

Memoria de Ejecución del Proyecto

**AYUDAS DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA A
PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE
CURSO 2015/2016**

Título del proyecto:

**Docencia de Electromagnetismo basada en la
descripción de observaciones**

Código del proyecto: ID2015/0059

Coordinador del proyecto:

Eduardo Martínez Vecino

Facultad de Ciencias
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

I. Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto

Eduardo Martínez Vecino

Luis López Díaz

María Auxiliadora Hernández López

Luis Torres Rincón

II. Introducción y objetivo

El presente documento presenta la Memoria de Ejecución del Proyecto titulado “Docencia de Electromagnetismo basada en la descripción de observaciones” concedido por la Universidad de Salamanca en el contexto del “Programa de mejora de la calidad” en la convocatoria de Ayudas a Proyectos de Innovación y Mejora Docente del curso 2015/2016.

La docencia del Electromagnetismo se abarca en los primeros cursos de los grados de Física, Química, Ing. Química, Ing. Geólogo y Matemáticas entre otros. Se trata por tanto de una asignatura esencial para el desarrollo de distintos ámbitos científicos y técnicos.

La teoría del electromagnetismo consiste en describir y cuantificar los fenómenos relacionados con las interacciones entre cargas y corrientes eléctricas. Su desarrollo como formalismo teórico es un paradigma para otras ramas de la Física. Sin embargo, el Electromagnetismo es una disciplina eminentemente experimental, y la teoría se ha desarrollado partiendo de la observación de fenómenos, formulando hipótesis y comprobando su rango de validez. Es por tanto, una asignatura ideal para ser construida a partir de la observación y descripción cualitativa y cuantitativa de experimentos, pilares básicos del método científico.

A pesar de lo mencionado, y debido fundamentalmente a limitaciones de tiempo docente y a la falta de materiales apropiados, el Electromagnetismo se suele impartir desde un punto de vista teórico, a partir de clases en la que se explica la teoría electromagnética, y se resuelven problemas en los que se utilizan los conceptos previamente tratados. El objetivo de este proyecto es el desarrollo de materiales docentes a partir de los cuales los alumnos puedan descubrir el Electromagnetismo y sus leyes por sí mismos, partiendo de la observación experimental de fenómenos Electromagnéticos, formulando y verificando hipótesis, y construyendo la posterior descripción cualitativa y cuantitativa de los mismos.

Esta forma de abordar la docencia del Electromagnetismo será la base de una construcción teórica más robusta, y tendrá un gran impacto en el aprendizaje de la misma. Muchas veces como docentes, tendemos a acostumbrarnos a pensar que una expresión matemática, que describe cierta parcela de la naturaleza, puede considerarse una verdad absoluta. Aunque puede ser el caso en ciertas ocasiones, será de gran utilidad para el alumno descubrir esa verdad por sí mismo, pues es de esa forma como se consigue un aprendizaje significativo. Además, cuando se descubre y describe un determinado fenómeno partiendo de su observación, también se adquiere consciencia de rango de validez de la descripción propuesta. Tener presentes las limitaciones de la teórica y su ámbito de aplicación es también básico para el desarrollo de un científico/a.

III. Metodología y cumplimiento de objetivos

El objetivo de este proyecto de innovación docente es la preparación de videos de experiencias de cátedra para ser visualizados por los alumnos de forma individual previamente al desarrollo de la teoría que los describe en las clases de grupo grande. En el laboratorio de Electromagnetismo de la facultad de Físicas de la Universidad de Salamanca disponemos de material para la realización de las experiencias de cátedra planteadas, pero el proyecto no recibió financiación para la adquisición de la cámara de video y el trípode necesarios para su grabación y posterior difusión a través de la plataforma Studium. Por este motivo en lo que sigue se describen las experiencias de cátedra realizadas y la metodología docente propuesta en la que a partir de las experiencias, se plantean cuestiones que permitan a los alumnos describir y descubrir

los fenómenos físicos que subyacen en las mismas. La metodología de trabajo fue la prevista en el proyecto excepto la parte de la grabación en video que no pudo llevarse a cabo por la falta de financiación. Aunque en un principio hemos valorado la posibilidad de utilizar el móvil como herramienta de grabación, lo hemos descartado debido a la pobre calidad de los videos.

