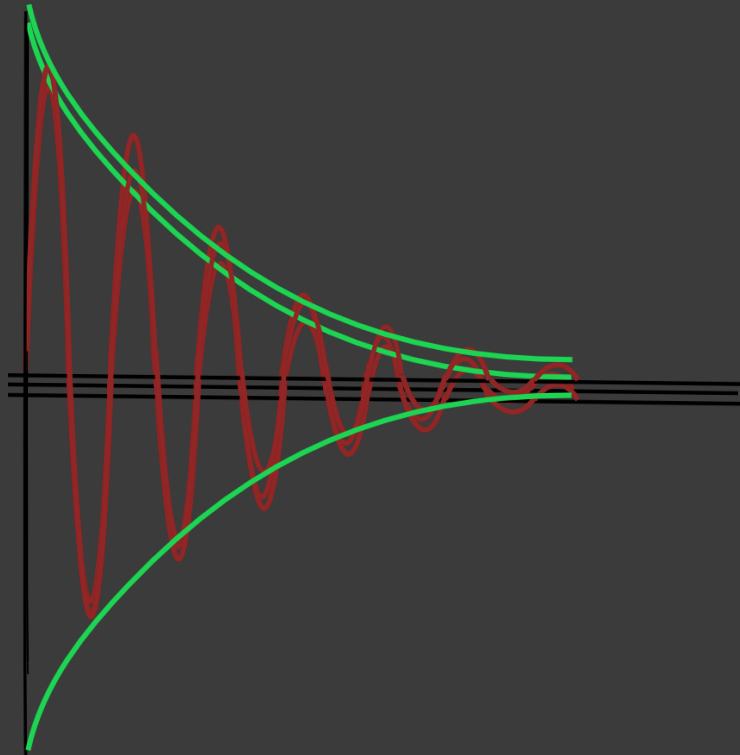


Механизми релаксације и формирања слике

T_2 време релаксације

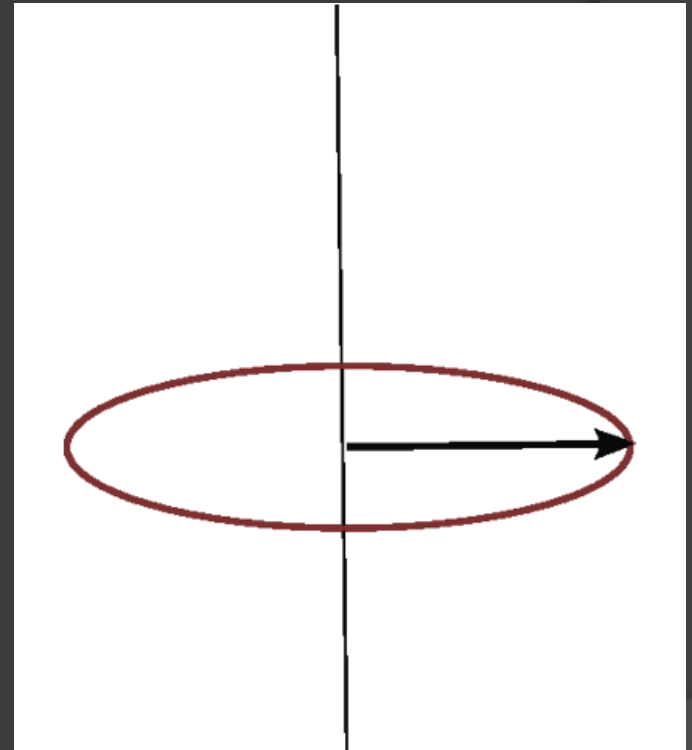
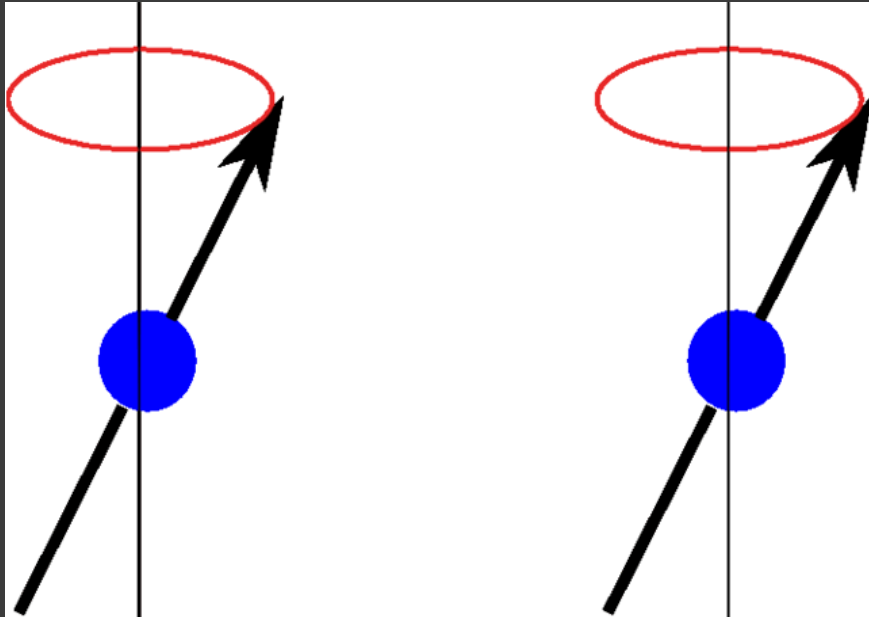


- Време = 0 M_{xy} је пропорционална броја спинова (спинска густина, протонска густина)
- Временска константа експоненцијалног опадања магнетизације се назива спин-спин време релаксације T_2
- У стварности магнетизација опада брже због локалних нехомогености магнетног поља у узорку

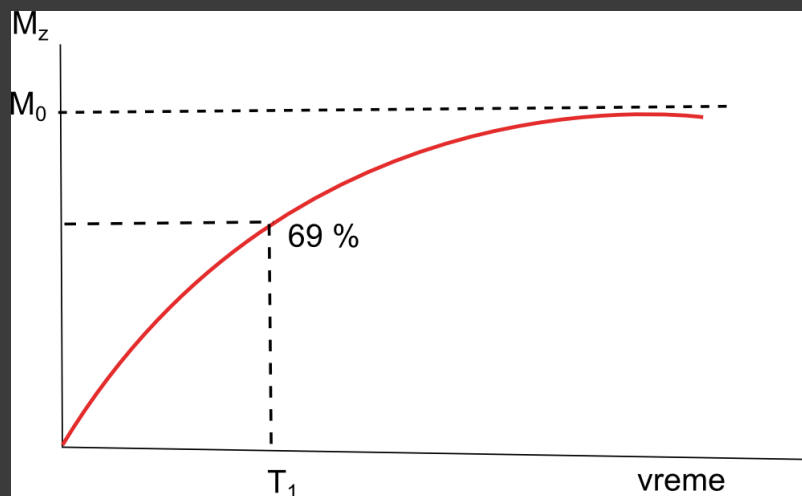
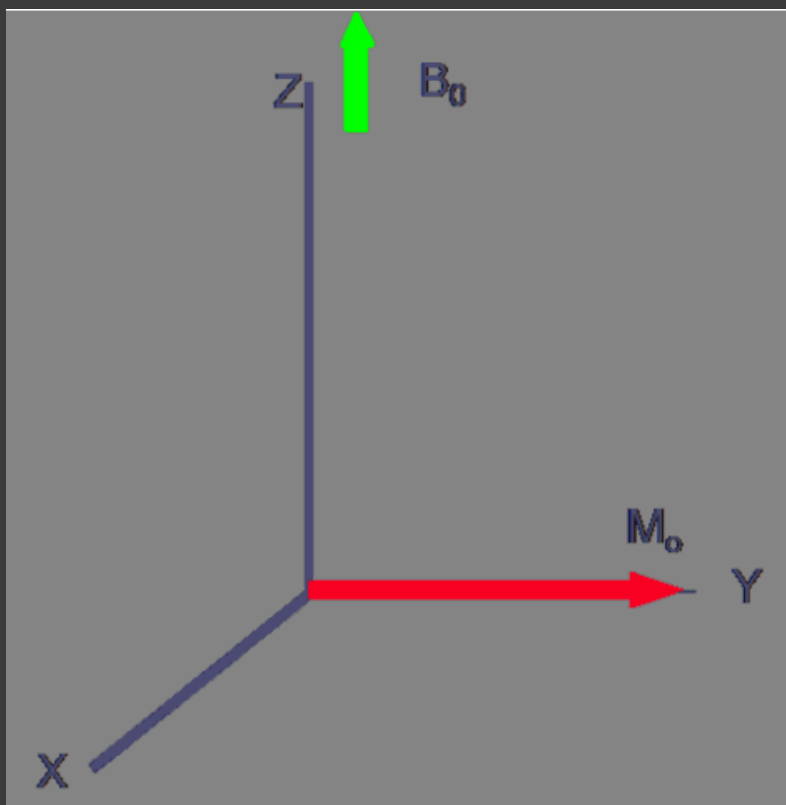
$$M_{xy} = M_0 e^{-\frac{TE}{T_2}}$$

