Ústav fyzikální elektroniky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Milan Suk
Obor: F **Skupina:** PO 8:00 **Naměřeno:** 12. března 2018 **Testováno:**

Úloha č. **6:** **Tepelné vlastnosti kapalin - elektrický kalorimetr**

1. Úvod, postup měření

Cílem tohoto měření bylo měřit tepelné vlastnosti kapalin. Konkrétně jsem měřil kapacitu kalorimetru, ve kterém jsem posléze *mtodou 1* měřil keofecient chladnutí β.

1.1. Kalorimetr

Kapacitu kalorimetru jsem určil pomocí dvou stejných kapalin o různých počítačních teplotách a hmotnostech. Ty se smísili v kalorimetru a vyrovnali celkovou teplotu na t. Ze známých počátečních teplot t_1 a t_2, hmotnost9 m_1 a m_2 měrné tepelné kapacity vody c lze kapacitu kalorimetru vypočíst pomocí rovnice (1).

$$K = c\left[m_2\frac{t_2 - t}{t - t_1} - m_1\right] \tag{1}$$

Nejistotu měření určím ze *Zákona šíření nejistoty* jako

$$u(K) = \sqrt{\left(\frac{\partial K}{\partial m_1}\right)^2 \cdot u(m)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial m_2}\right)^2 \cdot u(m)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial t}\right)^2 \cdot u(t)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial t_1}\right)^2 \cdot u(t)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial t_2}\right)^2 \cdot u(t)^2}$$

$$= \sqrt{(u(m)\cdot c)^2 + \left(\frac{c\cdot u(m)\cdot(t_2 - t)}{(t-t_1)^2}\right)^2 + \left(\frac{c\cdot m_2\cdot u(t)\cdot(t_2-t)}{(t-t_1)^2}\right)^2 + ...} \tag{2}$$

1.2. Koeficient chladnutí β

Metoda 1 je založená na exponenciální závislosti teploty na čas podle rovnice (3).

$$t(\tau) = t_o + (t_p - t_o)e^{-\frac{\beta}{mc+K}\tau} \tag{3}$$

Naměřená data bude potřeba fitovat na o konstantu posunutou exponencielu. Logaritmováním rovnice (3) získám následující tvar, který je již vhodný pro fitování na lineární funkci.

$$ln(t - t_0) = ln(t_p - t_o) - \frac{\beta}{mc+K}\tau$$

Keoficient B získaný při fitování bude odpovídat členu $\frac{\beta}{mc+K}$. Konečný výsledek získám jako

$$\beta = -B \cdot (mc + K)$$

2. Zpracování měření

Kapacitu kalorimetru určím pomocí následujícího python skriptu.

```python
import math

m1 = 0.174631
t1 = 21.2
m2 = 0.178321
t2 = 72.6
t = 42.8
c = 4180

K = m2 * c * (t2 - t) * 1 / (t - t1) - m1 * c

ut = 0.1
um = 0.0000005

uK = math.sqrt(
    math.pow(c, 2) * math.pow(um, 2) +
    math.pow(c * (t2 - t) / (t - t1), 2) * math.pow(um, 2) +
    math.pow(c * m2 / (t - t1), 2) * math.pow(ut, 2) +
    math.pow(c * m2 * (t2 - t) / math.pow((t - t1), 2), 2) * math.pow(ut, 2) +
    math.pow(c * m2 * (t1 - t2) / math.pow((t - t1), 2), 2) * math.pow(ut, 2)
)

print("K = {} +- {}".format(K, uK))
```

```
> python3 regrese.py
K = 298.3932090740741 +- 10.099839355542386
```

