

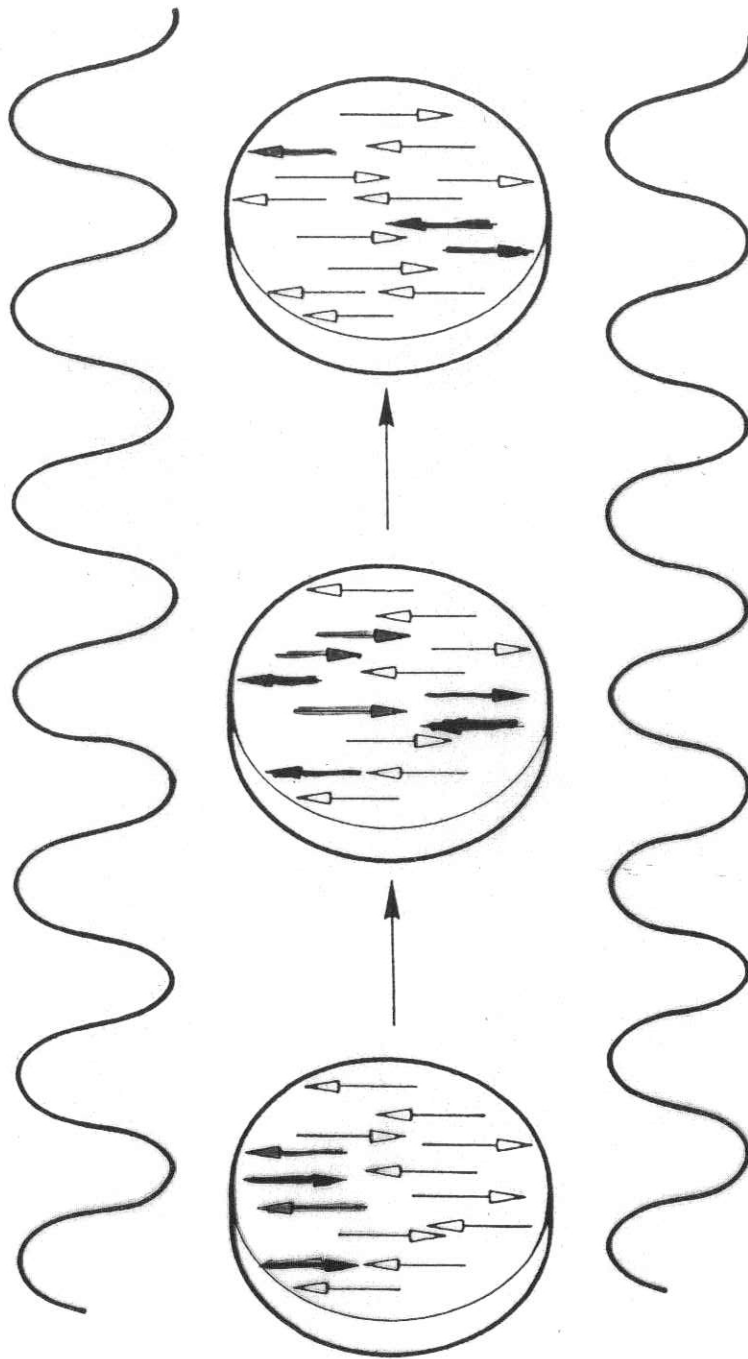
$$\Delta E = h \nu_0 = \frac{\mu_z \cdot H_0}{I}$$

$$\Rightarrow \nu_0 = \frac{\mu_z \cdot H_0}{h \cdot I}$$

γ = γυρομαγνητικός λόγος πυρήνα
(συντελεστής)

$$= \frac{\mu_z}{h \cdot I}$$

$$\nu_0 = \frac{\gamma H_0}{2\pi}$$



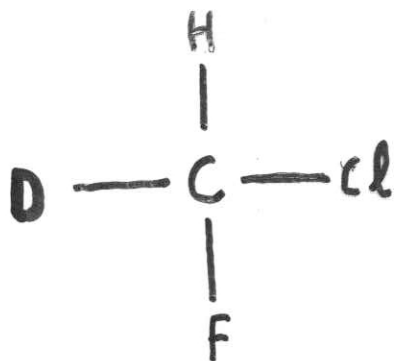
Irradiation with radiofrequency energy

When the nuclei (in the magnetic field) are irradiated with radiofrequency energy of the appropriate frequency, some of them undergo transitions from the aligned to the opposed orientations and vice versa

