

Desviando partículas en un viejo monitor

Resumen

Convertimos un viejo monitor de ordenador en un útil instrumento para el estudio de la fuerza de Lorentz y de los campos magnéticos. Se demuestran las propiedades de los campos magnéticos y la desviación de los haces de partículas bajo su influencia.



Foto 1. Líneas del campo magnético en atracción y repulsión



Foto 2. Haz de electrones en el centro de un monitor

Finalidad del proyecto

¿Qué es el campo magnético? ¿Qué son los polos de un imán? ¿Por qué los polos opuestos se atraen? ¿Qué es la fuerza magnética? ¿Cómo se desvían, aceleran y confinan las partículas? Estas son preguntas de difícil y abstracta respuesta, pero... ¿y si lo viéramos?

Principios físicos: La fuerza de Lorentz

Aceleradores de partículas, trampas de confinamiento magnético, espectrómetros de masas y microscopios electrónicos son instrumentos utilizados en Física de Partículas, Física Nuclear y en otras ramas científicas. Las auroras boreales y las explosiones solares son fenómenos naturales en los que chorros de partículas son desviados por campos magnéticos. La fuerza de Lorentz, imprescindible para explicar el funcionamiento de estos aparatos y la belleza de dichos fenómenos, establece que toda partícula cargada que se mueve en un campo magnético con cierta velocidad, sufre una fuerza dada por la expresión:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Los viejos monitores y aparatos de televisión de tubos de rayos catódicos también basan su funcionamiento en la fuerza de Lorentz. La desviación del haz de electrones, necesaria para llegar a cada punto de la pantalla, se realiza mediante campos magnéticos generados por bobinas enrolladas al tubo. Si eliminamos los circuitos de barrido horizontal y vertical que llevan corriente a las bobinas, enfocaremos el haz de electrones en el centro de la pantalla y podremos experimentar con él.

De monitor a aparato docente (materiales y montaje)

Precaución: Si decide seguir nuestros pasos tenga cuidado, las descargas eléctricas son peligrosas y se pueden producir incluso con el monitor desconectado. Una forma sencilla de evitarlas es trabajar con guantes aislantes.

1. Quitamos la carcasa externa y nos encontramos con el tubo de pantalla y sus conexiones (foto 3).
2. Tenemos que encontrar qué cables permiten quitar los barridos horizontal y vertical. Son los que van conectados a las bobinas de cobre enrolladas en la superficie del tubo (foto 4).
3. Los cortamos y ponemos interruptores que nos permitan poner y quitar los dos barridos (foto 3).

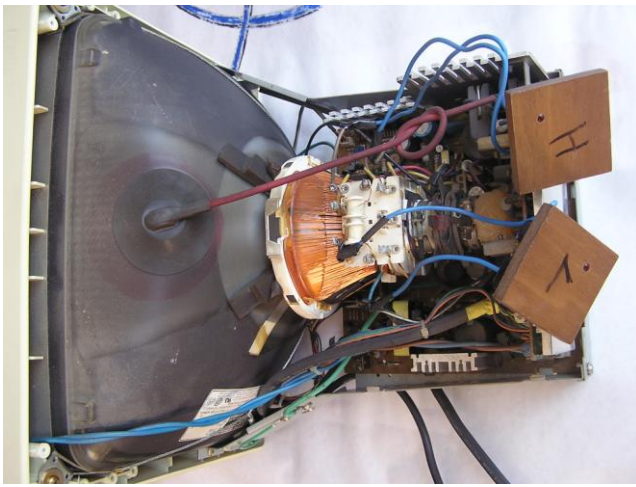


Foto 3. Conexión de los interruptores

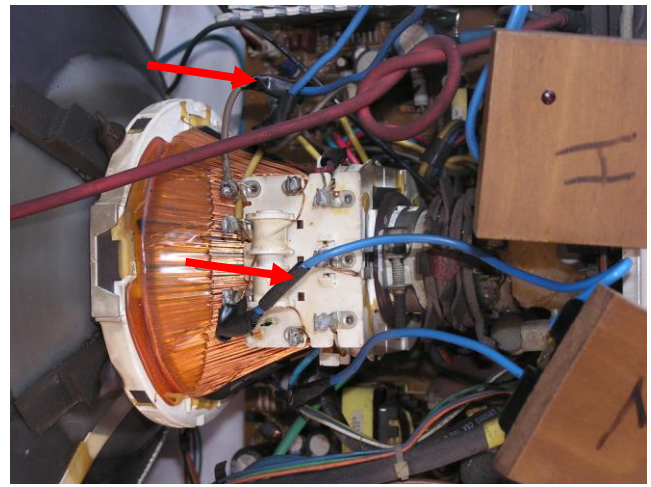


Foto 4. ¿Qué cables hay que cortar?

