آشنایی با اصول عملکرد و نگهداشت دستگاههای MRI - ۱

رئوس مطالب

- معرفی مدرس
- ملاحظات ایمنی
- آشنایی مقدماتی با فیزیک تشکیل تصویر
- آماده سازی مرکز برای نصب دستگاه
- آشنایی با بخشهای مختلف دستگاه
- آشنایی با برخی فرایندهای فنی، تعمیر و نگهداشت دستگاه
- مطالب تکمیلی
- پرسش و پاسخ، ارزیابی

ملاحظات ایمنی

- قدرت جذب فوق العاده بالای مگنت، پرهیز از ورود هرگونه فلز قابل جذب به اتاق دستگاه

Copyright ® 2005-2014 | Marketing & Sales Department | www.taimaz.com

ملاحظات ایمنی

- عدم امکان تصویربرداری از بیماران دارای:
  - pacemaker
  - ترس از فضاهای بسته
  - قطعات فلزی (ترکش) در مجاورت عروق یا اعصاب
  - ایمپلنت یا پروتز غیرسازگار با مغناطیس
  - برخی انواع آرایش

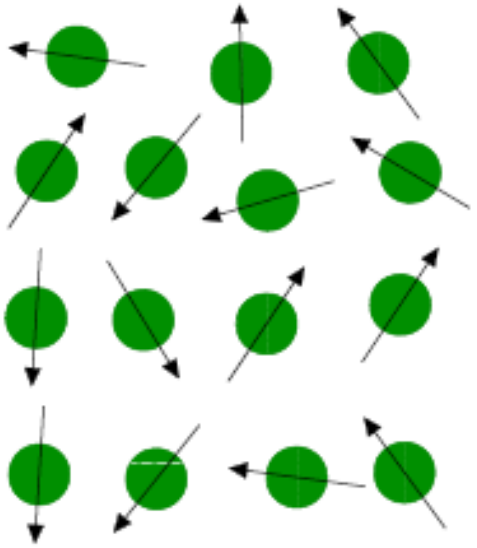
فیزیک MRI

- صحبت از اسپین هسته، ایجاد ممان مغناطیسی
- اعمال میدان مغناطیسی قوی B_0 برای مرتب کردن این ممانها + عدد ژیرو 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

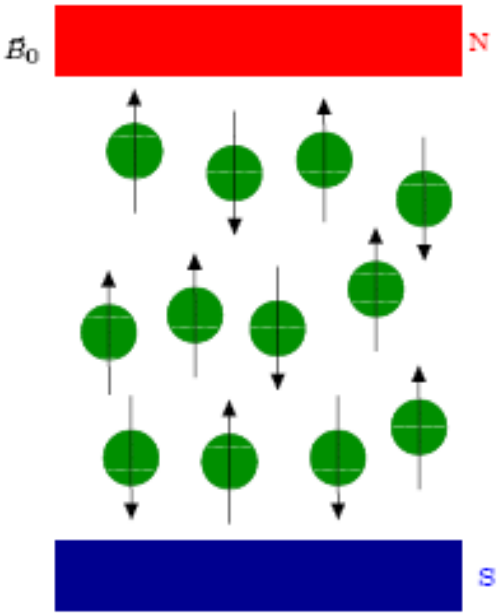
فیزیک MRI

- وجود یک ممان بسیار ضعیف مغناطیسی برای هسته ی هر اتم 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.

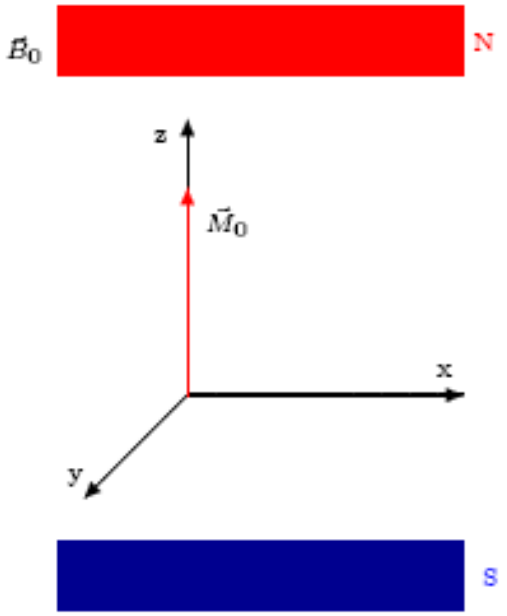
رفتار هسته در میدان مغناطیسی



a) Spins

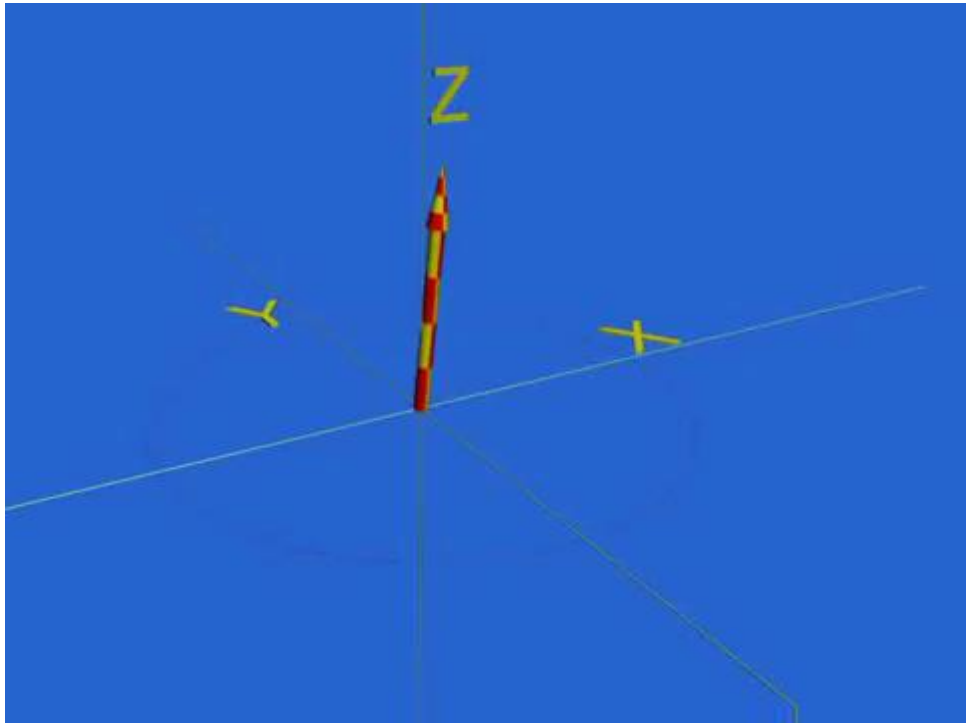


b) Spins in the external magnetic field $\vec{B}_0$



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

انتقال ممان برایند از راستای Z به صفحه ی XY



ادامه

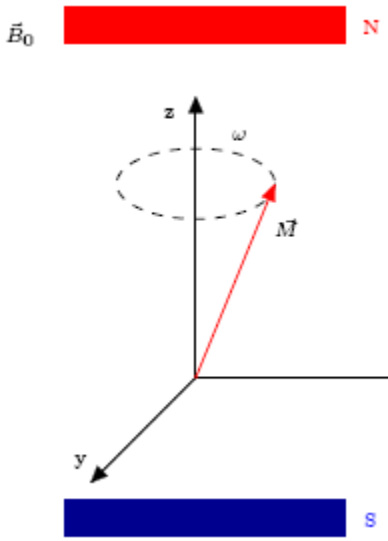
- انتقال این ممان برآیند به صفحه XY به کمک اعمال یک میدان چرخان در صفحه XY (B1)، پالس RF
- فرکانس این میدان با فرکانس چرخش ممان برآیند یکسان است:
- فرکانس لارمور: $2\pi f_0 = \gamma B_0$
- γ، عدد ژیرومگنتیک. در مورد هسته ی هیدروژن (پروتون) برابر با 42.58 MHz/T است.
- دلیل استفاده از لفظ تشدید

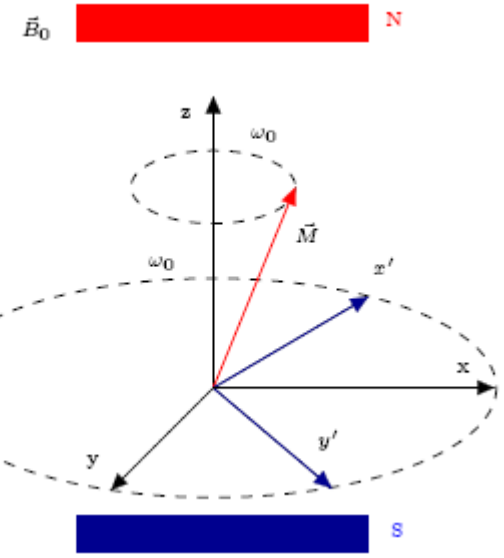
توصیف پدیده ی تشدید

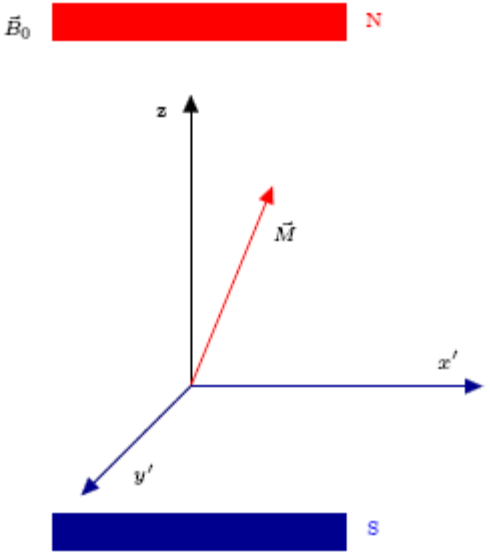
عدد ژیرومگنتیک (γ) برای هسته عناصر مختلف

Nuclei	Unpaired Protons	Unpaired Neutrons	Net Spin	γ (MHz/T)
^{1}H	1	0	1/2	42.58
^{2}H	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

