

## Chương 4

# Động lực học

## Chương 5

# Moment lực. Điều kiện cân bằng.



### Bài 14: Moment lực. Điều kiện cân bằng của vật.

## Moment lực - Điều kiện cân bằng của vật

### I Lý thuyết

#### 1 Moment lực

moment lực  $M$  đối với một trục quay là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực  $F$  và được đo bằng tích của lực với cánh tay đòn của nó. Công thức đặc trưng cho moment lực là

$$M = F \cdot d,$$

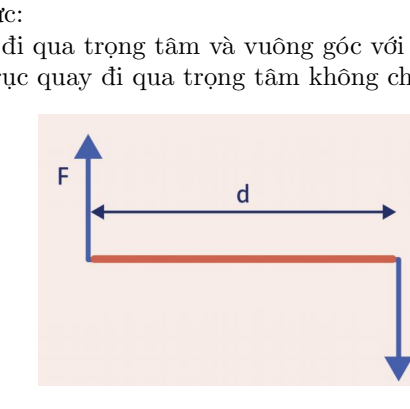
trong đó:

- $M$  là moment lực (N · m),
- $F$  là lực đang xét (N),
- $d$  là cánh tay đòn của lực  $F$  (m).

#### 2 Điều kiện cân bằng của một vật có trục quay cố định (Quy tắc moment lực)

##### Quy tắc moment lực

Muốn cho một vật có trục quay cố định ở trạng thái cân bằng thì tổng các moment lực có xung hướng làm vật quay theo chiều kim đồng hồ phải bằng tổng các moment lực có xu hướng làm vật quay ngược chiều kim đồng hồ.



Nếu xét đến hai lực cùng tác dụng vào một vật có trục quay cố định thì vật ở trạng thái cân bằng khi

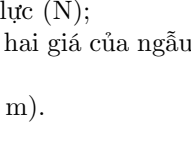
$$M_1 = M_2,$$

hay

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2.$$

Nếu xét đến nhiều lực cùng tác dụng vào một vật có trục quay cố định thì vật ở trạng thái cân bằng khi

$$M_1 + M_2 + ... = M'_1 + M'_2 + ...$$
$$F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2 + ... = F'_1 \cdot d'_1 + F'_2 \cdot d'_2 + ...$$



### Lưu ý

Quy tắc moment lực còn được áp dụng cho cả trường hợp một vật không có trục quay cố định nếu như trong một tình huống cụ thể nào đó ở vật xuất hiện trục quay.

#### 3 Ngẫu lực. moment ngẫu lực

##### Ngẫu lực

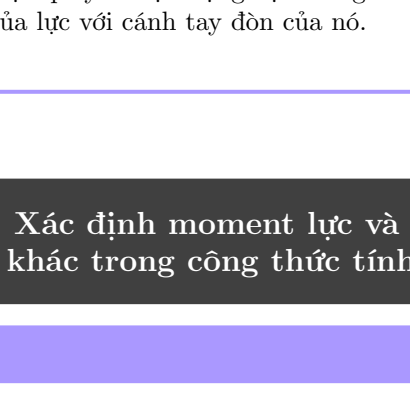
Hệ hai lực song song, ngược chiều, có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật gọi là ngẫu lực.

##### Tác dụng của ngẫu lực đối với một vật rắn

**Trường hợp vật không có trục quay cố định**

Dưới tác dụng của ngẫu lực:

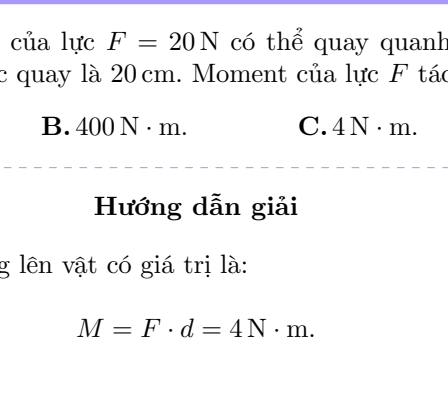
- Vật sẽ quay quanh trục cố định của nó.
- Nếu trục quay không đi qua trọng tâm thì trọng tâm sẽ chuyển động tròn xung quanh trục quay. Khi ấy vật có xu hướng chuyển động li tâm nên tác dụng lực vào trục quay.
- Khi chế tạo các bộ phận quay của máy móc phải làm cho trục quay đi qua trọng tâm của nó.



**Trường hợp vật có trục quay cố định**

Dưới tác dụng của ngẫu lực:

- Vật sẽ quay quanh trục cố định của nó.
- Nếu trục quay không đi qua trọng tâm thì trọng tâm sẽ chuyển động tròn xung quanh trục quay. Khi ấy vật có xu hướng chuyển động li tâm nên tác dụng lực vào trục quay.
- Khi chế tạo các bộ phận quay của máy móc phải làm cho trục quay đi qua trọng tâm của nó.