$$M_{xy} = M_0 e^{-\frac{TE}{T_2^*}}$$

Механизам распада слободне индукције

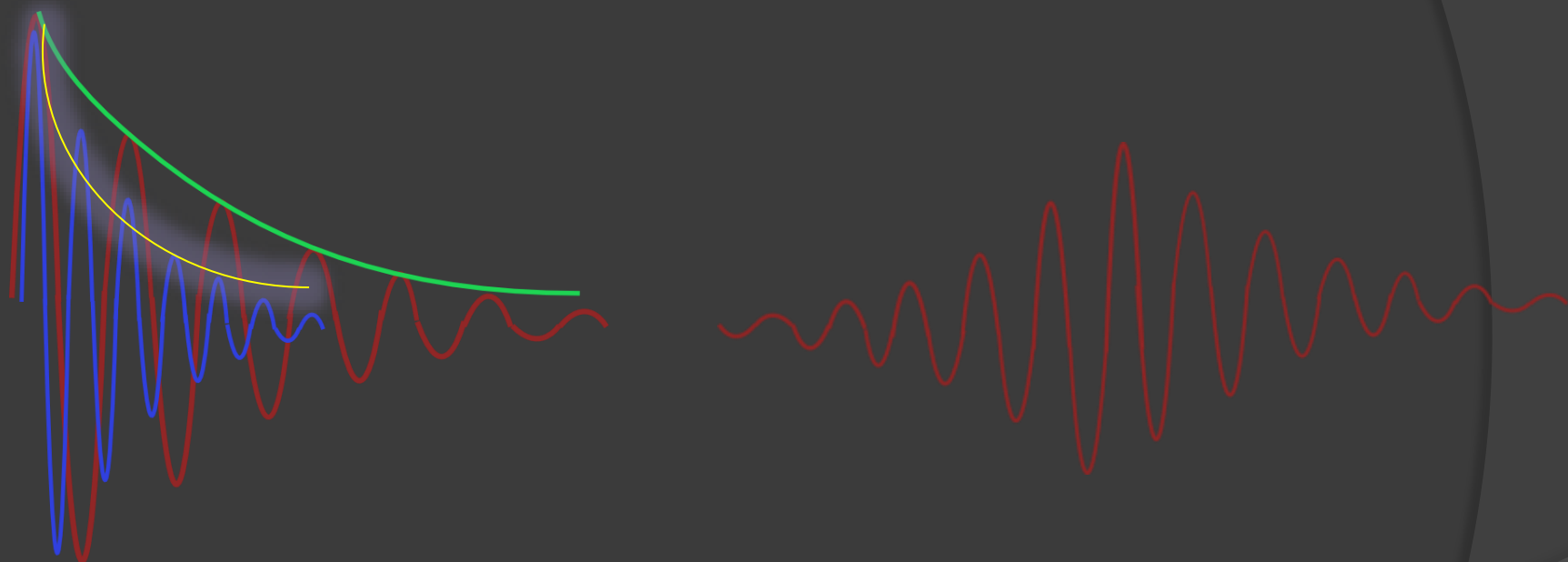


Спин решетка време релаксације (T_1)



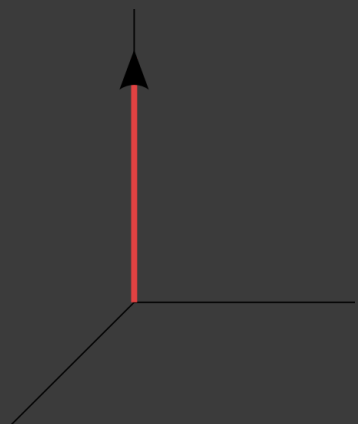
$$M_z = M_0 \left(1 - e^{-\frac{TR}{T_1}} \right)$$

FID и спин echo

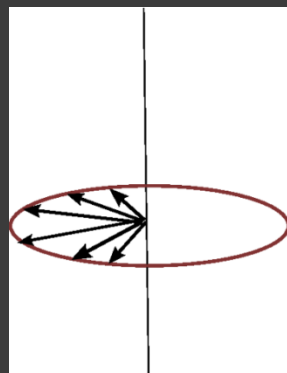
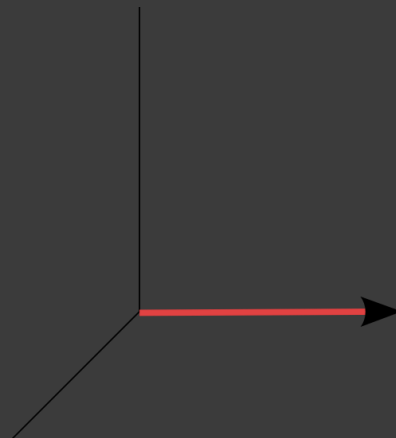


FID

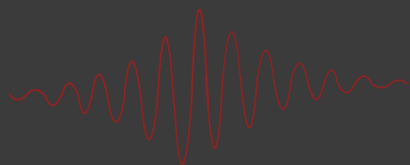
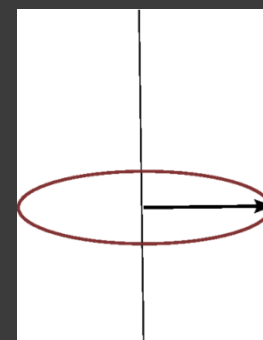
EXO



+ 90°



180° +



Од чега зависи NMR сигнал

$$S = N_p \left(1 - e^{-\frac{TR}{T_1}} \right) e^{-\frac{TE}{T_2}}$$

N_p број спинова (протона) или спинска густина

TR, TE параметри аквизиције

T_1 –спин-решетка време релаксације

T_2 –спин-спин време релаксације

In vivo НМР

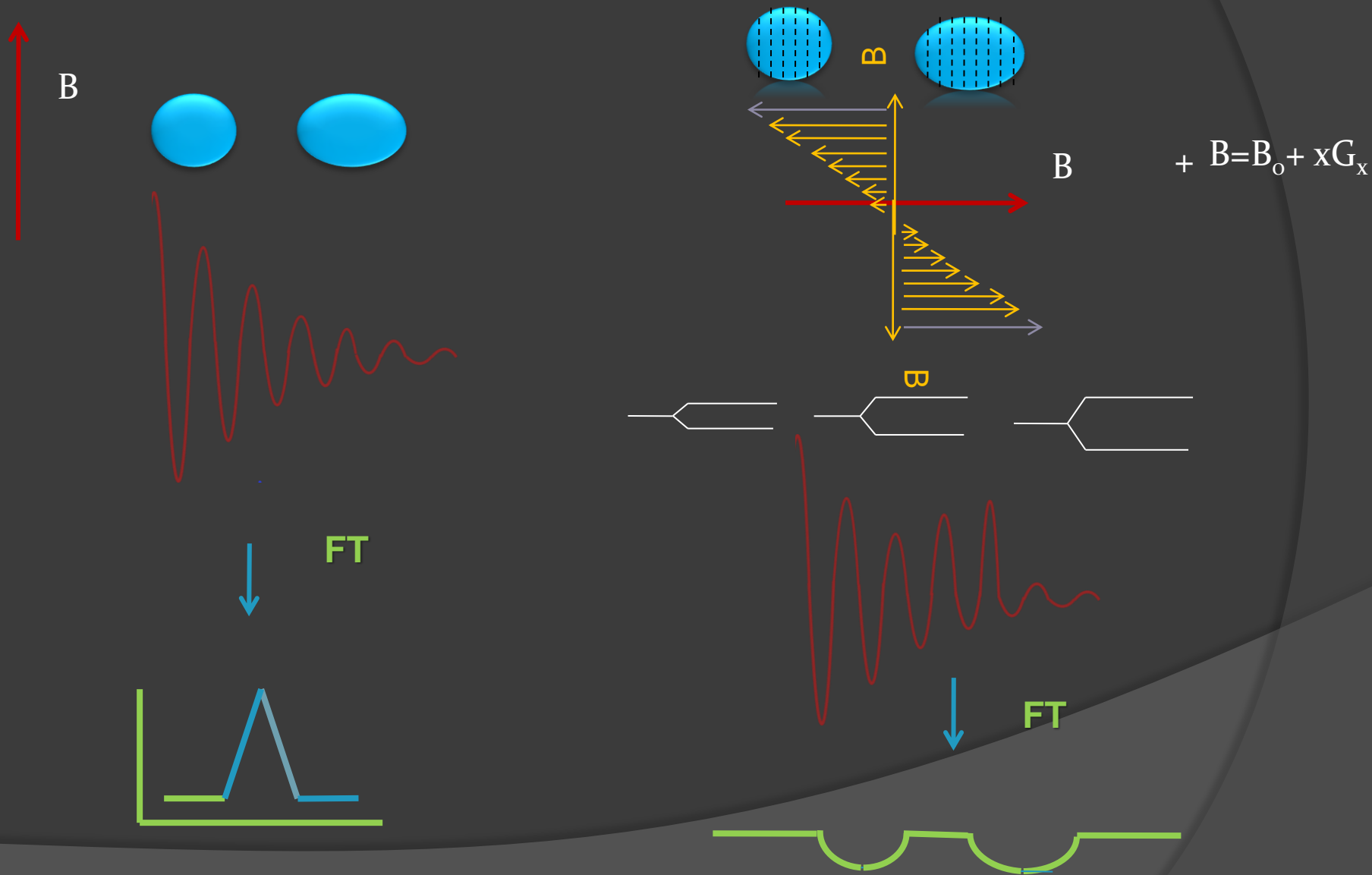
Како настаје слика?

