

4

ĐỘNG NĂNG CỦA VẬT RẮN QUAY QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

Trong bài này, ta sẽ tìm biểu thức tính động năng của một vật rắn quay quanh một trục cố định như chuyển động quay của bánh đà, chẳng hạn.



Bánh đà được dùng để tích trữ và cung cấp động năng quay trong các động cơ đốt trong.

1. Động năng của một vật rắn quay quanh một trục cố định

Xét một vật rắn quay quanh một trục cố định Oz (Hình 4.1).

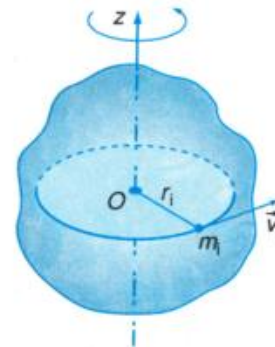
Ta tưởng tượng vật gồm nhiều chất điểm. Khi vật quay với tốc độ góc ω thì tất cả các chất điểm của vật đều chuyển động trên những đường tròn có tâm nằm trên trục quay với cùng tốc độ góc ω . Chất điểm i của vật có khối lượng m_i và cách trục quay một khoảng r_i thì có tốc độ dài $v_i = \omega r_i$ và có động năng là $\frac{1}{2}m_i v_i^2 = \frac{1}{2}m_i (\omega r_i)^2$.

Động năng của vật rắn là tổng động năng của tất cả các chất điểm tạo nên vật :

$$W_d = \sum_i \frac{1}{2} m_i (\omega r_i)^2 = \frac{\omega^2}{2} \sum_i m_i r_i^2$$

hay
$$W_d = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (4.1)$$

trong đó I là momen quán tính của vật rắn đối với trục quay.



Hình 4.1

C1 Nêu nhận xét về vai trò của momen quán tính I trong biểu thức (4.1).

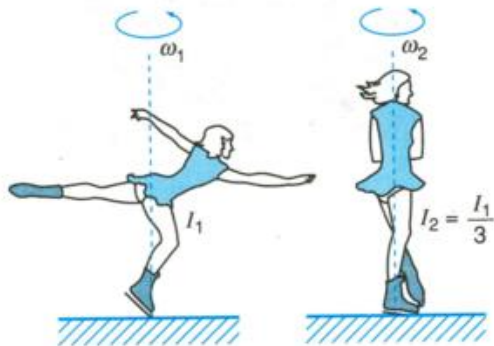
C2 Chứng minh rằng động năng của một vật rắn quay quanh trục cố định có thể viết dưới dạng $W_d = \frac{L^2}{2I}$, trong đó L

và L lần lượt là momen quán tính và momen động lượng của vật đối với trục quay đó.

Người ta đã chứng minh được rằng, định lí biến thiên động năng cũng áp dụng được cho một vật rắn quay quanh một trục :

$$\Delta W_d = \frac{1}{2} I \omega_2^2 - \frac{1}{2} I \omega_1^2 = A$$

Độ biến thiên động năng của một vật bằng tổng công của các ngoại lực tác dụng vào vật.



Hình 4.2

Phân tích bài toán

– Khi vận động viên thay đổi tư thế thì momen quán tính đối với trục quay của người ấy thay đổi.

– Vì tổng momen của các ngoại lực tác dụng lên hệ bằng 0, nên nếu momen quán tính của người đối với trục quay giảm thì theo định luật bảo toàn momen động lượng tốc độ góc lúc cuối của người đó sẽ tăng.

2. Bài tập áp dụng

Một vận động viên trượt băng quay quanh một trục thẳng đứng với tốc độ góc 15 rad/s với hai tay dang ra, momen quán tính của người lúc này đối với trục quay là 1,8 kg.m². Sau đó, người này đột ngột thu tay lại dọc theo thân người, trong khoảng thời gian nhỏ tới mức có thể bỏ qua ảnh hưởng của ma sát với mặt băng. Momen quán tính của người lúc đó giảm đi ba lần so với lúc đầu (Hình 4.2).

