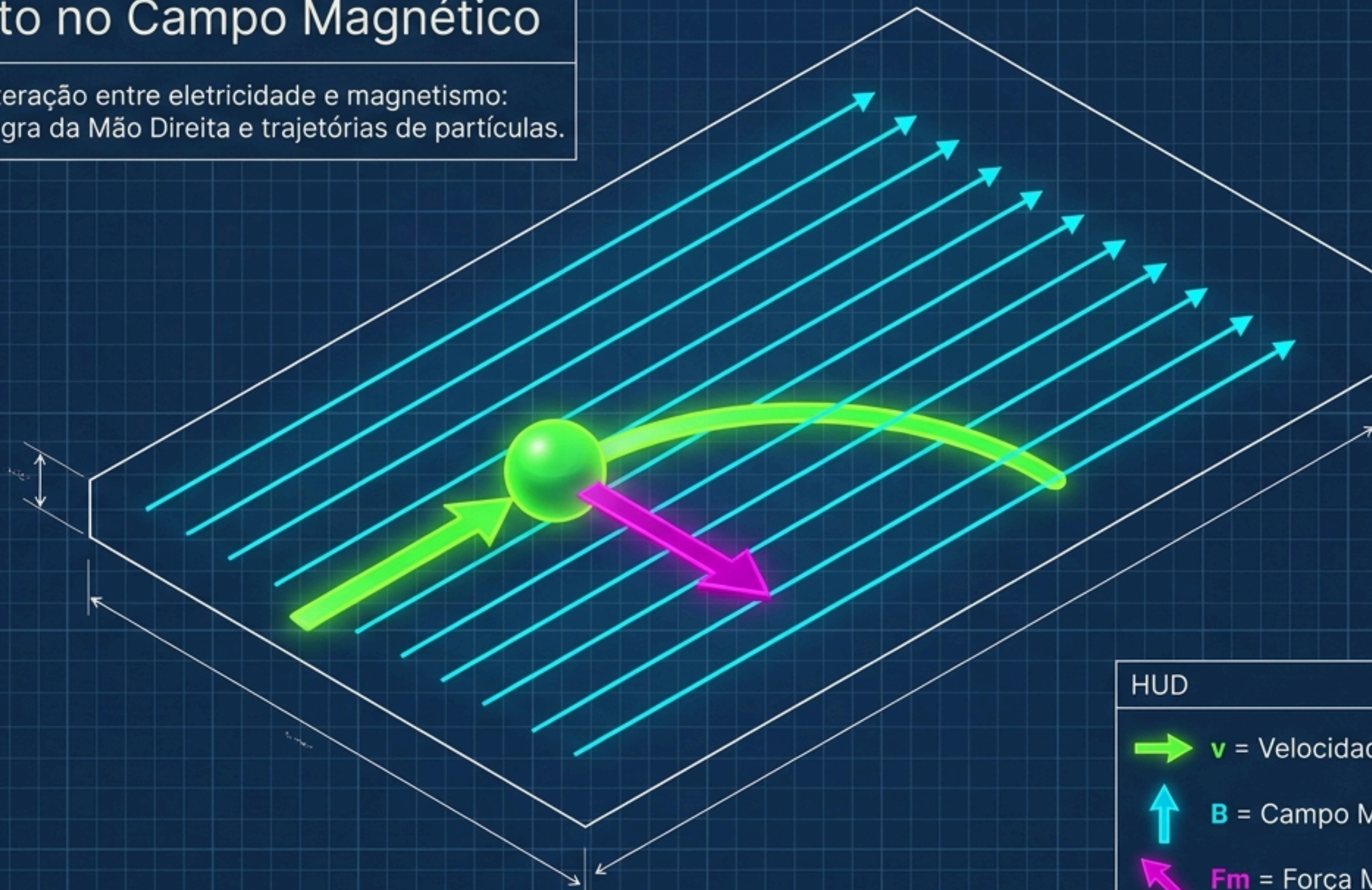


A Força Invisível: Cargas em Movimento no Campo Magnético

Entendendo a interação entre eletricidade e magnetismo: fundamentos, Regra da Mão Direita e trajetórias de partículas.

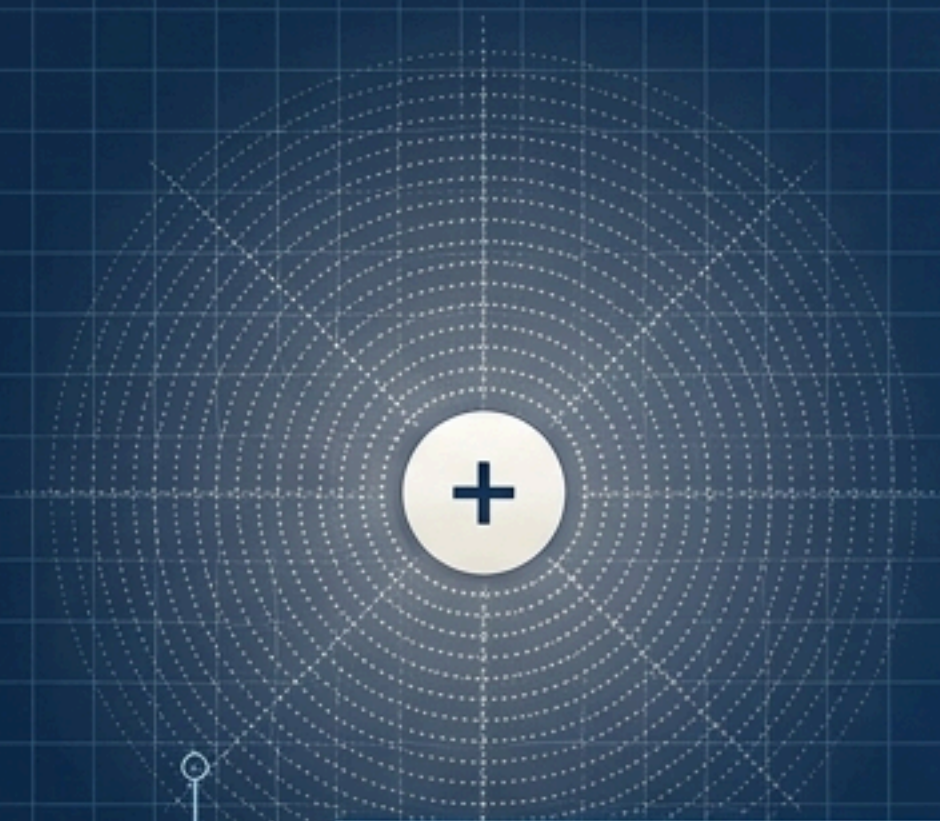


HUD

-  v = Velocidade (Movimento)
-  B = Campo Magnético (Externo)
-  F_m = Força Magnética (Interação)

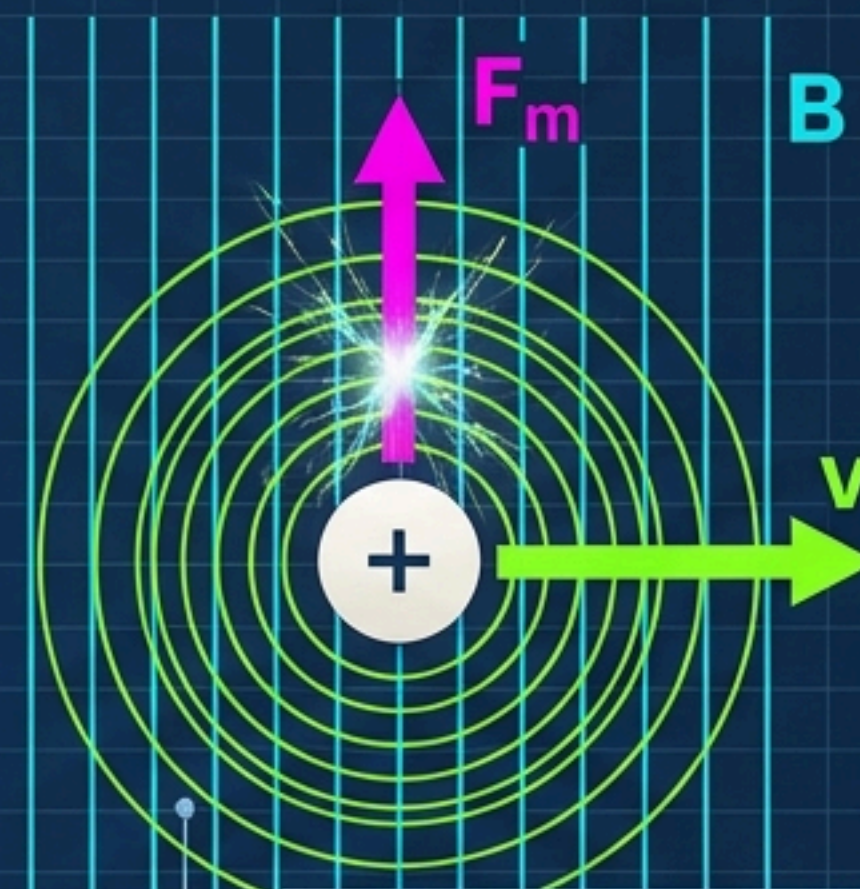
O que gera a Força Magnética?

Painel 1 - Repouso



Repouso: Cargas estáticas geram apenas campo elétrico. Nenhuma interação magnética ocorre.

Painel 2 - Movimento



Movimento: Cargas em movimento originam o seu próprio campo magnético.

Quando a **carga móvel (q)** penetra em uma região de **campo magnético externo (B)**, ocorre uma interação entre os dois campos. O resultado tangível dessa interação é a **Força Magnética (F_m)**.

Calculando a Intensidade da Força

B (Intensidade do Campo): Medido em Teslas (T). Quanto mais denso o ímã externo, maior a força exercida.

sen θ (O Fator Angular): O ângulo de penetração. Atua como o ativador da força.

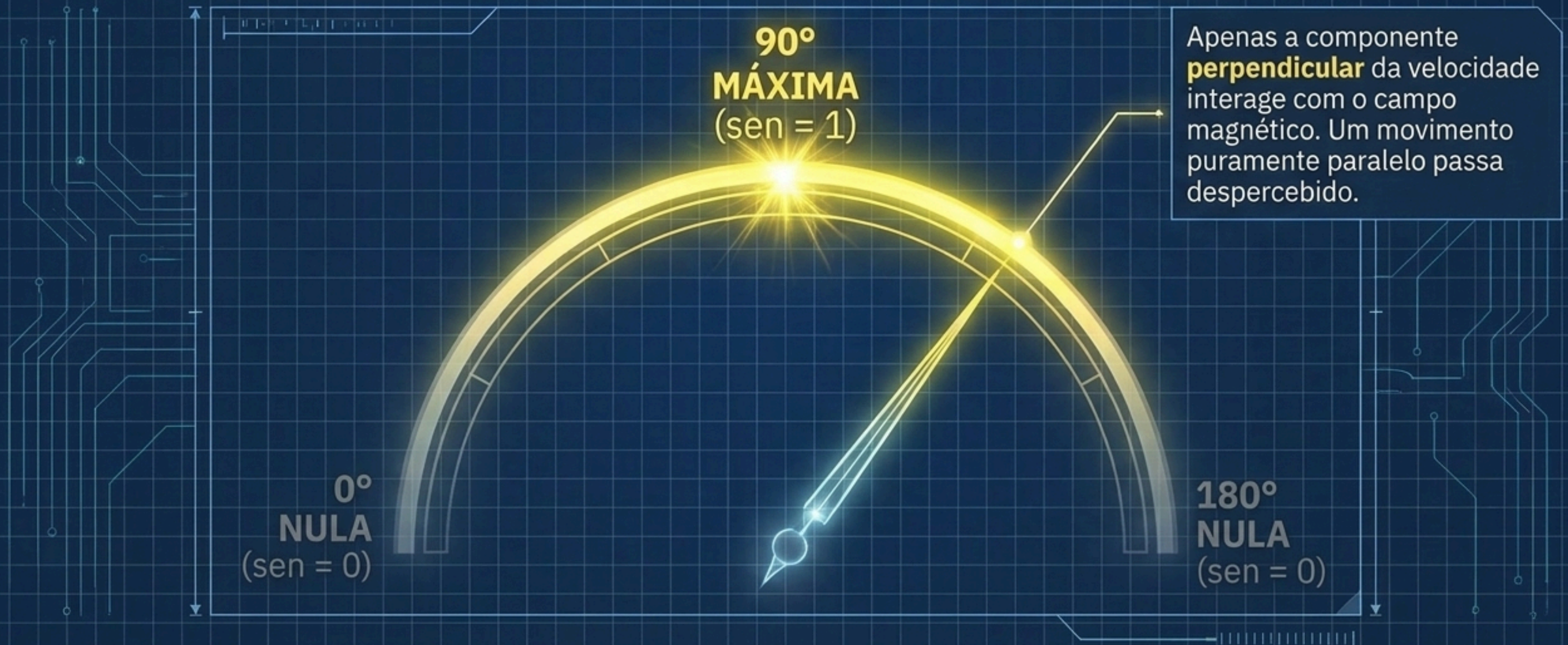
$$F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen } \theta$$

v (Velocidade): Medida em m/s. Sem movimento, não há campo magnético próprio; logo, a força é zero.

|q| (Módulo da Carga): Medido em Coulombs (C). Representa a quantidade de eletricidade da partícula. Usamos o valor absoluto.

O 'Botão de Volume' do Magnetismo (θ)

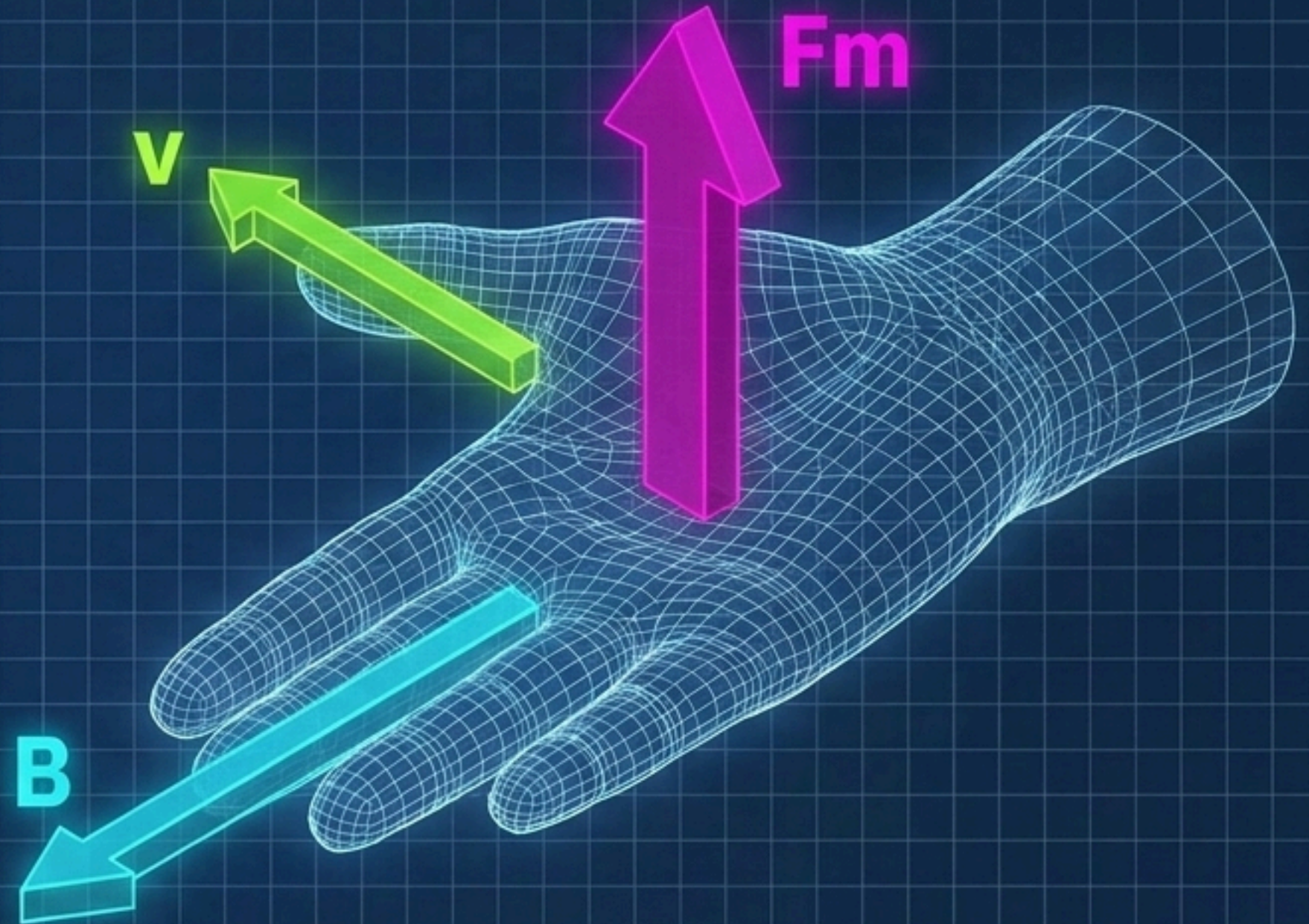
A força magnética não depende apenas da rapidez da partícula, mas de sua direção de entrada no campo.



Orientação Espacial: Regra da Mão Direita nº 2

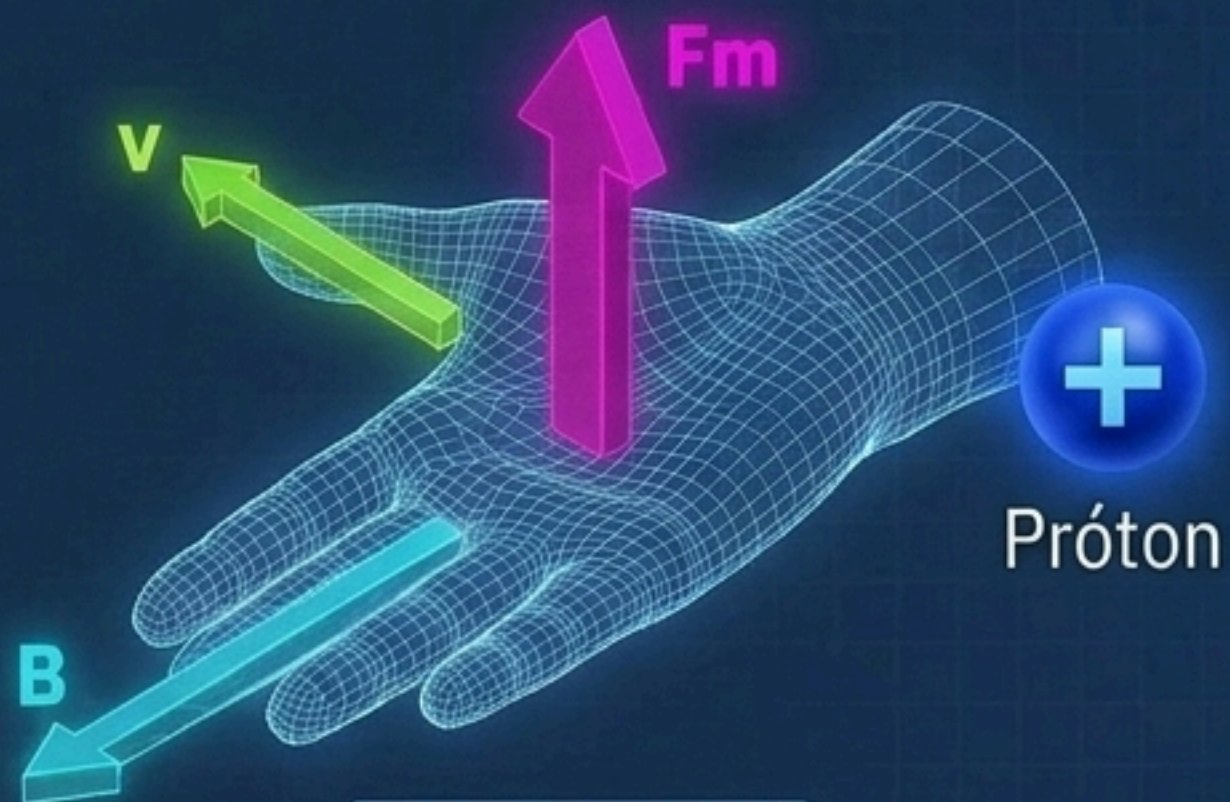
A força magnética é sempre perpendicular ao plano formado por $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

1. Aponte o **polegar** na direção/sentido do movimento ($\mathbf{v}$).
2. **Estique os dedos** na direção/sentido do campo ($\mathbf{B}$).
3. A **força magnética** ($\mathbf{F_m}$) atua como um "empurrão" saindo da palma da mão.



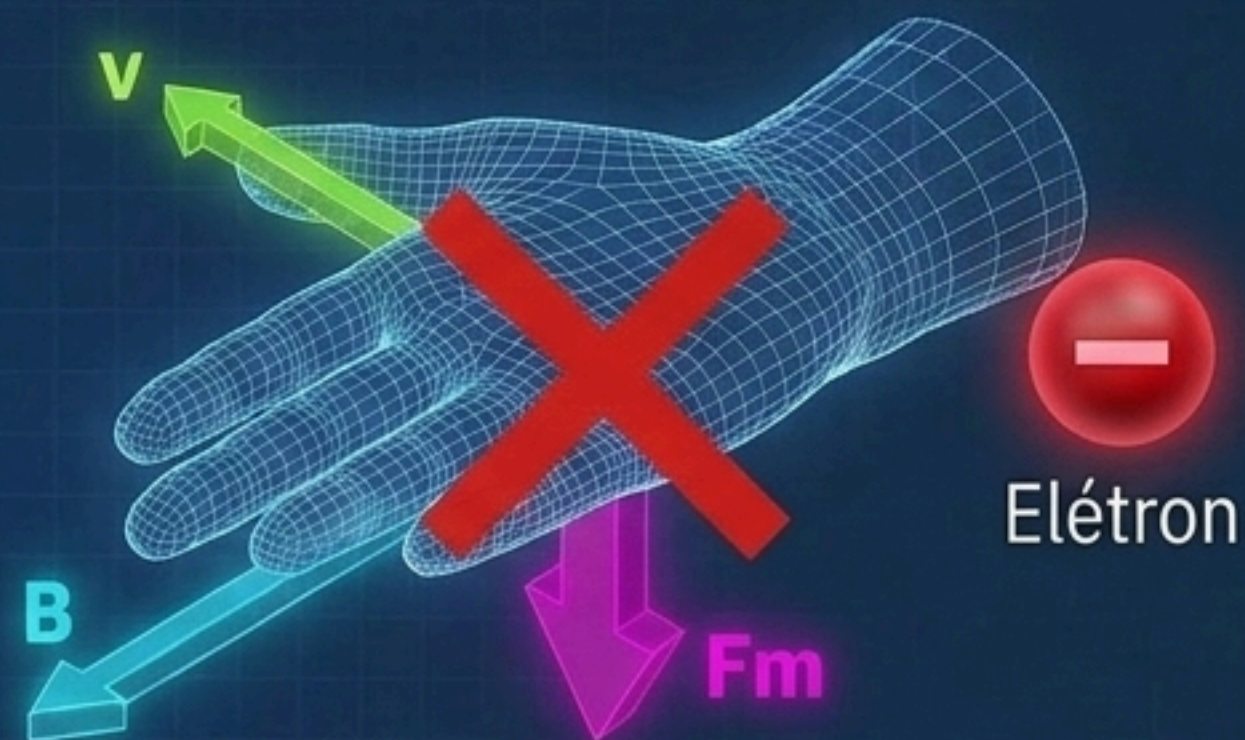
A Atenção aos Sinais: Prótons vs. Elétrons

Carga **Positiva (+)**



Sentido Natural

Carga **Negativa (-)**



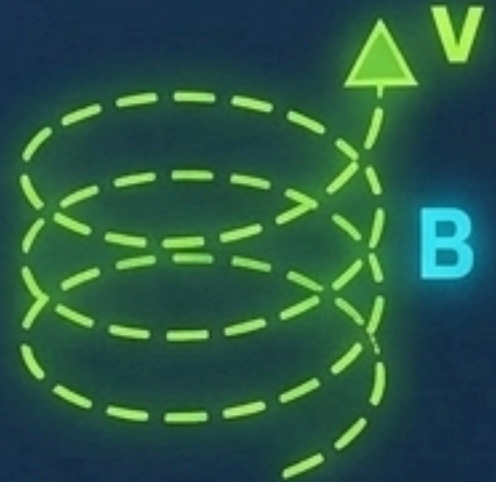
Inversão de Sentido

Regra do Tapa nas Costas

A Regra da Mão Direita fornece o sentido correto para cargas positivas. Para cargas negativas (ex: elétrons), o sentido da força magnética é exatamente o oposto (um empurrão com as costas da mão).

O Destino da Partícula: 3 Trajetórias Possíveis

O tipo de movimento descrito depende exclusivamente do ângulo de lançamento (θ) em relação às linhas de campo.

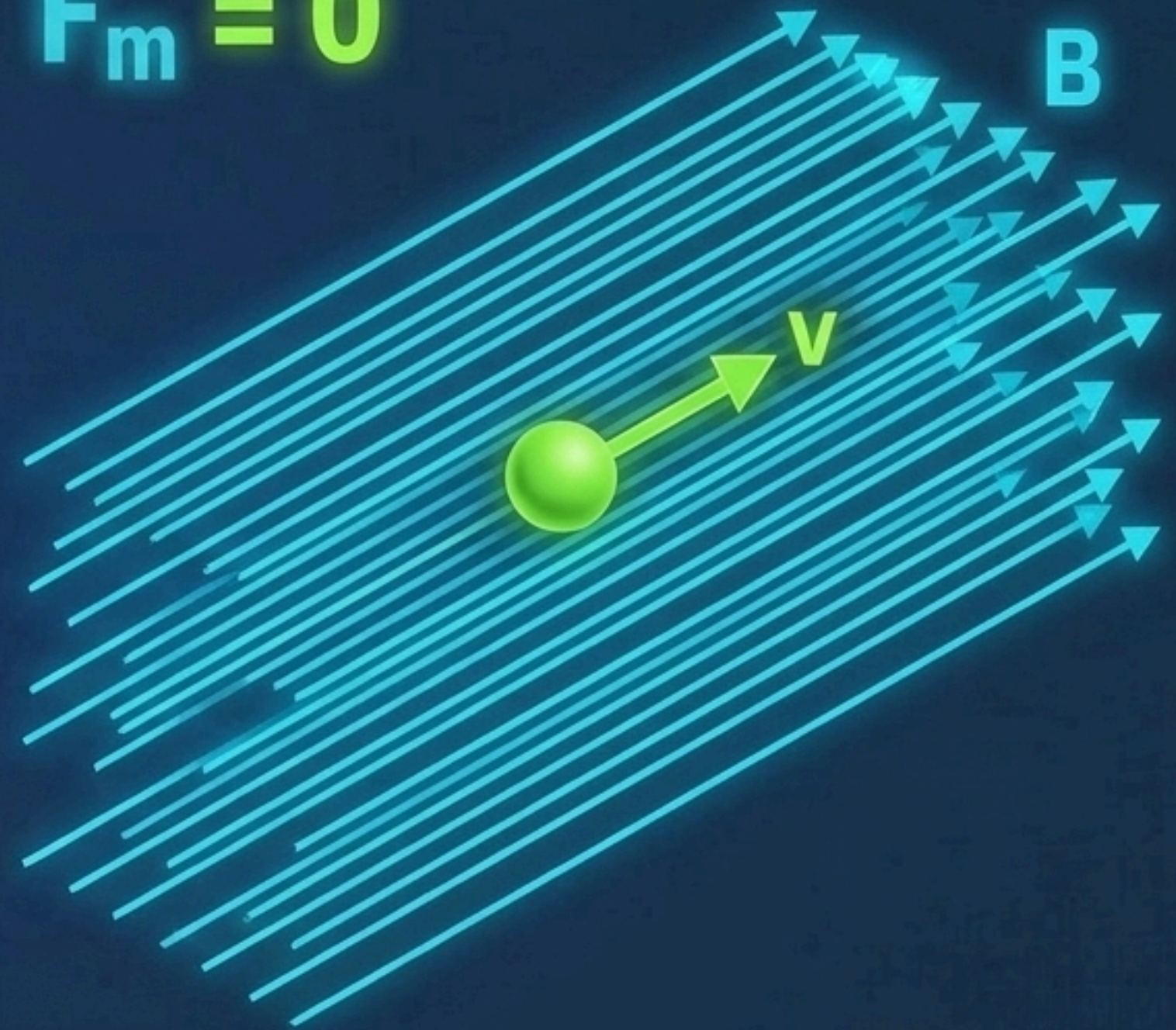
Ângulo de Lançamento	0° ou 180° (Paralelo)	90° (Perpendicular)	$0^\circ < \theta < 90^\circ$ (Oblíquo)
Intensidade da Força	Nula ($F_m = 0$)	Máxima ($F_m = Bqv$)	Intermediária
Tipo de Movimento	MRU (Retilíneo Uniforme)	MCU (Circular Uniforme)	MHU (Helicoidal Uniforme)
Ícone Visual			

1º Caso: Lançamento Paralelo (MRU)

- **Condição:** Velocidade paralela ao campo ($\theta = 0^\circ$ ou 180°).
- **Fator ativador:** $\sin(0^\circ) = 0$.
- Como a força magnética é totalmente nula, não há resultante para alterar a inércia da partícula.

Resultado: A carga não sofre desvio. Mantém velocidade constante em uma linha reta (Movimento Retilíneo Uniforme).

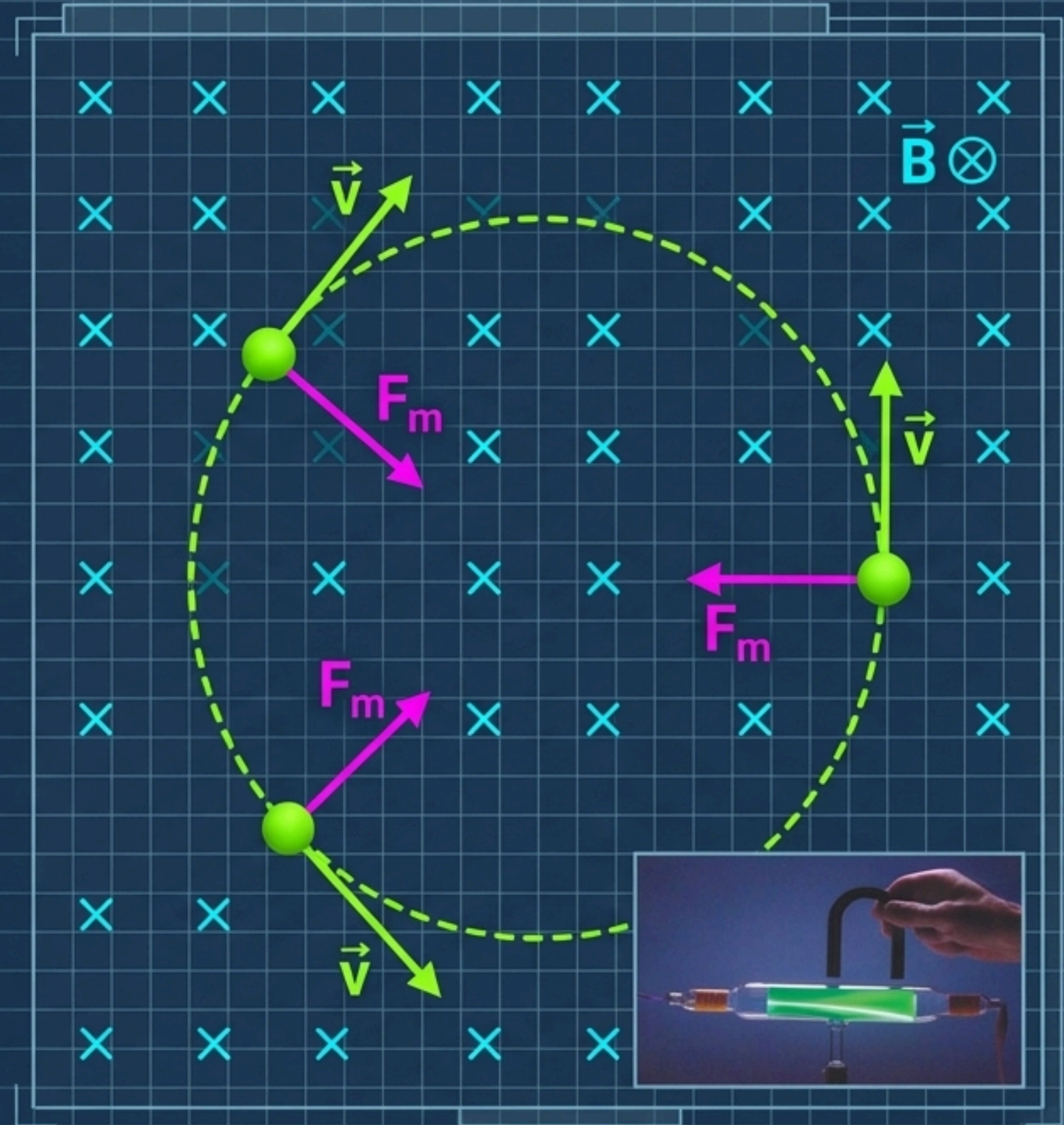
$$F_m = 0$$



2º Caso: Lançamento Perpendicular (MCU)

- Condição: Velocidade perpendicular ao campo ($\theta = 90^\circ$).
- A força magnética atinge intensidade máxima ($\sin 90^\circ = 1$).
- A força muda apenas a direção da velocidade, nunca o seu módulo.

Resultado: A força magnética atua como **Força Resultante Centrípeta** ($F_m = F_{cp}$), forçando a partícula a descrever um **Movimento Circular Uniforme**.



Dissecando a Órbita (A Matemática do MCU)

O Raio, R

$$R = \frac{m \cdot v}{B \cdot |q|}$$

Insight: Partículas mais rápidas ou mais pesadas abrem órbitas maiores. Campos magnéticos mais intensos apertam a curva.

O Período, T

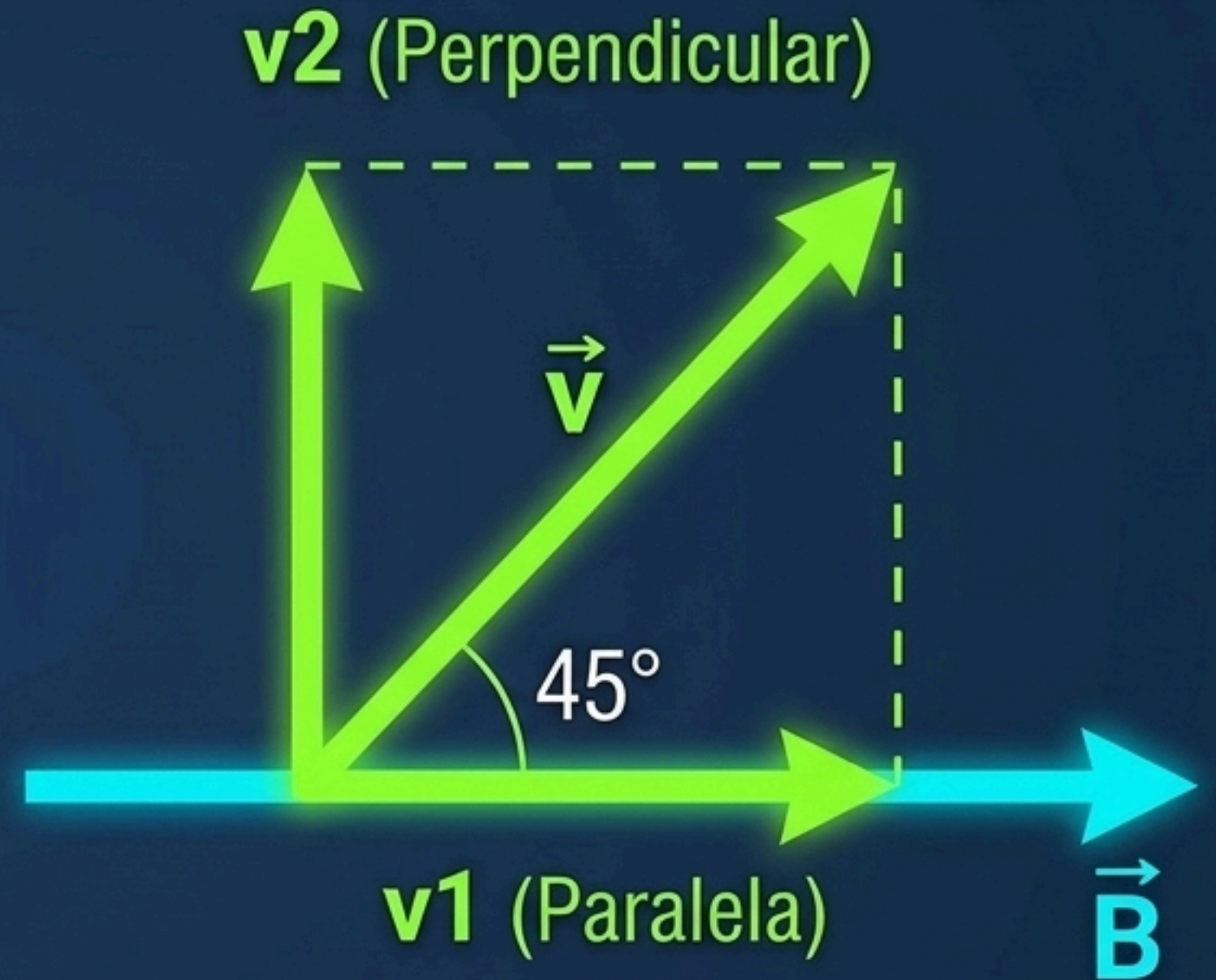
$$T = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot |q|}$$

Propriedade Fundamental: O tempo para dar uma volta completa (T) independe da velocidade. Uma partícula super-rápida fará um círculo imenso, mas levará exatamente o mesmo tempo para completá-lo que uma partícula lenta fazendo um círculo pequeno.

3º Caso: Decomposição Vetorial (Oblíquo)

Quando o ângulo (θ) está entre 0° e 90° , o movimento é complexo. A solução geométrica é decompor a velocidade em duas partes independentes que já compreendemos:

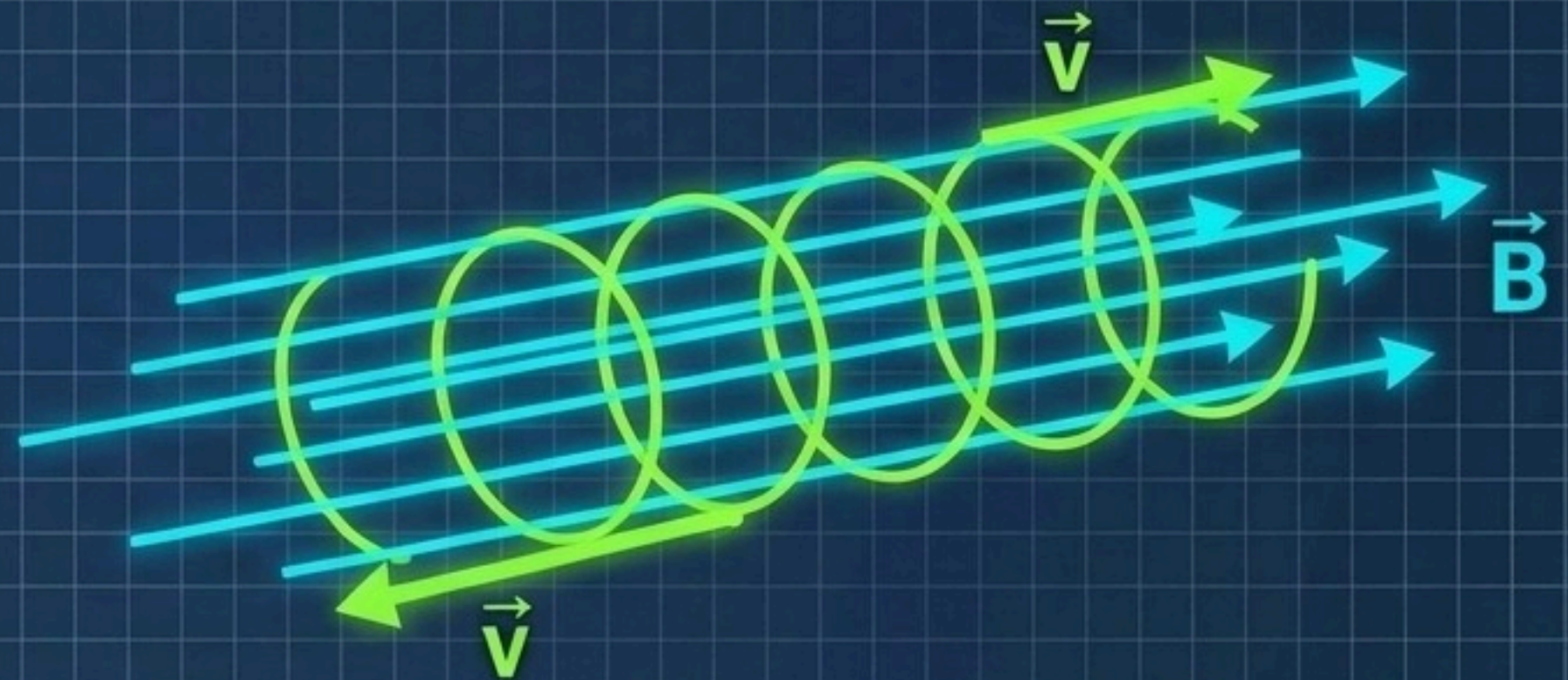
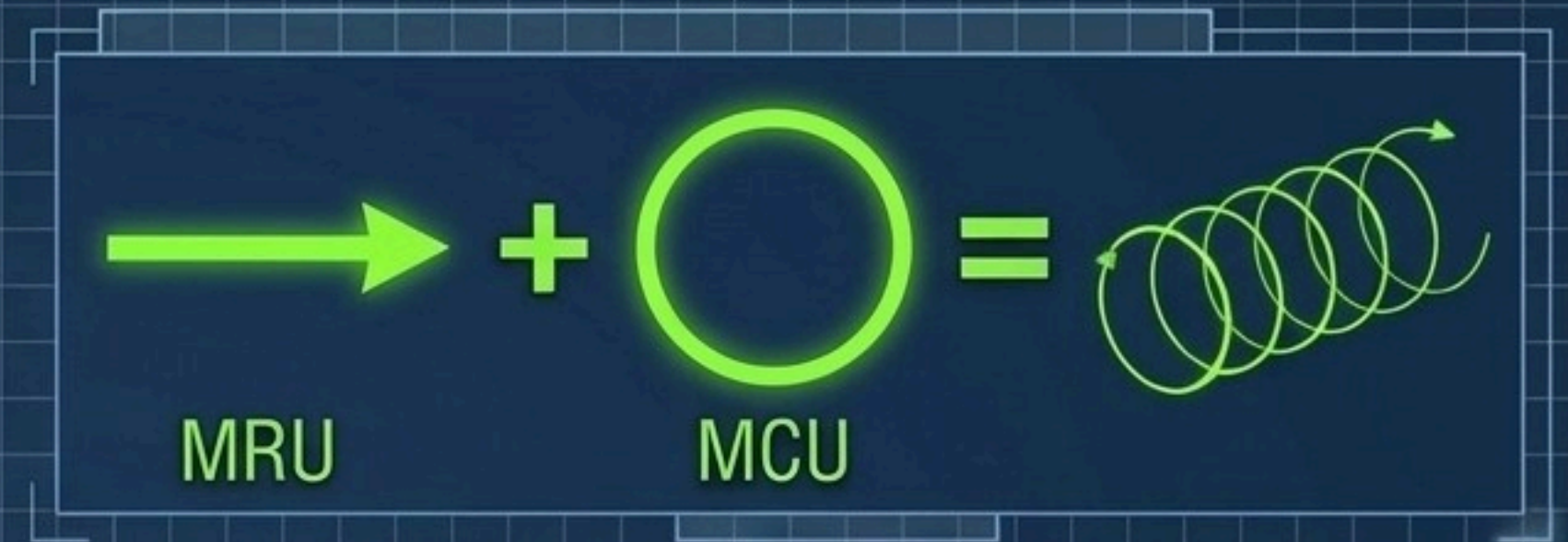
1. v_1 (Componente Paralela): Não interage com o campo magnético.
2. v_2 (Componente Perpendicular): Interage com força máxima.



A Trajetória Helicoidal

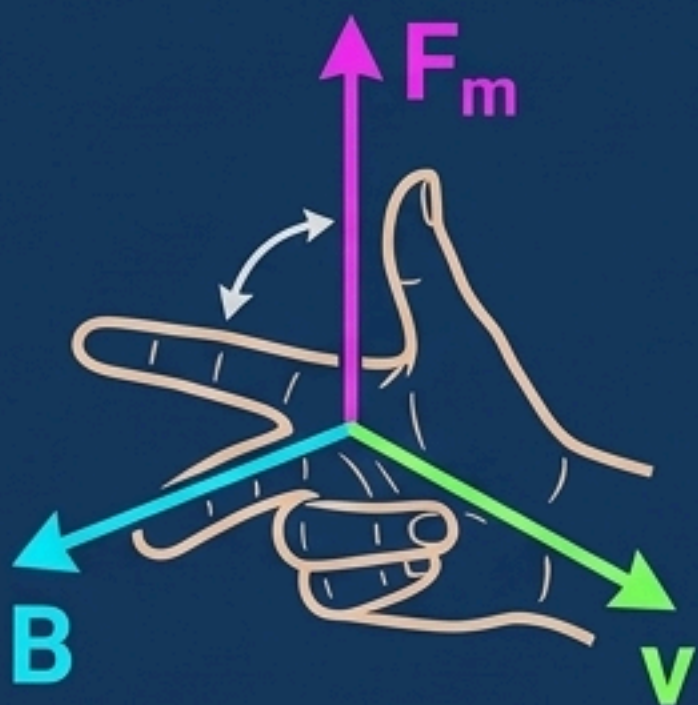
O movimento final é a composição simultânea dos dois efeitos:

- A componente v_1 puxa a partícula para frente em linha reta.
- A componente v_2 obriga a partícula a girar.



Resultado Final: A partícula descreve uma trajetória em forma de hélice cilíndrica (Movimento Helicoidal Uniforme).

Síntese: A Regência Magnética



Regra da Mão Direita nº 2



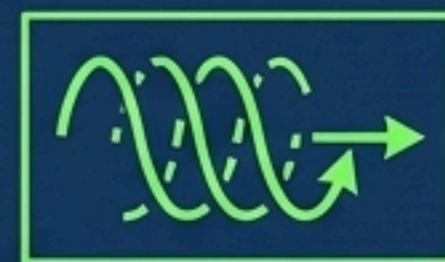
Modulação Angular ($\sin \theta$)



Reta
(0 Desvio)



Círculo
(Desvio Total)



Hélice
(Desvio Parcial)

O magnetismo não atrai cargas móveis para os polos; ele as desvia do seu caminho.

- A geometria do desvio é estrita, governada pela Regra da Mão Direita nº 2.
- A intensidade do desvio é modulada pelo ângulo de ataque (θ).
- O destino da matéria varia em previsíveis formas geométricas perfeitas: Retas (0 desvio), Círculos (desvio total), e Hélices (desvio parcial).