Историјат...

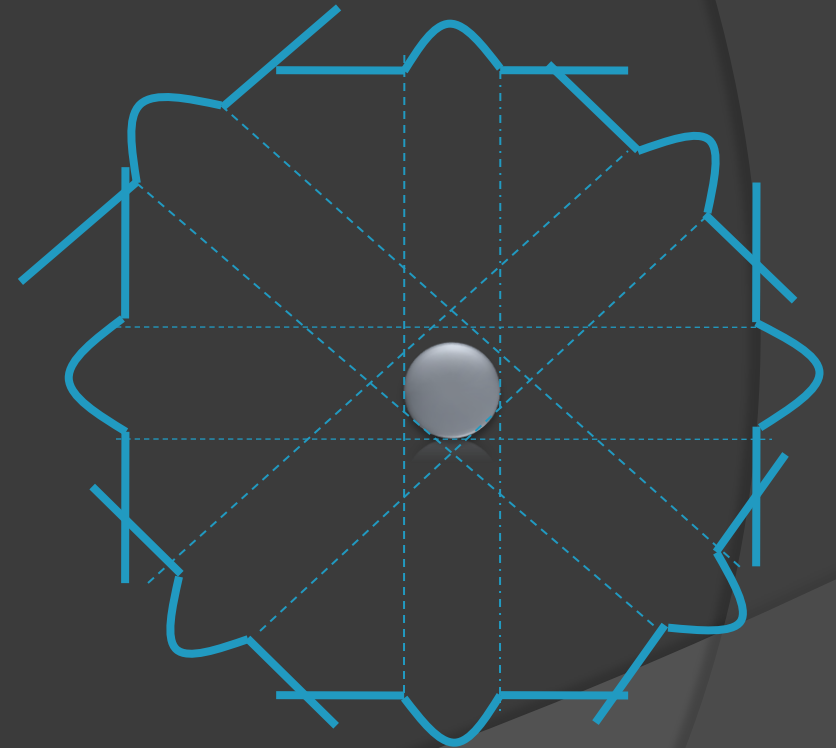
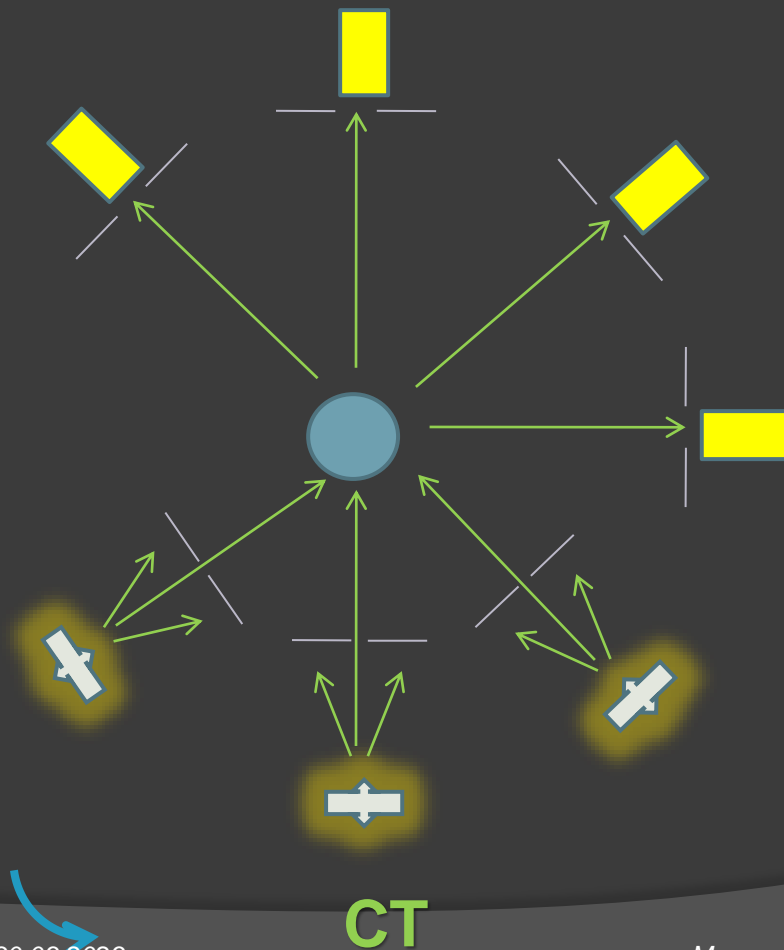
- Ричард Дамадијан – времена релаксације тумора и здравог ткива се разликују (1971.)
- Пол Латербор – коришћење градијента магнетног поља за добијање слике – НМР зеугматографија (1973.)
- Питер Менсфилд- употреба више градијената са тродимензионалну локализацију (1975.)



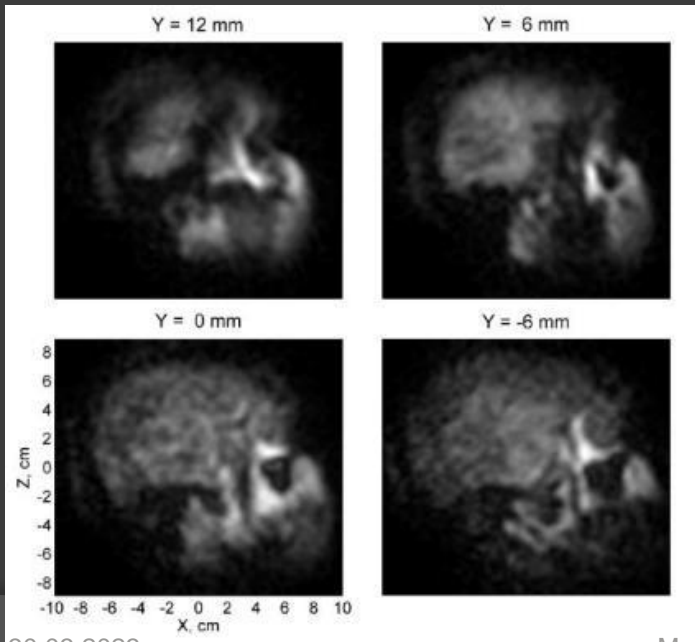
Добијање слике - градијент магнетног поља



Градијент магнетног поља(2)



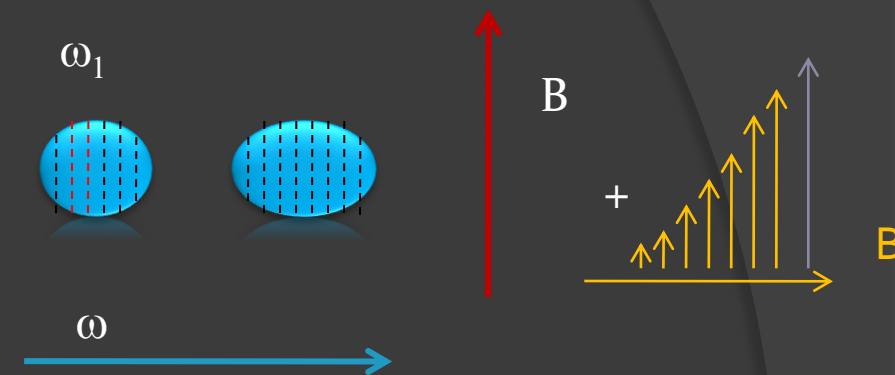
NMR зеугматографија



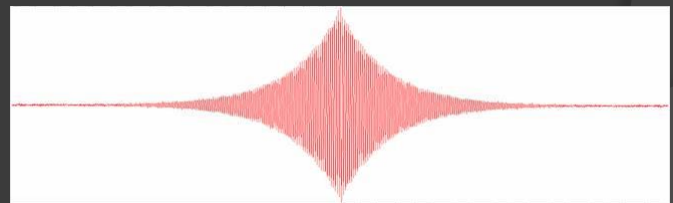
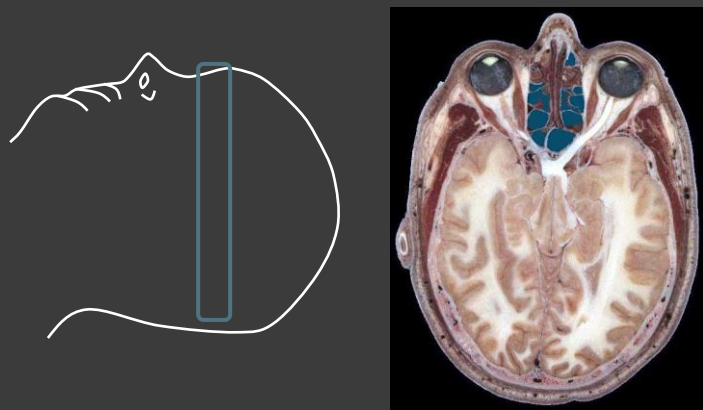
Градијент магнетног поља (3)

