

CARGAS ELÉTRICAS EM MOVIMENTO NUM CAMPO MAGNÉTICO

Qualquer carga elétrica em movimento possui um campo elétrico e um campo magnético, este último consideravelmente maior. Assim, é fácil compreender que uma carga (um elétron, por exemplo) movendo-se num campo magnético sofre a ação de uma força diretamente proporcional à densidade de fluxo magnético, ao valor da carga e à velocidade com que a mesma se move:

$$F = Q v \beta \sin \alpha$$

F = força em NEWTONS (N)

Q = carga elétrica, em COULOMBS (C)

β = densidade de fluxo magnético, em TESLAS (T)

v = velocidade, em METROS/SEGUNDO (m/s)

α = ângulo formado pela direção do movimento com a direção do campo magnético.

A equação mostra que o valor da força (ação entre os campos magnéticos) depende da direção seguida pela carga em movimento, e que é máxima quando a direção do movimento é perpendicular à direção do campo. Conclui-se também que a força é nula

quando a direção do movimento é paralela à do campo.

A partir da equação em apreço pode-se dizer que “um campo magnético tem uma densidade de fluxo de um weber/metro quadrado quando uma carga de um Coulomb, movendo-se com uma componente de velocidade perpendicular à direção do mesmo ($v \sin \alpha$), sofre a ação de uma força de um newton”:

$$\beta = \frac{F}{Q v \sin \alpha}$$

Observa-se experimentalmente que a direção do movimento da carga, a direção do campo e a direção da força formam ângulos retos entre si, assim como as três arestas que saem de um dos vértices de um cubo. Para lembrar esta condição e tornar mais simples a determinação da direção e do sentido da força que atua sobre a carga há a REGRA DA MÃO ESQUERDA (quando se raciocina com cargas positivas) e a REGRA DA MÃO DIREITA (para cargas negativas). Com qualquer das regras são utilizados os dedos INDICADOR, MÉDIO e POLEGAR, dispostos de modo a formarem ângulos retos, como mostra a figura abaixo:

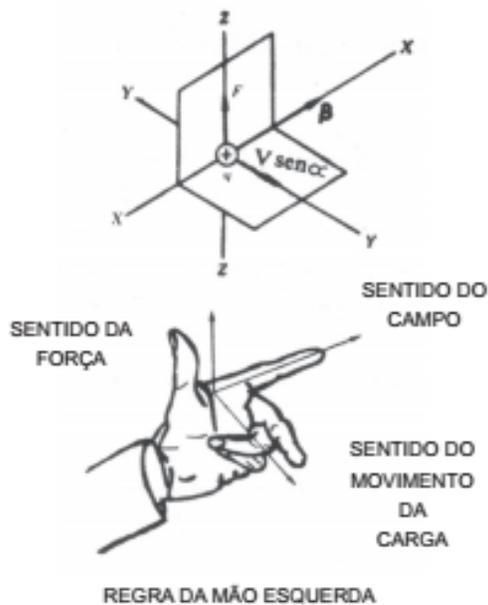


FIG. XX-1

O dedo indicador é usado para mostrar o sentido do campo magnético, o dedo médio indica o sentido do movimento da carga e o polegar aponta a direção e o sentido da força em questão.

Quando a direção do movimento da carga é perpendicular ao campo, ela é obrigada a descrever uma trajetória circular. Se o ângulo α é menor que 90° e maior que zero, a carga descreve uma trajetória helicoidal.

Força que Age Sobre um Condutor que Conduz Corrente num Campo Magnético

A corrente elétrica num condutor sólido é constituída por elétrons em movimento.

Quando um condutor percorrido por uma corrente é submetido a um campo magnético, cada elétron em movimento suporta uma força igual à que acabamos de estudar, e, logicamente, o condutor tende a ser deslocado sob a ação do campo magnético.

A força sobre o condutor depende da grandeza do campo, expressa pela

sua densidade de fluxo, da intensidade da corrente no condutor e do comprimento da parte deste submetida ao campo. É lógico que só a parte no interior do campo deve ser considerada, porque só os elétrons que nela circulam são afetados. A equação que permite o cálculo da força é

$$F = \beta I l \sin \alpha$$

- F = força, em NEWTONS (N)
- I = intensidade da corrente, em AMPÈRES (A)
- l = comprimento da parte do condutor submetida ao campo, em METROS (m)
- β = densidade de fluxo magnético, em TESLAS (T)
- α = ângulo formado pela direção do movimento dos elétrons no condutor com a direção do campo.

A direção e o sentido da força podem ser determinados praticamente com as mesmas regras da mão esquerda e da mão direita estudadas no início deste capítulo. A regra da mão esquerda é, neste caso, conhecida como REGRA DE FLEMING PARA MOTORES.

Esta denominação mostra a importância do assunto que estamos estudando. O funcionamento dos motores elétricos é baseado na ação exercida sobre condutores colocados num campo magnético, quando os mesmos são percorridos por correntes elétricas. Também o funcionamento dos instrumentos de medida (de bobina móvel) e dos alto-falantes é explicado a partir deste princípio.

Se uma espira retangular colocada num campo magnético fosse percorrida por uma corrente elétrica, e fosse suportada por um eixo de modo que pudesse girar em torno dele, dois dos

seus lados seriam submetidos a forças que formariam um binário, imprimindo um movimento de rotação à espira. Os outros dois lados também sofreriam a ação do campo, mas como as forças seriam iguais e opostas não causariam qualquer efeito.

O torque na espira seria dado pela equação

$$\text{TORQUE} = \beta I S \sin \alpha$$

Numa bobina com N espiras, o torque seria

$$\text{TORQUE} = N \beta I S \sin \alpha$$

N = número de espiras

β = densidade de fluxo magnético. Em TESLAS (T)

I = intensidade da corrente elétrica na espira, ou na bobina, em AMPERES (A)

S = área da superfície limitada por uma espira, em METROS QUADRADOS (m²)

α = ângulo formado pela normal ao plano de uma espira com a direção do campo. No caso de uma bobina, corresponde ao ângulo formado pelo eixo da mesma com a direção do campo.

Força entre Condutores Paralelos que Conduzem Correntes

Consideremos dois condutores de seção circular, percorridos por correntes de intensidades I_1 e I_2 , respectivamente. Designando por r a distância entre eles, podemos dizer que a intensidade do campo produzido em torno do primeiro condutor é

$$H = \frac{I_1}{2 \pi r}$$

A densidade de fluxo deste campo é

$$\beta = \mu H = \frac{\mu I_1}{2 \pi r}$$

A força que age sobre o outro condutor, colocado no campo em questão é

$$F = \beta I_2 l$$

Mas,

$$\beta = \frac{\mu I_1}{2 \pi r}$$

donde

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2 \pi r}$$

Entretanto, como o meio entre os condutores tem permissividade igual a $4 \pi \times 10^{-7}$ (e para $l = 1$ m),

$$F = \frac{2 \times 10^{-7} I_1 I_2}{r}$$

F = força de atração ou de repulsão entre os condutores, em NEWTONS (N). É A FORÇA EXERCIDA SOBRE CADA METRO DO CONDUTOR.

Esta relação é conhecida como LEI DE AMPÈRE.

A força é de atração quando as correntes nos condutores têm sentidos iguais; é de repulsão quando os sentidos são opostos.

A definição do AMPÈRE é dada a partir desta equação:

“O AMPÈRE é a corrente constante que, passando por dois condutores retilíneos paralelos, infinitamente longos, separados por uma distância de um metro e colocados no vácuo, produz uma força de atração ou de repulsão entre eles igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento”.

PROBLEMAS

AÇÃO SOBRE CONDUTORES CONDUZINDO CORRENTES NUM CAMPO MAGNÉTICO

1 – Um condutor de 30 cm de comprimento é percorrido por 60 A. Sabendo que forma ângulo reto com o campo magnético, determinar a densidade de fluxo deste. Sobre o condutor atua uma força de 2N.

R.: 0,1 tesla

2 – Um condutor percorrido por uma corrente de 800 A é colocado em ângulo reto com um campo magnético de densidade igual a 0,5 tesla. Calcular a força que age sobre cada metro do condutor.

R.: 400 N

3 – O plano de uma espira retangular de fio, de 5 cm x 8 cm, é paralelo a um campo magnético cuja densidade de fluxo é 0,15 tesla. Se a espira conduz uma corrente de 10 A, qual o torque desenvolvido?

R.: 6×10^{-3} m N

4 – A bobina móvel de um miliamperímetro tem 2 cm de comprimento efetivo, 1,5 cm de largura média e é formada por 60 espiras. A densidade de fluxo no entreferro é de 0,07 tesla. Determinar o torque, quando ela é percorrida por uma corrente de 15 mA e seu eixo forma um ângulo de 30° com a direção do campo.

R.: 945×10^{-7} mN