

مقدمه ای بر سیستمهای تصویر گر پزشکی

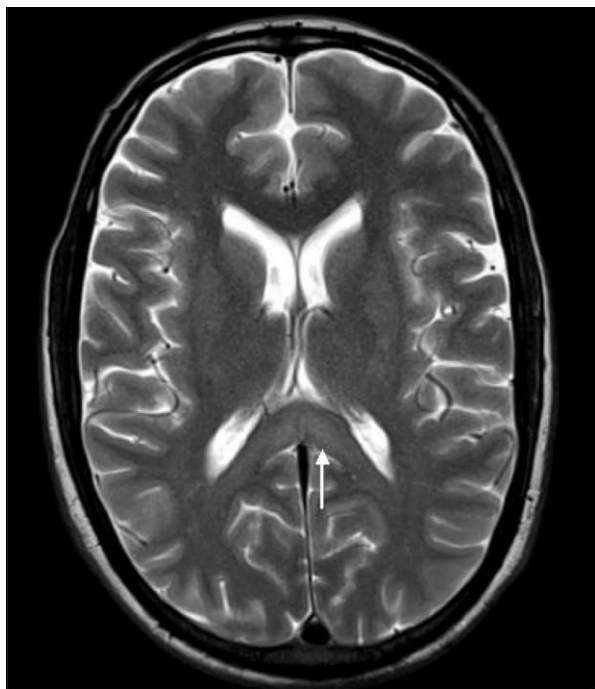
آشنایی با دستگاه MRI

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)

- نمونه ای از دستگاه MRI



نمونه ای از تصاویر دستگاه MRI



اجزاء مهم دستگاه های MRI

• متمرکز در سه اتاق اصلی:

- Exam room (محصور در RF cage): مغنت + ملحقات: گرادیان کویل، بخشی از زنجیر RF، بخشی از تجهیزات cryogenic، تخت، کویلها (گیرنده یا فرستنده)، فیلتر باکس، ...

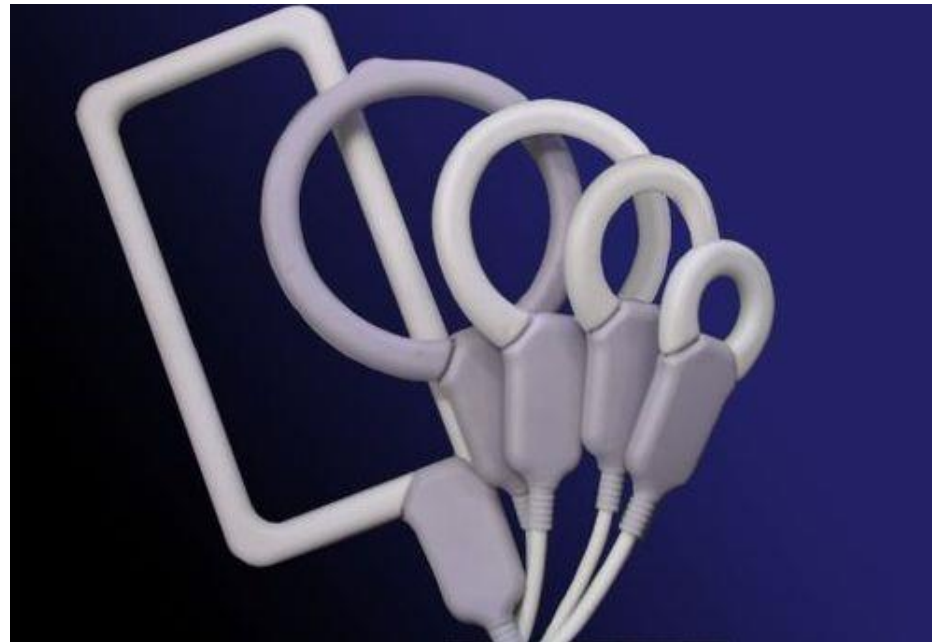
- Technical (equipment) room: تقویت کننده ی گرادیان، تقویت کننده ی RF، Reconstructor، Spectrometer، بخشی دیگری از تجهیزات cryogenic، خنک کننده ی سیال، ...

- Control room: کامپیوتر host، نمایشگر، ...

نمونه ای از مگنت ابررسانا، کوئل گرادیان، کوئل RF (فرستنده)



نمونه ای از کویل‌های مختلف



نمونه ای از تجهیزات اتاق تکنیک

PB009043_781171, Control Cabinets MR

CD-Identifier: 2010-Edition-1-MR



NTDAC

Recon



Gradient AMP



RF AMP



Cooling System



Mains

آشنایی با سخت افزار دستگاه های MRI

- انواع دستگاههای MRI از دید نوع مغنت:
- دائمی (Permanent)
- مقاومتی (Resistive)
- ابررسانا (Super Conductive)

- آلیاژی خاص (copper, niobium, titanium) در دمای نزدیک به صفر کلوین، با فرض محدود بودن فشار و جریان، در برابر عبور جریان مقاومتی از خود نشان نمی دهد. پس با یکبار برقراری جریان درسیم پیچ آن، برای همیشه میدان حاصل از آن جریان باقی می ماند.

ویژگیهای هریک از انواع مگنت

	Superconducting	Resistive	Permanent
Field Strength	0.15T-7.0T (high field possible)	0.02T-0.2T (limited)	~0.3T (limited)
Homogeneity	Good (<5ppm/50cm dia.)	Moderate (<5ppm/20cm dia.)	Moderate (40ppm/40cm dia.)
Stability	Good	Moderate	Temp. dependent
Fringe Field	Large (without shielding)	Small	Negligible
Weight	Moderate (without shielding)	Low	High
Emergency Shutdown	Quench (expensive)	Switch off	Not possible
Power Consumption	Negligible	High	None
Cooling	Cryogen liquids	Chilled water	None
Manufacturing Costs	High	Low	Medium

ملاحظات ایمنی

- قدرت جذب فوق العاده بالای مگنت، پرهیز از ورود هرگونه فلز قابل جذب توسط آهن ربا به اتاق دستگاه
- عدم امکان تصویربرداری از برخی بیماران:
 - بیماران دارای pacemaker
 - بیماران دارای ترس از فضاهاى بسته
 - بیماران دارای قطعات فلزی (ترکش) در مجاورت عروق
 - بیماران دارای ایمپلنت غیر سازگار با مغناطیس

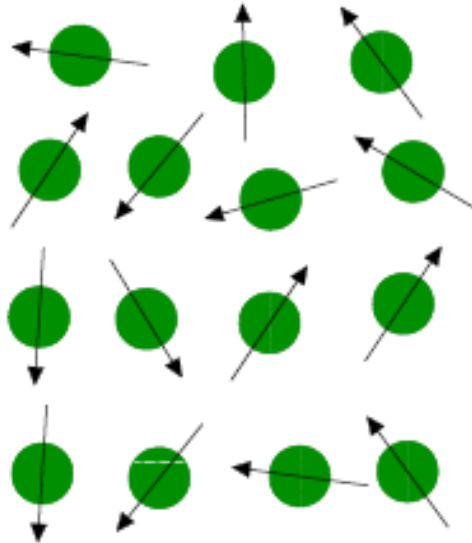
فیزیک MRI

- صحبت از اسپین هسته، ایجاد ممان مغناطیسی
- اعمال میدان مغناطیسی قوی B_0 برای مرتب کردن این ممانها + عدد ژيرو مگنتیک
- انتقال این ممان برآیند به صفحه XY به کمک اعمال پالس RF
- توضیح در مورد چرایی تشدید
- قطع این پالس RF و توضیح در مورد زمانهای $T1$ و $T2$ ($T2^*$)
- اساس تشکیل تصویر به واسطه ی تفاوت این مقادیر برای بافتهای مختلف
- چگونگی انتخاب Slice و کد گذاری اجزاء مختلف تصویر (بر اساس پراکندگی X و Y)
- مفهوم k-Space زوج تبدیل فوریه تصویر مطلوب

