

Chương 3

Chuyển động biến đổi



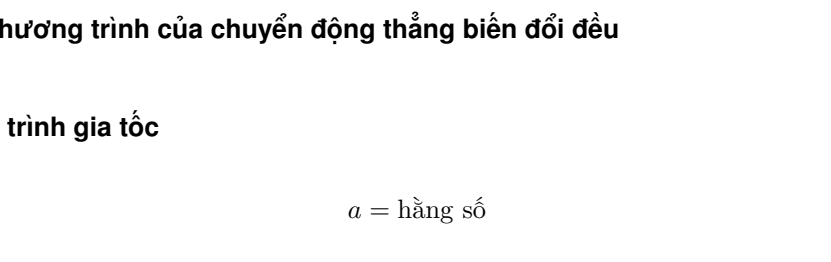
Bài 7: Gia tốc. Chuyển động thẳng biến đổi đều

Chuyển động thẳng biến đổi đều

I Lý thuyết

1 Chuyển động thẳng biến đổi đều

- Chuyển động thẳng biến đổi đều là chuyển động có
 - quỹ đạo là đường thẳng
 - độ lớn của vận tốc tức thời tăng đều hoặc giảm đều theo thời gian.



Hình 1: Minh họa chuyển động thẳng biến đổi đều của một ô tô với gia tốc 3 m/s^2 .

Chuyển động thẳng nhanh dần đều	Chuyển động thẳng chậm dần đều
Tốc độ tăng đều theo thời gian \vec{a} và \vec{v} cùng chiều, $a \cdot v > 0$	Tốc độ giảm đều theo thời gian \vec{a} và \vec{v} ngược chiều, $a \cdot v < 0$

2 Các phương trình của chuyển động thẳng biến đổi đều

Phương trình gia tốc

$$a = \text{hằng số}$$



Lưu ý

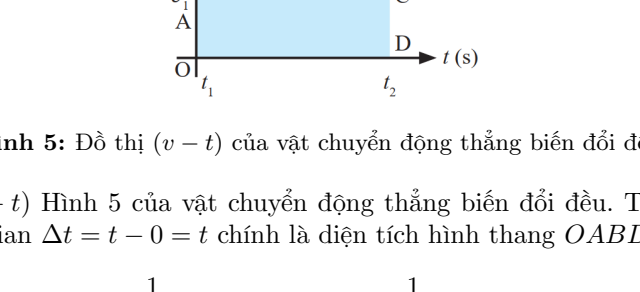
- Nếu chọn chiều chuyển động là chiều dương
- $a > 0$: vật chuyển động nhanh dần đều.
 - $a < 0$: vật chuyển động chậm dần đều.

Phương trình vận tốc

Xét tại thời điểm $t_0 = 0$, vật chuyển động với vận tốc v_0 và gia tốc a . Tại thời điểm t , vật có vận tốc

$$v = v_0 + at, \quad (1)$$

Trong chuyển động thẳng biến đổi đều gia tốc a có giá trị không đổi, vận tốc tức thời v là hàm bậc nhất theo t nên đồ thị vận tốc - thời gian có dạng là một nửa đường thẳng.



Hình 2: Đồ thị vận tốc - thời gian của vật chuyển động thẳng biến đổi đều. Hình a) Vật chuyển động nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ; Hình b) Vật chuyển động thẳng nhanh dần đều; Hình c) Vật chuyển động thẳng chậm dần đều.

Nếu trong quá trình chuyển động vật có đổi chiều chuyển động thì đồ thị vận tốc - thời gian có dạng:

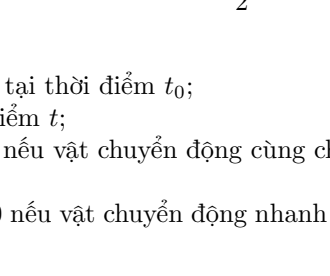


Hình 3: Đồ thị hướng lên trên: $a > 0$



Hình 4: Đồ thị hướng xuống dưới: $a < 0$

3 Phương trình độ dịch chuyển



Hình 5: Đồ thị $(v - t)$ của vật chuyển động thẳng biến đổi đều.

