

ПРОТОКОЛ III

МОЛЕКУЛНА ФИЗИКА

# Измерване на коефициента на топлопроводимост на твърди тела

Лабораторно упражнение №3.17

Виолета Кабаджова,  
ККТФ, фак. номер: ЗРН0600026

Физически Факултет,  
Софийски Университет "Св. Климент Охридски"  
4 април 2023 г.

# 1 Теоритична част

Топлопроводимостта е основен механизъм за пренасяне на топлина в твърди тела. При нея се осъществява пренос само на кинетична енергия от по-топлите към по-студените части на системата, докато пренос на маса липсва.

От закона на Фурие за количество топлина, което се предава от нагревател с постоянна температура  $T_H$  през хомогенна топлопроводяща среда с дебелина  $h$  и напречно сечение  $S$  за време  $dt$ , при линейно изменение на температурата следва уравнение 1, където  $k$  е коефициентът на топлопроводимост на средата, а  $T$  - температурата на термодинамичната система, която получава топлина.

$$\delta Q = \frac{kS}{h}(T_H - T)dt \quad (1)$$

Оттук, коефициентът на топлопроводимост  $k$  се дефинира като количеството топлина, което преминава за единца време през единца площ, перпендикулярна на потока топлина, при изменение на температурата с един градус на единица дължина.

Количеството топлина, което преминава за единца време, се нарича топлинен поток  $q$  и се изразява чрез формула 2.

$$q = \frac{\delta Q}{dt} = \frac{kS(T_H - T)}{h} \quad (2)$$

Когато едно тяло получи количество топлина  $\delta Q$ , *но не извършва работа и няма топлинни загуби*, то това количество топлина се влага в повишаване на температурата на това тяло от  $T$  с температура  $dT$ . При наличие на тези условия връзката между  $\delta Q$  и  $dT$  се изразява чрез формула 3, където  $C$  е топлинният капацитет на тялото, като следствие от първия принцип на термодинамиката. Оттам и от уравнение 1 следват уравнения 4 и 5.

$$\delta Q = CdT \quad (3)$$

$$\frac{\delta Q}{dt} = q = C \left( \frac{dT}{dt} \right) \quad (4)$$

$$C \frac{dT}{dt} = k(T_H - T_2) \frac{S}{h} \quad (5)$$

Уравнение 5 изразява термодинамична система, не извършваща работа, в която обаче непрекъснато се подава топлина и има топлинни загуби. Тогава е възможно достигане на стационарно състояние на системата при достигане на постоянна температура  $T$ , при която потокът топлина към тази система във всеки момент ще бъде равен на подава топлина, отдаден от нея. Във формула 5  $T_1$  е температурата на нагревателя, а  $T_2$  - температурата на термодинамичната система.

От формула 5 може да се изрази и формулата за определяне на коефициента на топлопроводимост на средата  $k$  (ур. 6), където  $C$  е топлинният капацитет на охладителя,  $\left(\frac{dT}{dt}\right)_{T_2}$  - скоростта на изменение на температурата на охладителя при  $T_2$  и  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  в следствие от експерименталната установка, която ще бъде описана по-долу.

$$k = \frac{h}{S} \frac{C}{(T_1 - T_2)} \left( \frac{dT}{dt} \right)_{T_2} \quad (6)$$

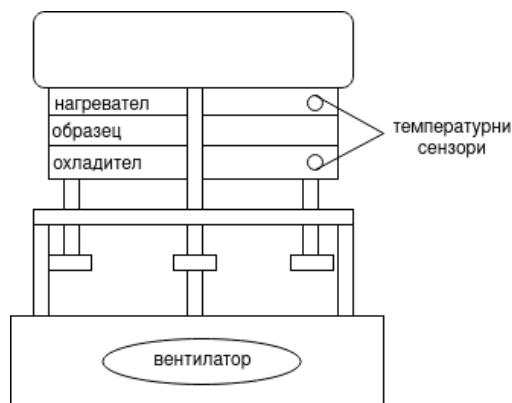
## 2 Експериментална част

### 2.1 Експериментална установка

На фиг. 2 е представена схема на опитната постанова. Тя включва три плочи с еднакви диаметри - нагревател, образец и охладител, като към първото и последното има закачени температурни сензори. Трите пласта се фиксират един към друг чрез корекционни винтове.

