

Clase 03

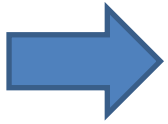
Sonda Hall y Campo Magnético Terrestre

Laboratorio de física 2 para químicxs

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

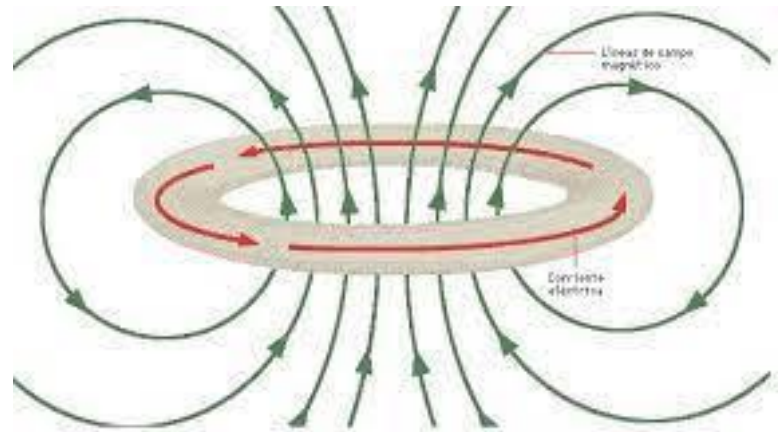
-Para calcular el campo magnético se puede usar:

Ley de Biot-Savart

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

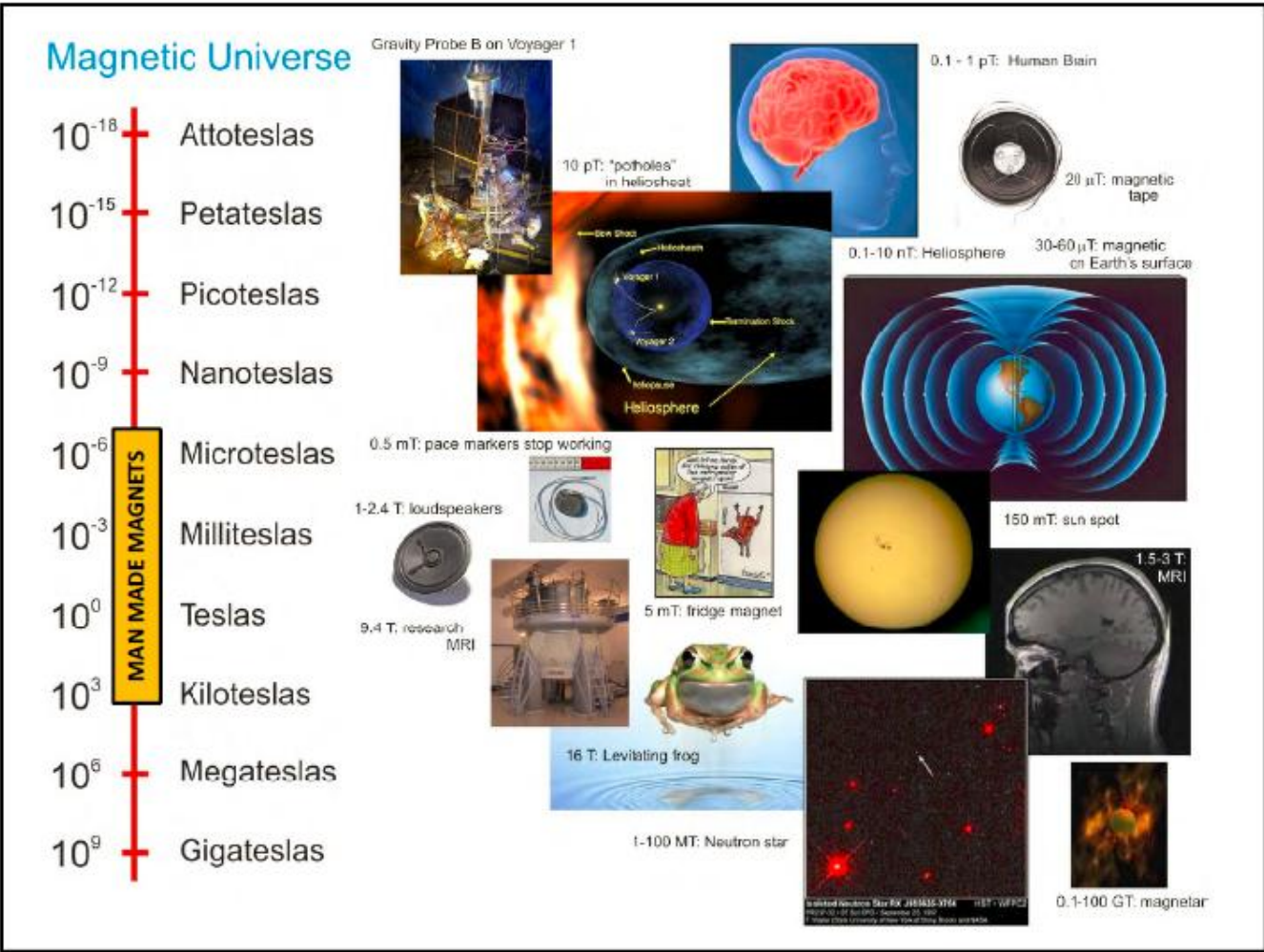
Ley de Ampère

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



1) Explicación teórica

1) Campo magnético: escalas y unidades



Unidades:

1T = 1 N/A*m

1T = 10.000 G

1 mT = 10 G

1 μT = 0,01 G

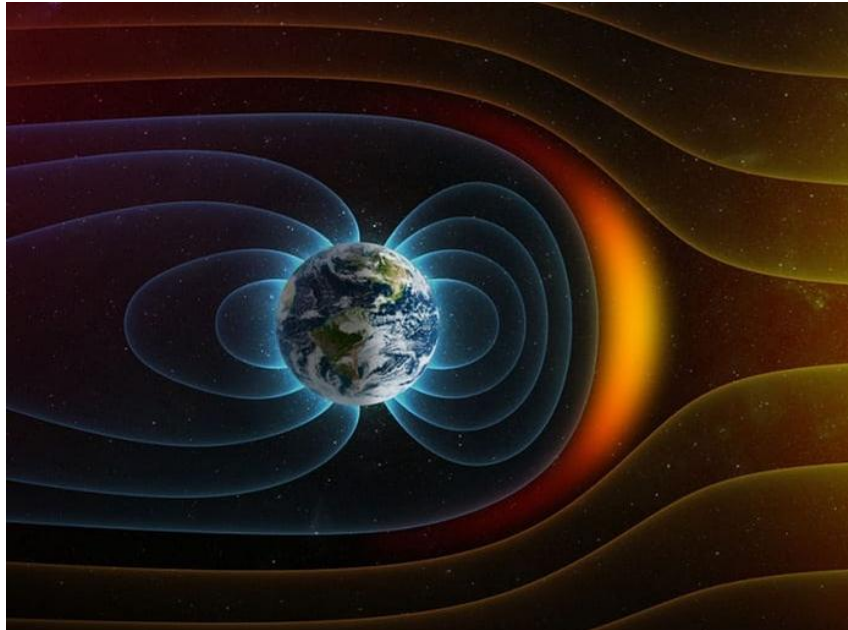
1 nT = 0,01 mG

1G = 10⁻⁴ T



1) Explicación teórica

2) Campo magnético Terrestre

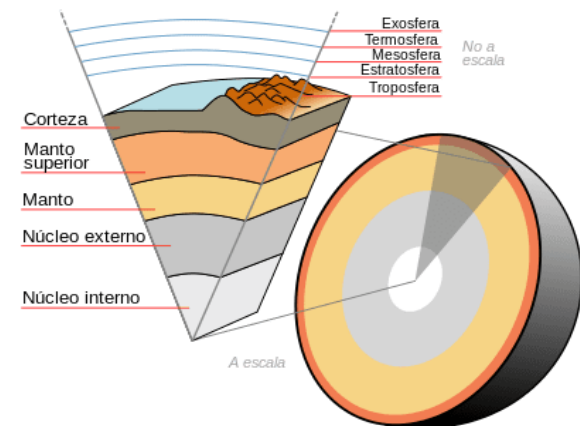


-El **campo magnético terrestre** se extiende desde el interior del planeta hacia el exterior, espacio donde se encuentra con el viento solar.

-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.

