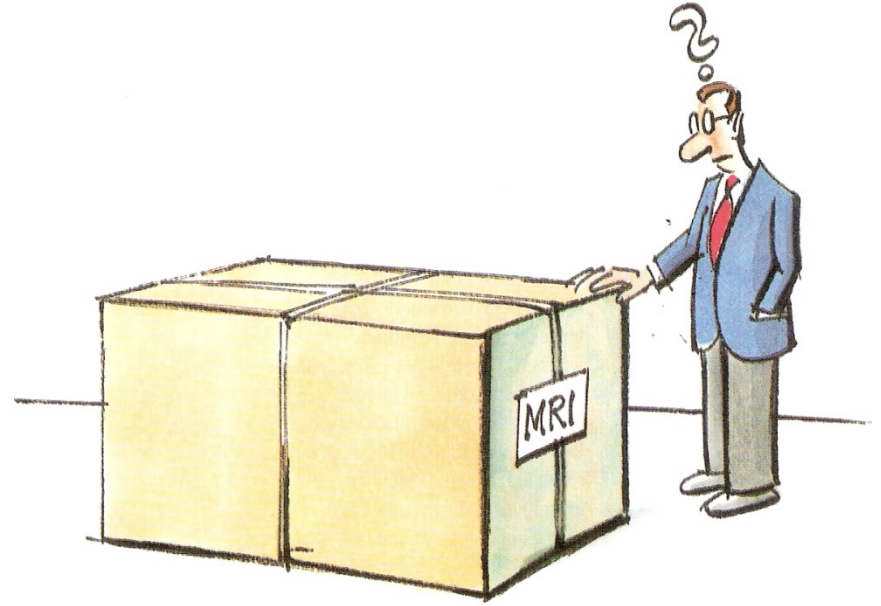


MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMENİN TEMELLERİ

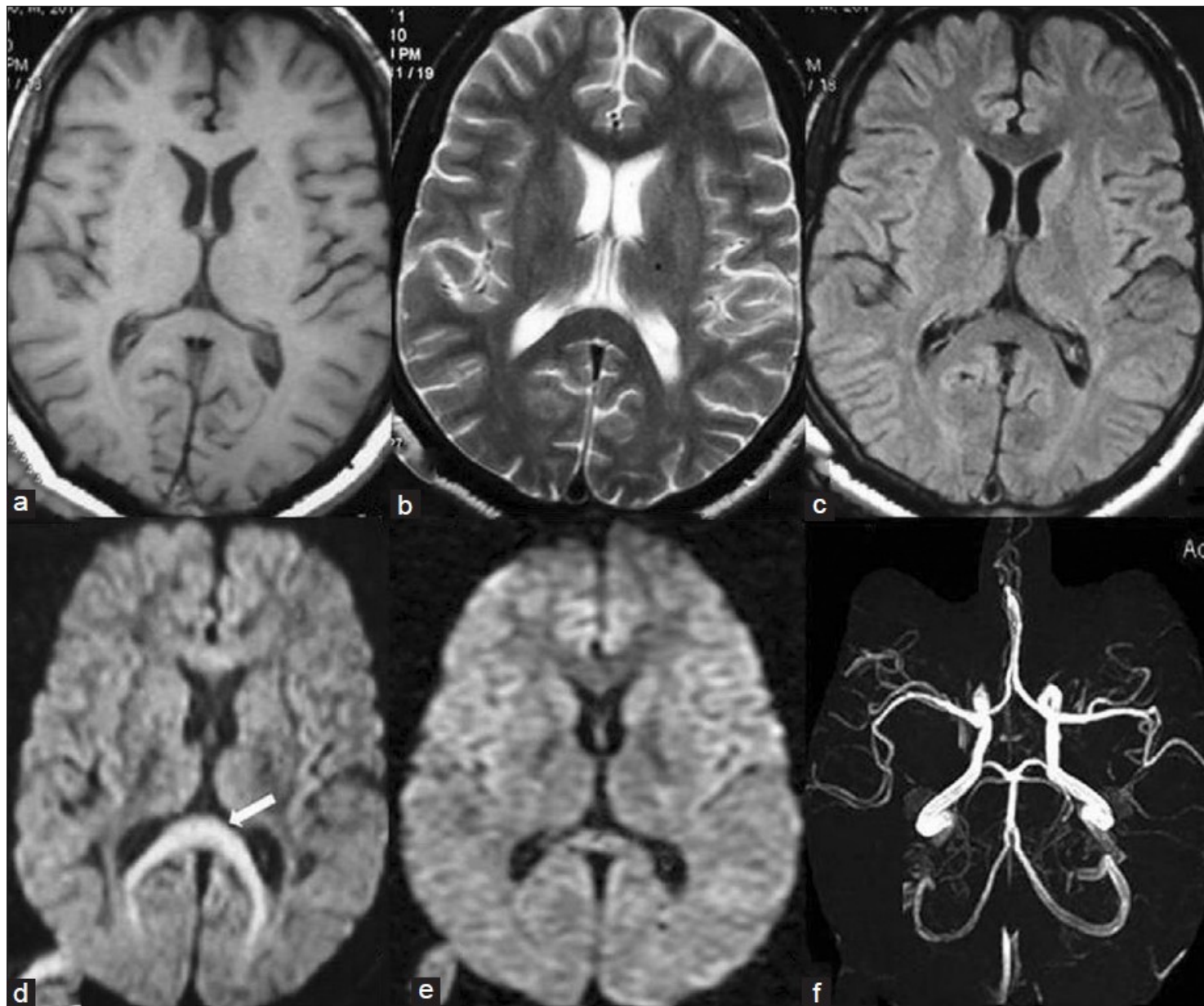
Yrd.Doç.Dr. Ayşegül Yurt
Dokuz Eylül Üniversitesi
Medikal Fizik AD.

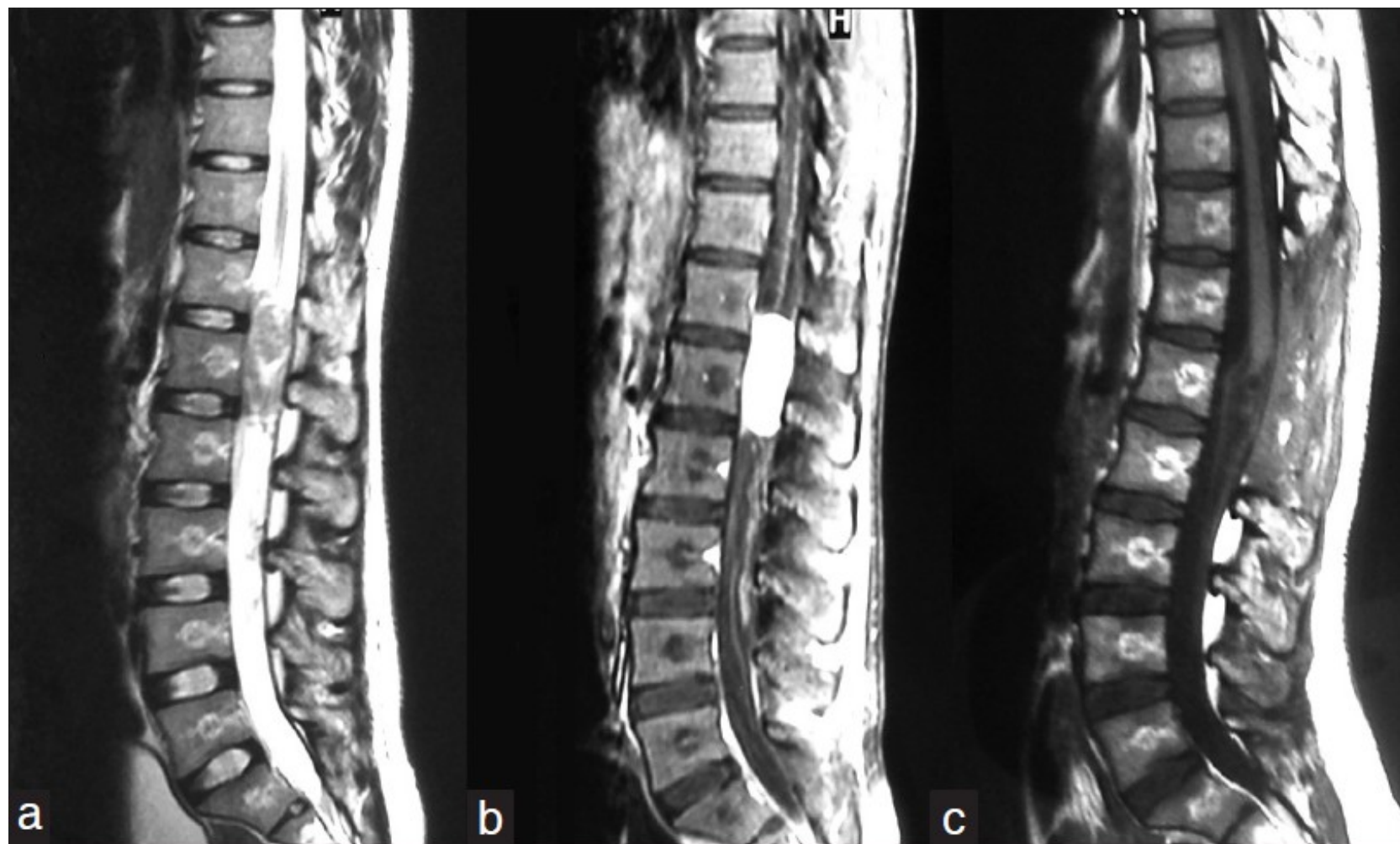
Manyetik Rezonans Görüntüleme



Manyetik Rezonans Görüntüleme

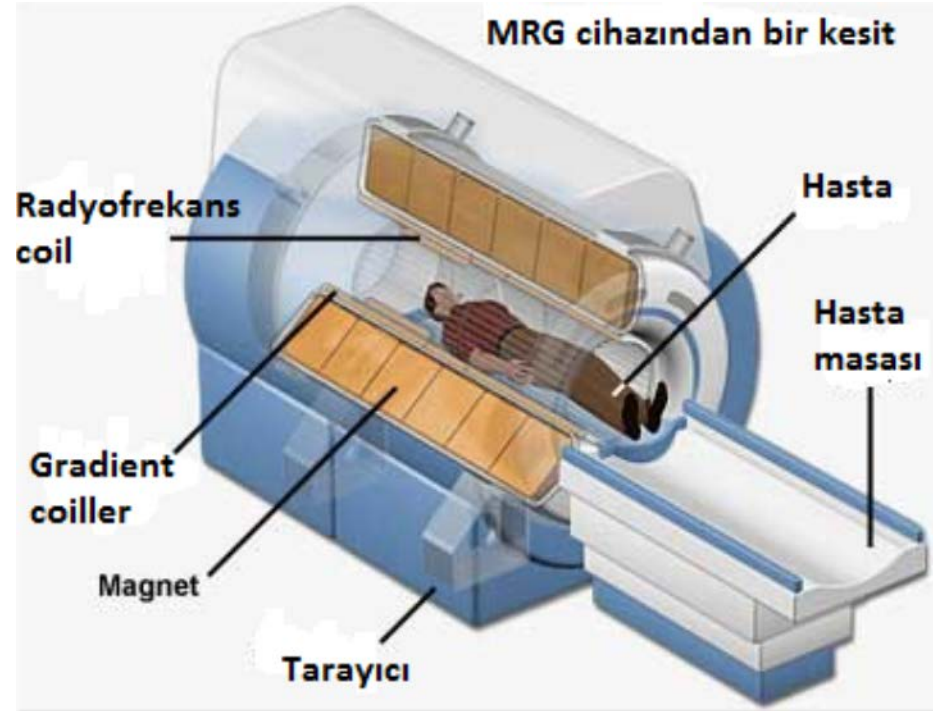
- Tanı amaçlı tüm vücut görüntüleme yapılır.
- Elektromanyetik radyasyon kullanır.
- İyonlaştırıcı radyasyon kullanmaz.
- Mükemmel doku kontrastı ve rezolüsyona sahiptir. (Anatomi- patoloji)





MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME CİHAZI

- Güçlü bir manyetik alan
- Hasta masası
- Manyetik gradientler (sinyal lokalizasyonu için)
- Rf coiller
- Bilgisayar
- VDU



Manyetik alan büyüklüğü,

- 1.0T= 10.000 Gauss (G)
- Dünyanın manyetik alanı $\sim 0.5 \times 10^{-4} \text{T}$

$4 \text{ T} = 4 \times 10\,000 / 0.5 \text{ Gauss} = 80\,000 \times \text{dünyanın manyetik alanı}$

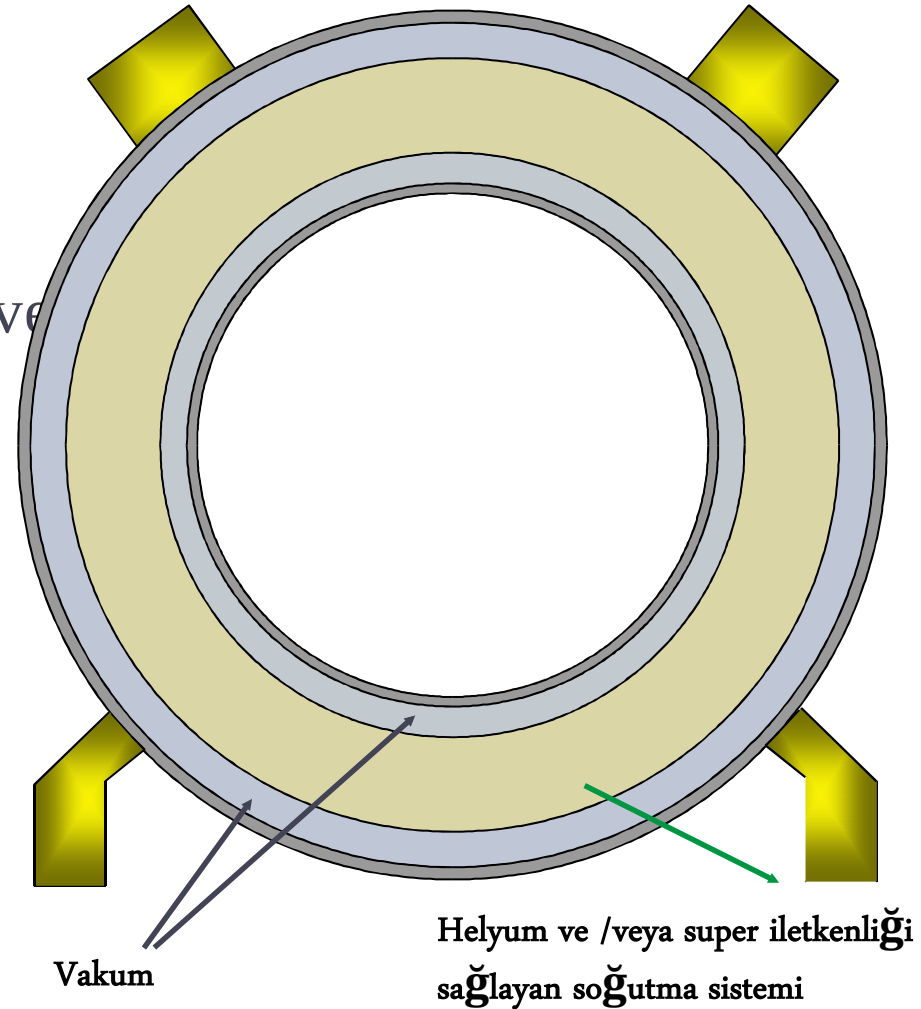


Manyetik alan tipleri

- Permanent tip mıknatıslar
- Resistive tip mıknatıslar
- Süper iletken tip mıknatıslar

Süperiletken Tip Mıknatıslar

- Elektromıknatıs
- Bir soğutma sistemi kullanıldığında sargılar elektriksel direncini kaybeder ve süperiletken olmaya başlarlar.
- Güçlü manyetik alanlar oluşturulur.
- Manyetik alanı ortadan kaldırmak için «quenched» yapılır.
- Pahalıdır.



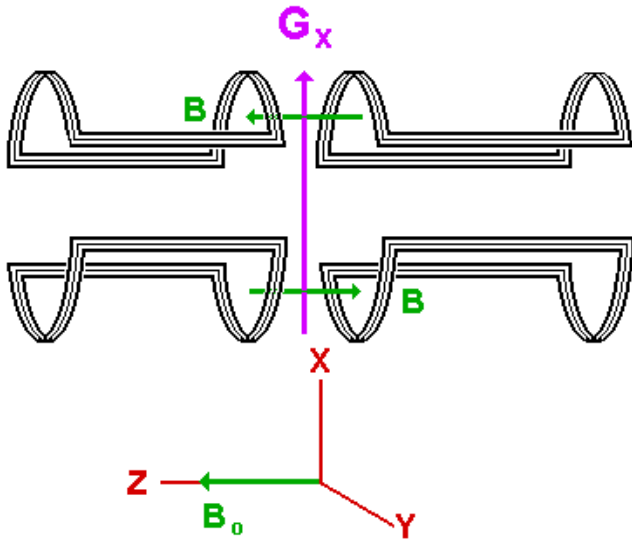
Radyofrekans (rf) Coiller



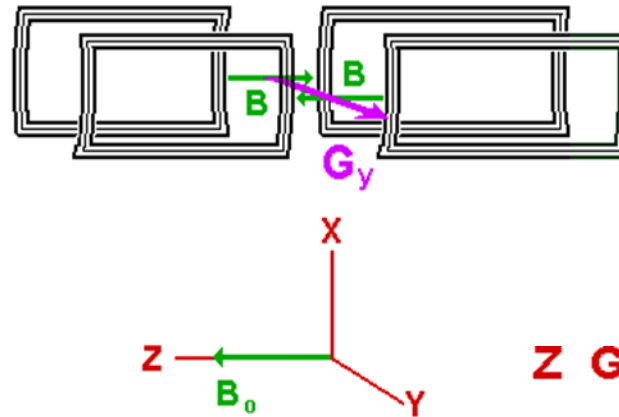
✓ Rf pulsunu gönderen ve gelen sinyalleri toplayan alıcı- verici anten görevi yaparlar.

