

Определение теплоемкости твердых тел

Каспаров Николай, Б01-304

March 24, 2024

Цель работы:

1. Прямое измерение кривых нагревания $T_{heat}(t)$ и охлаждения $T_{cool}(t)$ пустого калориметра и системы "калориметр + твердое тело";
2. Определение коэффициента теплоотдачи стенок теплоотдачи стенок калориметра;
3. Определение теплоемкости пустого калориметра и удельной теплоемкости твердого тела.

В работе используются: Калориметр, вольтметр, омметр, измеритель температуры - термопара, источник питания, амперметр.

1 Теоретическое введение

В данной работе измерение теплоемкости происходит по стандартной схеме. Исследуемое тело помещается в калориметр с нагревателем мощностью P . Пусть за время Δt к тело подвели ΔQ теплоты, что привело к росту температуры на ΔT , тогда теплоемкость можно вычислить по данной формуле:

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

Количество тепла, подведенная к системе не подчиняется формуле $\Delta Q \neq P\Delta t$, из-за тепловых потерь. Верная формула выглядит так:

$$C\Delta T = P\Delta t - \lambda(T - T_k)\Delta t \quad (2)$$

где λ - коэффициент теплоотдачи стенок калориметра, а T_k - комнатная температура.

Из уравнения (2) получим основные расчетные формулы работы.

$$CdT = Pdt - \lambda[T_{heat}(t) - T_k(t)]dt \quad (3)$$

$$CdT = -\lambda[T_{cool}(t) - T_k(t)]dt \quad (4)$$

2 Методика эксперимента

Температура измеряется термометром сопротивления. Известно, что сопротивление проводника от времени изменяется по закону:

$$R = R_{273} [1 + \alpha(T - 273)], \quad (5)$$

где R_{273} - его сопротивление при 273К, а α - температурный коэффициент сопротивления.

Выразим сопротивление R_{273} через измеренное значение R_k . Согласно (5), получаем:

$$R_{273} = \frac{R_k}{1 + \alpha(T_k - 273)} \quad (6)$$

Подставляем (6) в (5), найдем:

$$T(R_T) = 273 + \frac{R_T}{\alpha R_k} [1 + \alpha(T_k - 273)] - \frac{1}{\alpha} \quad (7)$$

Если считать, что $T_k = const$, то из (4) получим:

$$\frac{CdT_{cool}}{-\lambda(T_{cool} - T_k)} = dt \quad (8)$$

После интегрирования получим зависимость:

$$T_{cool}(t) = (T - T_k)e^{-\frac{\lambda}{C}t} + T_k \quad (9)$$

Отсюда мы найдем λ/C .

Из уравнения (3) при $T_k = const$ получим:

$$CdT_{heat} = Pdt - \lambda[T_{heat} - T_k] dt \quad (10)$$

После интегрирования получим зависимость:

$$T_{heat}(t) = \frac{P}{\lambda} \left(1 - e^{-\lambda t/C}\right) + T_k \quad (11)$$

Отсюда найдем λ и C .

3 Построение графиков

Для пустого калориметра получим:

$$\frac{\lambda_k}{C_k} = (1.625 \pm 0.004) 10^{-4} \text{с}^{-1}$$

$$\frac{P}{\lambda} = (77.68 \pm 0.11) \text{Дж/с}$$

$$C = (486 \pm 2) \text{Дж/К}$$

Для алюминия:

$$\frac{\lambda_a}{C_a} = (1.111 \pm 0.003) 10^{-4} \text{с}^{-1}$$

$$\frac{P}{\lambda} = (54.21 \pm 0.05) \text{Дж/с}$$

$$C = (1019 \pm 3) \text{Дж/К}$$

Для титана:

$$\frac{\lambda_r}{C_r} = (1.342 \pm 0.003) 10^{-4} \text{с}^{-1}$$

$$\frac{P}{\lambda} = (62.39 \pm 0.06) \text{Дж/с}$$

$$C = (733 \pm 2) \text{Дж/К}$$

Соответствующие графики:

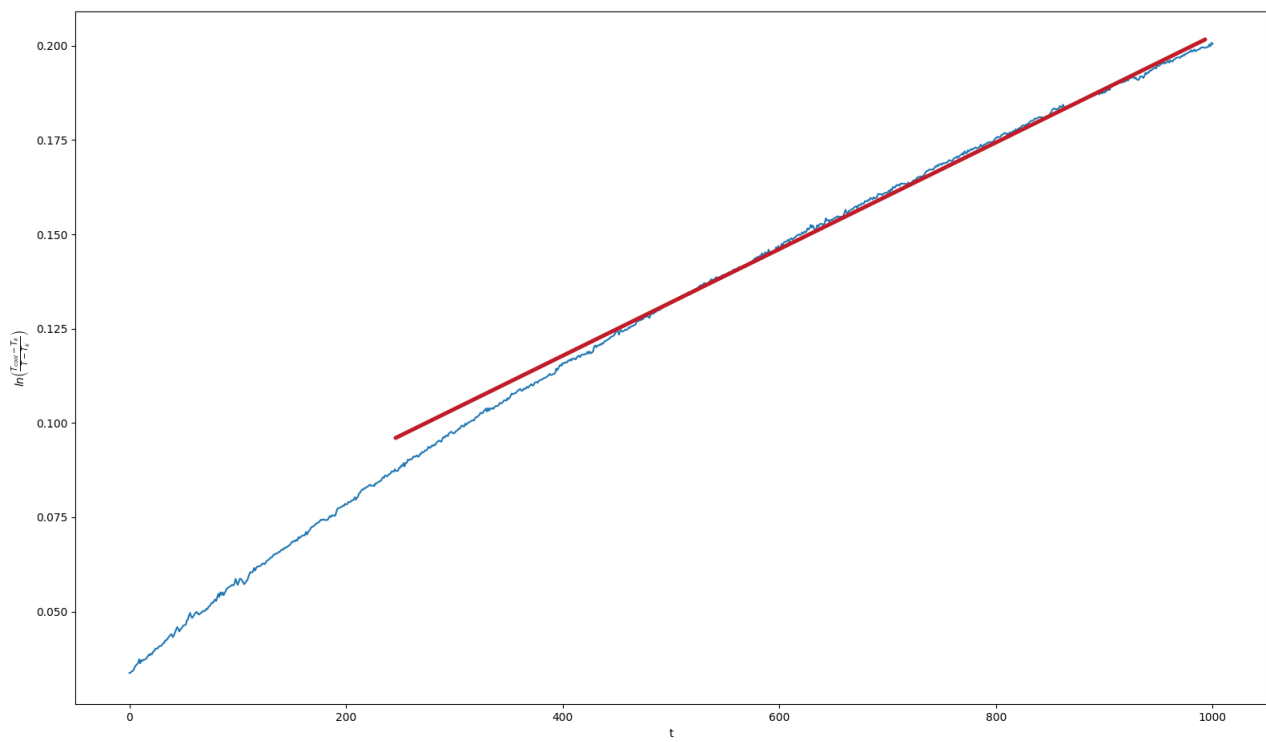


Рисунок 1: График остывания для пустого калориметра

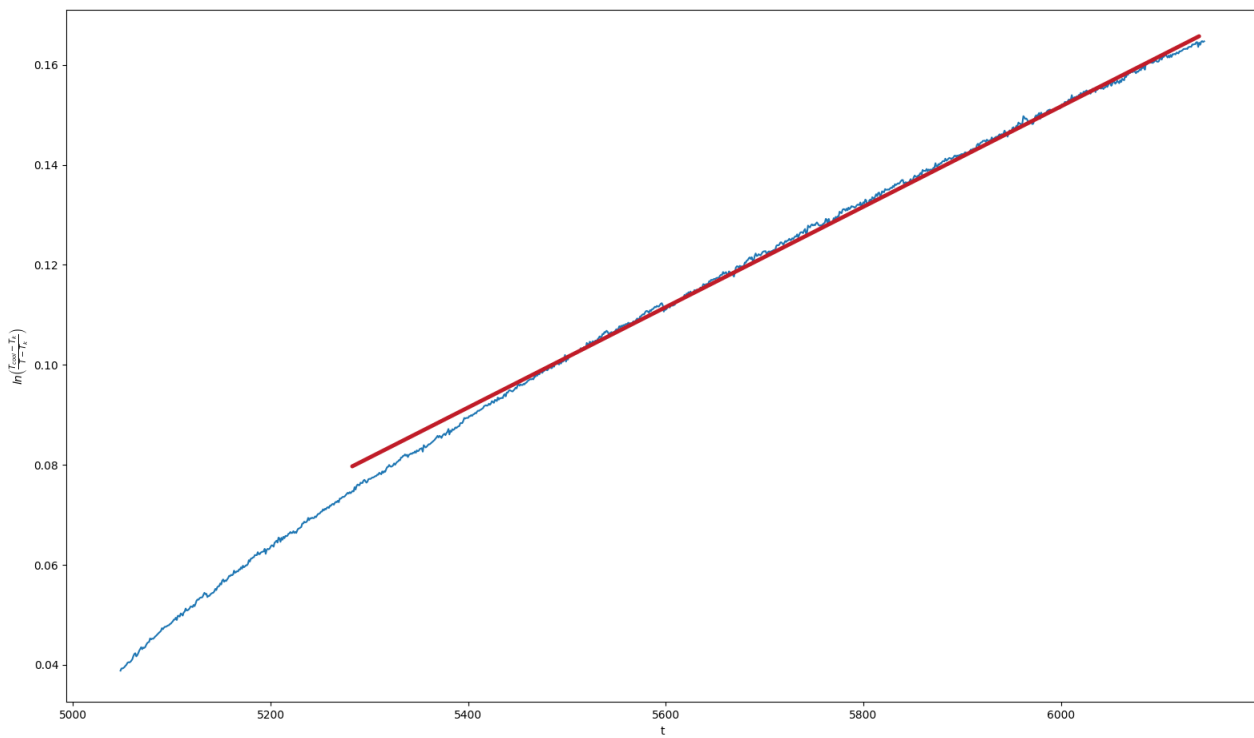


Рисунок 2: График остывания для алюминия

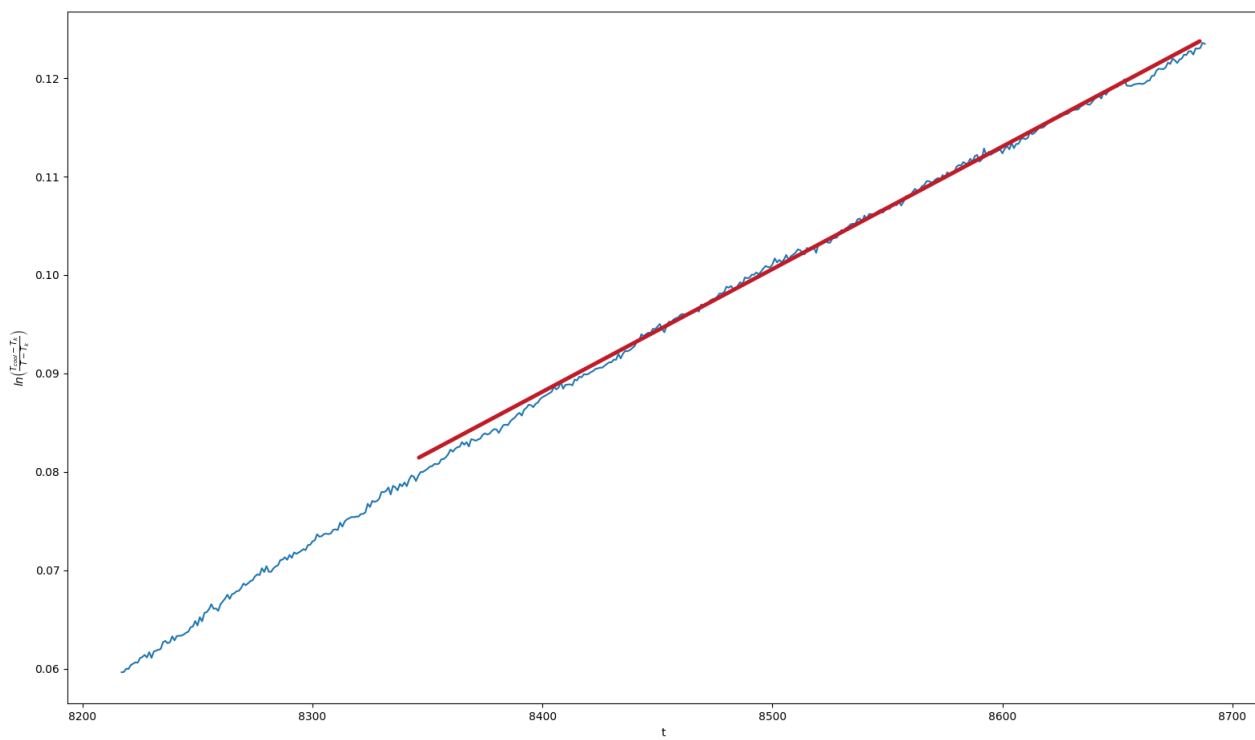


