

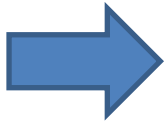
Clase 06

Magnetismo y Ley de Inducción de Faraday

1) Explicación teórica

1. Campo magnético

-Así como el campo eléctrico $\mathbf{E}$ se puede definir como el vector fuerza por unidad de carga en reposo, se puede definir el campo magnético $\mathbf{B}$ a la parte dependiente con la velocidad de la fuerza que actúa sobre la carga en movimiento.



Fuerza de Lorentz: $\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$

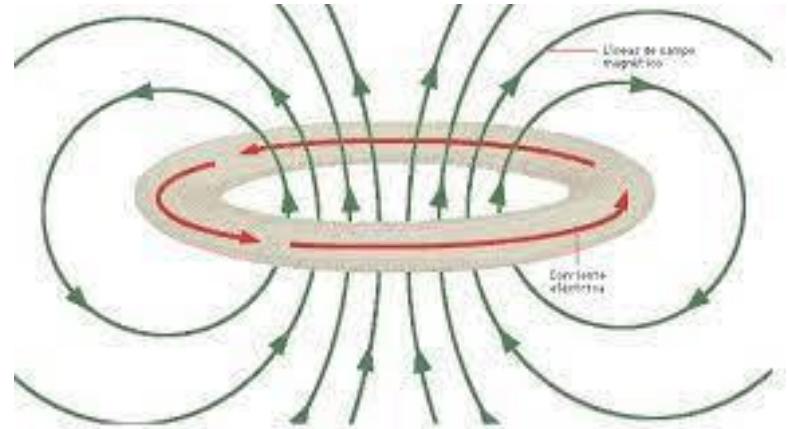
-Para calcular el campo magnético se puede usar:

Ley de Biot-Savart

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

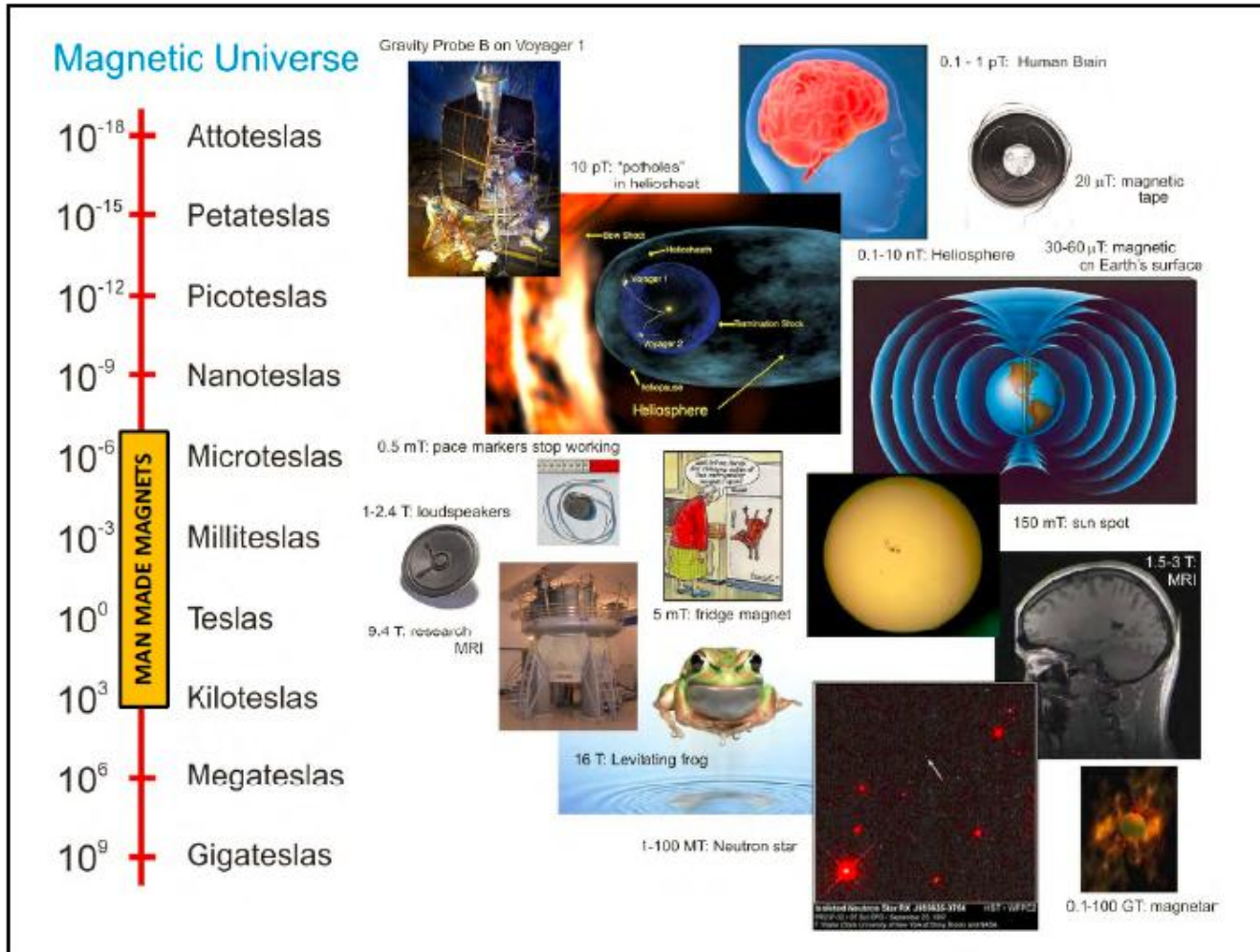
Ley de Ampère

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_T$$



1) Explicación teórica

1. Campo magnético: escalas y unidades



Unidades:

$$1\text{T} = 1 \text{ N/A} \cdot \text{m}$$

$$1\text{T} = 10.000 \text{ G}$$

$$1 \text{ mT} = 10 \text{ G}$$

$$1\mu\text{T} = 0,01 \text{ G}$$

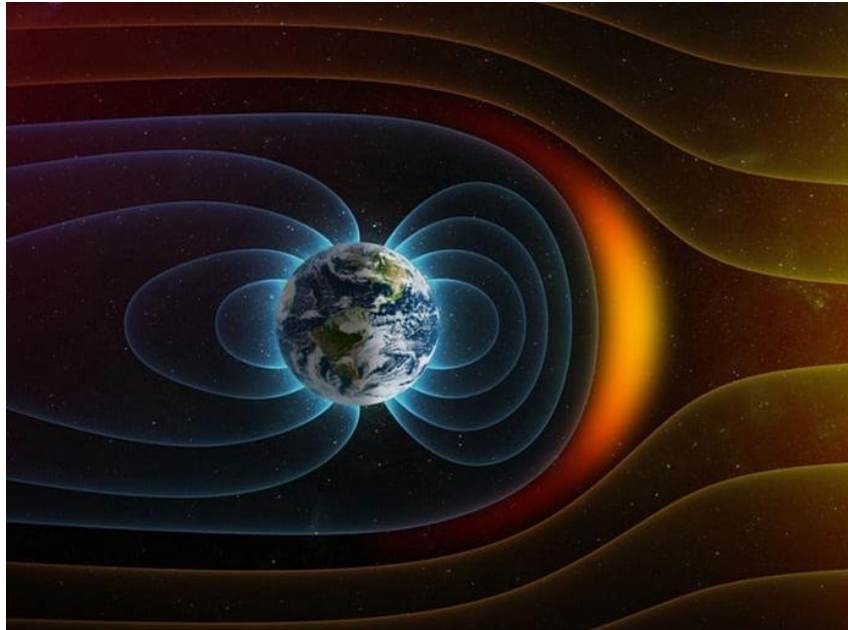
$$1 \text{ nT} = 0,01 \text{ mG}$$

$$1\text{G} = 10^{-4} \text{ T}$$



1) Explicación teórica

2. Campo magnético Terrestre

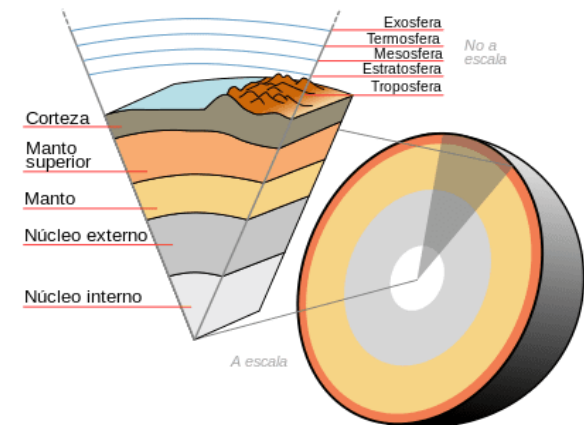


-El **campo magnético terrestre** se extiende desde el interior del planeta hacia el exterior, espacio donde se encuentra con el viento solar.

-Es conocido también por el nombre de *campo geomagnético* y se da por la cantidad de metales que se encuentran en el núcleo, la capa más interna de la Tierra.

-Está generado por las corrientes de convección que existen en el núcleo de la Tierra.

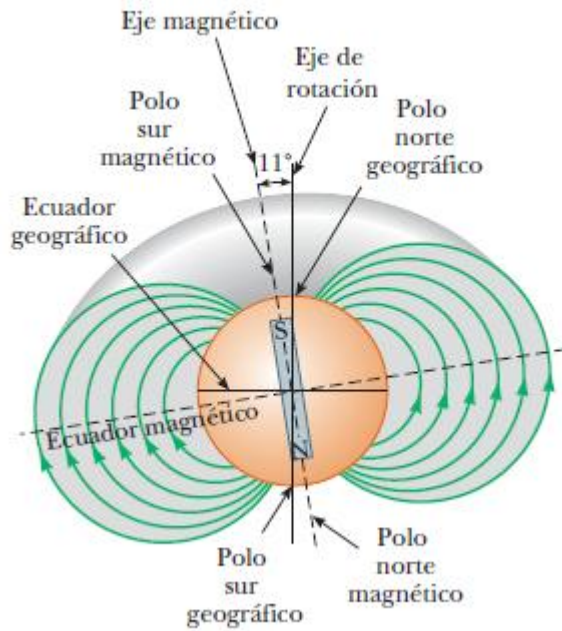
-Estas corrientes eléctricas se dan porque en el núcleo hay gran cantidad de metales en movimiento como lo son el hierro, níquel y azufre.



<https://www.meteorologiaenred.com/campo-magnetico-terrestre.html>

1) Explicación teórica

2. Campo magnético Terrestre



-El comportamiento del campo magnético terrestre es un 80% similar al de un imán de barra (dipolo), inclinado 11 grados respecto al eje de rotación de la Tierra.

-Pero el 20 % restante no. **Esto genera una inversión de los polos magnéticos a lo largo del tiempo.**

-El campo magnético se ha invertido completamente cientos de veces en los últimos 500 millones de años.

-El polo norte geográfico coincide con el polo sur magnético.

-El campo magnético también es el responsable de que tengamos atmósfera (que de no existir, habría $123^{\circ}\text{C} < T < -153^{\circ}\text{C}$ en la tierra).

-Muchos animales, incluidas especies como las aves y tortugas, emplean el campo magnético para navegar y orientarse durante su periodo de migración.

[1] Física Universitaria con física moderna-SEARS • ZEMANSKY Volumen 2

[2] B. Stagnaro, serie " El Eternauta", Netflix.

