

POMPOWANIE OPTYCZNE

Paweł Zalecki

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

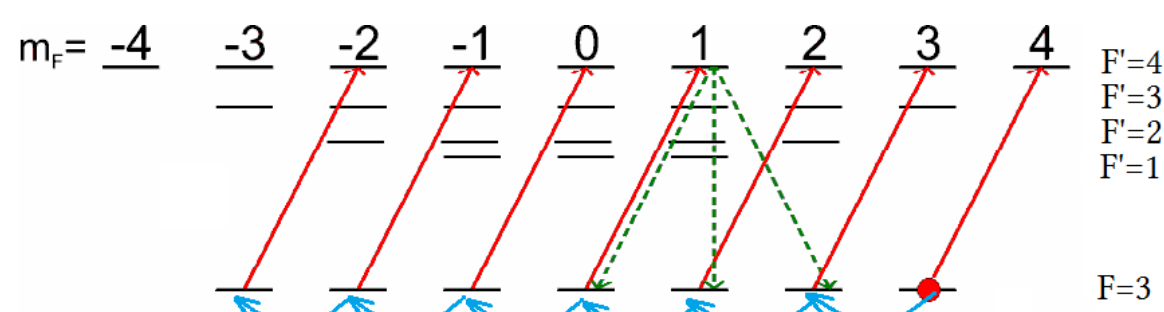
Pod kierunkiem dra hab. Krzysztofa Dzierżęgi

Streszczenie

W doświadczeniu wyznaczono przekrój czynny na absorpcję przez pary rubidu światła o długości fali $\lambda = 794$ nm, odpowiadającej linii D_1 rubidu. Wykorzystując technikę pompowania optycznego wyznaczono wartości zewnętrznych pól magnetycznych. Dodatkowo, stosując pompowanie optyczne i badając zjawisko rezonansu magnetycznego w polu radiowym wyznaczono czynniki Landego dla stanu podstawowego $5^2S_{1/2}$ naturalnie występujących izotopów rubidu. Wreszcie, zaburzając układ impulsowym polem radiowym obserwowano oscylacje Rabeigo.