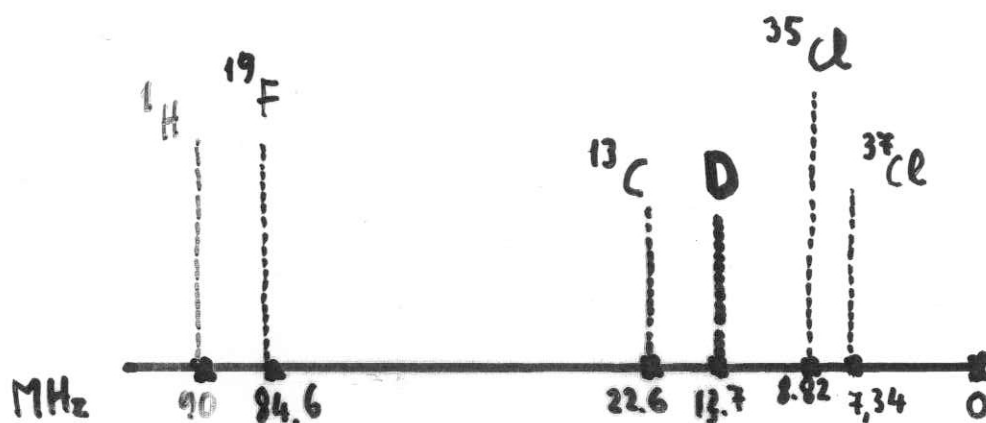
Οι διάφοροι πυρήνες διαφέρουν στις τιμές της μαγνητικής ροπής μ και του αριθμού spin I , επομένως απορροφούν σε διαφορετικές συχνότητες ν για το ίδιο μαγνητικό πεδίο H_0 . Για ένα πεδίο π.χ. $H_0 = 10000$ Gauss, οι διάφοροι πυρήνες εμφανίζουν:

^1H	$I = 1/2$	συχνότητα συντονισμού ν	42.57 MHz
^{19}F	$1/2$		40
^{13}C	$1/2$		10.7
^2H	1		6.54

Είναι φανερό ότι η ένταση των σημάτων απορροφήσεως είναι ανάλογη της φυσικής αναλογίας των ισοτόπων και ότι με κατάλληλο συνδυασμό των ν και H_0 είναι δυνατή η εξέταση των πυρήνων ^1H , ^{19}F , ^{13}C και ^{31}P .



$$H_0 = 21150 \text{ Gauss}$$



$$\Sigma i \quad H_0 = 42300 \text{ Gauss} \quad (2 \times 21150 \text{ Gauss})$$

$$^{37}\text{Cl} \longrightarrow 14.68 \text{ MHz} \quad (2 \times 7.34 \text{ Gauss})$$

$$^{35}\text{Cl} \longrightarrow 17.64 \text{ MHz}$$

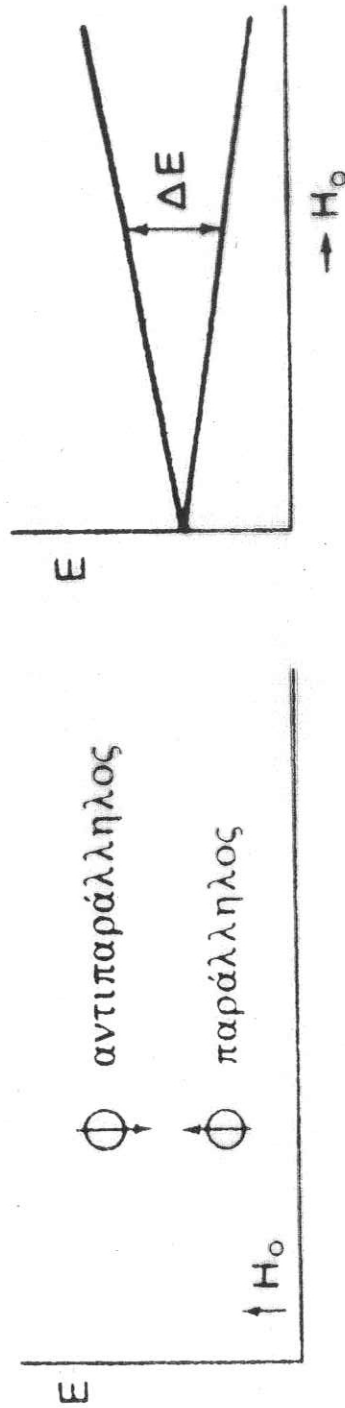
$$\text{D} \longrightarrow 27.4 \text{ MHz}$$

