

ПРОТОКОЛ X

МОЛЕКУЛНА ФИЗИКА

Топлинно разширение на  
течности и твърди тела.  
Максимална плътност на водата

Лабораторно упражнение №3.8

Виолета Кабаджова,  
ККТФ, фак. номер: ЗРН0600026

Физически Факултет,  
Софийски Университет "Св. Климент Охридски"  
18 май 2023 г.

# 1 Теоритична част

Размерите на реалните физични тела променят размерите си, и съответно обема си с промяна на температурата. При твърдите тела това изменение може да бъде изотропно (във всички направления) или анизотропно (само в отделни направлениия), докато при течности и газове то е единствено изотропно. Големината на изменение на обема зависи от началната температура  $T_0$  и от налягането  $p$  и при фиксирано налягане се определя чрез производната  $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ .

Относителното изменение на обема се определя по формула 1 и се нарича топлинен коефициент на обемно разширение  $\beta$ ,  $[\beta] = K^{-1}$ . При фиксирано налягане той числено е равен на разширението на единица обем при нарастване на температурата с един градус, като стойността му е най-малка за твърди тела и най-голяма за газове. Тъй като за течности и газове изменението на обема е значително за промяна на температурата или налягането в малки граници, то записваме уравнение 1 във вида 2.

$$\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \quad (1)$$

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (2)$$

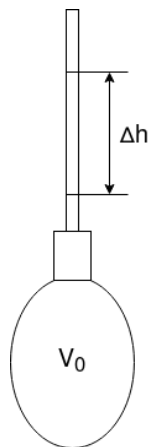
## 2 Експериментална част

### 2.1 Експериментална установка

Експериментът изследва разширението на вода, налята в съд, подобен на представения в схема 1, към който има закрепена разграфена капилярка. Стъкленицата се пълни с вода до най-долното стъпало на скалата на капилярката, след което се загрява на водна баня, обемът на водата се разширява, при което се покачва нивото ѝ в капилярката, като разликата ѝ  $\Delta h$  се отчита от скалата.

### 2.2 Извеждане на работна формула

Тъй като сечението на капилярката е с кръгла форма, обемът на височина  $h$  се намира по формула 3.



Фигура 1: Схема на опитна постановка

$$\Delta V = S\Delta h = \pi r^2 \Delta h \quad (3)$$

Освен течността в стъкленницата, самата стъкленница също се разширява при голяма температурна амплитуда с коефициент на обемно разширение  $\beta_C$ . Извеждаме работната ни формулата 4 посредством формула 2, откъдето следва, че  $\Delta V_T = \beta_T V_T \Delta T$ ,  $\Delta V_C = \beta_C V_C \Delta T$ .

$$\beta_T = \frac{1}{V \Delta T} (\beta_C V \Delta T + \pi r^2 \Delta h) \quad (4)$$

### 2.3 Задача 1: Определяне обема на изследваната течност

Масата на течността определяме по формула 5, където  $m_1$  - масата на напълнената с вода стъкленница,  $m_2$  - масата на празната стъкленница,  $\rho$  - плътността на водата. Взимаме  $\rho = 997 \frac{kg}{m^3}$ . За  $\Delta V$  взимаме в предвид единствено инструменталната грешка при измерване на масите:  $\Delta V = (\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2})$ .

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho} = (49.4 \pm 0.3) \cdot 10^{-6} m^3 \quad (5)$$

## 2.4 Задача 2: Измерване на коефициента на обемно разширение на дестилирана вода

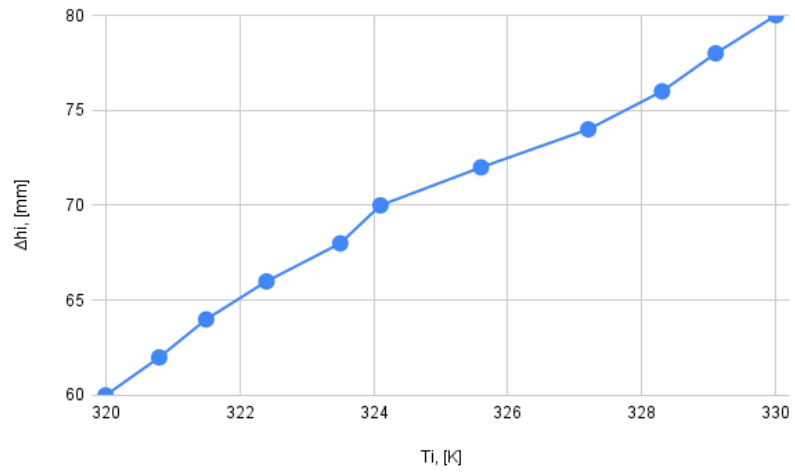
Поставяме измерителната клетка във водна баня, за да се загрее течността. След това цялата система се отстранява от нагревателя и се оставя да се охлажда (т.е. нивото на течността в капилярката да започне се понижава). Измерват се температурите на течността за всеки два милиметра разлика на капилярната скала и измерванията записваме в таблица 1 и пресмятаме  $\beta_T$  за всяка двойка.

N	$h_i, [mm]$	$T_i, [deg C]$	$\beta_{Ti} \cdot 10^{-3}, [K^{-1}]$
0	80	56.5	$0.40 \pm 0.04$
1	78	55.6	$0.44 \pm 0.05$
2	76	54.8	$0.34 \pm 0.04$
3	74	53.7	$0.26 \pm 0.02$
4	72	52.1	$0.27 \pm 0.03$
5	70	50.6	$0.56 \pm 0.06$
6	68	50	$0.34 \pm 0.04$
7	66	48.9	$0.40 \pm 0.04$
8	64	48	$0.49 \pm 0.05$
9	62	47.3	$0.44 \pm 0.05$
10	60	46.5	$0.40 \pm 0.05$

Таблица 1: Измервания и резултати

На фиг. 2 е представена зависимостта  $\Delta h(\Delta T)$ , от която определяме стойността на  $\beta_T$  по графичен път посредством наклона на правата. Изчисляваме  $\beta_T = \frac{dh}{dT} = 0.002$  и заместваме стойността във формула 4, която преобразуваме във вида, показан в уравнение 6, като получаваме  $\beta_T = (0.37 \pm 0.01) \cdot 10^{-3} K^{-1}$ . И на графиката, и таблично наблюдаваме отклонение спрямо останалите стойности около измервания 3, 4, 5. Заключаваме, че в него момент са допуснати допълнителни човешки грешки по време на измерванията и е добре измерването да бъде повторено.

$$\beta_T = \beta_C + \pi r^2 \frac{\Delta h}{\Delta T} \quad (6)$$



Фигура 2: Зависимостта  $\Delta h(\Delta T)$