

**OS FUNDAMENTOS
EXPERIMENTAIS E HISTÓRICOS
DA ELETRICIDADE**

Volume 2



Conselho Editorial da LF Editorial

Amílcar Pinto Martins - Universidade Aberta de Portugal

Arthur Belford Powell - Rutgers University, Newark, USA

Carlos Aldemir Farias da Silva - Universidade Federal do Pará

Emmánuel Lizcano Fernandes - UNED, Madri

Iran Abreu Mendes - Universidade Federal do Pará

José D'Assunção Barros - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Luis Radford - Universidade Laurentienne, Canadá

Manoel de Campos Almeida - Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Maria Aparecida Viggiani Bicudo - Universidade Estadual Paulista - UNESP/Rio Claro

Maria da Conceição Xavier de Almeida - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Maria do Socorro de Sousa - Universidade Federal do Ceará

Maria Luisa Oliveras - Universidade de Granada, Espanha

Maria Marly de Oliveira - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Raquel Gonçalves-Maia - Universidade de Lisboa

Teresa Vergani - Universidade Aberta de Portugal

OS FUNDAMENTOS EXPERIMENTAIS E HISTÓRICOS DA ELETRICIDADE

Volume 2

ANDRÉ KOCH TORRES ASSIS

Instituto de Física
Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP
Rua Sérgio Buarque de Holanda 777
13083-859 Campinas, SP, Brasil

E-mail: assis@ifi.unicamp.br

Homepage: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis>

André Koch Torres Assis



2025

Copyright © 2025 o autor
1ª Edição

Direção editorial: Victor Pereira Marinho e José Roberto Marinho

Capa: Fabrício Ribeiro

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Assis, André Koch Torres
Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade: volume 2 / André Koch Torres Assis. –
São Paulo: LF Editorial, 2025.

ISBN 978-65-5563-649-9

1. Eletricidade 2. Física I. Título.

25-304113.0

CDD-537

Índices para catálogo sistemático:
1. Eletricidade: Física 537

Adriana Lupion - Bibliotecária - CRB-8/6933

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.
Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998

LF Editorial
www.livrariadafisica.com.br
www.lfeditorial.com.br
(11) 2648-6666 | Loja do Instituto de Física da USP
(11) 3936-3413 | Editora

Sumário

Nota sobre a Edição Brasileira	9
Apresentação e Agradecimentos	11
1 Introdução	15
1.1 O Efeito Âmbar	15
1.2 A Série Triboelétrica	17
1.2.1 A Posição da Água na Série Triboelétrica	18
1.3 Fatos Simples e Primitivos sobre a Eletricidade	20
1.3.1 Não Explicamos Estes Fatos, Eles Foram Apenas Descritos	24
1.3.2 Nomenclatura da Física	25
2 Instrumentos Elétricos	27
2.1 Materiais para as Experiências	27
2.2 O Eletroscópio: Instrumento Mais Importante da Eletrostática .	28
2.2.1 Principais Componentes do Eletroscópio	30
2.2.2 Comparação entre o Eletroscópio de Folhas de Ouro e o Eletroscópio Feito com Materiais de Baixo Custo	30
2.2.3 O Eletroscópio e a Descoberta dos Raios Cósmicos	31
2.3 O Versório	32
2.3.1 O Versório Metálico Apoiado sobre um Alfinete	33
2.3.2 O Versório Metálico Apoiado sobre um Plástico Pontudo	33
2.3.3 O Versório de Plástico	33
2.3.4 Versório de Du Fay	34
2.3.5 Principais Componentes Destes Versórios	34
2.4 O Pêndulo Elétrico	35
2.4.1 O Pêndulo Elétrico Clássico	35
2.4.2 O Pêndulo de Seta	36
2.4.3 O Pêndulo de Plástico	37
2.4.4 Principais Componentes Destes Pêndulos	37
2.5 A Linha Pendular de Gray	37
2.6 Coletores de Carga	38
2.7 Circuito de Teste	40

