

Uniwersytet Warszawski
Wydział Fizyki

Marysia Nazarczuk

Nr albumu: 417755

BADANIE WIDMA LINIOWEGO ZA POMOCĄ SPEKTROMETRU

Streszczenie

Celem doświadczenia było zbadanie widma liniowego neonu oraz wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej. Analizując widma helu oraz wodoru uzyskaliśmy wartość stałej siatki równą $d = (1000.55 \pm 0.47) \text{ [nm]}$. Posłużyło to nam do wyznaczenia długości fal prążków neonu. Praca została przygotowana zgodnie z instrukcją [1].

Warszawa, Maj 2024

Spis treści

1. Wstęp teoretyczny	5
2. Kąty najmniejszego odchylenia prążków widmowych helu, wodoru i neonu	7
2.1 Układ doświadczalny	7
2.2 Przeprowadzenie doświadczenia	7
2.2.1 Pomiar widma helu	8
2.2.2 Pomiar widma wodoru	8
2.2.3 Pomiar widma neonu	8
2.3 Analiza pomiarów	9
2.3.1 Wyznaczanie stałej siatki dyfrakcyjnej	9
2.3.2 Analiza widma neonu	10
2.4 Wyniki, niepewności i wnioski	10
2.4.1 Wyniki	10
2.4.2 Niepewności	10
2.4.3 Wnioski	10
3. Podsumowanie	11
Bibliografia	13

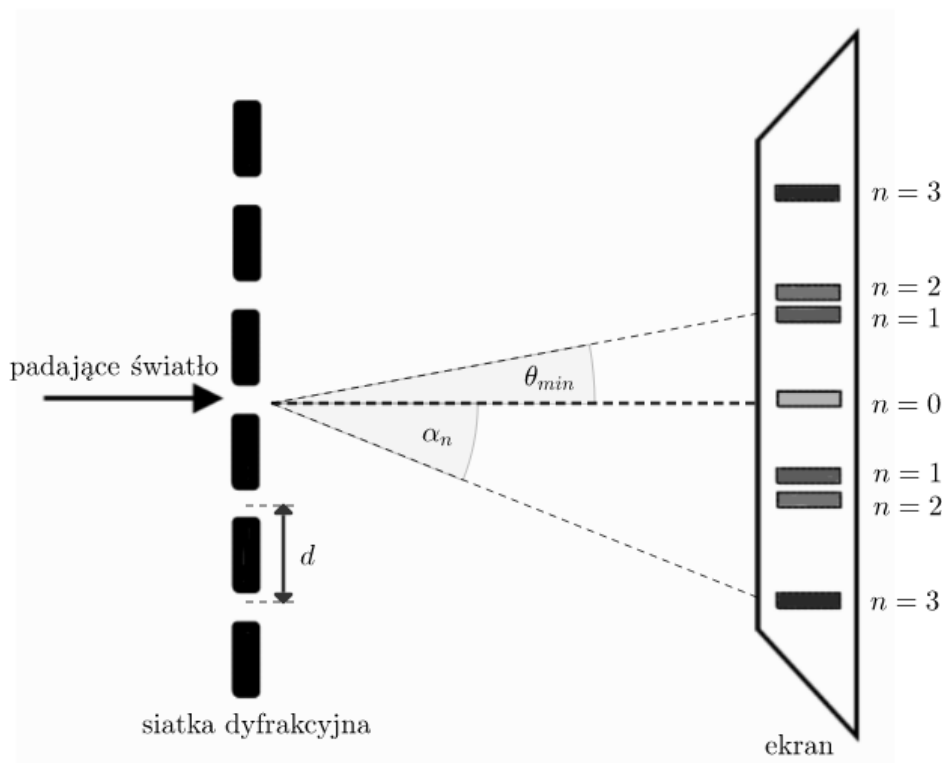
1. Wstęp teoretyczny

Siatka dyfrakcyjna składa się z wielu równoległych szczelin lub rys, które rozpraszają światło. Gdy światło przechodzi przez te szczeliny, interferuje ze sobą, tworząc jasne i ciemne prążki (maksima i minima dyfrakcyjne).

