана мензурки, при охлаждении систем, не будет равна температуре воды, которую показывает термометр. – возможно в справочных материалах, из которых авторы задачи брали информацию об удельных теплоёмкостях металлов, не было значения удельной теплоёмкости того сплава, из которого сделан стержень, предоставленный участникам олимпиады.