

Измерване на специфичен топлинен капацитет на метали по метода на охлаждането

Васил Николов
(Dated: 08.03.2022)

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Да се измери топлинният капацитет на метален образец посредством сравняването му с охлаждане на образец от друг метал, но със същата форма.

II. ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА

Ако нагрят метал се остави в околната среда, той започва да се охлажда. В нашият експеримент ще използваме малки метални образци, за които в добро приближение е вярно, че температурата във всяка точка от образца е еднаква. От закона на Нютон за охлаждане знаем, че мощността, с която тяло излъчва топлина в околната среда е пропорционална на разликата между температурата на тялото и тази на околната среда, като коефициентът на пропорционалност зависи от формата и физическите размери на тялото, но не и от неговият материал. Тогава можем да запишем следните зависимости за мощността на излъчване:

$$\begin{aligned}P &= cm \frac{dT}{dt} \\P &= \alpha S(T - T_0) \\ \frac{dT}{dt} &= \frac{\alpha S}{cm}(T - T_0)\end{aligned}$$

Нека имаме два образца с еднакви форми, 1 и 2, като знаем специфичният топлинен капацитет на образец 1 като функция на температурата, и се опитваме да намерим специфичния топлинен капацитет на образец 2. Тогава и за двата образца можем да запишем

$$\begin{aligned}\frac{dT_1}{dt} &= \frac{\alpha S}{c_1 m_1}(T - T_0); \quad \frac{dT_2}{dt} = \frac{\alpha S}{c_2 m_2}(T - T_0) \\ \frac{c_2}{c_1} &= \frac{m_1(dT_1/dt)}{m_2(dT_2/dt)} \\ c_2 &= c_1 \frac{m_1(dT_1/dt)}{m_2(dT_2/dt)}\end{aligned}\quad (1)$$

От (1) следва, че за да намерим специфичният топлинен капацитет на металът е нужно да намерим производната на температурата на образците при едни и същи температури.

III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА УСТАНОВКА

Металните образци са направени от мед и желязо, и са с форма на чаша. Така те могат да се поставят върху тер-

модвойка, която измерва температурата им във времето. Дадена е калибрационна таблица за термодвойката, чрез която показанието на волтметърът може да се превърне в разлика на температурата на образца и стайната температура. По време на провеждане на експеримента стайната температура е $T_0 = 20^\circ C$. Измерванията на температурата се правят през 10 секунди.

IV. ОБРАБОТКА НА ДАННИ

За да се използва формула (1) трябва да се намери производна на температурата от времето, което не е тривиална задача. Ако топлинният капацитет от времето беше константа, то температура на образците щеше да намалява експоненциално с времето. Тогава щяхме да фитираме експонента, и да я диференцираме аналитично. Тъй като обаче специфичният топлинен капацитет се променя с температурата, графиката на температурата на образца от времето няма да е точно експонента, а би била от вида

$$\begin{aligned}T(t) &= T_0 \exp\left(-\frac{\alpha S}{cm}t\right) + T_0 + f(t) \\ f(t) &<< T_0 \exp\left(-\frac{\alpha S}{cm}t\right) \text{ за всяко време } t\end{aligned}$$