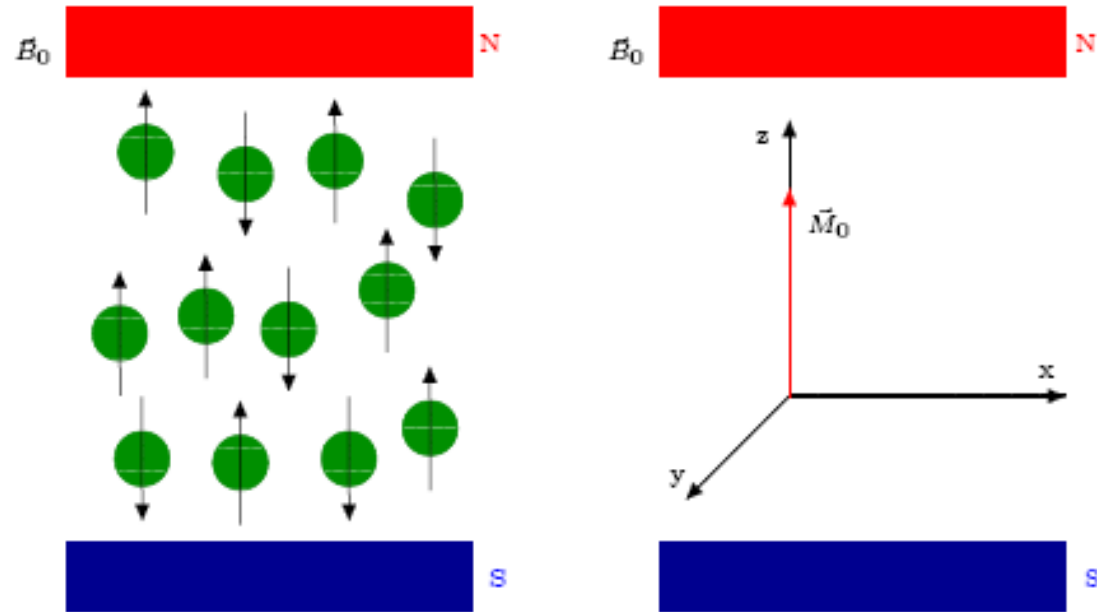
فیزیک MRI

- وجود یک ممان بسیار ضعیف مغناطیسی برای هسته ی هراتم هیدروژن به علت چرخش این هسته (پروتون) به دور خود
- عدم وجود ممان برآیند برای بدن در حالت عادی
- اعمال میدان مغناطیسی قوی ثابت (B_0) برای مرتب کردن این ممانها: در جهت موافق و یا مخالف این میدان
- مفهوم چرخش (precess) ممان حول محور میدان B_0
- ممانهای هم جهت با میدان B_0 نسبت به ممانهای در جهت معکوس، ۵-۱۰ نمونه در میلیون بیشتر است.

