



Podstawy Fizyki Optyka

Praca zbiorowa

## **Ćwiczenie 44**

### **BADANIE DYSPERSJI**

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2020

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasady odczytu ze spektrometru, przypomnienie reguł prawidłowego rysowania wykresów oraz metody interpretacji otrzymanych wyników.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

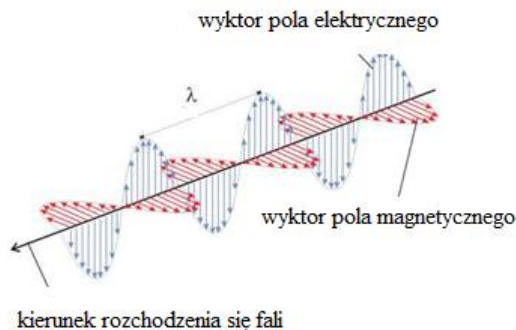
- autotransformator,
- transformator wysokonapięciowy w obudowie z uchwytem do rurek Plücker'a ,
- oświetlacz do skali,
- spektroskop,

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- załamanie światła
- rodzaje widm, cechy charakterystyczne, sposób powstawania,
- spektroskop, budowa, zasada pomiaru,
-

## 2. Wprowadzenie teoretyczne.

**Światło** w fizyce klasycznej to - fala elektromagnetyczna rozchodząca się w próżni z prędkością  $c = 3 \times 10^8$  m/s. Fala sinusoidalna posiada określoną:



**długość** - odległość między najbliższymi punktami o tej samej fazie,  
**częstotliwość** - liczbę zmian pól elektrycznych (magnetycznych) zachodzących w ciągu jednej sekundy w miejscu, przez które przechodzi fala. Wielkości te są ze sobą ściśle powiązane.

Światło widzialne - długość fali w przedziale 380 - 780 nm. Każda długość fali w tym zakresie widziana jest jako - światło o innej barwie.

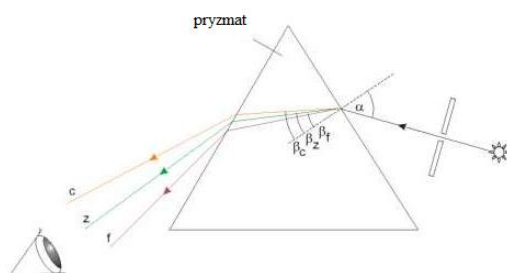
Rozumienie światła jako fali elektromagnetycznej pozwala wyjaśnić zjawiska optyki klasycznej takie jak - załamanie, dyspersję, dyfrakcję czy interferencję światła.

Jednak pojmowanie światła tylko jako fali elektromagnetycznej nie pozwala na wyjaśnienie faktu, iż każdy pierwiastek emituje światło tylko o charakterystycznych dla siebie długościach (lub zakresach długości). Wyjaśnienie zjawiska emisji światła podaje nam *teoria kwantowa*, w której światło to strumień porcji energii zwanych fotonami lub kwantami. Jeżeli klasycznie mamy falę elektromagnetyczną (o długości i częstotliwości), to w teorii kwantowej jest to strumień fotonów (kwantów) przenoszących porcję energii.

**Załamanie** - zjawisko występujące przy przechodzeniu światła białego przez pryzmat (ośrodek o współczynniku załamania  $n > 1$ ) na ściance (granicy ośrodków) ulega dwukrotnie odchyleniu o pewien kąt (przy wejściu i wyjściu). Wielkość tego kąta zależy od kąta padania promienia świetlnego na przednią ściankę pryzmatu, kąta łamiącego oraz współczynnika załamania materiału z którego wykonany jest pryzmat., względem środowiska, w którym się znajduje.

Równoległa wiązka światła białego po przejściu przez pryzmat ulega rozszczepianiu. Kąt odchylenia zależy od długości fali (barwy)

Najślabiej odchyła się promień czerwony a najbardziej promień fioletowy. Na ekranie otrzymujemy widmo, którego charakter zależy również od źródła światła.



