

Tabela de Conteúdo do livro *Eletrodinâmica de Ampère: Análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*, de A. K. T. Assis e J. P. M. d. C. Chaib (Editora da Unicamp, Campinas, 2011), 589 páginas, ISBN: 9788526809383.

Parte I: Ampère e o significado de sua força entre elementos de corrente

1 Introdução

- 1.1 Vida de Ampère
- 1.2 Obra de Ampère
- 1.3 A experiência de Ørsted e seu impacto sobre Ampère
- 1.4 A invenção dos termos eletromagnetismo, eletromagnético, eletrodinâmico e eletrostático

2 A força de Ampère e o significado de seus termos

- 2.1 A força de Ampère entre elementos de corrente
 - 2.1.1 A força de Ampère em notação vetorial e no sistema internacional de unidades
 - 2.1.2 Avaliação de Maxwell sobre a força de Ampère
- 2.2 A concepção de corrente elétrica para Ampère
- 2.3 O sentido da corrente em termos do movimento das cargas
- 2.4 Os significados da expressão “sentido da corrente”
- 2.5 O sentido da força e seu sinal algébrico
- 2.6 A intensidade da corrente e o tamanho do elemento de corrente
- 2.7 A distância entre os dois elementos
- 2.8 Os ângulos que aparecem na força de Ampère
 - 2.8.1 O ângulo entre os dois elementos de corrente
 - 2.8.2 O ângulo entre os planos formados por cada elemento e a reta que os une
 - 2.8.3 Os ângulos entre os elementos e a reta que os une

Parte II: A evolução da força de Ampère

3 As primeiras experiências de Ampère

- 3.1 Interpretação feita por Ampère da experiência de Ørsted
- 3.2 Orientação de uma bússola por um fio com corrente
- 3.3 Atração e repulsão entre uma agulha imantada e um fio com corrente
- 3.4 Descoberta das correntes fechadas
- 3.5 Reproduzindo a atração e a repulsão entre dois ímãs alinhados
- 3.6 Interação entre fios com corrente
 - 3.6.1 Interação entre espirais
 - 3.6.2 Interação entre fios retos e paralelos
- 3.7 Reprodução da ação diretriz da Terra sobre uma bússola
- 3.8 A experiência de Ørsted eletrodinâmica
- 3.9 A experiência inversa de Ørsted
- 3.10 Resumo das primeiras experiências de Ampère

4 Formulações iniciais da força entre elementos de corrente

- 4.1 Tentativa inicial
- 4.2 A primeira publicação contendo uma expressão da força entre dois elementos de corrente
 - 4.2.1 A lei da adição
 - 4.2.2 Teorema da não existência de interação entre elementos ortogonais
 - 4.2.3 O artigo de dezembro de 1820
 - 4.2.4 O princípio de simetria
- 4.3 Casos de equilíbrio
 - 4.3.1 Métodos para obter a força entre elementos infinitesimais
 - 4.3.2 Espiras astáticas
 - 4.3.3 Caso de equilíbrio do fio sinuoso
 - 4.3.4 Caso de equilíbrio das correntes antiparalelas

5 A concepção magnética de Ampère

- 5.1 O magnetismo sendo devido a correntes macroscópicas nos ímãs e na Terra
- 5.2 As contribuições de Fresnel
- 5.3 Ampère e as correntes moleculares
- 5.4 Nomenclatura sobre as correntes moleculares