4. Abrimos dos agujeros en la parte superior de la carcasa para sacar por ellos los interruptores y volvemos a poner la carcasa (Foto 5). Colocamos los interruptores en su sitio definitivo (Foto 6).

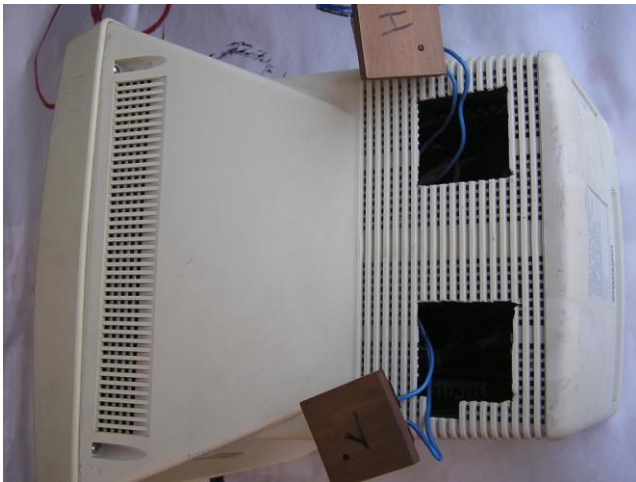


Foto 5. Agujeros en la carcasa



Foto 6. Montaje final

Ahora podremos ver en la pantalla:

Una línea horizontal si apagamos el barrido vertical (Foto 7).

Una línea vertical si apagamos el barrido horizontal (Foto 8).

Un punto iluminado si apagamos los dos barridos (Foto 2).

La pantalla normal si conectamos los dos barridos.



Foto 7. Barrido vertical desconectado



Foto 8. Barrido horizontal desconectado

Experiencias

Ya está todo listo, ¡ahora podemos empezar a ver la Física! ¡Vale más ver una vez, que oír cien veces!

Para demostrar la influencia de los campos magnéticos en el movimiento de los electrones que viajan por el interior del tubo (fuerza de Lorentz), pusimos los imanes que había en el laboratorio encima de la pantalla que tenía sólo el punto central (con los dos barridos quitados). Esperábamos ver que el punto central cambiara de posición, pero casi no se movió. Cambiamos la posición del imán (la fuerza magnética es vectorial), lo mismo. Los estudiantes que me ayudaban con el proyecto estaban apesadumbrados:

– ¿Qué falla? – preguntaron.

Les hice ver que, aunque apenas perceptible, el punto algo se movía y les pregunté:

– ¿De qué depende la fuerza magnética?

– De la carga, su velocidad, el valor del campo magnético y del ángulo – respondieron casi a coro.

Era la típica respuesta de los buenos estudiantes que nunca han visto de lo que hablan.

– ¿Qué podemos hacer para aumentar su valor y que se note el movimiento del punto? La carga no la podemos cambiar (es la de los electrones), la velocidad tampoco (el tubo es como es) pero si podemos cambiar el campo, ¿cómo? – les dije.

– Con un imán más potente. – dijo una alumna.

– ¿Dónde encontrarlos? No tengo más imanes en el laboratorio.

Entonces sucedió algo muy curioso. Uno de los chicos era “tuneador” de coches y nos explicó un truco de su “gremio”:

– Para saber si un altavoz de coche es más potente que otro, lo acercamos a un clavo y comprobamos la fuerza de atracción. Estoy seguro que los imanes que tienen son mucho más potentes que los del laboratorio.

