

Załącznik

Instrukcja do dydaktycznego stanowiska eksperymentalnego - Elektronowy Rezonans Paramagnetyczny.

EPR- Elektronowy Rezonans Paramagnetyczny

1. Cel ćwiczenia:

- Wyznaczenie szerokości połówkowej (FWHM) linii absorpcji rezonansowej dla wolnego rodnika DPPH
- Wyznaczenie współczynnika g (współczynnika Landego lub inaczej współczynnika giromagnetycznego) molekuly DPPH (Diphenylpikrylhydrazyl).

2. Zagadnienia teoretyczne:

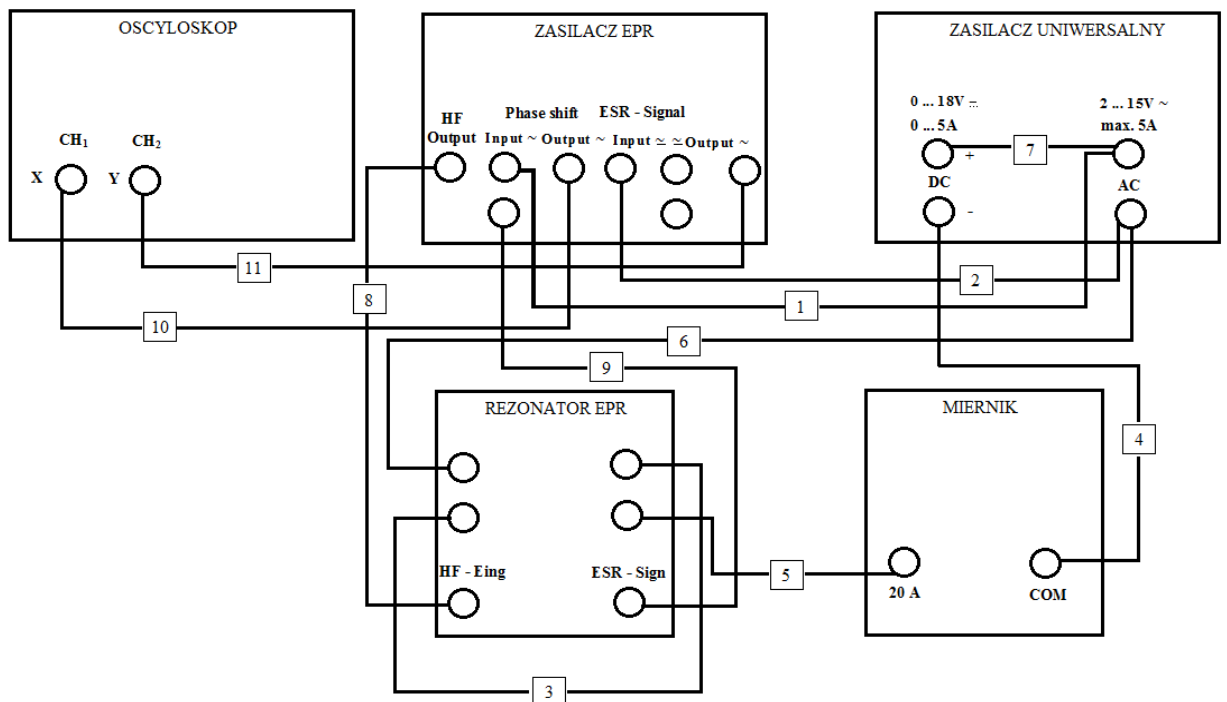
- Moment magnetyczny elektronu – orbitalny i spinowy
- Energia dipola magnetycznego w polu magnetycznym
- Kwantowanie energii elektronu w polu magnetycznym
- Zjawisko rezonansu magnetycznego
- Tensor g
- Hamiltonian i operator spinu
- Oddziaływanie nadsubtelne
- DPPH (Diphenylpikrylhydrazyl)
- FWHM

3. Urządzenia wykorzystane w ćwiczeniu:

- Zasilacz uniwersalny
- Rezonator EPR
- Zasilacz EPR
- Oscyloskop cyfrowy wraz z oprogramowaniem Oscilloscope Software 2.0.8.17
- Multimetr pomiarowy
- Teslomierz

