Instituto de Física - USP

FGE0213 - Laboratório de Física III - LabFlex

Aula 7 - (Exp 2.3) - Filtro de Wien

Modelando o TRC
Medindo o campo magnético local

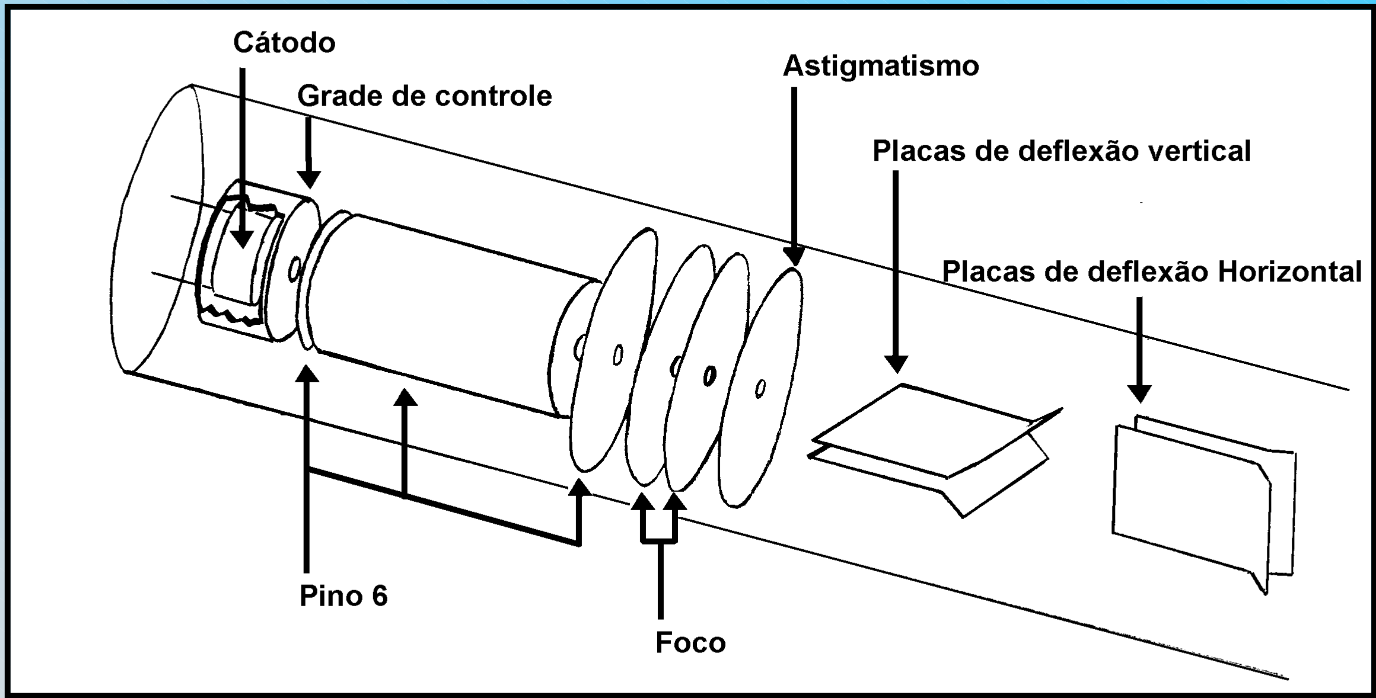
Manfredo H. Tabacniks
Alexandre Suaide
setembro 2007

Filtro de Wien: Metodologia proposta

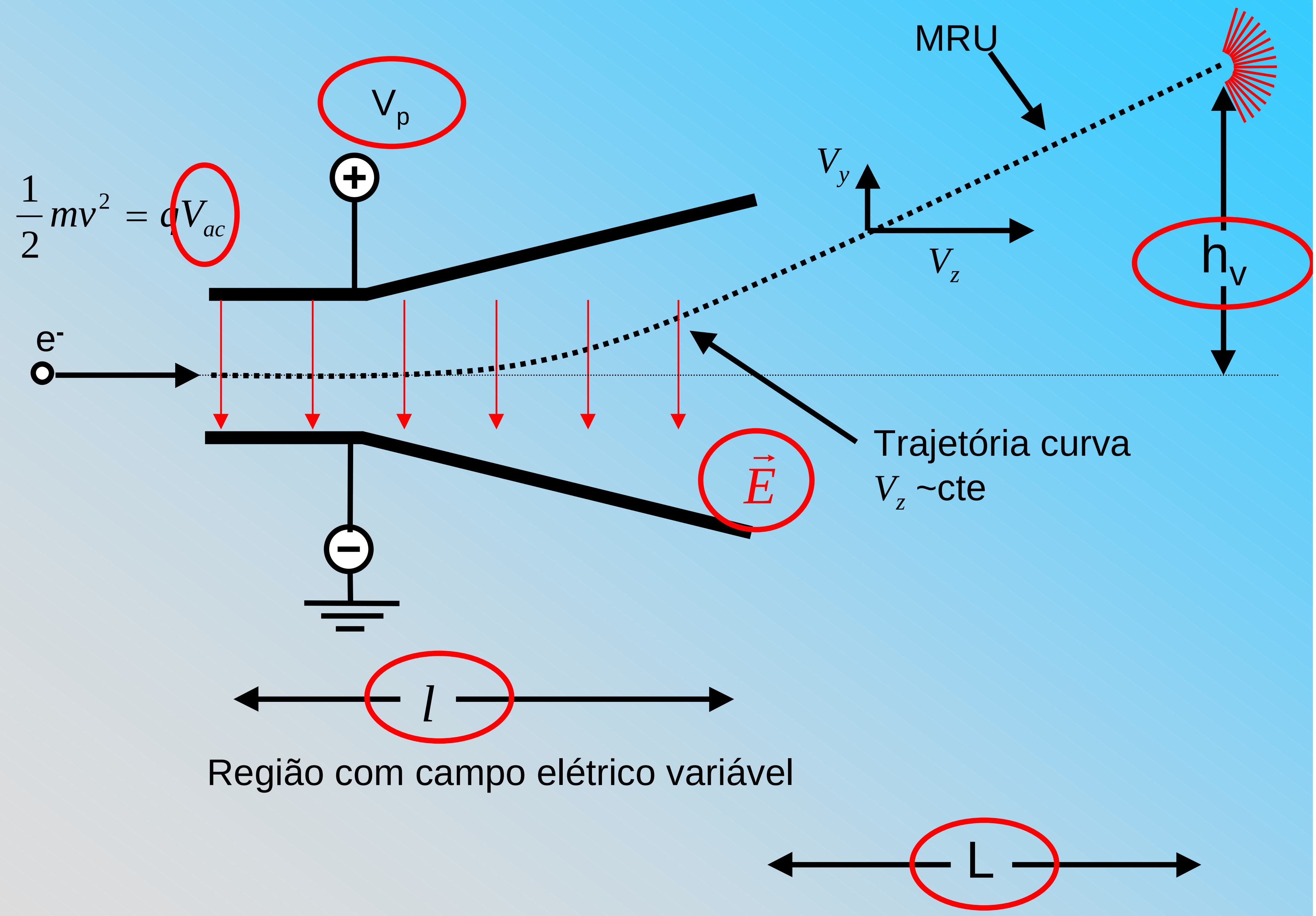
Resumo do experimento

- Aula 2.1 - Enteder o campo elétrico. Medir o campo elétrico gerado e comparar com previsões teóricas. Quão próximo está o experimento de uma situação de campo ideal (uniforme)
- Aula 2.2 - Entender a geração das partículas (elétrons) e como elas se movimentam no campo elétrico estudado na aula anterior.
- Aula 2.3 - Modelo do tubo de raios Catódicos. Medida do campo magnético local
- Aula 2.4 - Movimento dos elétrons no campo magnético gerado.
- Aula 2.5 - Ligando o campo elétrico e magnético. Estudar o movimento das partículas no campo EM. Determinar comportamentos gerais do filtro de Wien
- Aulas 2.6 e 2.7 - Estudar em detalhes vários aspectos e aplicações do filtro de Wien. Comparar com simulações e identificar limitações.

