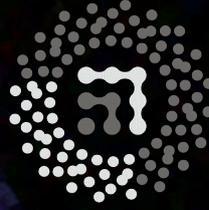


eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

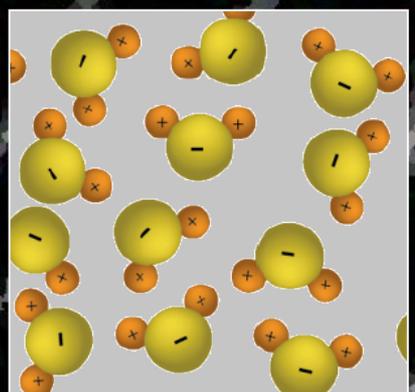
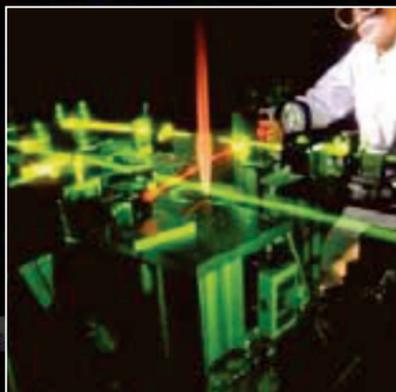
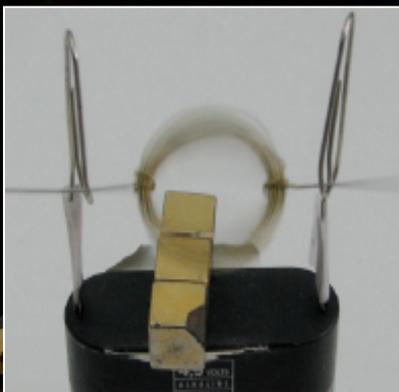
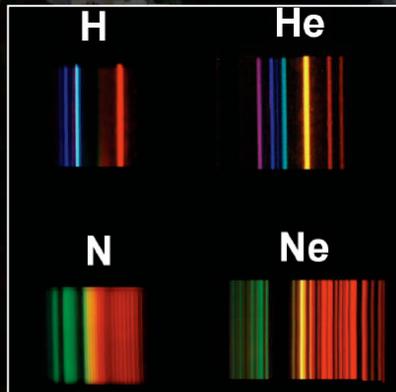
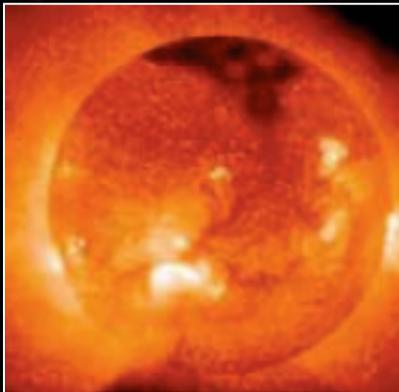
Euskal Herriko  
Unibertsitatea



ZTF-FCT

Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología

# Física en Acción





## Organizadores

---



**ZTF-FCT**  
Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología

---

## Colaboradores

---

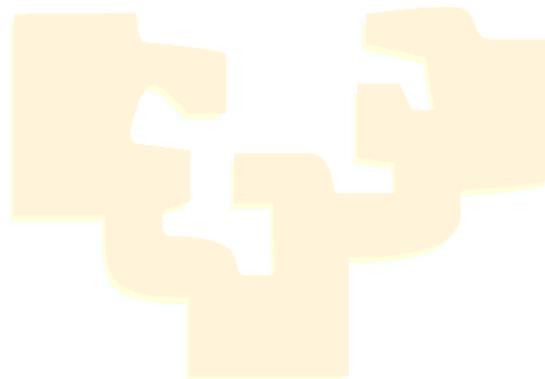




## INDICE

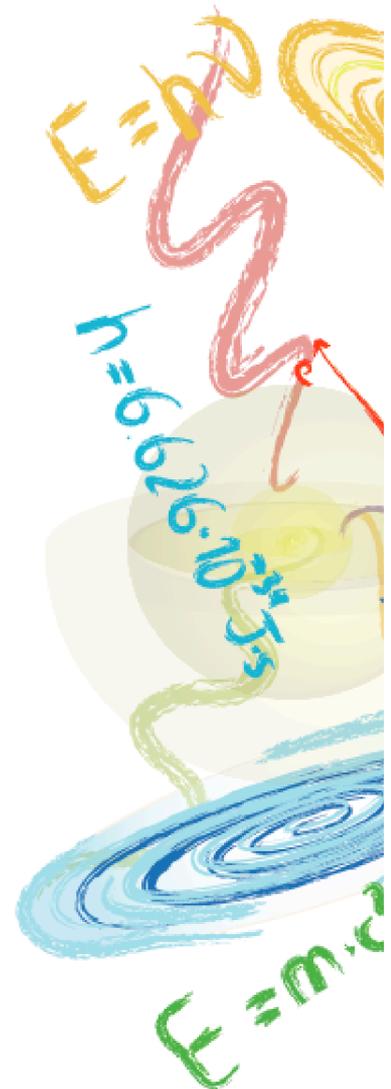
1. Introducción y Objetivos.....	3
2. ¿Qué es la Física?.....	5
¿A qué se dedica un Físico?.....	9
3. Experimentos:	
3.1 Física con el horno microondas.....	11
3.2 Difracción, CDs y espectros.....	19
3.3 El motor eléctrico.....	25
4. Epílogo.....	33

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea





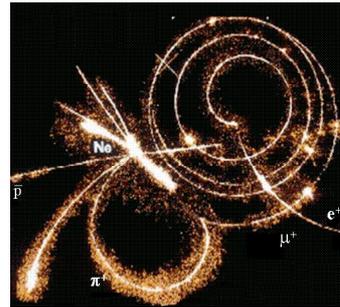
## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Estas jornadas tienen como objetivo potenciar el interés de los estudiantes de bachillerato por la Ciencia en general y por la Física en particular. Se pretende por un lado, contribuir a la formación de los estudiantes en el trabajo de laboratorio, poniendo a su disposición los laboratorios docentes de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), como vía para mejorar su comprensión de la Física, así como informar a las nuevas generaciones sobre los aspectos positivos de esta ciencia y su enorme repercusión en el mundo actual. Por otro lado, *Física en Acción* abre una nueva vía de comunicación entre los profesores universitarios y los de bachillerato, circunstancia ésta que posibilita, por medio del diálogo y de intercambio de puntos de vista, un mejor conocimiento de nuestras tareas y necesidades y a buen seguro redundará en una mejora de la formación de nuestros estudiantes.

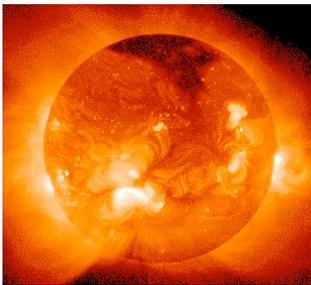
Los estudiantes realizarán, en una sesión de unas tres horas y media, los experimentos que aquí proponemos bajo la supervisión de varios profesores, tanto del propio centro de Bachillerato como de la Facultad de Ciencia y Tecnología. Por último, asistirán a algunas demostraciones realizadas por profesores e investigadores de la Facultad de Ciencia y Tecnología. A mitad de la sesión se realizará una pausa de unos 30 minutos para enseñarles las instalaciones y los laboratorios de investigación de Física de la Facultad.



# ¿Qué es la Física?



La Física estudia las leyes que rigen el comportamiento de la materia, desde sus constituyentes más pequeños hasta la evolución del Universo en su conjunto. Este ambicioso programa ha dado lugar a creaciones abstractas como la Relatividad y la Mecánica Cuántica, que han alterado profundamente nuestra imagen del mundo, y a conocimientos prácticos que nos permiten controlar la materia en formas cada vez más sutiles. De hecho, gran parte de la tecnología moderna: electrónica, láseres, nuevos materiales, energía nuclear, etc. es el resultado directo de la investigación llevada a cabo por físicos.



El Sol, un gran laboratorio de fusión nuclear: fuente de energía casi inagotable.

## Orígenes

Se podría decir que la Física como ciencia comienza a existir hace unos cuatro siglos con Galileo, quien se ocupó de fenómenos tan cotidianos como el oscilar de una lámpara en una catedral o la caída de objetos desde una torre y por primera vez formuló las leyes correctas que los rigen. También fue el primero en observar la luna, los satélites de Júpiter y otros cuerpos celestes a través de un rudimentario telescopio.

Sin embargo, hemos de esperar cincuenta años más hasta que Isaac Newton descubre su "ley de la gravitación universal" y consigue explicar con ella el movimiento de los astros. Este es además el primer ejemplo de una "unificación" dentro de la Física: Newton se dio cuenta de que la fuerza que explica la caída de una manzana del árbol es la misma que hace girar la luna alrededor de la tierra y los planetas alrededor del sol. Hasta entonces, empezando por la mayoría de los filósofos griegos, se había pensado que nuestro corrupto "mundo sublunar" era esencialmente distinto del etéreo mundo perfecto de los astros, y las mejores mentes antes de Newton se habían dedicado a elucubrar complicadas teorías en las que torbellinos de gas giraban alrededor del sol, arrastrando así a los planetas en sus órbitas.

Galileo Galilei  
(1564-1642)



*"En ciencia vale menos la imposición de miles de personas que el humilde razonamiento lógico de una sola."*

I. Newton

(1642-1727)



*"He sido un niño pequeño que, jugando en la playa, encontraba de tarde en tarde un guijarro más fino o una concha más bonita de lo normal; el océano de la verdad se extendía, inexplorado, delante de mí. Si he logrado ver más allá que otros hombres es porque he estado a hombros de gigantes."*

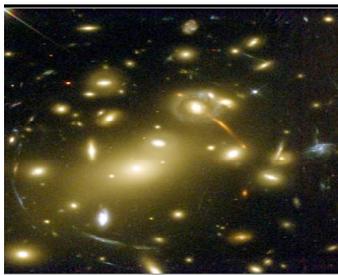


Imagen de un **Cluster de Galaxias** desde el Hubble, las galaxias más lejanas que se han observado se encuentran a 13.000 millones de años luz.