Kąt najmniejszego odchylenia θ_{min} na siatce dyfrakcyjnej to najmniejszy kąt między kierunkiem promienia padającego a kierunkiem promienia dyfraktowanego, dla którego obserwujemy maksimum dyfrakcyjne. Ten kąt jest istotny, ponieważ przy jego pomocy możemy obliczyć długości fal światła, które przechodzi przez siatkę dyfrakcyjną, używając równania dyfrakcyjnego

$$d \sin(\alpha_n) = n\lambda \quad (1.1)$$

gdzie α_n jest kątem dyfrakcji dla rzędu n , zaś d to stała siatki dyfrakcyjnej. Wzór ten mówi, że dla danego rzędu n , światło o długości fali λ jest dyfraktowane pod kątem α_n . Stała siatki, to odległość między szczelinami w siatce dyfrakcyjnej.



Kąt θ_{min} to kąt, przy którym pojawia się pierwsze (najbliższe osi optycznej) jasne maksimum dyfrakcyjne dla danej długości fali. Zatem θ_{min} jest po prostu kątem dyfrakcji dla pierwszego rzędu widma ($n = 1$) przy danej długości fali λ

W praktyce, mierząc θ_{min} dla znanych długości fal (np. z widma helu lub wodoru), możemy wyznaczyć stałą siatki d

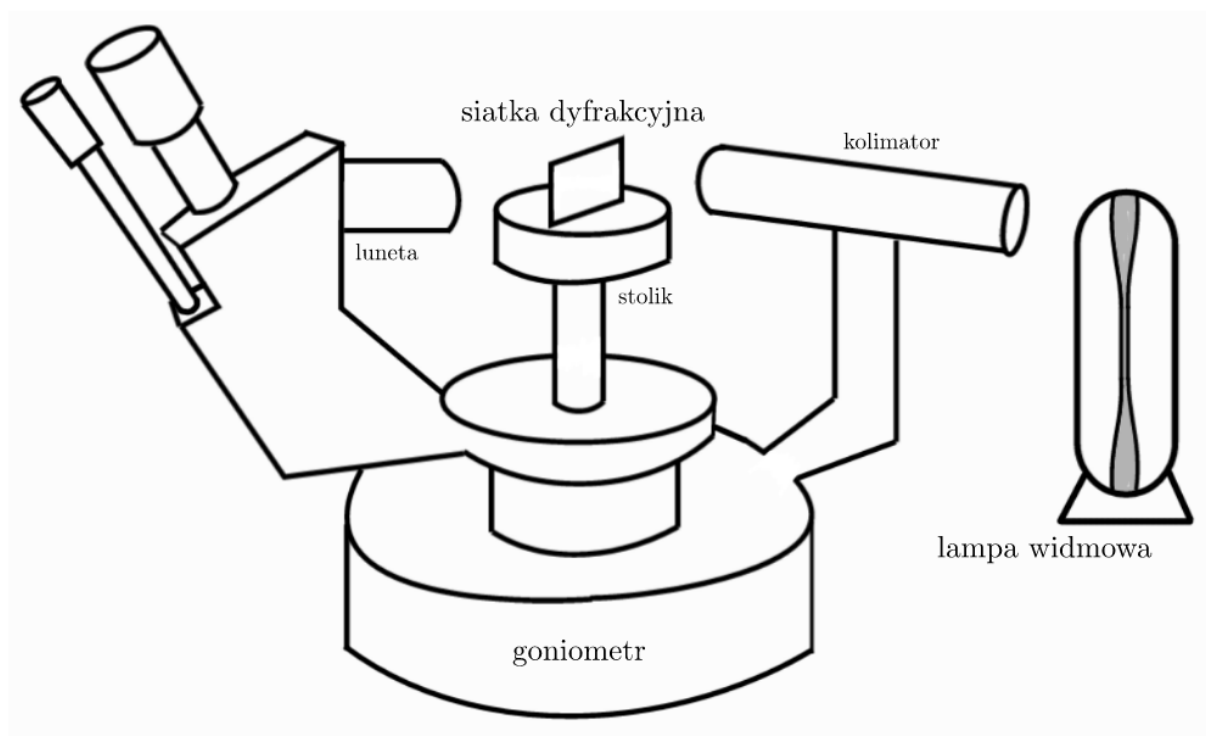
$$d = \frac{\lambda}{\sin(\theta_{min})} \quad (1.2)$$