⊙ $B = B_0 + xG_x$

⊙ $\omega = \gamma(B_0 + xG_x)$



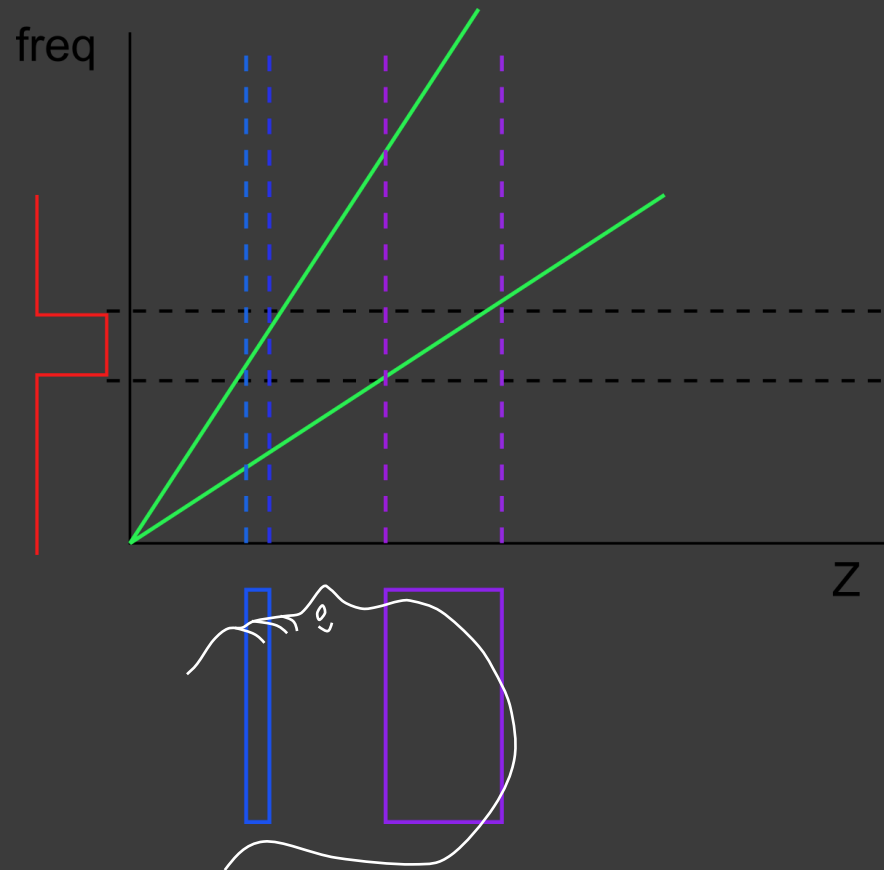
ω_1



G_s



Градијент избора пресека – дебљина пресека



- Већа амплитуда градијента=тањи пресек

+ dva gradijenta

⊙ $B = B_0 + xG_x$ gradijent izbora preseka +

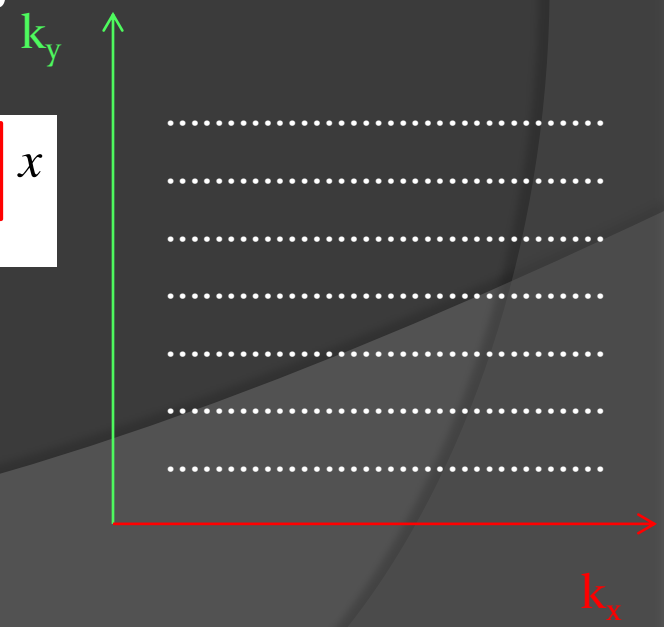
⊙ $B = B_0 + xG_x + yG_y$ gradijent izbora faze +

⊙ $B = B_0 + xG_x + yG_y + zG_z$ gradijent frekventnog kodiranja

$$M_{xy} = M_0 e^{-i\gamma B_0 t} e^{-i\gamma G_z t x} e^{-i\gamma G_y t f} y e^{-i\gamma G_x t n} x$$

