



# La Experimentación como una Herramienta para la Comprensión del Concepto de Energía Asociada a una Onda Electromagnética

Julio Armando Díaz Juárez<sup>a</sup>, Mirna Villavicencio<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (Física). Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>b</sup>Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

## ARTICLE INFO

**Received:** 29 octubre 2019

**Accepted:** 22 diciembre 2019

**Available on-line:** 01 mayo 2020

**Keywords:** Educación media superior, enseñanza del electromagnetismo, energía de una onda electromagnética

**E-mail addresses:**  
armandodiaz\_fisica@ciencias.unam.mx  
mirnavt@ciencias.unam.mx

ISSN 2007-9842

© 2020 Institute of Science Education.  
All rights reserved

## ABSTRACT

Experimentation in Physics class plays a very important role in the search for significant learning of the fundamental concepts. In this work, we present the results obtained when two low-cost experiments are developed with high school student. These experimental activities allow them to appreciate and verify that electromagnetic waves transport energy. The experiment, in which water containers of different colors are exposed to solar radiation and the temperature variation is measured, encourages the high school students to intuitively understand the concept of thermal radiation and broadening their vision of electromagnetic waves, to which they usually link only electrical and magnetic effects. Besides, the minimum energy absorbed by the water can be calculated knowing the heat capacity of the water and the initial and final temperature of the containers. It should be mentioned that these experiments can also be used as a detonating activity for the study in optics of the concepts of color, absorption, reflection and refraction of electromagnetic waves.

La experimentación en las asignaturas de Física juega un papel de gran relevancia en la búsqueda de un aprendizaje significativo de los conceptos fundamentales. En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos al realizar con estudiantes de bachillerato un experimento de bajo costo que les permite apreciar y comprobar que las ondas electromagnéticas transportan energía. Este experimento, en el que se exponen contenedores de agua de diferentes colores a la radiación solar y se mide la variación de la temperatura, fomenta el que el estudiante de bachillerato comprenda, de forma intuitiva, el concepto de radiación térmica ampliando su visión de las ondas electromagnéticas, a las que suele ligar solamente efectos eléctricos y magnéticos. Además, podrá calcular la energía mínima absorbida por el agua conociendo su capacidad calorífica y la temperatura inicial y final de los contenedores. Cabe mencionar que este experimento puede, además, ser utilizado como actividad detonadora para el estudio en óptica de los conceptos de color, absorción, reflexión y refracción de ondas electromagnéticas.

## I. INTRODUCCIÓN

Los conceptos básicos de electromagnetismo permiten no sólo explicar algunos de los fenómenos naturales que podemos observar a simple vista, como el color del cielo, la formación del arcoiris y la generación de las tormentas eléctricas, entre otros; sino que también juegan un papel fundamental en el desarrollo de muchos de los dispositivos tecnológicos que utilizamos en nuestra vida diaria. Esta clara relación entre el electromagnetismo y nuestro quehacer cotidiano lo convierten en un tema que debe ser conocido, con mayor o menor grado de profundidad, por quienes aspiren a poseer una cultura científica básica que les permita comprender el mundo que les rodea y tomar decisiones informadas.

Lo anterior hace que el estudio del electromagnetismo se considere obligatorio en los programas de las asignaturas de Física que se imparten tanto en el nivel medio, como en el medio superior y el superior.

Ahora bien, a pesar de la importancia del electromagnetismo y su cercanía a la vida cotidiana, su enseñanza en el nivel medio superior no es una tarea fácil sobre todo si se considera la abstracción de los conceptos involucrados. Es común que los estudiantes que parecían haber comprendido conceptos como el de fuerza, trabajo, energía y onda en el ámbito de la mecánica clásica, se sientan confundidos cuando estos mismos conceptos se ven asociados a los fenómenos electromagnéticos. Es claro entonces que debemos buscar nuevas estrategias didácticas que permitan que todos los estudiantes, incluso aquellos que no están interesados por la Física, comprendan los conceptos básicos y puedan aplicarlos para explicar lo que sucede a su alrededor.

