

Теплопроводность

Никитин Илья

19 декабря 2020 г.

План доклада

- Введение и описание эксперимента
- Теоретические выкладки
- Обработка данных и осмысливание результата
- Выводы и мысли о возможном усовершенствовании установки

Введение

Уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} - a^2 \Delta T = f(\vec{r}, t) \quad (1)$$

где f – функция тепловых источников, $a^2 = \frac{\lambda}{c_p \rho}$ – коэффициент температуропроводности, λ – теплопроводность, c_p – изобарная удельная теплоемкость, ρ – плотность.

Введение

Установка для изучения теплопроводности

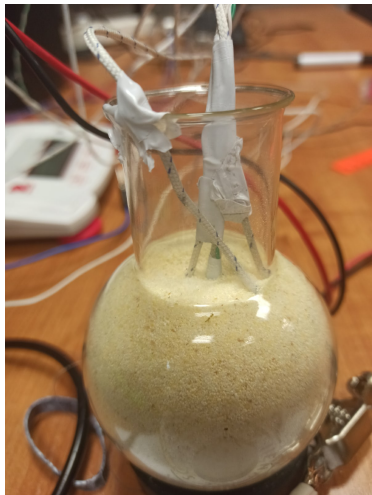


Рис.: Сферическая колба с исследуемым материалом (манная крупа)

Введение

Установка для изучения теплопроводности



Рис.: Нагреватель и несколько термодпар

Введение

Установка для изучения теплопроводности

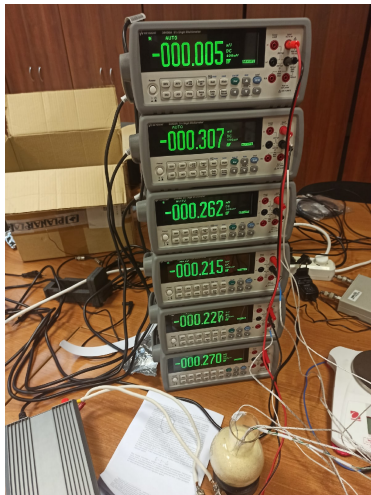


Рис.: Мультиметры Keysight, снимающие в автоматическом режиме показания с термопар

Введение

Установка для изучения теплопроводности



Рис.: Рабочий вид установки, колба помещена в ведро с водой

Введение

Установка для изучения теплопроводности

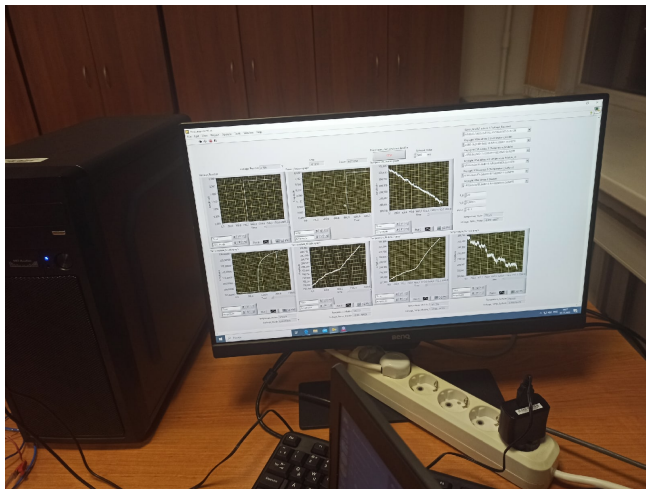


Рис.: Программа на LabView, автоматически записывающая данные в реальном времени

Теоретические выкладки

Уравнение теплопроводности в сферических координатах

В случае сферической симметрии удобно перейти к сферическим координатам. В таком случае $T = T(r)$:

$$\frac{\partial T}{\partial t} - a^2 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) = f(r, t) \quad (2)$$

Полагая $u = T \cdot r$:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} = f(r, t) \quad (3)$$

В случае, если температуры можно считать установившимися:

$$a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} = -f(r) \quad (4)$$

В нашем случае при $r < r_0$: $f(r) = \frac{P}{V_0 c \rho}$, при $r > r_0$: $f(r) = 0$

Теоретические выкладки

Результат решения дифференциального уравнения

Для области $r > r_0$:

$$T = T_0 + \frac{Pr_0^2}{3V_0\lambda r} \quad (5)$$

Отсюда:

$$\lambda = \frac{rPr_0^2}{3V_0(T - T_0)} \quad (6)$$

Обработка данных

Температура нагревателя

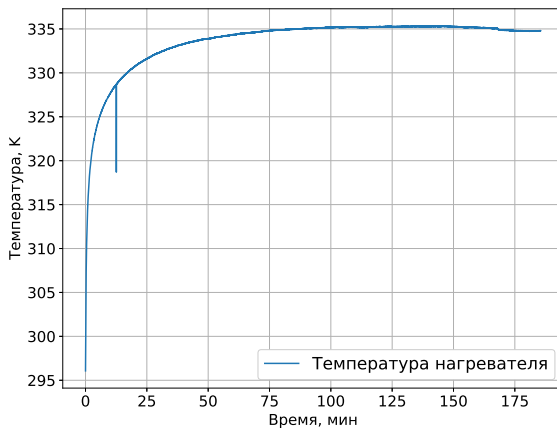


Рис.: Температура нагревателя

Обработка данных

Температуры внутри и вне шара

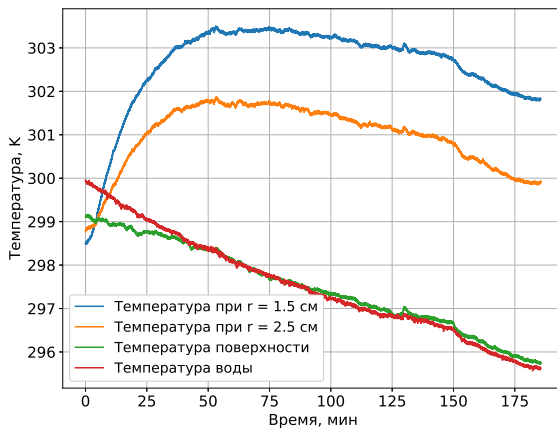


Рис.: Температуры внутри и вне шара

Обработка данных

Результат измерения теплопроводности

Считая, что изменения температуры со временем маленькие (в нулевом приближении стационарный режим) получаем: $\lambda = \frac{rPr_0^2}{3V_0(T-T_0)} \approx 0.26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

Выводы

Измерение температурных коэффициентов

- Полученная теплопроводность манки не сильно отличается от табличных значений для пшеничной крупы, что позволяет говорить о применимости такого метода измерения.
- В целом, можно было бы дополнить экспериментальную установку хорошим большим термостатом, для того, чтобы получить теплоемкость зерна, однако такого не оказалось на факультете.