S. Ulam

(1909-1984)



*"Aún me sorprende al pensar el modo en el que algunos garabatos que un día fueron escritos en una pizarra han cambiado el desarrollo de la humanidad."*

## La Física clásica

Con el paso de los siglos, se fueron abarcando y explicando cada vez más fenómenos. La Física de finales del siglo XIX, que hoy denominamos "clásica", se hallaba dividida en varias disciplinas: la Mecánica, que se ocupa del movimiento de los cuerpos, el Electromagnetismo, que describe y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos, la Óptica, iniciada por el mismo Newton y dedicada al estudio de la luz, y la Termodinámica, que estudia la conversión de calor en trabajo y describe el calor como una forma más de energía. Además, gracias a Maxwell, se sabía que la luz no era otra cosa que una onda electromagnética, con lo que, en cierto modo, la Óptica quedaba unificada con el Electromagnetismo. La belleza y perfección matemática de este edificio de la Física Clásica era tal que muchos pensaban que la Física como ciencia había llegado a su fin y que la única tarea que restaba al físico era la de medir cada vez con más precisión y englobar más fenómenos dentro del marco de las leyes ya definitivamente conocidas de la Física.

Esta ilusión (¿o pesadilla?) se desvaneció al empezar el siglo XX. Gradualmente se fue percibiendo que la Física Clásica estaba coja, y que su aplicabilidad al mundo real estaba limitada a cierto tipo de situaciones y fenómenos: velocidades pequeñas, con respecto a la de la luz, y objetos grandes, en comparación con el tamaño de los átomos. Las teorías que permitieron extender la Física más allá de su dominio clásico fueron la Relatividad y la Mecánica Cuántica.

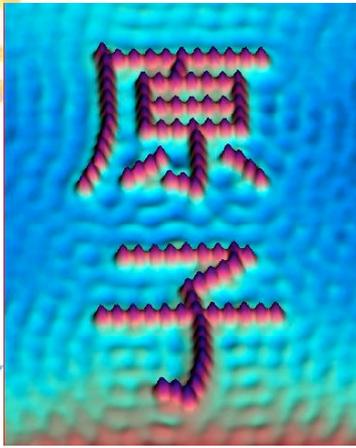
## La Relatividad

La Teoría de la Relatividad, desarrollada por Albert Einstein entre 1905 y 1915, nació a partir de una pregunta que él mismo se hizo ya de adolescente: ¿cómo aparecería una onda luminosa para un observador que cabalgase sobre ella a su misma velocidad? El responder a esta pregunta aparentemente inocente le llevó a consecuencias que aún hoy nos resultan sorprendentes: que la velocidad de la luz es una barrera absoluta imposible de franquear, que es posible convertir materia en energía y viceversa de acuerdo con su famosa ecuación  $E=mc^2$ , y que el espacio y el tiempo son muy distintos a como siempre los habíamos imaginado. La duración, la simultaneidad, son conceptos relativos, dependientes de la velocidad del observador. La misma gravedad es una manifestación de la geometría espacio-temporal: un planeta, una estrella, "curvan" el espacio y el tiempo a su alrededor y hacen que la propia luz siga trayectorias curvas y que el tiempo transcurra más lentamente cerca de las grandes masas. En el caso extremo de un agujero negro, el tiempo se detiene al

E. Schrödinger  
(1887-1961)



"El objetivo fundamental de la ciencia no es ver lo que nadie ha visto antes, sino pensar lo que nadie ha pensado sobre algo que cualquiera puede ver."



Nanotecnología  
(Ingeniería atómica)

El "kanji" que significa átomo, formado por átomos de hierro depositados sobre una superficie de cobre.

N. Bohr  
(1885-1962)



"Un experto es aquel que comete todos los errores que es posible realizar en una especialidad."

llegar a su "horizonte de sucesos", y una burbuja de espacio-tiempo queda por siempre atrapada y desconectada del resto del Universo en su interior.

Todo esto puede sonar ligeramente fantástico, casi increíble, pero es algo muy real: Las observaciones astronómicas confirman que en el centro de la mayoría de las galaxias (incluyendo nuestra Vía Láctea) existe un gigantesco agujero negro con una masa equivalente a la de millones de soles y, a nivel mucho más cotidiano, los sistemas de posicionamiento por satélite (GPS) de alta precisión tienen en cuenta que el tiempo sobre la superficie de la tierra transcurre algo más lentamente que en los satélites que la orbitan a cierta altura. Si estos GPSs no tuviesen en cuenta las correcciones predichas por la Relatividad General de Einstein no serían capaces de proporcionar posiciones de alta precisión.

### La Mecánica Cuántica

Al contrario que la Relatividad, la Mecánica Cuántica fue desarrollada por varios físicos entre 1900 y 1926: Planck, el mismo Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg y Schrödinger, entre otros. Sustituye las leyes de la mecánica clásica, que no son aplicables al mundo atómico y nuclear, por leyes completamente nuevas. De hecho, estas leyes son tan extrañas y contrarias a nuestra forma habitual de pensar que constituyen uno de los grandes problemas filosóficos de nuestro tiempo, pues nos obligan a repensar el concepto mismo de "realidad".

Por poner un ejemplo, si lanzamos una pelota al aire sabemos que en cada instante ésta ocupa una posición en el espacio, independientemente de que nosotros la observemos o no, la midamos o no. Si no miramos, no sabemos donde está la pelota, pero nadie duda de que está en alguna parte. Según la Mecánica Cuántica, esto no es cierto en el mundo atómico y subatómico: Un electrón en un átomo no ocupa ninguna posición concreta en el espacio, salvo que nosotros hagamos algo para medirla. Si medimos la posición, obtenemos un resultado y sabemos dónde está el electrón. Si no medimos, no es simplemente que no sepamos dónde está el electrón, sino que realmente éste no está en ninguna parte en concreto (¡pero existe!). Los objetos pueden existir sin ocupar una posición concreta en el espacio, la posición es el resultado de nuestra acción de medir. En cierto sentido, la realidad existe porque la observamos, se crea en el acto de la observación.

S. Hawking  
(1942-)



*"Dios no sólo juega a los dados, sino que a veces los lanza a lugares donde es muy difícil verlos."*

Bernard Shaw  
(1856-1950)

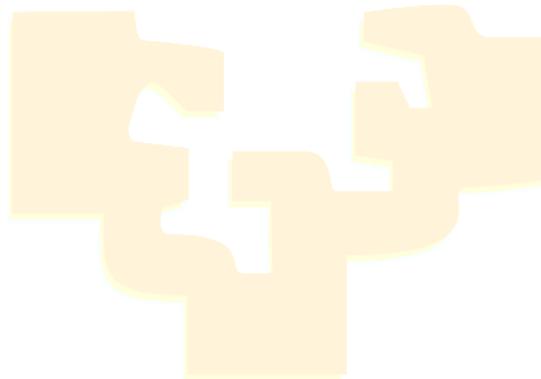


*"Si yo tengo una manzana y tú otra, y las intercambiamos, cada uno de nosotros sigue teniendo una manzana. Sin embargo, si yo tengo una idea y tú otra, y las intercambiamos, cada uno de nosotros tendrá dos ideas."*

Podemos preguntarnos si realmente tenemos que aceptar proposiciones tan extrañas como ésta, leyes tan misteriosas como las de la Mecánica Cuántica. ¿No podemos intentar explicar el mundo usando las leyes de Newton, las leyes de la Física Clásica? La respuesta es que no: Si las leyes clásicas fuesen correctas, el mundo tal como lo conocemos no podría existir, pues los átomos durarían menos de una milmillonésima de segundo al caer los electrones sobre el núcleo. La Mecánica Cuántica, en cambio, no sólo explica la estabilidad de los átomos, sino que permite además calcular con gran precisión sus energías, sus enlaces químicos con otros átomos, y la estructura de la materia a nivel microscópico en general: átomos, núcleos, partículas elementales y quarks.

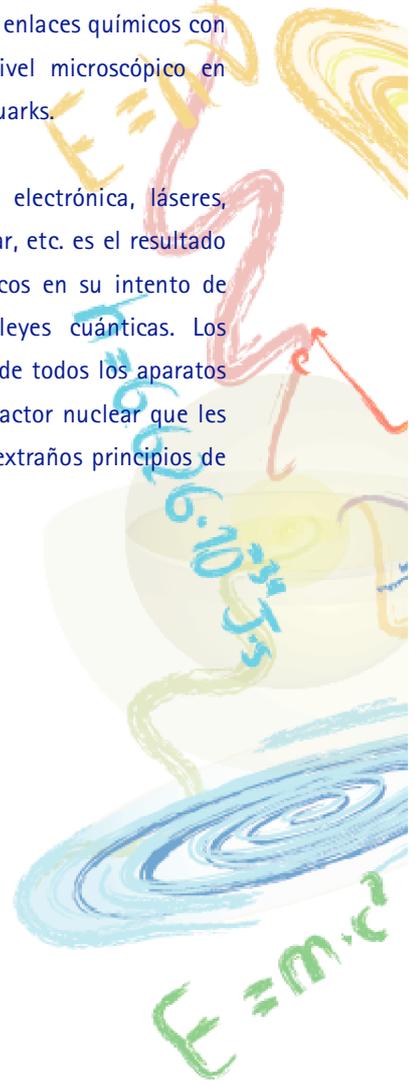
Más aún, gran parte de la tecnología moderna: electrónica, láseres, nuevos materiales, superconductores, energía nuclear, etc. es el resultado directo de la investigación llevada a cabo por físicos en su intento de comprender el mundo microscópico según las leyes cuánticas. Los transistores que componen los circuitos integrados de todos los aparatos electrónicos de hoy en día, el laser del DVD y el reactor nuclear que les proporciona energía funcionan de acuerdo con los extraños principios de la Mecánica Cuántica.

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

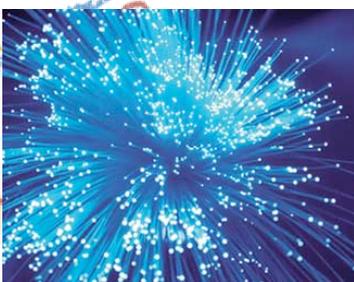
Euskal Herriko  
Unibertsitatea



## ¿A QUÉ SE DEDICA UN FÍSICO?



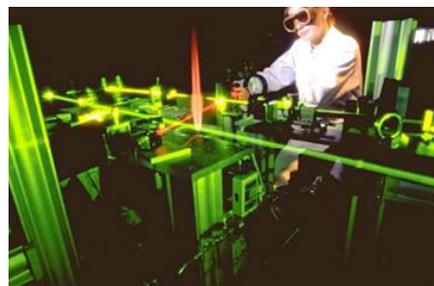
La **Resonancia Magnética Nuclear (RMN)**: de la investigación básica sobre la absorción de la radiación a la aplicación médica.



La **Fibra Óptica**: nuevos materiales para las telecomunicaciones.

La formación del físico le capacita para un amplio espectro de tareas, desde la ingeniería de desarrollo y el control de calidad, hasta la investigación básica, tanto en la empresa como en la universidad y centros de investigación y para la docencia en todos los niveles. Los físicos tienen una participación importante en empresas dedicadas al medio ambiente, nuevos materiales, producción de energía, electrónica, tecnología espacial y aeronáutica, protección radiológica y nuevas técnicas de la información.

