

Wydział WFIIS	Imię i nazwisko 1. Mateusz Kulig 2. Przemysław Ryś		Rok 2022	Grupa 3	Zespół 1
<b>PRACOWNIA FIZYCZNA WFIIS AGH</b>	Temat: Spektrometr optyczny				Nr ćwiczenia 83
Data wykonania 13.03.2022	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

W sprawozdaniu wyznaczyliśmy za pomocą spektrometru optycznego długości fali par rtęci powstałych po przejściu światła z lampy rtęciowej przez siatkę dyfrakcyjną. Eksperyment wykonaliśmy dla prążków rzędów 0, 1, 2 oraz 3. Dla ostatniego z nich uzyskaliśmy tylko jeden prążek koloru fioletowego. Za pomocą tablic udało nam się jednoznacznie określić dwa spośród 6 różnych przejść odpowiadających kolorom prążków rzędów 1 i 2. Pozostałe przejścia występują w dwóch różnych przedziałach odpowiadających różnym kolorom co uniemożliwia ich jednoznaczną identyfikację.

## 1. Wstęp teoretyczny

Spektrometria jest nauką zajmującą się badaniem widm promieniowania emitowanego lub absorbowanego przez badaną substancję. Jej początki sięgają rozczepienia światła białego na pryzmacie przez Newtona, a już kilkaset lat później przyczyniła się do powstania mechaniki kwantowej.

Jeden z postulatów Bohra głosi, że emisja kwantu o energii  $h\nu$  jest wynikiem przejścia z poziomu o energii wyższej  $E_j$  na niższy poziom  $E_i$

$$E_j - E_i = h\nu. \quad (1)$$

Oznacza to, że badając parametry wyemitowanego fotonu możemy zyskać informacje na temat poziomów energetycznych emitującego go pierwiastka. W spektroskopii optycznej narzędziem rozszczepiającym światło jest pryzmat lub siatka dyfrakcyjna. Spektrometr z siatką dyfrakcyjną daje pomiar bezwzględny, gdyż pomiar kąta ugięcia wystarcza do wyznaczenia długości fali. Siatka dyfrakcyjna jest szklaną płytką z naciętymi równoległymi rysami. Odległość między poszczególnymi rysami jest parametrem danej siatki i określa się ją przez literę  $d$ . Światło które przechodzi przez siatkę ulega zjawisku interferencji, czyli nakładania się fal. Zależność między długością ugiętej fali  $\lambda$ , a kątem  $\alpha$  pod którym została ugięta ma postać

$$\sin \alpha = \frac{n\lambda}{d}, \quad (2)$$

gdzie  $n$  jest liczbą naturalną, określa rząd widma i przybiera wartość 0 dla wiązki nieodchylonej. Tym sposobem mierząc kąt odchylenia wiązki możemy obliczyć długość fali światła.

## 2. Aparatura

W celu wykonania doświadczenia użyliśmy następujących przedmiotów:

- Spektrometr optyczny, który składał się z trzech zasadniczych części: kolimatora lunety i stolika.
- Noniusz – Za jego pomocą możliwy był pomiar kąta odchylenia wiązki.
- Lupa – umożliwiała dokładniejszy odczyt kąta odchylenia.
- Lampa rtęciowa – kwarcowa bańka z układem elektrod, w której zachodzi wyładowanie.

### 3. Metodyka doświadczenia

Przeprowadzenie doświadczenia polegało na wyznaczeniu długości fali widma liniowego par rtęci za pomocą spektrometru z siatką dyfrakcyjną. Na samym początku zapalamy lampę rtęciową włączając ją do sieci 220 V oraz ustawiamy ją tak, by najlepiej oświetlała szczelinę spektrometru (ok. 2 [cm]). Siatkę dyfrakcyjną ustawiamy na środku stolika, prostopadle do osi kolimatora, tak by na siatce widoczna była plama światła z kolimatora. Następnie regulujemy oś lunety, by można było nią swobodnie obracać. W razie potrzeby zmieniamy ostrość widoczności widm za pomocą tubusa zawierającego wskaźnik. Ustawiamy widoczność prążka zerowego na zero skali kątowej. Odczytujemy odchylenie odpowiednich wiązek odpowiednio z lewej i prawej strony, w przypadku gdzie wartość kąta odchylenia różni się o ponad 10' poprawiamy ułożenie siatki dyfrakcyjnej. Następnie prowadzimy szereg pomiarów odpowiadających odpowiednim prążkom.

