ОБОРУДОВАНИЕ [N 64]

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

9-Е1-073

Легкоплавкий металл

Название задачи (см.условие)

заполнить печатными буквами!!!

Филатов

Фамилия

Андрей

Имя

Максимович

Отчество

8-916-470-56-49

Номер вашего мобильного телефона

1. Пишите только с одной стороны листа.
2. Не мните, не сгибайте, не рвите листы.
3. Нумеруйте листы (например, «лист 5 из 8»).

Это лист № 0

Томск, 2019

ВсОШ19-9.1 Шифр 9-Е1-073

9.1 Легкоплавкий металл **Сумма** 5,0

	Критерий	Баллы	Макс. балл	Проверка		Апелляция	
1.	**Измерение плотности**		2,5				
	1.1. Гидростатическое взвешивание 1.1.1. Идея гидростатического взвешивания для измерения объема или компенсационного метода: рисунок или описание экспериментальной установки	0,5		0,5			
	1.1.2. Формула для связи показаний весов и плотности цилиндра	1,0		1,0			
	1.2. Определение плотности 1.2.1. Измерена масса цилиндра в воздухе и изменение показаний весов при погружении цилиндра в воду (цилиндр не касается стенок и дна) или обоснованно применен компенсационный метод, и вычислена плотность цилиндра $\rho \subset$ [5,3; 6,5] г/см^3 $\rho \subset$ [5,0; 6,8] г/см^3 1.2.2. Измерение объема цилиндра другими способами или не обоснован компенсационный метод, причем $\rho \subset$ [5,0; 6,8] г/см^3	 1,0 (0,5) (0,5)		1,0			
2.	**Измерение зависимости $T(t)$ остывания для расплавленного галлия**		3,5	—			
	2.1. Присутствует в явном виде указание на то, что микропробирка, в которой происходило плавление галлия в горячей воде, была снаружи осушена (вытерта)	0,5		—			
	2.2. Количество измерений в диапазоне от 50 до 25 °C или комнатной температуры (при отсутствии единиц измерения в таблице –0,5): 2.2.1. $N \geq 10$ 2.2.2. $N \geq 5$ 2.2.3. $N < 5$	 3,0 (1,5) (0,5)		—			
	2.3. Измерена комнатная температура	0,0		—			
3.	**График $T(t)$**		2,5	—			
	3.1. Выбран разумный масштаб, оси подписаны и оцифрованы (при наличии графика)	0,4		—			
	3.2. Нанесены все экспериментальные точки из таблицы измерений	0,3		—			
	3.3. Проведена сглаживающая линия	0,3		—			
	3.4. Проведена касательная к участку графика $T(t)$ в точке $T_0 = 30$ °C	0,3		—			
	3.5. Определен угловой коэффициент при $T_0 = 30$ °C $\alpha \subset$ [0,05; 0,15] °C/c	1,2		—			
4.	**Кристаллизация**		5,5	—			
	4.1. Отмечена связь постоянства температуры содержимого микропробирки после помещения в нее затравки с процессом кристаллизации и определена $T_{крист} = 29$–30 °C	0,5		—			
	4.2. Время кристаллизации 4.2.1. Отмечена связь начала уменьшения температуры (первое появление показания 28 °C на мультиметре), с окончанием кристаллизации 4.2.2. Измерено время кристаллизации	 0,5 1,0		—			
	4.3. Записано уравнение теплового баланса для кристаллизации, в явном виде содержащее время кристаллизации	1,0		1,0			
	4.4. Формула для вычисления λ	1,5		1,5			
	4.5. Определена удельная теплота кристаллизации $\lambda \subset$ [70; 90] кДж/кг $\lambda \subset$ [65; 95] кДж/кг $\lambda \subset$ [60; 100] кДж/кг	 1,0 (0,7) (0,5)		—			
5.	**Погрешности**		1,0				
	Приведена обоснованная оценка погрешности: 5.1. Плотности 5.2. Удельной теплоты плавления металла	 0,5 0,5		—			

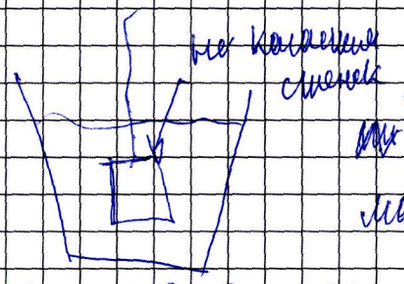
Проверил: Р.В.З.

