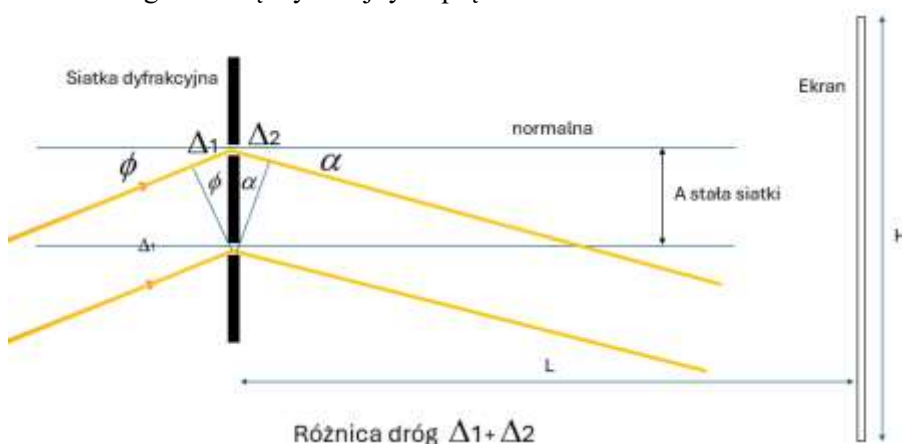


Siatka dyfrakcyjna przy padaniu ukośnym

Promień lasera o długości fali $\lambda = 589 \text{ nm}$ (linia sodu) pada na **siatkę dyfrakcyjną** pod kątem $\phi = 45^\circ$ względem normalnej. Stała siatki wynosi $d = 1/(500 \text{ nacięć/mm}) = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Ekran obserwacyjny znajduje się w odległości $L = 1 \text{ m}$ od siatki i ma wysokość 1 m . Siatka jest ustawiona w **połowie wysokości ekranu**.

Zadania:

1. Wyznacz położenie **prążka zerowego** na ekranie.
2. Oblicz położenie **pierwszego i n-tego prążka dyfrakcyjnego**.
3. Określ, które prążki powstają **pod normalną**, a które **nad normalną**.
4. Wyznacz **maksymalny rząd widma** i liczbę wszystkich prążków.
5. Oblicz, ile prążków zmieści się na ekranie.
6. Określ odległości między kolejnymi prążkami.



Rozwiązanie

1. Warunek maksimum

- **Pod normalną** (promień pada od dołu):
$$d(\sin \beta + \sin \phi) = m\lambda$$
- **Nad normalną** (przeciwnie do kierunku padania):
$$d(\sin \beta - \sin \phi) = m\lambda$$

Komentarz: Znak w równaniu dyfrakcyjnym nie jest dowolny. Musi odpowiadać geometrii różnicy dróg.

- W tym przypadku promień pada od dołu pod normalną, więc należy użyć „+” dla prążków pod normalną.
- Zastosowanie „-” odpowiadałoby prążkom nad normalną, co w tej konfiguracji daje $|\sin \beta| > 1$ – fizycznie niemożliwe.

2. Położenie prążków na ekranie

Prążek zerowy ($m = 0$):

$$\sin \beta_0 = -\sin \phi = -0,7071 \Rightarrow \beta_0 = -45^\circ$$
$$y_0 = L \tan \beta_0 = -1 \text{ m}$$

Położenie prążka zerowego znajduje się **pod ekranem**, więc nie jest widoczny.

Pierwszy prążek ($m = 1$):

$$\sin \beta_1 = \frac{\lambda}{d} - \sin \phi = 0,2945 - 0,7071 \approx -0,4126$$

$$\beta_1 \approx -24,4^\circ \Rightarrow y_1 = L \tan \beta_1 \approx -0,454 \text{ m}$$

Widać go na ekranie.

Drugi prążek ($m = 2$):

$$\sin \beta_2 = 0,589 - 0,7071 \approx -0,1181$$

$$\beta_2 \approx -6,8^\circ \Rightarrow y_2 \approx -0,119 \text{ m}$$

Widoczny.

Trzeci prążek ($m = 3$):

$$\sin \beta_3 = 0,8835 - 0,7071 = 0,1764$$

$$\beta_3 \approx 10,2^\circ \Rightarrow y_3 \approx 0,180 \text{ m}$$

Widoczny.

Czwarty prążek ($m = 4$):

$$\sin \beta_4 = 1,178 - 0,7071 = 0,4709$$

$$\beta_4 \approx 28^\circ \Rightarrow y_4 \approx 0,532 \text{ m}$$

Całkowicie poza górną krawędzią ekranu.

Piąty prążek ($m = 5$):

$$\sin \beta_5 = 1,4725 - 0,7071 = 0,7654$$

$$\beta_5 \approx 49,9^\circ \Rightarrow y_5 \approx 1,18 \text{ m}$$

Poza ekranem.

3. Maksymalny rząd i liczba wszystkich prążków

- Maksymalny rząd fizycznie możliwy:

$$m_{\max} = \left\lfloor \frac{1 + \sin \phi}{\lambda/d} \right\rfloor = 5$$

- Liczba wszystkich prążków fizycznych: $m = 0, 1, 2, 3, 4, 5 \Rightarrow 6$ prążków.

Pod normalną: wszystkie 6 prążków.

Nad normalną: żaden prążek nie powstaje.

4. Liczba prążków widocznych na ekranie

- Ekran od $y = -0,5$ do $y = +0,5$ m (siatka w połowie wysokości):

Rząd m	y_n [m]	Widoczność
0	-1	poza ekranem
1	-0,454	widać
2	-0,119	widać
3	0,180	widać
4	0,532	poza ekranem
5	1,18	poza ekranem

Na ekranie widać dokładnie 3 prążki: rzędy $m = 1, 2, 3$.

5. Odległości między kolejnymi prążkami

- Przybliżenie dla małych kątów:

$$\Delta y \approx L \frac{\lambda}{d} \approx 1 \cdot 0,2945 \approx 0,295 \text{ m}$$

- W praktyce odległości są lekko asymetryczne ze względu na przesunięcie zerowego rzędu ($-\sin \phi$), ale różnice między kolejnymi prążkami pozostają w przybliżeniu równe.
 - Układ prążków jest przesunięty w kierunku padania, ale **odległości między prążkami pozostają prawie stałe**.
-

6. Wnioski dydaktyczne

1. **Znak w równaniu dyfrakcyjnym odpowiada geometrii różnicy dróg** i decyduje, po której stronie normalnej powstaną prążki.
2. Wszystkie prążki powstają **po tej samej stronie normalnej, z której pada promień**:
 - Padanie od dołu $\rightarrow$ prążki **pod normalną**
 - Padanie od góry $\rightarrow$ prążki **nad normalną**
3. Maksymalny rząd dla tej konfiguracji: **5**
4. Liczba wszystkich prążków fizycznych: **6**
5. Liczba prążków widocznych na ekranie: **3**
6. Odległości między prążkami są w przybliżeniu równe ($\Delta y \approx 0,295 \text{ m}$), a układ prążków przesunięty względem zerowego rzędu.