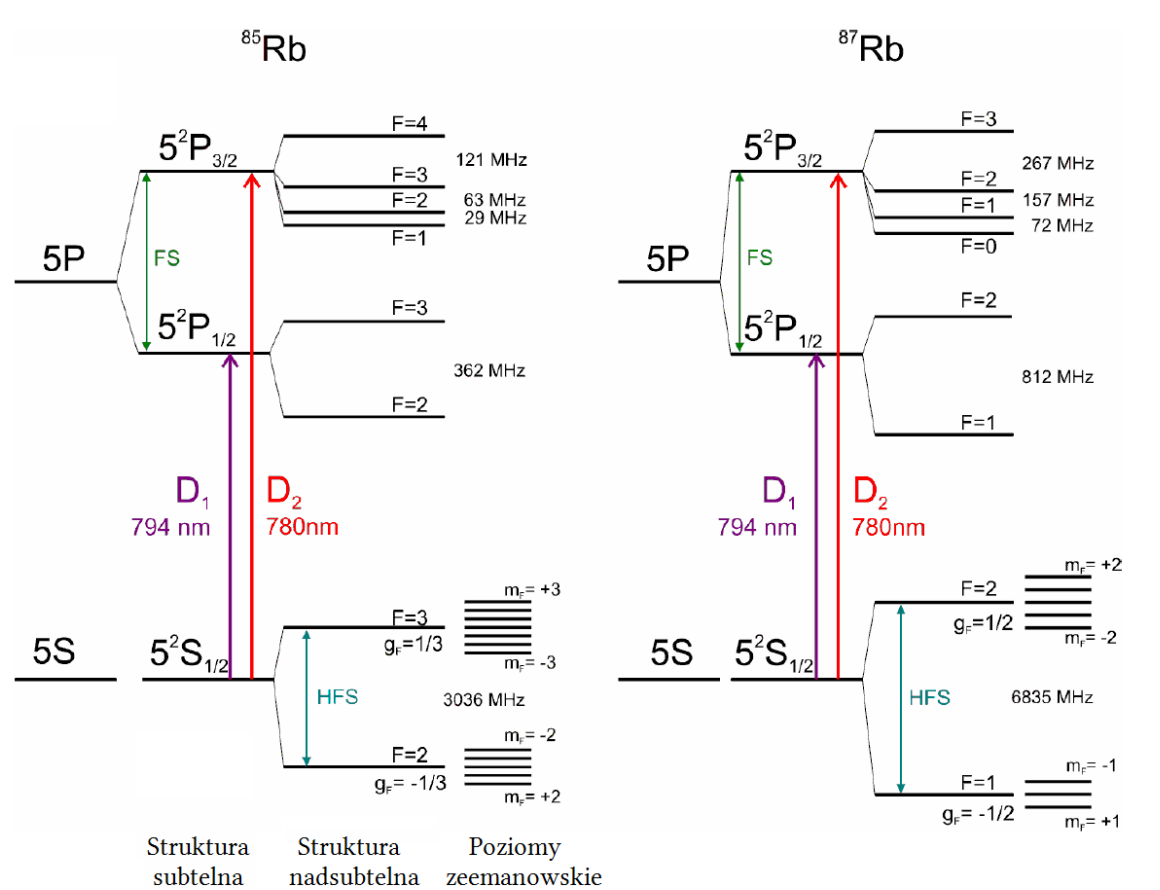
Pompowanie optyczne

Pompowanie optyczne to proces zmiany obsadzeń poziomów energetycznych za pomocą spolaryzowanego światła, podczas którego polaryzacja światła jest przenoszona poprzez jego pochłanianie a następnie spontaniczną emisję na elektrony w atomach używanej substancji. Technikę tę opracował francuski fizyk Alfred Kastler, za co w 1966 r. otrzymał Nagrodę Nobla.



Powyższy rysunek przedstawia zasadę pompowania optycznego. Czerwone strzałki odpowiadają pochłanianiu wiązki pompującej, zielone przerywane pokazują emisję spontaniczną, a niebieskie symbolizują procesy relaksacyjne, które mogą być spowolnione przez zniesienie degeneracji poziomów energetycznych przez przyłożenie pola magnetycznego (rezonans zeropolowy). Procesy te znów mogą być przyspieszone przez dodanie jeszcze pola radiowego o odpowiedniej częstotliwości sprzęgającego już niezdegenerowane poziomy zeemanowskie (rezonans w polu radiowym).

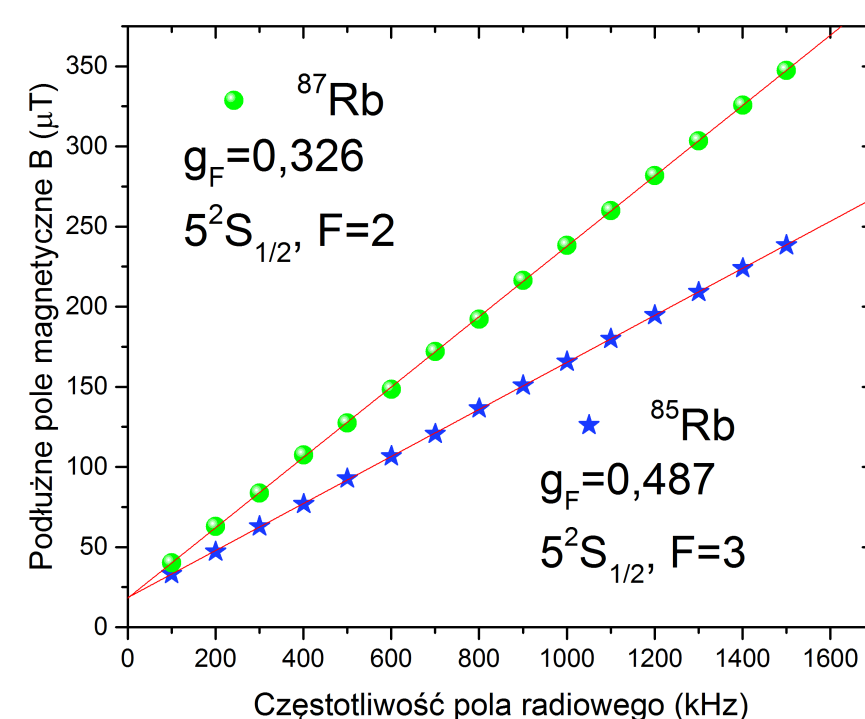
Poziomy energetyczne rubidu



Struktura subtelna, nadsubtelna i poziomy zeemanowski najniższych poziomów energetycznych atomu rubidu. Różnice w strukturze nadsubtelnej obu izotopów rubidu wynikają z różnej wartości spinu jądra atomowego I tych izotopów. Dla ^{85}Rb $I = \frac{5}{2}$, a dla ^{87}Rb $I = \frac{3}{2}$.

