

# Pomiar krzywizny soczewki (pierścienie Newtona)

Kacper Kłos

26 kwietnia 2025

W raporcie opisujemy metodę wyznaczania promienia krzywizny soczewki na podstawie analizy pierścieni Newtona. Soczewkę umieszczono na płytce szklanej pod mikroskopem, a skalę dopasowano na podstawie papieru milimetrowego położonego na płytce. Układ oświetlano światłem czerwonym, zielonym i niebieskim. Po zmierzeniu średnic  $k$ -tych pierścieni dopasowano zależność  $D_k^2(k)$ . Widmo lampy pozwoliło określić długości fal  $\lambda$ . Na tej podstawie obliczono promień krzywizny dla każdego z kolorów, a średnia ważona dała wynik  $R = (6,613 \pm 0,014) \text{ m}$ .

## 1 Wyniki pomiarów

W tabeli 1 zestawiono średnice pierścieni (mierzone do środka geometrycznego).

Nr	$D_r [\text{cm}]$		$D_g [\text{cm}]$		$D_b [\text{cm}]$	
	1	2	1	2	1	2
1	0,33	0,32	0,29	0,30	0,22	0,22
2	0,44	0,44	0,39	0,40	0,34	0,34
3	0,52	0,52	0,47	0,48	0,42	0,42
4	0,60	0,60	0,54	0,54	0,49	0,49
5	0,67	0,67	0,59	0,60	0,55	0,55
6	0,74	0,73	0,65	0,66	0,61	0,61
7	0,78	0,78	0,70	0,70	0,66	0,66
8	0,84	0,84	0,75	0,76	0,71	0,71
9	0,88	0,88	0,79	0,79	0,75	0,75
10	0,92	0,92	0,84	0,84	0,79	0,79

Tablica 1: Średnice pierścieni Newtona dla serii pomiarowych 1 i 2. Numery nieparzyste odpowiadają pierścieniom jasnym, parzyste – ciemnym.

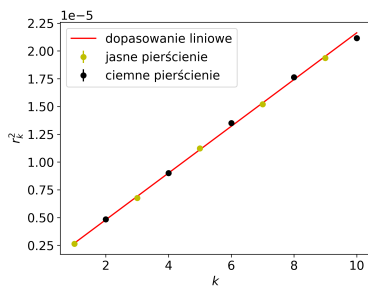
Niepewność pojedynczego odczytu przyjęto na poziomie 0,01 cm (dla dwóch pierwszych jasnych pierścieni 0,02 cm ze względu na ich większą grubość oraz pomiar średnicy przez środek geometryczny).

## 1.1 Dopasowanie liniowe

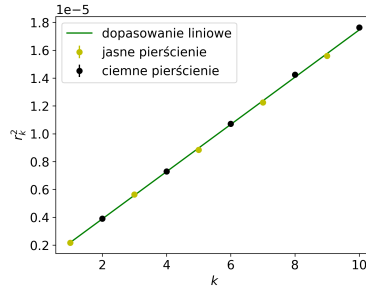
Wzór teoretyczny podany w [1] ma postać

$$D_k^2 = \frac{k\lambda R}{8}, \quad (1)$$

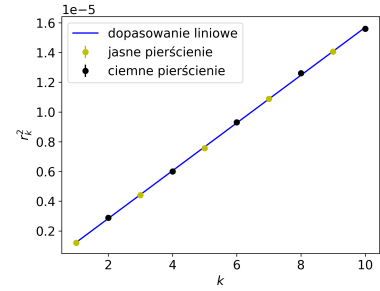
gdzie  $D_k$  – średnica  $k$ -tego pierścienia,  $\lambda$  – długość fali,  $R$  – promień krzywizny. Średnie wartości z pomiarów (tab. 1) dla każdego koloru dopasowujemy do równania  $D_k^2 = ak + b$ .



(a) czerwony



(b) zielony



(c) niebieski

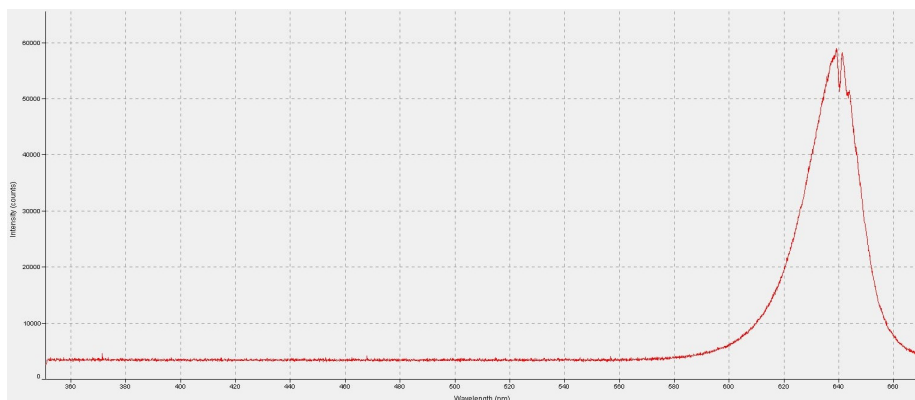
Rysunek 1: Dopasowanie liniowe  $D_k^2(k)$  dla trzech barw.

