D4. Emisyjna analiza spektroskopowa

***Celem ćwiczenia** jest poznanie praw dotyczących absorpcji i emisji światła w gazach, eksperymentalne wyznaczenie linii widmowych gazu wzorcowego za pomocą spektroskopu pryzmatycznego, a następnie – korzystając z tzw. krzywej dyspersji – znalezienie długości fal linii widmowych nieznanego pierwiastka.*

Atomy absorbują promieniowanie elektromagnetyczne o określonych częstotliwościach *f*, czyli ***fotony*** o określonych energiach (***energia fotonu*** $E = h \cdot f$, gdzie *h* jest tzw. *stałą Plancka*). Częstotliwości te tworzą ***widmo absorpcyjne.*** Atom, znajdujący się początkowo w stanie o minimalnej energii, czyli w stanie podstawowym, przechodzi – w wyniku absorpcji odpowiedniego ***kwantu*** promieniowania - do stanu wzbudzonego o większej energii. Jeśli atom znajduje się w stanie wzbudzonym, może oddać energię wzbudzenia emitując foton. Częstotliwości emitowanych fotonów tworzą ***widmo emisyjne*** i pokrywają się z częstotliwościami widma absorpcyjnego.

Analizę absorpcji i emisji promieniowania dla prostych układów molekularnych (np. wodór, hel) przeprowadza się w oparciu o ***model atomu N. Bohra*** i sformułowane tam ***postulaty:***

postulat I: elektron krąży wokół jądra po orbitach kołowych i to tylko takich, dla których jego moment pędu jest równy całkowitej wielokrotności stałej Plancka podzielonej przez 2π, czyli $mvr = n\frac{h}{2\pi}$ (gdzie: m – masa elektronu, *v* – jego prędkość, *r* – promień orbity, n – tzw. *główna liczba kwantowa*). Orbity te nazywamy stacjonarnymi, a energia elektronu na tych orbitach jest stała.

postulat II: przejściu elektronu z jednej orbity stacjonarnej o energii E_n na drugą orbitę o energii E_m towarzyszy emisja (gdy $E_n > E_m$) lub absorpcja energii (gdy $E_n < E_m$) w postaci kwantu promieniowania: $\Delta E = E_n - E_m = h \cdot f$

Dla **atomów** emisja lub absorpcja promieniowania jest związana ze ***zmianą energii elektronów*** ΔE_e. ***Widma elektronowe*** atomów, składające się z pojedynczych linii, nazywamy ***widmami liniowymi.*** Każdej linii odpowiada inna częstotliwość *f*, a więc i długość fali λ (gdyż: $\lambda = c/f$) oraz barwa. Układ linii widmowych zależy od układu poziomów energetycznych elektronów w atomie i jest różny dla atomów różnych pierwiastków. Pozwala to na identyfikację pierwiastka, co stanowi istotę analizy widmowej.

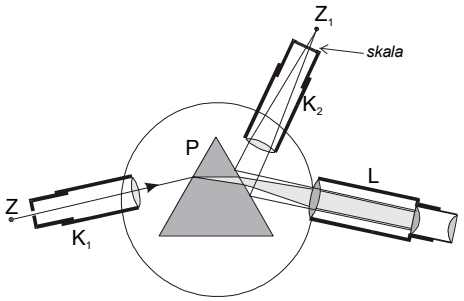
Widma obserwowane dla ***cząsteczek*** różnią się znacznie od widm atomowych. Są zbiorem pasm, składających się z wielu leżących blisko siebie linii widmowych i dlatego nazywane są ***widmami pasmowymi.*** Przyczyną bardziej złożonych widm cząsteczkowych jest fakt, że całkowita energia cząsteczki jest sumą trzech składników: energii: ***elektronowej*** E_e, energii ***oscylacyjnej*** E_o i energii ***rotacyjnej*** E_r. Każda z tych energii jest ***skwantowana,*** tzn. może zmieniać się tylko skokowo, podczas absorpcji lub emisji odpowiedniego kwantu energii. Widma cząsteczkowe mogą odzwierciedlać przejścia energetyczne pomiędzy wszystkimi, wymienionymi wyżej, poziomami energetycznymi cząsteczki.

Oprócz, opisanych wyżej widm liniowych i pasmowych, istnieją jeszcze - najbardziej z nich złożone - ***widma ciągłe,*** emitowane przez rozżarzone ciała stałe lub ciecze.

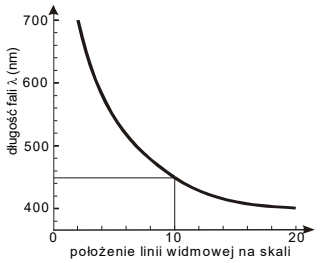
Analiza widmowa pozwala określić skład chemiczny substancji, ze względu na to, że:
- każdemu pierwiastkowi odpowiada charakterystyczne, jemu tylko właściwe widmo,
- intensywność linii widmowych dla danego pierwiastka zależy od jego stężenia w badanej substancji.

