

Отчет о выполнении  
лабораторной работы 2.1.4

Определение теплоемкости  
твердых тел

Выполнил: Тимонин Андрей  
Группа: Б01-208

Дата: 20.04.2023

# 1 Введение

## Цели работы:

1. Измерение количества подведенного тепла и вызванного им нагрева твердого тела;
2. Определение теплоемкости по экстраполяции отношения  $\frac{\Delta Q}{\Delta T}$  к нулевым потерям тепла.

## В работе используются:

1. Калориметр с нагревателем и термометром сопротивления;
2. Амперметр;
3. Вольтметр;
4. Мост постоянного тока;
5. Источник питания 36 В.

# 2 Теоретические сведения

В данной работе теплоемкость определяется по формуле

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}, \quad (1)$$

где  $\Delta Q$  – количество тепла, подведенного к телу, и  $\Delta T$  – изменение температуры тела, произошедшее в результате подвода тепла.

Температура исследуемого тела надежно измеряется термометром сопротивления, а определение количества тепла, поглощенного телом, обычно вызывает затруднение. В реальных условиях не вся энергия  $P\Delta t$ , выделенная нагревателем, идет на нагревание исследуемого тела и калориметра, часть ее уходит из калориметра благодаря теплопроводности его стенок. Оставшееся в калориметре количество тепла  $\Delta Q$  равно

$$\Delta Q = P\Delta t - \lambda(T - T_{\text{к}})\Delta t, \quad (2)$$

где  $P$  – мощность нагревателя,  $\lambda$  – коэффициент теплоотдачи стенок,  $T$  – температура тела,  $T_{\text{к}}$  – комнатная температура,  $\Delta t$  – время, в течение которого идет нагревание.

Из уравнений (1) и (2) получаем

$$C = \frac{P - \lambda(T - T_{\text{к}})}{\Delta T / \Delta t} \quad (3)$$

Формула (3) является основной расчетной формулой. Она определяет теплоемкость тела вместе с калориметром. Теплоемкость калориметра измеряется отдельно и вычитается из результата.

С увеличением температуры исследуемого тела растет утечка энергии, связанная с теплопроводностью стенок калориметра. Из формулы (2) видно что при постоянной мощности нагревателя по мере роста температуры количество тепла передаваемое телу, уменьшается, и, следовательно, понижается скорость изменения его температуры.

Погрешности, связанные с утечкой тепла, оказываются небольшими, если не давать телу заметных перегревов и проводить все измерения при температурах, мало отличающихся от комнатной. Однако при небольших перегревах возникает большая ошибка при измерении  $\Delta T = T - T_{\text{к}}$ , и точность определения теплоемкости не возрастает. Чтобы избежать этой трудности, в работе используется следующая методика измерений. Зависимость скорости нагревания тела  $\Delta T / \Delta t$  от температуры измеряется в широком интервале изменения температур. По полученным данным строится график

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = f(T).$$

Этот график экстраполируется к температуре  $T = T_{\text{к}}$ , и таким образом определяется скорость нагревания при комнатной температуре  $(\Delta T / \Delta t)_{T_{\text{к}}}$ . Подставляя полученное выражение в формулу (3) и замечая, что при  $T = T_{\text{к}}$  член  $\lambda(T - T_{\text{к}})$  обращается в ноль, получаем

$$C = \frac{P}{(\Delta T / \Delta t)_{T_{\text{к}}}} \quad (4)$$

Температура измеряется термометром сопротивления, который представляет собой медную проволоку, намотанную на теплопроводящий каркас внутренней стенки калориметра (рис. 1). Сопротивление проводника изменяется с температурой по закону

$$R_T = R_0(1 + \alpha \Delta T), \quad (5)$$

где  $R_T$  – сопротивление термометра при  $T^{\circ}\text{C}$ ,  $R_0$  – его сопротивление при  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

Дифференцируя (5) по времени, найдем

$$\frac{dR}{dt} = R_0 \alpha \frac{dT}{dt}, \quad (6)$$

Выразим сопротивление  $R_0$  через измеренное значение  $R_k$  – сопротивление термометра при комнатной температуре. Согласно (5), имеем

$$R_0 = \frac{R_k}{1 + \alpha \Delta T_k}, \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в (4), найдем

$$C = \frac{P R_k \alpha}{\left(\frac{dR}{dt}\right)_{T_k} (1 + \alpha \Delta T_k)}, \quad (8)$$

Входящий в формулу температурный коэффициент сопротивления меди равен  $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ , все остальные величины определяются экспериментально.

