

5

BÀI TẬP VỀ ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

Phương pháp giải toán về chuyển động quay của vật rắn tương tự như phương pháp giải toán về chuyển động của một chất điểm. Trước hết, chúng ta xác định rõ đối tượng cần khảo sát là vật hay hệ vật nào, lực và momen lực tương ứng nào tác dụng vào vật hay hệ vật.

Từ phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục, ta có thể tính được đại lượng vật lý cần tìm (gia tốc, khối lượng, momen quán tính, lực, momen lực,...).

Phân tích bài toán

a) Chuyển động của bánh xe gồm hai giai đoạn :

– Giai đoạn đầu (10 s đầu) : quay nhanh dần đều.

– Giai đoạn cuối (30 s cuối) : quay chậm dần đều.

$$|M_{ms}| = 0,25M_1 = 0,25 \cdot 20 = 5 \text{ N.m}$$

Vì lực ma sát tạo momen cản làm giảm tốc độ góc, nên :

$$M_{ms} = -5 \text{ N.m}$$

b) Để tính momen quán tính của bánh xe, ta dùng phương trình :

$$M = I\gamma$$

trong đó M là tổng momen lực tác dụng vào bánh xe (giai đoạn quay nhanh dần).

$$M = M_1 + M_{ms}$$

Biết gia tốc góc γ_1 của giai đoạn quay nhanh dần, ta tính được I .

Cách khác : Xét giai đoạn quay chậm dần, ta cũng tính được I .

$$I = \frac{M_{ms}}{\gamma_2} = \frac{-5}{-0,5} = 10 \text{ kg.m}^2$$

Bài tập 1

Một bánh xe đạp chịu tác dụng của một momen lực M_1 không đổi là 20 N.m. Trong 10 s đầu, tốc độ góc của bánh xe tăng đều từ 0 đến 15 rad/s. Sau đó momen M_1 ngừng tác dụng, bánh xe quay chậm dần đều và dừng hẳn lại sau 30 s. Cho biết momen của lực ma sát có giá trị không đổi trong suốt thời gian bánh xe quay và bằng $0,25M_1$.

a) Tính gia tốc góc của bánh xe trong các giai đoạn quay nhanh dần đều và chậm dần đều.

b) Tính momen quán tính của bánh xe đối với trục.

c) Tính động năng quay của bánh xe ở đầu giai đoạn quay chậm dần đều.

Bài giải

a) Gia tốc góc của bánh xe

– Giai đoạn quay nhanh dần đều :

$$\gamma_1 = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\Delta t_1} = \frac{15 - 0}{10} = 1,5 \text{ rad/s}^2$$

– Giai đoạn quay chậm dần đều :

$$\gamma_2 = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t_2} = \frac{0 - 15}{30} = -0,5 \text{ rad/s}^2$$

b) Momen quán tính của bánh xe đối với trục

Tổng momen lực tác dụng vào bánh xe :

$$M = M_1 + M_{ms} = 20 + (-5) = 15 \text{ N.m}$$

$$\text{Từ đó : } I = \frac{M}{\gamma_1} = \frac{15}{1,5} = 10 \text{ kg.m}^2.$$

c) Động năng quay

$$W_d = \frac{1}{2} I \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 15^2 = 1125 \text{ J}$$

Bài tập 2

Một đĩa tròn đồng chất khối lượng $m = 1 \text{ kg}$, bán kính $R = 20 \text{ cm}$ đang quay đều quanh trục vuông góc với mặt đĩa và đi qua tâm của đĩa với tốc độ góc $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$. Tác dụng lên đĩa một momen hãm. Đĩa quay chậm dần đều và dừng lại sau khi đã quay được một góc 10 rad .

a) Tính momen hãm đó.

b) Tính thời gian từ lúc chịu tác dụng của momen hãm đến khi đĩa dừng hẳn.

Bài giải

a) Momen hãm

Gia tốc góc :

$$\gamma = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varphi} = \frac{0 - 10^2}{2 \cdot 10} = -5 \text{ rad/s}^2$$

Momen hãm $M = I\gamma$, với :

$$I = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (0,2)^2 = 0,02 \text{ kg.m}^2$$

ta tính được :

$$M = 0,02 \cdot (-5) = -0,1 \text{ N.m}$$

Dấu trừ chứng tỏ momen hãm có tác dụng làm giảm tốc độ quay của đĩa.

c) Để tính động năng quay của bánh xe đối với trục, dùng công thức

$$W_d = \frac{1}{2} I \omega^2.$$

Phân tích bài toán

Câu a) của bài toán này có thể giải bằng phương pháp năng lượng.

Ta tính momen hãm bằng cách dùng định lí động năng : $\Delta W_d = A$.

Ta có :

$$\Delta W_d = 0 - \frac{1}{2} I \omega_0^2$$

$$A = F_C s = F_C r \varphi = M \varphi$$

trong đó $M = F_C r$ là momen hãm.