Tính động năng của người đó lúc đầu và lúc cuối.

Bài giải

Động năng lúc đầu :

$$W_d(\text{đầu}) = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 15^2 = 202,5 \text{ J}$$

Theo định luật bảo toàn momen động lượng :

$$I_2 \omega_2 = I_1 \omega_1 \Rightarrow \omega_2 = 3 \omega_1$$

Động năng lúc cuối là :

$$\begin{aligned} W_d(\text{cuối}) &= \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{I_1}{3} (3\omega_1)^2 = 3W_d(\text{đầu}) \\ &= 3 \cdot 202,5 = 607,5 \text{ J} \end{aligned}$$

? CÂU HỎI

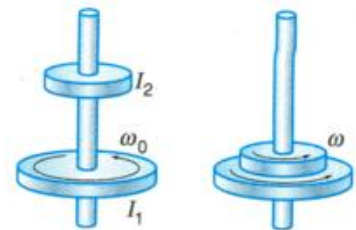
- Viết công thức tính động năng của một vật rắn quay quanh một trục cố định.
- Nêu nhận xét về vai trò của momen quán tính trong công thức tính động năng quay.

BÀI TẬP

- Một bánh đà có momen quán tính đối với trục quay cố định là $2,5 \text{ kg.m}^2$, quay đều với tốc độ góc $8\,900 \text{ rad/s}$. Động năng quay của bánh đà bằng
 A. $9,1 \cdot 10^8 \text{ J}$. B. $11\,125 \text{ J}$. C. $9,9 \cdot 10^7 \text{ J}$. D. $22\,250 \text{ J}$.
- Một đĩa tròn có momen quán tính I , đang quay quanh một trục cố định với tốc độ góc ω_0 . Ma sát ở trục quay nhỏ không đáng kể. Nếu tốc độ góc của đĩa giảm đi hai lần thì momen động lượng và động năng quay của đĩa đối với trục quay thay đổi thế nào ?

	Momen động lượng	Động năng quay
A.	Tăng bốn lần	Tăng hai lần
B.	Giảm hai lần	Tăng bốn lần
C.	Tăng hai lần	Giảm hai lần
D.	Giảm hai lần	Giảm bốn lần

- Hai đĩa tròn có cùng momen quán tính đối với cùng trục quay đi qua tâm của các đĩa (Hình 4.3). Lúc đầu, đĩa 2 (ở phía trên) đang đứng yên, đĩa 1 quay với tốc độ góc ω_0 . Ma sát ở trục quay nhỏ không đáng kể. Sau đó, cho hai đĩa dính vào nhau, hệ quay với tốc độ góc ω . Động năng của hệ hai đĩa lúc sau so với lúc đầu
 A. tăng ba lần. B. giảm bốn lần.
 C. tăng chín lần. D. giảm hai lần.



Hình 4.3

- Hai bánh xe A và B có cùng động năng quay, tốc độ góc $\omega_A = 3\omega_B$. Tỷ số momen quán tính $\frac{I_B}{I_A}$ đối với trục quay đi qua tâm của A và B có giá trị nào sau đây ?
 A. 3. B. 9. C. 6. D. 1.
- Một đĩa tròn đồng chất có bán kính $R = 0,5 \text{ m}$, khối lượng $m = 1 \text{ kg}$ quay đều với tốc độ góc $\omega = 6 \text{ rad/s}$ quanh một trục vuông góc với mặt đĩa và đi qua tâm của đĩa. Tính động năng của đĩa.
- Một ròng rọc có momen quán tính đối với trục quay cố định là 10 kg.m^2 , quay đều với tốc độ 60 vòng/phút . Tính động năng quay của ròng rọc.
- Một bánh đà quay nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ và sau 5 s thì có tốc độ góc 200 rad/s và có động năng quay là 60 kJ . Tính gia tốc góc và momen quán tính của bánh đà đối với trục quay.