Considerando que uno de los conceptos más difíciles de comprender por el estudiante es el hecho de que las ondas electromagnéticas transportan energía y el que las actividades experimentales pueden emplearse para facilitar la comprensión de conceptos abstractos y motivar al estudiante, en este trabajo se presentan dos actividades experimentales, y los resultados de su implementación, que permiten al profesor introducir el concepto de energía electromagnética al mismo tiempo que se motiva al estudiante en el estudio de la física y se fomenta un pensamiento crítico y analítico.

Cabe mencionar que estas actividades experimentales podrán además ser utilizadas para formar en el alumno una idea intuitiva de lo que es un cuerpo negro, acotando el concepto solamente a la luz visible.

## II. LA EXPERIMENTACIÓN EN LA CLASE DE FÍSICA

De acuerdo a Anderson y Krathwohl (2001), cada persona es un agente activo de su propio aprendizaje ya que selecciona la información, le da un significado y construye el conocimiento con base en sus experiencias cotidianas y de la misma forma que podremos apropiarnos de conceptos como el de calor, temperatura y energía nuclear, también de otros que no coinciden con el conocimiento científico aceptado. De esta manera, los estudiantes del nivel medio superior que se encuentran en la adolescencia, poseen una predisposición, ya sea positiva o negativa, para el estudio de las ciencias según las experiencias obtenidas en sus cursos previos, lo que obliga al docente a diseñar e implementar actividades de enseñanza en las que se incluyan aquellos factores que influyen positivamente en la motivación del estudiante.

En general, los profesores de Física pueden percibir en sus estudiantes dos tipos de interés en la ciencia, el intrínseco y el situacional. El primero, lo presentan los alumnos con vocación por la ciencia y que se sienten satisfechos al entender los fenómenos naturales, mientras que el segundo, si bien puede ser efímero, se genera en cualquier alumno cuando tiene experiencias agradables relacionadas con la materia.

Las encuestas realizadas por Derek Cheung (2018), han mostrado que este interés situacional en ciencias puede generarse con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la proyección de videos divertidos y principalmente por el desarrollo de actividades experimentales en las que se propicia que el alumno interactúe activamente con sus compañeros en la discusión y elaboración de hipótesis.

Si bien existen diversos factores por los cuales un estudiante manifiesta un interés intrínseco por la ciencia, uno de ellos es el constante acercamiento satisfactorio. En otras palabras, si se propicia de manera recurrente, en el salón de clase, el interés situacional del estudiante, se generará en éste un interés intrínseco, lo que es uno de los objetivos que el docente de las clases de Física espera alcanzar.

En este trabajo, se propone que el profesor promueva el trabajo colaborativo y el desarrollo de un interés intrínseco por la Física a través de la realización de actividades experimentales constituidas por experimentos sencillos, fácilmente reproducibles, que se realizan con materiales que se encuentran al alcance de todos los estudiantes. De acuerdo con J. I. Marulanda y L. A. Gómez (2006), estas actividades promoverán el desarrollo del estudiante en diferentes aspectos, siendo el principal la motivación.

El trabajo colaborativo, la observación de fenómenos físicos, la explicación de los mismos a través de discusiones grupales y la aplicación de lo observado en la búsqueda de explicaciones a lo que se puede observar en la vida cotidiana promoverá el desarrollo cognitivo y de un pensamiento científico en el estudiante.

Las investigaciones de Hu y Zwickl (2017) sobre el punto de vista de los estudiantes con respecto a la física experimental, indican que el 50% de ellos creen que pueden completar un experimento sin haber entendido las ecuaciones y los conceptos físicos involucrados. Esto claramente refleja la parte negativa de hacer experimentos mecanizados, a la vez que evidencia las ventajas que se tendría que el docente realizara en clase experimentos demostrativos en los que se puedan observar directamente los conceptos físicos. Lo que se busca con la realización de actividades experimentales es motivar al estudiante y fomentar la comprensión de los conceptos más que el análisis cuantitativo de las mediciones repetitivas que se obtienen en un experimento de “receta de cocina”.

