



**Universidade de São Paulo**

**Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI**

---

Departamento de Física Experimental - IF/FEP

Livros e Capítulos de Livros - IF/FEP

---

1984

# Eletromagnetismo.

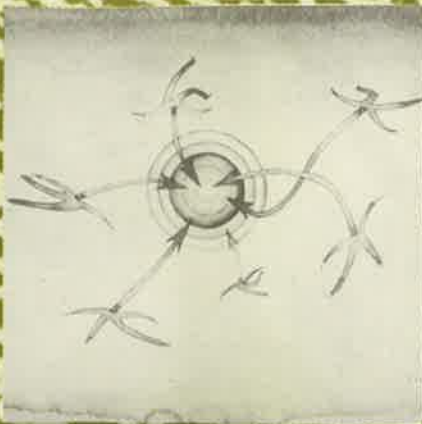
---

Projeto de Ensino de Física: Eletromagnetismo - Instituto de Física. Universidade de São Paulo. 3ed.  
Rio de Janeiro: FAE, 1984.

<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/45231>

*Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo*





1 — Eletricidade e imãs



2 — Estrutura dos imãs



3 — O campo magnético

ELETROMAGNETISMO



SBI/IFUSP 305M81024758

PROJETO  
DE ENSINO  
DE FÍSICA

IFUSP — Instituto de Física da Universidade de São Paulo

MEC/FENAME/PREMEN



3ª ed. 2.4

# Eletromagnetismo

3.ª edição

4 — Corrente em campos magnéticos



5 — Indução eletromagnética



6 — Aplicações do eletromagnetismo





# MEC/FENAME/PREMEN

PEF — PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA, constituído de quatro conjuntos destinados ao Ensino de 2.º Grau, foi planejado e elaborado pela equipe técnica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), mediante convênios com a FENAME e o PREMEN.

## Coordenação

Ernst Wolfgang Hamburger  
Giorgio Moscati

## Mecânica

Antonia Rodrigues  
Antonio Geraldo Violin  
Diomar da Rocha Santos Bittencourt  
Hideya Nakano  
Luiz Muryllo Mantovani  
Paulo Alves de Lima  
Plínio Ugo Meneghini dos Santos

## Eletricidade

Eliseu Gabriel de Pieri  
José de Pinho Alves Filho  
Judite Fernandes de Almeida

## Eletromagnetismo

Jesuina Lopes de Almeida Pacca  
João Evangelista Steiner

## Programação Visual

Carlos Egidio Alonso  
Ettore Michele di San Fili Bottini

## Fotografias e Reproduções

Jose Augusto Machado Calil  
Washington Mazzola Racy

## Secretaria e Datilografia

Carlos Eduardo Franco de Siqueira  
Janete Vieira Garcia Novo

## Linguagem

Claudio Renato Weber Abramo  
Maria Nair Moreira Rebello

## Construção de Protótipos

José Ferreira  
Voanerges do Espírito Santo Brites

## Desenho Industrial

Plínio Ugo Meneghini dos Santos

Colaboram o pessoal da Secretaria, Oficina Gráfica, Administração, Oficina Mecânica e Oficina Eletrônica do IFUSP.

**IFUSP: Caixa Postal 20.516. São Paulo — SP.**

© 1971

Direitos autorais exclusivos da  
FAE — Ministério da Educação e Cultura

1.ª edição — 1976

2.ª edição — 1979

Impresso no Brasil

Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme  
Decreto n.º 1.825, de 20 de dezembro de 1907.

Esta edição foi publicada pela  
FAE — Fundação de Assistência ao Estudante, sendo  
Presidente da República Federativa do Brasil  
**João Baptista de Oliveira Figueiredo**

Ministro de Estado da Educação e Cultura  
**Esther de Figueiredo Ferraz**

Secretário-Geral do MEC  
**Sergio Mário Pasquali**

Secretário de Ensino de 1.º e 2.º Graus do MEC  
**Anna Bernardes da Silveira Rocha**

Presidente da FAE  
**João Felício Scárdua**

## Diretoria de Apoio Didático-Pedagógico

Zeli Isabel Roester

## Departamento de Produção

Edison Wagner

## Gerência de Produção Editorial Didático-Pedagógica

Cassia Maria Vaz de Mello

## Gerência de Produção Editorial-Gráfica

Mariene Andrade Alves

## Equipe editorial

### Preparo técnico dos originais

Cecília Maria Silva Rêgo

### Conjunto Experimental (Kit)

Elisabeth Eurídice Tavares Mendes

### Catálogo na fonte

Maria Luisa de Souza Fragoso

### Revisão de provas

Maria Thereza Pessoa da Costa

### Produção gráfica

Gerson Lopes de Andrade

U58e Universidade de São Paulo. Instituto de Física.  
3. ed. Eletromagnetismo / IFUSP. — 3. ed. — Rio  
de Janeiro : FAE, 1984.  
6 folhetos : il. ; 28 cm. — (Projeto de Ensino  
de Física)

