

Fotones, Una Radiación Electromagnética en su Interacción con la Materia

PHOTONS, AN ELECTROMAGNETIC RADIATION IN ITS INTERACTION WITH MATTER

Haydy Peralta Solórzano¹

Yira Tatiana Ramírez²

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta metodológica para la enseñanza de los fenómenos de interacción entre la radiación electromagnética y la materia, un tema muy utilizado en el área de la medicina en los procesos diagnóstico que permiten mejorar procesos de detección y comprensión de enfermedades. Luego de una breve introducción sobre estos fenómenos se plantea la herramienta didáctica diseñada bajo los lineamientos del Aprendizaje Basado en Problemas (A.B.P). El propósito es presentar una alternativa dinámica y entendible para el uso en el aula de clase.

Palabras Clave: Radiación Electromagnética, Materia, Herramienta Didáctica, A.B.P.

Abstract

This article presents a methodological proposal for teaching the phenomena of interaction between electromagnetic radiation and matter, a topic widely used in the area of medicine in the diagnostic processes that allow improving processes of detection and understanding diseases. After a brief introduction on these phenomena, the didactic tool designed under the guidelines of Problem Based Learning (A.B.P) is proposed. The purpose is to present a dynamic and understandable alternative for use in the classroom.

Key Words: Electromagnetic radiation, Matter, Didactic Tool, A.B.P.

INTRODUCCIÓN

La radiación X se divide en dos tipos de según la manera en que son producidos, y se denotan como rayos X característicos y rayos X por frenado. Por su capacidad de penetración brindan varios usos en la medicina y en la industria ya que por ser una ionización indirectamente ionizante preserva las propiedades del material en estudio,

¹ haydy111@gmail.com

² Tatis481@yahoo.com

permitiendo visualizar con caridad y detalle muchas de sus características; siendo esta una gran herramienta en el análisis de la materia viva e inerte.

En los procesos de interacción de los rayos X con la materia se originan tres Efectos fundamentales: Efecto Fotoeléctrico, Efecto Compton y Producción de Pares. Los fotones que tienen energía más baja interactúan mediante el efecto fotoeléctrico, en el cual el fotón cede toda su energía a un electrón que abandona el átomo o molécula mientras que el fotón desaparece. Los fotones de energía intermedia interactúan fundamentalmente mediante el efecto Compton, en este un fotón y un electrón colisionan como partículas, el fotón continúa su trayectoria en una nueva dirección y con una energía menor a su energía inicial, mientras que el electrón liberado parte con el resto de la energía del fotón. La producción de pares predomina en fotones con energías altas, superiores a 1.02MeV , en este efecto el fotón desaparece y en su lugar aparece una pareja electrón-positrón; este fenómeno tiene lugar en las cercanías del núcleo.

INTERACCIÓN RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA – MATERIA

Se entiende por radiación X a las partículas no cargadas capaces de producir ionización, en su interacción con la materia, mediante procesos secundarios. En esta interacción la partícula pierde energía que es comunicada al medio ó materia atravesada. Los más importantes, en cuanto a la transferencia de energía son los tres primeros, por lo cual no nos ocuparemos de los dos últimos. En ellos se imparte esa energía a la materia en muchas interacciones a lo largo de su camino. La importancia relativa de estos depende de la energía E del fotón incidente y del número atómico Z del medio absorbente.

Efecto Fotoeléctrico³

En el efecto Fotoeléctrico tenemos un proceso de colisión inelástica entre dos partículas, un fotón y un electrón, en el cual el fotón cede energía al electrón. El electrón está ligado al material. Si el electrón absorbe un fotón de energía $h\nu$, para poder desprenderse del material debe superar una cierta cantidad de energía que lo mantiene ligado a él, denominada función de trabajo ϕ . Por simples argumentos de conservación de la energía, la máxima energía cinética que puede tener un electrón al salir del material será:

$$K_{\text{máx}} = h\nu - \phi$$

Efecto Compton⁴

³ Tomado de [2]

⁴ Tomado de [2]

En el efecto Compton los fotones sobre el material blanco realizan colisiones elásticas entre estos y los electrones. Como consecuencia el fotón cede parte de la energía y emerge con una energía menor, sea, una longitud de onda mayor. La colisión tiene lugar entre un fotón y un solo electrón libre y en reposo.

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\phi)$$

Creación de Pares⁵

Cuando un fotón energético se acerca al campo eléctrico intenso de un núcleo puede suceder la producción de pares. En este caso el fotón se transforma en un par electrón-positrón. Como la suma de las masas del par es **1.02 MeV**, no puede suceder si la energía del fotón es menor que esta cantidad. Si la energía del fotón original es mayor que **1.02 MeV** el excedente se lo reparten el electrón y el positrón como energía cinética, pudiendo ionizar el material.

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS⁶

El A.B.P es una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resultan importantes, en el A.B.P un grupo pequeño de estudiantes se reúne, con un tutor, a analizar y resolver un problema diseñado especialmente para el logro de ciertos objetivos de aprendizaje. El ABP se sustenta en diferentes corrientes teóricas sobre el aprendizaje humano, tiene particular presencia la teoría constructivista, de acuerdo con esta postura en el ABP se siguen tres principios básicos:

1. El entendimiento con respecto a una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente.
2. El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación estimula el aprendizaje.
3. El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno.

Los pasos del proceso de aprendizaje en el A.B.P se resumen en la (Figura 2).

DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA

⁵ Tomado de [6]

⁶ Tomado de [4]

A continuación se presenta una guía enfocada a estudiantes de media vocacional, que se desarrollara con la intervención del tutor, como el modelo a seguir lo requiere.