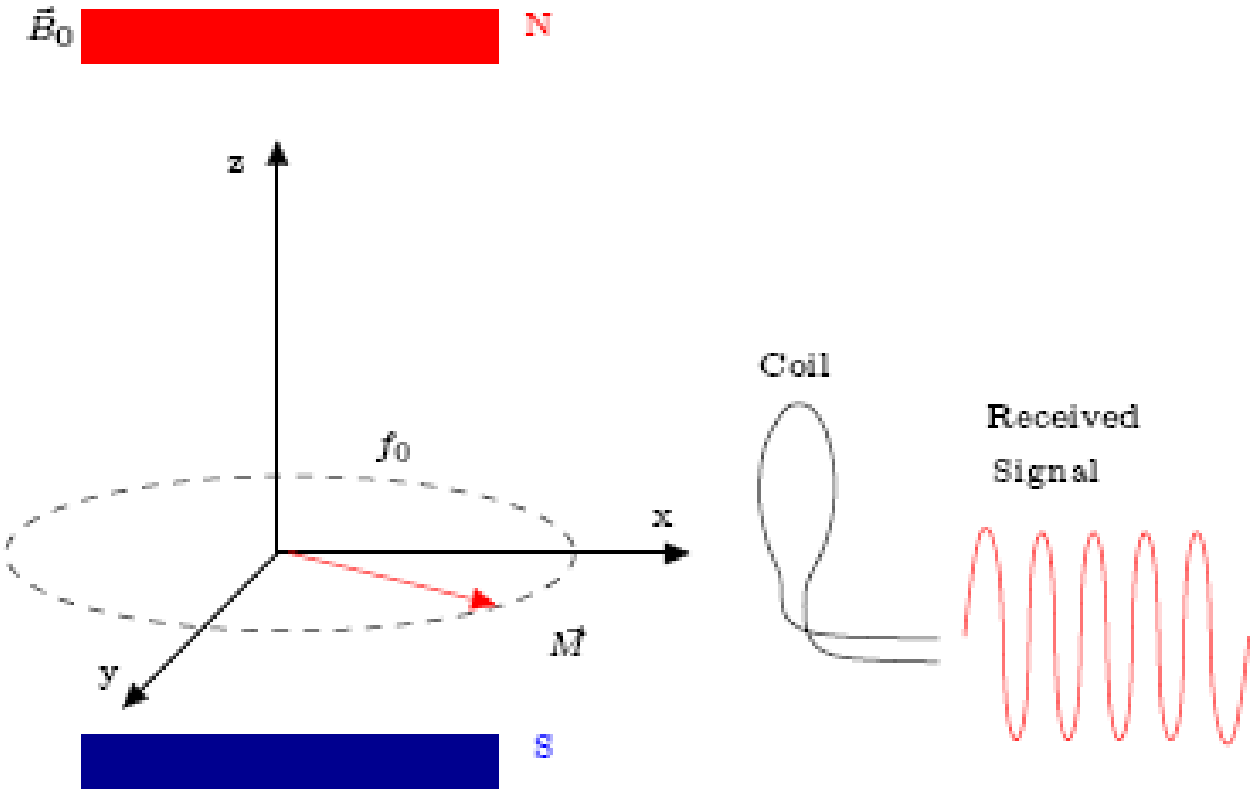
اعمال پالس RF







دریافت سیگنال MRI



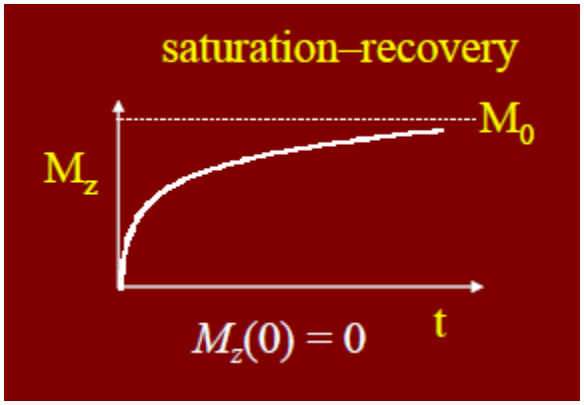
وضعیت ممان برآیند پس از قطع پالس RF

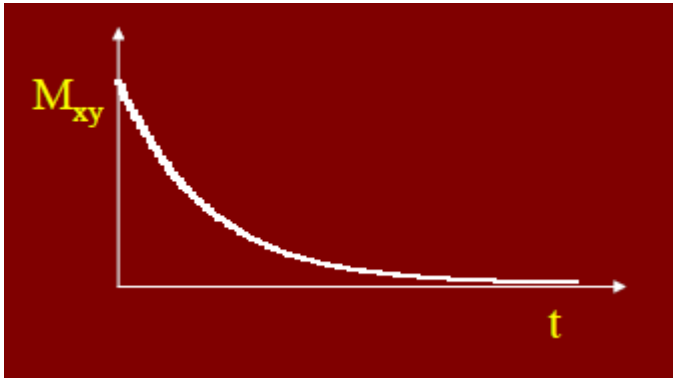
T2* not T2

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

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

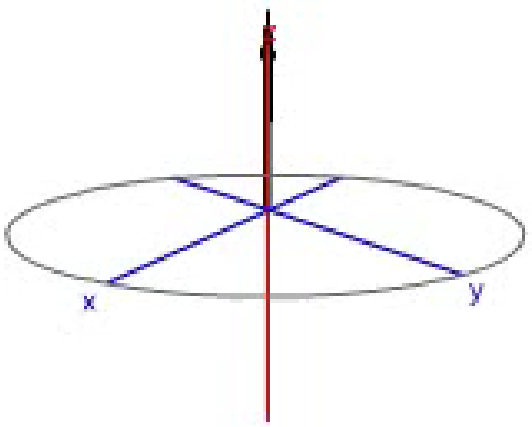
$$M_{xy}(t) = M_{xy}(0) \exp(-t/T2)$$



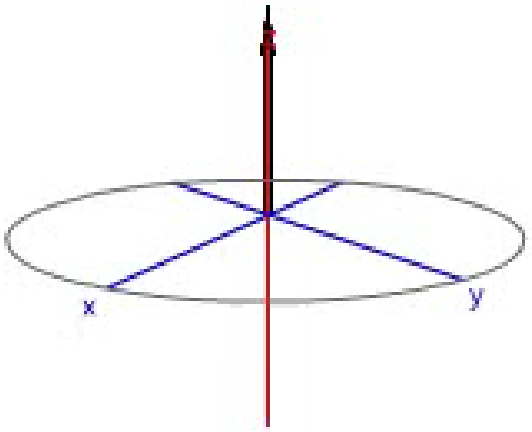


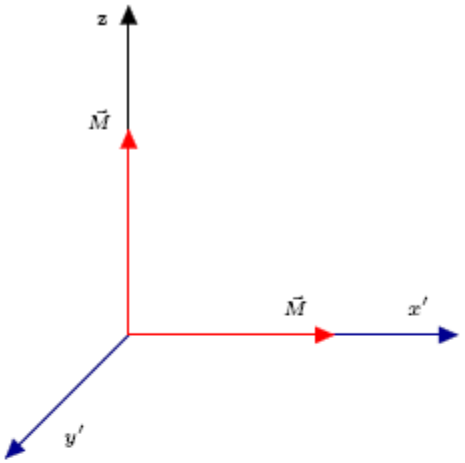
توصیف زمانهای **استراحت** T1 و T2

T1

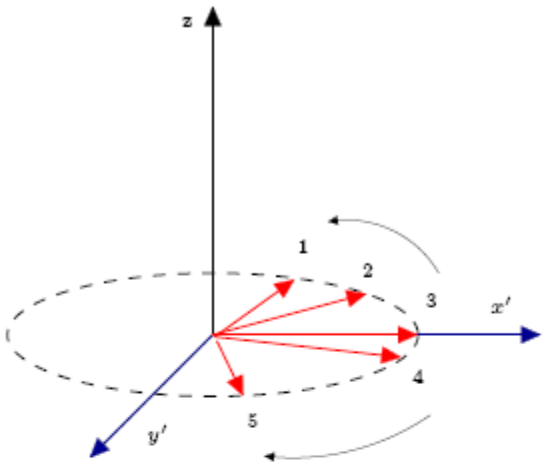


T2

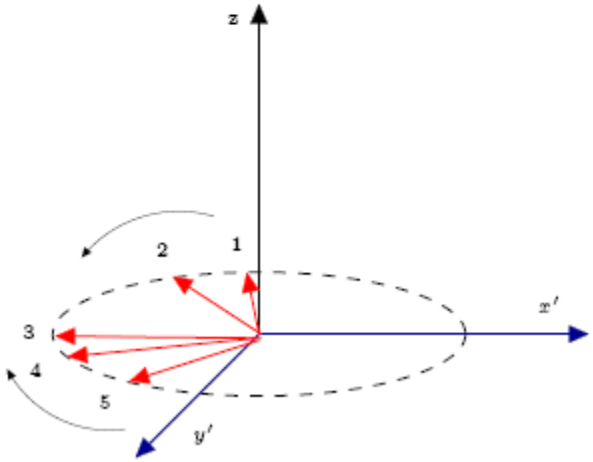




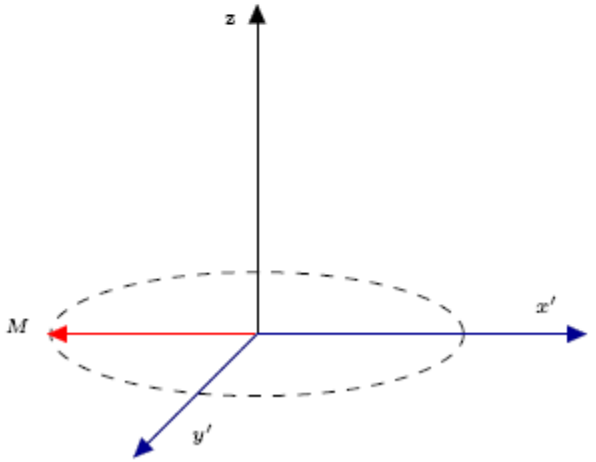
a) 90° flip



b) Dephasing

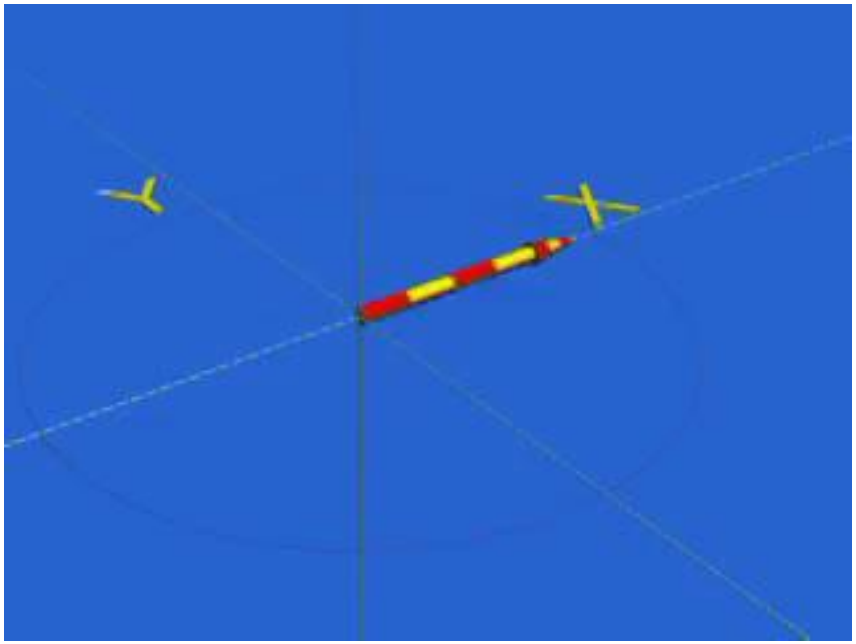


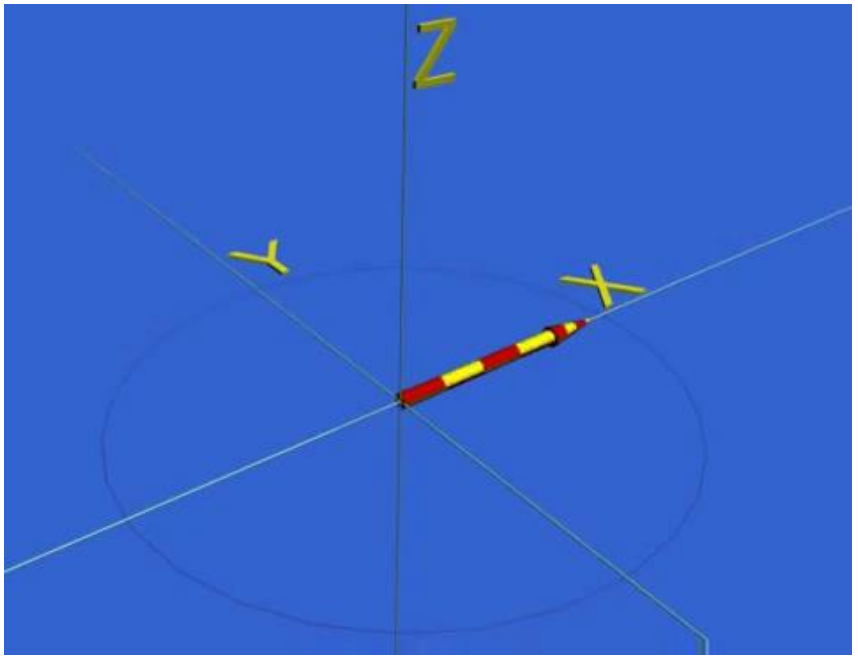
c) 180° flip and rephasing



d) TE time – signal echo

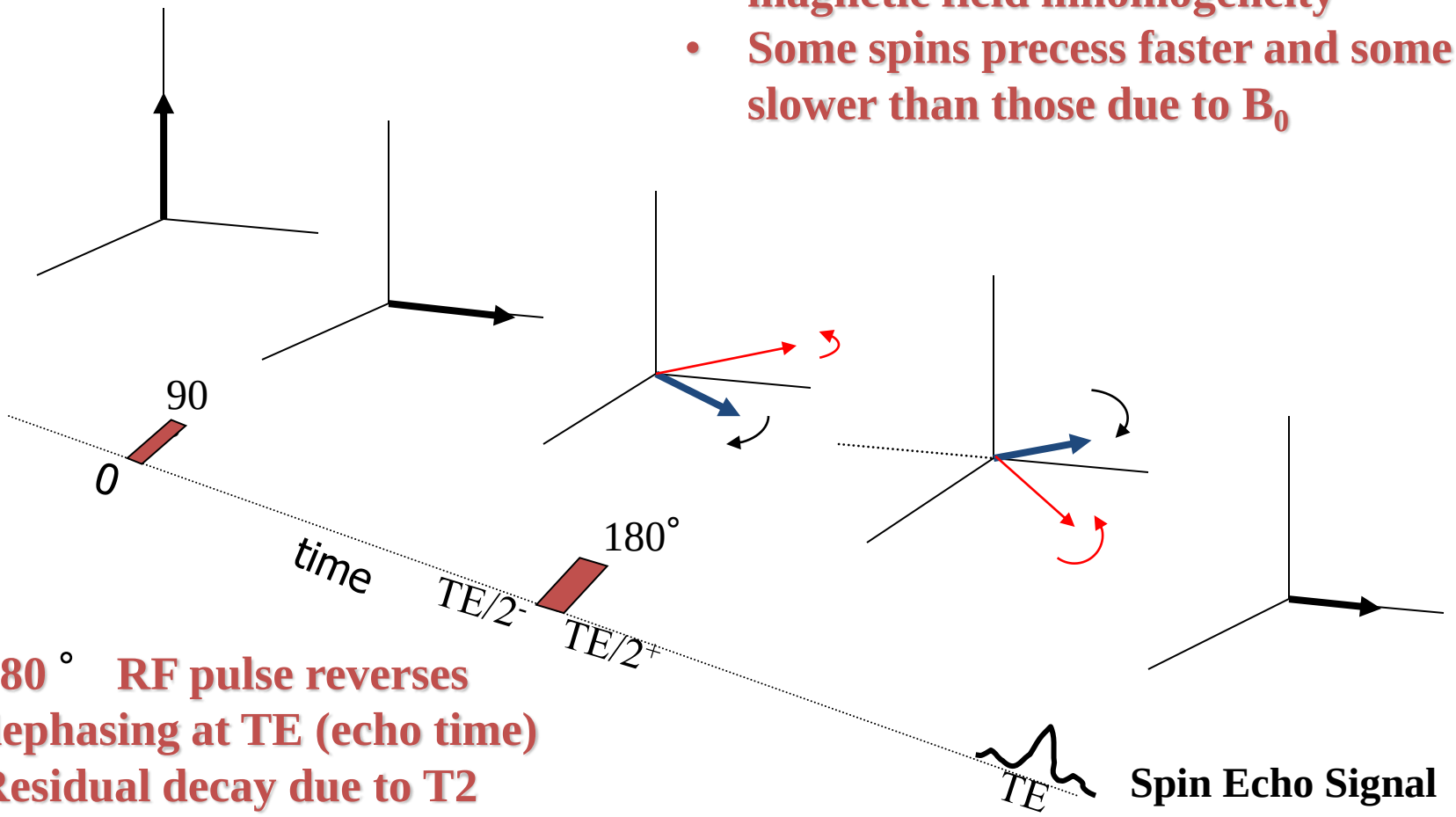
توصیف پدیده ی de-phasing و جبران آن





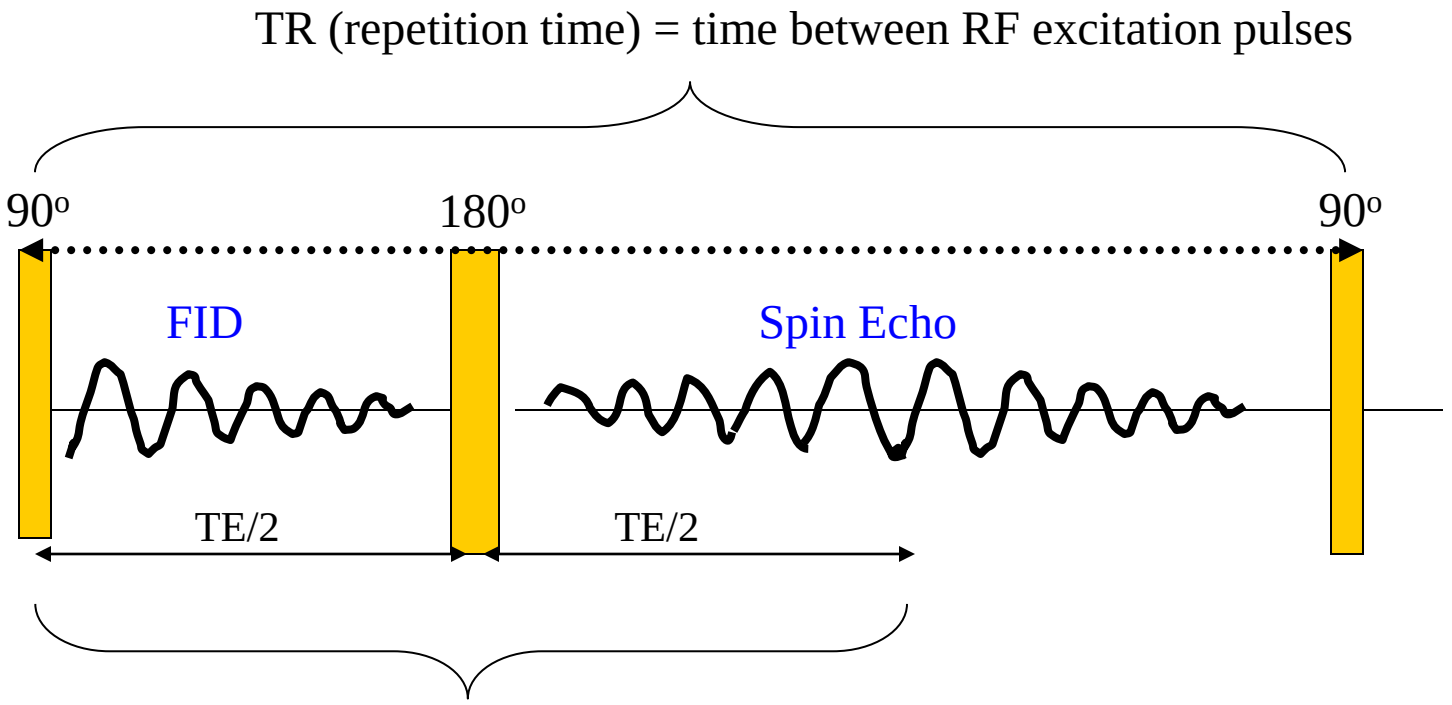
مفهوم اسپین – اکو، پالس ۱۸۰ درجه

- 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



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

پارامترهای سازنده کنتراست در تصویر

T1W T2W

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

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

ρ - proton density
SE – spin echo imaging
GRE – gradient echo imaging

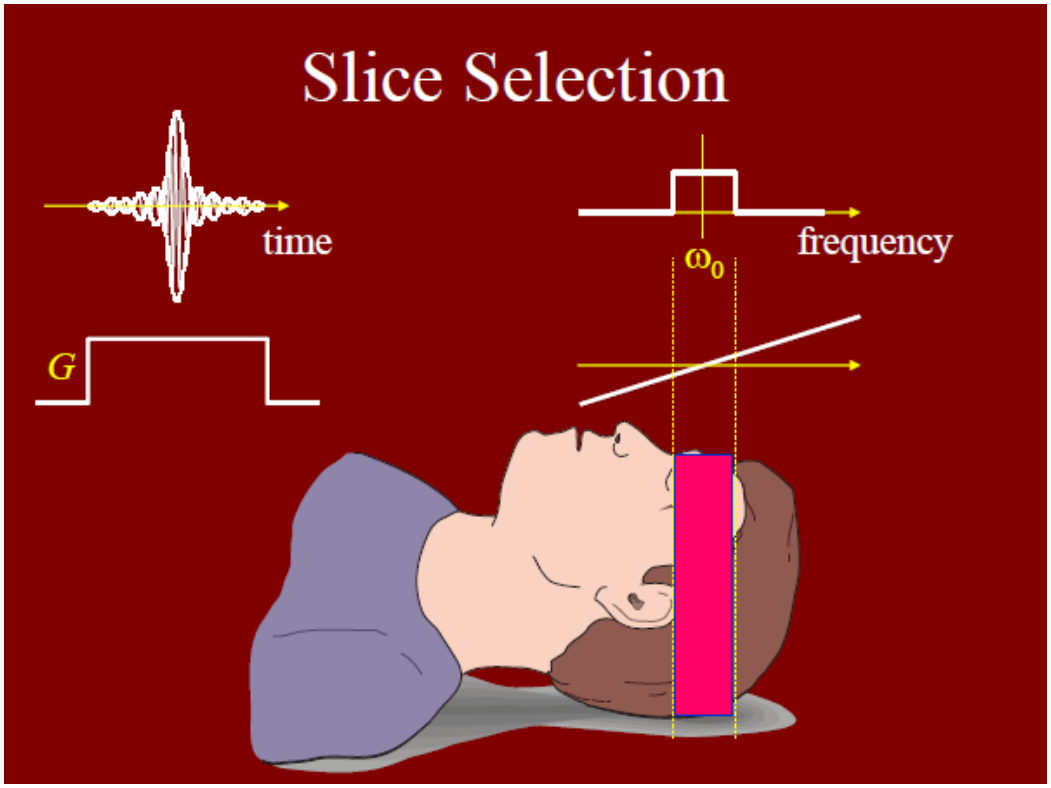
T_E	T_R	Image Weighting
Short	Long	Proton
Short	Short	T1
Long	Long	T2, $T2^*$

Short TEs reduce T2W
Long TRs reduce T1W

مقادیر نمونه T1 و T2 برای بافتهای مختلف B_0=1T

Tissue	T1 (ms)	T2 (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

انتخاب اسلایس

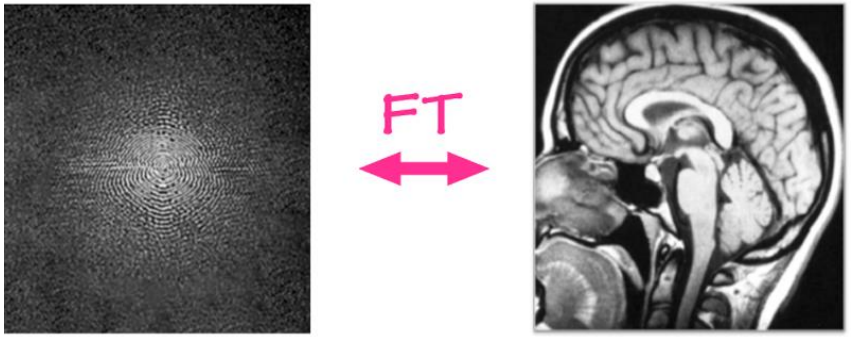


Making an Image
k-space (frequency domain)

A k-space domain
image is formed using frequency
and phase encoding

TWO SPACES

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.

