

# FÍSICA CUÁNTICA

\*\*\*\*\*

## GUIA de PROBLEMAS de FÍSICA III para Carreras de Ingeniería

---

**Prof. Mariano A. Nicotra**  
Profesor adjunto de Física II y Mecánica Analítica, con funciones anexas en Física III  
Departamento de Física  
FCEFN – UNC

---

**Primera versión – Agosto de 2018**

\*\*\*\*\*

*Con excepción de los problemas que provienen de guías o textos de otros autores, el material incluido en esta guía queda sujeto a la licencia que se refiere a continuación.*

*This work is licensed under the Creative Commons 4.0 International License. To view a copy of this license, visit [http://creativecommons.org/licenses/by-](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)*

*nc-sa/4.0/*



***Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA)***

## Unidad V FÍSICA CUÁNTICA

(Los problemas de la presente unidad didáctica han sido extraídos de una guía anterior debida a Lazarte, Odetto & Chautemps, excepto aquéllos en los que se indica un origen diferente)

### Dualidad onda-partícula en los campos de radiación electromagnética

1. a) Calcular el valor equivalente en *joule* de un *electrón-volt*. b) Calcular la energía en *kiloelectrón-volt* de un fotón cuya frecuencia es  $6,2 \times 10^{14}$  Hz, la de otro fotón de 3,1 GHz y la de un tercero de 46 Mhz. c) Determinar las *longitudes de onda* correspondientes a cada uno de estos fotones.
2. Un transmisor de radio de FM tiene una salida de potencia de 150 kW y opera a una frecuencia de portadora de 100.5 MHz. ¿Cuántos fotones por segundo emite el transmisor? ¿En base al resultado obtenido, resulta conveniente considerar en este caso la cuantización de la energía?
3. La luz solar llega a las capas superiores de la atmósfera terrestre con una intensidad promedio de  $1.35 \text{ kW/m}^2$ . Estime el número de fotones que llegan a la superficie de la Tierra por segundo si la longitud de onda promedio es de 550 nm.

### Experimentos que brindan soporte experimental a los fotones : efecto fotoeléctrico

4. (*Propuesta : Nicotra*) Represente gráficamente un circuito eléctrico que incluya un tubo de vacío a utilizar en un experimento de efecto fotoeléctrico. Analice:
  - a) ¿Cómo se debe polarizar el emisor (cátodo) y el colector (ánodo) si se pretende determinar la energía cinética con que se emiten los fotoelectrones?
  - b) Dicho valor ¿corresponde a un máximo o a un mínimo? ¿Por qué? ¿Qué se entiende por d.d.p. de corte? Graficar en forma cualitativa los niveles de energía de los electrones.
  - c) ¿Se trata de electrones libres o electrones ligados? ¿Por qué? Explicar qué se entiende por función trabajo.
5. La función de trabajo para el potasio es 2,24 eV. Si un emisor metálico recubierto de potasio dentro de una ampolla de vacío se ilumina con luz de 480 nm, encuentre: a) la energía cinética máxima de los fotoelectrones y b) la longitud de onda umbral.
6. El molibdeno tiene una función de trabajo de 4,2 eV. a) Determinar la longitud de onda y la frecuencia de corte para el efecto fotoeléctrico. b) Calcular el voltaje de corte si la luz incidente tiene una longitud de onda de 180 nm.

7. Dos fuentes luminosas se utilizan en un experimento de efecto fotoeléctrico para determinar la función trabajo correspondiente a una superficie metálica particular. Cuando se emplea luz verde de una lámpara de mercurio (546,1 nm), un potencial de corte de 1,70 V reduce la fotocorriente a cero.
  - a) En base a esta medición, ¿cuál es la función de trabajo para este metal?
  - b) ¿Qué potencial de corte se mediría al usar la luz amarilla de un tubo de descarga de helio (587,5 nm)?

### Experimentos que brindan soporte experimental a los fotones : efecto Compton

8. Un haz de rayos X de 0,200 nm es dispersado por un bloque de carbono. Si la radiación dispersada se observa a  $60^\circ$  respecto a la dirección del haz incidente, encontrar a) el corrimiento Compton, b) la energía cinética dada al electrón de retroceso.

9. Un haz de rayos X cuyos fotones tienen una energía de  $300 \text{ keV}$  experimentan dispersión Compton al incidir sobre un blanco dispersor determinado. Si los rayos dispersados se observan a  $37^\circ$  respecto de los rayos incidentes, determinar: a) el corrimiento Compton, b) la energía de los rayos X dispersados.

10. Después de que un fotón de rayos X de  $0,80 \text{ nm}$  colisiona con un electrón libre de una muestra dispersora, el electrón adquiere una velocidad de  $1,4 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Calcular: a) ¿Cuál es el corrimiento Compton en la longitud de onda del fotón?, b) ¿Qué ángulo se dispersó el fotón?

11. (Propuesta : Nicotra) ¿Mediante qué experimento se hizo posible determinar la longitud de onda de los fotones de rayos X? ¿En qué principio se basa su funcionamiento?