Później, znając d , możemy obliczać długości fal innych źródeł światła, mierząc kąty dyfrakcji α_n dla różnych rzędów n .

2. Kąty najmniejszego odchylenia prążków widmowych helu, wodoru i neonu

2.1. Układ doświadczalny

Poniżej znajduje się układ doświadczalny dla danego eksperymentu. Lampę widmową ustawiono na przeciwko kolimatora goniometru. Na stoliku ustawiono siatkę dyfrakcyjną. Widma obserwowano przy użyciu lunety.



Rysunek 2.1: Układ doświadczalny do pomiaru kąta θ_{min}

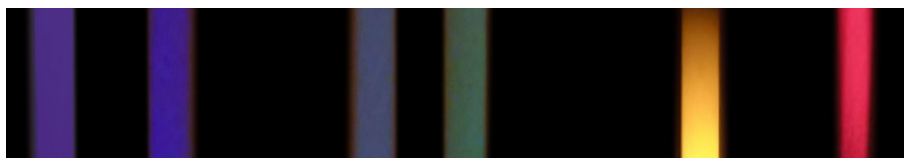
Jako, że światło nie pada idealnie na siatkę pod kątem prostym, toteż wzór 1.2 przekształca się do wzoru

$$d = \frac{\lambda \cos\left(\frac{\theta_{min}}{2}\right)}{\sin(\theta_{min})} = \frac{\lambda}{2 \sin\left(\frac{\theta_{min}}{2}\right)} \quad (2.1)$$

2.2. Przeprowadzenie doświadczenia

Dla każdego z trzech układów (hel, wodór i neon) obserwowano kąt najmniejszego odchylenia prążków. Dla każdego prążka dokonano trzech pomiarów, które następnie zostały uśrednione.

2.2.1. Pomiar widma helu



Rysunek 2.2: Zdjęcie widma liniowego helu

Tabela 2.1

Kolor	1 pomiar	2 pomiar	3 pomiar	Średni kąt [°]
fioletowy	25° 43'	25° 47'	25° 48'	25.76 ± 0.05
granatowy	27° 8'	27° 15'	27° 21'	27.25 ± 0.10
turkusowy	28° 25'	28° 34'	28° 30'	28.50 ± 0.08
zielony	29° 1'	28° 59'	29° 3'	29.02 ± 0.03
żółty	34° 8'	34° 14'	34° 11'	34.18 ± 0.05
czerwony	38° 59'	39° 1'	38° 58'	38.98 ± 0.02

2.2.2. Pomiar widma wodoru

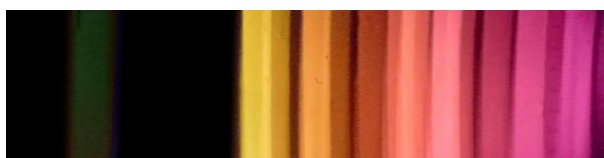


Rysunek 2.3: Zdjęcie widma liniowego wodoru

Tabela 2.2

Kolor	1 pomiar	2 pomiar	3 pomiar	Średni kąt [°]
fioletowy	25° 3'	25° 1'	25° 2'	25.03 ± 0.02
niebieski	28° 7'	28° 6'	28° 9'	28.03 ± 0.02
czerwony	38° 15'	38° 15'	38° 19'	38.27 ± 0.02