= =

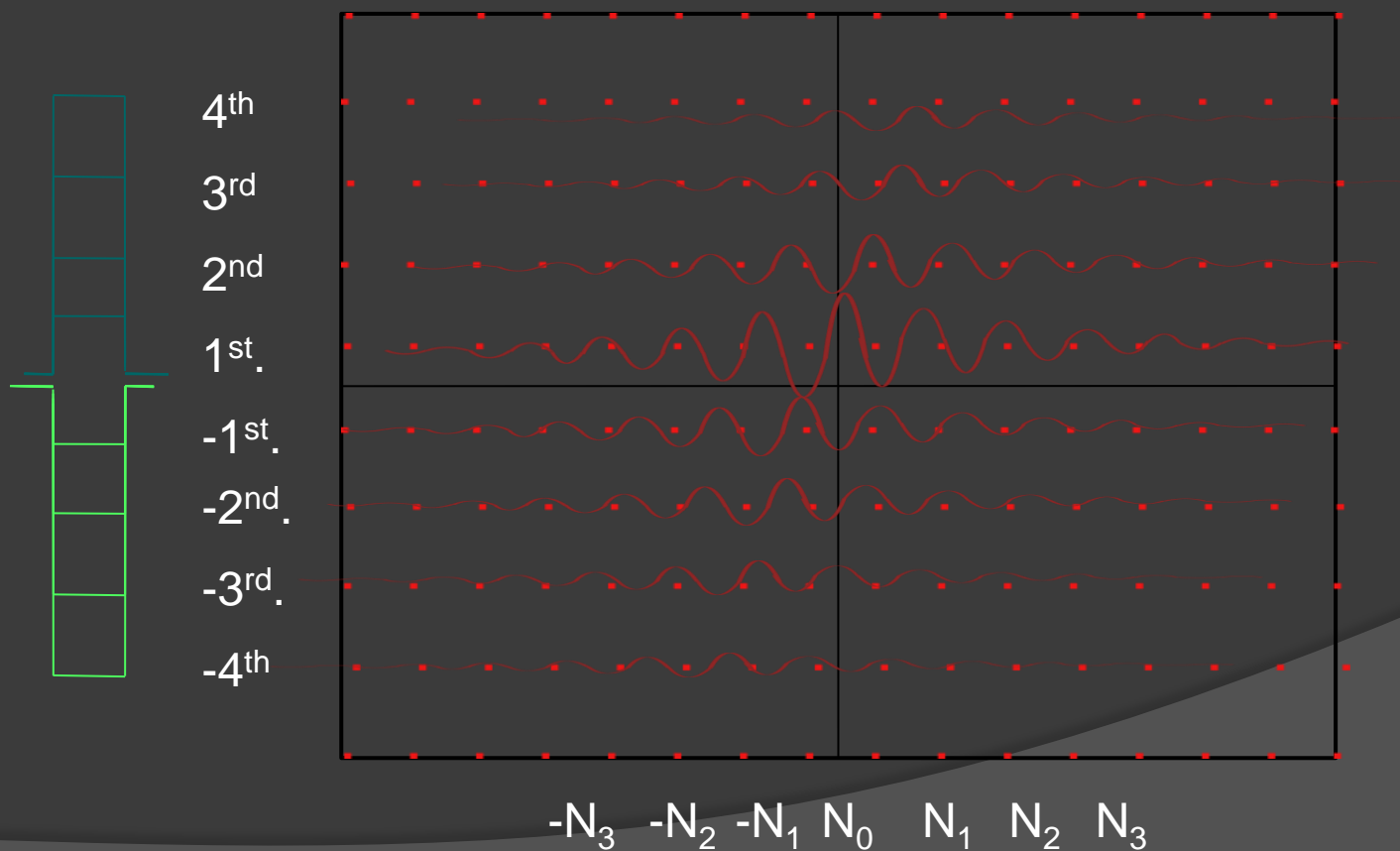
k_y k_x



K-простор

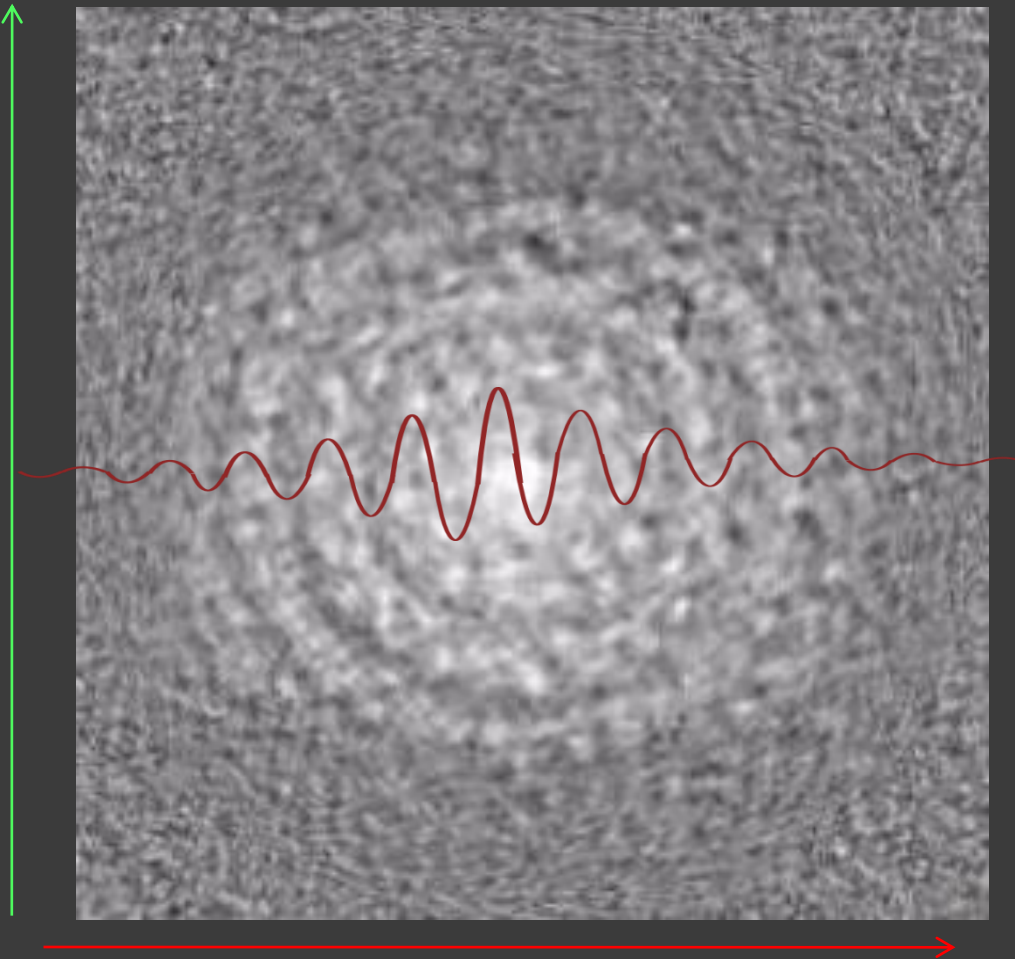
Допринос укупном сигналу који потиче из елемента пресека са координатама (x,y)

$$\rho(x, y) \{ \cos[2\pi(\gamma B_0 + \gamma G_x x + \gamma G_y y)t] + i \sin[2\pi(\gamma B_0 + \gamma G_x x + \gamma G_y y)t] \} dx dy$$



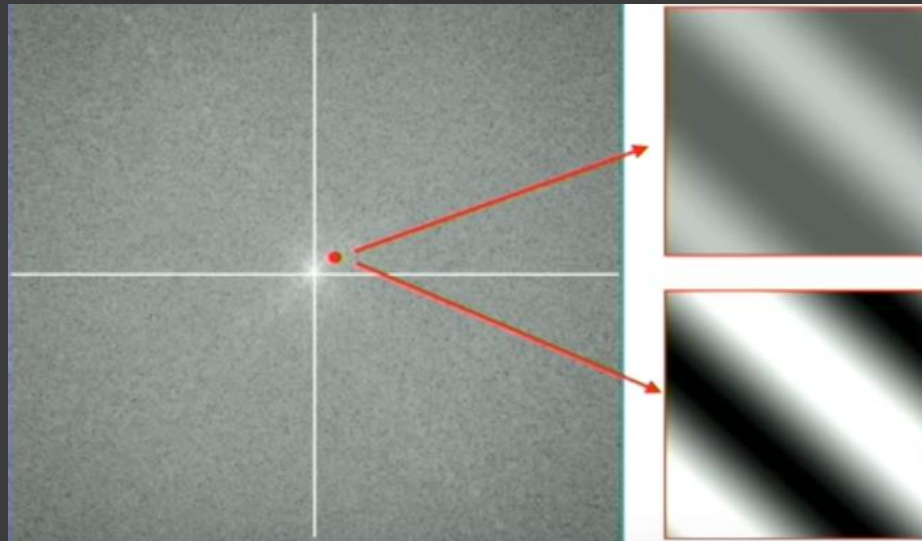
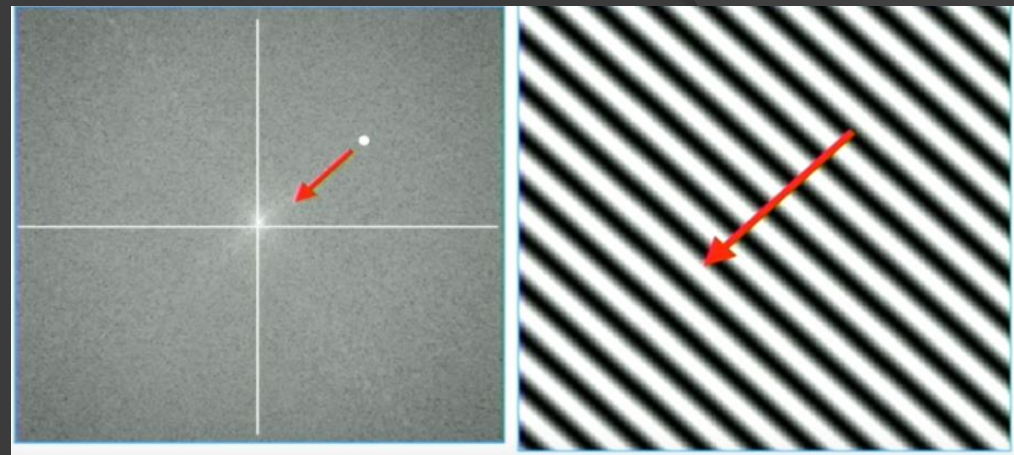
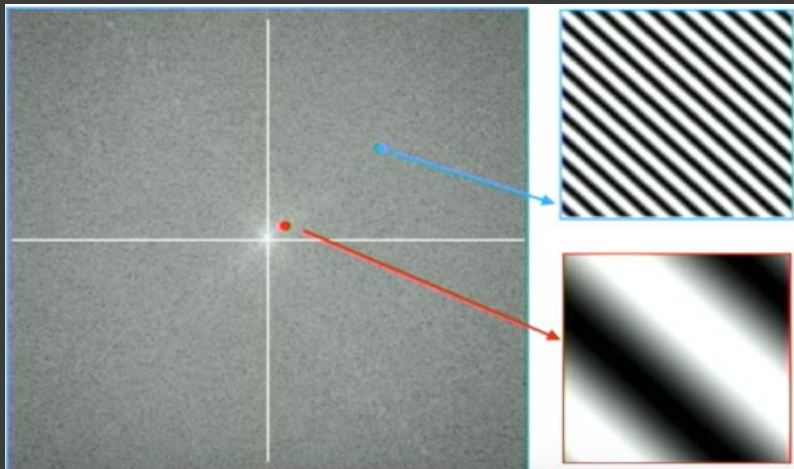
Слика К-простора