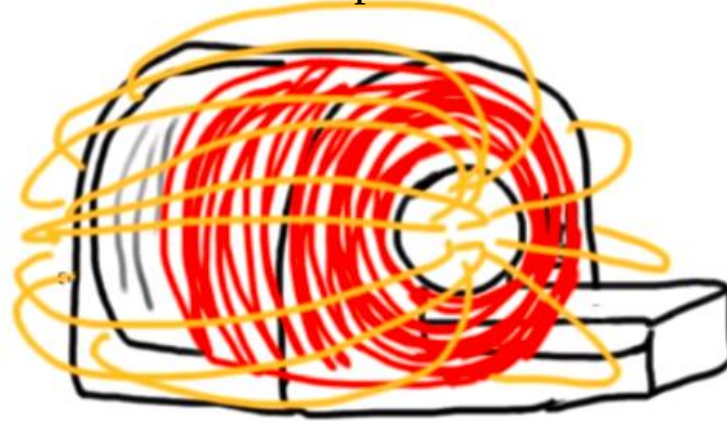
Comentario: Aplicaciones de campo magnético

1. Resonancia magnética

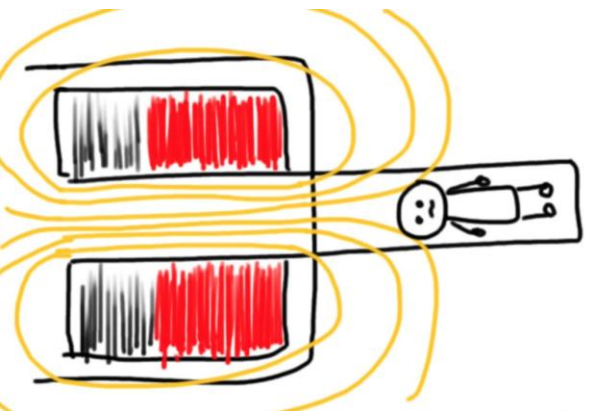


1.5 T

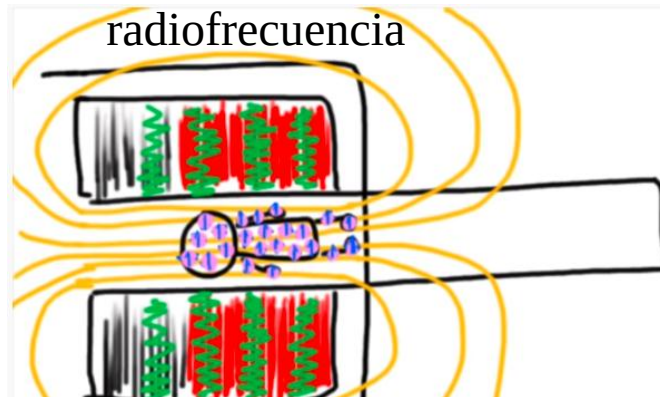
Líneas del campo B del escáner



Video sencillo explicativo: <https://www.youtube.com/watch?v=K4raeZqgT4I>



Aplicación de ondas de radiofrecuencia



Alineación del spin de átomos de H con campo B



Comentario: Aplicaciones de campo magnético

1. Para caracterizaciones de muestras

Oferta de Servicios Tecnológicos

INICIO

BUSCADOR FACILIDAD/LABORATORIO FUNCIÓN/ÁREA DEPENDENCIA SOBRE LOS CENTROS DE SERVICIOS NOVEDADES

RMN 500 MHz multinuclear, Bruker Avance Neo 500

Categorías: DQO - UMYMFOR, Resonancia Magnética Nuclear, Resonancia Magnética Nuclear

Espectrometría de Resonancia Magnética Nuclear multinuclear (1D y 2D, detección directa e inversa). Resonancia magnética nuclear cuantitativa (qRMN).

Imán superconductor blindado de 11,75 Tesla Ascend 500. Cavidad central (bore) de 54 mm. Sistema de shims matricial BOSS 3

Consola Avance Neo de 2 canales con generación de frecuencias para 1H, 19F, 2H y núcleos en el rango 31P-109Ag y capacidad multireceptor

Sonda ATM con gradiente Z BBI (inversa) de 5 mm para 1H y núcleos en el rango 31P a 109Ag

Sonda ATM con gradiente Z BBFO (directa) de 5 mm para 1H, 19F y núcleos en el rango 31P a 15N

Cambiador Sample Express para 16 muestras

Secuencias 1D y nD. Experimentos de rutina: COSY, NOESY, ROESY, TOCSY, HSQC, HSQC-ed, HMQC, HMBC, DOSY. Experimentos "pure shift"

Unidad de enfriamiento BCU I permite trabajar entre 0° y temperatura ambiente



Magnetómetro de muestra vibrante Lake Shore 7400

Categorías: DF, Laboratorio de Bajas Temperaturas, Magnetometría

Model 665, 100 Ampere Current Source (Fuente de corriente)

736 VSM controller, 142 Linear Amplifier (electrónica de control)

LakeShore 340 Temperature Controller (controlador de temperatura)

Disponibilidad/horarios: Consultar

Modo de uso: Consultar

Web: <http://www.lbt.df.uba.ar/>

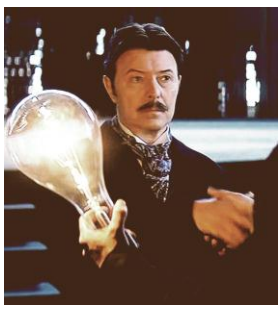
Responsable: Dr. Carlos Acha

Contacto y consultas: Carlos Acha (acha@df.uba.ar)

Reserva turno: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sistemasnacionales/gestion-de-turnos>

Forma de pago: consultar

Ubicación: Pabellón 1, Planta Baja, LBT



Oferta de Servicios Tecnológicos

BUSCADOR FACILIDAD/LABORATORIO FUNCIÓN/ÁREA DEPENDENCIA SOBRE LOS CENTROS DE SERVICIOS NOVEDADES

Magnetómetro Squid Quantum Design (7T)