2.2.3. Pomiar widma neonu



Rysunek 2.4: Zdjęcie widma liniowego Neonu

Tabela 2.3

Kolor	1 pomiar	2 pomiar	3 pomiar	Średni kąt [°]
ciemnozielony	30° 35'	30° 31'	30° 39'	30.42 ± 0.06
żółty1	33° 1'	33° 4'	33° 58'	33.02 ± 0.03
żółty2	34° 30'	34° 34'	34° 29'	34.29 ± 0.08
pomarańczowy1	35° 18'	35° 19'	35° 20'	35.17 ± 0.09
pomarańczowy2	35° 40'	35° 40'	35° 41'	35.40 ± 0.04
różowy2	36° 46'	36° 44'	36° 46'	36.85 ± 0.02
różowy1	37° 14'	37° 14'	37° 14'	37.13 ± 0.03

2.3. Analiza pomiarów

2.3.1. Wyznaczanie stałej siatki dyfrakcyjnej

Dopasujemy prążkom widma helu i wodoru odpowiadające im długości fali λ [2].

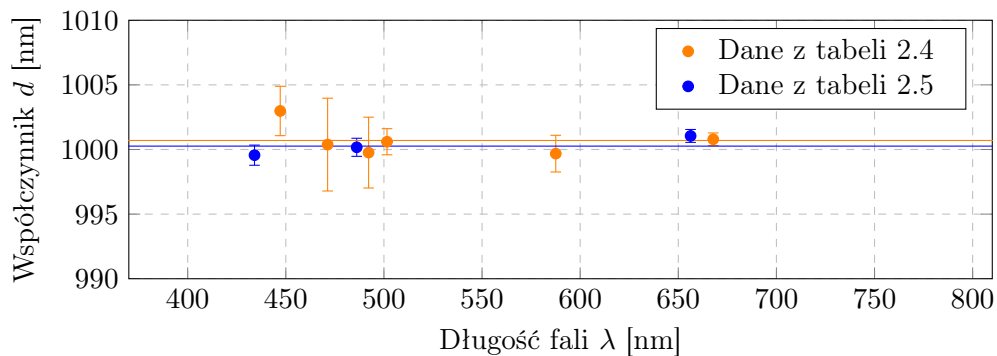
Tabela 2.4: Długość fali widm helu

Kolor	Średni kąt [°]	Długość fali [nm]
fioletowy	25.76 ± 0.05	447.15
granatowy	27.25 ± 0.10	471.31
turkusowy	28.50 ± 0.08	492.19
zielony	29.02 ± 0.03	501.57
żółty	34.18 ± 0.05	587.56
czerwony	38.98 ± 0.02	667.81

Tabela 2.5: Długość fali widm wodoru

Kolor	Średni kąt [°]	Długość fali [nm]
fioletowy	25.03 ± 0.02	434.05
niebieski	28.03 ± 0.02	486.13
czerwony	38.27 ± 0.02	656.28

Korzystając ze wzoru 2.1, używając metody najmniejszych kwadratów, dopasujemy wartość współczynnika d w zależności od długości fali dla widma helu oraz wodoru.



Rysunek 2.5: Wartość współczynnika d wyliczona ze wzoru 2.1 dla poszczególnych widm helu i wodoru

Otrzymujemy

$$d_{\text{hel}} = (1000.70 \pm 0.49) \text{ [nm]} \quad (2.2)$$

oraz

$$d_{\text{wodór}} = (1000.26 \pm 0.43) \text{ [nm]} \quad (2.3)$$

co po obliczeniu wartości oczekiwanej daje nam wynik

$$d = (1000.55 \pm 0.47) \text{ [nm]} \quad (2.4)$$

2.3.2. Analiza widma neonu

Korzystając z wyznaczonej wartości stałej siatki dyfrakcyjnej 2.4 oraz przekształcając równanie 2.1 do równania

$$\lambda = 2d \cdot \sin\left(\frac{\theta_{min}}{2}\right) \quad (2.5)$$

możemy wyznaczyć długość fali światła odpowiadającym poszczególnym prążkom widma neonu.

