

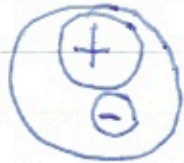
Nueva unidad de distancia:

$$1 \text{ Fermi} = 1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$$

1920: núcleo consiste en Z protones con carga $+Ze$, pero su masa $A \approx 2Z$

$\Rightarrow$ Rutherford propuso $A-Z$ partículas neutras dentro del núcleo
"proton + electron"

1932: Chadwick halló el "neutrón" fuera del núcleo ($\rightarrow$ premio Nobel 1935)

(1)  NO compatible con la Mec. Cuánt.

$$U = Z e^2 / R$$

$$\Delta E > \frac{\hbar^2}{2mR^2}$$

large energies
not observed in β -decay

[ej. a qué R sería posible para el e^- estar dentro del núcleo?]

(2) para $1 e^-$, $\mu_B = e\hbar/2m_e$

para 1 núcleo se observa $\mu_N = e\hbar/2m_p c$

$$\sim \frac{1}{2000} \mu_B$$

$\Rightarrow$ NO hay e^- . (de lo contrario su contribución dominaría)

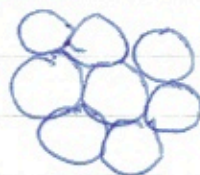
EL spin del neutrón se ha medido = $1/2$

$\Rightarrow$ NO puede componerse de los spins del electrón y del protón.

$\Rightarrow$ EL neutrón no es un estado ligado electrón - protón.

experimental: $r = r_0 A^{1/3}$

$$r_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$$



$\Rightarrow \frac{\# \text{ nucleones}}{\text{volumen}} = \text{cte.}$ $\rightarrow$ gota de líquido

$$= \frac{A}{(4\pi/3)r^3} = \frac{A}{(4\pi/3)r_0^3 A} = \text{cte.}$$

ESTABILIDAD: $\exists$ una fuerza nuclear q' activo sobre todos los nucleones y contrarresta la repulsión Coulombiana.

≈ 260 núcleos estables; cientos otros son inestables

densidad nuclear:

$$\rho_n = \frac{m}{V} = \frac{Am}{\frac{4\pi}{3}r_0^3 A} = \frac{3m}{4\pi r_0^3}$$

$$r_0 \sim 1.2 \times 10^{-15} \text{ fm}$$

$$m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \rho_n = 2.3 \times 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2.3 \times 10^{14} \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

Núcleos livianos más estables si $N = Z$

Núcleos pesados: $N > Z$

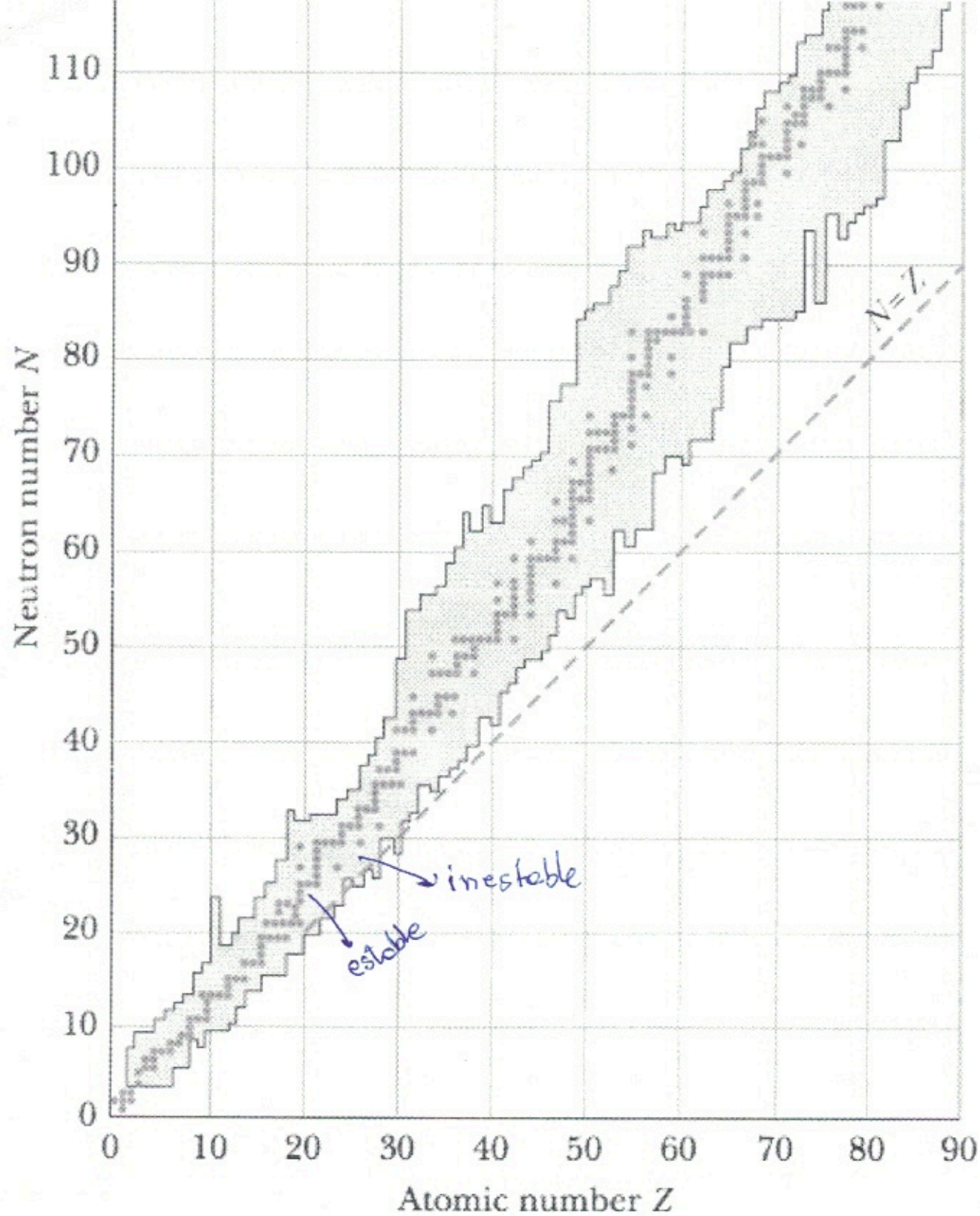
A medida que crece Z , aumenta el diámetro nuclear; pero la repulsión Coulombiana de largo alcance hace q² todos los p se repelen unos con otros. La F nuclear es de corto alcance $\Rightarrow$ un nucleón solo se atraerá con los vecinos más cercanos $\Rightarrow$ se necesitan más N para mantener el núcleo unido.