### 4. Analiza danych

Dane pomiarowe odchylen odpowiednich prążków oraz odpowiadających im długościom fali zebraliśmy w poniższych tabelach.

Dla  $n = 0$  kąt odchylenia wynosi  $\alpha = 0$  (Tak ustawiliśmy noniusz) zatem wiązka nie jest w żaden sposób rozszczepiona, czyli prążki każdej barwy są w tym samym miejscu.

**Tab. 1.** Tabela kątów odchylen oraz długości fali dla rzędu prążków  $n=1$  oraz ich kolorów.

Orientacja	Fioletowy		Niebieski		Zielony 1		Zielony 2		Żółty 1		Żółty 2	
	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy
Kąt [°]	13	14	14	15	16	17	17,5	18,5	18,5	20	19	20
Dodatkowe minuty [']	4	20	6	16	0	24	20	0	26	25	0	20
Kąt [']	784	860	846	916	960	1044	1070	1110	1136	1225	1140	1220
Kąt [rad]	0,228056	0,250164	0,246091	0,266454	0,279253	0,303687	0,31125	0,322886	0,330449	0,356338	0,331613	0,354884
Średni kąt [rad]	0,239110		0,256273		0,291470		0,317068		0,343394		0,343248	
Sinus	0,226085	0,247563	0,243615	0,263312	0,275637	0,299041	0,306249	0,317305	0,324468	0,348845	0,325568	0,347481
Średni sinus	0,236838		0,253477		0,287361		0,311782		0,336684		0,336547	
Długość fali [nm]	396,64	434,32	427,39	461,95	483,57	524,63	537,28	556,67	569,24	612,01	571,17	609,62
Średnia długość fali [nm]	415,51		444,70		504,14		546,99		590,67		590,43	

**Tab. 2.** Tabela kątów odchylen oraz długości fali dla rzędu prążków  $n=2$  oraz ich kolorów.

Orientacja	Fioletowy		Niebieski		Zielony 1		Zielony 2		Żółty 1		Żółty 2	
	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy	Lewy	Prawy
Kąt [°]	27	28,5	29	30,5	33,5	35	38	39,5	40,5	42,5	40,5	42,5
Dodatkowe minuty [']	9	29	22	5	10	9	0	7	0	25	11	12
Kąt [']	1629	1739	1762	1835	2020	2109	2280	2377	2430	2575	2441	2562
Kąt [rad]	0,473857	0,505855	0,512545	0,53378	0,587594	0,613483	0,663225	0,691441	0,706858	0,749037	0,710058	0,745256
Średni kąt [rad]	0,489856		0,523162		0,600539		0,677333		0,727948		0,727657	
Sinus	0,456322	0,484555	0,490397	0,508791	0,55436	0,575719	0,615661	0,637648	0,649448	0,680934	0,651878	0,67816
Średni sinus	0,470499		0,499622		0,565087		0,626717		0,665339		0,665122	
Długość fali [nm]	400,28	425,05	430,17	446,31	486,28	505,02	540,05	559,34	569,69	597,31	571,82	594,88
Średnia długość fali [nm]	412,72		438,26		495,69		549,75		583,63		583,44	

**Tab. 3.** Tabela kątów odchyień oraz długości fali dla rzędu prążków  $n=3$ , dla tego rzędu otrzymaliśmy tylko kolor fioletowy.