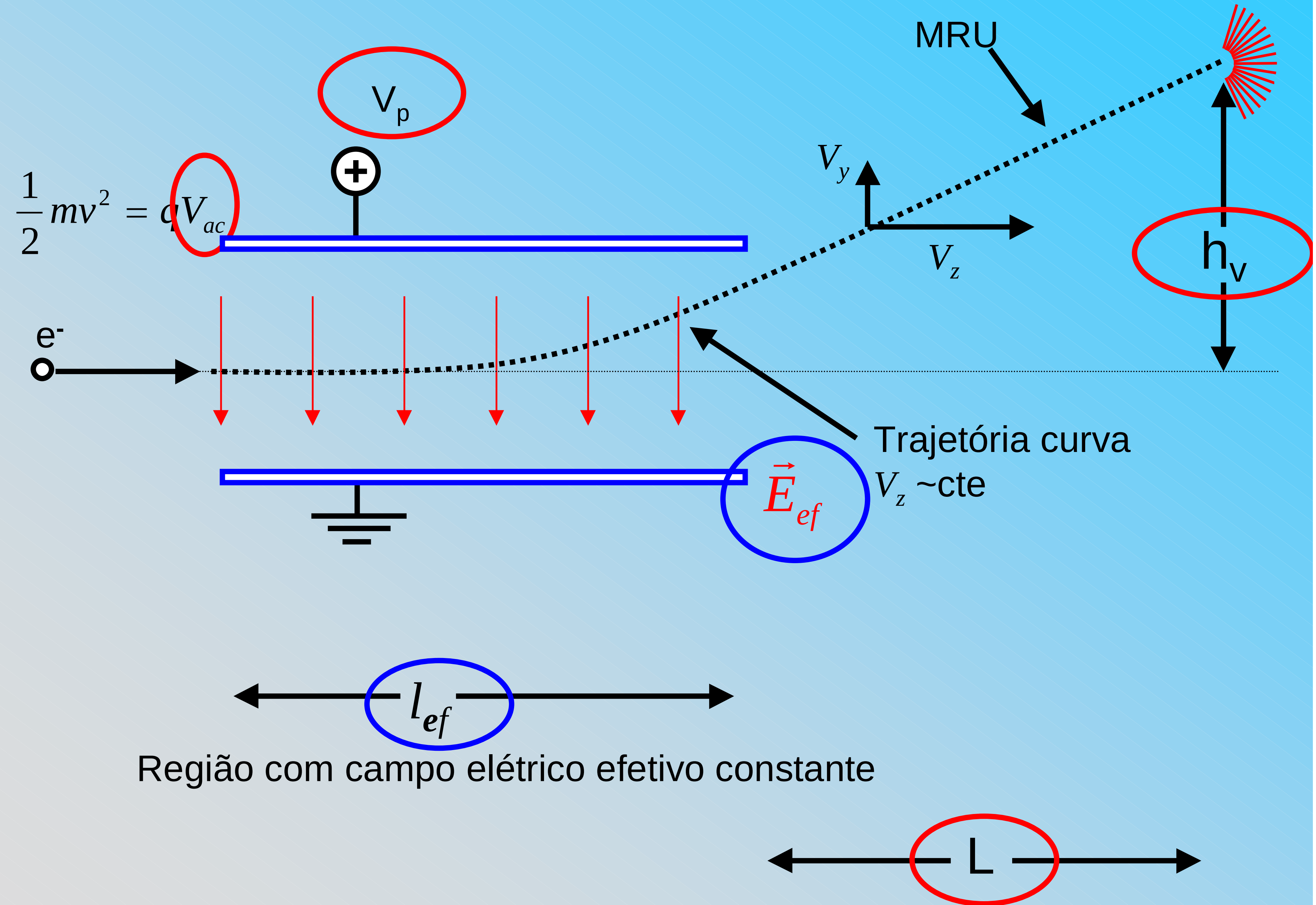
O tubo de raios Catódicos.



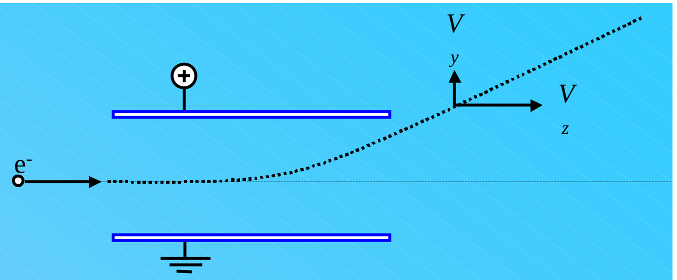
Movimento num TRC



Movimento num TRC



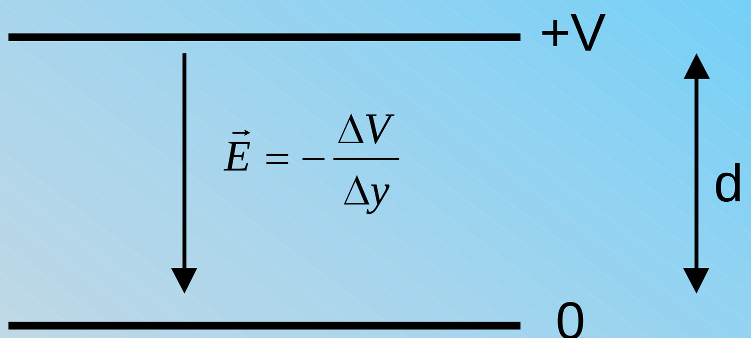
Modelo do TRC



MU em z: $$t = \frac{\Delta z}{v_z}$$

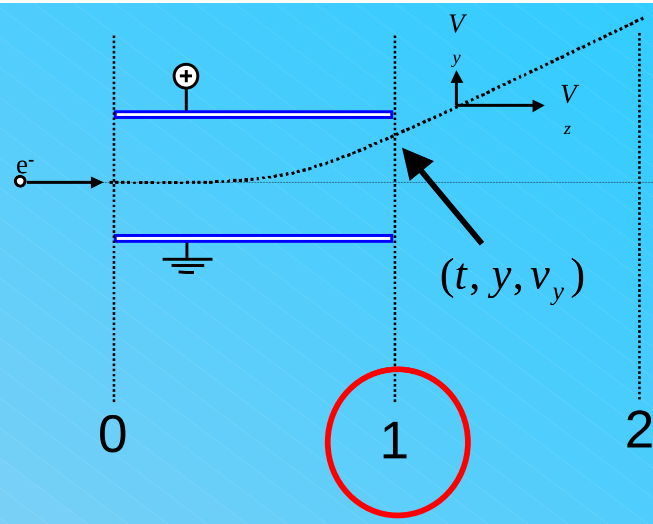
Entre as placas, MUV(?) em y ($y_0 = 0$; $v_{0y} = 0$): $$y = \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$a_y = \frac{F_y}{m}$$



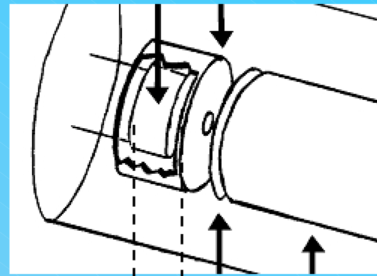
$$F_y = q.E = q.\frac{V_p}{d}$$

$$t = \frac{\Delta z}{v_z} \qquad y = \frac{1}{2} a_y t^2 \qquad F_y = q.E = q.\frac{V_p}{d}$$



$$v_{y1} = a.t = \frac{q.V_p}{m.d} . \frac{l}{v_z} \qquad y_1 = \frac{1}{2} \frac{q.V_p}{m.d} \left(\frac{l}{v_z} \right)^2$$

$$y_1 = \frac{1}{2}\frac{q.V_p}{m.d}\left(\frac{l}{v_z}\right)^2 \qquad v_{y1} = a.t = \frac{q.V_p}{m.d}.\frac{l}{v_z}$$