Hecho experimental: núcleos más estables tienen $A = \text{par}$.

Z o $N = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$

" /
Números
mágicos "

↗
estructura de capas?



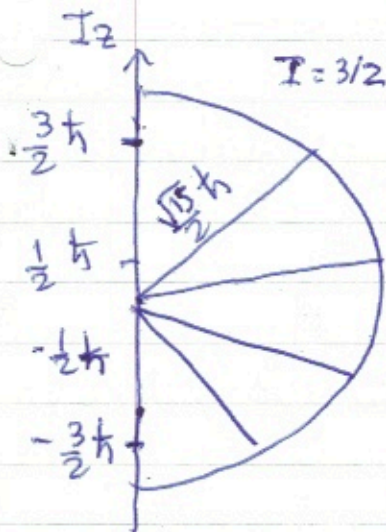
Spin Nuclear y momento magnetico

$$e^- \rightarrow S = 1/2, S_z = \pm 1/2$$

$$\text{nucleo} \rightarrow S = \hbar \sqrt{I(I+1)}, I: \text{Spin nuclear}$$

suma de $\vec{L}$ y $\vec{S}$ de cada nucleón.

$$L_z = -L, -L+1, \dots, L$$



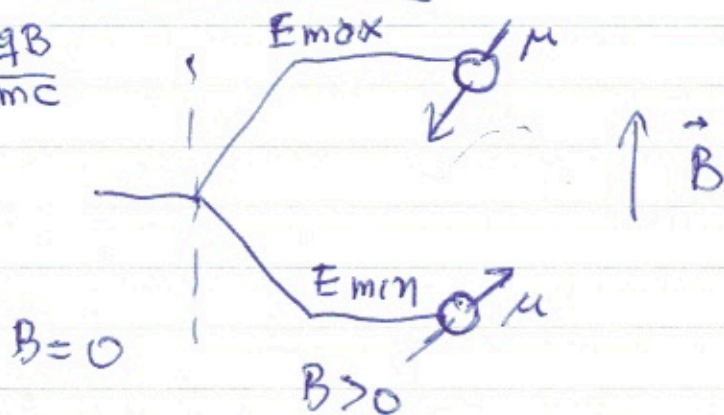
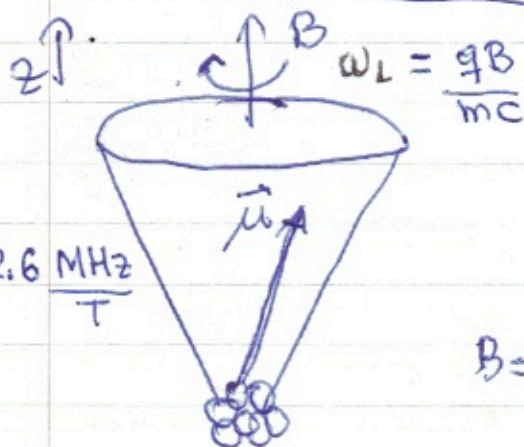
$\vec{\mu}$ de un núcleo se mide en unidades de