6 As contribuições de Biot e Savart

- 6.1 A experiência do fio retilíneo
- 6.2 A experiência do fio oblíquo

6.3 Um resultado inesperado para Ampère: o caso de equilíbrio das correntes ortogonais

7 A obtenção da força entre elementos de corrente com seu valor final

7.1 A rotação contínua de Faraday

7.2 Experiências iniciais de Ampère sobre a rotação contínua

7.2.1 Reprodução da experiência de Faraday

7.2.2 Obtendo a rotação contínua apenas com o magnetismo terrestre

7.2.3 Rotação de um ímã ao redor de seu eixo

7.2.4 Obtendo a rotação contínua apenas com correntes elétricas

7.2.5 Distinção entre rotação contínua e revolução contínua

7.3 A experiência crucial de Ampère

7.3.1 Previsão errada de Ampère

7.3.2 Uma anomalia experimental: o caso de equilíbrio da não existência de rotação contínua

7.4 Transformações da força entre elementos de corrente

7.4.1 Força em função do ângulo entre os elementos

7.4.2 Força em termos de derivadas parciais

7.5 A obtenção de $k = -1/2$

7.6 Dois resultados notáveis obtidos por Ampère

Parte III: A última fase das pesquisas eletrodinâmicas de Ampère

8 Novas experiências de Ampère

8.1 O caso de equilíbrio das correntes em semicírculo

8.2 A experiência da ponte de Ampère

8.3 A experiência mostrando que $n > 1$ ou que $k < 0$

9 As contribuições de Savary

9.1 Obtenção de uma nova relação entre n e k

9.2 O análogo eletrodinâmico de um polo magnético

9.3 Torque de um fio reto sobre um cilindro eletrodinâmico

9.4 Explicação para o caso de equilíbrio das correntes ortogonais

9.5 Ação mútua entre dois cilindros eletrodinâmicos

9.6 O caso do fio oblíquo eletrodinâmico

9.7 Reações de Biot e Savart ao trabalho de Savary

9.8 Reações de Ampère ao trabalho de Savary

10 Alguns desenvolvimentos posteriores

10.1 A diretriz, o plano diretor e a força exercida por um circuito fechado de forma arbitrária sobre um elemento de corrente

10.1.1 A diretriz em notação vetorial

10.1.2 Relacionando a diretriz com o campo magnético

10.2 A introdução do solenoide eletrodinâmico

10.2.1 Interação entre um solenoide e um elemento de corrente

10.2.2 Interação entre um solenoide e um circuito fechado de forma arbitrária

10.2.3 Interação entre dois solenoides simplesmente indefinidos

10.2.4 Interação entre dois solenoides definidos e o análogo eletrodinâmico de um ímã

10.3 As contribuições de Poisson

10.4 O caso de equilíbrio da não existência de força tangencial

10.5 O caso de equilíbrio da lei da semelhança

10.6 Mapeando o magnetismo terrestre

10.7 Equivalência entre uma folha magnética e um circuito com corrente

10.8 Síntese final

Parte IV: Controvérsias, parte 1: todos contra Ampère

11 Ørsted versus Ampère

11.1 Interpretação de Ørsted para sua própria experiência

11.2 Ørsted contra Ampère

11.2.1 Complicação matemática da teoria de Ampère

11.2.2 Ação direta entre condutores sem ser intermediada por um fluxo de cargas circulando ao redor dos fios

12 Biot e Savart versus Ampère

12.1 Interpretação feita por Biot e Savart da experiência de Ørsted

12.2 Biot e Savart contra Ampère

13 Faraday versus Ampère

- 13.1 Interpretação feita por Faraday da experiência de Ørsted
- 13.2 Faraday contra Ampère

14 Grassmann versus Ampère

- 14.1 A força de Grassmann entre elementos de corrente
 - 14.1.1 Força de Grassmann com notação vetorial
- 14.2 Grassmann contra Ampère

15 O conceito de campo versus a concepção de Ampère

- 15.1 Definições de campo magnético
- 15.2 As fontes do campo magnético
- 15.3 A força exercida por um campo magnético
- 15.4 O conceito de campo contra a concepção de Ampère

Parte V: Controvérsias, parte 2: Ampère contra todos

16 Ampère contra seus principais oponentes

- 16.1 Ampère contra Ørsted
- 16.2 Ampère contra Biot e Savart
- 16.3 Ampère contra Faraday
- 16.4 “Ampère” contra Grassmann
- 16.5 “Ampère” contra o conceito de campo

