

Basic Principle of the NMR Measurement

وقتی که شرایط رزونانس برقرار شود یک سیگنال
در کانال گیرنده ایجاد می شود

دو راه برای رسیدن به این شرایط وجود دارد:

The Continuous Wave (CW) Method

The Pulsed NMR Method

The Continuous Wave (CW) Method

اولین تجربیات رزونانس مغناطیسی هسته با این روش انجام شدند و تا دهه ۱۹۶۰ تنها این روش بکار برده می شد

Resonance condition:

$$\nu_L = \nu_1 = \left| \frac{\gamma}{2\pi} \right| B_0 \quad (1-12)$$

این روش به یکی از دو صورت زیر قابل انجام است:

Field Sweep Method

تغییر میدان مغناطیسی B_0 با ثابت نگه داشتن فرکانس فرستنده ν_1

Frequency Sweep Method

تغییر فرکانس فرستنده ν_1 با ثابت نگه داشتن میدان مغناطیسی B_0

ثبات به جاروب کننده میدان یا جاروب کننده فرکانس متصل است



روش CW برای هسته های زیر قابل استفاده است

^1H ^{19}F ^{31}P

ویژگی های این هسته ها عبارتند از:

اسپین $1/2$

فراوانی طبیعی زیاد

ممان مغناطیسی بزرگ

برای هسته هایی با فراوانی طبیعی کم مثل ^{13}C و همچنین برای محلولهای بسیار رقیق از مولکولهای حاوی هسته هایی با فراوانی طبیعی زیاد روش CW قابل استفاده نیست

روشهای پالسی برای حل مشکلات و رفع محدودیتهای روش CW ابداع شده اند

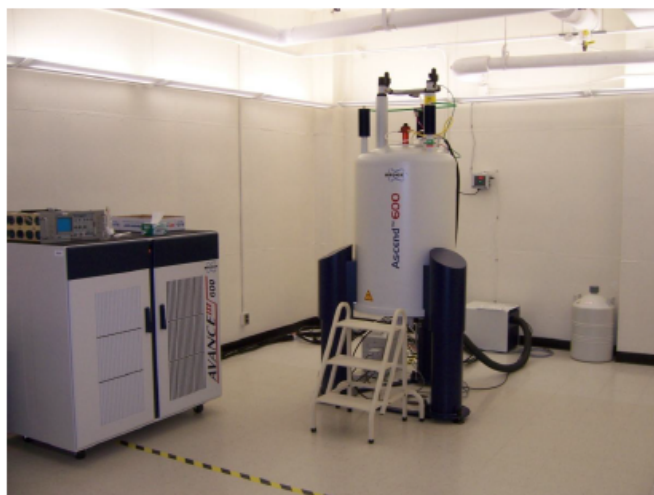


Table 1-2.
 ^1H and ^{13}C resonance frequencies
at different magnetic flux densities
 B_0 .^{a)}

B_0 [T]	Resonance frequencies [MHz]	
	^1H	^{13}C
2.35	100	25.15
4.70	200	50.32
5.87	250	62.90
7.05	300	75.47
9.40	400	100.61
11.75	500	125.76
14.10	600	150.90
16.44	700	176.05
17.62	750	188.62
18.79	800	201.19
21.14	900	226.34
23.49	1000	251.48

^{a)} Values from the Bruker Almanac
2010.

The Pulsed NMR Method

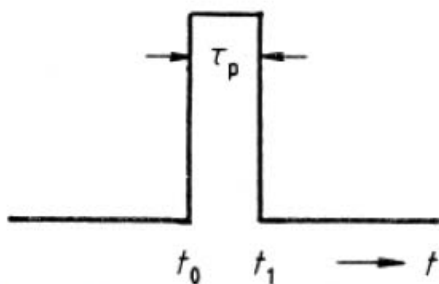


Figure 1-7.

Schematic representation of a pulse. The r. f. generator (frequency ν_1) is switched on at time t_0 and off at t_1 . The pulse duration τ_P is typically several μs .

در روش پالسی تمامی نمونه های
موجود در نمونه مثلاً هسته تمامی
پروتونها یا هسته تمامی کربنهای ^{13}C
بوسیله یک پالس رادیوفرکانس بطور
همزمان تحریک می شوند.

