Trajetória do Projétil e Equações Paramétricas

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

Competências que desenvolve: interpretar graficamente a trajetória de um projétil, ler e completar uma figura cotada (vetores, componentes e coordenadas), extrair grandezas de um gráfico e ligá-las às equações paramétricas do movimento com resultante constante.

Revisão rápida (g = 10 m/s², valor didático)

- **Equações paramétricas** (resultante constante): $x = v_{0_x} t$ · $y = v_{0_y} t - \frac{1}{2} g t^2$ · $v_x = v_{0_x}$ (constante) · $v_y = v_{0_y} - g t$.
- **Componentes iniciais:** $v_{0_x} = v_0 \cos\theta$ · $v_{0_y} = v_0 \operatorname{sen}\theta$; no ponto mais alto $v_y = 0$ e $v = v_{0_x}$.
- **Aceleração:** constante e vertical, $a_x = 0$ e $a_y = -g$ — é por isso que os pontos a intervalos iguais de t têm *espaçamento horizontal igual*.
- **Altura máxima e alcance:** $H = v_{0_y}^2 / 2g$ · $R = v_{0_x} \cdot t_{total}$ · a trajetória é uma **parábola** (resultante fora da direção de v_0).

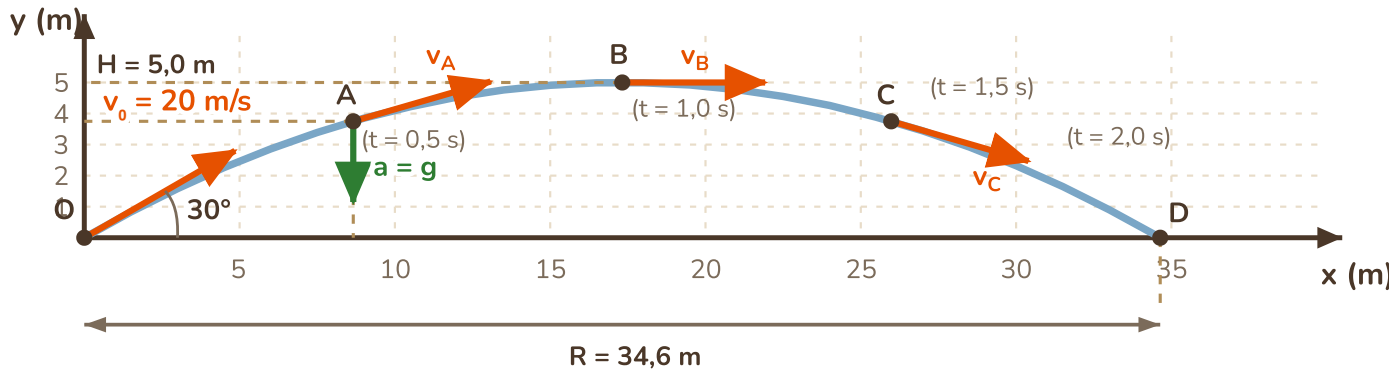


Figura 1 — Trajetória de um projétil lançado com v_0 = 20 m/s a 30° da horizontal (g = 10 m/s², valor didático). Intervalos de t iguais a 0,5 s nos pontos A–D.

Exercícios — leitura da figura

1. V/F — justifica as falsas com base na Figura 1: a) A trajetória é uma parábola porque a resultante (o peso) tem direção diferente de v_0. ( ) b) Em B a velocidade é horizontal. ( ) c) Em C a componente vertical da velocidade é positiva. ( ) d) A aceleração em A tem módulo superior à aceleração em C. ( )

2. Completar a partir do vetor v_0 da figura: $v_{0_x} = v_0 \cos 30° =$ ____ m/s · $v_{0_y} = v_0 \operatorname{sen} 30° =$ ____ m/s. Confirma com a leitura de B: no ponto mais alto $v =$ ____ m/s.

3. Escreve as equações paramétricas $x(t)$ e $y(t)$ com os valores lidos na figura (origem em O). Em que instante a trajetória atinge y = 5,0 m? Confirma com o ponto B.

4. Coordenadas do ponto A (t = 0,5 s): lê as projeções tracejadas da figura e escreve $x_A \approx$ ____ m e $y_A \approx$ ____ m. Depois confirma com as equações do exercício 3: x(0,5 s) = ____ m · y(0,5 s) = ____ m.

5. Ponto B (t = 1,0 s): a) qual é a direção do vetor v_B na figura e porquê? b) que valor tem o seu módulo? c) que valor tem v_y em B e o que é que isso implica para a altura atingida?

6. Ponto C (t = 1,5 s): a) calcula as componentes v_x e v_y b) deduz o módulo de v_C c) calcula o ângulo que v_C faz com a horizontal e confirma o sentido do vetor desenhado.

7. Aceleração: a) lê na figura o módulo e o sentido do vetor a em A b) escreve as componentes a_x e a_y c) a aceleração em C é maior, menor ou igual à de A? Justifica.

8. Cotas da figura: a) lê a altura máxima H e confirma com $H = v_{0y}^2/2g$ b) lê o alcance R e confirma com $R = v_{0x} \cdot t_{total}$.

© 2026 Estudantices

9. Simetria da figura: a) compara y em A e em C b) compara os módulos e os ângulos de v_A e v_C c) a velocidade com que o projétil aterra em D é igual, inferior ou superior à de lançamento? Justifica usando a figura.

