

## Ćwiczenie O1

# Badanie widm promieniowania niezrównoważonego gazów

### O1.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie długości fal widma atomu wodoru za pomocą spektrometru z siatką dyfrakcyjną oraz obliczenie wartości stałej Rydberga dla atomu wodoru.

### O1.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Budowa atomu,
- teoria Bohra,
- serie widmowe,
- widma emisyjne,
- analiza widmowa,
- zasada Huygensa,
- zjawiska dyfrakcji i interferencji - siatka dyfrakcyjna,
- budowa i zasada działania spektrometru,
- spektroskopia.

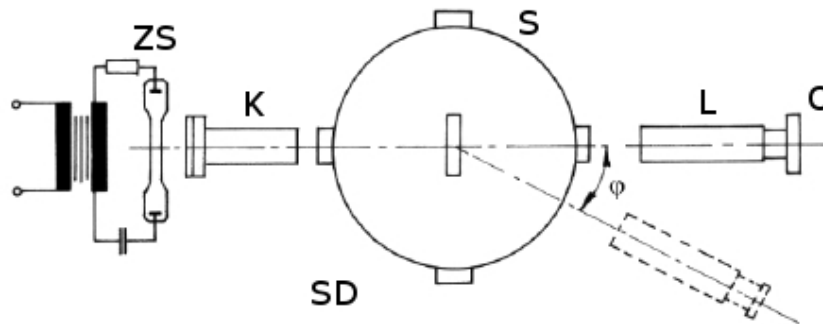
### O1.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 5*, PWN, Warszawa.
- [2] Jaworski B., Piński A.: *Elementy fizyki*, PWN, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*,  
[http://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat\\_dla\\_stud\\_v2](http://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat_dla_stud_v2)

## O1.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

### Układ doświadczalny

Rysunek O1.1 przedstawia schemat układu pomiarowego. Spektrometr składa się z kolimatora **K**, lunety **L** i stolika **S**. Badane źródło światła **ZS** umieszczamy przed szczeliną kolimatora. Wiązka światła, po przejściu przez kolimator, ulega ugięciu na siatce dyfrakcyjnej **SD** i wpada do lunety. Obraz szczeliny obserwujemy przez okular **O**. Luneta obraca się dookoła osi stolika. Kąt obrotu odczytujemy na podziałce kątowej z noniusem z dokładnością do  $1'$ .



Rysunek O1.1. Schemat układu pomiarowego

### Przebieg doświadczenia

Włączamy lampę i ustawiamy ją tak, aby szczelina kolimatora była dobrze oświetlona. Uwaga: badane lampy widmowe uzyskują pełną jasność po kilku minutach od włączenia. Szerokość szczeliny powinna wynosić około 0,1 - 0,2 mm. Na stoliku ustawiamy siatkę dyfrakcyjną prostopadle do osi kolimatora. Należy zapoznać się z mechanizmem obrotu lunety. Aby móc swobodnie obracać lunetę, należy odkręcić śrubę aretacyjną znajdującą się pod lunetą. Lunetę obracamy, trzymając jej podstawę. Precyzyjne ustawienie lunety podczas pomiaru, po uprzednim zakręceniu śruby aretacyjnej, umożliwia dodatkowe pokrętło znajdujące się na lunecie. Przeprowadzić wstępną obserwację widma z lewej i prawej strony. W razie potrzeby poprawić ustawienie lampy oraz ostrość. Kąt ugięcia prążka widmowego jest równy średniej arytmetycznej kąta zaobserwowanego z lewej,  $\varphi_L$ , i prawej strony,  $\varphi_P$ .

**Zadania do wykonania**

- O1.1. Wyznaczyć stałą siatki dyfrakcyjnej korzystając z pomiarów położenia linii widma helu lub monochromatycznego źródła światła (lampa sodowa).
- O1.2. Wyznaczyć długości fal w części widzialnej widma wodoru (seria Balmera).
- O1.3. Na podstawie otrzymanych wyników obliczyć stałą Rydberga dla wodoru.
- O1.4. Wyznaczyć dyspersję kątową na podstawie pomiarów położenia dwóch blisko siebie leżących linii widmowych neonu. Otrzymaną wartość porównać z wartością obliczoną na podstawie stałej siatki.
- O1.5. Obliczyć zdolność rozdzielczą siatki.

**Uzupełnienie do zadania O1.1**

Zależność wartości kąta obserwacji linii widma od jej długości fali opisuje wzór:

$$\sin \varphi_k = \frac{k\lambda}{a}, \quad (\text{O1.1})$$

gdzie  $\varphi_k$  – kąt odchylenia prążka widmowego,  $k = 1, 2, 3, \dots$  – rząd widma,  $\lambda$  – długość fali,  $a$  – stała siatki. Mierząc położenia linii widmowych dla znanych długości fal, np. dla helu (tabela O3.4), ze wzoru (O1.1) wyznaczamy stałą siatki. Używając lampy sodowej, należy zmierzyć położenia dubletu sodowego (żółta linia,  $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) dla kilku rzędów widma.

Długość fali [nm]	Barwa linii
706,52	ciemnoczerwona (słabo widoczna)
667,81	czerwona
587,56	żółta
501,57	zielona
492,19	zielona (słabo widoczna)
471,31	niebiesko-zielona (średnio widoczna)
447,15	niebieska

Tabela O1.1. Seria widzialna widma helu

**Uzupełnienie do zadania O1.2**

Wykorzystując stałą siatki  $a$  oraz zmierzone wartości kątów odchylenia  $\varphi_i$  linii widmowych dla wodoru wyznaczamy na podstawie wzoru (O1.1) odpowiadające im długości fali  $\lambda_i$ .

**Uzupełnienie do zadania O1.3**

Stałą Rydberga dla atomu wodoru obliczamy ze wzoru:

$$R_i = \frac{n^2 m^2}{(m^2 - n^2) \lambda_i}, \quad (\text{O1.2})$$

gdzie  $n = 2$ ,  $m = 3, 4, 5, 6$  – numery orbity elektronu w atomie wodoru,  $\lambda_i$  są to odpowiednie długości fali, obliczone w punkcie O1.2.

**Uzupełnienie do zadania O1.4**

Dyspersję kątową  $D$  wyznaczamy na podstawie pomiaru kąta obserwacji dwóch blisko siebie położonych linii widmowych neonu  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ :

$$D = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{k}{a} \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2}. \quad (\text{O1.3})$$

**Uzupełnienie do zadania O1.5**

Zdolność rozdzielczą określającą możliwość rozdzielenia prążków w widmie, wyznacza się na podstawie wzoru:

$$Z = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{1}{2} \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}, \quad (\text{O1.4})$$

gdzie  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$  są długościami fal dwóch prążków widma, leżących najbliżej siebie, jeszcze rozróżnialnych przez daną siatkę.

**O1.5. Rachunek niepewności**

Stałą siatki  $a$  wyznaczamy jako wartość średnią z kilku pomiarów, więc za niepewność  $\Delta a$  przyjmujemy odchylenie standardowe. Niepewność wyznaczenia kąta określamy na podstawie dokładności odczytu. Niepewność wyznaczenia długości fali  $\lambda$  obliczamy jako niepewność wielkości złożonej.

Uwaga. W obliczeniach kąt  $\varphi$  należy **wyrażać w radianach**.