

## Risonanza a di spin elettronico

### DIMOSTRAZIONE DELLA RISONANZA A SPIN ELETTRONICO SU DPPH

- Osservazione della curva di risonanza del DPPH.
- Determinazione della frequenza di risonanza in funzione del campo magnetico.
- Determinazione del fattore di Landé dell'elettrone libero.

UE5030100

01/18 UD



Fig. 1: Disposizione per la misurazione

### BASI GENERALI

La risonanza a di spin elettronico (ESR) si fonda sull'assorbimento di energia da parte di sostanze con elettroni spaiati, immerse in un campo magnetico continuo esterno. L'energia viene fornita da un campo alternato ad alta frequenza diretto perpendicolarmente al campo continuo. Se la frequenza del campo alternato coincide con la frequenza di risonanza, l'impedenza della bobina di trasmissione riempita con la sostanza varia in maniera risonante e sull'oscilloscopio è osservabile una deviazione. La causa dell'assorbimento di risonanza è il "ribaltamento" del mo-

mento magnetico dell'elettrone libero. La frequenza di risonanza dipende dall'intensità del campo continuo, la larghezza del segnale di risonanza dalla sua omogeneità.

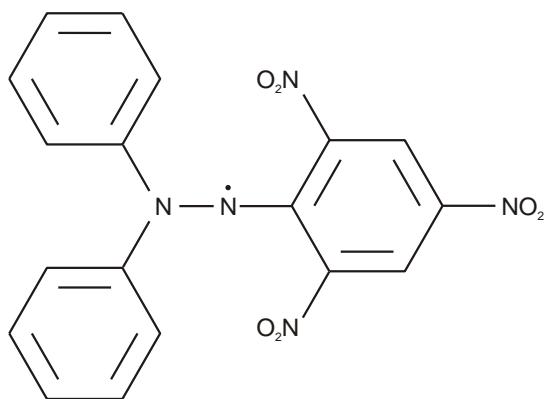


Fig. 2: Struttura molecolare DPPH.

Il momento magnetico di un elettrone, derivante puramente dallo spin, assume nel campo magnetico  $B$  gli stati discreti

$$(1) \quad E_m = -g_J \cdot \mu_B \cdot m \cdot B, \quad m = -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$$

$$\mu_B = 9,274 \cdot 10^{-24} \frac{\text{J}}{\text{T}} : \text{magnetone di Bohr}$$

$$g_J = 2,0023: \text{fattore di Landé.}$$

La distanza tra i due livelli ammonta pertanto a

$$(2) \quad \Delta E = g_J \cdot \mu_B \cdot B$$

La risonanza è raggiunta esattamente nel momento in cui la frequenza  $f$  del campo alternato applicato soddisfa la condizione

$$(3) \quad h \cdot f = \Delta E, \\ h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js : costante di Planck.}$$

L'esperimento dimostra la risonanza  $\alpha$  di spin elettronico su difenil-picril-idrazile (DPPH), un composto organico le cui molecole presentano un elettrone spaiato. Il campo magnetico continuo viene generato da una coppia di bobine di Helmholtz e varia a dente di sega fra lo zero e il valore massimo  $B_{\text{max}} = 3,5$  mT. Si cerca ora la frequenza  $f$  a cui si ha assorbimento di in funzione del campo magnetico variabile. Aumentando la frequenza, l'assorbimento di risonanza si sposta verso campi magnetici maggiori.

## ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Kit di base per ESR/NMR @230V	1000638 (U188031-230)
	oppure	
1	Kit di base per ESR/NMR @115V	1000637 (U188031-115)
1	Kit aggiuntivo ESR	1000640 (U188501)
1	Oscilloscopio PC 2x25 MHz	1020857 (U11830)
2	Cavo ad alta frequenza	1002746 (U11255)

## MONTAGGIO

- Montare il kit di base e collegarlo al pannello di comando come descritto nelle istruzioni per l'uso del kit aggiuntivo ESR 1000640.
- Collegare l'uscita "SIGNAL OUT" del pannello di comando al canale 1 dell'oscilloscopio PC e l'uscita "FIELD OUT" al canale 2.
- Impostare sull'oscilloscopio PC i seguenti parametri:
 

Orizzontale:	
Base tempo:	2 ms/div
Posizione trigger orizzontale:	5.000 ms
Verticale:	
CH1:	
Divisione scala tensione:	1 V/div CC
Posizione punto zero:	-2.52 divs
CH2:	
Divisione scala tensione:	200 mV/div CC
Posizione punto zero:	-2.52 divs
Trigger:	
Single (non Alternate)	
Sorgente:	CH2
Modalità:	Edge
Fronte:	Rise
Soglia:	400 mV
TrigMode:	Auto

## ESECUZIONE

- Impostare sul pannello di comando la frequenza più bassa alla quale è osservabile un segnale di assorbimento di risonanza definito (ca. 37 MHz).
- Impostare il regolatore di sensibilità "SENSITIVITY" di modo che l'altezza del segnale sia massima.

Se la regolazione è ottimale, si osserva un debole tremolio del LED. Se il LED si illumina intensamente, il segnale è sovrampulato.

- Rilevare la tensione della bobina di risonanza  $U_R$  con l'ausilio del cursore sull'oscilloscopio PC (Fig. 3, 4). A tale scopo selezionare nel menù principale il sottomenù "Cursore", alla voce "Canale:" inserire un segno di spunta in corrispondenza di "Tensione" e selezionare "CH2". Utilizzare il primo cursore (Y1) per la lettura, impostare il secondo cursore (Y2) a 0,000 mV. Il secondo cursore corrisponde alla posizione di punto zero -2,52 divs di CH1 e CH2.

