

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
"НИУ ВШЭ"**

Факультет физики

18 декабря 2021 г.

Лабораторная работа по теме: "Измерение
коэффициента теплопроводности разных
материалов"

Работу выполнил: Горяной Егор

Москва, 2020

Теоретическая часть

Теплопроводностью называют молекулярный перенос тепла в неоднородно нагретом теле от более нагретых его частей к менее нагретым или передачу тепла между двумя телами, имеющими разную температуру, и приведёнными в механический контакт. В этом определении важно, что перенос тепла осуществляется при взаимодействии молекул тела друг с другом и не связан с переносом массы или с излучением энергии посредством электромагнитного поля. В зависимости от агрегатного состояния вещества на микроскопическом уровне теплопроводность может быть обусловлена различными процессами. В газах и жидкостях теплопроводность связана с обменом кинетической энергией между “горячими” и “холодными” молекулами и атомами. Молекулы в той области тела, в которой температура выше, имеют более высокую среднюю кинетическую энергию, связанную с их хаотическим движением. При столкновении быстрой и медленной молекул наиболее вероятным следствием будет уменьшение кинетической энергии быстрой молекулы и увеличение кинетической энергии медленной молекулы. Благодаря этому средняя кинетическая энергия, а с ней и температура, в разных частях тела выравниваются. В кристаллических твёрдых телах теплопроводность может быть связана как с колебаниями кристаллической решётки, так и со столкновениями электронов друг с другом и с решёткой (электронная теплопроводность). Микроскопическая теория теплопроводности в аморфных твёрдых телах, занимающих в некотором смысле промежуточное положение между жидкостями и кристаллами, оказывается довольно сложной. Для математического описания процесса теплопроводности вводят понятие плотности потока тепла. Плотность потока тепла q — это вектор, направление которого совпадает с направлением распространения тепла, а модуль равен количеству тепла, проходящему в единицу времени через единичную площадку, направленную перпендикулярно к направлению потока тепла. Поток тепла в однородном теле возникает при наличии градиента температур. Количественно эта связь выражается эмпирическим законом Фурье:

$$q = -\kappa \nabla T$$

где κ коэффициент теплопроводности, выражающийся в единицах $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Наличие знака “-” в этой формуле связано с тем, что поток тепла направлен против направления градиента температур, то есть тепло течёт от более горячей области тела к более холодной. Коэффициент теплопроводности κ это, вообще говоря, тензорная величина, так как в анизотропных средах направление потока тепла в данной точке может отличаться от направления градиента температур.

Кроме того, сам коэффициент α может зависеть от температуры. В металлах, изучению которых посвящена данная работа, коэффициент теплопроводности мы будем считать изотропным и не зависящим от температуры.

Практическая часть

Цель работы

Сравнить теплопроводность различных материалов

Задачи работы

- Измерить теплопроводность дюрала в случае изоляции и контакта с воздухом
- Измерить теплопроводность меди в случае изоляции и контакта с воздухом

