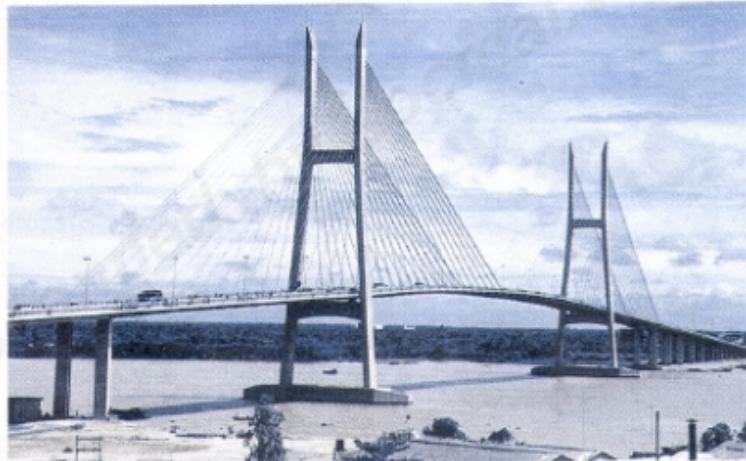


CHƯƠNG III

Tĩnh học vật rắn



Cầu Mỹ Thuận trên sông Tiền Giang.

Cây cầu dây văng dài nhất nước ta được hoàn thành vào năm đầu của thiên niên kỷ mới. Cầu được giữ cân bằng nhờ hệ thống cáp và các trụ cầu.

Chương này trình bày điều kiện cân bằng của vật rắn trong một số trường hợp khác nhau : vật chịu tác dụng của hai lực, của ba lực, vật có giá đỡ, vật có trục quay cố định. Ngoài ra, ta sẽ khảo sát trọng tâm, quy tắc hợp lực và quy tắc momen.

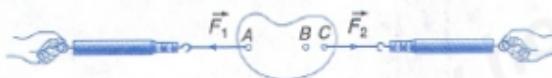
26

CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA HAI LỰC TRỌNG TÂM

Trong bài này, chúng ta sẽ bắt đầu nghiên cứu vật rắn ở trạng thái cân bằng tĩnh, là trạng thái đứng yên của vật.

Vật rắn là vật mà khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ của vật không đổi (vật không thay đổi hình dạng).

Giá của lực : Đường thẳng mang vectơ lực gọi là giá của lực hay đường tác dụng của lực.



Hình 26.1 Cân bằng của vật rắn

Trong thí nghiệm ở Hình 26.1, trọng lực của vật rắn là nhỏ so với hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 , vì vậy có thể bỏ qua.



Hình 26.2

Đường thẳng AB gọi là giá của lực \vec{F}

b) Quan sát

Khi vật rắn cân bằng thì :

- Hai sợi dây móc vào A và C nằm trên cùng một đường thẳng.
- Độ lớn của hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 bằng nhau.

2. Điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của hai lực

Khái quát các kết quả ở mục trên ta có kết luận sau :

Muốn cho một vật rắn chịu tác dụng của hai lực ở trạng thái cân bằng thì hai lực phải trực đối

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0} \quad (26.1)$$

Ghi chú

Nếu làm lại thí nghiệm ở Hình 26.1, giữ nguyên độ lớn và giá của lực \vec{F}_2 nhưng đầu dây pha phải móc vào vật rắn ở lỗ B (thay cho C) thì vật rắn vẫn cân bằng (Hình 26.3).

Hai lực trực đối cùng đặt lên một vật rắn là *hai lực cân bằng*.



Hình 26.3 Lại thí nghiệm ở Hình 26.1

Điều đó chứng tỏ rằng : *Tác dụng của một lực lên một vật rắn không thay đổi khi điểm đặt của lực đó dời chỗ trên giá của nó.*

Do tính chất nêu trong ghi chú ở cột bên, người ta nói rằng vectơ biểu diễn lực tác dụng lên một vật rắn là một vectơ *trượt*.

3. Trọng tâm của vật rắn

Mọi vật trên Trái Đất đều chịu tác dụng của trọng lực. *Trọng lực* của một vật rắn có giá là đường thẳng đứng, hướng xuống dưới và đặt ở một điểm xác định gần với vật, điểm ấy gọi là *trọng tâm* của vật. Khi vật rắn dời chỗ thì trọng tâm của vật cũng dời chỗ như một điểm của vật.

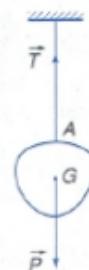
4. Cân bằng của vật rắn treo ở đầu dây

Treo vật rắn ở đầu một sợi dây mềm. Khi vật cân bằng, lực căng \vec{T} của sợi dây và trọng lực \vec{P} của vật rắn là hai lực trực đối. Từ đó, ta suy ra rằng :

- Dây treo trùng với đường thẳng đứng đi qua trọng tâm G của vật.
- Độ lớn của lực căng T bằng độ lớn của trọng lực P (trọng lượng) của vật.

Kết quả a) được vận dụng trong việc :

- Dùng dây dọi để xác định đường thẳng đứng.
- Xác định trọng tâm của vật rắn phẳng.



Hình 26.4 Vật rắn treo ở đầu dây

C1 Nếu dây treo vật rắn ở Hình 26.4 không thẳng đứng thì vật có cân bằng không ? Hãy lí giải rõ.

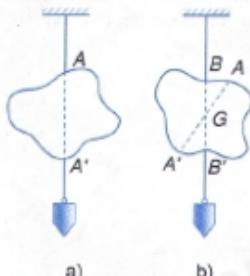
C2 Nếu dây treo ở Hình 26.4 thẳng đứng, nhưng trọng tâm G không nằm trên đường kéo dài của dây treo thì vật có cân bằng không ? Hãy lí giải rõ.

Đường thẳng đứng đi qua một điểm là giá của trọng lực của một chất điểm đặt ở điểm đó.



Hình 26.5

Dây dọi MN cho ta hình ảnh của đường thẳng đứng đi qua điểm treo M .



Hình 26.6 Xác định trọng tâm

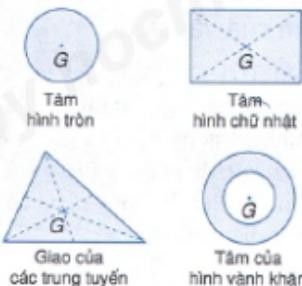
5. Xác định trọng tâm của vật rắn phẳng mỏng

Treo vật ở đâu một sợi dây mềm nối với điểm A của vật. Đưa một dây dọi tới sát dây treo, dùng dây dọi để làm chuẩn, đánh dấu đường thẳng đứng AA' kéo dài của dây treo trên vật (Hình 26.6a).

Treo vật ở điểm B và lại dùng dây dọi làm chuẩn, đánh dấu đường thẳng đứng BB' trên vật (Hình 26.6b).

Trọng tâm G của vật vừa nằm trên AA' , vừa nằm trên BB' . Vậy G là giao điểm của hai đường thẳng này.

Dùng phương pháp này có thể xác định được trọng tâm G của một số vật phẳng mỏng. Hình 26.7 cho ta vị trí trọng tâm của một số tấm phẳng đồng tính.