Gradient Coiller

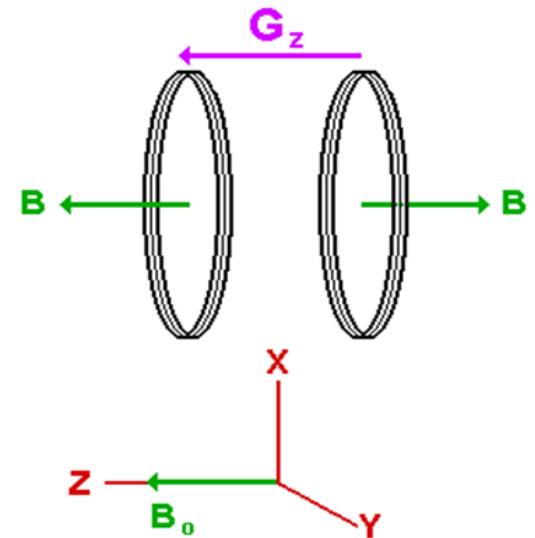
X Gradient Coil



Y Gradient Coil



Z Gradient Coil



- Bir MR kesitinin elde edilmesini
- Üç boyutta görüntü alınmasını

Transverse, sagittal ve coronal

MRG'de görüntüleme materyali olarak ne kullanılabilir?

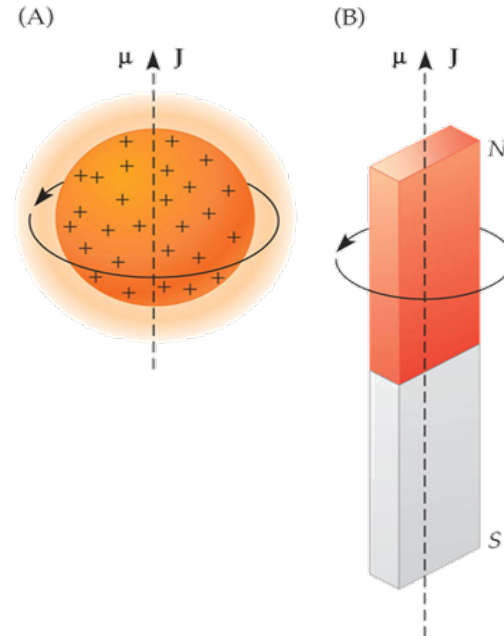
- **Tek-tek çekirdekler** (proton sayıları tek, nötron sayıları çift H1, B11, F19 gibi.
- **Tek-çift çekirdekler** (proton sayısı çift, nötron sayısı tek C13, O17 gibi)

Çekirdeklerin spin kuantum sayıları $S=1/2$ ve tek katlarıdır

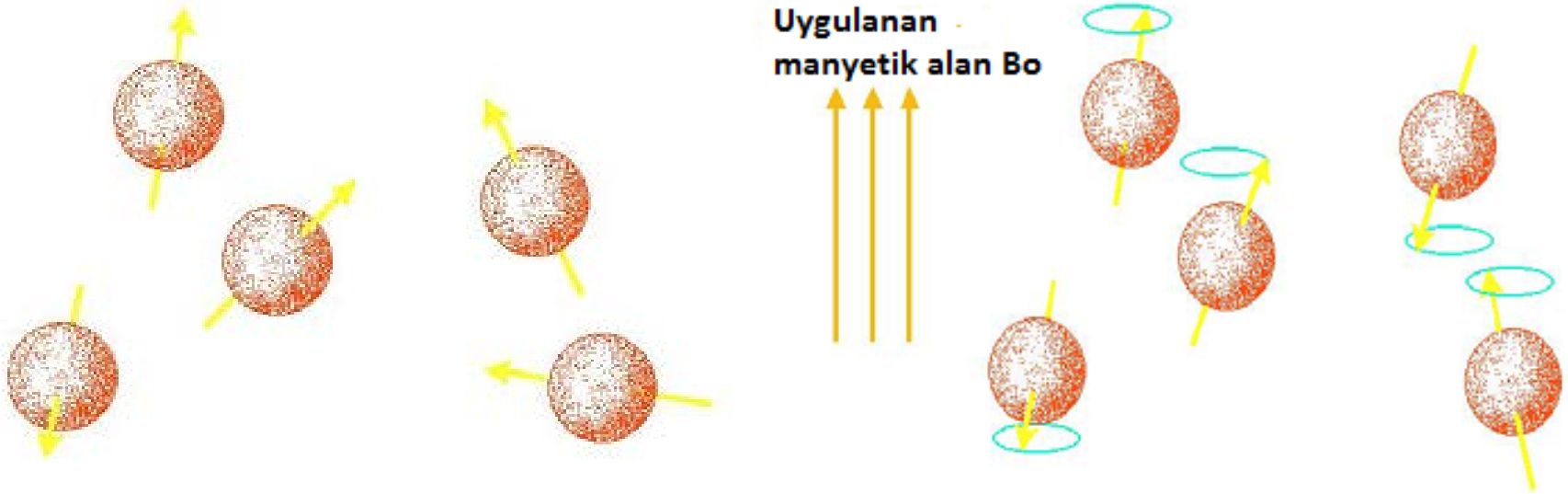
$$S = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}, \dots$$

Hem açısal momentum hem de manyetik momente sahip çekirdekler NMR özelliğine de sahiptir.

- Atomda her yüklü tanecik kendi eksenini etrafında dönerek spin hareketi yapar.
- Bu nedenle kayda değer bir manyetik alan oluşturur.
- Hidrojen atomunun basit yapısı ve insan vücudunda %60 oranında bulunması nedeniyle tercih edilir.
- Ölçülebilir bir magnetik momenti vardır.



Manyetik alanda protonların davranışı



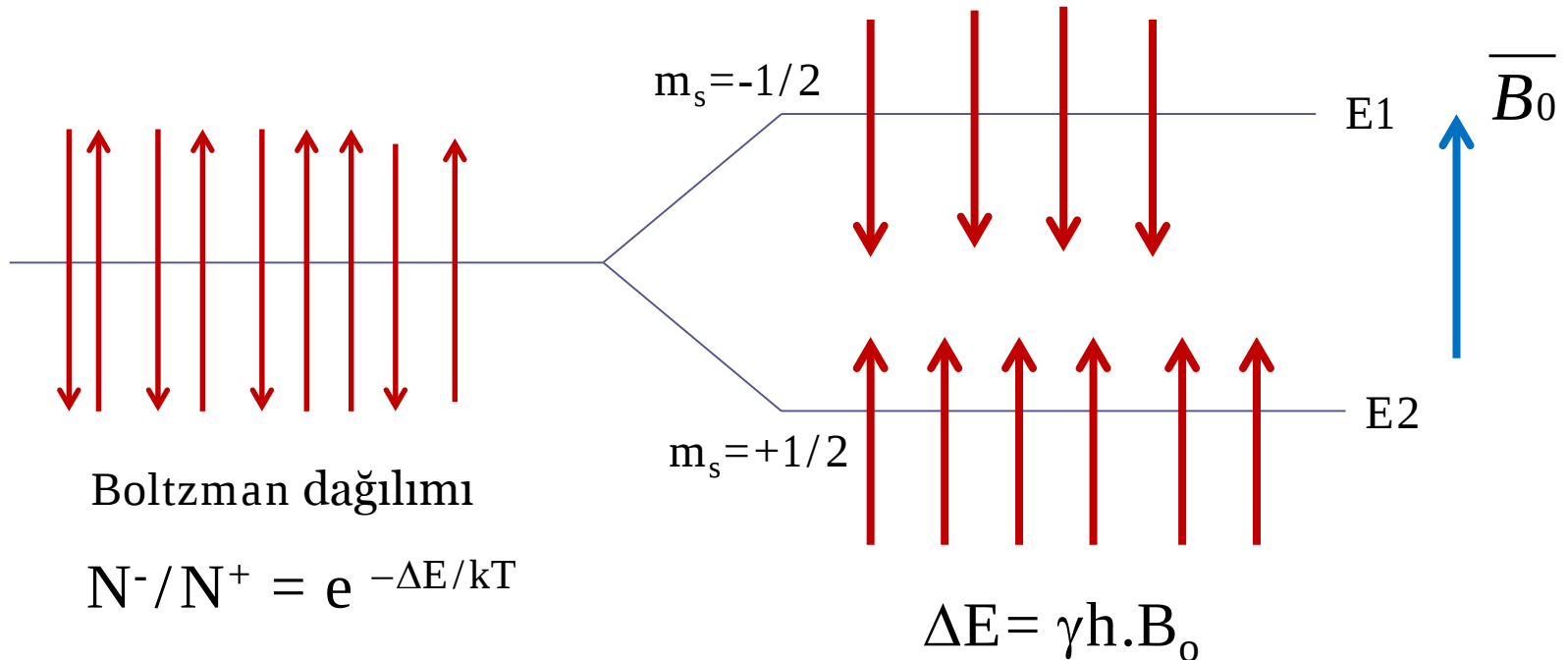
Manyetik alan etkisi olmadığında protonlar gelişigüzel bir dağılım gösterirler.

Sabit manyetik alanda ise spin hareketi yapan protonlar belli enerji seviyelerine geçerler.

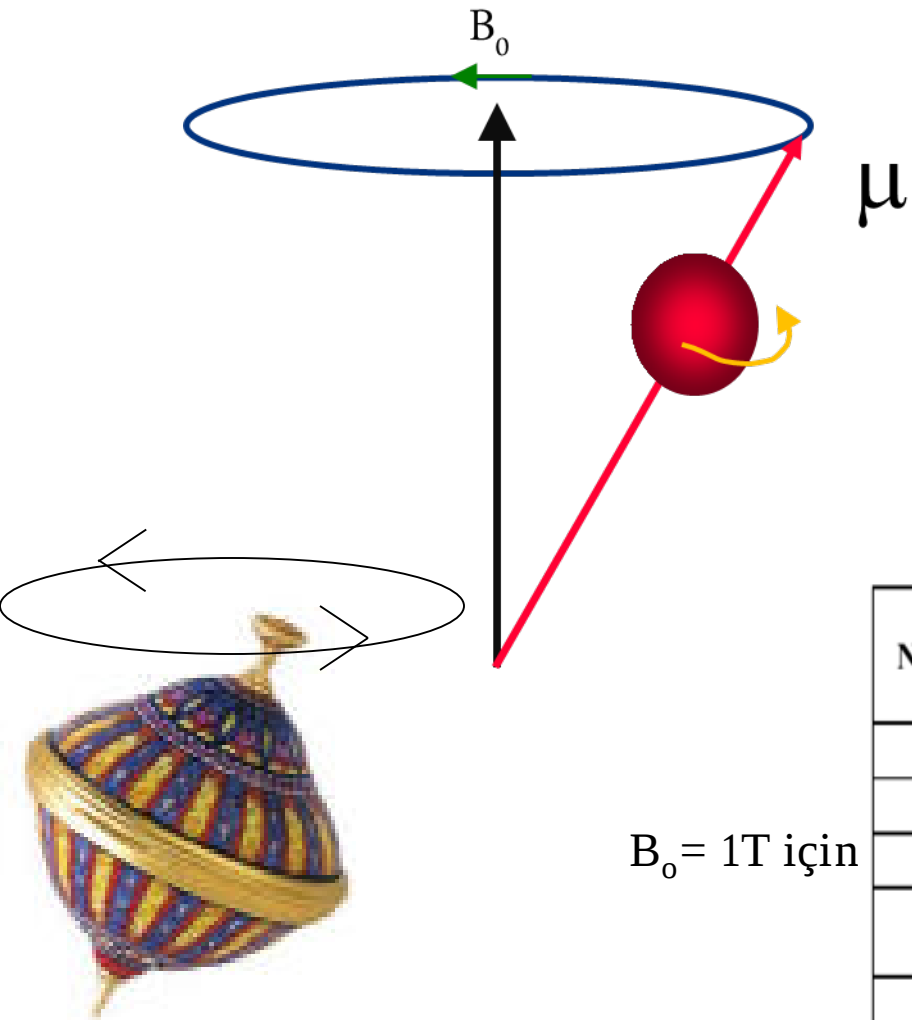
“Zeeman yarılməsi”

Manyetik alanda protonların davranışı

- Bir manyetik alan etkisiyle pusulanın yönelmesi gibi spinler de yönlenir.
- Spinlerin bir kısmı manyetik alanla aynı yönlü bir kısmı da manyetik alana ters yönelirler.
- Manyetik alanla aynı yönlü protonların sayısı daha fazladır.



Protonun Presesyon Hareketi



Larmor denklemini

$$\omega_0 \equiv \gamma B_0$$

$$\gamma = 42.58 \text{ MHz/T}$$

$$1.5\text{T} \quad \omega_0 = 63.76 \text{ MHz}$$

$$4\text{T}, \quad \omega_0 = 170.3 \text{ MHz}$$

$B_0 = 1\text{T}$ için

Nucleus	Spin	Gyromagnetic Ratio, γ ($10^7\text{T}^{-1}\text{s}^{-1}$)	ν (MHz)	Natural Abundance (%)
^1H	1/2	26.75	42.576	99.985
^2H	1	4.11	6.536	0.015
^{13}C	1/2	6.73	10.705	1.108
^{19}F	1/2	25.18	40.054	100.00
^{14}N	1	1.93	3.076	99.63

Rezonans Nedir???

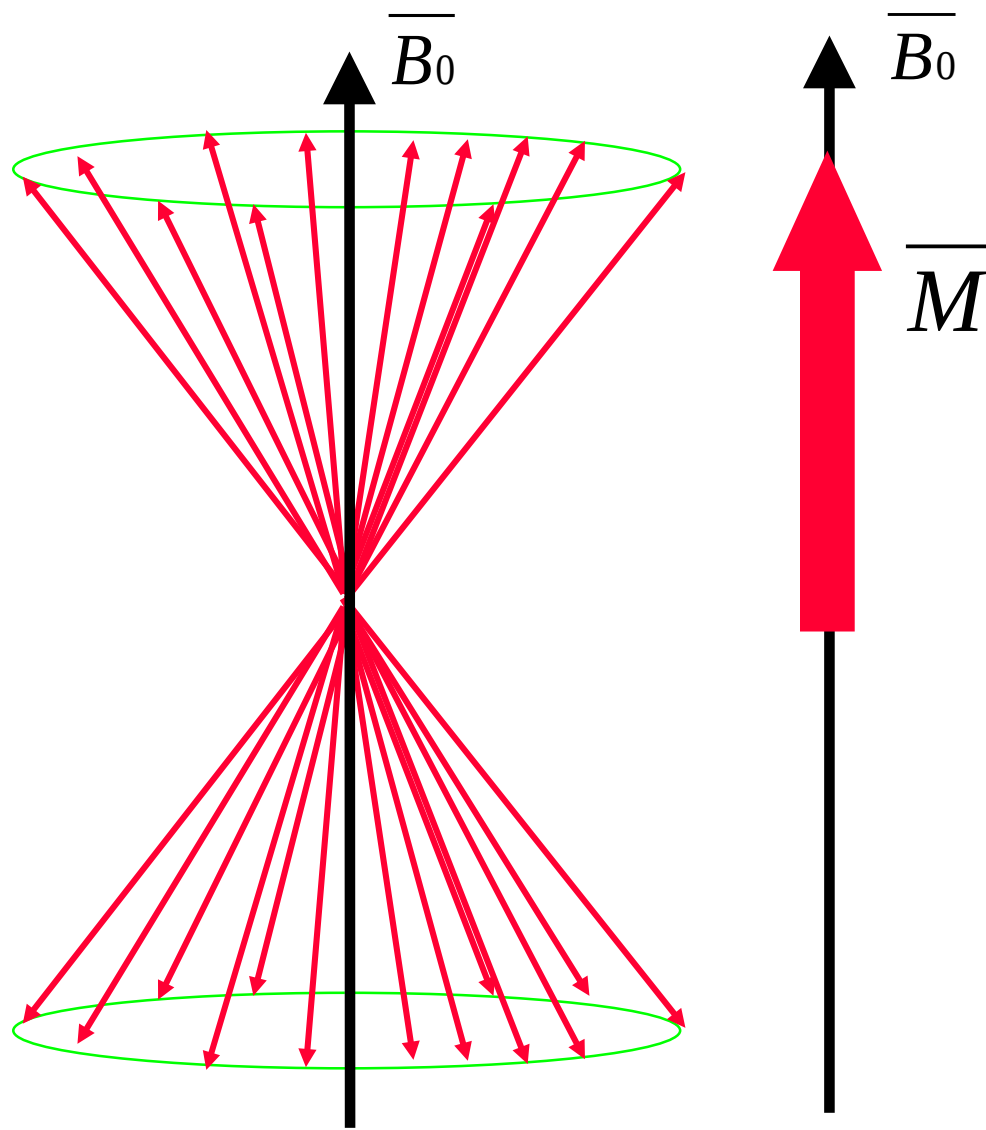
- B_0 'la aynı yönlü protonların presesyon hareketi yaparlar, bu hareketin frekansı $\omega_0 = \gamma \cdot B_0$
- rf coil aracılığıyla rf pulsu göndererek B_{rf} ($\omega_f = \gamma B_1$)

$$\omega_0 = \omega_f$$

Rezonans Şartı



Şekil 12:
Radyo dalgaları grafik olarak
hareketini andırırlar. MR

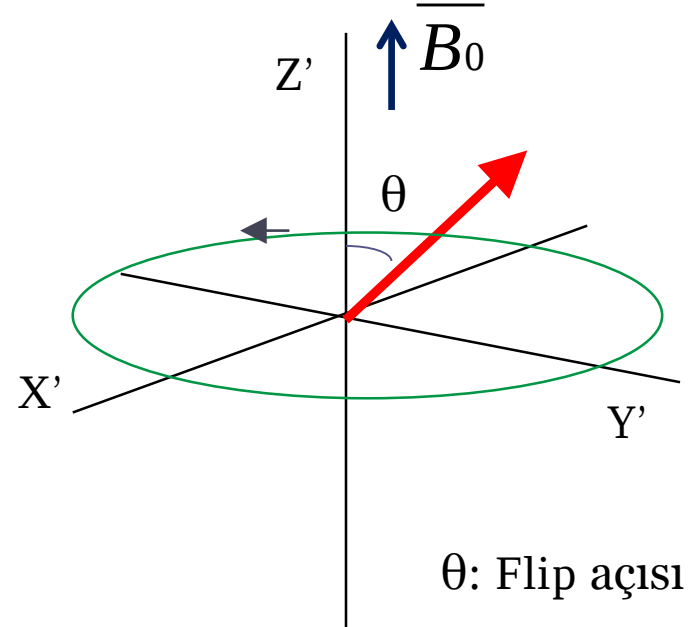
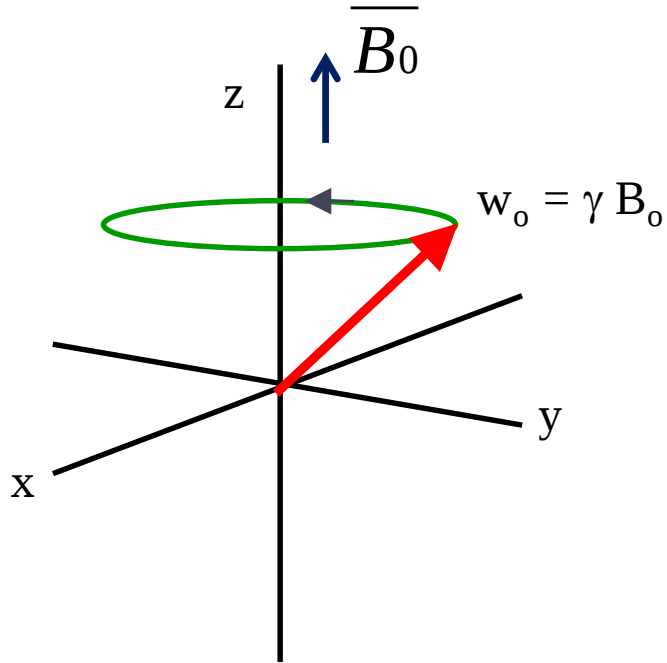


GÖRÜNTÜLEMEDE KONTRAST

- M , bireysel magnetik momentlerin sayısı ile doğru orantılıdır.
- MR sinyal şiddeti M ile doğru orantılıdır.
- Dokudaki su içeriğindeki farklılık kontrastı oluşturur.