##### moment của ngẫu lực

Đối với các trục quay vuông góc với mặt phẳng chứa ngẫu lực thì moment của ngẫu lực không phụ thuộc vào vị trí trục quay và luôn luôn có giá trị:

$$M = F_1 d_1 + F_2 d_2 = F(d_1 + d_2) = F \cdot d,$$

trong đó:

- $F_1 = F_2 = F$  là độ lớn của mỗi lực (N);
- $d_1 + d_2 = d$  là khoảng cách giữa hai giá của ngẫu lực và được gọi là cánh tay đòn của ngẫu lực (m);
- $M$  là moment của ngẫu lực (N · m).

### II Mục tiêu bài học - Ví dụ minh họa

#### Mục tiêu 1:

Ghi nhớ khái niệm moment lực, công thức tính moment lực

##### Ví dụ 1



Đơn vị của moment lực  $M = F \cdot d$  là

A. m/s.

B. N · m.

C. kg · m.

D. N · kg.

#### Hướng dẫn giải

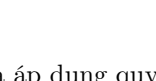
$$M = F \cdot d,$$

trong đó:

- $M$  là moment lực (N · m),
- $F$  là lực đang xét (N),
- $d$  là cánh tay đòn của lực  $F$  (m).

**Đáp án: B.**

##### Ví dụ 2



moment lực tác dụng lên vật là đại lượng

A. đặc trưng cho tác dụng làm quay vật của lực.

B. vectơ.

C. để xác định độ lớn của lực tác dụng.

D. luôn có giá trị dương.

#### Hướng dẫn giải

moment lực  $M$  đối với một trục quay là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực  $F$  và được đo bằng tích của lực với cánh tay đòn của nó.

**Đáp án: A.**

#### Mục tiêu 2:

Xác định moment lực và các đại lượng khác trong công thức tính moment lực

##### Ví dụ 1



Một lực có độ lớn 10 N tác dụng lên một trục rắn quay quanh trục cố định, biết khoảng cách từ giá của lực đến trục quay là 20 cm. moment của lực tác dụng lên vật có giá trị là

A. 200 N · m.

B. 200 N/m.

C. 2 N · m.

D. 2 N/m.

#### Hướng dẫn giải

moment của lực tác dụng lên vật có giá trị là:

$$M = F \cdot d = 2 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

**Đáp án: C.**

##### Ví dụ 2



Một vật rắn chịu tác dụng của lực  $F = 20 \text{ N}$  có thể quay quanh trục cố định, khoảng búa thì đinh bắt chuyển động. Biết cánh tay đòn của lực tác dụng của người đó là 20 cm

A. 0,4 N · m.

B. 400 N · m.

C. 4 N · m.

D. 40 N · m.

#### Hướng dẫn giải

Moment của lực  $F$  tác dụng lên vật có giá trị là:

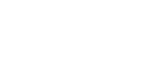
$$M = F \cdot d = 4 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

**Đáp án: C.**

#### Mục tiêu 3:

Ghi nhớ quy tắc moment lực. Ghi nhớ điều kiện áp dụng quy tắc moment lực

##### Ví dụ 1



Phát biểu nào sau đây đúng với quy tắc moment lực?

- A. Muốn cho một vật có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng moment của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo một chiều phải bằng tổng moment của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo chiều ngược lại.
- B. Muốn cho một vật có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng moment của các lực phải bằng hằng số.
- C. Muốn cho một vật có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng momen của các lực phải khác không.
- D. Muốn cho một vật có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng momen của các lực phải là một vectơ có giá đi qua trục quay.

#### Hướng dẫn giải

Muốn cho một vật có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng momen của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo một chiều phải bằng tổng momen của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo chiều ngược lại.

**Đáp án: A.**

##### Ví dụ 2



Điều kiện cân bằng của một chất điểm có trục quay cố định còn gọi là

- A. quy tắc hợp lực đồng quy.
- B. quy tắc hợp lực song song.
- C. quy tắc hình bình hành.
- D. quy tắc momen lực.

#### Hướng dẫn giải

Điều kiện cân bằng của một chất điểm có trục quay cố định còn gọi là quy tắc momen lực.

**Đáp án: D.**

#### Mục tiêu 4:

Áp dụng quy tắc momen lực để giải bài tập

##### Ví dụ 1



Một người dùng búa để nhổ một chiếc đinh, khi người đó tác dụng một lực 50 N vào đầu búa thì đinh bắt chuyển động. Biết cánh tay đòn của lực tác dụng vào đầu búa là 20 cm và cánh tay đòn của lực nhổ đinh khỏi gỗ là 2 cm. Hãy tính lực cần của gỗ tác dụng vào đinh.