4. Podłączenie układu pomiarowego:

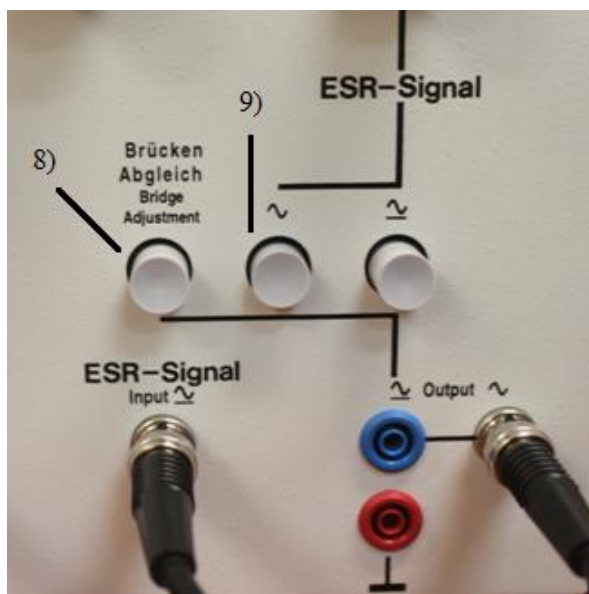
Podłącz aparaturę pomiarową zgodnie z poniższym rysunkiem (rys. 1).



Rys.1 Schemat układu pomiarowego.

5. Regulacja rezonatora EPR

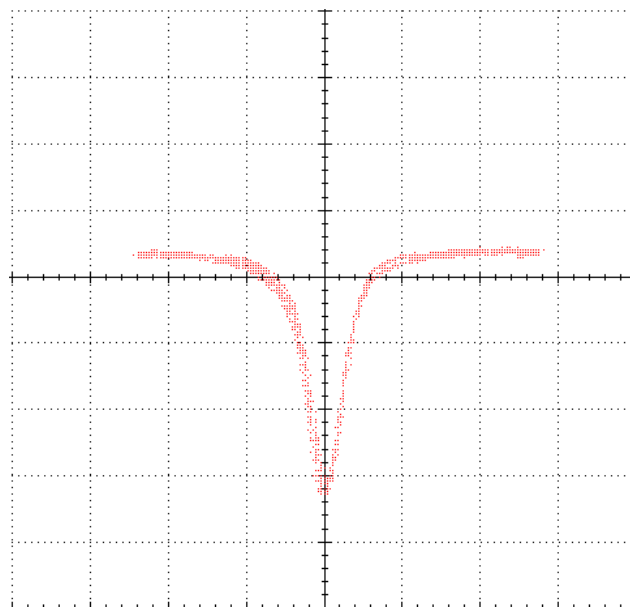
- Ustaw napięcie zasilacza uniwersalnego na wartość 0V (pokrętko "V" jest w lewym skrajnym położeniu),
- Natężenie prądu stałego zasilacza uniwersalnego ustaw na wartość 5A (pokrętko "A" znajduje się w prawym skrajnym położeniu),
- Napięcie zmienne zasilacza uniwersalnego ustaw na wartość 2V,
- Włącz zasilacz uniwersalny, zasilacz rezonatora EPR i oscyloskop [5],



Rys. 2 Panel przedni rezonatora EPR.

- Wciśnij przycisk " Równoważenie mostka" zasilacza rezonatora EPR ("Brücken Abgleich- Bridge Adjustment" , rys.2, przycisk 8),
- Pokrętko "R" na rezonatorze EPR (regulacja oporu elektrycznego mostka) ustaw w środkowej pozycji [5],
- Pokrętko "C" rezonatora EPR odpowiadające za regulację pojemności elektrycznej powinno być ustawione w lewej najbardziej skrajnej pozycji,
- Na oscyloskopie wybierz tryb "X-Y" wyświetlania sygnału (przycisk Display), następnie wybierz tryb "GND" (sprzęgło → uziemienie),
- Ustaw czułość obu kanałów oscyloskopu na 0,5V/cm (pokrętko VOLTS/DIV),
- Na wyświetlaczu oscyloskopu pojawi się jeden punkt, który pokrętkami pozycji (VERTICAL POSITION) ustaw na środku układu współrzędnych wyświetlacza (podłączenie monitora zewnętrznego: Display → VGA Disp),
- Wciśnij przycisk "9" na zasilaczu rezonatora EPR (rys. 2) i wybierz tryb "d.c" wyświetlania dla kanału "X" i "Y" oscyloskopu (kanał → sprzęgło →DC),
- Na wyświetlaczu oscyloskopu pojawi się pozioma linia,
- Zwiększaj napięcie stałe zasilacza uniwersalnego aż do osiągnięcia na mierniku uniwersalnym odczytu prądu ok. 1,3A (natężenie prądu nie powinno przekraczać 1,5A) [5],
- Obracaj powoli pokrętkiem regulacji pojemności "C" na rezonatorze EPR aż do uzyskania na oscyloskopie sygnału absorpcji.

