

Ćwiczenie 66

Analiza widmowa za pomocą spektroskopu

1 Przebieg doświadczenia

1.1 Przyrządy pomiarowe

- Niemianowana skala liniowa w tubusie spektroskopu.

1.2 Wyniki pomiarów

W tabeli 1 na następnej stronie przedstawiono odczyty barwy, intensywności i położenia linii widmowych światła badanych pierwiastków. Zamieszczono też długości fal λ [nm] odpowiadające liniom, odczytane z krzywej dyspersji (D) lub z tablic (T). Zaparafowana oryginalna tabela pomiarów – załączona.

1.3 Wyniki doświadczenia

Pierwiastki zidentyfikowano następująco: 1 – argon, 2 – rtęć, 3 – neon.

2 Opis doświadczenia

2.1 Opis teoretyczny

Model atomu autorstwa Nielsa Bohra składa się z elektronów krążących wokół jądra na różnych „orbitach” – powłokach, przyciągany do jądra siłami elektrostatycznymi. Każdej powłoce elektronowej odpowiada pewna energia, jaką mają elektrony na niej się znajdujące. Kiedy wszystkie elektrony znajdują się na najniższym możliwym poziomie energetycznym, mamy do czynienia ze *stanem podstawowym* atomu. Kiedy pewnemu elektronowi dostarczy się (np. przez foton lub – jak w tym doświadczeniu – różnicę potencjałów) ilość energii równą różnicy poziomów energetycznych między obecnie przezeń zajmowanym, a innym, wyższym, elektron przemieszcza się na ten poziom. Atom jest wtedy w *stanie wzbudzonym*, z którego może przejść samorzutnie z powrotem do stanu podstawowego. Emituje wtedy kwant światła o energii E równej różnicy poziomów energetycznych. Ponieważ $E = \frac{hc}{\lambda}$ jest wartością dyskretną, atomy danego pierwiastka będą emitować światło o właściwych sobie wartościach długości fali λ .

Widmo spektroskopowe to obraz promieniowania powstały z rozłożenia go na fale poszczególnej długości, w optyce rejestrowany np. na kliszy fotograficznej. Widma klasyfikujemy według sposobu powstania promieniowania (emisyjne lub absorpcyjne – powstałe w wyniku pochłonięcia pewnych długości fal przy przejściu promieniowania przez ośrodek) i wyglądu (liniowe – w postaci oddzielnych linii, i ciągłe – w postaci rozciągniętych obszarów).

pierwiastek	barwa	intensywność	położenie	D	T
He	ciemnoczerwona	słaba	5,2	–	706,52
He	czerwona	silna	5,8	–	667,81
He	żółta	bardzo silna	7,6	–	587,56
He	zielona	silna	10,5	–	501,57
He	niebieskozielona	średnia	11,0	–	492,19
He	niebieska	średnia	12,0	–	471,31
He	fioletowa	średnia	13,5	–	447,15
1	czerwona	bardzo słaba	5,3	704,53	696,5
1	żółta	bardzo słaba	7,8	576,92	591,2
1	zielona	słaba	8,9	544,48	549,5
1	fioletowa	bardzo słaba	14,5	426,30	415,8
2	czerwona	bardzo słaba	5,3	704,53	623,41 ?
2	żółta	średnia	7,1	601,19	579,07
2	żółta	bardzo słaba	7,45	588,60	576,96
2	zielona	bardzo słaba	8,4	558,54	546,07
2	zielona	bardzo słaba	9,9	518,90	491,60
2	niebieska	bardzo słaba	13,4	445,87	435,83
2	fioletowa	bardzo słaba	15,0	417,79	407,78
2	fioletowa	bardzo słaba	15,5	409,48	404,65
3	ciemnoczerwona	słaba	5,3	704,53	724,5
3	ciemnoczerwona	słaba	5,45	688,86	–
3	czerwona	słaba	5,8	662,60	–
3	czerwona	średnia	5,9	656,43	659,9
3	czerwona	słaba	6,0	650,65	–
3	czerwona	silna	6,2	640,00	640,2
3	czerwona	silna	6,5	625,71	–
3	pomarańczowa	średnia	6,6	621,30	–
3	pomarańczowa	słaba	6,7	617,03	–
3	pomarańczowa	słaba	6,8	612,90	–
3	pomarańczowa	słaba	6,9	608,89	–
3	pomarańczowa	silna	7,0	604,99	614,3
3	pomarańczowa	silna	7,1	601,19	–
3	żółta	słaba	7,3	593,87	–
3	żółta	słaba	7,4	590,34	–
3	żółta	średnia	7,5	586,88	594,5
3	żółta	średnia	7,7	580,17	585,3
3	zielonożółta	bardzo słaba	7,95	572,14	–
3	zielona	bardzo słaba	9,1	539,12	540,0
3	zielona	słaba	9,3	533,89	534,1
3	niebieska	bardzo słaba	12,3	466,79	453,7

Tabela 1: Pomiary doświadczalne

Serie widmowe są to grupy linii widma emisyjnego danego atomu, odpowiadających fotonom wyemitowanym przy opadaniu elektronów na jedną powłokę. Dla atomu wodoru zjawisko to opisuje wzór

$$\lambda^{-1} = R \left(n^{-2} - m^{-2} \right), \quad (1)$$

gdzie R to *stała Rydberga*, a elektron opada z powłoki m na n . Jeśli ustalimy n , to dla $m > n$ otrzymamy serię linii widmowych, których długość dąży asymptotycznie do $\frac{n^2}{R}$. Dla $n = 1$ serię nazywa się serią Lymana (lub K), następną – Balmera (L), Paschena (M), Bracketta (N) itd.