The k-space Trajectory

Equations that govern 2D k-space trajectory

$$kx = \gamma \int_0^t G_x(t)\, dt$$

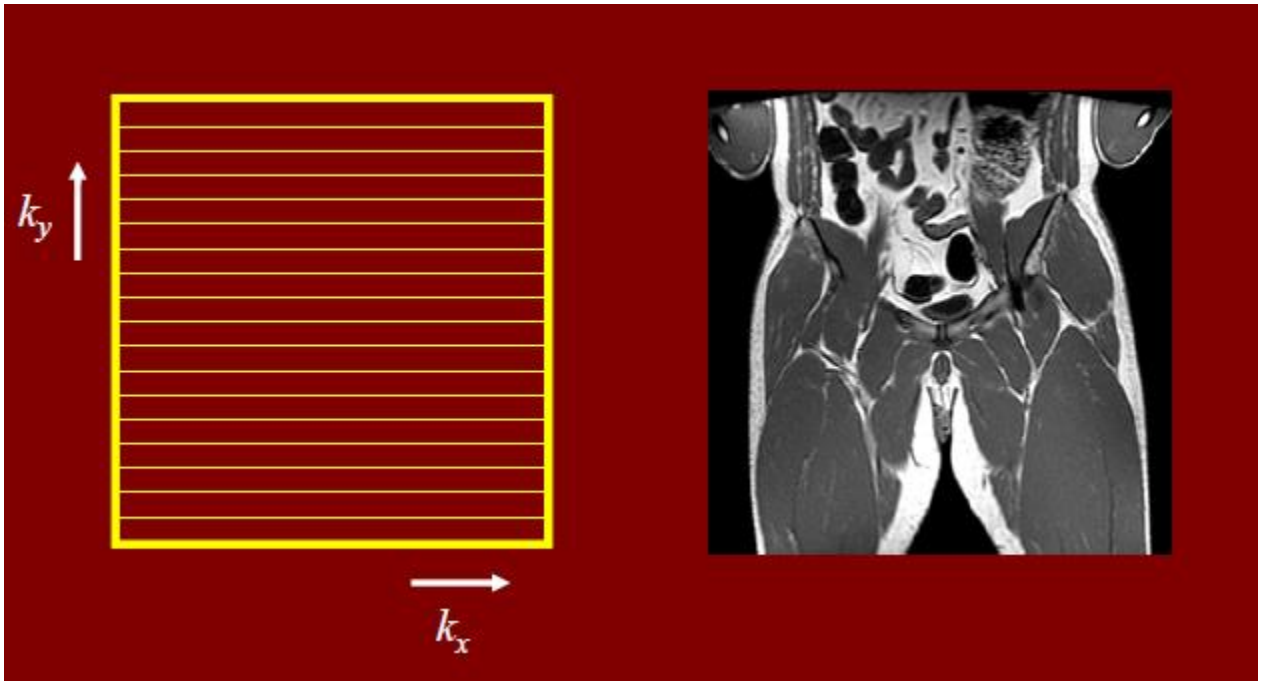
if G_x is constant $\qquad kx = \gamma G_x t$

$$ky = \gamma \int_0^{t'} G_y(t)\, dt$$

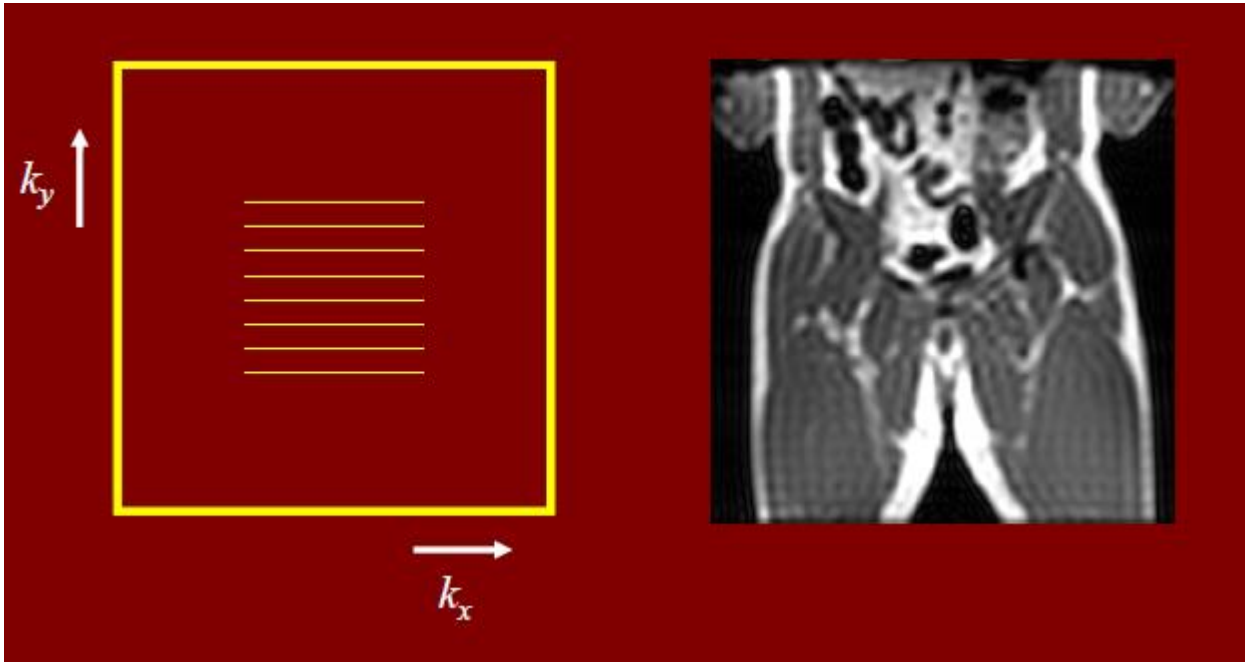
if G_y is constant $\qquad ky = \gamma G_y t'$

The kx, ky frequency coordinates are established by durations (t) and strength of gradients (G).

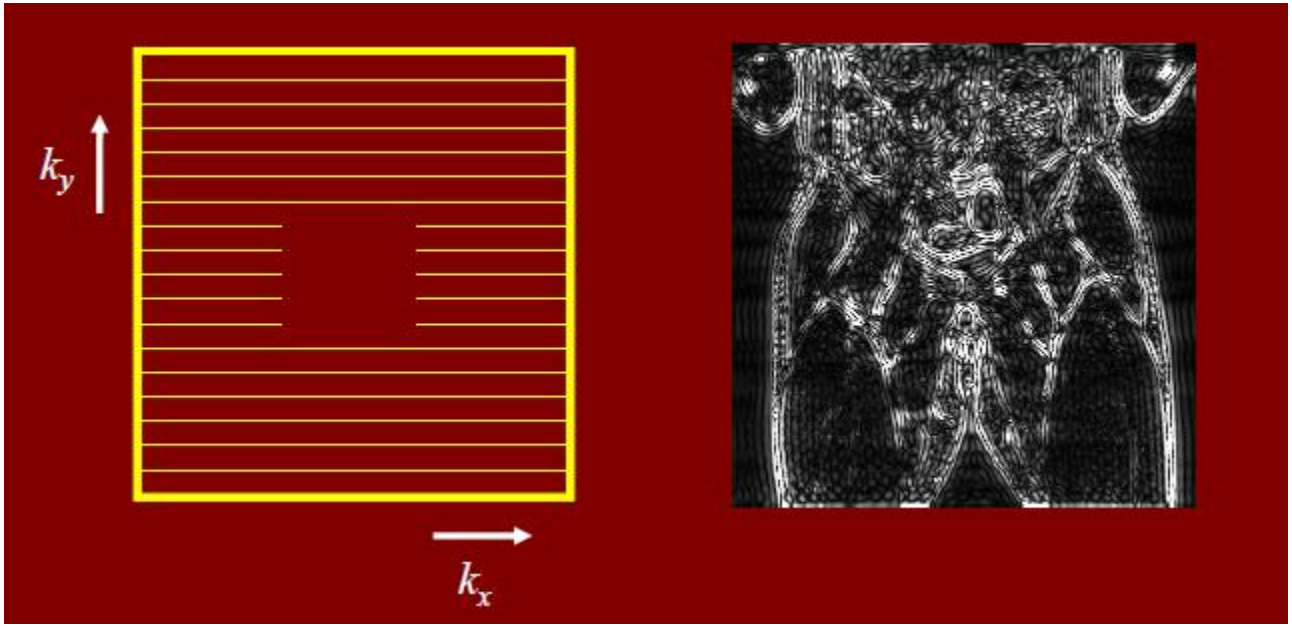
Full sampling



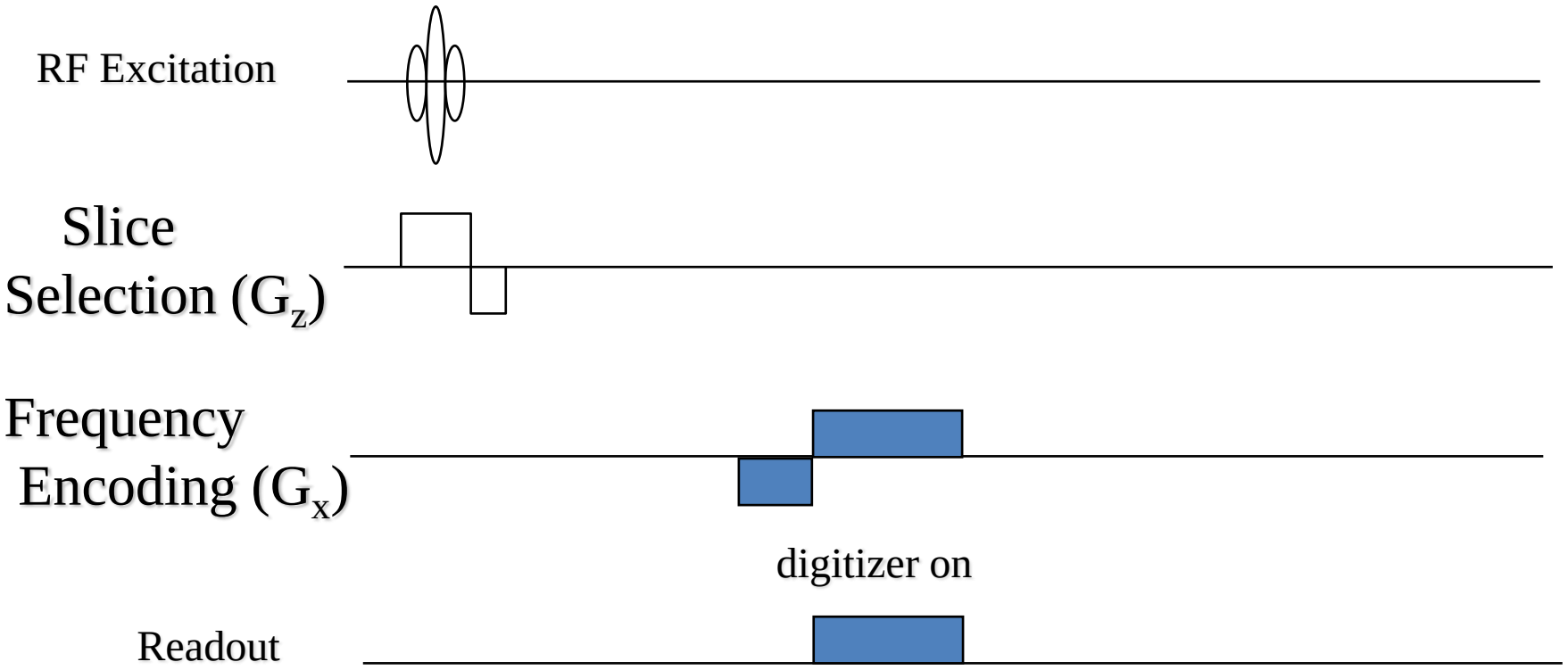
Sampling low frequencies



Sampling high frequencies



Simple MRI Frequency Encoding:

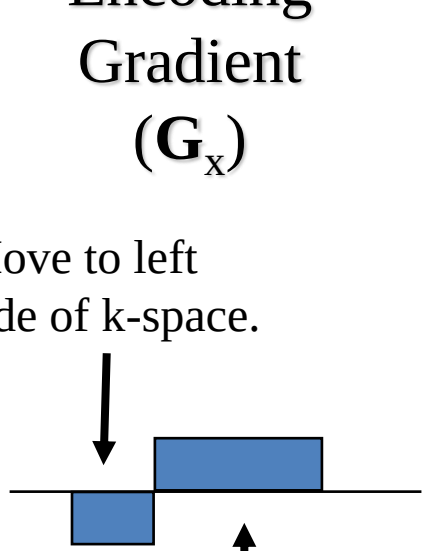


Exercise drawing k-space manipulation

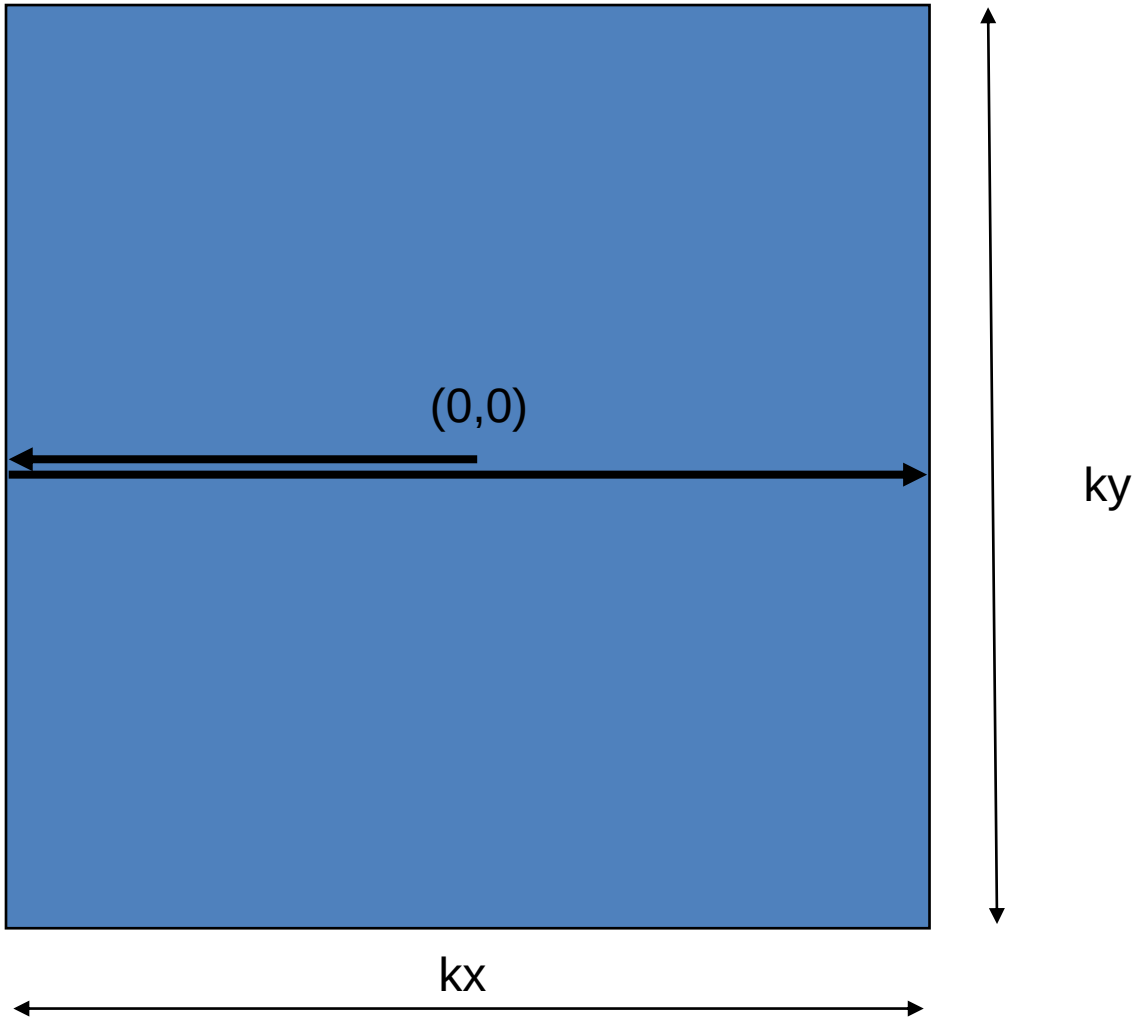
The k-space Trajectory

Frequency Encoding Gradient ($\mathbf{G_x}$)

