

**Piotr Durniat**  
I rok, Fizyka  
Wtorek, 8:00-10:15

Data wykonania pomiarów:  
06.05.2025

Prowadząca:  
dr Iwona Mróz

## Ćwiczenie nr 29

### Anomalia rozszerzalności cieplnej wody

#### Spis treści

1	Wstęp teoretyczny	2
2	Opis doświadczenia	2
3	Opracowanie wyników pomiarów	2
3.1	Tabele pomiarowe . . . . .	2
3.2	Zmiana objętości wody . . . . .	3
4	Ocena niepewności pomiaru	4
5	Wnioski	4
6	Wykresy	5

# 1 Wstęp teoretyczny

# 2 Opis doświadczenia

# 3 Opracowanie wyników pomiarów

## 3.1 Tabele pomiarowe

$T$ [°C]	$h$ [mm]	
	Seria 1	Seria 2
11.0	80	71
10.8	77	70
10.6	75	68
10.4	74	66
10.2	72	64
10.0	69	62
9.8	68	60
9.6	66	58
9.4	64	56
9.2	63	55
9.0	61	54
8.8	61	51
8.6	60	51
8.4	56	49
8.2	55	48
8.0	53	46
7.8	52	44
7.6	51	44
7.4	50	43
7.2	49	41
7.0	47	40
6.8	46	39
6.6	45	37
6.4	44	37
6.2	43	36
6.0	42	40
5.8	42	36
5.6	42	34
5.4	40	32
5.2	40	32
5.0	39	< 30
4.8	38	< 30
4.6	38	< 30
4.4	38	< 30
4.2	37	< 30
4.0	37	< 30
3.8	37	< 30
3.6	37	< 30
3.4	37	< 30

$T$ [°C]	$h$ [mm]	
	Seria 1	Seria 2
3.2	37	< 30
3.0	37	< 30
2.8	37	30
2.6	37	30
2.4	38	30
2.2	38	32
2.0	38	33
1.8	39	34
1.6	39	34
1.4	40	35
1.2	40	36
1.0	41	37
0.8	41	38
0.6	42	39
0.4	43	40
0.2	43	41

Tabela 1: Wyniki pomiarów wysokości słupa wody w zależności od temperatury

Średnica wewnętrzna kapilary wynosi  $d = 1,7$  mm.

### 3.2 Zmiana objętości wody

Na podstawie zmierzonej wysokości słupa wody obliczono objętość wody w kapilarze według wzoru:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h \quad (1)$$

gdzie  $d = 1,7$  mm jest średnicą wewnętrzną kapilary, a  $h$  jest wysokością słupa wody.

Obliczono również zmianę objętości  $\Delta V$  względem objętości początkowej (dla temperatury 11,0°C):

$$\Delta V = V - V_{11,0C} \quad (2)$$

Tabela 2: Wartości objętości wody oraz zmiany objętości (wybrane temperatury)

