

مطياف

الرنين النووي المغناطيسي

Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

مقدمة:

تعد ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي (NMR) أحدى الظواهر الفيزيائية التي تعتمد على الخواص المغناطيسية الميكانيكية الكمية لنواة الذرة. ويستخدم الرنين النووي المغناطيسي للدلالة على مجموعة منهجيات وتقنيات علمية. وتستخدم هذه الظاهرة لدراسة الجزيئات من حيث البنية والتشكيل الفراغي.

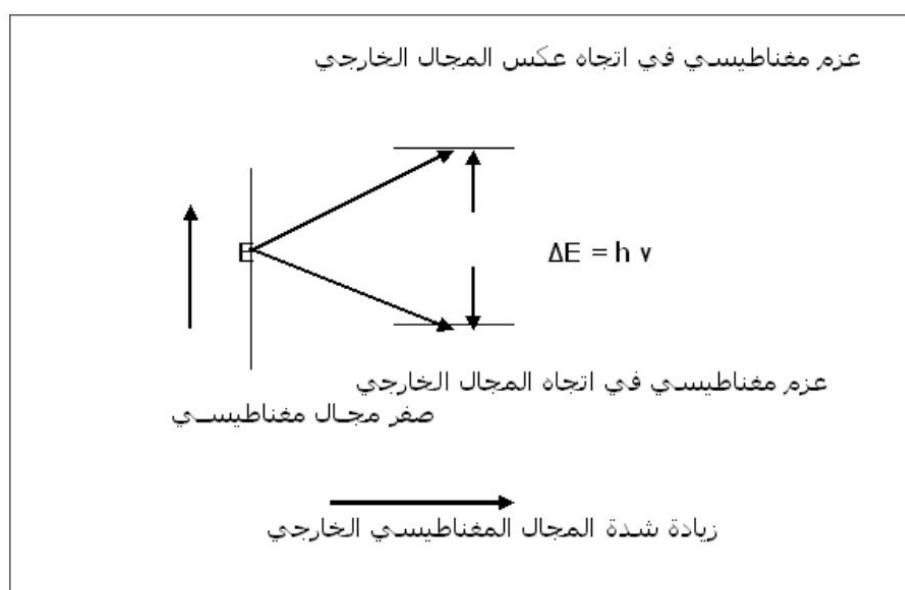
وتعتمد الظاهرة أساساً على أن جميع الأنوية الذرية التي تملك عدداً فردياً من البروتونات أو النيوترونات يكون لها عزم مغناطيسيي أصلي intrinsic وعزم زاوي momentum angular ، وأكثر الأنوية التي تستخدم في هذه التقنيات هي نواة ذرة الهيدروجين H^1 وهي أكثر نظائر الهيدروجين توافراً في الطبيعة ، وكذلك نواة ذرة الكربون-13. وهناك نظائر عناصر أخرى يمكن أن تستخدم لكن استخداماتها تبقى أقل.

وبناءً على الدوران المغزلي spinning motion لأنوية هذه العناصر حول محورها عزم مغناطيسيي magnetic moment (M) ، وعند وضع هذه الأنوية بين قطبي مجال مغناطيسي خارجي ، فإنه يحدث تأثير على مستويات الطاقة الخاصة بالحركة المغزالية spin energy level لهذه الأنوية ، مما يؤدي إلى انفصال طاقة الحركة المغزالية إلى مستويين طاقيين مختلفين على أساس اتجاه العزم المغناطيسي الناشئ عن الحركة المغزالية وهما:-

- مستوى طaci منخفض Low energy level وهذا يكون العزم المغناطيسي في إتجاه المجال المغناطيسي الخارجي.
 - مستوى طaci مرتفع High energy level وهذا يكون العزم المغناطيسي في إتجاه مضاد للمجال المغناطيسي الخارجي.
- ويمكن زيادة الفرق في الطاقة بين هذين المستويين بزيادة شدة المجال المغناطيسي الخارجي - كما سيوضح في شكل (1-6) - ولذلك توضع هذه الأنوية في مجال

مغناطيسي خارجي (بين قطبين مغناطيسيين كبار) ويسلط عليهما أشعة الراديو Radiowave ، فتمتص هذه الأنوية طاقة أشعة الراديو وتنتقل إلى مستوى الطاقة الأعلى ، وينتج عن ذلك تغير في إتجاه الحركة المغزلية للنواة ، ثم ترجع الأنوية من المستوى العالى في الطاقة إلى المستوى المنخفض مرة أخرى وهكذا ، وبطريق على هذه الظاهرة ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي. وامتصاص الطاقة يمكن الكشف عنه وكبيره كطيف خطى وبطرق عليه إشارة الرنين المغناطيسي resonance signal

ويظهر كل جزء عددة امتصاصات تعبر عن الظروف الأليكترونية المحيطة بكل نواة والتي تحدد نوع الرابطة والذرات الأخرى المرتبطة بهذه النواة ، ولذلك يستخدم تحليل الرنين النووي المغناطيسي في التعرف على التركيب البنائي للجزئيات.