$$^{13}\text{C} \longrightarrow 45.2 \text{ MHz}$$

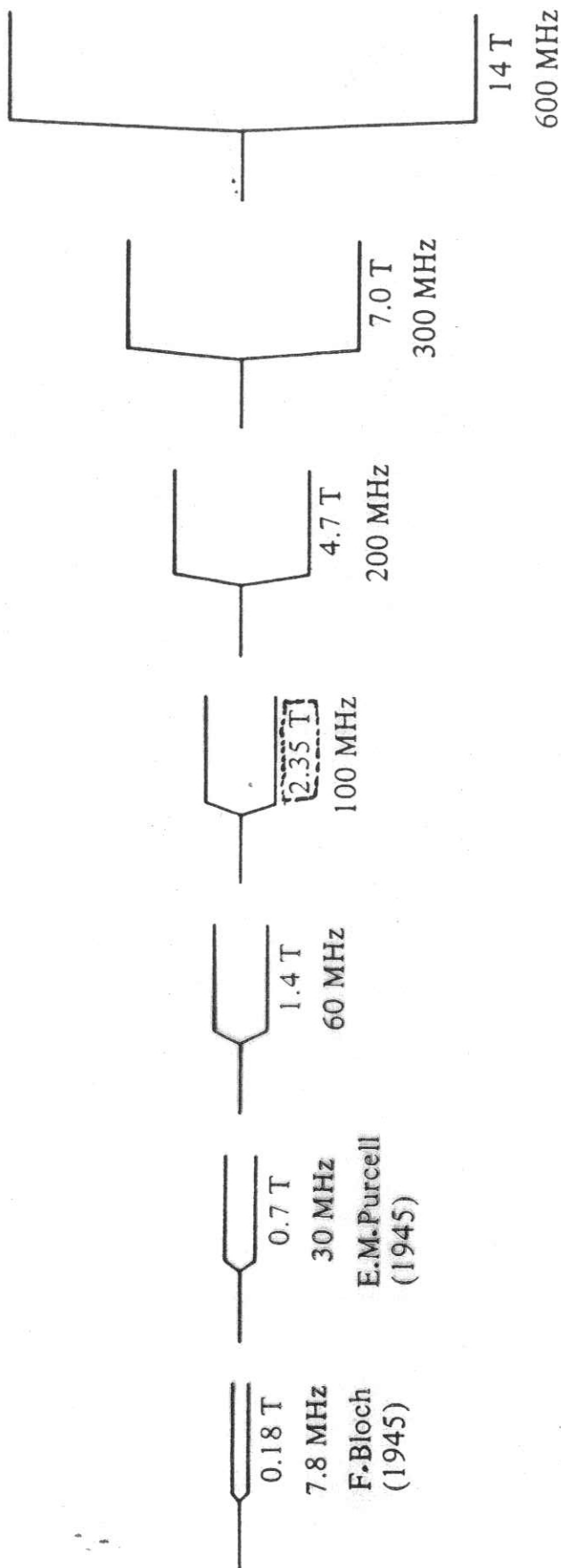
$$^{19}\text{F} \longrightarrow 169.2 \text{ MHz}$$

