

FÍSICA MODERNA I

1 de Septiembre del 2011.

Guía Nº 3: Cuantización de la radiación electromagnética.

AÑO 1905 !! Por qué se lo llama el “**Annus Mirabilis**” o el Einstein’s “Miracle Year” ? En este año A. Einstein (1879-1955) se doctora y realiza muchas contribuciones trascendentes para la historia de la física. Debajo listamos los aportes más destacados de su carrera. Indique el descubrimiento por el cual recibió el premio Nobel en Física el 10 de Diciembre de 1922.

- **1905** Movimiento Browniano.
- **1905** Efecto Fotoeléctrico.
- **1905** Teoría Especial de la Relatividad. $E = mc^2$.
- **1911** ¿Por qué el cielo es azul? (teoría de dispersión de la luz por moléculas).
- **1916** Teoría General de la Relatividad.
- **1922** Recibe el Premio Nobel.
- **1924** Condensado de Bose-Einstein.
- **1926** Inventa con un estudiante una heladera (patentada en 1930).

Problema 1:

a) El efecto fotoeléctrico y el efecto Compton involucran la interacción de un fotón con un electrón. Explique las diferencias entre estos procesos y no olvide la conclusión referida a conservaciones! concepto que aplicará en todos los ejercicios. b) El cambio de longitud de onda en la radiación dispersada del efecto Compton fue observado por primera vez en rayos X. Explique por qué pasó inadvertido para luz visible.

El efecto Compton fue observado por primera vez por Arthur Compton en 1923 y por dicho descubrimiento obtuvo el Premio Nobel en 1927. Fue fundamental la observación de este efecto para convencer a la comunidad científica que la luz se podía comportar como un haz de partículas (fotones). Hoy en día se lo utiliza para aplicaciones sofisticadas y dirigidas a técnicas de investigación, por ejemplo se usa para obtener RX polarizados. Aunque podemos mencionar que también se usa en la vida diaria para detectar imágenes en detectores de aeropuertos.

Problema 2:

La constante solar (energía solar que llega a la Tierra por unidad de tiempo incidiendo normalmente en una unidad de área) es 1350 W/m^2 . Estime cuántos fotones llegan a la superficie de la Tierra por cm^2 y por segundo. Ayuda: Suponer que todos los fotones de radiación solar tienen una longitud de onda de 5500 \AA (longitud de onda media del espectro del Sol).

Problema 3:

La mínima intensidad de luz que percibe el ojo humano es aproximadamente 10^{-10} W . ¿Cuántos fotones de longitud de onda 5500 \AA entran por segundo por la pupila del ojo a esta intensidad?

Problema 4:

Un haz de luz monocromático de longitud de onda $\lambda = 405 \text{ nm}$ e intensidad $3 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$ incide sobre una de las placas metálicas (fotocátodo) de un condensador plano. Entre ambas placas se aplica una diferencia de potencial de modo de frenar a los electrones emitidos fotoeléctricamente. Para una diferencia de potencial de $1,15 \text{ V}$ un picoamperímetro, conectado en el circuito, indica corriente nula. a) ¿Cuál es la energía cinética máxima de los fotoelectrones? b) ¿Cuál es la energía de arranque o función trabajo del metal? c) ¿Cuántos fotoelectrones se emiten por unidad de área y de tiempo? d) ¿Cuál es la máxima longitud de onda de la radiación que puede arrancar electrones por efecto fotoeléctrico?

“Las aplicaciones diarias del efecto fotoeléctrico son numerosas. Dicho efecto está presente en los instrumentos que encienden el alumbrado público, en las fotocopiadoras, en el instrumento que determina el tiempo de exposición en las placas fotográficas, en sistemas de apertura automática de puertas, en

sistemas de reproducción de sonidos. Algunos de los dispositivos electrónicos que funcionan por efecto fotoeléctrico son: fotorresistencias, fototransistores, fotomultiplicadores, fotodiodos, paneles solares, células voltaicas. Las cámaras digitales, funcionan a través de un dispositivo denominado CCD (charge-coupled device), dispositivo de carga acoplada, este dispositivo se activa por efecto fotoeléctrico.”

Problema 5:

Durante la iluminación sucesiva de la superficie de cierto metal con radiación de longitudes de onda $\lambda_1 = 0,35\mu\text{m}$ y $\lambda_2 = 0,54\mu\text{m}$ se descubrió que las respectivas velocidades máximas de los fotoelectrones se diferencian entre sí en un factor $\alpha = 2$. Calcule la función trabajo de la superficie de este metal.

Problema 6:

Mostrar que un electrón libre no puede absorber un fotón y conservarse en el proceso tanto la energía como el impulso; por lo tanto la absorción fotoeléctrica requiere de un electrón ligado.

Problema 7:

Fotones de longitud de onda de 450 nm inciden sobre un metal. Las trayectorias de los electrones más energéticos arrancados del metal se doblan en un arco de círculo de radio $r = 20$ cm debido a la presencia de un campo magnético de magnitud 2×10^{-5} T y dirección perpendicular a la trayectoria de los electrones. ¿Cuál es la función trabajo del metal?

Problema 8:

Radiación electromagnética de longitud de onda λ es dispersada un ángulo θ respecto de la dirección de incidencia por un electrón libre y en reposo en una colisión Compton. Encontrar expresiones para: a) la longitud de onda de la radiación dispersada; b) la energía perdida por el fotón en la colisión; c) la energía cinética, el momento y la dirección del electrón después de la colisión; d) el ángulo de dispersión para el cual el fotón experimenta la máxima pérdida de energía; e) la máxima energía cinética transferida al electrón.

Problema 9:

Un fotón de energía $E = 10$ keV es dispersado un ángulo de 60° respecto de su dirección de incidencia por un electrón libre y en reposo. Hallar: a) la longitud de onda del fotón incidente y del fotón dispersado; b) la energía perdida por el fotón en el proceso de dispersión; c) la energía cinética, el momento y la dirección del electrón después del choque; d) la máxima energía que puede perder el fotón en una colisión Compton.

Problema 10:

Un tubo de rayos-x se conecta a una fuente de 50000 Voltios. Calcule la longitud de onda más corta que se puede encontrar en el espectro de radiación que éste produce.

Problema 11:

William Bragg y su hijo Lawrence encontraron que cuando la radiación característica producida por un tubo de rayos X con un blanco de paladio se dirige hacia un cristal de sal de roca (cloruro de sodio), el haz reflejado tiene máxima intensidad a los siguientes ángulos: $5^\circ 59'$, $12^\circ 3'$ y $18^\circ 14'$. Calcule la longitud de onda de la radiación característica.

Problema 12:

Los rayos-x Bremsstrahlung de la longitud de onda más corta proveniente del blanco en un dado tubo de rayos-x tienen justo la energía suficiente para crear una par electrón-positrón en un medio denso. Deduzca el valor del voltaje en las terminales del tubo de rayos-x.