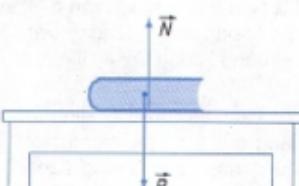
Hình 26.7 Trọng tâm của một số vật rắn phẳng đồng tính

6. Cân bằng của vật rắn trên giá đỡ nằm ngang

Nếu đặt vật rắn trên giá đỡ nằm ngang thì trọng lực \vec{P} ép vật vào giá đỡ, vật tác dụng lên giá đỡ một lực. Giá đỡ tác dụng phản lực \vec{N} lên vật. Khi vật nằm cân bằng thì \vec{N} trực đối với \vec{P} .

$$\vec{N} = -\vec{P}$$

Ví dụ, quyển sách nằm cân bằng trên mặt bàn nằm ngang (Hình 26.8).

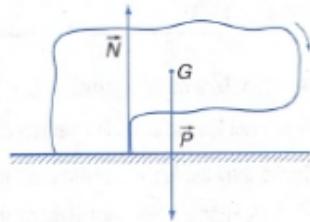


Hình 26.8 Quyển sách nằm cân bằng

Chú ý rằng phản lực \vec{N} của giá đỡ nằm ngang bao giờ cũng đặt lên vật rắn ở diện tích tiếp xúc (hoặc ở mặt chân đế). Nếu đường thẳng đứng vẽ từ trọng tâm G của vật không đi qua diện tích tiếp xúc (Hình 26.9) thì trọng lực \vec{P} và phản lực \vec{N} có giá khác nhau, không thể trực đối được. Do đó vật rắn không thể cân bằng.

Nếu vật rắn tiếp xúc với giá đỡ ở nhiều diện tích tách rời nhau như : bốn chân bàn, ba chân kiêng, hai chân người... thì phản lực tổng hợp coi như một lực có giá đi qua mặt chân đế. Mặt chân đế là hình đa giác lồi nhỏ nhất chứa tất cả các diện tích tiếp xúc (Hình 26.10).

Điều kiện cân bằng của vật rắn có mặt chân đế : Đường thẳng đứng qua trọng tâm của vật gấp mặt chân đế.



Hình 26.9 Đường thẳng đứng vẽ từ G không đi qua diện tích tiếp xúc

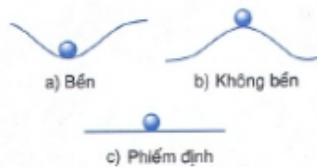


Hình 26.10 Mặt chân đế của một người đứng trên mặt đất

7. Các dạng cân bằng

Xét vật rắn ở vị trí cân bằng trên một điểm tựa, ví dụ hòn bi hình cầu trên một mặt. Nếu đưa vật dời chỗ khỏi vị trí cân bằng một khoảng nhỏ rồi thả ra thì có thể xảy ra một trong những trường hợp sau đây :

- Vật lại trở về vị trí cân bằng (Hình 26.11a), ta nói rằng vật ở vị trí *cân bằng bền*.
- Vật càng dời xa vị trí cân bằng (Hình 26.11b), ta nói rằng vật ở vị trí *cân bằng không bền*.
- Vật cân bằng ở bất kỳ vị trí nào (Hình 26.11c) ta nói rằng vật ở vị trí *cân bằng phiếm định*.



Hình 26.11 Các dạng cân bằng

CÂU HỎI

1. Nêu đặc điểm của trọng lực.
2. Vì sao nói lực tác dụng lên vật rắn được biểu diễn bởi một vectơ trượt ?
3. Có thể thay thế lực \vec{F} tác dụng lên một vật rắn bằng lực \vec{F}' song song cùng chiều cùng độ lớn với \vec{F} được không ? Nêu một ví dụ cụ thể.
4. Trọng tâm của một vật là gì ? Hãy nêu một cách xác định trọng tâm của vật rắn phẳng, mỏng.
5. Nêu điều kiện cân bằng của một vật rắn có mặt chân đế.

BÀI TẬP

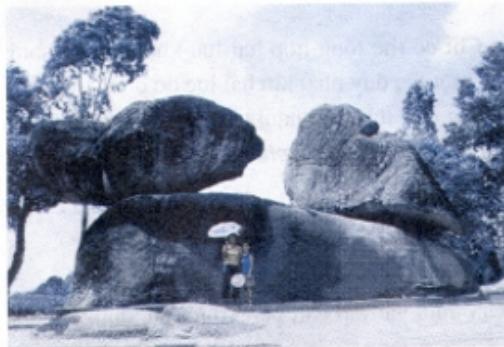
1. Chọn câu sai.

Treo một vật ở đầu sợi dây mềm như ở Hình 26.5. Khi cân bằng, dây treo trùng với

- A. đường thẳng đứng đi qua trọng tâm G của vật.
- B. đường thẳng đứng đi qua điểm treo N.
- C. trục đối xứng của vật.
- D. đường thẳng nối điểm treo N và trọng tâm G của vật.

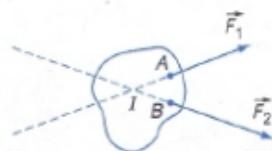
27

CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA BA LỰC KHÔNG SONG SONG



Hòn Trống Mái ở Sầm Sơn (Thanh Hoá)

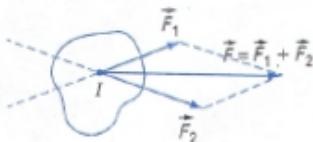
Người có thể đứng dưới tầng đá to lớn mà không sợ nguy hiểm, tầng đá được giữ cân bằng nhờ các phản lực của tầng đá ở phía dưới.



a) Hệ hai lực



b) Trượt hai lực về điểm đồng quy I



c) Thực hiện quy tắc hình bình hành

Hình 27.1

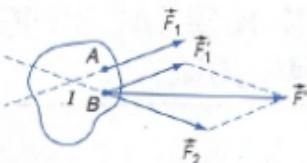
1. Quy tắc tổng hợp hai lực đồng quy

Xét hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 tác dụng lên cùng một vật rắn, có giá cắt nhau tại một điểm I . Đó là **hai lực đồng quy** (Hình 27.1a). Để tổng hợp hai lực đồng quy ta làm như sau :

– Trượt hai lực trên giá của chúng cho tới khi điểm đặt của hai lực là I (Hình 27.1b).

– Áp dụng quy tắc hình bình hành, tìm hợp lực \vec{F} của hai lực (Hình 27.1c) cùng đặt lên điểm I .

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$



Hình 27.2

\vec{F}' không phải là hợp lực của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 .

Ghi chú

Nếu vẽ vectơ lực \vec{F}' song song cùng chiều và có độ lớn bằng \vec{F}_1 từ điểm gốc B của lực \vec{F}_2 (Hình 27.2) và vẽ $\vec{F}' = \vec{F}'_1 + \vec{F}'_2$ thì \vec{F}' không phải là hợp lực của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 .

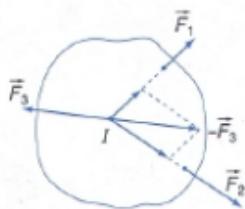
Chỉ có thể tổng hợp hai lực không song song thành một lực duy nhất khi hai lực đó đồng quy. Hai lực đồng quy thì cùng nằm trên một mặt phẳng nên còn gọi là *hai lực đồng phẳng*.

2. Cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song

a) Điều kiện cân bằng

Giả thiết vật rắn cân bằng dưới tác dụng của ba lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 . Nếu thay thế hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 bằng một lực trực đối với \vec{F}_3 , tức là $-\vec{F}_3$ (Hình 27.3), thì vật rắn chịu tác dụng của hai lực trực đối \vec{F}_3 , $-\vec{F}_3$ và vẫn cân bằng. Lực $-\vec{F}_3$ có tác dụng giống như hai lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 tác dụng đồng thời. Vậy $-\vec{F}_3$ là hợp lực của \vec{F}_1 và \vec{F}_2

$$-\vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$



Hình 27.3

$-\vec{F}_3$ là hợp lực của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 .

Hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 có hợp lực, chúng phải đồng quy. Hợp lực $-\vec{F}_3$ phải nằm trong cùng mặt phẳng với \vec{F}_1 và \vec{F}_2 . Giá của lực \vec{F}_3 , cũng là giá của $-\vec{F}_3$, nằm trong cùng mặt phẳng với \vec{F}_1 , \vec{F}_2 và đi qua giao điểm I của giá của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 . Vậy ba lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 đồng phẳng và đồng quy.

Điều kiện cân bằng của một vật rắn chịu tác dụng của ba lực không song song là hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0} \quad (27.1)$$

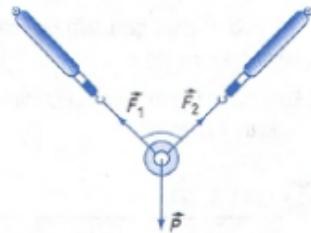
điều kiện này đòi hỏi ba lực phải đồng phẳng và đồng quy.

b) Thí nghiệm minh họa

Treo một vật nặng mỏng hình nhẫn bằng hai sợi dây (Hình 27.4). Hai lực kế chỉ lực tác dụng của hai sợi dây. Một dây dọi dì qua trọng tâm O chỉ giá của trọng lực \vec{P} đặt lên vật. Thí nghiệm cho thấy, khi vật nằm cân bằng, thì ba lực là lực căng của hai sợi dây và trọng lực \vec{P} nằm trong cùng một mặt phẳng.

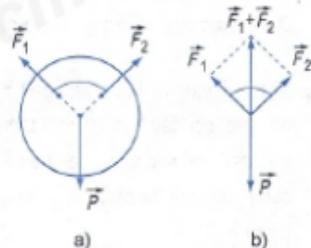
Ta dùng một cái bảng đặt thẳng đứng để cụ thể hoá mặt phẳng đó và vẽ trên mặt phẳng ba đường thẳng biểu diễn các giá của ba lực. Ta nhận thấy ba đường đó đồng quy (Hình 27.5a).

Từ điểm đồng quy, vẽ hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 theo một tỉ lệ xích thích hợp rồi dùng quy tắc hình bình hành xác định hợp lực của chúng. Qua thí nghiệm, có thể xác minh rằng giá của hợp lực trùng với đường dây dọi và giá trị của hợp lực bằng trọng lượng của vật. Hình 27.5b cho kết quả thu được.



Hình 27.4 Vật hình nhẫn cân bằng

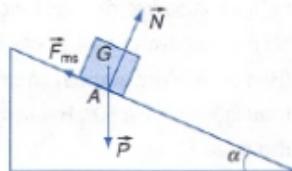
C1 Trọng tâm O của vòng nhẫn ở đâu?



Hình 27.5 Sơ đồ lực cân bằng

3. Ví dụ

Xét một vật hình hộp cân bằng trên một mặt phẳng nghiêng có ma sát (Hình 27.6). Có ba lực tác dụng lên vật: trọng lực \vec{P} đặt tại trọng tâm G , lực ma sát \vec{F}_{ms} có giá nằm trên mặt phẳng nghiêng, phản lực \vec{N} của mặt phẳng nghiêng. Ba lực này đồng phẳng và đồng quy. Từ đó suy ra phản lực \vec{N} đặt tại điểm A , không phải là tâm của diện tích tiếp xúc, A lệch về phía dưới của mặt phẳng nghiêng.



Hình 27.6 Hình hộp cân bằng trên mặt phẳng nghiêng

CÂU HỎI

- Điều kiện cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song là gì ?
- Có gì khác nhau giữa điều kiện cân bằng của chất điểm và của vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song ?
- Định nghĩa hợp lực của hai lực tác dụng lên một vật rắn. Hai lực tác dụng lên một vật rắn như thế nào thì có hợp lực ?

BÀI TẬP

- Điều kiện nào sau đây là đủ để hệ ba lực tác dụng lên cùng một vật rắn là cân bằng ?

- A. Ba lực đồng quy.
- B. Ba lực đồng phẳng.
- C. Ba lực đồng phẳng và đồng quy.
- D. Hợp lực của hai trong ba lực cân bằng với lực thứ ba.

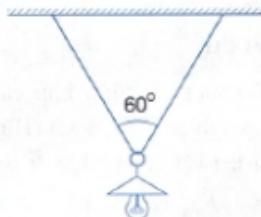
- Một quả cầu có trọng lượng $P = 40\text{ N}$ được treo vào tường nhờ một sợi dây hợp với mặt tường một góc $\alpha = 30^\circ$. Bỏ qua ma sát ở chỗ tiếp xúc giữa quả cầu và tường. Hãy xác định lực căng của dây và phản lực của tường tác dụng lên quả cầu (Hình 27.7).

- Một ngọn đèn có khối lượng $m = 1\text{ kg}$ được treo dưới trần nhà bằng một sợi dây. Dây chỉ chịu được lực căng lớn nhất là 8 N .

- a) Chứng minh rằng không thể treo ngọn đèn này vào một đầu dây.
- b) Người ta đã treo đèn này bằng cách luồn sợi dây qua một cái móc của đèn và hai đầu dây được gắn chặt trên trần nhà (Hình 27.8). Hai nửa sợi dây có chiều dài bằng nhau và hợp với nhau một góc bằng 60° . Hỏi lực căng của mỗi nửa sợi dây là bao nhiêu ?



Hình 27.7

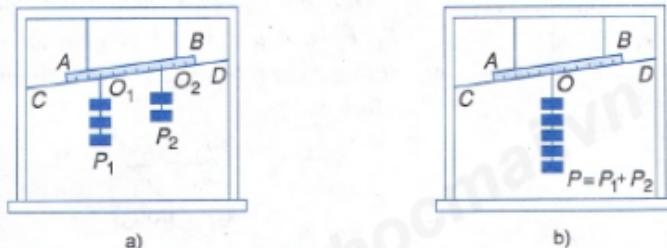


Hình 27.8

28

QUY TẮC HỢP LỰC SONG SONG ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA MỘT VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA BA LỰC SONG SONG

1. Thí nghiệm tìm hợp lực của hai lực song song



Hình 28.1 Thí nghiệm tìm合力

Thuốc AB treo vào hai sợi dây cao su đàn hồi. Hai chùm quả cân có trọng lượng lần lượt là P_1 và P_2 được treo ở điểm O_1 và O_2 của thuốc. Như vậy là có hai lực song song cùng chiều \vec{P}_1 và \vec{P}_2 tác dụng vào thuốc (Hình 28.1a). Những lực này làm cho hai dây cao su treo thuốc dãn ra. Ta dùng một dây CD đánh dấu vị trí của thuốc.

Bỏ hai chùm quả cân P_1 và P_2 ra, lấy một chùm quả cân P , với $P = P_1 + P_2$. Chùm này được treo tại một điểm O (cần phải dò tìm điểm O) sao cho thuốc AB lại ở vị trí đúng như trước (đã được đánh dấu bởi dây CD) (Hình 28.1b).

Như thế lực \vec{P} đặt tại O có tác dụng giống hệt như tác dụng đồng thời của lực \vec{P}_1 đặt tại O_1 và lực \vec{P}_2 đặt tại O_2 . Vậy lực \vec{P} đúng là hợp lực của hai lực song song \vec{P}_1 và \vec{P}_2 .

