Componentes Normal e Tangencial em Movimento Circular

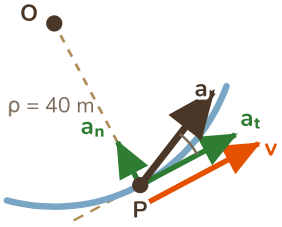
12.º Ano | Física | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: identificar as componentes normal e tangencial da aceleração em movimentos circulares, relacionar a_n com v^2/ρ, distinguir os casos de velocidade crescente, uniforme e diminutiva e interpretar um diagrama vetorial de aceleração em três situações.

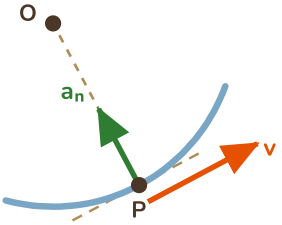
Revisão rápida

- **Normal:** $a_n = v^2/\rho$ — direção: para o **centro de curvatura**, sempre perpendicular a v. Só altera a **direção** do movimento; sem curva (ρ infinito) não existe.
- **Tangencial:** $a_t = dv/dt$ — direção: **tangente** à trajetória, no sentido do movimento se v aumenta e contra ele se diminui. Só altera o **módulo** de v.
- **Resultante:** $a = \sqrt{(a_n^2 + a_t^2)} \cdot tg\ \alpha = a_n/a_t$ (α é o ângulo entre a e a tangente).
- **Casos:** crescente (a_t no sentido de v) · uniforme ($a_t = 0$ e $a = a_n$) · diminutiva (a_t em sentido oposto). No uniforme, $T = 2\pi\rho/v$.

(a) Velocidade a aumentar
v = 6,0 m/s · a_t = 2,0 m/s²



(b) Velocidade uniforme
v = 8,0 m/s · a_t = 0



(c) Velocidade a diminuir
v = 7,0 m/s · a_t = 1,5 m/s²

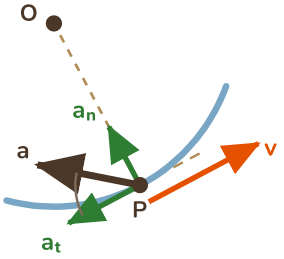


Figura 1 — Três movimentos distintos passam pelo mesmo ponto P da mesma trajetória (ρ = 40 m): (a) velocidade a aumentar, (b) velocidade uniforme, (c) velocidade a diminuir. Velocidade a laranja, componentes da aceleração a verde, resultante a castanho; escala comum **20 px = 1 m/s²**. A tracejado: tangente e raio até O.

Exercícios — leitura dos diagramas

1. V/F — justifica com os painéis da Figura 1: a) A componente normal a_n é perpendicular à velocidade em todos os painéis. ( ) b) No painel (b) o módulo de v mantém-se constante. ( ) c) No painel (c) a componente a_t tem o mesmo sentido que v. ( ) d) Em (a) a resultante a está mais próxima da tangente do que da normal. ( )

2. Completar por painel: em (a) a_t tem ____ sentido de v e o módulo de v ____ · em (b) a_t = ____ e o módulo de v ____ · em (c) a_t tem ____ sentido de v e o módulo de v ____. Em todos, a_n aponta para o ponto ____.

3. Com ρ = 40 m, calcula $a_n = v^2/\rho$ em cada painel: (a) ____ m/s² · (b) ____ m/s² · (c) ____ m/s². Confirma depois com a escala da figura (20 px = 1 m/s²): os comprimentos são ____ px, ____ px e ____ px.

4. Painel (b) — movimento circular uniforme: a) confirma a_n com v = 8,0 m/s b) calcula o período $T = 2\pi\rho/v$ c) deduz a frequência $f = 1/T$.

5. Painel (a): a) calcula a resultante $a = \sqrt{(a_n^2 + a_t^2)}$ b) calcula o ângulo α que a faz com a tangente (o ângulo assinalado) c) descreve a posição do vetor a face a v e a a_n.

6. Painel (c): a) calcula a resultante a b) calcula α com a tangente c) porque é que α é maior do que no painel (a)? Compara as razões a_n/a_t.

7. Comparação (segurança rodoviária): um automóvel circula a v = 10,0 m/s numa curva de raio ρ = 40 m e depois numa de ρ = 100 m. a) calcula a_n em cada curva b) para m = 1200 kg, que força resultante (aderência) é necessária em cada caso? c) porque é que as curvas fechadas exigem mais aderência?

© 2026 Estudantices

8. Força e quadruplicação: no painel (b), que resultante age sobre um corpo de m = 1200 kg? Se a velocidade dobrar de 8,0 para 16,0 m/s (mesma curva), o que acontece a a_n e à resultante?

9. Roda gigante: num loop vertical de raio 8,0 m, um carrinho passa no ponto mais alto com v = 4,0 m/s. a) calcula a_n b) em que direção aponta a resultante no topo? E no ponto mais baixo?

10. Papéis das componentes: identifica, em cada painel, os vetores que alteram a direção e os que alteram o módulo de v. Completa: a componente normal altera apenas a ____; a componente tangencial altera apenas o ____. No painel (b) só existe a componente ____.

11. Esboço com escala: desenha (rascunho, sem necessidade de régua) o painel equivalente a (b) para v = 12,0 m/s na mesma curva: qual é o novo a_n e que comprimento teria o vetor à escala de 20 px = 1 m/s²? Comparando com (b), o vetor v da figura fica igual, maior ou menor? E a_n?

