
Cơ học cơ sở

Classical Mechanics

by

Nguyen Xuan Hung

Bài Giảng

05/ 2008

- 1. Các khái niệm cơ bản về tiên đề tĩnh học**
- 2. Lý thuyết về hệ lực**
- 3. Ma sát và bài toán cân bằng của vật có ma sát**
- 4. Tâm khối của vật rắn**

ác khái niệm cơ bản

Ba khái niệm cơ bản trong tĩnh học: vật rắn tuyệt đối, cân bằng và lực

Vật rắn tuyệt đối

Vật rắn được gọi là tuyệt đối nếu khoảng cách giữa hai chất điểm bất kì luôn luôn không đổi

Cân bằng tĩnh học

Vật rắn được gọi là cân bằng khi vị trí của nó không thay đổi so với vị trí của một vật nào đó được chọn làm chuẩn gọi là hệ quy chiếu

Các khái niệm cơ bản

Lực

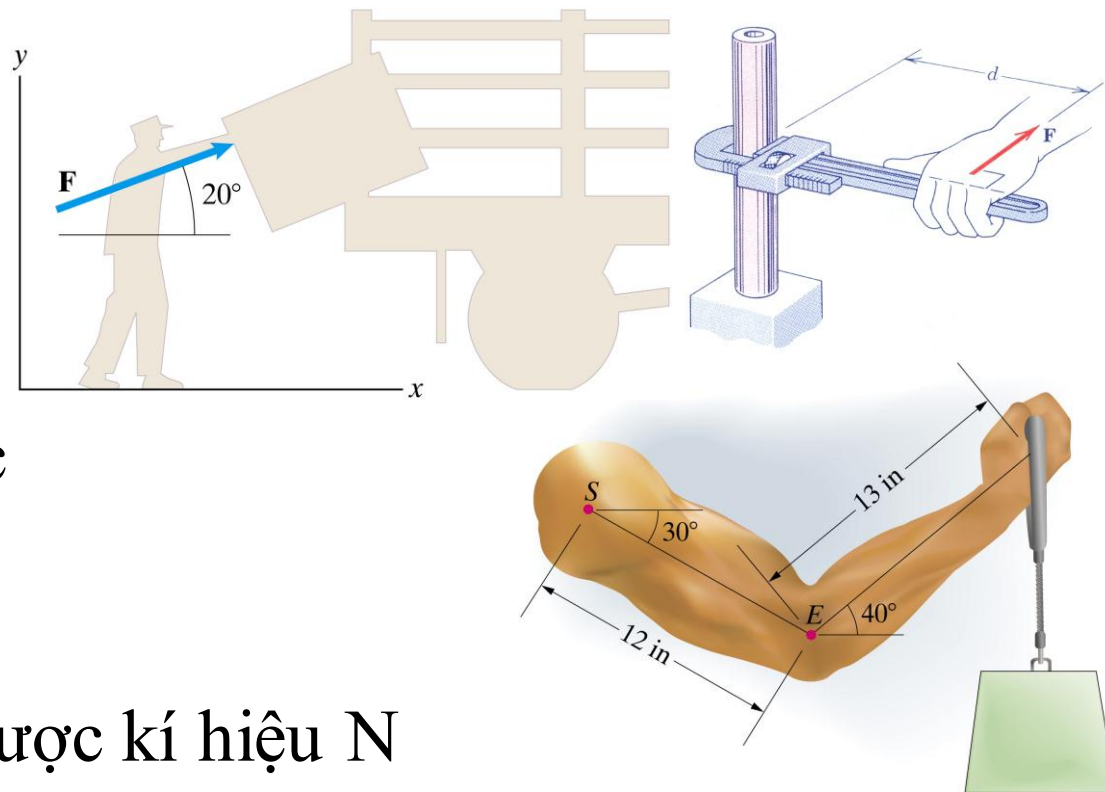
Lực là đại lượng đo tác dụng cơ học giữa các vật thể với nhau

