

Instituto de Física - USP
FGE0213 - Laboratório de Física III - LabFlex

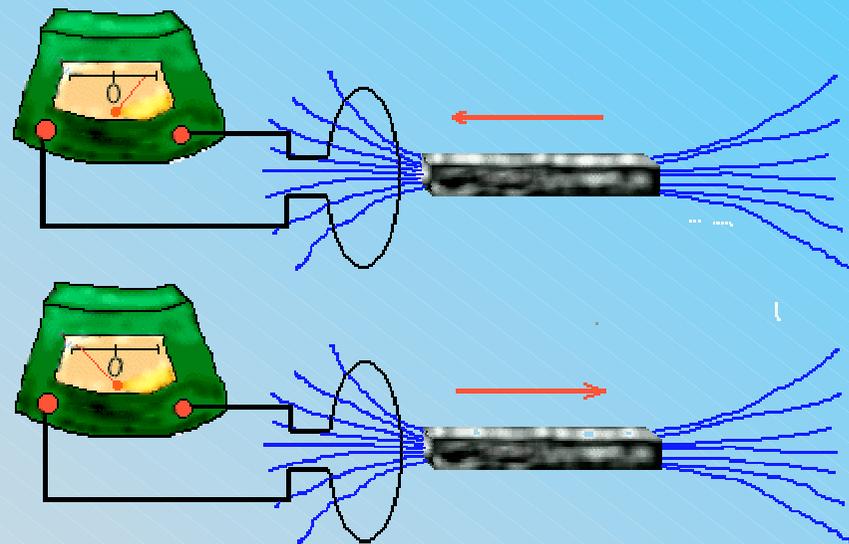
Aula 12 - (Exp 3.1) - Indução Eletromagnética

Manfredo H. Tabacniks
Alexandre Suaide
novembro 2007

Lei de Faraday

- A Lei de Faraday estabelece como uma variação de fluxo magnético pode induzir um potencial elétrico.

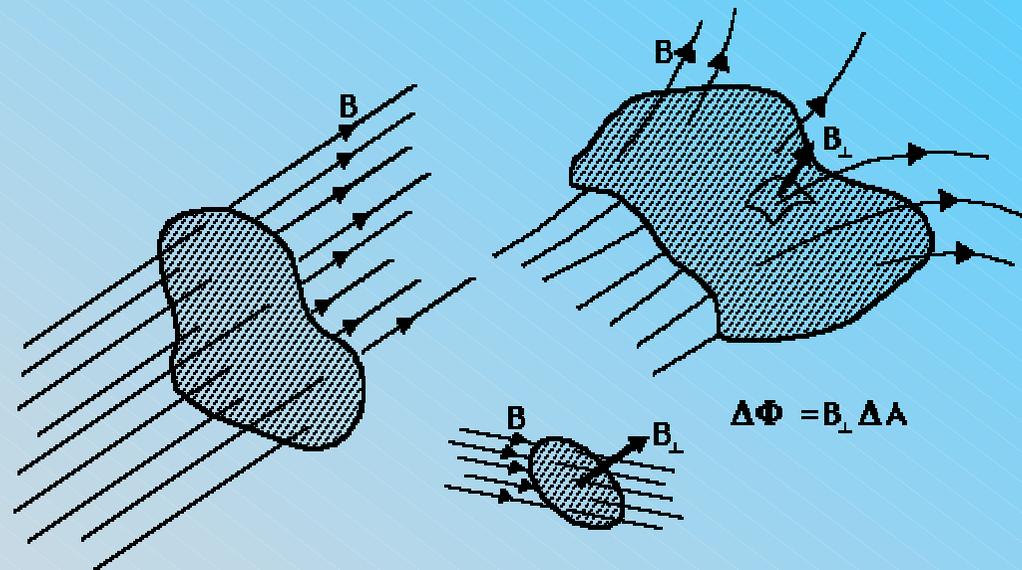
$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi_B}{dt}$$