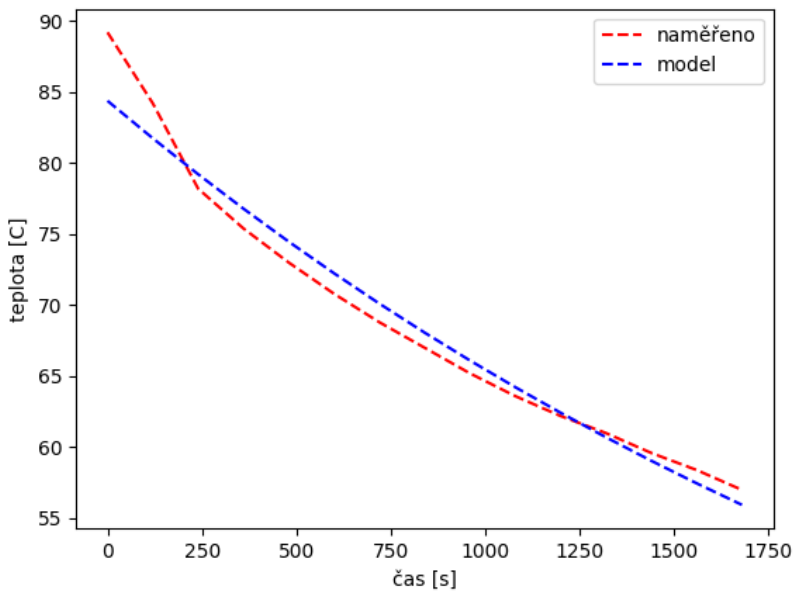
Fitování za mě udělá balíček *numpy*. V rámci pythnovského skriptu také generuji modelové řešení pro porovnání s naměřenými daty.

```python
import numpy as np
import sys

file_data = np.loadtxt(sys.argv[1])

m = 0.174631
c = 4180
K = 290

t_0 = 21
t_p = file_data[0][1]

y = [x[1] for x in file_data]
y_log = [np.log(x[1] - t_0) for x in file_data]
x = [x[0] * 60 for x in file_data]

fit = np.polyfit(x, y_log, 1)
beta = - fit[0] * (m * c + K)

print("beta = ", beta)

import matplotlib.pyplot as plot

prediction_x = x
prediction_y = [np.exp(fit[0] * t) * np.exp(fit[1]) + t_0 for t in x]

fig, plots = plot.subplots()

plots.plot(x, y, 'r--', label="namereno")
plots.plot(prediction_x, prediction_y, 'b--', label="model")

plot.legend()
```

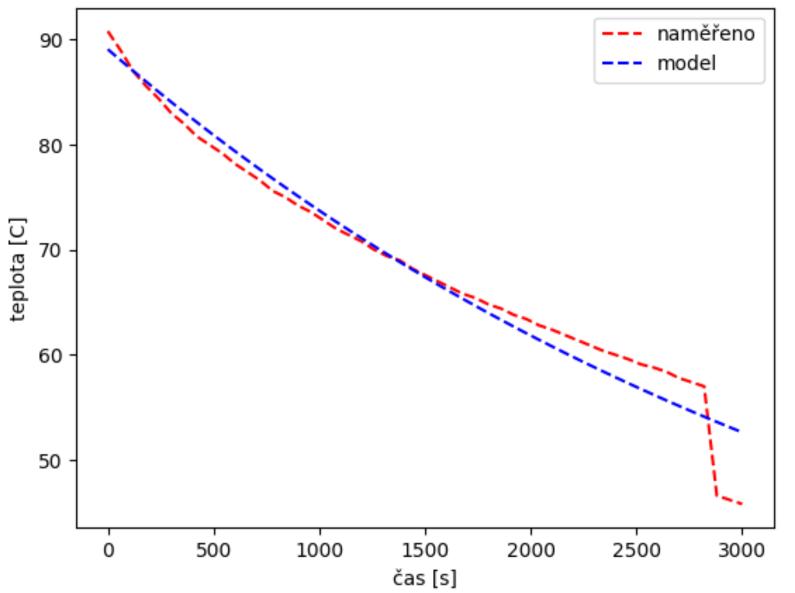
```
plot.ylabel("cas [s]")
plot.xlabel("teplota [C]")
plot.show()
```

```
> python3 regrese.py data1.txt
beta = 0.3614100256292938
> python3 regrese.py data2.txt
beta = 0.26066540522960097
```

Vygenerované grafy jsou přiloženy níže.



Obrázek 1: data1.txt



Obrázek 2: data2.txt

3. Zhodnocení měření, závěr

Kapacita kalorimetru vyšla docela rozumně $K = 300 \pm 10 J \cdot kg^{-1}$. Zajímavé josu číselné hodnoty β. V prvním případě, kdy bylo měření prováděno v samotném kalorimetru, vyšla hodnota o desetinu méně, než při druhém měření, kdy byl kalorimetr ještě obalem ve válci, který mu dodával na izolaci. Rozdíl je asi ne místě, protože je izolujícím válcem omezen kontakt s okolím a tepelná výměna probíha pomaleji.