Forças de Atrito Estático e Cinético

12.º Ano | Física | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: Interpretar as forças de atrito estático e cinético, identificar os fatores de que dependem — materiais em contacto, reação normal e área de superfície em contacto — e aplicar as leis do atrito na resolução de problemas ligados a situações reais.

Revisão rápida

- **Atrito é uma força de contacto:** age na superfície de contacto, é *tangente* a essa superfície e opõe-se ao movimento (ou à tendência de movimento).
- **Estático vs. cinético:** o estático *impede* o deslizamento e varia de 0 até um máximo $F_{atr,est} \leq \mu_s N$ · o cinético atua *durante* o deslizamento e tem valor fixo $F_{atr,cin} = \mu_c N$.
- **Para os mesmos materiais:** $\mu_s > \mu_c$ — por isso é mais difícil iniciar o movimento do que mantê-lo. O coeficiente de atrito é uma **razão de forças**, logo é adimensional.
- **O que influencia a força de atrito:** os **materiais em contacto** (alteram μ) e a **reação normal** ($F \propto N$). A **área de superfície não influencia** (lei de Amontons).

Exercícios

1. V/F — corrige as falsas: a) «Para os mesmos materiais, o coeficiente de atrito cinético é maior que o estático.» ( ) b) «A força de atrito estático não depende da área de superfície em contacto.» ( ) c) «A força de atrito tem sempre o mesmo sentido do movimento.» ( ) d) «O coeficiente de atrito é uma grandeza adimensional.» ( )

2. Um bloco de massa m = 5,0 kg repousa sobre uma mesa horizontal (μ_s = 0,40 · μ_c = 0,30 · g = 9,8 m/s²). a) calcula a reação normal b) o valor máximo que a força de atrito estático pode atingir c) o valor da força de atrito cinético se o bloco estiver a deslizar.

3. Com o mesmo bloco (5,0 kg · μ_s = 0,40 · μ_c = 0,30) empurra-se horizontalmente. a) com F = 16 N, o bloco move-se? Justifica e indica a força de atrito b) com F = 25 N, o bloco desliza: calcula a resultante e a aceleração.

4. Ângulo máximo antes de escorregar (tg θ = μ): a) superfície com μ_s = 0,40 → $\theta_{máx}$ = ? b) a mesma superfície já em deslizamento (μ_c = 0,30) → θ = ? c) outro material com μ_s = 0,60 → $\theta_{máx}$ = ?

© 2026 Estudantices

5. Um bloco de m = 4,0 kg está sobre uma rampa de 30° com μ_s = 0,40. a) calcula a reação normal b) calcula a componente da peso paralela à rampa c) calcula a força de atrito estático máxima d) o bloco escorrega ou mantém-se? Justifica.

6. Influência da área de contacto: a) um bloco de 2,0 kg repousa sobre uma mesa; coloca-se um segundo bloco de 2,0 kg sobre o primeiro — a força de atrito com a mesa aumenta, diminui ou fica igual? b) o mesmo bloco é virado de lado, de modo a que a área em contacto com a mesa fique metade — e a força de atrito agora? Justifica sempre com a relação $F = \mu N$.

7. Um objeto desliza para a direita sobre uma mesa horizontal. a) indica o sentido da força de atrito sobre o objeto b) indica o sentido da força de atrito sobre a mesa c) porque é que, em repouso sobre a mesa, a força de atrito é nula?

8. Leitura de tabela (valores didáticos, para os materiais indicados): calcula a força de atrito estático máxima e a cinética quando a reação normal é N = 100 N em cada contacto — madeira/serragem, aço/aço e borracha/asfalto.

Contacto	madeira / serragem	aço / aço	borracha / asfalto
μ_s	0,50	0,74	0,90
μ_c	0,40	0,57	0,80

© 2026 Estudantices

9. Dependência da reação normal: o bloco do exercício 2 passa a ter o dobro da massa (10,0 kg). a) qual é a nova reação normal? b) qual passa a ser a força de atrito cinético? c) formula a relação que se deduz entre F_{atr} e N.

10. Um bloco de m = 2,0 kg sobe uma rampa de 15° com μ_c = 0,20. a) calcula a reação normal b) calcula a componente da peso paralela à rampa c) calcula a força de atrito e indica o seu sentido d) determina a resultante e a aceleração (módulo e sentido).

11. Segurança rodoviária: um automóvel viaja a 20 m/s. Com μ_c = 0,70 calcula a aceleração de frenagem e a distância até parar. Repete com μ_c = 0,80 (pneus novos) e comenta a diferença.

12. Desenvolvimento. Explica porque é que a força de atrito não depende da área de superfície em contacto e porque é que o coeficiente de atrito, apesar de associado a forças, é uma grandeza adimensional.

© 2026 Estudantices

Soluções — Forças de Atrito Estático e Cinético

1. a) **F** — é sempre $\mu_s > \mu_c$ b) **V** — a lei de Amontons diz que F não depende da área c) **F** — opõe-se ao movimento ou à tendência de movimento d) **V** — é uma razão entre duas forças, $\mu = F/N$.