Os folhetos são numerados de 1 a 6.  
ISBN 85-222-0163-3

1. Eletromagnetismo. I. Fundação de Assis-  
tência ao Estudante. **Rio de Janeiro, ed. II, Tí-  
tulo III, Série.**

84-010 MEC/FAE/RJ

CDD — 537

530 07  
U.S.P.  
3500  
x9

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1 — Eletricidade e imãs

1. Interação entre imã e uma bússola .....	1-2
2. Interação entre imãs .....	1-4
3. Interação entre corrente elétrica e uma bússola .....	1-5
4. Imãs e solenóides .....	1-8
5. Exercícios de aplicação .....	1-10
<b>Leitura Suplementar</b>	
Uma teoria para os imãs .....	1-13

### CAPÍTULO 2 — Estrutura dos imãs

1. Materiais magnéticos .....	2-2
2. Propriedades magnéticas dos átomos .....	2-2
3. Domínios magnéticos .....	2-4
4. Magnetização e desmagnetização .....	2-6
5. Exercícios de aplicação I .....	2-8
6. Outras formas de desmagnetizar .....	2-9
7. Imãs e eletroímãs .....	2-12
8. Exercícios de aplicação II .....	2-13
9. Magnetismo da Terra .....	2-14
<b>Leitura Suplementar</b>	
A deriva dos continentes e os materiais magnéticos .....	2-18

### CAPÍTULO 3 — O campo magnético

1. Campo magnético criado por imãs .....	3-1
2. Linhas de campo .....	3-3
3. Superposição de campos .....	3-5
4. Vetor indução magnética .....	3-6
5. Campos produzidos por correntes .....	3-8
6. Exercícios de aplicação .....	3-13
<b>Leitura Suplementar</b>	
Campos magnéticos no Universo .....	3-18

### CAPÍTULO 4 — Corrente em campos magnéticos

1. Força sobre um condutor retilíneo .....	4-1
2. Intensidade da força .....	4-5
3. Definição da unidade $\vec{B}$ .....	4-6
4. Intensidade da força sobre condutores em função do ângulo .....	4-6
5. Cargas elétricas em movimento num campo magnético .....	4-8
6. Exercícios de aplicação I .....	4-10
7. Intensidade da força sobre cargas em função do ângulo .....	4-12
8. Espira num campo magnético .....	4-14
9. Força entre dois condutores paralelos .....	4-17
10. Exercícios de aplicação II .....	4-19
<b>Leitura Suplementar</b>	
Experiências de Ampère .....	4-20

### CAPÍTULO 5 — Indução eletromagnética

1. Corrente Induzida .....	5-1
2. Indução de corrente num condutor .....	5-4
3. Indução pela variação da quantidade de campo .....	5-7
4. Fluxo de Indução magnética .....	5-8
5. Variação do fluxo magnético pelo movimento .....	5-8
6. Variação do fluxo magnético por campos variáveis .....	5-9
7. Sentido da corrente .....	5-12
8. Criação do campo elétrico .....	5-14
9. Exercícios de aplicação .....	5-15
<b>Leitura Suplementar</b>	
Michael Faraday .....	5-21
O betatron .....	5-26

### CAPÍTULO 6 — Aplicações do eletromagnetismo

1. Motor elétrico .....	6-1
2. Medidor de corrente .....	6-7
3. Transformador .....	6-12
<b>Leitura Suplementar</b>	
A tecnologia elétrica .....	6-18



## O que é o PEF

O **Projeto de Ensino de Física** representa uma experiência nova no Brasil. Para sua elaboração formou-se uma equipe de cientistas (pesquisadores de Física Nuclear) e de professores com larga experiência nos ensinos médio e universitário, além de programadores visuais e um jornalista. O objetivo principal foi o de criar um curso adequado especificamente às condições atuais da escola média brasileira.

O PEF destina-se aos alunos do curso médio, ou seja, alunos que, em geral, não mais estudarão Física, vencido esse nível. Julgamos assim importante proporcionar ao aluno um contato com assuntos que, com toda probabilidade, não mais serão abordados em sua formação subsequente. Dessa maneira, procuramos levar o aluno a conhecer o método científico através do estudo de alguns fenômenos e conceitos específicos da Física; e chegar também aos aspectos contemporâneos dessa ciência.

O PEF conta com quatro volumes: **Mecânica 1**, **Mecânica 2**, **Eletricidade e Eletromagnetismo**, correspondendo cada um a cerca de 50 horas de aula. Acompanham esses volumes três conjuntos experimentais: um para os dois primeiros volumes de **Mecânica**, um para **Eletricidade** e um para **Eletromagnetismo**.

É importante enfatizar que a parte experimental do PEF é integrada no curso, sendo praticamente impossível seguir o texto sem realizar as experiências lá especificadas.

Cada conjunto experimental deve ser usado por um grupo de quatro ou, no máximo, cinco alunos.

Resta ainda uma palavra sobre a atividade do professor que utiliza o PEF. O PEF foi elaborado tendo em vista métodos pedagógicos modernos, enfatizando a atividade do aluno em classe. Assim, o papel do professor — em vez de ser o de discorrer enquanto os alunos ouvem, e servir somente como fonte de informações — é, principalmente, o de organizador, coordenador e orientador do trabalho dos alunos.

