



Diseño de Aplicaciones Web Educativas con HTML5: el Efecto Fotoeléctrico*

Ana Isabel Gómez-Varela¹, Noelia Barreira Rodríguez², Marcos Ortega Hortas², Fabio S. Vara³, Jorge Novo Buján², Manuel G. Penedo², María Teresa Flores Arias¹ y Carmen Bao-Varela¹

¹Grupo de Microóptica y Óptica GRIN, Facultade de Física y Facultade de Óptica e Optometría, Universidade de Santiago de Compostela, Campus Vida s/n 15782, Santiago de Compostela, España

²Grupo VARPA, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidade de A Coruña Campus de Elviña S/N 15071, A Coruña, España

³Colegio Hogar de Santa Margarita, C/Valle-Inclán 1-3 15011, A Coruña, España

Abstract

The development of virtual applications for education becomes increasingly more important in the classroom. These applets facilitate the comprehension of those subjects presenting higher level of difficulty, operating as virtual laboratories where students can implement experiments that in many occasions can not be accomplished by the educational centers. In this work, we present a virtual application developed with the marking language known as HTML5 for simulating the photoelectric effect. This application is part of a series of applets designed for the teaching of Physics-Chemistry, Biology-Geology and Technology-related content in EPO, ESO and Baccalaureate.

Keywords: *Active learning, Education, HTML5, Web application, Educational Software, Photoelectric Effect.*

Resumen

El desarrollo de aplicaciones virtuales para la enseñanza está cobrando cada vez más importancia dentro de las aulas. Estas applets facilitan a los

*Proyecto financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología–Ministerio de Economía y Competitividad (FCT-15-10125).

estudiantes la comprensión de aquellos contenidos que presentan una mayor dificultad, actuando como laboratorios virtuales. En ellos pueden implementar experimentos que de otra forma no podrían realizar ya que, en numerosas ocasiones, no pueden ser llevados a la práctica por los centros docentes. En este trabajo presentamos una aplicación virtual desarrollada con el lenguaje de marcado HTML5 para la simulación del efecto fotoeléctrico. Dicha aplicación forma parte de una serie de applets diseñadas para la enseñanza de Física-Química, Biología-Geología y Tecnología en EPO, ESO y Bachillerato.

Keywords: *Aprendizaje activo, Educación, HTML5, Aplicación Web, Software educativo, Efecto Fotoeléctrico.*

1 Introducción

Muchos centros educativos no disponen ni de las infraestructuras, ni de los materiales necesarios para poder desarrollar todas las prácticas de laboratorio que les gustaría. Además, el presente y el futuro a corto plazo de la educación se encuentra fuertemente ligado a un cambio de la metodología docente actual, abandonando los medios educativos convencionales (pizarras, libros de texto, libretas...) por herramientas digitales (portátiles, tabletas, libros digitales, aplicaciones informáticas...). Por ello, cada vez se encuentra más extendido el uso de formas de aprendizaje basadas en herramientas interactivas, como, por ejemplo, aplicaciones virtuales (University of Colorado Boulder 2002; ChemCollective 2000; GeoGebra 2001). Por otro lado, es importante tener en cuenta la atención a la diversidad en el aula y las distintas necesidades educativas de los alumnos que conviven en la misma. La versatilidad de las aplicaciones digitales permiten facilitar el aprendizaje, ayudar a mantener la concentración y profundizar en los contenidos tanto a los alumnos con mayores dificultades como a aquellos más aventajados.

Según Zaltmann y colaboradores (Zaltman, Duncan y Holbek 1973), el concepto de innovación hace referencia a tres usos relacionados entre sí. Innovación en relación a una invención, es decir, al proceso creativo mediante el cual dos o más conceptos se combinan de una forma novedosa con el objetivo de producir una configuración desconocida hasta ese momento. En segundo lugar, la innovación se puede describir como el proceso mediante el que esa nueva idea llega a formar parte del estado cognitivo de un usuario y, por último, una innovación es una idea, una práctica o un instrumento inventado o contemplado como novedad, se adopte o no su utilización.

En general, la innovación educativa aparece mucho más ligada a los dos últimos usos descritos por Zaltmann. En los últimos años, gran parte de la innovación educativa se ha centrado en la introducción y utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como vehículo de aprendizaje. Dichas tecnologías permiten promover cambios en las estrategias didácticas de los profesores y en la distribución del material de aprendizaje.

En este sentido y teniendo en cuenta las definiciones de innovación de Zaltmann, el presente trabajo muestra una aplicación virtual para la simulación del efecto fotoeléctrico, dirigida principalmente a los estudiantes de Física de 2º de Bachillerato. Esta página web forma parte de un conjunto de aplicaciones destinadas a la enseñanza de Física-Química, Biología-Geología y Tecnología en Educación Primaria Obligatoria (EPO), Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato y que permitan una mayor comprensión y/o refuerzo de conceptos de ciencias básicos.