انتخاب فرکانس پالس به هسته مورد نظر و قدرت میدان مغناطیسی بستگی دارد
مدت پالس مورد استفاده به عرض طیف بستگی دارد
 برای مثال اگر $\tau_p = 10^{-5}$ s باشد نواری فرکانس 10^5 Hz عرض دارد
 اگر فرکانس ν_1 به درستی انتخاب شود تمام فرکانسهای موجود در طیف در نواری فرکانس
 پالس قرار خواهند گرفت

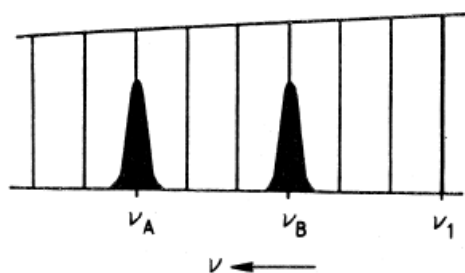


Figure 1-8.

Frequency components of a pulse. The band extends approximately from $\nu_1 - \tau_p^{-1}$ to $\nu_1 + \tau_p^{-1}$; ν_1 is the generator frequency and ν_A and ν_B are the resonance frequencies of nuclei A and B.

دامنه های فرکانس با دور شدن از ν_1 کاهش می یابد

بنابراین برای تحریک مناسب تمامی هسته ها از

Hard pulse

یعنی پالس کوتاه با قدرت بالا استفاده می شود

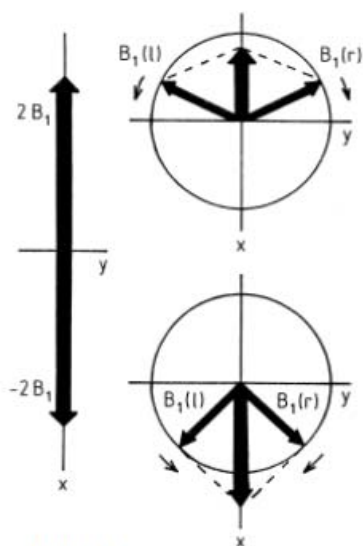


Figure 1-9.

Representation of a linear alternating field (max. $2B_1$) as the sum of two rotating fields, $B_1(r)$ (clockwise) and $B_1(l)$ (anticlockwise).

The Pulse Angle

هسته های پروتون در CHCl_3 را در نظر بگیرید
 ممانهای مغناطیسی با فرکانس لارمور می چرخند و در نتیجه اختلاف جمعیت ها، مغناطیس شدگی ماکروسکوپی M_0 در جهت میدان خارجی وجود خواهد داشت

برای انجام رزونانس مغناطیسی هسته یک پالس رادیوفرکانس در جهت محور X اعمال می شود بردار مغناطیسی این امواج الکترومغناطیسی می تواند با دو قطبی های مغناطیسی و همچنین M_0 تأثیر متقابل داشته باشد.

میدان مغناطیسی متناوب خطی در جهت محور X را به صورت دو بردار با مقادیر یکسان B_1 که در دو جهت مخالف در صفحه X, Y می چرخند نشان می دهیم

از دو میدان مغناطیسی چرخنده تنها آنکه جهت یکسانی با دو قطبی مغناطیسی چرخنده دارد با آن تأثیر متقابل دارد.

تحت این شرایط M_0 از روی محور Z دور می شود و به سمت صفحه عمود بر محور B_1 می رود و در این صفحه با فرکانس لارمور می چرخد (نمایش این وضعیت مشکل است).

اگر به جای سیستم مختصات ثابت، سیستم مختصات چرخانی را در نظر بگیریم که با فرکانس B_1 می چرخد، جهت و مقدار B_1 در این سیستم چرخان ثابت خواهد بود.