Esta guía durara tres secciones de clase y cubrirá los siguientes objetivos:

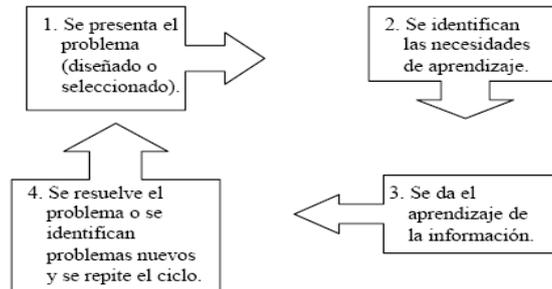


Figura 1. Método de Enseñanza A.B.P

1. Identificar el Efecto Compton, Fotoeléctrico y Creación de Pares como fenómenos donde se manifiesta el carácter corpuscular de los fotones.
2. Conocer la diferencia entre los fenómenos que produce la radiación X en su interacción con la materia.
3. Entender que la energía de la radiación electromagnética esta distribuida de forma discontinua agrupa en paquetes llamados fotones.

Guías de Trabajo

❖ Guía Efecto Fotoeléctrico

Sobre una placa metálica incide luz con longitud de onda $\lambda = 4910\text{Å}$ y salen electrones con energía cinética de $3 \times 10^{-19} \text{ J}$

1. ¿Qué tipo de choque se produce entre el fotón y el electrón?
2. ¿Qué tipo de fenómeno presenta este tipo choques?
3. ¿Qué le sucede al fotón?
4. ¿Qué pasa con el electrón?

Intervención del tutor: El objetivo es resolver dudas y aclara el fenómeno

1. El efecto fotoeléctrico se produce con luz roja ¿Se producirá efecto fotoeléctrico con luz amarilla?

2. El efecto fotoeléctrico se produce con luz azul, si ahora la luz incidente es amarilla ¿se producirá efecto fotoeléctrico?
3. ¿De que depende el hecho que se produzca o no, efecto fotoeléctrico?

Intervención del tutor: *Es importante que quede claro bajo que condiciones se produce efecto fotoeléctrico y en especial la importante relación hay con el material del blanco*

1. Si la frecuencia de la luz incidente, que dio lugar a que en un experimento se produce efecto fotoeléctrico, se duplica ¿la energía cinética de los electrones emitidos se duplica también?

❖ **Guía de Efecto Compton**

Un fotón que tiene una energía de 10^4 eV realiza una colisión con un electrón en reposo y es dispersado con un ángulo de 60° .

- 1 ¿Qué tipo de choque se produce entre el fotón y el electrón?
- 2 ¿Qué tipo de fenómeno presenta este tipo choques?
- 3 ¿Qué le sucede al fotón?
- 4 ¿Qué pasa con el electrón?

Intervención del tutor: *El objetivo es resolver dudas y aclara el fenómeno.*

- 1 ¿Qué orden de energías tienen los fotones dan lugar al efecto Compton?
- 2 ¿A que parte del espectro electromagnético pertenecen estos fotones?
- 3 ¿Es posible observar el efecto Compton empleando luz visible?

Intervención del tutor: *Es importante que quede claro bajo que condiciones es posible observa el efecto Compton*

1. ¿Depende el efecto Compton del material el blanco?

❖ **Guía Producción de Pares**

Un fotón de 1.11 MeV colisiona con el Núcleo de un átomo de Plomo cómo se muestra en la (Figura 3).

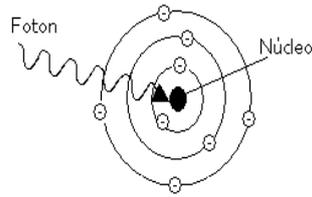


Figura 2. Producción de Pares

- 1 ¿Qué fenómeno ocurre en esta interacción?
- 2 ¿Qué sucede con el fotón incidente?
- 3 ¿Cuántas partículas se obtienen al final de la interacción?

Intervención del tutor: Con el fin de aclarar que el fenómeno que ocurre es la producción de pares, junto con su descripción enfatizando en lo que incide y lo que se produce.

- 1 ¿Cuál sería la diferencia de esta interacción si en vez de colisionar con el núcleo de un átomo de lo hiciera con el núcleo de un átomo de Helio?
- 2 ¿Se produciría el mismo fenómeno de interacción sí, el fotón incidente tiene una energía de 1 MeV .

Intervención del tutor: Con el fin de de aclarar las condiciones que se tienen para que ocurra la producción de pares.

- 1 Conociendo que la energía del fotón incidente, para que se produzca un par electrón-positrón es de 1.022 eV . Si incide un fotón de 2.0 MeV ¿Qué sucede con el exceso de energía de la necesaria para la producción de pares?

Intervención del tutor: Aclarando que sí el fotón incidente posee más energía de la necesaria para la producción del par, el exceso de energía se cede al par de electrones en forma de energía cinética.

CONCLUSION

Para que los estudiantes entiendan la problemática que plantea los fenómenos de la interacción de la radiación electromagnética con la materia consideramos que lo más adecuado es abordarlos a partir de problemas prácticos en los cuales se evidencie cada una de las magnitudes físicas que vinculan y poder así como tutores ahondar en su significado físico para una mayor comprensión de los mismos y con esto finalmente entender los fotones como una radiación no destructiva en la interacción con la materia.

REFERENCIAS

[1] <http://www.monografias.com>

[2] GARCIA M./EWERT D, (2003). *Introducción a la Física Moderna*. Colombia. Tercera Edición. 61-76.

[3] http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_6.htm

[4] Congreso Tendencias en Didáctica de la Física. *Universidad Javeriana*.