$$^1\text{H} \longrightarrow 180 \text{ MHz}$$

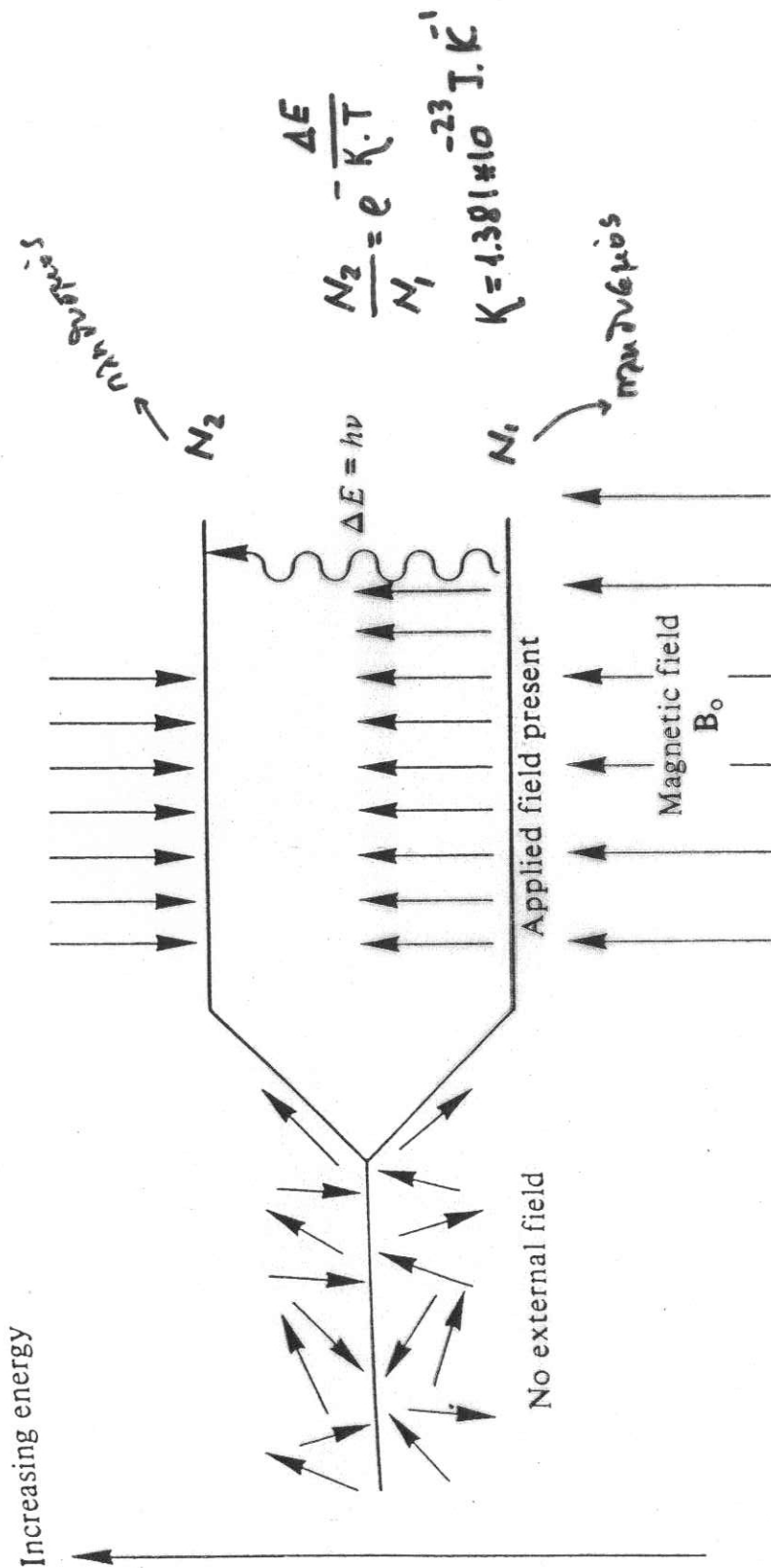
Οι δύο προσανατολισμοί του [πρωτονίου] είναι ο παράλληλος προς το μαγνητικό πεδίο H_0 , δηλαδή η σταθερή κατάσταση χαμηλής ενεργείας, και ο αντιπαράλληλος, ασταθής κατάσταση υψηλής ενεργείας. Οι δύο αυτές στάθμες ενεργείας είναι συνάρτηση της μαγνητικής ροπής μ και του πεδίου H_0 .