Al igual que un adolescente puede mejorar su toma de decisiones aplicando lo aprendido a través de sus vivencias de la vida cotidiana, el proceso de enseñanza-aprendizaje que se da en el aula es reforzado cuando puede observar de primera mano los resultados de un experimento que le resulta interesante, lo que da como consecuencia un aprendizaje reforzado.

Ahora bien, proponer experimentos atractivos para todos los estudiantes de la clase de Física resulta difícil debido a la gran diversidad de intereses y actitudes ante la ciencia y a la inercia de una buena parte de los profesores que suelen seguir manuales de laboratorio que incluyen experimentos escolares mecanizados, en los que se emplean instrumentos y materiales de difícil acceso y en los que los estudiantes siguen únicamente los pasos sin detenerse a cuestionar o a tratar de predecir, suprimiendo de esta manera la posibilidad de desarrollar un pensamiento científico crítico y analítico.

En este trabajo proponemos dos actividades experimentales que pueden realizarse, ya sea en el aula o en casa como actividad extraescolar, con materiales de bajo costo y fácil acceso. Se espera que al manipular los materiales y montar el arreglo experimental, motive al estudiante a formular hipótesis promoviendo un aprendizaje autónomo.

### **III. ACTIVIDADES EXPERIMENTALES PARA DEMOSTRAR QUE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS TRANSPORTAN ENERGÍA**

Se proponen dos experimentos para observar que las ondas electromagnéticas en efecto transportan energía y cómo ésta puede ser absorbida o reflejada según la superficie de los materiales en los cuales incide. La absorción de energía se visualiza en el aumento de temperatura de las sustancias utilizadas, agua y aluminio.

Es claro que estos experimentos podrían no sólo ser utilizados para caracterizar a las ondas electromagnéticas, sino también para reforzar algunos de los conceptos fundamentales de la termodinámica y la óptica, por lo que el estudiante podrá relacionar estas tres disciplinas de la física mediante la comprensión de los fenómenos físicos involucrados en los experimentos propuestos.

#### **III.1 CONTENEDORES DE AGUA DE DISTINTOS COLORES EXPUESTOS A LA RADIACIÓN SOLAR.**

Este experimento se realiza utilizando material reciclado al que los estudiantes tienen fácil acceso ya sea en el aula escolar o en casa, pues sólo se necesita papel aluminio, pintura escolar acrílica de diferentes colores, un termómetro infrarrojo y al menos 7 botellas PET, de 237 ml.

Una de las botellas se forra con papel aluminio y el resto se pinta de diferente color. Se rellena las botellas con agua de grifo y se mide la temperatura de las botellas empleando el termómetro infrarrojo (Figura 1).



**FIGURA 1.** Medición de la temperatura del agua del grifo.

Posteriormente, se expone las botellas a la radiación solar durante noventa minutos en un día caluroso (Figura 2) y transcurrido este tiempo se vuelve a medir su temperatura.



**FIGURA 2.** Botellas expuestas a la radiación solar.

Los resultados se reportan en la Tabla I, en donde para llenar la tercera columna los estudiantes deberán emplear los conceptos de calor, energía interna, temperatura y calor específico, es decir,  $Q = mc\Delta T$ .

**TABLA I.** Resultados de exponer botellas de colores con agua a la radiación solar.

Color de la botella	Temperatura del agua (°C)	Incremento de temperatura (°C)	Energía mínima absorbida (Joules)
Azul			
Verde			
Roja			
Amarilla			
Blanca			
Negra			
Papel aluminio			

### III.2 EXPOSICIÓN DE SUPERFICIES DE ALUMINIO DE COLORES A RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Esta actividad se realiza empleando el mismo material de la actividad anterior. Para ello, se cortan franjas de papel aluminio y se pintan de distintos colores, por ejemplo, azul, verde, rojo, amarillo, blanco y negro. Las franjas se pegan con lápiz adhesivo a una superficie de papel aluminio para evitar que se muevan durante el experimento. Con ayuda del termómetro infrarrojo se toma la temperatura de cada franja y se procede a exponerlas a la radiación solar durante aproximadamente 15 minutos. Pasado este intervalo de tiempo, se vuelve a medir la temperatura de cada franja (Figura 3) y se anotan los resultados en la Tabla II.



