بسم الله الرحمن الرحيم

University of Majmaah- KSA
College of Education- Zulfi
جامعة المجمعة– المملكة العربية السعودية
كلية التربية- الزلفي

الرنين النووي المغناطيس
Nuclear magnetic resonance spectra (NMR)

Dr. Mai Makki (Assist. prof. of Analytical Chemistry)
B.Sc. (honors) and M.Sc. (SUST - Sudan)
PhD and (sust)

March 15th, 2017

مقدمة :

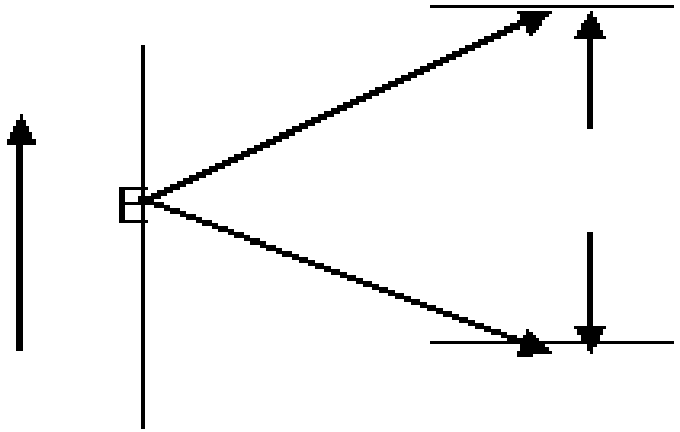
- تعد ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي Nuclear magnetic resonance (NMR) إحدى الظواهر الفيزيائية التي تعتمد على الخواص المغناطيسية الميكانيكية الكمية لنواة الذرة.
ويستخدم الرنين النووي المغناطيسي للدلالة على مجموعة منهجيات وتقنيات علمية وتستخدم هذه الظاهرة لدراسة الجزيئات من حيث البنية و التشكيل الفراغي.
- وتعتمد الظاهرة أساسا على أن جميع الأنوية الذرية التي تملك عددا فرديا من البروتونات أو النيوترونات يكون لها عزم مغناطيسي أصلي intrinsicوعزم زاوي angular momentum وأكثر الأنوية التي تستخدم في هذه التقنيات هي نواة ذرة الهيدروجين H^1وهي أكثر نظائر الهدروجين توافرا في الطبيعة ، وكذلك نواة ذرة الكربون-١٣. وهناك نظائر عناصر أخرى يمكن أن تستخدم لكن استخداماتها تبقى أقل.

✓ وينتج عن الدوران 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 levelلهذه الأنوية ، مما يؤدي الى إنفصال splittingطاقة 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 المغناطيسي في اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي.
- مستوى طاقي مرتفع High energy level وهنا يكون العزم المغناطيسي في اتجاه مضاد للمجال المغناطيسي الخارجي.
- ويمكن زيادة الفرق في الطاقة بين هذين المستويين بزيادة شدة المجال المغناطيسي الخارجي – كما سيتضح في شكل (٦-١) - ولذلك توضع هذه الأنوية في مجال مغناطيسي خارجي (بين قطبي مغناطيس كبير) ويسلط عليها أشعة الراديو Radio wave ، فتمتص هذه الأنوية طاقة أشعة الراديو وتنتقل إلى مستوى الطاقة الأعلى ، وينتج عن ذلك تغير في اتجاه 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. وامتصاص 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 (١-١): طاقة الحركة المغزلية

عزم مغناطيسي في اتجاه عكس المجال الخارجي



$\Delta E = h\nu$

عزم مغناطيسي في اتجاه المجال الخارجي

صفر مجال مغناطيسي

زيادة شدة المجال المغناطيسي الخارجي

- ويعبر عن طيف الأشعة *الكهرومغناطيسية* في منطقة أشعة الراديو بالتردد بوحدات هرتز ، ميجاهرتز (1MHz = 10^6 Hz) MHz, Hertz (Hz),
-
- ويوجد عدد محدود من العناصر التي تحتوى على أنوية ذات خواص مغناطيسية قوية تتيح التطبيق العملي لإمكانية تحليلها بواسطة مطياف NMR- كما ذكرنا – مثل: الهيدروجين ^{1}H ، 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 odd number من البروتونات أو النيترونات ، لها رقم كم مغزلي (Spin Quantum Number) يساوى ½. وعلى ذلك يكون رقم الكم المغناطيسي (Magnetic Quantum Number) لها يساوى ±½
- ويكون عدد الاتجاهات المحتملة للعزم المغناطيسي =٢