La mayoría de los recursos virtuales de este tipo que se pueden encontrar están diseñados con Java y Flash. Sin embargo, en los últimos años se observa una tendencia importante a abandonar ambas herramientas para el diseño de aplicaciones virtuales por el lenguaje de marcado HTML5. Entre otras ventajas, las aplicaciones desarrolladas con HTML5 pueden utilizarse en cualquier dispositivo móvil (web, móvil, tableta) y supone una utilización de recursos inferior, utilizando un código de programación más sencillo que aporta mayor rapidez a la hora de cargar las páginas web.

2 Desarrollo de aplicaciones virtuales con HTML5

El uso de aplicaciones virtuales permite explicar contenidos relacionados con la ciencia de una forma didáctica y atractiva. La mayoría de estas aplicaciones virtuales estaban desarrolladas con el lenguaje de programación Java y con la aplicación de creación y manipulación de gráficos vectoriales conocida como Flash. Sin embargo, con el paso de los años han ido cayendo en desuso principalmente por su elevado coste computacional en dispositivos portátiles y por fallos de seguridad.

Por ello, el uso de HTML5 para el desarrollo de aplicaciones virtuales está cada vez más extendido. HTML5 es una revisión del lenguaje de marcado HTML (Hypertext Markup Language) y regulado por el Consorcio W3C. HTML5 presenta una serie de ventajas con respecto a lenguajes de marcado previos y otras herramientas para el desarrollo de aplicaciones virtuales, entre las que destacan las siguientes:

- No requiere del uso de *plugins* ni de APIs (*Application Program Interfaces*) de terceros.
- Tiene incorporadas nuevas características que permiten diseñar aplicaciones adaptables a diferentes dispositivos móviles, tales como webs, móviles y tabletas.
- Incluye nuevas etiquetas de vídeo, audio y canvas. Esta última en particular proporciona más efectos visuales.
- El código de programación es más simple, lo que resulta en páginas web más ligeras que se cargan de manera mucho más rápida.
- Pueden ejecutarse páginas web *offline*.
- Compatibilidad con todos los navegadores.

3 El Efecto Fotoeléctrico

En 1887, Heinrich Hertz descubrió que al someter a la acción de la luz determinadas superficies metálicas, éstas desprendían electrones (llamados fotoelectrones). Este fenómeno se conoce como Efecto Fotoeléctrico y los electrones emitidos son idénticos en masa, carga, spin y momento magnético.

Investigaciones posteriores sobre el efecto fotoeléctrico arrojaron una serie de resultados que no concordaban con la teoría clásica de la radiación electromagnética. La luz no se comportaba tal y como se esperaba en lo referido a su interacción con electrones, lo cual supuso reconstruir una parte importante de la Física desde sus bases. Philip Lenard, asistente de Hertz, realizó una serie de observaciones fundamentales sobre el efecto fotoeléctrico. Según sus experimentos, Lenard halló en 1902 que la intensidad de luz incidente en el material no influye en la energía cinética de los fotoelectrones emitidos. Sin embargo, el número de fotoelectrones extraídos es mayor cuando se utilizan fuentes de luz más brillantes que cuando se ilumina el material con fuentes más tenues.

El físico americano Robert Millikan encontraría años después que si la frecuencia de la radiación luminosa se encuentra por debajo de un cierto valor umbral, denominada frecuencia umbral o de corte, no se produce la emisión de fotoelectrones de la superficie metálica, independientemente de la intensidad de la fuente de luz.

Millikan fue el primero en determinar con gran precisión que la energía cinética máxima de los fotoelectrones obedece la ecuación propuesta por Albert (Einstein 1905). Einstein se dio cuenta de que la luz se comportaba como si estuviera formada por pequeñas partículas (inicialmente llamadas “cuantos”, que ahora se conocen como fotones) y que la energía asociada a cada una de dichas partículas era proporcional a la frecuencia de la radiación luminosa. Einstein basó su modelo en los resultados de las investigaciones realizadas por Lenard, y en una interpretación genial de la hipótesis de Max Planck, quien propuso por primera vez la noción de la cuantización de la radiación electromagnética para solucionar el problema teórico del espectro de emisión de la radiación de cuerpo negro (catástrofe ultravioleta). Según su teoría, formulada en 1900, la radiación está formada por “cuantos” de energías específicas determinadas por una constante fundamental, denominada constante de (Planck 1901).

