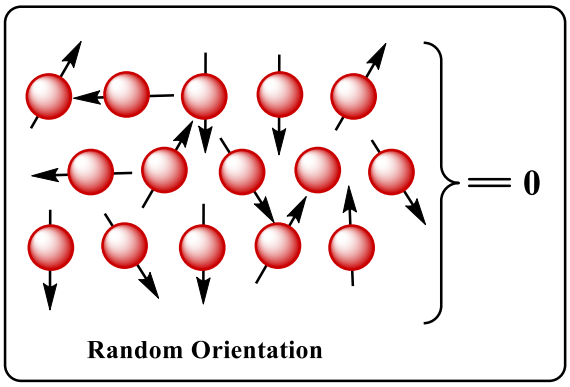
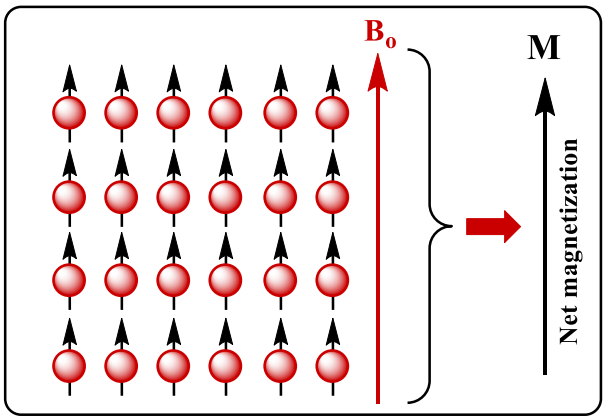
البروتونات والمجال المغناطيسي الخارجي Protons and external Magnetic field :

يتم العمل بهذه التقنية ضمن منطقة تردد الاشعة الراديوية Radio frequency (rf) وبوجود مغناطيس خارجي قوي ، ففي غياب المجال المغناطيسي الخارجي لا يكون هناك اتجاه ثابت للعزوم المغناطيسية للبروتونات وتكون عشوائية Random ومحصلة العزوم المغناطيسية لها مساوية للصفر وكما موضح في ادناه .

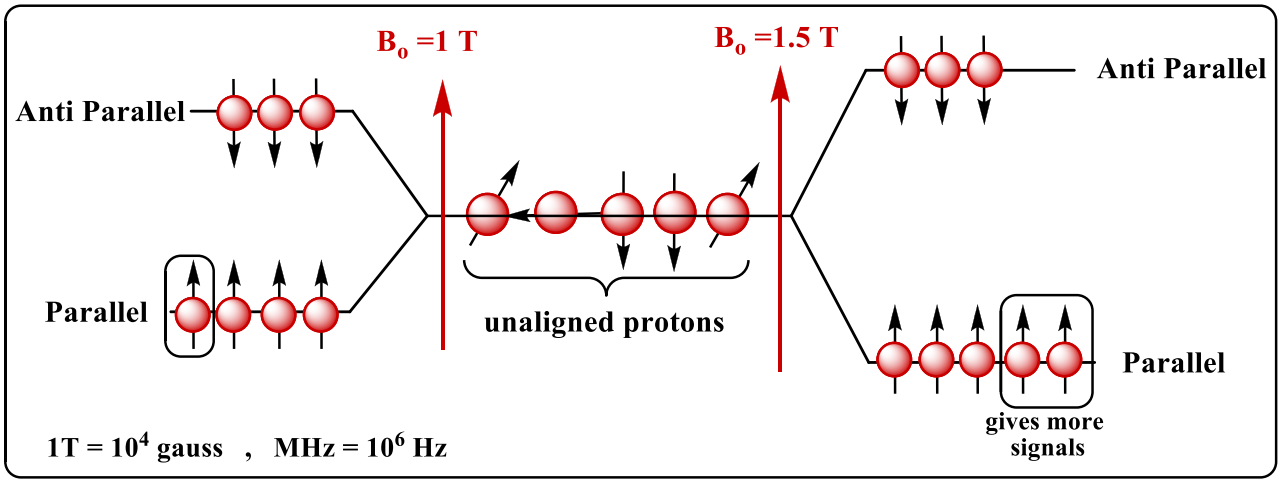


عند تسليط مجال مغناطيسي خارجي $\mathbf{B_o}$ على هذه البروتونات فإنها تعيد ترتيب نفسها Reorientation بحيث تكون اما موازية لاتجاه المجال المغناطيسي $\mathbf{B_o}$ وهذه تكون واطئة الطاقة ؛ او ان تكون بعكس اتجاه المجال المغناطيسي $\mathbf{B_o}$ وهذه تكون عالية الطاقة ، فلو تم وضع مليون بروتون بمجال مغناطيسي 300 MHz لكان 500024 بروتون موازية لاتجاه المجال المغناطيسي $\mathbf{B_o}$ و 499976 بعكس اتجاه المجال المغناطيسي $\mathbf{B_o}$.

ان العدد 24 للبروتونات ستكون هي المسؤولة عن حصول الرنين ، من خلا تكوينها محصلة مغناطيسية Net Magnetization يرمز لها بالرمز M



يعتمد عدد البروتونات المسؤولة عن اعطاء اشارات الرنين على قوة المجال المغناطيسي المطبق فكلما ازدادت القوة ازداد العدد .

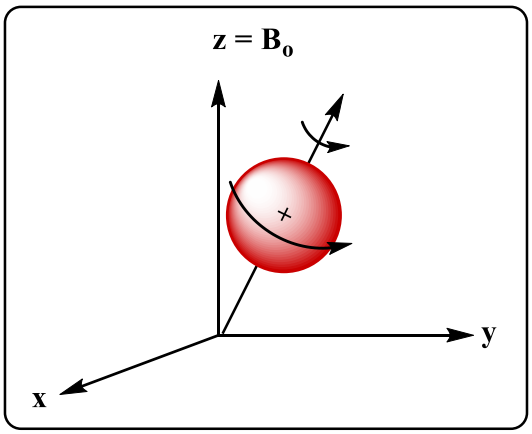


ميكانيكية عمل الرنين النووي المغناطيسي *Mechanism of NMR*

عند وضع البروتون بمجال مغناطيسي خارجي قوي فسنلاحظ حصول العمليات التالية

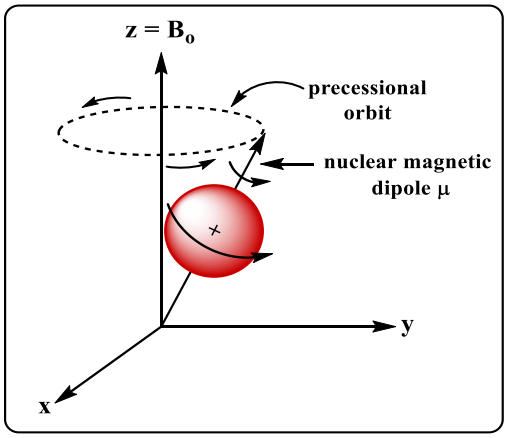
1- Larmor precession .
2- Zeeman Effect.
3- Spin flip.

1- **Larmor precession** : عند وضع البروتون (الذي يبرم Spin حول نفسه) في المجال المغناطيسي الخارجي والذي يكون له ثلاث اتجاهات x,y,z ويكون اتجاه هذا المجال $\mathbf{B_o}$ متطابق على المحور z سيحصل هناك ميلان لمحور هذا البروتون .



بعد ميلان البروتون فانه يدور حول محوره كما ان العزم المغناطيسي ثنائي القطب μ للبروتون يبدأ بالدوران حول محور المجال المغناطيسي المطبق $\mathbf{B_o}$ والمساوي للمحور z وبمسار دائري بعملية تدعى precession وهذه تحدث بسرعة معينة تدعى Larmor frequency وهذا التردد يعتمد على قوة المجال المغناطيسي المطبق $\mathbf{B_o}$ فقط وكما يلي :

$$\upsilon_L = \gamma . B_o$$

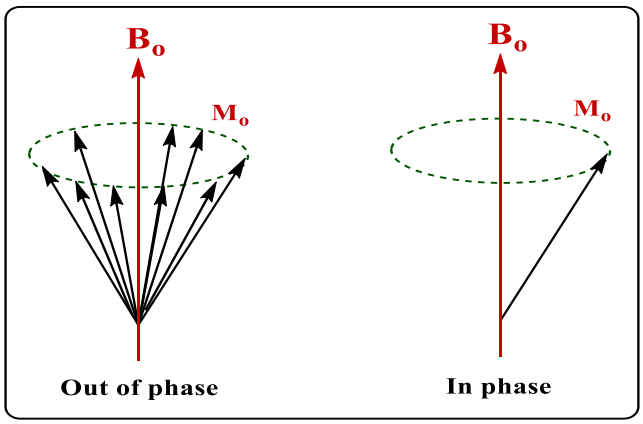


وبدوران البروتونات الموجودة في العينة والتي تكون زائدة عن نصف العدد (24 في حال كان هناك مليون بروتون) ينتج عزم مغناطيسي يرمز له بالرمز (M) ويكون باتجاه المحور Z تقريباً .

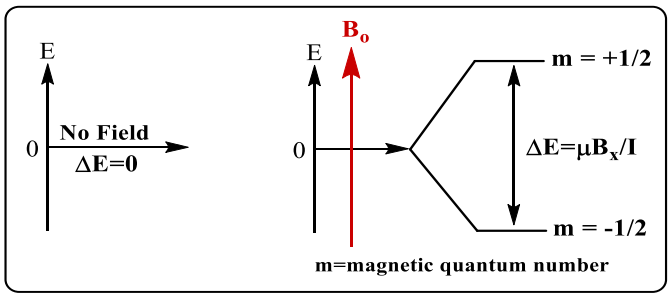
يوجد نوعين لحركة البروتونات المكونة للعزم المغناطيسي M حول محور $\mathbf{B_o}$ المطبق هذا وكما يلي

أ- دوران جميع البروتونات سويةً وتدعى In phase

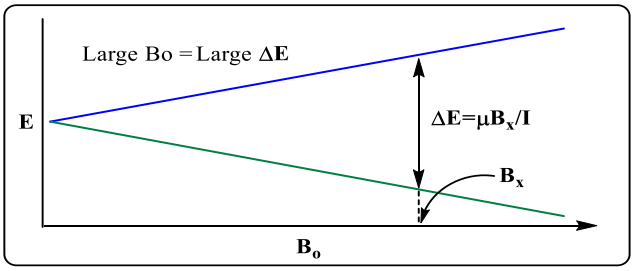
ب- دوران البروتونات بصورة مختلفة وتدعى Out of phase



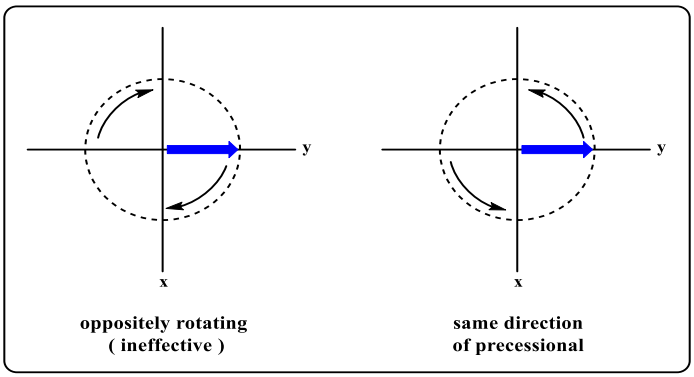
2- **Zeman Effect** : بعد اصطفاف البروتونات مع وضد المجال B_o يحصل انفصال لمستويات هذه البروتونات وحسب طاقتها فلو كان I=1/2 فهنا سنلاحظ وحسب العلاقة 2I+1 وجود مستويين للطاقة وكما يلي :



يزداد فرق الطاقة بين المستويين كلما زادت قوة المجال المغناطيسي الخارجي B_o وكما موضح فيما يلي :



3- **Flip Spin** : ان الهدف الرئيسي من عملية قلب برم البروتون هو لجعل اتجاه صافي المغنطة M_o في المستوى xy وقياس محصلتها النهائية بهذا المستوى وكل هذه العملية تتم من خلال وضع ملف مولد لذبذبات التردد الراديوي (RF oscillator) على المحور x ويكون عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي المطبق B_o وتكون وضيفة هذا الملف هي توليد موجة مستمرة من الترددات التي تغطي المنطقة الراديوية (continuous wave CW) وهذه تعطي مجال مغناطيسي B_1 على طول اتجاه المحور x الذي يمكن ان يكون له اتجاهين اما ان يكون اتجاهه بعكس اتجاه عملية precession وهذا الاتجاه غير فعال او ان يكون بنفس اتجاه عملية precession وهذا يكون فعّال .



وبتسليط حزمة من الترددات الراديوية (frequency scan ν_1) على المجال B_1 فان تطابق تردد دورانه مع تردد الاشعاع يحدث الرنين ، ويدعى التردد الذي يدور به المجال B_1 عند حدوث عملية الرنين Larmor frequency ويرمز بالرمز ν_L . ان المحصلة المغناطيسية المتولدة في المستوى xy يمكن تحسسها بواسطة ملف استلام موضوع في نفس المستوى xy يعمل على ترجمة الاشارات المستلمة الى طيف يمكن من خلاله معرفة تفاصيل العينة قيد الدراسة .