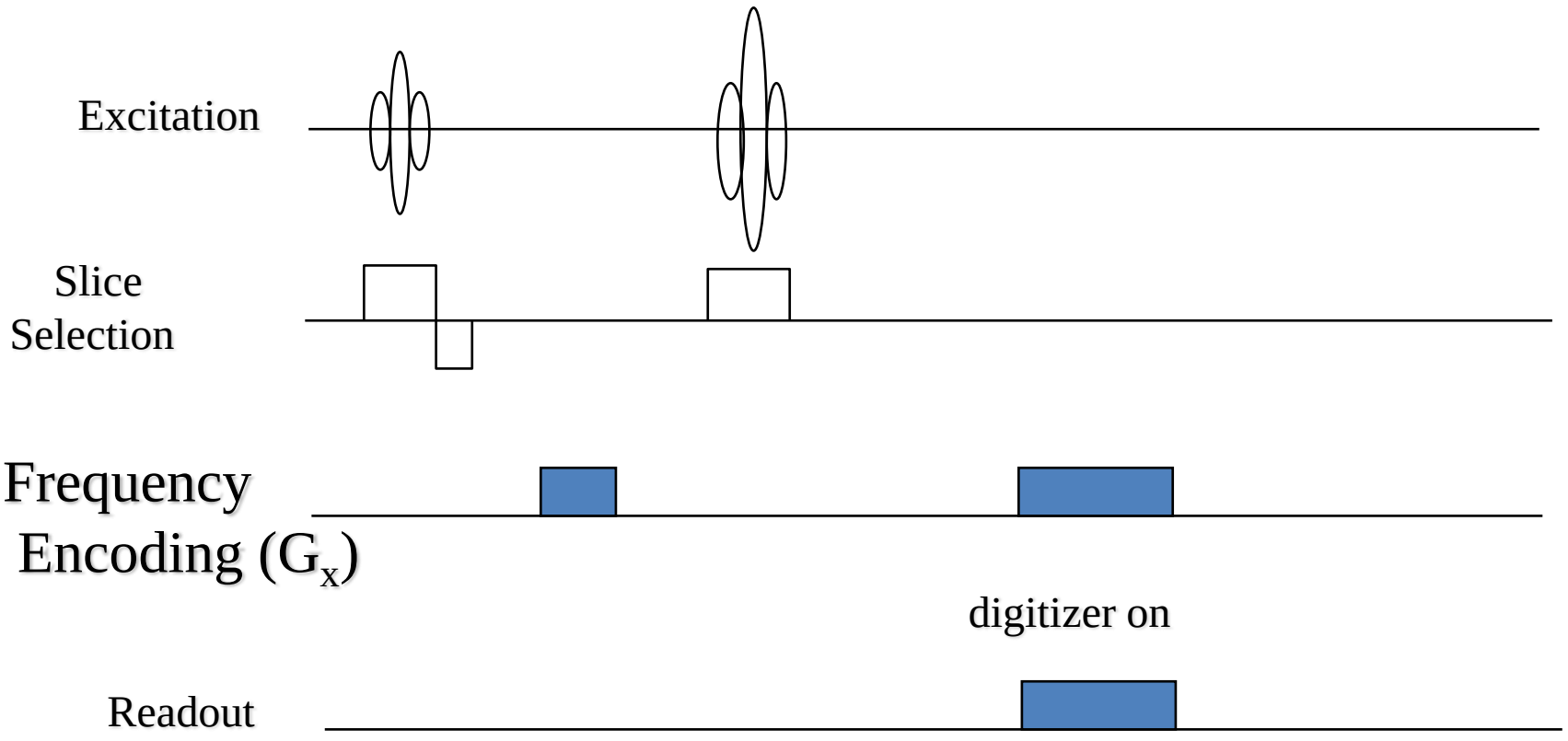
Move to left side of k-space.



Digitizer records N samples along kx where ky = 0



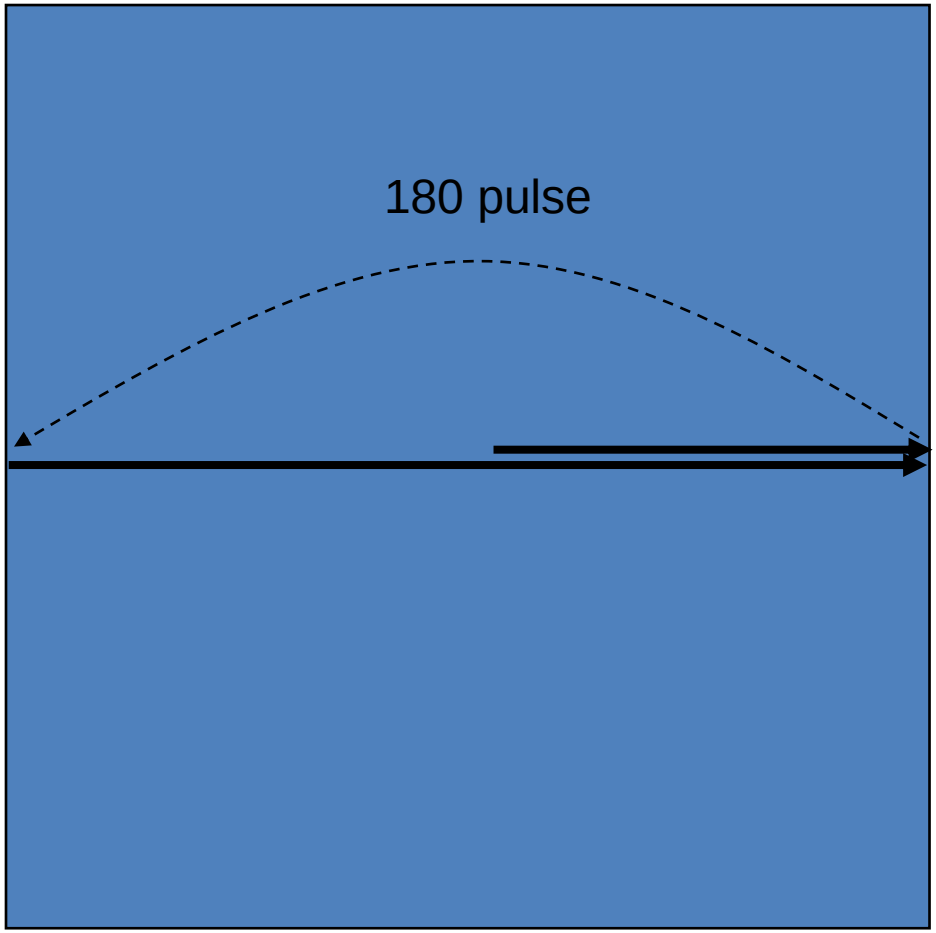
Simple MRI Frequency Encoding: Spin Echo



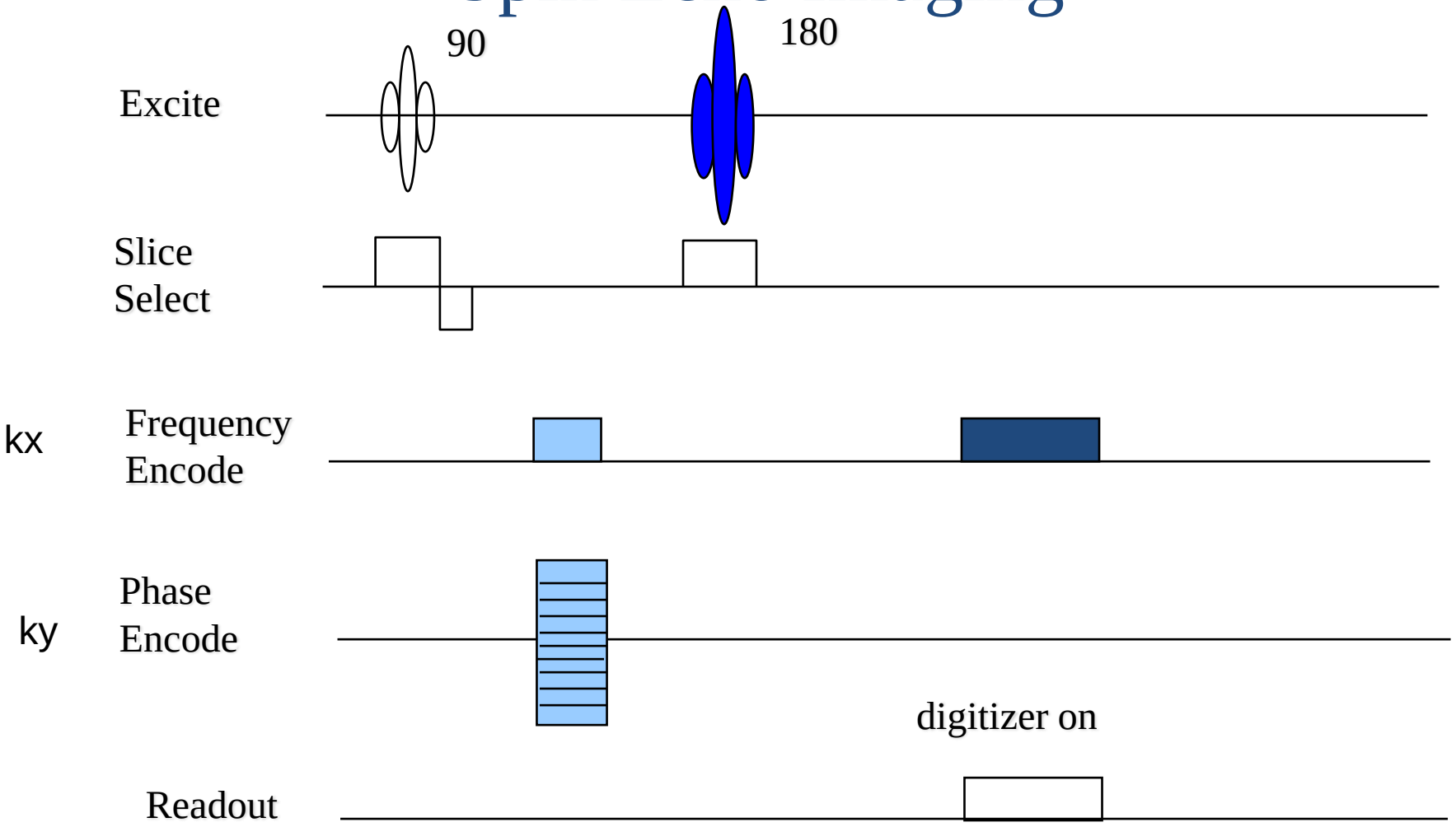
Exercise drawing k-space representation

The K-space Trajectory

Digitizer records N samples of kx where ky = 0

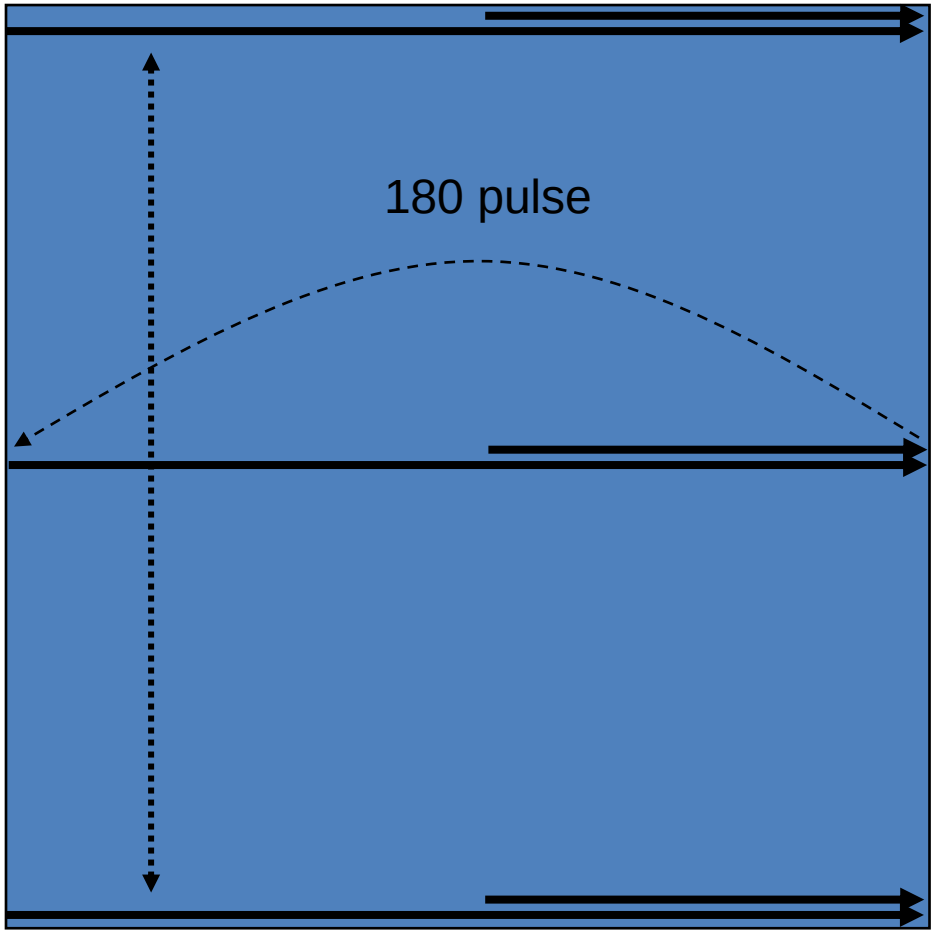


Frequency and Phase Encoding for 2D Spin Echo Imaging



The 2D K-space Trajectory

Digitizer records N samples of kx and N samples of ky



MRI PRINCIPLES

جمع بندی بخش فیزیک MRI

- شناخت مفهوم ممان هسته
- نقش میدان یکنواخت قوی B_0
- اعمال میدان چرخان B1 با پالس RF
- مفاهیم T1 و T2
- نقش میدانهای گرادیان
- مفهوم فضای k زوج تبدیل فوریه ی تصویر مطلوب

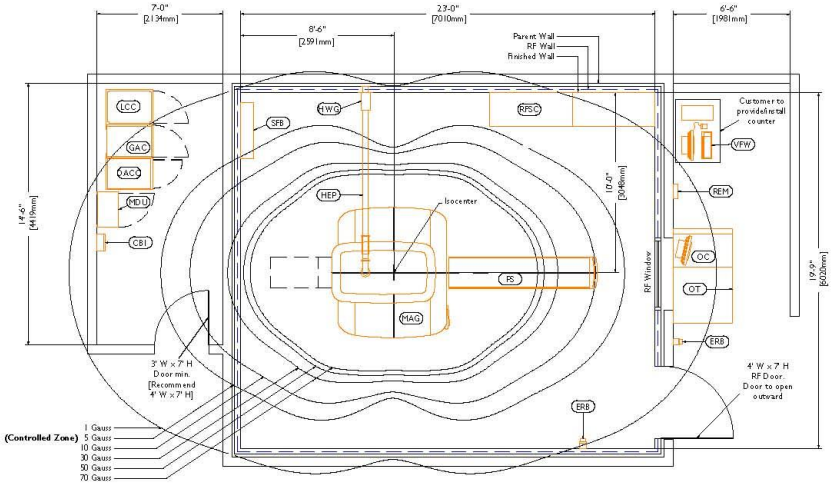
نظارتهای لازم درهنگام نصب (آماده سازی)

- نظارت بر تطابق محل نصب با استانداردهای مورد نیاز: مساحت و ارتفاع مورد نیاز هر یک از اتاقها و مصالح به کار رفته
- دوری و نزدیکی به سازه های (به ویژه متحرک) فلزی: آسانسور، پارکینگ خودرو و ....
- انرژی الکتریکی مورد نیاز + چاه ارت + UPS
- ملاحظات سرمازایی: چیلر، هواساز و تأمین رطوبت موردنیاز

Achieva 1.5T Pulsar/SE

Preferred Room Layout

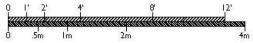
The layout shown below is based upon a typical equipment configuration and should be considered as a general design guideline. Site conditions, application requirements, customer preferences, and/or equipment configuration may significantly impact suite design and equipment layout. It is recommended to request site-specific drawings from a Philips representative early in the design process.



