

Nuclear Angular Momentum

Magnetic Moment

- بیشتر هسته‌ها دارای همان زاویه‌ای هسته‌ای یا ذاتی هسته
- هسته‌های آبی‌کروی فرض می‌شوند
- هسته‌ها حول محور خود می‌چرخند

ملاحظات مکانیک کوانتم نشان می‌دهد که همان زاویه‌ای کوانتیزه است

$$P = \sqrt{I(I+1)} \hbar$$

↙ هسته زاویه‌ای هسته
↘ عدد کوانتم هسته زاویه‌ای (اسپین هسته)

$\hbar = \frac{h}{2\pi}$
 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$

$I = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \dots$ P و I را از طریق
توزیع میانگین پیش‌بینی نمود

مان زاویه‌ای با مان منطقی همراه است

$$\mu = \gamma P$$

Magnetic Moment Angular momentum

Magnetogyric ratio ثابت ثابت برای هر هسته (هر یک از انزوتوپها را یک عنصر) مقدار مشخص است

حاصل تقسیم μ هسته در NMR به آن بستگی دارد

هسته‌ها در درای Δ بزرگتر حس ترند یعنی در آزمون NMR آسان تر مشاهده می‌شوند

$$\left. \begin{array}{l} P = \sqrt{I(I+1)} \hbar \\ \mu = \gamma P \end{array} \right\} \Rightarrow \mu = \gamma \sqrt{I(I+1)} \hbar$$

هسته‌های با $I = 0$ مان منطقی هسته ارنیوم

پس دو انزوتوپ فراوان ^{12}C و ^{16}O که عناصر اصلی هستند با زنده ترکیبات شیمی هستند بر روی طیف سنجی NMR قابل مشاهده نیستند

برای بسیاری از هسته‌ها بردارهای P و μ هم‌جهت
هسته یعنی با هم موازی‌اند

در موارد اندکی مثل ^{15}N و ^{29}Si (و اسکندون)
بردارهای P و μ ضد موازی (antiparallel) هستند.

Table I-1.
Properties of some nuclides of importance in NMR spectroscopy.

Nuclide	Spin I	Natural abundance ^(a) [%]	Magnetic Moment ^(b) μ_z/μ_N	Electric quadrupole moment ^(c) Q [10^{-28} m^2]	Magnetogyric ratio ^(d) γ [$10^7 \text{ rad T}^{-1} \text{ s}^{-1}$]	NMR frequency ^(e) [MHz] ($B_0 = 2.3488 \text{ T}$)	Relative receptivity ^(f)
^1H	1/2	99.9885	2.7928	-	26.7522	100.000	1.00
^2H	1	0.0115	0.8574	0.2860	4.1066	15.3506	9.65×10^{-3}
^3H	1/2	-	2.9790	-	28.5350	106.6640	1.21
^6Li	1	7.59	0.8220	-0.0808	3.9372	14.7161	8.50×10^{-3}
^{10}B	3	19.9	1.8006	8.459	2.8747	10.7437	1.99×10^{-2}
^{11}B	3/2	80.1	2.6887	4.059	8.5847	32.0840	1.65×10^{-1}
^{12}C	0	98.9	-	-	-	-	-
^{13}C	1/2	1.07	0.7024	-	6.7283	25.1450	1.59×10^{-2}
^{14}N	1	99.63	0.4038	2.044	1.9338	7.2263	1.01×10^{-3}
^{15}N	1/2	0.368	-0.2832	-	-2.7126	10.1368	1.04×10^{-3}
^{16}O	0	99.96	-	-	-	-	-
^{17}O	5/2	0.038	-1.8938	-2.558	-3.6281	13.5565	2.91×10^{-2}
^{18}O	1/2	100	2.6269	-	25.1815	94.0940	8.32×10^{-1}
^{23}Na	3/2	100	2.2177	10.4	7.0809	26.4519	9.27×10^{-2}
^{25}Mg	5/2	10.00	-0.8555	19.94	-1.6389	6.1216	2.68×10^{-3}
^{26}Mg	1/2	100	-0.5553	-	-5.3190	19.8672	7.86×10^{-2}
^{29}Si	1/2	4.68	-0.5553	-	10.8394	40.4807	6.65×10^{-2}
^{31}P	1/2	100	1.1316	-	1.2501	4.6664	5.10×10^{-4}
^{39}K	3/2	93.258	0.3915	-5.85	-1.8031	6.7301	6.43×10^{-3}
^{41}K	3/2	6.742	-0.3915	-	1.8031	6.7301	6.43×10^{-3}
^{43}Ca	7/2	0.135	-1.3176	-4.08	0.8681	3.2378	3.42×10^{-5}
^{55}Fe	7/2	2.119	0.0906	-	6.332	23.7271	2.78×10^{-1}
^{59}Co	7/2	100	4.627	42.0	-10.0317	37.2906	5.27×10^{-2}
^{113}Sn	1/2	8.59	-1.0473	-	3.5333	13.1161	4.84×10^{-2}
^{117}Sn	1/2	7.64	-1.0473	-	3.5333	13.1161	4.84×10^{-2}
^{133}Cs	7/2	100	2.5820	-0.343	5.8385	21.4968	1.04×10^{-2}
^{199}Pt	1/2	33.832	0.6095	-	-	-	-

همه فراوانی طبیعی زیاد
لا بزرگ

فراوانی طبیعی بسیار کم

^{16}O و ^{12}C

برسیله

قابل مشاهده NMR

نمی‌تند

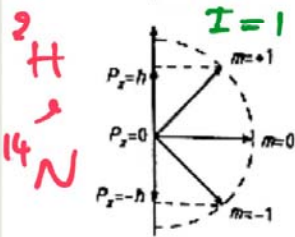
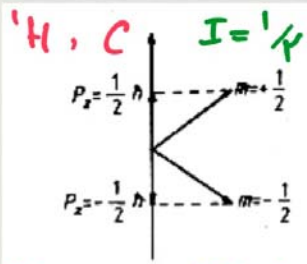


Figure 1-1.
Directional quantization of the angular momentum P in the magnetic field for nuclei with $I = 1/2$ and 1.

Nuclei in a static
Magnetic field
Directional Magnetization

$$P_z = m \hbar$$

↓ magnetic
or directional quantum

$$m = I, I-1, \dots, -I \quad \text{number}$$

(2I+1) مقدار برای m وجود دارد

این رفتار را Directional quantization می‌گویند

$$\left. \begin{array}{l} \mu = \gamma P \\ P_z = m \hbar \end{array} \right\} \Rightarrow \mu_z = m \gamma \hbar$$

مقدار یا ضرایب
در جهت محور z

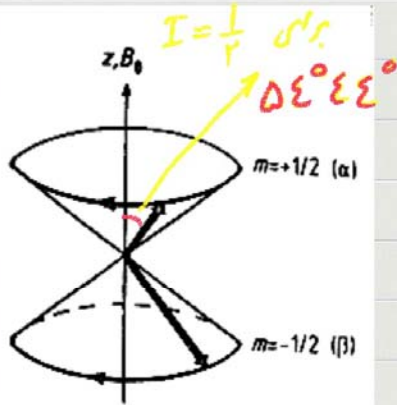


Figure 1-2.
Precession of nuclear dipoles with spin $I = 1/2$ around a double cone; the half-angle of the cone is $54^{\circ}44'$.

در قطب ها، مغناطیس حول محور z در $1/2$ می
 حرکت فرضی
 هسته (حالت فرزه)

$$\nu_L = \left| \frac{\gamma}{2\pi} \right| B_0$$

ν_L → precession frequency
 B_0 → magnetic flux density
 Larmor frequency