### 3 Экспериментальная установка

Установка состоит из калориметра с пенопластовой изоляцией, помещенного в ящик из многослойной клееной фанеры. Внутренние стенки калориметра выполнены из материала с высокой теплопроводностью. Надежность теплового контакта между телом и стенками обеспечивается их формой: они имеют вид усеченных конусов и плотно прилегают друг к другу. В стенку калориметра вмонтированы электронагреватель и термометр сопротивления. Схема включения нагревателя изображена на рис.2. Система реостатов позволяет установить нужную силу тока в цепи нагревателя. По амперметру и вольтметру определяется мощность, выделяемая в нагревателе. Величина сопротивления термометра измеряется мостом постоянного тока.

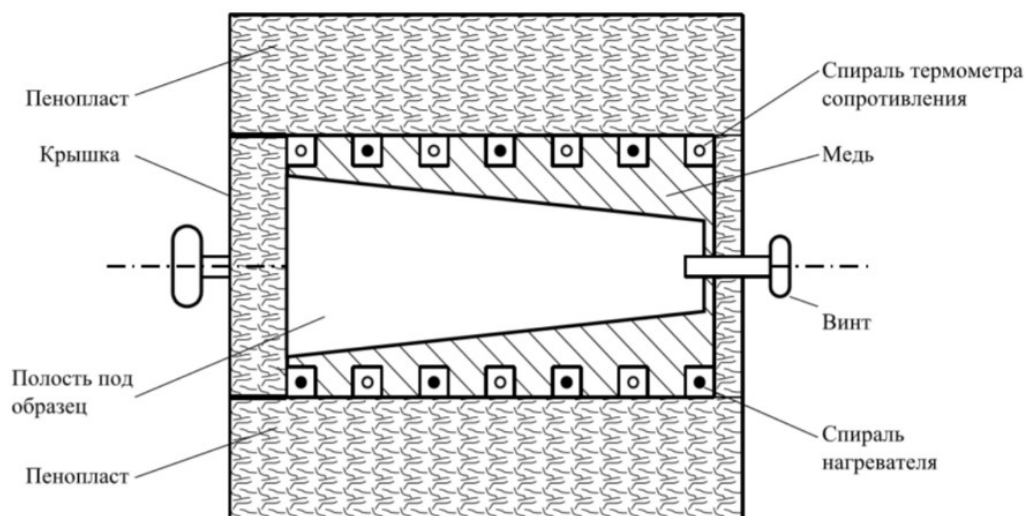


Рис 1. Схема калориметра

## 4 Ход работы

Начальные данные:

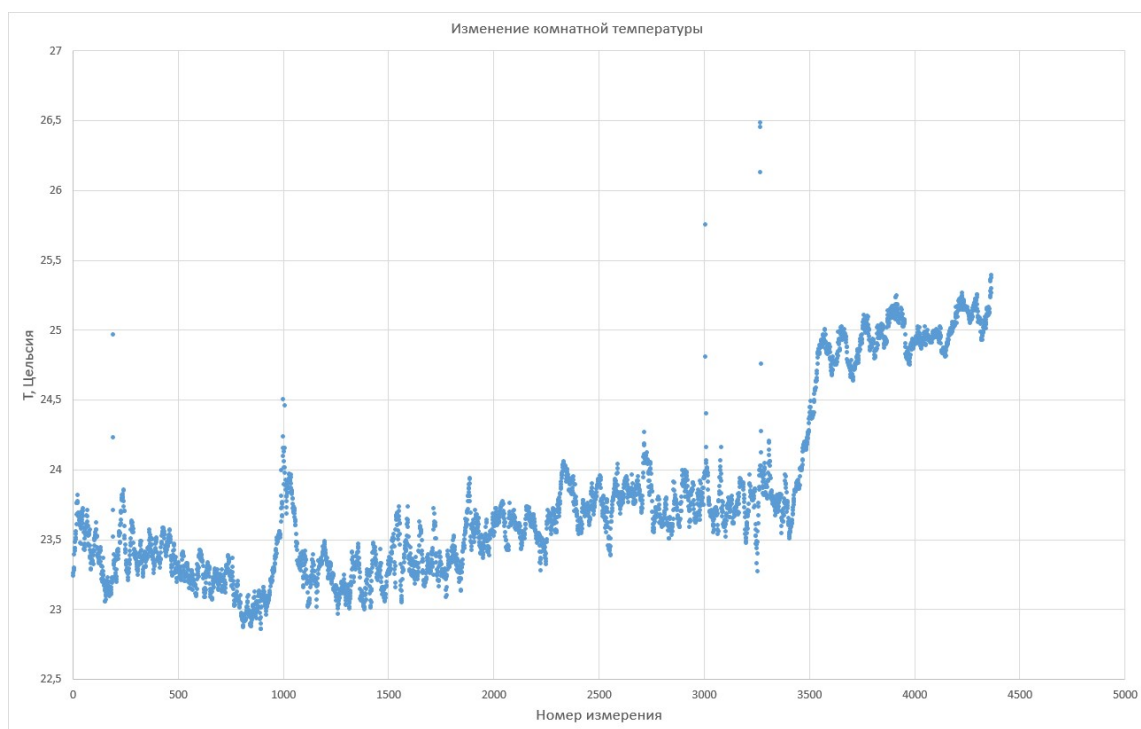


Рис 2. График изменения комнатной температуры



Рис 3. График изменений показаний омметра

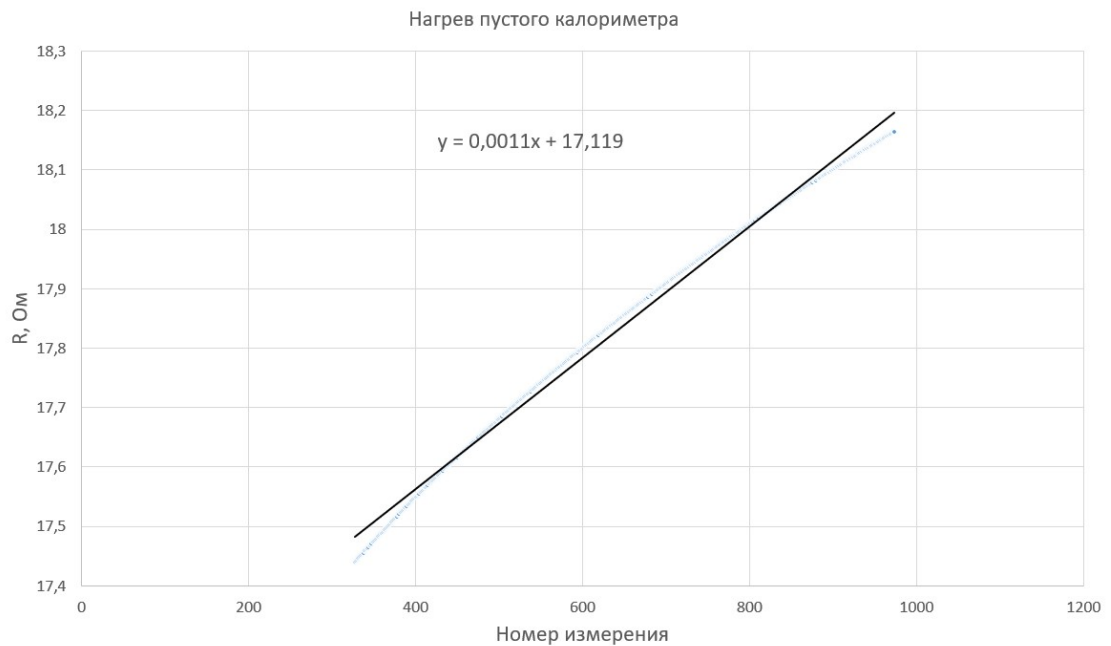


Рис 4. График нагрева пустого калориметра

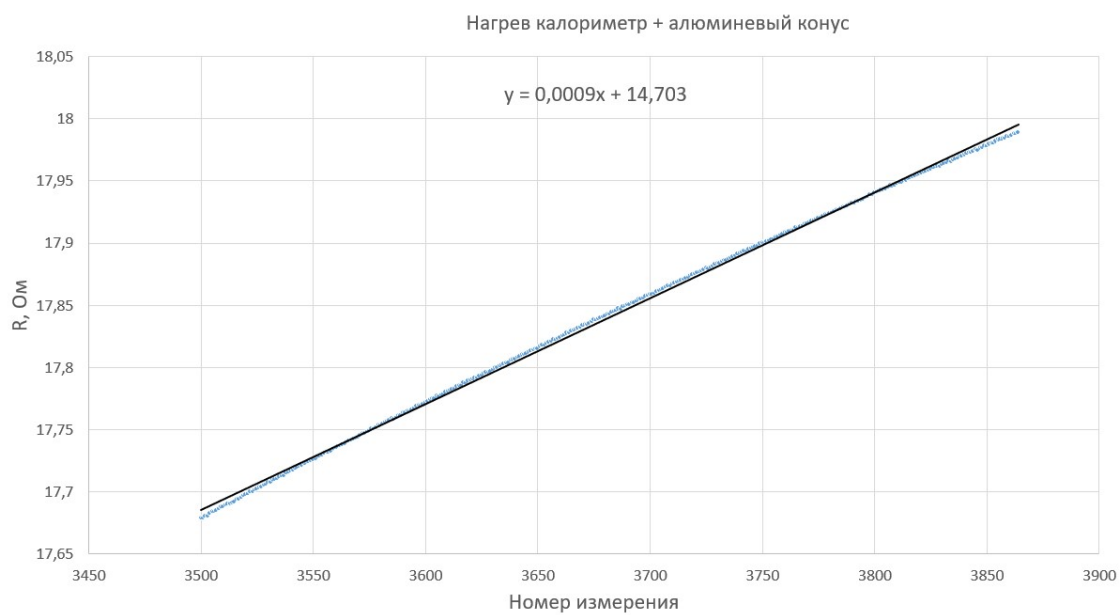


