

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

9-E1-016

Лещковский металл

Название задачи (см. условие)

заполнить печатными буквами!!!

ГЛАДЫЦА

Фамилия

ТАТЬЯНА

Имя

ЮРЬЕВНА

Отчество

+7 915 054 11 73

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

9.1 Легкоплавкий металл

Сумма

4	
Проверка	Апелляция

Критерий	Баллы	Макс. балл				
1. Измерение плотности		2,5				
1.1. Гидростатическое взвешивание	0,5					
1.1.1. Идея гидростатического взвешивания для измерения объема или компенсационного метода: рисунок или описание экспериментальной установки			0,5			
1.1.2. Формула для связи показаний весов и плотности цилиндра	1,0		0,0			
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 $\rho \in [5,3; 6,5] \text{ г/см}^3$ $\rho \in [5,0; 6,8] \text{ г/см}^3$	1,0 (0,5)		0,0		2,5	
1.2.2. Измерение объема цилиндра другими способами или не обоснован компенсационный метод, причем $\rho \in [5,0; 6,8] \text{ г/см}^3$	(0,5)					
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. $N \geq 10$	3,0					
2.2.2. $N \geq 5$	(1,5)					
2.2.3. $N < 5$	(0,5)					
2.3. Измерена комнатная температура	0,0				0	
3. График $T(t)$		2,5				
3.1. Выбран разумный масштаб, оси подписаны и оцифрованы (при наличии графика)	0,4		0,4			
3.2. Нанесены все экспериментальные точки из таблицы измерений	0,3		0,3			
3.3. Проведена сглаживающая линия	0,3		0,3		1	
3.4. Проведена касательная к участку графика $T(t)$ в точке $T_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$	0,3					
3.5. Определен угловой коэффициент при $T_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha \in [0,05; 0,15] \text{ }^\circ\text{C/s}$	1,2					
4. Кристаллизация		5,5				
4.1. Отмечена связь постоянства температуры содержимого микропробирки после помещения в нее затравки с процессом кристаллизации и определена $T_{\text{крист}} = 29-30 \text{ }^\circ\text{C}$	0,5		0,5			
4.2. Время кристаллизации						
4.2.1. Отмечена связь начала уменьшения температуры (первое появление показания 28 °C на мультиметре), с окончанием кристаллизации	0,5		0		0,5	
4.2.2. Измерено время кристаллизации	1,0					
4.3. Записано уравнение теплового баланса для кристаллизации, в явном виде содержащее время кристаллизации	1,0		0			
4.4. Формула для вычисления λ	1,5		0			
4.5. Определена удельная теплота кристаллизации $\lambda \in [70; 90] \text{ кДж/кг}$ $\lambda \in [65; 95] \text{ кДж/кг}$ $\lambda \in [60; 100] \text{ кДж/кг}$	1,0 (0,7) (0,5)		0			
5. Погрешности		1,0				
Приведена обоснованная оценка погрешности:						
5.1. Плотности	0,5		0			
5.2. Удельной теплоты плавления металла	0,5					

Проверил: Карм.