Рисунок 3: График остывания для титана

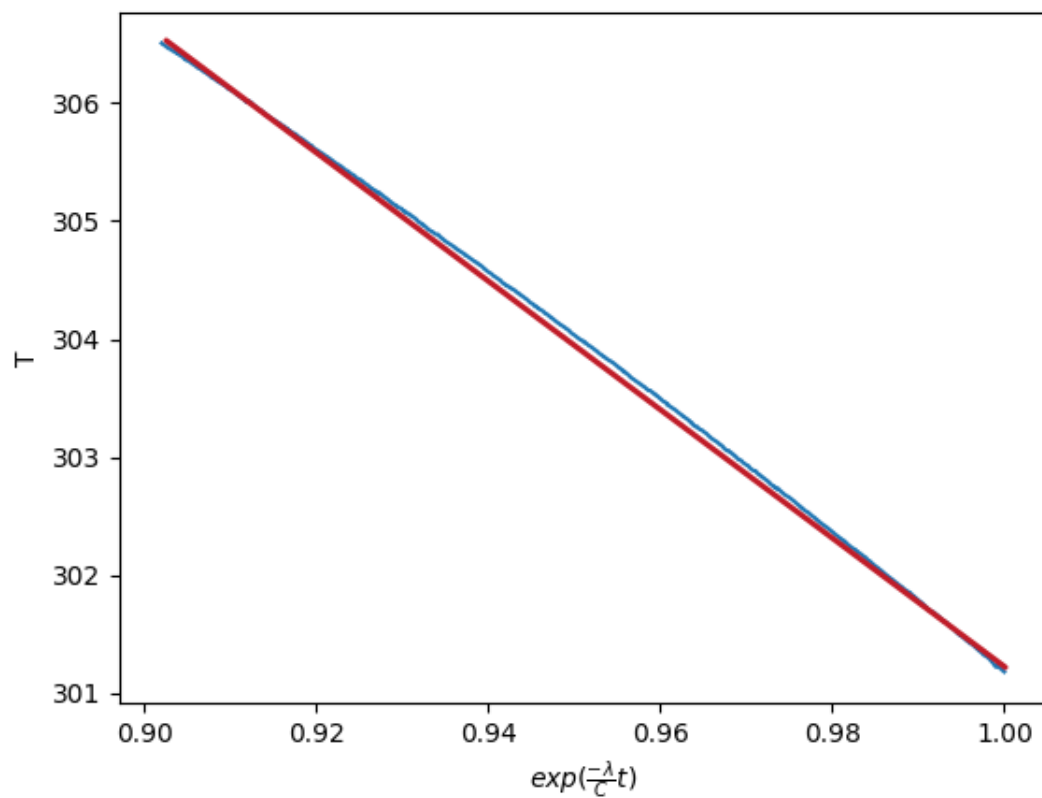


Рисунок 4: График нагрева для алюминия

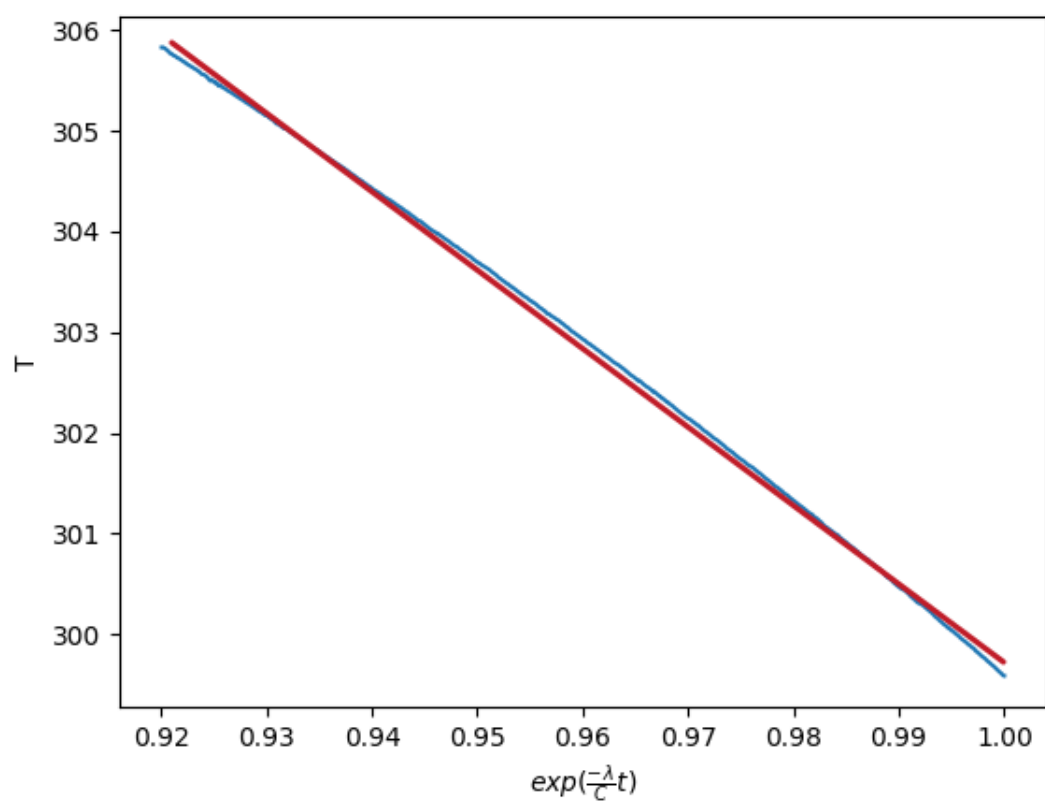


Рисунок 5: График нагрева для пустого калориметра

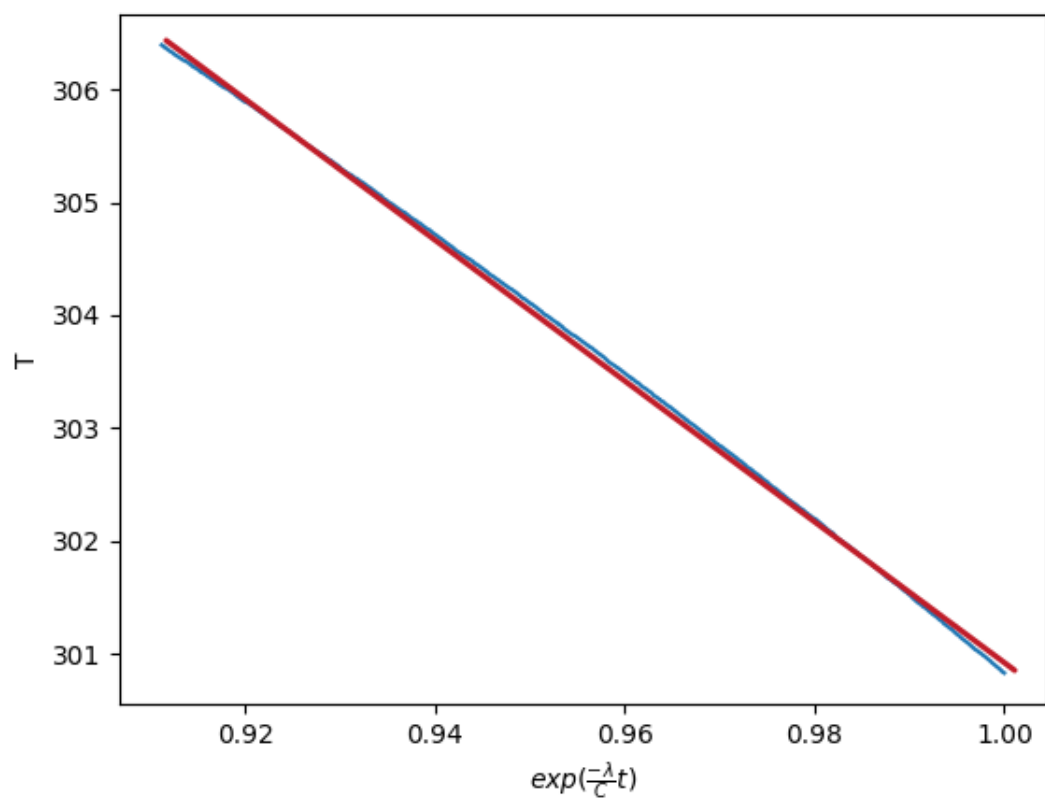


Рисунок 6: График нагрева для титана

4 Вывод

Мы нашли отношения сопротивления проволоки от времени для процессов нагревания и остужения пустого калориметра, титаного и алюминиего стержней. Мы с довольно хорошей точностью смогли определить значения, которые не совпали с табличными.

$$C_a = (533 \pm 5) \text{ Дж/К}$$

$$C_T = (286 \pm 3) \text{ Дж/К}$$

Точность эксперимента можно улучшить, улучшив стабильность комнатной температуры, которую мы считали постоянной.