Рис 5. График нагрева калориметра с алюминиевым конусом

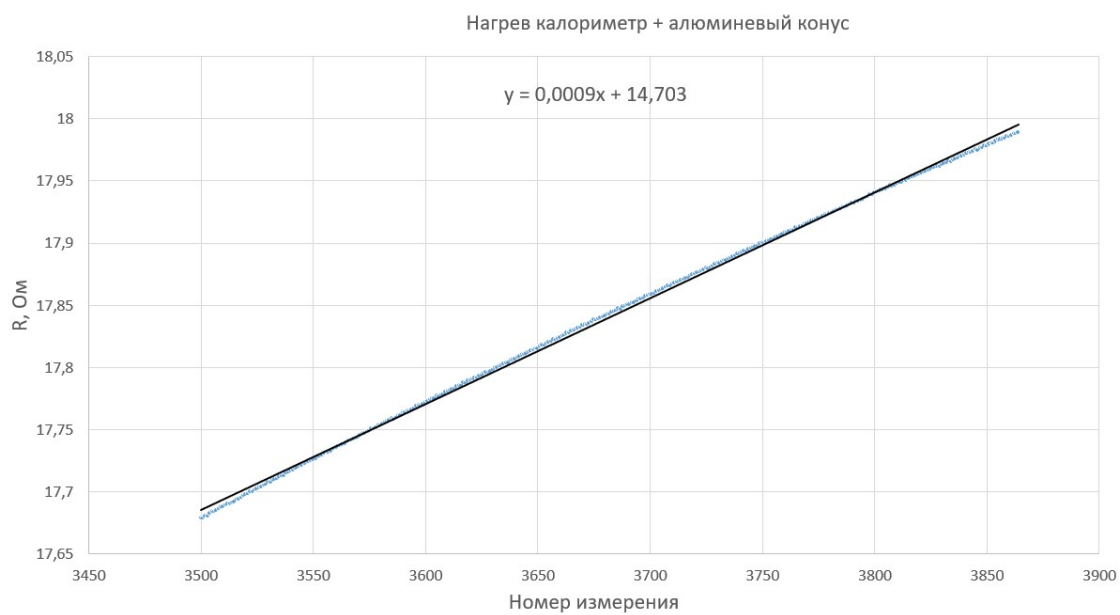


Рис 6. График нагрева калориметра с железным конусом

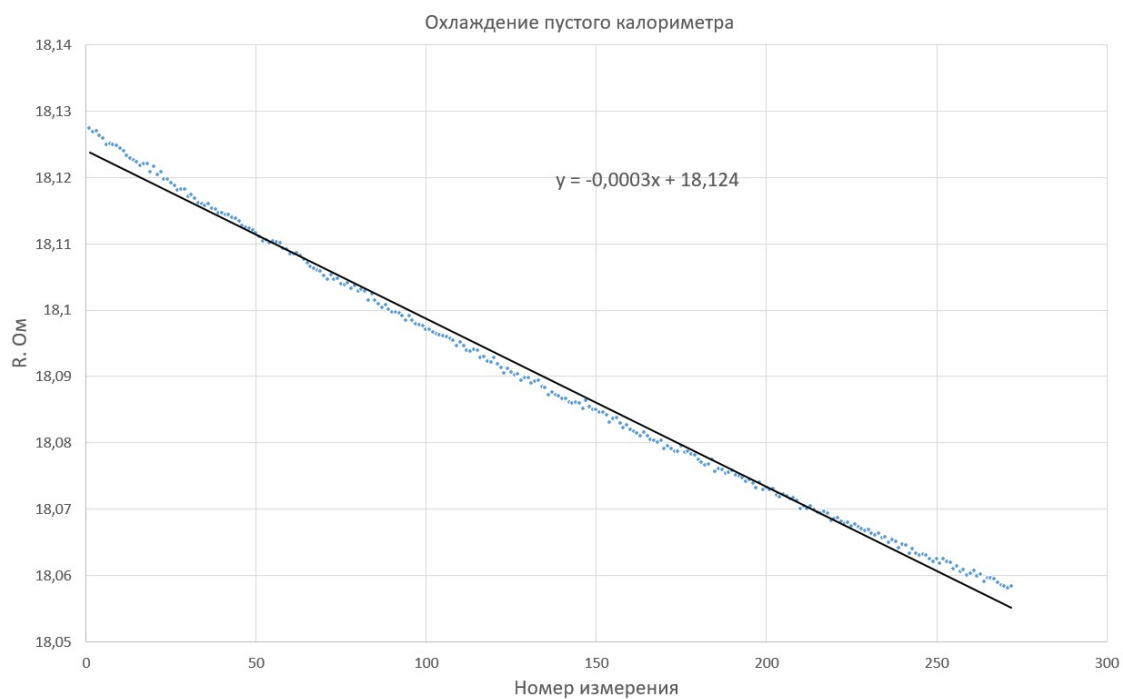


Рис 7. График охлаждения пустого калориметра

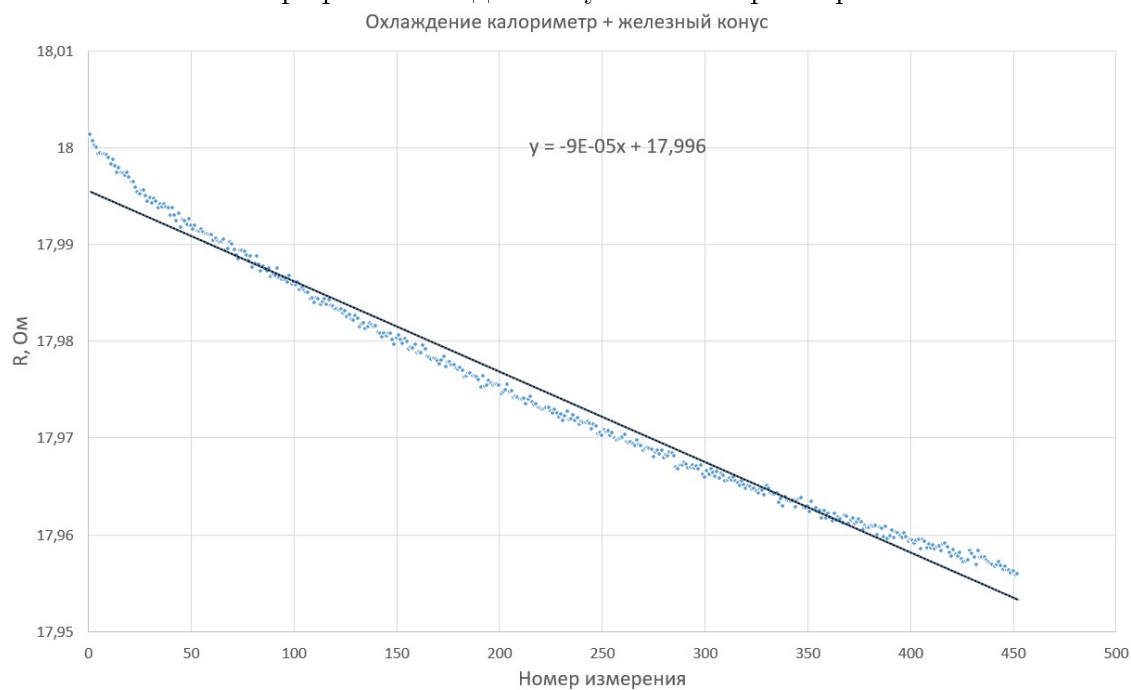