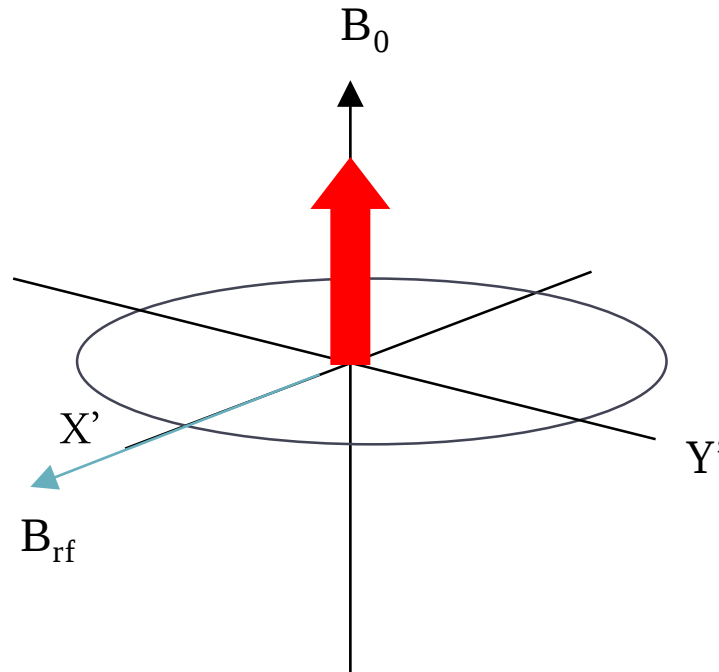


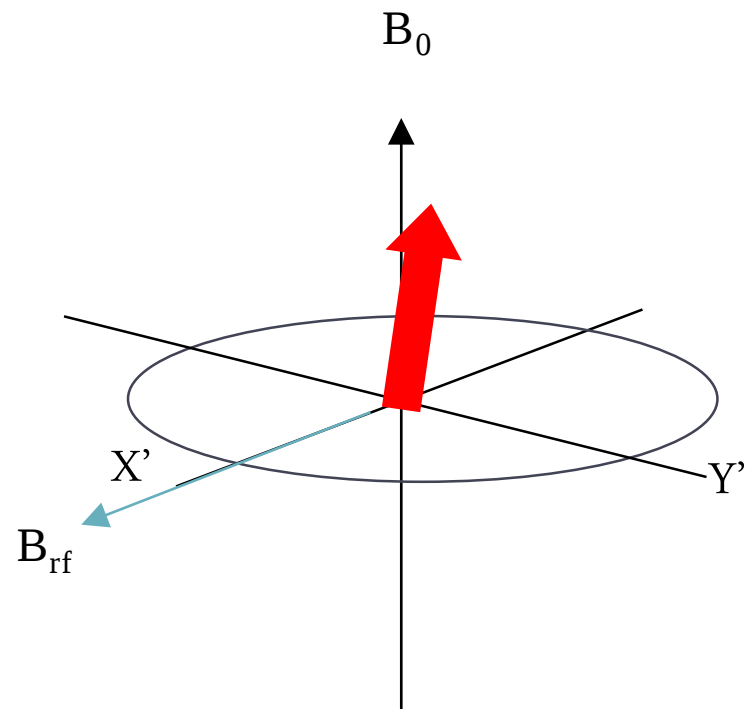
DOKU	SU (%)
Kas-iskelet	79
Kalp	80
Karaciğer	71
Böbrek	81
Dalak	79
Beyaz cevher	84
Gri cevher	70
Spinal kort	70
Kemik	40
Kan	80
BOS	98

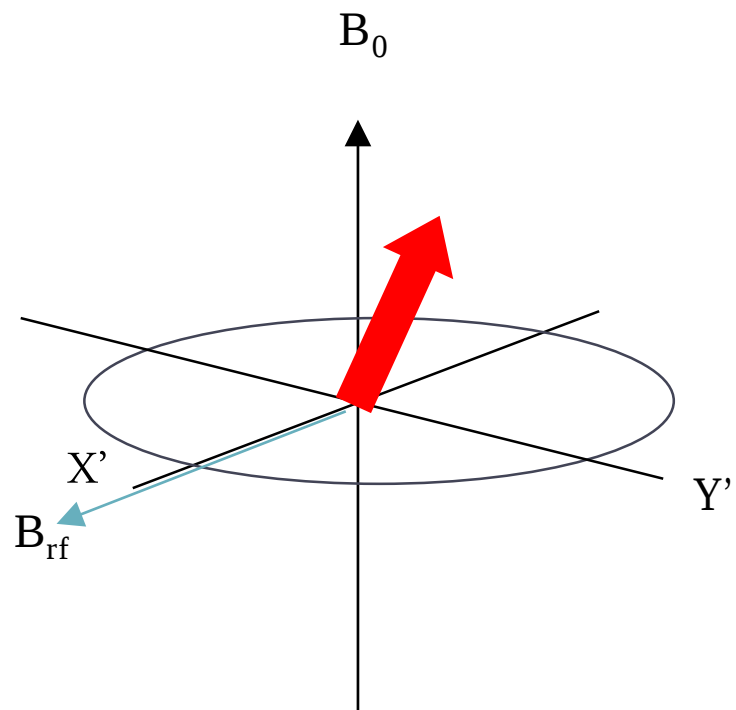


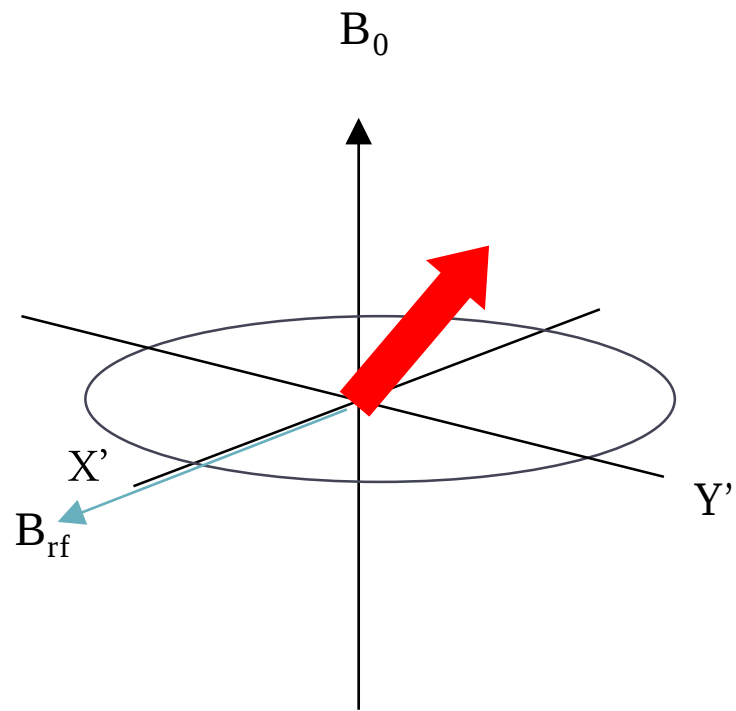
Presesyon hareketi yapan protona belli bir açıyla rf pulsu gönderdiğimizde (dış bir manyetik alan oluşturulur) manyetik alanda protonları hareket ettirmiş oluruz.

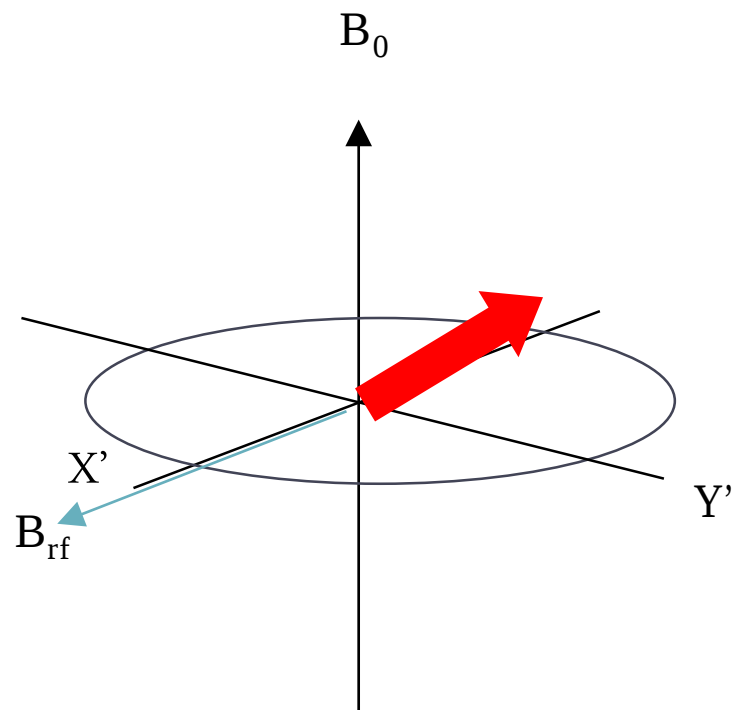
90°lik bir rf pulsu uygulandığında;

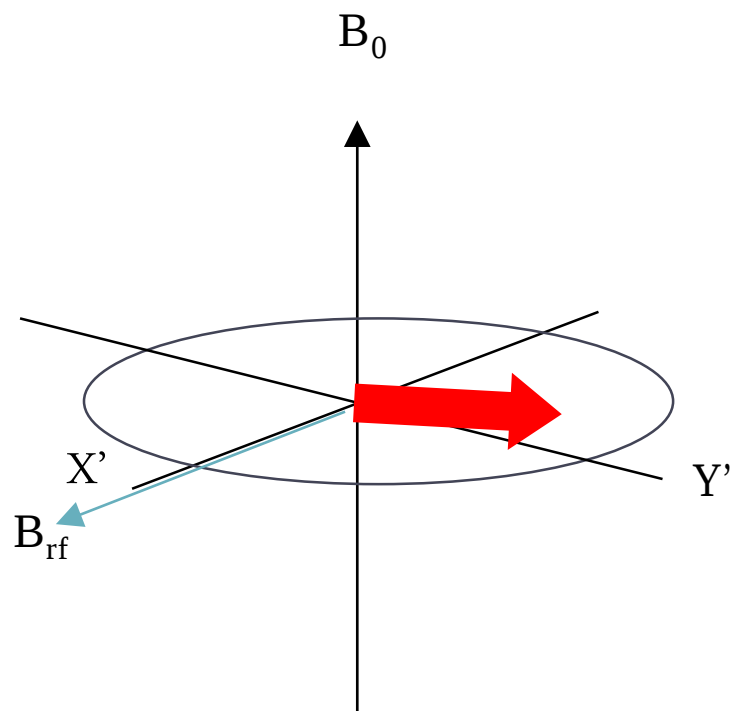


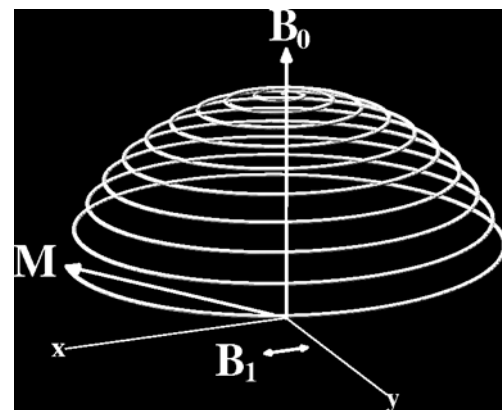
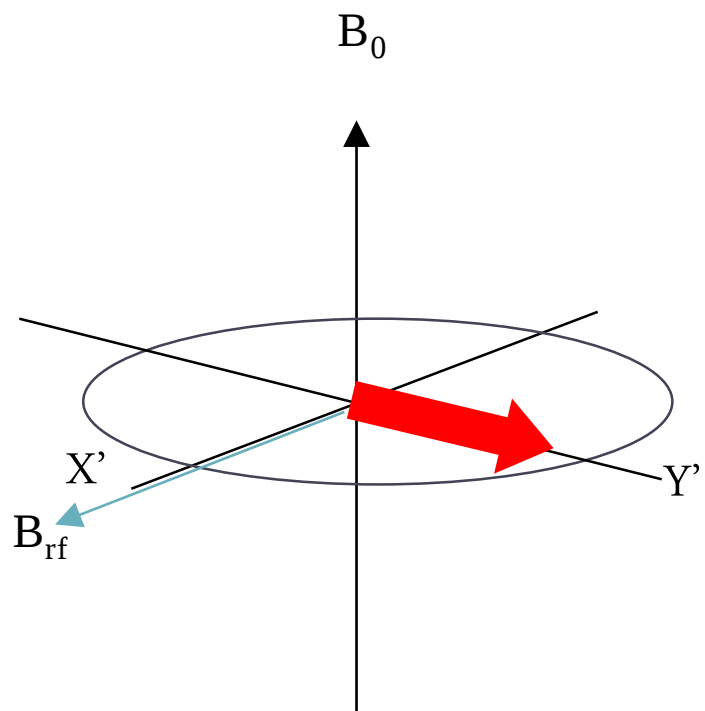