Dữ liệu trong thí nghiệm ở Hình 28.1a và b :

$$P_1 : 3 \text{ quả cân } 200 \text{ g}$$

$$P_2 : 2 \text{ quả cân } 200 \text{ g}$$

$$P : 5 \text{ quả cân } 200 \text{ g}$$

$$OO_1 = h_1 = 10 \text{ cm}$$

$$OO_2 = h_2 = 15 \text{ cm}$$

Hệ thức thu được :

$$P = P_1 + P_2$$

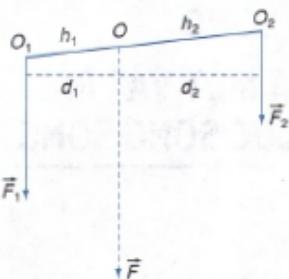
$$P_1 h_1 = P_2 h_2$$

Nếu gọi d_1 và d_2 là khoảng cách giữa giá của \vec{P} và giá của \vec{P}_1 , của \vec{P}_2 thì

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

và

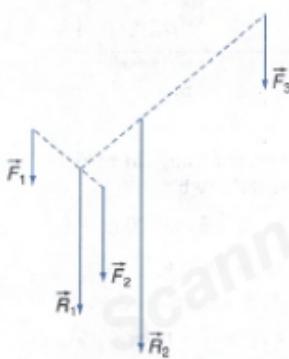
$$P_1 d_1 = P_2 d_2$$



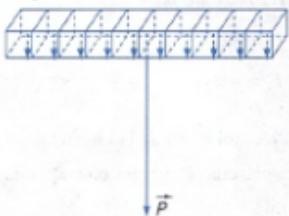
Hình 28.2 Hợp hai lực song song cùng chiều

Nếu \vec{F} là hợp lực của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 thì

- $F = F_1 + F_2$
- Giá của \vec{F} nằm trong mặt phẳng của \vec{F}_1 và \vec{F}_2
- $F_1d_1 = F_2d_2$



Hình 28.3 Hợp nhiều lực song song cùng chiều



Hình 28.4

Trọng lực đặt lên thanh là hợp lực của các trọng lực đặt lên các phần tử của thanh.

2. Quy tắc hợp hai lực song song cùng chiều

Từ kết quả thí nghiệm, ta suy ra :

a) Quy tắc

Hợp lực của hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 song song, cùng chiều, tác dụng vào một vật rắn, là một lực \vec{F} song song, cùng chiều với hai lực và có độ lớn bằng tổng độ lớn của hai lực đó

$$F = F_1 + F_2 \quad (28.1)$$

Giá của hợp lực \vec{F} nằm trong mặt phẳng của \vec{F}_1 , \vec{F}_2 và chia khoảng cách giữa hai lực này thành những đoạn tỉ lệ nghịch với độ lớn của hai lực đó (Hình 28.2).

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (28.2)$$

(chia trong)

b) Hợp nhiều lực

Nếu muốn tìm hợp lực của nhiều lực song song cùng chiều \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , ..., \vec{F}_n thì ta hợp hai lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 được $\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$; rồi lại hợp hai lực \vec{R}_1 và \vec{F}_3 được $\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3$ (Hình 28.3) và cứ tiếp tục như thế cho đến lực cuối cùng \vec{F}_n . Hợp lực \vec{F} tìm được sẽ là một lực song song cùng chiều với các lực thành phần và có độ lớn bằng tổng cộng độ lớn các lực thành phần.

c) Lý giải về trọng tâm của vật rắn

Quy tắc hợp lực song song cùng chiều giúp ta hiểu rõ thêm về trọng tâm của một vật. Thật vậy, bất kì một vật nào cũng có thể chia thành nhiều phần tử nhỏ, mỗi phần tử có một trọng lực nhỏ hướng theo chiều thẳng đứng xuống dưới, các trọng lực nhỏ tạo thành một hệ lực song song cùng chiều đặt lên vật. Hợp lực của chúng là trọng lực đặt lên vật. Điểm đặt của trọng lực (trọng tâm của vật) chính là điểm đặt của hợp lực này (Hình 28.4).

d) Phân tích một lực thành hai lực song song

Phân tích một lực \vec{F} thành hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 song song với \vec{F} tức là tìm hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 song song và có hợp lực là \vec{F} . Có vô số cách phân tích một lực đã cho.

Trong từng bài toán, khi có những yếu tố đã được xác định, ví dụ điểm đặt của hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 đã cho, thì phải dựa vào đó để chọn cách phân tích thích hợp.

e) Bài tập vận dụng

Một thanh sắt có khối lượng 50 kg được kê bởi hai giá đỡ O_1 và O_2 ở hai đầu (Hình 28.5). Đường thẳng đứng qua trọng tâm G chia đoạn thẳng O_1O_2 theo tỉ lệ $\frac{OO_2}{OO_1} = 2$. Tính lực của thanh sắt đè lên từng giá đỡ.

3. Điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của ba lực song song

Lập luận tương tự như trong trường hợp của ba lực không song song, ta cũng di đến cùng một kết luận. **Điều kiện cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ song song là hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba**

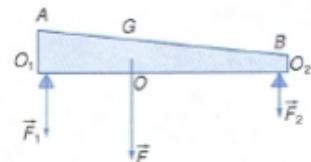
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0} \quad (28.3)$$

Điều kiện này đòi hỏi *ba lực phải đồng phẳng* (cùng nằm trên một mặt phẳng).

Thực vậy, trong số ba lực, có hai lực cùng chiều và một lực trái chiều (Hình 28.6). Lực trái chiều \vec{F}_3 cân bằng (do đó cùng giá) với hợp lực của hai lực kia ($\vec{F}_1 + \vec{F}_2$) tức là nằm trong mặt phẳng của hai lực ấy.

Độ lớn của lực \vec{F}_3 bằng độ lớn của hợp lực $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$, tức là :

$$F_3 = F_1 + F_2$$



Hình 28.5 Phân tích một lực thành hai lực song song

Bài giải

Theo quy tắc hợp lực

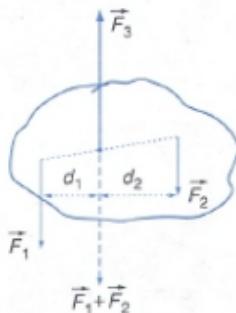
$$F = F_1 + F_2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{OO_2}{OO_1} = 2$$

Từ đó suy ra

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2}{3}F = \frac{2}{3} \cdot 50.9,81 \text{ N} \\ &= 327 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{1}{3}F = 163 \text{ N}$$



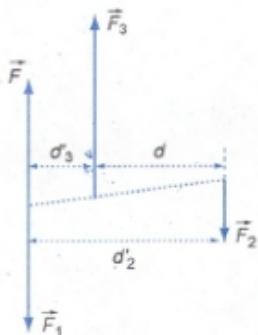
Hình 28.6 Điều kiện cân bằng

Giá của lực trái chiều \vec{F}_3 (cũng là giá của $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$) chia khoảng cách giữa giá của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 theo tỉ lệ nghịch với độ lớn

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

(chia trọng)

C1 Vẽ sơ đồ lực tác dụng lên thanh sắt nằm cân bằng trên giá đỡ Hình 28.5.



Hình 28.7 Hợp lực trái chiều

Ví dụ : Thanh sắt trong bài toán ở mục 2e ở trạng thái cân bằng dưới tác dụng của ba lực là trọng lực \vec{P} của thanh và hai phản lực \vec{N}_1 và \vec{N}_2 của giá đỡ.