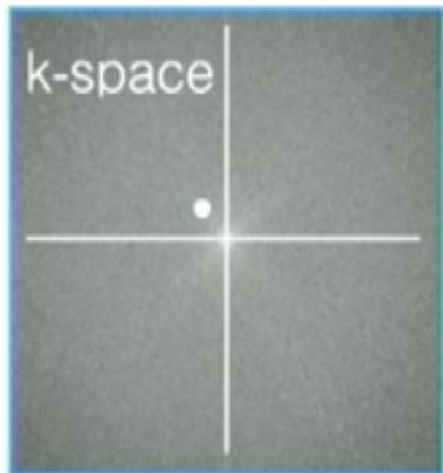
Фазно
кодирање



Фреквенцијско кодирање

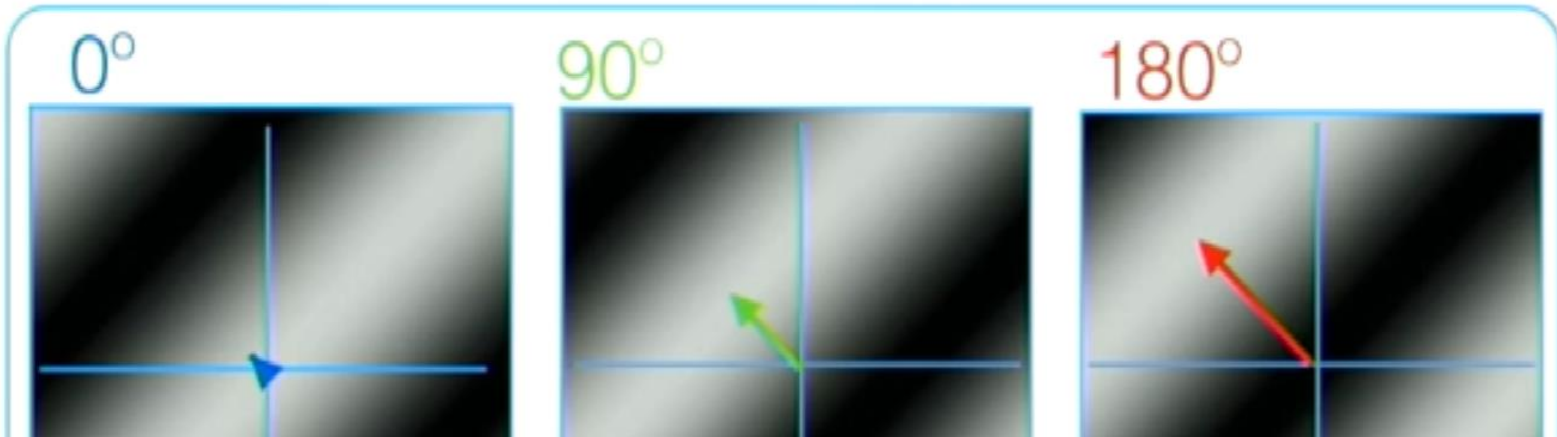
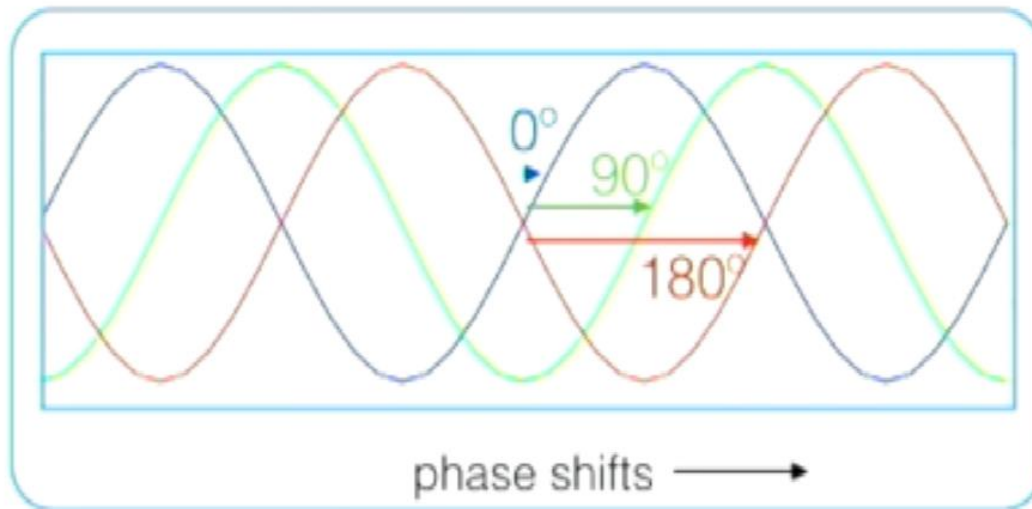
$$\iint_{-\infty}^{+\infty} \rho(x, y) e^{ik_x x} e^{ik_y y} d\omega = \rho(x, y)$$



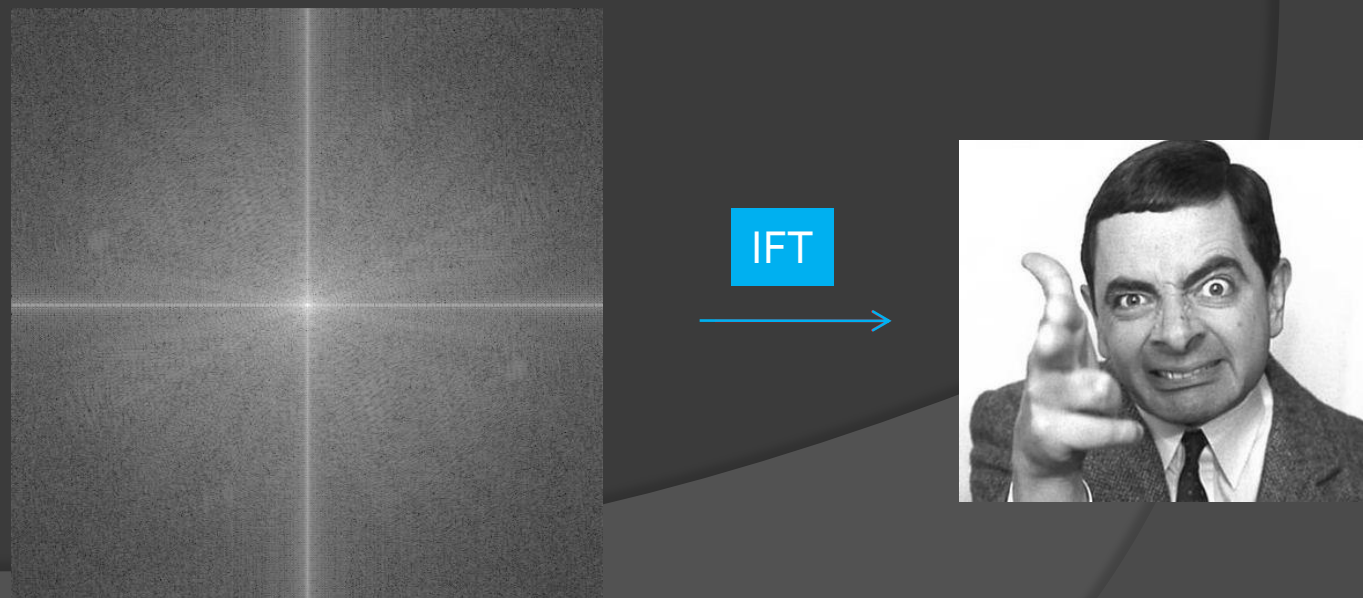
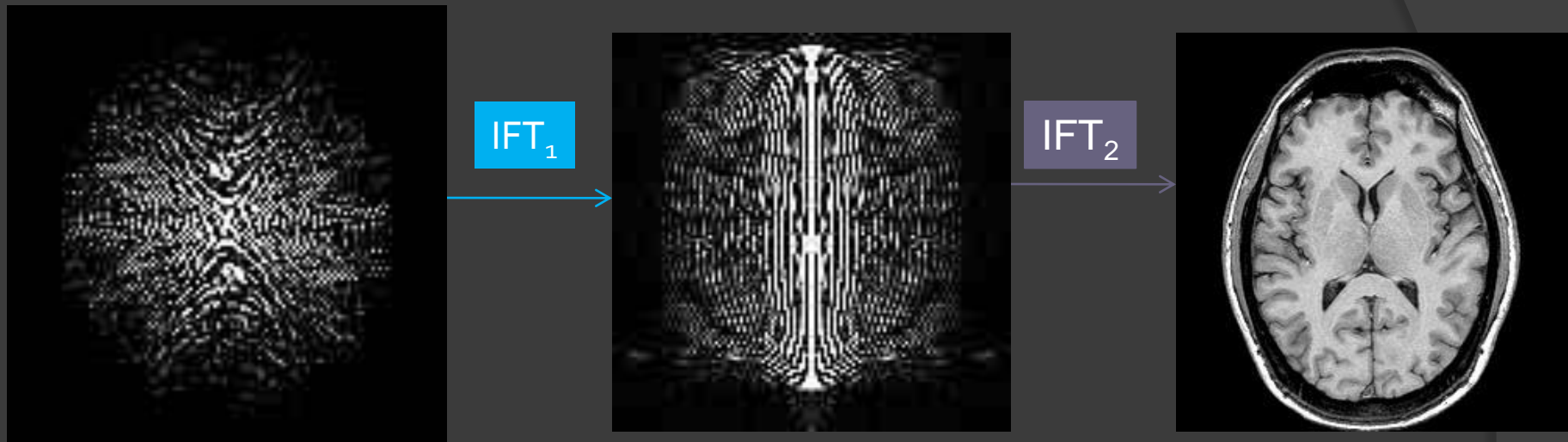