Fluxo magnético

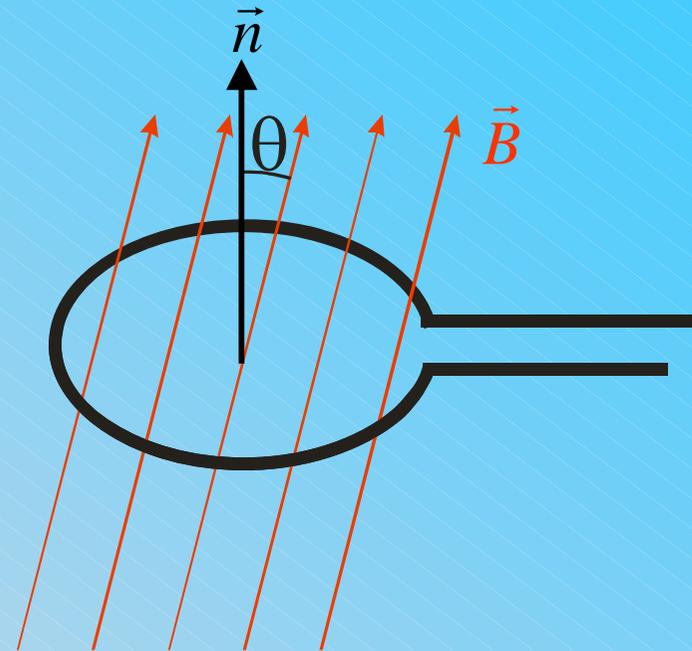
Depende da intensidade do campo e da área transversal

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{a}$$



Fluxo magnético através de uma espira ideal

- Espira circular de área A
- Campo uniforme e constante na espira
 - Espira suficientemente pequena para supor que o campo não varia
- Ângulo entre a espira e as linhas de campo = θ



$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{a} = \int \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot da$$

$$\phi_B = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

Lei de Indução de Faraday em uma espira ideal

A Lei de Indução de Faraday estabelece como uma variação de fluxo magnético pode induzir um potencial elétrico.

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt} (B \cdot A \cdot \cos(\theta))$$

força eletromotriz → ε

supondo
↙ $A = cte$

$$\varepsilon = -A \cos(\theta) \frac{dB}{dt} + BA \sin(\theta) \frac{d\theta}{dt}$$

Indução devida a variação temporal do campo magnético
(supondo apenas mudança de amplitude)

Indução devida a mudança da geometria ou posição da bobina

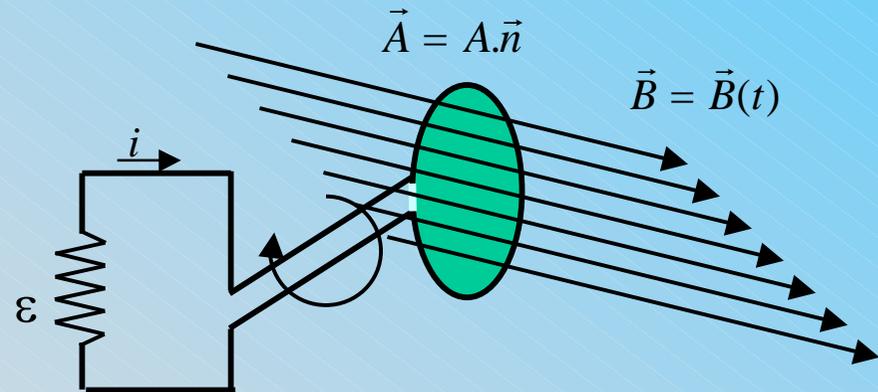
Bobina sonda

A bobina sonda é uma bobina composta de N espiras de área A , correspondendo a uma bobina efetiva de área NA

- Aumenta a sensibilidade para variações de fluxo magnético
- Muito utilizada para medir e mapear campos magnéticos variáveis

$$\phi_B = B.n.A \cos \theta$$

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_B}{dt}$$



Bobina sonda num campo magnético oscilante harmônico

Bobina perpendicular às linhas de campo, ou seja, $\cos(\theta) = 1$

$$\phi_B = B \cdot NA$$

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = -NA \frac{dB}{dt}$$

Campo magnético harmônico

$$B = B_0 \sin(\omega t)$$

Determinação da área efetiva da bobina sonda

$$\varepsilon = -NA \frac{dB}{dt}$$

$$\varepsilon = -NA\omega B_0 \cos(\omega t)$$

Atividades da semana

Comprovação experimental da lei de Faraday

Alimentar o solenóide com uma corrente alternada. Comprovar a Lei de Indução de Faraday com uma bobina sonda com geometria conhecida num campo \mathbf{B} conhecido (solenóide $L \gg d$) “mas o sinal é fraco”