2. a) $N = mg = 5{,}0 \times 9{,}8 =$ **49,0 N** b) $F_{atr,est\ máx} = \mu_s N = 0{,}40 \times 49{,}0 =$ **19,6 N** c) $F_{atr,cin} = \mu_c N = 0{,}30 \times 49{,}0 =$ **14,7 N**.

3. a) **não se move** — 16 N < 19,6 N (máximo estático); o atrito é **estático** e equilibra exatamente o empurrão: $\boldsymbol{F_{atr} = 16\ N}$ b) desliza, logo $F_{atr} = 14{,}7\ N$ → $R = 25{,}0 - 14{,}7 =$ **10,3 N** → $a = 10{,}3 / 5{,}0 =$ **2,1 m/s²**.

4. a) $\theta_{máx} = arctg\ 0{,}40 =$ **21,8°** b) $arctg\ 0{,}30 =$ **16,7°** — o bloco *acelera* para baixo assim que passa dos 21,8° c) $arctg\ 0{,}60 =$ **31,0°**. Quanto maior μ, maior é a inclinação suportada.

5. a) $N = mg\ cos\ 30° = 4{,}0 \times 9{,}8 \times 0{,}866 =$ **33,9 N** b) $mg\ sen\ 30° = 4{,}0 \times 9{,}8 \times 0{,}50 =$ **19,6 N** c) $\mu_s N = 0{,}40 \times 33{,}9 =$ **13,6 N** d) **escorrega** — 19,6 N > 13,6 N: a componente do peso que puxa para baixo supera o atrito máximo disponível.

6. a) **aumenta** — os 2,0 kg do segundo bloco somam-se à massa total, N dobra e, como $F = \mu N$, a força de atrito dobra b) **fica igual** — o mesmo bloco mantém a mesma massa, logo o mesmo N; como a área não entra em $F = \mu N$, o valor não muda. Ao pôr a metade do bloco em cima da mesa a força *diminuiria*, mas isso seria por causa de N, não da área.

7. a) para a **esquerda** (oposto ao deslizamento) b) para a **direita** — a terceira lei de Newton obriga a que as duas forças de contacto sejam iguais e opostas c) porque não existe tendência de movimento: não há força aplicada a vencer, logo F_{atr} ajusta-se a **zero** (o atrito estático só cresce quando algo tenta mover o objeto).

8. Estático ($\mu_s \times 100$): madeira/serragem **50 N** · aço/aço **74 N** · borracha/asfalto **90 N**. **Cinético ($\mu_c \times 100$):** madeira/serragem **40 N** · aço/aço **57 N** · borracha/asfalto **80 N**. Em todos os casos o estático supera o cinético, o que explica por que é custoso pôr em movimento um objeto que já está parado.

9. a) $N = 10{,}0 \times 9{,}8 =$ **98,0 N** b) $F_{atr,cin} = 0{,}30 \times 98{,}0 =$ **29,4 N** c) $\boldsymbol{F_{atr} \propto N}$ — com μ constante, a força de atrito é diretamente proporcional à reação normal.

10. a) $N = mg\ cos\ 15° = 2{,}0 \times 9{,}8 \times 0{,}966 =$ **18,9 N** b) $mg\ sen\ 15° = 2{,}0 \times 9{,}8 \times 0{,}259 =$ **5,1 N** c) $F_{atr} = 0{,}20 \times 18{,}9 =$ **3,8 N**, sentido **para baixo da rampa** (oposto ao subir) d) $R = 5{,}1 + 3{,}8 =$ **8,9 N** para baixo → $a = 8{,}9 / 2{,}0 =$ **4,4 m/s²**, para baixo da rampa — o bloco abranda até parar e depois desce.

11. $F_{atr} = \mu_c mg$ → $a = \mu_c g$. Com μ_c = 0,70: $a =$ **6,9 m/s²** e $d = v^2/2a = 400 / 13{,}7 =$ **29,2 m**. Com 0,80: $a =$ **7,8 m/s²** e $d =$ **25,5 m**. Um pneu mais aderente curta a distância em cerca de 3,7 m — é esta a razão prática de se exigir que os pneus mantenham os sulcos com profundidade mínima.

12. (modelo) A força de atrito resulta da atração entre as asperezas das duas superfícies em contacto. Aumentar a área aparente reparte a mesma massa por mais asperezas: cada uma suporta menos carga, mas há proporcionalmente mais asperezas a contactar — os dois efeitos cancelam-se, e o que determina o total é a força com que as superfícies são comprimidas, ou seja N. Daí $F = \mu N$ não conter a área. Quanto a μ, é definido como a razão F/N entre duas forças da mesma unidade (newton), pelo que as unidades se simplificam e μ fica adimensional — apenas traduz a natureza dos materiais em contacto.

© 2026 Estudantices