Categorías: DF, Laboratorio de Bajas Temperaturas, Magnetometría

Disponibilidad/horarios: Consultar

Modo de uso: Consultar

Web: <https://www.df.uba.ar/es/component/researchers/grupo/20>

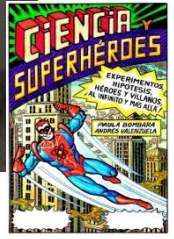
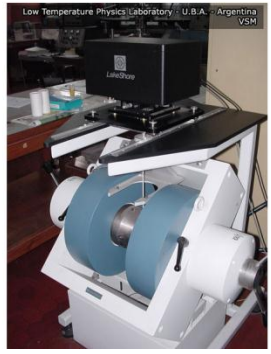
Responsable: Dr. Carlos Acha

Contacto y consultas: Carlos Acha (acha@df.uba.ar)

Reserva turno: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sistemasnacionales/gestion-de-turnos>

Forma de pago: consultar

Ubicación: Pabellón 1, Planta Baja, LBT



[1] <https://exactas.uba.ar/sic/>

[2] C. Nola, " El gran truco ", 2006.

[3] B. Singer, " X-men", 2000.

1) Explicación teórica

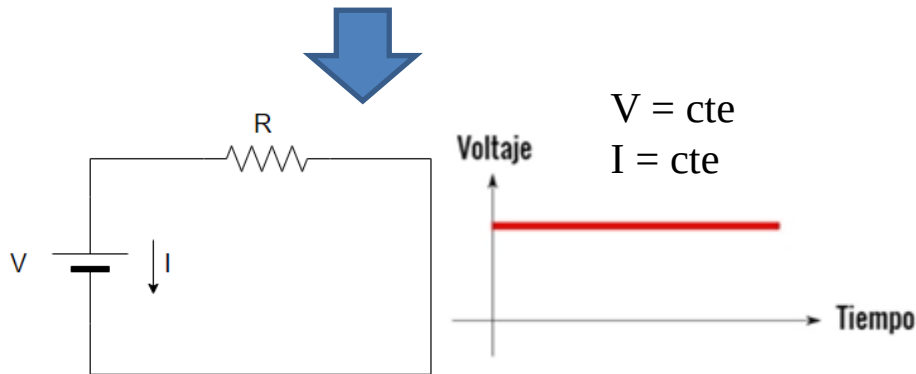
3. Repaso: concepto de FEM

- Por ejemplo, una bomba hidráulica es una fuente y sirve para **poder llevar una carga donde hay menos energía potencial hacia donde hay más.**
- La dirección de la corriente en ese dispositivo es del potencial más bajo al más alto, exactamente lo opuesto de lo que ocurre en un conductor ordinario.
- Esa “influencia” que hace que la corriente fluya del potencial menor al mayor se llama **fuerza electromotriz (fem)**. Éste es un término inadecuado porque la fem **no es una fuerza**, sino una **cantidad de energía** por unidad de carga, como el potencial.
- La unidad del SI de la fem (que se denota $\mathcal{E}$) es la misma que la del potencial, el volt ($1\text{V} = 1\text{J/C}$).
- Algunos ejemplos de fuentes de fem son las baterías, los generadores eléctricos, las celdas solares, los termopares y las celdas de combustible.
- Todos estos dispositivos convierten energía de alguna forma (mecánica, química, térmica, etc.) en energía potencial eléctrica y la transfieren al circuito al que está conectado el dispositivo.
- **En resumen:** se requiere una fuerza electromotriz (fem) para que una corriente fluya por un circuito.

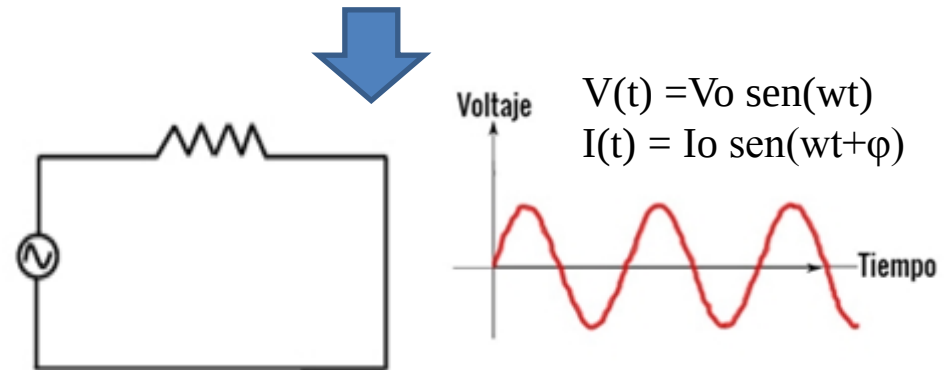
1) Explicación teórica

4. Repaso de Circuitos en alterna

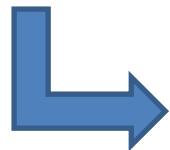
➤ En las clases anteriores se trabajó con voltajes continuos.



➤ Pero en la gran mayoría de los aparatos eléctricos que se usan en la industria y el hogar la fuente *no son una batería, sino una estación generadora* de electricidad.



➤ Esa estación produce energía eléctrica convirtiendo otras formas de energía (ej: energía potencial gravitacional en una planta hidroeléctrica ó energía química en una planta termoeléctrica que consume carbón o petróleo, etc.) ¿cómo se realiza esta conversión de la energía? ¿Cuál es el fenómeno físico?

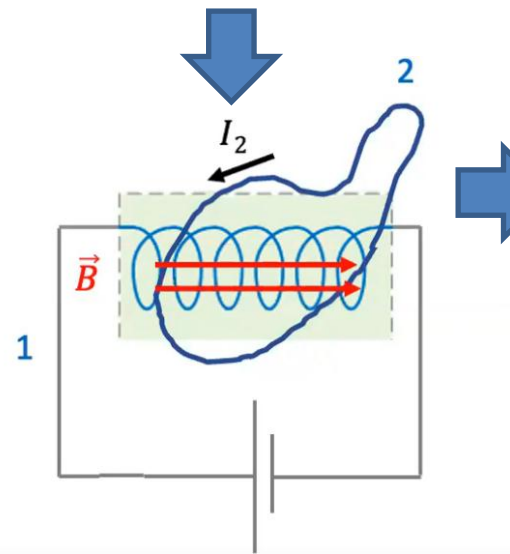


Inducción electromagnética

1) Explicación teórica

5. Inducción electromagnética: Ley de inducción de Faraday

➤ Si el flujo magnético a través de un circuito cambia, se induce una fem, y por lo tanto, una corriente en el circuito.