En resumen, el físico es un profesional caracterizado por la capacidad para el razonamiento abstracto y matemático y por la versatilidad para abordar problemas complejos. El conocimiento profundo de las leyes físicas que sólo proporciona esta titulación le convierte en un protagonista imprescindible en cualquier programa de desarrollo e innovación tecnológica.



El **láser**, una *curiosa* propiedad de la física cuántica convertida en elemento fundamental del actual desarrollo tecnológico.

La creciente valoración del físico tanto por parte de las instituciones como de la empresa privada, hace que Licenciatura en Física figure entre las titulaciones universitarias con mejores índices de empleo y de satisfacción laboral.

Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea





## Física en acción

# Física con el horno microondas

En este módulo "cocinaremos" un poco de Física con el horno microondas. En la primera "receta", o experimento, se comprobará la seguridad de los hornos microondas estudiando si las ondas microondas se "escapan" fuera del horno. En la segunda receta, se observarán los efectos de utilizar objetos metálicos en el microondas. Y por último, veremos cómo mediante una sencilla receta para cocinar gominolas podemos determinar la velocidad de la luz. Pero antes de meternos en harina, quizás convenga algo de precalentamiento respondiendo preguntas del tipo: ¿qué son las microondas?, ¿cómo calientan los hornos microondas?, ¿sólo calienta alimentos que contienen agua?

### Ondas Electromagnéticas:

Son ondas producidas por una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan en el vacío a la velocidad de la luz. Las ondas de radio, las microondas, la radiación infrarroja, la luz visible, los rayos X y los gamma son ejemplos de ondas electromagnéticas. La diferencia entre ellas es que tienen diferente frecuencia y longitud de onda.

### 1 MegaHertz:

1MHz= 1.000.000 Hz

¡Un millón de oscilaciones en un segundo!

### 1 GigaHertz:

1GHz= 1.000.000.000 Hz

¡Mil millones de oscilaciones en un segundo!

### 1 micrómetro:

1  $\mu\text{m}$ = 0,000001 m

¡La milésima parte de un milímetro!

### ¿Qué son las microondas?

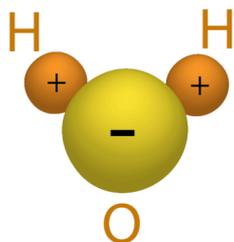
Las microondas son ondas electromagnéticas con longitudes de onda entre 1 metro y 1 mm (frecuencias entre 300 MHz y 300 GHz), aunque el prefijo "micro" de su nombre nos podría hacer creer erróneamente que tienen longitudes de onda del orden del micrómetro. Además de su conocida utilización en los hornos microondas, las microondas tienen una amplísima utilización en el mundo de las telecomunicaciones (televisión, telefonía móvil, radares, sistemas "wireless", ...).

### ¿Cómo calienta un horno microondas? ¿Sólo calienta alimentos que contienen agua?

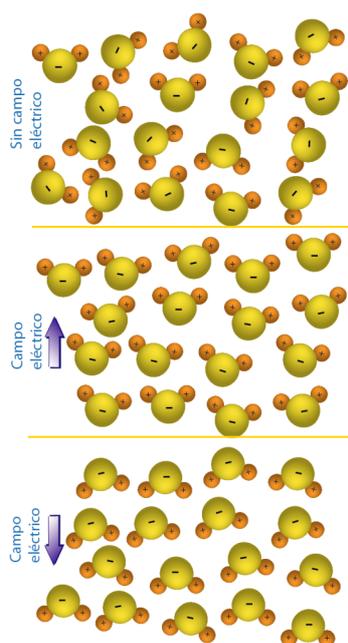
Las microondas, como todas las ondas, tienen una energía asociada, transmiten energía desde la fuente emisora de las ondas hasta el receptor de las mismas. Los diferentes materiales o sustancias, o más en concreto, los alimentos, absorben parte de esa energía en mayor o menor medida. Hay sustancias que absorben muy poco las microondas y otras que las absorben mucho. El grado de absorción está muy relacionado con el carácter polar de las moléculas constituyentes. Así, las moléculas polares van a ir cambiando de orientación según varía el campo eléctrico de la onda, y es en este movimiento de seguimiento del campo eléctrico en el que se disipa el calor que hace que la temperatura aumente. Dentro de las moléculas polares destaca el agua, pero no es la única (algunas grasas y azúcares también son polares). Los

### Moléculas Polares:

Son aquellas en las que no coincide el centro de distribución de las cargas positivas y el de las cargas negativas. El ejemplo más significativo es la molécula de agua, en la que el centro de las cargas positivas está desplazado hacia los átomos de hidrógeno y el de las negativas hacia el átomo de oxígeno.



### Efecto del campo eléctrico en las moléculas de agua



alimentos o materiales que no contengan moléculas polares no absorberán apenas la microondas, por lo que no se calentarán. Mención especial merecen los materiales metálicos, cuyo comportamiento será analizado en el experimento 2.

### ¿Por qué las microondas, y no otro tipo de ondas?

Es interesante preguntarse por qué esto ocurre con las microondas y no con otro tipo de ondas electromagnéticas. La respuesta es que la pérdida de energía de la onda, o lo que es lo mismo, su absorción por determinado material o sustancia, no es la misma para todas las frecuencias. Algo similar ocurre, por ejemplo, en una clase de aeróbic, si el ritmo es muy bajo todos los alumnos lo seguirán sin apenas esfuerzo, por lo que apenas sudarán; si el ritmo es excesivamente alto los alumnos no podrán seguirlo y evidentemente tampoco sudarán; sin embargo, a ritmos intermedios, la mayoría de los alumnos seguirán el ritmo, pero con un considerable esfuerzo físico. Así, cuando la frecuencia es muy baja, las moléculas siguen sin problemas ni absorciones las variaciones del campo eléctrico; cuando la frecuencia es muy alta, las moléculas no tienen tiempo literal para seguir al campo eléctrico; y es cuando la frecuencia es intermedia que las moléculas siguen al campo eléctrico pero con la dificultad suficiente para que se produzcan importantes pérdidas en forma de calor. Justamente en el rango de frecuencias de las microondas es en el que las moléculas de agua siguen el ritmo del campo eléctrico produciendo las mayores pérdidas en forma de calor. La frecuencia de 2.45 GHz, que es la que suelen utilizar los hornos microondas, no es la frecuencia a la que más energía se absorbe, pero sí que está cerca de ella. Esto se hace así para facilitar que las microondas penetren más en los alimentos y no se limiten a calentarlo superficialmente.

## Experimento 1. JAULA DE FARADAY. LA FUGA DE LAS MICROONDAS.

Una jaula de Faraday es una pantalla electromagnética, que provoca que el campo electromagnético en su interior sea nulo, anulando el efecto de los campos externos. En este experimento vamos a ver, de una forma muy sencilla, el efecto de una jaula de Faraday, y cómo ésta evita (para nuestra seguridad) que las microondas se escapen del horno.

### Materiales:



Horno microondas



Dos teléfonos móviles



Radio



Papel de aluminio



Malla metálica

### Procedimiento:

- 1. a-** Envuelve un teléfono móvil (móvil encendido) con papel de aluminio.

**b-** Con el otro móvil realiza una llamada al primer móvil, ¿da señal?
- 2. a-** Enciende la radio y sintoniza una emisora de AM que se escuche bien.

**b.-** Cubre con papel de aluminio la radio. ¿Se sigue escuchando?

**c-** Repite el experimento con una emisora de FM. ¿Se obtiene el mismo resultado?
- 3.-** Repite el punto 1 pero utilizando la malla metálica en vez de el papel de aluminio. En este caso, el móvil se sigue viendo. Esto quiere decir que la luz visible, que también son ondas electromagnéticas sí que "atravesan" la jaula de Faraday. Sin embargo, ¿qué pasa con las ondas electromagnéticas que utiliza el móvil?

4. -Repite el punto 3 con la radio en vez de con el móvil. ¿Se produce el mismo efecto para una emisora de AM que para una de FM?
5. a- Mete el móvil en el horno microondas desenchufado.\*  
 b- Con el otro móvil realiza una llamada al primer móvil, ¿da señal?
6. a- Mete la radio encendida y con una emisora de AM sintonizada en el horno microondas desenchufado.\*  
 b- Al cerrar la puerta del microondas podemos ver la radio, pero ¿se sigue escuchando?  
 c- Repite el proceso con una emisora de FM, se producen los mismos resultados.

La carcasa del horno microondas es metálica para hacer un efecto de jaula de Faraday y así evitar que la microondas "se escapen" fuera del horno. Pero esta carcasa no está completa porque la puerta del microondas es de un plástico transparente que permite ver los alimentos mientras se cocinan. Para nuestra seguridad dicha puerta tiene una especie de rejilla o malla metálica que no permite que las ondas microondas se escapen. Dicha rejilla es claramente



visible y frecuentemente es negra y está formada por un retículo de agujeros circulares, como se puede ver en el detalle de la figura. La eficacia de una jaula de Faraday depende de la longitud de onda de la radiación que se pretende apantallar. Así los agujeros de la rejilla de la puerta del horno microondas deja pasar la luz visible que tiene longitudes de onda más pequeñas que una micra, pero impide que pasen ondas con longitudes de onda más altas como las microondas. Los teléfonos móviles también utilizan microondas con frecuencias entre (800 MHz y 1900 MHz), mientras que la radio utiliza ondas de radio de menor frecuencia (banda de AM entre 500 kHz y 1800kHz aprox. y banda de FM entre 88 MHz y 106 MHz).

\* ¡CUIDADO! ¡El móvil o la radio en un horno microondas en funcionamiento se estropearían!

## Experimento 2. DESMINTIENDO MITOS: ¡PELIGRO!, METALES EN EL MICROONDAS (¿BOMBILLAS O BOMBAS?)

Los hornos microondas están asociados con una serie de mitos. Sin duda uno de los más conocidos y divulgados es sobre la imposibilidad de utilizar objetos metálicos en el microondas. Pero..., de hecho, ¡las paredes internas del horno microondas son metálicas! En dichas paredes, al igual que en cualquier metal, las microondas se reflejan. Esto hace que las ondas que llegan a las paredes del microondas sin ser absorbidas por los alimentos que se quieren calentar, reboten y puedan ser absorbidas al pasar de nuevo por los alimentos. De ahí viene la advertencia de no utilizar el horno en vacío (sin nada en el interior) porque las ondas emitidas por el magnetrón (parte del microondas que genera las microondas) se van reflejando en las paredes internas del microondas, sin apenas sufrir absorciones y pueden en definitiva llegar a estropear al propio magnetrón. Sin embargo, utilizar algunos utensilios de metal en el microondas podría ser de utilidad, de hecho algunas pizzas para hacer en el microondas tienen parte de la envoltura metálica, lo mismo pasa con las palomitas para hacer en microondas. El problema es que utilizar algunos objetos metálicos en el microondas puede ser MUY PELIGROSO, sobre todo si se utilizan utensilios metálicos muy finos o con partes agudas. En dichas partes la absorción de las microondas se hace muy notable por lo que se calientan mucho y en ellas se producen acumulaciones de carga que pueden provocar la aparición de arcos eléctricos, que fácilmente pueden provocar un incendio. En el experimento observaremos qué es lo que pasa al introducir en el microondas unas bombillas cuyo filamento es metálico.