Calculando v_z

O elétron (-) é acelerado por uma diferença de potencial V_{ac}

$0V$

$+V_{ac}$

Conservação de energia: $E_p + E_c = cte$

$$E_c = 0$$

$$E_p = 0$$

$$E_p = (-)e.V_{ac}$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

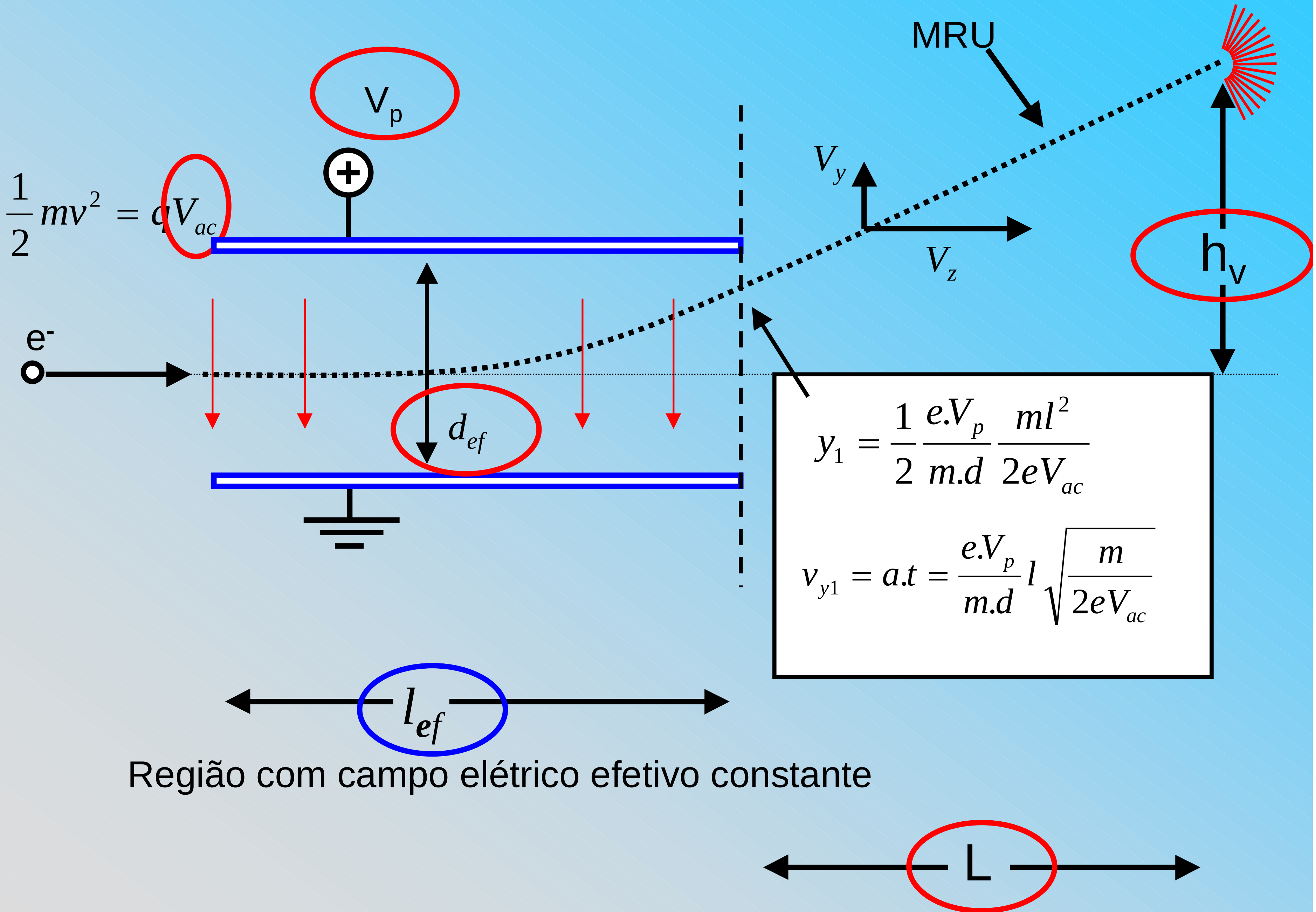
Introduzindo $q \equiv e$

$$y_1 = \frac{1}{2}\frac{e.V_p}{m.d}\frac{ml^2}{2eV_{ac}}$$

$$v_z = \sqrt{\frac{2eV_{ac}}{m}}$$

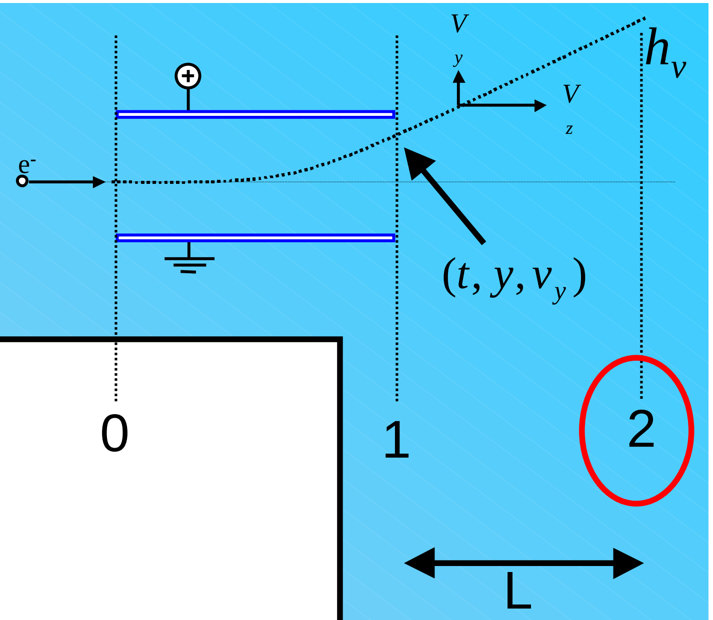
$$v_{y1} = a.t = \frac{e.V_p}{m.d}\,l\sqrt{\frac{m}{2eV_{ac}}}$$