- Jeśli na oscyloskopie pojawią się dwie linie, należy przy użyciu pokrętki "Phase" zasilacza EPR doprowadzić do ich nakładania się (dopasowanie fazy),
- Reguluj pojemnością mostka (pokrętko "C" na rezonatorze EPR) aby uzyskać możliwie symetryczny sygnał absorpcji (z widocznym minimum),
- Zmieniaj napięcie stałe U zasilacza uniwersalnego aż do momentu sprowadzenia minimum, wyświetlonej na oscyloskopie krzywej, do osi Y układu współrzędnych. Uzyskany na oscyloskopie sygnał absorpcji powinien być jak najbardziej zbliżony do przedstawionego na rys. 3 [5],



Rys. 3 Krzywa rezonansowa EPR.

- Przełącz tryb wyświetlania oscyloskopu na czasowy, w którym napięcie jest wyświetlane w funkcji czasu (wyłączono tryb X-Y),
- Nastawy czułości kanałów "X" i "Y" oraz podstawę czasu wybierz w taki sposób żeby możliwe było obserwowanie dwóch pełnych okresów sygnału napięcia zmiennego oraz przebiegi krzywej absorpcji sygnału zmiennego napięcia,
- Zilustruj odpowiednimi wykresami, jak zmiana pojemności C, napięcia prądu stałego U oraz fazy ϕ wpływa na wzajemne położenie przebiegów rejestrowanych w kanałach "X" i "Y" oscyloskopu oraz rejestrowany kształt krzywej absorpcji. Opisz uzyskane wykresy [5].

6. Kalibracja układu pomiarowego

a) Kalibracja osi odciętych układu współrzędnych wyświetlacza oscyloskopu.

- Zmieniając napięcie prądu stałego zasilacza uniwersalnego zmieniaj pozycję minimum krzywej absorpcji. Dla kilku wybranych pozycji zapisz numer podziałki, na której znajduje się minimum oraz odpowiadającą mu wartość natężenia prądu (wskazania miernika uniwersalnego). Wyniki zamieść w tabeli. Dla uzyskanych wyników wykonaj wykres natężenia prądu w funkcji odległości podziałek układu odniesienia oscyloskopu, dopasuj prostą i podaj jej współczynniki wraz z niepewnościami ich wyznaczenia [5].

b) Kalibracja ze względu na natężenie prądu płynącego przez cewki Helmholtza.

- Usuń przewód łączący gniazda napięcia zmiennego i stałego zasilacza uniwersalnego, przełóż przewód łączący rezonator z zasilaczem z gniazda napięcia zmiennego do gniazda "+" napięcia stałego [5],
- Włącz teslametr,
- Z rezonatora EPR usuń próbkę DPPH i wsuń do rezonatora sondę magnetometru (element rejestrujący pole magnetyczne - czujnik Halla- jest umieszczony równolegle do jednej ze ścian obudowy sondy; należy sondę umieścić tak by czujnik był położony równolegle do powierzchni cewek Helmholtza) [5],
- Dokonaj zerowania przyrządu (teslomierza) - uruchom teslomierz na 10 min przed dokonywaniem pomiarów. Wprowadź sondę Halla do komory rezonatora. Potencjometry napięcia i natężenia prądu na zasilaczu nastaw na 0. Na głównym panelu zasilacza teslomierza użyj pokrętła (x) w celu wyzerowania wskazań urządzenia.
- Za pomocą pokrętła "V" zasilacza uniwersalnego zmieniaj napięcia prądu stałego tak, by na mierniku uniwersalnym uzyskiwać te same wartości natężenia prądu, które zostały wykorzystane do kalibracji osi odciętych układu współrzędnych wyświetlacza oscyloskopu. Dla każdej z tych wartości odczytaj z magnetometru wartość indukcji magnetycznej B [5]. Wyniki przedstaw w tabeli. Wykonaj wykres ilustrujący charakterystykę zależności pomiędzy natężeniem prądu I a indukcją magnetyczną B. Dla uzyskanej krzywej wyznacz wartości współczynników a i b wraz z ich niepewnościami.