12. Desenvolvimento. Explica, com base na Figura 1, porque é que um movimento circular não uniforme se estuda com duas componentes de aceleração com papéis distintos, o que significaria a_t = 0 em qualquer dos painéis e porque é que a aderência dos pneus está ligada sobretudo à componente normal.

© 2026 Estudantices

Soluções — Componentes Normal e Tangencial em Movimento Circular

1. a) **V** — em todos os painéis a_n é perpendicular à trajetória (e portanto a v), apontando de P para O. b) **V** — não há a_t: com $a_t = 0$ o módulo de v não varia. c) **F** — a_t aponta para trás, contra v (é isso que faz abrandar). d) **V** — em (a), $\alpha = 24{,}2° < 45°$, logo a resultante está mais próxima da tangente ($a_t = 2{,}0 > a_n = 0{,}9$).

2. (a) **mesmo** sentido · **aumenta** · (b) **0** · **mantém-se** · (c) **oposto** · **diminui**. Em todos, a_n aponta para **O** (o centro de curvatura).

3. (a) $a_n = 6^2/40 =$ **0,90 m/s²** · (b) $8^2/40 =$ **1,60 m/s²** · (c) $7^2/40 = 49/40 =$ **1,23 m/s²**. Pela escala: **18 px**, **32 px** e **24,5 px** — os comprimentos desenhados.

4. a) $a_n = 1{,}6$ m/s² (confirma 3b) b) $T = 2\pi \times 40/8{,}0 = 31{,}4$ s c) $f = 1/31{,}4 =$ **0,032 Hz** (≈ 1 volta a cada 31,4 s — movimento lento, como numa roda gigante).

5. a) $a = \sqrt{(0{,}90^2 + 2{,}0^2)} = \sqrt{(0{,}81 + 4{,}0)} = \sqrt{4{,}81} =$ **2,19 m/s²** ≈ 2,2 m/s² b) $tg\,\alpha = 0{,}90/2{,}0 = 0{,}45 \rightarrow \alpha =$ **24,2°** com a tangente c) a fica entre v (tangente) e a_n, do lado do centro e à frente do sentido do movimento — por isso o corpo acelera *e* curva.

6. a) $a = \sqrt{(1{,}23^2 + 1{,}5^2)} = \sqrt{(1{,}51 + 2{,}25)} = \sqrt{3{,}76} =$ **1,94 m/s²** ≈ 1,9 m/s² b) $tg\,\alpha = 1{,}225/1{,}5 = 0{,}82$ (com a_n exato) → $\alpha =$ **39,2°**, do lado oposto ao movimento c) porque a razão a_n/a_t é maior: 0,82 (em c) > 0,45 (em a) — a componente normal pesa mais relativamente à tangencial, logo a resultante se afasta mais da tangente.

7. a) $\rho = 40$ m: $a_n = 100/40 =$ **2,5 m/s²** · $\rho = 100$ m: $a_n = 100/100 =$ **1,0 m/s²** b) $F = m \cdot a_n \rightarrow$ **3000 N** e **1200 N** c) para a mesma velocidade, $a_n = v^2/\rho$ é inversamente proporcional a ρ: quanto mais fechada a curva, maior a resultante que a aderência tem de fornecer.

8. $F = 1200 \times 1{,}6 =$ **1920 N ≈ 1,9 kN**. Se v dobra: $a_n = 16^2/40 =$ **6,4 m/s²** (quatro vezes maior — $a_n \propto v^2$) e $F = 1200 \times 6{,}4 =$ **7680 N ≈ 7,7 kN** (também 4×).

9. a) $a_n = 4^2/8 =$ **2,0 m/s²** b) no topo, a_n aponta para o centro do loop — **verticalmente para baixo**; no ponto mais baixo, **verticalmente para cima**. Em ambos os casos a resultante é a soma de a_n com as outras forças (peso, sustentação) na direção radial.

10. Alteram a **direção**: a_n (verde, para O) — em todos os painéis. Alteram o **módulo**: a_t (verde, sobre a tangente) — em (a) e (c). Completar: **direção** · **módulo** · no painel (b) só existe **normal (a_n)**.

11. $a_n = 12^2/40 = 144/40 =$ **3,6 m/s²** → comprimento = 3,6 × 20 = **72 px** (2,25× o vetor de (b), porque 12/8 = 1,5 e $1{,}5^2 = 2{,}25$). O vetor v mantinha o **mesmo** comprimento (a figura desenha v sempre com o mesmo tamanho; o que cresce é a_n).

12. (modelo) A figura mostra que a aceleração cumprir dois papéis independentes: a_n (para O, perpendicular a v) muda apenas a direção — é a que faz o corpo curvar e é necessária em qualquer curva; a_t (sobre a tangente) muda apenas o módulo — acelera em (a), é nula em (b), abranda em (c). Se $a_t = 0$ em qualquer painel, obtém-se o painel (b): movimento circular uniforme, com $a = a_n$ constante em módulo e $T = 2\pi\rho/v$. A aderência dos pneus é uma força horizontal fornecida pela pista *sobre* da trajetória: é ela que permite a resultante radial exigida por $a_n = v^2/\rho$ (junto com o peso, na componente vertical) — se a pista não a fornecer (piso molhado, velocidade excessiva), o carro não descreve a curva e segue por uma tangente.