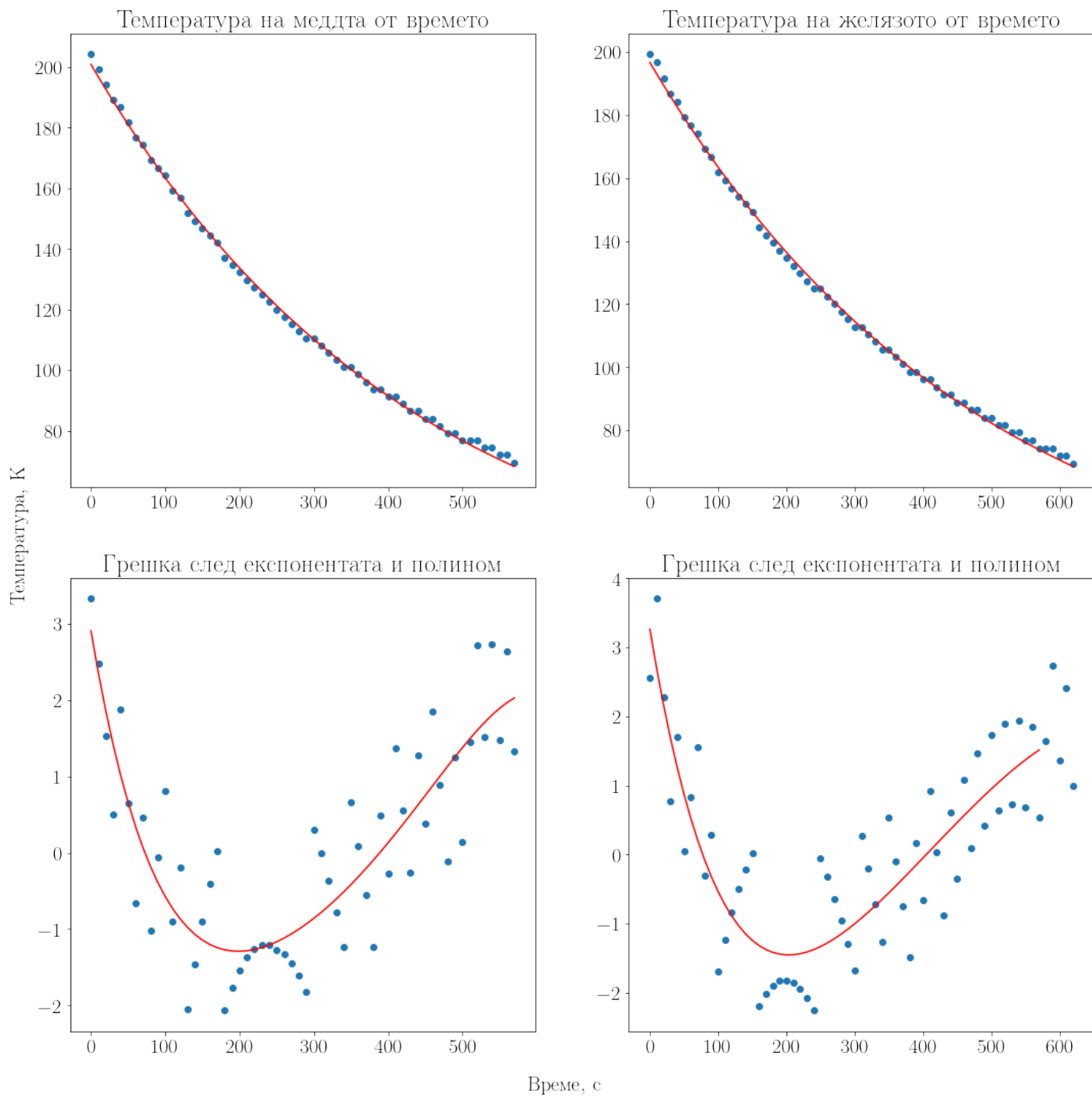
За да намерим производната на температурата от времето първо ще фитираме числено функция от вида

$$T(t) = A \exp(-\lambda t) + T_0$$

на експерименталните данни. След това за отчитане на ефекта от променливият капацитет ще фитираме на разликата между реалните данни и експонентата полином, така че да се отчете ефектът на променливият с температурата специфичен топлинен капацитет. Важно е степента на полинома да не е твърде висока, за да не прихване зависимости, които идват от грешка при измерването, но и да не е твърде ниска, за да стане точно приближението на разликата между данните и най-добрата експонента, която ги описва. Като компромис между двете избираме полином от 5та степен, означен в долното уравнение като $g'(t)$.

$$\begin{aligned}g(t) &= T(t) - A \exp(-\lambda t) - T_0 \\ g'(t) &= \sum_{i=0}^5 a_i t^i\end{aligned}$$

На фигура 1 са представени гореописаните манипулации на експерименталните данни.



Фигура 1. Експериментални данни и фитирана аналитична крива