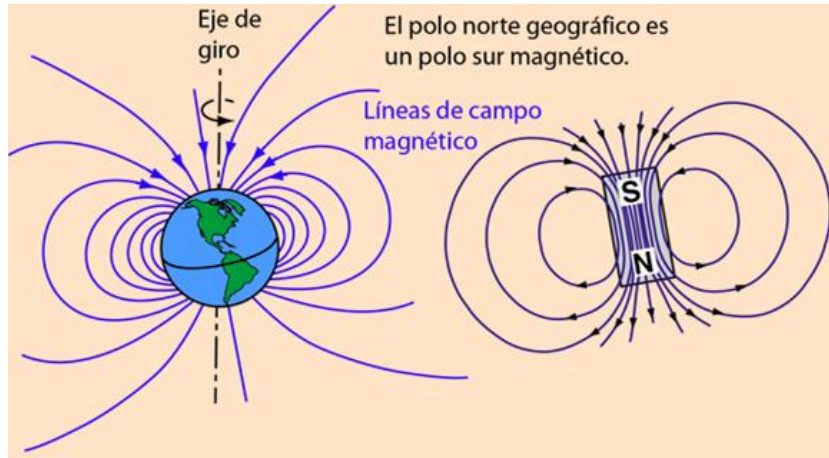
-Estas corrientes eléctricas se dan porque en el núcleo hay gran cantidad de metales en movimiento como lo son el hierro, níquel y azufre.



<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.

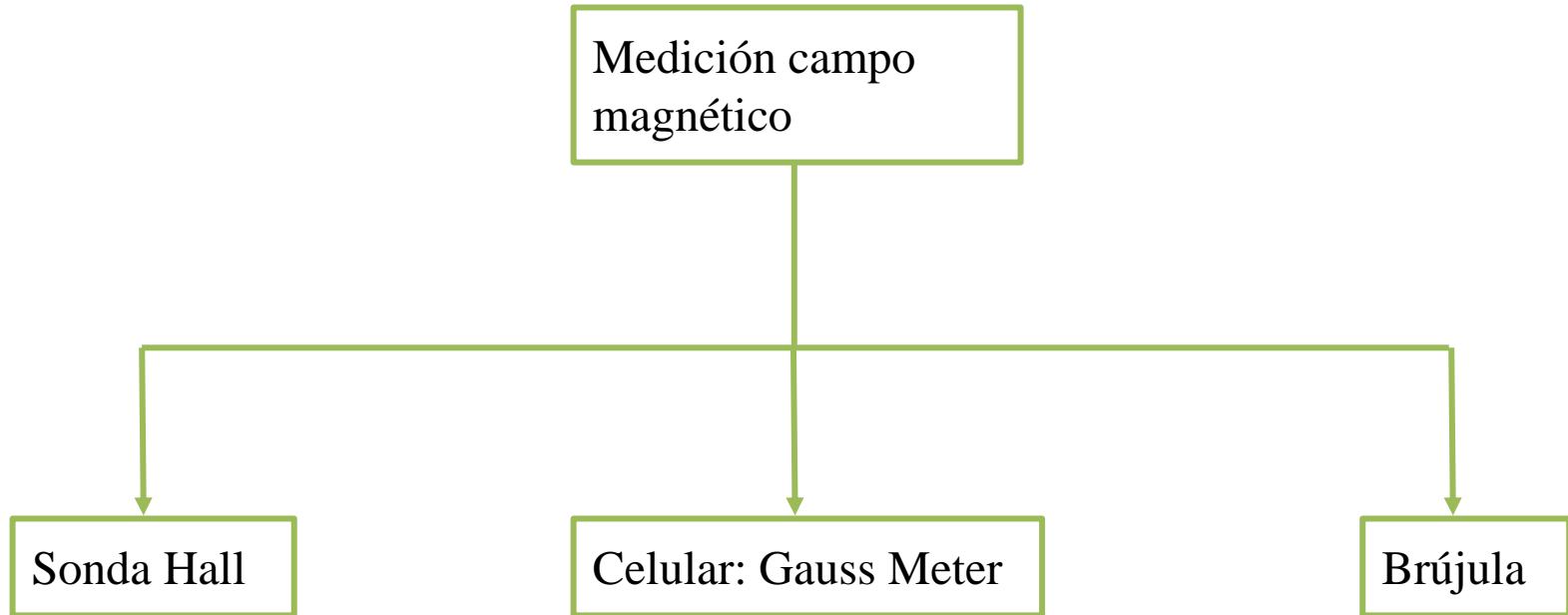
-El campo magnético también es el responsable de que tengamos atmósfera (que de no existir, habría $123\text{ °C} < T < -153\text{ °C}$ en la tierra).

