الكيمياء
كلية التربية للعلوم الصرفة
جامعة بابل
التحليل الطيفي باستخدام
طيف الرنين النووي المغناطيسي
2024 / 2023 م
م 1

مطياف
الرنين النووي المغناطيس
Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

مقدمة:

تعد ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي Nuclear magnetic resonance (NMR) إحدى 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 و التشكيل الفراغي.

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

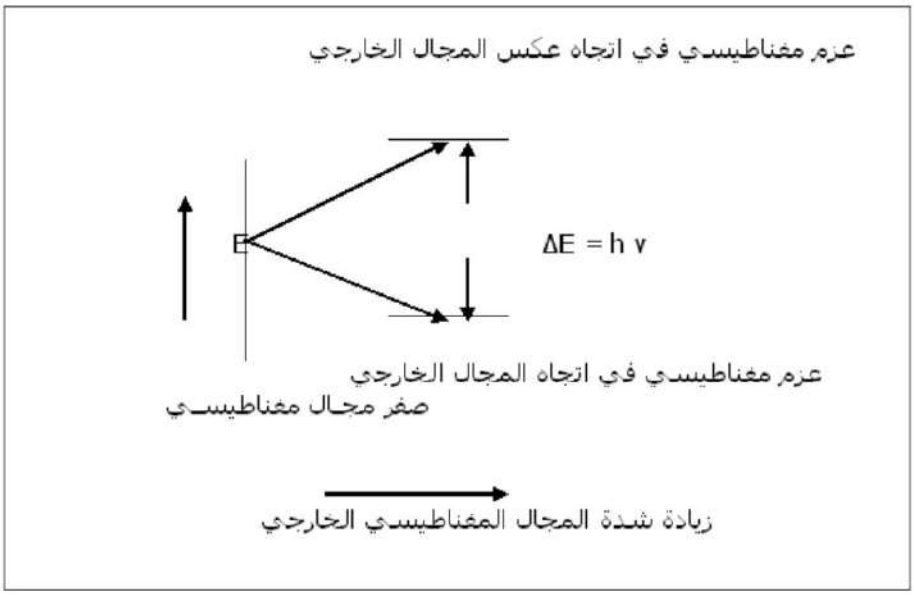
وينتج عن الدورات المغزلي spining motion لأنوية هذه العناصر حول محورها عزم مغناطيسي magnetic moment (M) ، وعند وضع هذه الأنوية بين قطبي مجال مغناطيسى خارجى ، فإنه يحدث تأثير على مستويات الطاقة الخاصة بالحركة المغزلية spin energy level لهذه الأنوية ، مما يؤدي الى إنفصال splitting طاقة الحركة المغزلية إلى مستويين طاقيين مختلفين على أساس اتجاه العزم المغناطيسي الناشئ عن الحركة المغزلية وهما:-

- مستوى طاقي منخفض Low energy level وهنا يكون العزم المغناطيسى فى إتجاه المجال المغناطيسى الخارجي.
- مستوى طاقي مرتفع High energy level وهنا يكون العزم المغناطيسى فى إتجاه مضاد للمجال المغناطيسى الخارجى.

ويمكن زيادة الفرق فى الطاقة بين هذين المستويين بزيادة شدة المجال المغناطيسى الخارجى – كما سيتضح في شكل (6-1) - ولذلك توضع هذه الأنوية فى مجال

مغناطيسى خارجى (بين قطبي مغناطيس كبير) ويسلط عليها أشعة الراديو Radiowave ، فتمتص هذه الأنوية طاقة أشعة الراديو وتنتقل إلى مستوى الطاقة الأعلى ، وينتج عن ذلك تغير فى إتجاه الحركة المغزلية للنواة ، ثم ترجع الأنوية من المستوى العالي في الطاقة الى المستوى المنخفض مرة أخرى وهكذا ، ويطلق على هذه الظاهرة ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي. وإمتصاص الطاقة يمكن الكشف عنه وتكبيره كطيف خطى ويطلق عليه إشارة الرنين المغناطيسي resonance signal

ويظهر كل جزئ عدة إمتصاصات تعبر عن الظروف الأليكترونية المحيطة بكل نواة والتى تحدد نوع الرابطة والذرات الأخرى المرتبطة بهذه النواة ، ولذلك يستخدم تحليل الرنين النووي المغناطيسي فى التعرف على التركيب البنائي للجزيئات.



