

24

CHUYỂN ĐỘNG CỦA HỆ VẬT

Đầu tàu hoả kéo các toa tàu, hai đội kéo co đang thi đấu..., đó là hình ảnh của các hệ vật trong thực tế. Trong bài này, ta xét trường hợp hệ gồm hai vật nối với nhau bằng một sợi dây có chiều dài không đổi và có khối lượng không đáng kể.

1. Khái niệm về hệ vật

Để dẫn tới khái niệm về hệ vật, ta xét bài toán sau :

Hai vật khối lượng m_1 và m_2 nối với nhau bằng sợi dây được đặt trên mặt bàn nằm ngang. Hệ số ma sát trượt giữa mặt bàn và mỗi vật là μ_t . Khi lực kéo \vec{F} đặt vào vật m_1 theo phương song song với mặt bàn, dây nối căng, hai vật chuyển động với cùng vận tốc theo chiều của lực \vec{F} . Tính gia tốc chung của hai vật và lực căng của dây nối. Bỏ qua khối lượng và độ biến dạng của dây.

Bài giải

Dưới tác dụng của lực \vec{F} , vật m_1 có gia tốc và bắt đầu chuyển động, dây bị kéo căng và xuất hiện cặp lực căng \vec{T} và \vec{T}' tác dụng lên mỗi vật như trên Hình 24.1 (xem mục 2b của bài 19).

Ta chọn trục toạ độ x' hướng theo lực \vec{F} và áp dụng định luật II Niu-ton cho mỗi vật.

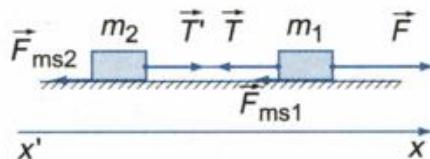
$$F - T - F_{ms1} = m_1 a$$

$$T' - F_{ms2} = m_2 a$$

trong đó : $F_{ms1} = \mu_t m_1 g$; $F_{ms2} = \mu_t m_2 g$; $T = T'$.

Giải hệ trên, ta được gia tốc của hệ :

$$\begin{aligned} a &= \frac{F - (F_{ms1} + F_{ms2})}{m_1 + m_2} = \\ &= \frac{F - \mu_t(m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} \end{aligned}$$

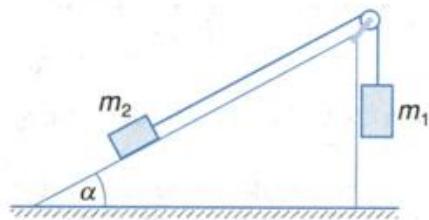


Hình 24.1 Các lực tác dụng trong một hệ vật

Trên hình này, ta chỉ vẽ các lực tác dụng lên mỗi vật theo phương nằm ngang. Trọng lực tác dụng lên mỗi vật được cân bằng bởi phản lực pháp tuyến của mặt bàn, nên ta không vẽ vào hình.

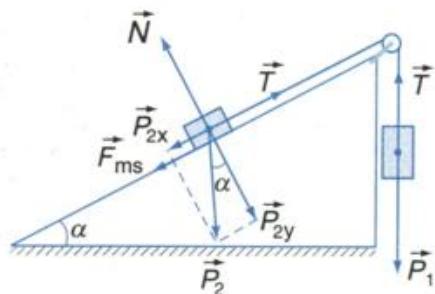
C1 Hãy viết công thức của định luật II Niu-ton cho mỗi vật.

Trong bài toán này, nếu xét hệ gồm hai vật m_1, m_2 và dây nối, thì \vec{T} và \vec{T}' là nội lực, còn lực kéo \vec{F} , các lực ma sát, trọng lực, phản lực pháp tuyến của mặt bàn đều là ngoại lực. Trong biểu thức gia tốc chung của hai vật, chỉ có mặt các ngoại lực mà không có mặt nội lực. Các nội lực không gây ra gia tốc cho hệ vì chúng xuất hiện từng cặp trực đối nhau.



Hình 24.2

C2 Các vật trong hệ ở Hình 24.3 có thể đứng yên hoặc chuyển động theo những khả năng nào? Làm thế nào để biết được khả năng nào xảy ra?



Hình 24.3

và lực căng của dây :

$$T = \frac{m_2 F}{m_1 + m_2}$$

Bài toán này cho ta một ví dụ về hệ vật. Hệ vật là một tập hợp hai hay nhiều vật mà giữa chúng có tương tác.

Lực tương tác giữa các vật trong hệ gọi là nội lực. Lực do vật ở ngoài hệ tác dụng lên vật trong hệ gọi là ngoại lực.