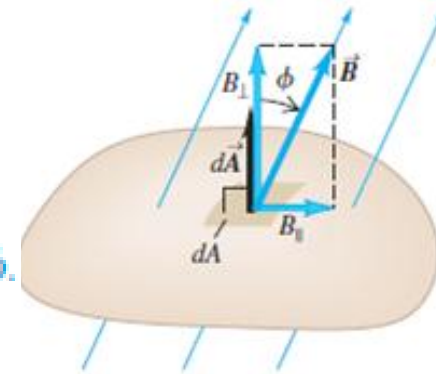
$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

➤ Donde el flujo magnético está dado por:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \phi$$

➤ Y se calcula como:

Flujo magnético a través
de un elemento de área $d\vec{A}$:
 $d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi$.



➤ La fem inducida en una espira cerrada es igual al negativo de la tasa de cambio del flujo magnético a través de la espira con respecto al tiempo.

➤ El sentido de la corriente inducida se opone a la variación de flujo magnético que la ha producido (ley de Lenz).

1) Explicación teórica

En resumen:

- La inducción electromagnética nos dice que un campo magnético que varía en el tiempo actúa como fuente de campo eléctrico. También un campo eléctrico que varía con el tiempo actúa como fuente de un campo magnético (**Ecuaciones de Maxwell**).
- Dispositivos de conversión de energía eléctrica: los motores, generadores y transformadores

2) Objetivos de la práctica

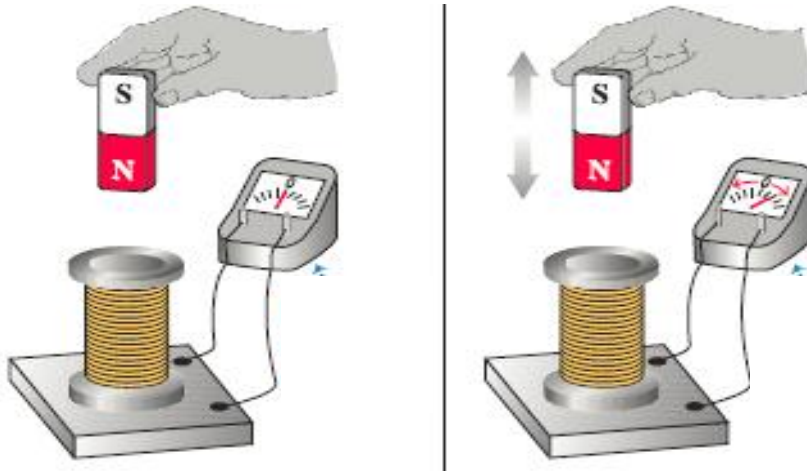
- El objetivo de esta guía consiste en **estudiar la fuerza electromotriz (fem) inducida dada por la ley de Faraday** en tres arreglos experimentales distintos:
 1. **Inducción entre una bobina y un imán permanente**
 2. **Inducción entre dos bobinas**
 3. **Transformador**
- Como vamos a utilizar circuitos en alterna se van a utilizar: **generador de funciones y osciloscopio**.

3) Arreglo experimental:

1. Inducción entre una bobina y un imán permanente

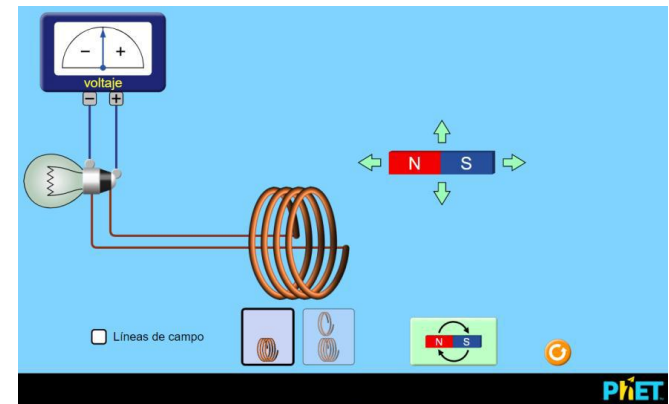
-¿Que sucede cuando el campo magnético generado por un imán permanente varía dentro de una bobina, por ejemplo, cuando uno acerca o mueve un imán?

a)



b)

