

# El núcleo y sus radiaciones - 2011

## Práctica 7

### Momentos Nucleares

1. Mostrar por que los estados  ${}^3S_1$ ,  ${}^1P_1$ ,  ${}^3P_1$  y  ${}^3D_1$  del sistema neutrón-protón son los únicos compatibles con un espín nuclear de uno.

2. Mostrar que el momento dipolar magnético de una partícula con momento orbital  $L$  y espín  $S=1/2$  con factores giromagnéticos  $g_L$  y  $g_S$  respectivamente es:

$$\mu = (j-1/2)g_L + \frac{1}{2}g_S \quad \text{si } j=l+1/2$$

$$\mu = \frac{j}{(j+1)} \left[ (j+3/2)g_L - \frac{1}{2}g_S \right] \quad \text{si } j=l-1/2$$

3. Encontrar las expresiones de los límites de Schmidt (momento dipolar magnético de un protón o de un neutrón con espín total  $I$  para las posibles orientaciones relativas entre el momento angular orbital y el momento de espín).

4. Utilizando las expresiones para los valores de Schmidt y los espines nucleares de tablas estime los momentos magnéticos de  ${}^{15}\text{N}$ ,  ${}^{17}\text{O}$ ,  ${}^{39}\text{K}$ ,  ${}^{207}\text{Pb}$  y  ${}^{209}\text{Bi}$ . Compare los resultados con los valores experimentales. Determine el momento angular del nucleón. ¿Por qué es de esperar que el acuerdo sea bueno en estos casos?

5. Podemos pensar al núcleo como un elipsoide uniformemente cargado para calcular su momento cuadrupolar. Verificar que el momento cuadrupolar de una elipsoide de revolución de semiejes  $a$  y  $b$  uniformemente cargado con una carga  $Ze$  es:

$$Q = \frac{2}{5}(b^2 - a^2)Z = \frac{4}{5}\eta Z R^2$$

donde  $R$  es el radio medio  $(a+b)/2$  y  $\eta$  el parámetro de asimetría  $(b-a)/R$ .

Estudiar los parámetros de asimetría de los núcleos presentados en la tabla y discutir si la distribución de carga se aleja considerablemente (o no) de la distribución uniforme. En particular analizar el caso de  ${}^{176}\text{Lu}$  siendo este uno de los núcleos más deformados. (Es posible de manera sencilla con la ayuda de algún software calcular los parámetros de asimetría para todos los núcleos).

Una buena aproximación para el radio nuclear es  $R = 1.4 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m}$ .

6. Mostrar que la expresión cuántica para el momento cuadrupolar de una distribución de carga simétrica,

$$Q(m) = \frac{3m^2 - I(I+1)}{I(2I-1)} Q$$

es consistente con la expresión que se obtiene clásicamente de calcular el momento cuadrupolar con respecto a un eje rotado un ángulo beta respecto al eje de simetría de la distribución.

7. La interacción entre el electrón y los momentos magnéticos nucleares da lugar al desdoblamiento hiperfino de los niveles de energía atómicos. Este desdoblamiento es proporcional a  $I \cdot J$  donde  $I$  es el espín nuclear y  $J$  el momento angular del electrón. Analizar el desdoblamiento hiperfino de los estados electrónicos  ${}^2S_{1/2}$ ,  ${}^2P_{1/2}$  y  ${}^2P_{3/2}$  del  ${}^{23}\text{Na}$  ( $I=3/2$ ). Determinar en cada caso el número de niveles y su espaciado relativo. Mostrar los

# El núcleo y sus radiaciones - 2011

## Práctica 7

### Momentos Nucleares

resultados en un diagrama de niveles de energía.

Núcleo	Z	Q ( $10^{-26}$ cm <sup>2</sup> )	$\eta$
<sup>14</sup> N	7	2	
<sup>27</sup> Al	13	15,6	
<sup>35</sup> Cl	17	-7,92	
<sup>37</sup> Cl	17	-6,19	
<sup>63</sup> Cu	29	-10	
<sup>65</sup> Cu	29	-10	
<sup>69</sup> Ga	31	23,24	
<sup>71</sup> Ga	31	14,68	
<sup>75</sup> As	33	30	
<sup>79</sup> Br	35	28	
<sup>81</sup> Br	35	23	
<sup>83</sup> Kr	36	15	
<sup>115</sup> In	49	117	
<sup>127</sup> I	53	-46	
<sup>151</sup> Eu	63	120	
<sup>153</sup> Eu	63	250	
<sup>173</sup> Yb	70	390	
<sup>175</sup> Lu	71	590	
<sup>176</sup> Lu	71	800	
<sup>181</sup> Ta	73	600	
<sup>185</sup> Re	75	280	
<sup>187</sup> Re	75	260	
<sup>201</sup> Hg	80	50	
<sup>209</sup> Bi	83	-40	

### Bibliografía

Alonso y Edward Finn, Física, Vol III, Fondo Educativo Interamericano, México, 1976 [BibFis]

J. M. Blatt y V.F. Weisskopf, Theoretical Nuclear Physics, John Wiley & Sons, New York, 1952 [BibFis]

J. Franeau, Física, Tomo segundo, Ediciones Urmo, 1966, Bilbao, España [Cátedra]

R. D. Evans, The Atomic Nucleus, McGraw-Hill, 1955, New York, EEUU, [BibFis]