

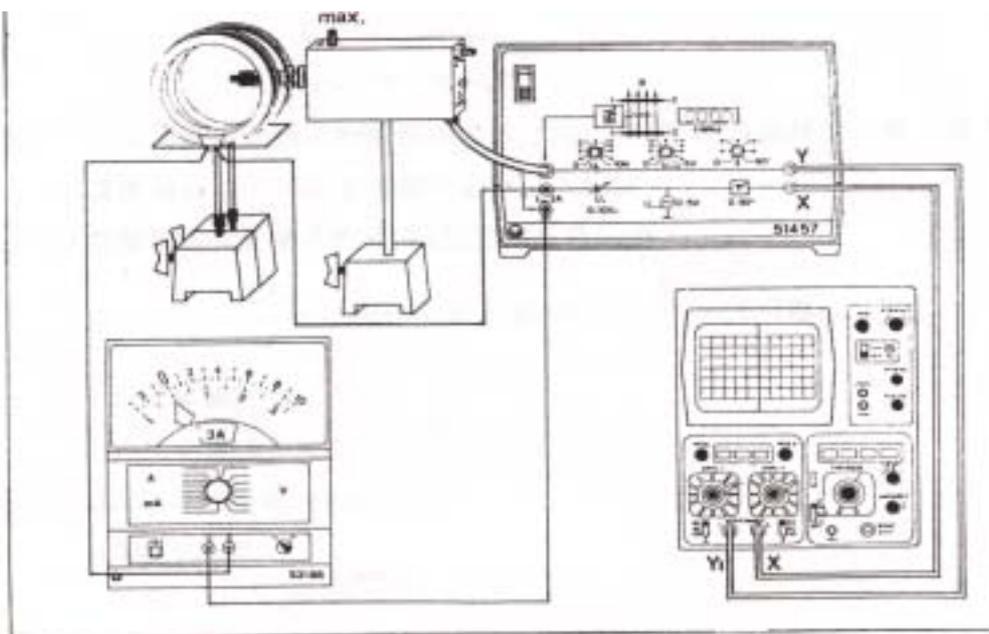
## 電子自旋共振

一、目的:由 Helmholtz coils 所產生的磁場  $B$  與共振頻率  $f$  之間的關係，可計算出電子的自旋因數  $g_{so}$ 。

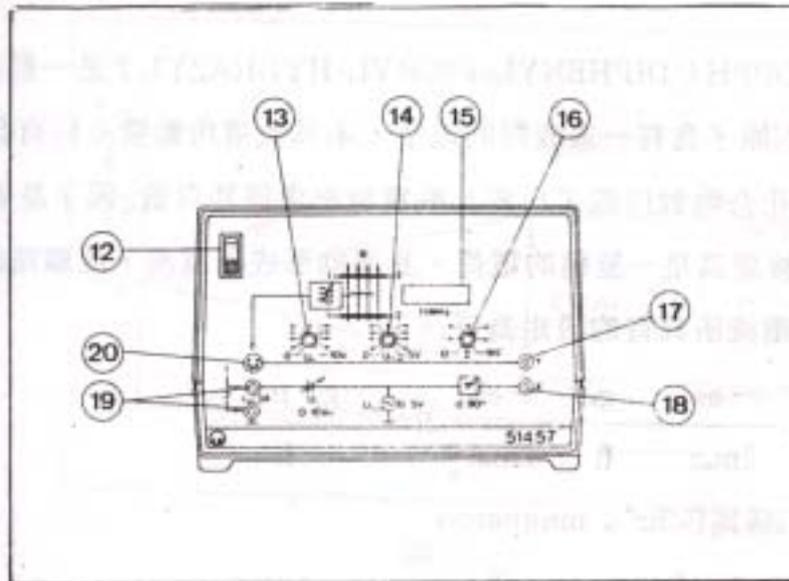
二、儀器:

數	量	儀器
1		ESR control unit
1		ESR basic unit
1		(含導線 B
1		共振迴路 C
4		plug-in coil E.F.G
1		DEEP sample D)
2		Helmholtz coil
1		三用電表
1		示波器
2		電纜線
3		鞍型底座

三、裝置:



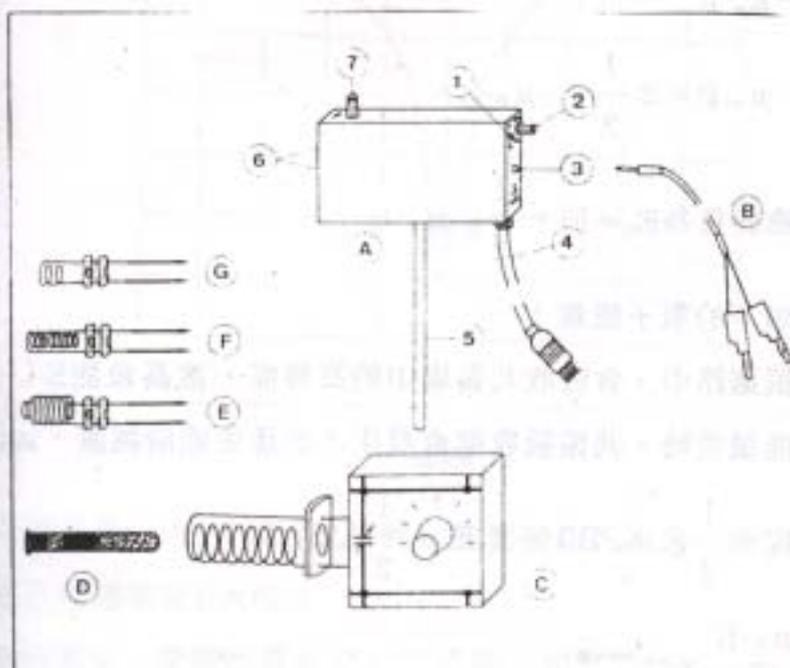
### 514 57 ESR control unit



#### Control elements:

- Ⓜ On/off switch
- Ⓛ D. C. voltage adjusting potentiometer
- Ⓜ Modulation voltage adjusting potentiometer
- Ⓛ Digital frequency indication
- Ⓜ Phase shifter
- Ⓛ Signal output
- Ⓜ Modulation output
- Ⓛ Output magnet supply
- Ⓜ Socket for connection to the ESR basic unit (probe holder)

### 514 55 ESR basic unit



#### 四、原理:

1.有機化合物 DPPH(DIPHENYL-PICRYL-HYDRAZYL)是一個基本的自由基，因其中一 N 原子含有一未成對的電子，不具軌道角動量(只有自旋角動量)，因此這種化合物對以電子共振實驗來求得其自旋 g 因子是最適合的。

2.電子自旋可被認為是一旋轉的電荷，其運動形成環電流，此環電流對外表現磁性，則此環電流所具有的磁矩為  $\bar{\mu}_s$ 。

$$\bar{\mu}_s = g_s \cdot \frac{-e\bar{S}}{2m_e c} = \frac{g_s}{\hbar} \cdot \frac{-e\hbar}{2m_e c} \cdot \bar{S} = -\frac{g_s \cdot \mu_B}{\hbar} \cdot \bar{S}$$

其中  $\mu_B$  稱為 Bohr's magneton

因自旋量子數  $S = \frac{1}{2}$ ， $m_s = \pm \frac{1}{2}$

$$S_z = m_s \hbar = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

$$\mu_z = \pm \frac{g_s \cdot \mu_B}{\hbar} \cdot \frac{1}{2} \hbar = \pm \frac{1}{2} g_s \cdot \mu_B$$

當 DPPH sample 在 Helmholtz coil 所產生的均勻磁場中由電磁學

知，電子因自旋，在磁場中能量為，

$$\delta E = -\bar{\mu}_s \cdot \bar{B} = -\mu_z B = \pm \frac{1}{2} g_s \cdot \mu_B \cdot B$$

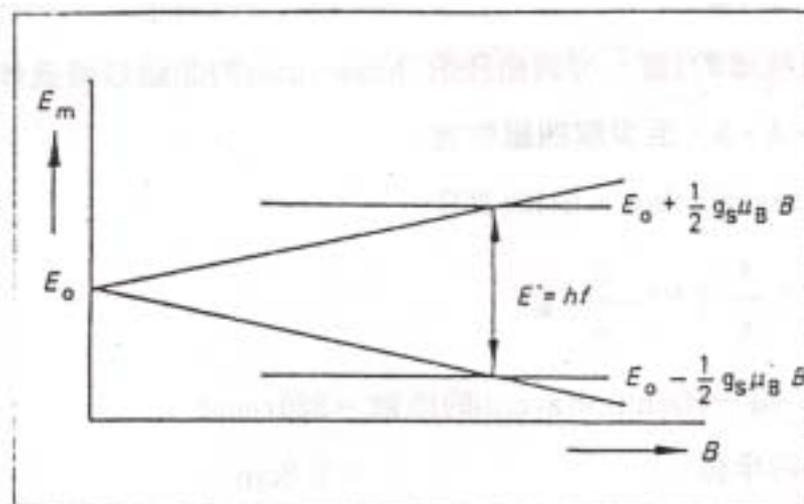
所以電子之總能量為  $E_m = E_0 \pm \frac{1}{2} g_s \cdot \mu_B \cdot B$

( $E_0$  是無磁場下的電子能量)