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

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/MagEarth.html>

2) ¿Qué haremos hoy?

- Medir el campo magnético de 3 formas distintas

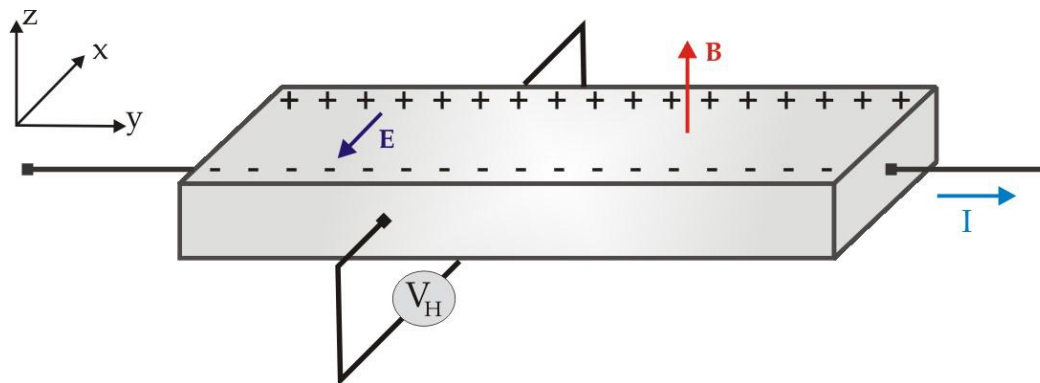


2.1) Sonda Hall

- El efecto Hall consiste en la aparición de un campo eléctrico transversal al sentido de la corriente que circula por un conductor cuando este se encuentra en un campo magnético.
- Si por un conductor plano pasa una corriente \mathbf{I} en la dirección “y” y un campo magnético \mathbf{B} en “z”, se ejercerá una fuerza sobre las cargas en movimiento en “x”.
- Esta fuerza hace que las cargas se acumulen en los laterales del conductor, provocando que aparezca un campo eléctrico \mathbf{E} , que a su vez ejerce una fuerza sobre las cargas $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$.
- Llega un momento donde la fuerza eléctrica contrarresta a la fuerza magnética, dando como resultado un voltaje medible entre los dos lados del conductor llamado *voltaje de Hall*, V_H .

$$F_e = F_m \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B \Rightarrow V_H/d = v \cdot B \Rightarrow V_H = v \cdot B \cdot d$$

donde v es la velocidad de la carga.



2.1) Sonda Hall

- La sonda (o punta) Hall aprovecha el *efecto Hall* para medir el campo magnético.
- El campo eléctrico debido a la distribución de cargas genera una diferencia de potencial entre los bordes del conductor y dada una corriente fija, esta tensión resulta proporcional a la componente normal del campo magnético.



Y si el campo está en otra dirección?

Ver anexo: Manual Sonda Hall

Para más detalle ver:

✓ <https://www.youtube.com/watch?v=bErhfTnJnu8> (video de 3 min. aprox. de Univ. complutense de Madrid, con explicación de mediciones).

✓ https://www.youtube.com/watch?v=2D_pZh95fbk (video 7 min aprox., armado de circuito).