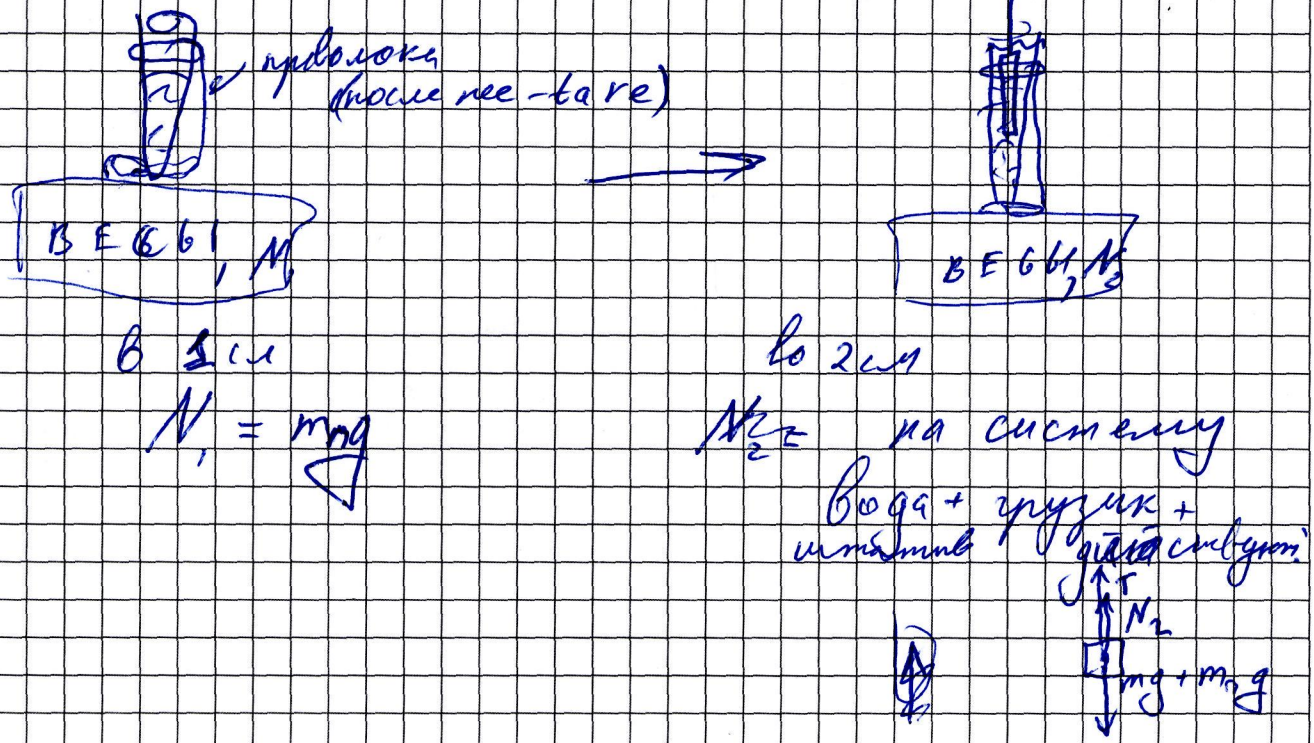
Пакет n 108

$m_n^* = 2,42 \pm 0,032$ масса гребешка с водой
 изм. на весах
 $V_{\text{водн в про}}$

Измерили $m_{\text{куд}}$ - массу большого
 куска металла, положив его на
 весы если на гирежку (после нее-tare)
 и $m_{\text{куд}} = 1,97 \pm 0,032$. X

тогда можно узнать, опустив ее
 в горячую воду и снять T, C (T, C)
 и когда март \Rightarrow T, C. и само
 явление.

Определение ρ :



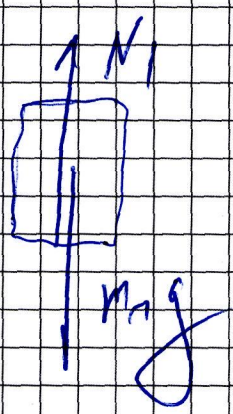
§

~~масса~~ ~~равновесие~~ ~~не~~ ~~ул.~~

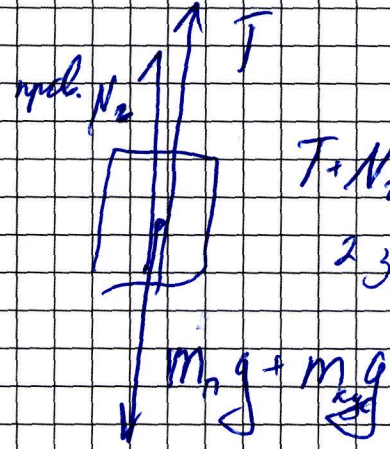
~~она~~ ~~как~~ ~~масса~~ ~~весов~~ ~~стара~~

1 кг

2 кг



силы на
систему
вода + проб.



$$T + N_2 = (m_1 + m_2)g$$

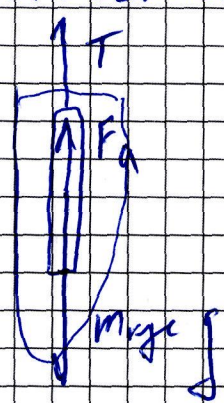
2 з.п. Ньютон, $a=0$

$$N_1 = m_1 g, \text{ т.к. } a=0$$

m - масса бруска

на брусок.

(он полностью погружен, но вода не касается)



$$T + F_a = m_{кг} g \text{ т.к. он в равновесии}$$

$$T = m_{кг} g - \rho_{в} g \cdot V$$

$$\rho_{в} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

V - объем груза

$$T + N_2 = (m_1 + m_2)g$$

$$m_1 g = N_1$$

$$m_2 g + N_2 - \rho_{в} g \cdot V = (m_1 + m_2)g$$

а м.к. показ.