7. Wyznaczanie współczynnika g Landego dla cząsteczki DPPH

- Wyreguluj rezonator oraz ustawienia napięcia stałego i fazy, aby uzyskać symetryczną krzywą absorpcji, z minimum na osi rzędnych układu odniesienia ekranu [5]. Spisz kilkakrotnie wartość prądu płynącego w układzie (jest to prąd rezonansu I_r) konieczną do obliczenia wartości g dla DPPH. Wyniki zapisz w tabeli. Oblicz wartość współczynnika g Landego korzystając ze wzoru:

$$g = \frac{h \cdot f}{\mu_B \cdot B_r}$$

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ - stała Plancka,

$f = 146 \cdot 10^6$ Hz- częstotliwość drgań pola elektromagnetycznego, do której dostrajają się rozszczepienie spinowych linii energetycznych,

$\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24}$ Am² - magneton Bohra,

B_r - wartość indukcji pola magnetycznego, przy której następuje takie rozszczepienie poziomów energetycznych, że energia przejścia między nimi dopasowuje się do energii pola elektromagnetycznego o częstotliwości f i następuje absorpcja tego pola [5].

8. Wyznaczanie szerokości połówkowej linii absorpcji

- Przy użyciu pokrętła "Position" oscyloskopu przesuwaj widmo aby oś X na wyświetlaczu przecinała rejestrowany sygnał w połowie jego wysokości. Zapisz nastawy czułości kanałów "X" i "Y",

- Przesuń widma absorpcji w taki sposób, aby znajdowało się ono tuż pod osią X układu odniesienia,

- Przesuń widmo absorpcji w taki sposób żeby znajdowało się w połowie swojej wysokości względem osi X,

- Tak ustawione widmo przełącz na tryb wyświetlania X-Y oscyloskopu. Przesuwaj widmo względem początku układu odniesienia w taki sposób aby przecinało się w nim jego prawe ramię (I_1) oraz lewe ramię (I_2). Czynności powtórz kilkakrotnie. Otrzymane wyniki przedstaw w tabeli. Na podstawie uzyskanych danych wyznacz szerokość połówkową ΔB krzywej absorpcji oraz niepewność wyznaczenia tej wartości.

9. Wnioski

- Zestaw uzyskane wartości współczynnika g i szerokości linii absorpcji, porównując ich wartości uzyskane z wzorów oraz z bezpośredniego pomiaru wartości indukcji pola magnetycznego pomiędzy cewkami Helmholtza. Odnieś te wyniki do danych tablicowych.

10. Literatura

- [1] J.W. Hennel, *Wstęp do teorii magnetycznego rezonansu jądrowego*, PWN, Warszawa 1966,
- [2] C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1999,
- [3] Instrukcja TEP 5.1.12-00 urządzenia EPR, PHYWE:
<http://www.phywe.com/461/pid/26507/Electron-spin-resonance-.htm>
- [4] H. Haken, H.Ch. Wolf, *Atomy i kwanty*, PWN, Warszawa 1997,
- [5] Instrukcja: 14. EPR – Elektronowy Rezonans Paramagnetyczny, PRACOWNIA FIZYKI MEDYCZNEJ I TECHNICZNEJ, WFAiIS UMK,
- [6] L. Stiepin, *Wstęp do radiofizyki kwantowej*, PWN, Warszawa 1966,
- [7] H. Haken, H.Ch. Wolf, *Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej*, PWN, Warszawa, 1998,
- [8] J. Stankowski, A. Graja, *Wstęp do elektroniki kwantowej*, WKŁ, Warszawa 1972.