Rozżarzone ciała stałe, ciecze i gęste gazy dają widmo ciągłe. Rozrzedzone gazy (pary) dają widmo liniowe lub pasmowe. Prążkom widmowym odpowiadają określone długości fal. Każdy pierwiastek daje charakterystyczne dla siebie widmo liniowe.

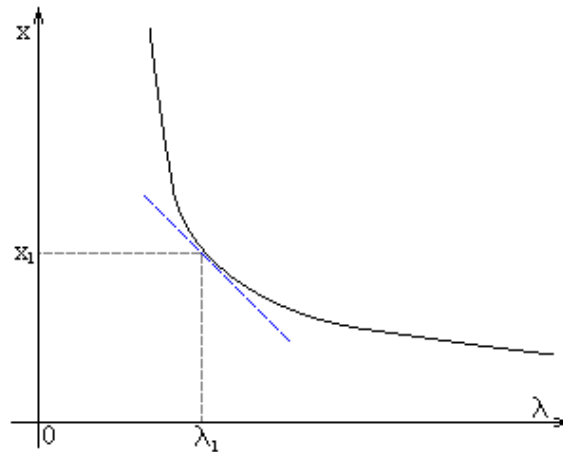
Zależność kąta odchylenia od długości fali określa równanie krzywej dyspersji kątowej, a gdy zamiast skali kątowej użyjemy skali liniowej, to zależność możemy zapisać w

postaci.

$$x = f(\lambda)$$

gdzie:  $x$  określa położenie prążka na skali liniowej.

Funkcja pozwala na sporządzenie wykresu krzywej dyspersji liniowej.



Miarą dyspersji liniowej dla długości fali  $\lambda_1$ , jest wartość jej pochodnej  $\lambda_1$

$$D_1 = \frac{dx}{d\lambda(\lambda_1)} .$$

Zatem znając zależność  $x = f(\lambda)$ , dyspersję liniową znajdujemy obliczając pochodną:

$$D = \frac{dx}{d\lambda} .$$

Wszystkie ciała, których temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego są źródłami promieniowania temperaturowego. Rozkład energii w widmie takiego promieniowania dobrze odtwarza rozkład Plancka. Każde ciało potraktowano jako zbiór oscylatorów kwantowych wysyłających energię kwantami.

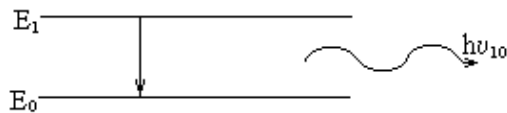
$$E = h \nu$$

gdzie:  $h$  - stała Plancka, a  $\nu$  - częstotliwość wysyłanego promieniowania.

Charakter kwantowy promieniowania ujawnia się szczególnie ze wzrostem częstotliwości  $\nu$ .

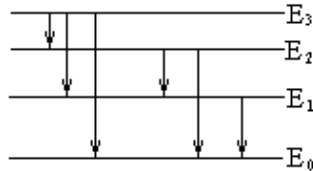
Atom znajduje się w stanie podstawowym, jeżeli jego elektrony posiadają najniższą energię. Każdemu stanowi energetycznemu przypisujemy określony poziom energetyczny. W wyniku ogrzewania (zderzeń termicznych między atomami) lub poddaniu atomów wyładowaniom elektrycznym, elektrony w atomach przechodzą do wyższych stanów energetycznych zwanych wzbudzonymi.

Istnieje pewne prawdopodobieństwo, że elektron znajdujący się na poziomie energetycznym wyższym niż podstawowy przejdzie na poziom niższy emitując kwant promieniowania



$$h\nu_{10} = E_1 - E_0 .$$

Jest to zjawisko emisji spontanicznej.



