

CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE PLANCK A TRAVÉS DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO

HÉCTOR BARCO R.*, EDILBERTO ROJAS C.*

PC: Planck, Einstein, Fotoeléctrico, Fotones

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados que muestran la dependencia de la energía cinética de los fotoelectrones emitidos por una superficie metálica con la frecuencia de radiación incidente sobre ésta, la independencia de ésta energía cinética con relación a la radiación incidente y un cálculo de la constante de Planck.

ABSTRACT

In this article are presented the results that show the dependency of kinetic energy of the photoelectrons issued for a metallic surface with the radiation frequency on this, the independence of kinetic energy with relation to the incident radiation and a calculation of the Planck's constant.

Introducción

Uno de los fenómenos físicos que no deja duda (en su explicación) sobre el carácter corpuscular de la radiación electromagnética es el **Efecto fotoeléctrico**, explicado por Albert Einstein en 1905 y donde pone en evidencia la validez de la teoría cuántica expuesta por Max Planck unos años atrás. El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por algunos metales cuando sobre éstos incide luz de determinadas frecuencias o longitudes de onda.

* Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Departamento de Ciencias

Einstein sugiere que la luz se comporta en determinados casos como partículas (fotones) con una energía que solo depende de la frecuencia de la radiación, o sea: $E = hf$, donde E , es la energía del fotón, f es la frecuencia de la radiación y h , es una constante de proporcionalidad denominada Constante de Planck con valor de 6.63×10^{-34} J.s.

En este artículo se describe un procedimiento que permite el cálculo de la constante de Planck h y se presentan los resultados tanto numéricos como gráficos que muestran la inconsistencia de la teoría de la Física clásica para explicar el efecto fotoeléctrico.

Descripción experimental

La parte experimental se realizó en las instalaciones del laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

El equipo que se utilizó se muestra en la figura 1 y consta de lo siguientes elementos:

- Aparato h/e
- Lámpara de vapor de Mercurio
- Filtros
- Multímetro

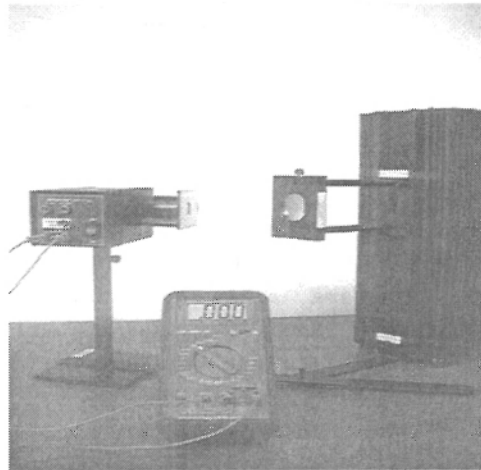


Fig. 1 Equipo utilizado para realizar el efecto fotoeléctrico.

Cuando se deja incidir luz de frecuencia variable al material que sirve como blanco, los resultados de contravoltaje (voltaje de frenado V_0 que hace nula la fotocorriente producida por los electrones liberados por la luz) para cada frecuencia, son los que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Color	Longitud de onda [nm]	Frecuencia x 10^{14} Hz	Voltaje de frenado V_0 [V]
Amarillo	578	5.18672	0.703
Verde	546.074	5.48996	0.876
Azul	435.835	6.87858	1.512
Violeta	404.656	7.40858	1.7
Ultravioleta	365.483	8.20264	1.95

De la tabla 1, se observa que al aumentar la frecuencia de la luz incidente sobre el material, aumenta en forma proporcional el valor absoluto del voltaje necesario que hace nula la fotocorriente (electrones emitidos por el material cuando sobre éste incide radiación electromagnética).

La energía cinética de los fotoelectrones se relaciona con el contravoltaje a través de la expresión

$$K = eV_0$$

Donde K, es la energía cinética de los fotoelectrones, e es la carga del electrón con valor 1.6×10^{-19} coul y V_0 , es el contravoltaje.

La gráfica de contravoltaje V_0 en función de la frecuencia, se muestra en la Fig. 2.

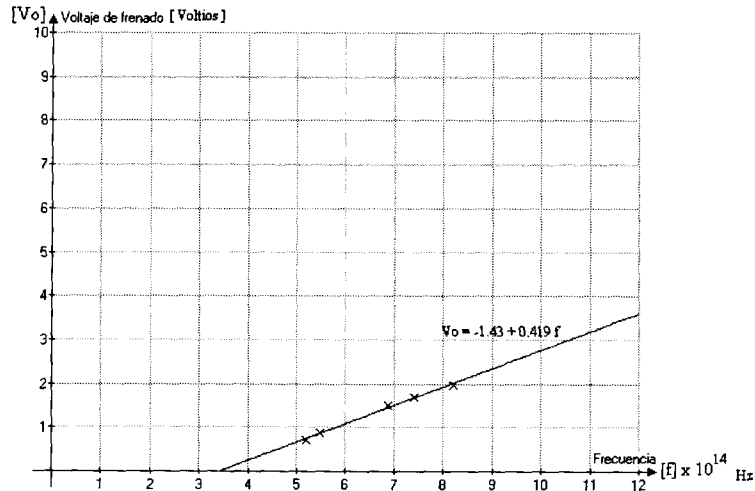


Fig. 2 Gráfica de voltaje de frenado contra frecuencia.