Рис 8. График охлаждения калориметра с железным конусом



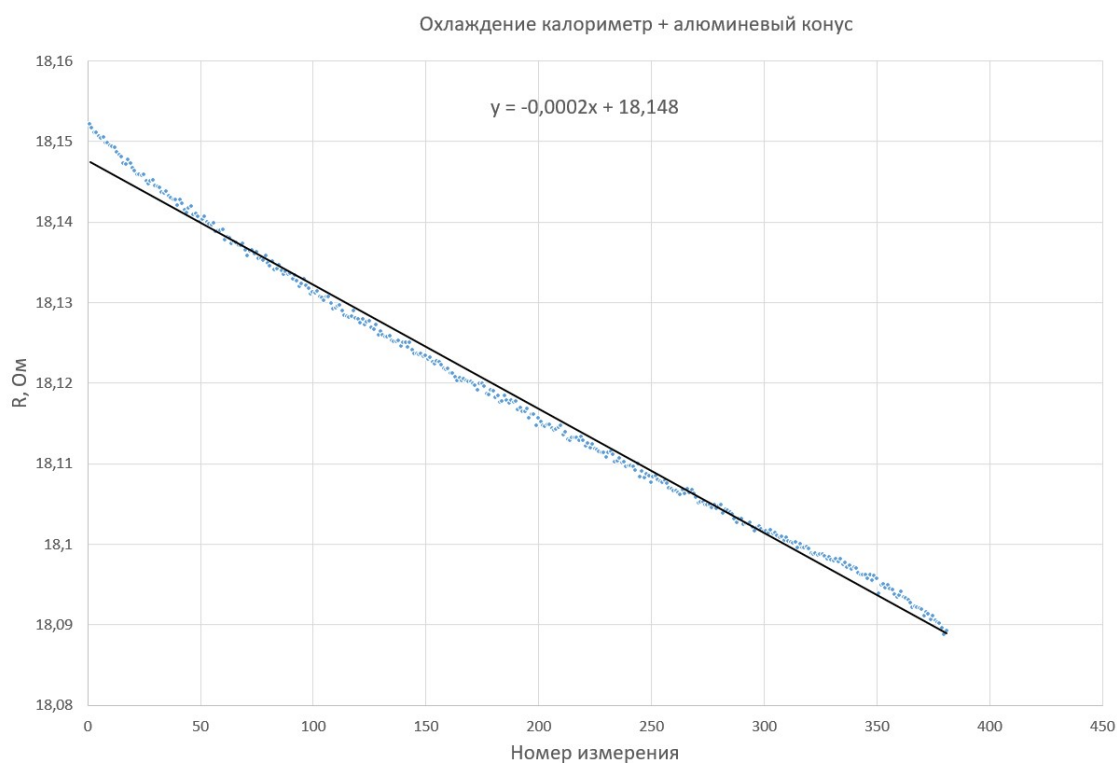


Рис 9. График охлаждения калориметра с алюминиевым конусом

№	$\frac{dR}{dt}$
1	0.00152993
2	0.00148243
3	0.00150742
4	0.00139527
5	0.00136687
6	0.00134701
7	0.00133051
8	0.00126687