En este proyecto se plantearon y realizaron tres experiencias de cátedra además de la preparación del material correspondiente para su posterior análisis y reflexión. Los detalles de cada una de ellas se describen brevemente a continuación:

Experiencia 1: Experiencias básicas de electrostática.

Duración: 50 minutos.

Debate grupal: 50 minutos.

Material: Barras de plástico. Diferentes telas. Globos. Generador Van der Graff. Motor. Amperímetro. Electroscopio. Bolas y varillas metálicas. Bolas dieléctricas.

Construcción de un dipolo eléctrico. Fuente. Cables.

Contexto: Se trata de una experiencia de carácter básico e introductorio, y por tanto, se adapta a cualquier clase introductoria de electrostática de cualquier nivel universitario. La parte experimental puede llevarse a cabo en el aula o en el laboratorio. Posteriormente a la experiencia de cátedra, la parte explicativa posterior a la reflexión individual previa se llevará a cabo en el aula.

Descripción: Comenzamos describiendo un átomo, formado por un núcleo constituido por protones y neutrones, y una nube de electrones. Comentamos las dimensiones del átomo: del núcleo ($\sim 10^{-12}$ cm), y de la corteza eléctrica (diámetro atómico, del orden de 10^{-8} cm). Introducimos los conceptos de carga eléctrica, de la neutralidad (eléctrica) de la materia, y de la conservación de la carga. Hacemos alguna referencia histórica, por ejemplo, mencionando que Benjamin Franklin ya sabía que había dos tipos de electricidad (dos tipos de carga) y que dos cargas del mismo tipo se repelen y dos de signos opuestos se atraen, y que hacen una u otra cosa con una fuerza que disminuye con la distancia (uno de los objetivos consiste en que los alumnos deduzcan posteriormente todas estas propiedades por si mismos).

La primera demostración (en lo que sigue utilizaremos el verbo "*demostrar*" para referirme a "*demostración experimental*") consiste en cargar un cuerpo inicialmente neutro. Para ello frotamos una barra de plástico (u otra de vidrio) con un trozo de piel (o

con un pedazo de seda u otra tela). Mostramos como un objeto cargado puede atraer a otro objeto sin carga neta, tanto si el otro objeto es conductor, como si es aislante (dieléctrico): en ambos casos se tiene una polarización debida al fenómeno de la inducción.

1) Experiencia con una barra cargada por frotamiento y un globo metálico (conductor): Introducimos el concepto de "conductor" como formado por átomos con electrones poco ligados al núcleo, es decir, con electrones libres. Invitamos a los alumnos a explicar las siguientes experiencias (que visualizan en directo) con sus propias palabras: *i)* El globo descargado se ve atraído por la barra cargada. *ii)* Cargamos el globo poniéndolo en contacto con la barra, y después observamos cómo el globo se ve repelido por la misma barra. *iii)* El globo cargado se ve atraído por otra barra que ha adquirido una carga opuesta a la primera (frotándola con otra de las telas).

2) Experiencia con un globo de plástico (no-conductor): Introducimos el concepto de aislante (no-conductor) como un cuerpo formado por átomos sin electrones "libres". Contrariamente al caso del conductor, en este caso los electrones están fuertemente ligados a cada núcleo. Explicamos la polarización del aislante cuando se le acerca un cuerpo cargado: los centros de carga positiva y negativa ya no coinciden, y por tanto, se tiene una polarización, es decir, una separación entre los centros de carga. Razonamos con los alumnos que esta polarización es la responsable de que el globo no-conductor (pero polarizado), también se vea atraído por el cuerpo cargado.

Mostramos, al tocar los globos, la facilidad de descargar un conductor por contacto con el conductor y tierra, y la dificultad de descargar un aislante por el mismo proceso.

