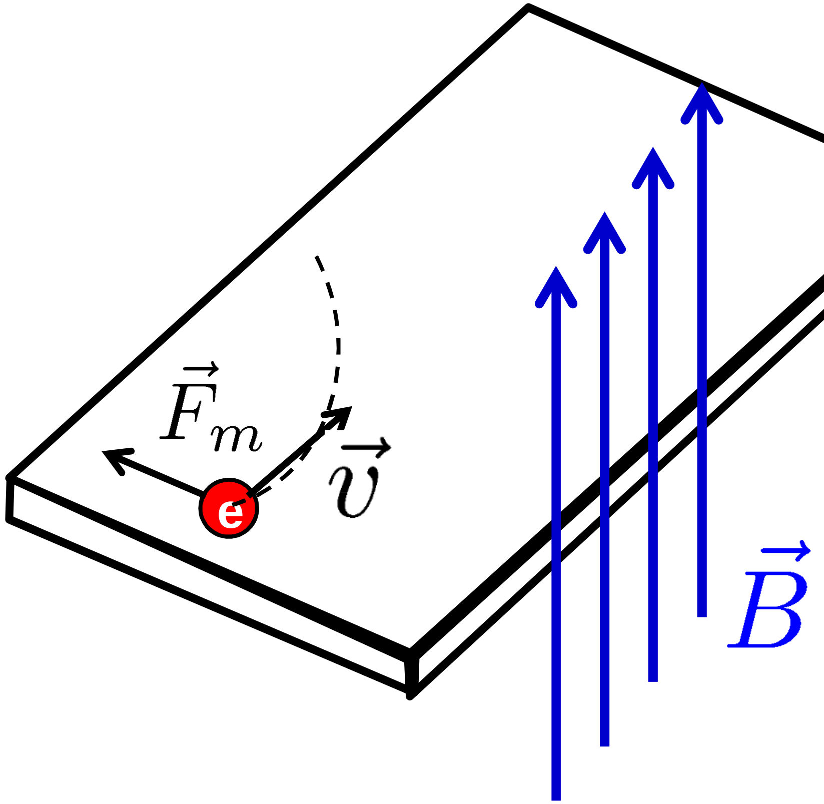
Elétrons em um campo magnético.



Força magnética (em módulo)

$$F_m = e.v.B$$

Elétron em um campo magnético:
a trajetória é *circular*

$$\frac{v^2}{R} = \frac{F_m}{m^*} = \frac{e.v.B}{m^*}$$

$$R(B) = \frac{m^*.v}{e.B}$$

Órbitas ciclotrônicas: Raio da órbita é inversamente proporcional ao campo.

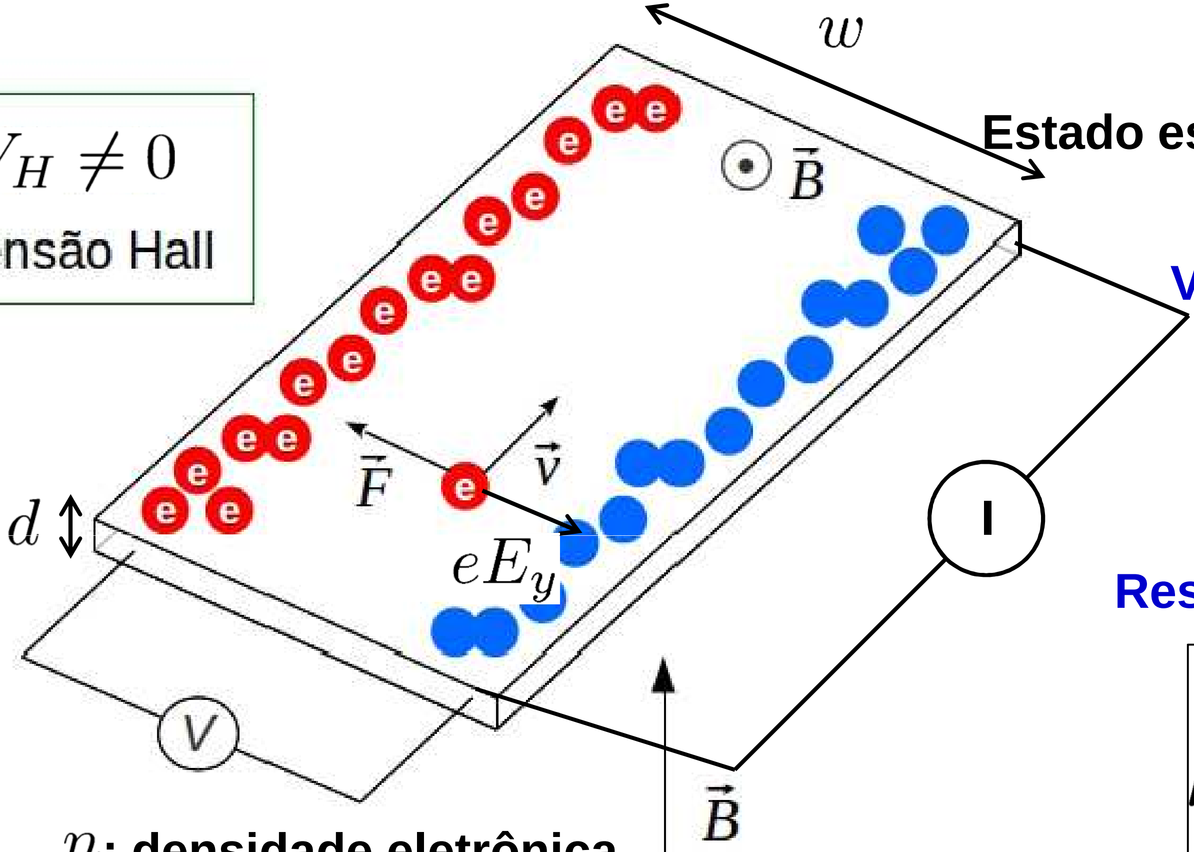
$$\boxed{\omega_c = \frac{e.B}{m^*}}$$

Frequencia de ciclotron
(independe de v)

Efeito Hall clássico: contribuição de elétrons

$$V_H \neq 0$$

Tensão Hall



Estado estacionário: $eE_y = e.v_x.B$

Voltagem Hall:

$$\boxed{V_H = E_y.w = \frac{IB}{ned}}$$

Resistividade Hall (clássica):

$$\boxed{\rho_{xy} = \frac{E_y}{J_x} = \frac{B}{-ne}}$$

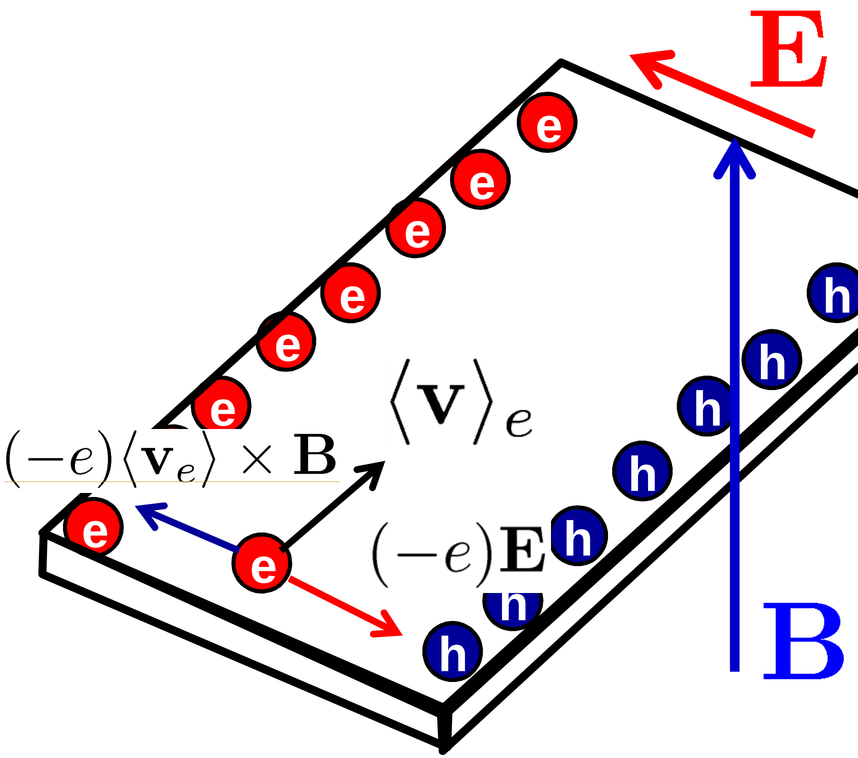
Linear em B!

n: **densidade eletrônica**

$\boldsymbol{J} = -ne\boldsymbol{v}$ **: densidade de corrente**

$I = J_x.d.w$ **: corrente**

Efeito Hall: aproximação de tempo de relaxação.



$$m_e^* \left(\frac{d\langle \mathbf{v}_e \rangle}{dt} + \frac{\langle \mathbf{v}_e \rangle}{\tau_e} \right) = (-e)\mathbf{E} + (-e)\langle \mathbf{v}_e \rangle \times \mathbf{B}$$

No estado estacionário, temos:

$$\begin{cases} \dfrac{m_e^*}{e\tau_e}\langle v_{x,e} \rangle = -E_x - \langle v_{y,e} \rangle B \\ \dfrac{m_e^*}{e\tau_e}\langle v_{y,e} \rangle = -E_y + \langle v_{x,e} \rangle B \end{cases}$$

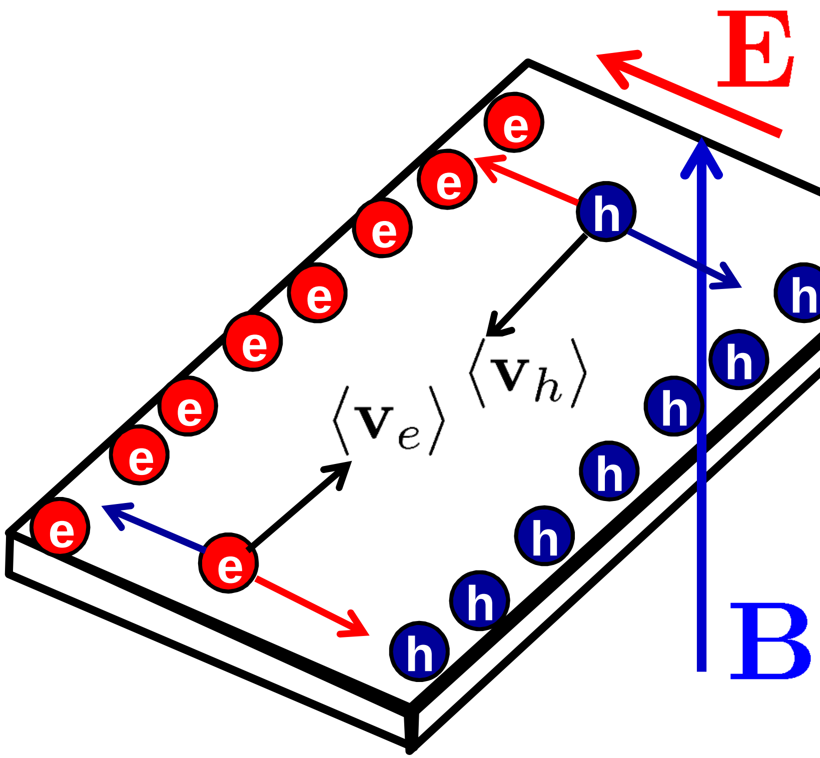
$$\langle v_{y,e} \rangle = \frac{1}{(1 + (\omega_c^e)^2 \tau_e^2)} \frac{e\tau_e}{m_e^*} \left(-E_y - \omega_c^e \tau_e E_x \right)$$

Para campos usuais (menos de 1 Tesla), temos: $\omega_c^e \tau_e \ll 1$

$$\omega_c^e = \frac{e.B}{m_e^*}$$

$$\boxed{\langle v_{y,e} \rangle \approx \frac{e\tau_e}{m_e^*} \left(-E_y - \omega_c^e \tau_e E_x \right)}$$

Efeito Hall com elétrons e buracos.



$$\langle v_{e,y} \rangle = \frac{e\tau_e}{m_e^*}\left(-E_y - \omega_c^e \tau_e E_x\right)$$

$$\langle v_{y,h} \rangle = \frac{e\tau_h}{m_h^*}\left(E_y - \omega_c^h \tau_h E_x\right)$$

Densidade de corrente:

$$\mathbf{J} = (-e)n\langle \mathbf{v}_e \rangle + ep\langle \mathbf{v}_h \rangle$$

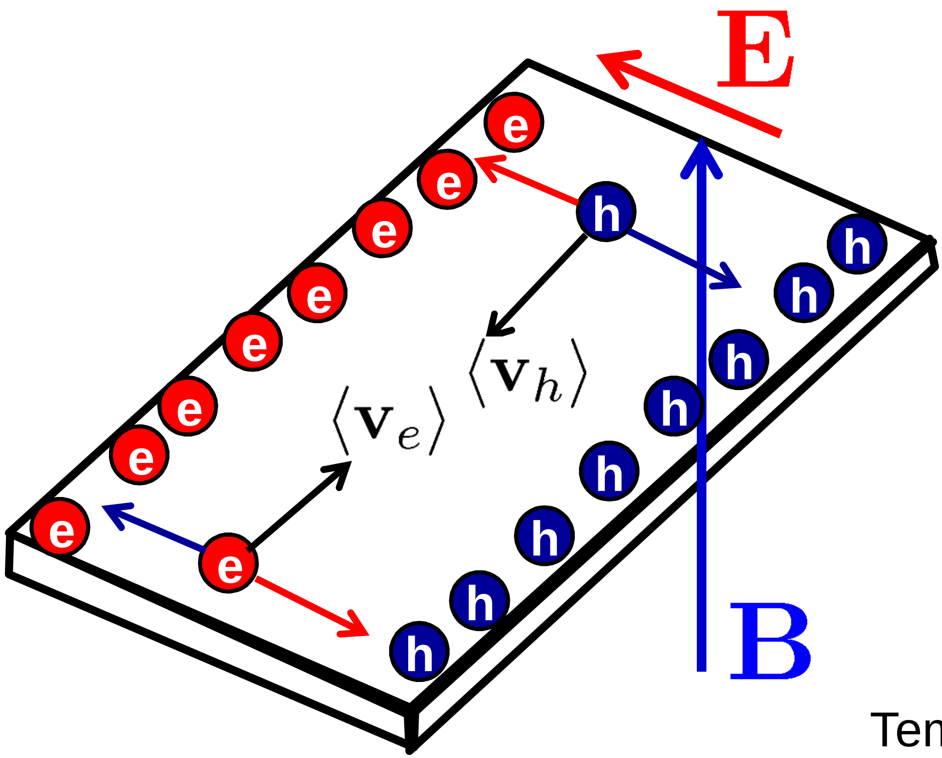
No estado estacionário: $J_y = 0$

O que implica que:

$$n\langle v_{y,e} \rangle = p\langle v_{y,h} \rangle$$

$$\omega_c^{e(h)} = \frac{e.B}{m_{e(h)}^*}$$

Efeito Hall com elétrons e buracos.



$$\omega_c^{e(h)} = \frac{e.B}{m^*_{e(h)}}$$

$$\mu_{e(h)} = \frac{e\tau_{e(h)}}{m^*_{e(h)}}$$

Na direção x, temos:

$$\langle v_{x,e} \rangle = -\mu_e E_x + \mathcal{O}(\omega_c^e \tau_e)^2$$

$$\langle v_{x,h} \rangle = +\mu_h E_x + \mathcal{O}(\omega_c^h \tau_h)^2$$

Densidade de corrente na direção x:

$$J_x = (-e)n\langle v_{x,e} \rangle + ep\langle v_{x,h} \rangle$$

Temos então a **resistividade longitudinal** dada por:

$$\rho_{xx} = \frac{E_x}{J_x} = \frac{1}{e\,(n\mu_e + p\mu_h)}$$

ou, em termos da **condutividade**:

$$J_x = \sigma_{xx} E_x \Rightarrow \sigma_{xx} = e\,(n\mu_e + p\mu_h)$$