Segunda Lei de Newton e Movimentos com Ligações

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

Competências que desenvolve: Aplicar a Segunda Lei de Newton em referencial fixo e em referencial ligado à partícula, resolver problemas de movimentos retilíneos e circulares com ligações e interpretar à luz das leis de Newton situações do dia a dia, articulando a dinâmica com considerações energéticas.

Revisão rápida

- **Segunda Lei de Newton:** $F_{res} = ma$ — a aceleração é diretamente proporcional à resultante das forças e inversamente proporcional à massa. Vale apenas em **referenciais inerciais** (fixos ou em MRU).
- **Método:** escolhe o sistema (que corpo?) e o referencial · desenha o diagrama de forças · projeta $F = ma$ em cada eixo · resolve o sistema · **avalia** o resultado.
- **Movimento circular:** a resultante é a força *centrípeta*, aponta para o centro: $F_c = mv^2/\rho$. No **referencial ligado** à partícula equilibram-se a tensão (ou a normal) com a força centrífuga *de inércia* mv^2/ρ.
- **Ligações:** numa corda ou barra rígida a módulo da tensão é o mesmo nos dois pontos; a normal é sempre perpendicular à superfície; o sistema inteiro tem a **mesma aceleração**.

Exercícios

1. V/F — corrige as falsas: a) «A aceleração é diretamente proporcional à resultante e inversamente proporcional à massa.» ( ) b) «A massa é uma força.» ( ) c) «Num movimento circular uniforme, a resultante aponta para o centro da circunferência.» ( ) d) «As forças de ligação (tensão, normal) podem ter módulos diferentes nos extremos de uma mesma barra rígida.» ( )

2. Um corpo de m = 4,0 kg parte do repouso e é submetido a uma resultante constante de 12 N. a) calcula a aceleração b) que velocidade atinge em 3,0 s? c) que percurso realiza nesse intervalo?

3. Dois blocos ligados por uma corda leve sobre uma mesa horizontal lisa: m_1 = 3,0 kg, m_2 = 2,0 kg e F = 20 N aplicada a m_1. a) calcula a aceleração do sistema b) calcula a tensão na corda c) repetindo com μ = 0,20 em ambos os blocos, calcula de novo a aceleração e a tensão d) explica porque é que a tensão não mudou.

4. Elevador de massa total 600 kg. a) qual é o seu peso? b) a subir com aceleração de 1,0 m/s², qual é a tensão no cabo? c) e se ele estiver a descer a acelerar com 1,0 m/s²? d) o que se sente como «peso aparente» e porque difere do peso?

© 2026 Estudantices

5. Segurança rodoviária: um automóvel de 1200 kg freia com uma aceleração de 4,0 m/s². a) qual é a intensidade da resultante que atua sobre ele? b) essa resultante é fornecida por que força? c) porque é que dobrar a massa não duplica a distância de travagem à mesma velocidade?

6. Movimento circular com ligação: uma massa de 0,50 kg presa a um fio descreve um círculo horizontal de raio 0,50 m a v = 2,0 m/s. a) calcula a força centrípeta, que é a tensão no fio b) calcula o período do movimento c) calcula a velocidade angular.

7. Relevé da estrada: um bloco de 3,0 kg está sobre uma rampa de 20°, sem atrito. a) faz o diagrama de forças e calcula a reação normal b) calcula a aceleração do bloco c) que componente do peso é responsável e porque é que a aceleração não depende da massa?

8. Montanha russa — anel vertical de raio ρ = 12 m, no ponto mais alto. a) qual é a velocidade mínima para o peso aparente ser nulo? b) com v = 8,0 m/s, qual é a aceleração centrípeta? c) para um comboio de 400 kg, que força exerce o assento sobre os passageiros nesse ponto?

© 2026 Estudantices

9. Liga cada situação à leis de Newton: a) o foguete acelera na lançadeira graças à expulsão dos gases → __ b) o remador empurra a água para trás e avança → __ c) no topo da roda gigante os passageiros sentem-se leves → __ d) o desnível da estrada faz o carro abrandar sem tocar no travão → __

10. Referencial fixo e referencial ligado: um carro entra numa curva de raio 20 m a 10 m/s. a) calcula a aceleração a partir de um referencial fixo ao solo b) descreve a mesma situação no referencial ligado à partícula: que «força» equilibra a resultante? c) porque é que esse segundo tratamento é útil, se a força centrífuga não tem corpo que a aplique?

11. Unidades e dimensional: a) deduz a unidade de força a partir de $F = ma$ b) o que significa «1 newton» em termos de massa e aceleração c) um objeto de 2,0 kg em queda livre tem aceleração 9,8 m/s² — confirma o seu peso em newtons.

12. Desenvolvimento. Explica as estratégias de resolução de um problema de dinâmica com ligações: como se escolhe o sistema e o referencial, porque é que se recorre a um diagrama de forças, de que forma as ligações condicionam as equações e que raciocínio fundamenta a conclusão.

© 2026 Estudantices

Soluções — Segunda Lei de Newton e Movimentos com Ligações

1. a) **V** — é a formulação de $F = ma$ b) **F** — a massa é uma medida de inércia; força é uma interação c) **V** — essa resultante é precisamente a força centrípeta d) **F** — a barra é rígida, logo a tensão tem o mesmo módulo em todos os seus pontos.