#### Hướng dẫn giải

Gọi

- $M_1$  và  $M_2$  là momen lực do tay người và lực cần của gỗ tác dụng lên búa (N · m),
- $F_1$  là lực do tay người tác dụng vào đầu búa (N),
- $F_2$  là lực cần của gỗ tác dụng lên đinh,
- $d_1 = 20 \text{ cm}$  là cánh tay đòn từ tay người đến trục quay,
- $d_2 = 2 \text{ cm}$  là cánh tay đòn từ đinh đến trục quay.

Khi đinh bắt đầu chuyển động, cây búa đang ở trạng thái cân bằng, nên ta áp dụng quy tắc momen lực

$$M_1 = M_2 \Rightarrow F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

Lực cần của gỗ tác dụng vào đinh

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{d_1}{d_2} = 500 \text{ N}.$$

Vậy lực cần do miếng gỗ tác dụng lên cây đinh lúc đó là  $F_2 = 500 \text{ N}$ .

##### Ví dụ 2



Một thanh AB có chiều dài 7,5 m, trọng lượng 200 N, trọng tâm G cách đầu A một đoạn 2 m. Thanh có thể quay xung quanh một trục đi qua O. Biết OA = 2,5 m. Để AB cân bằng phải tác dụng vào đầu B một lực  $F$  có độ lớn bằng bao nhiêu?

#### Hướng dẫn giải

Gọi:

- $M_1$  và  $M_2$  là moment lực gây ra bởi trọng lực và lực tác dụng vào đầu B của thanh đối với trục quay qua O,
- $F_B$  là lực tác dụng lên thanh AB tại B,
- $d_1$  là cánh tay đòn từ điểm G đến O và bằng

$$d_1 = OA - GA = 0,5 \text{ m},$$

- $d_2$  là cánh tay đòn từ điểm B đến O và bằng

$$d_2 = AB - OA = 5 \text{ m}.$$

Để AB cân bằng, áp dụng quy tắc moment lực đối với trục quay qua O:

$$M_1 = M_2 \Rightarrow P \cdot d_1 = F_B \cdot d_2.$$

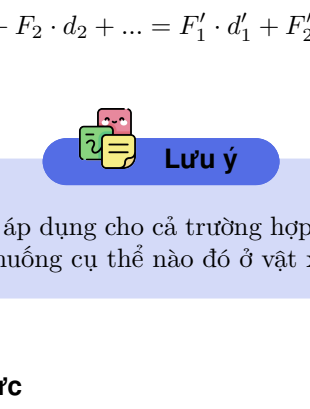
Vậy để thanh AB cân bằng, tác dụng lực vào điểm B với độ lớn

$$F_B = \frac{P \cdot d_1}{d_2} = 20 \text{ N}.$$

##### Ví dụ 3



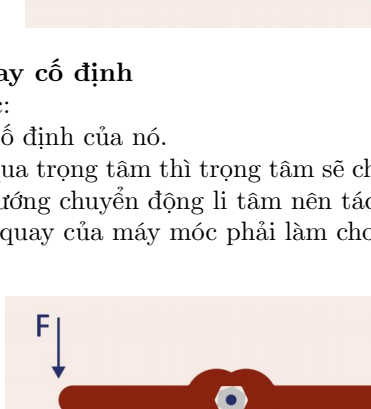
Một thanh gỗ dài 1,8 m nặng 30 kg, một đầu được gắn vào trần nhà nhờ một bản lề, đầu còn lại được buộc vào một sợi dây và gắn vào trần nhà sao cho phương của sợi dây thẳng đứng và giữ cho tấm gỗ nằm nghiêng hợp với trần nhà nằm ngang một góc  $45^\circ$ . Biết trọng tâm của thanh gỗ cách đầu gắn sợi dây 60 cm. Tính lực căng của sợi dây, lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



#### Hướng dẫn giải

Đầu tiên, ta quy định các đại lượng trong bài toán và xác định cánh tay đòn như sau:

- $T$  là lực căng của sợi dây tác dụng lên điểm A trên tấm gỗ,
- $P = m \cdot g = (30 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 300 \text{ N}$  là trọng lực tác dụng lên tấm gỗ tại trọng tâm G,
- $\alpha = 45^\circ$  là góc hợp bởi tấm gỗ và trần nhà,
- $d$  là khoảng cách từ điểm G đến trục quay O,
- $d'$  là khoảng cách từ điểm treo của dây đến trục quay O,
- $l = 1,8 \text{ m}$  là chiều dài của thanh gỗ.