شكل (6-1): طاقة الحركة المغزلية

ويعبر عن طيف الأشعة الكهرومغناطيسية في منطقة أشعة الراديو بالتردد بوحدات هرتز ، ميجا هيرتز (1MHz = 10^6 Hz) ، MHz

ويوجد عدد محدود من العناصر التي تحتوى على أنوية ذات خواص مغناطيسية قوية تتيح التطبيق العملى لإمكانية تحليلها بواسطة مطياف NMR - كما ذكرنا - مثل: الهيدروجين 1H ، والكربون ^{13}C بالإضافة الى بعض العناصر الأخرى ، مثل: البورون ^{11}B ، والفلور ^{19}F ، والفوسفور ^{31}P . وهذه العناصر تتميز أيضاً بأن ذراتها تحتوى على عدد فردى number odd من البروتونات أو النيترونات ، لها رقم كم مغزلى (Spin) Quantum Number يساوى $\frac{1}{2}$. وعلى ذلك يكون رقم الكم المغناطيسي (Magnetic Quantum Number) $\pm \frac{1}{2}$ (لها يساوى $\frac{1}{2}$) ويكون عدد الاتجاهات المحتملة للعزم المغناطيسي = 2

ويمكن حساب طاقة المستويات الناتجة عن الإتجاهات المختلفة للعزم المغناطيسي بواسطة المعادلة التالية:

$$E = - m \mu B_0 / I$$

حيث أن:

E هى طاقة المستوى

B_0 شدة المجال المغناطيسي الخارجى

m رقم الكم المغناطيسي

I رقم الكم المغزلى

μ العزم المغناطيسي.

وعلى ذلك ، فإن طاقة المستويات فى حالة الأنوية التى لها كواتنتم مغزلى يساوى $\frac{1}{2}$ تكون :

$$E_1 = -\frac{1}{2} \mu B_0 / \frac{1}{2} \quad \text{where: } m = + \frac{1}{2} \quad \bullet \quad E = - \mu B_0$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \mu B_0 / \frac{1}{2} \quad \text{where: } m = - \frac{1}{2} \quad \bullet \quad E = + \mu B_0$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_2 - E_1 = + \mu B_0 - (- \mu B_0) \\ &= + \mu B_0 + \mu B_0 \\ &= 2 \mu B_0 \end{aligned}$$

ويوضح جدول (1-6) التالي حالة البروتونات والنيترونات ، وكذا الدوران المغزلى لبعض الأنوية. كما يتضح من الجدول أن الدوران المغزلى لكل من الهيدروجين-1 والفوسفور-19 والفلور-31 والكربون-13 يساوى $\frac{1}{2}$

جدول (1-6): الدوران المغزلي لبعض الأنوية.

Number of protons	Number of neutrons	Spin number	Examples
Even	Even	0	^{12}C , ^{16}O , ^{32}S
Odd	Even	$\frac{1}{2}$	^1H , ^{31}P , ^{15}N , ^{19}F
Even	Odd	$\frac{1}{2}$	^{13}C
Odd	Odd	1	^1H , ^{15}N
Odd	Even	$\frac{3}{2}$	^{11}B , ^{79}Br
Even	Odd	$\frac{5}{2}$	^{127}I

وفي حالة الأنبية التي يكون فيها عدد البروتونات والنيترونات زوجي ، تكون حركتها مغزليّة في اتجاه واحد ، وبذلك يكون رقم الكواント المغزلي لها يساوي صفرًا .

وفي حالة الأنبية التي يكون فيها عدد البروتونات أو النيترونات فردي ، فتكون حركتها المغزليّة في اتجاهين ، ويكون رقم الكواント المغزلي لها يساوي $\frac{1}{2}$.

أما في غياب المجال المغناطيسي الخارجي ، فإن العزم المغناطيسي لهذه الأنبية يمكن أن يوجد في أي اتجاه ، وتكون طاقة هذه الاتجاهات متساوية ، وعدد الأنبية (البروتونات) الموجودة في هذه المستويات متساوية أيضًا .

وأما في وجود المجال المغناطيسي الخارجي ، فإن طاقة الحركة المغزليّة تفصل إلى مستويين: أحدهما ، عالي والآخر ، منخفض في الطاقة - كما سبق وشرحنا - ولذلك نجد أن هذه الأنبية تحت هذه الظروف توجه نفسها بحيث يكون إتجاه العزم المغناطيسي لها في إتجاه المجال المغناطيسي الخارجي ، لتكون عند مستوى طافي منخفض وتظل بعض الأنبية عكس اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي وتتناوب هذه الأنبية بحيث تغير اتجاهها لتتصبح كل منها مرة في اتجاه المجال ومرة عكس اتجاه المجال - كما واضح في- (شكل 6-2).

ودائماً يكون المستوى المنخفض في الطاقة ($m=\frac{1}{2}$) مشغول بعدد أكبر من البروتونات عن المستوى المرتفع في الطاقة ($m=-\frac{1}{2}$) لأن كل نظام يميل إلى التواجد في المستوى الطافي المنخفض.