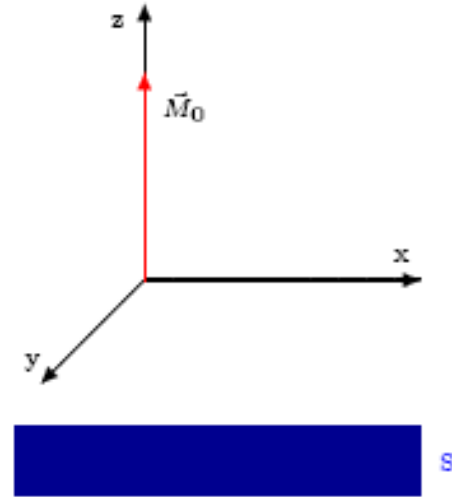
رفتار هسته در میدان مغناطیسی



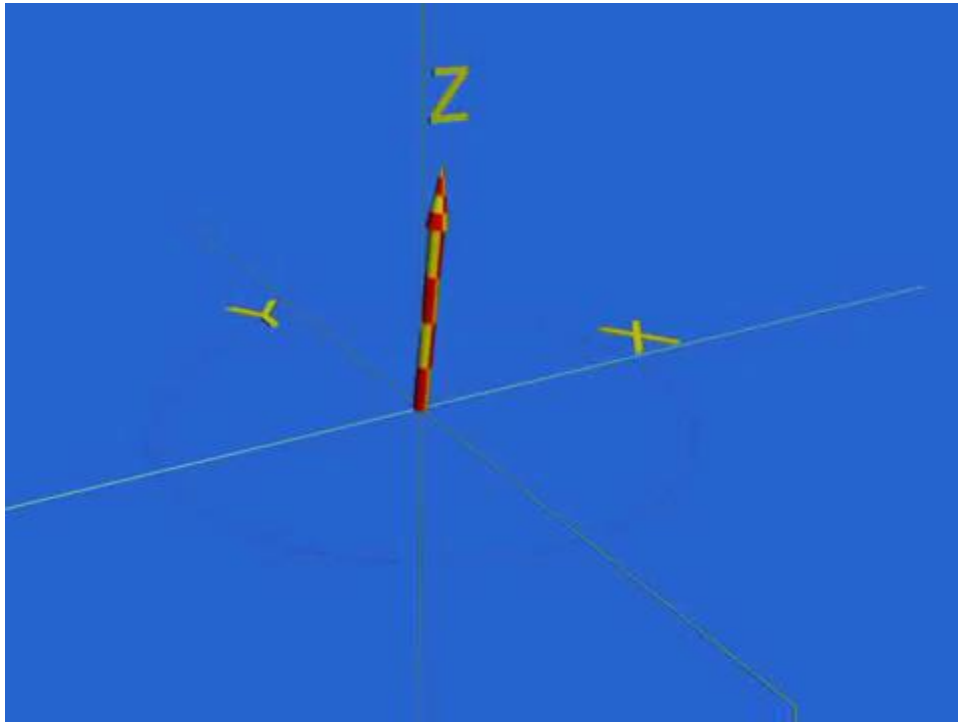
a) Spins



b) Spins in the external magnetic field \vec{B}_0



c) Magnetization vector \vec{M}_0 in the equilibrium state

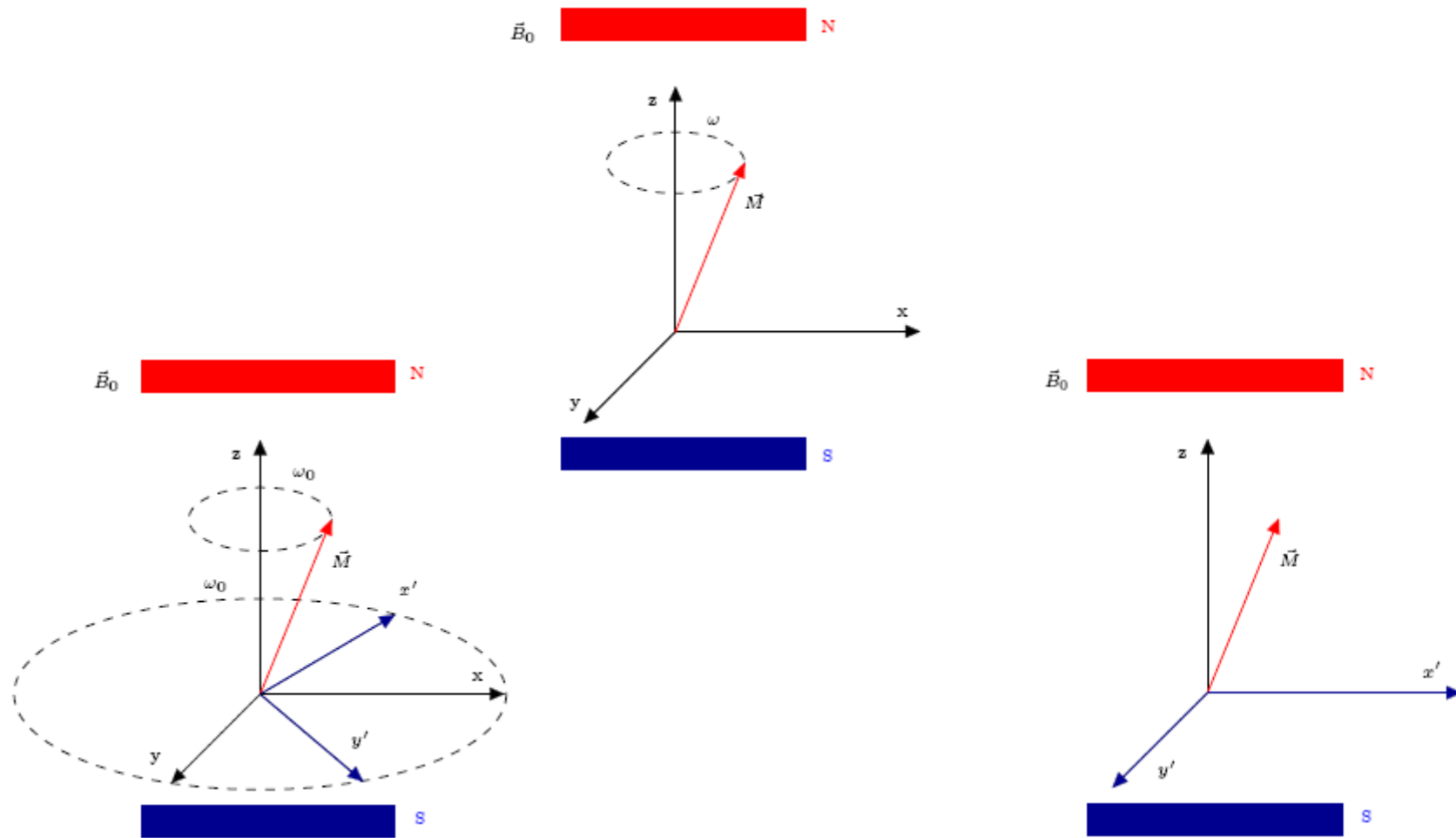


- انتقال این ممان برآیند به صفحه XY به کمک اعمال یک میدان چرخان در صفحه XY (B_1)، پالس RF
- فرکانس این میدان با فرکانس چرخش ممان برآیند یکسان است:
- فرکانس لارمور: $2\pi f_0 = \gamma B_0$
- γ ، عدد ژیرومگنتیک. در مورد هسته ی هیدروژن (پروتون) برابر با 42.58 MHz/T است.
- دلیل استفاده از لفظ تشدید

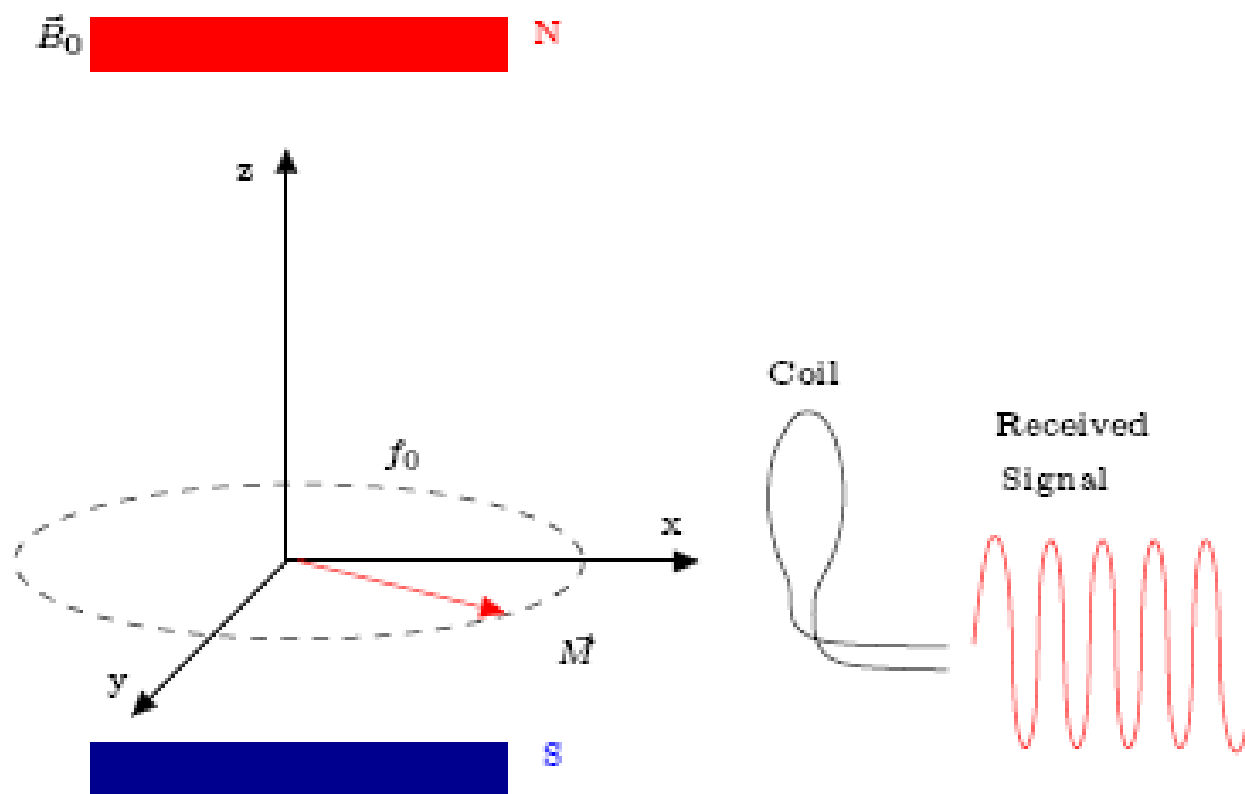
عدد زیرومگنتیک (γ) برای هسته عناصر مختلف