Movimento num TRC



Região com campo elétrico efetivo constante

Da placa à tela temos movimento uniforme



$$y_1 = \frac{1}{2}\frac{e.V_p}{m.d}\frac{ml^2}{2eV_{ac}}$$

$$v_{y1} = a.t = \frac{e.V_p}{m.d} l \sqrt{\frac{m}{2eV_{ac}}}$$

$$v_z = \sqrt{\frac{2eV_{ac}}{m}}$$

$$h_v = y_2 = y_1 + v_{y1}.t_{1,2}$$

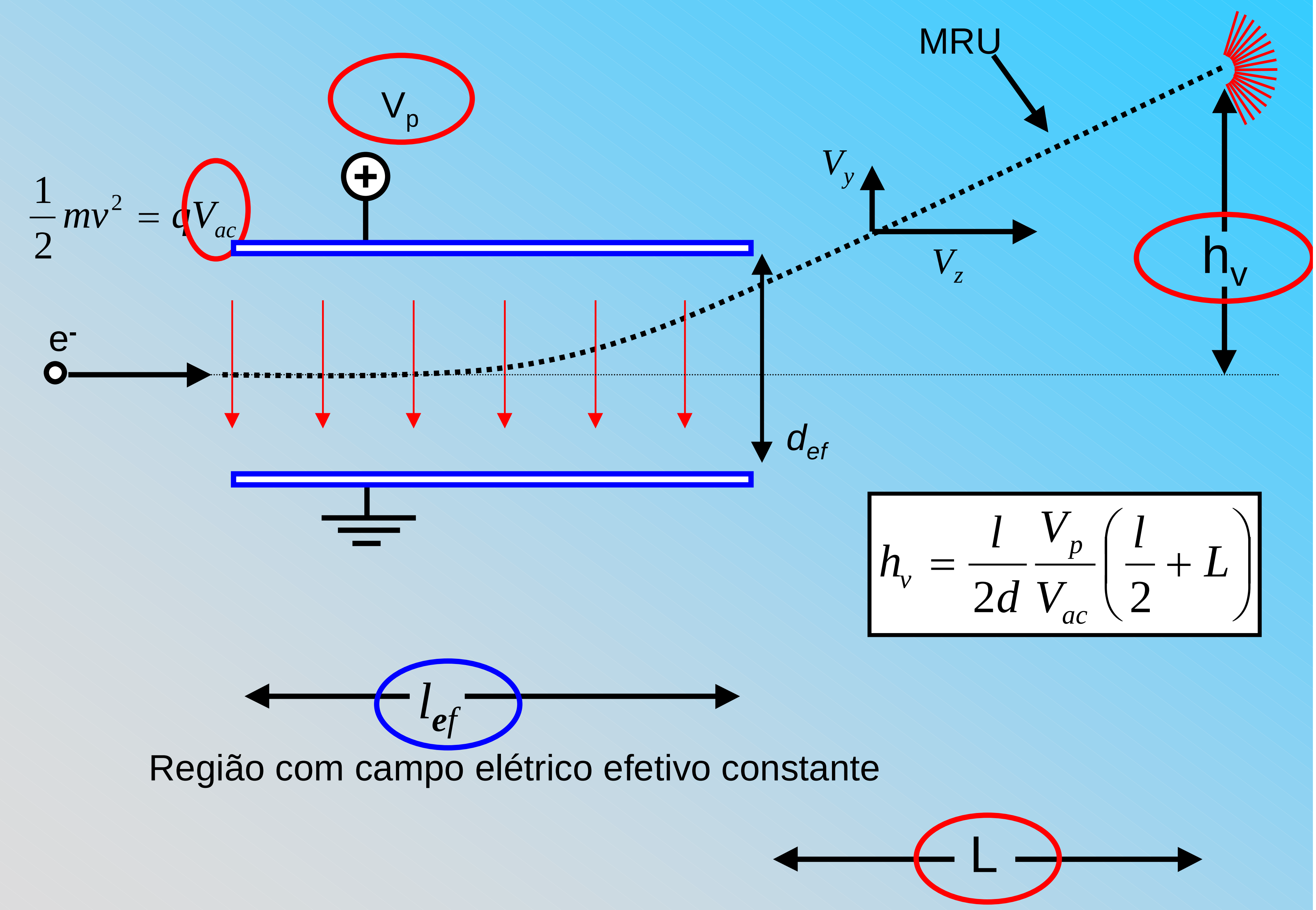
$$t_{1,2} = \frac{L}{v_z} = L\sqrt{\frac{m}{2eV_{ac}}}$$

$$h_v = \frac{1}{2}\frac{eV_p}{md}\frac{ml^2}{2eV_{ac}} + \frac{eV_p}{md} l \sqrt{\frac{m}{2eV_{ac}}}.L\sqrt{\frac{m}{2eV_{ac}}}$$

$$h_v = \frac{l}{2d}\frac{V_p}{V_{ac}}\left(\frac{l}{2} + L\right)$$

*Função de **l** e **d***

Movimento num TRC

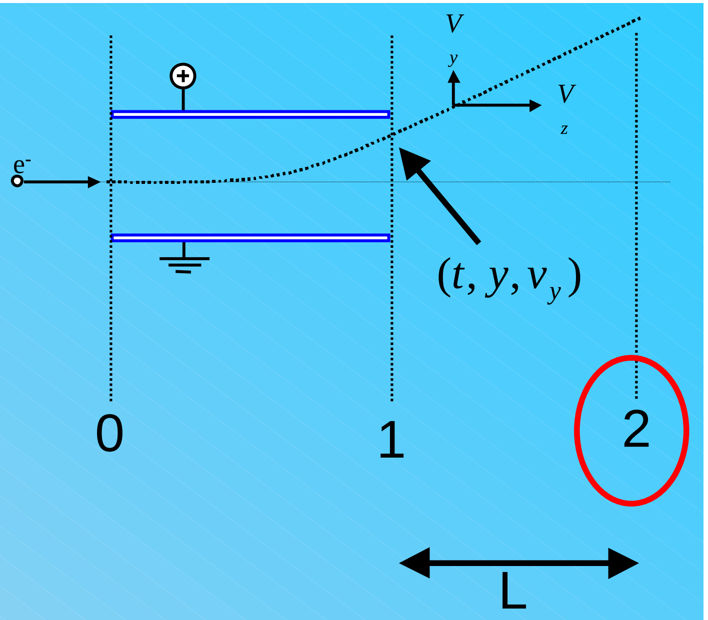


Impulso

$$v_{y1} = a.t = \frac{e.V_p}{m.d} l \sqrt{\frac{m}{2eV_{ac}}}$$

$$v_z = \sqrt{\frac{2eV_{ac}}{m}}$$

$$h_v = \frac{l}{2d}\frac{V_p}{V_{ac}}\left(\frac{l}{2} + L\right)$$



$$\vec{I} = \int \vec{F}(t).dt = \Delta\vec{P}$$

$$\Delta P_y = m v_y \propto \frac{V_p}{\sqrt{V_{ac}}}$$

$$\Delta P_z = m v_z \propto \sqrt{V_{ac}}$$

$$\frac{\Delta P_y}{\Delta P_z} = \frac{\Delta P}{P} \propto \frac{V_p}{V_{ac}}$$

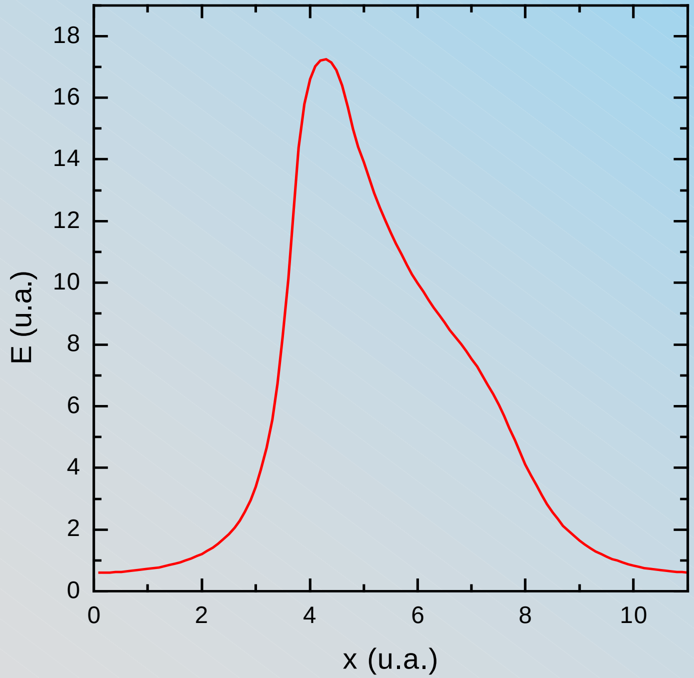
Calculando o impulso acumulado para determinar l_{ef}