2. a) $a = F/m = 12 / 4{,}0 =$ **3,0 m/s²** b) $v = at = 3{,}0 \times 3{,}0 =$ **9,0 m/s** c) $x = \tfrac{1}{2}at^2 = \tfrac{1}{2} \times 3{,}0 \times 3{,}0^2 =$ **13,5 m**.

3. a) $a = F/(m_1+m_2) = 20 / 5{,}0 =$ **4,0 m/s²** b) $T = m_2 a = 2{,}0 \times 4{,}0 =$ **8,0 N** c) resultante total $= 20 - 0{,}20 \times 5{,}0 \times 9{,}8 = 10{,}2\ N$ → $a =$ **2,0 m/s²**; em m_2: $T - \mu m_2 g = m_2 a$ → $T = 2{,}0 \times 2{,}04 + 3{,}92 =$ **8,0 N** d) porque $T = m_2 F/(m_1+m_2)$: o atrito retira a *mesma* fração do empurrão e do termo de atrito de m_2, e os dois efeitos cancelam-se.

4. a) $P = mg = 600 \times 9{,}8 =$ **5880 N** b) $T = m(g+a) = 600 \times 10{,}8 =$ **6480 N** c) a descer a *abrandar* o sentido de a é para cima, logo $T =$ **6480 N**; a descer a *acelerar*, $T = m(g-a) = 600 \times 8{,}8 =$ **5280 N** d) o peso aparente é a força com que o piso (ou o cabo) nos empurra — difere do peso porque é $m(g\pm a)$, não mg.

5. a) $F = ma = 1200 \times 4{,}0 =$ **4800 N** b) é a resultante das forças de **atrito** entre pneus e solo (mais as resistências) c) porque $F = ma$: com o mesmo atrito específico, a massa cancela-se na relação $\mu mg = ma$ → $a = \mu g$ — a aceleração de frenagem é igual para qualquer massa.

6. a) $F_c = mv^2/\rho = 0{,}50 \times 2{,}0^2 / 0{,}50 =$ **4,0 N** (é a tensão no fio) b) $T = 2\pi\rho/v = 2\pi \times 0{,}50 / 2{,}0 =$ **1,57 s** c) $\omega = v/\rho = 2{,}0/0{,}50 =$ **4,0 rad/s**.

7. a) $N = mg\cos 20° = 3{,}0 \times 9{,}8 \times 0{,}940 =$ **27,6 N** b) $a = g \operatorname{sen} 20° = 9{,}8 \times 0{,}342 =$ **3,4 m/s²** c) a componente do peso *paralela* à rampa, $mg \operatorname{sen}\theta$; como $a = (mg \operatorname{sen}\theta)/m$, a massa simplifica-se e não influencia a aceleração.

8. a) peso aparente nulo exige $mv^2/\rho = mg$ → $v = \sqrt{(\rho g)} = \sqrt{(12 \times 9{,}8)} =$ **10,8 m/s** b) $a = v^2/\rho = 8{,}0^2/12 =$ **5,3 m/s²** c) $N = m(g - v^2/\rho) = 400 \times (9{,}8 - 5{,}33) =$ **1787 N** (≈ 1,8 kN) — menos de metade do peso, daí a sensação de leveza.

9. a) **3.ª lei** (ação e reação: os gases são empurrados para trás, o foguete para a frente) b) **3.ª lei** c) **2.ª lei** num referencial ao solo: falta N para mv^2/ρ, logo $N = m(g - v^2/\rho)$ d) **2.ª lei** — a componente do peso paralela à rampa é a resultante que abranda o carro.

10. a) $a = v^2/\rho = 10^2/20 =$ **5,0 m/s²**, para o centro da curva b) no referencial ligado, o carro está em repouso e equilibram-se a força de atrito (ou a componente lateral da normal) com a **força centrífuga** mv^2/ρ, apontada para fora c) é útil porque simplifica a conta — equilíbrio em vez de aceleração — desde que se assuma que é uma força *de inércia*, sem corpo que a aplique, e que só vale nesse referencial não inercial.

11. a) $1\ N = 1\ kg \cdot m/s^2$ b) a força que dá a um corpo de **1 kg** a aceleração de **1 m/s²** c) $P = 2{,}0 \times 9{,}8 =$ **19,6 N** ✓.

12. (modelo) Delimita-se o **sistema** (que corpo vamos estudar) e escolhe-se um **referencial inercial** adequado ao movimento — retilíneo com um eixo ao longo da trajetória, circular com um eixo radial e outro tangencial. Segue-se o **diagrama de forças**: peso, normal, tensão, atrito, sem inventar forças. Como as ligações ligam os corpos, a aceleração tem o mesmo módulo em todos eles e a tensão é igual nas duas extremidades — é isso que fecha o sistema de equações. Aplica-se $F_{res} = ma$ em cada eixo, resolve-se, e conclui-se. Por fim **avalia-se** o resultado: unidades corretas, sentido plausível e comportamento esperado quando um parâmetro tende para zero ou para o infinito.

© 2026 Estudantices