3	Condutores e Isolantes	43
3.1	Classificando os Corpos como Condutores ou Isolantes pelo Eletroscópio	43
3.1.1	Definição de Condutor e Isolante quando é Aplicada uma Alta Diferença de Potencial entre as Extremidades do Corpo	46
3.1.2	Corpos que se Comportam como Condutores ou Isolantes nas Experiências Usuais de Eletrostática	47
3.2	Classificando os Corpos como Condutores ou Isolantes pelo Circuito de Teste	52
3.2.1	Definição de Condutor e Isolante quando é Aplicada uma Baixa Diferença de Potencial entre as Extremidades do Corpo	54
3.2.2	Corpos que se Comportam como Condutores ou Isolantes nas Experiências Usuais com Corrente Constante	55
3.3	Fatores que Influenciam no Comportamento Condutor ou Isolante de um Corpo	56
3.3.1	Natureza ou Composição Química do Corpo	56
3.3.2	Diferença de Potencial entre as Extremidades do Corpo	57
3.3.3	O Tempo Necessário para Descarregar um Corpo Eletrizado	57
3.3.4	O Comprimento do Corpo	58
3.3.5	A Área de Seção Reta do Corpo	62
3.3.6	Umidade	68
3.3.7	Orientação do Corpo em Relação à Voltagem Aplicada sobre Ele	70
3.3.8	Temperatura	73
3.3.9	Iluminação	74
3.3.10	Outros Fatores	74
3.4	Leis Relacionadas aos Circuitos com Corrente Constante	75
4	Condutores e Isolantes em Algumas Experiências Simples	77
4.1	Condutores e Isolantes no Efeito Âmbar	77
4.1.1	Explicação do Efeito Âmbar nos Livros Didáticos	77
4.1.2	Nossa Explicação do Efeito Âmbar	79
4.1.3	A Importância de se Apresentar uma Explicação Detalhada do Efeito Âmbar	82
4.2	Condutores e Isolantes na Experiência do Desvio do Filete de Água	83
4.2.1	Explicação do Desvio do Filete de Água nos Livros Didáticos	83
4.2.2	Nossa Explicação do Desvio do Filete de Água	84
4.2.3	A Importância de se Apresentar uma Explicação Detalhada do Desvio do Filete de Água	86
4.3	Diferenças entre os Vidros da Época de Gray e os Vidros Atuais	87
4.3.1	Comportamento Isolante ou Condutor	88
4.3.2	Densidade Superficial das Cargas Adquiridas pelo Atrito	89
4.3.3	O Tipo de Eletrização Adquirida pelo Vidro Atritado	90
4.3.4	O Vidro nos Livros Didáticos Atuais e a Importância de Corrigir o que Afirmam	92

4.4	O Mecanismo <i>ACR</i>	93
4.4.1	Explicação do Mecanismo <i>ACR</i>	96
4.4.2	Situações em que Não Ocorre o Mecanismo <i>ACR</i>	97
4.5	A Importância da Descoberta dos Condutores e Isolantes por Stephen Gray	100
5	Eletrização de Fitas Adesivas	103
5.1	Comportamento Isolante ou Condutor da Fita	103
5.2	Eletrização da Fita	107
5.3	Neutralização da Fita	110
5.4	Fitas Eletrizadas com Cargas Opostas	112
5.5	Dipolos Elétricos	115
5.6	Aspectos Gerais sobre as Fitas Adesivas	119
6	O Eletróforo	121
6.1	O Instrumento	121
6.2	Operação do Eletróforo	122
6.3	Um Relato Pessoal	128
7	Distribuição de Cargas em um Condutor	131
7.1	Distribuição de Cargas em Condutores	131
7.1.1	Experiências com Eletroscópios	131
7.1.2	Coletando as Cargas nas Paredes Interna e Externa de um Condutor Eletrizado	135
7.1.3	Gray, Franklin e a Distribuição de Cargas em Condutores Eletrizados	138
7.1.4	Condutores Eletrizados Tocando as Paredes Interna e Externa de Outro Condutor	141
7.1.5	Distribuição de Cargas em Condutores Abertos e Fechados	145
7.2	Cargas Induzidas nas Paredes Interna e Externa de um Condutor Oco	146
7.3	Ação de um Condutor Oco Eletrizado sobre Corpos Internos e Externos	149
7.4	Experiência do Balde de Gelo de Faraday	150
8	Blindagem Elétrica	153
8.1	Efeito da Colocação de Condutores ou Isolantes entre um Corpo Eletrizado e um Corpo Leve	153
8.1.1	Algumas Pesquisas Antigas sobre Blindagem	156
8.2	Experiências com Condutores Ocos	158
8.3	Presença ou Ausência de Blindagem Efetiva	162
8.4	Gaiola de Faraday	167