Calibrar uma bobina sonda “com sinal forte” mas geometria desconhecida (área efetiva)

Mapear o campo de fluxo magnético de uma bobina de Helmholtz. Comparar com alguma previsão calculada (analítica, numérica, aproximada)

Ao longo do eixo, campo axial

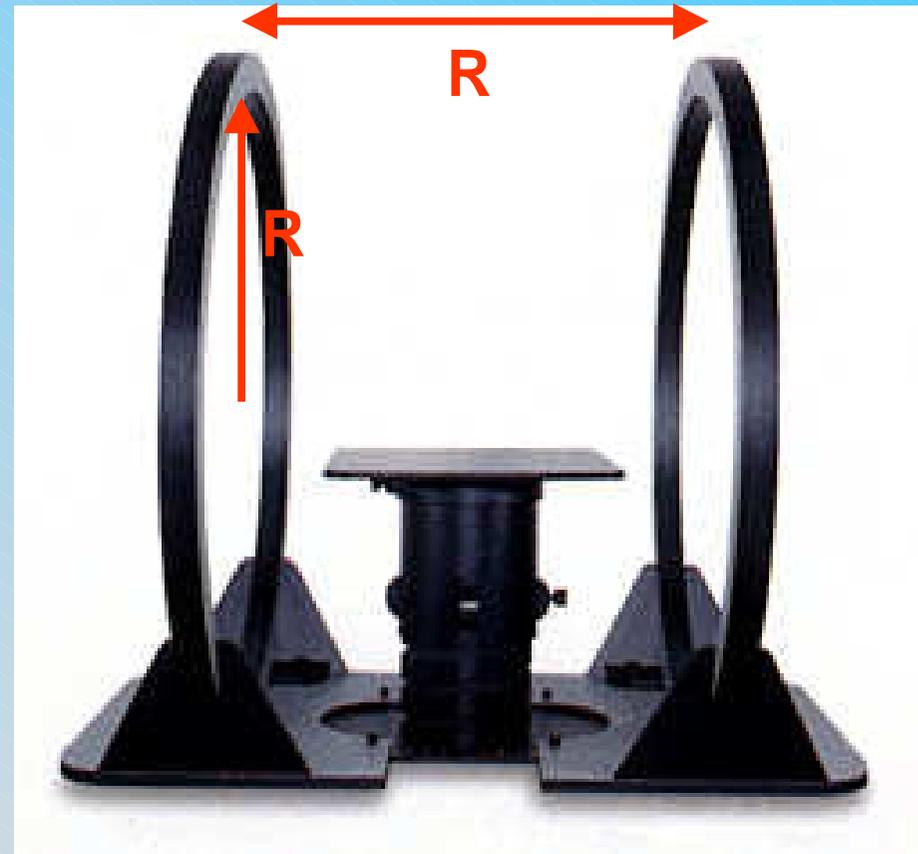
Ao longo de um raio, campo radial

Aplicar uma corrente variável à bobina de Helmholtz e usando a bobina sonda pequena, medir o campo ao longo do eixo-z da bobina ($-2R < z < 2R$)

Bobina de Helmholtz

Conjunto de duas bobinas montadas em uma geometria especial de modo a gerar um campo quase uniforme no interior da bobina