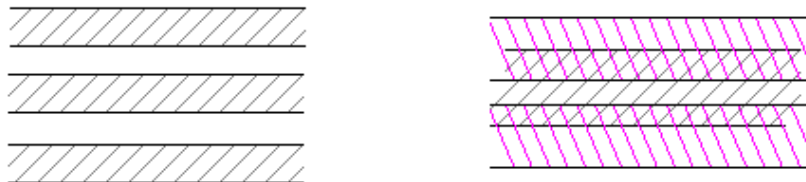
Jeżeli elektrony w atomie znajdują się w różnych stanach energetycznych  $E_0, E_1, E_2, E_3$ , to zawsze istnieje prawdopodobieństwo przejścia na niższe poziomy energetyczne, któremu towarzyszy emisja fotonów. W naszym przykładzie mogłaby wystąpić emisja sześciu kwantów odpowiadających sześciu różnym częstotliwościom. Każdej częstotliwości odpowiada ściśle określona długość fali, bowiem

$$\nu = \frac{c}{\lambda} ,$$

gdzie:  $c$  - prędkość rozchodzenia się promieniowania.

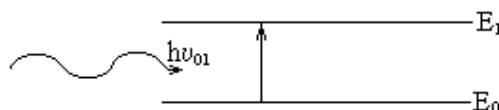
Przykładowo próbka wysyła promieniowanie będące mieszaniną sześciu częstotliwości. Po rozszczepieniu otrzymamy widmo liniowe zawierające sześć prążków.

W atomach wieloelektronowych, (w cząsteczkach, w strukturach gęściej upakowanych) elektrony oddziałują ze sobą i poziomy energetyczne ulegają rozmyciu, zaczynają na siebie zachodzić.



Rozmycie poziomów energetycznych wywołane jest również rotacjami, oscylacjami, wibracjami atomów, cząsteczek, węzłów sieci krystalicznych. W procesach tych w znacznej mierze zanikają zjawiska kwantowe. Każde przejście staje się możliwe. Widmo częstotliwości tworzy continuum. Widmo promieniowania staje się ciągle. Prążki zachodzą na siebie. Mechanizm powstawania widm emisyjnych związany jest głównie z emisją spontaniczną.

W przyrodzie obserwujemy również procesy pochłaniania. W gazach rozrzedzonych pochłanianie ma charakter kwantowy. Dany układ kwantowy może pochłaniać ściśle określony kwant promieniowania (foton) równy różnicy poziomów energetycznych  $E_0$  i  $E_1$ .



Foton o energii  $E_1 - E_0 = h\nu_{01}$ , zostaje pochłonięty dzięki czemu elektron jest przeniesiony z poziomu  $E_0$  na  $E_1$ .

Atom przechodzi w stan wzbudzony. Zjawisko nosi nazwę absorpcji. Widma absorpcyjne charakteryzują się brakiem pewnych linii. Odpowiadające im kwanty promieniowania o jednakowych częstotliwościach zostały pochłonięte. Ponieważ emisja spontaniczna w tych częstotliwościach jest dużo mniej prawdopodobna, na tle widma ciągłego pojawiają się prążki ciemne. Jest to widmo absorpcyjne. Przykładem linii absorpcyjnych są linie Fraunhoffera w widmie ciągłym promieniowania słonecznego.

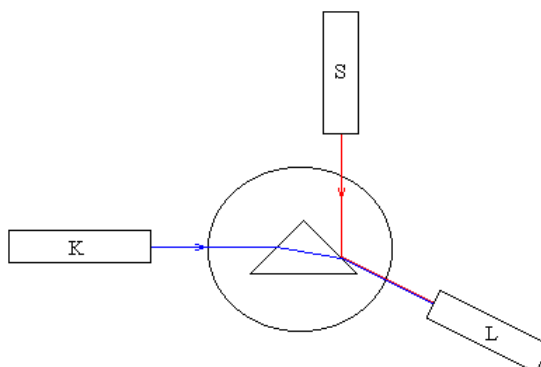
## Spektroskop.

Na trójnogu znajduje się stolik, na którym ustawia się pryzmat (lub siatkę dyfrakcyjną). W specjalnych uchwytach z regulacją położenia o pewien kąt względem stolika umieszczono kolimator (K) z regulowaną szczeliną, skalę (S) oraz lunetę (L). Patrz rysunek.



Kolimator przekształca wiązkę rozbieżną w równoległą. Na wiązkę promieni wybiegających z kolimatora po przejściu przez pryzmat nakłada się wiązka promieni wybiegających z tubusa ze skalą. W polu widzenia lunety na obraz szczeliny nakłada się obraz skali z tubusa.