Ход работы

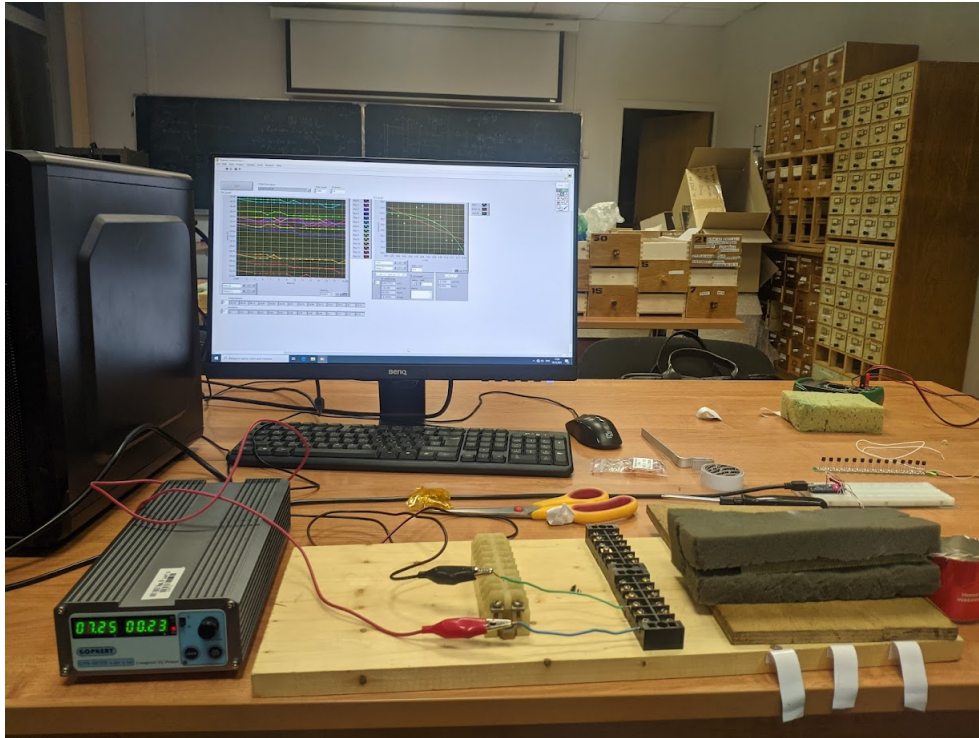


Рис. 1: Фотография установки

По проводам, намотанным на пластину, пропусклся постоянный ток, благодаря чему она нагревалась. К пластине был закреплен прибор, имеющий 14 датчиков, каждый из которых считывал температуру в месте контакта с пластиной. Перечислим параметры объектов, использованных в ходе лабораторной работы: $d_{\text{дюралю}} = 1.2$ см, $h_{\text{дюралю}} = 0.2$, $d_{\text{меди}} = 1$ см, $h_{\text{меди}} = 0.2$, $I = 0.23$ мА, $R_{\text{манганина}} = 31$ Ом

Построим теперь график температуры каждого датчика в зависимости от времени для дюралья на воздухе:

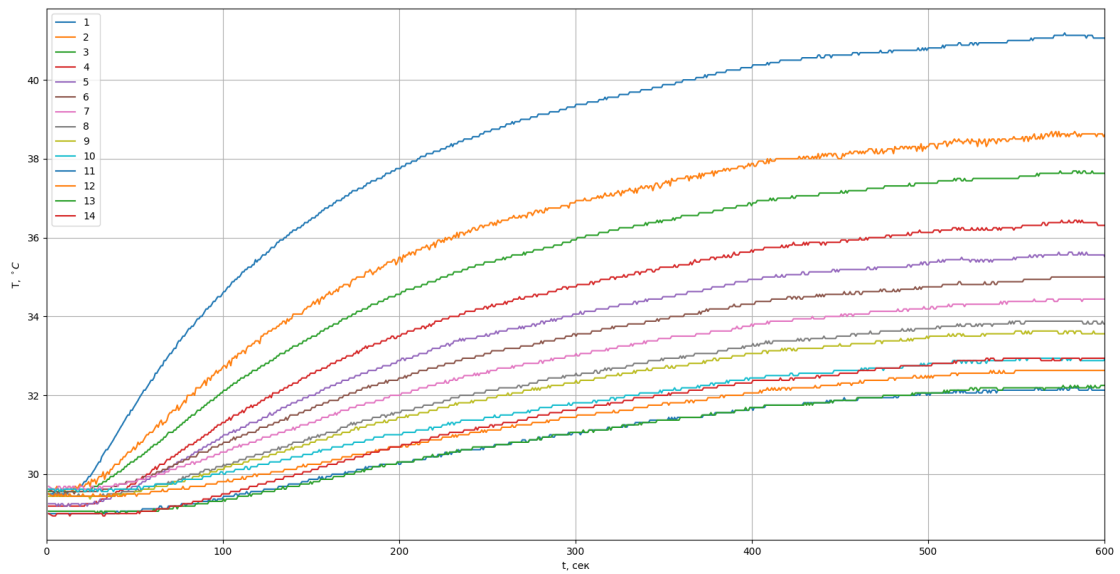


Рис. 2: $T(t)$ для дюралья на воздухе

А также зависимость температуры от координаты:

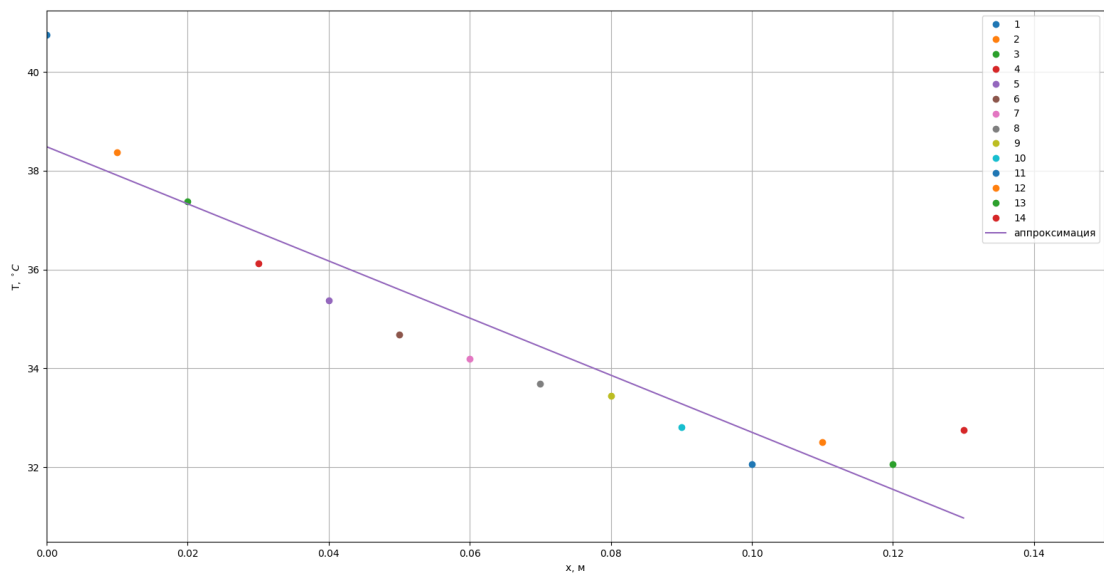


Рис. 3: $T(x)$ для дюралья на воздухе

Аппроксимация имеет вид $T = ax + b$, где $a = -58.8 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{м}}$, $b = 38.5 ^{\circ}\text{C}$

Тогда коэффициент теплопроводности найдем из формулы $-\frac{dT}{dx} = \frac{I^2 R}{2S\kappa}$

Откуда $\kappa_{\text{дюраль1}} \approx 381 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

Построим теперь график температуры каждого датчика в зависимости от времени для дюралья в изоляции:

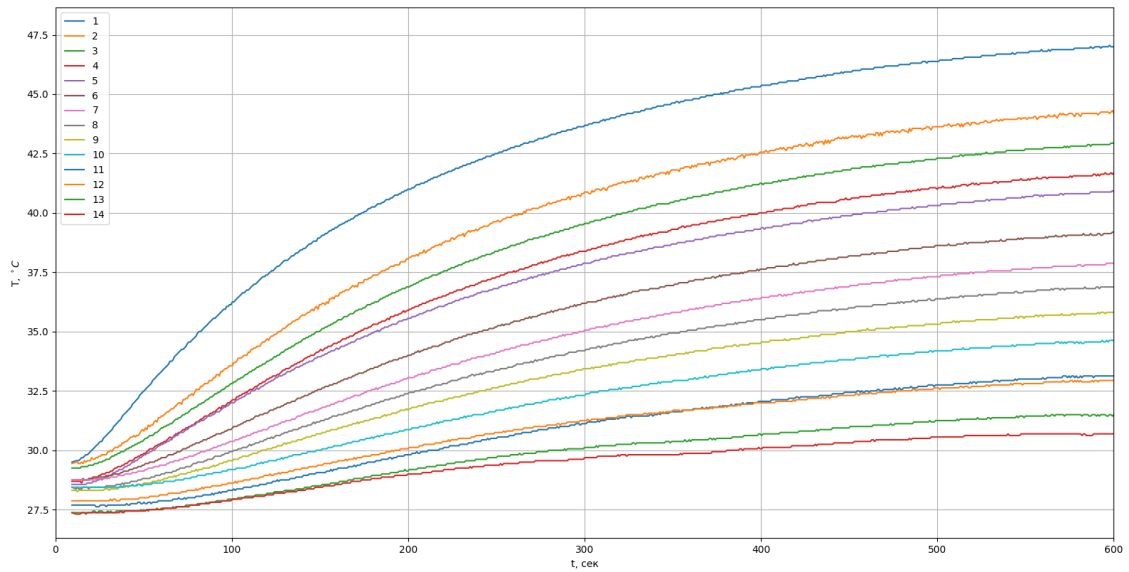


Рис. 4: $T(t)$ для дюралья в изоляции

А также зависимость температуры от координаты:

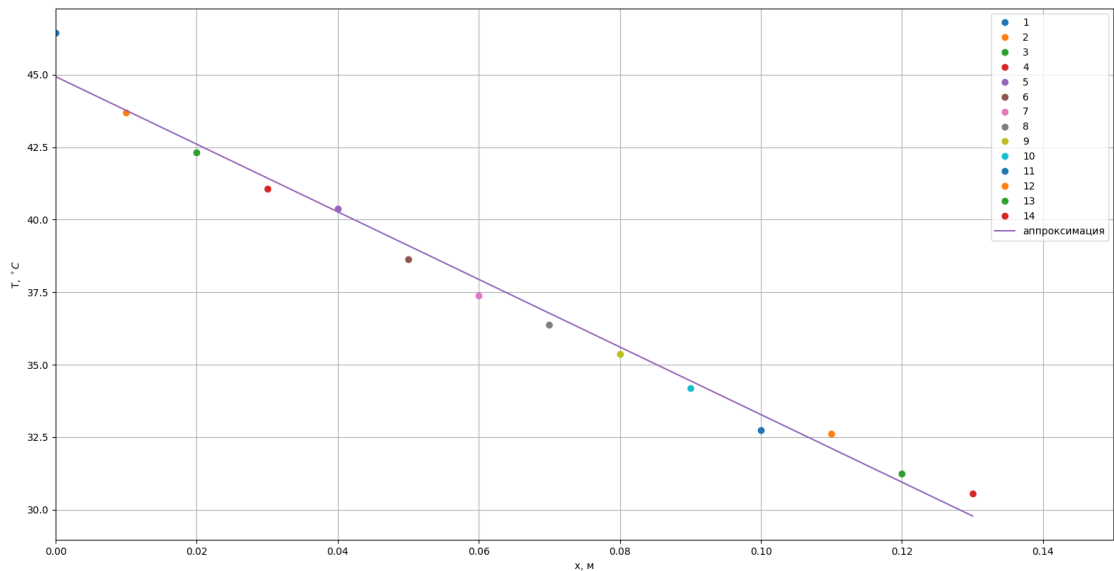


Рис. 5: $T(x)$ для дюралья в изоляции

Аппроксимация имеет вид $T = ax + b$, где $a = -116.85 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{м}}$, $b = 44.9 ^{\circ}\text{C}$
 Тогда $\kappa_{\text{дюраль2}} \approx 292 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

Построим теперь график температуры каждого датчика в зависимости от времени для меди на открытом воздухе:

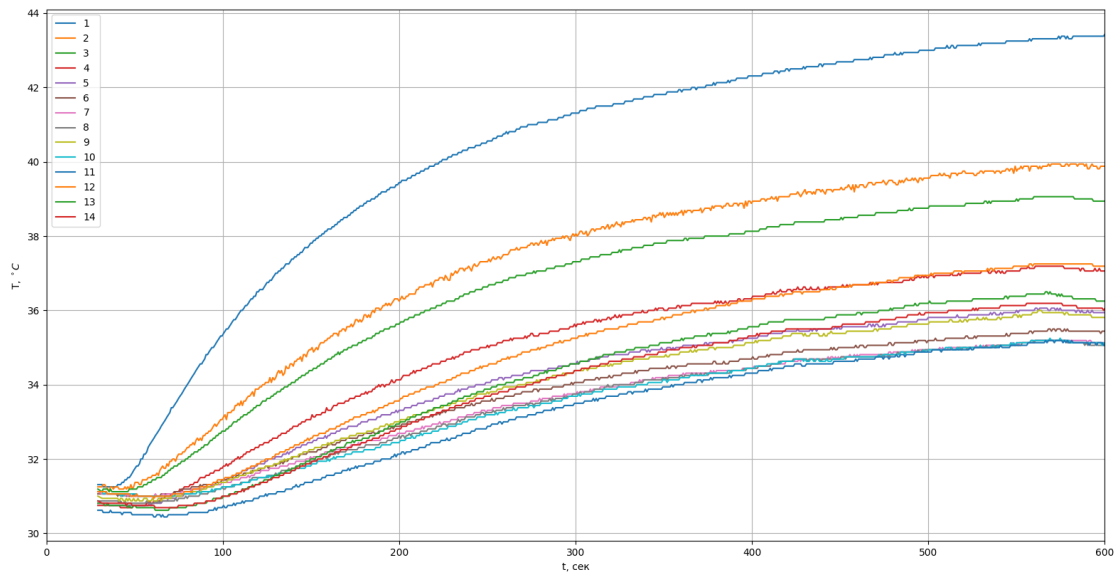


Рис. 6: $T(t)$ для меди на воздухе

А также зависимость температуры от координаты:

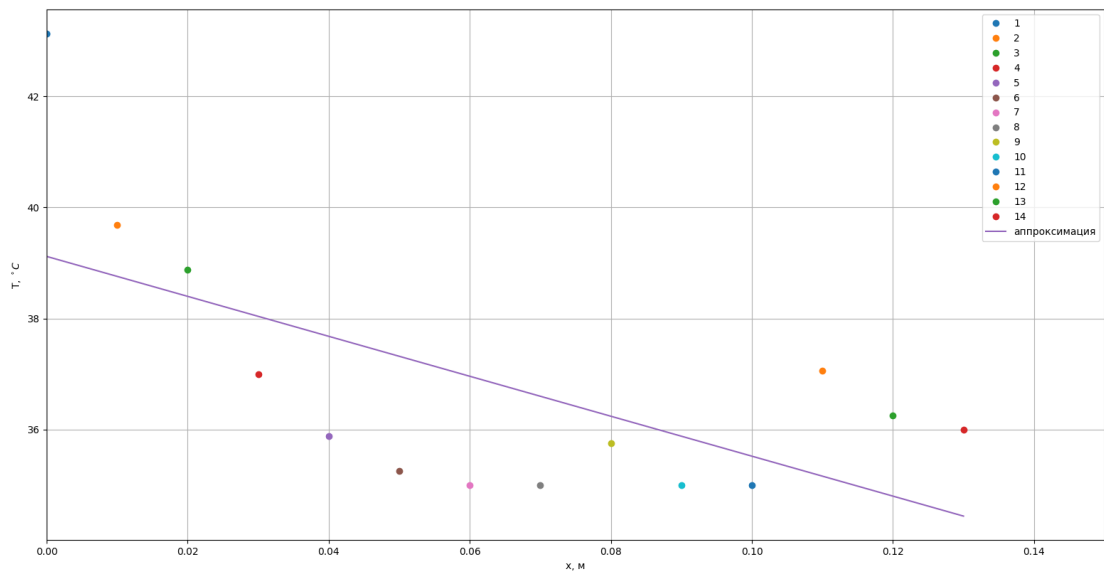


Рис. 7: $T(x)$ для меди на воздухе

Аппроксимация имеет вид $T = ax + b$, где $a = -36 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{м}}$, $b = 39.1 \text{ } ^{\circ}\text{C}$
 Тогда $\kappa_{\text{медь1}} \approx 1518 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

Построим теперь график температуры каждого датчика в зависимости от времени для меди в изоляции:

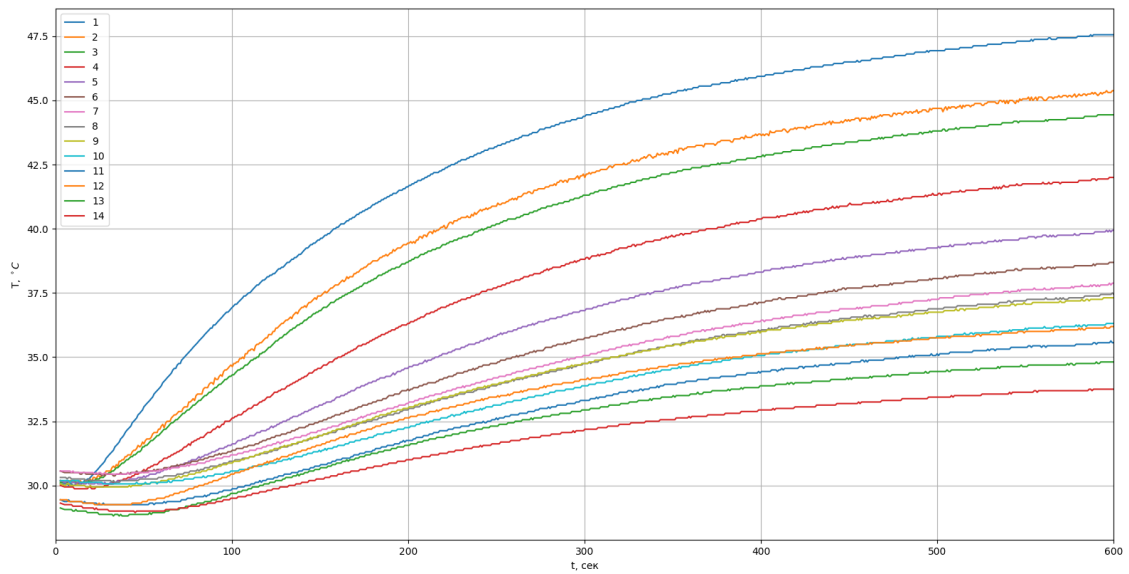


Рис. 8: $T(t)$ для меди в изоляции

А также зависимость температуры от координаты:

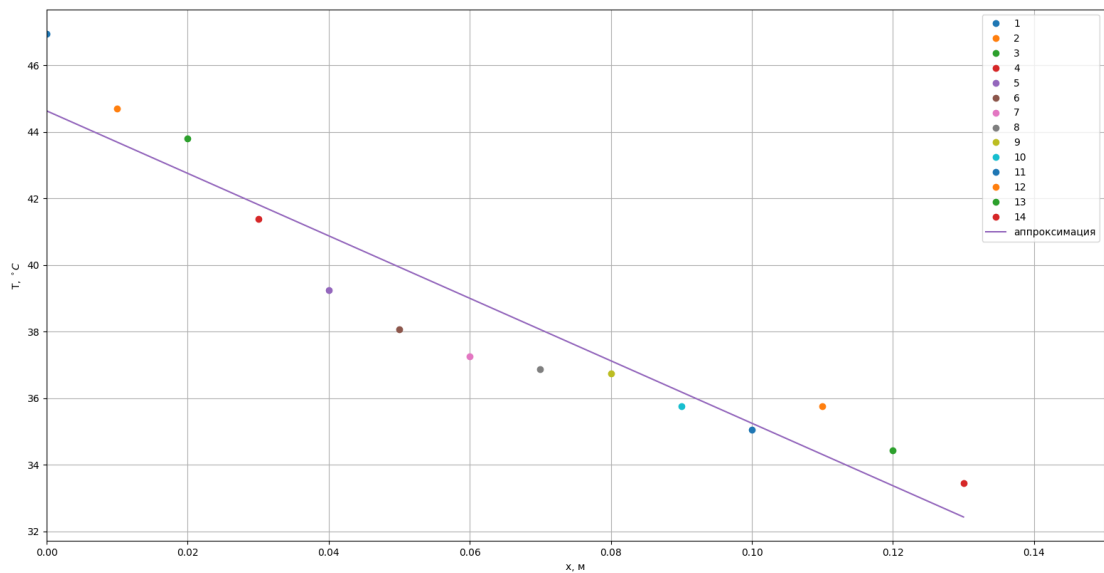


Рис. 9: $T(x)$ для меди в изоляции

Аппроксимация имеет вид $T = ax + b$, где $a = -93.8 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{м}}$, $b = 44.6 ^{\circ}\text{C}$
 Тогда $\kappa_{\text{медь2}} \approx 583 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

Погрешности

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\partial \varkappa}{\partial I} \Delta I\right)^2 + \left(\frac{\partial \varkappa}{\partial l} \Delta l\right)^2 + \left(\frac{\partial \varkappa}{\partial a} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\partial \varkappa}{\partial d} \Delta d\right)^2 + \left(\frac{\partial \varkappa}{\partial h} \Delta h\right)^2}$$

$$\text{Тогда } \sigma_1 \approx 25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$$

$$\text{Тогда } \sigma_2 \approx 13 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$$

$$\text{Тогда } \sigma_3 \approx 66 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$$

$$\text{Тогда } \sigma_4 \approx 25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$$

Вывод

Были получены значения коэффициента теплопроводности для разных материалов в разных условиях, а также мы наблюдали изменение температуры со временем и координатой.