10. Espaçamento igual: calcula o deslocamento horizontal entre instantes consecutivos da figura (O→A, A→B, B→C, C→D, separados por 0,5 s). O que é que esse espaçamento constante revela sobre o movimento horizontal?

11. Trajetória $y(x)$: elimina o tempo nas equações do exercício 3 e escreve y em função de x. Verifica que $y = 0$ quando $x = R$ — ou seja, que a parábola aterra exatamente no ponto D.

12. Desenvolvimento. Explica, a partir da Figura 1, porque é que o movimento do projétil se pode estudar como dois movimentos independentes e porque é que a resultante constante origina uma trajetória parabólica e não uma reta.

© 2026 Estudantices

Soluções — Trajetória do Projétil e Equações Paramétricas

1. a) **V** — v_0 tem componente vertical e a resultante (peso) é vertical: a combinação de um movimento uniforme horizontal com um acelerado vertical dá parábola. b) **V** — em B, $v_y = 0$ (o vetor desenhado é horizontal) porque é o ponto mais alto. c) **F** — o corpo desce: $v_y = 10 - 10\times1{,}5 =$ **−5,0 m/s** (sentido negativo). d) **F** — a aceleração é constante: $a_A = a_C = 10$ m/s².

2. $v_{0_x} = 20 \cos 30° =$ **17,3 m/s** · $v_{0_y} = 20 \operatorname{sen} 30° =$ **10,0 m/s**. Em B, $v =$ **17,3 m/s** $= v_{0_x}$ (só resta a componente horizontal).

3. $\boldsymbol{x(t) = 17{,}3\,t}$ (em m) e $\boldsymbol{y(t) = 10\,t - 5\,t^2}$ (em m). $y = 5{,}0$ m $\Leftrightarrow 5t^2 - 10t + 5 = 0 \Leftrightarrow (t-1)^2 = 0 \Leftrightarrow \boldsymbol{t = 1{,}0}$ **s** — coincide com B.

4. Leitura: $x_A \approx$ **8,7 m** · $y_A \approx$ **3,8 m**. Cálculo: $x(0{,}5) = 17{,}3 \times 0{,}5 =$ **8,66 m** · $y(0{,}5) = 10\times0{,}5 - 5\times0{,}25 =$ **3,75 m** — leitura e cálculo coincidem dentro do erro de leitura do gráfico.

5. a) v_B é **horizontal** — em B o movimento vertical inverte-se, $v_y = 0$. b) $v_B = v_{0_x} =$ **17,3 m/s**. c) $v_y =$ **0**: é o ponto mais alto (y máximo = H = 5,0 m).

6. a) $v_x =$ **17,3 m/s** (constante) · $v_y = 10 - 10\times1{,}5 =$ **−5,0 m/s** b) $v_C = \sqrt{(17{,}3^2 + 5{,}0^2)} = \sqrt{(300 + 25)} =$ **18,0 m/s** c) $tg\,\alpha = 5{,}0/17{,}3 \rightarrow \alpha =$ **16,1°** *abaixo* da horizontal — igual ao ângulo de v_A, mas com sentido descendente (como o vetor desenhado).

7. a) $\boldsymbol{a}$ **= 10 m/s², vertical para baixo** (igual a g) b) $a_x =$ **0** · $a_y =$ **−10 m/s²** c) **igual** — a aceleração é constante ao longo de toda a trajetória (só a velocidade varia).

8. a) Leitura: $H =$ **5,0 m**; cálculo: $H = 10^2/(2\times10) =$ **5,0 m** ✓ b) Leitura: $R =$ **34,6 m**; cálculo: $t_{total} = 2\times10/10 = 2{,}0$ s → $R = 17{,}3\times2{,}0 =$ **34,6 m** ✓

9. a) $y_A = y_C =$ **3,75 m** — A e C estão simétricos em torno de B b) mesmos módulos (**18,0 m/s**) e mesmos ângulos (16,1°), *acima* em A e *abaixo* em C c) **igual**: em D, $v = \sqrt{(17{,}3^2 + 10^2)} =$ **20 m/s**, a 30° abaixo da horizontal — a simetria da parábola devolve o lançamento (a aceleração constante só troca o sinal de v_y).

10. $\Delta x = v_{0_x} \times 0{,}5 = 17{,}3 \times 0{,}5 =$ **8,66 m** em todos os intervalos (0→8,7→17,3→26,0→34,6 m). Espaçamento constante ⇒ **movimento horizontal uniforme** ($a_x = 0$): a gravidade não atua na horizontal.

11. $t = x/17{,}3$ substituído em $y = 10t - 5t^2$: $\boldsymbol{y(x) = 0{,}577\,x - 0{,}0167\,x^2}$ **(parábola com ramo descendente). Para x = R = 34,6 m: $y = 0{,}577\times34{,}6 - 0{,}0167\times34{,}6^2 = 19{,}96 - 19{,}99 \approx 0$ ✓ — o gráfico aterra em D.**

12. (modelo) A figura mostra duas independentes: na horizontal, os pontos A–D estão igualmente espaçados (8,66 m a cada 0,5 s) — movimento uniforme, porque $a_x = 0$; na vertical, v_y diminui de 10 para 0 m/s (O→B) e depois cresce em módulo até −10 m/s (B→D) — movimento uniformemente retardado e depois acelerado, porque $a_y = -g$. Como as duas direções não interferem, soma-se o resultado de cada uma: x cresce com t e y com t e t^2; eliminando o tempo obtém-se $y(x)$ com t^2 → parábola. A resultante (peso) está fora da direção de v_0, e é isso que curva a trajetória.