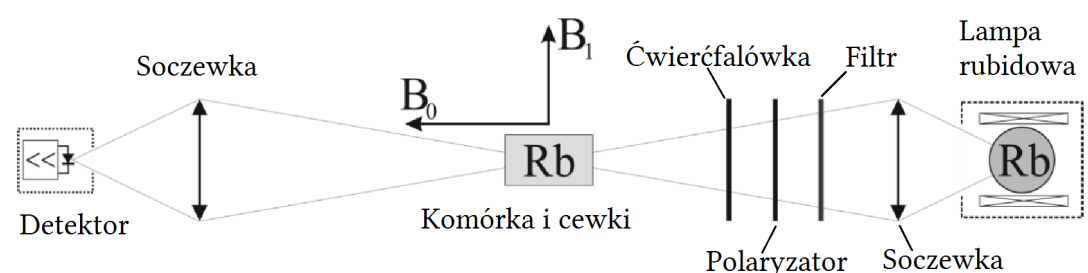
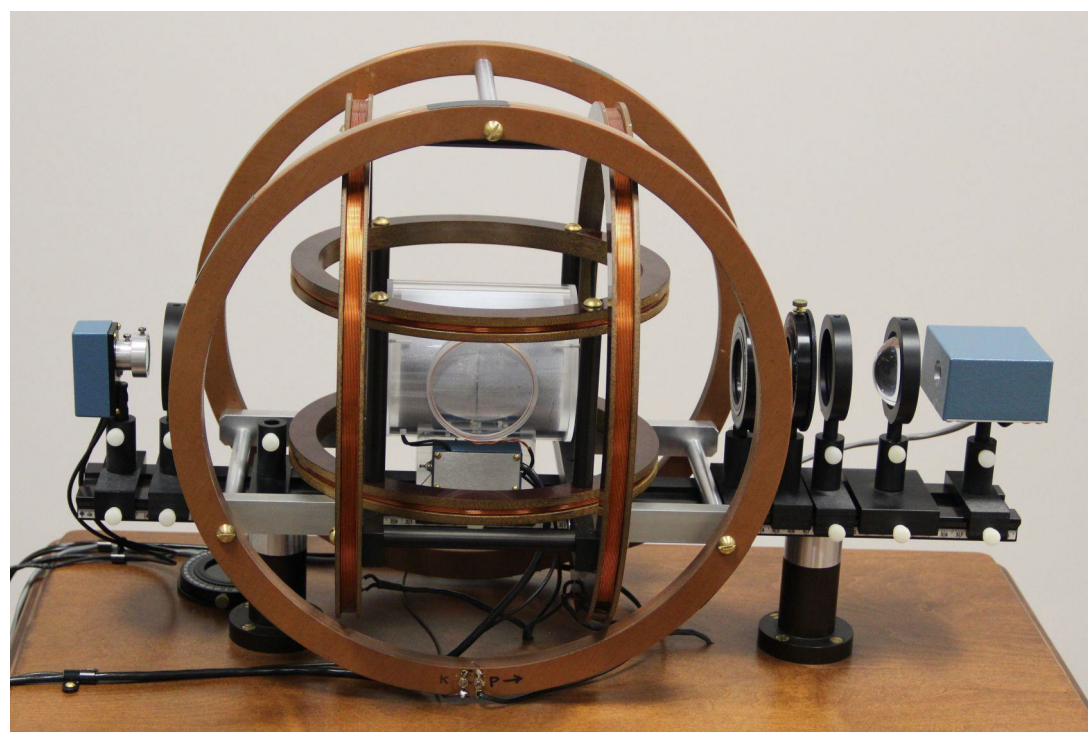
Pomiar czynników Landego

Istnienie rezonansu w polu radiowym pozwala na pomiar czynników Landego obu izotopów rubidu, jeśli znamy pole magnetyczne i częstotliwość pola radiowego.



Punkty bardzo dobrze układają się na prostej (współczynnik korelacji przekracza 0,9999), ale wartość pola magnetycznego jest przesunięta systematycznie w górę. Efekt ten wynika z systematycznej niepewności w przeliczaniu prądu cewek na wartość pola magnetycznego. Dlatego miarodajnym wynikiem jest dopiero stosunek czynników Landego, wynoszący 1,4959(44), co dobrze zgadza się z teoretyczną wartością 1,4984.

Układ pomiarowy



Do doświadczenia użyto edukacyjnego zestawu eksperymentalnego firmy Teach Spin. Powyżej układ pomiarowy, a poniżej układ sterowania i akwizycji danych.