4. Quy tắc hợp hai lực song song trái chiều

Dựa vào điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của ba lực song song, ta có thể suy ra rằng hợp lực \vec{F} của hai lực \vec{F}_3 và \vec{F}_2 thì cân bằng với lực \vec{F}_1 (Hình 28.7).

Từ đây, có thể thấy hợp lực \vec{F} của hai lực song song trái chiều \vec{F}_3 và \vec{F}_2 có các đặc điểm sau :

- Song song và cùng chiều với lực thành phần có độ lớn lớn hơn lực thành phần kia (\vec{F}_3)

- Có độ lớn bằng hiệu độ lớn của hai lực thành phần

$$F = F_3 - F_2$$

- Giá của hợp lực nằm trong mặt phẳng của hai lực thành phần, khoảng cách giữa giá của hợp lực với giá của hai lực thành phần tuân theo công thức

$$\frac{d'_2}{d'_3} = \frac{F_3}{F_2}$$

Khoảng cách d giữa giá của hai lực thành phần được chia ngoài theo tỉ lệ nghịch với độ lớn của hai lực ấy.

5. Ngẫu lực

Xét một hệ hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 song song ngược chiều, có cùng độ lớn F , tác dụng lên một vật (Hình 28.8). Áp dụng quy tắc ở mục 4, ta không thể



Hình 28.8

Ngẫu lực có momen $M = Fd$ với

$$F = |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$$

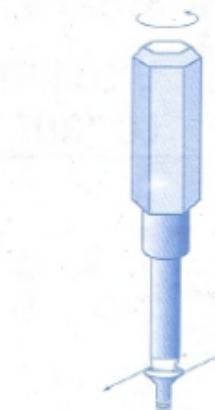
tìm được hợp lực của hai lực này. Nói cách khác không thể tìm được một lực duy nhất có tác dụng giống như hai lực này. Hệ hai lực này gọi là **ngẫu lực**.

Ngẫu lực có tác dụng làm cho vật rắn quay. Ví dụ, để vặn đinh ốc, ta dùng tuanovit tác dụng ngẫu lực lên đinh ốc (Hình 28.9).

Để đặc trưng cho tác dụng làm quay của ngẫu lực, người ta dùng đại lượng gọi là momen của ngẫu lực. Momen M của ngẫu lực bằng tích của độ lớn F của một lực và khoảng cách d giữa hai giá của hai lực

$$M = Fd$$

Đơn vị của momen ngẫu lực là N.m.



Hình 28.9

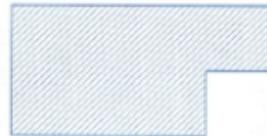
Tuanovit làm xoay đinh ốc.

CÂU HỎI

- Phát biểu quy tắc tổng hợp hai lực song song cùng chiều.
- Điều kiện cân bằng của một vật chịu tác động của ba lực song song là gì?
- Tìm hợp lực của một hệ lực song song, trong đó ba lực cùng chiều và hai lực hướng theo chiều ngược lại.

BÀI TẬP

- Hãy xác định trọng tâm của một bản mỏng, đồng chất, hình chữ nhật, dài 12 cm, rộng 6 cm, bị cắt mất một mảnh hình vuông có cạnh 3 cm (Hình 28.10).



Hình 28.10

- Một tấm ván nặng 240 N được bắc qua một con mương. Trọng tâm của tấm ván cách điểm tựa A một khoảng là 2,4 m và cách điểm tựa B một khoảng là 1,2 m (Hình 28.11). Hãy xác định các lực mà tấm ván tác dụng lên hai bờ mương.



Hình 28.11

- Một người gánh hai thúng, một thúng gạo nặng 300 N, một thúng ngô nặng 200 N. Đòn gánh dài 1,5 m. Hỏi vai người ấy phải đặt ở điểm nào để đòn gánh cân bằng và vai chịu một lực bằng bao nhiêu? Bỏ qua trọng lượng của đòn gánh.

29

MOMEM CỦA LỰC ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA MỘT VẬT RẦN CÓ TRỤC QUAY CỐ ĐỊNH



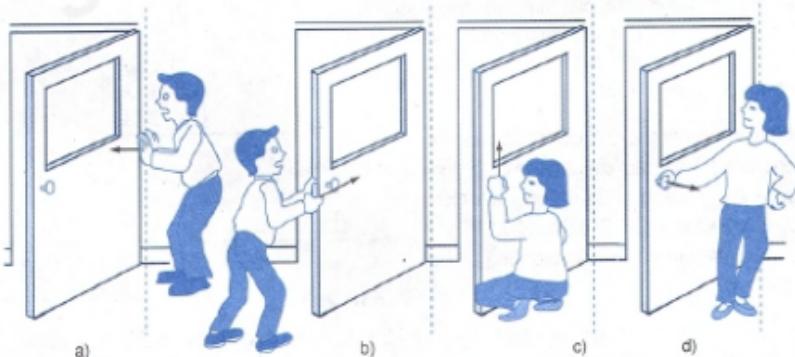
"Hãy cho tôi một điểm tựa, tôi sẽ nâng cả Trái Đất lên"

Ác-si-mét (Archimedes,
người Hi Lạp, 287 – 216 trước Công nguyên)

1. Nhận xét về tác dụng của một lực lên một vật rắn có trục quay cố định

Cánh cửa ra vào, cánh cửa sổ của lớp học là những vật có trục quay cố định. Các bản lề của cửa tạo thành một trục quay. Lấy tay đẩy cửa theo những chiều khác nhau với những lực có cùng độ lớn, ta nhận thấy cửa chịu những tác động khác nhau.

- Các lực có giá song song với trục quay (Hình 29.1c) hoặc cắt trục quay (Hình 29.1a và b) thì không có tác dụng làm quay cánh cửa.



Hình 29.1 Tác dụng những lực khác nhau có cùng độ lớn lên cánh cửa. Chỉ riêng ở trường hợp d, lực làm quay cánh cửa.

- Các lực có phương vuông góc với cửa và có giá càng xa trục quay thì tác dụng làm quay cửa càng mạnh (Hình 29.2).

Như vậy, tác dụng làm quay của một lực lên vật rắn có trục quay cố định từ trạng thái đứng yên không những phụ thuộc độ lớn của lực mà còn phụ thuộc khoảng cách từ trục quay tới giá (gọi là cánh tay đòn) của lực.



Hình 29.2 Chủ bé đang giữ không
cho bối cửa chủ đóng cửa lại

2. Momen của lực đối với một trục quay

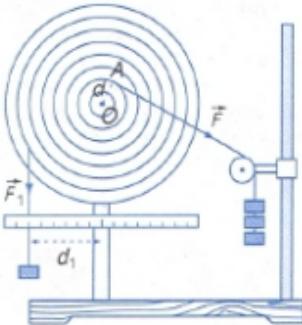
a) Thí nghiệm

Dụng cụ được bố trí như Hình 29.3. Đĩa tròn A có trục quay nằm ngang đi qua tâm O . Trên mặt đĩa có vạch những vòng tròn đồng tâm với bán kính tăng dần từng xentimét một và có những lỗ nhỏ để cắm các que nhỏ buộc dây treo các quả cân. Các lực do quả cân ở đầu các dây treo vắt qua ròng rọc tác dụng lên đĩa đều có phương song song với mặt đĩa, tức là nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay O .

Bố trí lực \vec{F} và \vec{F}_1 như ở Hình 29.3, khi đó đĩa tròn A cân bằng, ta thấy rằng :

$$F_1 d_1 = F d$$

Nếu chỉ riêng lực \vec{F} tác dụng lên đĩa A thì đĩa quay theo chiều kim đồng hồ. Nếu chỉ riêng lực \vec{F}_1 tác dụng, thì đĩa quay theo chiều ngược lại. Cả hai lực \vec{F} và \vec{F}_1 tác dụng đồng thời thì đĩa cân bằng. Khi ấy **tác dụng làm quay đĩa của hai lực bằng nhau** và ngược nhau.