$$\mu_n = \frac{e\hbar}{2m_p} = 5.05 \times 10^{-27} \text{ J/T}$$

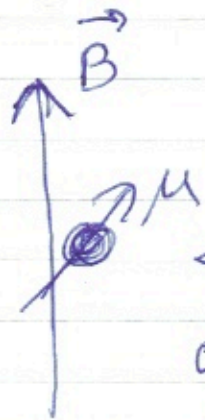
protón: $\mu_p = 2.7928 \mu_n$

neutrón: $\mu_n = -1.9135 \mu_n \Rightarrow$ distribución de carga interna.

Nuclear Magnetic Resonance

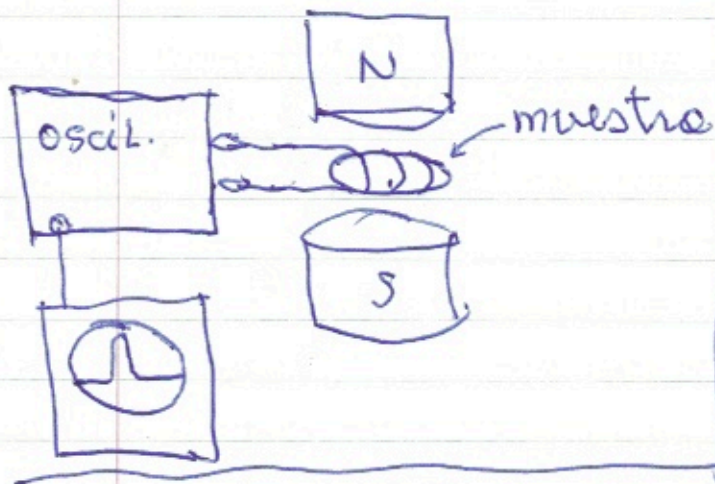


NMR $\rightarrow$ obs. transiciones entre estos 2 estados



$$B_2(t) = B_0 \sin(\omega_2 t + \phi)$$

cuando $\omega_2 = \omega_L \rightarrow$ flip $\rightarrow$ absorción de energía $\rightarrow$ detectable.



MRI: paciente dentro de un $\vec{B}$ no homogéneo
 $\Rightarrow$ dif. partes del cuerpo e dif $\omega_L \rightarrow$
un barrido en ω_2 provee info
especial sobre la ubic. de los protones
(Agua)

Dosis celular : MRI: 10^{-7} eV
X-ray: $10^4 - 10^6$ eV

enlace
molec ~ 1 eV

ENERGÍA DE ENLACE

$$M(\text{nucleo}) < \sum M(\text{nucleones})$$

$$H(\text{nucleo}) < \sum H(\text{nucleones separados})$$

$\Delta H \equiv$ energía de enlace

Para nucleo masa M_A :

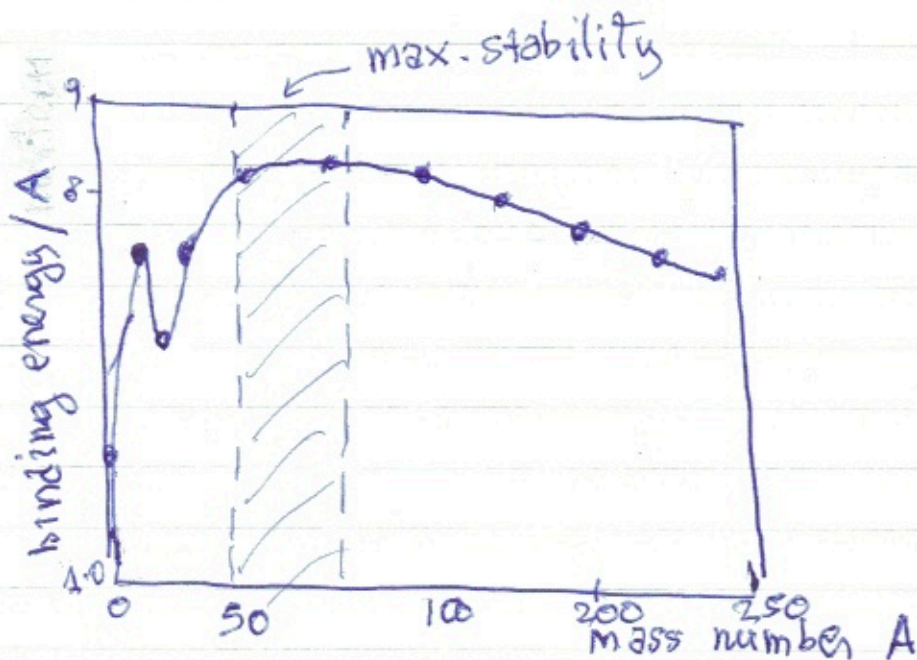
$$E_b(\text{Mev}) = [ZM(H) + Nm_n - M_A] \times 931.494 \left[\frac{\text{Mev}}{u} \right]$$