La gráfica deja ver claramente la dependencia lineal del contravoltaje con la frecuencia de la radiación incidente. Tomando en cuenta la ecuación del efecto fotoeléctrico propuesta por Einstein y comparándola con la ecuación de la recta resultante de la Fig. 2,

$$K = hf - \phi_0$$

$$eV_0 = hf - \phi_0$$

Donde f , es la frecuencia de la radiación, ϕ_0 es una constante característica de cada material denominada **Función de trabajo** ($\phi_0 = hf_0$) siendo f_0 la frecuencia umbral y h , la constante de Planck. Con las ecuaciones de arriba y la gráfica de la Fig. 2, se puede concluir que la pendiente de dicha gráfica resulta ser el valor h/e . Conociendo el valor de la carga del electrón y la pendiente de la gráfica se puede calcular la constante de Planck.

El valor de la constante para nuestro caso resultó ser :

$$h = 6.704 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

Que difiere en un 1.1 % con relación al valor exacto de $6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

De la gráfica de la Fig. 2, se observa que la función de trabajo para el material utilizado es de $\phi_0 = 1.43 \text{ eV}$. De la misma gráfica se obtiene que la frecuencia umbral es de aproximadamente $f_0 = 3.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

Cuando se hizo incidir luz de la misma frecuencia al material, haciendo variaciones de la intensidad de la radiación a través de una serie de filtros, los resultados que se obtuvieron, son mostrados en la tabla 2.

Tabla 2

COLOR	% DE TRANSMISIÓN	VOLTAJE DE FRENADO [v]
AMARILLO	100	0.72
	80	0.72
	60	0.71
	40	0.71
	20	0.71
VERDE	100	0.79
	80	0.79
	60	0.81
	40	0.78
	20	0.79
AZUL	100	1.44
	80	1.42
	60	1.42
	40	1.4
	20	1.3
VIOLETA	100	1.63
	80	1.57
	60	1.53
	40	1.47
	20	1.5
ULTRAVIOLETA	100	1.9
	80	1.82
	60	1.81
	40	1.79
	20	1.78

De la tabla anterior puede apreciarse que el voltaje de frenado o contravoltaje es (con buena aproximación) independiente de la intensidad luminosa de la fuente. La Fig. 3 muestra lo dicho anteriormente.

Considerando la ecuación del efecto fotoeléctrico y los resultados experimentales de la tabla N° 2, se puede deducir que la energía cinética de los fotoelectrones es independiente de la intensidad luminosa de la fuente que incide sobre el material.

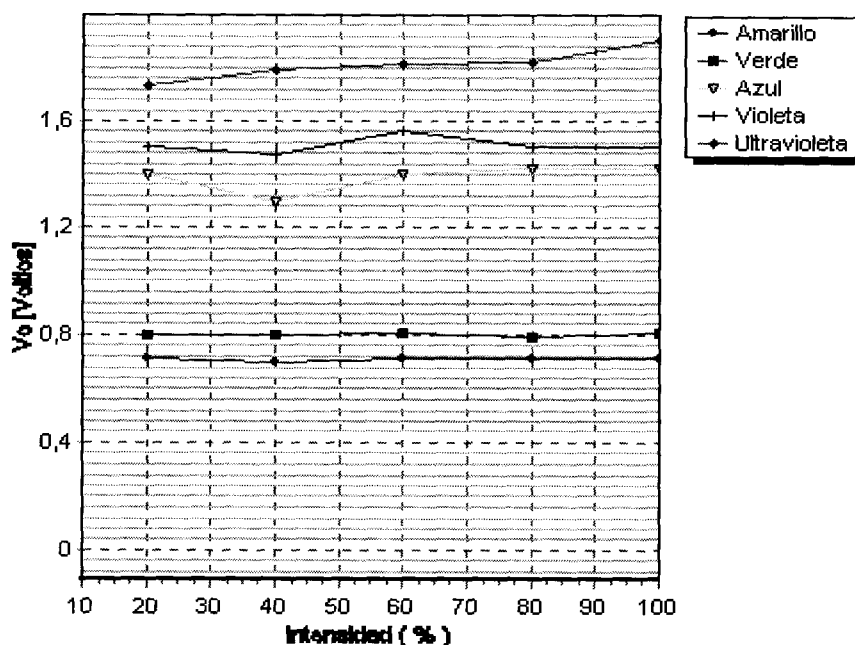


Fig. 3 Gráfica de voltaje de frenado contra intensidad de radiación.

Conclusiones

Los resultados que se han presentado en este artículo expresan claramente la validez de la teoría cuántica, la consistencia del valor de la constante de Planck y el carácter corpuscular de la radiación electromagnética. Constituyen también, una prueba contundente para que los estudiantes aprecien la utilidad de la teoría cuántica y la necesidad de introducir una nueva constante universal que desempeña un papel muy importante en la explicación de los fenómenos microscópicos de la naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA

CORNELL GARY, Visual Basic para Windows, 1996

ACOSTA COWAN GRAHAM, Física Moderna

HECTOR BARCO R,-EDILBERTO ROJAS C, Electromagnetismo y Física moderna

FISHBANE-GASIOROWICS-THORNTON, Física para Ciencias e Ingeniería. Vol.2 1994

ALONSO. M, FINN E. J, Física. Tomo III, 1995