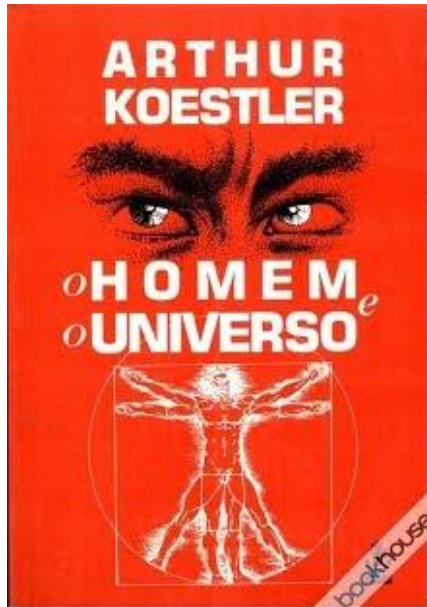


Utilização da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física

André Assis

UNICAMP

www.ifi.unicamp.br/~assis



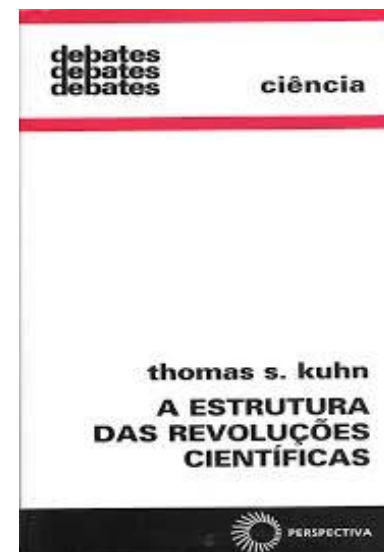
Os Sonâmbulos – História das Concepções do Homem sobre o Universo (1959)

Aristarco (310 – 230 a. C.)

Copérnico (1473 – 1543)

Thomas Kuhn (1922 – 1996)

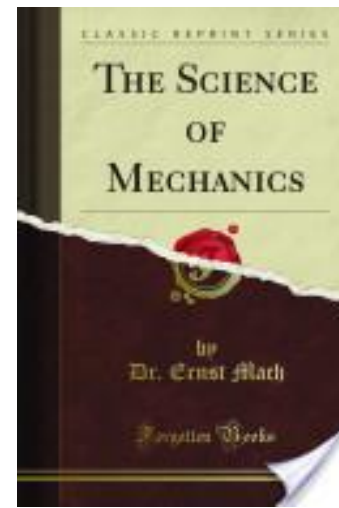
A Estrutura das Revoluções Científicas (1962)



Enquanto era estudante de pós-graduação em física teórica em Harvard se envolveu por acaso com um curso que apresentava a física para os não cientistas. Esta foi sua primeira introdução à história da ciência.

“Para minha completa surpresa, esta exposição a teorias e práticas científicas antiquadas minou radicalmente algumas das minhas concepções básicas a respeito da natureza da ciência e das razões de seu sucesso incomum.”

Ernst Mach (1838 – 1916)



A Ciência da Mecânica – Um Relato Crítico e Histórico de Seu Desenvolvimento

Em 1862 ao escrever um livro de física para estudantes de medicina percebeu vários aspectos insatisfatórios na mecânica newtoniana. No livro A Ciência da Mecânica (1883) escreveu:

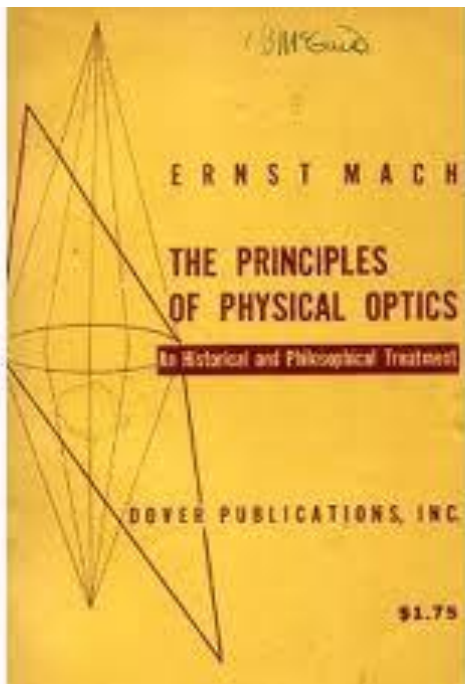
“As concepções **monstruosas** de espaço absoluto e tempo absoluto...”



Einstein (1879 – 1955)

Notas Autobiográficas (1949):

“Esse livro [A Ciência da Mecânica, de Ernst Mach] exerceu em mim uma influência profunda quando ainda era estudante.”