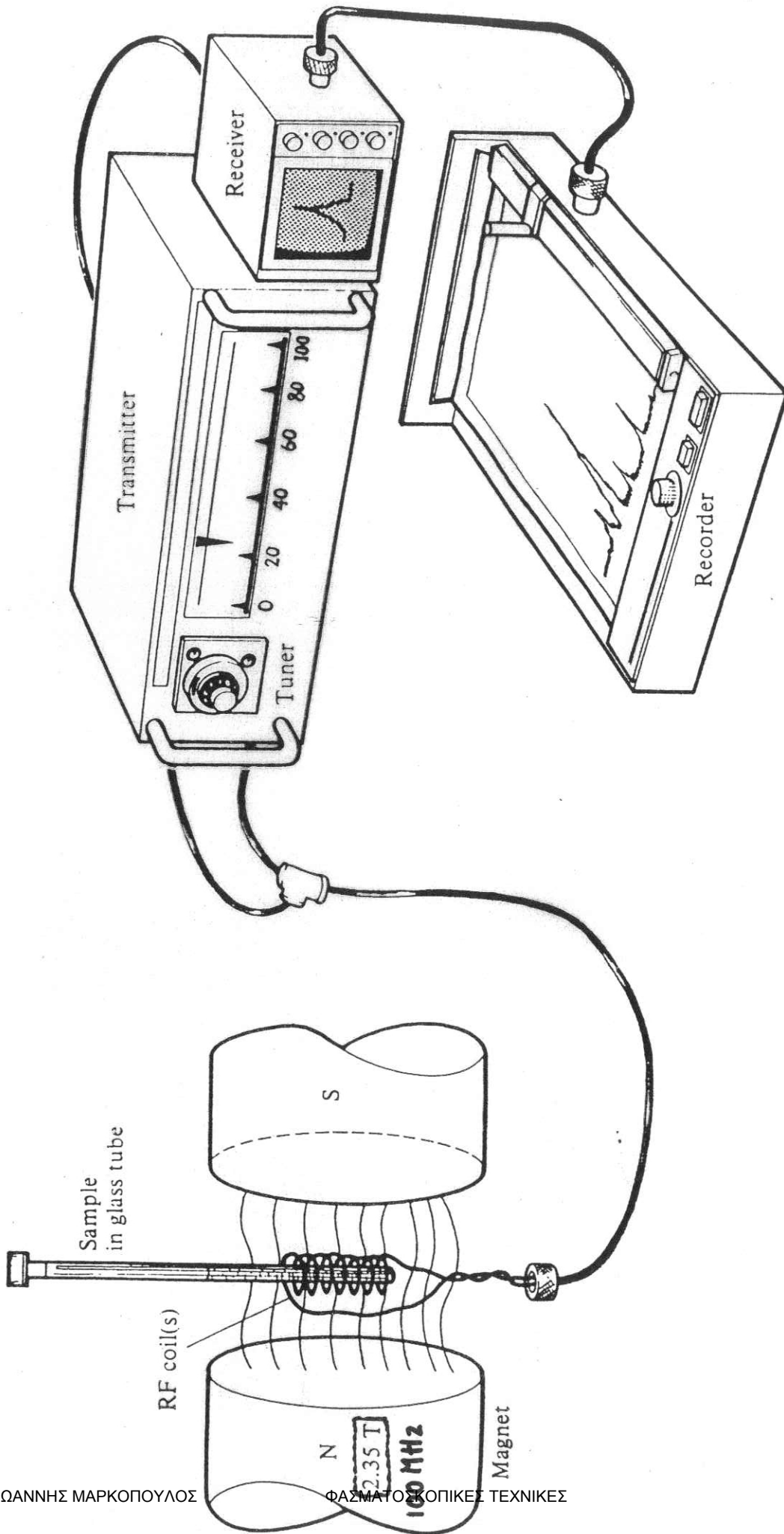
Η ενέργεια ΔE που απαιτείται για την μετάβαση από τον παράλληλο στον αντιπαράλληλο προσανατολισμό προκύπτει από την σχέση: $\Delta E = h\nu = \mu H_0 / I$. Το φάσμα NMR του πρωτονίου αντιστοιχεί στην απορρόφηση αυτής της ενεργείας, η οποία συμβαίνει για μια συχνότητα ν της περιοχής των ραδιοσυχνοτήτων. ($10^5 - 10^9 \text{ s}^{-1}$ ή $\lambda = 10^3 - 10 \text{ cm}$ ή $10^{-9} - 10^{-5} \text{ eV}$) ($\text{eV} = 96.44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)