### Materiales:



Horno microondas



Bombilla de filamento

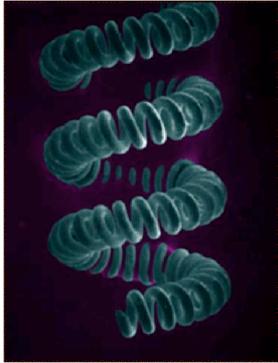


Bombilla de bajo consumo

### Procedimiento:

**1.-** Introduce la bombilla de filamento (no importa que tenga el filamento roto) en el microondas y ponlo en marcha. Un par de segundos son suficientes para observar lo que pasa. **ES IMPORTANTE APAGAR** el microondas rápidamente pasados esos segundos, ya que las altísimas temperaturas que alcanza el filamento hacen que parte del wolframio que lo compone se evapore y que la presión en el interior del bulbo aumente considerablemente produciéndose fácilmente la rotura del bulbo de cristal de la bombilla. Por esta razón es conveniente: 1) **ESPERAR** unos 10 segundos antes de abrir la puerta del microondas para dar tiempo a que el gas evaporado en el interior del bulbo se enfríe y la presión disminuya. 2) **NO UTILIZAR** la misma bombilla más de 5 veces.

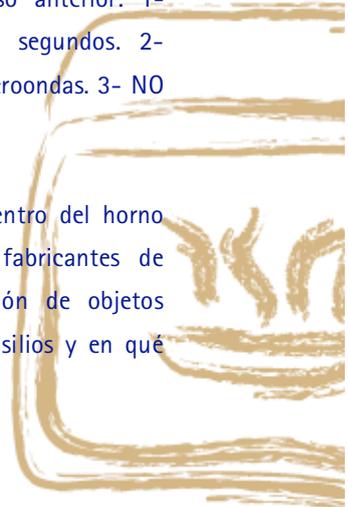
En la figura se muestra aumentado un filamento de una bombilla, como se aprecia se trata de una hilo enrollado en una doble espiral.



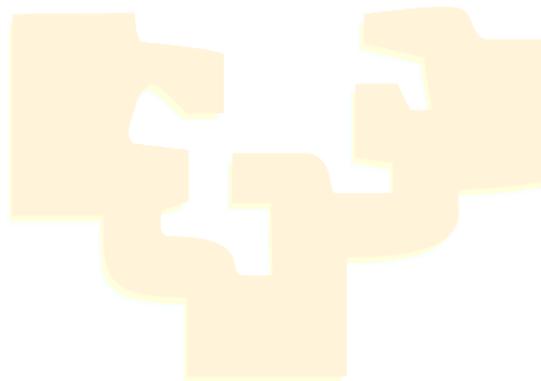
Detalle del filamento de una bombilla.

2.- Introduce la bombilla de bajo consumo en el microondas y ponlo en marcha. Al igual que en el caso anterior un par de segundos son suficientes. Ten las mismas precauciones que en el caso anterior: 1- APAGAR el microondas rápidamente transcurridos esos segundos. 2- ESPERAR unos 10 segundos antes de abrir la puerta del microondas. 3- NO UTILIZAR la misma bombilla MÁS DE 5 VECES.

En definitiva, los utensilios metálicos pueden utilizarse dentro del horno microondas pero con muchísima precaución. Para los fabricantes de microondas es mucho más sencillo prohibir la utilización de objetos metálicos en el microondas que enseñar qué tipo de utensilios y en qué condiciones se pueden usar.



eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

### Experimento 3. MIDIENDO LA VELOCIDAD DE LA LUZ CON EL MICROONDAS.

La distribución de la intensidad de las microondas en el interior del horno no es muy homogénea. Debido a la interferencia de las ondas reflejadas en las paredes del horno se forman ondas estacionarias, de modo que la intensidad de las microondas es muy alta en la zona donde hay un antinodo y muy baja en la zona en la que hay un nodo. Así, en las zonas donde se forman nodos los alimentos apenas se calentaran, mientras que en los antinodos podrían quemarse. Para evitar estos problemas, los hornos microondas vienen equipados con una bandeja giratoria que homogeniza el calentamiento de los alimentos. En el experimento, utilizaremos la existencia de estos nodos y antinodos para determinar la velocidad de la luz. En las ondas estacionarias que se forman, al igual que en las que se forman en una cuerda oscilante, la separación entre nodos (o entre antinodos) es igual a media longitud de onda.

#### Materiales:



Horno microondas



Gominolas  
Marshmallow



Cinta métrica



Bandeja

#### Procedimiento:

- 1.- Retira el plato giratorio del microondas y también el útil que hace que éste gire.
- 2.- Distribuye los "marshmallows" a lo largo de la línea central de una bandeja de plástico o cartón. En lugar de los "marshmallows", en su defecto, se puede utilizar otro tipo de producto, como por ejemplo lonchas de queso cortadas en tiras. Coloca la bandeja con los "marshmallows" o similar en el interior del microondas.
- 3.- Pon en marcha el microondas durante 1 minuto aproximadamente. Observa regularmente la forma en la que se calientan los "marshmallows". Se puede parar el microondas antes de finalizado el tiempo si se estima que ya se puede observar la presencia de zonas calientes y zonas frías. Si finalizado el tiempo no se observan estas zonas, puede ponerse más tiempo.

4.- Una vez parado el microondas, saca la bandeja con cuidado de no mover los "marshmallows", y con la ayuda de una regla mide la distancia entre antinodos (distancia entre puntos que se han calentado más). Esta distancia es la mitad de  $\lambda$  (longitud de onda).

5.- Finalmente, la velocidad de la luz se obtiene multiplicando  $\lambda$  por la frecuencia de las microondas utilizadas, que es un dato que suele venir indicado en la carcasa del microondas (2.45 GHz normalmente).

### ¿Quieres saber más?

- Si quieres saber más sobre las ondas microondas: <http://es.wikipedia.org/wiki/Microondas>. Aunque bastante más completa es la información que puedes encontrar en la versión en inglés: <http://en.wikipedia.org/wiki/Microwave>
- Si te apetece ver una interesante infografía sobre el funcionamiento del horno microondas: [http://www.consumer.es/web/es/economia\\_domestica/servicios-y-hogar/2004/10/04/140166.php](http://www.consumer.es/web/es/economia_domestica/servicios-y-hogar/2004/10/04/140166.php)
- quizás te apetezca ver una animación sobre el efecto de las ondas microondas sobre una molécula de agua: <http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/h2o.html>
- Si estas interesado en hacer o repetir el tercer experimento de forma virtual: <http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/oven.html>
- Además de para cocinar, también se puede utilizar el horno microondas para esterilizar: [http://www.elperiodico.com/default.asp?idpublicacio\\_PK=46&idioma=CAS&idnoticia\\_PK=373573&idseccio\\_PK=1012](http://www.elperiodico.com/default.asp?idpublicacio_PK=46&idioma=CAS&idnoticia_PK=373573&idseccio_PK=1012)
- Por último, si tanta física te ha abierto el apetito, y quieres usar el microondas para saciarlo: <http://www.afuegolento.com/microondas/>

## Física en acción

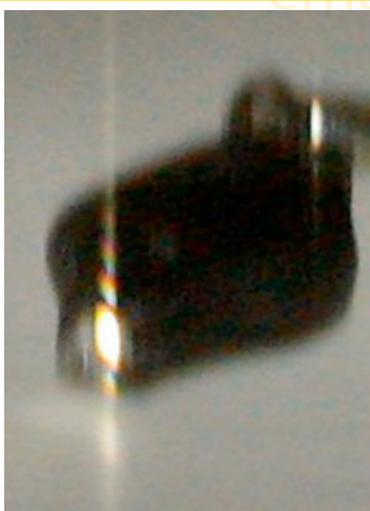
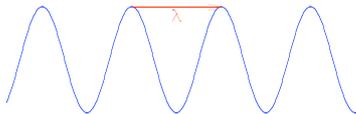
# Difracción, CDs y espectros



Este capítulo estudia un aspecto interesante del carácter ondulatorio de la luz y su aplicación a la construcción de un espectroscopio con materiales caseros, lo que nos permitirá asomarnos a algunas propiedades del mundo microscópico.

### La longitud de onda $\lambda$

es la distancia recorrida por una onda en un período, es decir, entre dos estados consecutivos iguales de la magnitud correspondiente (presión o campo electromagnético). Por ello, si la velocidad de la onda es  $c$  y su período  $T$ , tenemos  $\lambda = cT$ . La longitud de onda de la luz está estrechamente relacionada con la impresión de color que recibimos.



Difracción

### La difracción

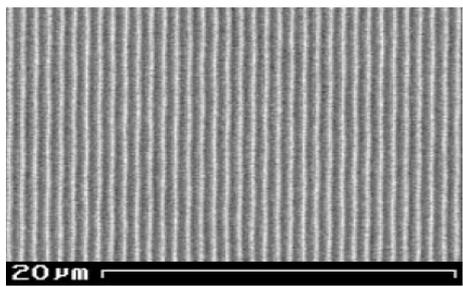
Una diferencia aparente entre el sonido y la luz es la facilidad con la que el primero sortea obstáculos. Si ponemos una mano delante de la boca, quien frente a nosotros se halla no tiene dificultades en oír lo que decimos, aunque no pueda ver el origen del sonido. La razón de la diferencia entre estos comportamientos no estriba en la distinta naturaleza del sonido (ondas de presión del aire) y de la luz (ondas electromagnéticas constituidas por fotones) sino en su muy distinta longitud de onda, del orden de un metro en sonidos audibles e inferior al micrómetro en la luz visible. Comparada con la longitud de onda de esta última, ¡nuestra mano es enorme!