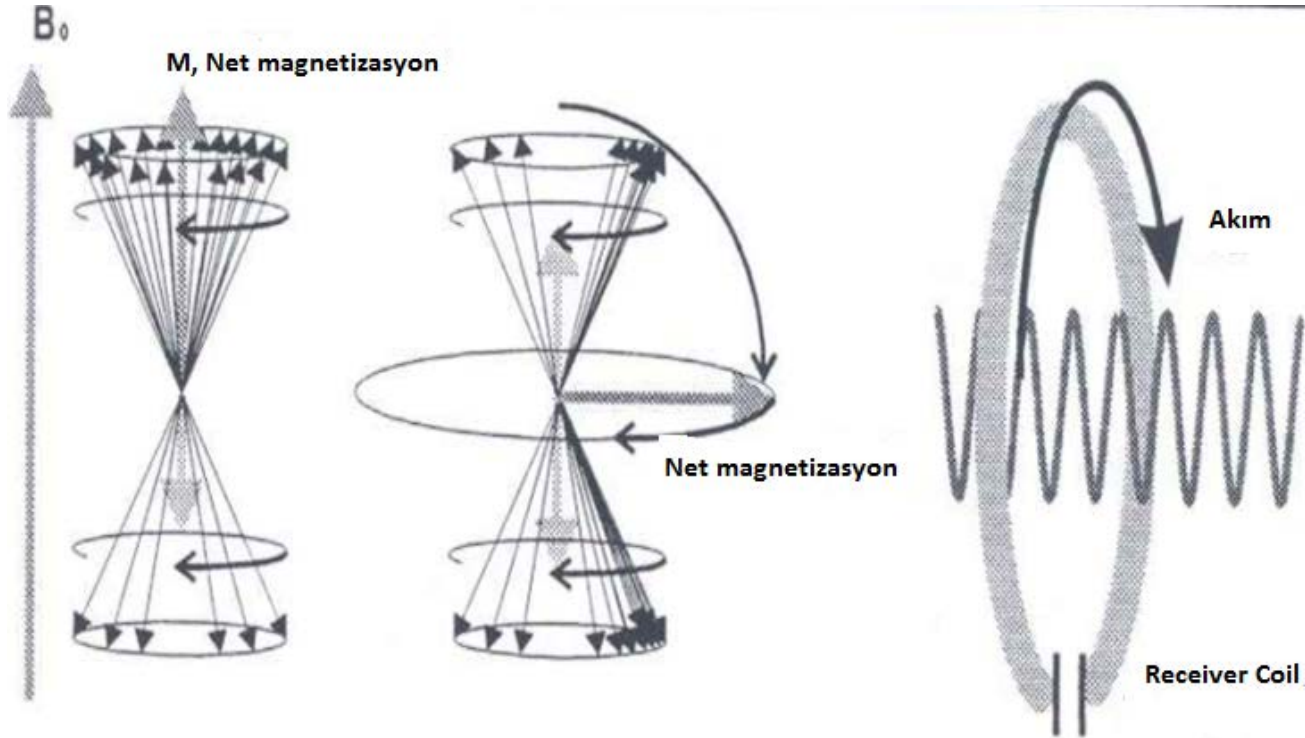






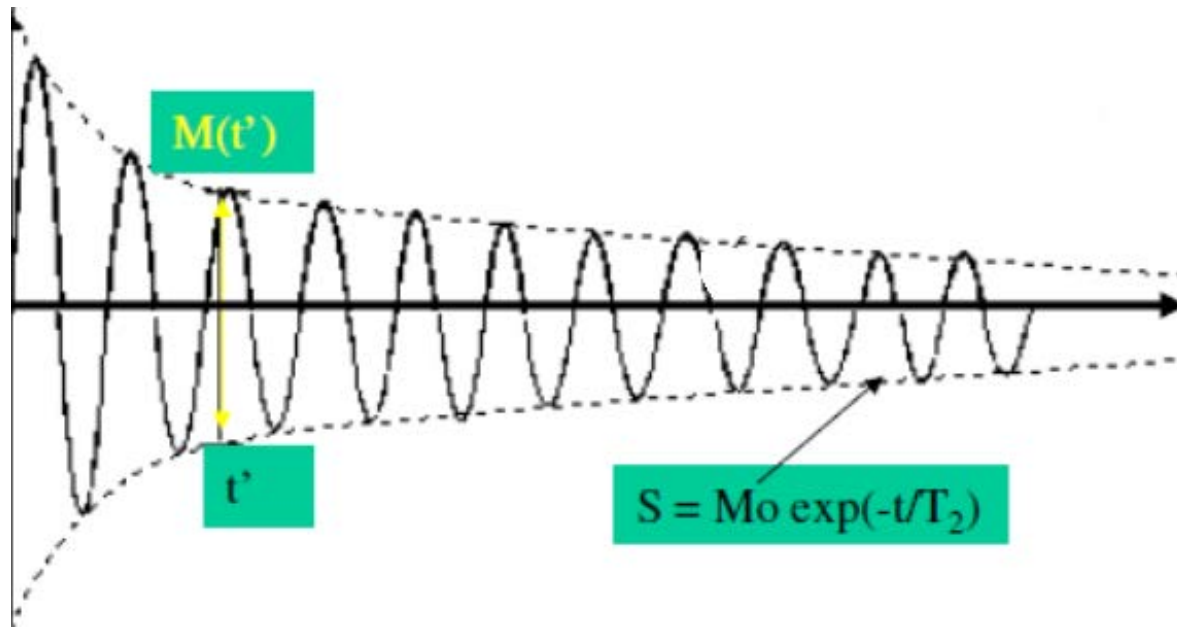




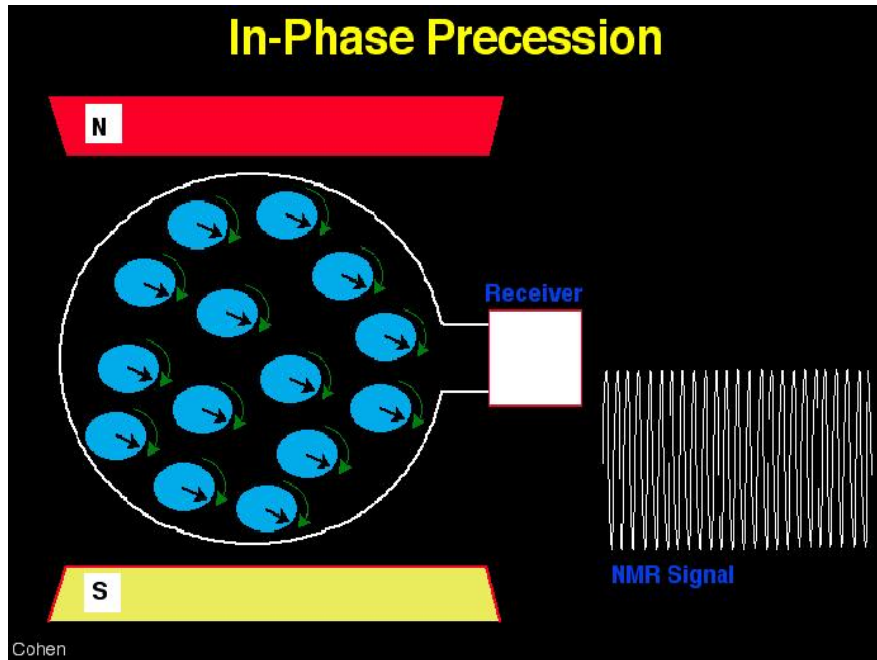


Ne kadar çok proton rezonans olursa, elde edeceğimiz sinyalin büyüklüğü ve şiddeti o oranda artar.

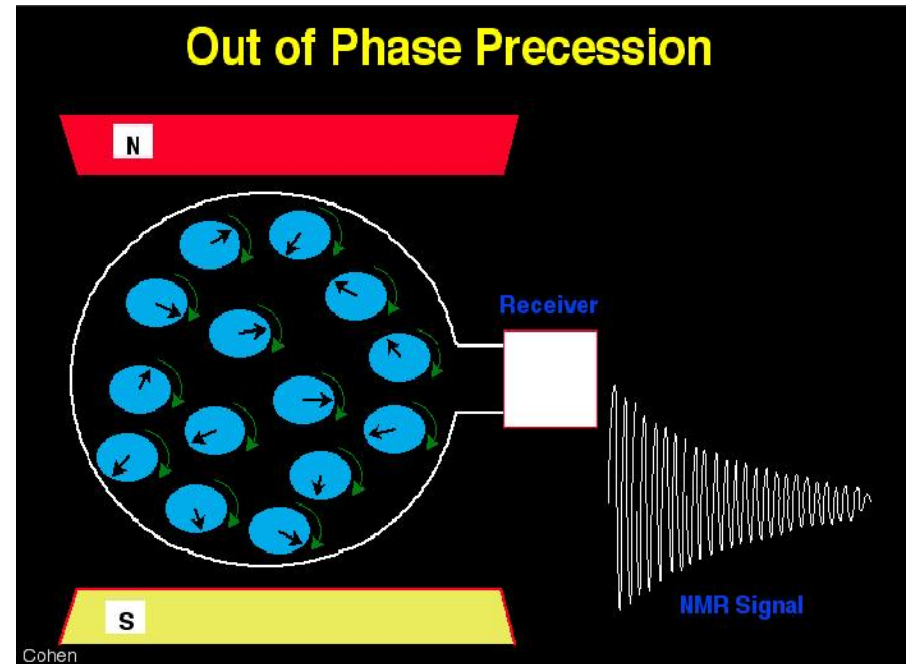
Free Indüksiyon Bozunumu (FID)



In-Phase Precession



Out of Phase Precession



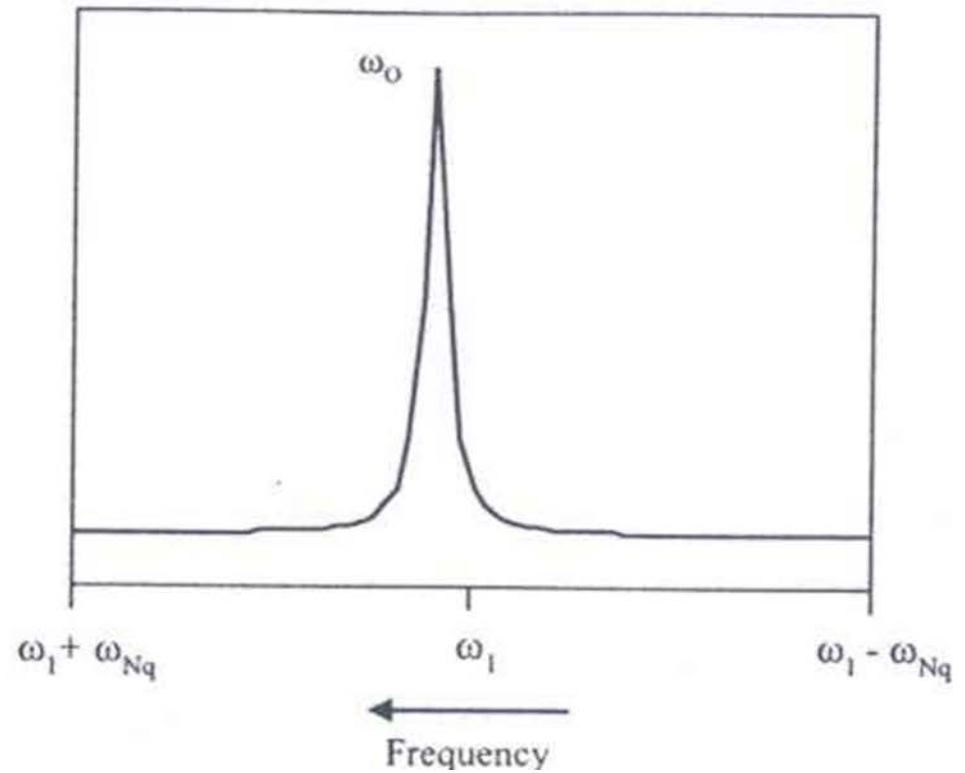
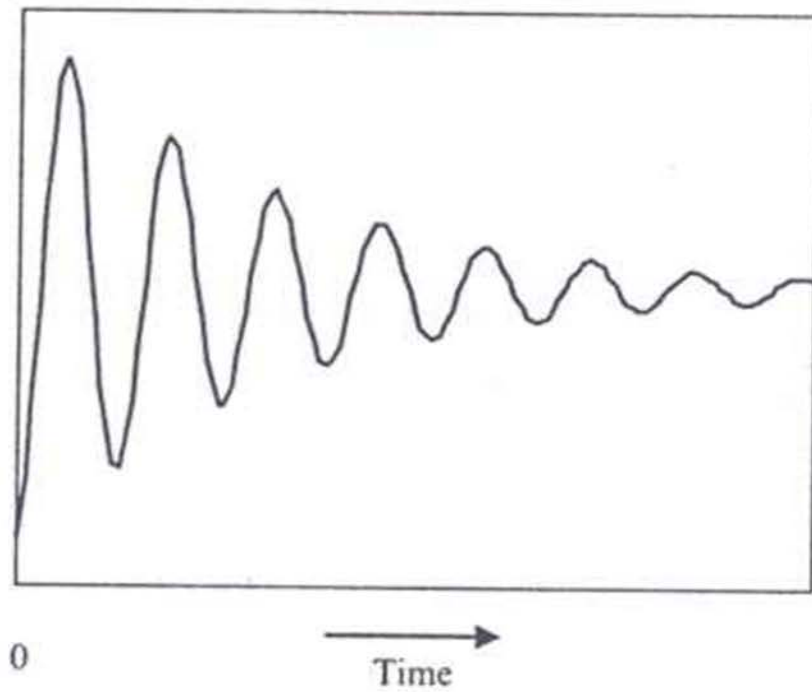
- ✓ Frekans, başlıca Larmor frekansıyla tayin edilir.
- ✓ Faz, M_{xy} planında birbirini ile uyumlu spin hareketi tanımlar ve protonlar ne kadar aynı fazda hareket ederse o kadar güçlü sinyal elde edilir.

Normal olarak elde edilen zamanla değişen sinyal, bir Fourier Transformasyon (FT) yöntemiyle frekans uzayında verilere dönüştürülür.

$$F(w) = \int f(t) .e^{-iwt} dt$$

$$F(t) = \int f(w) .e^{-iwt} dw$$

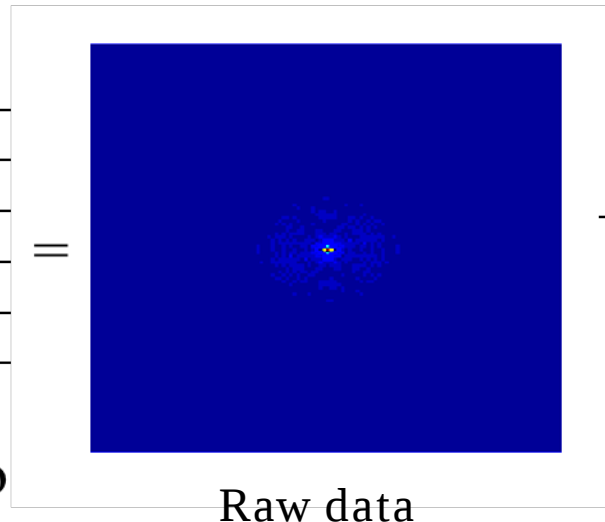
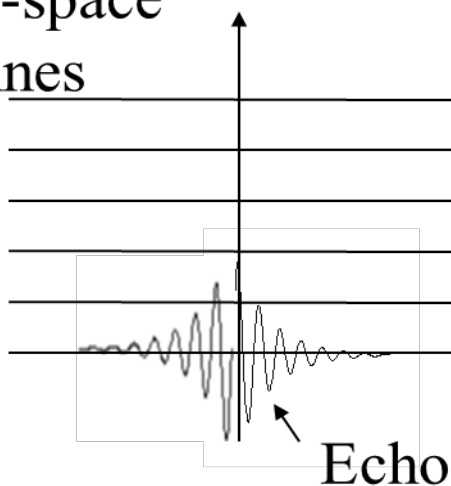
FID Sinyali



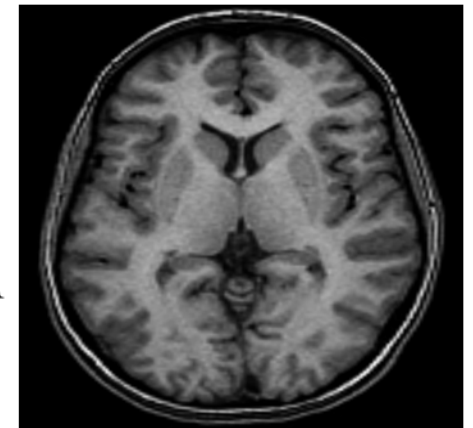
MR sinyal ve k-space data

- M_{xy} signal tamamiyle 0 olmaz, spinler sadece defaz olular.
- Refaz olduklarında **eko** sinyali elde edilir.
- Tarayıcıdan, MR data (k -space) her bir satırından gelen eko bilgileri içerir.
- Verilerin **Inverse Fourier Transform** ifadesi gerekli görüntüyü verir.

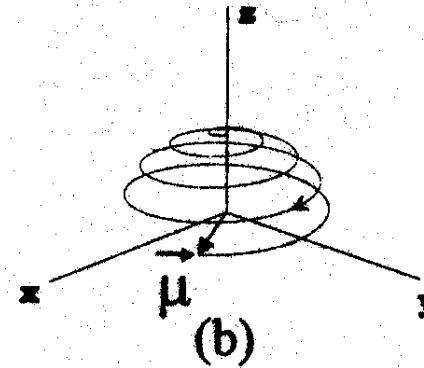
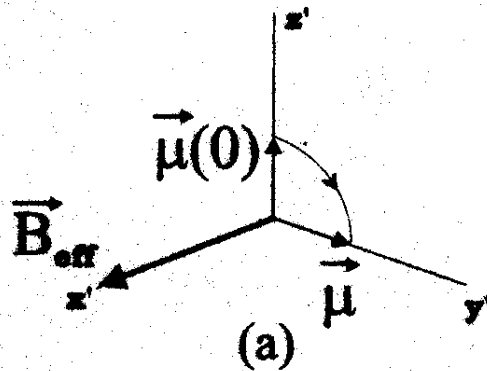
k -space
lines



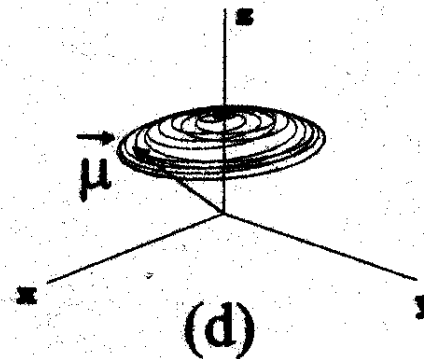
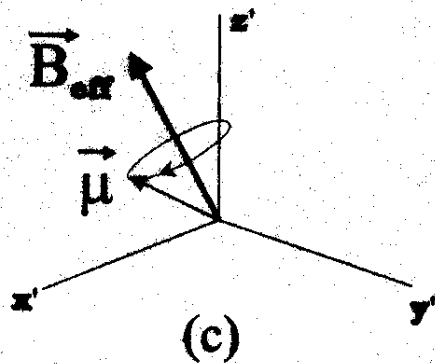
Inv.
Fourier
transform