Bieg promieni przedstawia rysunek.



### 3. Skalowanie spektroskopu.

Aby nabrać wprawy w odczytach - przed kolimatorem umieszczamy źródło światła białego (np. żarówkę), włączamy oświetlacz skali. Tak regulujemy wzajemne ustawienia kolimatora i skali by w lunecie zobaczyć nakładające się na siebie obrazy skali na tle widma.

**UWAGA: Zero skali powinno znajdować się w czerwonym obszarze widma.**

Przykładowo wygląda to tak.



Zapisujemy ile miejsca na skali zajmują poszczególne barwy.  
Wyniki notujemy w tabeli.

Barwa światła	Zakres skali	
	od	do
czerwona		
pomarańczowa		
żółta		
zielona		
niebieska		
fioletowa		

#### 4. Przebieg pomiarów

Aby wyskalować spektroskop dla potrzeb naszych pomiarów, posługujemy się widmem liniowym pierwiastka o stosunkowo niewielkiej liczbie prążków rozłożonych wzdłuż całego obszaru widzialnego widma. Wygodnie jest posłużyć się widmem liniowym rozrzedzonego helu.

1. Naprzeciw szczeliny umieszczamy rurkę Plücker'a napełnioną helum i włączamy zasilanie.

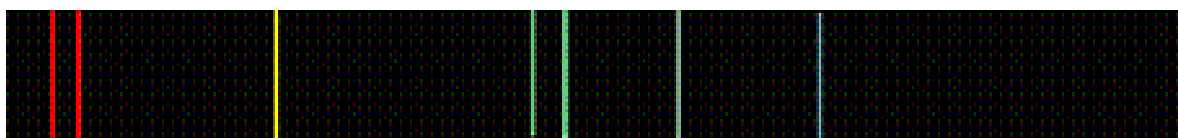
#### UWAGA!

**Mocowanie rurki w uchwycie zasilacza wykonujemy przy**

**WYŁĄCZONYM NAPIĘCIU!**

**POD NAZDOREM PROWADZĄCEGO ZAJĘCIA LUB NA JEGO WYRAŹNE POLECENIE**

2. W polu widzenia lunety powinniśmy otrzymać widmo liniowe helu. Patrz rysunek.



Wyraźnie widać siedem jasnych (prążków) linii, łatwych do zidentyfikowania. Ich tablicowe długości podane są w tabeli poniżej.

3. Odczytujemy położenie prążków na tle skali. Gdy prążek fioletowy znajdzie się poza skalą - jego położenie oszacowujemy przez ekstrapolację. Wyniki notujemy.

Barwa światła	Długość.fali	Położenie na skali			
	$\lambda$				średnia
czzerwona I	0,668 $\mu\text{m}$ ,				
czzerwona II	0,656 $\mu\text{m}$ ,				
żółta	0,586 $\mu\text{m}$ ,				
jasno zielona	0,502 $\mu\text{m}$ ,				
zielona	0,468 $\mu\text{m}$ ,				
niebieska	0,447 $\mu\text{m}$ ,				
fioletowa	0,389 $\mu\text{m}$ .				