W *prawie Snella*

$$\frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_z} = n \quad (2)$$

przyjmuje się zazwyczaj, że stosunek sinusów kąta padania i kąta załamania jest stałą zależną wyłącznie od ośrodków, na granicy których zachodzi załamanie. W rzeczywistości jednak $n \equiv n(\lambda)$, co oznacza, że fale różnej długości załamane są w różnym stopniu. Dzięki temu można rozszczepić światło za pomocą pryzmatu. Promieniowanie o wyższej energii (światło niebieskie) załamane jest silniej niż o niższej (światło czerwone). Źródła podają zależność

$$n^2 = A + \frac{B}{\lambda^2}, \quad (3)$$

gdzie A, B są stałymi charakterystycznymi dla warunków doświadczenia.

2.2 Opis układu doświadczalnego

Układ pomiarowy stanowi spektroskop, tj. kolimator, pryzmat i luneta. Szczelinę kolimatora oświetla się badanym światłem, kolimator przekształca wiązkę rozbieżną w równoległą i rzuca pod kątem ok. 30° na ściankę pryzmatu. Rozproszona wiązka wychodząca z drugiej ścianki obserwowana jest przez lunetę. Na trzecią ściankę pryzmatu rzucany jest obraz skali znajdującej się w tubusie, tak, by można było odczytać względne położenie linii widmowych.

Dla czterech źródeł światła (wzorcowego – helu, oraz oznaczonych liczbami źródłami do identyfikacji – rtęci, neonu i argonu) odczytano ze skali położenie linii widmowych wraz z ich kolorami i natężeniem.

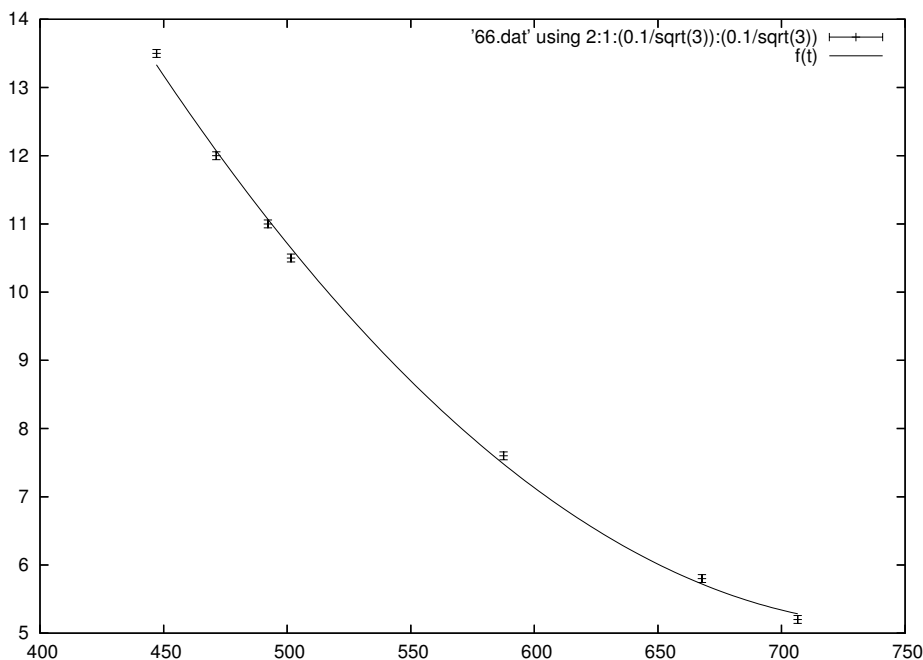
3 Obliczenia

3.1 Opracowanie wyników

Rysunek 1 przedstawia zależność $s(\lambda)$ dla widma helu, gdzie s jest położeniem linii na skali, a λ – odczytaną z tabeli długością fali. Krzywa na wykresie to wynik dopasowania punktów pomiarowych do wielomianu kwadratowego za pomocą programu Gnuplot, dana jest równaniem

$$s = 8,94719 \cdot 10^{-5} \lambda^2 - 0,134244 \lambda + 55,4684. \quad (4)$$

Wartości λ otrzymane z tej zależności dla linii widmowych trzech nieznanymi pierwiastków zostały naniesione w tabeli.



Rysunek 1: Wykres krzywej dyspersji

3.2 Rachunek błędów

Niepewności pomiaru $u(s)$ i tablicowa $u(\lambda)$ wyliczone zostały zgodnie z instrukcją ONP i wynoszą

$$u(s) = \frac{\Delta s}{\sqrt{3}} = 0,058 \quad u(\lambda) = \frac{10\Delta\lambda}{\sqrt{3}} = 0,058, \quad (5)$$

gdź najmniejsza cyfra znacząca w tablicowych wartościach λ dla helu to 0,01.

4 Wnioski

Identyfikacja pierwiastków okazała się możliwa, lecz utrudniona. Pierwszym powodem po temu okazała się nie całkiem ścisła metoda doświadczalna, opierająca się na subiektywnych odczuciach intensywności oraz koloru prążka. Ponadto – zwłaszcza przy pierwiastkach 1 i 2 – obserwowane widma były niewyraźne, jakby lampa była wadliwa, zużyta, lub nie wykorzystywano jej całej mocy. Wtedy nie dość, że trudno było prążki w ogóle dojrzeć, to jasno podświetlona skala tubusa „oślepiła” obserwatora i ocenienie położenia prążka względem skali było trudne. Z kolei widmo pierwiastka 3 było tak gęste, że niektóre linie zlewały się. Ostatnim powodem niezgodności wyników doświadczenia z danymi tabelarycznymi było niezbyt dokładne przybliżenie zależności $s(\lambda)$.