весов в граммах \Rightarrow

по показаниям m_1 и m_2 и
 $m_1 = \frac{N_1}{g}$ и $m_2 = \frac{N_2}{g}$

$$V = \frac{N_2 - N_1}{\rho_{в} g}$$

$$V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{в}}$$

$$\rho = \frac{m_{\text{жж}}}{V} = \frac{m_{\text{жж}} \rho_{\text{в}}}{(m_2 - m_1)}$$

открываем
крышку
пипетом



$$m_{\text{жж}} = 1,97 \pm 0,032$$

$$\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$m_2 = m_n = 2,42 \pm 0,032 \quad 5,612 \quad 5,79 \quad 5,80 \Rightarrow$$

$$m_1 = 5,472 \pm 0,032$$

$$5,802 \pm 0,032$$

$$5,47; 5,47 - 3 \text{ знака}$$

$$\rho = 59870 \text{ кг/м}^3$$

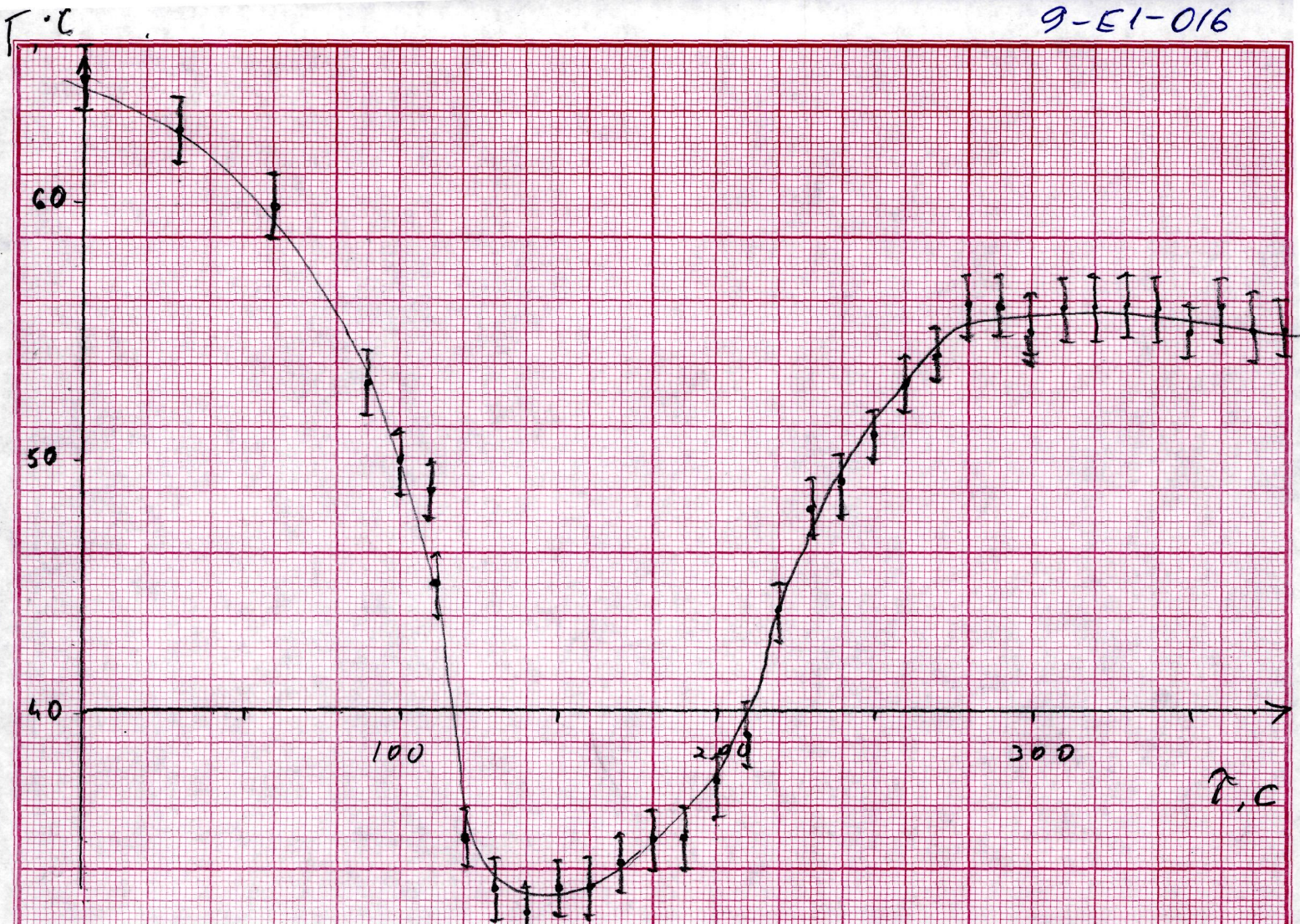
$$\Delta m_2 = \Delta m_1$$

$$\Delta \rho = \Delta m_{\text{жж}} + \Delta (m_2 - m_1) = \frac{\Delta m_{\text{жж}}}{m_{\text{жж}}} + \frac{2\Delta m_2}{m_2 - m_1} = 20\%$$

$$\Delta \rho = 1200 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = (6,0 \pm 1,2) \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$$

замечу, что после кипения
я проверила, что масса проб м,
не ушла, и \Rightarrow металл не
растворился



растлавив, дождется возвр. Me
к комнатной темп. (переходя поднимя).