9	O Poder das Pontas	169
9.1	Ilustrando o Poder das Pontas com Eletroscópios	169
9.2	Coletando e Comparando as Cargas Superficiais	171
9.3	Gray e o Poder das Pontas	175
9.4	Intensificando o Efeito Âmbar	178
10	Equilíbrio Elétrico e o Instrumento para Indicar Diferença de Potencial	181
10.1	Equilíbrio Elétrico de um Condutor	181
10.2	O Potencial Elétrico de um Condutor	183
10.3	Eletroscópio com Envoltório Condutor	184
10.4	Experiências Utilizando o Eletroscópio com Envoltório Condutor	190
10.4.1	Mostrando que Todas as Partes de um Condutor em Equilíbrio Estão no Mesmo Potencial	190
10.4.2	Fatores que Alteram o Potencial de um Condutor em Relação a Outro Condutor	194
10.5	Kelvin e o Eletrômetro para Medida de Diferença de Potencial	198
11	Descargas Elétricas no Ar	201
11.1	Faíscas ou Raios	201
11.2	Comentários sobre Estas Experiências	206
11.3	Para-Raios	208
11.4	Para-Raios Isolado do Solo	209
11.5	Descargas Elétricas no Mecanismo <i>ACR</i>	210
11.6	Lâmpada de Neon	211
11.7	Gray, Franklin, o Poder das Pontas e a Natureza Elétrica dos Raios e Relâmpagos	213
11.8	Aplicações do Poder das Pontas	221
12	A Garrafa de Leiden e os Capacitores	223
12.1	Construindo um Capacitor	223
12.1.1	Não se Deve Utilizar uma Garrafa de Vidro para Isolar o Condutor Interno do Condutor Externo	225
12.2	Experiências com o Capacitor	226
12.3	Funcionamento do Capacitor	232
12.4	Gray, Du Fay e a Eletrizacão da Água	233
12.5	Os Primeiros Capacitores ou Condensadores	240
13	Preservação Temporal da Eletrizacão dos Corpos	247
13.1	Perda de Eletrizacão no Ar	247
13.2	Preservando a Eletrizacão de Isolantes	248
13.2.1	Algumas Considerações sobre Estas Experiências	250
13.3	Preservando a Eletrizacão de Condutores	251
13.4	Eletretos	253
13.4.1	Definições	253
13.5	Fabricação de Eletretos	255

13.5.1	Materiais Utilizados	255
13.5.2	Preparação das Peças	256
13.6	Eletróforos com Bases de Eletreto	259
13.7	Stephen Gray, os Eletretos e a Preservação Temporal da Ele- trização dos Corpos	260
13.8	Desenvolvimento e Aplicações dos Eletretos	266
14	As Misteriosas Forças Não Eletrostáticas	269
14.1	Força Eletrostática ou Força de Coulomb	269
14.2	Forças Não Eletrostáticas em Situações de Equilíbrio Estável . .	271
14.3	Forças Não Eletrostáticas no Efeito Âmbar	276
14.3.1	Outros Mistérios no Efeito Âmbar	279
14.4	Forças Não Eletrostáticas em uma Pilha	280
14.5	Forças Não Eletrostáticas em um Circuito com Corrente Constante	282
14.6	Forças Não Eletrostáticas em Outras Situações	282
14.7	Origem das Forças Não Eletrostáticas	284
14.7.1	Teoria de Faraday e Maxwell Baseada em Campos Eletro- magnéticos	285
14.7.2	Eletrodinâmica de Weber Baseada na Interação entre as Partículas Eletrizadas	286
	Referências Bibliográficas	290

Nota sobre a Edição Brasileira

Este livro foi publicado originalmente em português, inglês e russo pela Editora Canadense Apeiron, estando disponível tanto no formato impresso quanto gratuitamente no formato digital em PDF.¹ Esta nova edição está sendo publicada para facilitar a aquisição deste livro no formato impresso pelos leitores brasileiros. Foram atualizadas e incluídas novas referências bibliográficas.

Capa: Uma das primeiras representações da experiência da garrafa de Leiden (1745).²

¹[Ass18b], [Ass18a] e [Ass19].