**FIGURA 3.** Medición de temperatura en la superficie verde.

**TABLA II.** Resultados de exponer tiras de aluminio a la radiación solar.

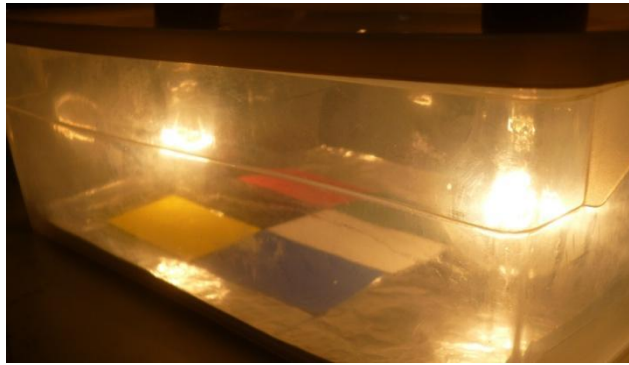
Color de la superficie	Temperatura (°C)
Azul	
Verde	
Rojo	
Amarillo	
Blanco	
Negro	

### IV. IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

Estos sencillos experimentos, se implementaron en el curso de Física III que se imparte en el Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur, de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo modelo educativo está centrado en tres premisas: aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser.

El grupo, constituido por 25 estudiantes con edades que oscilaban entre los 15 y 16 años, fue dividido en equipos para fomentar el trabajo colaborativo. Dado que se trabajó con un grupo del turno vespertino, no fue posible exponer las botellas a la radiación solar. Sin embargo, se realizó una adaptación en la que las botellas se expusieron a la radiación electromagnética emitida por dos focos incandescentes con filamento de tungsteno de 100 W.

Las franjas de papel aluminio pintado se ubicaron en el interior de una caja en la que los focos se colocaron en la tapa. Se procuró que cada superficie recibiera la misma cantidad de radiación, Figura 4. El tiempo de exposición a la radiación de los focos fue de diez minutos.



**FIGURA 4.** Exposición de superficies de colores a la radiación electromagnética generada por dos bombillas.

Transcurridos los diez minutos, el profesor retiró la tapa de la caja y los alumnos midieron la temperatura de cada superficie con el termómetro infrarrojo. Los resultados se reportan en la Tabla III.

**TABLA III.** Resultados de exponer tiras de aluminio a la radiación de dos bombillas.

Color de la superficie	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)
Azul	27.5	57.0
Verde	27.5	52.0
Rojo	27.3	62.0
Amarillo	27.4	62.0
Blanco	27.2	63.0
Negro	27.0	90.0



**FIGURA 5.** Alumnos elaborando hipótesis del experimento.

Una vez obtenidos los resultados, se invitó a los estudiantes a elaborar hipótesis de forma grupal (Figura 5).

## V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos por los estudiantes al realizar el experimento III.1 se muestran en la Tabla IV. De los datos que en ella aparecen se puede apreciar que, efectivamente, hay una diferencia entre la energía absorbida por la botella pintada de color blanco y la absorbida por la botella pintada de negro (9411.27 Joules).

**TABLA IV.** Resultados de exponer botellas de colores con agua a la radiación solar.

Color de la botella	Temperatura del agua (°C)	Incremento de temperatura (°C)	Energía mínima absorbida (Joules)
Azul	45.2	20.4	20 209.46
Verde	46.6	21.8	21 596.38
Roja	43.7	18.9	18 723.47
Amarilla	42.1	17.3	17 138.41
Blanca	39.7	14.9	14 760.83
Negra	49.2	24.4	24 172.10
Papel aluminio	39.1	14.3	14 166.43

Aunque la obtención de estos resultados evidencia que la actividad experimental fue realizada con resultados satisfactorios, este experimento presentó algunos inconvenientes principalmente debido a la necesidad de exponer a los contenedores por un intervalo de tiempo grande a la radiación solar. Dada la elevada capacidad calorífica del agua, para realizar este experimento de forma más ilustrativa, conviene reemplazar las botellas de 237 ml por contenedores más pequeños que no sobrepasen los 50 ml de capacidad. Con este ajuste, se observará más claramente la diferencia de temperaturas entre los recipientes pintados de diferentes colores.