- ويمكن حساب طاقة المستويات الناتجة عن الاتجاهات المختلفة للعزم المغناطيسي بواسطة المعادلة التالية:
- $E = - m \mu B_o / I$
- حيث أن:
- E هي طاقة المستوى
- B_o شدة المجال المغناطيسي الخارجي
- m رقم الكم المغناطيسي
- I رقم الكم المغزلي
- μ العزم المغناطيسي.

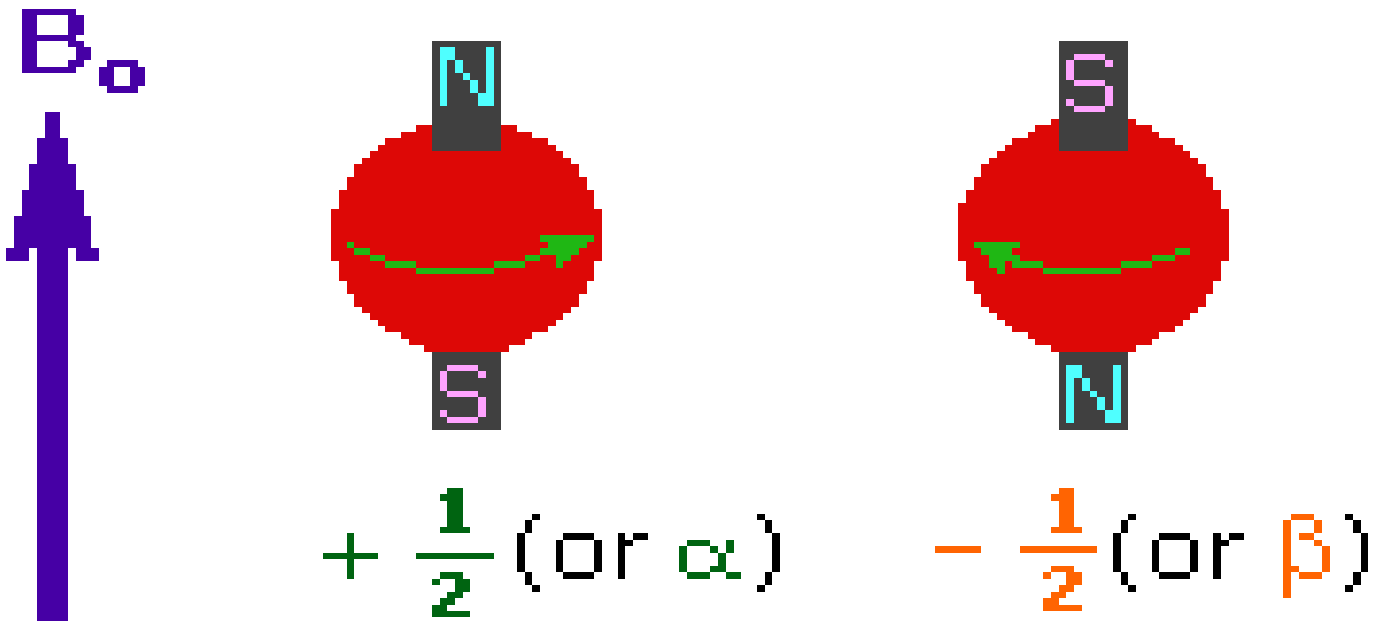
العلاقة بين عدد اللف و العدد الكتلي والعدد الذري

العدد الكتلي	العدد الذري	عدد اللف (اللف النووي)
فردي	فردي أو زوجي	٢/١، ٢/٣، ٢/٥ ،٠٠٠٠٠٠
زوجي	زوجي	صفر
زوجي	فردي	١،٢، ٣، ٠٠٠٠٠

نجد ان الأوكسجين O^{16} و الكربون C^{12}

لا يعطيا طيف طنين نووي مغناطيسي و ذلك لأنهما لا يتصفا بالخواص المغناطيسية وبذلك لا يؤثرا على طيف الهيدروجين مما يسهل التعرف على طيف الطنين النووي المغناطيسي .

- عدد الاتجاهات التي يمكن أن تأخذها النواة عند وضعها في مجال مغناطيسي = (2I+1) حيث I عبارة عن عدد اللف
- مثلا ذرة الهيدروجين تأخذ اتجاهين (عدد اللف =١/٢)، يقابلين مستويين من الطاقة :
- ١/يوافق الطاقة المنخفضة الحالة التي يكون فيها العزم المغناطيسي النووي موازيا لاتجاه المغناطيسي الخارجي ٠
- ٢/الطاقة الأعلى تمثل الحالة التي يكون فيها العزم المغناطيسي النووي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي ٠
- ونجد أن الحالة المنخفضة هي الأكثر ثباتا ، ولكي نحصل على طيف الطنين النووي المغناطيسي فانه يجب أن تمتص كمية من الطاقة حتى تقلب اتجاه النواة إلى الحالة الأقل ثباتا (عكس اتجاه المجال الخارجي)وذلك عن طريق الإشعاع الكهرومغناطيسي ٠



Spin Energy States

كيفية الحصول على الطيف

- توضع المادة المحتوية على بروتونات في مجال مغناطيسي ذي قوة ثابتة ثم يلاحظ التردد الذي يمتص عنده الإشعاع اللازم ٠الا انه يفضل أن يغير شدة المجال بدلا عن التردد ٠عندما تصل شدة المجال إلى القيمة المطلوبة فان طاقة الجزيئات تتغير من حالة إلى أخرى ، وخلال ذلك تمتص طاقة من الإشعاع يتطابق تردده مع فرق الطاقة بين الحالتين والذي يظهر على شكل خطوط طيفية تسجل بواسطة وسائل الكترونية خاصة ٠

يتكون مطياف الرنين النووي المغناطيسي من :

- ١/ المغناطيس ٢/ مولد الطاقة ٣/ المقدر
- للمغناطيس ثلاثة أنواع :
- ١/ الدائم ٢/ الكهربائي ٣/مفرط التوصيل ٠
- يجب أن تتوفر في المغناطيس الشروط الآتية :-
- ١/ أن يكون المجال المغناطيسي له ثابتا في قوته و اتجاهه من نقطة إلى أخرى ٠
- ٢/ أن يكون له القدرة على إنتاج مجال قوي جدا

- وفي حالة الأنوية التي يكون فيها عدد البروتونات والنيترونات زوجي ، تكون حركتها مغزليه 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 في غياب المجال المغناطيسي الخارجي ، فإن العزم المغناطيسي لهذه الأنوية يمكن أن يوجد في أي اتجاه ، وتكون طاقة هذه الاتجاهات متساوية ، و عدد الأنوية (البروتونات) الموجودة في هذه المستويات متساوية أيضاً .
-

- وأما في وجود المجال المغناطيسي الخارجي ، فان طاقة الحركة المغزلية تنفصل الى مستويين: أحدهما ، عالي والآخر ، منخفض في الطاقة ـ كما سبق وشرحنا ـ ولذلك نجد أن هذه الأنوية تحت هذه الظروف توجه نفسها بحيث يكون اتجاه العزم المغناطيسي لها في اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي ، 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.

- الرنين النووي المغنطيسي في مجال الطب (MRI)

الطنين النووي المغناطيسي
NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTRA(NMR)

لقد عرف هذا الطيف في العام في العام ١٩٤٦ م عندما استطاع العالم بيرسل الحصول على طيف الطنين النووي لشمع البرافين ٠ كما تمكن العالم بلوك في نفس السنة من الحصول على طيف بروتونات الماء ٠ وفي العام١٩٥١م اخذ طيف الايثانول ٠ وفي العام ١٩٥٣م استطاعت شركة فارين إنتاج أول جهاز طنين نووي مغناطيسي ٠ان هذا الطيف يقدم معلومات مهمة عن بنية المركبات العضوية وايضا لتشخيص بعض الامراض في المجال الطبي.

الرنين المغناطيسي

هي ظاهرة يمكن عن طريقها للنواة ان تمتص اشعاعات كهرومغناطيسية لها تردد معين في وجود مجال مغناطيسي شديد

- ومنذ ذلك الحين تم استخدام الرنين في الكشف عن الذرات الخفيفة وتم استخدامه كطريقة غير إتلافيه لدراسة الجسم البشري

الفكرة والاساس

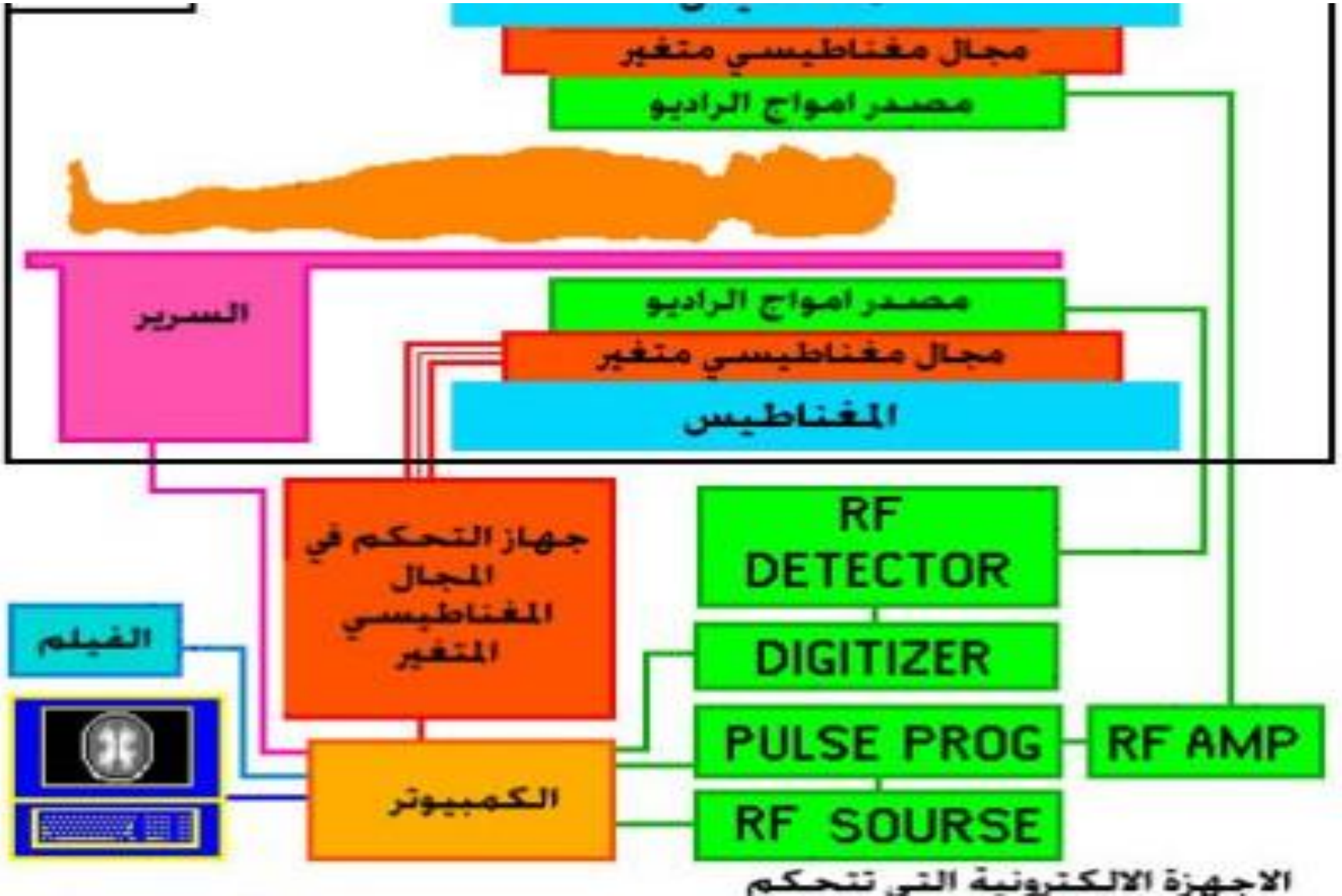
يبلغ طول جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي ٣ امتار وطولة ٢متر وارتفاعه ٢متر كما يحتوي على أنبوبة أفقية تمتد خلال مغناطيس يستلقي المريض على ظهرة على سرير خاص يمر ببط ء من خلال الأنبوبة داخل المغناطيس وليس بالضروري ادخال المريض بالكامل داخل التجويف المغناطيسي وانما يعتمد ذلك على نوع الفحص المطلوب

جهاز التصوير بالرنين المغناطيسى MRI

قبل ادخال المريض والمختصين الى غرفة الجهاز فانه يتم اجراء فحص دقيق للتخلص من الأشياء المعدنية التي قد يحملها المريض اما الأشخاص الذين زرعت في أجسامهم قطع معدنية لتثبيت العظام فانه يسمح لهم استخدام الجهاز لأن تلك القطع اصبحت ثابته ولايمكن ان تتحرك تحت تأثير المجال المغناطيسي وخاصة اذا مر عليها مدة تزيد عن ٦ أسابيع واذا وجد اية معادن قابلة للحركة لا يسمح للمريض بالتصوير بجهاز m R I ويتم تحويلة الى وسيلة تصوير اخرى مثل CAT

www.hazemsakeek.com

مخطط للأجزاء الرئيسية لتركيب جهاز MRIوالاجهزة الالكترونية المتحكمة في تشغيله



كيف نحصل على الصور باستخدام MRI

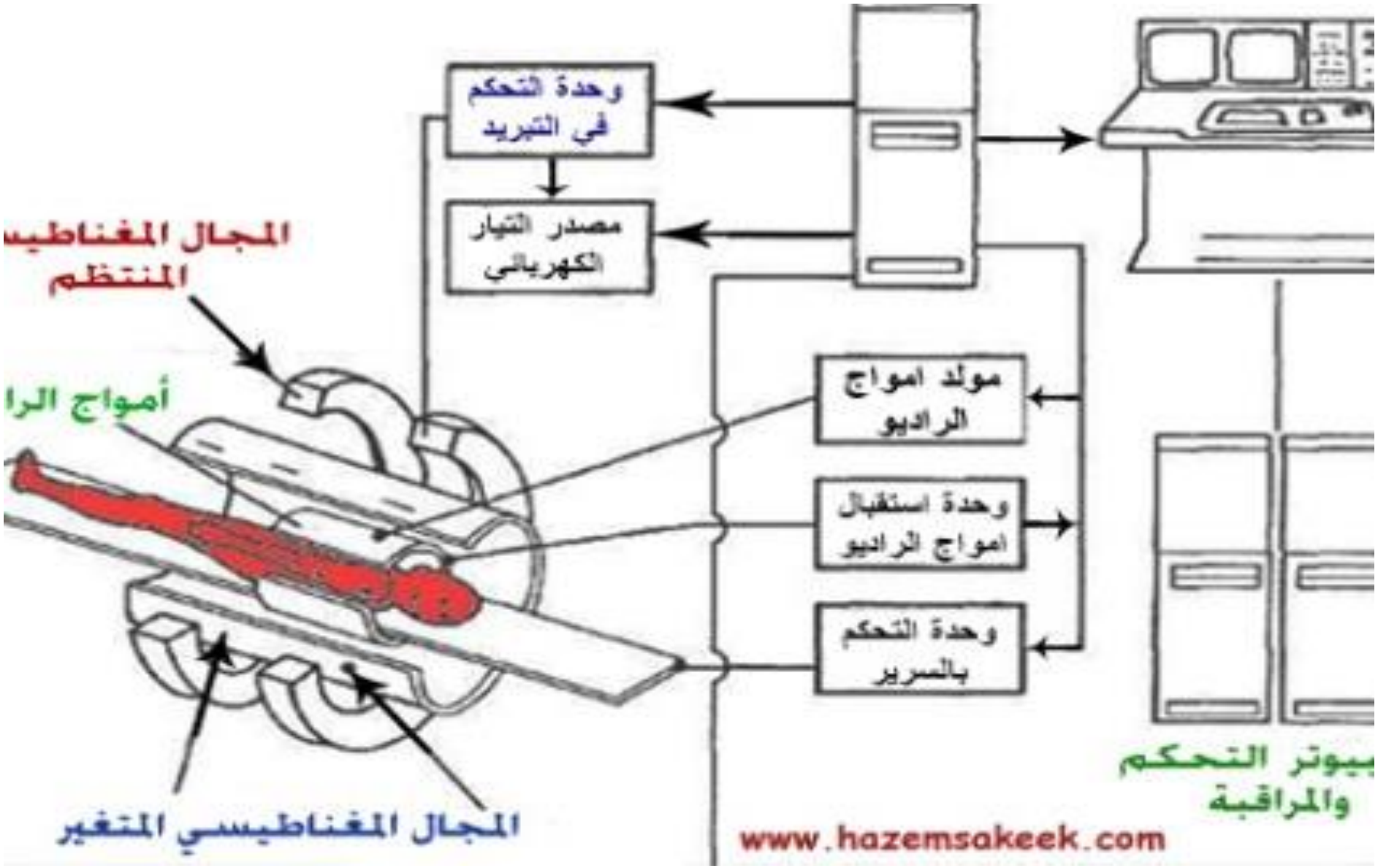
نعلم ان اية مادة ومنها جسم الانسان يتكون من بلايين الذرات المختلفة ونواة هذه الذرات تتحرك حركة دورانية حول محور حيث تشكل هذه الحركة حركة مخروط حول محور الدوران

كما يحدث للإبرة المغناطيسية في مجال مغناطيسي حيث تدور حول محورها

وظيفة أمواج الراديو

يتم توجيه امواج الراديو على شكل نبضات على الجزء المراد فحصه من جسم الانسان بتردد مناسب لذرة الهيدروجين فقط وتستجيب له فقط البروتونات وهذا الجزء يسمى الرنين حيث تجعل نبضات امواج الراديو تلك البروتونات تأخذ اتجاه محدد وتدور بتردد يسمى تردد لارمور وهو تردد الرنين لان تردد امواج الراديو تم اختيارها في مدى استجابة بروتونات ذرة الهيدروجين

مخطط توضيحي لمكونات جهاز التصوير باستخدام الرنين المغناطيسي



مزايا جهاز MRI

يعتبر جهاز MRI من الاجهزة القيمة والمفيدة للطبيب حيث تمكنه من رؤية داخل جسم الانسان بوضوح

ويستخدم هذا الجهاز في تشخيص الاصابة بالسرطان وكذلك الاصابة بالدماغ

وفي المفاصل والعمود الفقري

ويتم حساب وتقدير كتلة الانسجة في الجسم

كما يجدر الاشارة الى انه من مزايا هذا الجهاز امكانية تصوير أي مستوى او مقطع من جسم الانسان وباي اتجاه وهذا يميزه عن جهاز CTالذي يقوم بتصوير مقاطع من جسم الانسان في اتجاه واحد حسب موضع الجسم

عيوب جهاز MRI

بالرغم من الفوائد الجمه التي نحصل عليها من جهاز MRI الا انه يصاحبه بعض العيوب البسيطة والتي تتلخص في عدم امكانية تصوير الاشخاص ذوي الحجم الضخم وكذلك اذا وجد في الجسم مرابط معدنية كما انه اذا وجد بطريق الخطأ أي قطع معدنية فان الصورة تتشوه جدا هذا بالإضافة الى ان الجهاز يصدر صوتا مزعجا اثناء عمله بسبب التيار المستخدم لتوليد المجال المغناطيسي المتغير كما يجب ان يبقى المريض ساكنا طوال مدة التصوير والتي تستغرق 20 دقيقة وقد تصل الى 90دقيقة واي حركه قد تسبب تشويه للصورة الناتجة

كما ان اجهزة MRIباهظة الثمن والفحص مكلف جدا

www.hazemsal

تطورات مستقبلية متوقع لجهاز MRI

تعد اجهزة MRI في اوجها فهي عمرها لا يتعد 20عاما مقارنة بأجهزة اشعة اكس التي مر عليها اكثر من 100عام ولذلك التطوير على اجهزة MRIيعد محدودا لأنها في افضل صورة ممكنه وتعطي نتائج ممتازة وصورا دقيقة وواضحة ولكن من الممكن تطوير أجهزة MRI اصغر حجما ومخصصة لوظيفة محددة

مثل تصوير الذراع او العمود الفقري او الركبة او القفص الصدري او الدماغ

كذلك يعمل العلماء على استخدام اجهزة الرنين على تصوير دماغ الانسان اثناء قيامه بأداء بعض المهام مثل الضغط على الكرة او النظر الى صورة لمعرفة كيف يعمل الدماغ وبالتالي فان مستقبل اجهزة الرنين موجهه الى الابحاث العلمية التي يمكن ان تتم باستخدامه لفهم العديد من اسرار جسم الانسان

شكرا لحسن الاستماع