17 Falhas cometidas por Biot e Savart na “dedução” da suposta força exercida por um elemento de corrente sobre um polo magnético (lei de Biot-Savart)

- 17.1 Primeira falha
- 17.2 Segunda falha
- 17.3 Terceira falha

18 Crítica à hipótese de imantação do fio devido à passagem da corrente elétrica

- 18.1 A hipótese de imantação do fio não explicava a experiência de Ørsted
 - 18.1.1 Falha qualitativa
 - 18.1.2 Falha quantitativa
- 18.2 O princípio de conservação das forças vivas
- 18.3 Com a hipótese de imantação do fio não é possível explicar a rotação contínua

19 Os polos magnéticos são hipóteses descartáveis

- 19.1 Ampère contra os polos magnéticos
- 19.2 Identificação do fluido magnético com o fluido galvânico
- 19.3 A força elementar tem de atuar entre grandezas de mesma natureza

20 Em defesa da ação e da reação ao longo da reta que une os corpos

- 20.1 Ampère contra os turbilhões e as ações revolutivas ao redor de um fio com corrente
 - 20.1.1 Ampère contra os turbilhões revolutivos de Ørsted
 - 20.1.2 Ampère contra as ações revolutivas de Biot, Savart e Faraday
 - 20.1.3 “Ampère” contra o campo magnético revolutivo
- 20.2 Críticas de Ampère ao torque primitivo
 - 20.2.1 Torque primitivo de Biot e Savart
 - 20.2.2 Torque primitivo de Faraday
 - 20.2.3 Torque primitivo com Grassmann
 - 20.2.4 Torque primitivo com o conceito de campo magnético
 - 20.2.5 Ampère contra o torque primitivo
- 20.3 Ampère contra a violação da lei de ação e reação

21 Três experiências ilustrando o confronto das diversas teorias

- 21.1 Explicações da interação entre dois fios com corrente
 - 21.1.1 Explicação de Ampère
 - 21.1.2 Ørsted nunca conseguiu explicar satisfatoriamente a interação entre correntes
 - 21.1.3 Problemas com a explicação de Biot e Savart para a interação entre correntes
 - 21.1.4 Ampère contra a explicação de Faraday para a interação entre correntes
- 21.2 Explicações para a experiência da ponte de Ampère
- 21.3 Explicações para a rotação de um ímã ao redor de seu eixo
 - 21.3.1 Explicação de Faraday para a rotação de um ímã ao redor de seu eixo
 - 21.3.2 Explicação de Biot para a rotação de um ímã ao redor de seu eixo
 - 21.3.3 Ampère contra as explicações de Faraday, Biot e Savart

- 21.3.4 Explicação de Ampère para a rotação de um ímã ao redor de seu eixo
- 21.3.5 Explicação da rotação de um ímã ao redor de seu eixo utilizando o conceito de campo
- 21.3.6 “Ampère” contra a explicação utilizando o conceito de campo

22 A unificação dos fenômenos magnéticos, eletromagnéticos e eletrodinâmicos

- 22.1 A tentativa de explicar a experiência de Ørsted supondo apenas a interação entre pólos magnéticos não leva à unificação dos fenômenos magnéticos, eletromagnéticos e eletrodinâmicos
- 22.2 A unificação de Ampère

Parte VI: Tradução comentada do primeiro artigo de Ampère sobre eletrodinâmica

23 Sobre os efeitos das correntes elétricas — tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica

- 23.1 Introdução
- 23.2 Comentários
- 23.3 Recepção do trabalho de Ampère
- 23.4 Conclusão
- 23.5 Tradução
 - 23.5.1 Sobre a ação mútua de duas correntes elétricas