Equipment Layout

Ceiling Height Guide

Equipment Room:	10' - 6"	(3200 mm) Recommended
	9' - 2"	(2795 mm) **Minimum**
Exam Room Suspended Ceiling:	8' - 3 3/16"	(2520mm) **Required**
Exam Room RF Ceiling:		
Helium Waveguide Through RF Wall:	9' - 9"	(2970 mm) **Minimum**
Helium Waveguide Through RF Ceiling:	10' - 0 1/2"	(3060 mm) **Minimum**
Control Room:	9' - 10"	(3000 mm) Recommended
	7' - 3"	(2200mm) **Minimum**

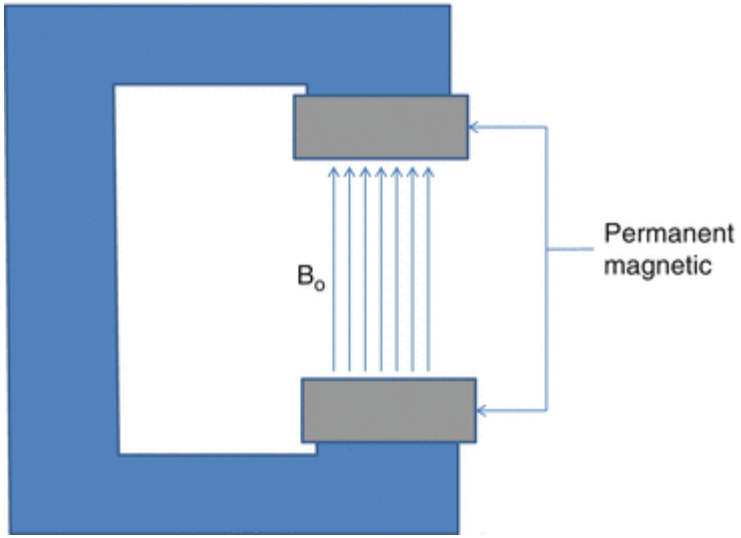


PHILIPS

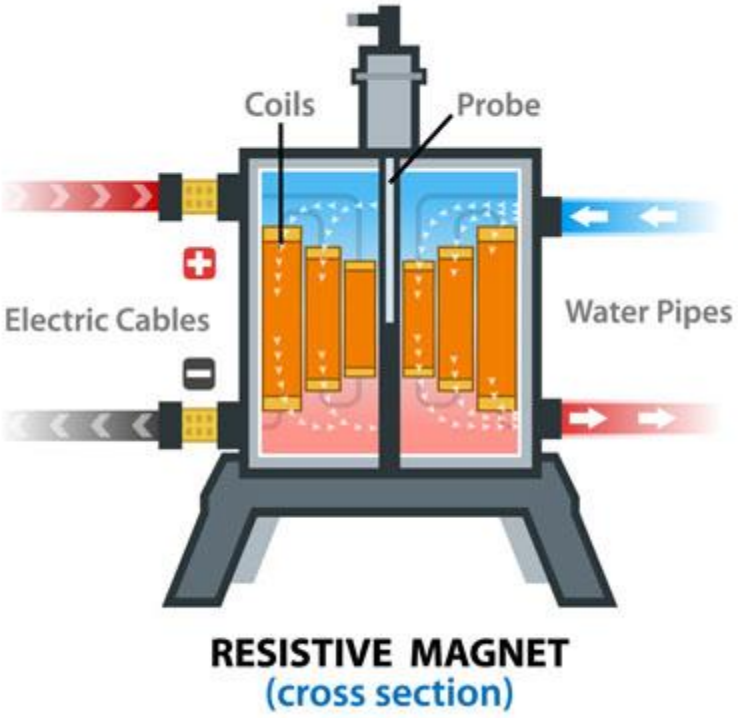
آشنایی با سخت افزار دستگاه های MRI

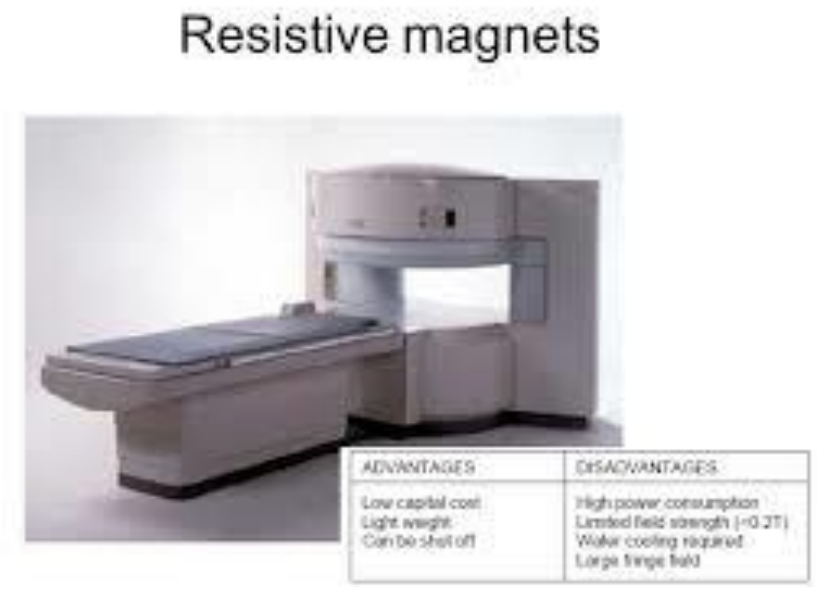
- انواع دستگاههای MRI از دید نوع مگنت:
- دائمی (Permanent)
- مقاومتی (Resistive)
- ابررسانا (Super Conductive)

مگنت دائم



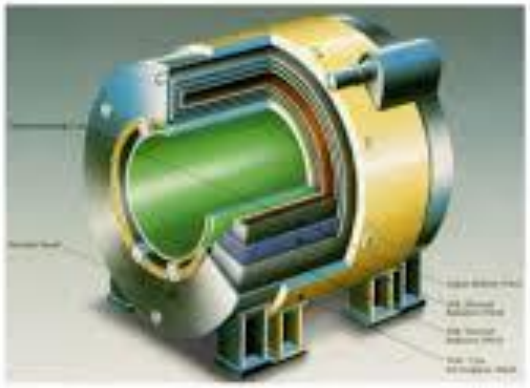
مگنت مقاومتی





مگنت ابررسانا

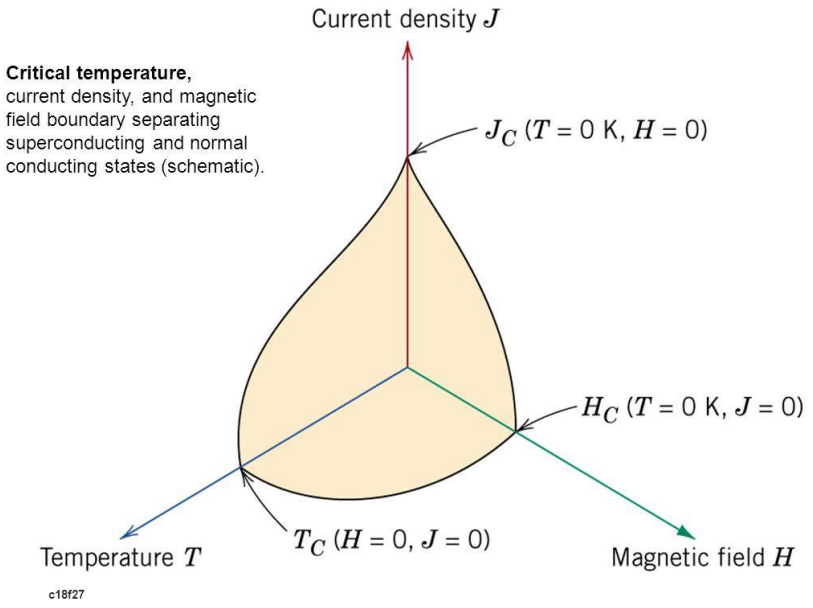
Superconducting Magnets:



ابررسانایی

آلیاژی خاص از فلزاتی همچون:
(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.



Critical temperature, current density, and magnetic field boundary separating superconducting and normal conducting states (schematic).

ویژگیهای هریک از انواع مگنت

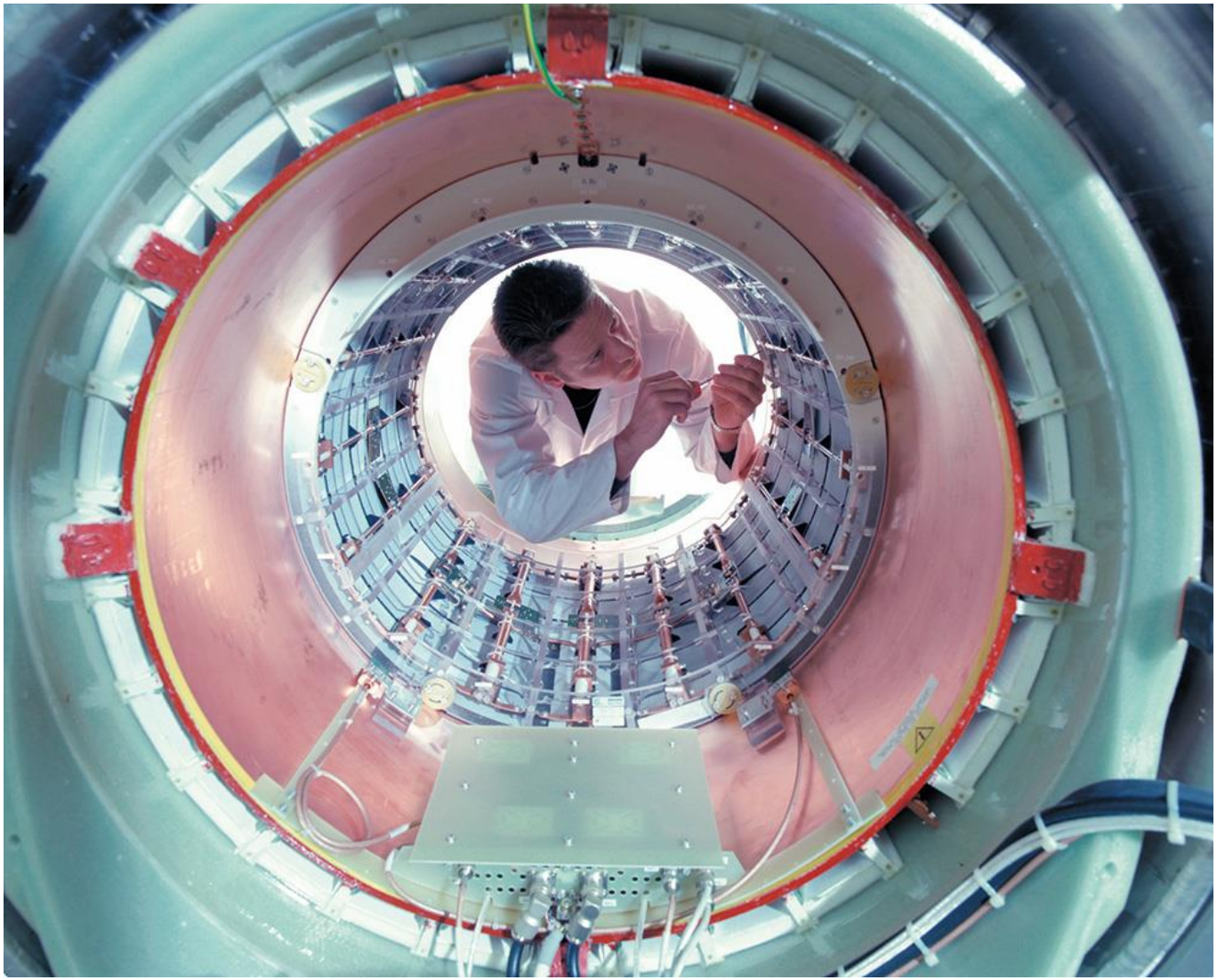
	Superconducting	Resistive	Permanent
Field Strength	0.15T-7.0T (high field possible)	0.02T-0.2T (limited)	~0.3T (limited)
Homogeneity	Good (<5ppm/50cm dia.)	Moderate (<5ppm/20cm dia.)	Moderate (40ppm/40cm dia.)
Stability	Good	Moderate	Temp. dependent
Fringe Field	Large (without shielding)	Small	Negligible
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

اجزاء مهم دستگاه های MRI

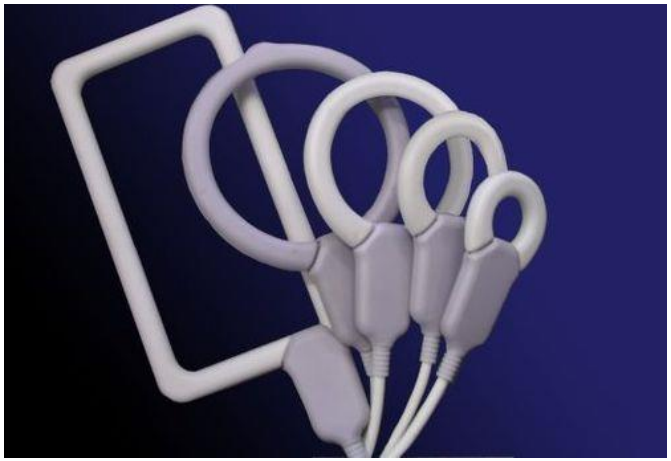
- متمرکز در سه اتاق اصلی:

- Exam room (محصور در RF cage): مگنت + ملحقات: گرادیان کویل، بخشی از زنجیرRF ، بخشی از تجهیزات cryogenic، تخت، کویلها (گیرنده یا فرستنده) ، فیلتر باکس، ...
- Technical (equipment) room: تقویت کننده ی گرادیان، تقویت کننده ی RF، Spectrometer، Reconstructor، بخشی دیگری از تجهیزات cryogenic، خنک کننده ی سیال، ...
- Control room: کامپیوتر host، نمایشگر، ...

نمونه ای از مگنت



نمونه ای از کویلهای مختلف



نمونه ای از تجهیزات اتاق تکنیک

ملاحظات انتخاب و ارتقای دستگاهای MRI

- فن آوری روز با توجه به عمر مفید ۱۰ ساله دستگاه
- امکان ۱۰ سال استفاده ی مفید به شرط ارتقای دستگاه در نیمه ی عمر آن
- نیاز پزشکان و تعداد بیماران
- کاربری عام و یا خاص (مثلا تصویربرداری قلبی) دستگاه
- انتخاب مناسب تجهیزات جانبی: UPS، Imager و سیستم PACS
- هزینه ی تعمیر و نگهداری

توضیح برخی مفاهیم سرویس MRI

- مفهوم انرژایز، DisCharge
- کوئینچ
- تزریق هلیوم
- کلدهد (Cold Head)
- FCO
- Log files

ملاحظات تعمیر و نگهداری

- داشتن قرارداد با شرکتی معتبر، دارای مجوز و دارای کارکنان آموزش دیده (ارتباط مستمر با شرکتهای مادر)
- ارتباط مستمر با کاربران دستگاه (کارشناسان رادیولوژی) و اطلاع از تغییر رفتار و یا مشکلات احتمالی دستگاه
- دریافت گزارش هفتگی میزان هلیوم
- مراقبت در انجام به موقع سرویس های دوره ای، دریافت گزارش کار (و بایگانی آن)
- داشتن جدولی از قطعات مورد نیاز: زمان احتمالی خرابی و هزینه ی هر یک
- پیگیری در خصوص FCO های ارائه شده توسط کمپانی مادر و انجام درست و به موقع آن در محل دستگاه

ملاحظات تعمیر و نگهداری

- اطلاع یافتن از چگونگی انجام اقدامات ابتدایی دستگاه
- خاموش / روشن کردن
- موارد اضطراری (کوئینچ، ورود فلز حجیم به اتاق مگنت)
- خواندن Log files، با توجه به سیاستهای شرکت مادر و نمایندگی مجاز