RELAKSASYON

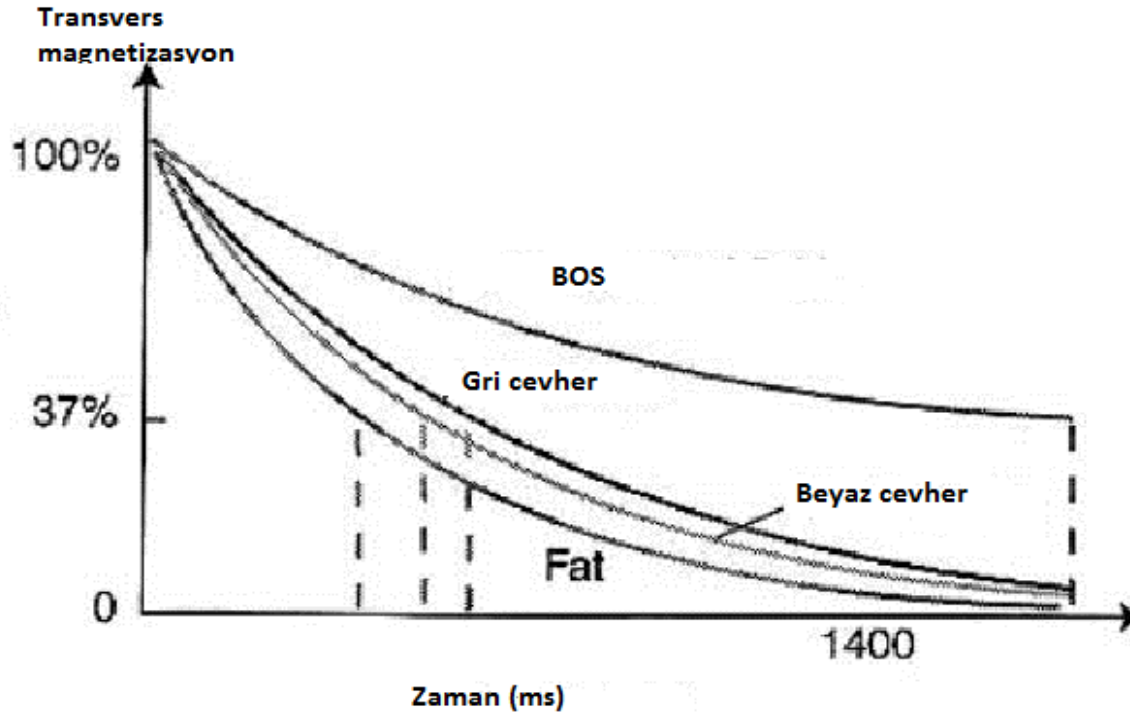


on-rezonans



off-rezonans

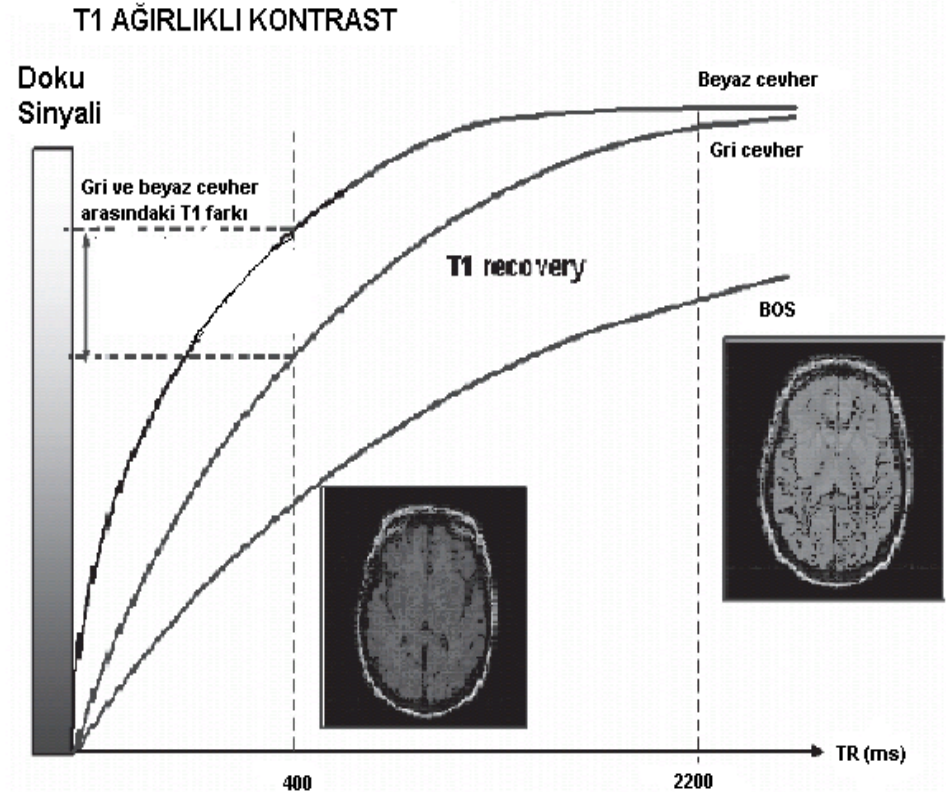
T2, SPİN SPİN RELAKSASYON SÜRESİ

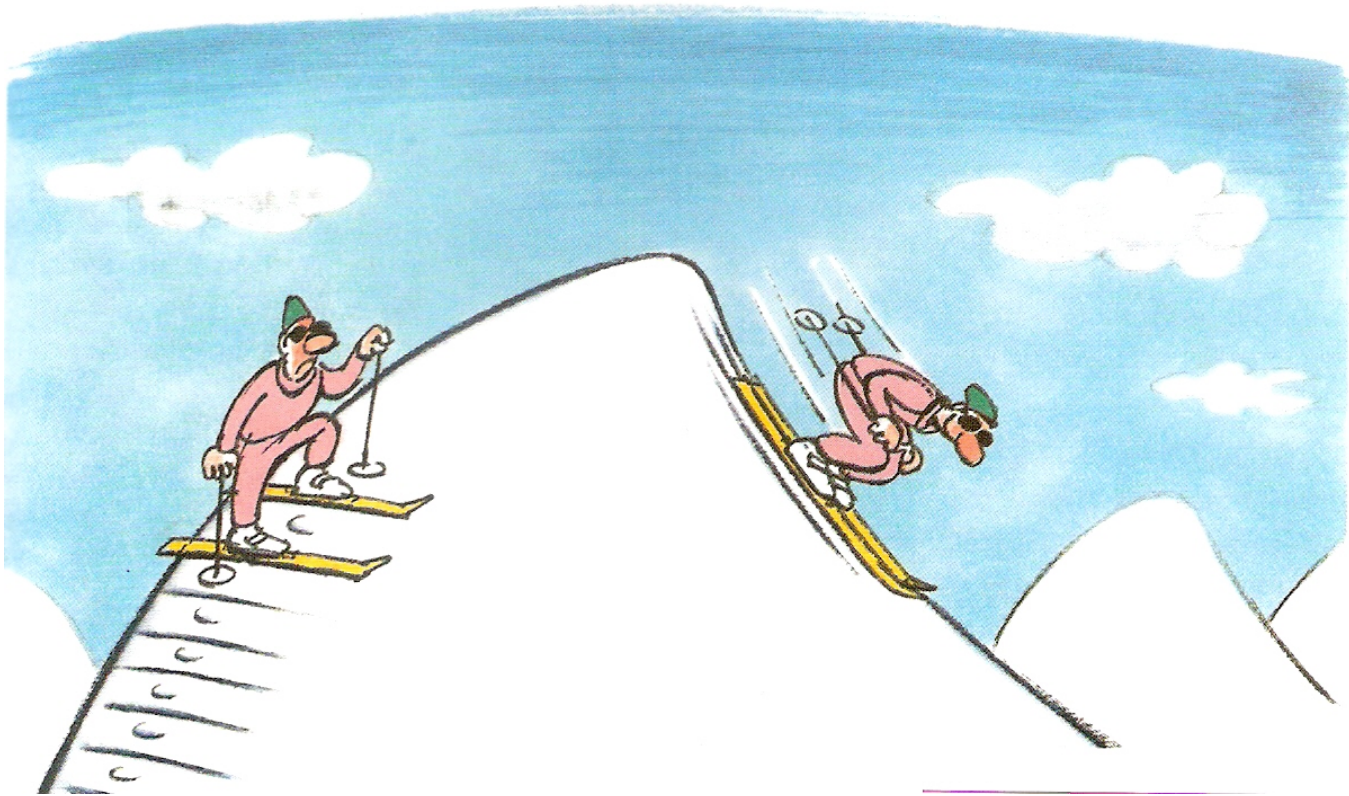


- rf pulsu uygulanmasından sonra bir MR sinyali kaydedilir
- rf pulsu kesildikten sonra protonlar hızla defaz olur.
 - *Sabit magnetik alanın homojen olmaması
 - *İncelenen dokunun kendisinin homojen olmaması

T1, SPİN ÖRGÜ RELAKSASYON SÜRESİ

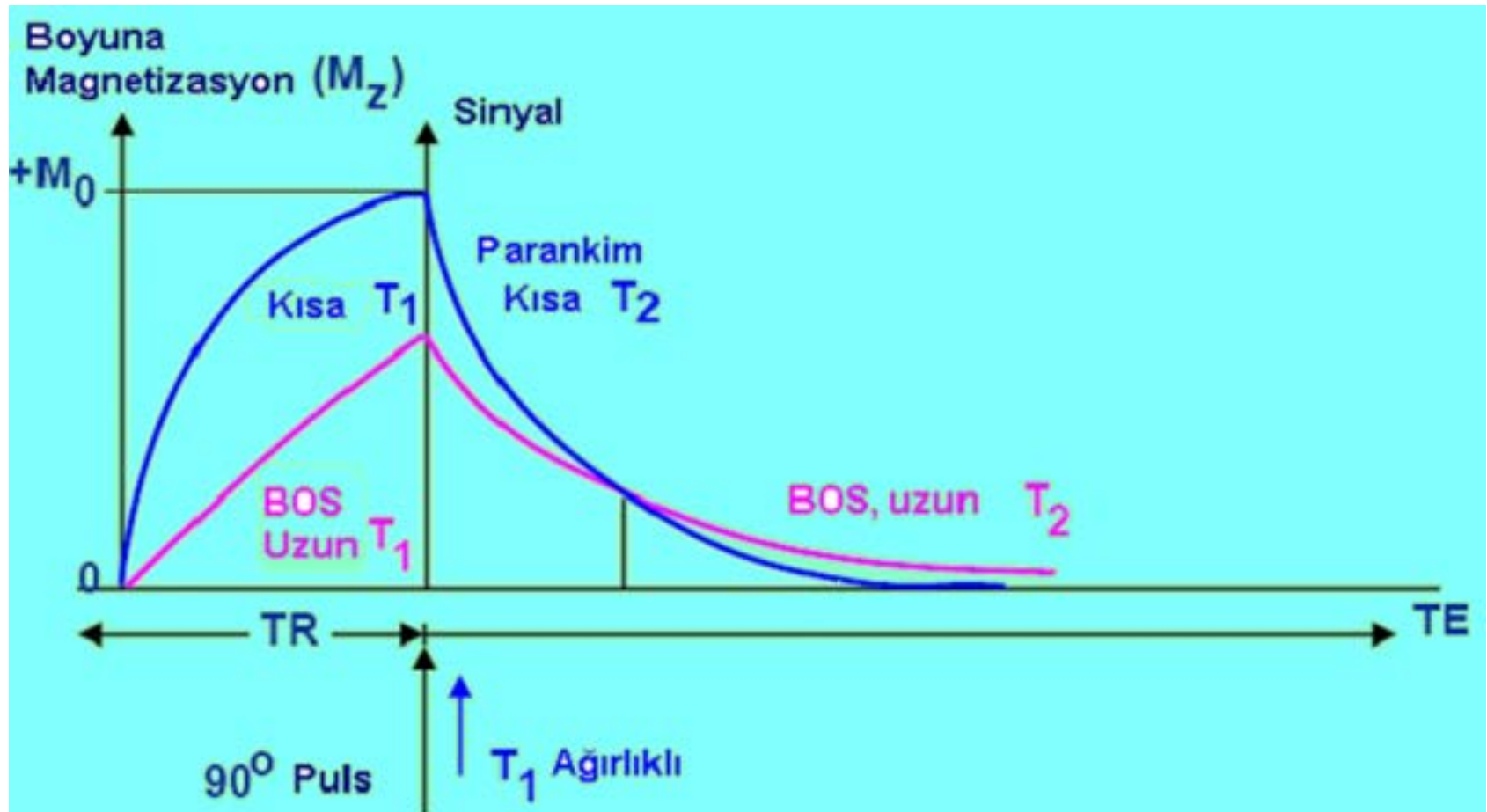
- ✓ Bir rf uygulamasının hemen ardından, protonların eski konumlarına geri dönünceye kadar geçen süre
- ✓ Protonlar eski konumlarına dönerken bulundukları örgüye enerji transferi yaparlar





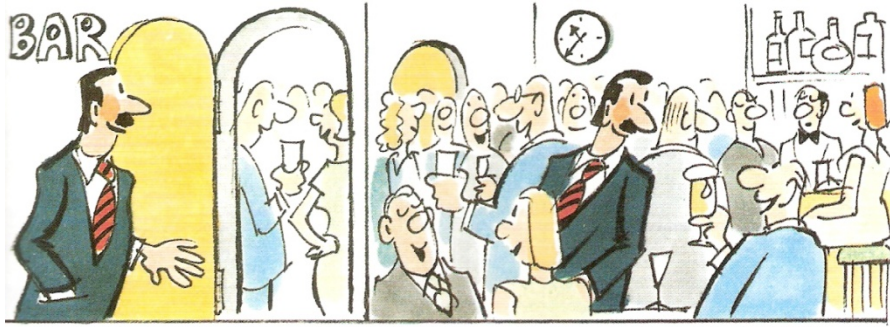
$$T_2 \ll T_1$$

T1 ve T2 relaksasyon süreleri



Dokuların relaksasyon sürelerindeki fark kontrastı meydana getirir.

DOKU	T ₁ (0.15 Tesla)	T ₁ (1,5 Tesla)	T ₂
Yağ	170	250	80
Karaciğer	250	720	60
Beyaz cevher	350	500	75
Gri cevher	500	760	90
Dalak	450	620	75
Kas	580	800	40
Kan	720	1000	175
BOS	1500	2650	260
Su	2500		2500



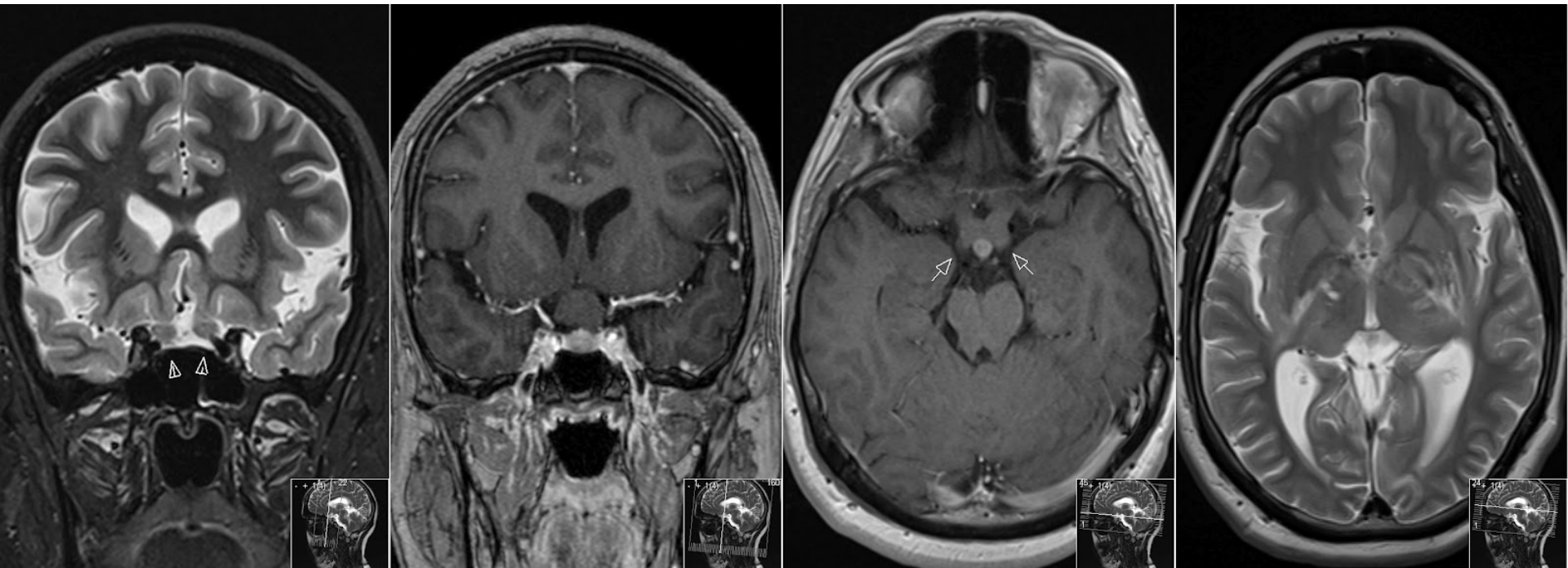
Sıvıların T1 ve T2 zamanları uzundur.





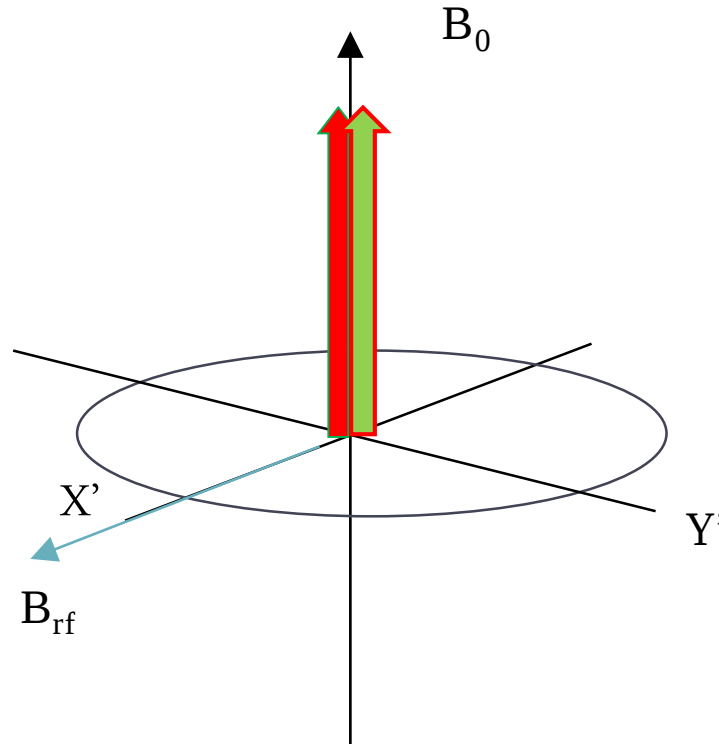
Sıvılarla karşılaştırıldığında yağın T1 ve T2 süreleri daha kısadır.

T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler



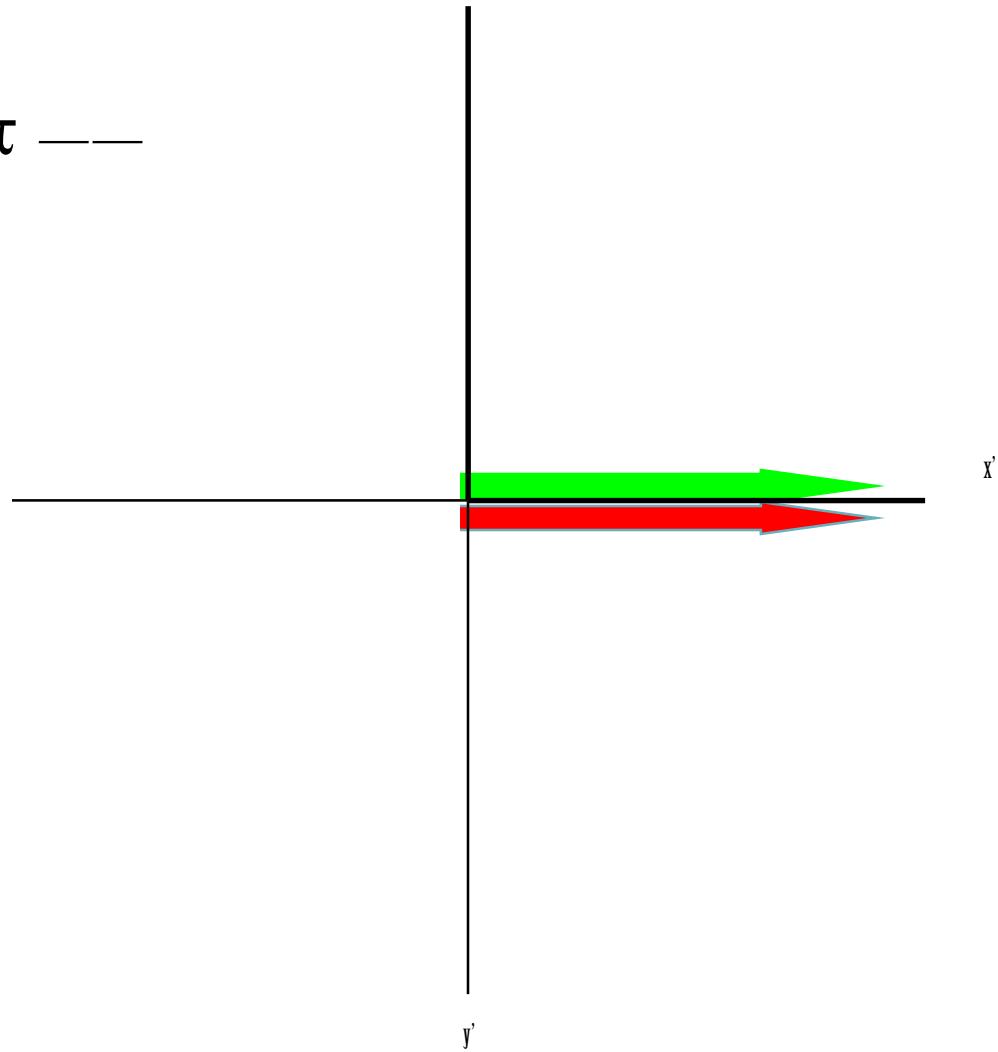
Spin Eko Sekans

90— τ —180 — τ — 90°lik bir rf pulsu uygulandığında;