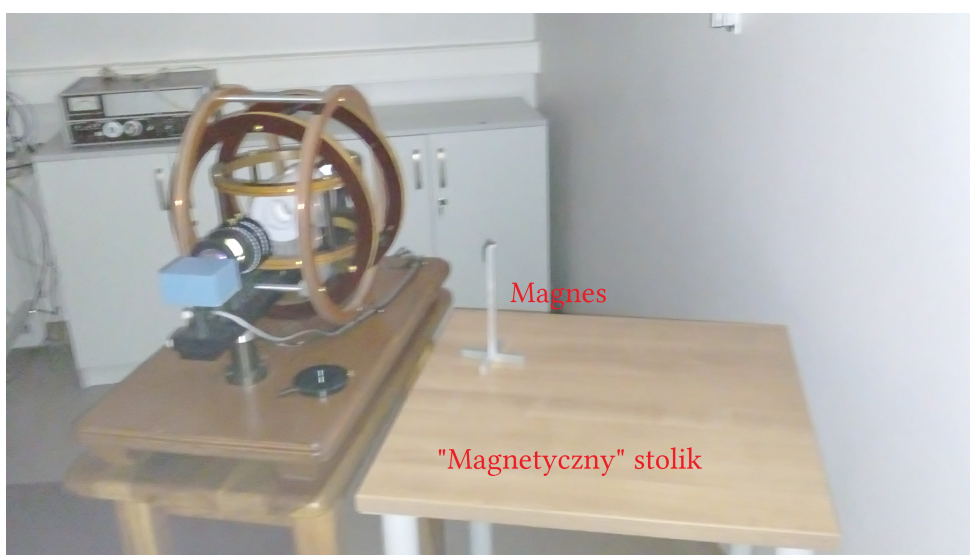
Pomiar zewnętrznego pola magnetycznego

Sprawdzając przy jakim polu wytwarzanym przez cewki kompensujemy zewnętrzne pola i uzyskujemy rezonans zeropolowy, możemy mierzyć zewnętrzne pole magnetyczne.

Tabela. Wartości pól magnetycznych mierzonych w eksperymencie.

Numer pomiaru:	1.	2.	3.	4.
Składowa podłużna [μT]	19,29	0,36	-0,06	0,09
Składowa poprzeczna [μT]	1,26	-1,34	0,81	3,33
Składowa pionowa [μT]	28,55	-0,87	0,09	0,80
Pole całkowite [μT]	34,47	1,64	0,81	3,43

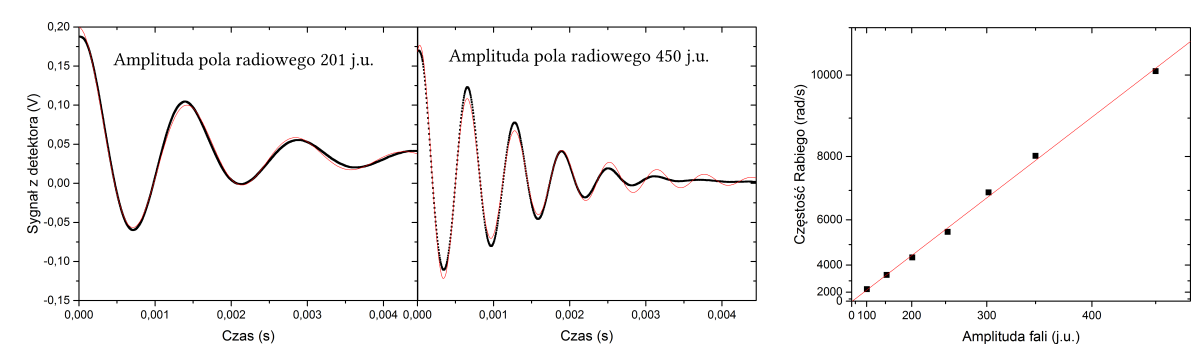
Mierzono kolejno pole magnetyczne pochodzące od: 1. pola ziemskiego i elementów konstrukcyjnych budynku, 2. dodatkowo wstawionego stolika, 3. dodatkowo umieszczonego magnesu na stoliku (daleko od układu), 4. dodatkowego magnesu na stoliku (blisko układu). Zaznaczone w tabeli zwroty pola wyznaczano za pomocą kompasu. Dodatni zwrot pola podłużnego jest w stronę detektora, pola pionowego - w górę, a pola poprzecznego - w lewo patrząc od lampy do detektora.



Jak widać dostawienie zwykłego stolika ma porównywalny wpływ co dostawienie magnesu, dlatego tak ważne jest, żeby meble i inne rzeczy w pobliżu układu były niemagnetyczne.

Oscylacje Rabeigo

Oscylacje Rabeigo pojawiają się zaraz po włączeniu pola radiowego o częstotliwości bliskiej rezonansowej i polegają na cyklicznej zmianie obsadzeń poziomów energetycznych, co obserwujemy jako oscylacje absorpcji. Przypomina to trochę wypuszczenie tłumionego wahadła, które poprzez wahnięcia dąży do stanu równowagi.



Powyżej przedstawiono zależność częstości oscylacji Rabeigo od amplitudy pola radiowego B_1 . Ich kwadraty powiązane są zależnością liniową $\omega_R^2 = (\gamma_L B_1)^2 + \Delta\omega^2$, gdzie $\Delta\omega$ jest odstrojeniem częstości pola radiowego od rezonansowej.

Literatura

- Instrukcja do doświadczenia Z-24 *Pompowanie optyczne* - II Pracownia Fizyczna UJ
- W. Demtröder *Laser Spectroscopy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1981