Nuclei	Unpaired Protons	Unpaired Neutrons	Net Spin	γ (MHz/T)
^1H	1	0	1/2	42.58
^2H	1	1	1	6.54
^{31}P	1	0	1/2	17.25
^{23}Na	1	2	3/2	11.27
^{14}N	1	1	1	3.08
^{13}C	0	1	1/2	10.71
^{19}F	1	0	1/2	40.08

اعمال پالس RF



دریافت سیگنال MRI



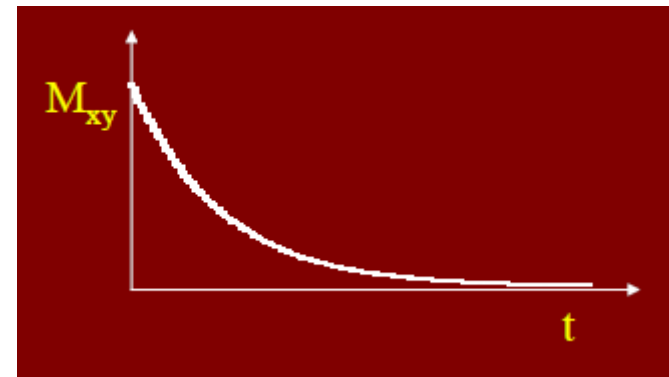
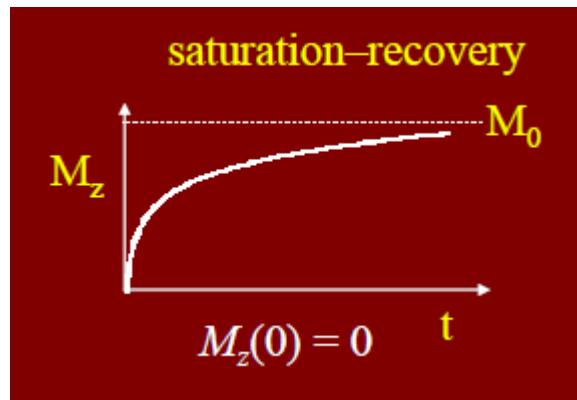
وضعیت ممان برآیند پس از قطع پالس RF

T2* not T2

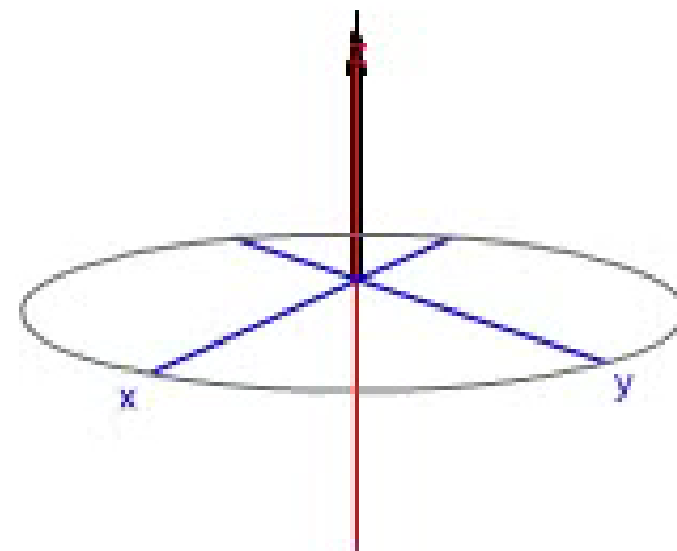
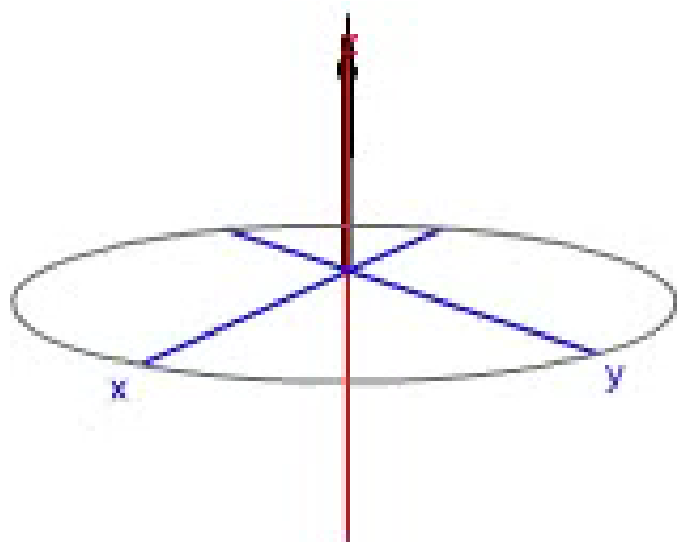
$$1/T2^* = 1/T2 + 1/T2_inhom.$$

$$M_z(t) = M_0 + \{M_z(0) - M_0\} \exp(-t/T1)$$

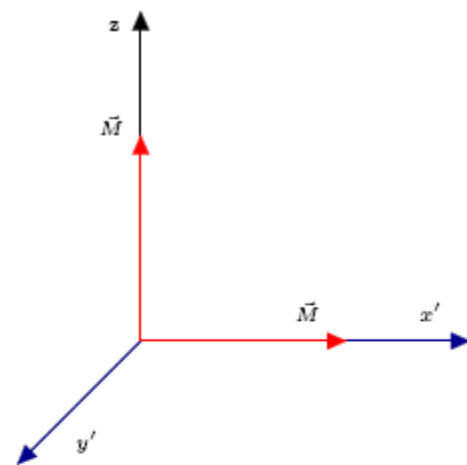
$$M_{xy}(t) = M_{xy}(0) \exp(-t/T2)$$



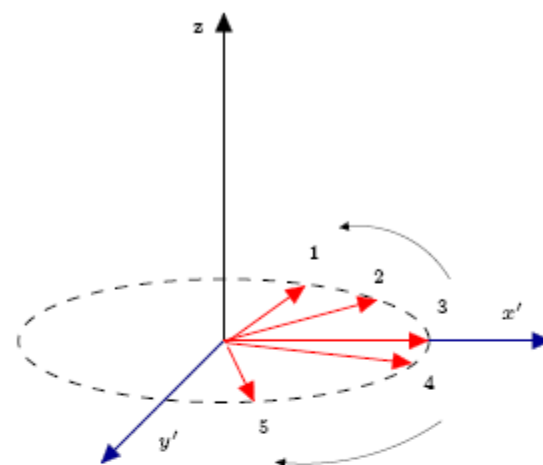
توصیف زمانهای استراحت $T1$ و $T2$



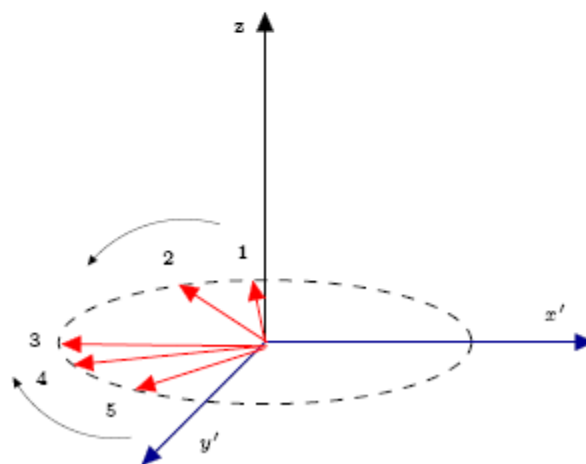
ایجاد سیگنال اکو در پی معکوس کردن فاز (جلو- عقب شدگی) ممانها