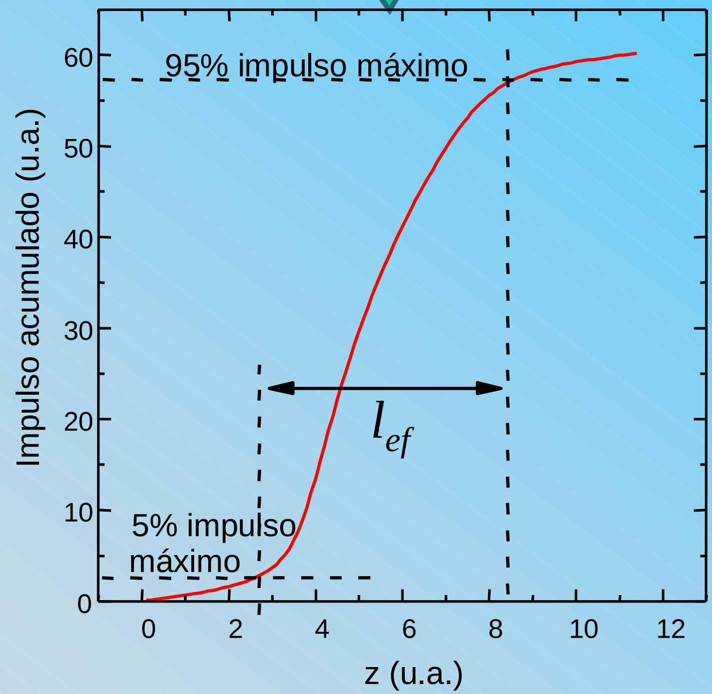
$$I_y = \int_0^t F_y(t)dt = \int_0^t eEdt = \int_0^l \frac{eE}{v_z} dz$$

Usar o campo simulado

$$I_y(z) = \int_0^L \frac{eE_y(z)}{v_z} dz$$

d_{ef} é conseqüência da determinação de l_{ef}.





Atividades teóricas

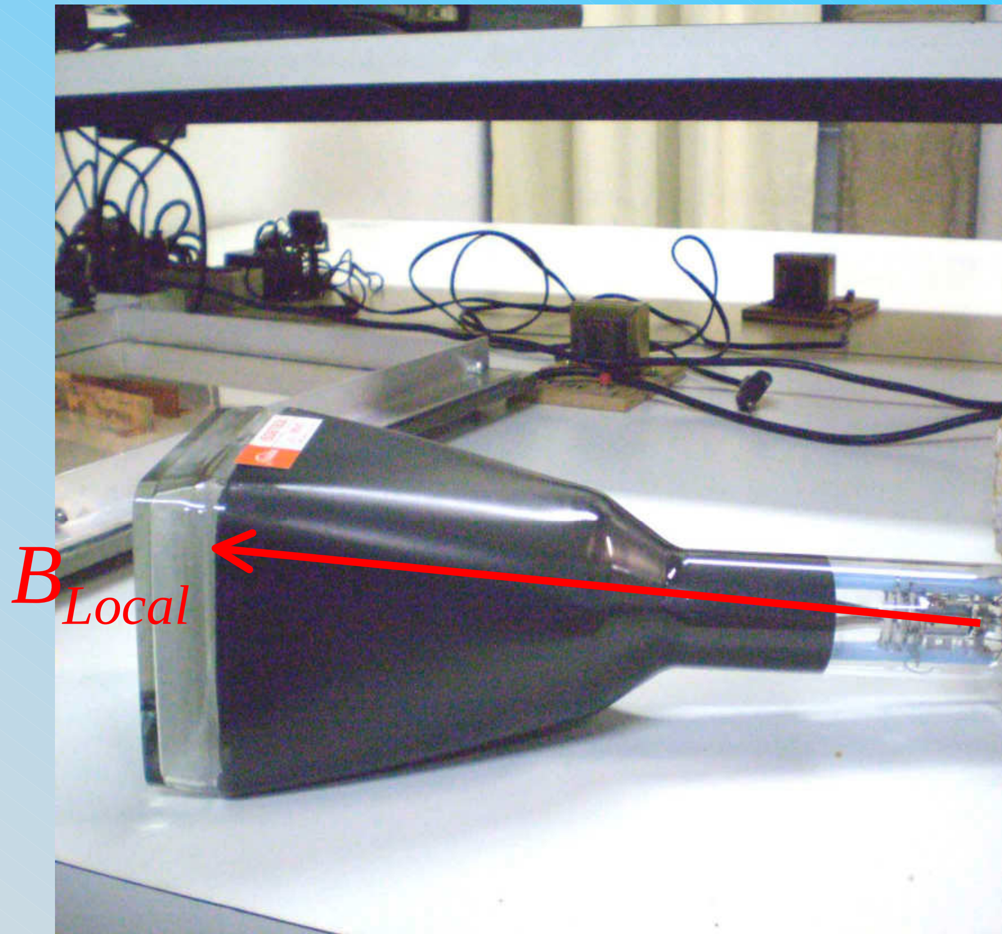
- Fazer os ajustes necessários para os gráficos de h vs V_P e h vs V_{AC}.
  - Verificar compatibilidade entre as constantes ajustadas

- Da simulação do campo, fazer o gráfico de impulso acumulado em função do comprimento z.
  - Determinar o comprimento efetivo das placas (l_{ef})
    - Dica: use o Excel e faça a integral como a soma de pequenos retângulos

- Determinar a distância efetiva (d_{ef}) entre as placas a partir dos resultados acima.
- Comparar o comprimento e distância com os valores geométricos do TRC

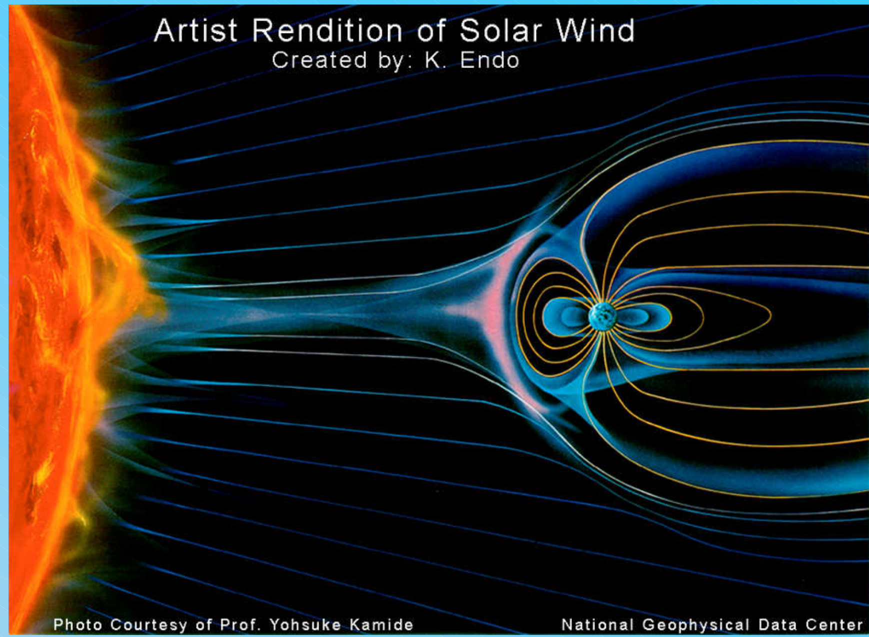
Notamos que o B local interfere na medida...