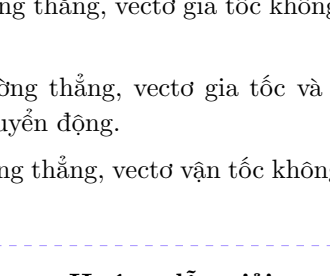
Dựa vào đồ thị $(v - t)$ Hình 5 của vật chuyển động thẳng biến đổi đều. Ta có độ dịch chuyển trong khoảng thời gian $\Delta t = t - 0 = t$ chính là diện tích hình thang $OABD$:

$$d = \frac{1}{2} (OA + BD) \cdot OD = \frac{1}{2} (v + v_0) \cdot t$$

Mà $v = v_0 + at$ Ta rút ra được phương trình độ dịch chuyển của vật:

$$d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Đồ thị $(d - t)$ của chuyển động thẳng biến đổi đều được biểu diễn trong Hình 6 là một nhánh parabol.



Hình 6: Đồ thị $(d - t)$ của vật chuyển động thẳng biến đổi đều.

Nếu tại thời điểm t_0 , vật ở vị trí x_0 so với gốc tọa độ. Do $d = x - x_0$, ta rút ra được phương trình xác định tọa độ của vật chuyển động thẳng biến đổi đều

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

trong đó:

- x_0 : tọa độ ban đầu của vật tại thời điểm t_0 ;
- x : tọa độ của vật tại thời điểm t ;
- v_0 : vận tốc của vật ($v_0 > 0$ nếu vật chuyển động cùng chiều dương, $v_0 < 0$ nếu vật chuyển động ngược chiều dương);
- a : gia tốc của vật ($a \cdot v_0 > 0$ nếu vật chuyển động nhanh dần đều, $a \cdot v_0 < 0$ nếu vật chuyển động chậm dần đều).

4 Phương trình liên hệ giữa gia tốc, vận tốc và độ dịch chuyển

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot d$$

II Mục tiêu bài học - Ví dụ minh họa

Mục tiêu 1:

Nhận biết được đặc điểm của chuyển động thẳng biến đổi đều

Ví dụ 1

Chuyển động thẳng biến đổi đều là chuyển động

- A. có quỹ đạo là đường thẳng, vectơ gia tốc bằng không.
- B. có quỹ đạo là đường thẳng, vectơ gia tốc không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động.
- C. có quỹ đạo là đường thẳng, vectơ gia tốc và vận tốc không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động.
- D. có quỹ đạo là đường thẳng, vectơ vận tốc không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động.

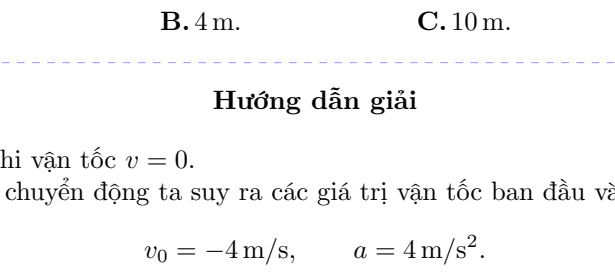
Hướng dẫn giải

Chuyển động thẳng biến đổi đều là chuyển động có quỹ đạo là đường thẳng, vectơ gia tốc không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động.

Đáp án: B.

Ví dụ 2

Đồ thị nào sau đây là của chuyển động thẳng biến đổi?



Hướng dẫn giải

Hình a) và b): Đồ thị $(d - t)$ là một đường thẳng thay đổi theo t , do đó đây là chuyển động thẳng đều.

Hình d): Đồ thị $(v - t)$ là một đường thẳng song song với trục Ot . Do đó, vận tốc không thay đổi theo thời gian. Đây là chuyển động thẳng đều.

Hình c): Đồ thị $(v - t)$ là có dạng đường thẳng thay đổi theo t . Do đó, vận tốc là hàm bậc nhất của thời gian. Đây là chuyển động thẳng biến đổi đều.

Mục tiêu 2:

Xác định quãng đường, vận tốc, gia tốc, thời gian thông qua phương trình chuyển động

Ví dụ 1

Một vật chuyển động có phương trình tọa độ theo thời gian: $x = 6t^2 - 18t + 12$ (cm, s). Hãy xác định:

- a. Vận tốc đầu, gia tốc của chuyển động và cho biết tính chất của chuyển động.
- b. Vận tốc của vật ở thời điểm $t = 2$ s.