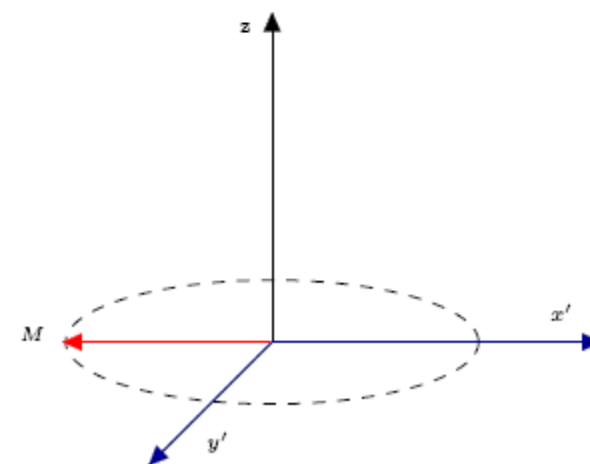
a) 90° flip



b) Dephasing

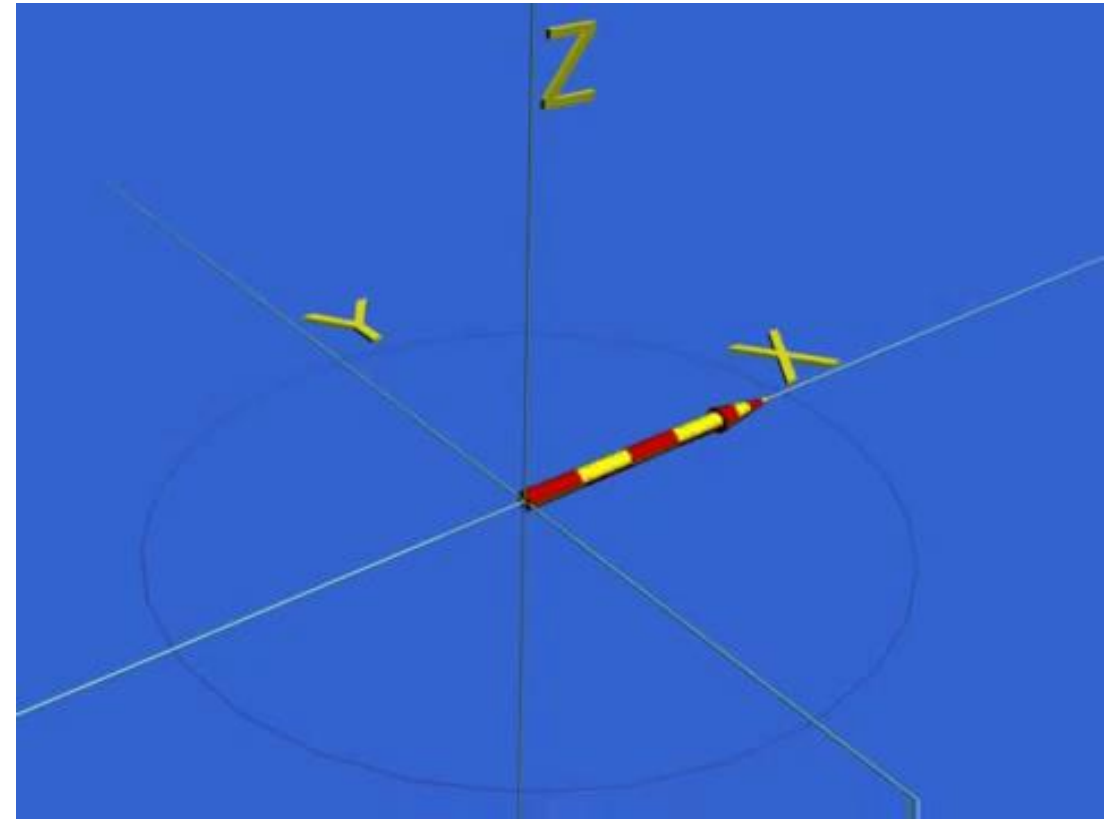
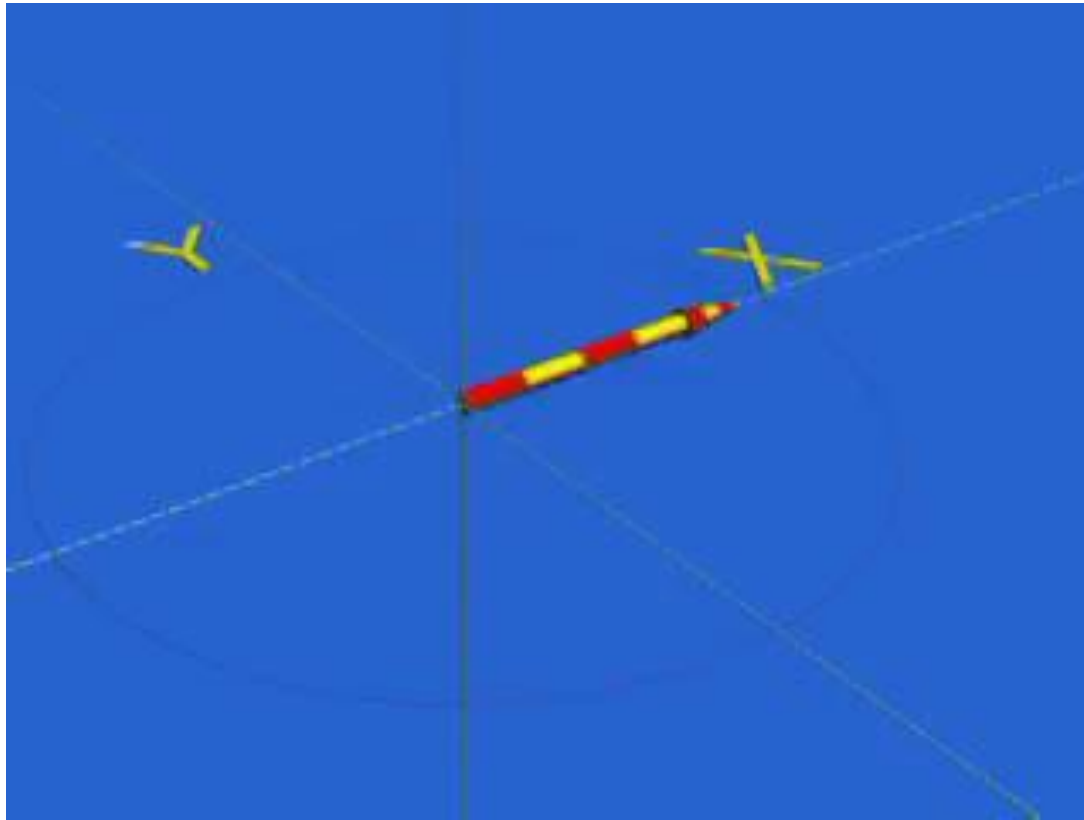


