

# Complementaria Moderna

## Taller 7

Sergio Montoya Ramírez

April 28, 2023

# Contents

## Chapter 1

**Preguntas** \_\_\_\_\_ **Page 2** \_\_\_\_\_

- 1.1 Átomo de Hidrógeno 2
- 1.2 Spin y Efectos Magnéticos 3

## Chapter 2

**Contexto** \_\_\_\_\_ **Page 5** \_\_\_\_\_

## Chapter 3

**Agradecimientos** \_\_\_\_\_ **Page 6** \_\_\_\_\_

# Chapter 1

## Preguntas

### 1.1 Átomo de Hidrógeno

#### Question 1

Considere un átomo muónico, el cual corresponde a un núcleo con un protón y un muón girando a su alrededor. Si la carga del muón es  $q_\mu = -e$  y es 207 veces más pesado que un electrón. Calcule:

- El radio de Böhr
- La energía para el  $n$ -ésimo estado
- Para  $n = 1$ , cómo se compara esta energía con la obtenida para un átomo de Hidrógeno?

*Solution:*

#### Question 2

Un átomo de Hidrógeno se encuentra en el estado

$$\psi_{2,1,-1} = N r e^{-\frac{r}{a_0}} Y_{1,-1}(\theta, \phi).$$

- Encuentre la constante de normalización
- Cuál es la probabilidad de encontrar el átomo en  $r = a_0$ ,  $\theta = \frac{\pi}{4}$  y  $\phi = \frac{\pi}{3}$ ?

*Solution:*

#### Question 3

En  $t = 0$  se encuentra que la función de onda para cierto átomo de Hidrógeno es:

$$\psi(t = 0) = \frac{1}{\sqrt{10}} \left[ 2\psi_{100} + \psi_{210} + \sqrt{2}\psi_{211} + \sqrt{3}\psi_{21-1} \right].$$

- Cual es el valor esperado del Hamiltoniano?
- Cual es la probabilidad de encontrar el átomo con  $\ell = 1, m_\ell = 1$ ?
- Cuál es la probabilidad de encontrar el átomo a  $10^{-10}$  cm del protón?
- Calcule  $\psi(t)$

*Solution:*

#### Question 4

Un átomo de hidrógeno se encuentra en el estado

$$\psi(t=0) = \frac{1}{2} (\psi_{211} + \psi_{21-1}).$$

- Encuentre una expresión para  $\psi(t)$
- Encuentre el valor esperado de la energía potencial. De el resultado analítico y también el numérico en electronvoltios.

*Solution:*

#### Question 5

Desde las expresiones vistas en la complementaria para las soluciones radial y angular a la ecuación de Schrödinger:

- Construya la función de onda  $\psi_{433}$
- Encuentre el valor esperado de  $r$  para este estado

*Solution:*

## 1.2 Spin y Efectos Magnéticos

#### Question 6

Los estados de spin para un electrón libre, en una base donde  $\hat{S}_z$  es diagonal, son  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  y  $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  con valores propios  $\pm \frac{\hbar}{2}$  respectivamente. Usando esta base, encuentre una función propia de  $\hat{S}_y$  que posea valor propio  $-\frac{\hbar}{2}$ . Recuerde que  $\hat{S}_y = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$

*Solution:*

#### Question 7

Construya las matrices de spin para  $s = 1$ .

*Solution:*

#### Question 8

Los quarks tienen spin  $\frac{1}{2}$ . Tres quarks ligados juntos forman un barión. Un quark y un antiquark ligados juntos forman un mesón. Asumir que los quarks están en el estado base (momento angular orbital es 0)

- ¿Cuáles son los posibles valores de spin para los bariones?
- ¿Cuáles son los posibles valores de spin para los mesones?

*Solution:*

### Question 9

Un día que usted ésta en un ascensor, una persona misteriosa le entrega el siguiente spinor:

$$|\chi\rangle = A \begin{pmatrix} 3 \\ 4i \end{pmatrix}.$$

- Normalice el Ket.
- Calcule los valores esperados de las tres matrices de Pauli sobre este estado.
- Si usted hace una medición de  $S_x$  que valores espera encontrar y con que probabilidades?

*Solution:*

### Question 10

Un electron está en reposo en un campo magnético oscilante  $\vec{B} = B_0 \cos(\omega t) \hat{z}$

- Encuentre la matriz asociada al Hamiltoniano.
- El electron empieza (en  $t = 0$ ) en el estado de spin arriba con respecto al eje  $x$ . Determine el estado para tiempos subsecuentes.
- Encontrar la probabilidad de medir  $-\frac{\hbar}{2}$  se se realiza una medición de  $S_z$

*Solution:*

## Chapter 2

# Contexto

## Chapter 3

# Agradecimientos