Cánh tay đòn của trọng lực

$$d = OG \cdot \cos 45^\circ.$$

Cánh tay đòn tương ứng với lực căng dây là

$$d' = OA \cdot \cos 45^\circ.$$

Áp dụng quy tắc moment lực

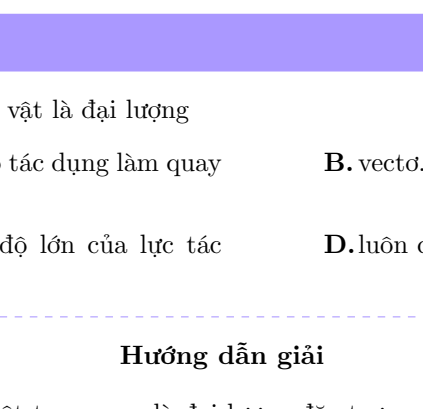
$$T \cdot d' = P \cdot d$$
$$\Rightarrow T = \frac{P \cdot d}{d'} = 150 \text{ N}$$

Vậy lực căng dây là  $T = 150 \text{ N}$ .

##### Ví dụ 4



Thanh OA có khối lượng không đáng kể, có chiều dài 20 cm, quay dễ dàng quanh trục nằm ngang O. Một lò xo gắn vào điểm giữa C. Người ta tác dụng vào đầu A của thanh một lực  $F = 200 \text{ N}$  hướng thẳng đứng xuống dưới. Khi thanh ở trạng thái cân bằng, lò xo có hướng vuông góc với OA, OA hợp với đường thẳng nằm ngang một góc  $\alpha = 30^\circ$ . Tìm phản lực N của lò xo lên thanh.



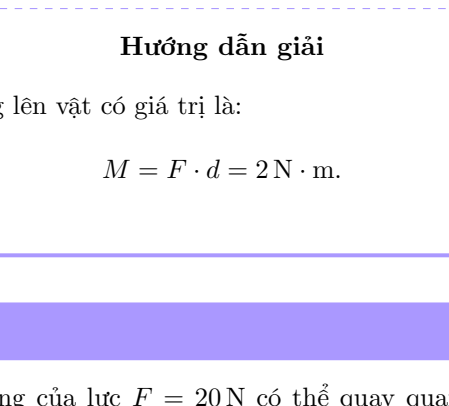
#### Hướng dẫn giải

Cánh tay đòn của lực N là

$$OC = \frac{1}{2} \cdot OA,$$

do đoạn thẳng này vuông góc với giá của lực N. Cánh tay đòn tương ứng với lực  $F$  là

$$OB = OA \cdot \cos \alpha.$$



Áp dụng quy tắc moment lực

$$M_F = M_N$$
$$\Rightarrow F \cdot OB = N \cdot OC$$
$$\Rightarrow N = \frac{F \cdot OB}{OC} = \frac{F \cdot OA \cdot \cos \alpha}{\frac{1}{2} \cdot OA} = 2 \cdot F \cdot \cos \alpha = 20\sqrt{3} \text{ N}.$$

Vậy phản lực tác dụng lên thanh có độ lớn là  $N = 20\sqrt{3} \text{ N}$

#### Mục tiêu 5:

Ghi nhớ khái niệm ngẫu lực, đặc điểm ngẫu lực

##### Ví dụ 1



Ngẫu lực là gì?

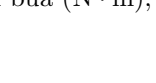
- A. Là hệ hai lực song song, cùng chiều.
- B. Là hệ hai lực song song, ngược chiều.
- C. Là hệ hai lực song song, cùng chiều có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật.
- D. Là hệ hai lực song song, ngược chiều có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật.

#### Hướng dẫn giải

Ngẫu lực là hệ hai lực song song, ngược chiều có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật.

**Đáp án: D.**

##### Ví dụ 2



Chọn phát biểu sai

- A. Tác dụng của ngẫu lực vào một vật làm cho vật quay và tịnh tiến.
- B. Ngẫu lực là hệ hai lực song song, cùng chiều có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật.
- C. Đơn vị của ngẫu lực là N · m.
- D. Cả A và B sai.

#### Hướng dẫn giải

- Ngẫu lực là hệ hai lực song song, ngược chiều có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật.

- Tác dụng của ngẫu lực vào một vật chỉ làm cho vật quay chứ không tịnh tiến.

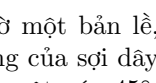
- Đơn vị của ngẫu lực là N · m.

**Đáp án: D.**

#### Mục tiêu 6:

Tính moment ngẫu lực

##### Ví dụ 1



Hai lực của một ngẫu lực có độ lớn  $F = 5,0 \text{ N}$ . Cánh tay đòn của ngẫu lực  $d = 20 \text{ cm}$ . moment của ngẫu lực này là

A. 10,0 Nm.

B. 2,0 Nm.

C. 0,5 Nm.

D. 1,0 Nm.

#### Hướng dẫn giải

Moment ngẫu lực này là:

$$M = F \cdot d = 1,0 \text{ Nm}.$$

**Đáp án: D.**

