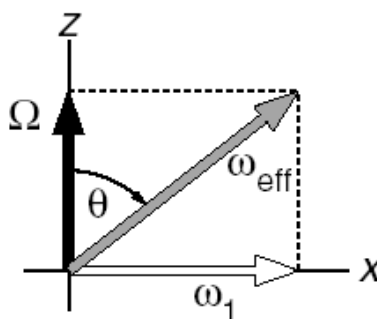
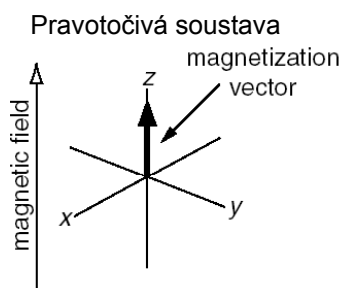


## Vektorový model

### Vztahy

$\nu$  v Hz,  $\omega$  v rad,  $\delta$  v ppm, Planckova konstanta  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J.s,  $\gamma_{H^+} = 2,675 \cdot 10^8$  rad.s $^{-1}$ .T $^{-1}$  magnetogyrický poměr protonu,  $c = 299\,792\,458$  m.s $^{-1}$ ,  $\lambda$  vlnová délka v m,  $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23}$  J.K $^{-1}$  Boltzmannova konstanta,  $T$  teplota v Kelvinech K. Uvědomte si, že  $E = h\nu \propto B$

(Bonus) Boltzmannova rovnice : 
$$\frac{N_\alpha}{N_\beta} = e^{\frac{\Delta E}{k_B T}} \approx 1 + \frac{\Delta E}{k_B T}$$



### Otázky

Jaký je rozdíl mezi pravotočivou a levotočivou osovou soustavou? Jak s tím souvisí pravidlo pravé a levé ruky?

Jak vzniká celková magnetizace  $M_0$ ? Jak je ovlivněná vnějším magnetickým polem spektrometru  $B_0$ ? Proč je tendence dělat stále silnější magnety?

Jaký je rozdíl mezi tvrdým a slabým RF pulzem? Je pro slabé pulzy důležité určit frekvenci vysílače (transmitter)? Jak se mění energie RF pulzu se vzrůstajícím magnetickým polem, má-li pulz účinkovat stejně na dané jádra?

### Příklady

6)

Kalibrace pulzu. V jednotlivých experimentech aplikujeme stejný pulz ve směru  $y$ , který se liší trváním a měříme sílu vzniklého signálu, který má vždy  $y$  složku nulovou. Pro délky pulzu 5, 10  $\mu$ s signál roste, pro 15, 20  $\mu$ s klesá a pro 30, 35  $\mu$ s je záporný. Nulový byl pro čas 25  $\mu$ s. Vysvětlete experiment. Určete sílu pulzu v Hz.

7)

Na vzorek v rovnováze na 600 MHz spektrometru aplikujeme radiofrekvenční pulz (RF) o frekvenci  $\nu_1 = 25,2$  kHz ve směru  $x$  v rotující soustavě. Určete vektor efektivního magnetického pole  $\nu_{\text{eff}}$  v Hz, jestliže jsme a) rezonanci b) lišíme se o  $\delta = \pm 6$  ppm od rezonance. Je pulz dostatečně "tvrdý"?

8)

Prozkoumejte pulzní sekvence

$$90^\circ(x) - \text{prodleva } \tau - 180^\circ(x) - \text{prodleva } \tau,$$

$$90^\circ(x) - \text{prodleva } \tau - 180^\circ(y) - \text{prodleva } \tau,$$

$$90^\circ(y) - \text{prodleva } \tau - 180^\circ(-x) - \text{prodleva } \tau.$$

Uvažujte, že se magnetizace v průběhu prodlevy  $\tau$  pootočí o 20 stupňů. (Výsledek bude stejný pro libovolné pootočení.)

**DU 9)**

Spektrometr s Larmorovskou frekvencí 400 MHz pro protony má frekvenci 100 MHz pro  $^{13}\text{C}$ , protože magnetogyrický poměr  $^{13}\text{C}$  je čtvrtinový oproti protonu. Použijeme tvrdý pulz na protony o délce 10  $\mu\text{s}$ . Jak tento pulz ovlivní jádra  $^{13}\text{C}$ ?

[Velmi podobný příklad je řešen v Solutions\_manual\_Keeler.pdf]

**DU 10)**

Pulzní sekvence

$$90^\circ(x) - \text{prodleva } \tau - 90^\circ(-x)$$

je aplikována na magnetizaci v rovnováze. Popište jak bude záviset magnetizace  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  na offsetu  $\Omega$ . Takhle sekvence by šla použít pro potlačení silného signálu rozpouštědla. Předpokládejme, že důležité signály jsou od signálu rozpouštědla 3 ppm, pulzy mají 10  $\mu\text{s}$  a měříme na 600 MHz spektrometru. Jak zvolit  $\tau$ ?

[Velmi podobný příklad je řešen v Solutions\_manual\_Keeler.pdf]

**Bonus** o citlivosti NMR

Máme vzorek o 1 ml s koncentrací "protonů" 1 mM. Jaké je zastoupení protonů ve stavu  $\alpha, \beta$  při teplotě 300 K na 600MHz spektrometru? Rozdíl mezi  $\alpha, \beta$  stavy tvoří celkovou magnetizaci. Jak jí ovlivní silnější magnetické pole?

[Na 600 MHz:  $\alpha$   $3,00014 \cdot 10^{17}$ ;  $\beta$   $2,99986 \cdot 10^{17}$  protonů. Takže jen 0,01% protonů tvoří magnetizaci. Bude větší, závislost je přibližně lineární.]