²[Des76, Parte 3, pág. 570, figura 382].

Apresentação e Agradecimentos

Reproduzimos aqui com algumas modificações a Apresentação incluída no Volume 1 desta obra.³

No início da década de 1990 conheci o trabalho de Norberto Cardoso Ferreira, do Instituto de Física da Universidade Estadual de São Paulo, USP. Ele conseguia mostrar os aspectos mais importantes da eletricidade utilizando experiências feitas com materiais muito simples e facilmente acessíveis. Tive a oportunidade de visitá-lo pessoalmente na USP em 1993. Durante esta visita ele me presenteou com um pequeno conjunto de materiais experimentais feitos de cartolina, canudo de plástico de refresco, papel de “seda,” colchete, etc. Mostrou-me como realizar as experiências principais, assim como seu livro *Plus et Moins: Les Charges Électriques*.⁴ Fiquei fascinado com o que aprendi, percebendo como se podem ver experimentalmente coisas bem profundas de física trabalhando com materiais facilmente acessíveis. Guardei este material como um tesouro durante 10 anos, embora não o tenha utilizado nem desenvolvido durante este período. Fico extremamente grato ao Norberto Ferreira pelo que aprendi com ele. Recentemente vim a conhecer outras obras suas, como sempre ricas e criativas.⁵ Aprendi também pela discussão com seus estudantes, como Rui Manoel de Bastos Vieira e Emerson Izidoro dos Santos.

Em 2005 conheci Alberto Gaspar e seu livro *Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental*,⁶ com o qual muito aprendi. O mesmo pode ser dito de outras obras suas que conheci depois.⁷

Entre 2004 e 2007 ministrei aulas em cursos de aperfeiçoamento para professores da rede pública do ensino fundamental e médio dentro do projeto Teia do Saber da Secretaria de Educação do Governo do Estado de São Paulo. Foi um privilégio muito grande ter sido convidado a atuar neste programa. O apoio que recebi por parte da Secretaria de Educação e do Grupo Gestor de Projetos Educacionais da UNICAMP, assim como o contato com os alunos que participaram

³[Ass10b], [Ass10a], [Ass11], [Ass15b] e [Ass17].

⁴[FM91].

⁵[Fer78], [Fera], [Fer da], [Fer db], [Fer b], [Fer06], [Fer01c], [Fer01d], [Fer01b] e [Fer01a].

⁶[Gas03].

⁷[Gas91] e [Gas96].

de minhas aulas, foram extremamente enriquecedores para mim. Também foram muito proveitosas as trocas de experiências com os professores da UNICAMP que participaram deste projeto. Como parte do meu envolvimento neste projeto resolvi ensinar aos professores de ensino fundamental e médio aquilo que havia aprendido com o Norberto Ferreira. Com isto retomei aquelas atividades e tive uma motivação adicional para escrever este livro, no sentido de compartilhar com o maior número possível de pessoas todas estas coisas.

A inspiração para a maior parte das experiências descritas neste livro foi tirada das obras originais, assim como dos trabalhos de Norberto Ferreira e de Alberto Gaspar. Desde então descobri diversas outras obras impressas e na internet que têm sido fundamentais para o meu aprendizado, como o site *Feira de Ciências*, de Luiz Ferraz Netto.⁸

John L. Heilbron sugeriu mudanças importantes em relação à primeira versão do Volume 1 deste livro. Sua grande obra, *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study in Early Modern Physics*,⁹ forneceu a maior parte das informações históricas citadas aqui. Muitas sugestões relevantes para melhorar versões anteriores dos Volumes 1 e 2 desta obra também foram dadas por Arthur Baraov, Sérgio Luiz Bragatto Boss, Juliano Camillo, Daniel Gardelli, Robert W. Gray, John B. Eichler, Steve Hutcheon, C. Roy Keys, Breno Arsioli Moura, Anabel Cardoso Raíck, Fabio Miguel de Matos Ravanelli, João Ricardo Neves da Silva e Bertrand Wolff.