“De hecho, me parece que las observaciones de la radiación de cuerpo negro”, fotoluminiscencia, producción de rayos catódicos por luz ultravioleta y otros fenómenos relacionados con la emisión o la transformación de la luz se pueden entender mejor bajo el supuesto de que la energía de la luz está distribuida de forma continua en el espacio. De acuerdo con el supuesto aquí considerado, cuando un rayo de luz se propaga a partir de un punto, la energía no está distribuida de forma continua sobre un volumen cada vez mayor, sino que ésta consiste en un número finito de cuantos de energía, localizados en puntos del espacio, los cuales se mueven sin dividirse, y sólo pueden ser absorbidos o emitidos como un todo”. (Einstein, 1905).

Einstein obtuvo el premio Nobel de Física en 1921 por su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico.

Las aplicaciones del efecto fotoeléctrico son muy diversas y van desde hacer posible el cine hablado, transmitir imágenes animadas, gobernar sistemas de control (controlar automáticamente el encendido y apagado de la iluminación de las calles) hasta funcionamiento de calculadoras, relojes e incluso baterías solares incorporadas a cualquier vehículo espacial, entre otras.

4 Aplicación web desarrollada con HTML5 para explicar el Efecto Fotoeléctrico

El Efecto Fotoeléctrico es parte del contenido obligatorio de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato. Este fenómeno es vital para la comprensión de la Física Moderna y de uno de sus postulados más importantes: el comportamiento dual (onda-corpúsculo) de la radiación luminosa.

La aplicación web desarrollada con HTML5 simula un experimento para la observación del efecto fotoeléctrico. La aplicación permite al estudiante seleccionar un material metálico y filtrar una longitud de onda. Cuando se ilumina el cátodo de una célula fotoeléctrica con dicha longitud de onda, se origina una corriente eléctrica de cierta intensidad (proporcional al número de electrones arrancados y que se puede determinar ubicando un amperímetro en el dispositivo experimental). El trabajo necesario para arrancar el electrón del metal depende de la naturaleza del mismo (de la energía de enlace). La energía más pequeña necesaria para producir efecto fotoeléctrico, es decir, aquella que arrancaría los electrones más débilmente unidos, se conoce con el nombre de trabajo de extracción W_0 (o función de trabajo). El trabajo de extracción se puede calcular de forma cualitativa a partir de la siguiente expresión:

$$W_0 = h \cdot \nu_0 \quad (1)$$

donde h es la constante de Planck y ν_0 es la frecuencia umbral.

Cuando el ánodo es negativo, debido a la interacción electrostática, los electrones se sentirán repelidos de tal manera que sólo serán capaces de llegar aquéllos que posean suficiente energía cinética E_c como para superar el potencial de repulsión. Existe un valor del potencial de repulsión a partir del cual ningún electrón alcanzaría el ánodo y que recibe el nombre de potencial de frenado V_D (o potencial de detención). La forma de calcularlo es:

$$E_c = q_e - V_d \quad (2)$$

donde q_e representa la carga del electrón.

En 1905, Albert Einstein fue capaz de explicar el efecto fotoeléctrico partiendo de una serie de suposiciones:

- La energía de cada fotón emitido está cuantizada. Dicha energía se relaciona con la frecuencia mediante la expresión:

$$E = h \cdot \nu \quad (3)$$

- Los fotones emitidos, al incidir sobre el cátodo, son absorbidos completamente por fotoelectrones, aportándoles cierta cantidad de energía cinética. La energía cinética de los fotoelectrones responde a la expresión

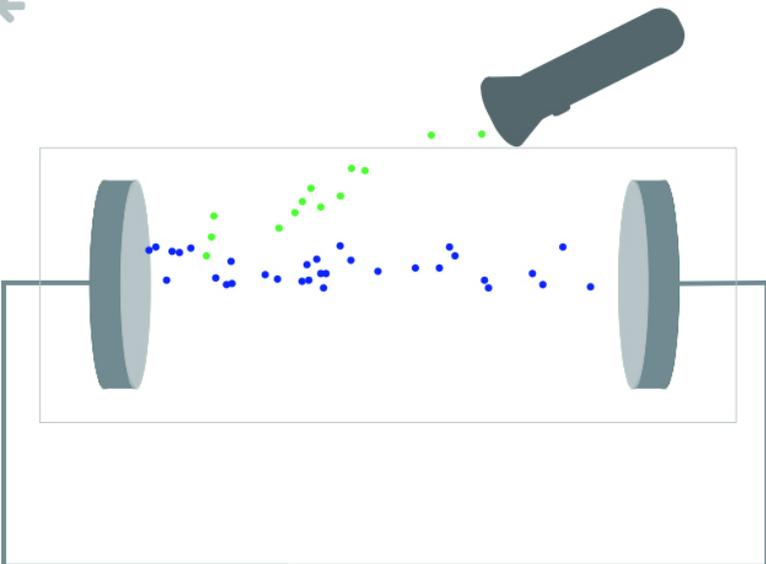
$$E_c = h \cdot \nu - W \quad (4)$$

- Aquel electrón que esté más débilmente unido será el que sea extraído con una mayor energía cinética, es decir, será emitido a mayor velocidad. La forma de calcular la energía cinética de los electrones menos fuertemente ligados es