24 Sobre os efeitos das correntes elétricas (segunda parte) — tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica

- 24.1 Introdução
- 24.2 Tradução
 - 24.2.1 Continuação da parte I
 - 24.2.2 Orientação das correntes elétricas pela ação do globo terrestre
 - 24.2.3 Sobre a ação mútua entre um condutor elétrico e um ímã

Parte VII: A principal obra de Ampère

25 Introdução ao *Théorie*

- 25.1 Os casos de equilíbrio apresentados no *Théorie*

26 Comparação entre o *Théorie* de 1826 e o de 1827

- 26.1 Semelhanças e diferenças
- 26.2 A palavra final de Ampère

27 Observações sobre a tradução

Parte VIII: Tradução comentada da principal obra de Ampère

28 Teoria dos fenômenos eletrodinâmicos, deduzida unicamente da experiência

- 28.1 Exposição do caminho a ser seguido na pesquisa sobre as leis dos fenômenos naturais e sobre as forças que os produzem
- 28.2 Descrição das experiências pelas quais se constatam quatro casos de equilíbrio que fornecem as leis de ação às quais são devidos os fenômenos eletrodinâmicos
- 28.3 Pesquisa da fórmula que exprime a ação mútua entre dois elementos de condutores voltaicos
- 28.4 Relação fornecida pelo terceiro caso de equilíbrio entre as duas constantes desconhecidas que entram nesta fórmula
- 28.5 Fórmulas gerais que representam a ação de um circuito voltaico fechado, ou de um sistema de circuitos fechados, sobre um elemento de corrente elétrica
- 28.6 Experiência pela qual se verifica uma consequência destas fórmulas
- 28.7 Aplicação das fórmulas precedentes a um circuito circular
- 28.8 Simplificação destas fórmulas quando o diâmetro do circuito circular é muito pequeno
- 28.9 Aplicação a um circuito plano formando uma curva fechada qualquer, inicialmente no caso em que todas as suas dimensões são muito pequenas, e em seguida para qualquer que seja o seu tamanho
- 28.10 Ação mútua entre dois circuitos fechados situados em um mesmo plano, inicialmente supondo que todas as dimensões são muito pequenas, e em seguida no caso para o qual esses dois circuitos possuem uma forma e um tamanho arbitrários
- 28.11 Determinação das duas constantes desconhecidas que entram na fórmula fundamental
- 28.12 Ação de um fio condutor formando um setor de círculo sobre um condutor retilíneo passando pelo centro do setor
- 28.13 Descrição de um instrumento destinado a verificar os resultados da teoria sobre os condutores desta forma
- 28.14 Ação mútua entre dois condutores retilíneos
- 28.15 Ação exercida sobre um elemento de fio condutor pelo conjunto de circuitos fechados de dimensões muito pequenas, que recebeu o nome de solenoide eletrodinâmico
- 28.16 Ação exercida sobre um solenoide por um elemento ou por uma porção finita de fio condutor, por um circuito fechado ou por um sistema de circuitos fechados
- 28.17 Ação mútua entre dois solenoides