Agradeço a Arthur Baraov por ter feito uma tradução para o russo deste livro,¹⁰ assim como a Pietro Cerreta, Andrea Cerreta, Raffaele Cerreta, Rita Serafini e Riccardo Urigu pela tradução e publicação desta obra em italiano.¹¹ Pietro Cerreta, Derk Frerichs e Stephan Pfeiler fizeram vários vídeos mostrando experiências baseadas nesta obra.¹² Agradeço ainda a Fernando Lang da Silveira e Jenaro Guisasola por suas resenhas sobre este livro.¹³

As Figuras do Volume 1 foram feitas por Daniel Robson Pinto, através de uma Bolsa Trabalho concedida pelo Serviço de Apoio ao Estudante da UNICAMP, ao qual agradecemos. O Daniel auxiliou também na obtenção de imagens e referências.

Agradeço ainda a diversas outras pessoas por sugestões, discussões, correções e referências relacionadas com os dois volumes deste livro: Dayane de Souza Bancoff, Christine Blondel, Paolo Brenni, Thiago Augusto de Lima Burgo, João José Caluzi, Hugo Bonette de Carvalho, Danylo do Amaral Cavalcanti, João Paulo Martins de Castro Chaib, Asit Choudhuri, Roberto Clemente (in Memoriam), Silvio Dahmen, Charbel El-Hani, Henrique Ennes, Moacir Pereira de Souza Filho, Junichiro Fukai, Cláudio H. Furukawa, Hans Gaab, Fernando Galembeck, Robert Harry van Gent, Harald Goldbeck-Löwe, Jürgen Gottschalk, Jenaro Guisasola, Hermann Härtel, Peter Heering, Elizabeth Ihrig, Antonio Iovane, John

⁸[Net].

⁹[Hei99].

¹⁰[Ass15b].

¹¹[Ass17].

¹²[Cer14a], [Cer14b], [Cer17] e [FP d].

¹³[Sil10c] e [Gui12].

Jenkins, Basilio José Augusto José, Kostas Kampourakis, Siegfried Kett, Martin Kostal, Ellen Kuhfeld, Wolfgang Lange, Fabio Menezes de Souza Lima, Lin Liu, José Joaquín Lunazzi, Ceno Pietro Magnaghi, Francisco das Chagas Marques, Thiago Marques, Michael Matthews, Alexandre Medeiros, Eduardo Meirelles, Manoel Guilherme da Silva Mello, Mahmoud Melehy (in Memoriam), Paulo Henrique Dias Menezes, Dennis Nawrath, Marcos Cesar Danhoni Neves, Horst Nowacki, Ronaldo Furtado de Oliveira, Martin Panusch, Sônia Peduzzi, Luiz O. Q. Peduzzi, José Rafael Boesso Perez, Gerald H. Pollack, Eugênio Maria de França Ramos, Karin Reich, Edson Eduardo Reinehr, Ricardo Rodrigues, Waldyr Alves Rodrigues Jr. (in Memoriam), Torsten Rüting, Dirceu Tadeu do Espírito Santo, Emely Giron dos Santos, Wayne M. Saslow, Daniel dos Anjos Silva, Carlos Augusto Silva, Valter Aparecido da Silva Junior, Leandro Herculano da Silva, Fernando Lang da Silveira, Moacir Pereira de Souza Filho, Julian David Medina Tamayo, Milton G. Tarazona, Christian Ucke, Alvaro Vannucci, Geraldo Magela Severino Vasconcelos, Haroldo Fraga Campos Velho, Greg Volk, Karl-Heinrich Wiederkehr (in Memoriam), Bernd Wolfram e Gudrun Wolfschmidt.

Ao Instituto de Física, ao Instituto de Matemática, ao Grupo Gestor de Projetos Educacionais e ao Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e à Extensão da UNICAMP, que forneceram as condições necessárias para a realização deste trabalho. Agradeço também ao Instituto de História das Ciências Naturais da Universidade de Hamburgo, Alemanha, e à Fundação Alexander von Humboldt, da Alemanha, por uma Bolsa Pesquisa no ano de 2009 durante a qual coletei uma grande quantidade de material bibliográfico relacionado com este livro.

Roy Keys, o Editor de Apeiron, tem me apoiado por muitos anos. Sem o seu encorajamento alguns de meus livros talvez não tivessem sido publicados. Ele fez um trabalho editorial excelente para esta obra.