### Experimento 1. La luz rodea obstáculos

Enciende una fuente de luz de pequeñas dimensiones (un diodo de los que vienen en muchas linternas modernas es excelente) y obsérvala desde unos metros de distancia a través de una estrecha rendija entre dos bolígrafos juntos situados cerca del ojo. Podrás apreciar que la luz se abre en la dirección perpendicular a la rendija, viéndose alrededor del centro luminoso unas bandas oscuras y otras coloreadas. Se trata del fenómeno de difracción de la luz, que a su vez es un caso particular de interferencia.

### Interferencia

Cuando dos ondas coinciden en un punto, las correspondientes magnitudes (presiones o campos eléctricos, por ejemplo) se suman, pero la intensidad de la onda —es decir, la energía que atraviesa en la unidad de tiempo una superficie perpendicular de área unidad— es proporcional al cuadrado de dicha magnitud. Puesto que el cuadrado de la suma no es, en general, igual a la suma de los cuadrados, la intensidad de la onda resultante es, en gene-



Un DVD en el microscopio electrónico

ral, distinta de la suma de las intensidades de las dos ondas. En la observación mencionada arriba se ve que en ciertas direcciones la intensidad de la luz es grande, mientras que en las de las bandas oscuras es mínima.

## Redes de difracción

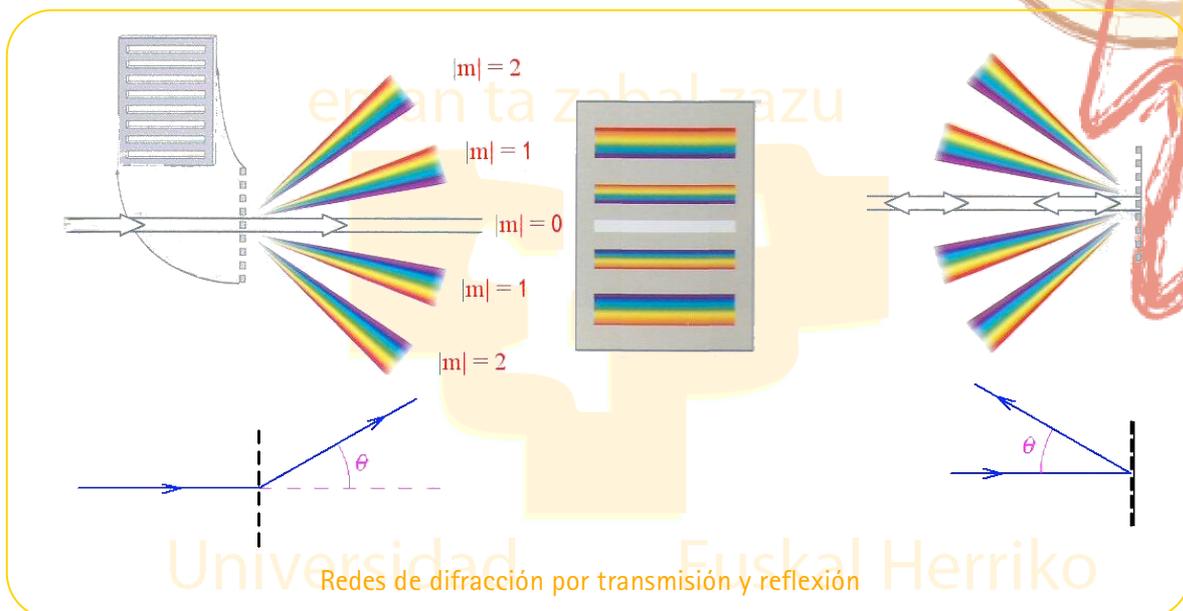
El efecto queda muy ampliado si en vez de una rendija se usa una colección de rendijas paralelas muy juntas: una red de difracción por transmisión. Alternativamente puede usarse una red de difracción por reflexión formada por una serie de líneas paralelas reflectantes. El ejemplo que vamos a considerar nos es muy fami-

liar: en un CD (o en un DVD) la información está grabada en una pista espiral que, al enrollarse un gran número de veces, hace que una pequeña porción de la superficie aparezca como un conjunto de líneas paralelas casi rectas.

Si se ilumina una red de difracción con una luz perpendicular monocromática (es decir, que sólo contenga una longitud de onda  $\lambda$ ), se observa (y se demuestra teóricamente) que la luz sólo se transmite o refleja de forma apreciable en aquellas direcciones que forman con la perpendicular a la red un ángulo  $\theta_m$  que satisfaga la ley

$$a \sin \theta_m = m \lambda, \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (1)$$

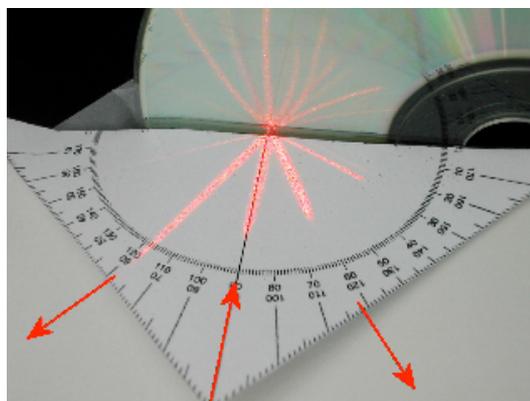
donde  $a$  es la distancia entre rendijas o líneas. Nótese que siempre hay transmisión o reflexión de todas las longitudes de onda en la dirección de la onda incidente, ya que con  $m = 0$  se obtiene  $\theta_0 = 0$ . Para los valores  $|m| > 0$ , sin embargo, las direcciones donde hay intensidad apreciable dependen de su longitud de onda (de su color, en el caso de la luz). Esto hace que distintos colores aparezcan en distintas direcciones en cada espectro de orden  $|m| > 0$  y explica las irisaciones que se observan en CDs y DVDs. Este comportamiento recuerda a la dispersión de la luz natural al pasar por un prisma, pero se trata de fenómenos distintos, como demuestra el distinto orden de los espectros: las longitudes de onda más cortas se desvían más en el prisma y menos en la red de difracción.



## Experimento 2. Anchura de la pista de un CD

Vamos a determinar la distancia  $a$  entre las líneas de un CD.

1. Con un poco de cinta adhesiva fija un goniómetro a lo largo de un radio del CD, como se ve en la figura.
2. Ilumina con el láser a lo largo del eje del goniómetro, es decir, en la dirección perpendicular a la superficie del CD, de forma que, por ejemplo, los máximos correspondientes a  $m = 1$  y  $m = -1$  aparezcan en direcciones simétricas.
3. Anota el valor de los ángulos  $\theta_1$  y  $\theta_2$ , tanto para el láser rojo como para el verde. Anota también las longitudes de onda que aparecen en las etiquetas de ambos láseres.
4. Aplica la ley de las redes de difracción y comprueba que en todos los casos se obtiene un valor similar para  $a$ .
5. ¿Puedes estimar la longitud total de la pista? ¿Cuánto puede ocupar un bit de información?



El CD con el goniómetro e iluminado con el láser rojo

# He

El elemento helio se llamó así por el nombre griego del Sol, *helios*, donde fue descubierto, en 1868, independientemente por Pierre Janssen y Joseph Lockyer, a través de su espectro de absorción medido en un espectrómetro, 25 años antes de que fuera identificado en la Tierra (tarea esta última dificultada por ser el helio un gas noble químicamente inerte).

## Espectros atómicos

Cuando se excita un átomo (por ejemplo, si estando en forma gaseosa se produce una descarga eléctrica en su seno) uno de sus electrones puede pasar a un nivel de energía más alto y, tras un corto intervalo de tiempo, volver a su estado de mínima energía, al tiempo que emite un fotón que lleva la energía sobrante. El proceso contrario también es posible: un átomo puede absorber un fotón utilizando su energía para poner un electrón en un nivel energético más alto. En todos los casos, la relación entre la energía  $E$  y la frecuencia  $\nu$  del fotón viene dada por la relación  $E = h\nu$ , donde  $h$  es la constante universal de Planck que aparece en la física cuántica. Como la distribución de niveles de energía es característica de cada especie de átomo, su **espectro de emisión** —la distribución de las longitudes de onda que emiten cuando se desexcitan— y su **espectro de absorción** —las longitudes de onda que absorben al ser iluminados con luz conteniendo todas las longitudes de onda de un intervalo— son características del átomo y permiten determinar su presencia, igual que las huellas dactilares identifican a las personas.



Un espectrómetro de prisma

## El espectroscopio

Para observar un espectro de emisión o absorción se emplea un espectroscopio (o el espectrómetro, que permite, además de la observación, la realización de medidas precisas). Los primeros espectrómetros usaban prismas para separar las longitudes de onda del espectro, pero a finales del siglo XIX fueron siendo sustituidos por redes de difracción, que facilitan la obtención de una mayor separación angular entre distintas longitudes de onda.

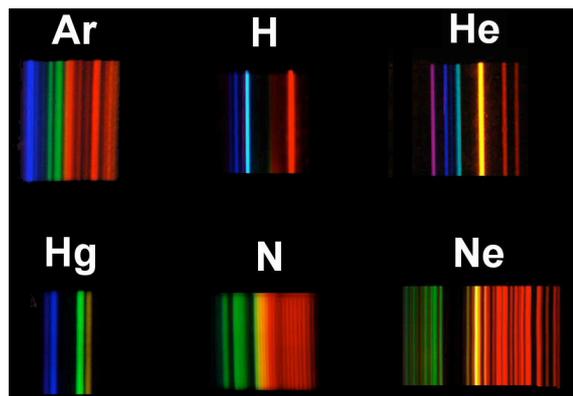
## Un espectroscopio de bolsillo

Vamos a hacer un espectroscopio de bolsillo con una caja de cerillas y un pedazo de CD.

1. Pega un trozo de CD en el interior de una caja de cerillas y abre en la tapa un agujero de observación, sin cortar del todo el cartón, como se ve en la figura.
2. Abre un poco la caja, de forma que en el extremo opuesto a la pestaña quede una rendija que hay que dirigir a la fuente de luz.
3. Acercando el ojo a la abertura bajo la pestaña, podrás ver, con un poco de práctica, tanto el espectro de primer orden como el de segundo orden.