- Distância entre as bobinas é igual ao raio das mesmas



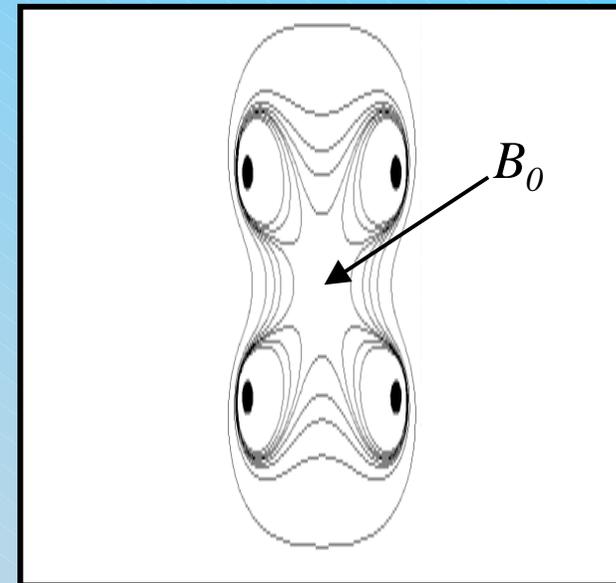
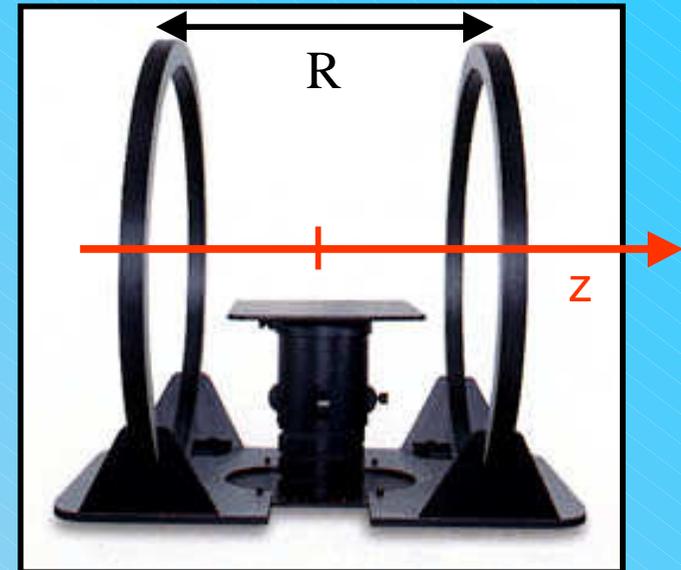
Bobina de Helmholtz

Campo ao longo do eixo-z passando pelo centro da bobina

- Campo aproximadamente uniforme entre as bobina

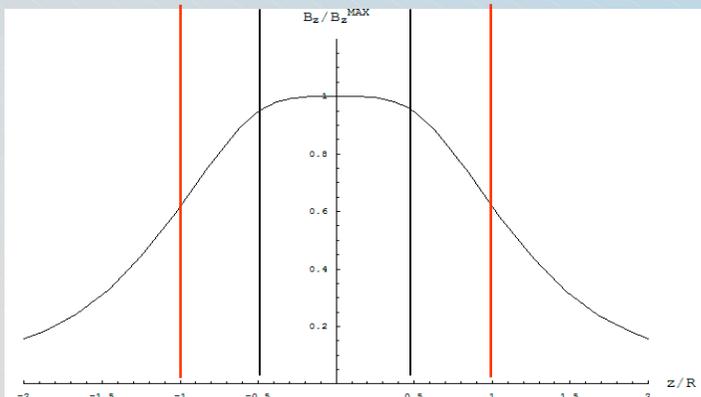
$$B_{z=0} = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 n i}{R}$$

- n é o número de espiras em cada bobina. i é a corrente elétrica.