Hướng dẫn giải

- a. Đối chiếu phương trình

$$x = 6t^2 - 18t + 12 \text{ cm}$$

với phương trình chuyển động

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

ta suy ra

$$v_0 = -18 \text{ cm/s}; \quad a = 12 \text{ cm/s}^2.$$

Vật chuyển động chậm dần đều do gia tốc và vận tốc trái dấu với nhau.

- b. Thay các giá trị vận tốc và gia tốc đã tìm được vào phương trình vận tốc, ta suy ra vận tốc của vật ở thời điểm $t = 2$ s

$$v = v_0 + at = -18 \text{ cm/s} + 12 \text{ cm/s}^2 \cdot 2 \text{ s} = 6 \text{ cm/s}.$$

Ví dụ 2

Một vật chuyển động thẳng có phương trình tọa độ theo thời gian: $x = 4t^2 + 20t$ (m). Xác định độ dịch chuyển của vật từ thời điểm $t_1 = 2$ s đến thời điểm $t_2 = 5$ s.

Hướng dẫn giải

Vị trí của vật ở thời điểm 2 s

$$x_1 = 4t_1^2 + 20t_1 = 56 \text{ m}.$$

Vị trí của vật ở thời điểm 5 s

$$x_2 = 4t_2^2 + 20t_2 = 200 \text{ m}.$$

Độ dịch chuyển của vật trong thời gian từ 2 s đến 5 s là:

$$d = x_2 - x_1 = 144 \text{ m}.$$

Ví dụ 3

Vật chuyển động thẳng có phương trình: $x = 2t^2 - 4t + 10$ (đơn vị của x và t lần lượt là mét và giây). Vật sẽ dừng lại tại vị trí

- A. 6 m. B. 4 m. C. 10 m. D. 8 m.

Hướng dẫn giải

Vật sẽ dừng lại khi vận tốc $v = 0$.

Từ phương trình chuyển động ta suy ra các giá trị vận tốc ban đầu và gia tốc

$$v_0 = -4 \text{ m/s}, \quad a = 4 \text{ m/s}^2.$$

Sử dụng phương trình vận tốc, ta suy ra thời điểm vật dừng lại

$$v = v_0 + at = 0 \Rightarrow t = -\frac{v_0}{a} = -\frac{-4 \text{ m/s}}{4 \text{ m/s}^2} = 1 \text{ s}.$$

Thay $t = 1$ s vào phương trình chuyển động ta được vị trí dừng lại của vật

$$x = 2t^2 - 4t + 10 = 8 \text{ m}.$$

Đáp án: D.

Mục tiêu 3:

Áp dụng được công thức liên hệ giữa độ dời, vận tốc, gia tốc

Ví dụ 1

Một xe máy đang đi với $v = 50,4 \text{ km/h}$ bỗng người lái xe thấy có ổ gà trước mắt cách xe $24,5 \text{ m}$. Người ấy phanh gấp và xe đến ổ gà thì dừng lại.

- a. Tính gia tốc.
- b. Tính thời gian phanh.

Hướng dẫn giải

Đơn vị vận tốc được đổi về hệ SI

$$50,4 \text{ km/h} = \frac{50,4 \cdot 10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 14 \text{ m/s}.$$

- a. Gia tốc của xe máy

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot d \Rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d} = \frac{(0 \text{ m/s})^2 - (14 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 24,5 \text{ m}} = -4 \text{ m/s}^2.$$

- b. Thời gian phanh

$$v = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 \text{ m/s} - 14 \text{ m/s}}{-4 \text{ m/s}^2} = 3,5 \text{ s}.$$

Ví dụ 2

Một đoàn tàu bắt đầu chuyển động nhanh dần đều khi đi hết 1 km đầu tiên thì đạt vận tốc $v = 10 \text{ m/s}$. Tính vận tốc đoàn tàu sau khi đi hết 2 km.

