

## Introducción a Partículas y Física Nuclear

### Guía 02 - Modelo de Capas

#### 1er semestre 2017

1. Considere un modelo tipo gas de Fermi para un núcleo, en el cual la fuerza de Coulomb repulsiva entre los protones da origen (aproximadamente) a una energía potencial coulombiana constante entre los mismos. Suponiendo que las energías de los protones y neutrones del nivel más alto coinciden, demuestre que existe la siguiente relación entre el número de neutrones y el número de protones,

$$N = (Z^{2/3} + bZ^2 A^{1/3})^{3/2} .$$

Estime el valor numérico del parámetro  $b$ .

2. Usando el modelo de gas de Fermi para un núcleo atómico, obtenga el coeficiente  $C'_a$  del término de asimetría  $C'_a(N - Z)^4/A^3$  (correspondiente a la corrección de cuarto orden en el desarrollo en potencias de  $(N - Z)/A$ ). Para obtener un valor numérico use los datos siguientes:  $r_0 = 1.25$  fm,  $mc^2 = 938$  MeV y  $\hbar c = 197$  MeV fm.
3. (\*) Obtenga los autoestados y niveles de energía de una partícula en un pozo de potencial esférico, tridimensional e infinito. Luego, considere una perturbación de tipo espín-órbita  $V = -\frac{2\alpha}{\hbar} \mathbf{l} \cdot \mathbf{s}$ : obtenga las correcciones dominantes a los niveles de energía. Estime la intensidad de la separación causada por el espín-órbita entre los niveles  $1p_{3/2}$  y  $1p_{1/2}$ . Puede utilizar como datos las masas de los isótopos del carbono  $^{11}\text{C}$ ,  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$ .
4. Determine el momento angular total y paridad que predice el modelo de capas para el estado fundamental de los siguientes núcleos:  $^{33}\text{S}$ ,  $^{41}\text{K}$ ,  $^{43}\text{Ca}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{81}\text{Br}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{86}\text{Kr}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ . Compare con los resultados experimentales.
5. Sobre la base del modelo de capas que incluye la interacción espín-órbita, determine cuál será la configuración de nucleones y los valores de  $J^\Pi$  en el estado base de los siguientes núcleos:  $^{11}\text{C}$ ,  $^{45}\text{Sc}$ ,  $^{61}\text{Ni}$ ,  $^{73}\text{Ge}$ . Compare con los valores experimentales de  $J^\Pi$  y si encuentra alguna discrepancia, intente dar alguna explicación.
6. En los núcleos impar-impar, las reglas de Nordheim determinan en ciertos casos el espín nuclear, dependiendo de cómo se acoplan el último neutrón impar y el último protón impar. Aplicándola, halle  $J^\Pi$  de los estados base de los siguientes nucleidos:  $^{14}\text{N}$ ,  $^{38}\text{Cl}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{118}\text{Sb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ .
7. Encuentre la configuración de neutrones y protones en capas incompletas y deduzca el momento angular total y la paridad de los estados fundamentales de los siguientes núcleos:  $^7_3\text{Li}$ ,  $^{23}_{11}\text{Na}$ ,  $^{33}_{16}\text{S}$ ,  $^{41}_{21}\text{Sc}$ . Suponiendo que el primer estado excitado puede producirse por:
  - (a) excitación del nucleón impar a la subcapa inmediata superior.
  - (b) apareamiento de este nucleón con otro excitado de la subcapa inmediata inferior.
 determine el momento angular total y la paridad para estos dos tipos de estados excitados en cada caso.
8. Los valores experimentales del espín y de la paridad correspondientes al primer nivel excitado para algunos de los núcleos del ejercicio 4 son:  $^{33}\text{S}$  ( $1/2^+$ );  $^{41}\text{K}$  ( $1/2^+$ );  $^{43}\text{Ca}$  ( $5/2^-$ );  $^{59}\text{Co}$  ( $3/2^-$ );  $^{81}\text{Br}$  ( $5/2^-$ ),  $^{129}\text{I}$  ( $5/2^+$ ). ¿Cómo se ubican los protones y neutrones según el modelo de capas para dar estos valores?
9. (\*) Calcule  $J^\Pi$  del estado fundamental de los núcleos  $^{13}_5\text{B}$ ,  $^{13}_6\text{C}$ ,  $^{13}_7\text{N}$  de acuerdo al modelo de capas y, usando la NWC, ordenarlos de menor a mayor según sus masas. Discuta, usando argumentos de la FSM, por qué las masas se ordenan de esta manera.

10. El  $^{180}\text{Hf}$  tiene un estado fundamental  $0^+$  y niveles excitados cuyos  $J^\Pi$  y energías son:  $(2^+, 0.093 \text{ MeV})$ ,  $(4^+, 0.309 \text{ MeV})$ ,  $(6^+, 0.641 \text{ MeV})$  y  $(8^+, 1.084 \text{ MeV})$ . (a) Interprete estos niveles como estados rotacionales colectivos observando cómo escalan las energías. (b) Estime el momento de inercia del núcleo y compárelo con el del núcleo esférico correspondiente a esa masa.

# Introducción a Partículas y Física Nuclear

## Modelo de capas

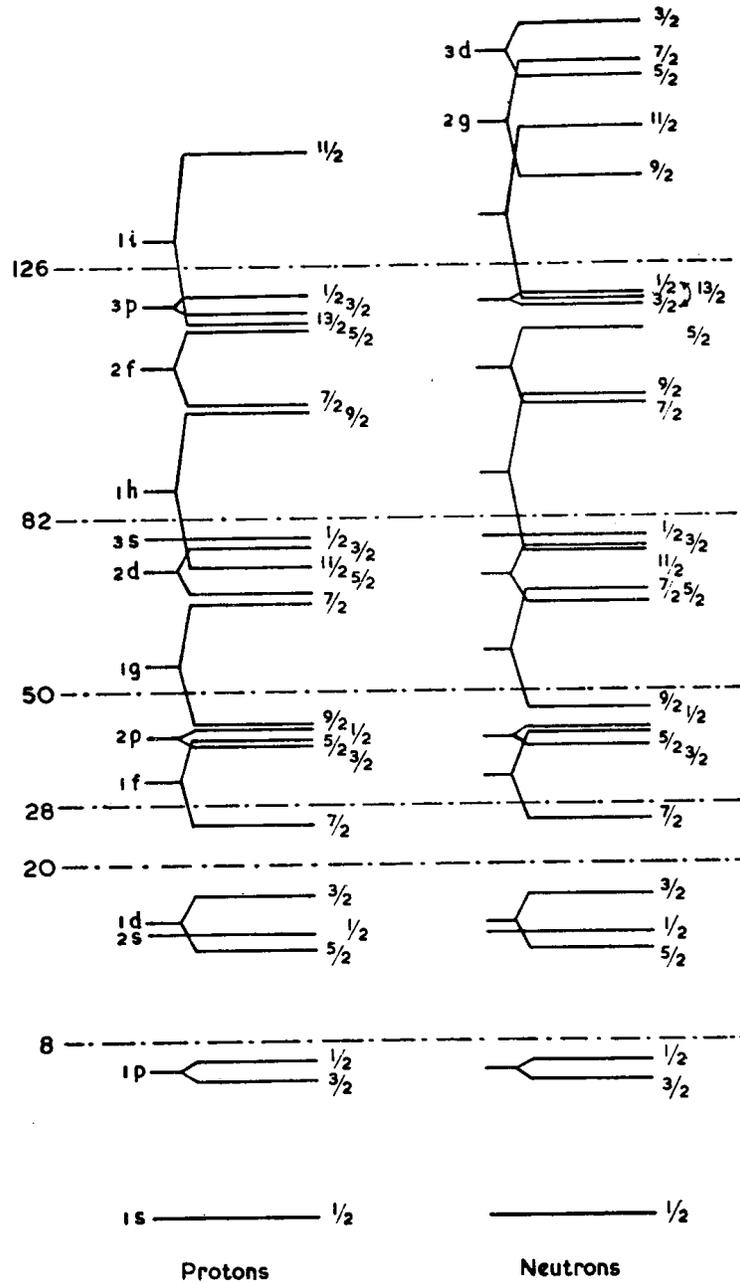


FIG. 5.6. PROTON AND NEUTRON LEVEL SCHEMES

[After Klinkenberg, P. F. A., *Revs. Mod. Phys.*, **24**, p. 63 (1952), Fig. 1.]

# Introducción a Partículas y Física Nuclear

## Modelo de capas

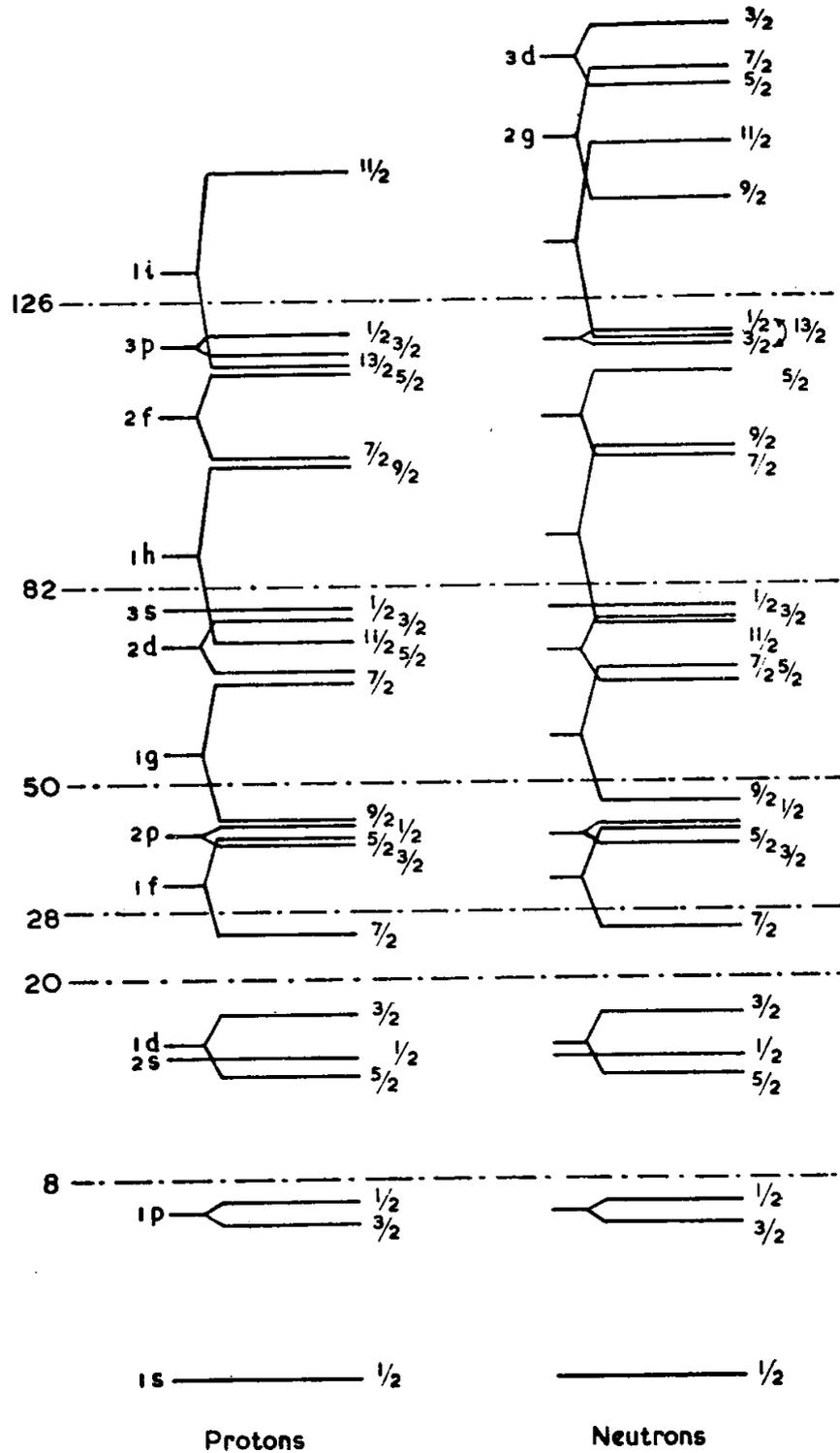


FIG. 5.6. PROTON AND NEUTRON LEVEL SCHEMES

[After Klinkenberg, P. F. A., *Revs. Mod. Phys.*, **24**, p. 63 (1952), Fig. 1.]