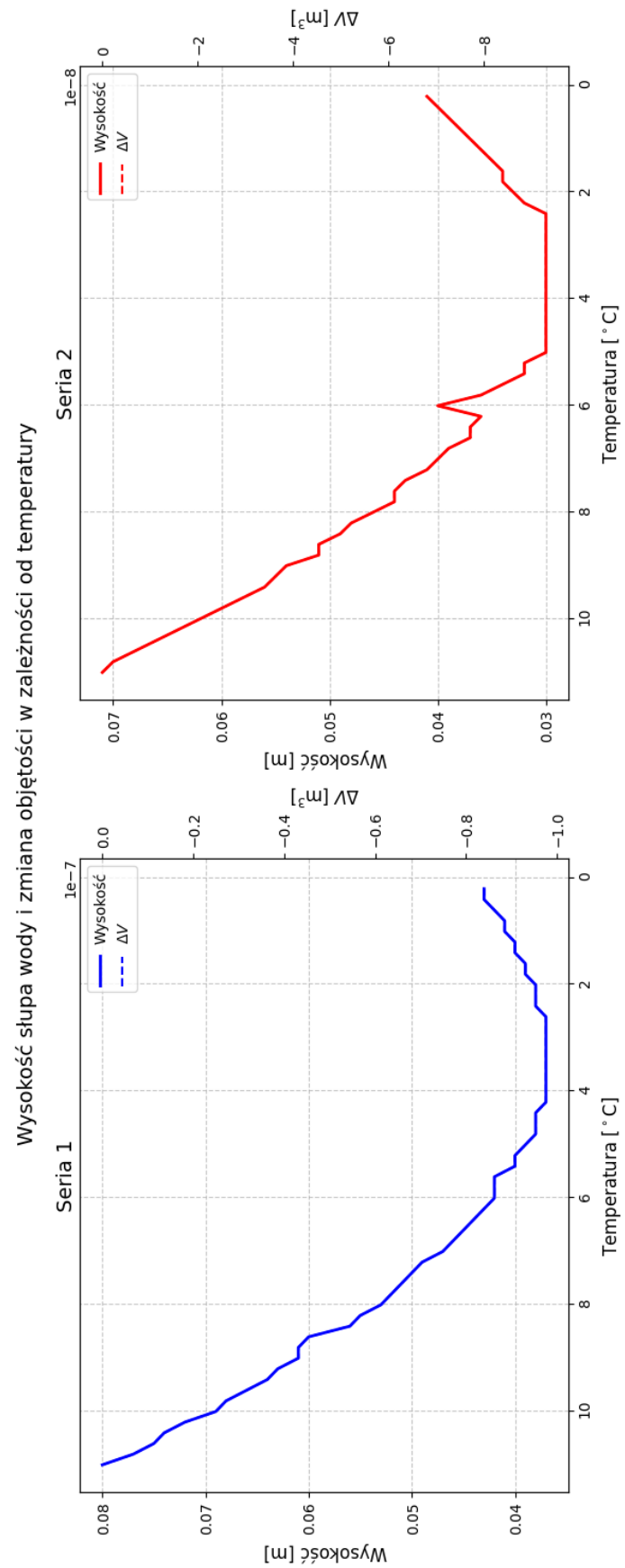
$T$ [°C]	$V_1$ [m <sup>3</sup> ]	$V_2$ [m <sup>3</sup> ]	$\Delta V_1$ [m <sup>3</sup> ]	$\Delta V_2$ [m <sup>3</sup> ]
11,0	$1,82 \cdot 10^{-7}$	$1,61 \cdot 10^{-7}$	0	0
10,0	$1,57 \cdot 10^{-7}$	$1,41 \cdot 10^{-7}$	$-2,50 \cdot 10^{-8}$	$-2,04 \cdot 10^{-8}$
9,0	$1,38 \cdot 10^{-7}$	$1,23 \cdot 10^{-7}$	$-4,31 \cdot 10^{-8}$	$-3,86 \cdot 10^{-8}$
8,0	$1,20 \cdot 10^{-7}$	$1,04 \cdot 10^{-7}$	$-6,13 \cdot 10^{-8}$	$-5,67 \cdot 10^{-8}$
7,0	$1,07 \cdot 10^{-7}$	$9,08 \cdot 10^{-8}$	$-7,49 \cdot 10^{-8}$	$-7,04 \cdot 10^{-8}$
6,0	$9,53 \cdot 10^{-8}$	$9,08 \cdot 10^{-8}$	$-8,63 \cdot 10^{-8}$	$-7,04 \cdot 10^{-8}$
5,0	$8,85 \cdot 10^{-8}$	$6,81 \cdot 10^{-8}$	$-9,31 \cdot 10^{-8}$	$-9,31 \cdot 10^{-8}$
4,0	$8,40 \cdot 10^{-8}$	$6,81 \cdot 10^{-8}$	$-9,76 \cdot 10^{-8}$	$-9,31 \cdot 10^{-8}$
3,0	$8,40 \cdot 10^{-8}$	$6,81 \cdot 10^{-8}$	$-9,76 \cdot 10^{-8}$	$-9,31 \cdot 10^{-8}$
2,0	$8,63 \cdot 10^{-8}$	$7,49 \cdot 10^{-8}$	$-9,53 \cdot 10^{-8}$	$-8,63 \cdot 10^{-8}$
1,0	$9,31 \cdot 10^{-8}$	$8,40 \cdot 10^{-8}$	$-8,85 \cdot 10^{-8}$	$-7,72 \cdot 10^{-8}$
0,2	$9,76 \cdot 10^{-8}$	$9,31 \cdot 10^{-8}$	$-8,40 \cdot 10^{-8}$	$-6,81 \cdot 10^{-8}$

Pełne dane objętości dla wszystkich pomiarów przedstawiono na wykresie (Rys. 1). Można zauważyć, że woda osiąga najmniejszą objętość (największą gęstość) w okolicy temperatury  $4^{\circ}\text{C}$ , co potwierdza zjawisko anomalii rozszerzalności cieplnej wody.

## **4 Ocena niepewności pomiaru**

## **5 Wnioski**

## 6 Wykresy



Rysunek 1: Wysokość słupa wody w zależności od temperatury

## Literatura