A continuación realizamos las siguientes experiencias planteando en paralelo cuestiones acerca de su explicación: *i)* Frotamos pequeños globos de plástico con nuestra camisa, los globos se quedan pegados a la pizarra/pared ¿Por qué?. *ii)* Al peinarlos podemos oír un "chisporroteo". Después de peinarlos, el peine atrae al globo. ¿Por qué? *iii)* Podemos incluso ver "chispas" al quitarnos el jersey cuando hemos apagado las luces de la habitación. *iv)* Al abrir una puerta con un pomo metálico después de caminar, recibimos una "descarga". ¿puedes explicarlo? *etc.*

Hacemos una demostración con la colaboración de un alumno. Nos colocamos sobre un buen aislante (silla con patas de goma), y cargamos al alumno rozándole mediante suaves golpes con un trozo de piel o de tela. Al mismo tiempo, también nos cargamos nosotros, y con carga de signo opuesto al alumno. Finalmente apagamos las luces y ambos tocamos los electrodos de un tubo de Neón, que se ilumina por un instante. Planteamos al resto de compañeros la búsqueda de la explicación de lo que acaban de presenciar.

En la siguiente demostración presentamos por primera vez el Van der Graaff (VdG), sin explicar su funcionamiento, simplemente lo consideramos como una barra con carga. Colocamos algunos trocitos de papel sobre su cúpula y conectamos la alimentación que lo carga. Vemos que al principio los trocitos de papel se ven atraídos hacia la cúpula del VdG (polarización de la carga de un aislante en presencia del VdG cargado) y finalmente son repelidos (algunos pedacitos de papel se mantienen sobre la cúpula, no es un buen conductor). Repetimos la experiencia colocando una torre de recipientes metálicos de flanés sobre el VdG: los recipientes son repelidos uno a uno. Los alumnos deben reflexionar de forma individual sobre estas observaciones, y como ejercicio, deben preparar una explicación para ser tratada en una posterior sesión de grupo grande en el aula.

La sesión sigue presentando otro instrumento para medir la carga: el electroscopio. El profesor mismo puede hacer de electroscopio aislándose del suelo: se sube a un taburete con patas aislantes, y toca la cúpula del VdG con una mano. Al mismo tiempo sujeta con la otra mano unas tiras (conductoras) de las que se usan para decorar los árboles de navidad. También podemos mostrar el mismo fenómeno poniéndonos una peluca o pidiendo a un alumna/o con el pelo largo que nos reemplace. Volvemos a pedir al resto de compañeros que traten de reflexionar y explicar lo que acaban de ver.

Finalmente utilizamos el fenómeno de inducción para formar un dipolo eléctrico usando dos esferas conductoras inicialmente descargadas y en contacto una con la otra. Aproximamos una barra previamente cargada cerca de las dos esferas descargadas y en contacto; y a continuación, las separamos manteniendo la barra cargada en sus proximidades. Pedimos a los alumnos que expliquen este proceso. Usamos un electroscopio para demostrar que las esferas tienen cargas opuestas: 1º) ponemos una

esfera en contacto con el electroscopio, y vemos que sus varillas se separan, 2º) acercamos la otra esfera al electroscopio sin llegar a tocarlo: se reduce el ángulo de separación entre las varillas ¿por qué? La razón ya la hemos discutido antes, inducción.

Para terminar la parte demostrativa mostramos cómo un dipolo eléctrico rota en un campo eléctrico (este último concepto no se introduce hasta la parte de puesta en común y de teoría, pero conviene que los alumnos lo “vean” antes de saber lo que es). Usamos dos pequeñas esferas conductoras unidas por una barra no-conductora, las contactamos eléctricamente mediante otra barrita conductora en presencia de un VdG#1. A continuación quitamos la barrita conductora que contactaba las esferas: ya tenemos un dipolo eléctrico (las esferas están unidas por otra barra no conductora, por un palillo, por ejemplo, que cuelga del hilo de una caña de pescar). Pedimos a los alumnos que traten de explicar lo que ha pasado. Este dipolo lo llevamos a otro VdG#2 y mostramos cómo se alinea radialmente. Esta última parte de la experiencia sirve para introducir los conceptos de fuerza electrostática, campo eléctrico y líneas de fuerza, y torque o par de fuerzas etc, todas ellas esenciales en la asignatura.