### **Dualidad onda-corpúsculo para la materia : hipótesis de De Broglie**

12. Calcule la longitud de onda de De Broglie para un electrón libre que tiene una energía cinética de a)  $50 \text{ eV}$  y b)  $50 \text{ keV}$ .

13. ¿Qué valor de diferencia de potencial es necesaria para acelerar un electrón desde el reposo para que tenga una longitud de onda de De Broglie de  $0.1 \text{ nm}$ ?

14. (Propuesta : Nicotra) ¿Qué valor de longitud de onda se le puede asignar al *Mercedes AMG F1* que conduce *Louis Hamilton* en el instante en que alcanza una velocidad de  $300 \text{ km/h}$ ? El vehículo monoplace tiene un peso aproximado, incluyendo piloto y combustible de  $750 \text{ kgf}$ . Analizar si es conveniente describir al vehículo a través de la función de onda. Justificar.

### **Propiedades especiales de la dualidad onda-corpúsculo : principio de incerteza de Heisenberg**

15. Una fuente luminosa se usa para determinar la localización de un electrón en un átomo hasta una precisión de  $0,05 \text{ nm}$ . ¿Cuál es la incertidumbre en la velocidad del electrón?

16. Un electrón y una bala ( $m = 0,02 \text{ kg}$ ) tienen, cada cual, una velocidad de  $500 \text{ m/s}$  determinada con una precisión de hasta  $0,01\%$ . ¿Dentro de qué límites podrían determinarse las posiciones de ambos objetos?

17. (seleccionado por Nicotra del sitio <https://courses.lumenlearning.com/physics> – CC License) De acuerdo a la hipótesis de Yukawa, la fuerza entre dos nucleones es transmitida por el intercambio entre ellos de una partícula incógnita que se propaga a una velocidad cercana a la de la luz en el vacío. Teniendo en cuenta que la separación típica entre dos nucleones es de  $10^{-15} \text{ m}$  (*1 fermi*), determinar la energía que debe tener tal partícula para “vivir” lo suficiente para permitir tal intercambio. De ser así, ¿se cumpliría en principio de conservación de la energía? ¿Qué respuesta se puede dar al respecto si no se cumpliera? ¿Qué tipo de partícula sería?

### **Átomos hidrogenoides – Modelo de Bohr**

18. (Propuesta : Nicotra) Calcular el radio de la segunda y tercera órbita de Bohr para el átomo de hidrógeno, si el radio de la primera órbita es de  $0.529 \text{ angstrom}$ .

19. Si se sabe que la energía de ionización del  $H$  es de  $13,6 \text{ eV}$ :

a) Determinar, para el caso del átomo de  $\text{He}^4_2$  ( $Z = 2$ ) una vez ionizado, el valor correspondiente a la energía para ionizarlo completamente.

b) ¿Cuál es el valor del número atómico efectivo del átomo de  $He^4_2$  neutro, si la energía para ionizarlo una vez es de 24.6 eV? ¿Por qué no toma cifras enteras?

20. (*Propuesta : Nicotra*) Mediante el intercambio de un fotón, un átomo de hidrógeno experimenta una transición del estado  $n=3$  al  $n=2$ .

a) Calcular la energía en eV y la longitud de onda en nm del fotón puesto en juego.

b) Explicar si en fotón se emite o se absorbe en dicha transición y si el átomo ha ganado o perdido energía.

c) Una muestra de H (supuesto que se encuentre a baja presión) que está sometido a tal intercambio de fotones ¿produce líneas espectrales de emisión o de absorción? ¿A qué serie pertenecen? (Recuerde lo observado en el *TPLab de Espectroscopía*).

### Ecuación de Schrodinger

21. Para un electrón descrito por una función de onda  $f(x) = A \text{sen}(5 \cdot 10^{10} x)$  donde  $x$  está medida en metros, calcular:

a) Longitud de onda de De Broglie.

b) Cantidad de movimiento.

c) Energía cinética en eV.

22. La función de onda de una partícula está dada por

$$f(x) = A \cos(kx) + B \text{sen}(kx) \quad \text{con } A, B \text{ y } k \text{ constantes}$$

Muestre que  $f(x)$  es una solución de la ecuación de Schrödinger suponiendo que se trata de una partícula libre ( $U = 0$ ). Encuentre la energía  $E$  correspondiente de la partícula.

### Modelo mecano-cuántico del átomo de H. Números cuánticos.

23. Calcular:

a) el momento angular orbital de un electrón en un estado  $p$  del hidrógeno

b) el momento angular de un electrón en el estado  $4d$ .

24. Indique los posibles conjuntos de números cuánticos para electrones en: a) subcapa  $3d$ ; b) la subcapa  $3p$ .

25. ¿Cuántos conjuntos distintos de números cuánticos son posibles para un electrón en el cual :

a)  $n = 1$  ; b)  $n = 2$  ; c)  $n = 3$  ? Verifique los resultados para mostrar que concuerdan con la regla general de que el número de conjuntos de números cuánticos es igual a  $2n^2$ .

26. Considerando el átomo de hidrógeno en el estado  $l = 3$  calcular la magnitud de  $L$  y los valores permitidos de  $L_z$  y de  $m$ .