

Pomiar czasu życia stanu $5P_{3/2}$ atomu rubidu-87

Jan Kowalski

7 października 2026

Streszczenie

Z zaniku fluorescencji par rubidu po wyłączeniu wiązki wzbudzającej wyznaczono czas życia stanu $5P_{3/2}$ atomu ^{87}Rb . Otrzymano $\tau = (26,36 \pm 0,13) \text{ ns}$, co odpowiada naturalnej szerokości linii $\Gamma/2\pi = (6,04 \pm 0,03) \text{ MHz}$ i zgadza się z wartością literaturową.

1 Wstęp

Atom w stanie wzbudzonym $|e\rangle$ przechodzi do stanu podstawowego $|g\rangle$ przez emisję spontaniczną. Prawdopodobieństwo, że atom pozostaje w stanie wzbudzonym, maleje wykładniczo, a liczba fotonów fluorescencji rejestrowanych w chwili t po wyłączeniu wzbudzenia wynosi

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

gdzie τ jest czasem życia stanu wzbudzonego. Szybkość emisji spontanicznej $\Gamma = 1/\tau$ określa naturalną szerokość linii widmowej. Dla linii D2 rubidu (przejście $5S_{1/2} \rightarrow 5P_{3/2}$, $\lambda = 780,241 \text{ nm}$) wartość literaturowa wynosi $\tau = 26,23 \text{ ns}$ [1].

2 Układ pomiarowy

Komórkę z parami rubidu oświetlano impulsami lasera o długości fali 780 nm, wyciętymi modulatorem akustooptycznym (czas wyłączenia poniżej 5 ns). Fluorescencję zbierano soczewką na fotodiodę lawinową pracującą w trybie zliczania fotonów. Licznik czasowy rejestrował opóźnienie t między wyłączeniem wiązki a detekcją fotonu, z rozdzielczością 1 ns. Zliczenia sumowano w przedziałach co 10 ns.

3 Wyniki

Liczbę zliczeń w kolejnych przedziałach czasu podaje tabela 1, a ich wykres w skali logarytmicznej — rysunek 1. Niepewność liczby zliczeń N wynika ze statystyki Poissona i wynosi $\sqrt{N}$.

Do danych dopasowano zależność (1), minimalizując sumę kwadratów odchyłeń $\ln N$ z wagami równymi N . Otrzymano

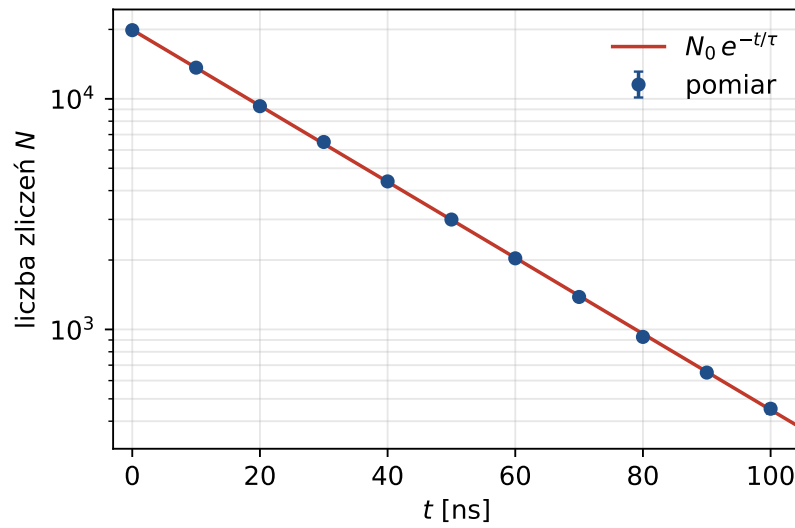
$$\tau = (26,36 \pm 0,13) \text{ ns}, \quad \frac{\Gamma}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau} = (6,04 \pm 0,03) \text{ MHz}.$$

4 Wnioski

Zmierzony czas życia zgadza się z wartością literaturową 26,23 ns [1] w granicach jednej niepewności standardowej. Głównymi źródłami błędów systematycznych mogą być: skończony czas wyłączania modulatora, wielokrotne rozpraszanie fotonów w gęstych parach (tzw. pułapowanie promieniowania) oraz tło ciemnych zliczeń detektora.

Tabela 1: Liczba zliczeń fotonów N w funkcji opóźnienia t .

t [ns]	N	$\sqrt{N}$
0	19853	141
10	13651	117
20	9292	96
30	6500	81
40	4384	66
50	2996	55
60	2034	45
70	1383	37
80	928	30
90	650	25
100	453	21



Rysunek 1: Zanik fluorescencji stanu $5P_{3/2}$. Linia: dopasowanie wzoru (1).

Literatura

- [1] D. A. Steck, *Rubidium 87 D Line Data*, dostępne online: <https://steck.us/alkalidata>.
- [2] T. Oetiker, H. Partl, I. Hyna, E. Schlegl, *Nie za krótkie wprowadzenie do systemu $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$* .