c) 180° flip and rephasing



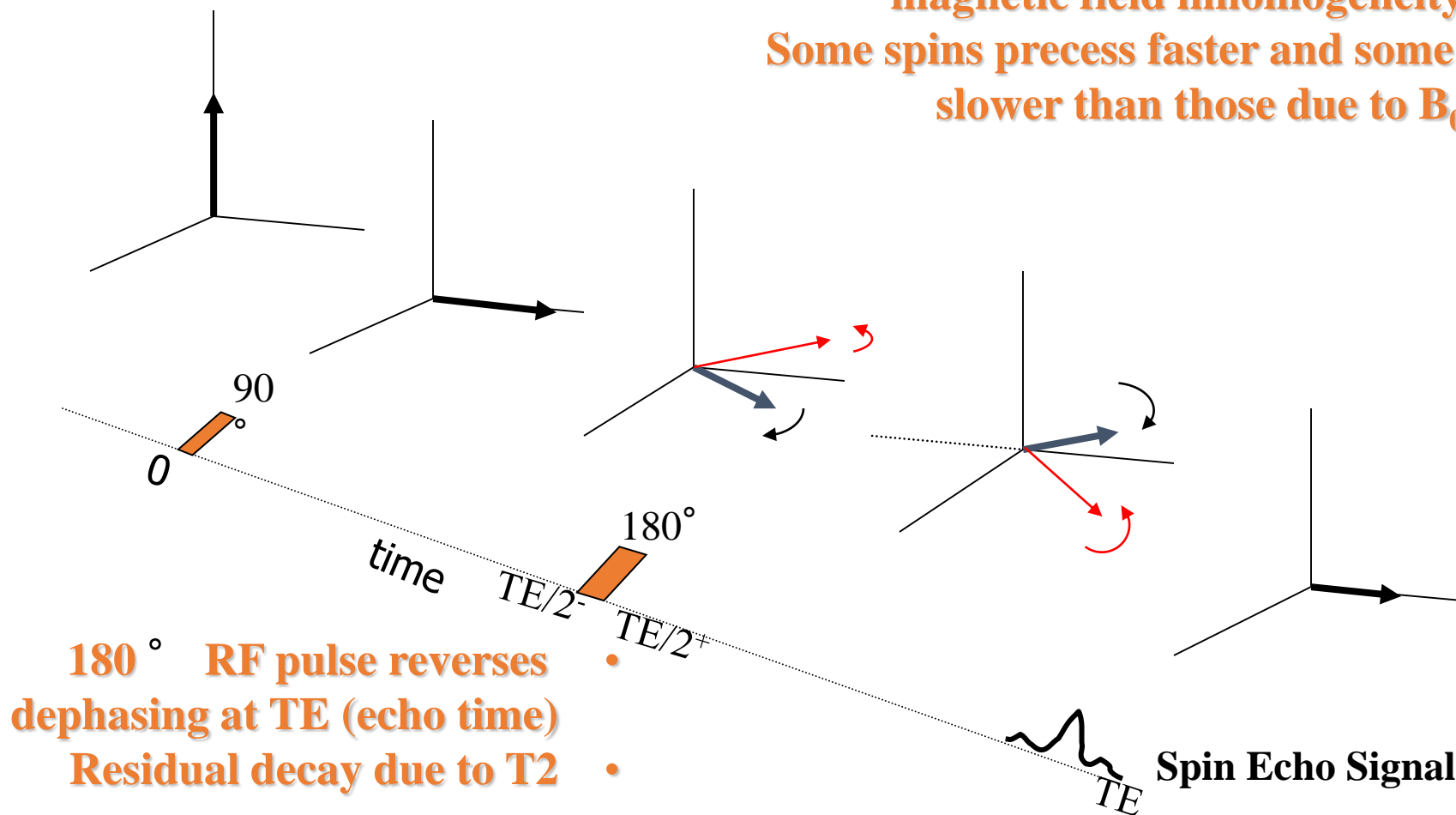
d) TE time – signal echo

توصیف پدیده ی de-phasing و جبران آن



مفهوم اسپین - اکو، پالس ۱۸۰ درجه

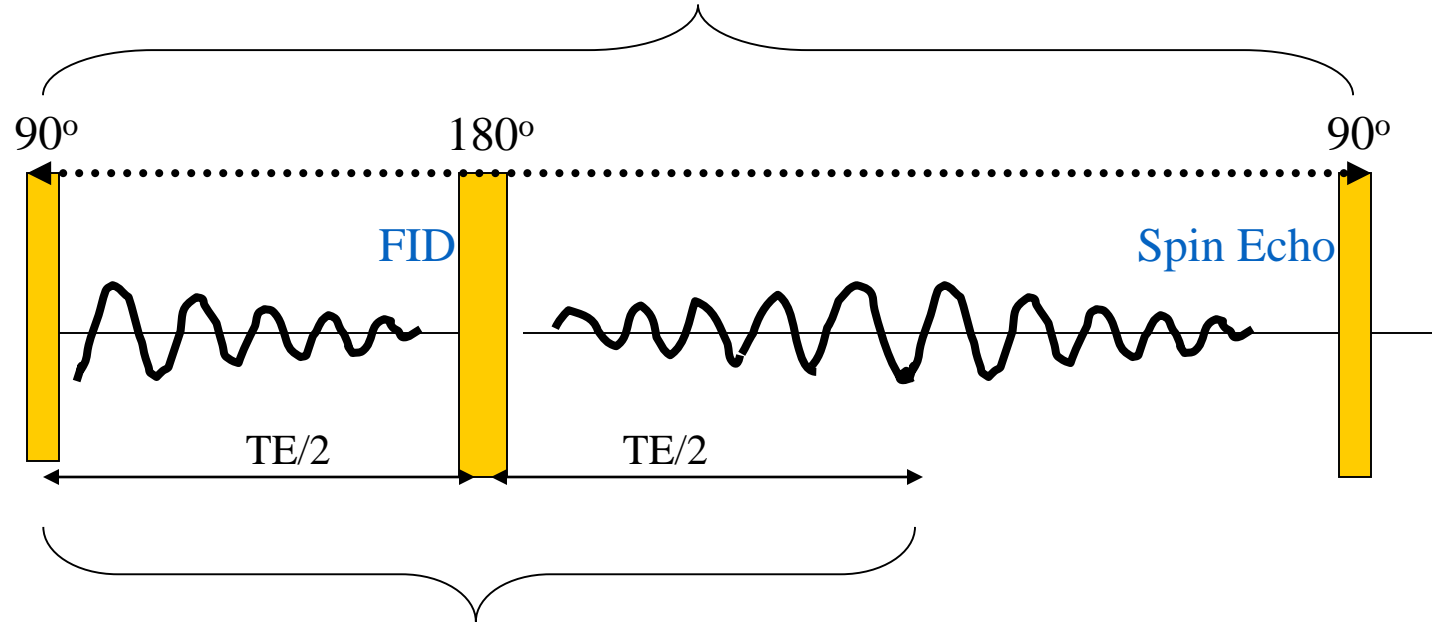
- FID also diminishes due to local static magnetic field inhomogeneity
- Some spins precess faster and some slower than those due to B_0