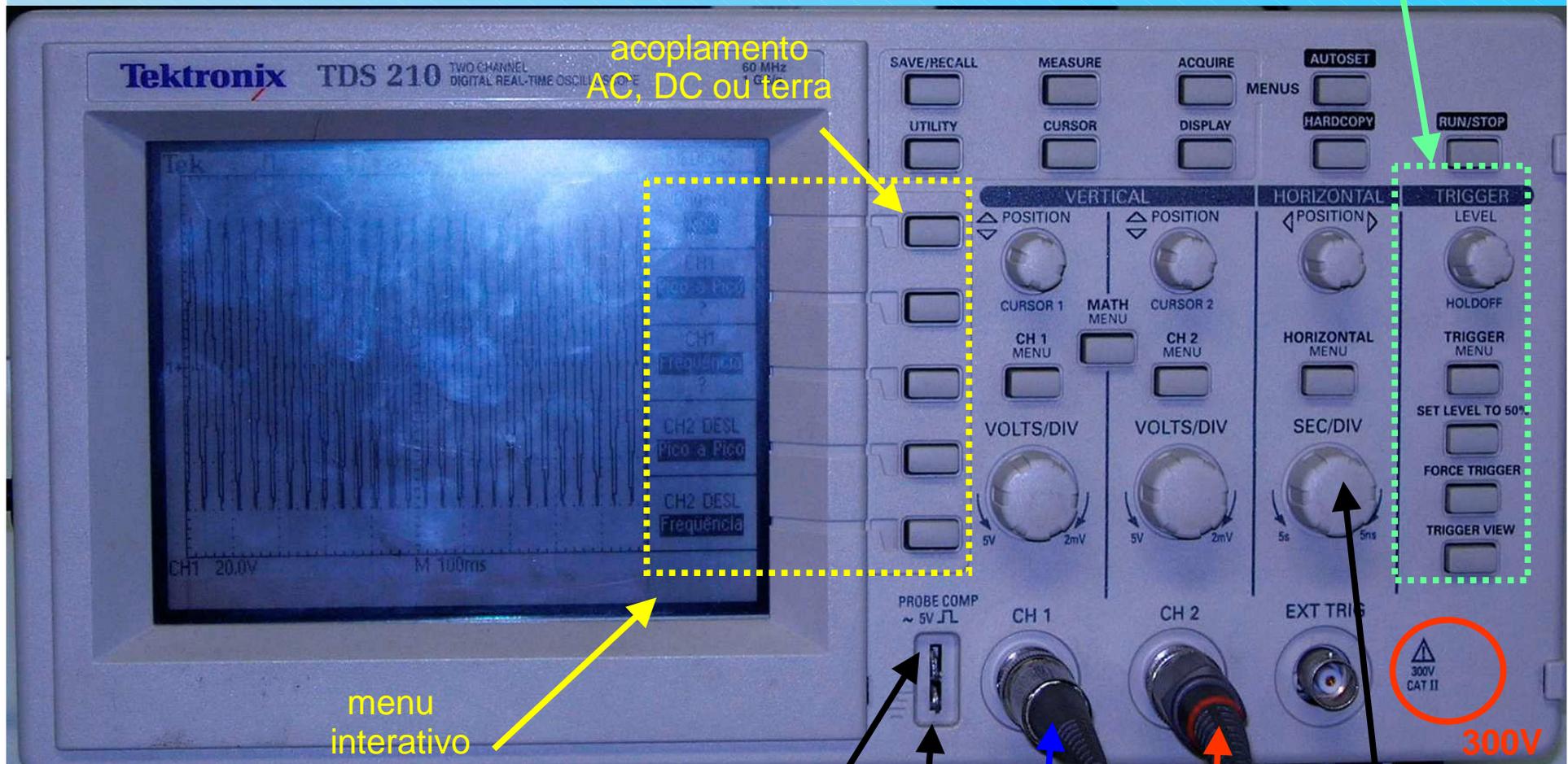
Contornos comigual intensidade de campo magnético. Internamente ao “octopus” o campo varia no máximo 1% B_0 . Os contornos de campo indicam $0,5B_0$, $0,8B_0$, $0,9B_0$, $0,95B_0$, $0,99B_0$, $1,01B_0$, $1,05B_0$, and $1,1B_0$

http://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz_coil



Osciloscópio didático

gatilho (trigger)



acoplamento AC, DC ou terra

menu interativo

A ponta de prova tem atenuador que pode ser alterado (muda também a impedância)

referência 5V

terra

canal 1

canal 2

varredura (horizontal)