Lực được đặc trưng bởi

- Điểm đặt của lực $\vec{F}$
- Phương chiều của lực
- Cường độ của lực

Đơn vị lực là Niuton, được kí hiệu N

Giá mang vector lực được gọi là đường tác dụng của lực

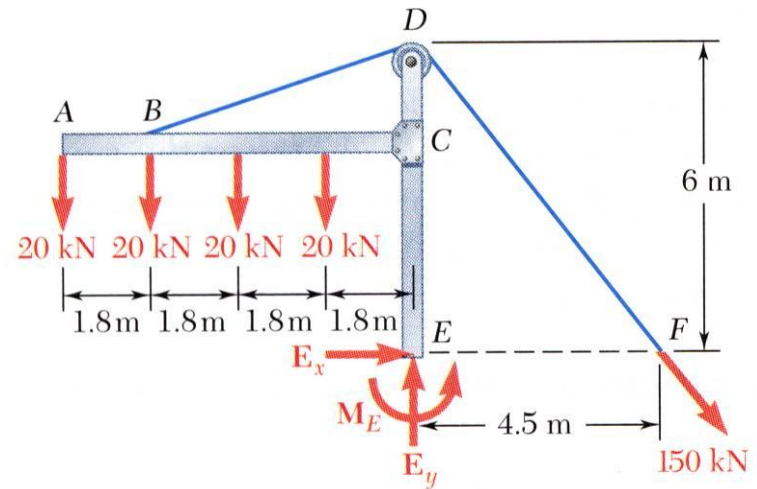
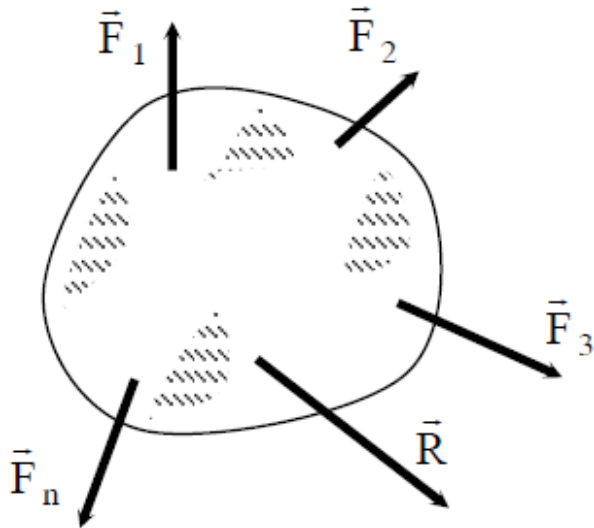


Các khái niệm cơ bản

Hệ lực

Hệ lực là tập hợp nhiều lực cùng tác dụng lên một vật rắn

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$$



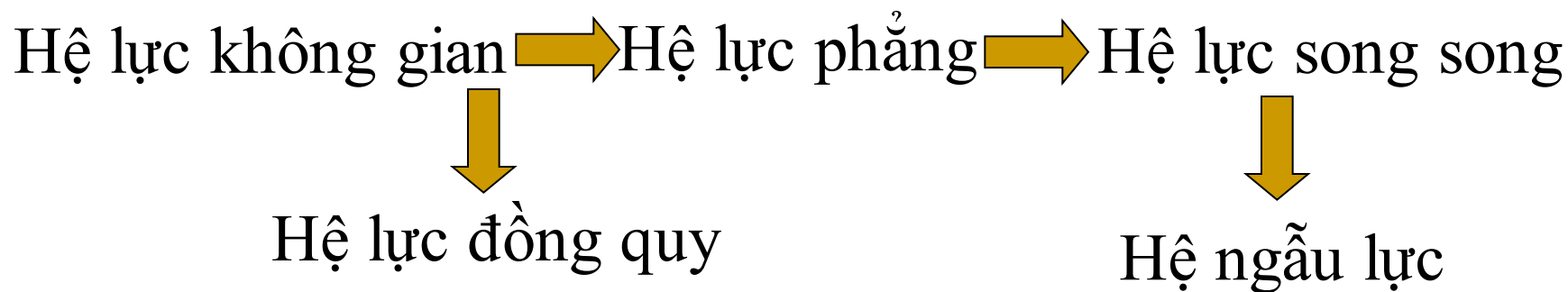
Hợp lực của hệ lực là một lực duy nhất tương đương với hệ lực ấy. Ký hiệu: $\vec{R}$