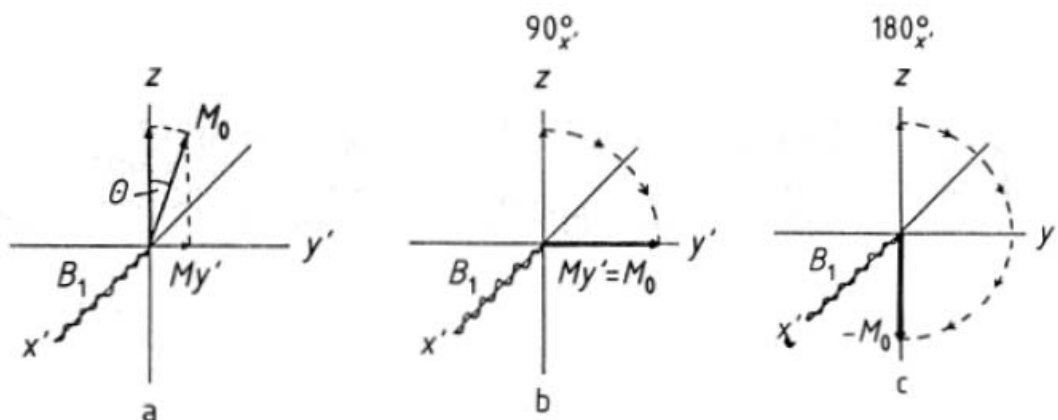


Figure 1-10.

Direction of the macroscopic magnetization vector M_0 in the rotating coordinate system:

a) after a pulse of arbitrary angle $\theta_{x'}$; b) after a $90^\circ_{x'}$ pulse; c) after a $180^\circ_{x'}$ pulse. The wavy line along the x' -axis indicates the direction of the effective B_1 field.

$$\theta = \gamma B_{1i} \tau_P \quad (1-14)$$

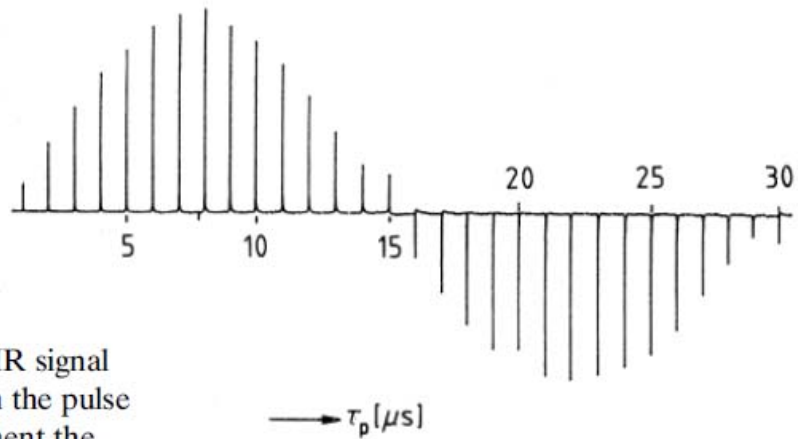
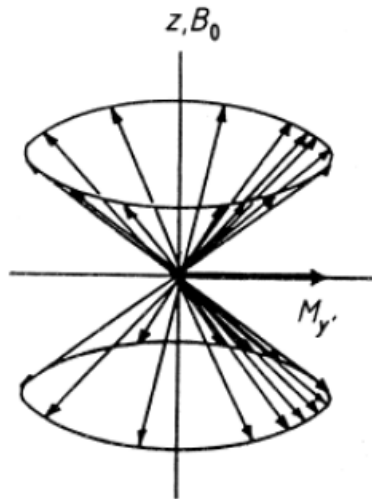


Figure 1-11.

Dependence of the NMR signal from a water sample on the pulse angle θ . In the experiment the pulse duration τ_p was increased in $1 \mu s$ steps. The maximum signal amplitude is obtained with a 90° pulse, which in this case corresponds to a pulse duration of about $8 \mu s$. For $\tau_p = 15$ to $16 \mu s$ the signal amplitude is zero, as the pulse angle is then 180° . For still longer pulses the signal amplitude is negative.

$$\theta = \gamma B_{1i} \tau_p \quad (1-14)$$



پس از پالس

$90^\circ_{x'}$

وضعیت نمادین دو قطبی های هسته را بدین شکل می توان در نظر گرفت:

Figure 1-12.

Pictorial representation of phase coherence: after a $90^\circ_{x'}$ pulse a fraction of the nuclear spins (not all!) are bunched together in phase as they precess about the field direction z .