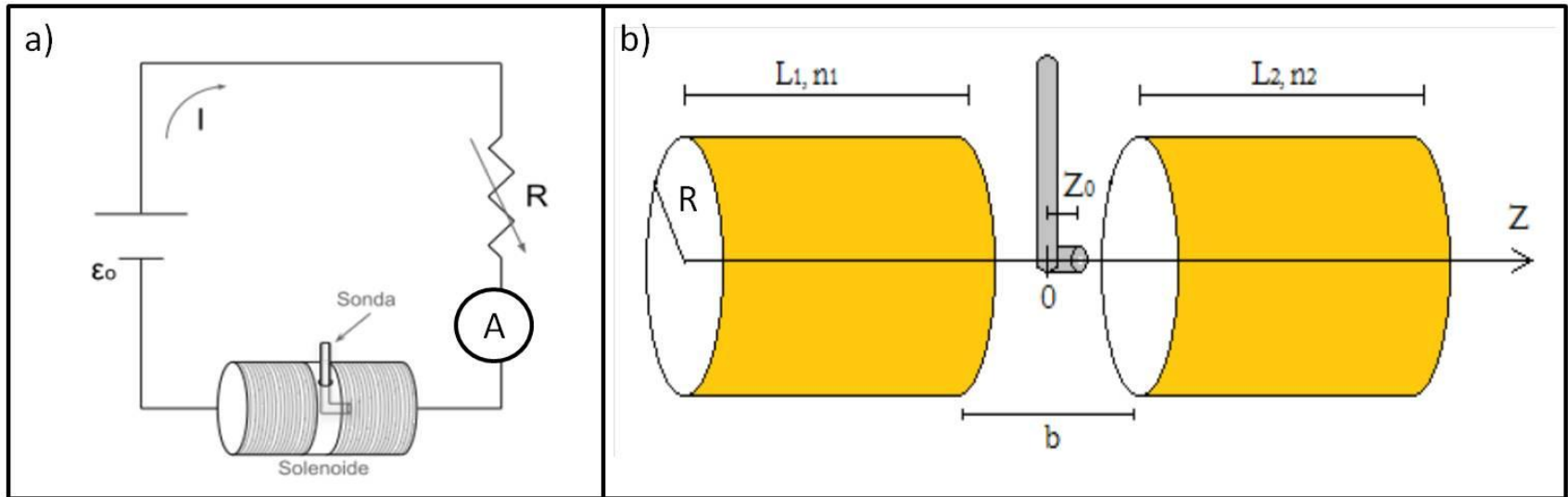
2.1) Sonda Hall

Objetivos de la práctica

- Calibrar una sonda Hall
- Hallar el campo magnético terrestre

Arreglo experimental:

Calibración de sonda Hall



-Medir: I y V_H

¿Qué es lo que debo calibrar?

$$B_{\text{bobina}} = a * V_H + b$$

En este caso, calibrar significa encontrar a y b que relacionan el campo magnético con el voltaje en la sonda.

2.1) Arreglo experimental:

Calibración de sonda Hall: encontrar relación entre B y V_h

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

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

- α es una constante que depende de la geometría de la bobina (ver anexo 2B).

-Los datos de la bobina están en la guía (ver bien las unidades!)

-Campo magnético de una bobina **finita** sobre el punto z_0 :

$$B_z(z_0) = I \frac{\mu_0 n a^2}{2} \int_0^L \frac{dz}{[(z_0 - z)^2 + a^2]^{3/2}}$$

-Observación: en el experimento se usan dos bobinas en serie (ver anexo sonda Hall).

2.1) Arreglo experimental:

Medición del campo magnético terrestre

Primer método: medición del campo magnético con la sonda Hall

Medir voltaje con la sonda ¿cómo calculo el campo magnético terrestre? (ayuda: analizar el ítem anterior de calibración).

Para esto, alinear la sonda con el campo magnético terrestre

2.2) Gauss Meter:

Medición del campo magnético terrestre

Observación

Si pudo instalar la aplicación “**Gauss Meter**” mida la componente N del campo magnético terrestre (B_N):

- Seleccionar la función Brújula (compass)
- Medir en superficie horizontal (ej: en el piso) lejos de imanes (computadoras, auriculares, etc.)
- Para determinar B_N medir: B_y (apuntando a la dirección Norte) y B_{-y} (apuntando dirección Sur)
- ¿Puede prescindir de la componente B_z ?
- Para obtener B_N , restar el offset de la siguiente manera:

$$B_y = B_N + B_{off} \quad B_{-y} = -B_N + B_{off}$$

➔
$$B_N = \frac{B_y - B_{-y}}{2}$$



Fuente: Práctica de laboratorio 3, 2do cuatrimestre depto de Física FCEyN UBA

2.3) Arreglo experimental:

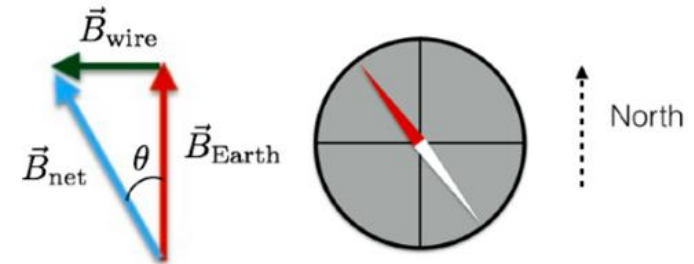
Medición del campo magnético terrestre


2) Usando una brújula y la bobina de la actividad anterior.