Tabela 2.6: Długość fali widm neonu

Kolor	Średni kąt [°]	Długość fali [nm]
ciemnozielony	30.42 ± 0.06	525.00 ± 1.01
żółty1	33.02 ± 0.03	568.68 ± 0.50
żółty2	34.29 ± 0.08	589.91 ± 1.33
pomarańczowy1	35.17 ± 0.09	604.57 ± 1.50
pomarańczowy2	35.40 ± 0.04	608.40 ± 0.67
różowy1	36.85 ± 0.02	632.47 ± 0.33
różowy2	37.13 ± 0.03	637.11 ± 0.50

2.4. Wyniki, niepewności i wnioski

2.4.1. Wyniki

Otrzymaliśmy wartość stałej siatki dyfrakcyjnej równą

$$d = (1000.55 \pm 0.47) \text{ [nm]} \quad (2.6)$$

oraz wyznaczyliśmy długości fal widm neonu. Dane te zebrane zostały w tabeli 2.6.

2.4.2. Niepewności

Niedokładność goniometru wynosi $1' \approx 0.02^\circ$, jednak większe znaczenie ma w danym doświadczeniu nieprecyzyjnie ustawienie aparatury przy próbie odczytania kąta minimalnego.

2.4.3. Wnioski

Odczytana wartość nominalna stałej siatki dyfrakcyjnej wynosi $d_n = 1000 \text{ nm}$. Przeprowadzając test χ^2 nie mamy podstaw do odrzucenia wyznaczonej przez nas wartości za poprawną. Porównując również wartości długości fal widma neonu z tabeli 2.6 wraz z tablicowymi długościami [2] możemy uznać wyznaczone długości za poprawne.

3. Podsumowanie

W doświadczeniu wyznaczono stałą siatki dyfrakcyjnej

$$d = (1000.55 \pm 0.47) \text{ [nm]} \quad (3.1)$$

Wyznaczono również długości fal dla widma neonu

Tabela 3.1: Długość fali widm neonu

Kolor	Średni kąt [°]	Długość fali [nm]
ciemnozielony	30.42 ± 0.06	525.00 ± 1.01
żółty1	33.02 ± 0.03	568.68 ± 0.50
żółty2	34.29 ± 0.08	589.91 ± 1.33
pomarańczowy1	35.17 ± 0.09	604.57 ± 1.50
pomarańczowy2	35.40 ± 0.04	608.40 ± 0.67
różowy1	36.85 ± 0.02	632.47 ± 0.33
różowy2	37.13 ± 0.03	637.11 ± 0.50

Wszystkie wyznaczone wartości są zgodne z oczekiwaniami.

Wszelkie rachunki przeprowadziłam ręcznie, posługując się jedynie kalkulatorem prostym oraz arkuszem kalkulacyjnym Google. Na każdym etapie obliczeń zaokrąślałam wynik do dwóch miejsc znaczących. Ostateczne wyniki sprawdziłam przy użyciu programów napisanych w Pythonie i na podstawie tych wyników dopasowałam krzywą do danych na wykresach. Do szacowania niepewności pomiarowych użyłam metody obliczania niepewności pomiarowej za pomocą pierwiastków elementów na diagonalu macierzy kowariancji.

Bibliografia

- [1] Roman J. Nowak Krzysztof Korona. Instrukcja do zadania o9 - badanie widma liniowego za pomoca spektrometru, 23.11.2015.
- [2] Tabela długości fal linii widmowych. <https://lpf.wppt.pwr.edu.pl/>.