El espectroscopio de bolsillo



El espectro continuo de la luz natural y el discreto de algunos elementos

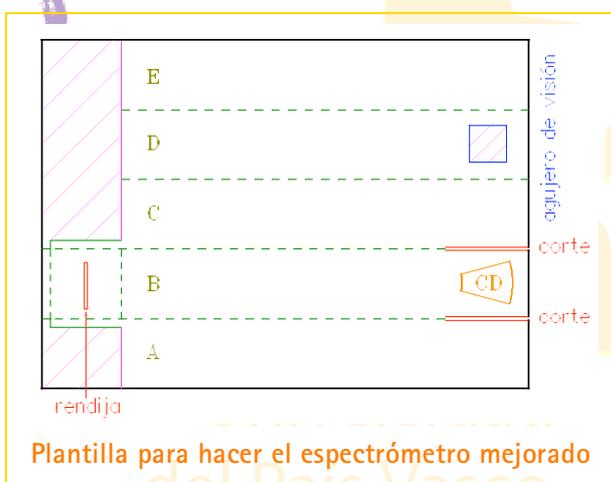
### Experimento 3. Las lámparas fluorescentes

1. Tanto con la luz natural procedente del Sol como con la que produce una bombilla incandescente, podrás apreciar un espectro continuo parecido al del arco iris o al producido por un prisma.
2. Si ahora apuntas el espectroscopio a una fluorescente, podrás apreciar que sobre el espectro continuo destacan unas líneas más brillantes: la parte visible del espectro de emisión de un elemento presente en el tubo.
3. Usa la figura de arriba para identificar el elemento responsable de esa parte discreta.

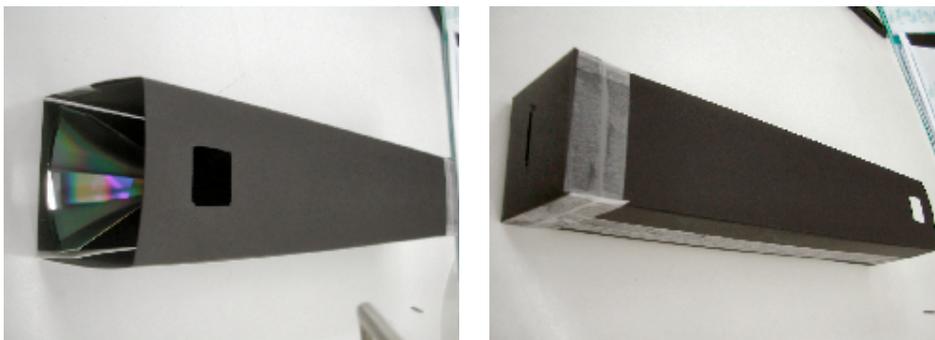
### Si te ha interesado lo anterior, ¡haz un espectroscopio mejorado!

Para lograr una mejor colimación de la luz a analizar, puedes hacer con materiales caseros un espectroscopio con un tubo cuadrado de cartulina negra provisto de una rendija en un extremo y de la red de difracción proporcionada por un trozo de CD pegado en una lengüeta móvil colocada en el otro extremo.

1. Marca en la cartulina las líneas según la plantilla mostrada en la figura o utiliza la plantilla suministrada para realizar las siguientes tareas.



2. Corta y elimina las partes rayadas en A, C, D y E.
3. Haz un corte en el extremo derecho del límite entre A y B y otro entre B y C.
4. Practica un agujero cuadrado en D y una rendija estrecha en B.
5. Dobla por las líneas de puntos, pega E sobre A y usa el extremo izquierdo de B para cerrar por allí el tubo resultante.
6. Pega el trozo del CD en el otro extremo de B.
7. Para usar el espectroscopio, apunta la rendija a la fuente de luz y mirando en la dirección perpendicular al tubo por el agujero cuadrado, mueve la lengüeta con el CD hasta ver el espectro. ¡Disfrúta!



El espectroscopio mejorado terminado

### Para hacer en casa...

- Repite el segundo experimento con un DVD y comprueba que el resultado encaja con la distancia entre líneas que puede verse en la microfotografía electrónica mostrada antes.
- Comprueba que si el haz luminoso no es perpendicular a la red, sino que forma con ella un ángulo  $\phi$ , la fórmula a utilizar es

$$a (\sin \phi + \sin \theta_m) = m \lambda, \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots). \quad (2)$$

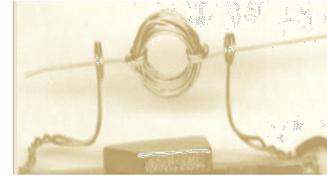
- En algunas cajas de DVDs se incluye como decoración un disco plástico transparente que también produce iridaciones: se trata de una red de difracción por transmisión, como queda de manifiesto al iluminarla con un láser. Puedes usarla para comprobar para redes de difracción por transmisión las leyes arriba discutidas.
- Cuando salgas por la noche llévate el espectroscopio de bolsillo y podrás disfrutar de los espectros discretos de algunas lámparas de iluminación de carreteras, de algunos anuncios luminosos (de neón u otro gas noble), etc.

### Para saber más...

- Para entender el espectro discreto observado, mira cómo funciona una lámpara fluorescente en [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_fluorescentes/af\\_fluorescentes\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_fluorescentes/af_fluorescentes_1.htm).
- Puedes ver los espectros detallados de todos los elementos químicos en <http://jersey.uoregon.edu/vlab/elements/Elements.html>
- Si te interesa la estructura y funcionamiento de un CD: [http://www.gatv.ssr.upm.es/~ltav/practicas/el\\_CD.pdf](http://www.gatv.ssr.upm.es/~ltav/practicas/el_CD.pdf)
- La fascinante historia del helio es expuesta de forma más que amena en el siguiente librito: *Materia Solar*, M. Bronstein, Rubiños-1860 / Euro-OMEGA, Madrid / Moscú (1995)

## Física en acción

# El motor eléctrico



En esta práctica trataremos una ley fundamental de la Electricidad y el Magnetismo, que es uno de los motores de la tecnología actual: la inducción electromagnética. Se dice que alrededor de un 70% de la tecnología que nos rodea esta basada en la ley de la inducción electromagnética. Las aplicaciones de esta ley son múltiples y algunos ejemplos de estas aplicaciones se presentan en el apartado "aplicaciones de la inducción electromagnética".

Se presentarán distintos experimentos que nos ayudarán a entender la ley de la inducción electromagnética, así como una de las aplicaciones de la inducción que tiene gran importancia tecnológica: los motores eléctricos. Presentaremos tanto motores de corriente continua, que tú mismo puedes realizar en casa sin mucho esfuerzo, como motores de inducción, que se pueden encontrar en el interior de las lavadoras, por ejemplo, y cuya función principal es bombear el agua en las mismas.

Los fenómenos eléctricos y magnéticos fueron considerados como independientes hasta 1820.



**Hans Christian Oersted** fue el primer personaje de esta historia. Estaba preparando su clase de física en la Universidad de Copenhague, una tarde del mes de abril, cuando al mover una brújula cerca de un cable que conducía corriente eléctrica notó que la aguja giraba hasta quedar en una posición perpendicular a la dirección del cable. Más tarde repitió el experimento una gran cantidad de veces, confirmando el fenómeno.

## INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

La inducción electromagnética esta relacionada en cierto sentido con dos fenómenos distintos: 1) las corrientes eléctricas pueden comportarse de la misma manera que lo hacen los imanes y 2) los imanes en movimiento pueden producir corrientes eléctricas.

La historia de la inducción electromagnética comenzó en 1820 cuando el científico danés Hans Christian Oersted descubrió el Electromagnetismo mediante el experimento que lleva su nombre. Es decir descubrió que los fenómenos Eléctricos y Magnéticos no son independientes entre sí, como se creía en aquellos tiempos, sino que están íntimamente relacionados. De hecho, son dos caras de una misma moneda, la interacción electromagnética; una de las cuatro interacciones fundamentales que existen en la naturaleza.

### El experimento de Oersted

Este es un experimento que lo puedes realizar en casa. Los utensilios que tienes en casa, junto con los que puedes encontrar en una ferretería o tienda de todo a un euro, convertirían tu casa en un laboratorio equipadísimo del siglo XIX. Por lo tanto, con un poco de ingenio puedes

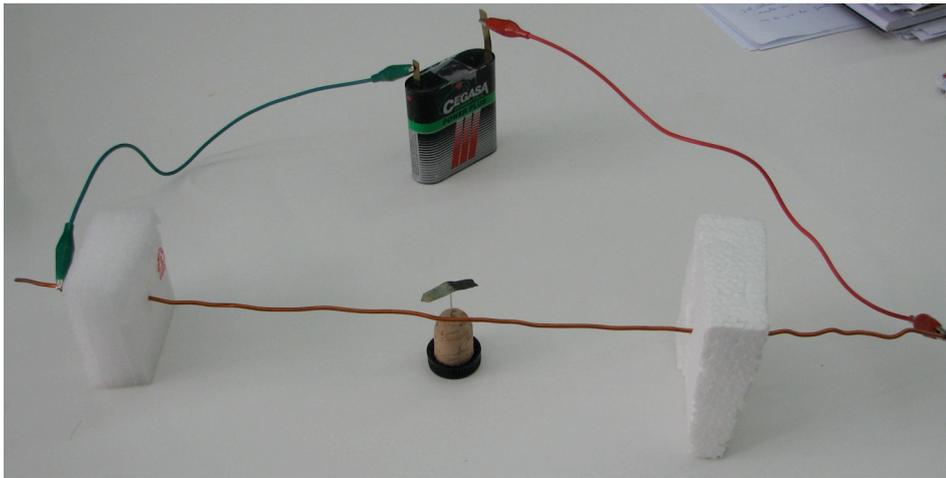
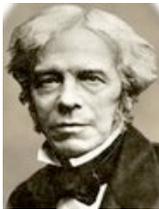


Figura 1: Montaje del experimento de Oersted

Si las corrientes eléctricas producen campos magnéticos, los campos magnéticos habrían de ser capaces de producir corrientes eléctricas.

### Michael FARADAY



Otro personaje importante de esta historia es Michael Faraday, hijo de una pobre familia inglesa, que apenas recibió una instrucción elemental. Empezó a trabajar como chico de recados de una librería de Londres, antes de pasar a ser aprendiz de encuadernador. Gracias a su trabajo tuvo la oportunidad de leer numerosos libros y se interesó especialmente por la química y la electricidad. Oyente asiduo de conferencias científicas, asistió al ciclo que dio Davy en la Real institución, y este le ofreció un puesto de ayudante, y allí se quedó durante toda su vida, llegando a ser director del mismo y uno de los científicos más importantes de todos los tiempos.

realizar en casa la mayoría de los experimentos que se realizaron en aquellos días. Para realizar este experimento necesitas: un cable de cobre (cuanto más recto y más grueso mejor), una pila y una pequeña brújula, como se muestran en la figura.

Al conectar el cable a los terminales de la pila pasa una corriente eléctrica por el cable de cobre. La brújula "siente" el paso de la corriente y deja de marcar el norte, desviándose hacia la dirección perpendicular al cable de cobre. Es decir, el cable con corriente eléctrica desvía la brújula, actuando de manera similar a un imán. El imán también desvía la brújula al colocarlo en las cercanías de la misma, en este caso hacia el polo del imán.