Przyrządem stosowanym do analizy widmowej jest ***spektroskop pryzmatyczny,*** którego schemat pokazano na rys.1. Zbudowany jest z ***pryzmatu,*** w którym zachodzi zjawisko ***dyspersji***, *czyli* ***rozszczepienia światła,*** oraz dwóch kolimatorów. Źródło światła umieszcza

się przed szczeliną jednego z nich (K_1). Ponieważ szczelina ta znajduje się w ognisku soczewki kolimatora, wiązka po przejściu przez soczewkę staje się równoległa i pada na pryzmat, który ją załamuje i rozszczepia. Rozszczepione promienie trafiają następnie do obiektywu lunety (L) i tworzą w jego ognisku barwne linie widmowe. Widmo jest widoczne na tle skali, która umieszczona jest w ognisku drugiego kolimatora (K_2).



Rys.1



Rys.2

Aby móc obserwować widmo świecącego gazu, umieszcza się go w szklanej rurce do wyładowań, pod ciśnieniem około 1 mm Hg (np. w tzw. rurce Plückera). W końce rurki wtopione są metalowe elektrody, do których podłącza się wysokie napięcie z zasilacza. Przez rurkę przepływa prąd elektryczny i gaz zostaje pobudzony do świecenia, dając charakterystyczne dla siebie widmo liniowe. Aby znaleźć długości fal odpowiadające poszczególnym liniom widmowym przeprowadzamy najpierw ***wzorcowanie spektroskopu***. Polega ono na pomiarze linii widmowych gazu wzorcowego i wykreśleniu tzw. ***krzywej dyspersji*** (rys.2). Korzystając z takiego wykresu otrzymanego dla gazu znanego (wzorca), odczytujemy następnie długości fal linii występujących w widmie nieznanego pierwiastka.

Literatura uzupełniająca

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz.6.5, 6.10
2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 2.2

Zobacz też:

symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki*

(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/) (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*).

D4. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział grupa
data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy: spektroskop pryzmatyczny, rurki Plückera , zasilacz.

1. Odsuwamy spektroskop od zasilacza i - w obecności osoby prowadzącej - umieszczamy rurkę z rozrzedzonym gazem wzorcowym (helem) między dwoma uchwytami zasilacza.
2. Przesuwamy spektroskop do położenia wyjściowego i - pod kontrolą osoby prowadzącej - włączamy zasilacz przełącznikiem, który znajduje się w tylnej części obudowy zasilacza. Pod wpływem wysokiego napięcia w rurce zaczyna świecić rozrzedzony gaz.
3. Znajdujemy w polu widzenia lunetki widmo promieniowania helu. Regulujemy jasność widma poprzez zmianę szerokości szczeliny, a regulując długość kolimatora K_1 (odległość szczeliny od soczewki) znajdujemy ostry obraz linii widmowych.
4. Oświetlamy skalę i znajdujemy jej wyraźny obraz w lunetce. Ostrość skali ustawiamy zmieniając jej odległość od soczewki w kolimatorze K_2, tzn. zmieniając jego długość.
5. Ustawiamy położenie „0” skali na pierwszą widoczną czerwoną linię widmową.
6. Odczytujemy położenia pozostałych linii widmowych na skali i na podstawie barwy obserwowanych linii, w dostępnych na stanowisku pomiarowym tablicach linii widmowych, znajdujemy odpowiadające im długości fal.
7. **Wyłączamy zasilanie**, wyjmujemy rurkę z helem, a w jej miejsce umieszczamy rurkę z nieznanym gazem. *Uwaga: podczas wymiany rurek nie należy zmieniać wzajemnego położenia kolimatora, pryzmatu i lunetki ze skalą.*
8. Włączamy ponownie zasilanie i odczytujemy położenia linii widmowych dla badanego obecnie gazu. Wyniki wpisujemy do tabeli.

<u>UWAGA</u>! Przewidywany czas pracy rurki to 10 minut! Po tym czasie należy wyłączyć zasilanie!

Tabela

Pierwiastek wzorcowy			Pierwiastek badany ……..…..		
Barwa linii widmowej	Położenie na skali	Długość fali λ [nm]	Barwa linii widmowej	Położenie na skali	Długość fali λ[nm] odczytana z wykresu

Opracowanie wyników

1. Na papierze milimetrowym rysujemy wykres *krzywej dyspersji* dla helu. W tym celu na osi X zaznaczamy odczytane na skali położenia obserwowanych linii widmowych helu, a na osi Y – odpowiadające im długości fali λ, znalezione w tablicach.
2. Na wykresie krzywej dyspersji dla helu zaznaczamy położenia linii widmowych gazu nieznanego i na osi Y odczytujemy odpowiadające im długości fal. Odczytane wartości λ wpisujemy do tabeli.
3. Porównujemy otrzymane wartości λ z danymi zawartymi w tablicach linii widmowych i określamy rodzaj badanego gazu.