También podemos visualizar las líneas de campo de dos cargas iguales en magnitud, tanto de signos opuestos como de igual signo, usando semillas de hierba en un fluido: Las semillas se polarizan comportándose como pequeños dipolos que se alinean en la dirección del campo. Otra alternativa consiste en utilizar un globo metálico (ó pintado con pintura metálica) y colocarlo entre un VdG y una persona (que también es buena conductora). Visualizar el movimiento del globo entre el VdG y la cabeza de la persona, es otra forma de probar las líneas de campo. Planteamos las siguientes preguntas: Si el VdG adquiere carga positiva, ¿de qué signo es la carga en la piel de la persona? ¿por que se mueve el globo? ¿qué pasa cada vez que el globo toca con el VdG o la persona? Existen muchas otras posibles experiencias sobre introducción a la electrostática. Aquí sólo se recogen unas cuantas posibles.

Experiencia 2: Condensador de placas plano paralelas. Carga y diferencia de potencial. Capacidad y Energía.

Duración: 25 minutos.

Debate grupal: 50 minutos.

Material: Condensador de placas plano paralelas de separación variable. Fuente. Voltímetro. Electroscopio. Cables. Láminas dieléctricas. Bola metálica colgada de un hilo.

Contexto: Esta experiencia tiene por objetivo trabajar los conceptos de capacidad, diferencia de potencial y campo eléctrico entre las placas de un condensador, y energía electrostática almacenada, y ver cómo cambian cuando se varía la geometría (separación entre placas) y/o el contenido entre las mismas a carga constante y/o a potencial constante. Se trata, por tanto, de una experiencia de nivel de un primer curso de Electromagnetismo de cualquier titulación de grado de Física, Química, Ingeniería Química o Geológica. Los alumnos conocen los conceptos de carga eléctrica, conductor y aislante, campo eléctrico y diferencia de potencial.

Descripción: Se monta un circuito consistente en el condensador alimentado por una fuente. Se dispone un amperímetro o galvanómetro que nos permita visualizar el flujo de carga. También se conecta un electroscopio a una de las placas del condensador, que nos permitirá visualizar si cambia o no el potencial (o la carga). Se realizan cuatro experiencias diferentes. En primer lugar, se fija una separación entre las placas del condensador (sin introducir ningún dieléctrico entre sus placas) y se carga a una diferencia de potencial con la fuente. Preguntamos a los alumnos que determinen las siguientes cantidades (que conocen previamente de la parte de teoría): capacidad C , diferencia de potencial entre placas (V), campo eléctrico E , carga en las placas del condensador Q , y energía almacenada.

1.1. Partiendo de esa situación inicial, desconectamos la fuente, y variamos la separación entre las placas del condensador mientras estamos atentos al galvanómetro y al electroscopio. A la vista de lo que indican planteamos a los alumnos las siguientes cuestiones: ¿Qué cambia y qué no cambia? ¿Por qué? Lo que cambia ¿en cuánto lo hace con respecto a la situación inicial?

1.2. Volvemos a la situación de partida (condensador cargado con una ddp), y ahora mantenemos la separación entre placas pero introducimos entre las mismas un dieléctrico (una lámina de plástico o de vidrio) habiendo desconectado la fuente. Volvemos a formular las anteriores cuestiones: ¿Qué cambia y qué no cambia? ¿Por qué? Lo que cambia ¿en cuánto lo hace con respecto a la situación inicial?

2.1. Volvemos otra vez a la situación de partida, y ahora variamos la separación entre las placas manteniendo la fuente conectada. Las preguntas siguen siendo las mismas. ¿Qué cambia y qué no cambia? ¿Por qué? Lo que cambia ¿en cuánto lo hace con respecto a la situación inicial?

2.2. De nuevo volviendo a la situación inicial, y de nuevo con la fuente conectada, introducimos la lámina dieléctrica. ¿qué es lo que cambia ahora?

Ninguna de estas experiencias es trivial, y la respuesta a las preguntas requiere de cierta reflexión. Al visualizar indirectamente lo que qué cambia y lo que permanece constante en cada caso, los alumnos adquieren un entendimiento profundo de los fenómenos involucrados, y construyen su aprendizaje directamente a partir de la observación y medida experimental. Se trata por tanto, de una experiencia de gran interés para el posterior desarrollo de la asignatura.