André Koch Torres Assis
Instituto de Física
Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP
Rua Sérgio Buarque de Holanda 777
13083-859 Campinas, SP, Brasil
E-mail: assis@ifi.unicamp.br
Homepage: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis>

Capítulo 1

Introdução

1.1 O Efeito Âmbar

Experiência 1.1 - *Eletrizando um corpo por atrito*

A experiência mais simples, comum e antiga da eletricidade, que deu origem a todo o estudo desta área, é o chamado *efeito âmbar*.¹ Ela era feita originalmente com âmbar (*elêtron* em grego), que é uma resina fóssil proveniente de uma espécie extinta de pinheiro. Uma experiência análoga será reproduzida aqui com um material plástico. Este comportamento também é denominado de efeito triboelétrico ou de triboeletricidade (o prefixo “tribo” também tem origem grega, significando atrito, fricção ou a ação de esfregar). Este efeito refere-se à eletrização de corpos obtida através do atrito.

Colocam-se alguns pedacinhos de papel sobre a mesa. Aproxima-se deles uma régua de acrílico ou canudo plástico que não tenha sido atritada, sem tocá-los, observando-se que nada acontece, Figura 1.1.

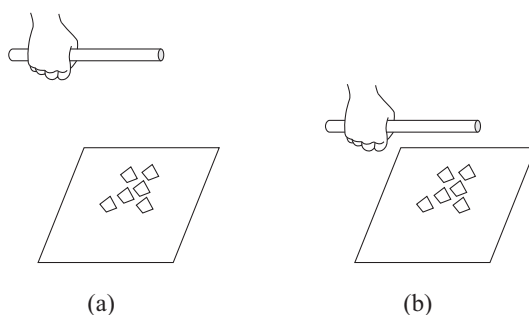


Figura 1.1: (a) Canudo plástico longe de papeizinhos. (b) Ao aproximar o canudo dos papeizinhos, nada acontece a eles.

¹Experiência 2.1 de [Ass10b], [Ass10a], [Ass11], [Ass15b] e [Ass17].

Agora atritamos a régua ou o canudo no cabelo ou em um guardanapo de papel (ou em um papel toalha, papel higiênico ou em uma folha de papel), esfregando-o rapidamente para frente e para trás. Vamos representar pelas letras F a região do canudo que foi friccionada, Figura 1.2.

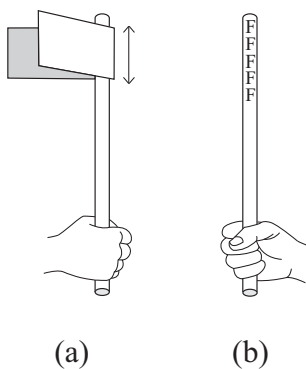


Figura 1.2: (a) Canudo plástico sendo atritado em um guardanapo. (b) A região friccionada do canudo é representada pelas letras F .

Em seguida aproximamos o canudo atritado dos papeizinhos, novamente sem tocá-los, apenas chegando bem perto. Observa-se que a partir de uma certa distância eles pulam para o canudo atritado e alguns papeizinhos ficam grudados nele, Figura 1.3. Podemos afastar o canudo da mesa que eles continuam grudados nele.

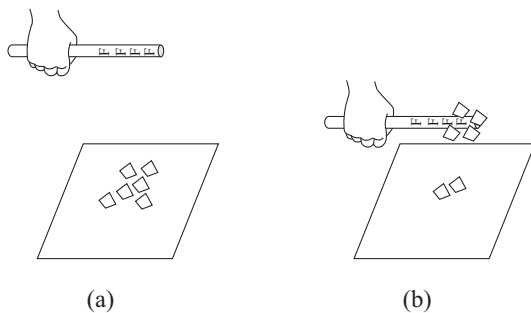


Figura 1.3: (a) Um canudo atritado longe de papeizinhos. (b) O canudo atritado atrai os papeizinhos ao se aproximar deles.

Nem todos os papeizinhos ficam grudados no canudo atritado. Alguns deles batem no canudo e caem. Outros ficam grudados por algum tempo e depois são lançados de volta à mesa. Este tema será discutido na Seção 4.4.

O comportamento dos papeizinhos quando estão próximos destes canudos permitem que se façam as seguintes definições.