Uso de simulador



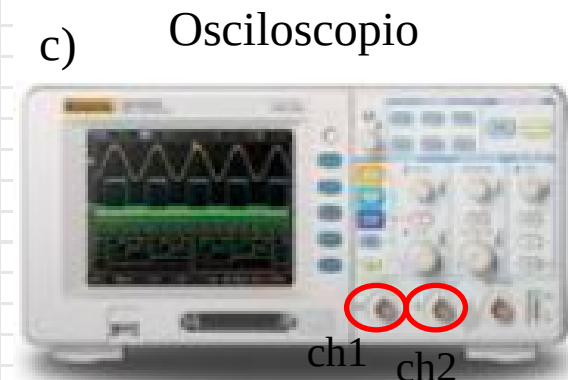
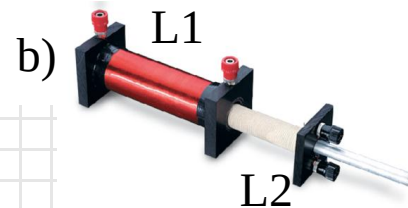
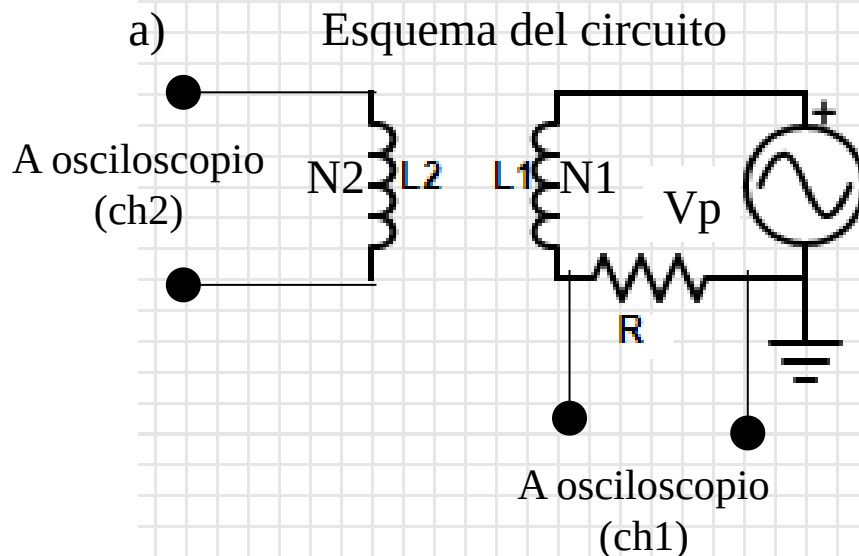
https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_es.html

- Piense como estudiar de forma **cualitativa** la respuesta del sistema al introducir el imán permanente dentro de la bobina en diferentes sentidos y a diferentes velocidades.
- Explique los resultados que observa.

3) Arreglo experimental:

2. Inducción entre dos bobinas: circuito

- Se tiene una bobina L1 con un número N1 de espiras (circuito **primario**) conectada a un generador de funciones a través de una resistencia R ($50 \Omega < R < 500 \Omega$).
- Esta R tiene la función de limitar la corriente del circuito (se debe **evitar** conectar cualquier fuente de tensión a elementos de poca resistencia, ej: $R < 50 \Omega$) y permite medir el ΔV_R y por lo tanto, la I que circula por el circuito primario (con el canal 1 del osciloscopio). Otra opción es conectar el generador de funciones al canal 1 con una "T".
- Luego, se tiene una segunda bobina L2, con N2 espiras (circuito **secundario**) conectada al canal 2 del osciloscopio.
- Las bobinas son concéntricas (L2 dentro de L1) →



4) Arreglo experimental:

2. Inducción entre dos bobinas: ¿Qué medimos?

-Se coloca el secundario dentro del primario, de modo que el campo magnético del primario entre dentro el secundario y se aplica una tensión sinusoidal: $V_p(t) = V_p \sin(\omega t + \phi)$

➤ Variar ω y medir V_s con el osciloscopio. Graficar V_s vs ω ¿Cómo puede explicar el comportamiento observado entre las magnitudes?

➤ Variar V_p y medir V_s con el osciloscopio. Graficar V_s vs V_p ¿Qué información se puede obtener del ajuste de la curva?

-Se repite la experiencia colocando un **núcleo de hierro** en el interior de las bobinas.

➤ Volver a graficar V_p vs V_s con el núcleo de hierro ¿Qué información se puede obtener del ajuste de la curva? Comparar con los resultados del punto anterior (Se pueden graficar ambas curvas en un mismo grafico).

➤ Pregunta: ¿Qué pasa si se aplica una señal triangular? ¿Por qué?

Observaciones:

1) Con el generador se mide f (ciclos por unidad de tiempo) pero se pide graficar en función de ω (**relación $f = \omega/2\pi$**).

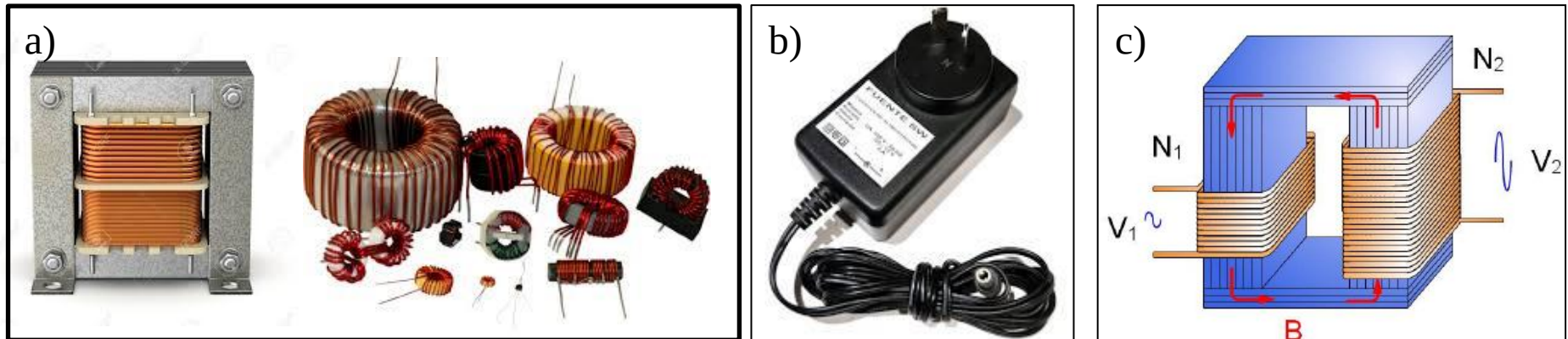
2) Las tierras del generador de funciones y del osciloscopio deben coincidir (¿por que?).

3) Las bobinas reales tienen resistencias internas intrínsecas (dado por el bobinado de los cables), por lo que se debe **medir a priori con un multímetro** y tener en cuenta en el circuito.

4) Arreglo experimental:

3. Transformador

➤ El dispositivo formado por dos bobinas o espiras que comparten sus flujos se conoce como *transformador*.