Se ubica una brújula en el centro de la bobina empleada anteriormente y se aseguró de alinear la bobina de modo que su eje quede perpendicular a la dirección del campo magnético terrestre local. Luego se hace pasar corriente por las espiras y se determina la dependencia del ángulo en la que se desvía la aguja de la brújula θ con el campo de la bobina.

Al circular la corriente, la aguja de la brújula se desvía un ángulo tal que:

$$\tan \theta = \frac{B_{\text{bobina}}}{B_{\text{terrestre}}}$$



Medir I y θ  ¿Cómo obtengo $B_{\text{terrestre}}$?

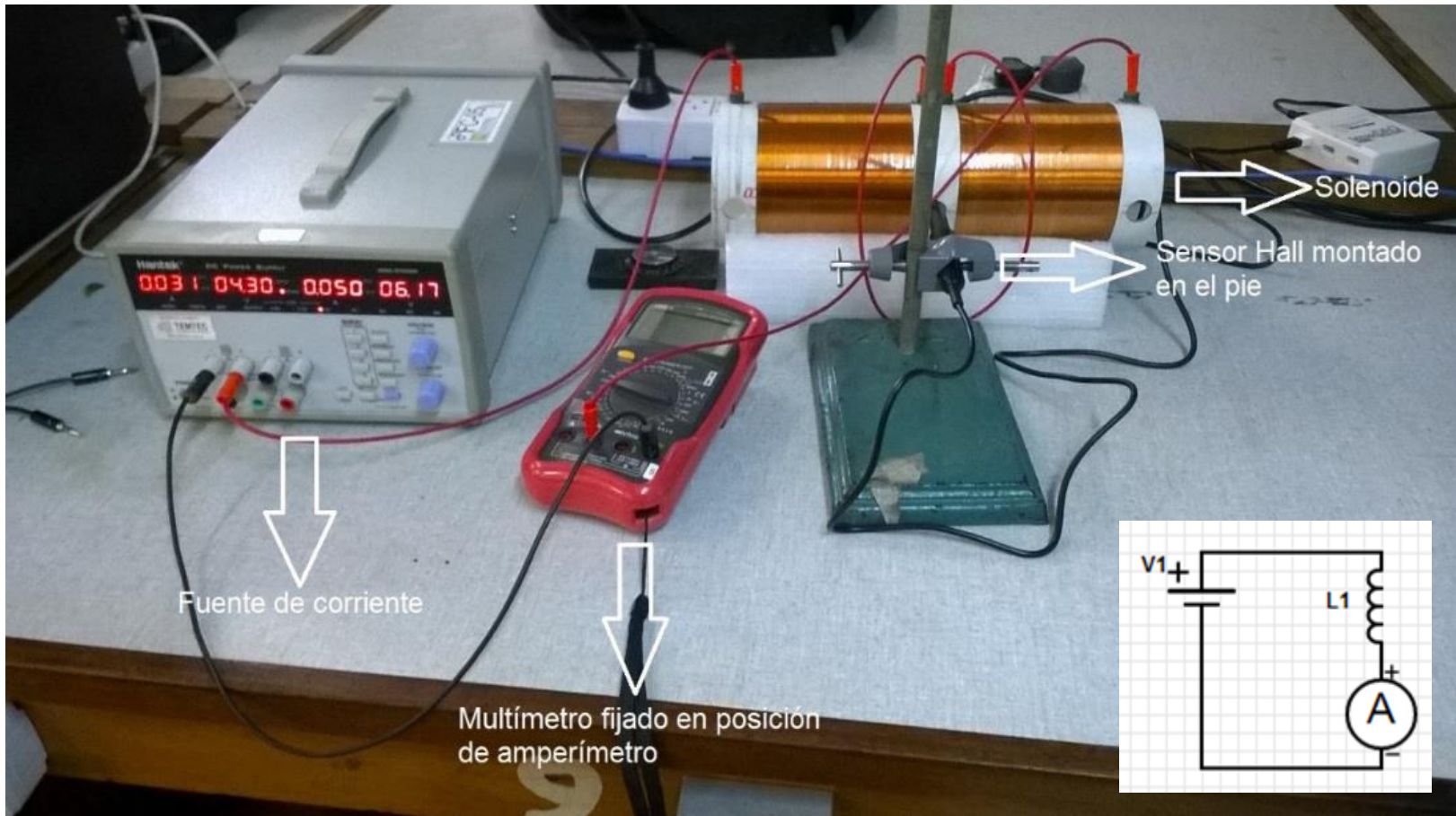
Observación: θ medido en $^\circ$ (grados). Pasar los ($^\circ$) a radianes y ver **incertezas** (o sea, reportar $B_{\text{terrestre}}$ con incerteza!)