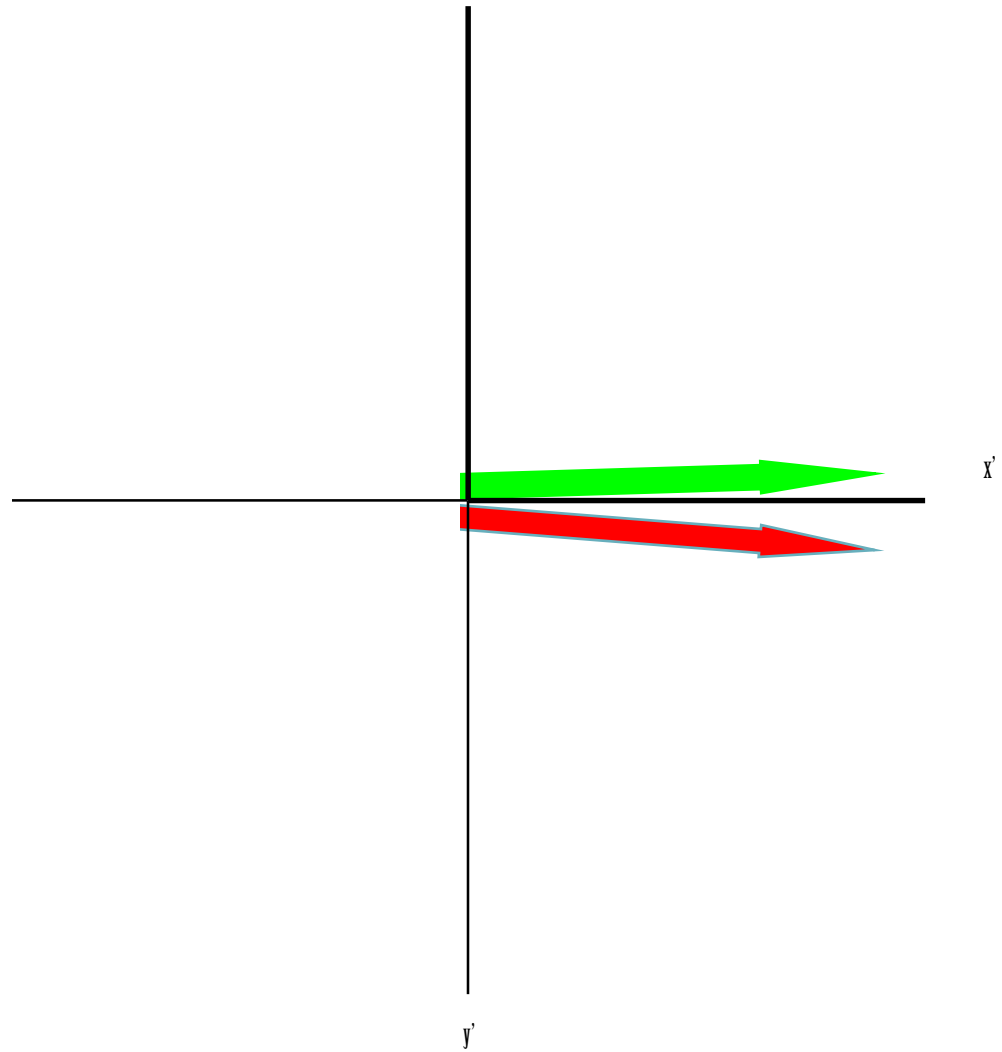
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



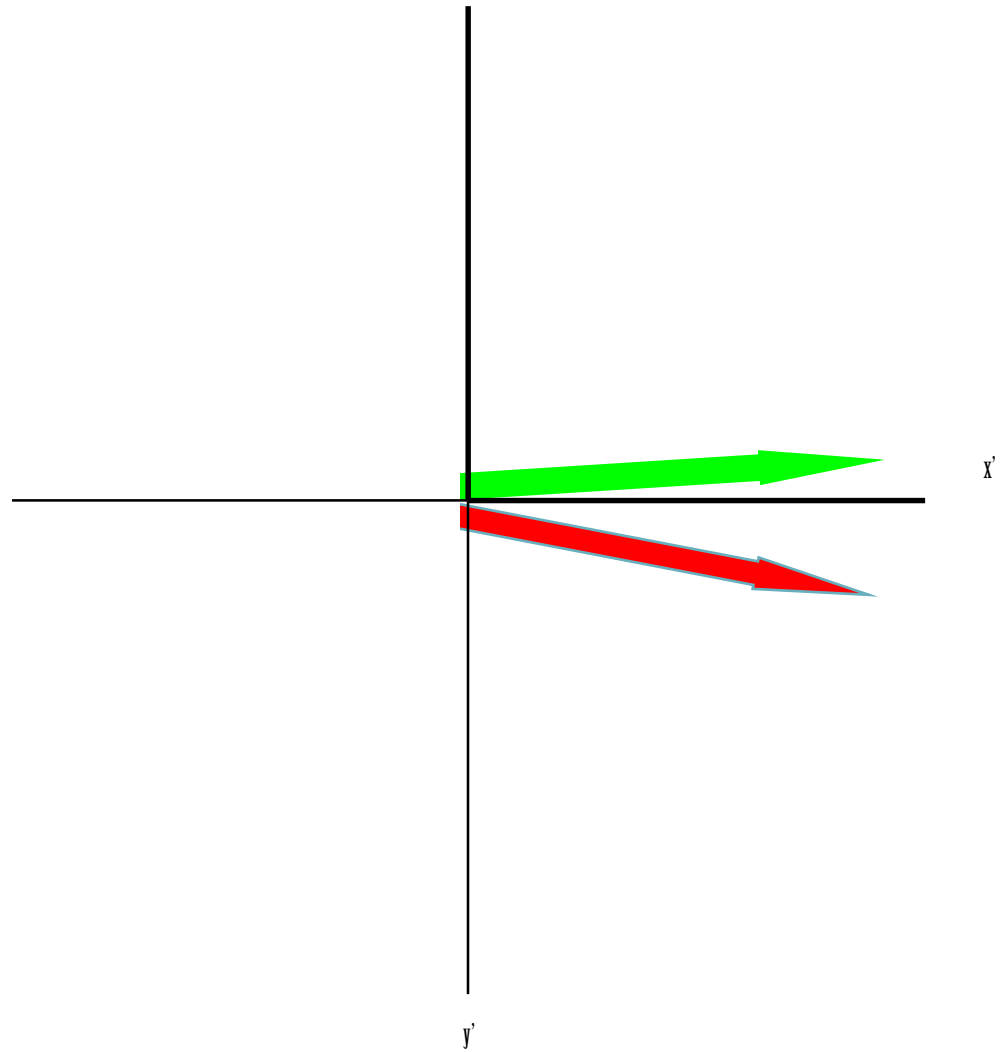
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



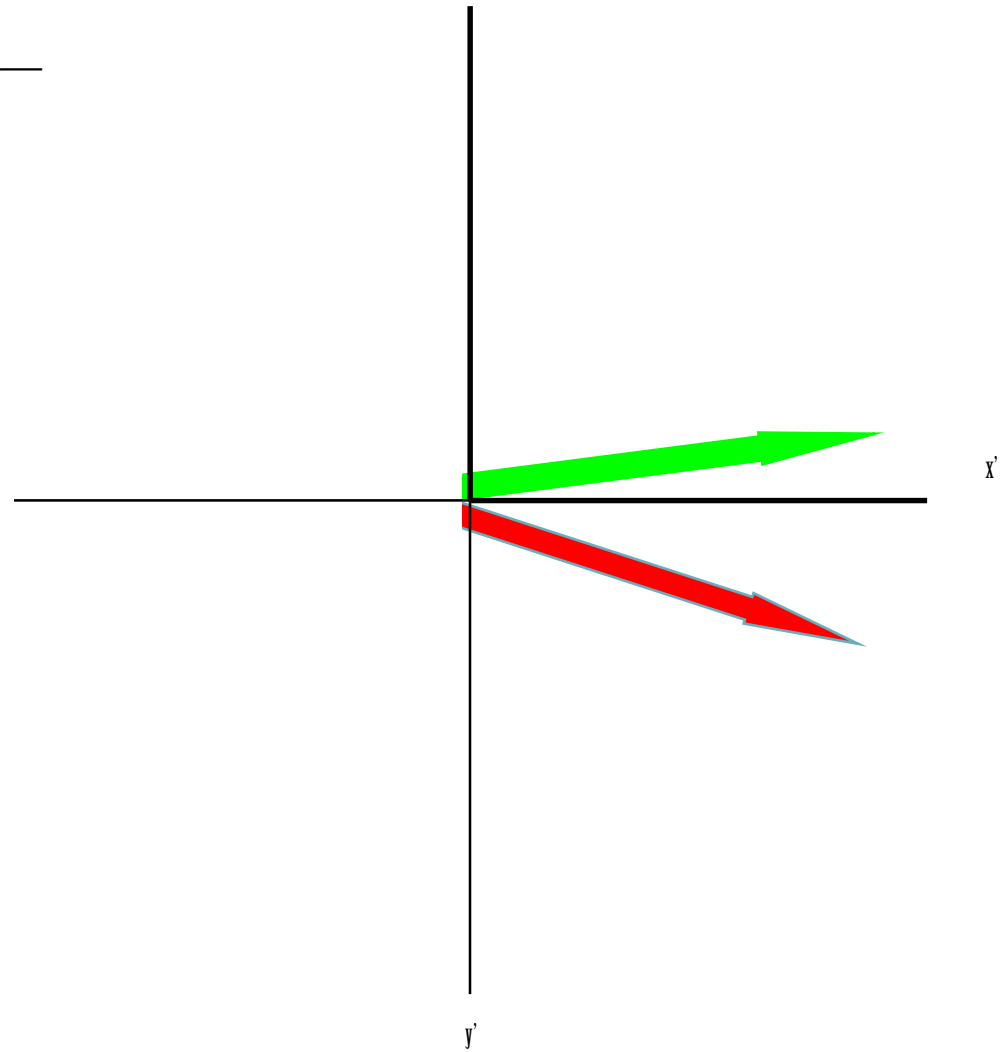
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



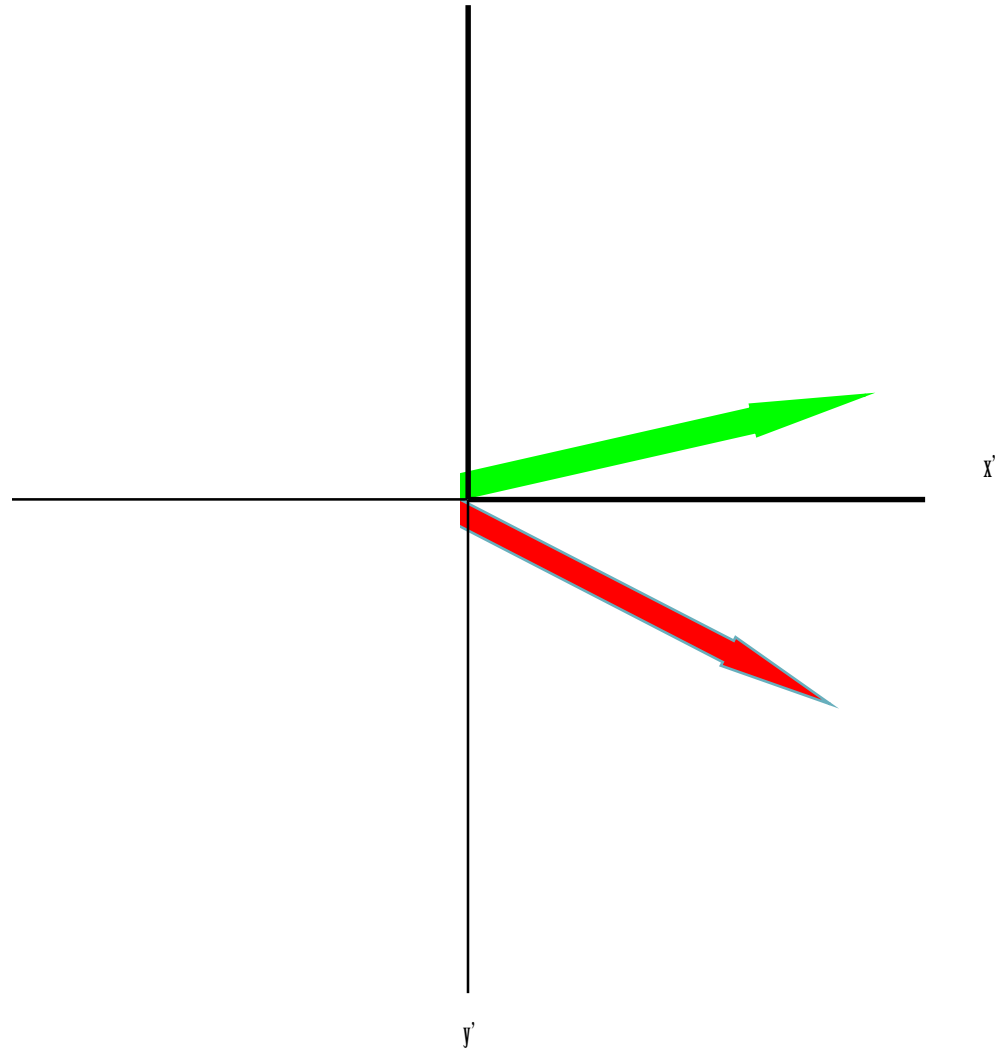
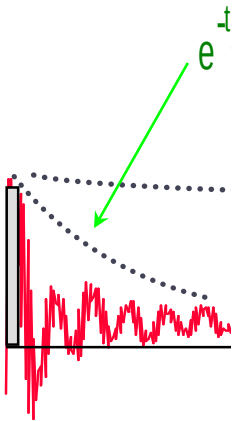
Spin Eko Sekans

90 — ☐ — 180 — ☐ —



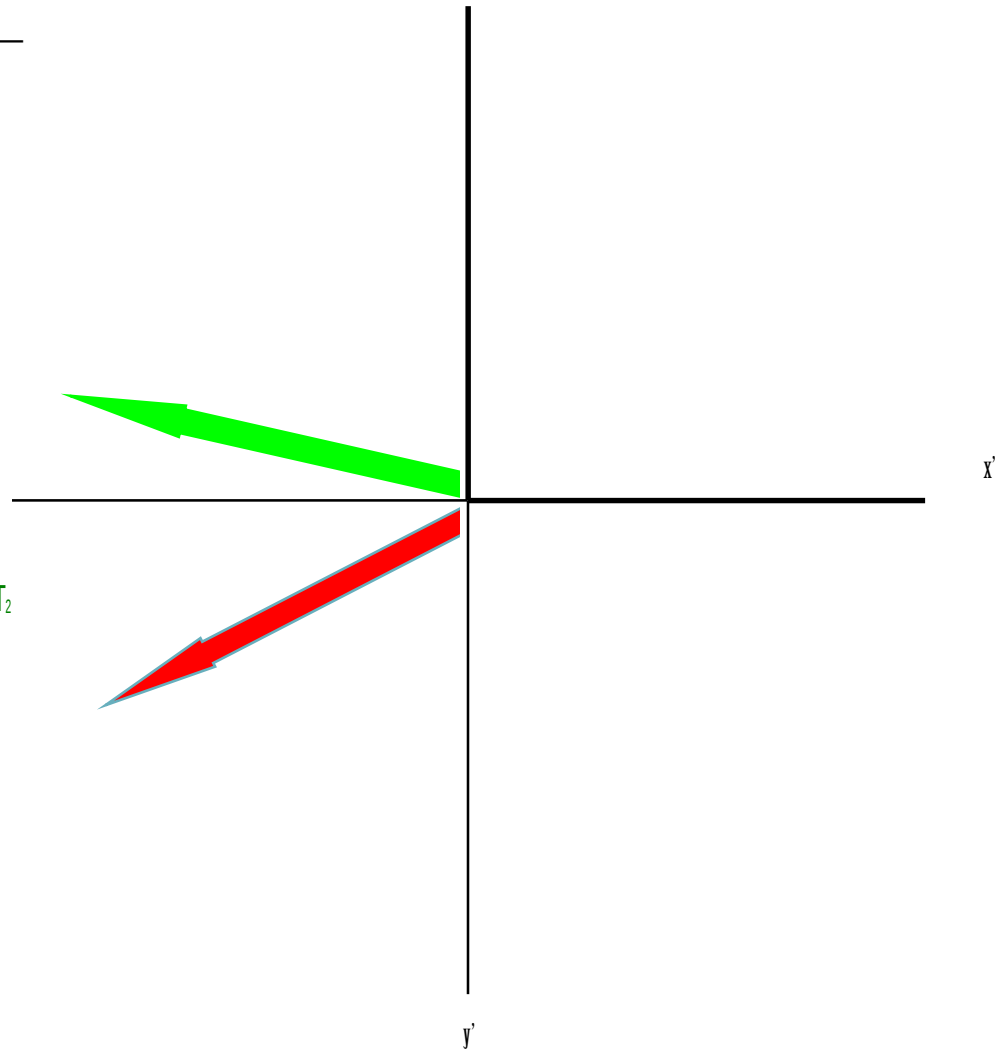
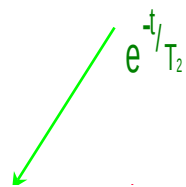
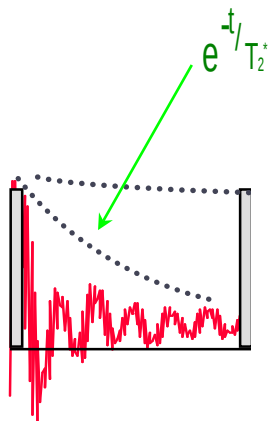
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