$$E_c = h \cdot \nu - W_0 \quad (5)$$

Como consecuencia de las citadas suposiciones encontramos que, si la frecuencia de la radiación incidente es inferior a la frecuencia umbral, no se producirá efecto fotoeléctrico (por lo que no se extraerá ningún fotoelectrón). Por otro lado, si modificamos la intensidad de la luz, modificamos el número de fotones que incide sobre el cátodo por lo que el número de fotoelectrones emitidos variará de forma sustancial. Sin embargo, una modificación de la intensidad no supondrá una modificación en la energía de los fotones ni de los fotoelectrones emitidos. Todas estas experiencias pueden ser visualizadas con la aplicación web, donde los estudiantes pueden modificar la longitud de onda de los fotones incidentes, así como la intensidad de la radiación. La aplicación virtual también permite aplicar un voltaje determinado a la célula fotoeléctrica para poder observar cómo influye en la corriente de electrones y evaluar cualitativa y cuantitativamente el potencial de frenado.

Efecto fotoeléctrico



Metal

Sodio

Frecuencia umbral (ν_0)

$5,5130 \times 10^{14}$

Trabajo de extracción (W_0)

2.28

Energía cinética máxima ($E_{c,max}$)

0.07

Gráficas

Energía vs frecuencia
Energía vs longitud de onda

Documentación

Ficha
Cuestiones
Problemas
Encuesta valoración

Versión para imprimir

Longitud de onda (nm)

527

Intensidad

4

Potencial de retardo (V)

0

Energía fotón (eV)

2.35

Desarrollo de recursos educativos digitales para la enseñanza de Física-Química, Biología-Geología y Tecnología en EPO, ESO y Bachillerato - 2016
Índice de aplicaciones - Quiénes somos?



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Fig. 1: Página web desarrollada con HTML5 para la simulación del efecto fotoeléctrico para el caso del sodio.

El panel situado a la derecha permite variar el material metálico que conforma el cátodo y visualizar el valor de la frecuencia umbral, el trabajo de extracción y la

energía cinética máxima de los fotoelectrones. En la zona central del panel se pueden visualizar las gráficas correspondientes a la dependencia de la energía con la frecuencia y la longitud de onda, mientras que en la parte inferior del mismo se muestra una ficha con la información más destacada asociada al efecto fotoeléctrico, así como una serie de cuestiones y problemas relacionados.

5 Conclusiones

En este trabajo se presenta una aplicación virtual desarrollada con HTML5 para la simulación del efecto fotoeléctrico. El efecto fotoeléctrico es uno de los pilares de la Física Moderna y uno de los contenidos obligatorios para los alumnos de Física de 2º de Bachillerato. La comprensión de dicho efecto es mucho más sencilla cuando se ve apoyada por la aplicación virtual diseñada en este trabajo, con la cual los estudiantes pueden simular la emisión de fotoelectrones al irradiar un material metálico con una fuente luminosa. Además, la aplicación les permite cambiar el metal que conforma el cátodo de la célula fotoeléctrica y, por ende, observar cómo cambia el valor del trabajo de extracción para cada uno de ellos. También pueden manipular la intensidad de la luz incidente, así como la frecuencia de la radiación. Por último, la aplicación ofrece la posibilidad de aplicar un potencial de frenado que permite desde ralentizar los fotoelectrones hasta modificar el sentido de su trayectoria. El uso de HTML5 permite que los estudiantes puedan visualizar la aplicación en cualquier dispositivo móvil con independencia del navegador usado, no requiere de la instalación de ningún componente en sus equipos y hace que la carga de la página sea más rápida en comparación con otras herramientas de desarrollo de aplicaciones.

Referencias bibliográficas

- ChemCollective (2000). <http://www.chemcollective.org>, 04 de Abril de 2016.
- Einstein, A. (1905). “Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betrefenden heuristischen Gesichtspunkt”. En: *Annalen der Physik* 17, págs. 132-148.
- GeoGebra (2001). <http://www.geogebra.org>, 04 de Abril de 2016.
- Planck, M. (1901). “On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum”. En: *Annalen der Physik* 309 (3), págs. 553-563.
- University of Colorado Boulder (2002). <https://phet.colorado.edu/es/>, 04 de Abril de 2016.
- Zaltman, G., R. Duncan y J. Holbek (1973). *Innovations and organizations*. R.E. Krieger Publishing Company.