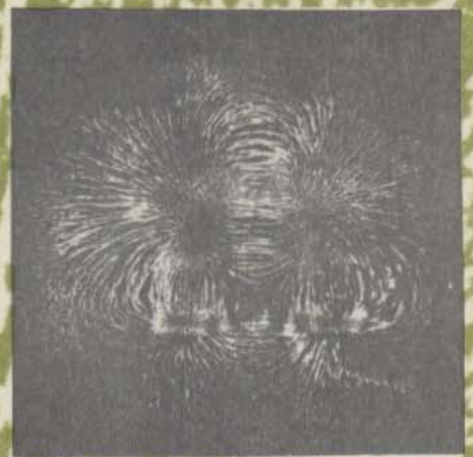


1 — Eletricidade e imãs



2 — Estrutura dos imãs



3 — O campo magnético

PROJETO
DE ENSINO
DE FÍSICA

IFUSP — Instituto de Física da Universidade de São Paulo

MEC/FENAME/PREMEN

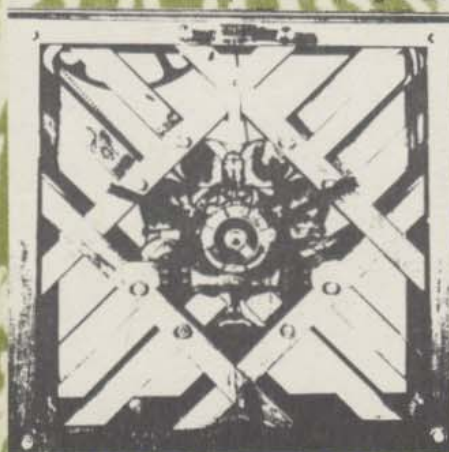
Eletromagnetismo

2ª 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 2º 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
Antônio Geraldo Violin
Diomar da Rocha Santos Bittencourt
Hideya Nakano
Luiz Muryllo Mantovani
Paulo Alves de Lima
Plínio Ugo Meneghini dos Santos

Elettricidade

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

José Augusto Machado Calil
Washington Mazzola Racy

Secretaria e Dactilografia

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.

Esta edição foi publicada pela FENAME — Fundação Nacional de Material Escolar, sendo Presidente da República Federativa do Brasil **Ernesto Geisel**

Ministro de Estado da Educação e Cultura
Euro Brandão

Secretário-Geral do MEC
Armando Dias Mendes

Secretário de Apoio Administrativo do MEC
Eraldo Tinoco Melo

Diretor Executivo da FENAME
Augusto Luiz Duarte Lopes Sampaio

Área de Projetos Especiais / Assessoria
Anamaria Skinner
Anna Maria Borges Guerra Rêgo
Isis Vincent

Produção editorial
Antonio José de Britto
Cassia Maria Vaz de Mello
José Tedin Pinto
Gioietta Timoteo Lana
Maria Regina Fernandes de Souza
Marilene dos Santos Andrade
Nina Maria Monteiro
Norma de Magalhães Carvalho Vasconcellos
Sérgio Bellinello Soares

© 1971

Direitos autorais exclusivos da
FENAME — Ministério da Educação e Cultura

1ª edição 1976

Impresso no Brasil

Deposito legal na Biblioteca Nacional
conforme Decreto nº 1825 de 20 de de-
zembro de 1907.

Edição em convênio com o Instituto de Física da Uni-
versidade de São Paulo (IFUSP), patrocinada pela Secre-
taria-Geral do Ministério da Educação e Cultura, atra-
vés do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
(F.N.D.E.).

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
Leitura Suplementar	
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
Leitura Suplementar	
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
Leitura Suplementar	
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
Leitura Suplementar	
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
Leitura Suplementar	
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
Leitura Suplementar	
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**, **Elettricidade** 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 **Elettricidade** 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 segunda edição que ora apresentamos difere da primeira 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!

Os Autores