ác khái niệm cơ bản

Hai hệ lực tương đương

Hai hệ lực tương đương khi nó có tác dụng cơ học như nhau

Ký hiệu: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim (\vec{\phi}_1, \vec{\phi}_2, \dots, \vec{\phi}_n)$

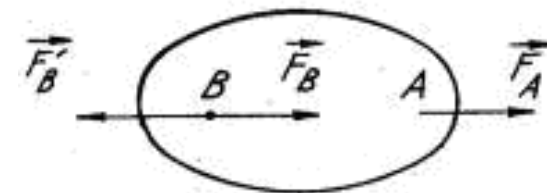
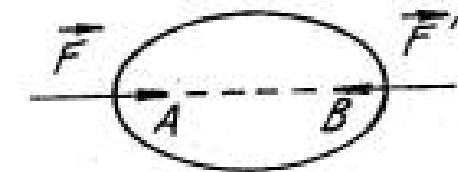
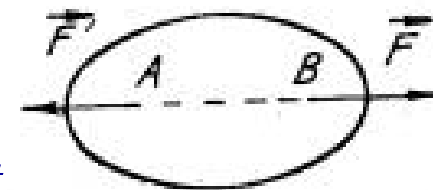


Hệ tiên đề tĩnh học

Tiên đề 1: Hệ hai lực cân bằng (CB)

Đk cần và đủ để hệ 2 lực CB: cùng độ lớn, cùng phương, ngược chiều, cùng đặt lên vật rắn đó

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2) \sim 0 \Leftrightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$



Tiên đề 2: Tiên đề thêm bớt hai lực cân bằng

Tác dụng của một hệ lực không thay đổi nếu thêm hoặc bớt hai lực cân bằng

Tác dụng của lực không thay đổi khi trượt lực trên đường tác dụng của nó.

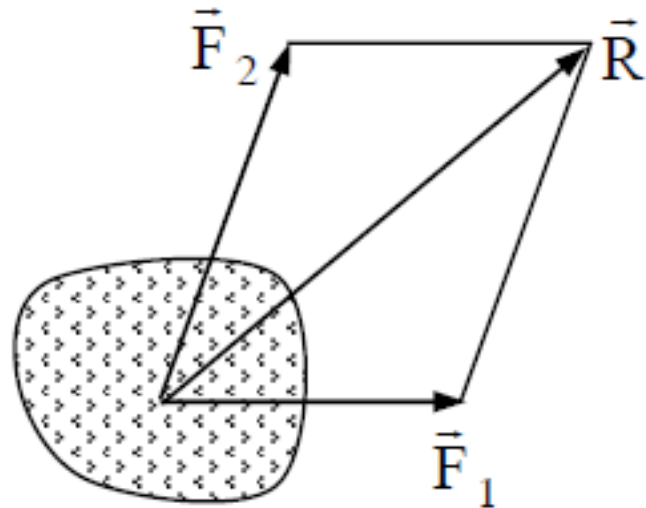
$$(\vec{F}_B, \vec{F}_B) \sim 0 : \vec{F}_A \sim (\vec{F}_B, \vec{F}_B, \vec{F}_B)$$

Hệ tiên đề tĩnh học

Tiên đề 3: Tiên đề hợp lực hình bình hành

Hệ hai lực cùng đặt tại một điểm ~ với một lực đặt tại điểm đặt chung và có vector lực bằng vector chéo hình bình hành mà hai cạnh là hai vector biểu diễn hai lực thành phần