4. Zamieniamy (zachowując zasady bezpieczeństwa) rurkę Plücker'a na rurkę z neonem.



5. Uruchamiamy zasilanie. W lunetce zobaczymy



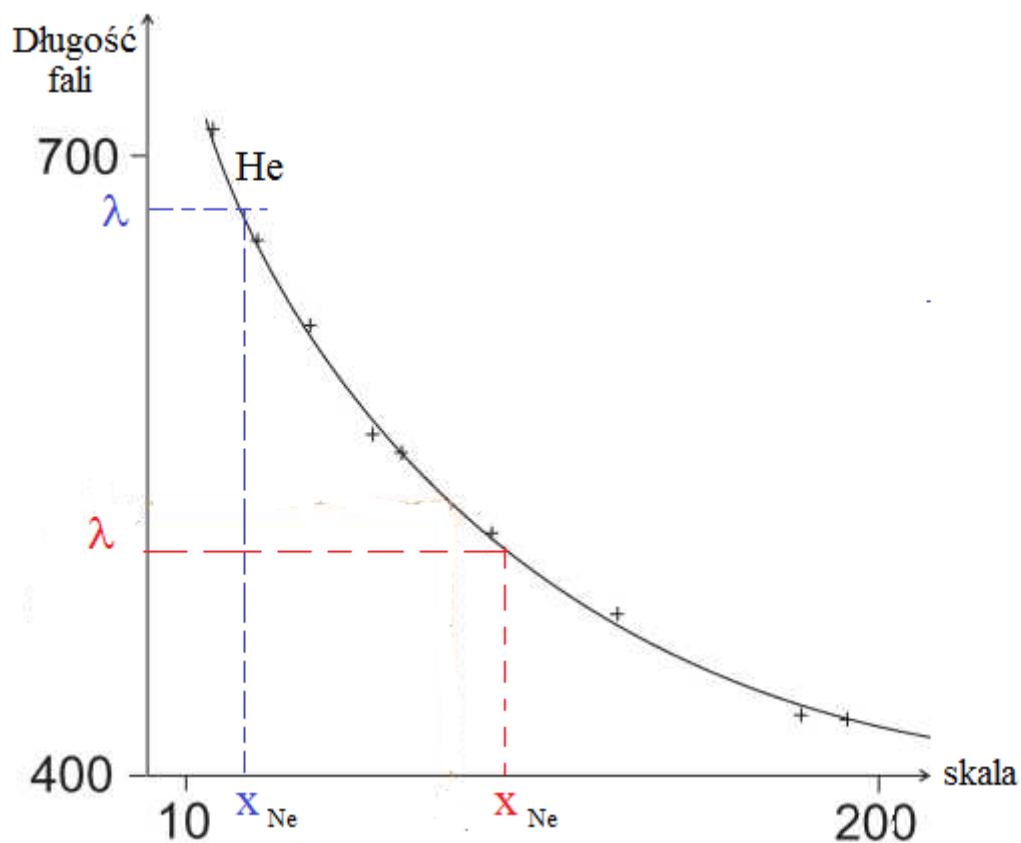
6. Spisujemy położenia prążków. Wyniki notujemy w tabeli.

**UWAGA! Liczbę czerwonych prążków do zapisania w tabeli – podaje prowadzący zajęcia.**

Barwa światła	Położenie na skali				Dł. fali z wykresu	Dł. fali z tablic fiz.
				średnia	$\lambda$	$\lambda$

## 5. Opracowanie wyników

1. Na papierze milimetrowym (formatu A4) sporządzamy wykres zależności  $x = f(\lambda)$  dla helu. Gdzie  $x$  to odczyty położenia prążków (poszczególnych barw) na tle skali w tabeli pkt. 3.



**UWAGA: Rysujemy wykres na całej powierzchni papieru milimetrowego.**

2. Odczytujemy z wykresu krzywej dyspersji długość fali odpowiadającą poszczególnym prążkom za  $x_{Ne}$  podstawiając wyniki z tabeli pomiarów dla neonu z pktu.6.
3. Porównujemy odczytane wyniki z wynikami tablicowymi.
4. Przeprowadzamy dyskusję wyników i szacujemy popełnione błędy.

## 6. Literatura:

1. S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna t.IV, Optyka.
2. J.R.Meyer-Arendt - Wstęp do optyki.
3. J. Norwood - Fizyka współczesna.
4. J.Orear - Fizyka t.II.
5. T.Dryński - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.
6. Zawadzki, H.Hofmokl - Laboratorium fizyczne.
7. <https://images.app.goo.gl/zPi8so69J9ZbbS4H9>
8. [http://www.tu.kielce.pl/~fizyka/instrukcje/O3\\_widma.pdf](http://www.tu.kielce.pl/~fizyka/instrukcje/O3_widma.pdf)
9. <http://matrix.ur.krakow.pl/~krebilas/Gotowe/cw-46.pdf>