Ernst Mach:

Os Princípios da Óptica Física – Um Tratamento Histórico e Filosófico

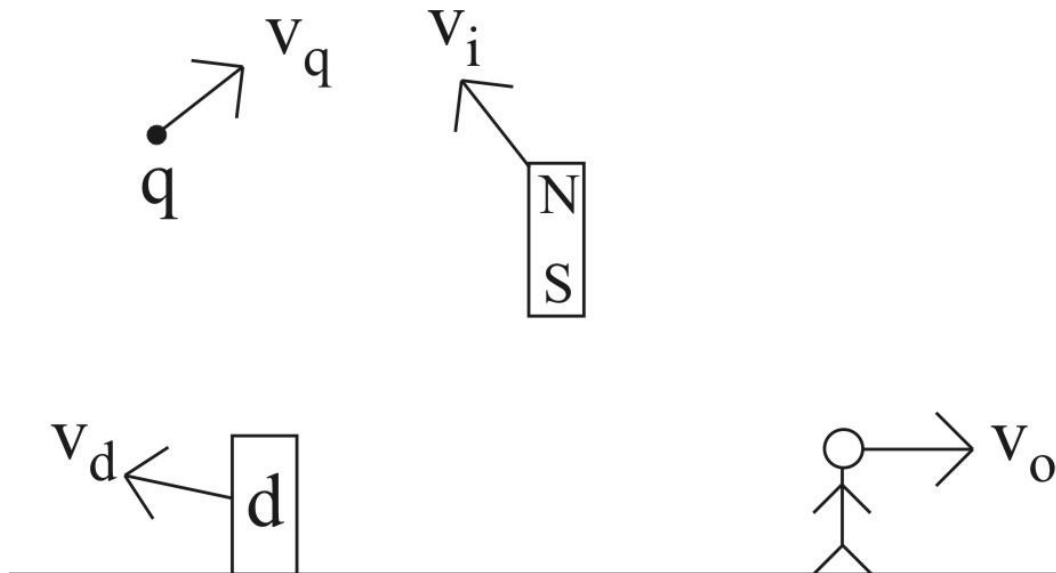
“Sou compelido, naquela que pode ser minha última oportunidade, a cancelar minha contemplação da teoria da relatividade. Concluo a partir das publicações que têm chegado a mim e especialmente da minha correspondência, que estou sendo gradualmente considerado como o precursor da relatividade. [...]

Tenho, contudo, certamente de negar ser um precursor dos relativistas [...]

Força de Lorentz:

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

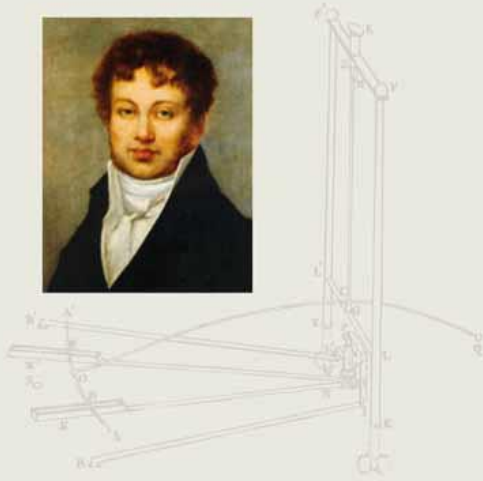
\vec{v} é a velocidade da carga em relação a que?



- **Maxwell (1861-1873)**: velocidade da carga em relação ao campo magnético.
- **Thomson e Heaviside (1881-1889)**: velocidade da carga em relação ao meio de permeabilidade magnética μ .
- **Lorentz (1895)**: velocidade da carga em relação ao éter.
- **Einstein (1905)**: velocidade da carga em relação ao observador.

ELETRODINÂMICA DE
Ampère

André Koch Torres Assis
João Paulo Martins de Castro Chaib



EDITORA
UNICAMP

Ampère's Electrodynamics

Analysis of the Meaning and Evolution of Ampère's Force between Current Elements, together with a Complete Translation of his Masterpiece:

*Theory of Electrodynamical Phenomena,
Uniquely Deduced from Experience*



A. K. T. Assis
and
J. P. M. C. Chaib

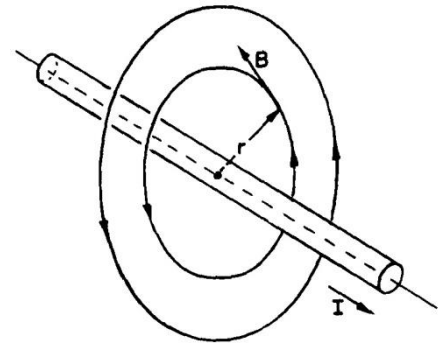
Disponível em:

www.ifi.unicamp.br/~assis

Ampère (1775-1836)