شكل (6-1): طاقة الحركة المغزلية

ويعبر عن طيف الأشعة الكهرومغناطيسية فى منطقة أشعة الراديو بالتردد بوحدات هرتز ، ميجاهيرتز (1MHz = 10^6 Hz) MHz, Hertz (Hz),

ويوجد عدد محدود من العناصر التى تحتوى على أنوية ذات خواص مغناطيسية قوية تتيح التطبيق العملى لإمكانية تحليلها بواسطة مطياف NMR - كما ذكرنا – مثل: الهيدروجين ^{1}H ، والكربون ^{13}C بالاضافة الى بعض العناصر الأخرى ، مثل: البورون ^{11}B، والفلور ^{19}F ، والفوسفور ^{31}P . وهذه العناصر تتميز أيضاً بأن ذراتها تحتوى على عدد فردى odd number من البروتونات أو النيترونات ، لها رقم كم مغزلى (Spin Quantum Number) يساوى ½ .

ويكون عدد الاتجاهات المحتملة للعزم المغناطيسى =2

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

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

حيث أن:

E هى طاقة المستوى

B_o شدة المجال المغناطيسى الخارجى

m رقم الكم المغناطيسى $m=0,\pm1,\pm2,\pm3,...\pm\ell$: مثال:عندما (ℓ=2) فإن m تملك خمس قيم هي : -1،-2،0،1+،2+

I رقم الكم المغزلى ½ + ½ -

μ العزم المغناطيسى.

ويوضح جدول (6-1) التالي حالة البروتونات والنيوترونات ، وكذا الدوران المغزلي لبعض الأنوية. كما يتضح من الجدول أن الدوران المغزلي لكل من الهيروجين-1 والفوسفور-31 والفلور-19 والكربون-13 يساوي ½

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

Number of protons	Number of neutrons	Spin number	Examples
Even	Even	0	^{12}C, ^{16}O, ^{32}S
Odd	Even	½	^{1}H, ^{31}P, ^{15}N, ^{19}F
Even	Odd	½	^{13}C
Odd	Odd	1	^{1}H, ^{15}N
Odd	Even	3/2	^{11}B, ^{79}Br
Even	Odd	5/2	^{127}I

وفي حالة الأنوية التي يكون فيها عدد البروتونات والنيترونات زوجي ، تكون حركتها مغزلية في اتجاه واحد ، وبذلك يكون رقم الكوانتم المغزلي لها يساوي صفرا .

وفي حالة الأنوية التي يكون فيها عدد البروتونات أو النيترونات فردي ، فتكون حركتها المغزلية في اتجاهين ، ويكون رقم الكوانتم المغزلي لها يساوي ½ .

أما فى غياب المجال المغناطيسى الخارجى ، فإن العزم المغناطيسى لهذه الأنوية يمكن أن يوجد فى أى إتجاه ، وتكون طاقة هذه الاتجاهات متساوية ، و عدد الأنوية (البروتونات) الموجودة فى هذه المستويات متساوية أيضاً .

وأما فى وجود المجال المغناطيسى الخارجى ، فان طاقة الحركة المغزلية تنفصل الى مستويين: أحدهما ، عالي والآخر ، منخفض في الطاقة - كما سبق وشرحنا - ولذلك نجد أن هذه الأنوية تحت هذه الظروف توجه نفسها بحيث يكون إتجاه العزم المغناطيسى لها فى إتجاه المجال المغناطيسى الخارجى ، لتكون عند مستوى طاقي منخفض وتظل بعض الأنوية عكس اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي وتتناوب هذه الأنوية بحيث تغير اتجاهها لتصبح كل منها مرة في اتجاه المجال ومرة عكس اتجاه المجال – كما واضح في- (شكل 6-2).
ودائما يكون المستوى المنخفض فى الطاقة ($m=½$) مشغول بعدد أكبر من البروتونات عن المستوى المرتفع فى الطاقة ($m= -½$) لأن كل نظام يميل الى التواجد في المستوى الطاقي المنخفض.