deuterón: $M_D = 2.0141024$

$$M(H) = 1.0078254$$

$$m_n = 1.0086654$$

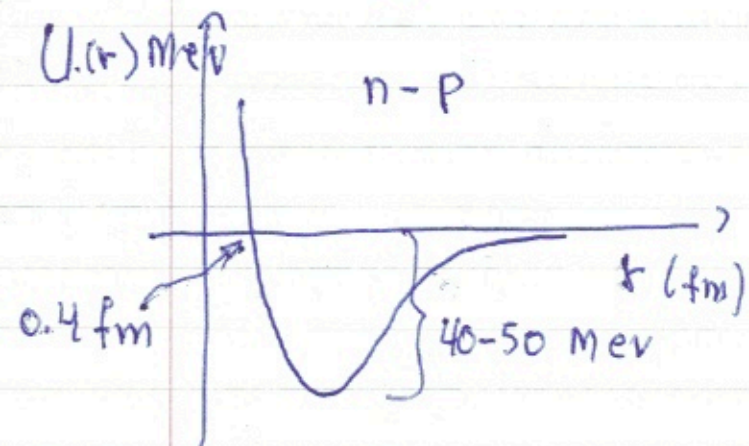
$$\Rightarrow E_b = 2.224 [\text{Mev}]$$



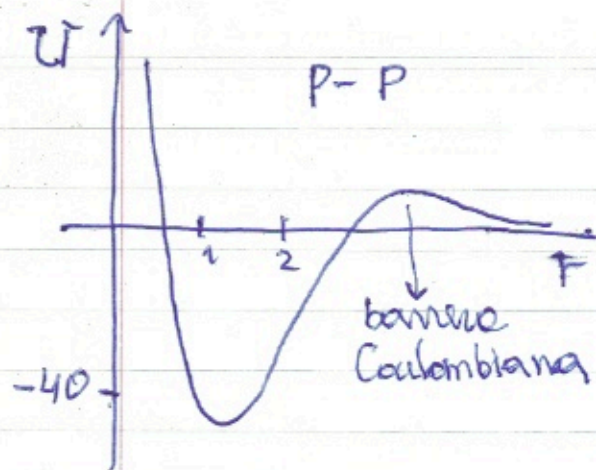
Consecuencias

- (i) núcleo pesado con $A \sim 200$ se fragmenta en núcleos más ligeros como de $A = 60$
→ se libera energía (Fisión)
- (ii) 2 núcleos ligeros $A \leq 20$ se combinan en un núcleo más pesado → se libera energía (Fusión)
- (iii) ∃ saturación: $A \approx \text{cte} \Rightarrow$ se forman enlaces solo con algunos nucleones; F_{nuclear} es de corto alcance $\Rightarrow$ nucleones relevantes son los n.n.
Si NO fuera así, y todos los nucleones se acoplaran con todos, tendríamos una contribución $\propto A-1$, no constante.
- (iv) F_n atractivo, de corto alcance, más fuerte q' la F_{elec} .

scattering experiments reveal:



dep. de la orientación
relativa de los spins
de los nucleones.



F_N no dep. de q de los nucleones
 $\Rightarrow$ No afecta e_s^-

$\Rightarrow \bar{e}_s$ can probe charge densities

Exchange Model : F entre 2 nucleones se debe al intercambio virtual de una partícula.
 (H. YUKAWA)



$\Delta E \Delta t \gtrsim \hbar/2 \Rightarrow E$ can be violated by ΔE during Δt
 $\Delta p \Delta x \gtrsim \hbar/2 \Rightarrow p$ can be violated by Δp en region Δx

$$(\bar{p}) - \pi^0 \quad \Delta E = mc^2$$

$$\Delta t \simeq \frac{\hbar}{\Delta E} = \frac{\hbar}{mc^2}$$

$$d = c \Delta t$$

$\nwarrow$
 max. value of
 p-n distance

$$\underbrace{d_{\text{max}}}_{\text{rango fuerza}} = c \Delta t = c \left(\frac{\hbar}{mc^2} \right) = \frac{\hbar}{mc}$$