Aunque no está relacionado con los conceptos de capacidad y el resto de los tratados antes, para concluir la experiencia, se introduce entre las placas una bola de las de los árboles de navidad colgada de un hilo. Se puede observar cómo la bola va de placa a placa con mayor o menor velocidad dependiendo de la diferencia de potencial entre las placas. Se trata de procesos de conducción mediante la cual la bola lleva carga de una placa a la otra por contacto. Esta última parte de la experiencia sirve para reforzar los conceptos de carga por contacto y líneas de campo vistas en la experiencia anterior, y también sirve para enlazar con la siguiente experiencia de conducción de corriente eléctrica.

Experiencia 3: Circuitos de corriente continua. Corriente. Resistencia. Potencia.

Duración: 30 minutos.

Debate grupal: 50 minutos.

Material: Panel de circuitos. Bombillas. Multímetros. Cables

Contexto: Los circuitos de corriente continua son otro de los temas básicos que se estudian en cualquier asignatura de Electromagnetismo básico y que se cursan en el primer curso de las titulaciones grado en Física, grado en Química, grado en ingeniería Química y grado en ingeniería geológica. Antes de abordar su estudio, los alumnos de estas titulaciones ya conocen los conceptos de conductor, aislante, campo eléctrico y diferencia de potencial. Esta experiencia demostrativa sirve para introducir los conceptos de corriente eléctrica, resistencia y potencia, y la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff.

Descripción: El objetivo de esta experiencia es iniciar el estudio de los circuitos de corriente continua de forma previa a su análisis cuantitativo en la parte de teoría. Para ello se utiliza un panel para la construcción de circuitos mediante la unión de distintos elementos. Comenzamos con un circuito más sencillo, es decir, el que consiste en una batería o fuente de fuerza electromotriz, un interruptor y una bombilla. Se construye el circuito, simplemente colocando los distintos elementos sobre el con la configuración deseada. Cuando el interruptor está abierto la bombilla no se enciende. Al cerrar el interruptor la bombilla se enciende. Podemos variar el nivel de iluminación de la bombilla simplemente incrementando la fuerza electromotriz (\mathcal{E}) de la fuente. Utilizaremos dos multímetros, uno para medir la diferencia de potencial V en los bornes de la resistencia y otro para medir la corriente que circula a su través. Al incrementar \mathcal{E} de la fuente, la corriente I y la diferencia de potencial en la bombilla V se incrementan en la misma proporción. A partir de la relación entre V e I podemos medir la resistencia R de la bombilla. Comprobaremos que la potencia suministrada por la fuente es igual a la disipada en la bombilla.

Una vez introducidos estos conceptos (\mathcal{E} , resistencia, corriente) plantearemos a los alumnos las siguientes cuestiones. Supongamos que disponemos de una batería o fuente de \mathcal{E} fija y dos bombillas idénticas. ¿cómo podemos conseguir la máxima iluminación de ambas bombillas? ¿Qué corriente circula en cada caso por cada bombilla en cada una de las posibles configuraciones? ¿en qué caso se consume antes la energía de la batería? ¿cómo podemos hacer máxima esa duración? ¿a costa de qué?. Se construyen los circuitos que los alumnos van sugiriendo y se van verificando y contrastando las

respuestas. Al medir las diferencias de potencial y las corrientes directamente con los multímetros, los alumnos aprenden de primera mano las leyes de conservación de la carga y que el campo eléctrico es conservativo, lo que se traduce en las conocidas leyes de Kirchhoff. También se observa y describe lo que es un cortocircuito y un circuito abierto. En la posterior sesión de teoría se describen cuantitativamente los distintos circuitos propuestos y se establecen las correspondientes relaciones entre corriente, diferencia de potencial y potencia.

IV.- Memoria económica

Financiación concedida: 0€.

V.- Anexo I: Facturas y especificaciones.

No ha lugar por lo expuesto en el apartado anterior.