موارد قابل طرح در دوره های آتی

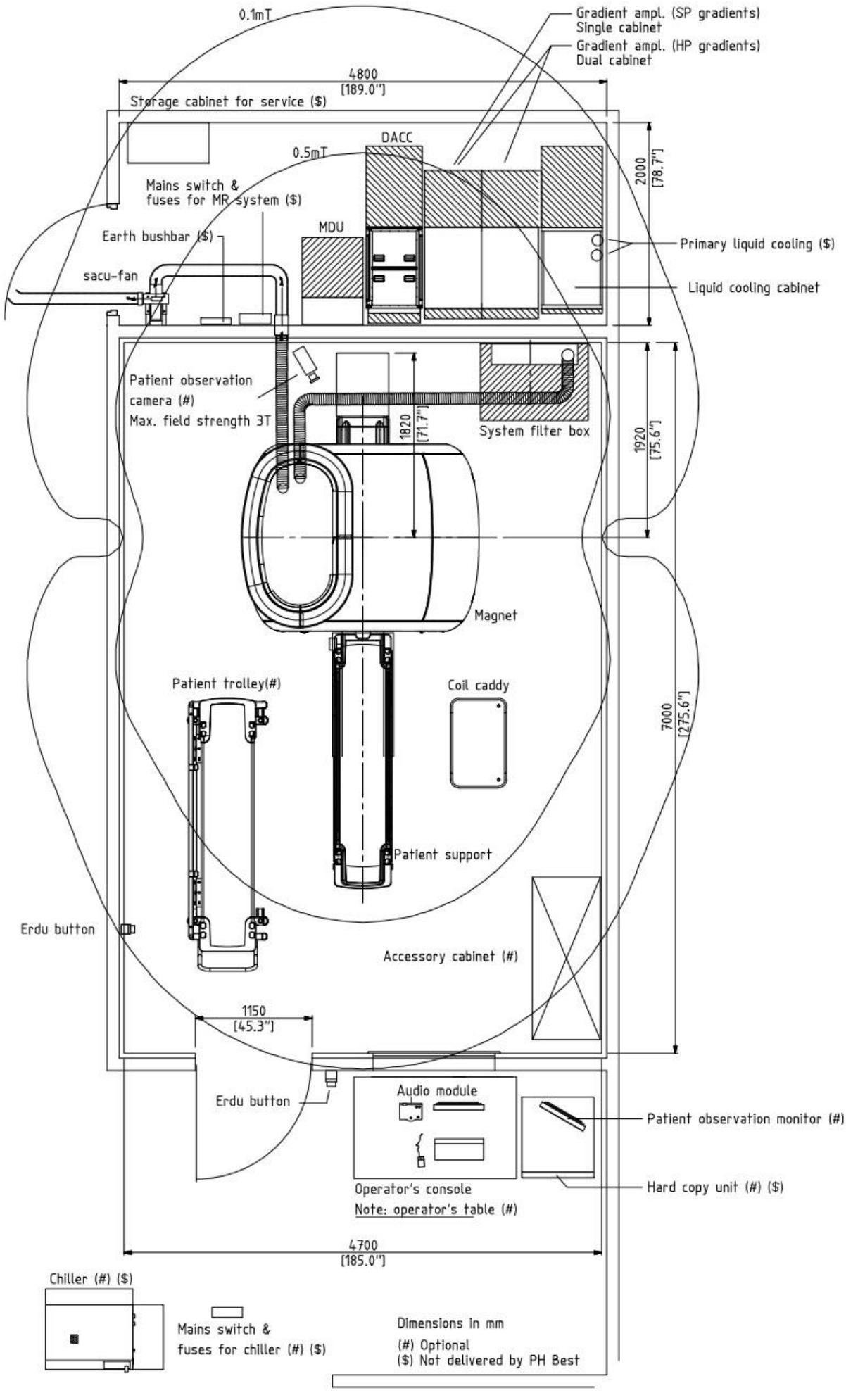
- آشنایی با فیزیک روشهای پیشرفته تر MRI، همچون: functional MRI، Diffusion، Perfusion، Spectroscopy، ...
- پرداختن به مشخصات فنی هر یک از اجزا تشکیل دهنده دستگاه
- کاربردهای بالینی، کلینیکی دستگاه
- خرابیهای شایع دستگاه

تشکر از حسن توجه شما

پرسش و پاسخ

آموزش طراحی فضای تصویر برداری

الزامات آماده سازی فضای ام آر آی


0.1mT
Gradient ampl. (SP gradients)
Single cabinet
Gradient ampl. (HP gradients)
Dual cabinet
4800
[189.0"]
Storage cabinet for service ($)
DACC
0.5mT
2000
[78.7"]
Mains switch &
fuses for MR system ($)
MDU
Earth bushbar ($)
Primary liquid cooling ($)
sacu-fan
Liquid cooling cabinet
Patient observation
camera (#)
Max. field strength 3T
1820
[71.7"]
System filter box
1920
[75.6"]
Magnet
Patient trolley(#)
Coil caddy
7000
[275.6"]
Patient support
Erdu button
Accessory cabinet (#)
1150
[45.3"]
Erdu button
Audio module
Patient observation monitor (#)
Operator's console
Note: operator's table (#)
Hard copy unit (#) ($)
4700
[185.0"]
Chiller (#) ($)
Mains switch &
fuses for chiller (#) ($)
Dimensions in mm
(#) Optional
($) Not delivered by PH Best

فضاهای مورد نیاز بخش ام آر آی:

فضاهای اصلی (دستگاه):

۱. فضای کنترل (اپراتور)
۲. فضای اگزم (دستگاه- مگنت)
۳. فضای تکنیکال (اتاق برق)

فضاهای فرعی (دستگاه پشتیبانی):

۱. انتظار
۲. ریکاوری
۳. رختکن(به تفکیک جنسیت)
۴. سرویس بهداشتی
۵. اتاق پزشک
۶. فضای رست پرسنل
۷. اتاق ریپورت
۸. انبار

Safety is everybody's responsibility and it starts with us in Philips

- رعایت الزامات و توصیه های ایمنی و اطمینان از اجرای صحیح آنها بر عهده مدیر پروژه می باشد.
- در این فصل ما تمام الزامات ایمنی آشکار مانند ایمنی الکتریکی ، ایمنی مکانیکی دستگاه ام آر آی را مورد بحث قرار خواهیم داد.
- اولین اصل:
- برای اینکه بتوانید وارد منطقه ای با میدان مغناطیسی شوید، ابتدا باید غربالگری شوید. اگر افراد غربالگری نشوند ممکن است جان افراد در خطر باشد.

غربالگری توسط پرسنل آموزش دیده ویژه انجام می شود. مقررات مربوط به اینکه چه کسی مجاز به غربالگری پرسنل است و چه الزاماتی باید قبل از تبدیل شدن به یک فرد مجاز رعایت شود، ممکن است از منطقه ای به منطقه دیگر متفاوت باشد

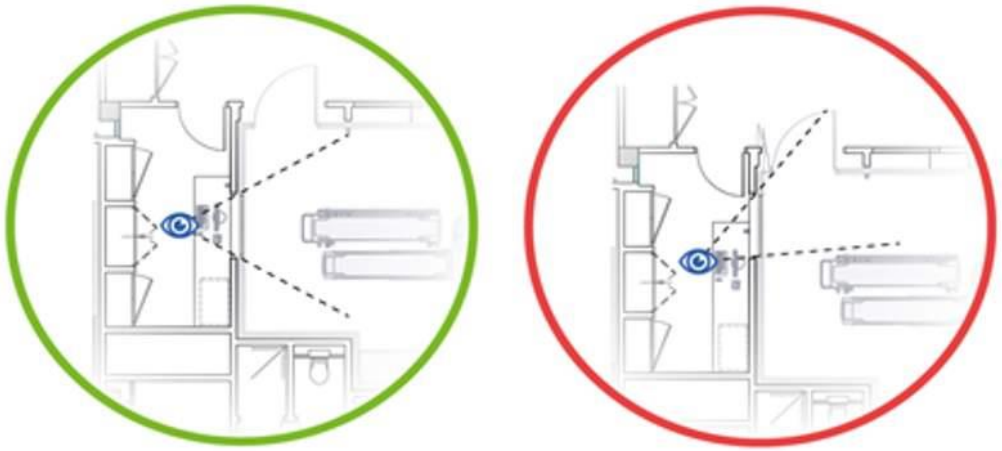
علایم هشدار دهنده

علامت هشدار به وضوح نشان می دهد که منطقه پشت علامت هشدار یک منطقه ممنوعه است و فقط افراد مجاز می توانند به آن دسترسی داشته باشند

زون بندی‌های حفاظتی بخش ام آر آی:

۱. انتظار
۲. ریکاوری و رختکن
۳. کنترل
۴. اگزم

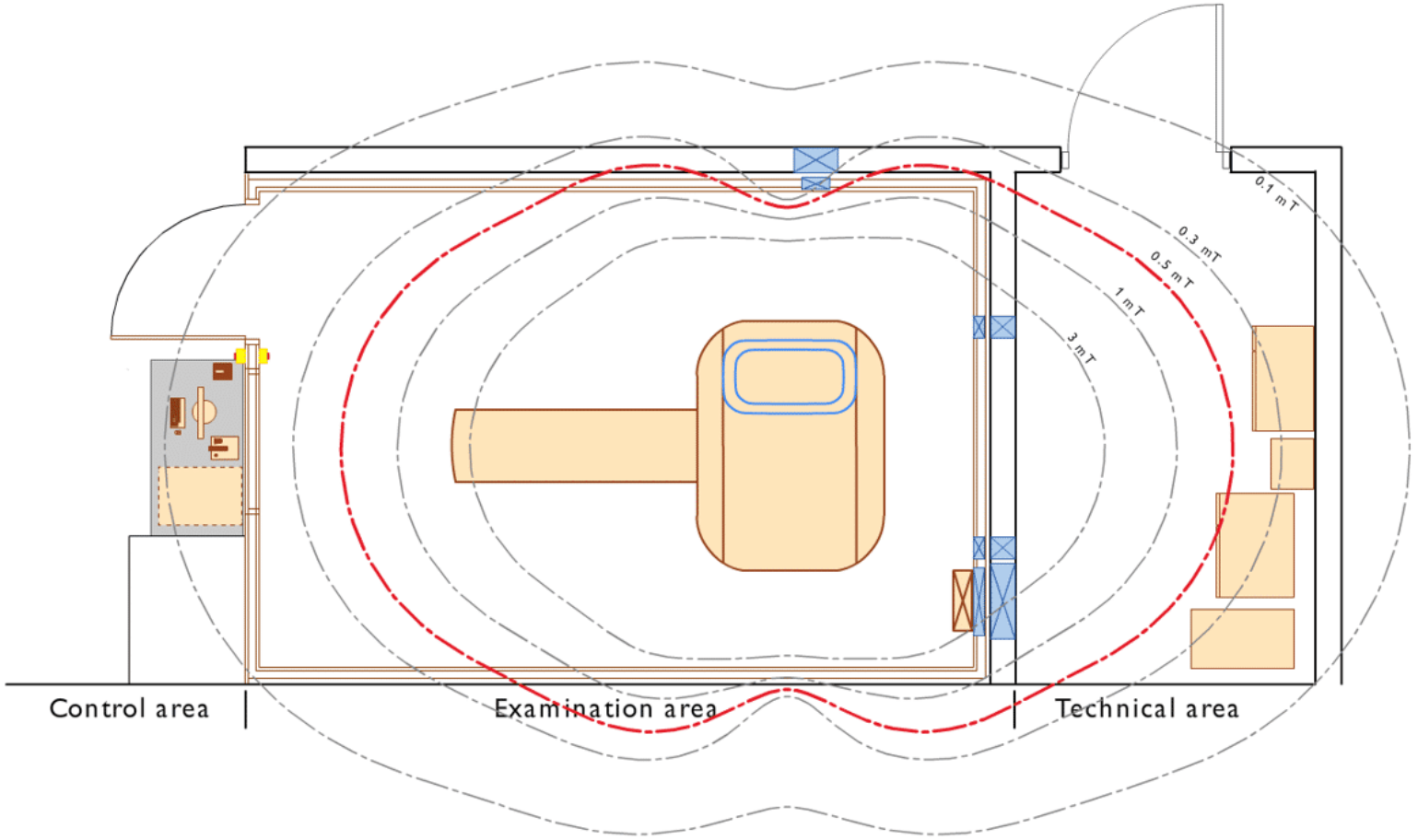
نکته: اپراتور می بایست نسبت به ورود بیمار دید مستقیم داشته باشد



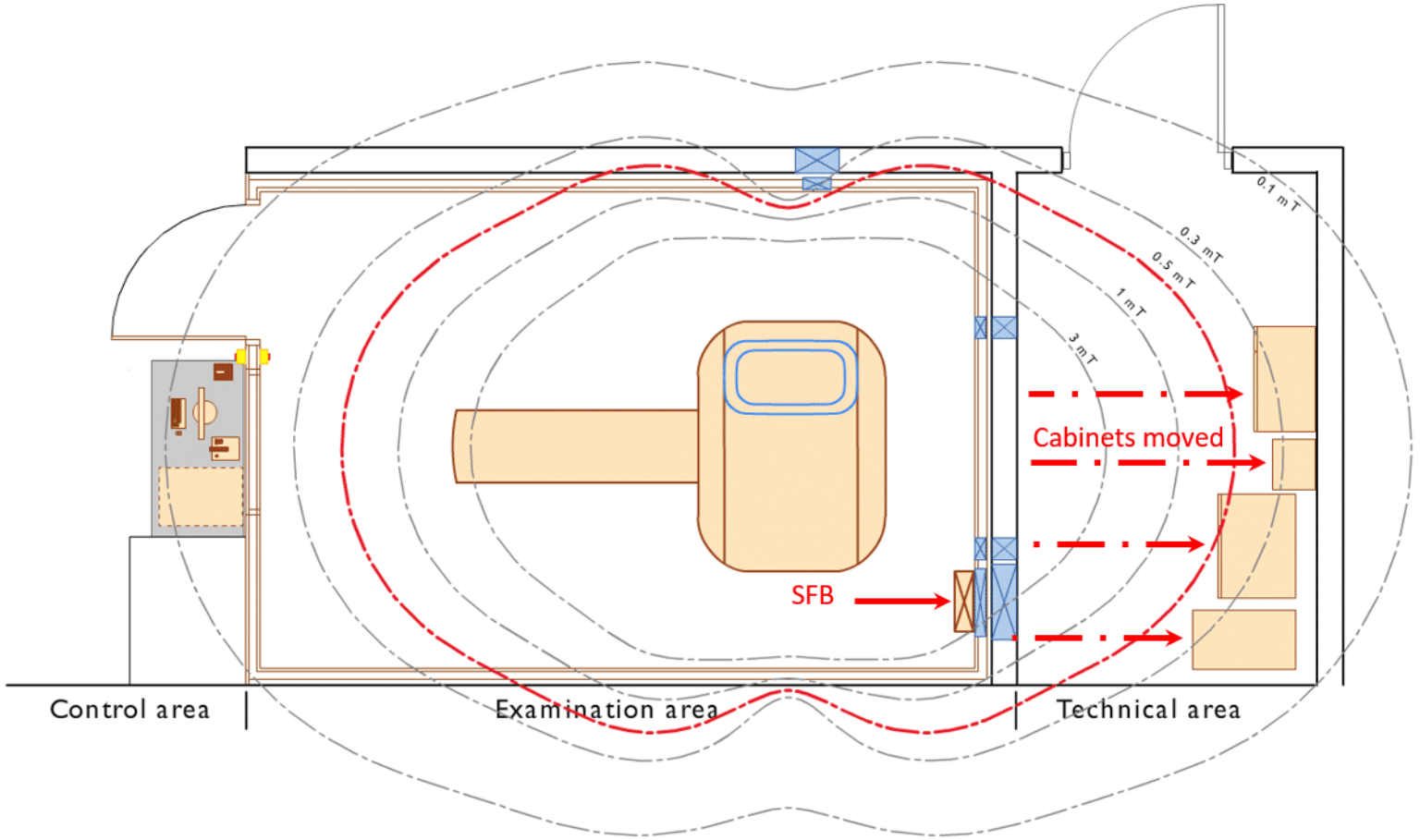
- MRI Traininig\2020.02.17-Ambition-Shahid Rajaei Hospital-Tehran-Iran-PI-Rev C(SL-Rev F).pdf
- MRI Traininig\Typical MIC site layout (1).pdf