Por otra parte, si bien estos experimentos puede ser muy ilustrativos para los alumnos, suelen presentar complicaciones técnicas para hacerlos ante un grupo debido a que no necesariamente el horario de clase coincide con el momento en el que se tiene una alta radiación solar. Además, como ya se mencionó, la capacidad calorífica del agua es muy elevada comparada con la de otras sustancias como los metales, por lo que el tiempo de exposición a la radiación solar, debe ser prolongada, sugiriéndose como mínimo una hora en un día caluroso para poder observar resultados favorables. Sin embargo, puede sugerirse a los estudiantes que realicen las actividades como tarea para casa.

El análisis de los resultados obtenidos llevó a las siguientes explicaciones:

- Al estudiar la radiación electromagnética emitida por una bombilla, con filamento de tungsteno aproximadamente a 3000 K, nos damos cuenta que emite más energía en una región con longitudes de onda correspondientes al rojo e infrarrojo, es decir, emite muy poca energía con frecuencias asociadas a la luz visible comparada con la energía que emite en el infrarrojo. En otras palabras, no podemos fiarnos de las mediciones de las temperaturas del papel aluminio de colores debido a que no tenemos una fuente apropiada. Para el caso del papel aluminio blanco y negro tenemos valores muy buenos ya que por un lado el blanco refleja toda la luz visible que emite el foco y por otro lado el negro la absorbe.

Cabe señalar que este experimento se puede hacer bajo la luz solar y se obtendrán resultados satisfactorios en toda la gama de colores, con un tiempo de exposición solar mínimo de diez minutos en un día caluroso.

- La baja capacidad calorífica del aluminio provoca que el metal disminuya su temperatura drásticamente, después de retirar la fuente de los focos de filamento de tungsteno. Por los resultados observados se concluye que no se puede hacer la medición de más de tres temperaturas distintas, después de estas tres mediciones, la temperatura de los demás fragmentos de papel aluminio pintados habrá disminuido considerablemente.

#### IV. CONCLUSIONES

Al realizar las actividades experimentales, los estudiantes modificaron su construcción conceptual de los colores y asociaron el cambio en la temperatura al hecho de que la radiación electromagnética generada por el Sol, o los focos, transporta energía. Aunque al inicio de las actividades experimentales se mostraban escépticos de la relación que hay entre la temperatura de un objeto y su color según su exposición a la radiación solar, al final pudieron relacionar lo aprendido con la vida cotidiana al responder el porqué se prefiere utilizar ropa blanca a ropa negra en un día caluroso. Cabe mencionar que estas actividades experimentales podrán implementarse al discutir temas de termodinámica como temperatura, transferencia de calor por radiación, calor específico.

#### AGRADECIMIENTOS

Julio Armando Díaz Juárez agradece el apoyo de CONACyT y MADEMS-Física. Mirna Villavicencio agradece el apoyo de la DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIME PE104917.

#### REFERENCIAS

Cheung, D. (2018). The key factors affecting students' individual interest in school science lessons. *International Journal of Science Education*, 40 (1), pp. 1-23. doi: 10.1080/09500693.2017.1362711.

Marulanda, J. I., Gómez L. A. (2006). Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física. *Revista colombiana de física*, 38 (2), pp. 699-702.

Hu, D., Zwickl, B. M. (2017). Qualitative investigation of students' views about experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*, 13 (2), pp. 020134-1 020134-12. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020134.

Wilcox, B. R., Lewandowski, H. J. (2017). Students' views about the nature of experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*, 13 (2), pp. 020110-1 020110-12. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020110.

Anderson, L. W & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. (pp 38-41) Abridged Edition. New York: Addison Wesley Longman.