kolor	$a [10^{-9}]$	$b [10^{-9}]$
czerwony	$210 \pm 18$	$59 \pm 7$
zielony	$170 \pm 10$	$49 \pm 4$
niebieski	$161 \pm 8$	$-37 \pm 3$

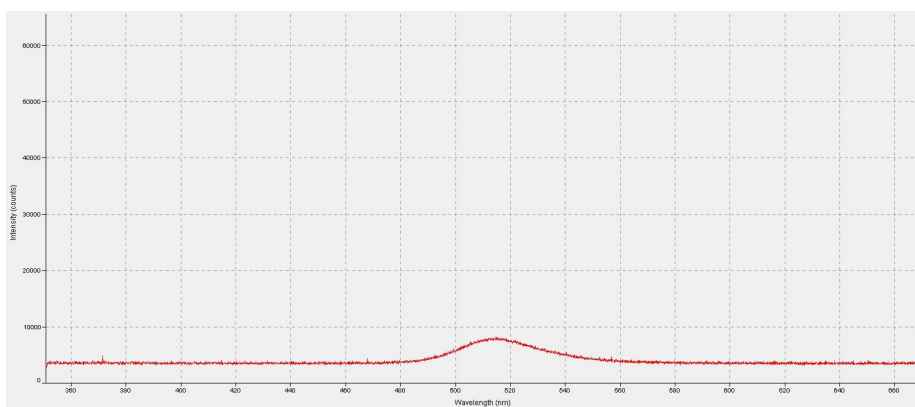
Tablica 2: Parametry dopasowania  $D_k^2 = ak + b$ .

## 1.2 Wyznaczenie długości fali

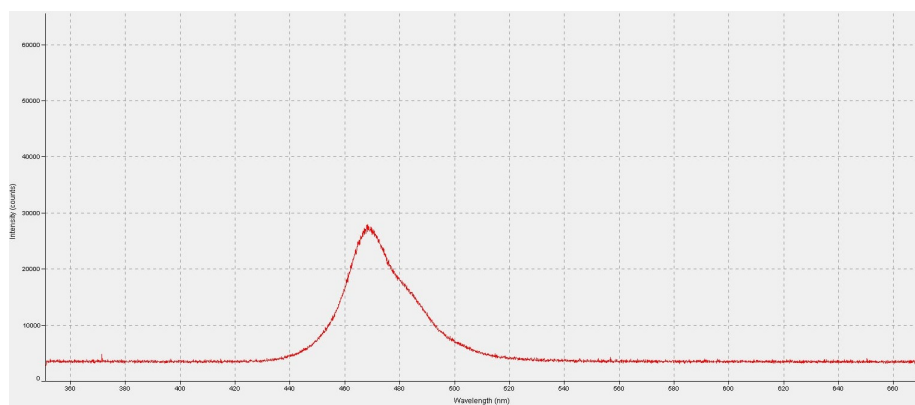
Długość fali określano z widm lampy: maksimum intensywności oraz punkty o 50% tej wartości wyznaczały  $\lambda$  i jej niepewność. Wykresy widm przedstawiono na rysunkach 2, 3 i 4, odpowiadających kolejno światłu czerwonemu, zielonemu i niebieskiemu.



Rysunek 2: Widmo światła czerwonego.



Rysunek 3: Widmo światła zielonego.



Rysunek 4: Widmo światła niebieskiego.

kolor	$\lambda$ [nm]
czerwony	$640 \pm 12$
zielony	$515 \pm 25$
niebieski	$468 \pm 20$

Tablica 3: Długości fal użytych światel.

### 1.3 Promień krzywizny

Ze wzorów

$$R = 8 \frac{a}{\lambda}, \quad u(R) = R \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2},$$

otrzymujemy

kolor	$R$ [m]
czerwony	$6,58 \pm 0,14$
zielony	$6,59 \pm 0,40$
niebieski	$6,86 \pm 0,30$

Tablica 4: Promień krzywizny dla poszczególnych barw.

Średnia ważona (na podstawie tabeli 4) daje

$$R = 6,613 \pm 0,014 \text{ m.}$$

### 1.4 Dyskusja niepewności

Dominującym źródłem niepewności jest dokładność wyznaczenia  $\lambda$ . Choć dopasowanie dla światła czerwonego ma największy błąd współczynnika  $a$ , to najmniejsza niepewność  $\lambda$  sprawia, że wynik ten jest najdokładniejszy. Najbardziej odstaje wartość dla koloru niebieskiego. W szczególności problematyczny jest parametr  $b < 0$ , co jest sprzeczne z teorią przedstawioną w [1] i wskazuje na dodatkowy błąd przypadkowy w tej serii pomiarów. Występuje także błąd systematyczny wynikający z kalibracji skali względem papieru milimetrowego.

## Literatura

- [1] *Interferencyjny Pomiar Krzywizny Soczewki (Pierścienie Newtona)*, Uniwersytet Warszawski.