Como bien sabemos, el imán tiene unas propiedades, magnéticas, que no tienen otros materiales. Gracias a ellas los imanes atraen virutas de hierro, clavos o desvían las brújulas. El cable con corriente (y solo con corriente) también desvía la brújula; por lo tanto, podemos decir que se comporta como un imán; es decir, también presenta propiedades magnéticas, y diremos que, como los imanes, produce *Campos Magnéticos*.

Michael Faraday, tras enterarse del experimento de Oersted, le empezó a dar vueltas a la siguiente idea: si las corrientes eléctricas producen campos magnéticos, los campos magnéticos habrían de ser capaces de producir corrientes eléctricas. Se puso a trabajar con ahínco en esta idea y al cabo de 10 años, en 1831, presentó doce maneras distintas de producir corrientes eléctricas a partir de campos magnéticos. Sin embargo, se dio cuenta de que para producir las corrientes eléctricas, no solo se necesitaban imanes, sino que estos deben estar en movimiento.

## Producción de corrientes eléctricas con imanes

Para realizar este experimento necesitas: una bobina (que puedes construir partiendo de un cable de cobre largo y estrecho) conectada a un medidor de corriente, en el caso de la figura se utilizan un galvanómetro y un imán. Al colocar el imán en una determinada posición en las cercanías de la bobina, no pasa corriente por el galvanómetro y éste no marca nada. Sin embargo, si de pronto se mueve rápidamente el imán veremos que la aguja del galvanómetro se moverá. Al parar el movimiento del imán, la aguja vuelve al cero. Si ahora se vuelve a mover rápidamente el imán en la misma dirección, pero en sentido opuesto, observaremos que la aguja del galvanómetro se desplazará en la dirección contraria al caso anterior.



Figura 2: Montaje para observar el fenómeno de inducción electromagnética.

## APLICACIONES DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Como hemos comentado en la introducción, las aplicaciones de la inducción electromagnética son muchísimas. Algunas de éstas se enumeran en la lista que se presenta a continuación.

- Motores eléctricos
- Generadores de corriente alterna
- Transformadores
- Auriculares de teléfonos
- Altavoces
- Micrófonos
- Freno eléctrico de los camiones y autobuses.
- Aceleradores (betatrón)
- Trenes levitados magnéticamente.
- Cocinas de inducción (electrodomésticos)
- Hornos de inducción

A continuación, y como aplicación de la inducción electromagnética, trataremos el freno magnético y los motores eléctricos.

## FRENO MAGNÉTICO

Las corrientes de Foucault (también llamadas parásitas), de gran importancia práctica, son consecuencia de la ley de la inducción electromagnética. Estas corrientes, desde el punto de vista de las aplicaciones, unas veces son potencialmente dañinas y otras positivas. Para tratar de entender su origen, utilizaremos la balanza magnética, ya que para entender el comportamiento de la balanza magnética las corrientes de Foucault son imprescindibles.

Como se puede observar en la figura 3, la balanza magnética está formada por un gran imán en herradura (que tiene un estrecho entrehierro) y un péndulo físico (lamina metálica rectangular suspendida en la figura 3). Al soltar la lámina metálica desde una posición cercana a la horizontal (figura 3 izquierda), es decir, desde una posición exterior al entrehierro del imán, el movimiento del péndulo no es el que intuitivamente esperaríamos; por el contrario, notaremos que el movimiento del péndulo disminuye (la lamina se frena) al entrar en la zona del entrehierro; la región con campo magnético. Antes de entrar en el entrehierro, el campo magnético no atravesaba la lámina metálica (zona exterior al imán, y por tanto, sin campo magnético); sin embargo, en el entrehierro el campo magnético comienza a atravesar la lámina. Esto "no le gusta" a la ley de inducción electromagnética y para oponerse a que el campo magnético atraviese la lámina se induce en ésta una corriente eléctrica. Al estar la corriente inducida dentro del campo magnético del entrehierro, una fuerza actuará sobre esa corriente (es decir, sobre la lámina metálica) que tratará de sacar la lámina del entrehierro: la fuerza inducida actuará en el sentido contrario al movimiento de la lámina metálica, frenando el movimiento de la misma.

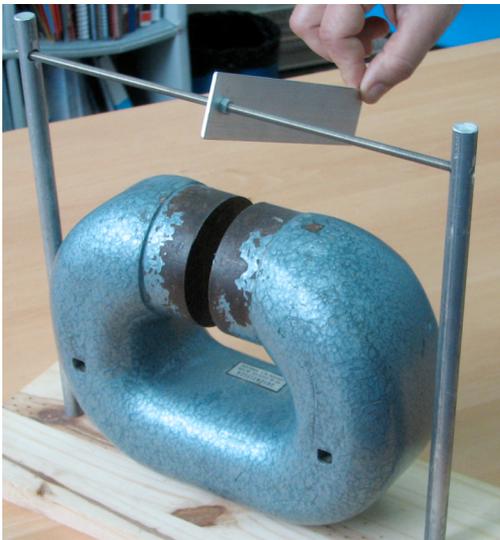


Figura 3: Funcionamiento de un freno magnético.

## MOTORES ELÉCTRICOS

Por motor eléctrico se entiende cualquier sistema que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

### MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA (motor de clip)

Éste es el motor más simple que uno puede construir. Para ello, se necesita, simplemente, una bobina, una pila, 2 clips y un imán. La bobina se puede construir arrollando un cable fino de cobre, luego se la ata con el propio cable, y se le dejan 2 extremos horizontales libres. Estos dos extremos se apoyan sobre dos clips, en los que pueden girar los extremos de la bobina, que están sujetos a los terminales de las pilas. Lo único que falta para construir el motor es un imán cuyo campo actúe en la región en la que esta colocada la bobina.

Este motor está basado en el hecho de que cuando dentro de un campo magnético pasa una corriente eléctrica por un cable inmerso en aquel campo, sobre el cable actúa una fuerza mecánica. Evidentemente, esta fuerza puede mover el cable, y, por tanto, realizar un trabajo mecánico sobre el cable, a costa de la energía eléctrica suministrada por la pila. Ya tenemos un motor eléctrico. En el caso del motor de clip y, en general, de los distintos motores eléctricos, el trabajo mecánico se realiza sobre una bobina que gira al recorrerla una corriente eléctrica.

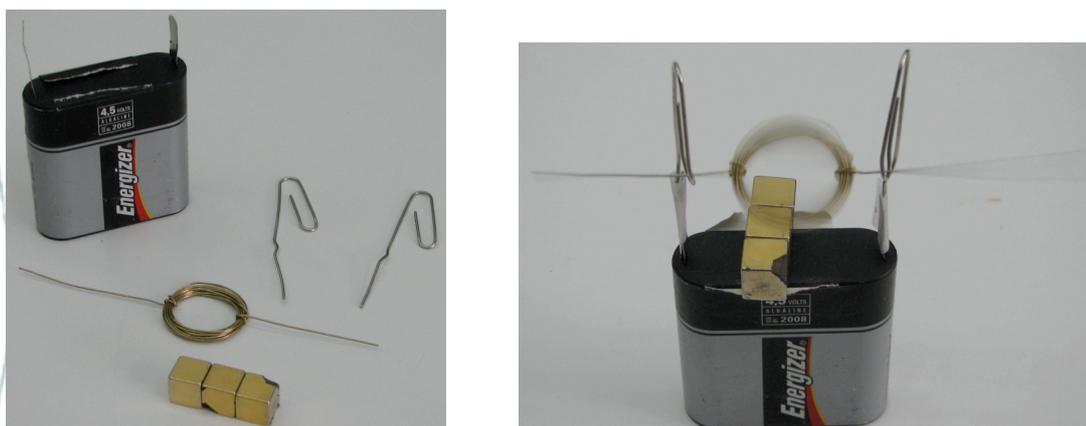


Figura 4: Construcción de un motor de corriente continua sencillo.

### MOTOR DE INDUCCIÓN (motor de lavadora)

Los motores de inducción de las lavadoras son unos motores de gran eficiencia y potencia, capaces de bombear con gran fuerza el agua que entra por los tubos al tambor de la lavadora. Los motores de inducción están formados por un inductor y un inducido. El inductor de este motor consiste en una bobina conectada a la red eléctrica (corriente alterna), por cuyo interior pasa un entramado de hierro que tiene un agujero en su centro. En este entramado de hierro hay 2 grupos de espiras colocadas en posiciones opuestas al diámetro que atraviesa el agujero (fundamentales para el funcionamiento del motor). En la lavadora el inducido es el sistema que gira (la energía eléctrica se convierte en mecánica en el inducido) y que bombea el agua en la lavadora. En nuestro caso el inducido es un semicilindro metálico (la parte superior de una caja de pastillas "Couldina") que puede girar libremente, minimizando el rozamiento, gracias a un pequeño orificio realizado en el centro de su base, permitiéndole apoyarse sobre un clavo vertical.

Este motor nos mostrará la eficiencia con la que pueden construirse motores eléctricos, así como la inducción de corrientes de Foucault, cuyo origen hemos tratado en la balanza magnética.

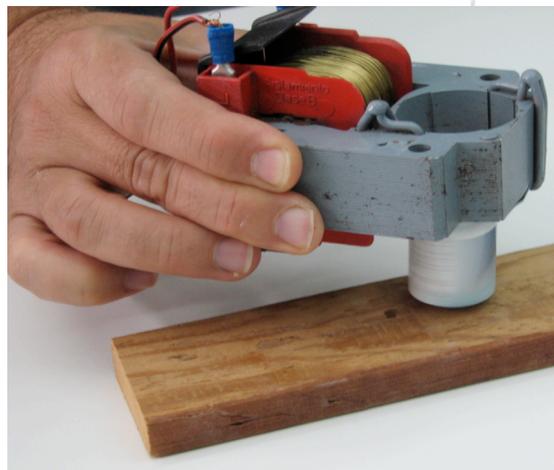
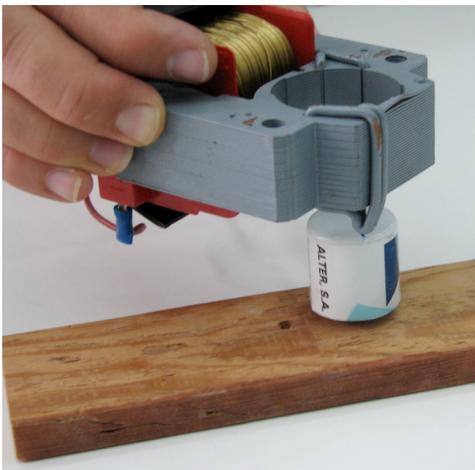
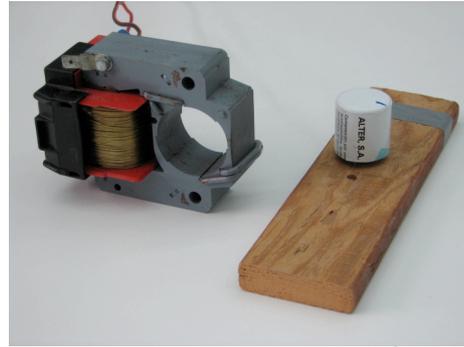


Figura 5: Puesta en marcha de un motor de inducción.