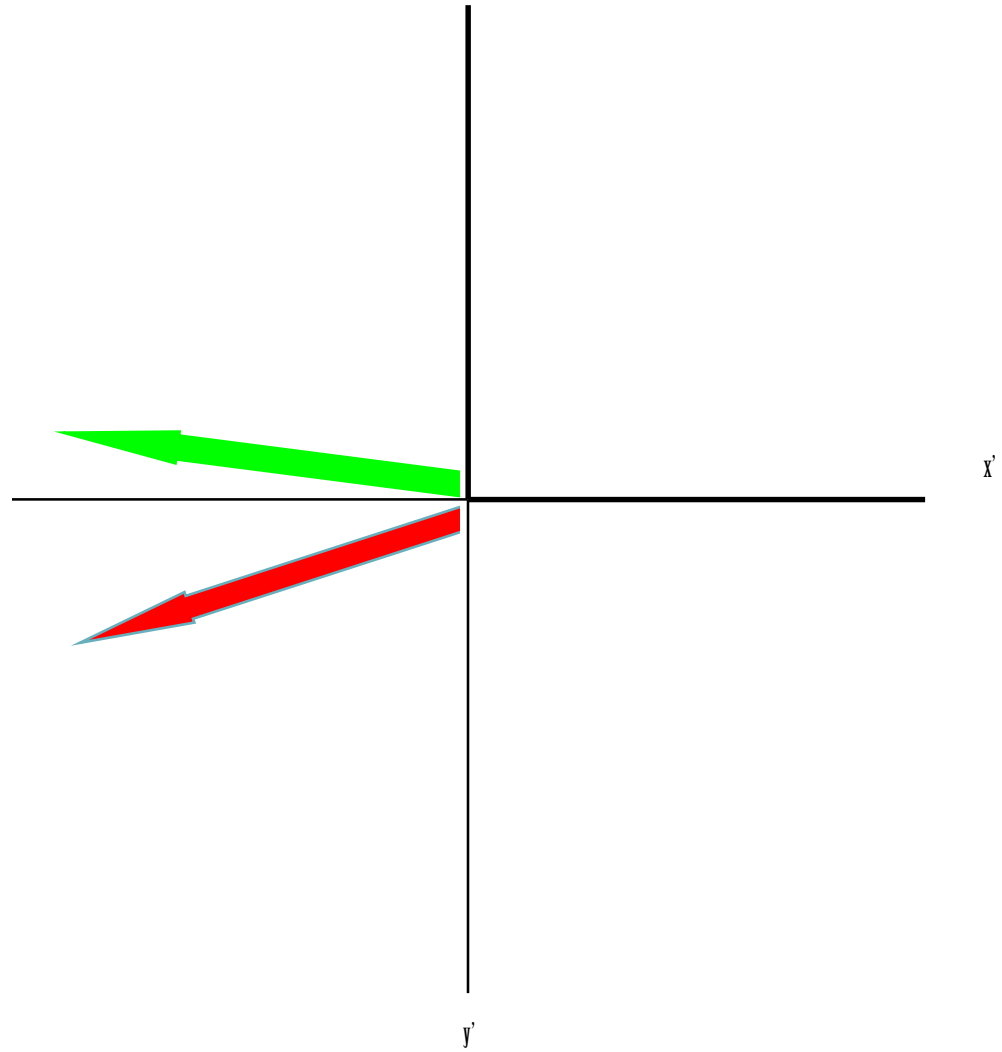
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



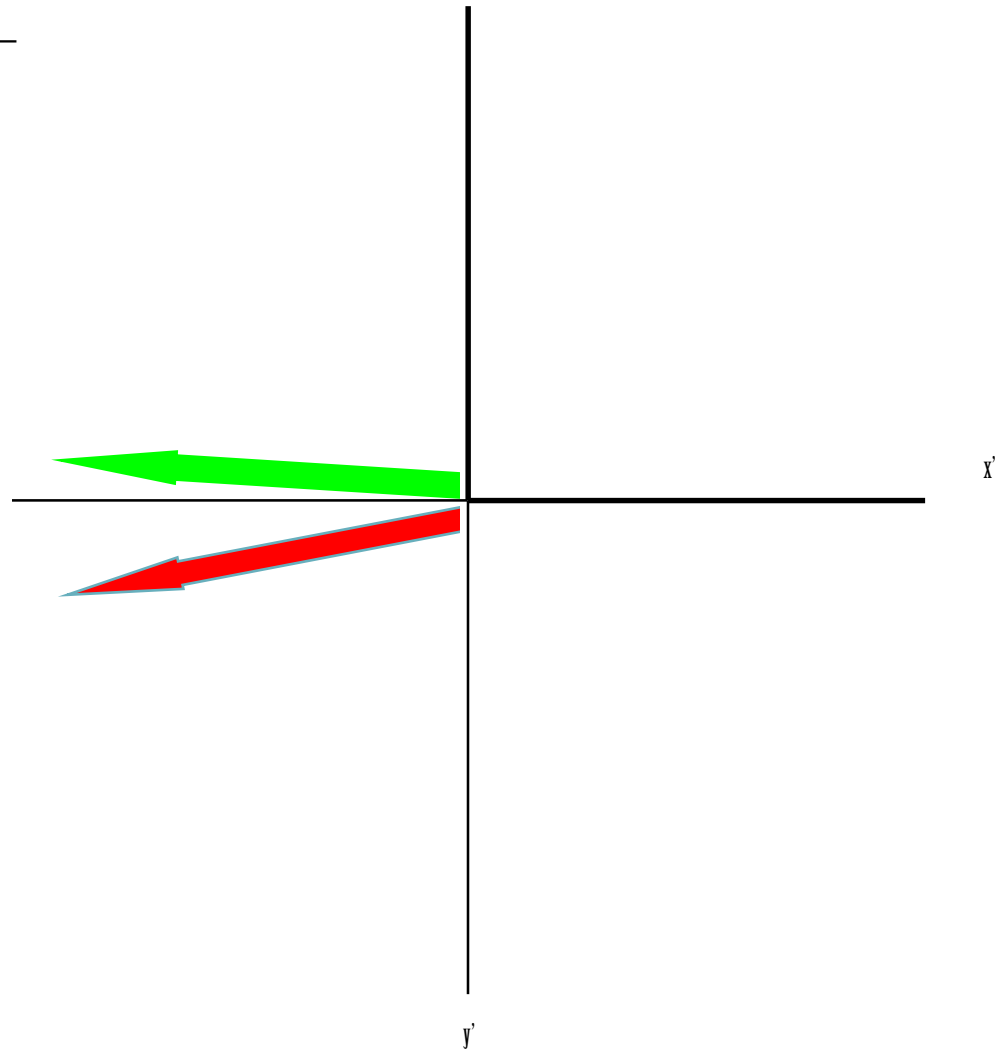
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



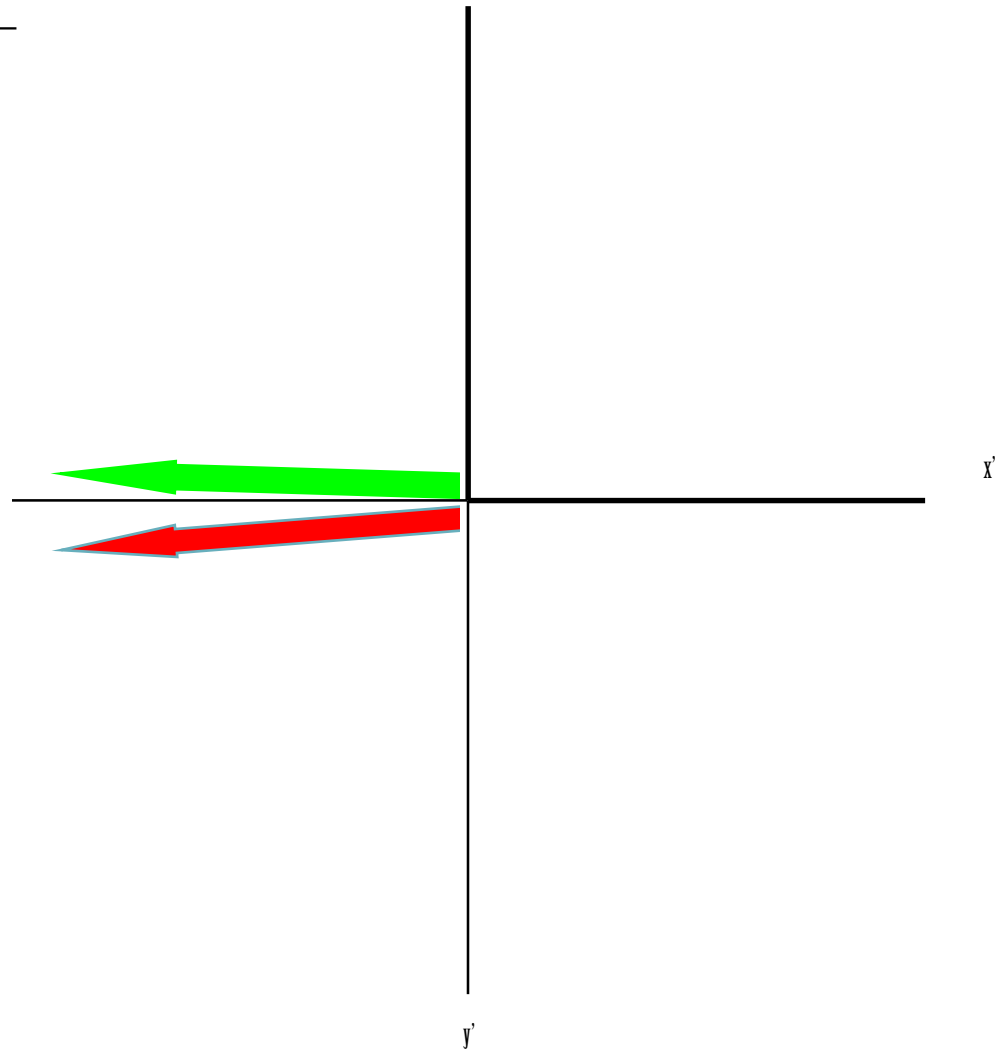
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —



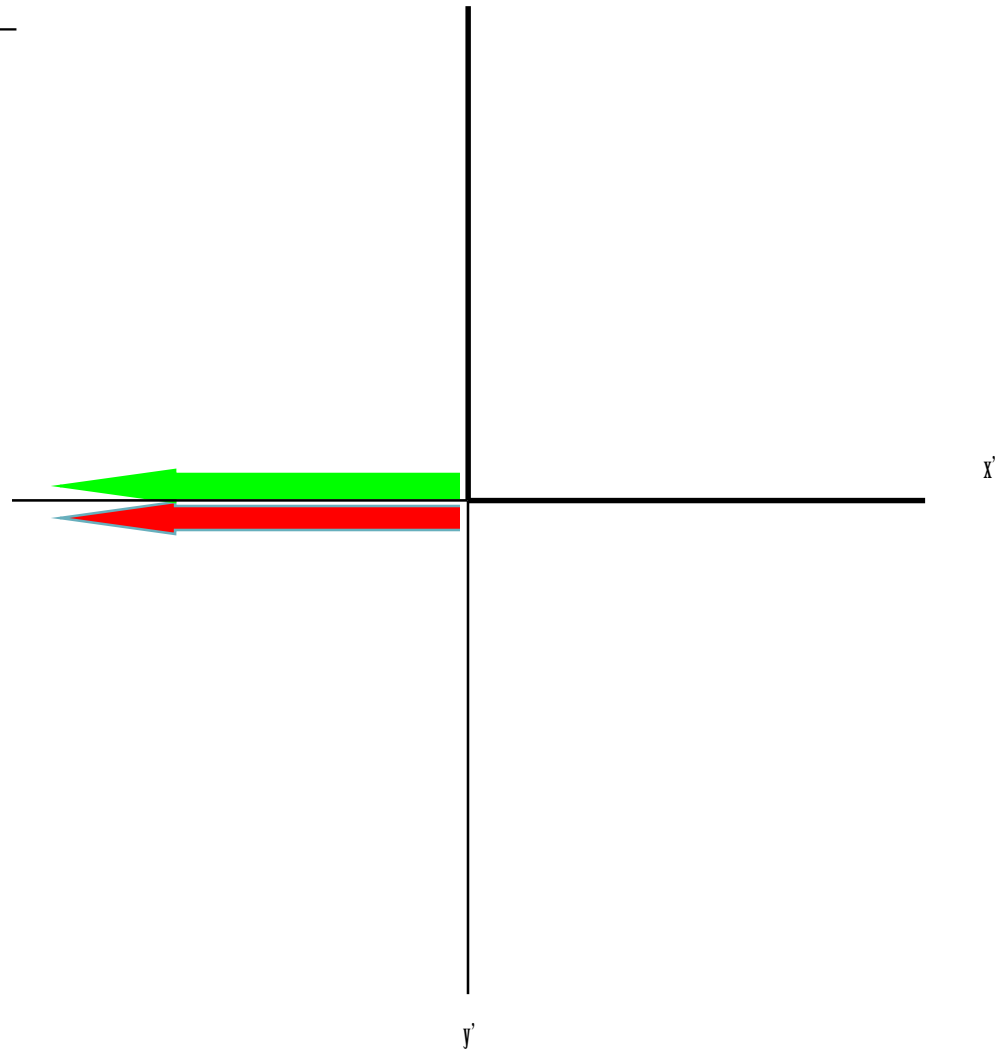
Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —

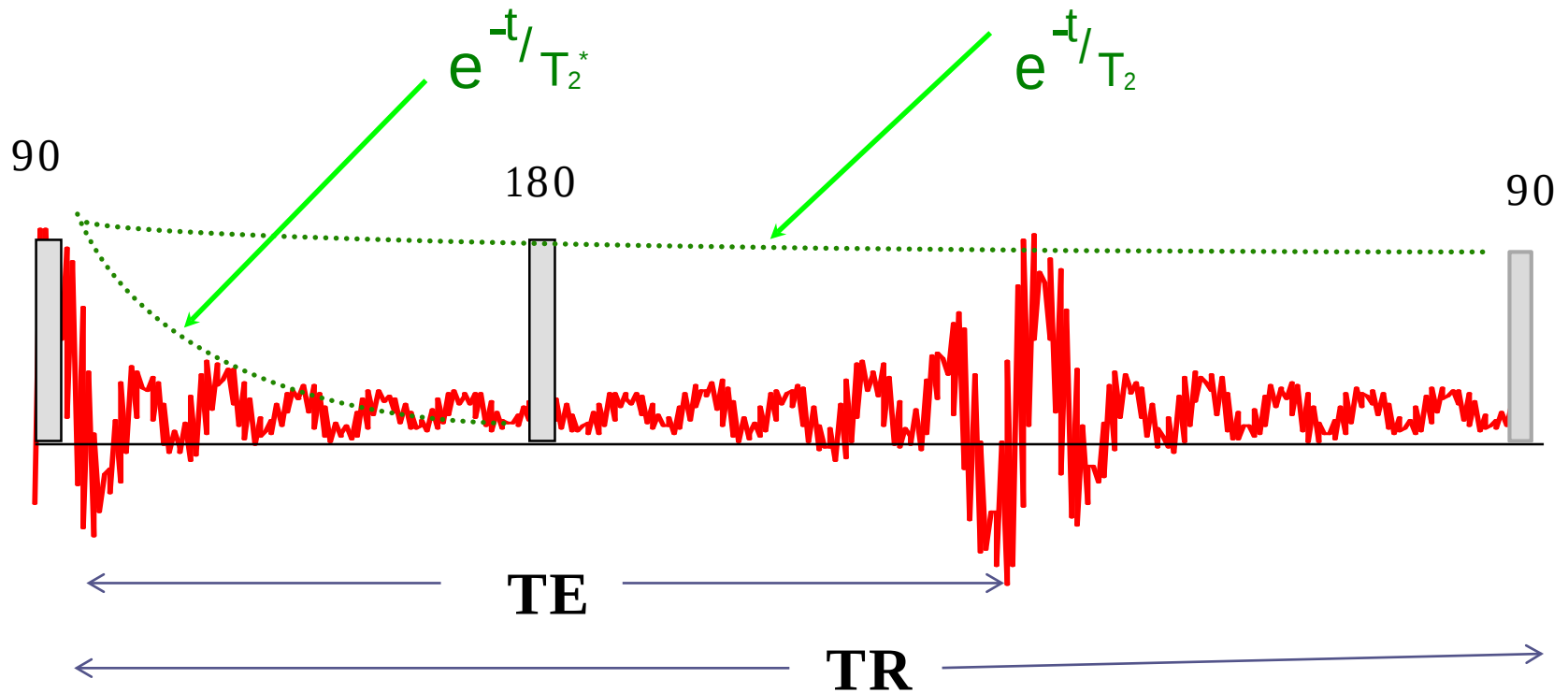


Spin Eko Sekans

90 — τ — 180 — τ —

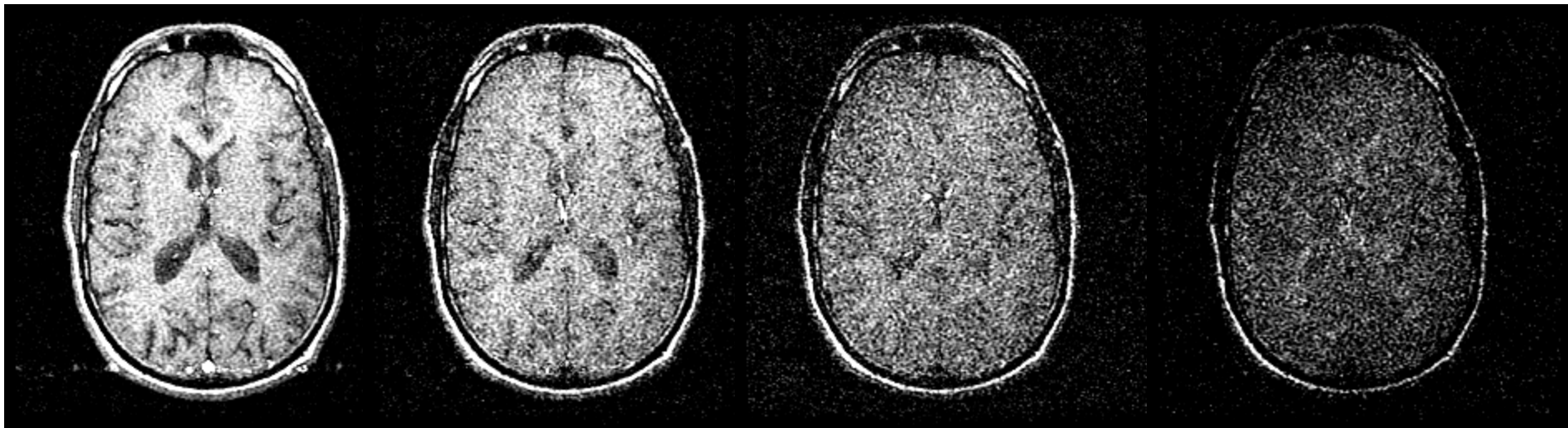


T_2 and T_2^*



SPIN EKO SEKANS

AĞIRLIKLİ GÖRÜNTÜ	TR	TE
T ₁ AĞIRLIKLİ	KISA(1000ms>...)	KISA(20ms>...)
T ₂ AĞIRLIKLİ	UZUN(1500ms<..)	UZUN(70ms<..)
PROTON YOĞUNLUĞU	UZUN(1500ms<..)	KISA(20ms>...)
	KISA(1000ms□...)	UZUN(70ms<..)