Fioletowy	Orientacja	Kąt [°]	Dodatkowe minuty [']	Kąt [']	Kąt [rad]	Średni kąt [rad]	Sinus	Średni sinus	Długość fali [nm]	Średnia długość fali [nm]
	Lewy	47	17	2837	0,82525	0,853175	0,734713	0,753372	429,66	440,57
	Prawy	50	29	3029	0,8811		0,77144		451,13	

**Tab. 4.** Tabela różnic długości fali rzędów 1 i 2.

	Fioletowy	Niebieski	Zielony 1	Zielony 2	Żółty 1	Żółty 2
$\Delta\lambda$ [nm]	2,79	6,43	8,45	2,77	7,04	6,99

Średnia różnic między długościami fali dla 1 i 2 rzędu wynosi  $\Delta\lambda = 5,75$  [nm]. Zatem tę wartość przyjmujemy za niepewność wartości długości fali.

Korzystając z niepewności rozszerzonej o czynniku skalującym  $k = 2$ , otrzymuję  $U(\lambda) = 11,5$  [nm].

Długości fali odpowiadające następującym przejściom według wartości tablicowych [1] są podane poniżej.

1.  $7^3S_1 \rightarrow 6^3P_0 : \lambda = 404,7$  [nm]
2.  $7^3S_1 \rightarrow 6^3P_1 : \lambda = 435,8$  [nm]
3.  $7^3S_0 \rightarrow 6^3P_1 : \lambda = 407,8$  [nm]
4.  $7^3S_1 \rightarrow 6^3P_2 : \lambda = 546,0$  [nm]
5.  $6^1D_2 \rightarrow 6^1P_1 : \lambda = 579,1$  [nm]
6.  $6^3D_2 \rightarrow 6^1P_1 : \lambda = 577,0$  [nm]

Jako środek przedziału  $\lambda_0$  przyjmuję średnią między wartością długości fali odpowiedniego koloru dla prążków pierwszego oraz drugiego rzędu, a następnie badam czy tablicowa wartość długości fali odpowiadająca odpowiedniemu przejściu mieści się w przedziale zadanym postacią  $(\lambda_0 - U(\lambda) ; \lambda_0 + U(\lambda))$ .

- I. Fioletowy :  $\lambda \in (402,62 ; 419,87)$
- II. Niebieski :  $\lambda \in (429,98 ; 452,98)$
- III. Zielony 1 :  $\lambda \in (488,42 ; 511,42)$
- IV. Zielony 2 :  $\lambda \in (536,87 ; 559,87)$
- V. Żółty 1 :  $\lambda \in (575,65 ; 598,65)$
- VI. Żółty 2 :  $\lambda \in (575,44 ; 598,44)$

- Przeskokowi 1 odpowiada jedynie widmo koloru fioletowego.
- Przeskokowi 2 odpowiada jedynie widmo koloru niebieskiego.
- Przeskokowi 3 odpowiada jedynie widmo koloru fioletowego.
- Przeskokowi 4 odpowiada jedynie widmo koloru zielonego 2.
- Przeskokowi 5 odpowiadają widma koloru żółtego i żółtego 1.
- Przeskokowi 6 odpowiadają widma koloru żółtego i żółtego 1.

## 5. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu udało się jednoznacznie zidentyfikować przesłoki odpowiadające kolorom: niebieskiemu, gdzie otrzymana przez nas wartość wynosi  $\lambda = (441,48 \pm 11,5) \text{ [nm]}$ , a wartość tablicowa wynosi  $\lambda_{02} = 435,8 \text{ [nm]}$  oraz zielonemu 2, gdzie otrzymana przez nas wartość wynosi  $\lambda = (548,37 \pm 11,5) \text{ [nm]}$ , a wartość tablicowa wynosi  $\lambda_{04} = 546 \text{ [nm]}$ . Niepewność co do jednoznaczności odpowiednich linii dotyczy kolorów: fioletowego, żółtego oraz żółtego 1, ponieważ prążki tych kolorów należą do dwóch różnych przedziałów, nie możemy zatem stwierdzić jakiemu przeskokowi odpowiadają podane wyżej kolory prążków.

## 6. Literatura

1. [http://website.fis.agh.edu.pl/~pracownia\\_fizyczna/cwiczenia/83.pdf](http://website.fis.agh.edu.pl/~pracownia_fizyczna/cwiczenia/83.pdf) - str. 6/7 - 13.03.2022 r.