Nunca pensé que sacaría algún provecho de la música estridente de los coches de los jóvenes de hoy en día. El “tuneador”, asiduo visitante de los desguaces de coches, al siguiente día nos trajo cuatro altavoces. Los desguazamos y les sacamos los imanes.

Repetimos el experimento del día anterior y... ¡Eureka! ¡El punto se mueve! (Foto 9). Giramos el imán 180° y el punto se movió en sentido contrario. ¡El imán tiene dos polos!

Conectamos el vertical y sale una recta vertical en la pantalla, acercamos el imán y vemos como la recta se curva. La regla del sacacorchos para la fuerza magnética nos explica este experimento (Fotos 10 y 11).

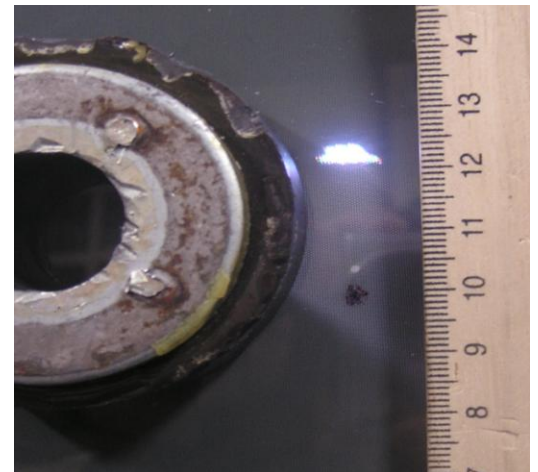


Foto 9. Desplazamiento del haz de electrones al poner un imán



Foto 10. Demostración de la fuerza de Lorentz



Foto 11. Un imán tiene dos polos

Lo mejor para el final: ponemos los dos barridos, la pantalla se ilumina por completo, colocamos el imán sobre ella y... ¡Asombroso! ¡Qué colores! ¡Es el campo magnético del imán! ¡Se ven las líneas del campo! (Foto 12)

Si ahora acercamos otros dos imanes al anterior veremos porqué los polos opuestos se atraen y los iguales se repelen (foto 1). Las líneas del campo son horizontales en la repulsión (imán derecho con central) y verticales en la atracción (imán izquierdo con central).



Foto 12. Campo magnético del imán de un altavoz

Midiendo el campo magnético del imán de un altavoz

En la foto 9 vemos que al poner el imán, el punto se desplaza 2,3 cm del centro. Si la diferencia de potencial que acelera los electrones en el cañón es 750 V y suponemos que el campo del imán es uniforme y que empieza a actuar cuando el electrón está a 5 cm de golpear la pantalla por dentro, determine:

- La velocidad con que los electrones salen del cañón.
- La dirección y sentido del campo del imán en un esquema basado en la foto.
- Una estimación del valor de dicho campo.

Soluciones: a) $1,6 \cdot 10^7$ m/s, b) \leftarrow , c) $1,4 \cdot 10^{-3}$ T

Posibilidades de generalización

El trabajo está destinado a alumnos de segundo curso de Bachillerato, Formación Profesional (por el trabajo con diversas herramientas, con la electricidad y la electrónica) y universitarios de carreras técnicas y científicas en las que se impartan cursos de Electromagnetismo.

Coste del proyecto

El proyecto puede realizarse con los medios materiales que hay en los centros escolares. Solamente hemos comprado dos interruptores de pared (2 €). Los imanes pueden sacarse de los altavoces de los aparatos de TV o de equipos de música (también puede seguir el ejemplo del “tuneador”). Dar una “segunda vida” a los viejos televisores y monitores de tubo de rayos catódicos, que se van sustituyendo por pantallas planas, sería un justo pago por los servicios prestados a lo largo de varias décadas.

Conclusiones

Los aparatos docentes comerciales que demuestran la fuerza de Lorentz son desorbitadamente caros, en este trabajo hemos conseguido hacerlo con muy poco dinero. Los estudiantes aprenden, además de las leyes del magnetismo, que en la Ciencia el dinero es importante, pero las ideas lo son más.

Alberto L. Pérez García



ACCÉSIT EN EL II CONCURSO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DEL
CENTRO NACIONAL DE FÍSICA DE PARTÍCULAS,
ASTROPARTÍCULAS Y NUCLEAR (CPAN)