Hướng dẫn giải

Gia tốc của đoàn tàu

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot d_1 \Rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d_1} = \frac{(10 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 1000 \text{ m}} = 0,05 \text{ m/s}^2.$$

Vận tốc sau khi đi hết 2 km

$$v_1^2 - v_0^2 = 2a \cdot d_2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{2ad_2 + v_0^2} = \sqrt{2 \cdot 0,05 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ km} + (0 \text{ km/s})^2} = 10\sqrt{2} \text{ m/s}.$$

Mục tiêu 4:

Xây dựng đồ thị vận tốc - thời gian của vật chuyển động thẳng biến đổi đều

Ví dụ 1

Một vật chuyển động có đồ thị vận tốc như hình vẽ. Công thức vận tốc và công thức đường đi của vật là

- A. $v = t, s = \frac{1}{2}t^2$. B. $v = 20 + t, s = 20t + \frac{1}{2}t^2$.
- C. $v = 20 - t, s = 20t - \frac{1}{2}t^2$. D. $v = 40 - 2t, s = 40t - \frac{1}{2}t^2$.

Hướng dẫn giải

Đồ thị vận tốc - thời gian có dạng đường thẳng với hệ số góc khác không nên đây là đồ thị mô tả chuyển động thẳng biến đổi đều.

Gia tốc của vật được tính theo công thức

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{40 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}}{20 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2.$$

Phương trình vận tốc có dạng

$$v = v_0 + at = 20 + t \text{ (m/s, s)}.$$

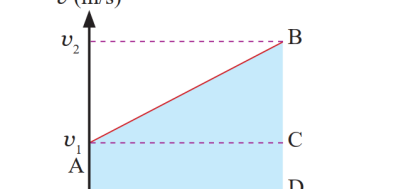
Công thức tính quãng đường đi được

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = 20t + \frac{1}{2} t^2 \text{ (m, s)}.$$

Đáp án: B.

Ví dụ 2

Một xe đạp đang chuyển động với vận tốc 5 m/s thì hãm phanh chuyển động chậm dần đều có đồ thị vận tốc theo thời gian sau. Tính quãng đường đi được từ lúc hãm phanh cho đến khi dừng lại.



Hướng dẫn giải

Gia tốc của vật là

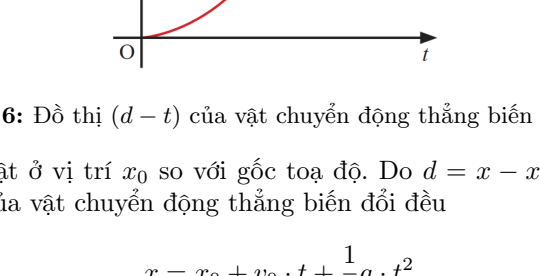
$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 5 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -0,5 \text{ m/s}^2.$$

Quãng đường đi được từ lúc hãm phanh cho đến khi dừng lại là:

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot d \Rightarrow s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{(0 \text{ m/s})^2 - (5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot (-0,5 \text{ m/s}^2)} = 25 \text{ m}.$$

Ví dụ 3

Đồ thị vận tốc thời gian của một vật chuyển động như hình vẽ bên.



- a. Nêu tính chất chuyển động của mỗi giai đoạn.
- b. Lập phương trình vận tốc của mỗi giai đoạn.

Hướng dẫn giải

- a. Tính chất chuyển động của mỗi giai đoạn:

- Trên đoạn AB : chuyển động nhanh dần đều do đồ thị thể hiện vận tốc tăng với hệ số góc không đổi.
- Trên đoạn BC : chuyển động thẳng đều do đồ thị thể hiện vận tốc không thay đổi theo thời gian.
- Trên đoạn CD : chuyển động chậm dần đều đến khi dừng lại do đồ thị thể hiện vận tốc giảm đều về 0.

- b. Phương trình vận tốc của mỗi giai đoạn

$$v_{AB} = 10 + 0,5 \cdot t \text{ m/s} \quad (0 \leq t \leq 10 \text{ s}),$$

$$v_{BC} = 15 \text{ m/s}, \quad (10 \text{ s} < t \leq 30 \text{ s}),$$

$$v_{CD} = 15 - 0,5 \cdot t \text{ m/s} \quad (30 \text{ s} < t \leq 60 \text{ s}).$$