Lei circuital de “Ampère”:

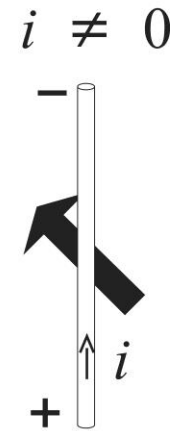
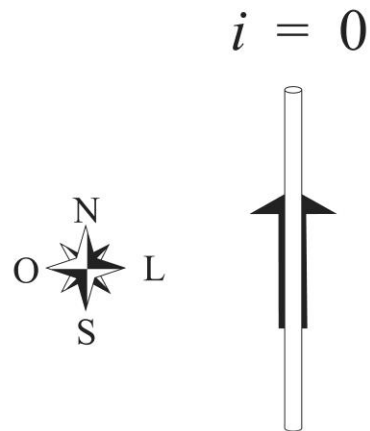
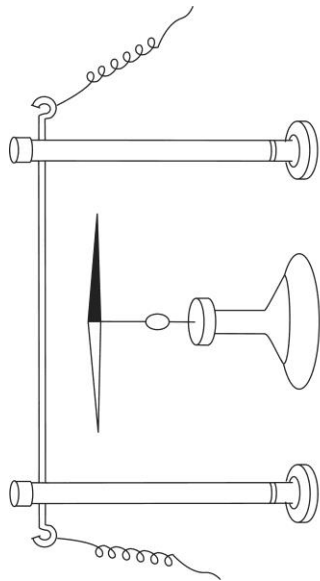
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I$$



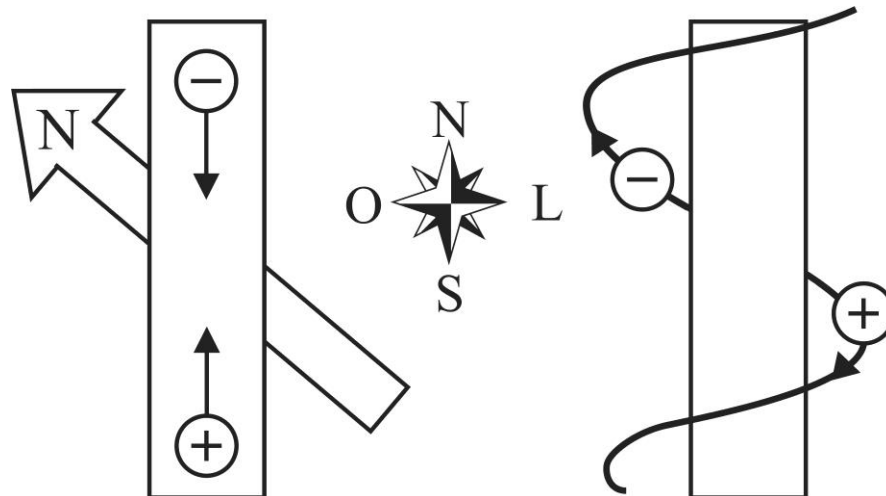
Esta lei é devida a Maxwell. Depois o próprio Maxwell corrigiu a si mesmo introduzindo a corrente de deslocamento.

Ampère jamais escreveu esta lei e era contra a existência de qualquer coisa girando ao redor de um fio com corrente!

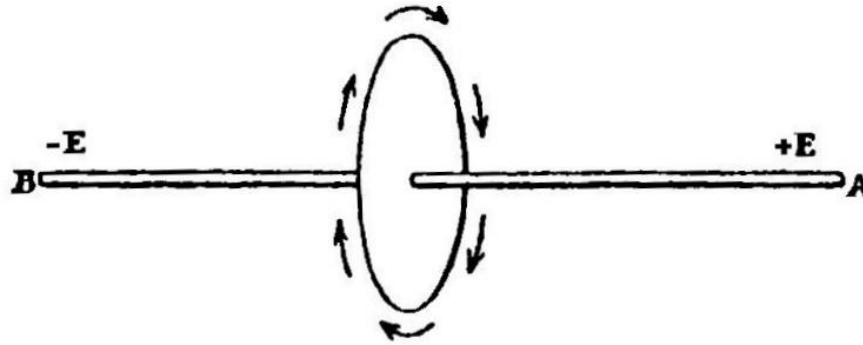
Observação de Oersted em 1820:



Interpretação de Oersted:
Cargas elétricas fluindo
externamente ao fio
empurram os polos do ímã.



