



universidade  
de aveiro

departamento de física

# MECÂNICA E CAMPO ELETROMAGNÉTICO

ano letivo 2024/2025

**Capítulo 1. Fundamentos de Mecânica Clássica**

**1.1 Cinemática da partícula**

1. A posição de um objeto que se move segundo uma linha reta é dada por:

$$x = 3,0t - 4,0t^2 + t^3$$

em que  $x$  é expresso em metros e  $t$  em segundos.

- Calcule a posição do objeto para  $t = 1, 2, 3$  e  $4$  s.
- Qual o espaço percorrido entre  $t = 0$  e  $t = 4$  s?
- Qual a velocidade média no intervalo de tempo  $t = 2$  e  $t = 4$  s?
- Determine a expressão para a velocidade em função do tempo.

2. Um carro parte do repouso com uma aceleração de  $4 \text{ m.s}^{-2}$  durante  $4$  s. Durante os  $10$  s seguintes, move-se com movimento uniforme. Em seguida, aplicam-se os travões e o carro trava com aceleração de  $8 \text{ m.s}^{-2}$  até parar.

- Represente graficamente a velocidade em função do tempo.
- Determine a distância percorrida, desde a partida.

3. As coordenadas de um corpo são  $x = 2\text{sen}(\omega t)$  e  $y = 2\text{cos}(\omega t)$ , onde  $x$  e  $y$  estão em centímetros.

- Estabeleça a equação da trajetória, em coordenadas cartesianas.
- Determine o valor da velocidade, num instante qualquer.
- Determine as componentes tangencial e normal da aceleração, num instante qualquer.
- Identifique o tipo de movimento descrito pelas equações.

4. Confirme a expressão da aceleração centrípeta por análise dimensional.

5. A aceleração de um corpo que se move ao longo de uma linha reta é dada por:

$$\vec{a} = (4 - t^2) \hat{i}$$

em que as unidades da  $a$  são  $\text{m.s}^{-2}$  e de  $t$  são segundos. Determinar a velocidade e a posição em função do tempo, sabendo que para  $t = 3$  s, temos  $v = 2 \text{ m.s}^{-1}$  e  $x = 9$  m.

6. Dois projéteis são lançados, simultaneamente, um para cima na direção vertical, e outro numa direção que faz um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal. Determine a relação das velocidades iniciais para que, quando o primeiro atinja o solo, o segundo atinja a altura máxima. Verifique que esta relação se reduz a metade se os dois projéteis atingirem simultaneamente o solo.

7. Um projétil é lançado com uma velocidade de  $100 \text{ m.s}^{-1}$ , fazendo um ângulo de  $60^\circ$  com a horizontal. Calcule:

- o alcance do projétil.
- a altura máxima.
- a velocidade e a altura  $10$  s, após o lançamento.

8. Determine o valor da velocidade e a aceleração centrípeta da Terra no seu movimento em torno do Sol. O raio da órbita da Terra é de  $1,49 \times 10^{11}$  m.

9. Um corpo desloca-se num arco de circunferência de raio  $r = 1,0$  m no plano  $OXY$ , segundo

$$s(t) = 2t - t^2$$

Em  $t=0$  encontra-se na origem  $(0,0)$  e o sentido positivo de  $s(t)$  é o sentido retrógrado.

Determine, usando coordenadas cartesianas:

- o vetor de posição da partícula em qualquer instante.
- o vetor velocidade em qualquer instante.
- o vetor aceleração em qualquer instante.
- as componentes, tangencial e normal da aceleração em  $t=0,5$  s.
- a distância percorrida até  $t=2$  s. Qual é a posição?

10. Um corpo descreve uma trajetória circular de raio igual a 2 m, com velocidade angular

$$\omega = 3t + 1$$

onde  $t$  é expresso em segundos.

- Calcule o vetor aceleração do corpo, no instante  $t = 1$  s (valor e ângulo do vetor com a tangente à circunferência).
- Determine a equação que descreve o espaço percorrido, em função do tempo.

### Soluções de I.1.1

1- a)  $\vec{x}(1) = 0\vec{e}_x$  m;  $\vec{x}(2) = -2\vec{e}_x$  m;  $\vec{x}(3) = 0\vec{e}_x$  m;  $\vec{x}(4) = 12\vec{e}_x$  m; b)  $d = 17,5$  m;

c)  $\|\vec{v}_{med}\| = 7 \text{ m.s}^{-1}$  d)  $\vec{v} = (3,0 - 8,0t + 3t^2)\vec{e}_x \text{ m.s}^{-1}$

2- b)  $d = 208$  m

3- a)  $x^2 + y^2 = 4$ ; b)  $2 \omega \text{ cm.s}^{-1}$ ; c)  $a_T = 0$ ,  $a_N = 2 \omega^2 \text{ cm.s}^{-2}$

4-  $a_N = v^2/r$ ;  $[L][T]^{-2} = ([L][T]^{-1})^2/[L]$

5-  $\vec{v} = (-1 + 4t - t^3/3)\hat{i} \text{ m.s}^{-1}$ ;

$\vec{x} = (0,75 - t + 2t^2 - t^4/12)\vec{e}_x \text{ m}$

6-  $\|\vec{v}_{01}\| / \|\vec{v}_{02}\| = 1/4$ ;

$$\|\vec{v}_{01}\| / \|\vec{v}_{02}\| = 1/2$$

7- a)  $x(2t_h) = 884$  m; b)  $h = 383$  m; c)  $v(10) = 51,3 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $h(10) = 376$  m

8-  $\|\vec{v}\| = 2,97 \times 10^4 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $a_c = 5,9 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$

9- a)  $\vec{r} = -1 + \cos(2t - t^2)\vec{e}_x + \sin(2t - t^2)\vec{e}_y$ ; b)  $\vec{v}_x = -(2 - 2t)\sin(2t - t^2)\vec{e}_x$ ;

$$\vec{v}_y = (2 - 2t)\cos(2t - t^2)\vec{e}_y; \|\vec{v}\| = 2 - 2t$$

c)  $\vec{a}_x = -(2 - 2t)^2\cos(2t - t^2) + 2\sin(2t - t^2)\vec{e}_x$ ;

$$\vec{a}_y = -(2 - 2t)^2\sin(2t - t^2) - 2\cos(2t - t^2)\vec{e}_y$$

d)  $\vec{a}_T = -2u_t \hat{m.s}^{-2}$ ;  $\vec{a}_N = 1 u_n \hat{m.s}^{-2}$  e)  $d=2$ m;  $s=0$ ; ponto (0,0)

10- a)  $\vec{a}(1) = 6 u_t \hat{+} 32 u_n \hat{}$ ;  $\|\vec{a}(1)\| = 32,6 \text{ m/s}^2$ ;  $\phi = 79,4^\circ$ ;

b)  $s(t) = 2t + 3t^2$