2D version

1D version

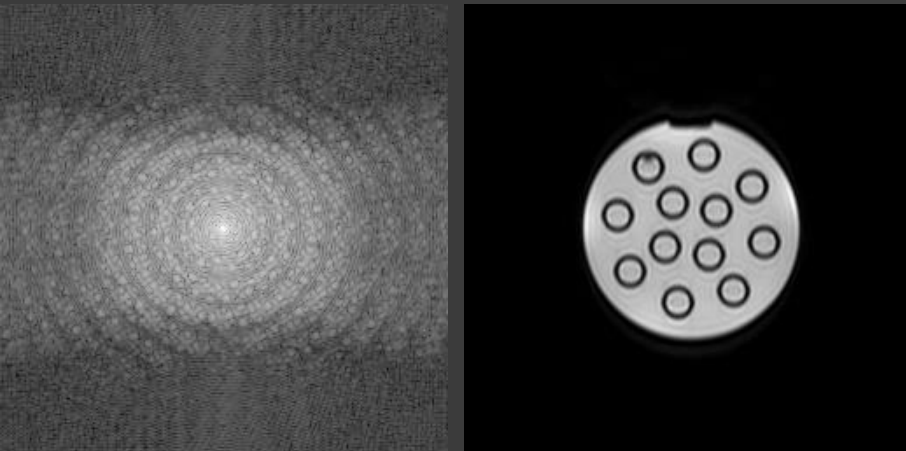


Од К-простора до слике

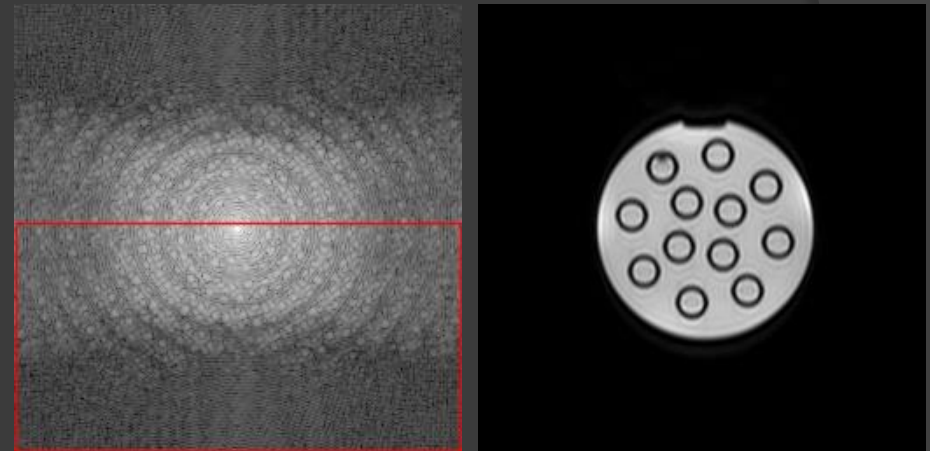


Особине К-простора

Симетрија

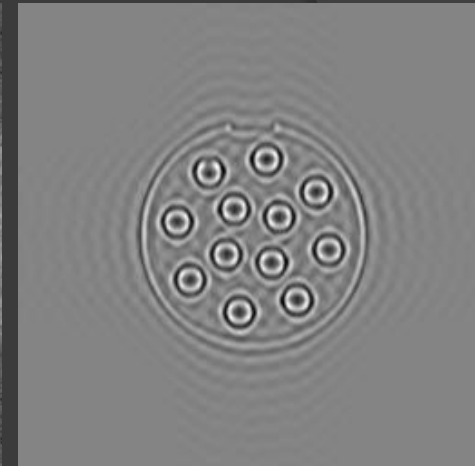
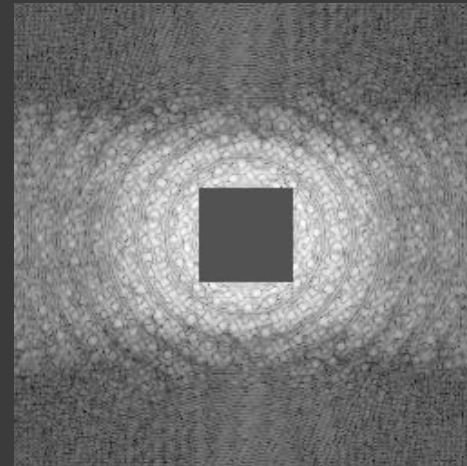
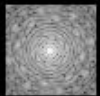


Потпуно попуњавање К-простора



Половично попуњавање К-простора

Особине К-простора-веза са контрастом и резолуцијом



Аквизиција централног дела К-простора

Аквизиција периферног дела К-простора

T_1 i T_2 вредности за различита ТКИВА

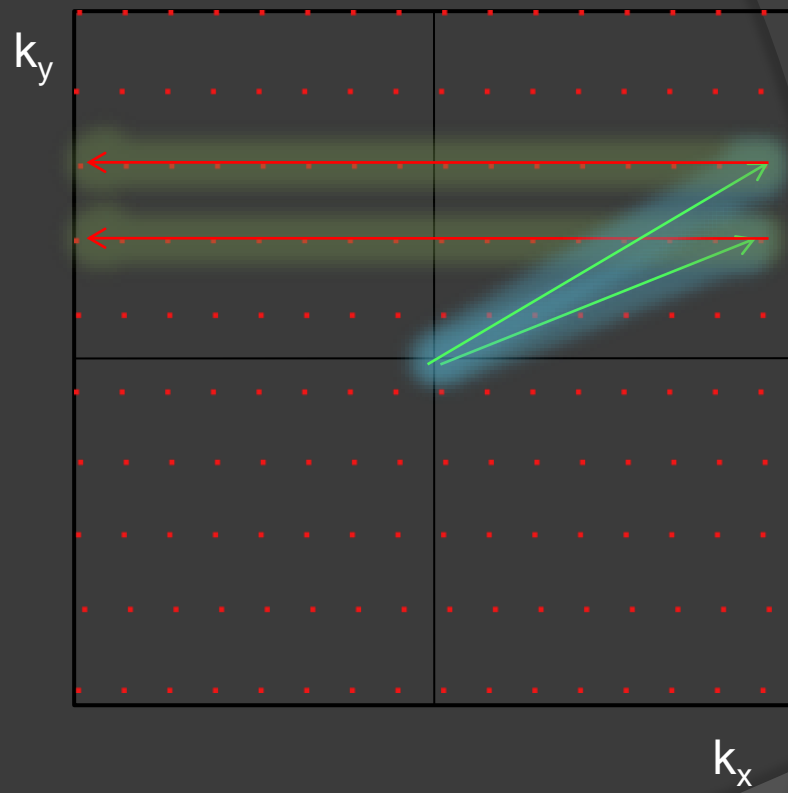
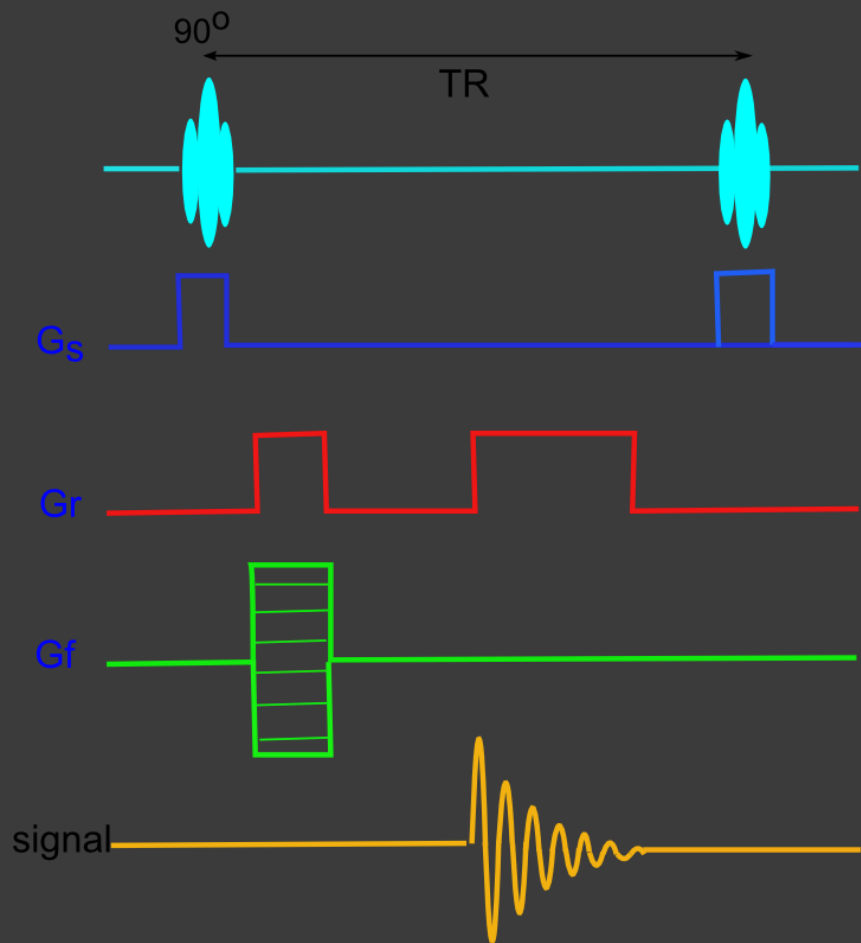
	T1 (0,5 T) (ms)	T1 (1,5 T) (ms)	T2 (ms)
Масно ткиво	210	260	80
Јетра	350	500	40
Мишићи	550	870	45
Бела маса	500	780	90
Сива маса	650	900	100
CSF	1800	2400	160