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

### 1) EXPERIMENTO DE OERSTED

- Montar el experimento, colocando la brújula lo más cerca posible del cable de cobre, y teniendo cuidado de que el norte de la brújula no esté en la dirección perpendicular al cable.
- Conectar los terminales de la pila con el cable grueso de cobre.
- Si consigues que por el cable de cobre pase una corriente eléctrica, observarás un claro movimiento de la aguja de la brújula. ¡Las corrientes han producido un campo magnético!

De hecho, este fue el método que utilizó Faraday para detectar la inducción de corrientes eléctricas.

### 2) EXPERIMENTO DE FARADAY

- Conecta los terminales de la bobina en los extremos del galvanómetro.
- Coge con una mano el imán y colócalo en la boca de la bobina. ¿Observas algo en la aguja del galvanómetro?
- Mueve rápidamente el imán, alejándolo de la bobina. ¿Observas algo?
- Ahora, mueve rápidamente el imán acercándolo a la bobina. ¿Observas lo mismo?

- e) Introduce el bloque de hierro en la bobina y sujétalo con la mano sin que se mueva.
- f) Repite los apartados b), c) y d)
- g) Repite los apartados anteriores; pero, ahora, el imán debe estar quieto, y lo que mueves es la bobina ¿Observas algo?
- h) Realiza una tabla que indique el tipo y dirección de los movimientos realizados, así como la dirección y amplitud del movimiento de la aguja del galvanómetro.
- i) Teniendo en cuenta los resultados de la tabla que has construido, trata de explicar los resultados que has observado.

### 3) BALANZA MAGNÉTICA

- a) Construye el péndulo físico utilizando la lámina de madera.
- b) Después de colocar la lámina de madera en el centro del entrehierro del imán grande, hazlo balancear y mide el periodo del péndulo.
- c) Cambia la lámina de madera por la de aluminio.
- d) Mide el periodo de este nuevo péndulo. ¿Encuentras alguna diferencia? ¿Por qué?
- e) Cambia la lámina de aluminio por la lámina de aluminio que tiene forma de peine.
- f) Mide el periodo de este nuevo péndulo. ¿Encuentras alguna diferencia? ¿Qué pasa ahora? ¿Por qué?
- g) Quita el péndulo y coge los discos de madera, aluminio y aluminio con agujeros.
- h) Coloca el disco en el centro del entrehierro pero encima del mismo (fuera de la zona en la que hay campo magnético). Deja caer cada disco, bien centrado, en el entrehierro, con cuidado para que no choque con los bordes del imán. ¿Como se comportan los 3 discos? ¿Se comportan igual? ¿Por qué?

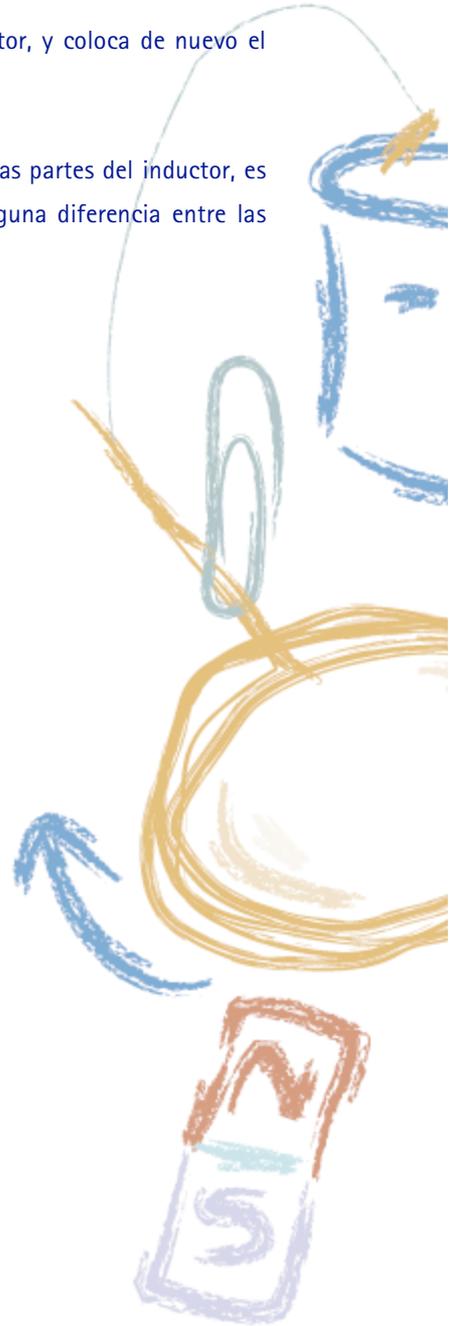
Date cuenta de que cuando el péndulo está en movimiento tiene energía cinética. Al entrar el péndulo en el entrehierro se inducen corrientes de Foucault en la lámina metálica; es decir, se induce una determinada potencia eléctrica. La conservación de la energía nos dice claramente que la corriente eléctrica inducida ha de inducirse a costa de alguna energía disponible. La única existente en el sistema construido es la energía cinética del péndulo, por lo tanto, la energía cinética de la lámina ha de disminuir.

### 4) MOTOR DE CLIP

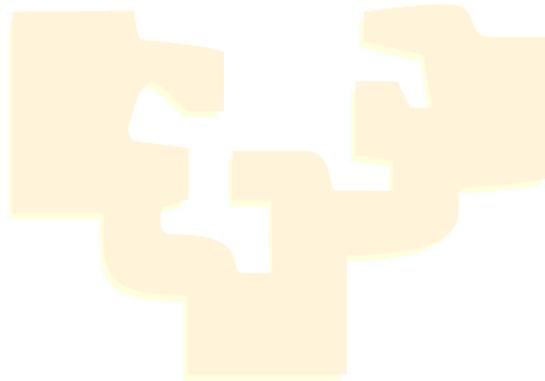
- a) Para construir la bobina utiliza hilo de cobre fino, y enróllalo alrededor de un rotulador grueso. Después, ata la bobina con el hilo, y deja dos extremos salientes.
- b) Une cada uno de los dos terminales de la pila con un clip.
- c) Introduce los extremos libres de la bobina en los clips, en posición horizontal. Antes de ello, elimina el barniz de los extremos del hilo de cobre para que realicen buen contacto con los clips.
- d) Ahora la corriente recorre la bobina (puedes acercar la brújula para verificarlo, pero la bobina está quieta).
- e) Coloca el imán en las proximidades, y observa lo que sucede.
- f) Cuenta la frecuencia de giro de la bobina para distintas posiciones del imán.
- g) Construye otra bobina, con distinto número de vueltas y vuelve a medir la frecuencia de giro. ¿Es la misma? ¿Por qué?

## 5) MOTOR DE LAVADORA

- Coloca la caja semicilíndrica de "Coudina" (el inducido) bien centrada sobre el clavo.
- Conecta el cable del inductor (o circuito magnético) en el enchufe de la red eléctrica.
- Coge el inductor con la mano, y coloca, con mucho cuidado, el agujero del inductor sobre el inducido (la caja semicilíndrica). ¿Qué ocurre? ¿Por qué?
- Nada más observar lo que ha ocurrido en el apartado anterior, dale la vuelta al inductor, y coloca de nuevo el agujero sobre el inductor. ¿Qué ocurre ahora? ¿Por qué?
- ¿Cómo bombea el agua este motor en la lavadora? Haz un esquema del inductor.
- Desconecta el motor de la red eléctrica, y, a continuación, toca con los dedos las distintas partes del inductor, es decir, el núcleo de hierro, las espiras y el cable de la bobina. ¿Observas algo? ¿Notas alguna diferencia entre las distintas partes que has palpado? ¿En caso de que existan, por qué?



eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

#### 4. EPÍLOGO

Los profesores de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) que hemos participado en la preparación de los experimentos que os presentamos en el programa *Física en Acción*,

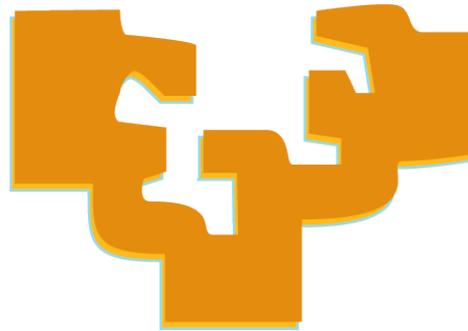
- Juan Mari Aguirregabiria (*Departamento de Física Teórica e Historia de la Ciencia*)
- Aitor Bergara (*Departamento de Física de la Materia Condensada*)
- Txema Ezpeleta (*Departamento de Física Aplicada II*)
- Josu Mirena Igartua (*Departamento de Física Aplicada II*)
- Gotzon Madariaga (*Departamento de Física de la Materia Condensada*)
- Raúl B. Pérez (*Departamento de Física de la Materia Condensada*)
- Fernando Plazaola (*Departamento de Electricidad y Electrónica*)
- Martín Rivas (*Departamento de Física Teórica e Historia de la Ciencia*)
- Jon Saenz (*Departamento de Física Aplicada II*)
- José J. Saiz Garitaonandia (*Departamento de Física Aplicada II*)
- Nerea Zabala (*Departamento de Electricidad y Electrónica*),

deseamos que esta sesión resulte provechosa y satisfaga las expectativas de todos vosotros, que aprendáis y disfrutéis en el laboratorio, como nosotros hemos disfrutado con su preparación y puesta a punto. En cualquier caso, esperamos con vuestras sugerencias mejorar la programación para el próximo año.



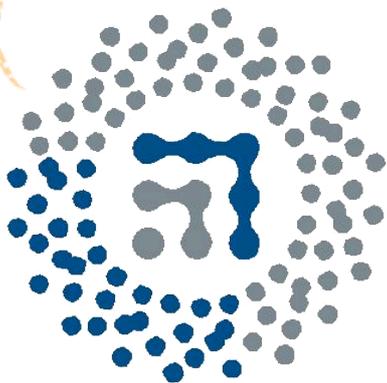


eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



**ZTF-FCT**

Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología