



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
Facultad de Física

## FIZ0311

Prof. Jorge Alfaro S.  
INTERROGACION 3

Viernes 19 de Junio de 2015

### Problema 1.

- Encuentre los niveles de energía de una partícula de masa  $m$  confinada en una caja cuadrada de lado  $a$  (3 pts.).
- Encuentre la fracción de partículas que se encuentran en el primer nivel excitado comparado con las partículas en el nivel fundamental a una temperatura  $T$ . Use la distribución de Boltzmann (1.5pts.).
- Se agregan 10 partículas idénticas de espín  $j = \frac{3}{2}$  a la caja. Encuentre la energía mínima del sistema de partículas (1.5pts.).

R: Por separación de variables:

(a)

$$\psi(x, y) = A \operatorname{sen}\left(\frac{\pi n_1}{a} x\right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi n_2}{a} y\right), \quad E = \frac{\hbar^2}{2m} \left( \left(\frac{\pi n_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi n_2}{a}\right)^2 \right), \quad n_1 = 1, \dots; n_2 = 1, \dots$$

(b)

$$E_0 = \frac{\hbar^2 \pi^2}{ma^2}, \quad E_1 = \frac{5\hbar^2 \pi^2}{2ma^2}, \quad \frac{n_1}{n_0} = 2e^{-\beta(E_1 - E_0)} = 2e^{-\frac{3}{2}\beta \frac{\hbar^2 \pi^2}{ma^2}}$$

(c)

$$E = 4E_0 + 6E_1 = 21 \frac{\hbar^2 \pi^2}{ma^2}$$

**Problema 2.**

- a) Explique en qué consiste el experimento de Stern-Gerlach(2pts.).
- b) En un experimento tipo Stern-Gerlach, un rayo colimado de átomos neutros se divide en 9 líneas igualmente espaciadas, Cuál es el momentum angular del átomo ? (2pts.)

**Sol:**  $2J + 1 = 9$  , entonces  $J=4$

- c) Para la suma de dos momentum angular  $j_1$  y  $j_2$  tal que  $j_2 \leq j_1$ . Escriba los valores posibles de  $j$ .  
¿Cuántas posibilidades son ? (2pts.)

**Sol:**  $j = j_2 + j_1, j_2 + j_1 - 1, \dots, j_1 - j_2$ . hay  $2j_2 + 1$  posibilidades.

- d) Escriba la configuración de electrones en el nivel fundamental para:

a) Hidrógeno (0.5pt.)  $1s$

b) Helio(0.5pt.)  $1s^2$

c) Litio (1pt.)  $1s^2 2s^1$

### Problema 3.

- I. En el modelo de la gota la energía de ligazón está dada por  $E_b = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 (N - Z)^2 A^{-1}$ .

Asumiendo que el núcleo más estable es aquel que tiene el máximo valor de la energía de ligazón, calcule el número atómico del núcleo más estable para un número másico  $A$  dado. (2 pts.)

Datos:  $a_1 = 15,760$ ,  $a_2 = 17,810$ ,  $a_3 = 0,711$ ,  $a_4 = 23,702$ ,  $a_5 = 34$ . Todos los valores están en unidades de MeV.

**Sol:**  $\frac{\partial E_b}{\partial Z} = -2 a_3 Z A^{-1/3} + 4 a_4 (A - 2 Z) A^{-1} = 0$

Despejando se encuentra  $Z = \frac{4 a_4 A}{2 a_3 A^{2/3} + 8 a_4} = \frac{A}{2 + 0,0157 A^{2/3}}$

- II. Considere los átomos  ${}^2_1H$  y  ${}^{235}_{92}U$ . Estime el radio nuclear en ambos casos.  $r_0 \approx 1.2$  fm,  $1\text{fm} = 10^{-15}\text{m}$ , es el radio del protón(2pts.).

**Sol:**  $R = r_0 A^{1/3} \rightarrow R({}^2_1H) = 1.51 \times 10^{-15} m$  y  $R({}^{235}_{92}U) = 7.41 \times 10^{-15} m$

### III. Encuentre

a) La temperatura de fusión de  ${}^1H + {}^1H \rightarrow {}^2H + e^+ + \nu_e$  (1pt.)

b) La energía liberada en la fusión(1pt.)

(a)

$$\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}K \frac{e^2}{r_0} \quad T = \frac{1}{3k}K \frac{e^2}{r_0}$$

(b)

$$Q = (2m({}^1H) - m({}^2H) - m_e)c^2$$

#### Problema 4.

I. La siguiente reacción  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$  se observa. Qué números cuánticos se conservan?(2pts.)

R:número bariónico, carga eléctrica, número leptónico electrónico.

II. Se da la tabla con los números cuánticos de los quarks u,d

Nombre	Símbolo	Generación	Isospín débil	Sabor	Carga	Masa (MeV/c <sup>2</sup> )
arriba (up)	u	1	$+\frac{1}{2}$	$I_z=+\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}$	1,5 - 4,0
abajo (down)	d	1	$-\frac{1}{2}$	$I_z=-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	4 - 8

Encontrar:

a) La composición de quarks del protón y del neutrón. (1pt.)

R: Los bariones están compuestos por tres quarks.  $Q(\text{protón}) = +1 = 2Q(u) + Q(d)$ ,  $p = uud$

$Q(\text{neutron}) = 0 = 2Q(d) + Q(u)$ ,  $n = ddu$

b) La composición de quarks de los piones  $\pi^\pm$ .(1pt.)

R: Los mesones están compuestos por un quark y un antiquark.

$Q(\pi^+) = 1 = Q(u) + Q(\bar{d})$ ,  $\pi^+ = u\bar{d}$

$Q(\pi^-) = -1 = Q(d) + Q(\bar{u})$ ,  $\pi^- = \bar{u}d$

III. Determine si se observan en la naturaleza las siguientes interacciones:

- a) gluon-gluon (0,5 pt) Sí
- b) foton-quark (0,5 pt) Sí
- c) lepton-bosones  $W^\pm$  (0,5 pt) Sí
- d) foton-gluon (0,5 pt) No

Tiempo: 2 horas