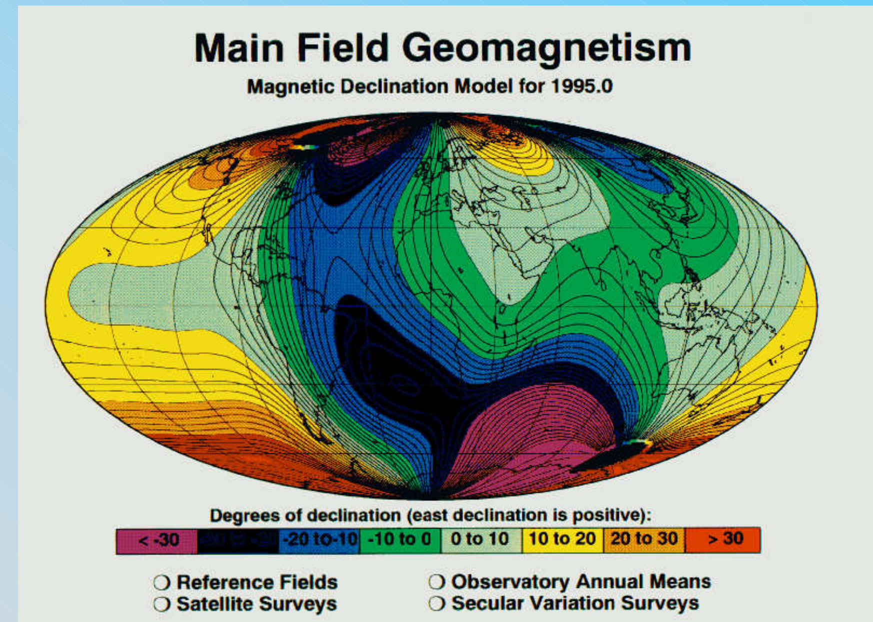
Podemos usar um TRC para medir o campo local?



O que é campo local?

- O campo magnético local depende de muitos fatores
  - Cosmológicos
  - Geológicos
  - Locais
    - Canos, fontes de corrente, metais, etc., etc., etc.



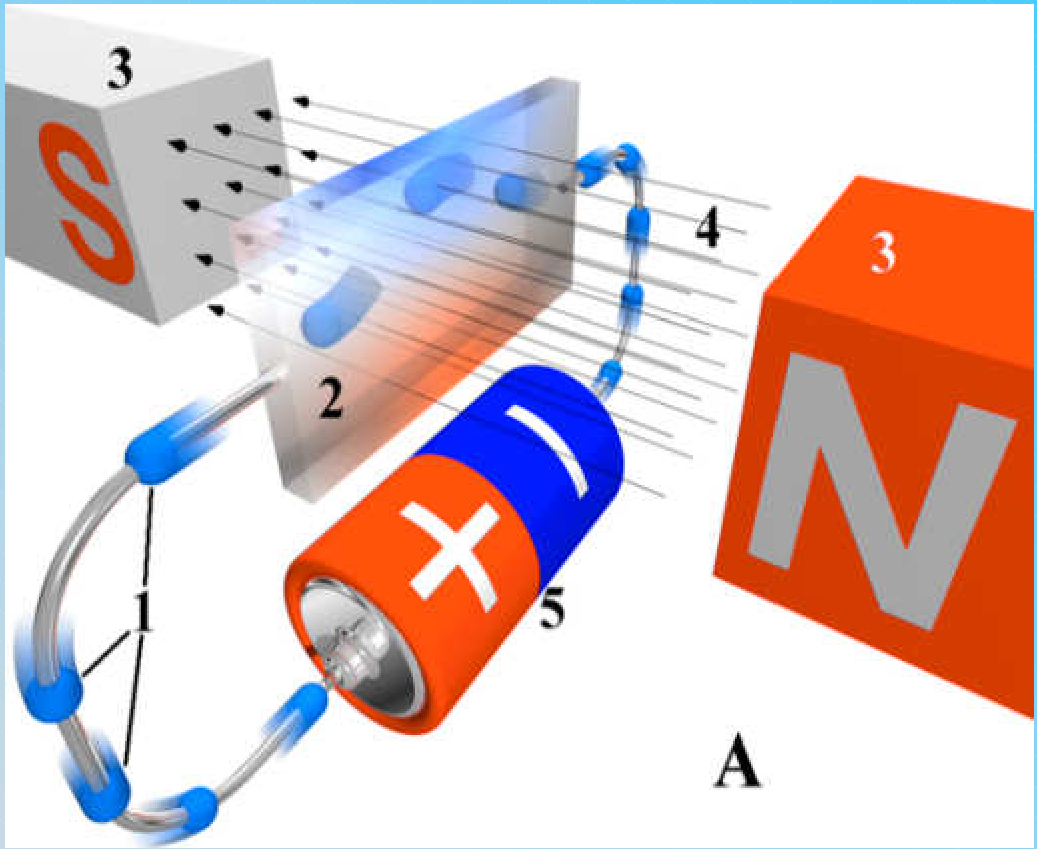


Como medir campos magnéticos?

- Muitas técnicas
  - Bússola
    - somente direção do campo
  - Bobinas sondas
    - Campos com fluxo variável
  - Medidor por efeito Hall
    - campos estáticos diversos
  - TRC
    - Movimento de elétrons no campo

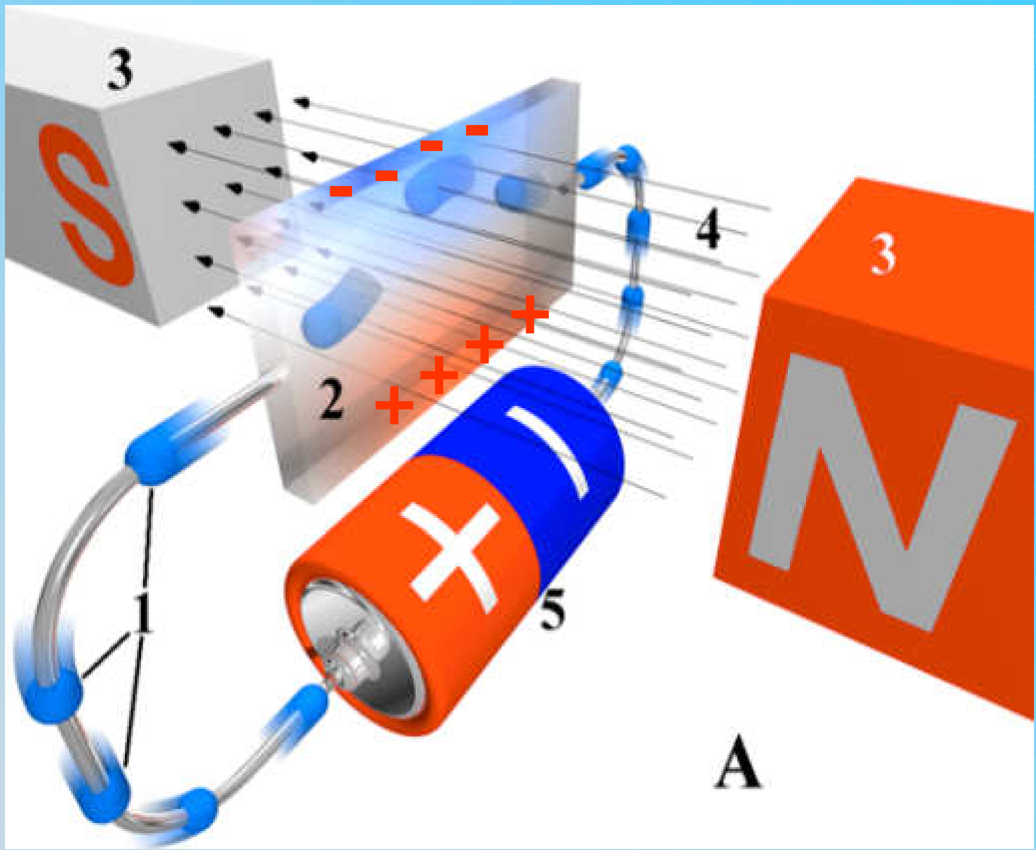
O efeito Hall

Quando uma corrente em um condutor é inserida em um campo magnético uma força atua sobre os portadores de carga modificando a sua distribuição dentro do condutor.