3.sample 在共振迴路中，會吸收共振場中的高頻能，當高頻能

$E(=hf)$  等於兩自旋能階的能量差時，共振吸收就會發生，而產生能接跳渡，如圖三。

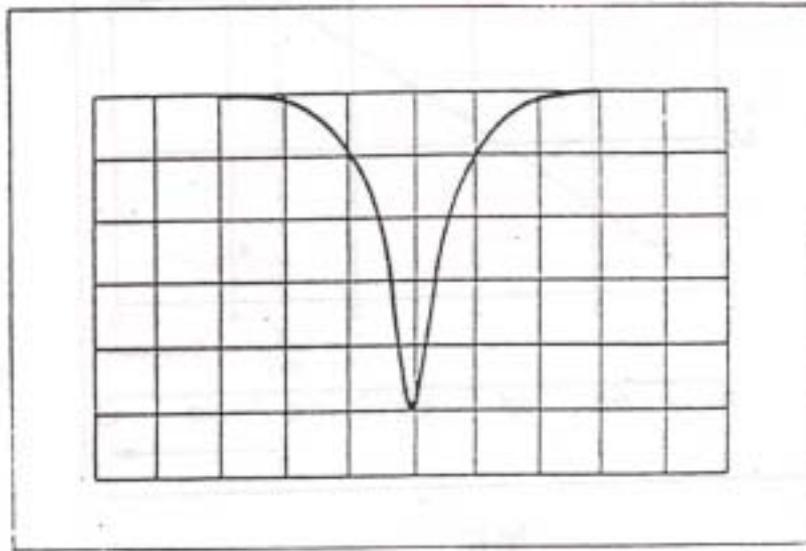
$$hf = (E_0 + \frac{1}{2} g_s \cdot \mu_B \cdot B) - (E_0 - \frac{1}{2} g_s \cdot \mu_B \cdot B) = g_s \cdot \mu_B \cdot B$$



圖三

### 步驟

1. 若直流磁場重疊的交流此場振幅太小，(Helmholtz coils 所產生的是直流磁場，共振迴路所產生的是交流磁場)慢慢地增加直流磁場直到脈衝出現於示波器上。
2. 若出現兩個脈衝，調整 ESR control unit 上的 phase shifter 鈕，使共振脈衝重合為一。接著改變直流場，使脈衝對稱於  $X=0$  軸 (即 Y 軸) 的中心，如圖四。



圖四

3. 增加共振頻率  $f$ ，使得圖形位移到示波器螢幕的右方，即 Y 軸右方，此乃因共振只發生在磁通密度  $B$  大時。
4. 增加直流磁場，使圖形重新回到源位置，即對稱於  $X=0$  軸。
5. 紀錄  $f$  值及電流  $I$  值。

為了得到較精確的  $I$  值，可調節 ESR basic unit 的②鈕以減低外加場的振幅。

6. 重覆步驟 3、4、5，至少四組數據。
7. 利用 Biot-Savart's law，由  $I$  計算  $B$

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \cdot \frac{n}{r} \cdot I$$

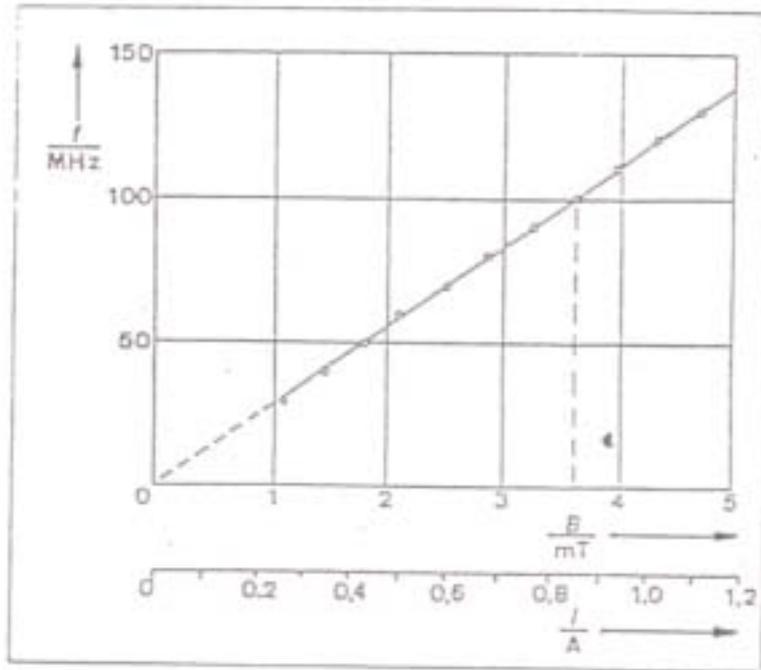
其中  $n$ ：每一 Helmholtz coil 的匝數=320round

$r=6.8\text{cm}$ ：coil 的半徑

$I$ ：每一 coil 的電流

$$\mu_0 = 1.2566 \times 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

8. 將數據 B 值極 f 值，利用迴歸分析法求出其圖形。



圖五

9. 由共振條件：

$$hf = g_s \cdot \mu_B \cdot B$$

$$f = \frac{g_s \cdot \mu_B}{h} \cdot B$$

利用迴歸直線的斜率來算出  $g_s$ ，其中  $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{Ws}^2$

$$\mu_B = 9.273 \times 10^{-24} \text{Am}^2$$