### Nota:

Dopo ogni variazione di parametro sull'oscilloscopio PC, nel sottomenù "Cursore" è necessario reinserire il segno di spunta in corrispondenza di "Tensione" e rifelezionare "CH2".

- Ripetere la misurazione con varie frequenze tra 40 e 70 MHz a passi da 5 MHz e registrare ogni volta le frequenze impostate e le tensioni della bobina di risonanza misurate nella Tab. 1.

### Nota:

In caso di frequenze maggiori di 45 MHz, la divisione della scala di tensione di CH1 va impostata da 1 V/div a 500 mV/div.

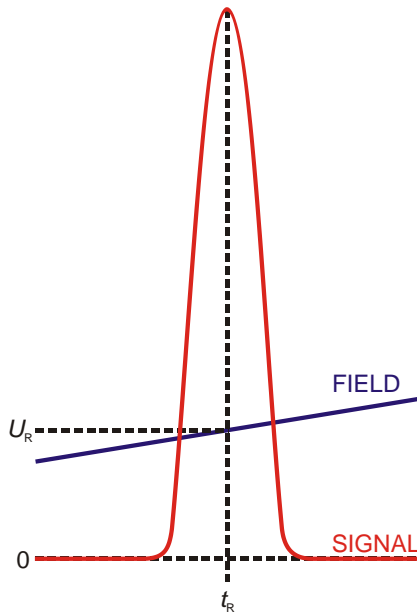


Fig. 3: Rappresentazione schematica per la lettura della tensione della bobina di risonanza  $U_R$  dall'oscillogramma.

- Partendo dalle tensioni della bobina di risonanza  $U_R$  (Tab. 1) calcolare i campi magnetici come segue:

$$B = 3,47 \frac{\text{mT}}{\text{V}} \cdot U_R \tag{5}$$

e riportare i valori nella Tab. 1.

Da (2) e (3) si evince la seguente correlazione tra la frequenza di risonanza  $f$  e il campo magnetico  $B$ :

$$f = g_J \cdot \frac{\mu_B}{h} \cdot B = a \cdot B \tag{6}$$

I valori misurati si trovano su una retta di origine la cui pendenza  $a$  permette di determinare il fattore di Landé.

- Registrazione delle frequenze di risonanza impostate (Tab. 1) rapportandole ai campi magnetici ricavati dalle tensioni della bobina di risonanza (Tab. 1) e tracciare una retta d'origine (Fig. 5).
- Determinare il fattore di Landé servendosi dell'equazione (6):

$$g_J = a \cdot \frac{h}{\mu_B} = 30 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{T} \cdot \text{s}} \cdot \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9,274 \cdot 10^{-24} \frac{\text{J}}{\text{T}}} = 2,1 \tag{7}$$

Il valore corrisponde, con un'incertezza relativa del 5%, al valore di letteratura.

### ESEMPIO DI MISURAZIONE E ANALISI

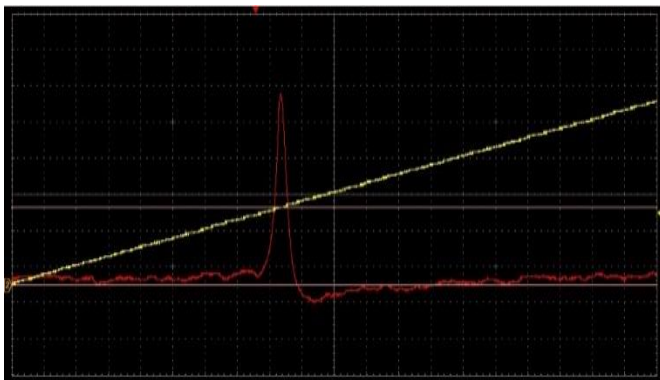


Fig. 4: Segnale di assorbimento (rosso) e andamento cronologico del campo magnetico (giallo) nella risonanza  $\alpha$  di spin elettronico su DPPH.

Tab. 1: Frequenze di risonanza impostate  $f$ , tensioni della bobina di risonanza  $U_R$  e campi magnetici ricavati  $B$ .

$f$ / MHz	$U_R$ / V	$B$ / mT
37,408	0,360	1,25
40,006	0,384	1,33
44,996	0,432	1,50
49,995	0,480	1,67
55,004	0,524	1,82
59,999	0,580	2,01
65,004	0,632	2,19
70,005	0,680	2,36

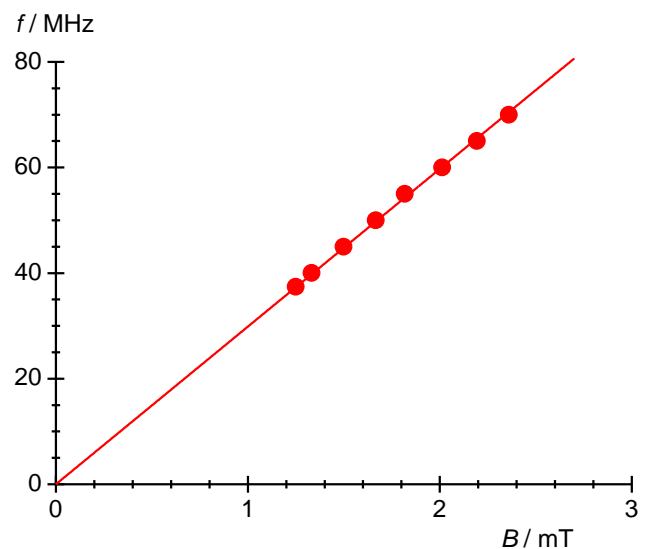


Fig. 5: Frequenza di risonanza  $f$  in funzione del campo magnetico  $B$ .