**Origem da constante magnética $\mu_0$**

Para saber o campo magnético existente a uma certa distância de uma carga em movimento, podemos aplicar uma das leis de Maxwell:

$\oint \mathbf{B.dl} = \mu_0 \int \mathbf{j.ds} + (1/c^2)\,\partial(\int \mathbf{E.ds})/\partial t$

A integral do campo magnético ao longo de uma curva fechada relaciona-se à corrente total que atravessa uma superfície arbitrária delimitada por essa curva, e à variação do fluxo do campo elétrico que atravessa a mesma superfície com o tempo.
Se não existir campo elétrico, ou este for constante, a equação se reduz à:

$\oint \mathbf{B.dl} = \mu_0 \int \mathbf{j.ds}$

Para o caso de um fio infinito retilíneo, a superfície pode ser um disco perpendicular e centrado no fio, delimitado por um circulo de raio R. Nesse caso, pela simetria da situação:

$\oint \mathbf{B.dl} = 2\pi R|\mathbf{B}| \Rightarrow |\mathbf{B}| = \mu_0 \int \mathbf{j.ds} / (2\pi R) \Rightarrow$

$|\mathbf{B}| = \mu_0 I / (2\pi R)$, onde I é a corrente elétrica no fio.

Se houver um outro fio, conduzindo a mesma corrente I, a uma distância d do anterior, o campo magnético vai produzir uma força de Lorentz sobre as cargas em movimento:

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

Para um intervalo de tempo $\Delta t$, em que as cargas se movam em média $\Delta s$, $I = q/\Delta t$. Portanto:

$q\mathbf{v} = q\mathbf{\Delta s}/\Delta t = (I\Delta t)\mathbf{\Delta s}/\Delta t = I\mathbf{\Delta s}$

E como o movimento das cargas é perpendicular ao campo magnético, a força por unidade de comprimento atuante no fio será:

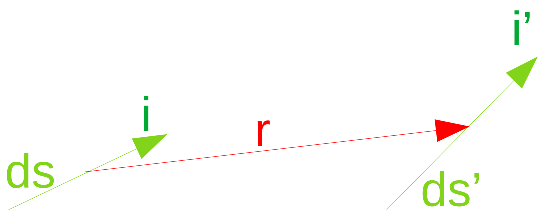
$F/\Delta s = IB = \mu_0 I^2 / (2\pi d)$

Nessa expressão, os valores da força e comprimentos podem ser medidos, restando a constante $\mu_0$ e a corrente. Podemos chamar essa abordagem moderna de eletromagnética, por considerar a existência de um campo magnético, cuja interação com cargas em movimento gera a força.

Históricamente, depois da descoberta por Oersted de que a agulha da bússula era defletida por um condutor próximo carregando corrente constante, várias teorias tentaram dar conta do fenômeno. Uma das mais originais foi a de Ampére, que passou a considerar o magnetismo um fenômeno derivado das correntes elétricas. Mesmo os magnetos permanentes deviam suas propriedades a correntes microscópicas permanentes em seu interior.

A razão para a teoria de Ampére foi sua descoberta de que há uma força entre condutores elétricos. Suas investigações e experimentos o levaram à fórmula:

$dF = ii'(3\cos(\varphi)\cos(\varphi') - 2\cos(\varepsilon))ds\,ds' / r^2$



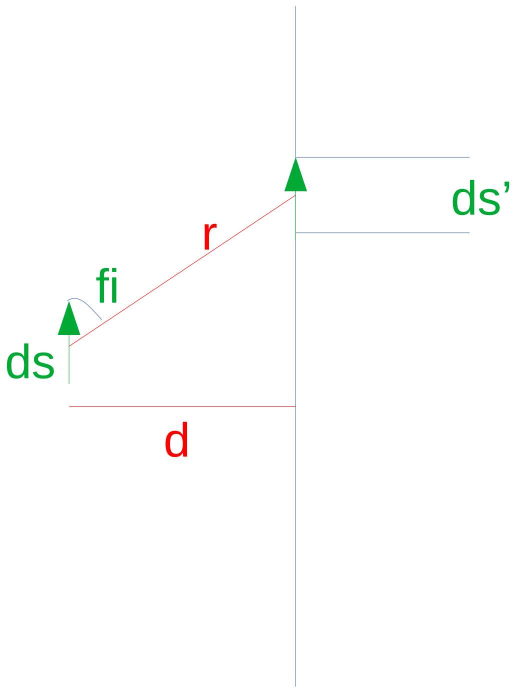

onde i e i' são as correntes (constantes) em condutores elementares de comprimento ds e ds'. ε é o ângulo entre os condutores, e φ e φ' os ângulos entre cada um dos condutores e o segmento de reta r que liga seus centros.

Como chegou a essa fórmula ele não deixa claro em seus escritos. Maxwell observou que ele descobriu essa lei por algum processo que não nos revelou. E tudo se passa como se ele tivesse apagado os traços da demonstração que o levou a ela, depois de ter se convencido.

No caso particular de 2 condutores paralelos, com uma separação d entre eles, o ângulo ε será zero para quaisquer elementos selecionados, e os ângulos com r serão iguais. A fórmula reduz-se a:

$dF = ii'(3\cos^2(\varphi) - 2)dsds' / r^2$

Para saber a força por unidade de comprimento gerada por um condutor muito longo em outro, integramos ds' de -∞ a +∞. O elemento de integração pode ser mudado para dφ, usando a relação:




$ds' = rd\varphi$

$r = d/\mathrm{sen}(\varphi) \Rightarrow ds' = d/\mathrm{sen}(\varphi)d\varphi$

$dF = ii'(3\cos^2(\varphi) - 2)\Delta s(d/\mathrm{sen}(\varphi)d\varphi) / (d^2/\mathrm{sen}^2(\varphi))$

$F/\Delta s = \int_\pi^0 (ii'/d)(3\cos^2(\varphi) - 2)d\varphi\,\mathrm{sen}(\varphi)$

$F/\Delta s = \int_\pi^0 (ii'/d)(3\,\mathrm{sen}(\varphi)\cos^2(\varphi) - 2\,\mathrm{sen}(\varphi))d\varphi$

$F/\Delta s = (ii'/d)(-\cos^3(\varphi) + 2\cos(\varphi))_\pi^0\, d\varphi$

$F/\Delta s = (ii'/d)(-2 + 4)d\varphi$

Se as correntes forem iguais:

$F/\Delta s = 2I^2/d$

A unidade para corrente foi estabelecida, considerando o sistema CSG, com a força em dynas e o comprimento em cm. Ou seja, se for gerada uma força de 2 d/m (a unidade de comprimento para o fio foi o metro e não o centímetro) para condutores separados por 1 cm, as correntes nos condutores serão por definição 1A. Essa abordagem não leva em conta o campo magnético, apenas a força medida diretamente pelas correntes, e pode ser chamada de eletrodinâmica. Para que o valor númerico para a corrente seja o mesmo para a força expressa em N e a distância entre os

$10^5 F/\Delta s = 2I^2/(10^2 d) \Rightarrow F/\Delta s = 2*10^{-7} I^2/d$

Igualando as equações (1) e (2) que representam 2 abordagens para o cálculo da força:

$\mu_0 I^2 / (2\pi d) = 2*10^{-7} I^2/d \Rightarrow \mu_0 = 4\pi*10^{-7}$.