➤ Armar un circuito *similar* al de la actividad 2, con un núcleo de hierro y donde el primario tenga un número de espiras mayor que el del secundario ($N_p > N_s$).

➤ Variar N_s cambiando las bobinas del circuito secundario

➤ Graficar y realizar un ajuste de $V_{\text{secundario}}/V_{\text{primario}}$ vs $RATIO = N_{\text{secundario}} / N_{\text{primario}}$.

¿Qué se puede analizar del valor obtenido en la pendiente?

Observación: Un valor de RATIO de 1 significa que la cantidad de espiras $N_{\text{primario}} = N_{\text{secundario}}$, mientras que un ratio de 0.1 significa que $N_{\text{primario}} = 10 N_{\text{secundario}}$.

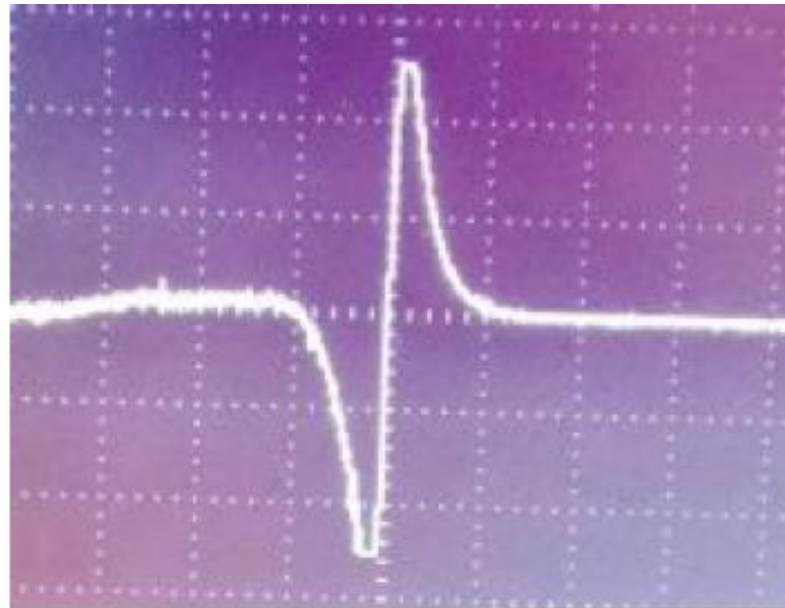
¡A medir!

5) Resultados y análisis

1. Imán por bobina

- Al introducir el imán rápidamente en el interior de la bobina en el sentido N-S, se induce una fem de signo negativo y si se retira rápidamente el imán una fem de signo positivo.
- La fem inducida contrarresta la variación de flujo con respecto al tiempo del campo magnético generado por el imán.

En el osciloscopio se vería así:



5) Resultados y análisis

2. Inducción entre dos bobinas

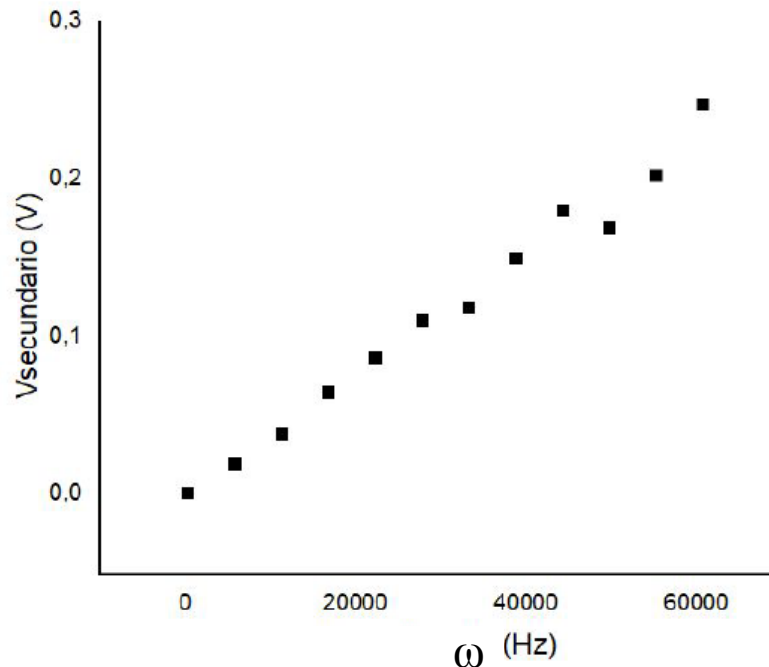
1) Graficar V_s vs ω

$$V_s = \varepsilon_{\text{inducida}} = -\partial\Phi_B/\partial t \propto \partial B/\partial t \propto \partial I/\partial t$$



Dada la proporcionalidad se puede decir que hay una tendencia lineal entre V_s y la frecuencia.

$$I(t) = (V_R/R) \cdot \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow \partial I/\partial t \propto \omega \quad (\text{para } \omega \text{ bajos})$$



No ajustar!
Alcanza con ver la
tendencia lineal

Aclaración: Campo magnético
en el centro de una bobina
infinita (aprox $L \gg R$):

$$B = \alpha \frac{\mu_0}{2R} NI$$

5) Resultados y análisis

3. Inducción entre dos bobinas

2) Para una f fija y variando V_p , graficar V_s vs V_p ➡ Idem razonamiento anterior

