

Ćwiczenie 9

Poziomy energetyczne atomu wodoru. Stała Rydberga

Ćwiczenie wraz z instrukcją i konspektem opracował M.Czapkiewicz, M.Frankowski

Cel ćwiczenia

Analiza spektralna światła emitowanego przez zjonizowany gaz, wyznaczenie energii jonizacji atomu wodoru i stałej Rydberga na podstawie obserwowanych przejść elektronu pomiędzy poziomami energetycznymi.

Wymagane wiadomości teoretyczne

Widmo emisyjne wodoru w zakresie widzialnym, seria Balmera, równanie Rydberga. Model atomu wodoru według Bohra, postulaty Bohra, stany energetyczne, stała Rydberga, serie widmowe. Energia jonizacji atomu wodoru.

Siatka dyfrakcyjna, równanie siatki dyfrakcyjnej. Wyladowania elektryczne w gazach rozrzedzonych. Widmo emisyjne i absorpcyjne, widmo ciągłe, widmo liniowe. Zależność energii światła od długości fali świetlnej.

Wyposażenie stanowiska

Dwie lampy spektralne: pomiarowa z wodorem i wzorcowa z innym gazem (hel lub rtęć) i wodór, komora z uchwytemi do lamp spektralnych i zasilaczem wysokiego napięcia, siatka dyfrakcyjna, siatkowy mikrospektrometr światłowodowy, komputer.

Wykonanie ćwiczenia – część pierwsza – siatka dyfrakcyjna

1. Włączyć zasilanie lampy wodorowej.
2. Przeprowadzić obserwację widma emitowanego przez lampę wodorową poprzez siatkę dyfrakcyjną. Wyłączyć lampę.
3. Przełożyć koniec światłowodu na drugą lampę – helową i zaobserwować widmo He poprzez siatkę dyfrakcyjną. Wyłączyć lampę helową.

Zagadnienia do przedyskutowania:

Wychodząc z równania siatki dyfrakcyjnej, wskazać w obserwowanym widmie położenie prążka zerowego, pierwszego i drugiego rzędu. Co to jest rząd widma?

Korzystając z równania siatki dyfrakcyjnej, wskazać które prążki odpowiadają większej długości fali, a które mniejszej.

Wykonanie ćwiczenia – część druga – widmo wodoru

4. Włączyć zasilanie spektrometru (suwak z boku czarnego pudełka).
5. Koniec światłowodu powinien być zamocowany na przedniej ściance komory lamp spektralnych tak, aby światło lampy wodorowej padało na otwór wejściowy światłowodu spektrometru.
6. Uruchomić program obsługi spektrometru (program "SPM"). W „Ustawieniach” przyjąć wstępnie uśrednianie 30, a czas ekspozycji 500 milisekund, wzmacnienie duże. Należy tak eksperymentalnie dobrać ustawienia, aby dobrze widoczne były min. 3 piki widma wodoru.
7. W zakładce „Pomiar” uruchomić pomiar widma. W czasie pomiaru mysz jest nieaktywna. Po zakończeniu pomiaru, korzystając z kursora, odczytać wartości wszystkich długości fali odpowiadające maksimum występującym w widmie

emisyjnym lampy wyładowczej i wpisać je do Tabeli 1 konspektu. Położenie kursora podawane jest w prawym górnym rogu ekranu monitora. Ewentualny ostrzegawczy komunikat programu SPM o zbyt dużym natężeniu światła wynika z dużej intensywności linii czerwonej widma. Nie ma to wpływu na pomiar długości fali.

8. **Uwaga:** szczególnie małe natężenie obserwuje się dla linii o najkrótszych długościach fali. W przypadku zaszumionego widma lub przy małej liczbie zmierzonych linii (powinny być zmierzone 4, minimum 3 linie), powtórzyć pomiar w trybie normalizacji:
 - a. najpierw przeprowadzając pomiar przy **włączonej** lampie,
 - b. po pojawieniu się komunikatu SPM „zasłoń czoło światłowodu” - mierzyć prąd ciemny detektora przy **wyłączonym** zasilaniu lampy wyładowczej.
9. Zidentyfikować barwy prążków odpowiadające poszczególnym długościom światła emitowanego przez wzbudzone atomy.
10. **Wyłączyć zasilanie lampy wodorowej.**

Zagadnienia do przedyskutowania:

Jak zależy długość fali świetlnej od jej energii? Wskazać na zmierzonym widmie linie o barwie niebieskiej i czerwonej. Jaka seria widma wodoru jest obserwowana? Zidentyfikować poszczególne linie widmowe z odpowiednimi przejściami między poziomami energetycznymi atomu wodoru i wskazać te przejścia. Przypisać poszczególnym liniom tzw. główną liczbę kwantową n , odpowiadającą numerowi poziomu energetycznego, z którego następuje przejście.