Typical fringe field

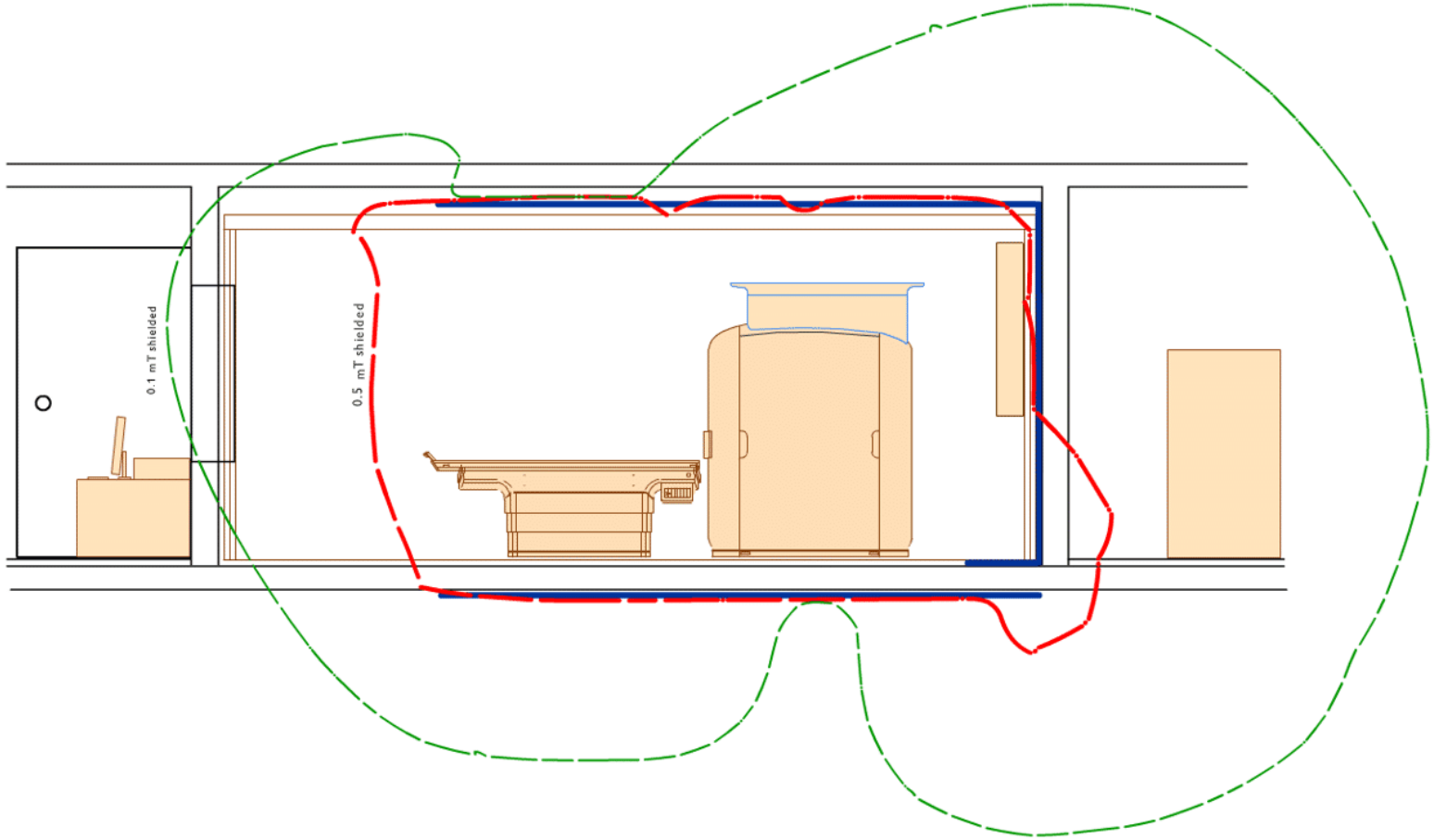
The magnetic field outside the magnet is called the fringe field. In the image so-called ISO lines or contour lines are drawn. Each line represents a specific magnetic field strength



Permissible magnet fields : MRI system parts



Passive shielding

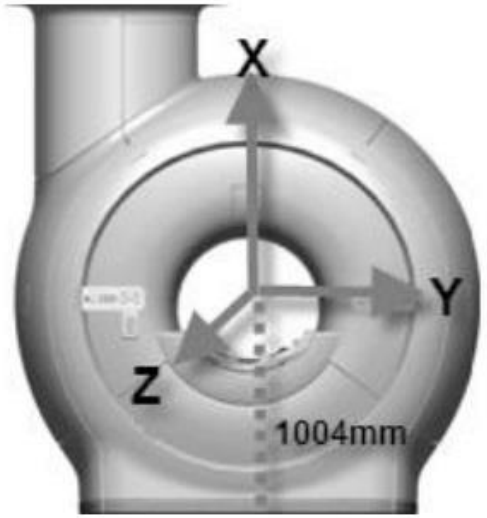


Passive shielding

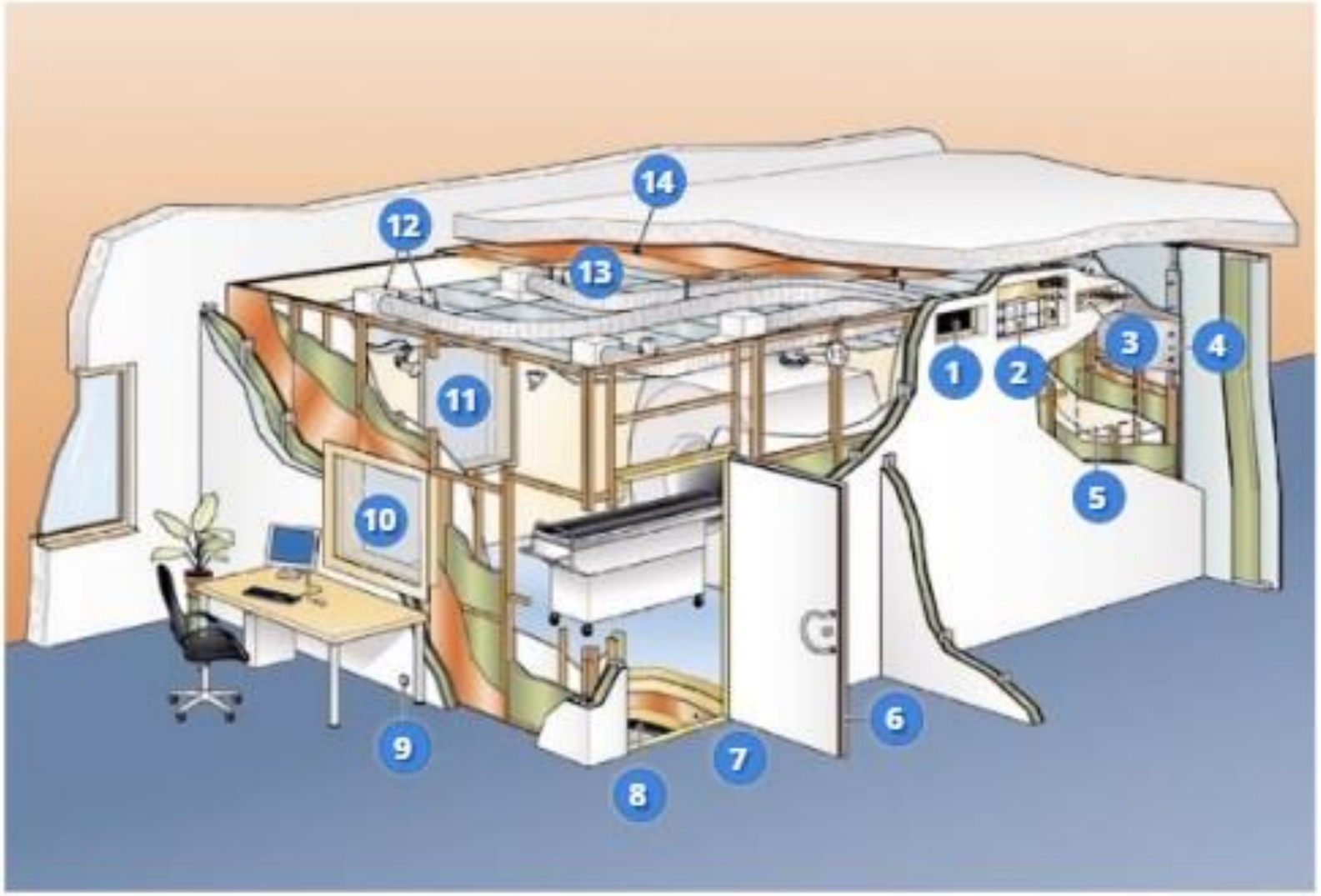
در هنگام جانمایی به جهت تیر ریزی ها دقت شود

The axes are identified as:

- X = vertical axis (up positive, down negative)
- Z = horizontal front to back axis, length of the patient (front positive, back negative)
- Y = horizontal left to right axis (left negative, right positive)

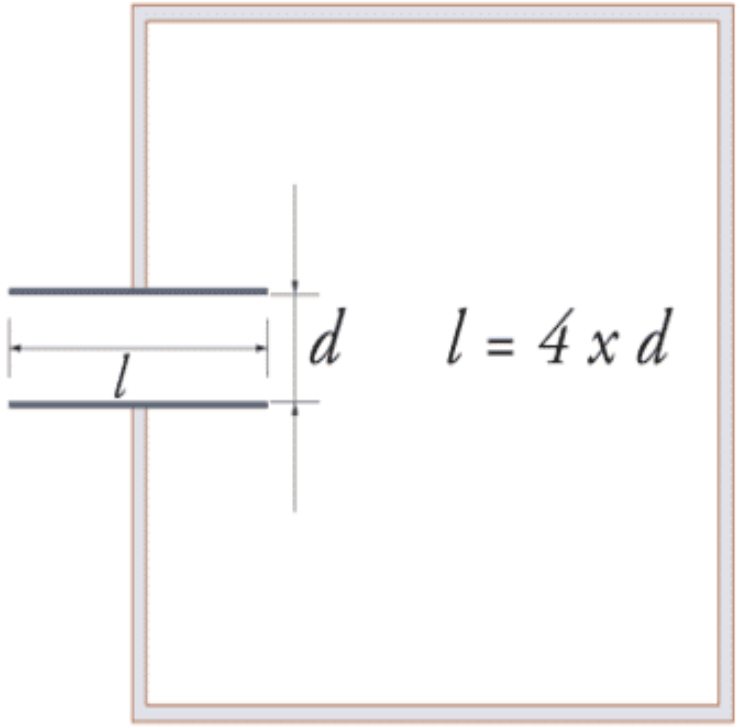


Interactive: RF cage

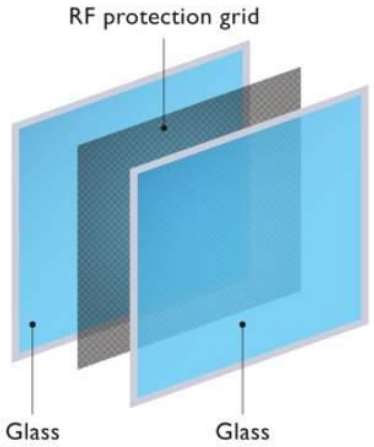


1. Rf feed through
2. Rf feed through
3. Rf feed through
4. Passive shielding
5. Opening SFB
6. RF Door
7. RF Cage inside Floor
8. Hospital Floor
9. Network Connection
10. Rf Window
11. RF Window
12. Airconditioning diffuser
13. Area Above suspended Ceiling
14. RF Cage

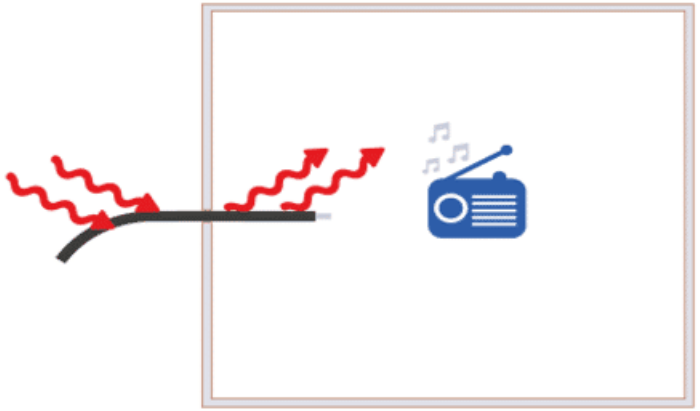
Wave guides

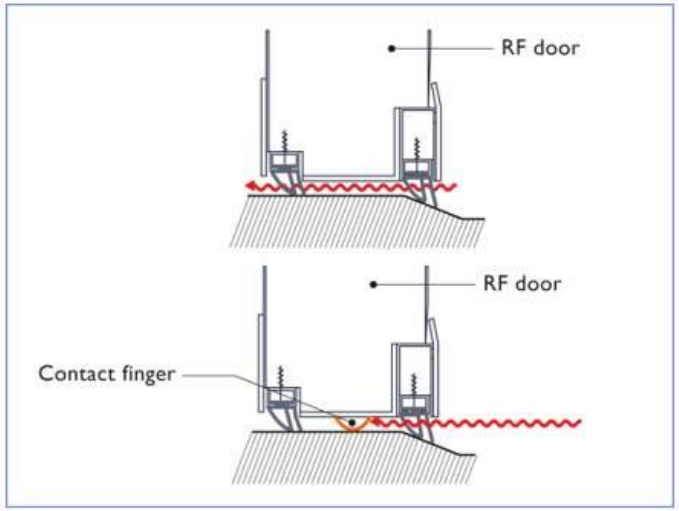


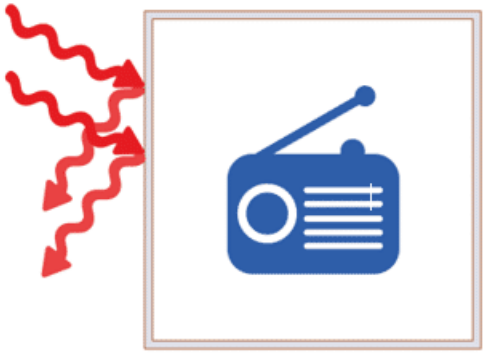
RF protection grid- Filter box



Blocking RF signals : The RF door



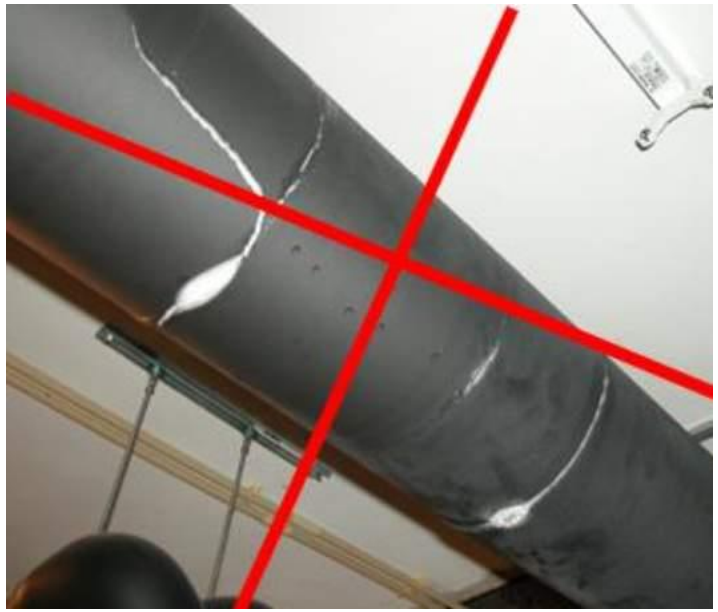




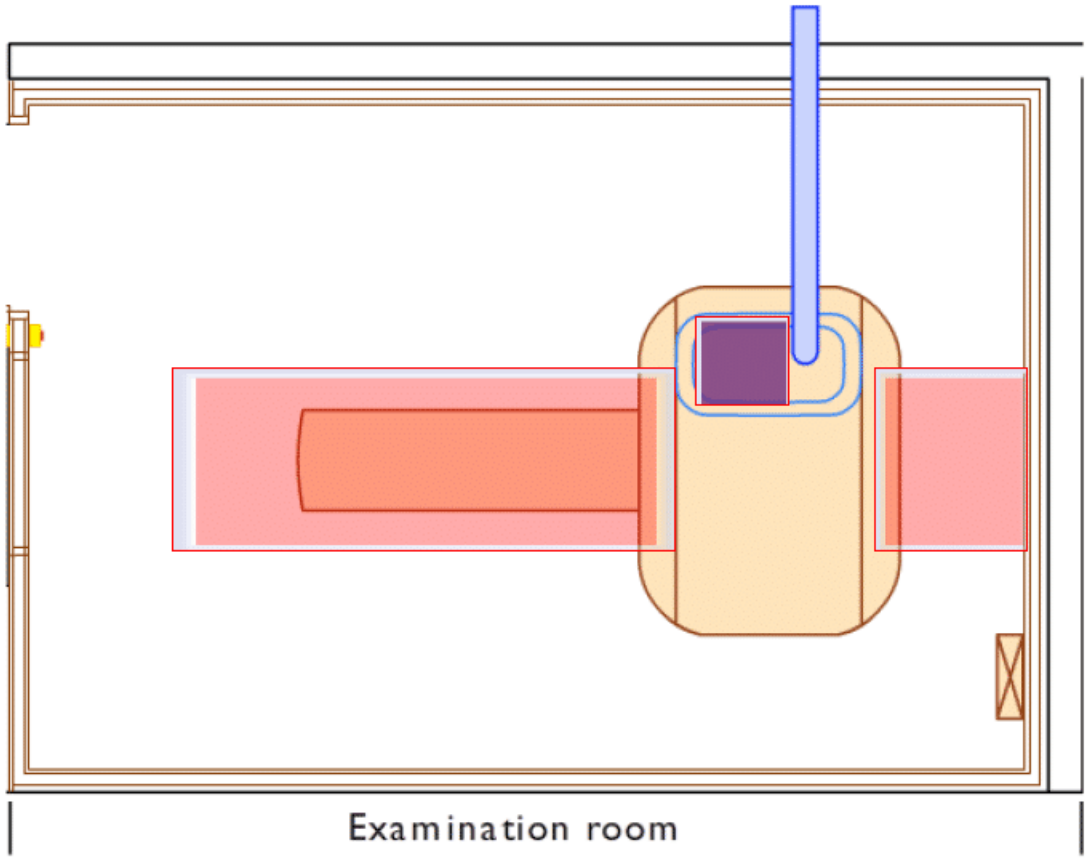
ERDU

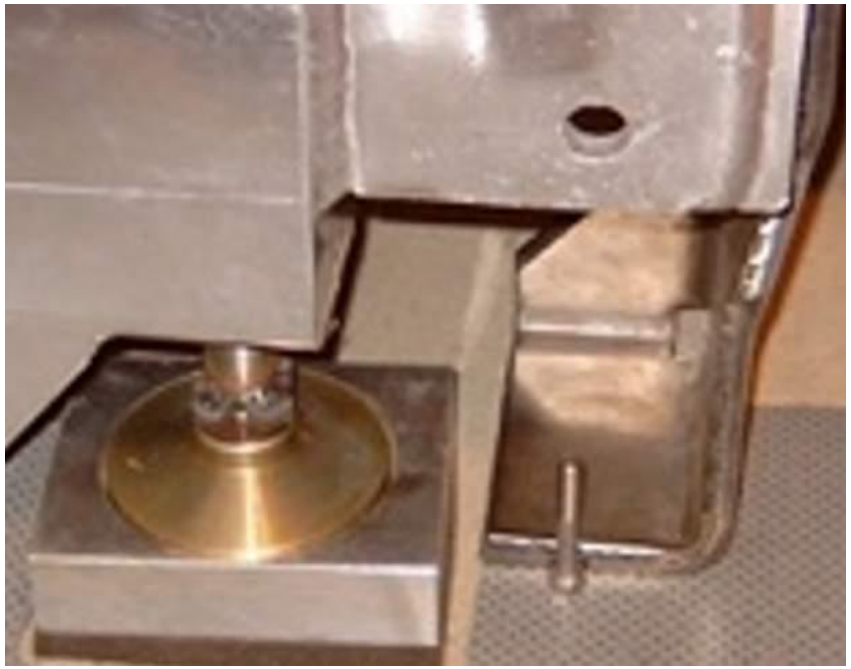
Emergency Run Down Unit (ERDU) buttons are safety devices that MUST be installed and tested, before the magnet is allowed to be energized. If pressed the magnetic field is gone within 20 seconds.