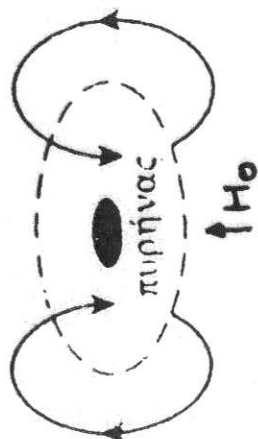
Field-field relationship. The energy gaps ($\Delta E = h\nu$) are shown for **protons** in different field strengths. For other elements the same simple proportion holds; table 1.1 lists frequencies for a field strength of **2.35 T \approx 100 MHz**



In the absence of B_0 the magnetic nuclei all have the same energy. When B_0 is applied, the aligned and opposed orientations correspond to different energies, the energy difference, ΔE , having the dimension $h\nu$



Nuclear magnetic resonance spectrometer. The sample is placed in the magnetic field; when the radio-frequency transmitter is tuned to the resonance frequency, a signal arises in the receiver

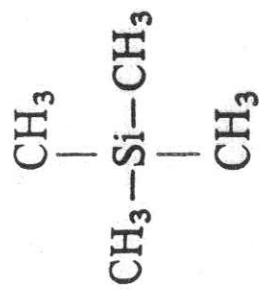


→
 προστασία (shielding)
 διαμαγνητική μετατόπιση
 μετατόπιση προς υψηλότερο πεδίο (upfield)

←
 αλοπροστασία (deshielding)
 παραμαγνητική μετατόπιση
 μετατόπιση προς χαμηλότερο πεδίο (downfield)

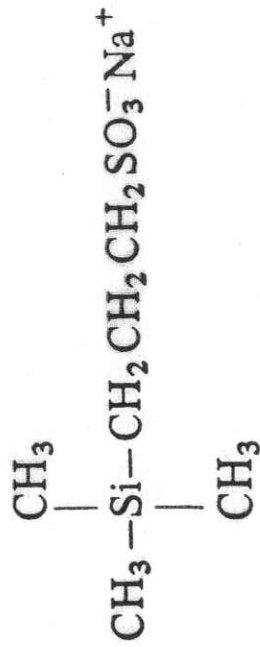
— 600 Hz $H_0 \rightarrow$
 αυξανόμενο μαγνητικό πεδίο

$$B_{\text{τοπικό}} = B_0 (1 - \sigma) \quad \rightarrow \text{επιθυμητή προστασία}$$



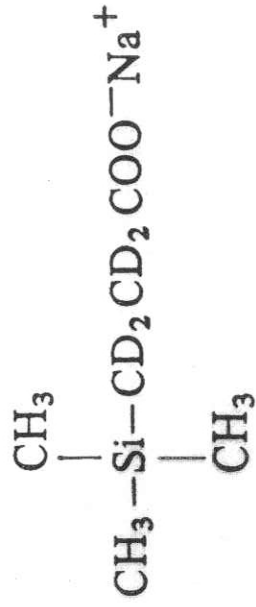
tetramethylsilane

TMS
(I)



4,4-dimethyl-4-silapentanesulphonic
acid (Na salt)

DSS
(II)



2,2,3,3-tetra-deuterio-4,4-dimethyl-
4-silapentanoic acid (Na salt)

TSP-d₄
(III)