

## WIDMA ŚWIECENIA PIERWIASTKÓW

Instrukcja dla uczniów szkół ponadpodstawowych

### WSTĘP

Celem doświadczenia jest zaobserwowanie widm świecących pierwiastków. Na podstawie wyników obserwacji i danych zawartych w tablicach fizycznych należy zidentyfikować pierwiastki emitujące dane widma.

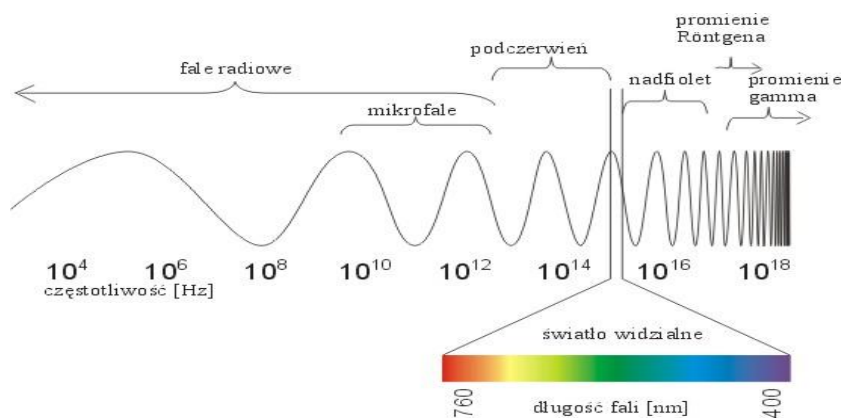
Światło jest falą elektromagnetyczną, którą możemy scharakteryzować trzema wielkościami: energią ( $E$ ) mierzona w dżulach (J), długością fali ( $\lambda$ ) mierzona w metrach lub częstotliwością ( $\nu$ ) mierzona w hercach (Hz). Wielkości te łączą się ze sobą następującymi związkami:

$$E = h\nu \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2)$$

gdzie:  $h$  - stała Plancka,  $c$  - prędkość światła w próżni.

Światło widzialne to jedynie część znanych fal elektromagnetycznych. Na rysunku 1 przedstawiono całe spektrum fal elektromagnetycznych. Na rysunku 1 zamieszczono podział promieniowania w zależności od częstości fali, dla obszaru światła widzialnego podano również graniczne długości fali.



Rys. 1. Podział promieniowania w zależności od częstości fali wraz z długościami dla światła widzialnego.

**Widmo** jest to zarejestrowany obraz promieniowania rozłożonego poszczególne częstotliwości, długości fali lub energię. Widmo, które powstało w wyniku emisji promieniowania przez analizowaną substancję, może dostarczyć szeregu cennych informacji o badanej substancji.

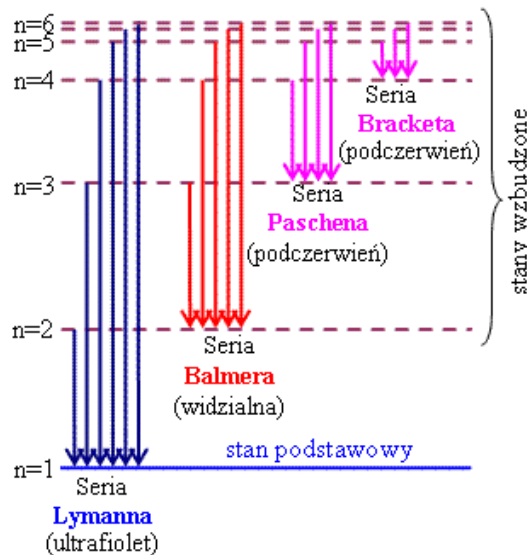
Wiemy że każde ciało o temperaturze  $T > 0$  K emituje promieniowanie elektromagnetyczne (nazywane promieniowaniem termicznym). Ponieważ emitowane jest światło o wszystkich długościach fali, mówimy że promieniowanie termiczne charakteryzuje się **widmem ciągłym**. Rozkład natężenia wypromieniowywanych fal w funkcji długości fali, czyli widmo promieniowania ma dla każdego ciała podobny kształt, a położenie maksimum tego rozkładu w zależności od długości fali elektromagnetycznej zależy tylko od temperatury ciała. W miarę



wzrostu temperatury maksimum przesuwają się w kierunku coraz mniejszej długości fal. Obiekty o temperaturze pokojowej emitują światło podczerwone. Ciała rozgrzane do temperatury kilkuset stopni Celsjusza też emitują podczerwień, ale ponadto zaczynają świecić na czerwono. Powyżej  $1000^{\circ}\text{C}$  emitowane światło ma barwę żółtą, ale oczywiście składa się zarówno z fali podczerwonej jak i fali o barwie czerwonej, żółtej oraz zielonej. Białe światło słoneczne odpowiada temperaturze  $5500^{\circ}\text{C}$ , i jak wiemy, zawiera wszystkie barwy światła widzialnego, jak również podczerwień i ultrafiolet.