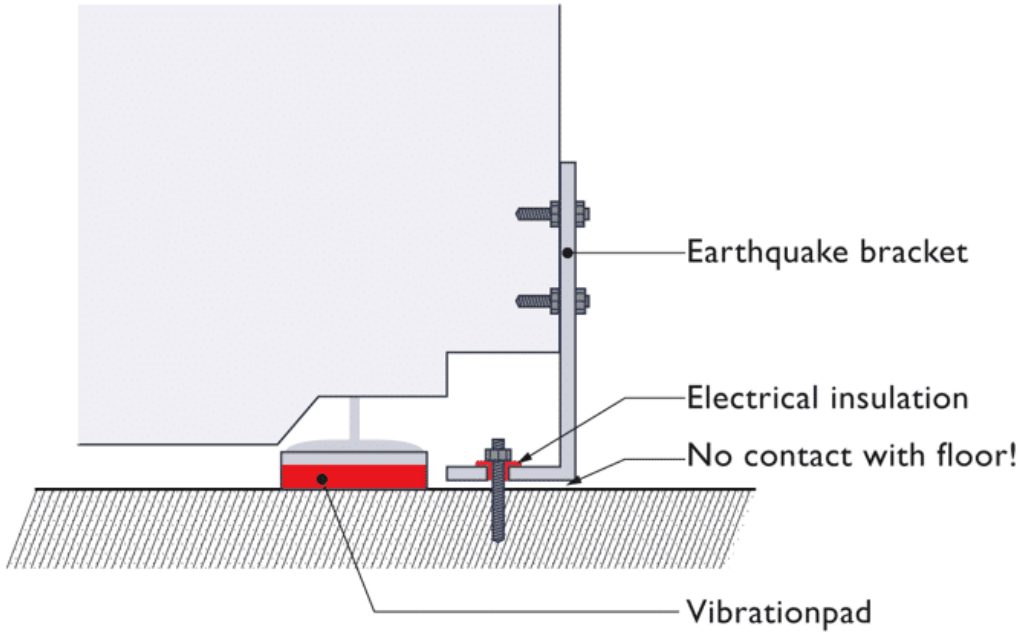
Quench Pipe:



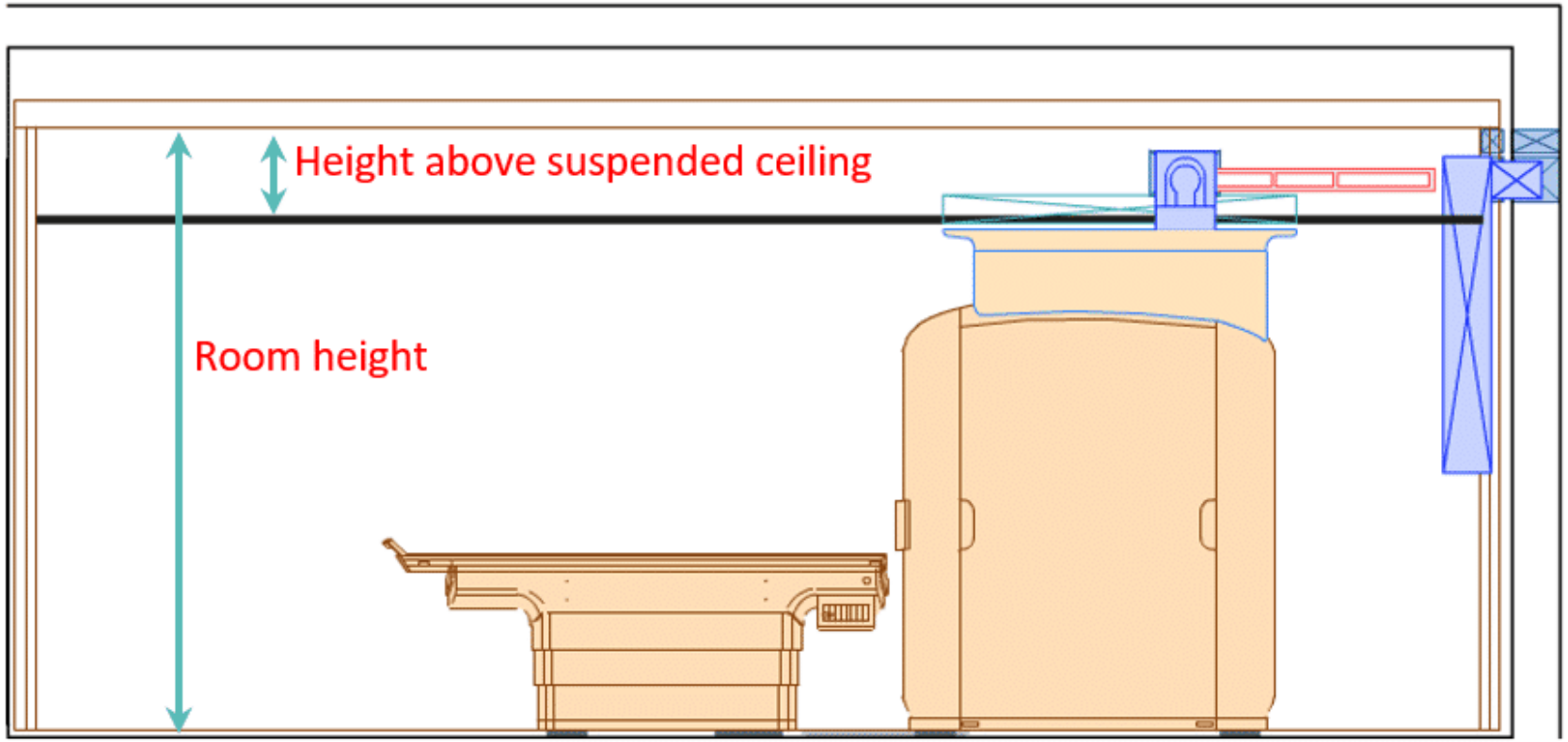
Service Area

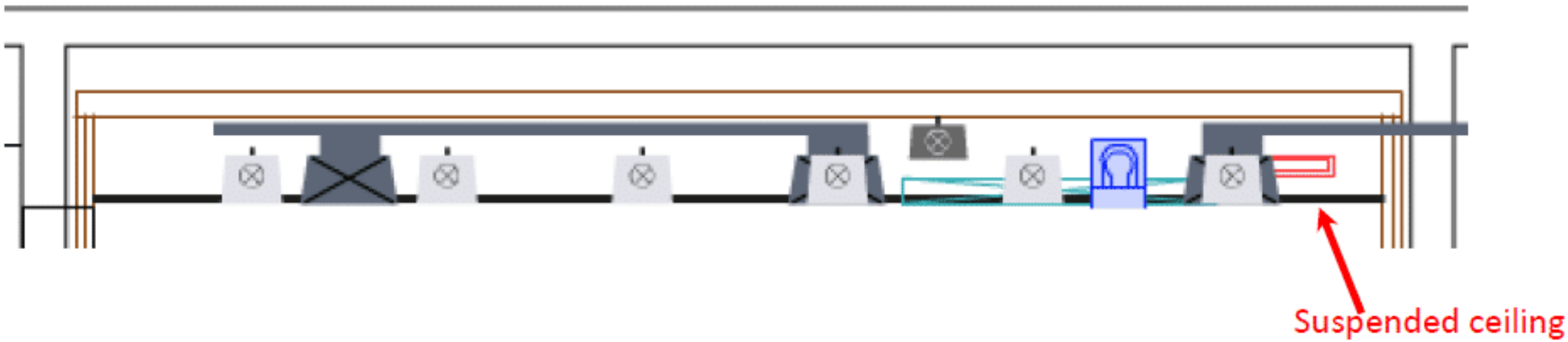


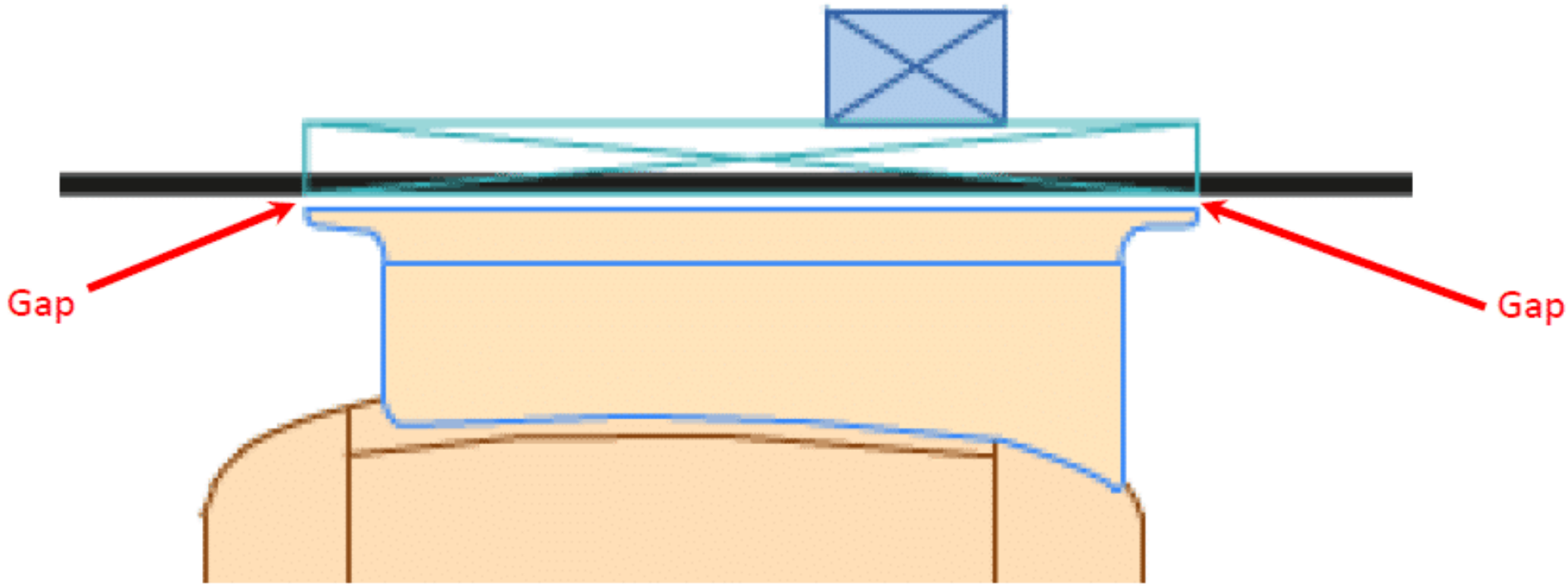


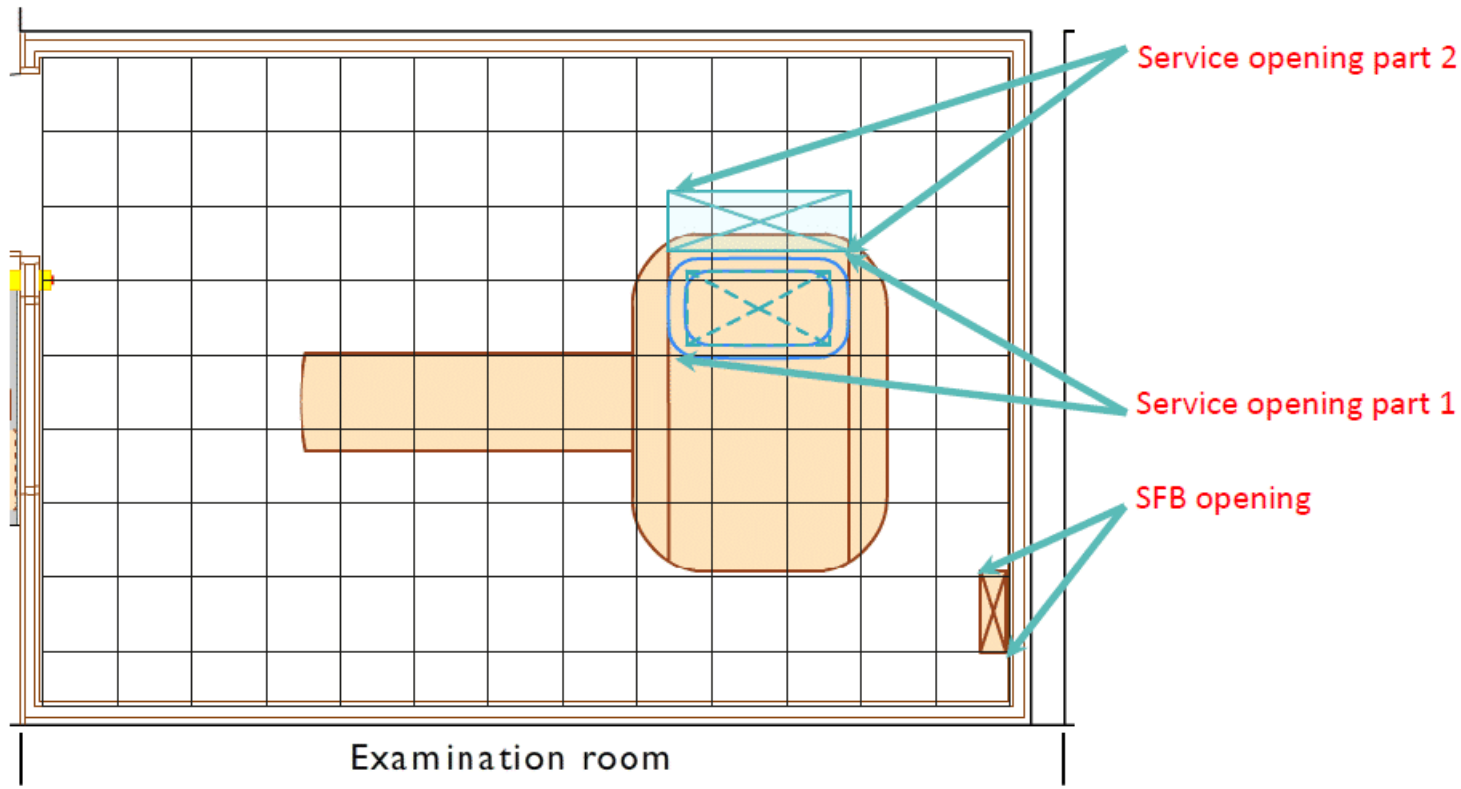

Earthquake bracket
Electrical insulation
No contact with floor!
Vibrationpad

Examination room Ceiling




Suspended ceiling


Gap
Gap


Service opening part 2
Service opening part 1
SFB opening
Examination room

Technical Room:Cable ducts