- 28.18 Identidade entre solenoides e ímãs, no que diz respeito à ação exercida sobre eles, seja pelos fios condutores, seja por outros solenoides ou por outros ímãs. Discussão sobre as consequências que se podem tirar dessa identidade, em relação à natureza dos ímãs e em relação à ação que se observa entre o globo terrestre e um ímã ou um fio condutor
- 28.19 Identidade das ações exercidas, seja sobre o polo de um ímã, seja sobre a extremidade de um solenoide, por um circuito voltaico fechado e por um conjunto de duas superfícies muito próximas que delimitam esse circuito, e sobre as quais são espalhados e fixados dois fluidos tais como se supõem os dois fluidos magnéticos, austral e boreal, de maneira que a intensidade magnética seja a mesma em todas as partes
- 28.20 Exame das três hipóteses sobre a natureza da ação mútua entre um elemento de fio condutor e aquilo que se denomina uma molécula magnética
- 28.21 Impossibilidade de produzir um movimento indefinidamente acelerado pela ação mútua entre um circuito rígido fechado e um ímã, ou [entre um circuito rígido fechado] e um solenoide eletrodinâmico
- 28.22 Exame dos diferentes casos nos quais um movimento indefinidamente acelerado pode resultar da ação que um circuito voltaico, no qual uma parte é móvel separadamente do restante desse circuito, exerce sobre um ímã ou sobre um solenoide eletrodinâmico
- 28.23 Identidade da ação mútua entre dois circuitos voltaicos fechados e da [ação mútua] entre dois conjuntos compostos cada um de duas superfícies muito próximas delimitadas pelo circuito correspondente a cada conjunto, e sobre as quais são espalhados e fixados os dois fluidos magnéticos, austral e boreal, de maneira que a intensidade magnética seja a mesma por toda parte
- 28.24 Impossibilidade de produzir um movimento indefinidamente acelerado pela ação mútua entre dois circuitos voltaicos rígidos e fechados e, conseqüentemente, pela [ação mútua] entre dois conjuntos quaisquer de circuitos deste tipo
- 28.25 Experiência que acaba de confirmar a teoria na qual se atribuem as propriedades dos ímãs [como devidas] a correntes elétricas, ao se provar que um fio condutor curvado em espiral ou em hélice e percorrido pela corrente voltaica sofre, da parte de um disco metálico em movimento, uma ação totalmente similar àquela que o Sr. Arago descobriu entre este disco e um ímã
- 28.26 Consequências gerais das experiências e dos cálculos relativos aos fenômenos eletrodinâmicos

29 Notas [do *Théorie* publicado em 1826] contendo alguns novos desenvolvimentos sobre os assuntos tratados nesta obra

- 29.1 Sobre a maneira de demonstrar, por meio dos quatro casos de equilíbrio expostos no começo desta Memória, que o valor da ação mútua entre dois elementos de fios condutores é $-\frac{2ii' d^2\sqrt{r}}{\sqrt{r} ds ds'} ds ds'$
- 29.2 Sobre uma transformação apropriada para simplificar o cálculo da ação mútua entre dois condutores retilíneos
- 29.3 Aplicação desta transformação para a determinação da constante m que entra na fórmula pela qual se exprime a força exercida entre dois elementos de fios condutores, e para a [determinação] do valor desta força que convém empregar quando se quer calcular os efeitos produzidos pela ação mútua entre dois condutores retilíneos
- 29.4 Sobre a direção da reta que designei como diretriz da ação eletrodinâmica a um ponto dado, quando esta ação é a de um circuito fechado e plano no qual todas as dimensões são muito pequenas
- 29.5 Sobre o valor da força que um condutor angular indefinido exerce sobre o polo de um pequeno ímã, e sobre [o valor da força] que imprime a este polo um condutor que possui a forma de um paralelogramo situado no mesmo plano [em que o polo está localizado]

30 Notas [do *Théorie* publicado em 1827] contendo alguns novos desenvolvimentos sobre os assuntos tratados na Memória precedente

- 30.1 Sobre a maneira de demonstrar, por meio dos quatro casos de equilíbrio expostos no começo desta Memória, que o valor da ação mútua entre dois elementos de fios condutores é $-\frac{2ii' d^2\sqrt{r}}{\sqrt{r} ds ds'} ds ds'$
- 30.2 Sobre uma transformação apropriada para simplificar o cálculo da ação mútua entre dois condutores retilíneos
- 30.3 Sobre a direção da reta designada nesta Memória com o nome de diretriz da ação eletrodinâmica a um ponto dado, quando esta ação é a de um circuito fechado e plano no qual todas as dimensões são muito pequenas
- 30.4 Sobre o valor da força que um condutor angular indefinido exerce sobre o polo de um pequeno ímã

Parte IX: Conclusão

Parte X: Anexos

Apêndice A: Figuras do *Théorie* refeitas e vetorizadas com um software gráfico

Referências Bibliográficas