300V

Gerador de funções com amplificador casador de impedância



Duty cycle
ADJust



Frequency
ADJust

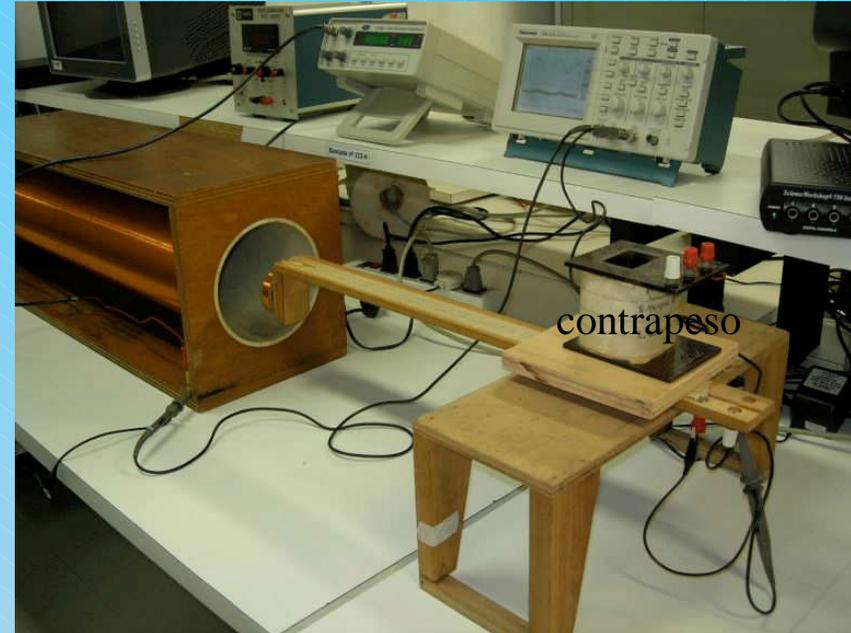
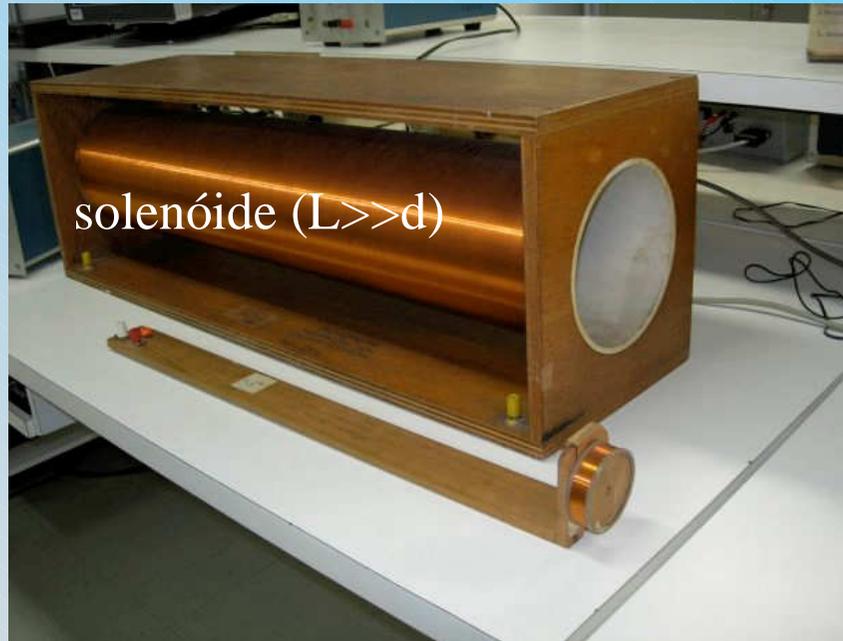
Amplitude
ADJust

atenuador

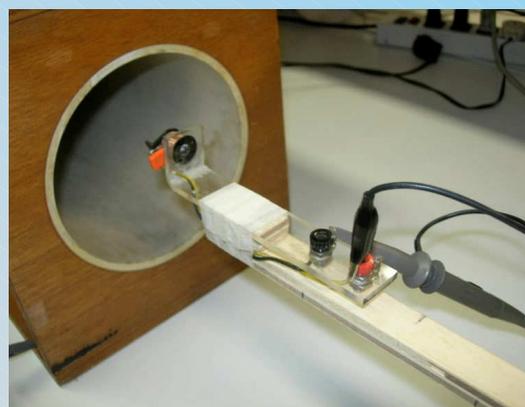
intervalo de
frequências

Executa
parâmetro

Solenóide e bobinas sonda



Bobina sonda com geometria conhecida (mas sinal fraco)



Bobina sonda com geometria desconhecida (e sinal +forte)



capacitor para filtrar ruído