Từ đó, theo định lí động năng thì :

$$-\frac{1}{2} I \omega_0^2 = M \varphi$$

Vậy momen hãm là :

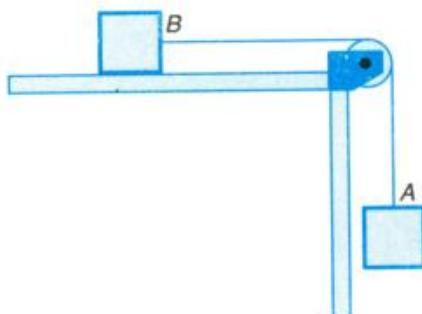
$$M = -\frac{I \omega_0^2}{2\varphi} = -\frac{0,02 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = -0,1 \text{ N.m}$$

b) Thời gian đĩa quay đến khi dừng

Từ công thức $\omega = \omega_0 + \gamma t$, suy ra :

$$t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - 10}{-5} = 2 \text{ s}$$

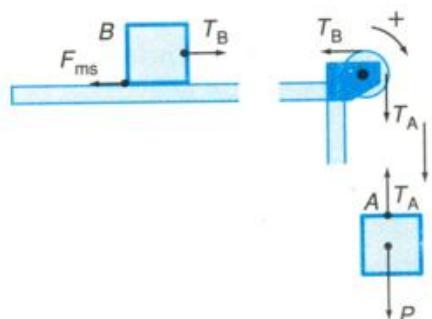
Bài tập 3



Hình 5.1

Phân tích bài toán

Hình 5.2 cho biết các lực tác dụng vào vật A, B và ròng rọc, chiều dương cho chuyển động của mỗi vật.



Hình 5.2

Lưu ý rằng :

– Vì dây không trượt trên ròng rọc, nên :

$$a = R\gamma$$

– Vì gia tốc a không đổi nên γ cũng không đổi, ròng rọc quay nhanh dần đều.

Hai vật A và B có cùng khối lượng $m = 1 \text{ kg}$, được liên kết với nhau bằng một dây nhẹ, không dãn, vắt qua một ròng rọc có bán kính $R = 10 \text{ cm}$ và momen quán tính $I = 0,050 \text{ kg.m}^2$ (Hình 5.1). Biết dây không trượt trên ròng rọc nhưng không biết giữa vật B và bàn có ma sát hay không. Lúc đầu, các vật được giữ đứng yên, sau đó hệ vật được thả ra. Người ta thấy sau 2 s, ròng rọc quay quanh trục của nó được 2 vòng và gia tốc của các vật A, B không đổi. Cho $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Coi ma sát ở trục của ròng rọc không đáng kể.

a) Tính gia tốc góc của ròng rọc.

b) Tính gia tốc của hai vật.

c) Tính lực căng của dây ở hai bên của ròng rọc.

d) Có ma sát giữa vật B và mặt bàn hay không ?

Nếu có, hãy tính hệ số ma sát.

Bài giải

a) Tính gia tốc góc của ròng rọc

Từ công thức $\varphi = \frac{1}{2} \gamma t^2$, suy ra $\gamma = \frac{2\varphi}{t^2}$.

Thay số :

$$\gamma = \frac{2.4\pi}{2^2} = 6,28 \text{ rad/s}^2$$

b) Tính gia tốc của hai vật

$$a = R\gamma = 0,1.6,28 \approx 0,63 \text{ m/s}^2$$

c) Tính lực căng của dây ở hai bên ròng rọc

– Xét vật A :

$$P - T_A = ma$$

Suy ra :

$$T_A = P - ma = m(g - a)$$

Thay số :

$$T_A = 1(9,8 - 0,63) \approx 9,17 \text{ N}$$

– Xét ròng rọc :

$$(T_A - T_B)R = I\gamma$$

Suy ra :

$$T_A - T_B = I \frac{\gamma}{R} \text{ hay } T_B = T_A - I \frac{\gamma}{R}$$

Thay số :

$$T_B = 9,17 - 0,05 \cdot \frac{6,28}{0,1} = 6,03 \text{ N}$$

d) Vì $T_B = 6,03 \text{ N} > ma$, suy ra giữa vật B và bàn có ma sát, độ lớn của lực ma sát được tính như sau :

– Xét vật B (Hình 5.3) :

$$T_B - F_{ms} = ma$$

Suy ra :

$$F_{ms} = T_B - ma = 6,03 - 1 \cdot 0,63 = 5,4 \text{ N}$$

Hệ số ma sát giữa vật B và mặt bàn là :

$$\mu = \frac{F_{ms}}{mg} = \frac{5,4}{1,98} \approx 0,55$$

a) Biết góc quay và thời gian quay, ta tính giá tốc góc từ công thức

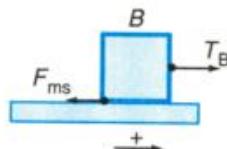
$$\gamma = \frac{2\varphi}{t^2}.$$

b) Để tính lực căng của dây treo vật A, ta áp dụng phương trình động lực học cho vật A.

c) Để tính lực căng T_B , ta cần xét chuyển động quay của ròng rọc dưới tác dụng của các momen lực.

Nhận xét về kết quả của bài toán

Do ròng rọc có khối lượng (tức là có kể đến momen quán tính của ròng rọc) nên lực căng của dây ở hai bên ròng rọc có độ lớn khác nhau : $T_A > T_B$.



Hình 5.3