

3º bimestre

Forças de atrito

Neste capítulo abordamos inicialmente, por razões didáticas, o **atrito dinâmico** (item 2). Só depois de o aluno se familiarizar com esse conceito passamos à análise do **atrito estático** (item 3). É interessante fazer algumas considerações históricas, lembrando que Leonardo da Vinci (1452-1519), além de arquiteto, engenheiro, físico, pintor, escultor, anatomista, dedicou-se também ao estudo da mecânica. As duas leis do atrito (a intensidade da força de atrito é diretamente proporcional à intensidade da força normal; a intensidade da força de atrito independe da área de contato do corpo com a superfície de apoio) foram descobertas experimentalmente por Leonardo da Vinci. Essas leis foram enunciadas dois séculos antes de Newton estabelecer o conceito de força. Leonardo da Vinci apresentou os seguintes enunciados originais dessas leis:

1ª lei: O atrito provoca o dobro do esforço se o peso for dobrado.

2ª lei: O atrito provocado pelo mesmo peso terá a mesma resistência no início do movimento, embora as áreas ou comprimentos de contato sejam diferentes.

Outro cientista que estudou máquinas simples foi Coulomb (1736-1806), que estabeleceu a diferença entre atrito estático e atrito dinâmico.

R. Resnick e D. Halliday, em seu livro *Física*, fazem uma análise interessante do atrito em nível atômico:

“Ao nível atômico, mesmo a superfície mais cuidadosamente polida está longe de ser plana [...] a área microscópica efetiva de contato é muito menor que a área macroscópica aparente de contato. [...]

A área (microscópica) real de contato é proporcional à força normal, pois os pontos de contato deformam-se plasticamente sob os grandes esforços que se desenvolvem nesses pontos. Muitos pontos de contato ficam “soldados a frio”. Este fenômeno, adesão superficial, ocorre porque nos

pontos de contato as moléculas em lados opostos da superfície estão tão próximas que exercem fortes forças intermoleculares umas sobre as outras.

Quando um corpo é puxado sobre um outro, a resistência de atrito está associada com a ruptura de milhares de soldas diminutas, que se formam continuamente quando ocorrem novos contatos.

[...]

A teoria da adesão superficial para o atrito permite entender facilmente as duas leis de atrito mencionadas: (1) A área microscópica de contato que determina a força de atrito é proporcional à força normal e, portanto, a força de atrito é proporcional à força normal. (2) O fato de que a força de atrito é independente da área aparente de contato significa, por exemplo, que a força necessária para arrastar um tijolo metálico sobre uma mesa metálica é a mesma, não importando que face do tijolo esteja em contato com a mesa.

Podemos entender isso somente se a área microscópica de contato for a mesma para todas as posições do tijolo, e é este, de fato, o caso. Estando a maior face para baixo, há um número relativamente grande de áreas de contato, relativamente pequenas, suportando a carga; a menor face estando para baixo, os contatos são em menor número (pois a área aparente de contato é menor), porém a área de um dado contato é maior exatamente pelo mesmo fator, pois é maior a pressão exercida pelo tijolo sobre este número menor de contatos que suportam a mesma carga.

Fonte: RESNICK R.; HALLIDAY D. *Física*. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.

As leituras “Quando o atrito é importante!” (página 232) e “O freio ABS” (página 247, em “A Física em nosso Mundo”) são interessantes por mostrar ao aluno que os conceitos estudados têm aplicações tecnológicas.

Para a sedimentação do conteúdo teórico estudado, recomendamos a resolução de um grande número de exercícios: R.98 a R.101 e P.267 a P.270, para o atrito dinâmico, e R.102, R.103, P.271 e P.272, para o atrito estático.

O professor poderá fazer em sala de aula a atividade experimental sugerida ao final do capítulo, que ilustra a determinação do coeficiente de atrito estático.

Os Fundamentos da Física – volume 1

Os itens 4 e 5 analisam, respectivamente, a **força de resistência do ar** e a **velocidade limite**. Esse estudo é complementado pelas leituras “Túnel aerodinâmico” e “O pára-quadras”. Os exercícios R.104 e P.273 a P.275 ajudam a consolidar os conceitos estudados.

Pode-se solicitar aos alunos pesquisas para ampliar ainda mais o estudo sobre a força de resistência do ar.

Se dispuser de um número maior de aulas, o professor poderá resolver em sala de aula os exercícios propostos de recapitulação e os testes propostos. Do contrário, sugerimos que eles sejam transformados em trabalho de casa, estipulando-se uma data de entrega.

Os exercícios especiais apresentam maior grau de dificuldade e possibilitam uma revisão completa do conteúdo deste capítulo e do anterior. Recomendamos em especial a resolução dos seguintes exercícios:

- R.105, P.289 e T.247, em que há necessidade de se fazer a decomposição de uma força;
- R.106, P.290, P.291 e T.248, em que um bloco está apoiado sobre outro que se movimenta numa superfície plana isenta de atrito;
- R.107, P.294 e T.250, que trata de polias móveis.