- 180° RF pulse reverses dephasing at TE (echo time)
- Residual decay due to T2

سیگنال اسپین - اکو

TR (repetition time) = time between RF excitation pulses



TE = time from 90° pulse to center of spin echo

پارامترهای سازنده کنتراست در تصویر

T1W

T2W

$$S(TR, TE) \propto \rho \{1 - e^{-TR/T_1}\} \{e^{-TE/T_2}\} \quad SE$$

$$\text{or } \rho \{1 - e^{-TR/T_1}\} \{e^{-TE/T_2^*}\} \quad GRE$$

ρ - proton density

SE – spin echo imaging

GRE – gradient echo imaging

T_E	T_R	Image Weighting
Short	Long	Proton
Short	Short	T1
Long	Long	T2, T2*

Short TEs reduce T2W
Long TRs reduce T1W

مقادیر نمونه T_1 و T_2 برای بافتهای مختلف $B_0=1T$

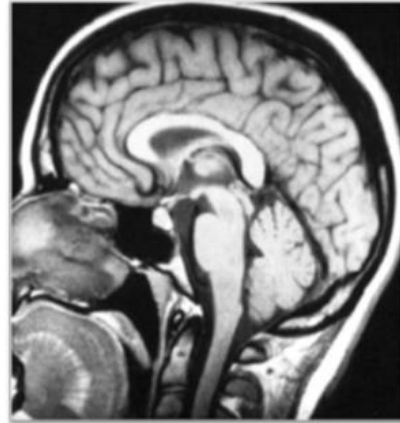
Tissue	T_1 (ms)	T_2 (ms)
Grey Matter (GM)	950	100
White Matter (WM)	600	80
Muscle	900	50
Cerebrospinal Fluid (CSF)	4500	2200
Fat	250	60
Blood	1200	100-200

چگونگی بازسازی تصویر به کمک داده های دریافت شده از دستگاه

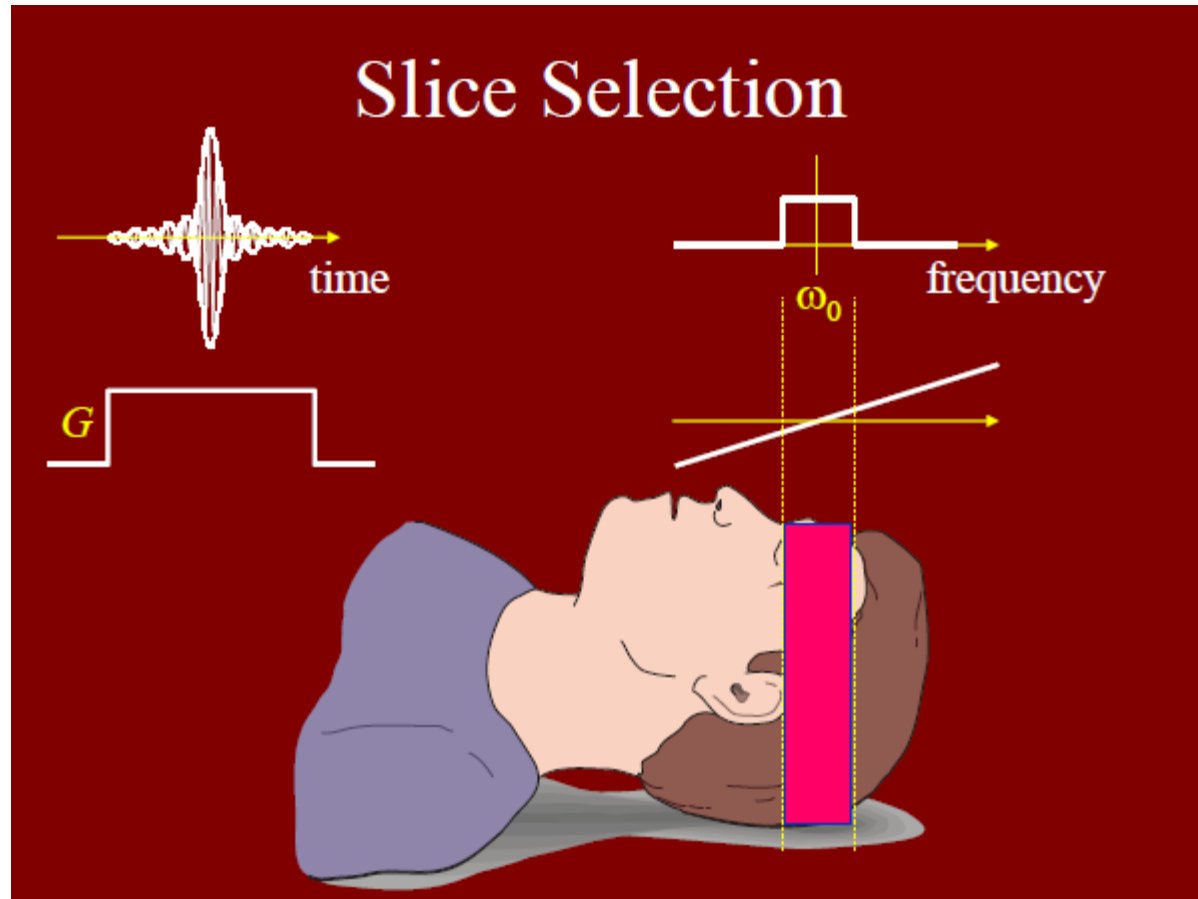
- به بیان ساده، تصویر مطلوب زوج تبدیل فوریه داده های دریافتی از دستگاه است.
- این داده ها در یک ماتریس فرضی به نام فضای k - (k-space)، ذخیره میشوند.
- حرکت بروی سطرها و ستونهای این ماتریس فرضی با اعمال میدانهای گرادیان مناسب صورت میپذیرد.



