

Олимпиада им.Капицы 2022. 8 кл. Задача 2. Теплота.

В задачах на теплообмен обычно предполагается, что количество теплоты Q , отдаваемое горячим телом в единицу времени, прямо пропорционально разности температур между горячим и холодным телом. Следовательно, для процесса остывания воды в комнате можно записать следующее выражение: $C\Delta t = \alpha(t_b - t_k)\Delta t$ где C – теплоемкость воды, Δt – изменение температуры воды за малое время Δt , t_b – температура воды, t_k – температура окружающей среды (воздуха в комнате), α – коэффициент теплоотдачи.

Задание:

1. Попросите организаторов в аудитории налить в пластиковый стакан 100 грамм горячей воды.
2. Снимите зависимость температуры воды от времени в пластиковом стакане с крышкой но без теплоизоляции в диапазоне температур от 60-65 градусов до 45-50 градусов.
3. Попросите организаторов в аудитории вылить остывшую воду из стакана и вновь наполнить его (100 грамм) горячей водой. Поместите пластиковый стакан в пенопластовый стакан, обеспечив равномерный воздушный зазор между стенками посредством центрирующего трубчатого кольца.
4. Вновь снимите зависимость температуры воды от времени в пластиковом стакане с крышкой (но теперь уже с теплоизоляцией) в диапазоне температур от 60 до 50 градусов.
5. Путем графической обработки полученных экспериментальных данных определите отношение $\beta_{55} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$, т.е. во сколько раз отличаются коэффициенты теплоотдачи пластикового стакана без теплоизоляции α_1 и с теплоизоляцией α_2 при температуре 55 градусов.

Удельная теплоемкость воды $C_b = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}^*\text{град})$.

Оборудование: пластиковый стакан, крышка к стакану, пенопластовый стакан, центрирующее кольцо , термометр, горячая вода по требованию, миллиметровая бумага для построения графиков.

Внимание!!! При работе с горячей водой соблюдайте предельную осторожность и проявите максимальное внимание для того чтобы не разбить термометр и избежать опрокидывания стакана!!!

Решение:

Комнатная температура $t_K = 24^0 C$. Зависимость температуры воды от времени в стакане без теплоизоляции представлена в табл.1 и на рис.1

Табл.1

Время, мин.	t, град. C
0,0	70,0
1,0	69,0
2,0	68,0
3,0	67,0
4,0	65,5
5,0	64,5
6,0	63,5
7,0	62,5
8,0	61,5
9,0	61,0
10,0	60,0
11,0	59,0
12,0	58,0
13,0	57,5
14,0	57,0
15,0	56,0
16,0	55,5
17,0	54,5
18,0	54,0
19,0	53,5
20,0	53,0
21,0	52,0
22,0	51,5
23,0	51,0
24,0	50,5
25,0	50,0
26,0	49,5
27,0	49,0
28,0	48,5
29,0	48,0
30,0	47,5

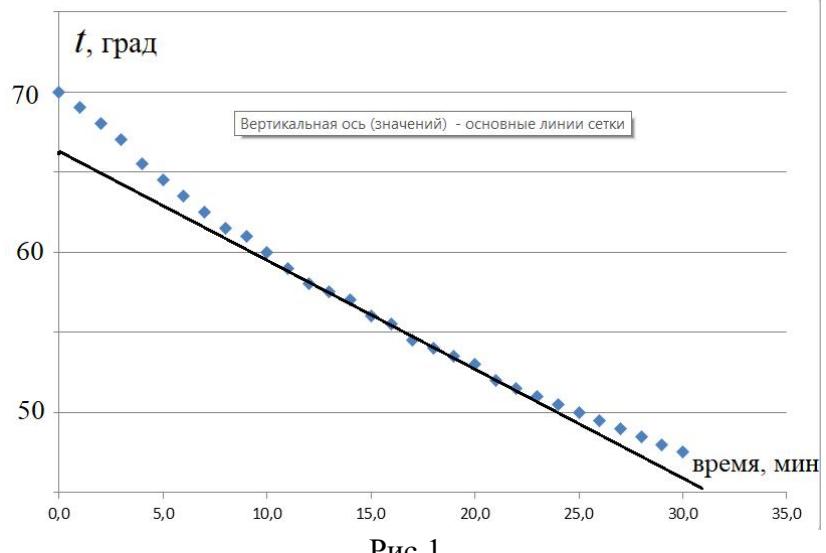


Рис.1.

По углу наклона касательной к графику в точке $t_e = 55^0C$ определим коэффициент теплоотдачи пластикового стакана без теплоизоляции $\alpha_1 = \frac{C}{(t_B - t_K)} \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{4200 \cdot 0,1}{55 - 24} \frac{21}{31 \cdot 60} = 0,153 \frac{Bt}{град}$

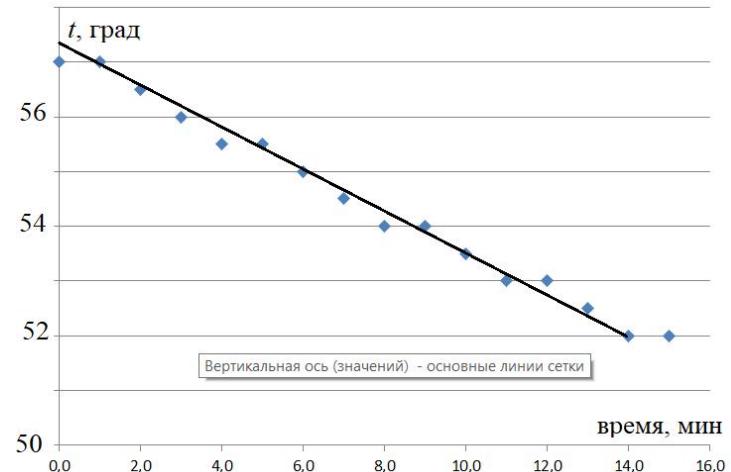


Рис.2

Зависимость температуры воды от времени в стакане с теплоизоляцией представлена в табл.2 и на рис.2. По углу наклона касательной к графику в точке $t_e = 55^0C$ определим коэффициент теплоотдачи пластикового стакана с теплоизоляцией

$$\alpha_2 = \frac{C}{(t_B - t_K)} \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{4200 \cdot 0,1}{55 - 24} \frac{5,3}{14 \cdot 60} = 0,085 \frac{Bt}{град}. Таким образом \beta_{55} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = 1,8$$

Время, мин.	t, град. С
0,0	57,0
1,0	57,0
2,0	56,5
3,0	56,0
4,0	55,5
5,0	55,5
6,0	55,0
7,0	54,5
8,0	54,0
9,0	54,0
10,0	53,5
11,0	53,0
12,0	53,0
13,0	52,5
14,0	52,0
15,0	52,0

8.2. Тепло

1.0	Записана формула: $c_v m \Delta t = \alpha \Delta t$	0,8
1.1	Диапазон измеренных точек:	1,4
	$T \in [45 - 65]^\circ C$	1,4
	$T \in [50 - 60]^\circ C$	1,0
1.2	Баллы за точки: $N \cdot 0,1$; максимальное количество точек-30	3,0
1.3	Количество точек в диапазоне $T \in [54,0; 56,0]$	1,4
	$N \geq 6$	1,4
	$N \geq 4$	1,0
	$N \geq 3$	0,6
1.4	График	1,4
	Разумный масштаб	0,4
	Подписаны оси	0,4
	Диапазон точек $[T_{min}; T_{max}] \supseteq [54,0; 56,0]$	0,4
	Разумная сглаживающая прямая	0,2
1.5	Тангенс угла наклона касательной:	2,0
	$\alpha_1 \in [0,87; 1,03]^\circ C/\text{мин}$	2,0
	$\alpha_1 \in [0,80; 1,10]^\circ C/\text{мин}$	1,0
2.1	Диапазон измеренных точек:	1,4
	$T \in [50 - 60]^\circ C$	1,4
2.2	Баллы за точки: $N \cdot 0,1$; максимальное количество точек-30	3,0
2.3	Количество точек в диапазоне $T \in [54,0; 56,0]$	1,4
	$N \geq 7$	1,4
	$N \geq 5$	1,0
	$N \geq 3$	0,6
2.4	График	1,4
	Разумный масштаб	0,4
	Подписаны оси	0,4
	Диапазон точек $[T_{min}; T_{max}] \supseteq [54,0; 56,0]$	0,4
	Разумная сглаживающая прямая	0,2
2.5	Тангенс угла наклона касательной:	2,0
	$\alpha_1 \in [0,34; 0,42]^\circ C/\text{мин}$	2,0
	$\alpha_1 \in [0,30; 0,46]^\circ C/\text{мин}$	1,0
3.1	Коэффициент $\beta = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \in [2,0; 3,0]$ (не засчитывается, если 0 за пункт 1.5 или 2.5)	0,8

Табл. 2