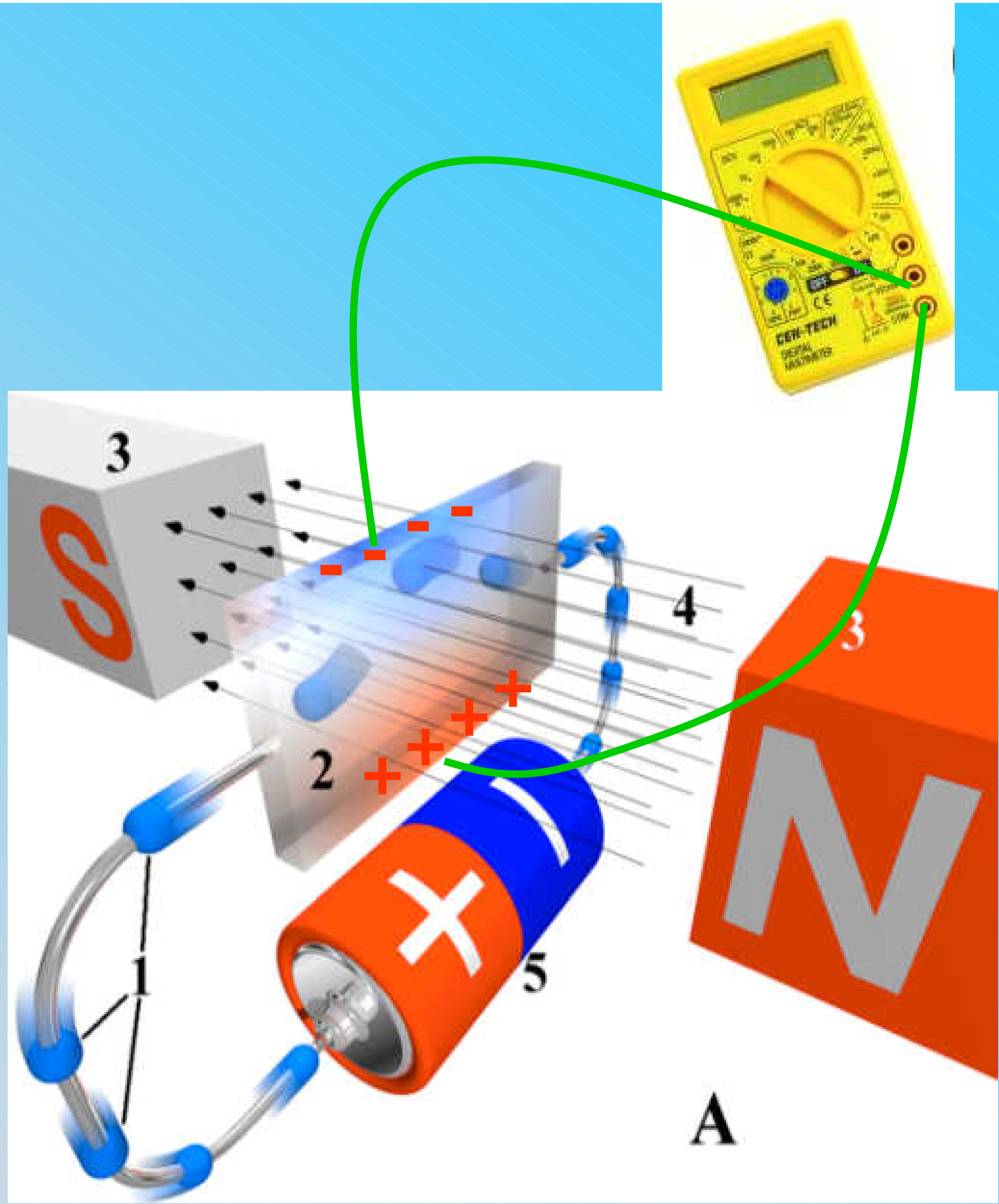
O efeito Hall

Esta mudança de distribuição de cargas no condutor cria uma diferença de potencial entre as superfícies do mesmo



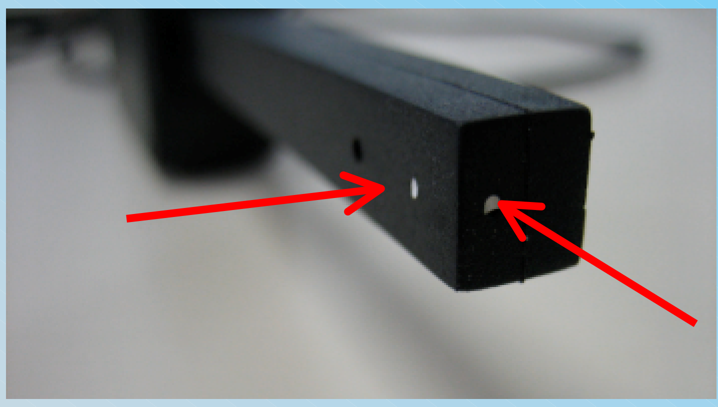
O efeito Hall

A medida desta diferença de potencial é proporcional ao campo magnético



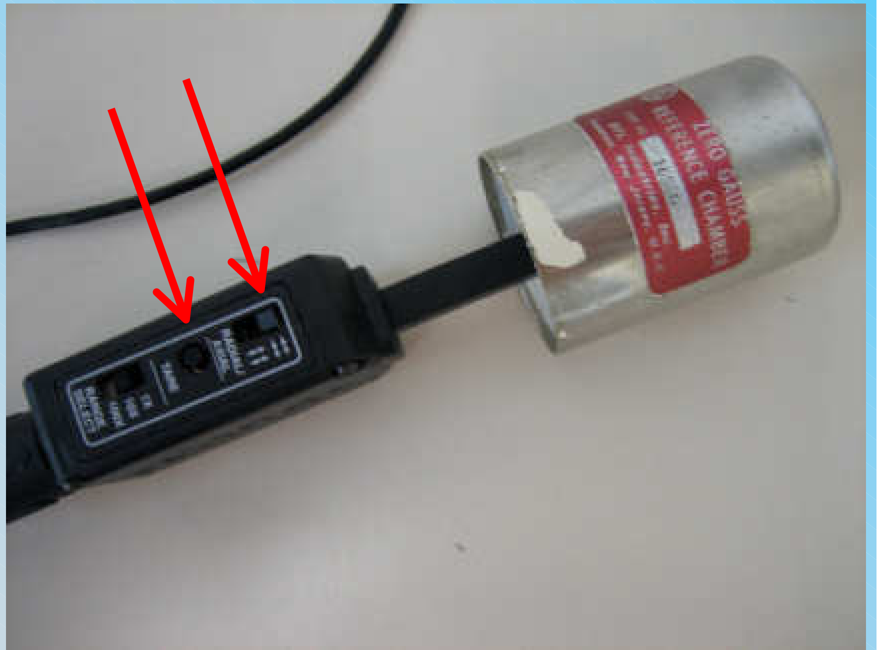
O Sensor Hall do laboratório Didático

- DataStudio
- Ponta de prova
  - Dois sensores perpendiculares
    - Selecionados por chave
    - Note que o sensor mede a componente transversal do campo magnético.
    - Escolha o sensor de acordo com a medida que se quer efetuar
  - Possibilidade de selecionar sensibilidade
    - Similar a escala do voltímetro
  - Botão de calibração (Tare)



O Sensor Hall do laboratório Didático

- Selecione o sensor a ser utilizado
- Calibre o sensor
  - Ambiente com campo = 0
  - Como?
    - Câmara de referência
- Posicione o sensor na região a ser medida e use o DataStudio

