

WYZNACZANIE STAŁEJ RYDBERGA I STAŁEJ PLANCKA Z WIDMA LINIOWEGO WODORU



Opis układu pomiarowego

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie stałej Rydberga i stałej Plancka w oparciu o badanie widm wzbudzonego wodoru. Źródłami światła w tym ćwiczeniu są gazy świecące (hel i wodór) w rurkach Geislera. Atomy badanych gazów są wzbudzane wyładowaniami elektrycznymi w objętości. Wzbudzenie atomów uzyskuje się poprzez przyłożenie do elektrod rurek Geislera wysokiego napięcia z induktora Ruhmkorffa.

Uwaga: W czasie pracy induktora nie wolno dotykać przewodów połączonych z jego wtórnym uzwojeniem.

Widmo promieniowania badanego gazu zawartego w rurce pada na szczelinę wejściową monochromatora Hilgera. Monochromatorem nazywamy przyrząd, umożliwiający wybranie wąskiego zakresu $\Delta\lambda$ długości fal ze złożonego widma promieniowania. W związku z tym w okularze monochromatora nie obserwuje się jednocześnie całego widma, tylko jego poszczególne fragmenty. Wybór fragmentu widma, który chcemy obserwować, dokonywany jest za pomocą śruby z podziałką. Przekręcając ją możemy zobaczyć w okularze całe badane widmo leżące w obszarze widzialnym.

Aby wykonać analizę widmową świecącego wodoru należy dokładnie wyznaczyć długości fal poszczególnych linii. W tym celu dla stosowanego monochromatora należy wyznaczyć krzywą aparaturową, zwaną krzywą dyspersji, używając pierwiastka o znanym widmie. W ćwiczeniu jako gaz służący do wyskalowania monochromatora stosowany jest hel posiadający kilka prążków z zakresu widzialnego (tabela 1). Krzywa dyspersji jest zależnością rzeczywistej długości fali od odczytanego z aparatury położenia linii. Obie te wielkości nie są sobie równe z powodu nieidealności ustawienia i wyskalowania pryzmatu pomiarowego.

Przeprowadzenie pomiarów

Aparaturę do pracy przygotowuje tylko wykładowca!

A) Wykreślenie krzywej dyspersji

1. Zaznajomić się z przeznaczeniem i działaniem poszczególnych części układu pomiarowego.
2. Ustawić naprzeciwko szczeliny wejściowej monochromatora rurkę Geislera z helem i włączyć induktor Ruhmkorffa. Gaz w rurce powinien się zaświecić.
3. Zaznajomić się z układem linii widmowych i ich intensywnością patrząc w okular monochromatora i obracając śrubę. Ustawić rurkę tak, aby w polu okularu otrzymać najjaśniejszy obraz linii. Ustawić ostrość obrazu widocznego w okularze za pomocą odpowiednich pokręteł.
4. Nastawić śrubę monochromatora w skrajnym położeniu długofalowym tzn. na 700 nm.
5. Przekręcając bardzo wolno śrubę w kierunku krótkofalowym aż do 410 nm, ustawiać takie położenia, aby naprzeciwko ostrza widocznego w okularze znajdowały się najintensywniejsze linie widma helu. Położenie S tych linii odczytywane z podziałki na śrubie zapisać w tabeli pomiarów.
6. Powtórzyć czynności z punktu 5 przy kręceniu śruby w kierunku przeciwnym tzn. od krótkofalowego do długofalowego zakresu widma. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli pomiarów.
7. Wyłączyć induktor Ruhmkorffa.

B) Wyznaczenie długości fali w widmie wodoru

1. Ustawić rurkę Geislera napełnioną wodorem naprzeciwko szczeliny monochromatora i włączyć induktor Ruhmkorffa.
2. Wstępnie obejrzeć kolejność i intensywność czterech linii widmowych wodoru atomowego:

H_{α} czerwona odpowiadająca przejściu $3 \rightarrow 2$

H_{β} niebieska odpowiadająca przejściu $4 \rightarrow 2$

H_{γ} fioletowa odpowiadająca przejściu $5 \rightarrow 2$

H_{δ} fioletowa odpowiadająca przejściu $6 \rightarrow 2$

w okularze monochromatora podczas przekręcania śruby. Ustawić ostrość obrazu za pomocą odpowiednich pokręteł.

Uwaga: Obserwowane widmo wodoru jest bardzo bogate w prążki. W przeważającej większości jest to jednak widmo cząsteczki wodoru H_2 , a nie atomu H , którego dotyczy teoria Bohra. Linie atomowe łatwo można jednak rozpoznać po tym, że są wyraźnie wizualnie ostrzejsze.