Шифр: 9-Ф1-073

ЛИСТ 1 ИЗ 5

Для начала соберём установку:

Возьмём и ~~[illegible]~~ целиком погрузим металл на нитке в микропроцессор с водой:



Когда как известно весы покажут массу ~~[illegible]~~

~~[illegible]~~ $\rho_в m_1 = V \cdot \rho_в$, где $\rho_в$ - плотность воды, а V - объём металла (если после установки процессора с водой нажать TARE). Потом целиком погрузим металл, ~~[illegible]~~ чтобы он утонул, тогда весы покажут $V \cdot \rho = m_2$. ~~[illegible]~~ $\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_в}{\rho} \Rightarrow \rho = \frac{\rho_в \cdot m_2}{m_1}$

п. 1.1.1 0,5

$m_1 = 0,362$; $m_2 = 1,932$

п. 1.1.2 1,0

$\Downarrow$

$\rho \approx 5361 \frac{кг}{м^3}$, т.к. $m_1 = 0,36 \pm 0,02$?; $m_2 = 1,93 \pm 0,03$? тогда

$\rho \approx (5361 \pm 404) \frac{кг}{м^3}$, т.к. $\frac{1,96}{0,34} \cdot 1000 \approx 5765$

п. 1.2.1. 1,0

Измерим комнатную температуру:

$t_к = 23°C$

Шифр: 9-Е1-073

Лист 2 из 5

Теперь положим этот кусок металла в пробирку с лимонадом, а затем поставим в стакан с горячей водой. Когда была добавлена „заправка"?

~~Затем снимем зависимости температуры от времени:~~

τ, с.	t, °C

τ, с.	t, °C

Шифр: 9-Е1-073

Заметим, что температура стала быстро расти из-за того, что цилиндр не целиком был на дне. После того как металл стал плавиться, он стал оседать на дно, а (его подталкивали) температура уменьшаться. Когда температура достигла своего минимума - значит это температура плавления: $t_{пл} = 31°C$.

(Температура быстро возросла до 60-65, а затем стала опускаться до 31°C).

После этого вынадем микропробирку из стакана и поставим в подставку из пробки. Подождем, пока она остынет, затем добавим микропорцию металла и снимем зависимость.

τ, с	t, °C
10	30
20	30
30	30
40	31
50	30
60	30
70	31
80	30
90	30
100	30
110	30
120	31
130	31
140	30
150	31
160	30
170	31
180	30
190	30
200	30
210	31
220	30
230	31
240	30
250	30
260	30
270	30
280	31
290	30
300	30

Шифр: 9-Е1-073

Лист 4 из 5

τ_1:

Заметим, что за 7 сек – 10 сек температура металла стала 30 – 31 °С, и за всем на протяжении до τ = 54 мин 53 сек. оставалась при температуре плавления 30 – 31 °С (ещё один способ найти $t_{пл} \approx 30{,}5$ (т.к. температура меняется 30 – 31)), тогда, т.к. у нас основная масса металла: m_2 1,932, то запишем

Этот способ плохой, не понятно $t_{пл}$, и энергия плохая

$$\alpha(t_{пл} - t_к)(\tau - \tau_1) = \lambda m_2,$$ где $\alpha(t_{пл} - t_к)$ – мощность теплопотерь, а α – коэф. теплопотерь.

$$\Downarrow$$

$$\lambda = \frac{\alpha(t_{пл} - t_к)(\tau - \tau_1)}{m_2}$$

Осталось найти α. α найдём из процесса остывания:

$$c m_2 \Delta t = \alpha(t_1 - t_к) \cdot \tau \Rightarrow \alpha = \frac{c m_2 \Delta t}{(t_1 - t_к) \cdot \tau},$$ где

Δt – изменение температуры за время τ

Измерим несколько промежутков:

$t_{нач}$, °С	$t_{кон}$, °С	τ, сек	$\Delta t = t_{нач} - t_{кон}$, °С
48	42	16,21	6
41	45	20,66	4
44	42	8,44	2
40	38	10,84	2
36	34	14,63	2

Шифр: 9-E1-073

Лист 5 из 5

$\alpha_1 \approx 9{,}4 \cdot 10^{-3}$

$\alpha_2 \approx 9{,}4 \cdot 10^{-3}$

$\alpha_3 \approx 9{,}6 \cdot 10^{-3}$

$\alpha_4 \approx 9{,}2 \cdot 10^{-3}$

$\alpha_5 \approx 9{,}3 \cdot 10^{-3}$

$\Rightarrow \alpha_{ср} \approx 9{,}38 \pm 0{,}08$

Везде α в $\boxed{\frac{мВт}{°C}}$

Подставляем:

$$\lambda = \frac{\alpha (t_{нл} - t_к)(\tau - \tau_1)}{m_2} \approx 119777 \frac{Дж}{кг} \pm 6\%, т.к.$$

погрешность $t_{нл}$ 0,5°C