Тогда имеет маленький кус. Me
для запуска кристаллизации.

Его в клад в термосе имеет мал \approx в 10
раз меньше его объема.

и вся масса Me сначала нагреется
до $t_{пл}$, затем раставится и

опять остает настолько ~~малым~~
количеством

было t_1

c_2 -тем. в н.в. сост.

стало t_2

при тавлении

$(t_{пл} - t_1) \cdot c_0 \cdot m$ нагревшегося до $t_{пл}$

выделяется много

λm раставившегося

E (мин 50 кДж) \Rightarrow

охладившего $m c_2 (t_{пл} - t_1)$

после тавл.

$$m c_2 (t_{пл} - t_1) \neq + \lambda m$$

Можно узнать потери в воздухе
 от пробирки при 30°C нагрев
 и охлаждая M_c . Получили Полюшка
 3-го $T_{\text{от}} T_{\text{на воздухе}}$ и по ми как с 30°C
 знаем массу, грам $B. c$

$$C \cdot m \cdot \Delta t = N_{30} \cdot \Delta T \quad N_{30} = \frac{C m \Delta t}{\Delta T}$$

в камере алугае

$$\lambda \cdot m = N_{30} \cdot T_2 \quad T_2 - \text{грамм замерзая}$$

примерно так, п.к. термометра нагрева от 25°C до 30°C
 $c c$;

$C \approx 5^\circ\text{C} \ll \lambda \approx 40 \text{ кДж}$ и \Rightarrow можно не учитывать

$$m = m_{\text{жид}} + m_{\text{м}}$$

$$\lambda = \frac{C m \Delta t}{\Delta T} \cdot T_2 = \frac{C T_2 \Delta t}{\Delta T}$$

$$T_2 > 15 \text{ мин}$$

$T, ^\circ C$ 29 36 38 40 46 50 54 57 62

τ, c 0 10 15 20 25 26 27 10 50
30 35

$T, ^\circ C$ 63 63

τ, c 55 60

$T, ^\circ C$ при нагревании расплавленного
 τ, c металла.

масса на микропорции $m_n = (0,20 \pm 0,03)g$

$T, ^\circ C$

τ, c

Охлаждаем m_n до $t \downarrow 25^\circ C$ и

кинем микропорцию, и считаем

3-го T от τ , будет кристаллизация.

пока $t \uparrow$ это нагрев

при $t = const$ $t = t_{пл}$,
заметим след t .

$T, ^\circ C$ 23 $^{\circ}C$ 26 28 29 29

τ, c 5 10 15 20

$T, ^\circ C$ 29 29 29 29 29 30 29 29 29

τ, c 25 30 35 40 45 50 55 60 90

$T, ^\circ C$ 30

τ, c до 5 мин - еще жидкое. до 15 мин
еще жидкое

const время 29-30 $^{\circ}C = 7$

$t_{пл} \approx 30^{\circ}C$

4.1 (+)

это еще жидкое можно показать
по удерживанию.

считает $T, ^\circ\text{C}$ от $t, \text{с}$

при на опущении пробирки с Me
 в горячую воду (с большей порцией Me)
 это показывает термометры

$T, ^\circ\text{C}$	65	63	60	53	50	45	35	33
$t, \text{с}$	0	30	60	90	100	110	120	130

Me 23°C

$T, ^\circ\text{C}$	32	33	33	34	35	35	37	39
$t, \text{с}$	140	150	160	170	180	190	200	210

$T, ^\circ\text{C}$	44	48	49	51	53	54	56
$t, \text{с}$	220	230	240	250	260	270	280

$T, ^\circ\text{C}$	56	55	56	56	56	55	56
$t, \text{с}$	290	300	310	320	330	340	350

$T, ^\circ\text{C}$	55	55	55	55	равновесие
$t, \text{с}$	360	370	380	390	

$$\Delta T = 3^\circ\text{C}$$

$$\Delta P = 0,20$$

это на графике на бумаге

По графику видно, что
 плавление было $\approx 630^\circ\text{C}$. Замерил
 еще раз температуру металлов
 рядом с термометром

в комнате $t_0 = 23^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$

после 3 плавания Не

переохладён.

Можно кинуть

$t_{\text{воздуха}} \approx \text{const} \Rightarrow$ можно узнать коэф.

после подброса кусочка замерзшей
масса $\Delta m = 1,16 \text{ г}$ / вылезла на веревочке \Rightarrow

$$\Delta m \lambda = c \cdot m_{\text{л}} (t_{\text{пл}} - t_{\text{кон}}) \quad \uparrow \text{переохлаждение } \approx 2^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = \frac{(m_{\text{л}} (t_{\text{пл}} - t_{\text{кон}}))}{\Delta m} = 4874 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$$

Времени не
есть!
Вода же!

10 минут