3. Zmierzyć położenie linii widmowych atomu wodoru z serii Balmera. Odczytywać wyniki pomiarów dwukrotnie przy obracaniu śruby w obu kierunkach: od długofalowego do krótkofalowego zakresu widma i z powrotem. Oszacować maksymalną niepewność odczytu położenia linii widmowych na śrubie ΔS popełnianą przy pomiarze położenia każdego z prążków. Wyniki zapisać w tabeli pomiarów.
4. Wyłączyć induktor Ruhmkorffa.

Opracowanie wyników pomiarów

1. Wyliczyć wartości średnie położenia prążków S z pomiarów dokonanych dla poszczególnych linii widma helu i wodoru.
2. Wykonać wykres krzywej dyspersji czyli zależność wartości tablicowych długości fali λ widma helu od wartości położenia linii widmowych helu ustalonych w eksperymencie S .
3. Na podstawie krzywej dyspersji wyznaczyć graficznie długości fal λ_α , λ_β , λ_γ dla linii widmowych H_α , H_β , H_γ widma atomu wodoru.
4. W oparciu o wzór $\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right]$ wyznaczyć stałą Rydberga R_H dla każdej linii widma atomu wodoru. Jako wynikową wartość stałej R_H przyjąć średnią arytmetyczną z powyższych trzech rezultatów.

5. Uzyskaną w punkcie 4 wartość stałej Rydberga R_H podstawić do zależności $h = 3 \sqrt{\frac{m_e \cdot e^4}{8 \cdot \epsilon_0^2 \cdot c \cdot R_H}}$

w celu wyznaczenia wartości stałej Plancka. Pozostałe stałe występujące we wzorze m_e , e , ϵ_0 , i c przyjąć z tablic stałych fizycznych.

6. Z uwagi na precyzyjne wyznaczenie położenia wybranych linii spektralnych można przyjąć, że niepewność względna oszacowania długości fali widma jest równa niepewności względnej oszacowania położenia prążków widmowych, czyli $u_r(\lambda) = u_r(S)$.
7. Jako niepewność złożoną względną wyznaczenia stałej Rydberga należy przyjąć największą spośród trzech wartości niepewności względnych długości fali: $u_{c,r}(R_H) = \frac{u_c(R_H)}{R_H} = \frac{u(\lambda)}{\lambda}$.

Obliczyć niepewność złożoną bezwzględną stałej $u(R_H) = R_H \cdot u_{c,r}(R_H)$.

8. Zgodnie z prawem przenoszenia niepewności niepewność złożona względna wyznaczenia stałej Plancka h może być wyznaczona z zależności: $u_{c,r}(h) = \frac{1}{3} \cdot u_{c,r}(R_H)$. Obliczyć niepewność złożoną bezwzględną stałej h : $u(h) = h \cdot u_{c,r}(h)$
9. Wyznaczyć zgodnie z zależnością $U(x) = k \cdot u(x)$ niepewność rozszerzoną dla stałej Rydberga i stałej Plancka przyjmując do obliczeń współczynnik rozszerzenia $k=2$. Sprawdzić zgodność uzyskanych wartości stałych z wartościami tabelarycznymi.

Zestawić wyniki, przeanalizować uzyskane rezultaty, wyciągnąć wnioski.

Stwierdzić czy cel ćwiczenia:

- wyznaczenie stałej Plancka;
- wyznaczenie stałej Rydberga;

został osiągnięty.

Grupa

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych:

3.2 Należy potwierdzić na stanowisku wartości parametrów i ich niepewności.

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania.

| Wyniki pomiarów widma liniowego He służące do wykreślenia krzywej dyspersji | | | | | | | | |
|--|----------|-------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Nr linii | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Teoretyczna długość fali He λ [nm] | 667,8 | 587,6 | 504,8 | 501,6 | 492,2 | 471,3 | 447,1 | 438,8 |
| Barwa | czerwony | żółty | zielony | zielony | zielony | niebieski | fioletowy | fioletowy |
| Intensywność | silny | silny | słaby | silny | średni | słaby | silny | słaby |
| S (od siebie) niepewność | | | | | | | | |
| S (do siebie) niepewność | | | | | | | | |

WYNIKI POMIARÓW WIDMA LINIOWEGO H [NM] SŁUŻĄCE DO WYZNACZENIA DŁUGOŚCI FALI

| Barwa | czerwony | niebieski | fioletowy |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|
| S (od siebie) niepewność | | | |
| S (do siebie) niepewność | | | |

3.4 Data i podpis osoby prowadzącej.....