Problemas de Física 4
§ Ondas de Materia y Principio de Incertidumbre

1. **Experimento de Davisson–Germer**
   La separación entre los planos de un cristal de Ni es de $d = 2.15$ Å. Se encontró un máximo en la dispersión de electrones a $50°$ respecto al plano incidente.
   (a) ¿Cuál es la longitud de onda correspondiente a los electrones?
   (b) Si los electrones estaban acelerados con una diferencia de potencial de 54 eV, ¿cuál es la longitud de onda de De Broglie correspondiente?
   (c) ¿Qué hubiese pasado si el voltaje aplicado era de 30 V?

2. Ordenar de menor a mayor las siguientes longitudes de onda de De Broglie:
   (a) un electrón acelerado con 1 V.
   (b) un sandwich de milanesa viajando a $\frac{c}{2}$
   (c) un electrón acelerado con 100 MV.

(a) a,b,c (b) a,c,b (c) b,c,a (d) b,a,c (e) ninguna de las anteriores

3. Una partícula de masa m y carga q se acelera mediante una diferencia de potencial V, hasta que esta obtiene una velocidad no relativista v.
   (a) La longitud de onda de de Broglie de la partícula es:

(a) $\lambda = \frac{m}{\sqrt{2hqV}}$ (b) $\lambda = \frac{qV}{\sqrt{2mh}}$ (c) $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$ (d) $\lambda = \frac{m}{h\sqrt{2qV}}$ (e) ninguna de las anteriores

   (b) Si la partícula es un protón, y $V = 1$ Volt, calcular λ.
   (c) Repetir el cálculo, pero ahora $V = 10^8$ Volt.

4. **Límite Clásico**
   El límite clásico de la Teoría de la Relatividad se obtiene haciendo $c \to \infty$. ¿Cómo se obtiene el límite clásico de la teoría cuántica? En este caso:
   (a) ¿Cuál sería el tamaño de un cuanto energético?
   (b) ¿Cuál sería la longitud de onda de De Broglie para un electrón?
   (c) ¿Cómo sería el *principio de incertidumbre*?

5. Si se comprime un gas confinado en un recipiente, aumenta la temperatura y por lo tanto, las moléculas se mueven más rápido. ¿Esto está relacionado con el principio de incertidumbre?

6. ¿Qué voltaje necesita un microscopio electrónico para medir:
   (a) un virus de 12 nm de diámetro.
   (b) un átomo de 1.2 Å de diámetro.
   (c) un protón de 1.2 fm de diámetro.

7. Supongamos que queremos estudiar un núcleo de 14 fm de diámetro usando difracción de partículas. ¿Qué energía cinética necesitamos si la partícula difractada es:

§ http://www.df.uba.ar/users/dmitnik/fisica4

(a) un electrón.
(b) un protón.
(c) una partícula alfa.

8. Un electrón está confinado en un átomo de 1 Å de diámetro.
   (a) ¿cuál es la incertidumbre en el momento del electrón?
   (b) ¿a qué energía corresponde?
   (c) ¿cuál es la mínima energía que podría tener si el diámetro fuera 5 veces mayor?
   (d) repetir el problema para un núcleo de 10^{-14} m de diámetro.

9. **Repaso de ondas**
   (a) Dada la ecuación de onda:
   $$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2},$$
      i. Encontrar una solución $E(x,t)$
      ii. Dado un x determinado, dibujar la solución en función de t. Si se obtiene una función periódica, determinar el período.
      iii. Dado un t determinado, dibujar la solución en función de x. Si se obtiene una función periódica, determinar la longitud de onda.
      iv. Dibujar la solución sobre un plano (x,t). ¿Calcular la velocidad con que avanza la onda.
   (b) Se construye una función sumando dos ondas armónicas
   $$\Psi(x,t) = \Psi_1(x,t) + \Psi_2(x,t),$$
   donde $\Psi_1(x,t) = Ae^{i(k_1x-\omega_1t)}$ y $\Psi_2(x,t) = Ae^{i(k_2x-\omega_2t)}$.
      i. Encontrar la nueva función, en forma de una onda armónica, multiplicada por una amplitud variable.
      ii. Suponer que $k_1 \approx k_2$ y $\omega_1 \approx \omega_2$. Simplificar aún mas la expresión obtenida.
      iii. Dibujar $\Psi(x,t)$ en las distintas formas vistas en el ejercicio anterior.
      iv. Determinar a qué velocidad se desplaza la onda obtenida.
   (c) Construir un paquete de ondas con tres ondas armónicas. Aumentar sucesivamente el número de ondas, y explorar los resultados.

10. **Longitud de onda térmica**
    Átomos de ^{85}Rb están termalizados a una temperatura T_c tal que su longitud de onda de De Broglie es mayor que el espaciamiento medio de los átomos. En estas condiciones se forma un *"condensado de Bose"* (un nuevo estado de la materia). La densidad del condensado es $\rho = 10^{12}$ átomos/cm^3. Se puede estimar que

(a) $T_c > 1$ °K	(b) $T_c > 10^5$ °K	(c) $T_c \approx 100$ n°K
(d) $T_c \approx 1$ m°K	(e) $T_c \approx 300$ °K	(f) ninguna de las anteriores