Emisja fal elektromagnetycznych może odbywać się też poprzez tzw. luminescencję. Z mechaniki kwantowej wiemy, że elektrony w pierwiastkach mogą mieć tylko określone wartości energii. Atom w stanie wzbudzonym, pozbywa się nadwyżki energetycznej, którą zyskał przez wzbudzenie, emitując fale elektromagnetyczne o energii wynoszącej dokładnie tyle co różnica energetyczna między poziomami (patrz rysunek 2). W wyniku luminescencji pierwiastków dostajemy więc **widmo liniowe**.

Trzecim rodzajem widma jest **widmo pasmowe**, z którym mamy do czynienia przy luminescencji bardziej skomplikowanych układów jak cząsteczki chemiczne lub przy elektroluminescencji diod świecących.



Rys. 2. Schemat poziomów energetycznych w atomie wodoru.

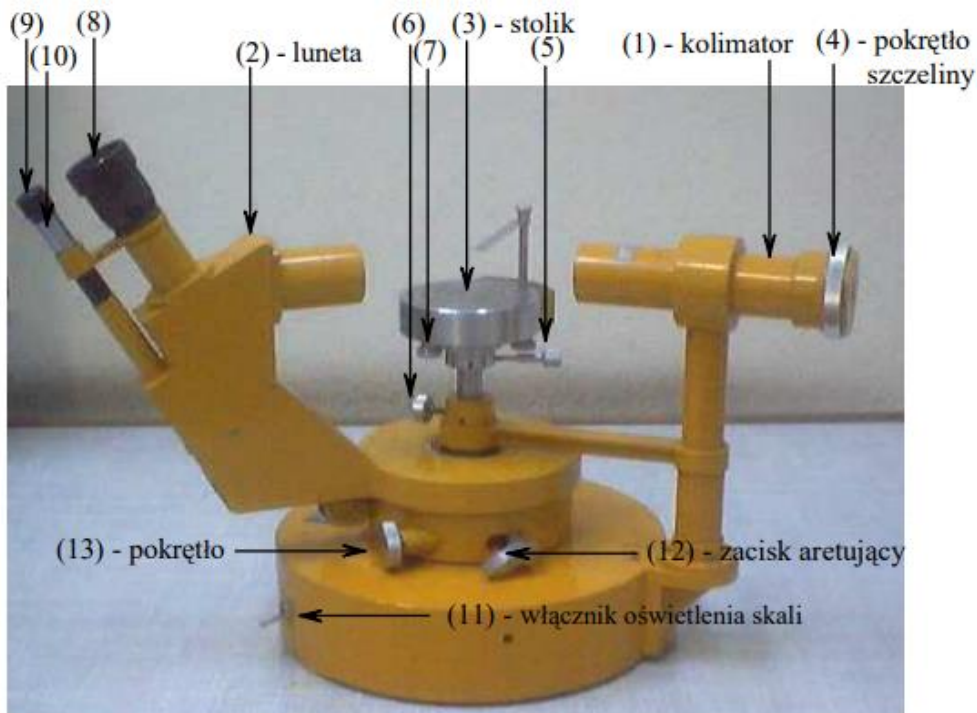
## POMIARY

Układ pomiarowy składa się z:

1. Goniometru, który służy do pomiarów kątów, a więc kąta łamiącego pryzmatu, kątów odchylenia promieni przechodzących przez pryzmat lub ugiętych przez siatkę dyfrakcyjną. Budowę goniometru przedstawiono na rysunku 3. Goniometr składa się z kolimatora (1) lunety (2) i stolika (3). Kolimator zaopatrzony jest w regulowaną pierścieniem (4) szczelinę, przed którą umieszcza się źródło światła. Stolik, na którym umieszczamy pryzmat lub siatkę dyfrakcyjną, można obracać wokół pionowej osi po zwolnieniu śruby (5) oraz podnosić lub opuszczać po zwolnieniu śruby (6). Luneta wyposażona jest w okular (8) z krzyżem z nitkami

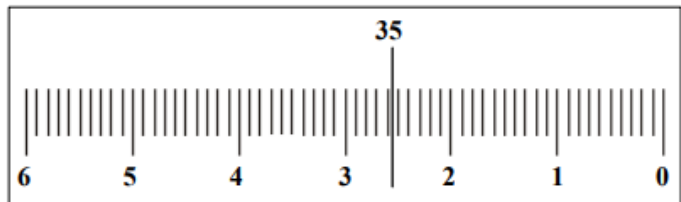


pajęcznych. W lunecie obserwujemy obraz szczeliny kolimatora, a wartość kąta między osią kolimatora a osią lunety odczytujemy w okularze (9) mikroskopu odczytowego (10).



Rys. 3. Budowa goniometru.

Skala, jaką widzimy w okularze mikroskopu pomiarowego, jest skalą kątową obejmującą zakres od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , przy czym wartość najmniejszej działki to  $1'$ . Przykładowy obraz pola widzenia mikroskopu odczytowego jest pokazany na rysunku 4 i ukazuje wskazanie (około)  $35^\circ 25' 30''$ .