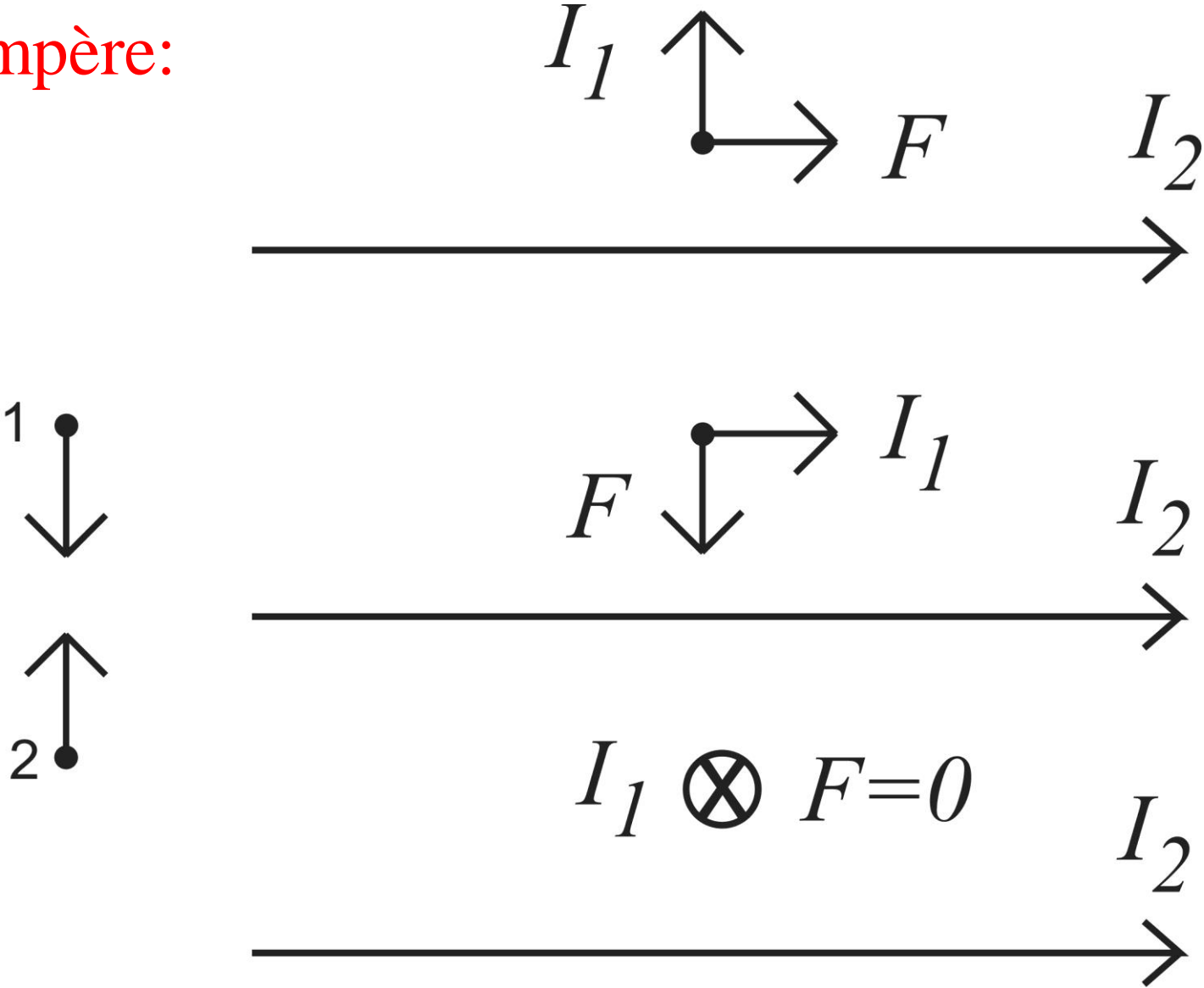
Oersted:

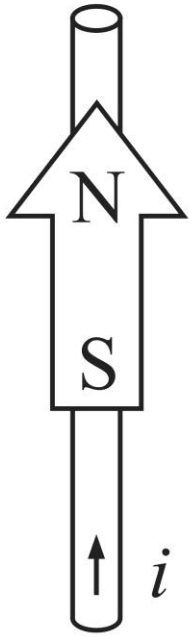


Ampère rejeitou a explicação de Oersted. Citação de seu livro de 1826:

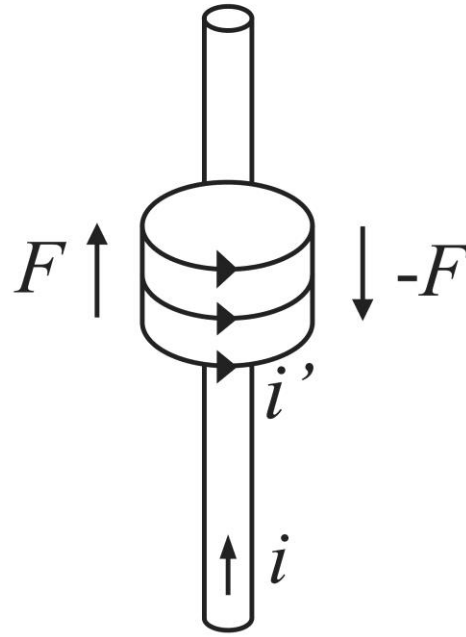
“E o sábio ilustre [Oersted] que viu pela primeira vez os polos de um ímã transladados pela ação de um fio condutor em direções perpendiculares à direção do fio concluiu que a matéria elétrica girava em torno do fio, e empurrava os polos no sentido de seu movimento, precisamente como Descartes entendia que a matéria de seus turbilhões girava no sentido das revoluções planetárias. Guiado pelos princípios da filosofia newtoniana, reduzi o fenômeno observado pelo Sr. Oersted em termos de forças agindo sempre ao longo da reta que une as duas partículas.”

Ampère:

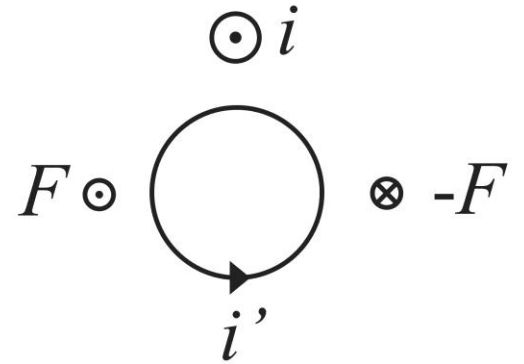




(a)



(b)



(c)

Força de Ampère (1822):

$$\vec{F}_{21}^A = -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi} \frac{\hat{r}}{r^2} \left[2(d\vec{\ell}_1 \cdot d\vec{\ell}_2) - 3(\hat{r} \cdot d\vec{\ell}_1)(\hat{r} \cdot d\vec{\ell}_2) \right] = -\vec{F}_{12}^A$$

Força de Grassmann (1845) baseada na lei de Biot-Savart (1820):

$$\begin{aligned} \vec{F}_{21}^G &= I d\vec{\ell}_1 \times d\vec{B}_2 = I_1 d\vec{\ell}_1 \times \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_2 d\vec{\ell}_2 \times \hat{r}}{r^2} \right) \\ &= -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{r^2} \left[(d\vec{\ell}_1 \cdot d\vec{\ell}_2) \hat{r} - (d\vec{\ell}_1 \cdot \hat{r}) d\vec{\ell}_2 \right] \neq -\vec{F}_{12}^G \end{aligned}$$

Maxwell (1873), Tratado de Eletricidade e Magnetismo:

“Destas suposições aquela de Ampère é sem dúvida alguma a melhor, pois é a única expressão que torna as forças entre os dois elementos não apenas iguais e opostas, mas também atuando ao longo da linha reta que os une.”

Maxwell (1873), Tratado de Eletricidade e Magnetismo:

$$\vec{F} = -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi} \frac{\hat{r}}{r^2} \left[2(d\vec{\ell}_1 \cdot d\vec{\ell}_2) - 3(\hat{r} \cdot d\vec{\ell}_1)(\hat{r} \cdot d\vec{\ell}_2) \right]$$

“A investigação experimental pela qual Ampère estabeleceu as leis da ação mecânica entre correntes elétricas é um dos feitos mais brilhantes na ciência. O conjunto de teoria e experiência parece como que se tivesse pulado, crescido e armado, do cérebro do Newton da eletricidade. O conjunto é perfeito na forma, e de precisão irrefutável, e está resumido em uma fórmula a partir da qual todos os fenômenos podem ser deduzidos, e que tem de sempre permanecer como a fórmula mais importante da eletrodinâmica.”

Conclusão

A história e a filosofia da ciência auxiliam o ensino:

- Ajudando na compreensão de conceitos e teorias.
- Ilustrando alternativas e soluções diferentes para os mesmos problemas.
- Mostrando as mudanças de paradigma.
- Motivando a participação dos alunos.
- Desenvolvendo o espírito crítico dos estudantes.

www.ifi.unicamp.br/~assis