11. Uzpełnić Tabelę 1 o wartości n odpowiadające poziomom energetycznym, z których następują zaobserwowane przejścia w serii Balmera.

Wykonanie ćwiczenia – część trzecia – skalowanie spektrometru

12. Koniec światłowodu zamocować na przedniej ściance komory lamp spektralnych tak, aby światło wzorcowej lampy helowej (z lewej strony) padało na otwór wejściowy światłowodu spektrometru.
13. W „Ustawieniach” przyjąć wstępnie uśrednianie 10, a czas ekspozycji 200 milisekund, wzmocnienie małe i jak poprzednio eksperymentalnie dobrać optymalne ustawienia.
14. Uruchomić "Pomiar". Odczytać wartości wszystkich długości fali odpowiadające maksimum występującym w widmie emisyjnym lampy wyładowczej i wpisać je do Tabeli 2 konspektu.
15. Zidentyfikować barwy prążków odpowiadające poszczególnym długościom światła emitowanego przez wzbudzone atomy.
16. **Wyłączyć zasilanie lampy wzorcowej.**

Wykonanie ćwiczenia – część czwarta – stała Rydberga i energia jonizacji

Zagadnienia do przedyskutowania:

Na podstawie wzoru Rydberga naszkicować teoretyczną zależność odwrotności długości fali od $1/n^2$. Podać sposób wyznaczenia stałej Rydberga i jej niepewności.

W jaki sposób wyliczyć energię jonizacji atomu wodoru?

Podać definicję jednostki energii [eV].

17. Odczytać tablicowe wartości linii spektralnych wzorcowej lampy, a następnie sporządzić wykres zależności długości tablicowych od długości zmierzonych i dopasować liniową funkcję cechującą.
18. Przy pomocy parametrów funkcji cechującej przeliczyć zmierzone poprzednio długości światła emitowanego przez atomy wodoru. Skorygowane wartości długości fal wpisać w drugiej kolumnie Tabeli 1.
19. Odwrotności zmierzonych (i skorygowanych) długości fal wpisać do trzeciej kolumny Tabeli 1.
20. Wykonać wykres odwrotności długości fali od odwrotności kwadratu liczby kwantowej.
21. Do powyższego wykresu dopasować prostą metodą regresji liniowej i na tej podstawie wyznaczyć stałą Rydberga i jej niepewność.
22. Obliczyć energię jonizacji wodoru.

Literatura

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, Tom IV i V, PWN (2005)
J.R.Rydberg, *Phil. Mag.* **29**, 331 (1890)
N. Bohr, *Phil. Mag.* **26**, 151 (1913)

Krótki opis spektrometru

Spektrometr został zbudowany na bazie mikrospektrometru firmy „microParts“. Jest to siatkowy spektrometr odbiciowy.

Rozdzielenie się fali na składowe o różnej długości zachodzi dzięki siatce dyfrakcyjnej. W siatkach odbiciowych światło nie przechodzi przez materiał, lecz odbija się od struktury wytworzonej na powierzchni (co można zaobserwować na przykład na powierzchni płyty CD). Siatka dyfrakcyjna rozszczepiając promieniowanie, kieruje je zależnie od długości fali w innym kierunku, w stronę układu detekcji. Na każdy piksel matrycy CCD (każdy dyskretny detektor) pada części promieniowa o wąskim spektrum. Rozdzielczość spektrometru zależna jest od drogi optycznej promieniowania, rozmiarów matrycy detektorów, ilości pikseli w matrycy i parametrów siatki dyfrakcyjnej.

Używany spektrometr wyposażony jest w ogniskująca siatkę o 450 liniach na cm.

Przystosowany jest do pomiarów w zakresie promieniowania widzialnego, długości fali w przedziale od 380 nm do 780 nm. Detektorem jest linijka CCD o 256 fotoelementach (pikselach). Badany strumień świetlny jest doprowadzany do spektrometru za pomocą kabla światłowodowego. Rozdzielczość przyrządu jest lepsza niż 7 nm.

Schemat głównego elementu całego przyrządu przedstawiony jest na rysunku:

