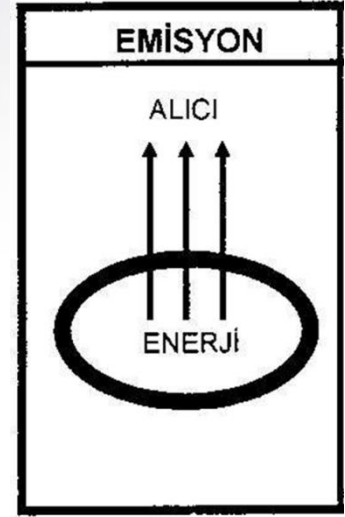


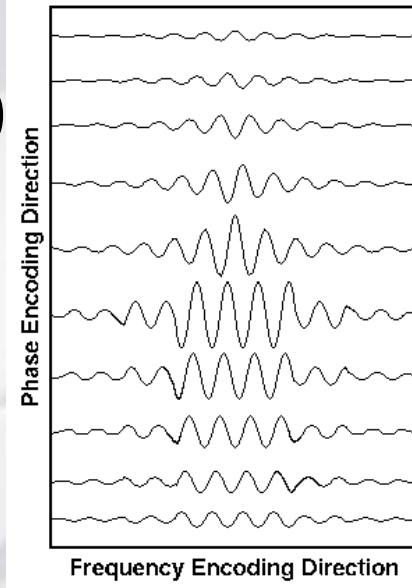


MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME ve MR FİZİĞİ II

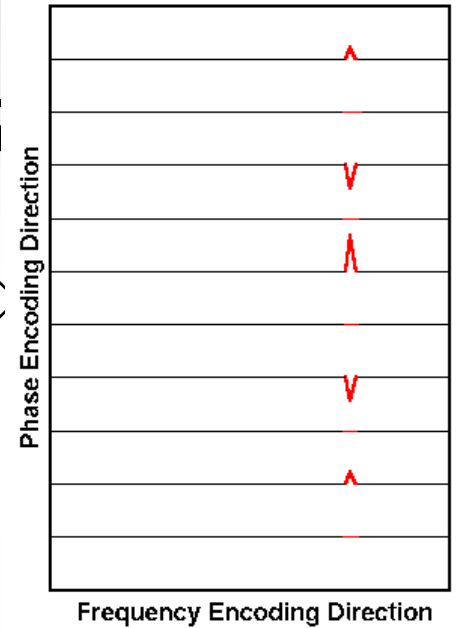
- Multiplanar görüntü
- İyonizan radyasyon kullanılmaz.
- Kontrast madde kullanmaksızın vasküler yapıları görüntüleyebilme olanağı vardır (MR anjiyografi).
- Spektroskopi



The 2-D Trans

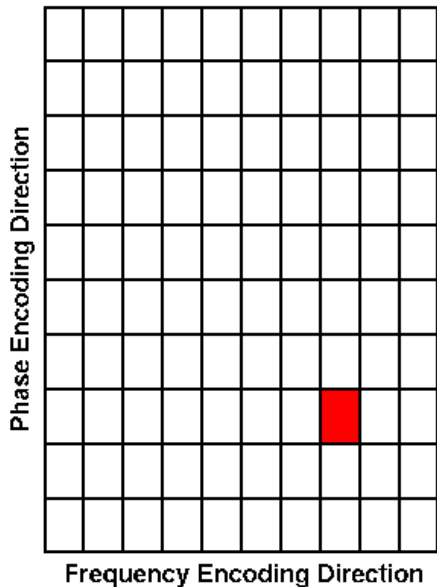
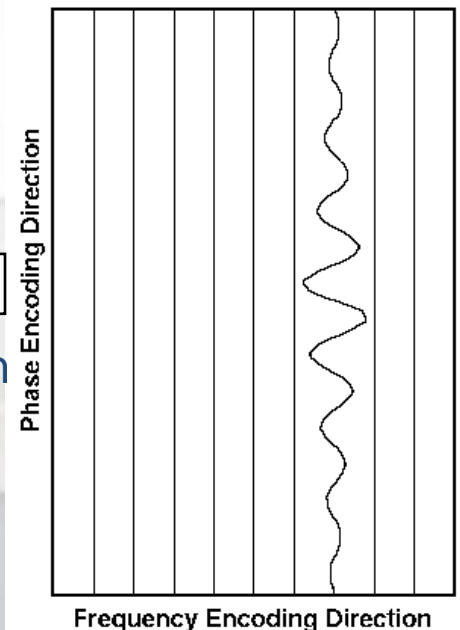
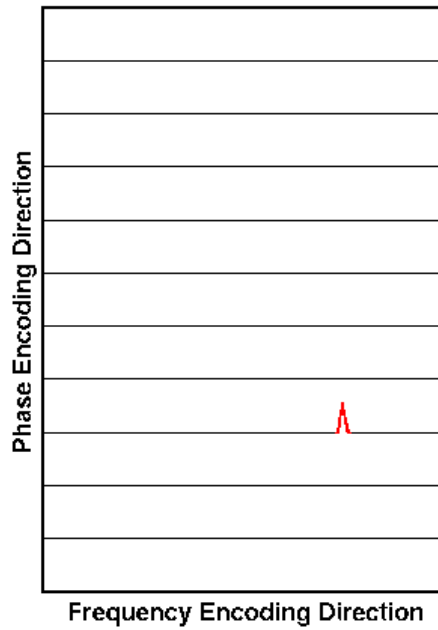


1D FT
by row

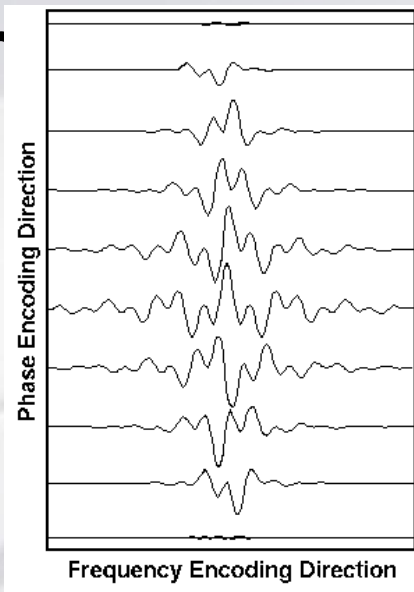


$|ot|$

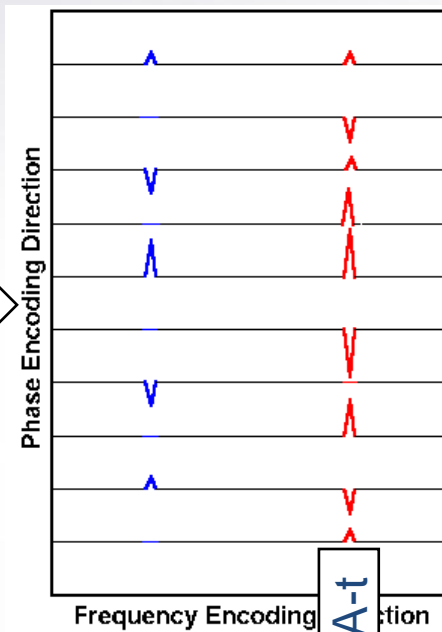
FT
by column



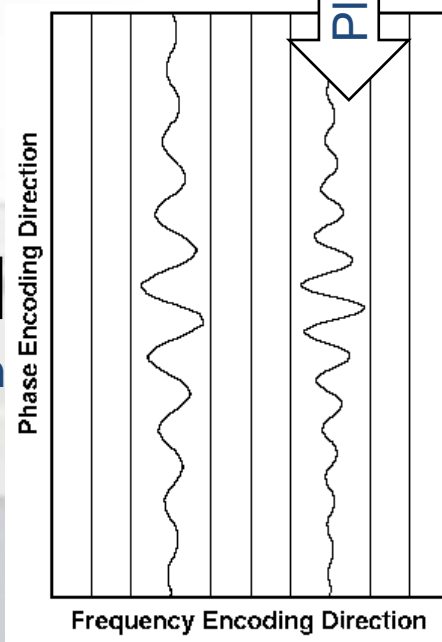
The 2-D Fourier Transform



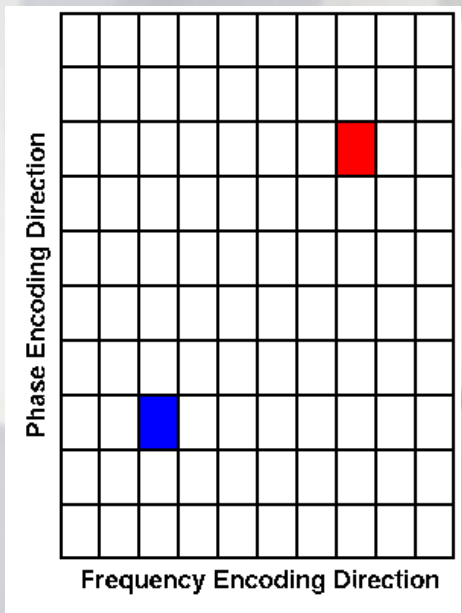
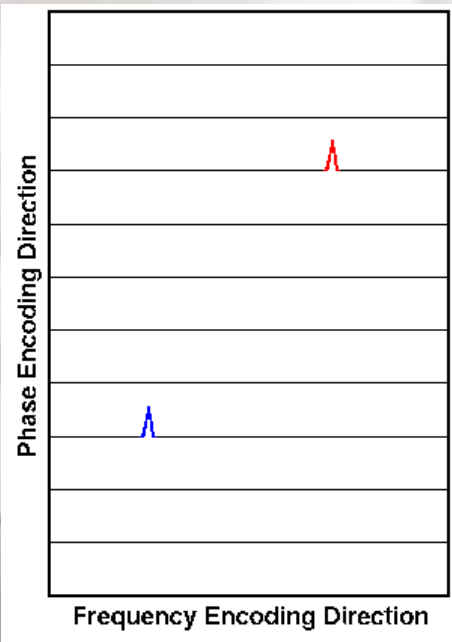
1D FT
by row



Plot A-t



FT
by column



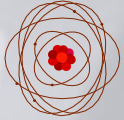
Akım Yüklü Parçacıkların Hareketi

$$I = \frac{q}{t}$$

Denklemde;

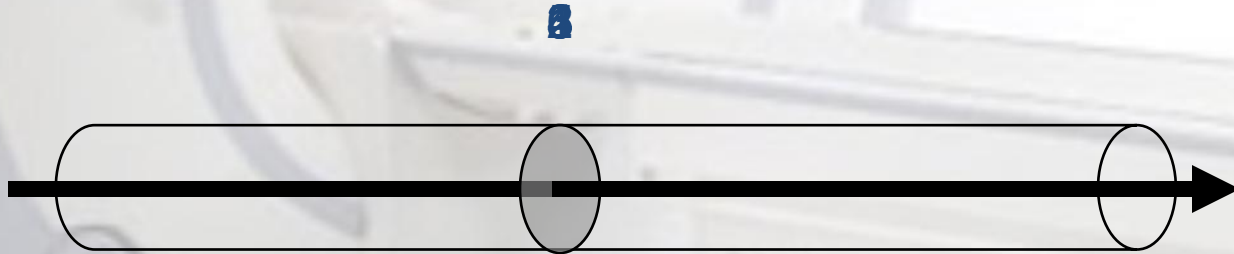
- q yük
- t zaman
- I akım

Bir iletken içinde yüklü taneciklerin hareketi elektrik akımını oluşturur. Üzerinden akım geçen iletkene etkiyen magnetik kuvvet akımı oluşturan yüklü taneciklere etkiyen toplam magnetik kuvvete eşittir.



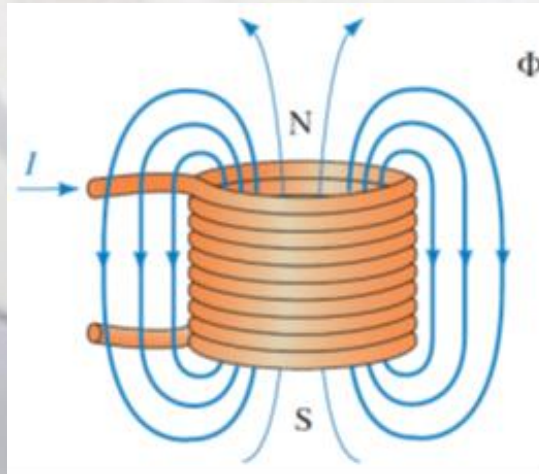
sodyum atom

sodyum iyonları

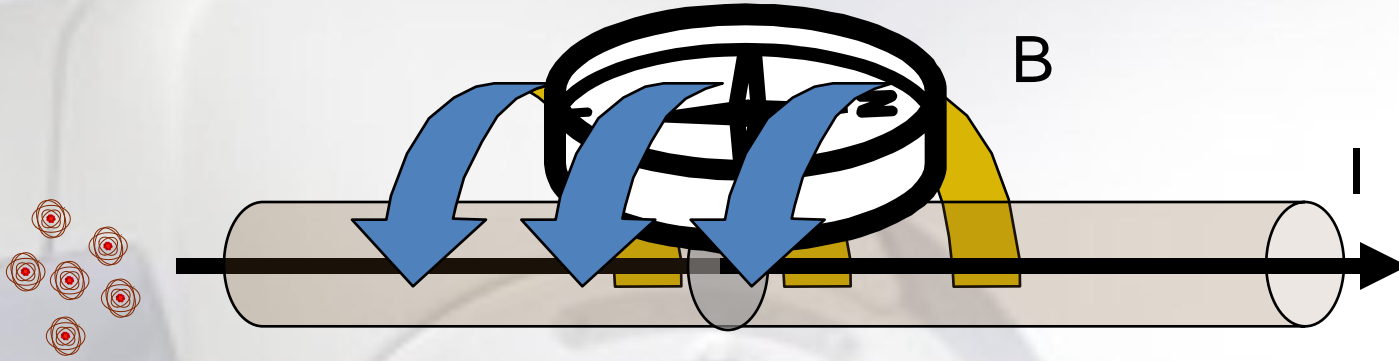


$$I = \frac{dQ}{dt} \frac{6 \text{ atom}}{3 \text{ saniye}}$$

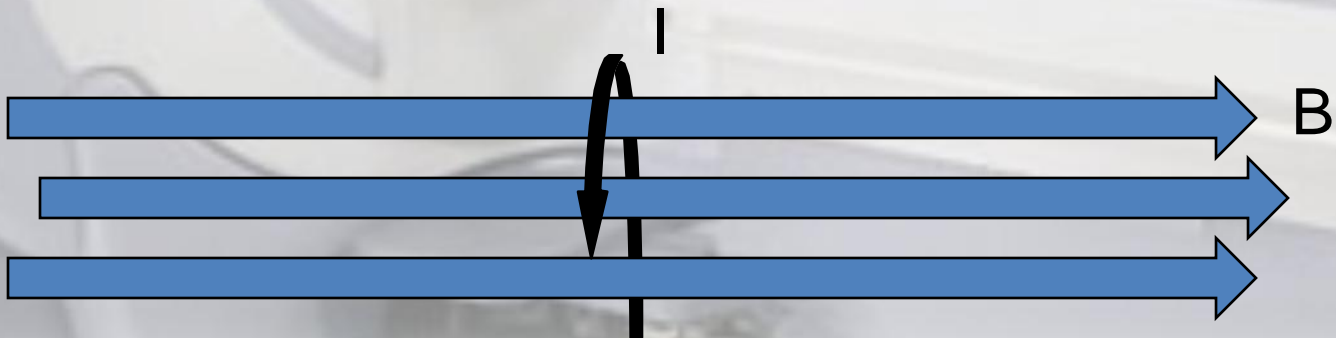
- İçinden akım geçen bir iletkenin etrafında bir manyetik alan meydana gelir.
- Eğer iletken bir bobin şeklinde sarılırsa, toplam manyetik alan her bir iletkenden geçen manyetik alanların toplamına eğit olur.



Her Akım Manyetik Alan Meydana Getirir.

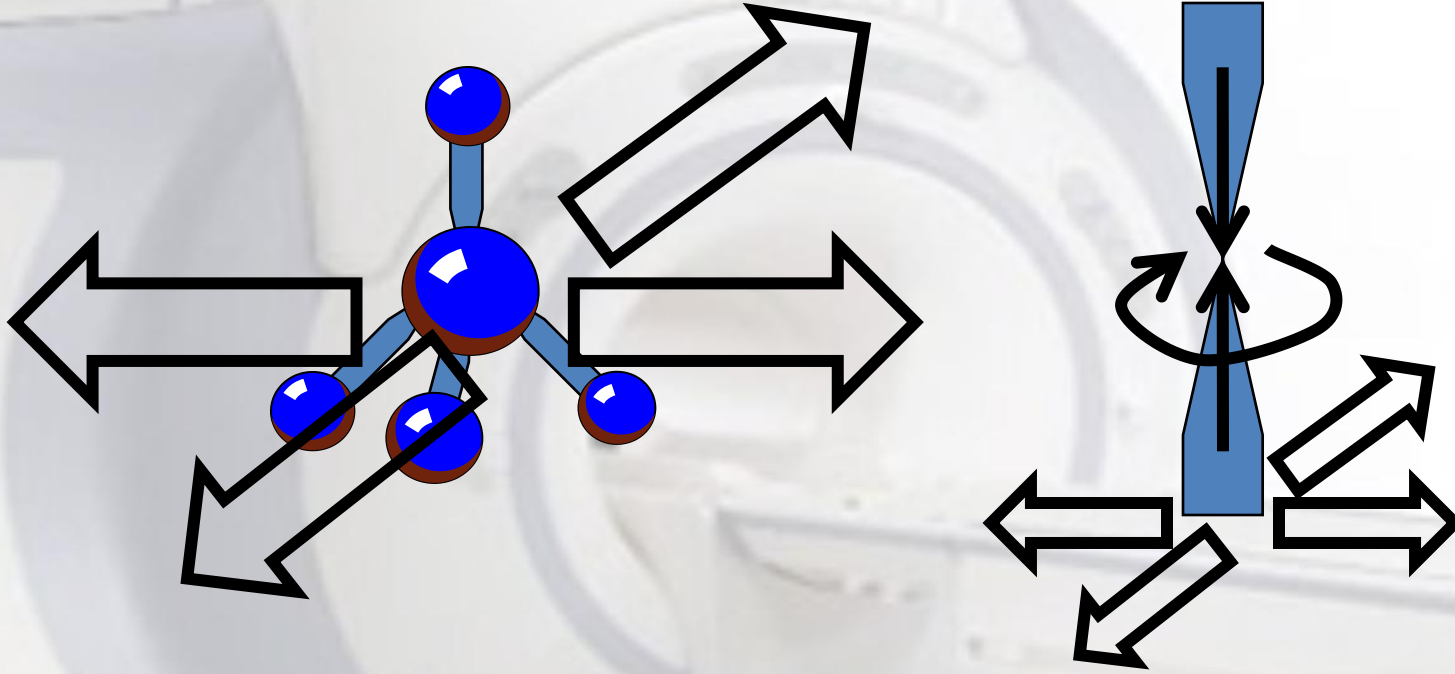


- Akım ve manyetik alan her noktada dik olmalıdır.



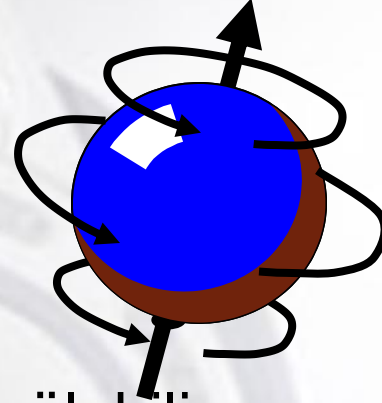
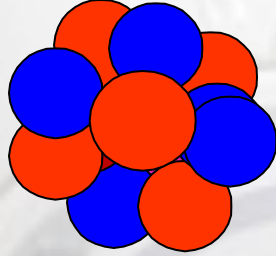
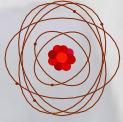
Termal Enerji Moleküler Hareket Olarak Depolanır.

- 0 K'de, tüm moleküler hareket durur.
- Isı eklendikçe, moleküller ısıyı çeşitli şekillerde emerek hareket eder:

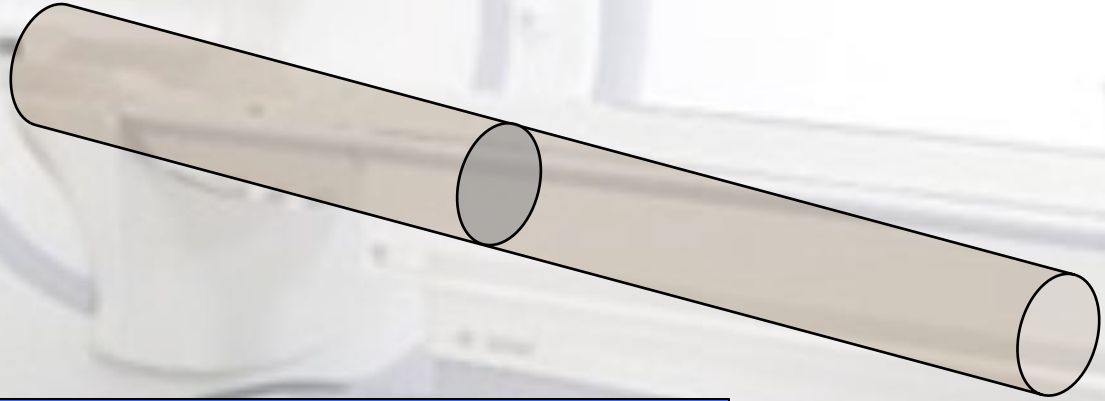
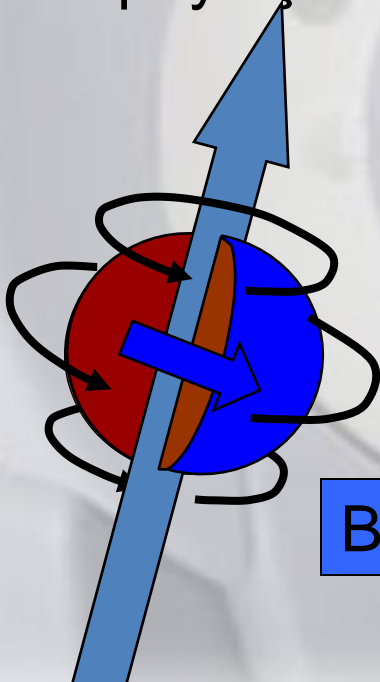


- Termodinamiğin ikinci kanunu, mevcut tüm termal enerji depolama mekanizmalarının kullanılmasını gerektirir
- Daha basit moleküller için mevcut seçenekler daha azdır

Protonlar dönen Yüklü Parçacıklardır.



- Yük paylaşmış olarak düşünülebilir.



Bu bir manyetik momenttir.

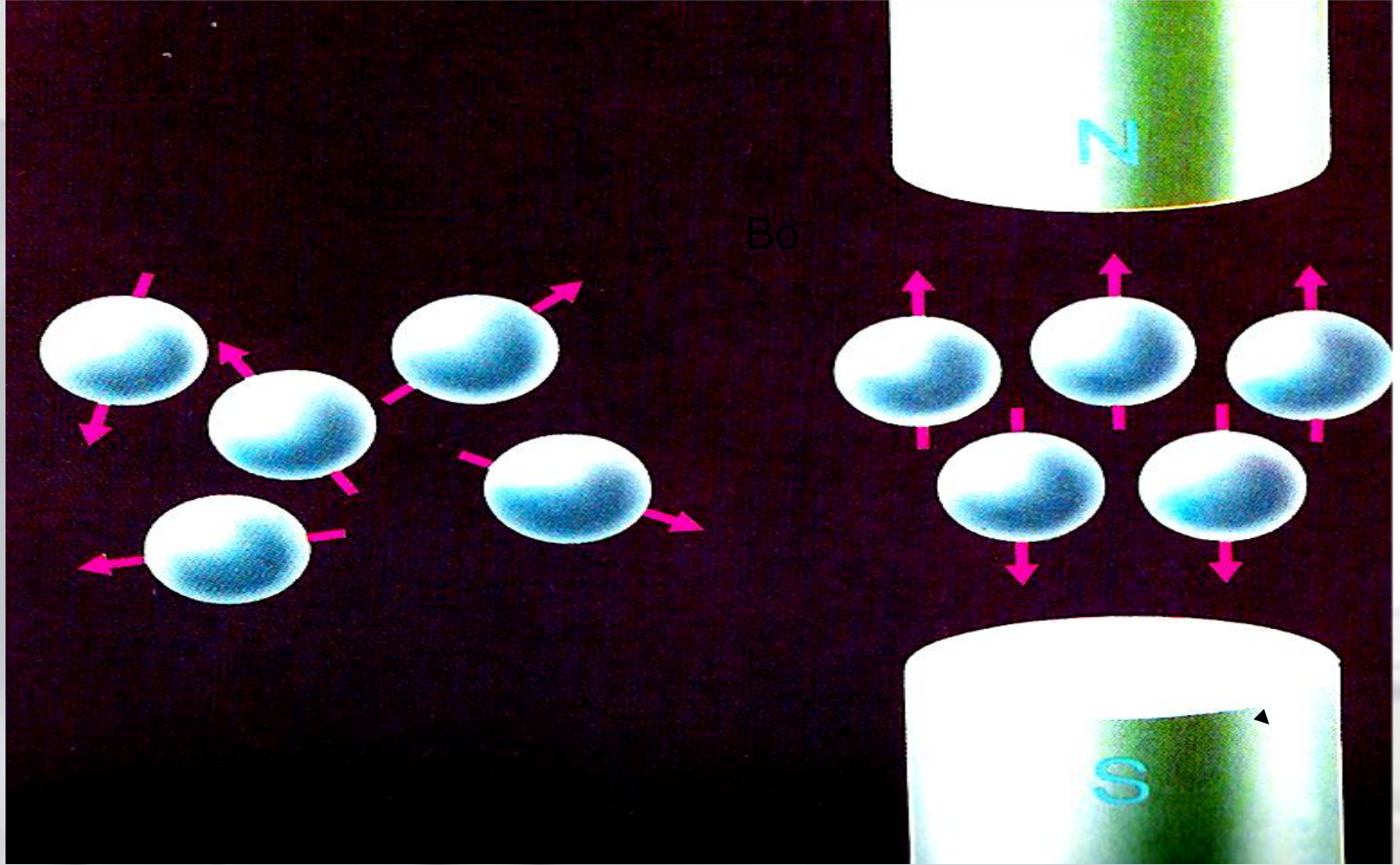
DOKU MANYETİZASYONU

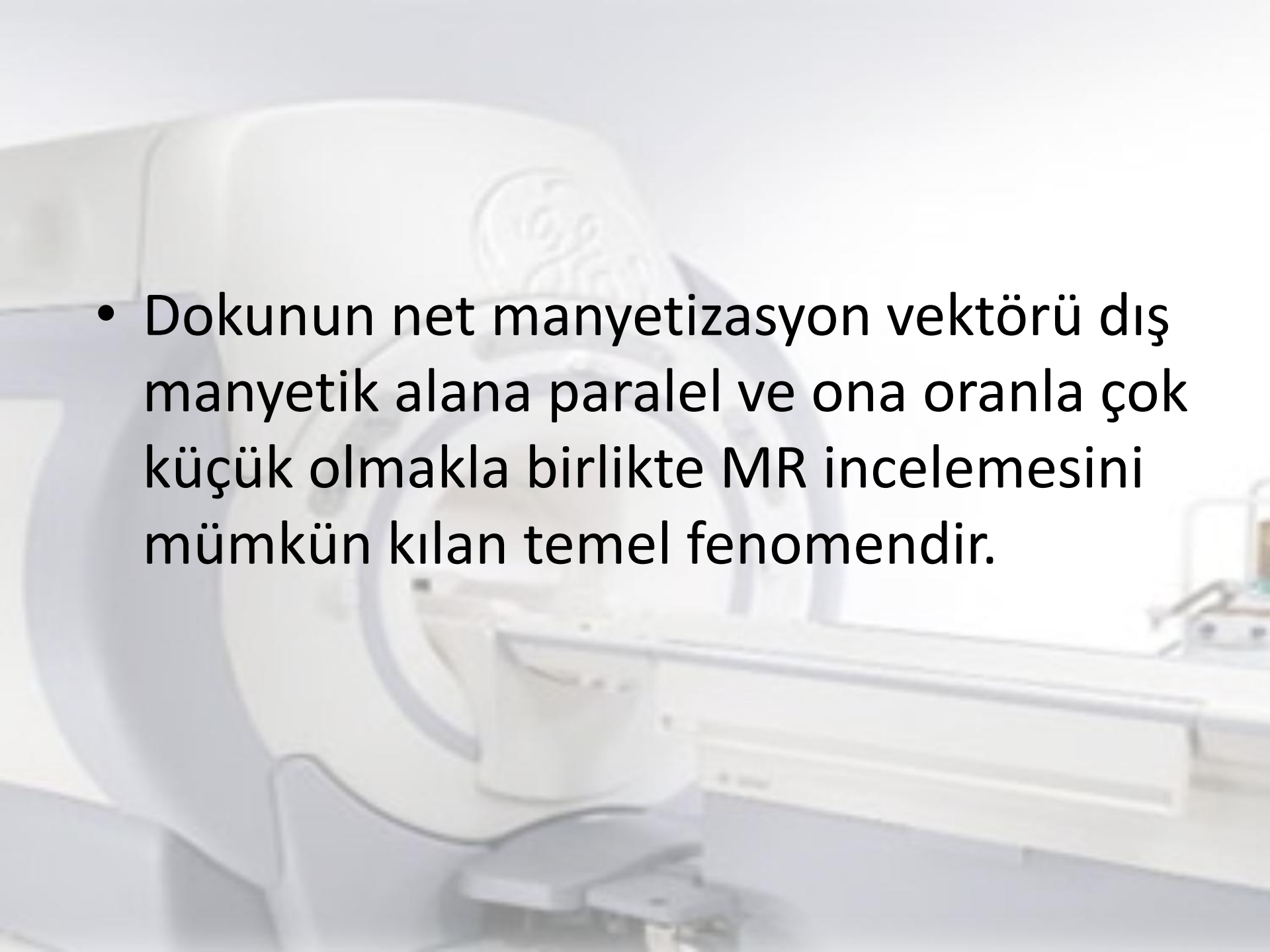
- Normal koşullarda, dokulardaki protonlar (hidrojen atomları) rastgele yönlerde dönerler.
- Birbirine zıt yöndeki dipoller, bir diğerrinin etkisini karşılıklı olarak nötralize edeceğinden, sonuçta **dokuda net bir manyetizasyon oluşamaz.**

MANYETİZASYON

- Protonlar ve nötronların yaptığı dönme hareketine “**spin**” hareketi denir.
- Elektriksel yük taşıyan partiküllerin spin hareketleri, çevrelerinde manyetik alan oluşturmakta ve her biri küçük birer **mıknatıs** gibi davranmaktadırlar.

PROTONLAR YÜKSEK MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE PARALEL VE ANTI PARALEL DİZİLİRLER.

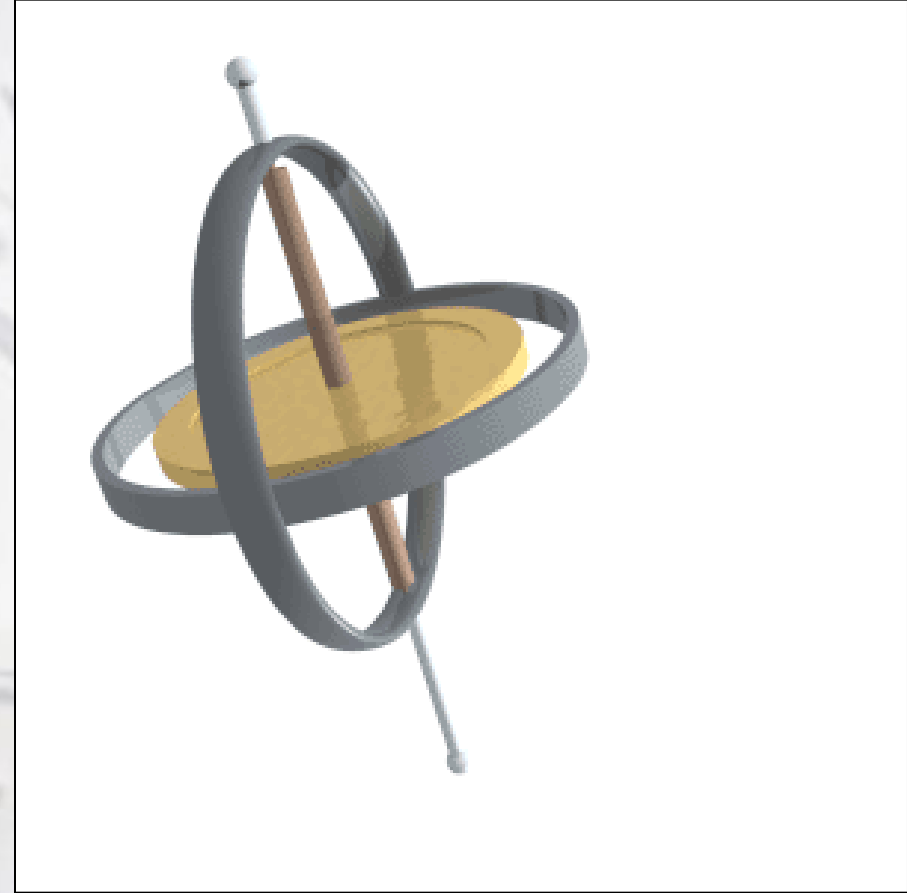
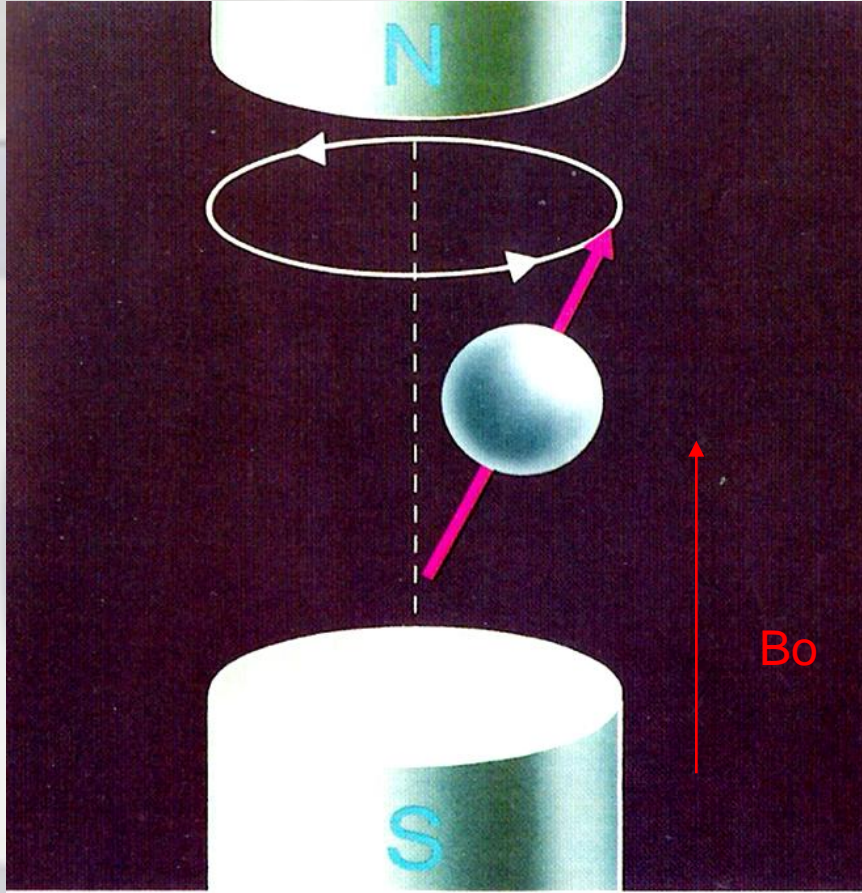


- 
- Dokunun net manyetizasyon vektörü dış manyetik alana paralel ve ona oranla çok küçük olmakla birlikte MR incelemesini mümkün kılan temel fenomendir.

SALINIM HAREKETİ (PRESESYON)

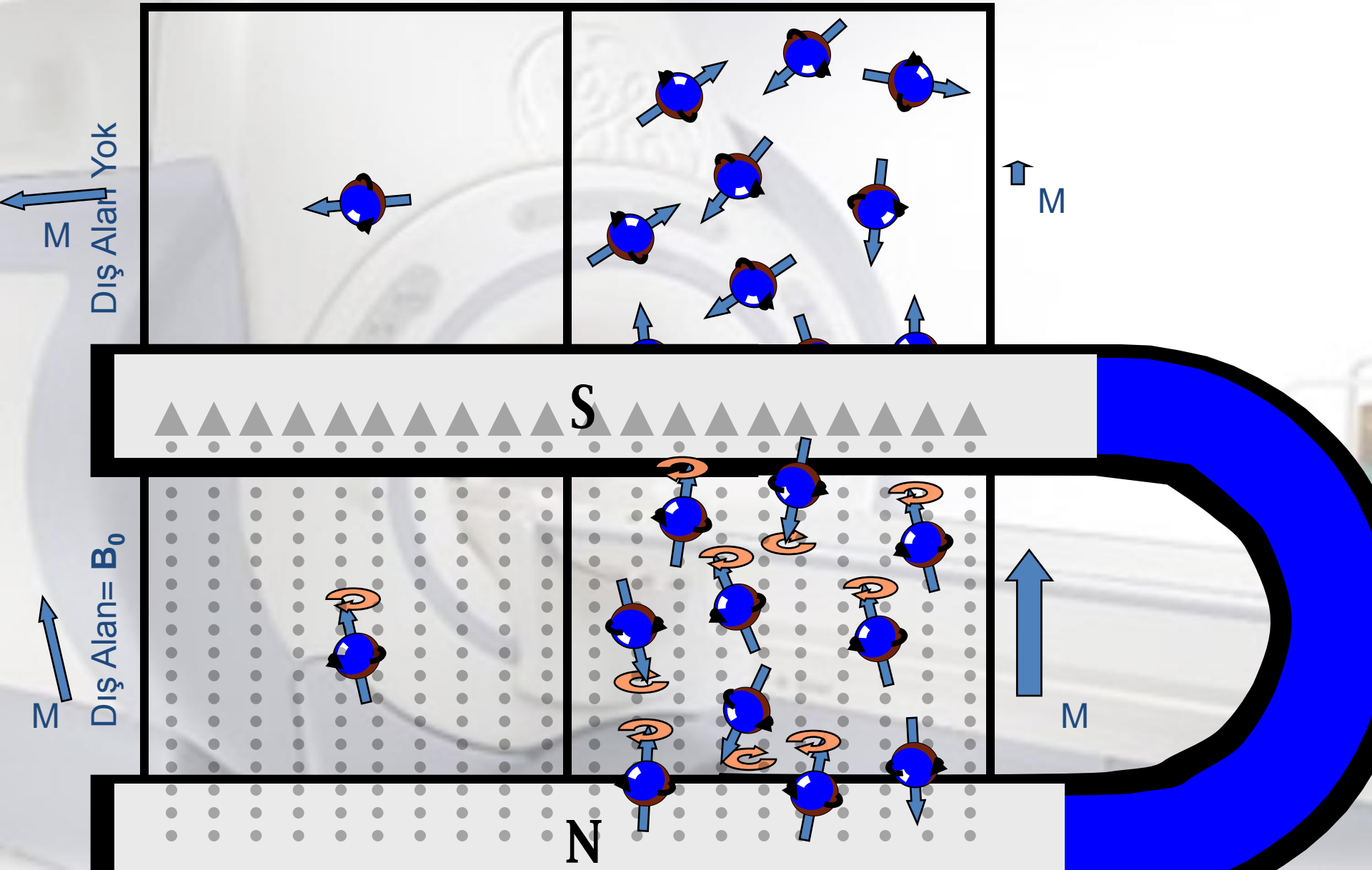
- Tek bir proton kendi etrafında dönmekle birlikte, B_0 vektörü çevresinde de topacın salınma hareketine benzer şekilde yaptığı harekete “**salınım (presesyon) hareketi**” denmektedir.

PROTONLARIN SPİN VE PRESESYON HAREKETİ BİR TOPACIN DÖNÜŞÜNE BENZER



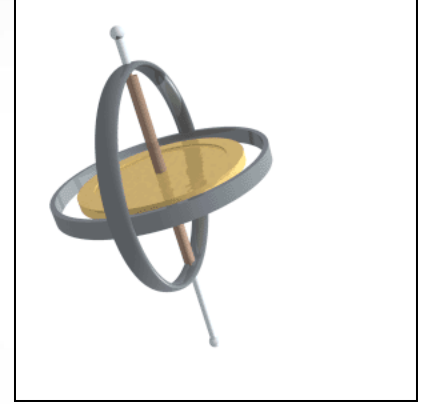
Tek Proton

Protonlar topluluğu

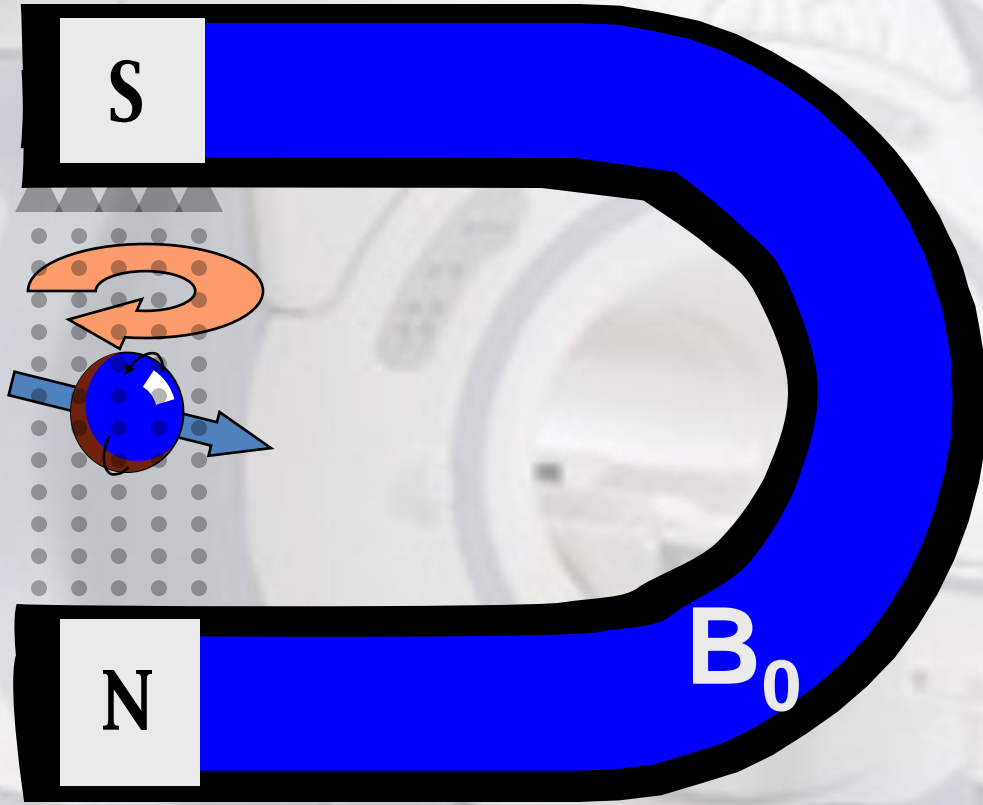


SALINIM HAREKETİ (PRESESYON)

- **Presesyon, dönen bir cismin eksen yönünde bir değişikliği ifade eder.**
- Tam küre olmayan veya küresellikten uzaklaşan her gök cisminin dönüşü aynı zamanda presesyon hareketini de beraberinde taşır.
- Bu hareket, tam küre olmayan bir topaça dönmenin sonlanmaya başladığında gözlemlediğimiz kafa sallaması hareketinde olduğu gibi şekilde tanımlanabilir.



- Manyetik alan uyguladığımızda protonlar için;



- İki etki söz konusudur.
 - Dış manyetik alanla spinlerin hizalanması
 - Presesyon
- Bu etkiler ilişkili olsa da, birbirinden farklıdır.

LARMOR DENKLEMİ

Protonların B_0 etrafındaki salınım frekansı “**larmor**” formülü ile ifade edilmektedir.

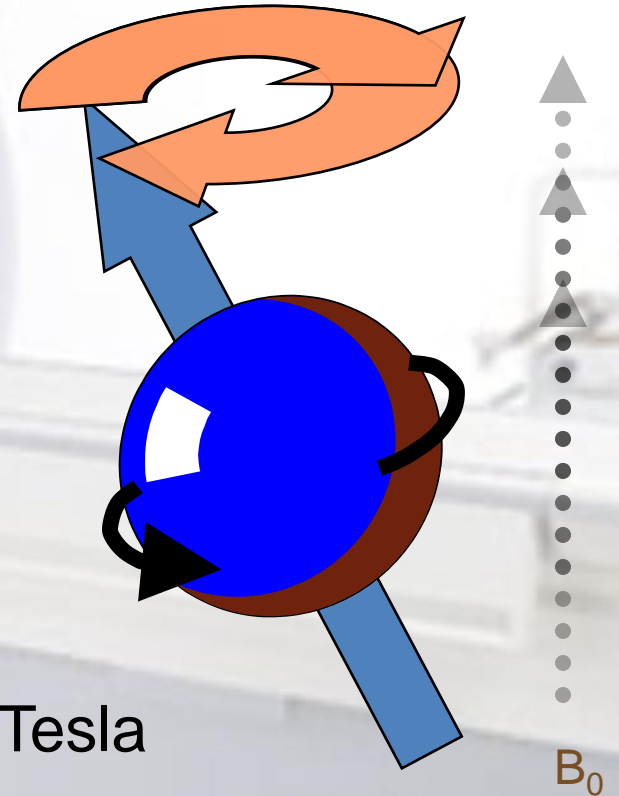
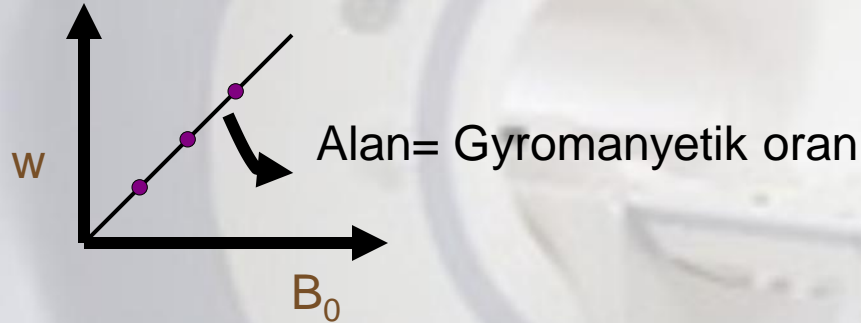
$$\omega = \gamma \times B_0$$

- ω = Salınım(presesyon) frekansı
- B_0 = Magnet gücü (Magnetlerin güç birimi Tesla'dır.)
- 1 Tesla= 10.000 gauss
- γ = Gyromanyetik sabit

LARMOR DENKLEMİ

- Protonların B_0 etrafındaki salınım frekansı "larmor" formülü ile ifade edilmektedir.
 - $B_0 = 0$ olduğunda sıfırdır.

$$\omega = \gamma \times B_0$$



- Protonlar için ω yaklaşık olarak 42 MHz/Tesla

LARMOR DENKLEMİ

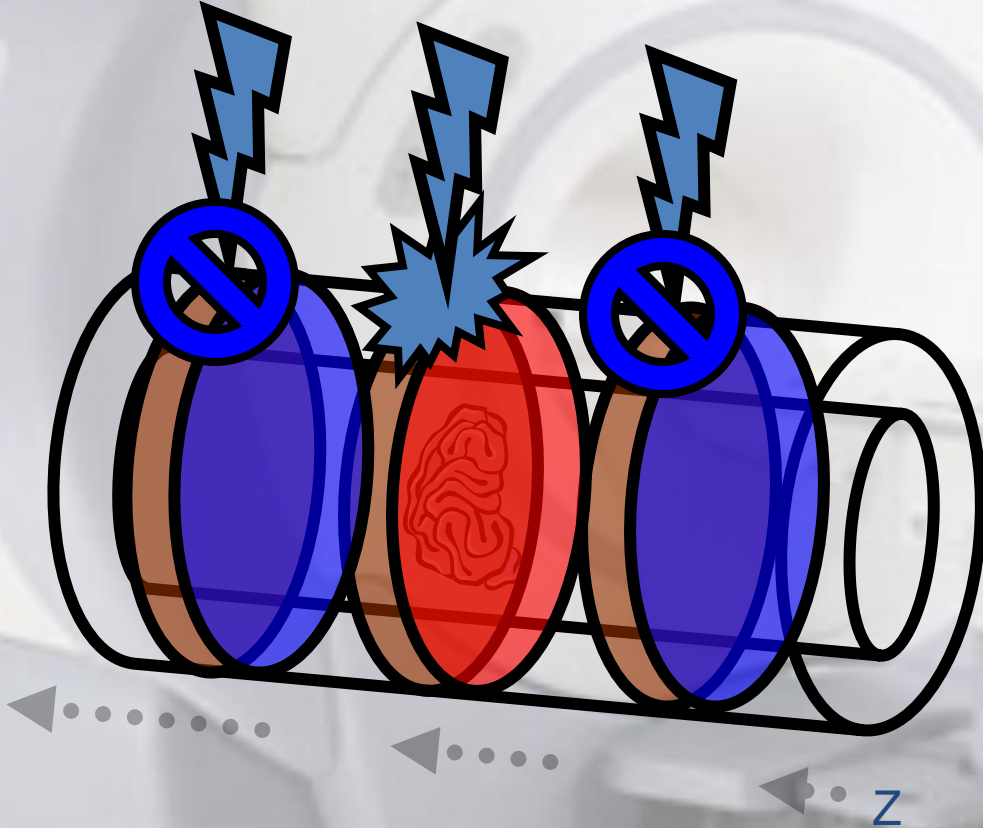
Larmor denklemi veya frekansı;

$$\omega = \gamma \times B_0$$

- γ değeri her atom çeşidi için aynı olmayıp, vücudumuzda bulunan atom çeşitleri arasında farklılıklar göstermektedir.

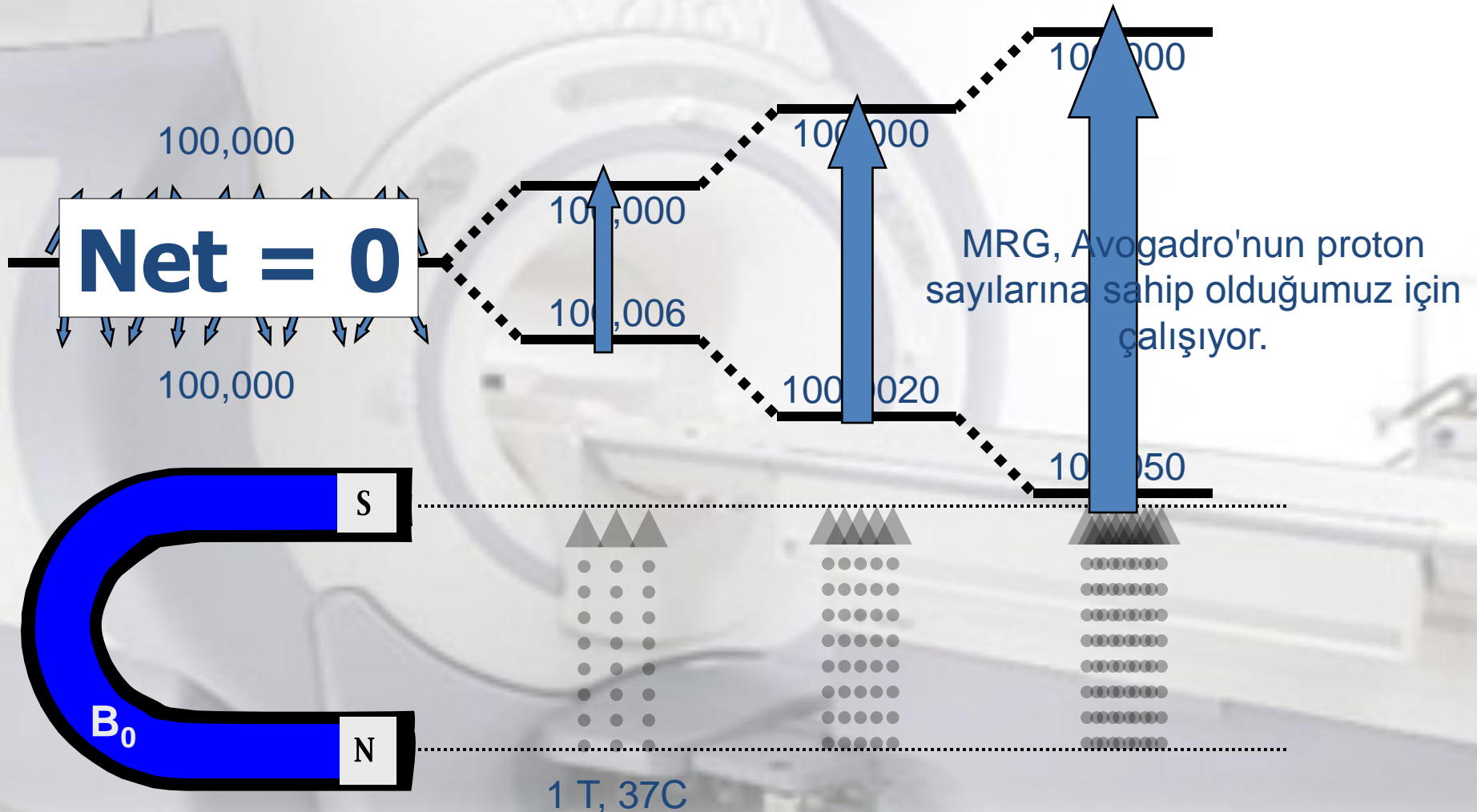
- Presesyon yapmakta olan atomları özel bir radyo frekans dalgası (RF sinyali) ile uyarmak ve enerji aktarımı yapmak mümkündür.
- Uyarıcı RF dalgasının frekansı, presesyon frekansına eşit olduğunda (Larmor frekansı) atomla etkileşerek enerji transferini gerçekleştirebilmektedir.

- Larmor frekansı B_0 dış manyetik alana bağlıdır.
- B_0 değışkenini değıştirerek, yalnızca ilgili kısmın belirli bir bölümünü uyaracak şekilde bir frekans seçebiliriz.

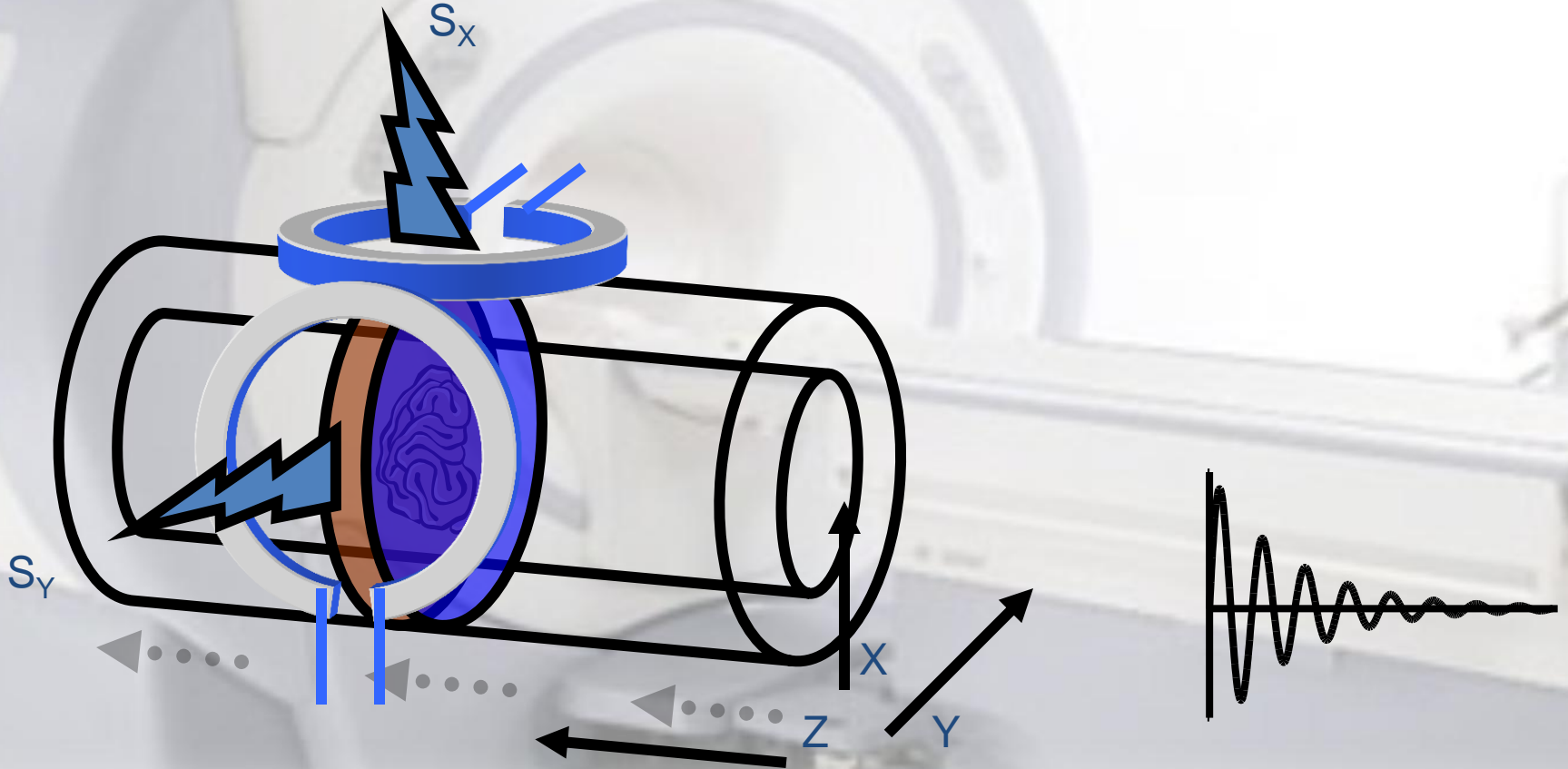


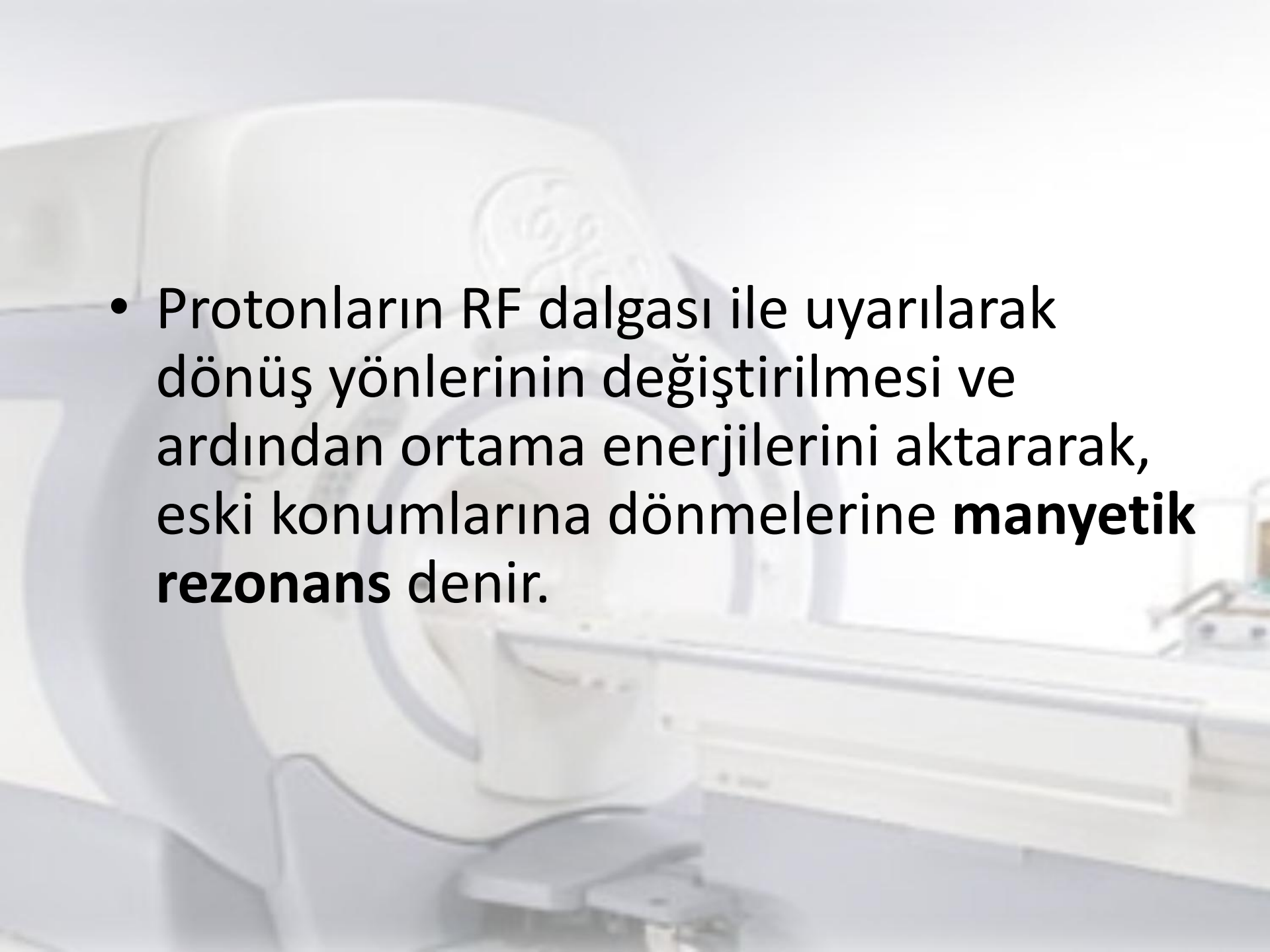
- Farklı B_0 değeri fotonları farklı enerjilere ihtiyaç duyacak şekilde ayarlar (w)

Farklı enerji seviyelerinde



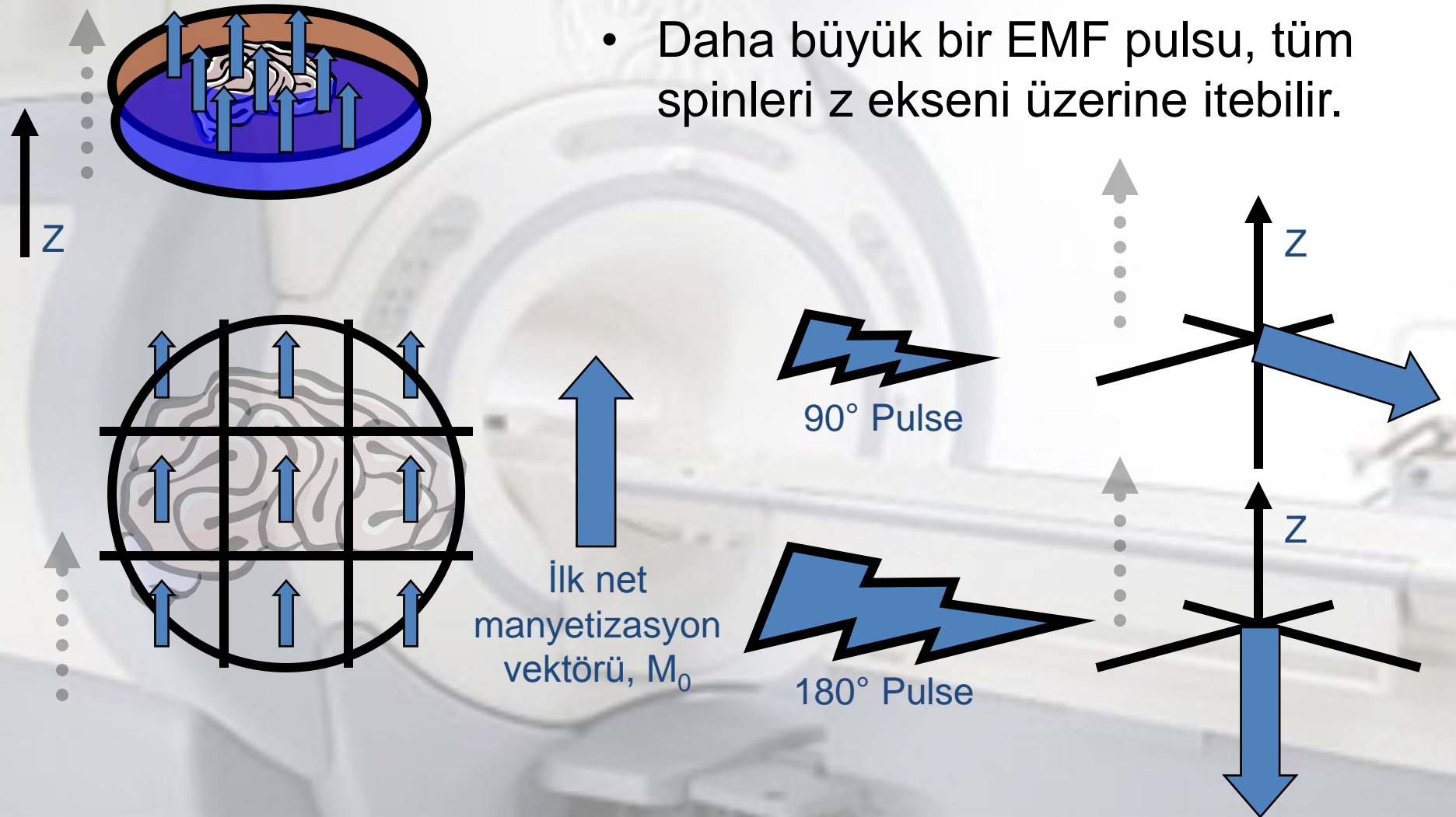
- Farklı atomların presesyon frekanslarının da farklı olması nedeniyle, RF dalgasının frekansı ayarlanarak, manyetik alan içerisinde istediğimiz atomları uyarabiliriz.



- 
- Protonların RF dalgası ile uyarılarak dönüş yönlerinin değiştirilmesi ve ardından ortama enerjilerini aktararak, eski konumlarına dönmelerine **manyetik rezonans** denir.

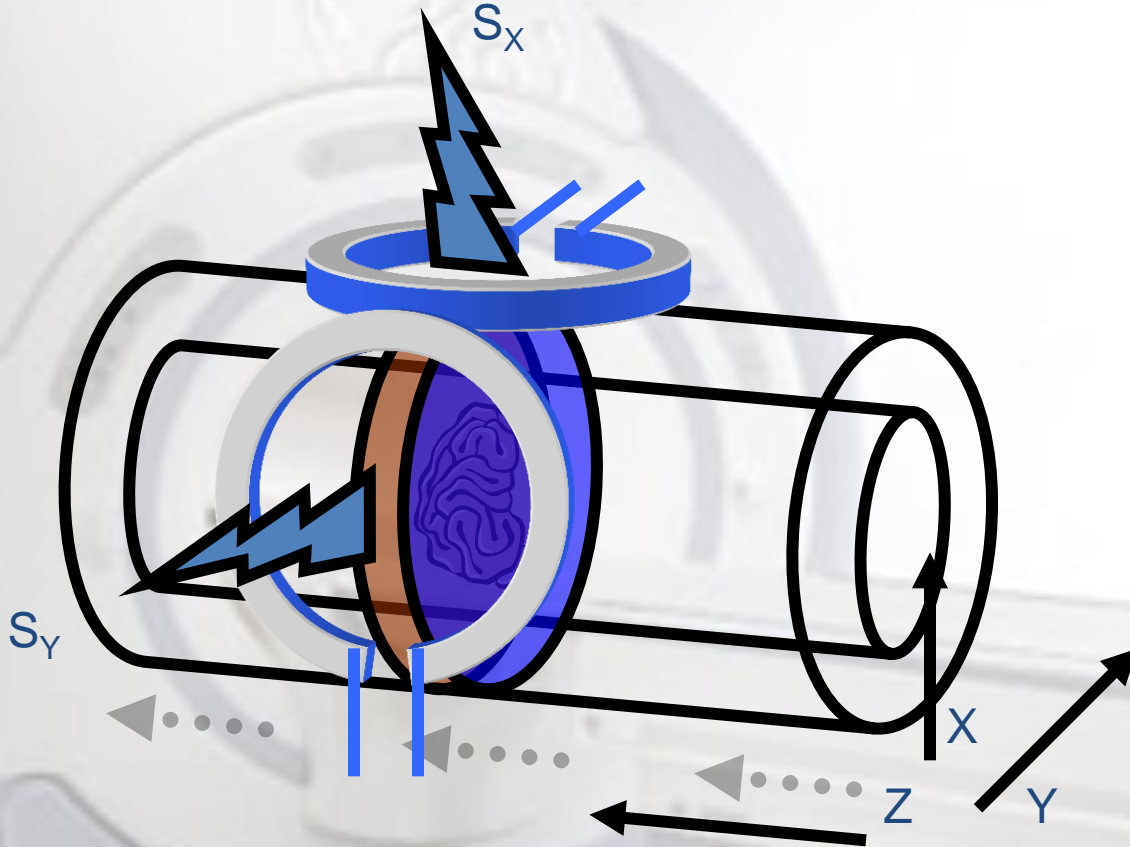
- Düzlemde protonları ne kadar uyarabileceğimizi seçebiliriz.

- Büyük bir EMF pulsu tüm spinleri x-y düzlemine sokabilir
- Daha büyük bir EMF pulsu, tüm spinleri z eksenine üzerine itebilir.



Net manyetizasyon vektörünün ölçümü

- Net manyetizasyon vektörü ortogonal radyo antenleri kullanılarak doğrudan ölçülebilir.



- Bu, x ve y cinsinden ölçülen her bir voksel içindeki vektörün sağlayacaktır.

İnceleme Yöntemleri

- Temel inceleme yöntemi kesit görüntülerdir.

Doku kontrastı;

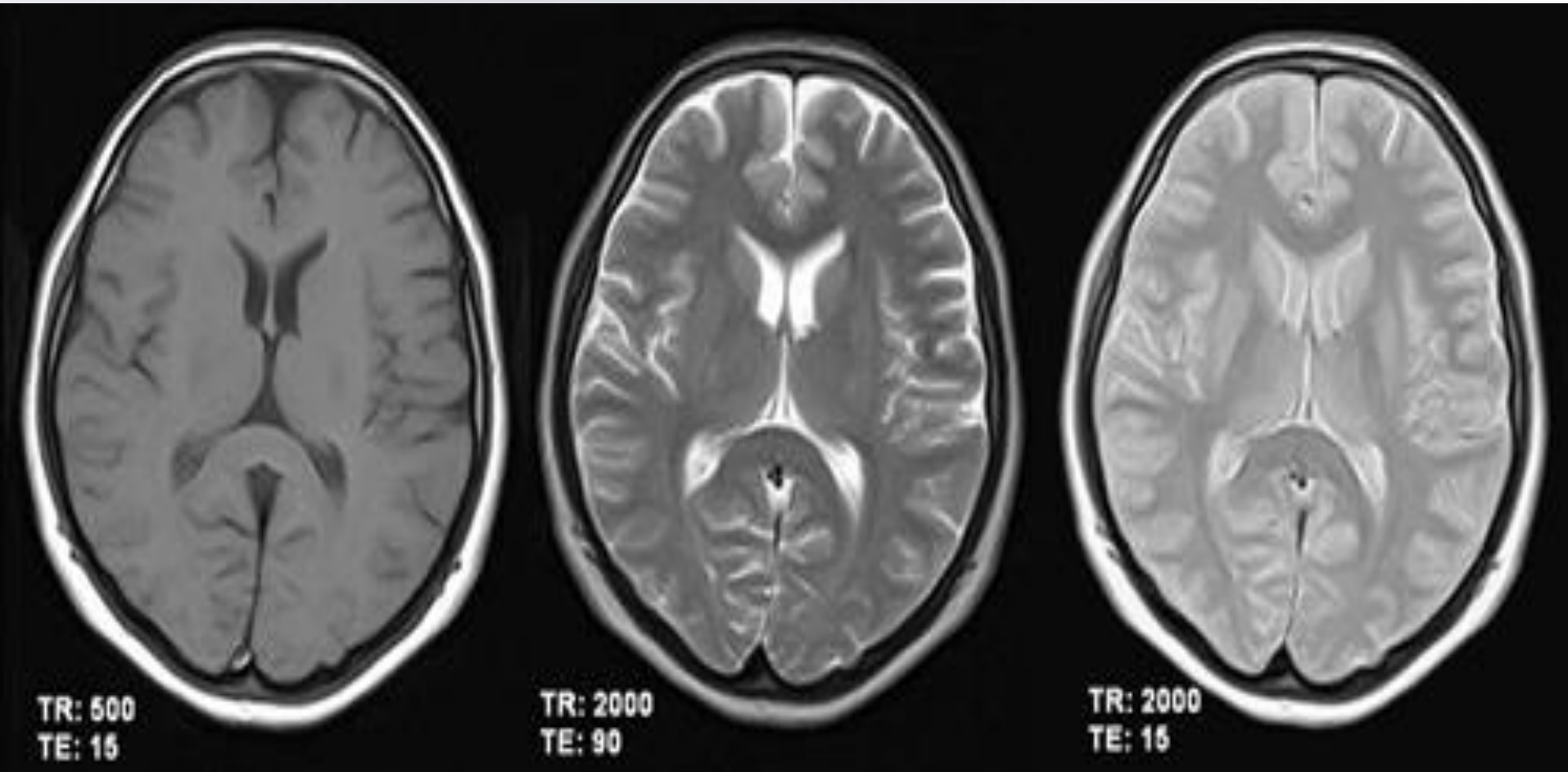
- Sinyalin amplitüdünden,
- Sinyalin sönüş süresi (T_2) ve
- Protonların eski haline dönüş süresindeki (T_1) farklılıklardan
oluşturulur.

İnceleme Yöntemleri

- Bir MR incelemesinde aynı bölgenin her biri farklı doku kontrastı taşıyan üç ayrı görüntüsü vardır:
- T_1 ağırlıklı,
- T_2 ağırlıklı ve
- Proton ağırlıklı

İnceleme Yöntemleri

- T_1 ağırlıklı görüntülerde su (BOS) siyah, T_2 ağırlıklı görüntülerde beyaz, proton ağırlıklı görüntülerde ise gri tonlarda görülür.
- T_1 ağırlıklı görüntüler **anatomi**yi,
- T_2 ağırlıklı görüntüler ise **patoloji**yi iyi gösterir. Az sayıda kullanım alanı olan proton ağırlıklı görüntüler standart incelemelerden kaldırılmıştır.



T₁, T₂ ve Proton ağırlıklı MR görüntüleri

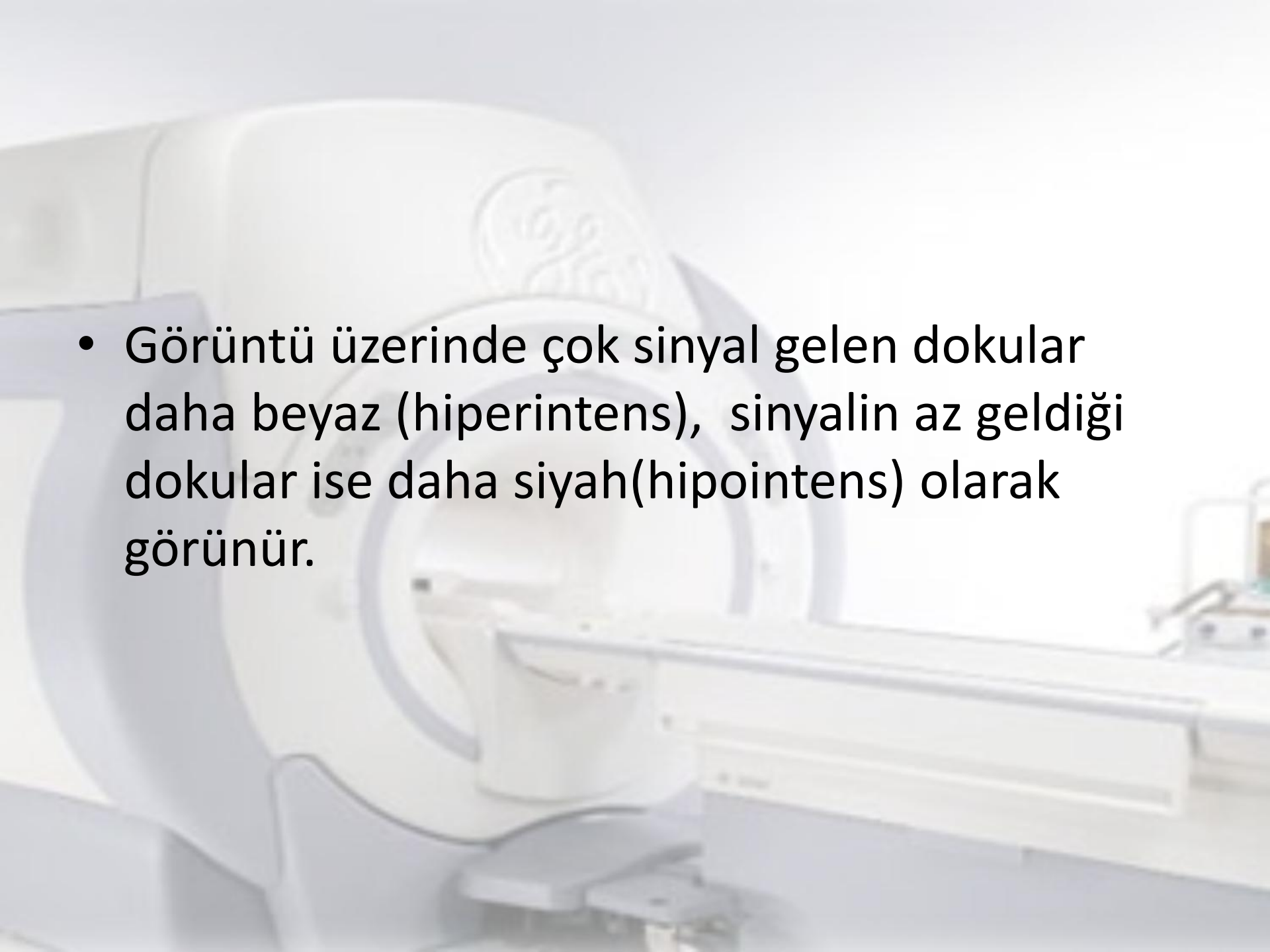
**1.5 T MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE BEYİN DOKULARININ
PROTON DANSİTESİ İLE T1 VE T2 RELAKSASYON ZAMANLARI**

	PROTON DANSİTESİ	T1(msn)	T2(msn)
AK MADDE	0.61	510	67
GİRİ MADDE	0.69	760	77
ÖDEM	0.86	900	126
BOS	1.00	2650	180

T1 AĞIRLIKLI, T2 AĞIRLIKLI VE PROTON DENSİTE GÖRÜNTÜLER

MRG de görüntü oluşturmak için dokuların 3 farklı özelliğinden faydalanabiliriz.

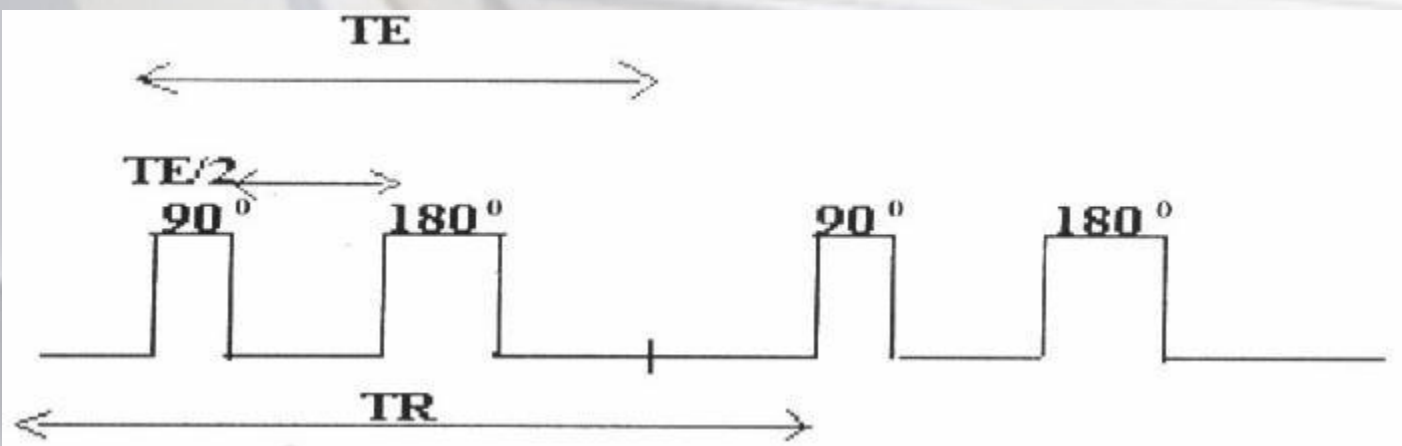
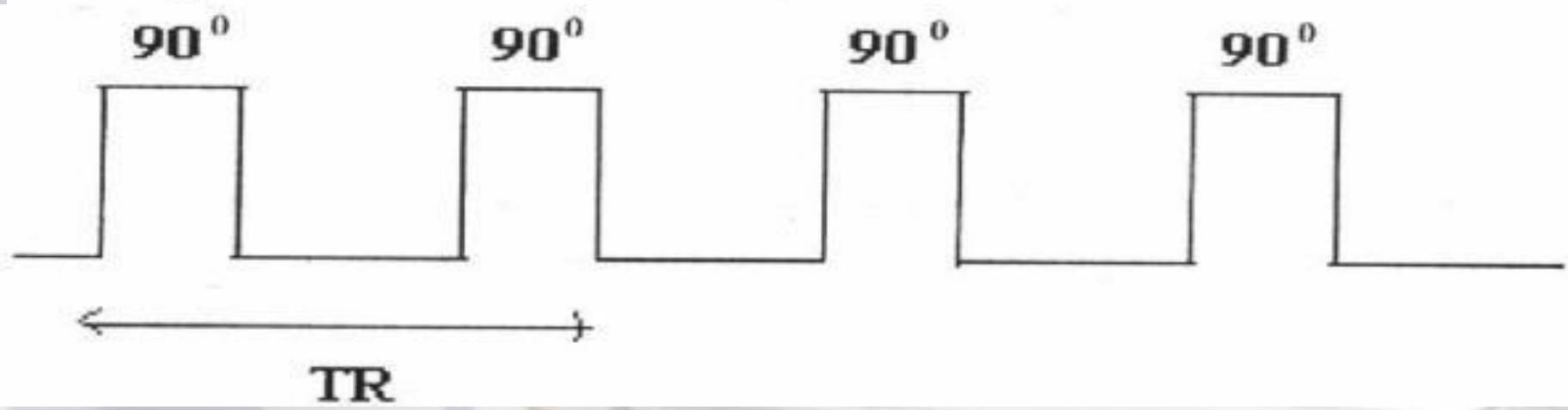
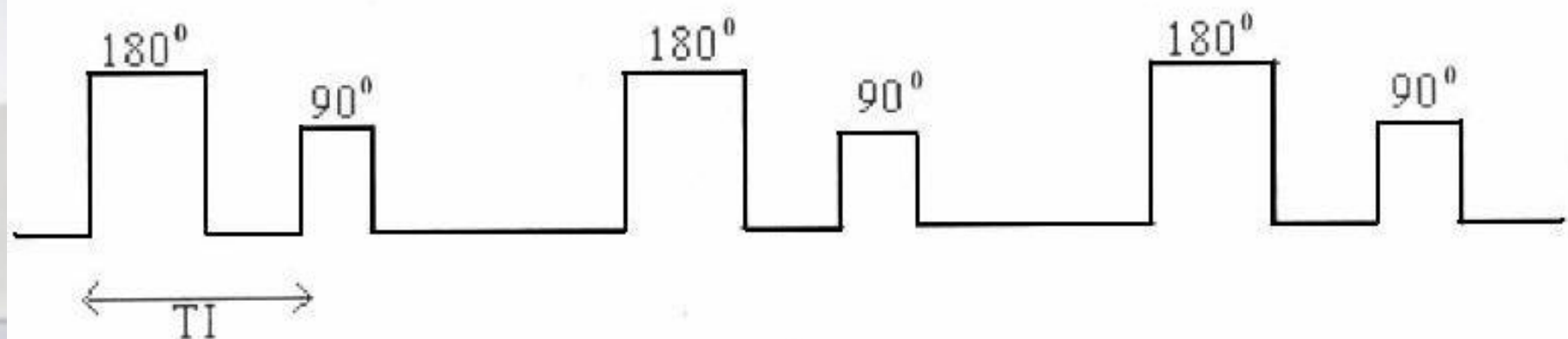
- Proton miktarındaki farklılıktan
- Dokuların T1 sürelerinin farklılığından
- Dokuların T2 sürelerinin farklılığından

- 
- Görüntü üzerinde çok sinyal gelen dokular daha beyaz (hiperintens), sinyalin az geldiği dokular ise daha siyah(hipointens) olarak görünür.

Puls sekansları

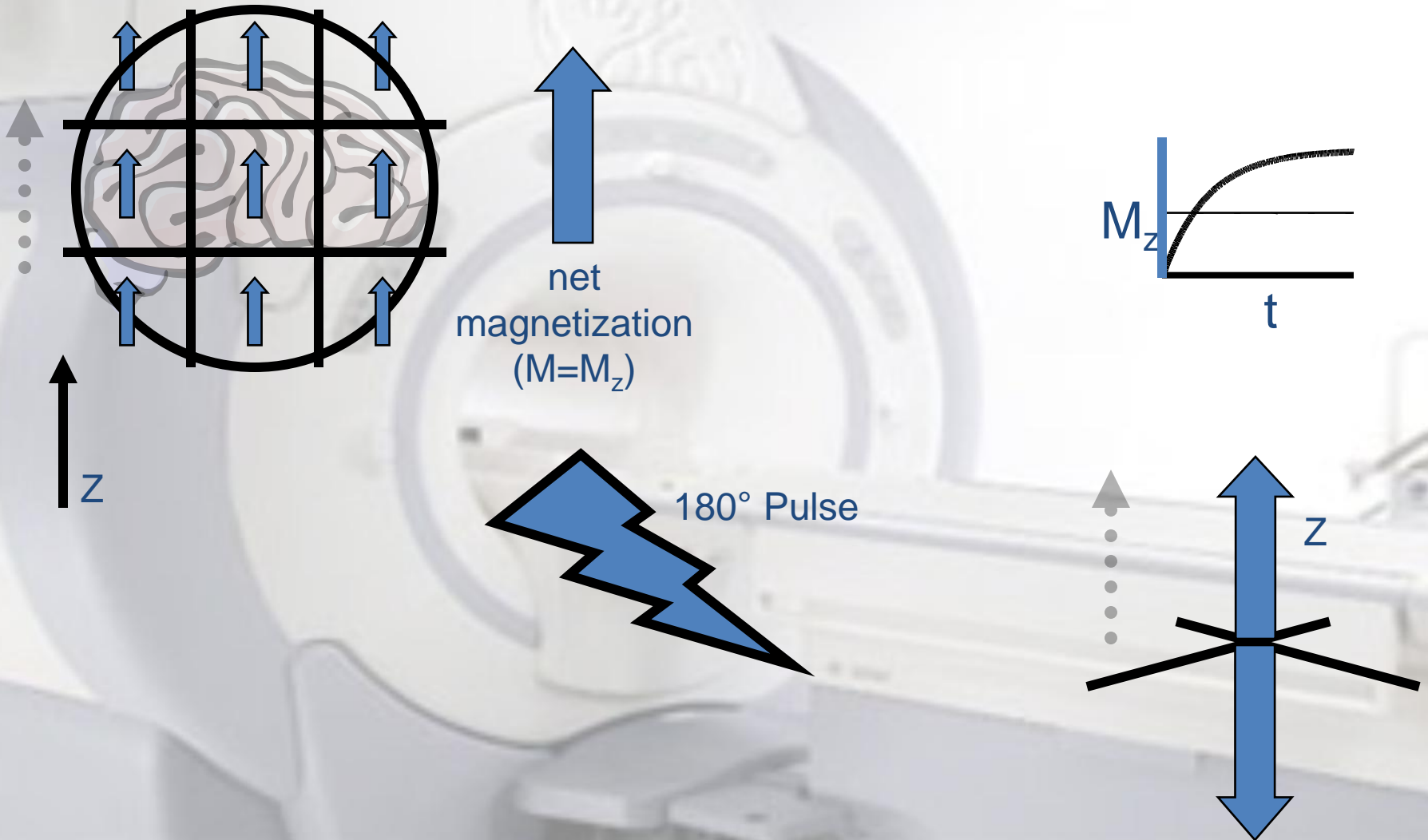
- Bir plan dahilinde belli zaman aralıkları ve şiddette uygulanan RF puls demetlerine “**puls sekansları**” denir.
- (Spin-eko, Saturation recovery, inversiyon recovery vs. gibi)

- Bir kesit görüntüsü elde edebilmek için dokudan çok sayıda sinyal elde etmemiz gerekmektedir.
- Bu nedenle RF puls uygulamaları sadece bir kesit elde etmek için yüzlerce defa tekrarlanması gerekmektedir.
- Bu tekrarlanma arasındaki süreye, yani Spin-eko sekansı için 90° RF pulslar arasındaki süreye “**time to repeat (TR)**” (tekrarlanma zamanı) denir.



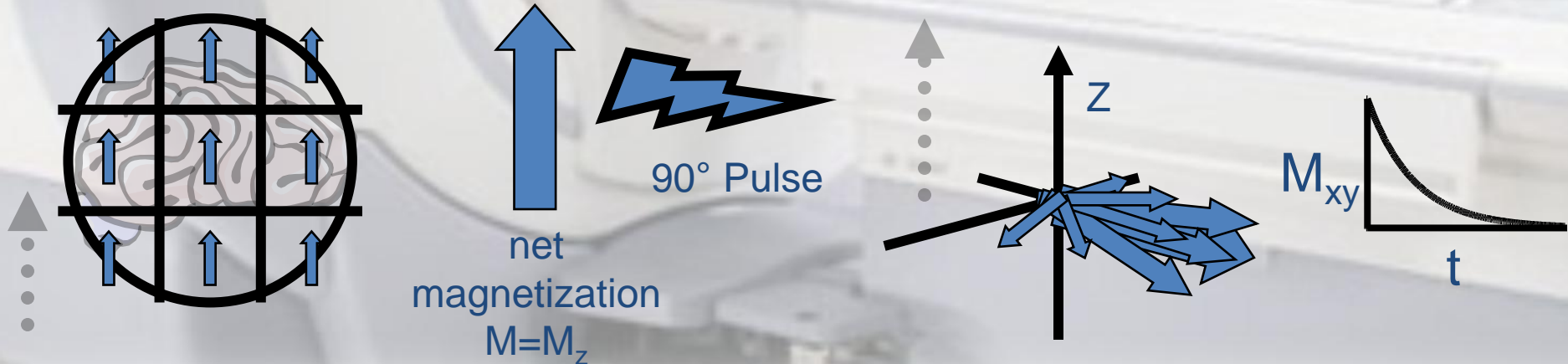
T1

- 180 °'lik pulsle başlarsak bozunum üstel olur ve -1'den 1'e gider.



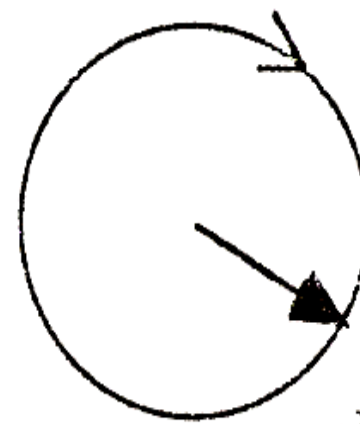
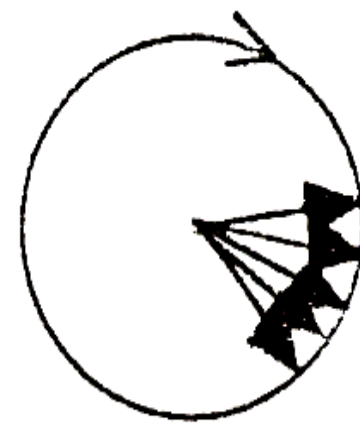
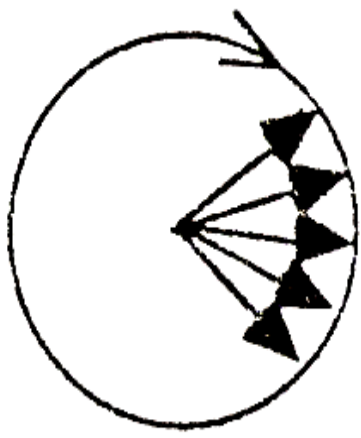
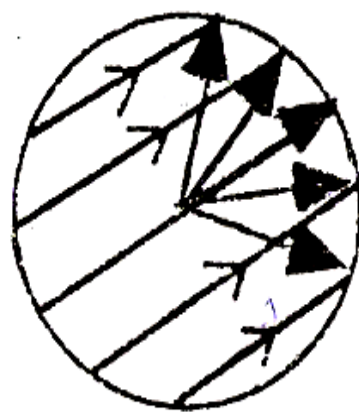
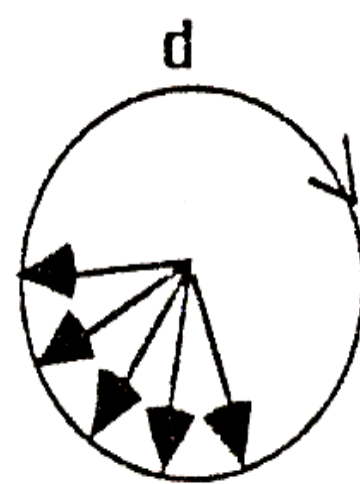
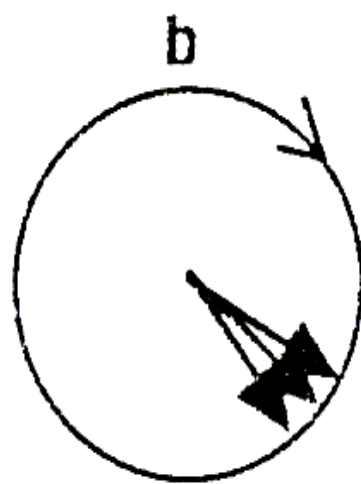
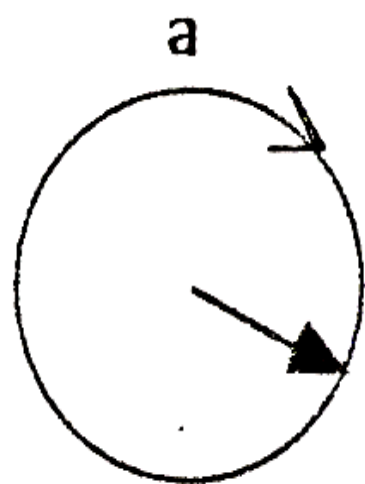
T2

- 180 °'lik puls haricinde herhangi bir puls uygularsak, tüm protonlar x-y düzlemine girer ve oradan geçer.
- Başlangıçta, hepsi aynı fazda olur, çünkü hepsi aynı yönde aynı anda Z eksenine dışına çıkar
- Spin-spin gevşemesi



T2

- T2 ağırlıklı görüntüyü elde edebilmek için Spin-eko sekansından faydalanmamız gerekiyor.
- Spin-eko sekansında 90° RF pulsundan TE/2 kadar zaman sonra, 180° RF puls ile kullanılmaktadır.
- 180° derece RF puls ile TE/2 kadar zaman sonra protonlar arasında tekrar “in-phase” elde edilmekte ve 90° RF puls ile elde ettiğimiz sinyalden daha düşük amplitütde eko-sinyal elde edilmektedir.



eko

e

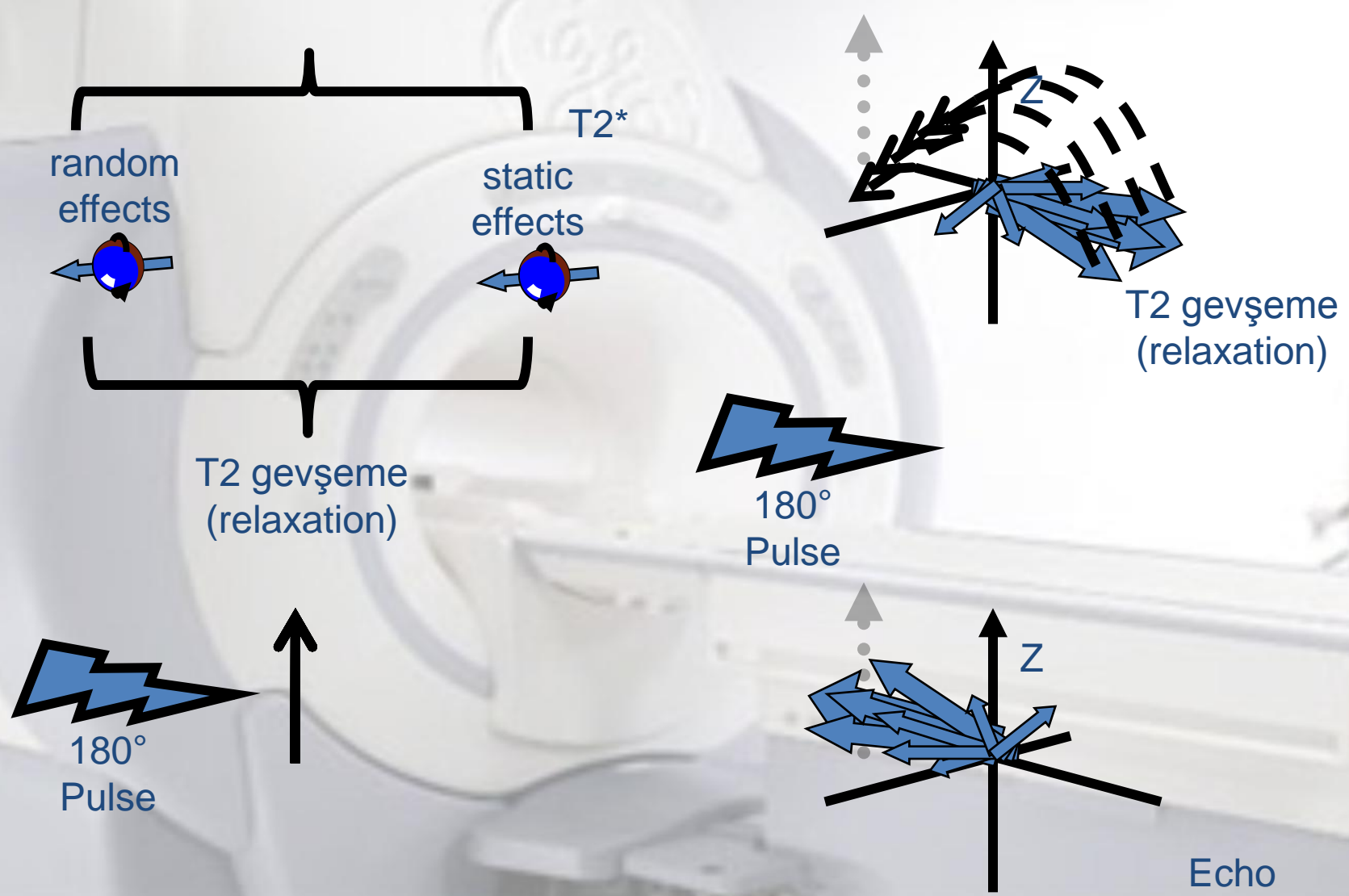
f

g

h

180°

T2



- Dokuların T2 sürelerinin farklı olmasından faydalanarak görüntü elde edilmek istendiğinde TE sürelerinin uzun olması gerekmektedir.
- Çünkü ancak TE süresi belli bir uzunlukta olunca dokular arasındaki transvers relaksasyon süresindeki farklılık belirginleşecektir.
- Eğer TE süresi kısa olursa, bu fark belirgin olmayacak ve elde edeceğimiz görüntü gerçek T2 ağırlıklı olmayacaktır.