# Eletromagnetismo

O eletromagnetismo e a tecnologia elétrica constituem o primeiro exemplo de um ramo do conhecimento que foi descoberto e desenvolvido nos gabinetes de investigação como "ciência pura", para dar lugar depois a uma indústria que modificou a vida de toda a sociedade. Hoje isto é corriqueiro: aconteceu com a Física Nuclear, com os computadores eletrônicos, entre muitos outros exemplos. Antes do século XIX, entretanto, o desenvolvimento tecnológico sempre se deu antes da elaboração da ciência correspondente.

O estudo das máquinas a vapor construídas no século XVIII e início do XIX levou Carnot, Joule e outros engenheiros à descoberta das leis que regem a troca de calor e trabalho entre os corpos e que constituem a termodinâmica. As máquinas foram construídas empiricamente, antes de conhecidas as leis gerais que explicam o seu funcionamento.

O motor e o gerador elétrico, por outro lado, só foram inventados em consequência da descoberta das leis do eletromagnetismo. Quando Faraday descobriu estas leis não havia aplicação prevista para elas. Quando lhe perguntaram para que serviam, teria respondido: "Para que serve um bebê recém-nascido?", como está narrado no último capítulo deste volume. Somente cinquenta anos depois das descobertas de Faraday sobreveio a sua aplicação industrial. Hoje o prazo entre uma descoberta e a sua aplicação é muito mais curto: no caso do laser foi de cinco anos.

O papel da ciência na sociedade mudou. Era uma atividade intelectual, especulativa, acadêmica, de pouca repercussão social, e passou a ter grande importância econômica e militar. A responsabilidade social do cientista aumentou. Apesar do idealismo da maioria dos cientistas, é forçoso reconhecer que, em muitos casos, a ciência contribuiu para a destruição e dominação dos homens, e não para a sua libertação. Um dos grandes desafios às novas gerações é modificar o modo como se faz e como se utiliza a ciência para que ela passe a ser efetivamente um fator de progresso social. Para que isto aconteça, uma das condições é que os conhecimentos científicos e tecnológicos deixem de ser privilégio de poucos e sejam difundidos por toda a população.

O eletromagnetismo é um assunto pouco estudado em nossas escolas de 2.º grau, apesar de ser interessante, ter grande importância prática e teórica e não exigir conhecimentos prévios especiais do aluno. Este texto, com o conjunto experimental que o acompanha, facilita a compreensão do eletromagnetismo, seja na escola, seja para qualquer leitor interessado. Os princípios de funcionamento do motor, do transformador, do eletroímã e de outros dispositivos são explicados no texto e demonstrados na prática com o conjunto experimental.

A terceira edição que ora apresentamos difere da segunda somente por pequenas modificações. Esperamos que mereça de professores e alunos a mesma boa acolhida conferida à anterior.



# Como utilizar este texto

## Caro estudante

Elaboramos este curso para que você possa aprender Física de um modo ativo. Isto significa que você vai realizar experiências, analisar e discutir os resultados obtidos, responder a perguntas e resolver problemas.

Todas essas atividades são partes integrantes do texto. Não é possível seguir o curso sem realizar as atividades indicadas.

Leia o texto com atenção, tentando responder sozinho a cada uma das questões que aparecem numeradas (Q1, Q2, Q3, etc.). Tais questões às vezes se referem a experiências e medições que você deve realizar; outras vezes, tratam-se de gráficos que você deve construir, problemas que deve resolver ou simples perguntas que deve responder.

Depois de responder a cada questão, discuta com os seus colegas se a resposta está correta e por quê.

A Física não é assunto fácil. Para compreendê-la não basta simplesmente ler um texto ou ouvir o professor falar. É necessário pensar, tentar responder a perguntas, resolver problemas; é trabalhando com os conceitos da Física que você vai aprendê-los. Por isso, é essencial que você não olhe as respostas das questões do texto antes de fazer um bom esforço para respondê-las sozinho.

A resposta impressa contém às vezes comentários sobre a questão. Não esperamos que, na resposta que você der, constem também tais comentários. Eles são feitos para que você perceba que certas questões são mais profundas do que parecem ser. Por outro lado, sugerimos que, além do texto impresso, você tenha um caderno onde possa fazer cálculos ou dar respostas mais completas.

Em cada capítulo há uma série de exercícios que você deve resolver para verificar se entendeu o que leu e para fixar o que aprendeu. Além disso, pode haver também trechos em tipo menor que tratam de aspectos mais difíceis do assunto. Seu professor decidirá se tais trechos serão obrigatórios para toda a classe ou não. De qualquer modo, você poderá estudá-los se estiver interessado.

Finalmente, há as Leituras Suplementares, também impressas em tipo pequeno. Essas leituras não são obrigatórias; leia-as se gostar. Pretendemos, com elas, introduzir alguns assuntos modernos, como a tectônica de placas (capítulo 2) ou assuntos históricos, como, por exemplo, as experiências de Ampère (capítulo 4) e a biografia de Faraday (capítulo 5).

Desejamos-lhe um bom trabalho!