2. Một ví dụ khác về hệ vật

Hệ vật gồm hai vật nối với nhau bằng một sợi dây được bố trí như Hình 24.2. Cho $m_1 = 300\text{ g}$; $m_2 = 200\text{ g}$; $\alpha = 30^\circ$; hệ số ma sát trượt giữa vật m_2 và mặt phẳng nghiêng là $\mu_t = 0,3$.

a) Tính gia tốc của mỗi vật m_1, m_2 khi ta thả cho chúng chuyển động.

b) Tính lực căng của dây.

Bài giải

Trước hết cần nhận xét rằng, dây nối bị kéo về hai phía luôn luôn căng. Mặt khác, chiều dài dây không đổi, nên hai vật luôn luôn có cùng tốc độ và cùng độ lớn gia tốc.

Xét hệ gồm vật 1, vật 2 và sợi dây, ta có

$$P_1 = m_1 g = 0,3 \cdot 9,8 = 2,94\text{ N}$$

Trọng lực \vec{P}_2 có thể phân tích thành hai thành phần :

$$* P_{2x} = m_2 g \sin \alpha = 0,2 \cdot 9,8 \cdot \sin 30^\circ = 0,98\text{ N}$$

P_{2x} có xu hướng làm cho vật 2 trượt xuống.

$$* P_{2y} = m_2 g \cos \alpha$$

P_{2y} nén vật vuông góc với mặt phẳng nghiêng.

Nếu vật 2 trượt trên mặt phẳng nghiêng thì lực ma sát có độ lớn :

$$\begin{aligned} F_{ms} &= \mu_t P_{2y} = \mu_t m_2 g \cos \alpha = 0,3 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot \cos 30^\circ \\ &\approx 0,51\text{ N} \end{aligned}$$

Ta thấy $P_1 > P_{2x} + F_{ms}$, vậy vật 1 sẽ đi xuống, kéo vật 2 trượt lên. Do đó, \vec{F}_{ms} có chiều hướng xuống phía dưới (Hình 24.3).

Ngoài ra, tác dụng lên mỗi vật còn có lực căng của dây. Các lực căng này có cùng độ lớn, gọi chung là T . Áp dụng định luật II Niu-tơn cho từng vật.

$$\text{Với vật 1 : } P_1 - T = m_1 a$$

$$\text{Với vật 2 : } T - P_{2x} - F_{\text{ms}} = m_2 a$$

Giải hệ phương trình này ta được :

$$a = \frac{P_1 - P_{2x} - F_{\text{ms}}}{m_1 + m_2} = \frac{2,94 - 0,98 - 0,51}{0,3 + 0,2} = 2,9 \text{ m/s}^2$$

$$T = P_1 - m_1 a = 2,94 - 0,3 \cdot 2,9 = 2,07 \text{ N}$$

Còn một cách khác để tính giá tốc, dựa trên nhận xét trực quan :

Đối với hệ đang xét, coi \vec{P}_1 là lực phát động, \vec{P}_{2x} và \vec{F}_{ms} là lực cản. \vec{T} và \vec{T}' là những nội lực. Ròng rọc chỉ có tác dụng đổi phương truyền của lực.

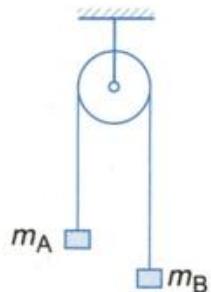
Như vậy :

$$a = \frac{P_1 - P_{2x} - F_{\text{ms}}}{m_1 + m_2}$$

BÀI TẬP

- Cho hệ vật như ở Hình 24.4. Biết $m_A > m_B$. Gia tốc của hai vật là a . Lực căng của dây bằng bao nhiêu ?
 - $m_A g$.
 - $(m_A + m_B)g$.
 - $(m_A - m_B)g$.
 - $m_A(g - a)$.
- Một đầu tàu có khối lượng 50 tấn được nối với hai toa, mỗi toa có khối lượng 20 tấn. Đoàn tàu bắt đầu chuyển động với gia tốc $a = 0,2 \text{ m/s}^2$. Hệ số ma sát lăn giữa bánh xe với đường ray là 0,05. Hãy tính :
 - Lực phát động tác dụng lên đoàn tàu.
 - Lực căng ở những chỗ nối toa.
- Người ta vắt qua một chiếc ròng rọc nhẹ một đoạn dây, ở hai đầu có treo hai vật A và B có khối lượng là $m_A = 260 \text{ g}$ và $m_B = 240 \text{ g}$ (Hình 24.4). Thả cho hệ bắt đầu chuyển động.
 - Tính vận tốc của từng vật ở cuối giây thứ nhất.
 - Tính quãng đường mà từng vật đi được trong giây thứ nhất.

Bỏ qua ma sát ở ròng rọc, coi dây là không dãn.
- Trong ví dụ ở mục 2 của bài, nếu cho m_1 những giá trị khác nhau (các dữ kiện khác giữ nguyên) thì hiện tượng có thể diễn ra theo những khả năng nào ? Tìm phạm vi giá trị của m_1 để xảy ra mỗi khả năng ấy.



Hình 24.4