Comparar los resultados con el valor de referencia para Buenos Aires utilizando:

<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>

3)

Medición del campo magnético terrestre (foto)



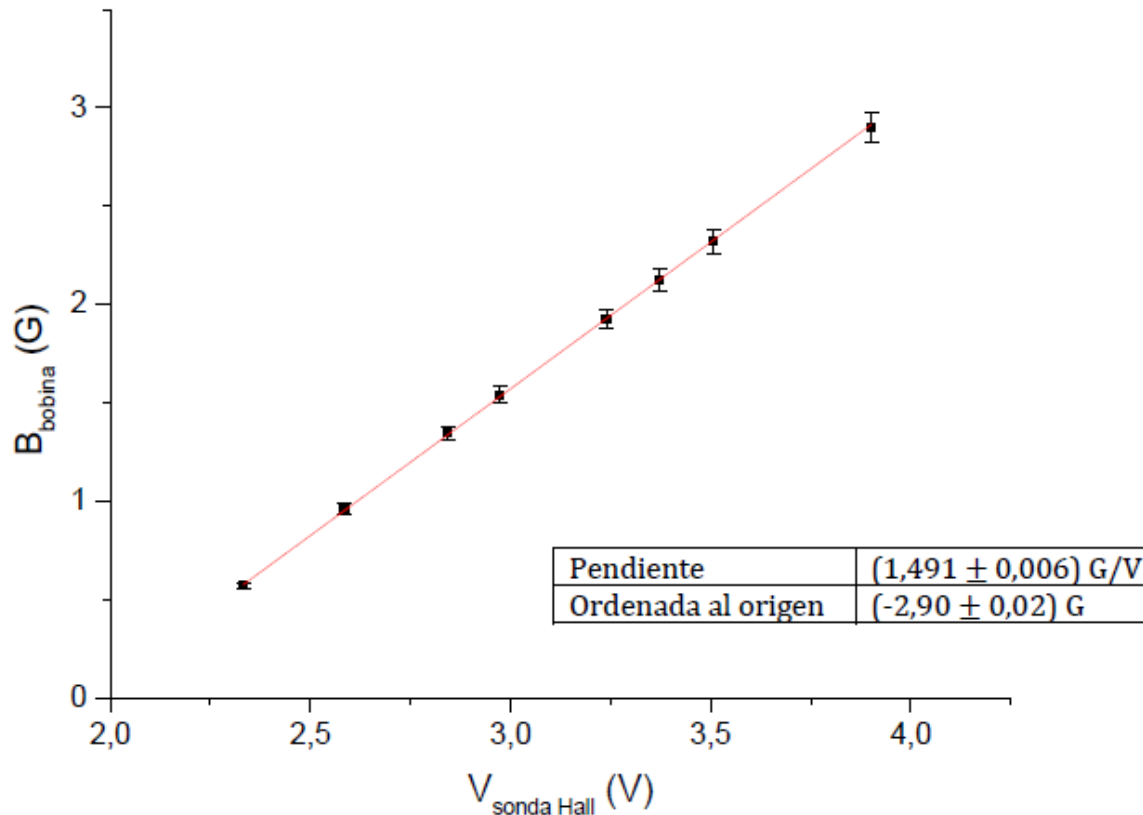
¡A medir!

4) Resultados y análisis

Calibración sonda Hall

Ajuste por cuadrados mínimos de la relación: $B_{\text{bobina}} = a * V_{\text{H}} + b$

Ver unidades de la pendiente y de la ordenada al origen e incertezas.