Aclaración: $V_p = (Z_R + Z_L(\omega))I$

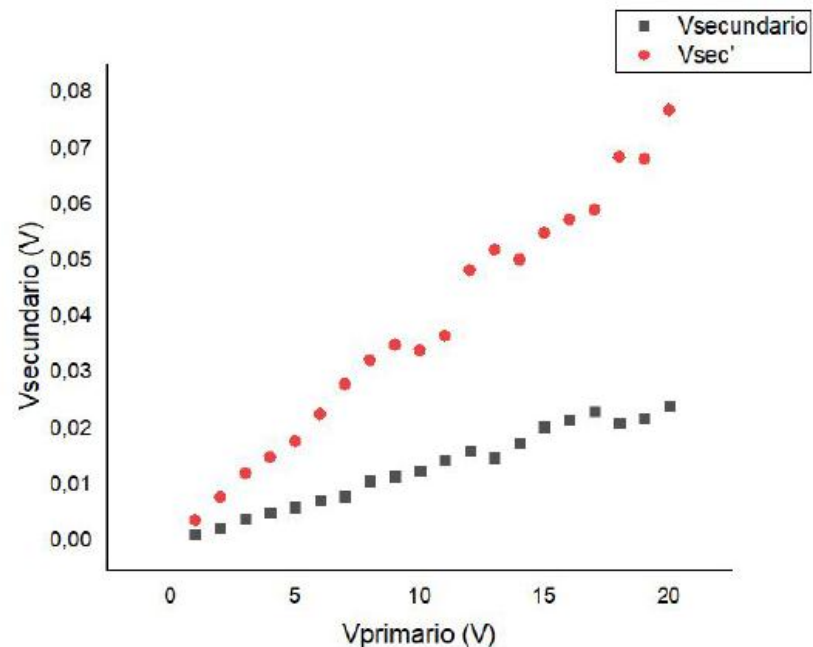
3) Idem anterior con un núcleo de hierro. ➡



➤ Graficar V_s vs V_p de las dos mediciones en un mismo gráfico.

➤ También se puede hacer el cociente de las pendientes.

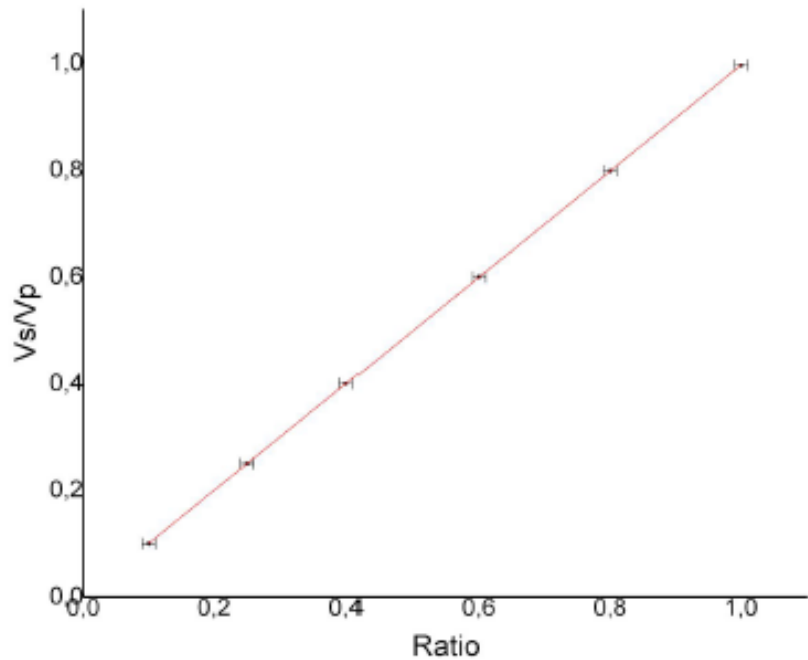
Mejora la señal dado que el material ferromagnético concatena las líneas de campo magnético y evita pérdidas de flujo en el circuito.



5) Resultados y análisis

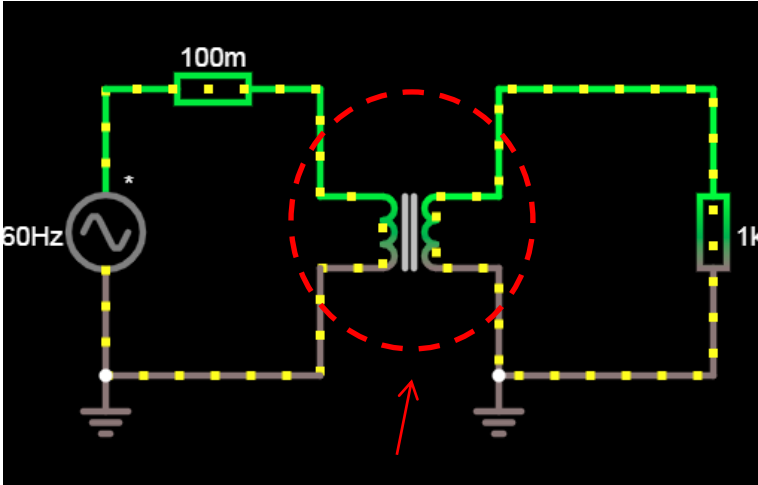
3. Transformador

- 1) Realizar el ajuste lineal por cuadrados mínimos de V_s/V_p vs N_s/N_p .
¿Qué se puede analizar del valor obtenido en la pendiente? ¿qué valor da? Transformador real.

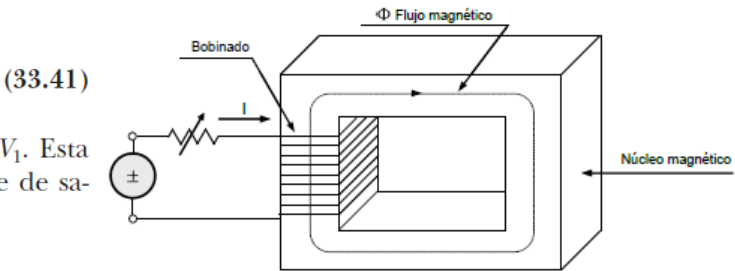


$$\Delta v_2 = \frac{N_2}{N_1} \Delta v_1$$

Cuando $N_2 > N_1$, el voltaje de salida ΔV_2 es mayor que el voltaje de entrada ΔV_1 . Esta configuración se conoce como *transformador elevador*. Cuando $N_2 < N_1$, el voltaje de salida es menor que el voltaje de entrada, y se tiene un *transformador reductor*.



Transformador



5) Resultados y análisis

REPASO: Problemas con las tierras

