## 6 – الرّنين المغناطيسي النووي (Résonance magnétique nucléaire):

**1 - تعاريف و مبدأ:** الرّنين المغناطيسي النووي ظاهرة امتصاص النواة لإشعاعات كهرومغناطيسية ترددها معين في وجود مجال مغناطيسي شديد، تسمح هذه التقنية بتحديد عدد النوى من نوع معين في الجزيء وكذلك موقع كل نواة في الجزيء.

مصطلح RMN يعني اختصار كلمات (N: nucléaire ; M: magnétique ; R: résonance)

و مبدأ مطيافية RMN يدل على مغناطيسية النواة وحدوث الرّنين وتعرض النواة لحقل مغناطيسي:

❖ **مغناطيسية النواة:** تملك النواة عزم حركي ذاتي $\vec{M}$(Rad) وهي مشحونة q لذلك تكون بمثابة مغناطيس صغير تخضع للقانون: $\mu = \gamma \vec{M}$

γ : le rapport gyromagnétique (Rad.s.T)

M : le moment cinétique nucléaire (Rad)

μ :le moment magnétique nucléaire (T.S)

أنواع الأنوية التي تعطي إشارة RMN هي التي تمتلك عدد spin يختلف عن الصفر وهي: (العدد الكتلي: فردي و زوجي والعدد الشحني: فردي).

❖ **دراسة مبادئ RMN باستخدام H كنموذج:** نواة H تمتلك I≠0

- في غياب حقل مغناطيسي خارجي μ تأخذ كل الاتجاهات الممكنة.
- في وجود حقل مغناطيسي خارجي فإن μ تأخذ اتجاه معين بحيث تظهر مزدوجة العزوم: $\vec{\Gamma} = \vec{\mu} \vec{\beta}$
- عدد الاتجاهات الممكنة لـ μ هي (2I+1)، تحدد هذه الاحتمالات بحيث:

$-I \leq ms \leq I \Longrightarrow$ ms : I, 1+I, ……..,+I

Ms : nombre quantique magnétique

حساب الطاقة لاتجاه μ:

*لدينا:*

$$M = m_s.\frac{h}{2\pi} \rightarrow \mathrm{E} = \gamma.\mathrm{m_s}.\hbar \cdot \beta$$

$$\mathrm{D}\vartheta = \hbar.\gamma.\beta_0$$

يحدث الرّنين عندما تنتقل الجملة من مستوي ذو طاقة أقل إلى مستوي ذو طاقة أكبر وتعطى بعلاقة Larmor:

$$\omega_0 = \gamma.\beta$$

توزع الأنوية: تعطى بعلاقة بولتزمان $\frac{Na}{Nb} = e^{\frac{\Delta E}{T.K}}$

بحيث:

K: ثابت بولتزمان $K = \frac{R}{N_A}$

R: ثابت الغازات المثالية

NA: 6,22.10 . وحدة K مثل وحدة ENTROPIE

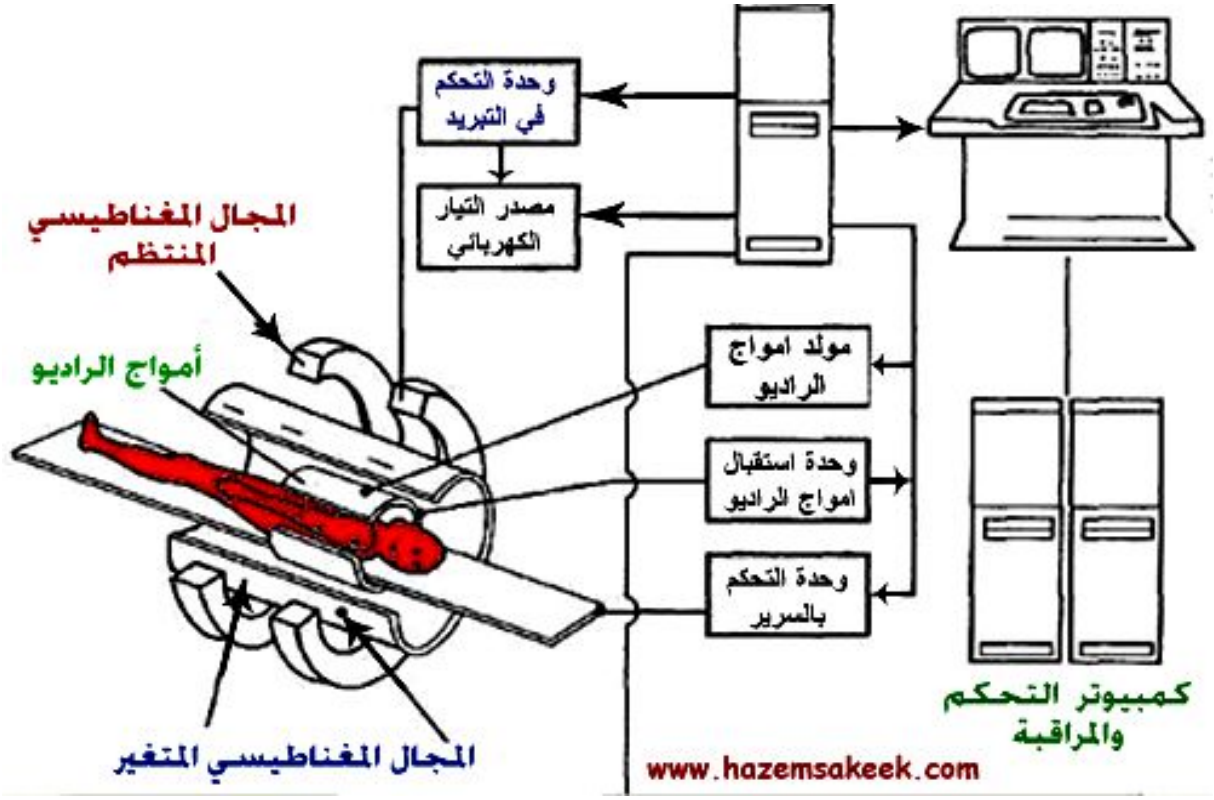
Dq: كمية الحرارة الممتصة، ds: درجة الحرارة.

❖ **تردد الرنين:**

نستخدم ظاهرة الرنين لمعالجة ذات كفاءة عالية للأنوية باستخدام المجال المغناطيسي و يتم التحكم في الحركات النووية عن طريق المجالات المغناطيسية لنواة الذرة.

❖ **الإنزياح الكيميائي:** عند تعرض نواة لحقل مغناطيسي تخضع للقانون التالي:

❖ **2 – جهاز الـــ IRM:** يتكوّن جهاز تصوير الرّنين المغناطيسي وهو أهم أجهزة الرّنين النووي المغناطيسي من الأجزاء الآتية المبيّنة بالمخطط الموضح بالشكل (رقم:09) الأتي:




شكل (رقم: 09): أجزاء جهاز تصوير الرّنين المغناطيسي.

يلاحظ عدم إمكانية تصوير الأشخاص ذوى الحجم الضخم و في حالة وجود فى الجسم مرابط معدنية.

❖ **جهاز RMN:** تتكوّن عموما من الأجزاء الآتية:

**1 - مغناطيس The magnet:** توضع العينة بين قطبي مغناطيس قوي وثابت وذلك لفصل مستويات الطاقة المغناطيسية في أنوية ذرات الهيدروجين أو أنوية الذرات الأخرى التي لها غزل مغناطيسي.

**2 - وحدة تغير شدة المجال المغناطيسي The magnetic field sweep generator:**

يمكن أن تغير شدة المجال المغناطيسي في منطقة معينة في حدود طفيفة.

**3 - مصدر إنتاج أشعة الراديو Radiofrequency:** تختار وحدة إنتاج الأشعة بناء على تردد الأشعة المطلوب توافقها مع شدة المجال المغناطيسي المستخدم فمثلا: عند استخدام مغناطيس 14.09 KG يكون تردد الأشعة 60 Hz وتكون الأشعة الناتجة مستقطبة وحيدة المستوى.

**4 - الكاشف:** يمكنه الكشف عن امتصاص أشعة الراديو Receiver coil ويتم تكبيرها وتسجيلها.

**5 - مكان وضع العينة Simple holder:** تستخدم أنابيب من زجاج قطرها الداخلي 5 مم وطولها 25 سم يثبت بها تربين يدار بالهواء يمكن بواسطته دوران أنبوبة العيّنة حول محورها الرأسي بواسطة ضغط الهواء وهذا الدّوران يقلّل من التأثير الناتج من عدم التجانس في المجال المغناطيسي الخارجي.

أجهزة MRI حديثة جدا عمرها لا يتعدى 20 عاما مقارنة بأجهزة أشعة X التي مر عليها أكثر من 100 عام ولذلك تطويرها يعد محدودا لأنها في أفضل صورة ممكنة وتعطى نتائج ممتازة وصور دقيقة وواضحة.

ممكن تطوير أجهزة MRI لتكون اصغر حجماً ومخصصة لوظيفة محدّدة مثلا: أجهزة رنين مغناطيسي مخصصة لتصوير بعض أعضاء الجسم (كالذراع أو العمود الفقري ...)

## 3 – تطبيـــقات:

نستخدم ظاهرة الرّنين **لمعالجة ذات كفاءة عالية للأنوية** باستخدام المجال المغناطيسي حيث يتم تحديد عدد النوى من نوع معين في الجزيء وكذلك موقع كل نواة في الجزيء، فيمكّن من قياس أطياف الرّنين النووي المغناطيسي **للجزيئات** التي تكون في محلول ولا تكون من المواد ذات مغناطيسية مسايرة.

و إجراء فحوص على المواد ذات المغناطيسية المسايرة وعلى المواد الصلبة و **دراسة تفاعلات الجزيئات** مع بعضها البعض، إلاّ أنّ تجهيز العيّنات وطرق تحليل أطيافها تكون عادة أكثر صعوبة.

ومن مجالاته الهامة **فحوص الحركة الانتقالية للجزيئات**، مثل تخلل الجزيئات للأغشية أو انتشارها في المحاليل وفي المواد الصلبة و **فحوص الطيف** فيمكّن بواسطة قياس زمن استرخاء الرّنين النووي الحصول على معلومات عن البنية البلورية للمواد وأنظمة حركتها الداخلية.

تحليل الرّنين المغناطيسي واسع الاستعمال في مختلف المجالات نذكر منها ما يلي:

❖ **البيولوجيا:**

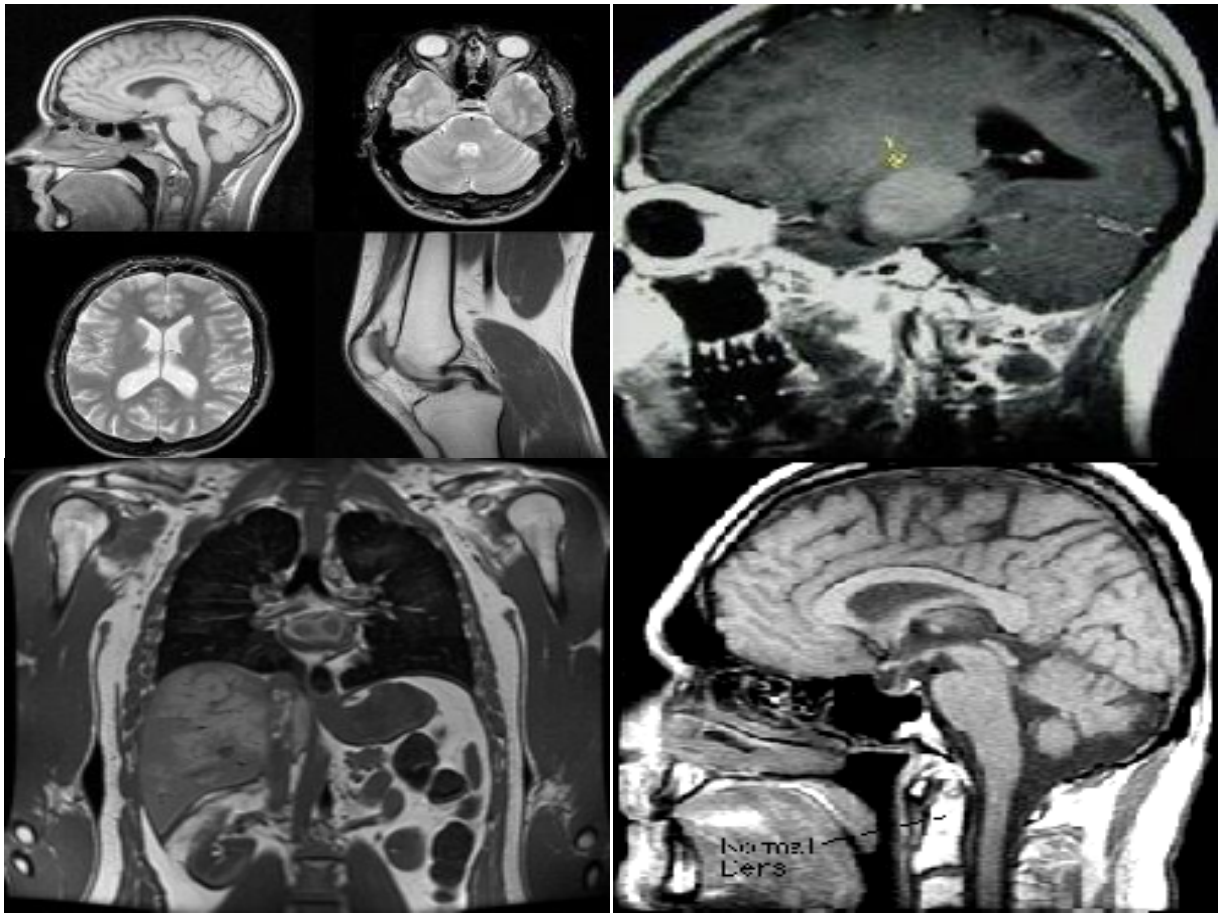
- توضيح التغيّرات المرضية للأنسجة وسوائل الجسم.
- الكشف عن الأمراض الوراثية الأيضية في البول عند الرضع.
- تعيين البنية البلورية للجزيئات (البروتين وأجزاء: RNA/DNA).
- المراقبة المستمرة لوجود البروتينات الذهنية منخفضة الكثافة في البلازما.
- تحديد الخصائص البيوكيميائية و تعيين مواد الجزيئات البيولوجية (بدون إفساد المادة).
- التحليل بالتصوير بالرّنين المغناطيسي النووي للسوائل البيولوجية مثل: البول، بلازما الدم، السائل المنوي، السائل النخاعي و سائل العين.

❖ **الكيمياء:**

- تحديد البنى الكيميائية.
- تحليل الغازات و الأجسام الصلبة.
- تحديد الجزيئات النشطة الجديدة وتقييم فوائدها ومخاطرها على الصحة.
- تقييم السمية المحتملة من خلال دراسة آثارها المطفّرة على أنظمة بدائيات و حقيقيات النواة.
- الوقاية من الأزمات الغذائية بحيث يمكن تكييف هذه التقنية مع أي منتج غذائي من خلال البصمات الطيفية التي تستخدم للسيطرة على تعقب المواد الخام .

❖ **الطب:** جهاز IRM يعطي صورا فائقة الدّقة و بالغة الأهمية مثلا الصور العلاجية المبيّنة في الشكل (رقم: 10) تمكّن الطبيب من التشخيص نتيجة وفرة التفاصيل عالية الدّقة، مقارنة بأجهزة التصوير الطبية الأخرى يعتبر التصوير بطيف الرنين النووي المغناطيسي الأكثر أهمية و عديد الاستعمالات نذكر منها ما يلي:

- توضيح الأنسجة وسوائل الجسم.
- تشخيص مثل: تصوير الأوردة والشرايين أو تصوير التغيّرات العصبية في الدّماغ.
- يستخدم لتخطيط الخطط العلاجية القائمة على العلاج الإشعاعي.
- مشاهدة وفحص الجلد و داخل جسم الإنسان بدقة عالية (مقارنة مع أجهزة التصوير الطبية الأخرى).
- تدفق الدم في كل جسم الإنسان حتى في أدق الشعيرات الدموية مما يسمح بانجاز الدّراسات على أنظمة و أجهزة الإنسان الرئيسية .



أ - صورة IRM لشخص مصاب بالسرطان في الدّماغ ب - صور IRM للأعضاء الداخلية للإنسان

شكل (رقم: 10): صور بالرّنين المغناطيسي للتشخيص الطبي.