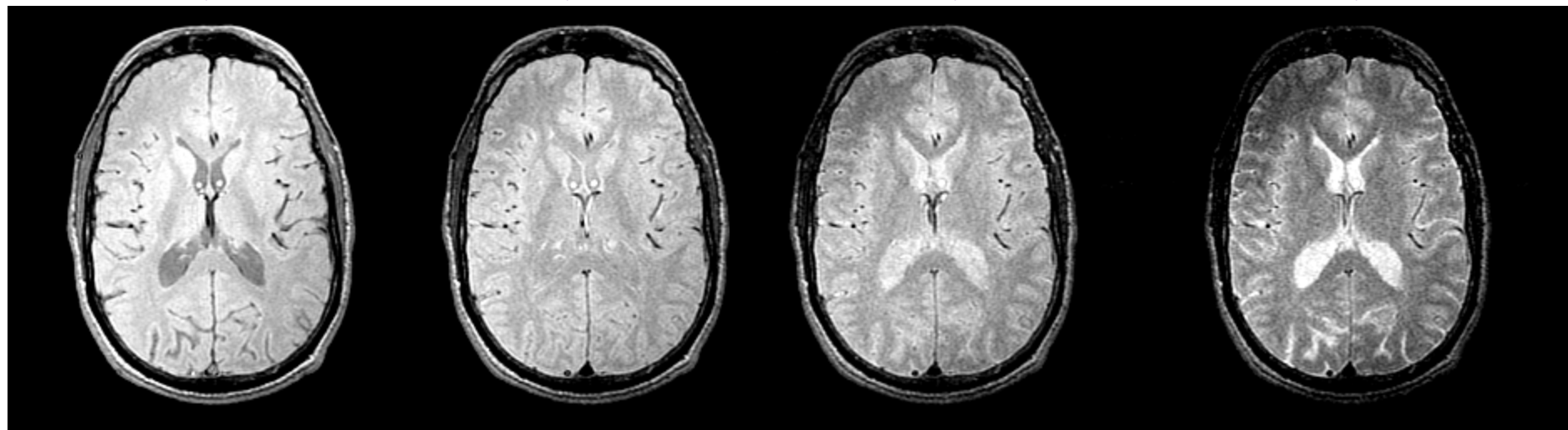


250/20

250/40

250/60

250/80



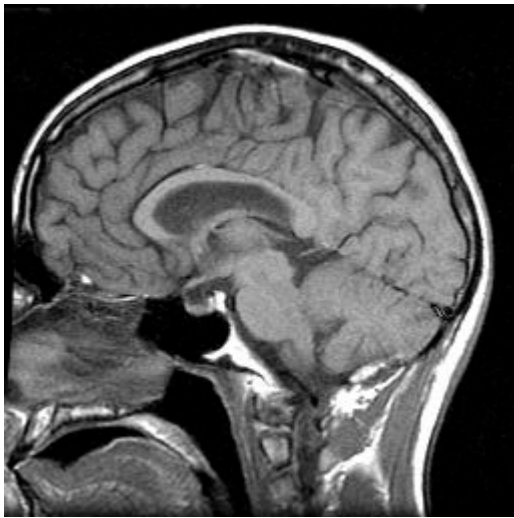
2000/20

2000/40

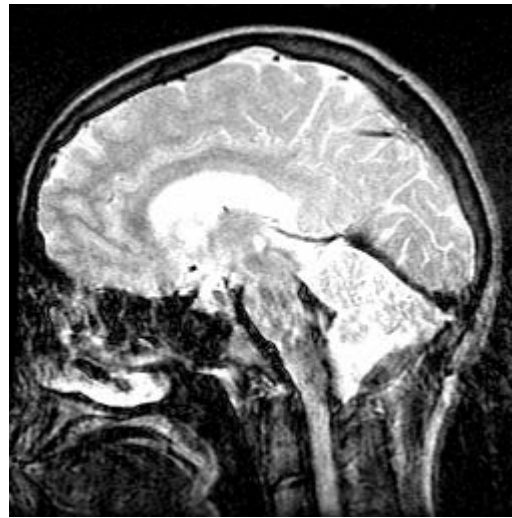
2000/60

2000/80

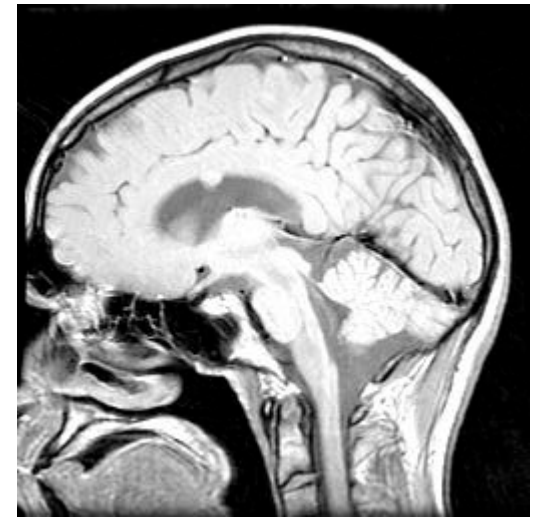
BEYİN MRG - Sagittal



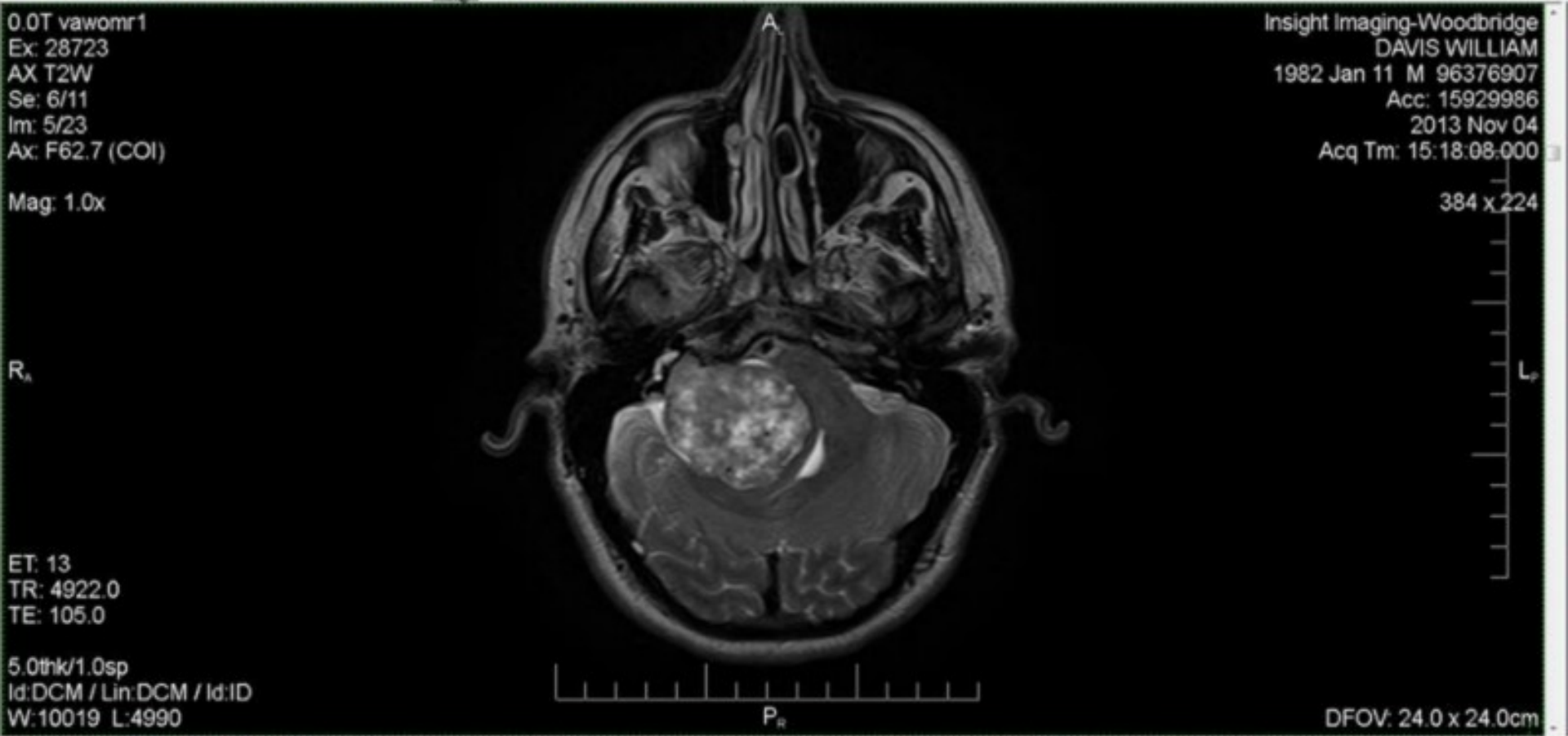
T1 Contrast
TE = 14 ms
TR = 400 ms



T2 Contrast
TE = 100 ms
TR = 1500 ms



Proton Density
TE = 14 ms
TR = 1500 ms



0.0T vawomr1
Ex: 28723
AX T2W
Se: 6/11
Im: 5/23
Ax: F62.7 (COI)
Mag: 1.0x

Insight Imaging-Woodbridge
DAVIS WILLIAM
1982 Jan 11 M 96376907
Acc: 15929986
2013 Nov 04
Acq Tm: 15:18:08.000

384 x 224

ET: 13
TR: 4922.0
TE: 105.0

5.0thk/1.0sp
Id:DCM / Lin:DCM / Id:ID
W:10019 L:4990

DFOV: 24.0 x 24.0cm

etkileyebilir. Ama sonuçta
çalınan müzikte tüm enstrü-
manların az ya da çok bir etkisi
olacaktır.



SE (spin eko sekans)
T2 ağırlıklı Sagital

TR=2200 ms

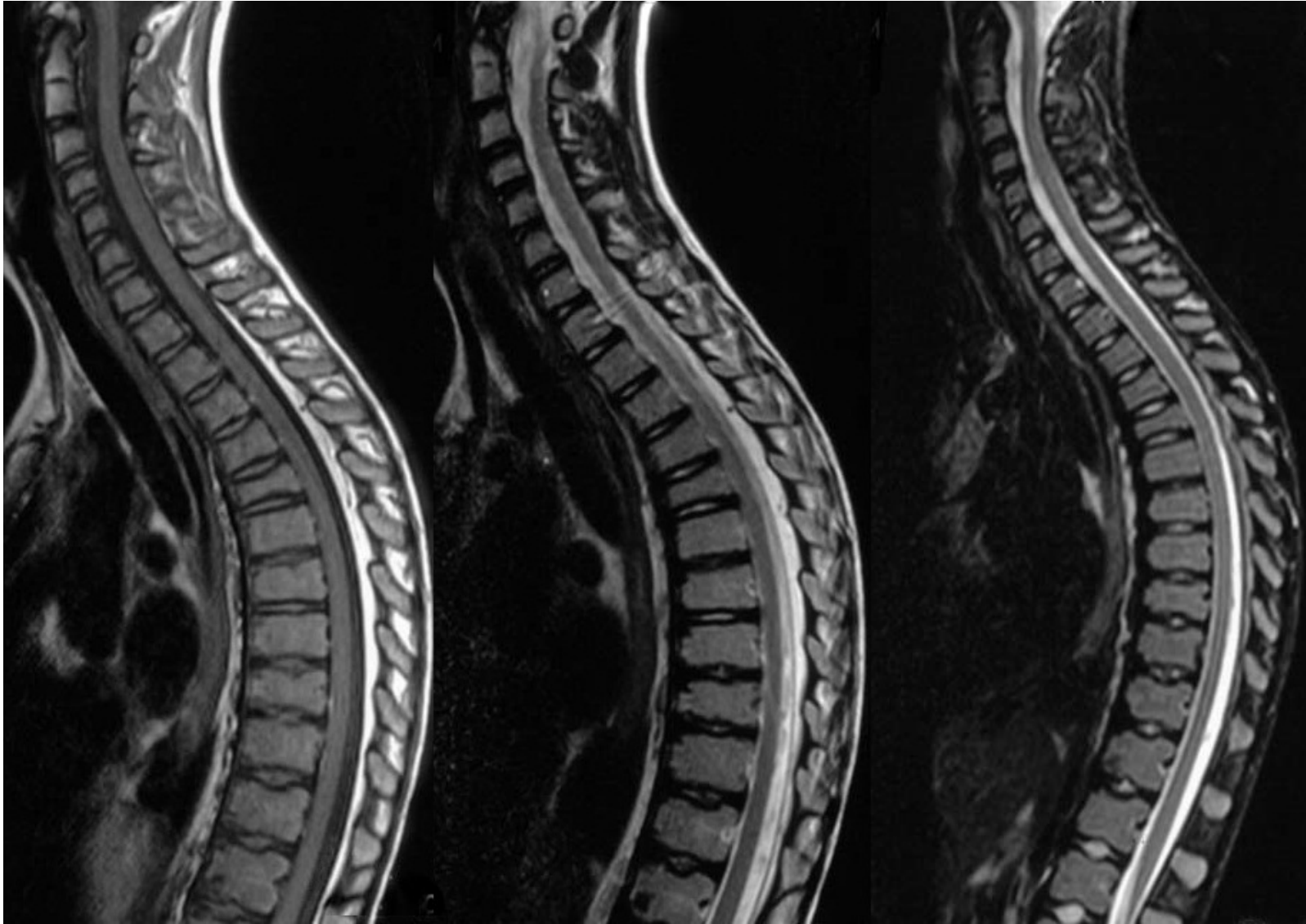
TE=90 ms

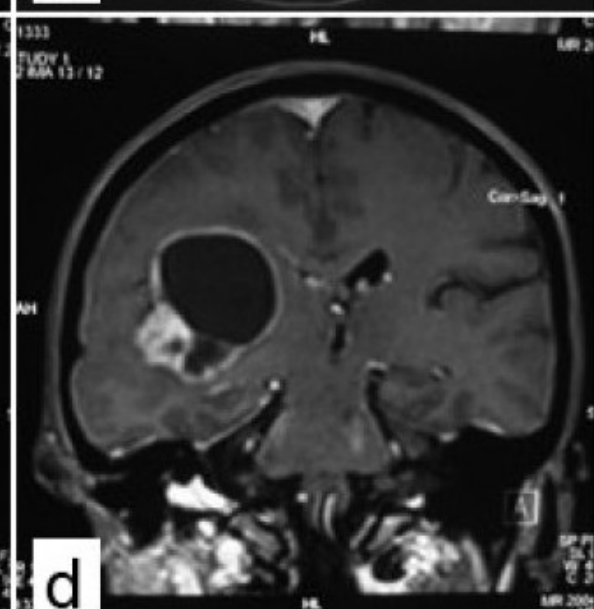
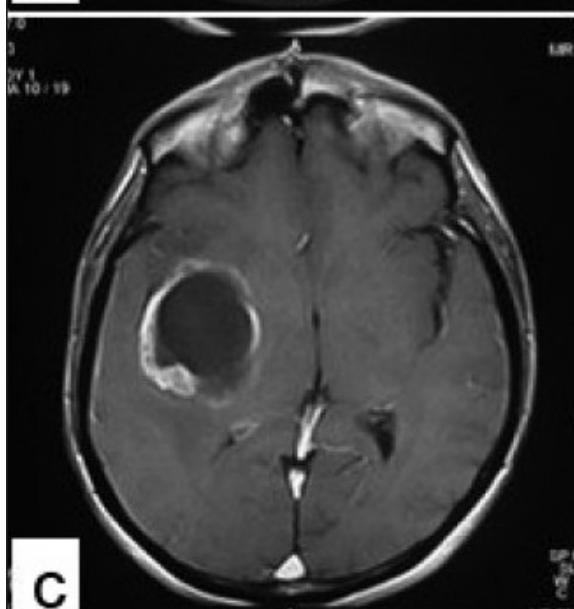
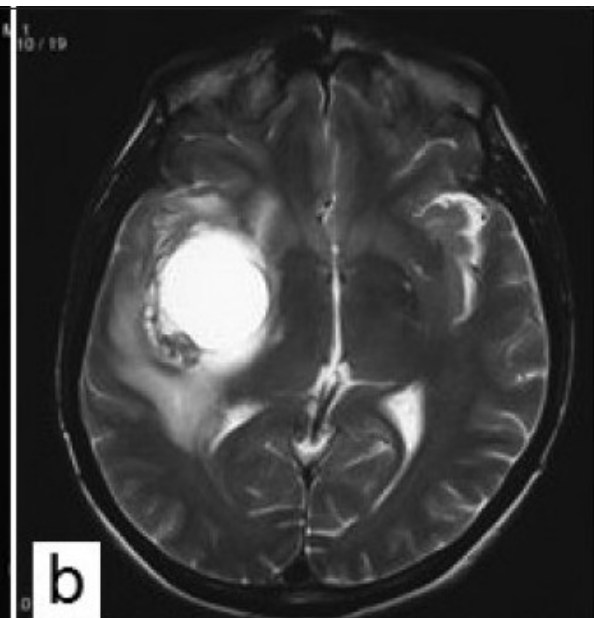
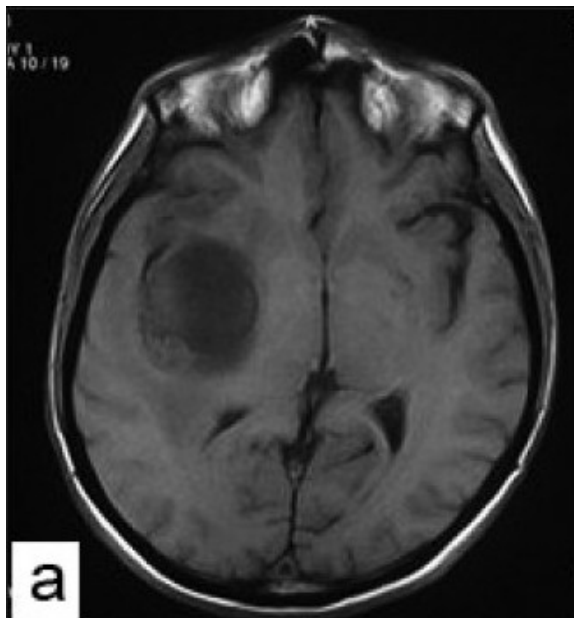
SE (spin eko sekans)
T1 ağırlıklı Coronal

TR=500 ms

TE=15 ms

Spinal cord







TEŞEKKÜRLER

Melahat