Hình 29.3 Thí nghiệm cân bằng của
đĩa có trục quay cố định

Lực \vec{F} có độ lớn $F = 300 \text{ N}$, tay đòn $d = 2 \text{ cm}$.

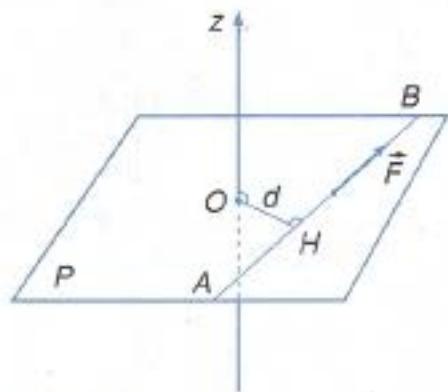
$$Fd = 300 \cdot 0,02 = 6 \text{ N.m.}$$

Lực \vec{F}_1 có độ lớn $F_1 = 100 \text{ N}$, tay đòn $d_1 = 6 \text{ cm}$.

$$F_1 d_1 = 100 \cdot 0,06 = 6 \text{ N.m.}$$

Momen của lực còn được gọi tắt là *momen lực*.

Lực không nằm trong một mặt phẳng vuông góc với trục quay cũng có momen đối với trục quay, nhưng định nghĩa phức tạp, vượt ra ngoài chương trình lớp 10.



Hình 29.4 Cánh tay đòn là khoảng cách d từ trục Oz đến giá của lực F

- Oz : trục quay.
- AB : giá của lực \vec{F} .
- Mặt phẳng P chứa O và AB vuông góc với trục quay Oz .
- $d = OH$ là khoảng cách từ O đến đường thẳng AB , cũng là khoảng cách từ trục Oz đến giá của lực \vec{F} .

Thay lực \vec{F}_1 bằng một lực \vec{F}_2 khác có khuynh hướng làm cho đĩa A quay ngược chiều kim đồng hồ và có tay đòn d_2 , ta cũng thấy rằng khi đĩa cân bằng thì $F_2 d_2 = Fd$.

b) Momen của lực

Qua nhiều lần thực hiện thí nghiệm trên, có thể kết luận rằng đại lượng Fd đặc trưng cho tác dụng làm quay đĩa A của lực F và gọi là momen của lực.

Xét một lực \vec{F} nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay Oz . Momen của lực \vec{F} đối với trục quay là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực quanh trục ấy và được đo bằng tích độ lớn của lực với cánh tay đòn

$$M = Fd$$

Cánh tay đòn d (còn gọi là tay đòn) là khoảng cách từ trục quay tới giá của lực (Hình 29.4).

Đơn vị momen của lực trong hệ SI là *niuton mét*, kí hiệu là N.m.

3. Điều kiện cân bằng của một vật rắn có trục quay cố định (còn gọi là quy tắc momen)

Từ thí nghiệm trên, ta suy ra :

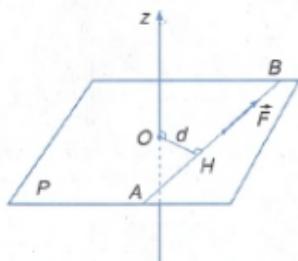
Muốn cho một vật rắn có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng momen của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo một chiều phải bằng tổng momen của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo chiều ngược lại.

C1 Khoảng cách từ trục quay tới giá của lực và khoảng cách từ điểm đặt của lực tới trục quay có phải là một không?

C2 Dựa vào quy tắc momen, hãy lí giải hiện tượng hai người đẩy cửa ở Hình 29.2.

Momen của lực còn được gọi tắt là *momen lực*.

Lực không nằm trong một mặt phẳng vuông góc với trục quay cũng có momen đối với trục quay, nhưng định nghĩa phức tạp, vượt ra ngoài chương trình lớp 10.



Hình 29.4 Cánh tay đòn là khoảng cách d từ trục Oz đến giá của lực F

- Oz : trục quay.
- AB : giá của lực \vec{F} .
- Mật phẳng P chứa O và AB vuông góc với trục quay Oz.
- $d = OH$ là khoảng cách từ O đến đường thẳng AB , cũng là khoảng cách từ trục Oz đến giá của lực \vec{F} .

Thay lực \vec{F}_1 bằng một lực \vec{F}_2 khác có khuynh hướng làm cho đĩa A quay ngược chiều kim đồng hồ và có tay đòn d_2 , ta cũng thấy rằng khi đĩa cân bằng thì $F_2 d_2 = Fd$.

b) Momen của lực

Qua nhiều lần thực hiện thí nghiệm trên, có thể kết luận rằng đại lượng Fd đặc trưng cho tác dụng làm quay đĩa A của lực F và gọi là *momen của lực*.

Xét một lực \vec{F} nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay Oz. Momen của lực \vec{F} đối với trục quay là *đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực quanh trục ấy* và được đo bằng tích độ lớn của lực với cánh tay đòn

$$M = Fd$$

Cánh tay đòn d (còn gọi là *tay đòn*) là khoảng cách từ trục quay tới giá của lực (Hình 29.4).

Đơn vị momen của lực trong hệ SI là *niuton mét*, kí hiệu là N.m.

3. Điều kiện cân bằng của một vật rắn có trục quay cố định (còn gọi là *quy tắc momen*)

Từ thí nghiệm trên, ta suy ra :

Muốn cho một vật rắn 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.

C1 Khoảng cách từ trục quay tới giá của lực và khoảng cách từ điểm đặt của lực tới trục quay có phải là một không ?

C2 Dựa vào quy tắc momen, hãy lí giải hiện tượng hai người đẩy cửa ở Hình 29.2.

Nếu ta quy ước momen lực làm vật quay ngược chiều kim đồng hồ có giá trị dương, cùng chiều kim đồng hồ có giá trị âm, thì ta có thể viết điều kiện trên dưới dạng đại số sau đây :

$$M_1 + M_2 + \dots = 0$$

trong đó M_1, M_2, \dots là momen của tất cả các lực đặt lên vật.



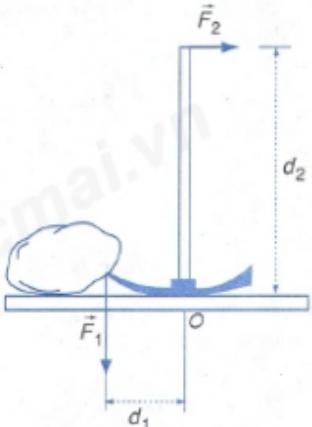
Hình 29.5 Cân thăng bằng

4. Ứng dụng

a) *Cân dĩa* gồm đòn cân, ở chính giữa đòn gắn với một điểm tựa gọi là dao cân, dao tì lên một đế lõm nhỏ và là trục quay, hai đĩa cân treo ở hai đầu của đòn cân. Khi cân thăng bằng, trọng lượng của vật (đặt trong một đĩa cân) bằng trọng lượng của quả cân (đặt trong đĩa kia) (Hình 29.5).

b) Quy tắc momen lực còn được áp dụng cho cả trường hợp một vật không có trục quay cố định. Chẳng hạn, ta hãy xét một chiếc cuốc chim đang được dùng để bẩy một tảng đá (Hình 29.6). Ở tư thế như trên hình vẽ, trục quay tạm thời là trục nằm ngang đi qua điểm tiếp xúc O giữa cuốc và mặt đất. Áp dụng quy tắc momen cho cuốc chim, ta có :

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$



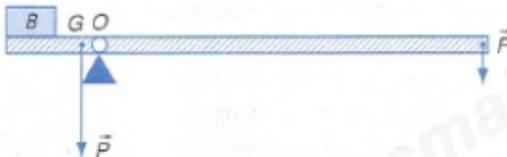
Hình 29.6 Cuốc chim bẩy tảng đá

CÂU HỎI

- Khi nào một lực tác dụng vào một vật có trục quay cố định mà không làm cho vật quay ?
- Nêu định nghĩa momen của một lực nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay.
- Điều kiện cân bằng của một vật có trục quay cố định là gì ?
- Chứng tỏ rằng momen của một ngẫu lực thi bằng tổng đại số momen của từng lực hợp thành ngẫu lực đối với một trục bất kì vuông góc với mặt phẳng của ngẫu lực.

BÀI TẬP

- Ở trường hợp nào sau đây, lực có tác dụng làm cho vật rắn quay quanh trục ?
 - Lực có giá nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay và cắt trục quay.
 - Lực có giá song song với trục quay.
 - Lực có giá cắt trục quay.
 - Lực có giá nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay và không cắt trục quay.
- Một thanh chẵn đường dài 7,8 m, có trọng lượng 210 N và có trọng tâm cách đầu bên trái 1,2 m (Hình 29.7). Thanh có thể quay quanh một trục nằm ngang ở cách đầu bên trái 1,5 m. Hỏi phải tác dụng vào đầu bên phải một lực bằng bao nhiêu để giữ thanh ấy nằm ngang ?

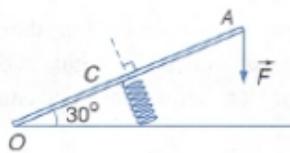


Hình 29.7

- Một chiếc búa định dùng để nhổ một chiếc đinh (Hình 29.8). Hãy vẽ trục quay của búa, các lực của tay và của đinh tác dụng vào búa và các tay đòn của hai lực đó.



Hình 29.8



Hình 29.9

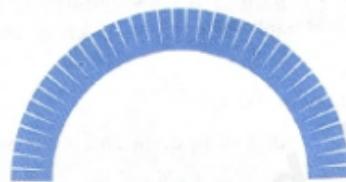
- Thanh OA có khối lượng không đáng kể, có chiều dài 20 cm, quay dễ dàng quanh trục nằm ngang O. Một lò xo gắn vào điểm giữa C. Người ta tác dụng vào đầu A của thanh một lực $F = 20 \text{ N}$ hướng thẳng đứng xuống dưới (Hình 29.9). Khi thanh ở trạng thái cân bằng, lò xo có phương vuông góc với OA, và OA làm thành một góc $\alpha = 30^\circ$ so với đường nằm ngang.
 - Tính phản lực N của lò xo vào thanh.
 - Tính độ cứng k của lò xo, biết lò xo ngắn đi 8 cm so với lúc không bị nén.

Em có biết ?

VÒM CỔNG

Cổng làng, cổng đình chùa thường được xây dựng theo cấu trúc vòm bằng gạch xếp lại hình vòng cung gọi là xây cuốn. Vòm cổng có dáng đẹp lại chắc chắn mà không cần có thanh dầm đỡ ở dưới.

Kiểu xây cuốn đơn giản nhất như ở Hình 29.10. Các viên đá được đẽo gọt vuông vức xếp thành hình vòm. Cổng Cửa Bắc Thành cổ Hà Nội được xây kiểu cuốn (Hình 29.11). Hãy thử phân tích các lực tác dụng lên viên đá nằm chính giữa vòm cổng khi chưa trát vữa.



Hình 29.10



Hình 29.11 Cửa Bắc Thành cổ Hà Nội

1. Mục đích

- Kiểm nghiệm lại quy tắc tổng hợp hai lực đồng quy và quy tắc tổng hợp hai lực song song cùng chiều.
- Rèn luyện kỹ năng sử dụng lực kế.

2. Cơ sở lí thuyết

- Tổng hợp hai lực đồng quy

Việc tổng hợp hai lực đồng quy được thực hiện theo quy tắc hình bình hành. Trong thí nghiệm này, ta cho hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng tác dụng vào một điểm của vật và áp dụng quy tắc hình bình hành để xác định hợp lực. Sau đó, tiến hành thí nghiệm để kiểm tra lại kết quả.

- Tổng hợp hai lực song song cùng chiều

Hợp lực của hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 song song cùng chiều tác dụng vào một vật là một lực song song cùng chiều với hai lực, có độ lớn $R = F_1 + F_2$ và điểm đặt được xác định theo công thức $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$. Trong thí nghiệm này, ta cho hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng tác dụng vào một vật, áp dụng các công thức trên để xác định độ lớn và điểm đặt của hợp lực. Sau đó, tiến hành thí nghiệm để kiểm tra lại kết quả.

3. Phương án thí nghiệm

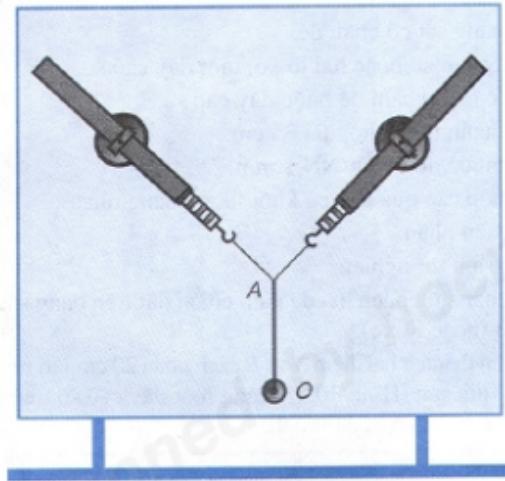
a) Tổng hợp hai lực đồng quy

- Dụng cụ thí nghiệm
 - Một bảng sắt có chân đế.
 - Hai lực kế ống.
 - Hai vòng kim loại có đế nam châm để lồng lực kế.
 - Một dây cao su và một dây chỉ bén.
 - Một đế nam châm để buộc dây cao su.
 - Một thước đo có ĐCNN 1mm.
 - Một viên phấn.

– Tiến trình thí nghiệm

- Buộc đầu O của dây cao su vào đế nam châm được đặt gần điểm giữa cạnh dưới của bảng sắt, còn đầu kia của dây cao su được thắt vào giữa một dây chi bên. Hai đầu dây chi này được buộc vào móc của hai lực kế ống đã được lồng vào vòng kim loại có đế nam châm.

- Đặt hai lực kế theo hai phương tạo với nhau một góc nào đó sao cho dây cao su nằm song song với mặt bảng và dẫn ra đến vị trí A (Hình 30.1).



Hình 30.1 Tổng hợp hai lực đồng quy

- Đánh dấu trên bảng sắt hình chiếu A' của A và phương của hai lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 do hai lực kế tác dụng vào dây cao su. Đọc và ghi vào bảng số liệu số chỉ của các lực kế.

- Biểu diễn các vectơ \vec{F}_1 và \vec{F}_2 lên bảng sắt theo cùng một tỉ lệ xích chọn trước.