4) Resultados y análisis

Medición del campo magnético terrestre

1) Con **Sonda Hall**: usar el valor medido de V_H en la relación anterior y obtener $B_{\text{terrestre}}$

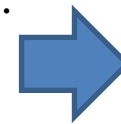
$$B \text{ (G)} = (1,491 \pm 0,006) \text{ G/V} \cdot V_{\text{sonda Hall}} - (2,90 \pm 0,002) \text{ G}$$

2) Con **Aplicación Gauss Meter** (que usa un sensor Hall):

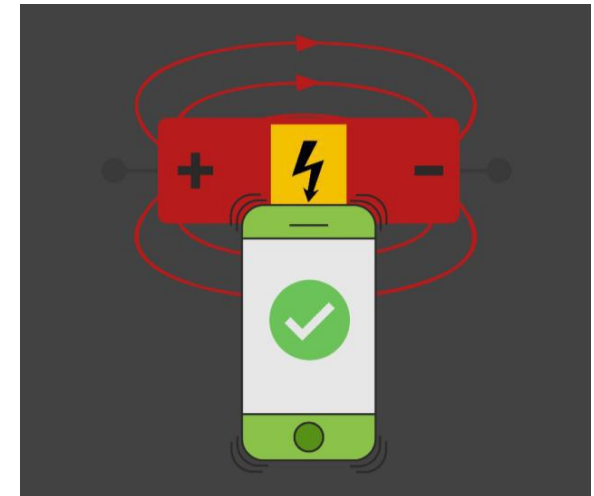


- Medir con cuidado B_y (apuntando a la dirección Norte) y B_{-y} (apuntando dirección Sur)
- Calcular B_N

$$B_N = \frac{B_y - B_{-y}}{2}$$



El sensor generalmente se encuentra en la parte superior del celular.

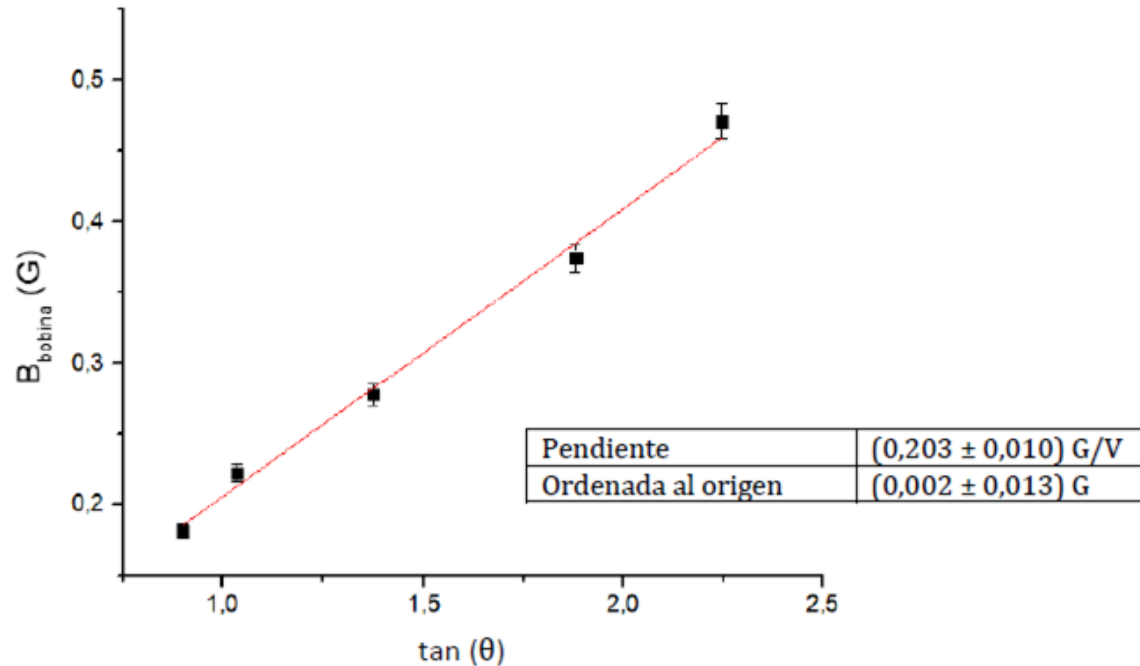


Fuente: Práctica de laboratorio 3, 2do cuatrimestre depto de Física FCEyN UBA

4) Resultados y análisis

3) Con Bobina y brújula:

$$B_{\text{bobina}} = B_{\text{terrestre}} * \tan(\theta) + b$$



- Comparar los resultados con valor de referencias utilizando la componente horizontal reportada (realizar una tabla comparativa).