Definição 1.1

Dizemos que o canudo plástico que não atrai papeizinhos ao se aproximar deles está *neutro*, *eletricamente neutro*, que possui *carga nula*, ou que *não está eletrizado*. Quando o canudo após ser atritado passa a atrair papeizinhos ao se aproximar deles, dizemos que *adquiriu uma carga elétrica* ou que está *eletrizado*, *eletrificado*, *carregado eletricamente* ou simplesmente *carregado*. O processo é chamado de *carga obtida por atrito*, *eletrização por atrito*, *eletrificação por atrito* ou de *efeito triboelétrico*. A atração entre estes corpos é chamada algumas vezes de *atração elétrica* ou de *atração eletrostática*.

1.2 A Série Triboelétrica

Como discutido no Volume 1 deste trabalho,² existem dois tipos de corpos eletrizados, usualmente chamados de corpos positivos e negativos. Quando atritamos dois corpos neutros diferentes, um deles fica positivamente eletrizado e o outro negativamente eletrizado. Se um destes corpos for um condutor, ele só vai permanecer carregado se estiver isolado do solo. Após realizar muitas experiências chegamos na Tabela 1.1.

+
cabelo
vidro liso
pele humana
poliamida sintética
algodão
seda
papel ou papelão
couro
porcelana
papel de alumínio
madeira
cortiça
pano de acrílico
isopor
saco plástico
canudo plástico
acrílico rígido
tubo ou mangueira de PVC
—

Tabela 1.1: Série triboelétrica.

²Capítulo 5 de [Ass10b], [Ass10a], [Ass11], [Ass15b] e [Ass17].

Um tubo ou mangueira de PVC é feito de policloreto de vinila, ou cloreto de polivinila. O acrônimo PVC vem do inglês, *polyvinyl chloride*, sendo um polímero sintético. Um tubo de PVC pode ser aquele cano marrom de água, já uma mangueira de PVC pode ser aquela mangueira flexível branca ligada aos chuveiros elétricos. Um material que apresenta propriedades elétricas análogas no que diz respeito à série triboelétrica é a fita veda-rosca usada na vedação de tubulações, sendo feita de politetrafluoretileno (PTFE), também chamada de fita PTFE, fita teflon ou fita de encanador.

A maneira de se ler esta Tabela é a seguinte. Se atritamos um corpo I contra um corpo II , vai ficar positivamente carregado aquele que estiver mais acima na Tabela, isto é, mais próximo do símbolo $+$. Por exemplo, ao atritarmos a seda contra o canudo de plástico, a seda fica com carga positiva e o canudo com carga negativa.

Definição 1.2

Uma sequência como a da Tabela 1.1 é chamada de *série triboelétrica*. O prefixo “tribo” vem do grego, significando atrito ou a ação de esfregar. Logo a série triboelétrica indica os tipos de eletrização obtidos na fricção.

Um canudo plástico e uma régua de acrílico ficam atritados negativamente quando atritados no cabelo ou em uma folha de papel. Vamos então representar daqui por diante um canudo plástico ou uma régua de acrílico atritados contra estes materiais como tendo cargas negativas ou como estando negativamente eletrizados.

1.2.1 A Posição da Água na Série Triboelétrica

É também possível analisar a eletrização de líquidos quando eles fluem ao longo de uma superfície sólida.³ Desde 1675 se sabia que ao agitar um barômetro com mercúrio aparecia uma luz na região evacuada no topo do tubo. Muito tempo depois mostrou-se que este fenômeno era originado na eletrização produzida no atrito vindo do movimento entre o mercúrio e o vidro. Em 1840 um motorista de um trem a vapor tomou um choque na Inglaterra ao colocar uma mão próxima de um jato de vapor a alta pressão saindo da caldeira enquanto tocava acidentalmente com a outra mão na caldeira. William Armstrong (1810-1900) investigou este fenômeno isolando eletricamente a caldeira do solo e direcionando o jato de vapor para um outro condutor metálico também isolado do solo. Este condutor ficou positivo e a caldeira negativa. Em 1843 construiu um gerador hidro-elétrico explorando este fenômeno. Michael Faraday (1791-1867) interessou-se por este assunto. Após uma série de pesquisas mostrou em 1843 que o efeito era devido ao atrito do vapor e das gotículas de água expelidas pela caldeira contra as paredes do bico ou bocal por onde saía o vapor. Mostrou

³[Gre94].