- Vẽ lên bảng sắt hình bình hành có hai cạnh là hai vectơ lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 và đường chéo hình bình hành biểu diễn hợp lực \vec{R} . Dùng thước đo chiều dài l của đường chéo biểu diễn \vec{R} để từ đó, tính giá trị R theo tỉ lệ xích đã chọn. Ghi vào bảng số liệu các giá trị l và R .

- Dùng một lực kế kéo dây cao su sao cho dây cao su nằm song song với mặt bảng và cũng dẫn đến vị trí A. Đọc trên lực kế và ghi vào bảng số liệu giá trị của hợp lực R_1 .

Lặp lại bước thí nghiệm này thêm hai lần để tìm và ghi vào bảng số liệu các giá trị R_2 , R_3 tương ứng.

Tính và ghi vào bảng số liệu \bar{R} , ΔR .

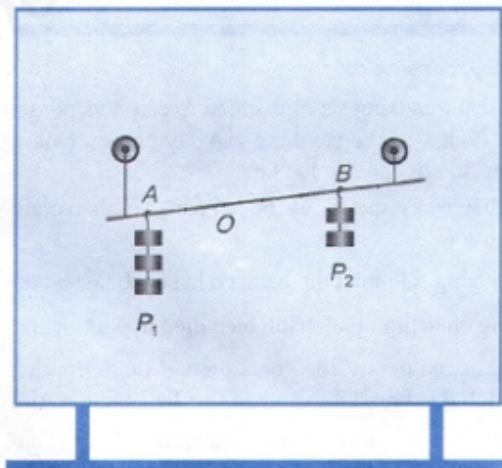
- So sánh kết quả đo R vừa tiến hành với kết quả xác định R theo quy tắc hình bình hành và rút ra kết luận.

- Lặp lại tiến trình thí nghiệm với cặp lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 có độ lớn và phương khác.

b) **Tổng hợp hai lực song song cùng chiều**

– Dụng cụ thí nghiệm

- Một bảng sắt có chân đế.
- Ba dây cao su hoặc hai lò xo, một dây cao su.
- Hai đế nam châm để buộc dây cao su.
- Một thanh thép nhỏ, dài 35 cm.
- Một thước đo có ĐCNN 1 mm.
- Một hộp các quả cân có khối lượng bằng nhau.
- Một viên phấn.
- Tiến trình thí nghiệm
 - Treo thanh thép lên hai đế nam châm đặt trên bảng sắt nhờ hai dây cao su (hoặc lò xo).
 - Móc lên thanh ở hai điểm A và B cách nhau 20 cm lần lượt ba quả cân và hai quả cân (Hình 30.2). Căng một dây cao su trên bảng sắt để đánh dấu vị trí này của thanh.



Hình 30.2 Tổng hợp hai lực song song cùng chiều

- Vẽ thanh và hai lực \vec{P}_1 , \vec{P}_2 do các quả cân tác dụng lên thanh ở hai điểm A , B lên bảng sắt. Áp dụng các công thức của quy tắc hợp lực song song cùng chiều để xác định độ lớn và điểm đặt O (độ dài a của đoạn OA) của hợp lực \vec{P} . Ghi các giá trị P và a vào bảng số liệu.

- Móc nâm quả cân vào một điểm nào đó trong khoảng AB sao cho thanh có vị trí trùng với vị trí đã được đánh dấu bằng dây cao su. Đo và ghi vào bảng số liệu độ dài a_1 từ điểm đó tới A .

Lặp lại bước thí nghiệm này thêm hai lần để tìm và ghi vào bảng số liệu các độ dài a_2 , a_3 tương ứng.

Tính \bar{a} và Δa .

- So sánh vị trí của điểm đặt hợp lực tìm được ở bước thí nghiệm này với vị trí của điểm đặt hợp lực được xác định bằng tính toán ở trên.

- Lặp lại tiến trình thí nghiệm cho trường hợp móc lên thanh ở A một quả cân, ở B ba quả cân và $AB = 16$ cm.

4. Báo cáo thí nghiệm

a) Mục đích thí nghiệm

b) Cơ sở lý thuyết

c) Kết quả thí nghiệm

– *Tổng hợp hai lực đồng quy*

Thí nghiệm	F_1 (N)	F_2 (N)	Tỉ lệ xích		\bar{R} (từ vẽ hình) \bar{R} (từ thí nghiệm)	R_1	R_2	R_3	\bar{R}	ΔR	$R = \bar{R} \pm \Delta R$
			I (mm)	R (N)							
1			1 mm ứng với ... N								
2			1 mm ứng với ... N								

So sánh các giá trị của R được xác định bằng cách áp dụng quy tắc hình bình hành với các giá trị của R do được bằng lực kế trong hai thí nghiệm và rút ra kết luận.

– *Tổng hợp hai lực song song cùng chiều*

Thí nghiệm	P_1 (N)	P_2 (N)	\vec{P} (từ tính toán)		\vec{P} (từ thí nghiệm)		Độ dài a của đoạn OA (mm)					
			P (N)	Độ dài a của đoạn OA (mm)	P (N)		Độ dài a của đoạn OA (mm)					
							a_1	a_2	a_3	\bar{a}	Δa	$a = \bar{a} \pm \Delta a$
1												
2												

So sánh các kết quả hợp lực \vec{P} thu được bằng tính toán và bằng thí nghiệm trong hai thí nghiệm, rút ra kết luận.

TÓM TẮT CHƯƠNG III

Chủ đề	Ý chính
Điều kiện cân bằng của vật rắn (ĐKCBCVR)	ĐKCBCVR dưới tác dụng của hai lực : Hai lực cân bằng (cùng giá, cùng độ lớn, ngược chiều, cùng đặt vào vật).
Quy tắc hợp hai lực (QTHHL) \vec{F}_1 và \vec{F}_2	ĐKCBCVR dưới tác dụng của ba lực : Hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba
Trọng tâm	$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$
Momen lực	<ul style="list-style-type: none"> Nếu ba lực không song song, chúng phải đồng phẳng và đồng quy. Nếu ba lực song song thì phải đồng phẳng
Ngẫu lực	

ĐKCBCVR dưới tác dụng của trọng lực và có giá đỡ nằm ngang : Đường thẳng đứng đi qua trọng tâm gấp mặt chân đế.

ĐKCBCVR có trực quay cố định : Tổng đại số momen các lực đối với trực quay bằng 0

$$M_1 + M_2 + \dots = 0$$

QTHHL đồng quy (quy tắc hình bình hành) : Hợp lực là đường chéo hình bình hành mà hai cạnh là \vec{F}_1 và \vec{F}_2

QTHHL song song cùng chiều : Hợp lực song song cùng chiều, độ lớn bằng tổng $F_1 + F_2$, giá hợp lực chia trong khoảng cách theo tỉ lệ nghịch $F_1d_1 = F_2d_2$.

QTHHL song song ngược chiều : Hợp lực song song cùng chiều với lực lớn, độ lớn bằng hiệu $|F_1 - F_2|$, giá hợp lực chia ngoài khoảng cách theo tỉ lệ nghịch $F_1d_1 = F_2d_2$.

Trọng tâm của vật rắn là điểm đặt của trọng lực tác dụng lên vật.

Momen của lực \vec{F} đối với một trực quay vuông góc với mặt phẳng chứa lực là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực và có giá trị bằng tích độ lớn của lực và khoảng cách d giữa trục quay và giá của lực $M = Fd$.

Ngẫu lực là hệ hai lực song song trái chiều có độ lớn bằng nhau. Ngẫu lực có tác dụng làm quay vật, tác dụng này đặc trưng bằng momen $M = Fd$; trong đó F là độ lớn của mỗi lực, d là khoảng cách giữa hai giá của lực.