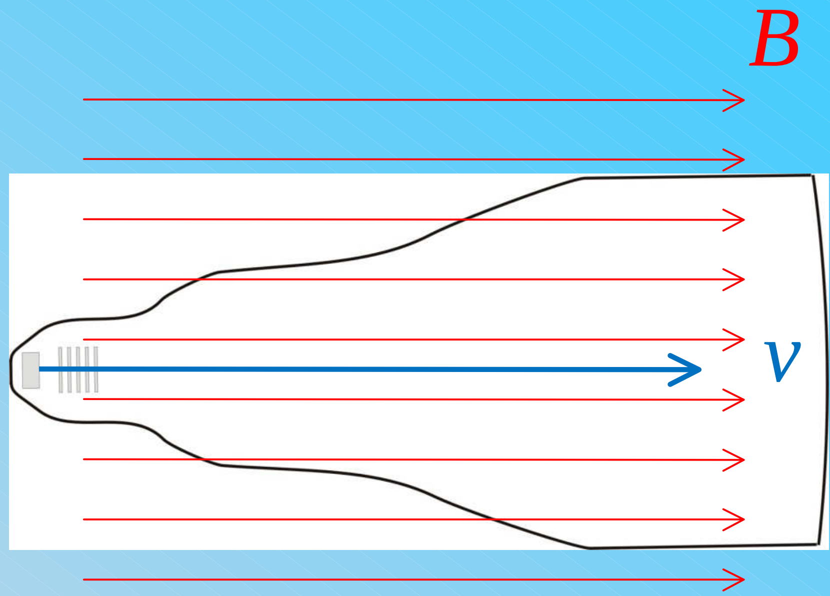


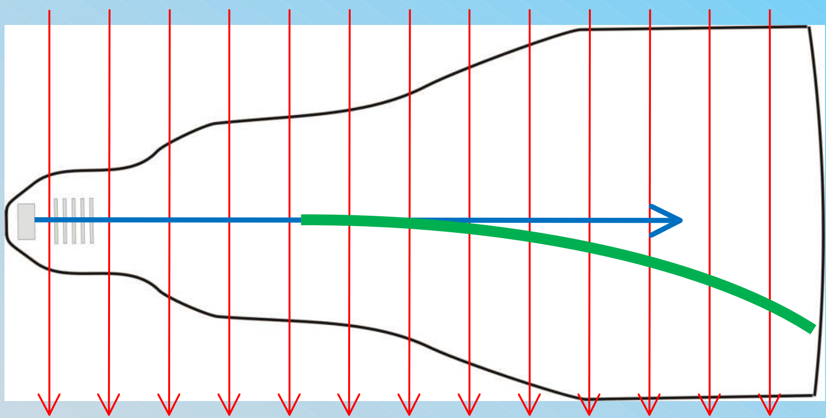
Usando um TRC para medir o campo local:

? Força magnética

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

- Se v e B forem paralelos, a força é nula e o feixe não sofre desvio
- Se forem perpendiculares, o desvio é máximo



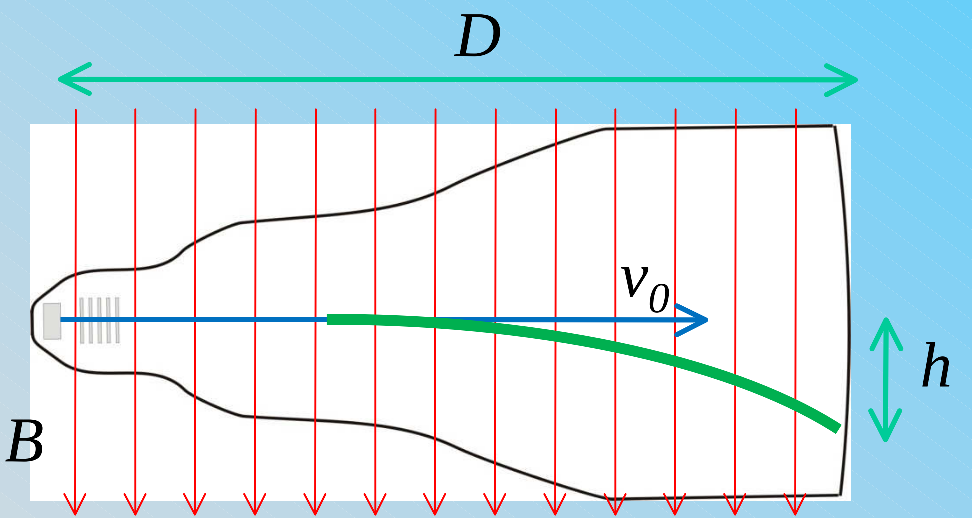


Usando um TRC para medir o campo local:

- Força magnética
  - Magnitude do campo em função de h e D.
    - Fácil de obter
      - Movimento uniforme na direção de v_0 e
      - Movimento uniformemente variado na direção de B.

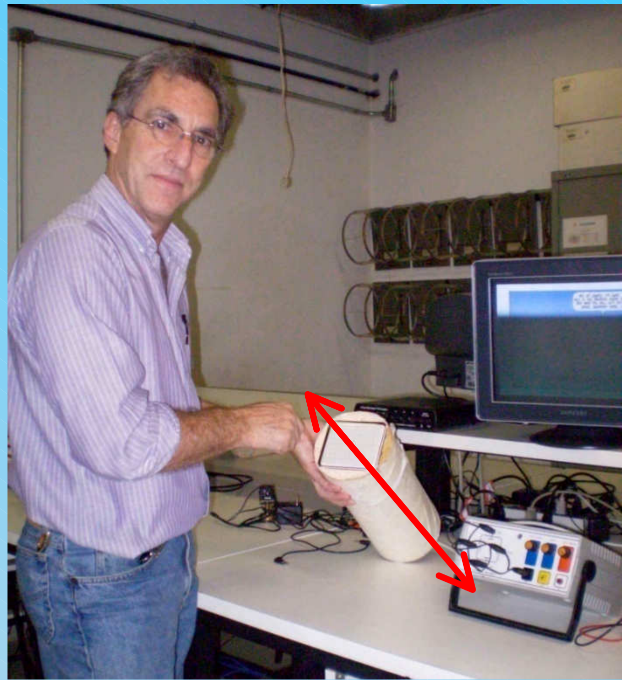
Valores baixos de v_z geram h maior.

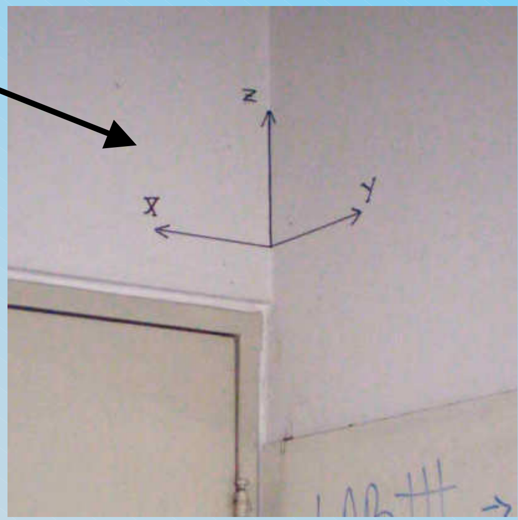
$$B = \frac{2mv_z}{q}\frac{h}{D^2}$$



Usando um TRC para medir o campo local:

- Mas o campo magnético é um vetor no espaço
  - Precisamos medir as três componentes
  - Como?
    - Sistema de referência
      - Laboratório
    - Componentes do campo em cada direção
      - Problema geométrico





Atividades experimentais

- Obter o VETOR campo magnético local para a sua bancada no sistema de coordenadas definido na sala (Usando um TRC e Sensor Hall)
  - Vetor significa B_x, B_y e B_z.
  - Anotar o número da bancada no PDF
  - Descrever em um parágrafo o procedimento adotado.
  - Comparar os valores medidos e o valor de referência do campo magnético local.

- Algumas coisas para pensar...
  - Como medir as coordenadas (direção de B)?
  - Como relacionar o sistema de coordenadas locais (por exemplo, posição na bancada) com o global da sala
    - Alinhamentos, etc.
  - Incertezas das medidas efetuadas.
    - Pense em como medir para reduzir a incerteza.