Пулсне секвенције

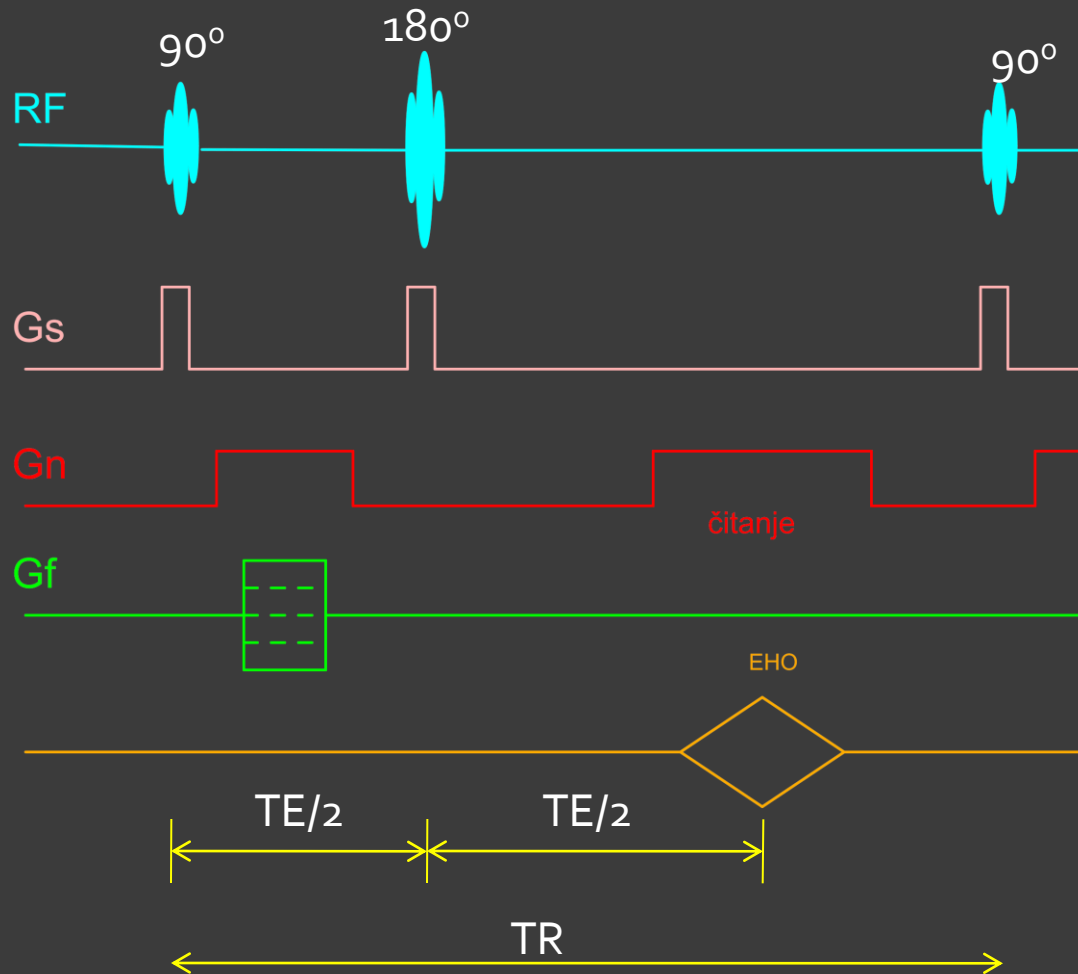
Пулсне секвенције – основни појмови

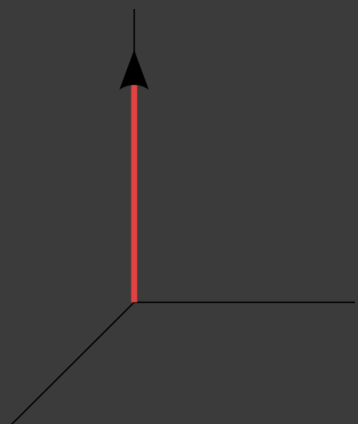
- Одређу редослед, поларитет, међусобни однос и трајање RF пулсева и градијената који се користе при формирању MRI слике.
- Обавезан је један радиофреквентни пулс од 90° (у случају градијент ехо секвенција обично је нижи - $40-70^\circ$) и три градијента. У зависности од типа секвенције може бити присутно један или RF пулсева.

Основна MRI секвенција

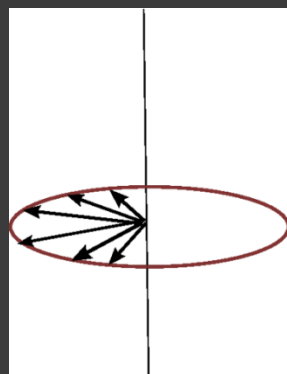
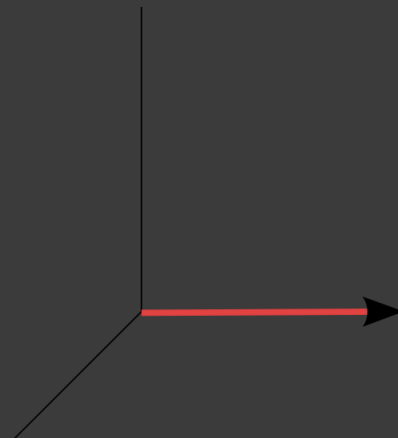


Спин ехо секвенција – златни стандард

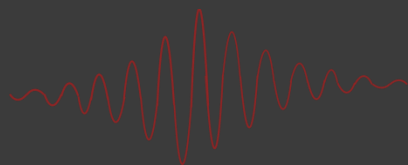
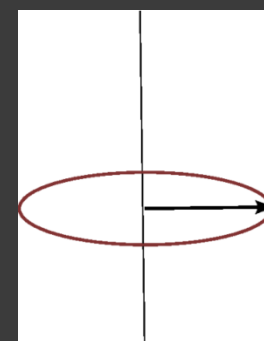




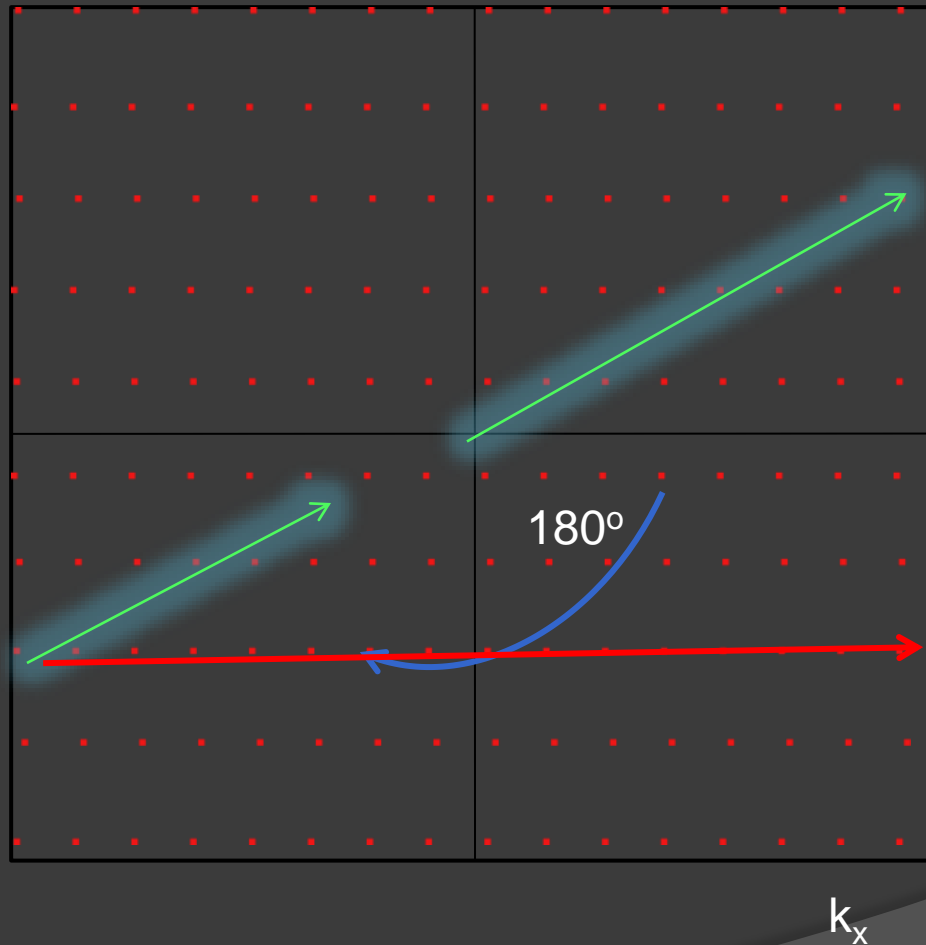
+ 90° →



← 180° +


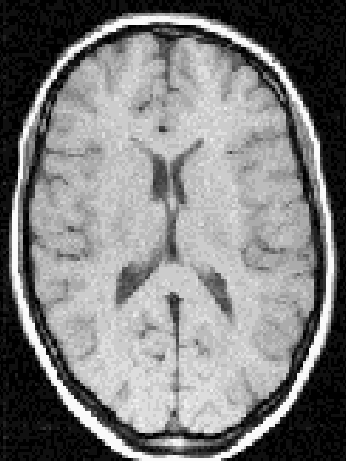
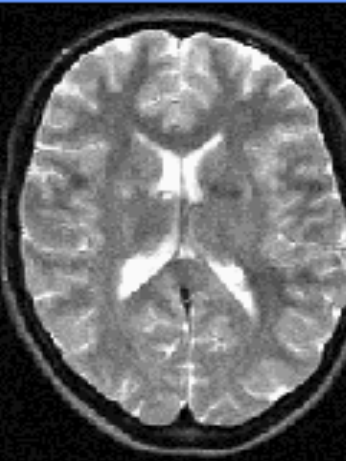


Спин ехо у К-простору



Контрасти у спин еху

$$S = N_p (1 - e^{-TR/T_1}) e^{-TE/T_2}$$

Protonska gustina	T ₁ slika	T ₂ slika
TR, TE	TR, TE	TR, TE
		

T_1 i T_2 – mast i voda