Таблица 1. Значения  $\frac{dR}{dt}$  для пустого калориметра

№	$\frac{dR}{dt}$
1	0.00096340
2	0.00095203
3	0.00091032
4	0.00089963
5	0.00088850
6	0.00086551
7	0.00087666
8	0.00088192

Таблица 2. Значения  $\frac{dR}{dt}$  для калориметра с алюминиевым конусом

№	$\frac{dR}{dt}$
1	0.00078839
2	0.00079701
3	0.00074330
4	0.00078119
5	0.00074826
6	0.00075064
7	0.00075375
8	0.00075512

Таблица 3. Значения  $\frac{dR}{dt}$  для калориметра с железным конусом

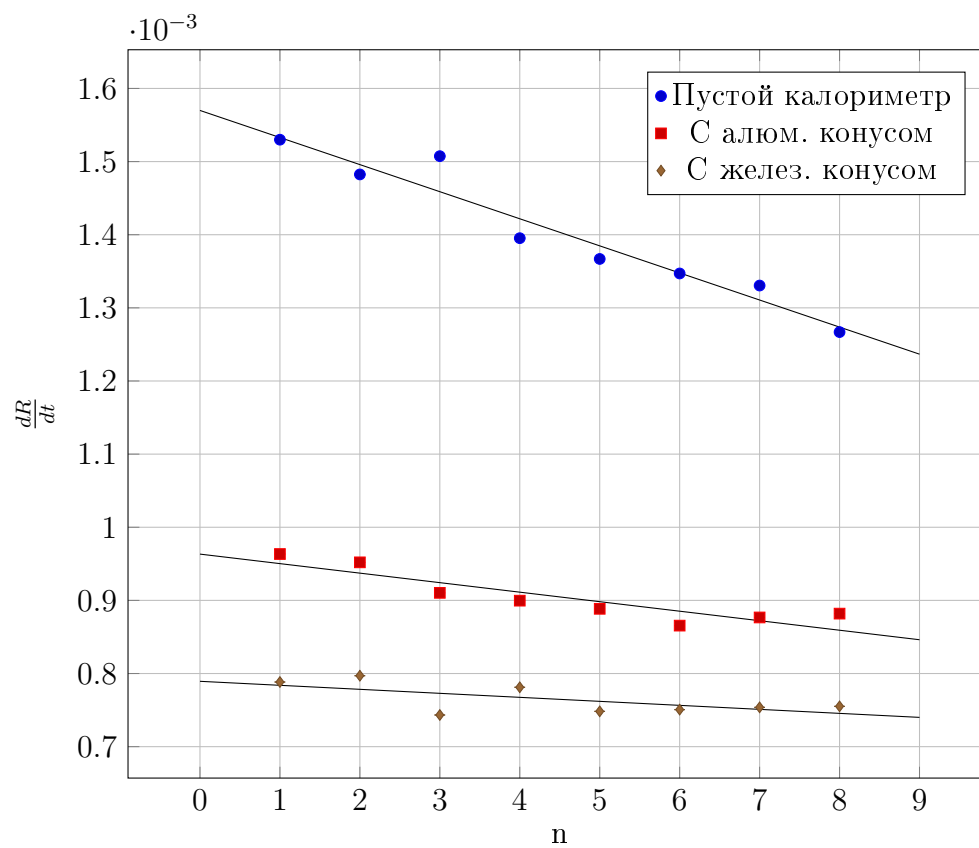


График 10. График  $\frac{dR}{dt}$  для различных комбинаций при нагреве