### 2.2 Задача 1: Създаване на стационарно състояние на системата нагревател-образец-охладител и измерване на температурите му $T_1$ и $T_2$

За тази цел настройваме нагревателя на  $T_1 = 65^\circ C$  и изчакаваме, докато образецът достигне своята максимална температура, при която вече се фиксира и която температура остава постоянна. Това се случва при  $T_2 = 45.5^\circ C$ .



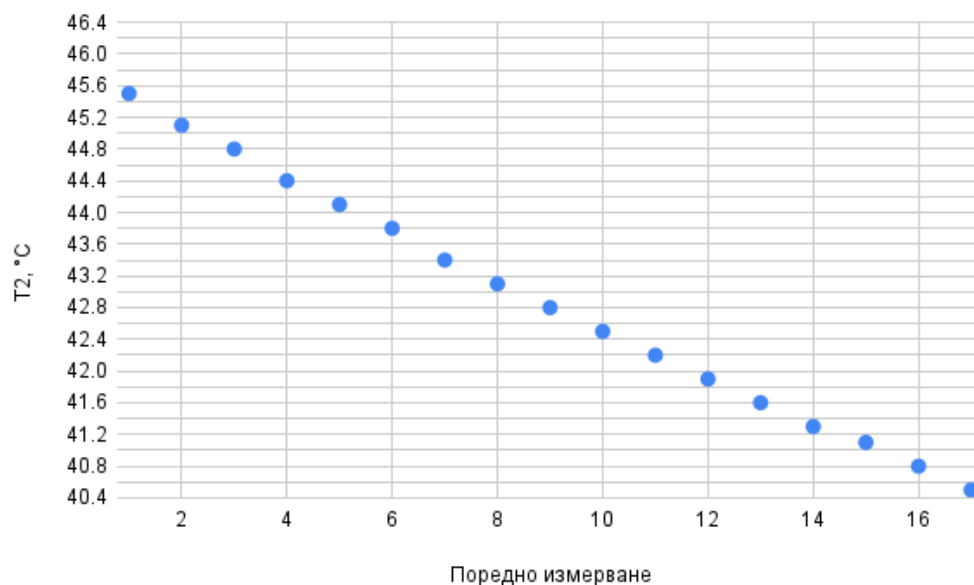
Фигура 1: Схема на опитна постановка

### 2.3 Задача 2: Определяне на скоростта на изменение на температурата на охладителя $\left(\frac{dT}{dt}\right)_{T_2}$

За целта отделяме нагревателя от образца и оставяме образецът да изстине, като на всеки 10 секунди записваме стойността на температурата му. Получените стойности илюстрираме на графиката на фиг. 2. Оттук забелязваме, че графиката на охлаждане за измерения период е линейна, като разликата между всеки две стойности на поредни измервания е средно  $0.31 \pm 0.02^\circ\text{C} = \left[\frac{dT}{dt}\right]_{T_2}^*$ . Това съответства на стойността на охлаждането на образца чрез отдаване на топлина от всичките му повърхнини  $S^* = \frac{\pi d^2}{2} + \pi dh$ , докато търсената стойност е тази на скоростта на охлаждане при излъчване само от долната основа на образца  $S = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh_o$ . Следователно скоростта на охлаждане при излъчване от единица площ е  $\frac{1}{S^*} \left[\frac{dT}{dt}\right]_{T_2}^*$ . Оттук скоростта на охлаждане чрез излъчване само от долната му основа е  $\left[\frac{dT}{dt}\right]_{T_2} = \frac{S}{S^*} \left[\frac{dT}{dt}\right]_{T_2}^* = 0.0156 \pm 0.0001^\circ\text{C}/s$ .

### 2.4 Задача 3: Изчисляване на коефициента на топлопроводимост на изледвания образец

За да намерим коефициента на топлопроводимост използваме формула 6 и стойностите на различните параметри, записани в таблица 1 и получаваме  $k = 0.15 \pm 0.08 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ .



Фигура 2: Графика на охлаждане на образца

височина на образца h	7.5 mm
диаметър на образца d	130 mm
маса на образца m	865 g
специфичен топлинен капацитет на охладителя c при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$384 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
$T_1$ (на нагревателя)	$65\text{ }^{\circ}\text{C}$
$T_2$ (на охладителя)	$45.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблица 1: Параметри на образца