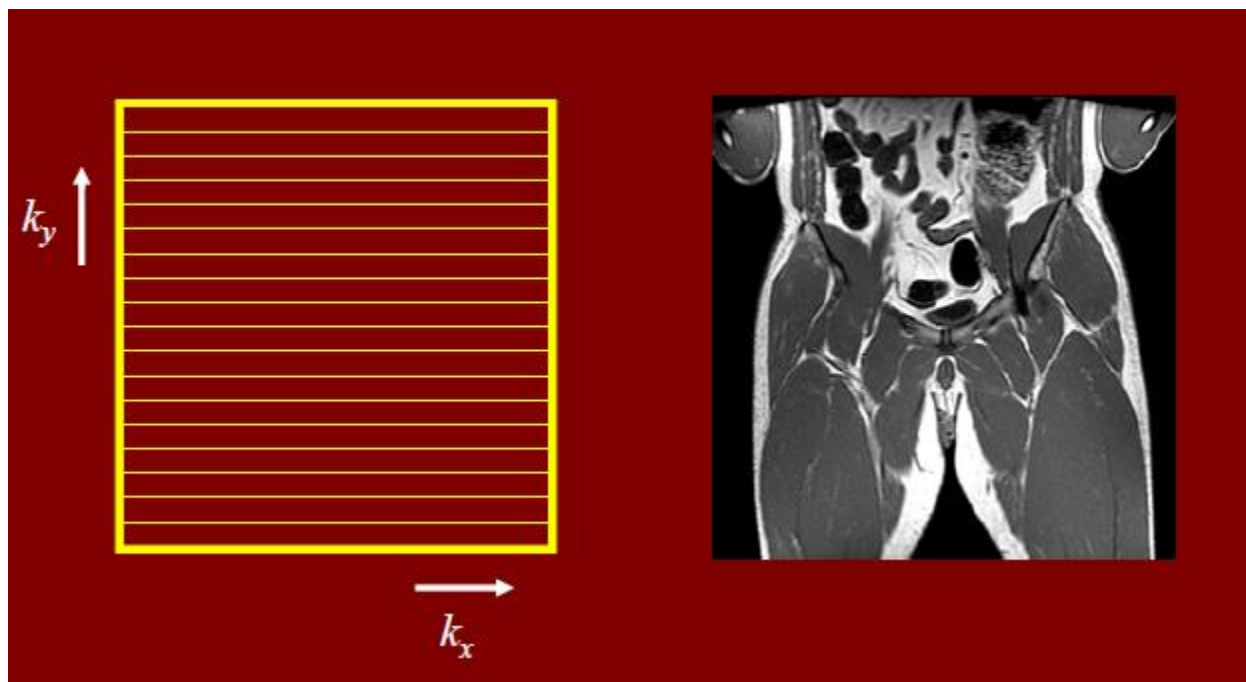
FT
↔



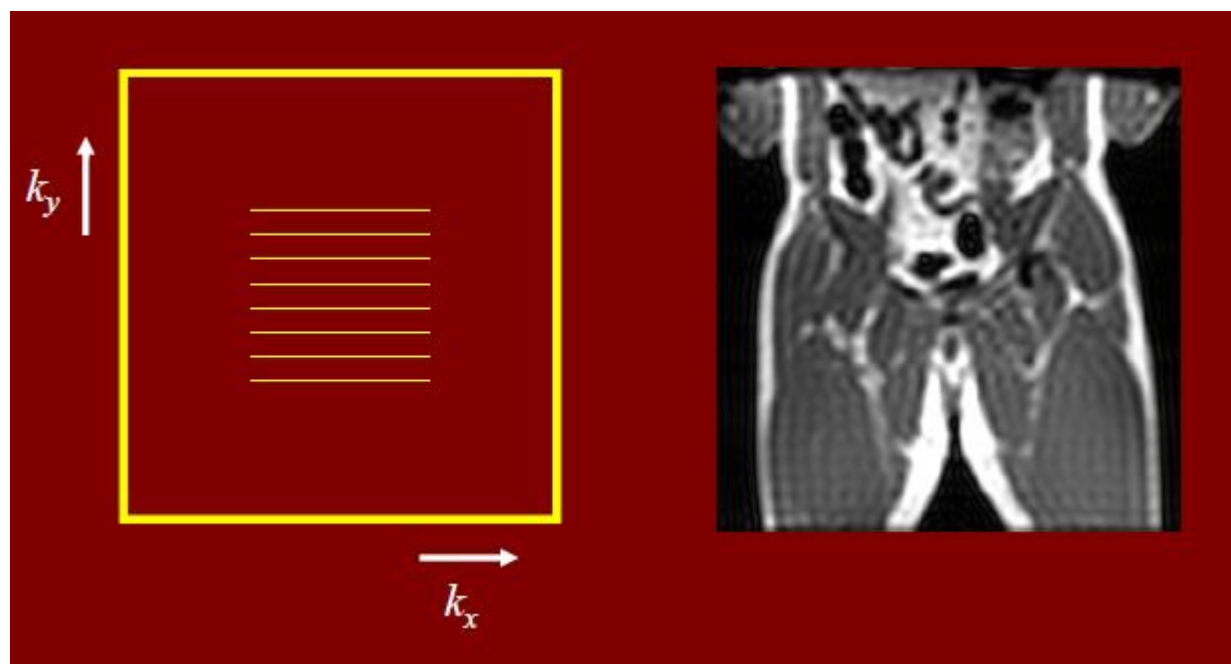
انتخاب اسلايس



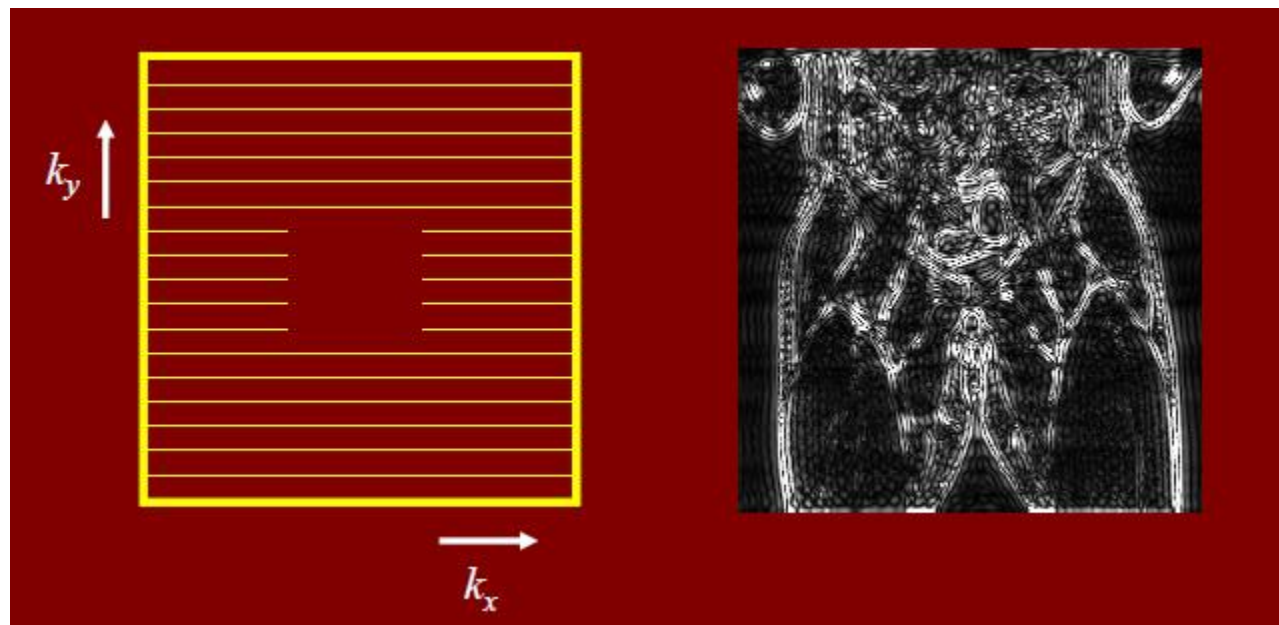
شماتیکی از رابطه ی k -space کامل و تصویر حاصل



داده های مرکز k-space انرژی و کلیت تصویر را دربردارند



داده های کناره k-space لبه های تصویر را دربردارند



جمع بندی بخش فیزیک MRI

- شناخت مفهوم ممان هسته
- نقش میدان یکنواخت قوی B_0
- اعمال میدان چرخان B_1 با پالس RF
- مفاهیم T_1 و T_2 (و T_2^*)
- نقش میدانهای گرادیان
- مفهوم فضای k زوج تبدیل فوریه ی تصویر مطلوب