Rys. 4. Widok skali w okularze mikroskopu odczytowego.

2. Pryzmatu, służącego do rozszczepienia światła,
3. Źródła światła - żarówki i trzech rurek Geisslera.

## I. POMIARY WSTĘPNE

1. Za szczeliną kolimatora ustawiamy zapaloną żarówkę. Przy pomocy kolimatora zawężamy wiązkę światła obserwowaną w lunecie.
2. Sprawdzamy ustawienie podziałki spektrometru. Kąt odpowiadający wiązce światła powinien być równy  $0^\circ$ .
3. Na stoliku ustawiamy pryzmat, tak aby wiązka światła przechodziła przez dwie gładkie ścianki.
4. Po zaobserwowaniu rozszczepionego obrazu ustawiamy pryzmat w położeniu „kąta najmniejszego odchylenia” za pomocą ruchomego stoliczka pod pryzmatem. Jest to takie położenie pryzmatu, gdy mimo obracania stolika cały czas w tę samą stronę obserwowany obraz zatrzymuje się (należy precyzyjnie uchwycić moment zanim obraz zacznie „wracać”



wtedy kiedy prążki są najbardziej „skupione”). W takim położeniu pryzmatu kąt pod jakim wiązka wpada do pryzmatu jest równy kątowi pod jakim wiązka wychodzi z pryzmatu.

**Po ustawieniu pryzmatu w kącie najmniejszego odchylenia nie należy go poruszać!**

5. Odczytujemy wartości kątów dla skrajnych kolorów w widmie światła rozszczepionego w pryzmacie. Wyniki zapisujemy poniżej:

granica czerwieni:..... granica fioletu:.....

Wyniki te będą wykorzystane w dalszej fazie ćwiczenia.

## II. WYKONANIE KRZYWEJ KALIBRACYJNEJ

W miejsce żarówki wstawiamy tubę z gazem oznaczoną numerem 1. W celu uzyskania wyraźnych prążków należy sprawdzić różne kąty oraz odległości źródła światła od kolimatora. Gazem znajdującym się w pierwszej tubie jest Hel. Celem tej części ćwiczenia jest wykonanie krzywych kalibracyjnych spektrometru. Krzywa kalibracyjna pozwoli nam połączyć wartości kątów odczytane dla poszczególnych prążków z odpowiadającymi im długościami fali elektromagnetycznej. Na jej podstawie będziemy mogli weryfikować gazy znajdujące się w kolejnych tubach.

W tabeli 1 zapisujemy kąty dla kolejnych zaobserwowanych prążków pochodzących z widma helu. Niepewność pomiaru szacujemy na podstawie odczytu kąta, jeżeli prążek jest wyraźny niepewność wynika z dokładności podziałki, jeżeli jest jednak rozmyty, możemy wpisać większą wartość. Następnie korzystając z tablic fizycznych, dopasowujemy długości fal do odpowiednio zmierzonych kątów.

Tabela 1. Wyniki pomiarów widma energetycznego helu.

lp.	kolor prążka	$\varphi$	$\Delta\varphi$	$\lambda_{tab}$ [nm]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Na podstawie danych zawartych w powyższej tabeli wykonaj wykres kalibracyjny (zależność kąta od długości fali) na papierze milimetrowym.



### III. WYKONANIE POMIARÓW POZOSTAŁYCH PIERWIASTKÓW

Analogicznie do pomiarów widma helu, mierzymy widma gazów znajdujących się w rurkach 2 i 3. Wyniki zapisujemy w tabelach 2 i 3. Po zmierzeniu kątów dla odpowiednich prążków, na podstawie krzywej kalibracyjnej uzupełniamy kolumnę z wartością długości fali odczytaną z krzywej kalibracyjnej  $\lambda_{odczyt}$ . Następnie na podstawie odczytanych długości fali oraz tablic fizycznych identyfikujemy pierwiastek znajdujący się w tubie.

Tabela 2. Wyniki pomiarów widma energetycznego gazu 2.

lp.	kolor prążka	$\varphi$	$\Delta\varphi$	$\lambda_{odczyt}$ [nm]	$\lambda_{tab}$ [nm]
1					
2					
3					
4					

Pierwiastek w rurce 2 to:.....

Tabela 3. Wyniki pomiarów widma energetycznego gazu 3.

lp.	kolor prążka	$\varphi$	$\Delta\varphi$	$\lambda_{odczyt}$ [nm]	$\lambda_{tab}$ [nm]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Pierwiastek w rurce 3 to:.....

Na podstawie odczytów wartości kątów dla skrajnych kolorów w widmie światła rozszczepionego w pryzmacie, bazując na krzywej kalibracyjnej odczytaj długości fal dla:

granica czerwieni:..... granica fioletu:.....

Czy otrzymane wartości są zgodne z wartościami tablicowymi? Co możemy powiedzieć o niepewnościach przeprowadzanych pomiarów?

Opracowanie:  
M. Filipek, A. Drabińska