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2) \sim \vec{R} \Leftrightarrow \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$



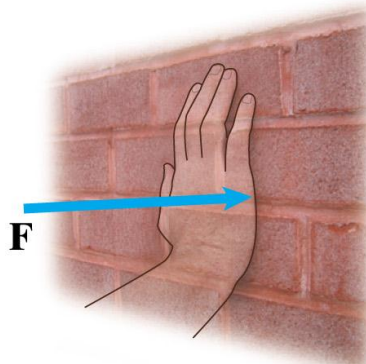
Hệ tiên đề tĩnh học

Tiên đề 4: Tiên đề tác dụng và phản tác dụng

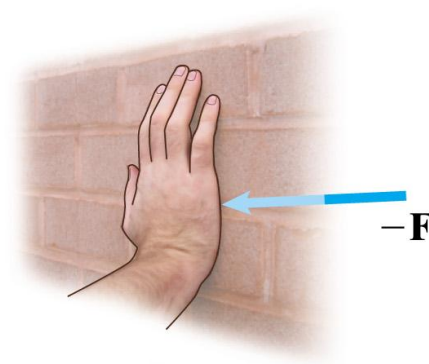
Lực tác dụng và lực phản tác dụng giữa hai vật có cùng đường tác dụng, cùng cường độ nhưng ngược chiều nhau



(a)



(b)



(c)

Hệ tiên đề tĩnh học

Tiên đề 5: Tiên đề hóa rắn

Một vật biến dạng đã cân bằng dưới tác dụng của một hệ lực thì khi hóa rắn lại nó vẫn cân bằng

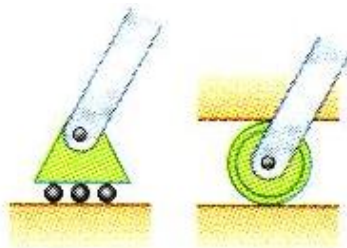
Tiên đề 6: giải phóng liên kết

Vật rắn không tự do có thể xem như vật rắn tự do khi giải phóng các liên kết và thay vào đó bằng các phản lực liên kết

Hệ quả: Đlý trượt lực

Tác dụng của lực lên vật rắn sẽ không thay đổi nếu ta trượt lực trên đường tác dụng của nó

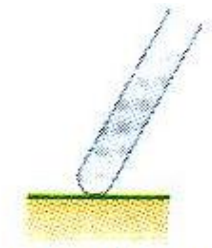
lực liên kết dạng trượt và dây mềm



Con lăn



Đế cân bằng



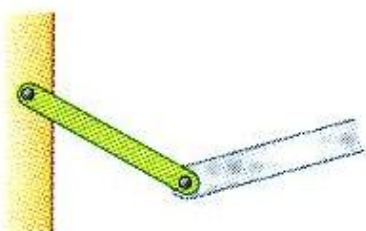
Trượt không ma sát



Phản lực



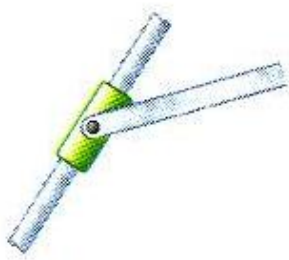
Dây neo



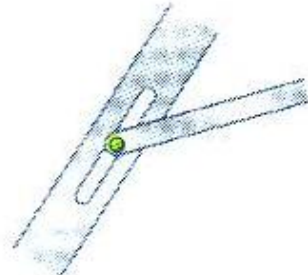
Liên kết thanh



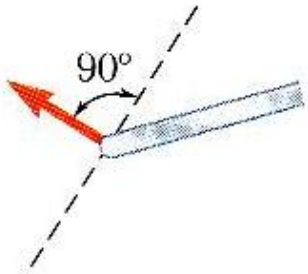
Lực căng



Vòng đai trên thanh ko ma sát



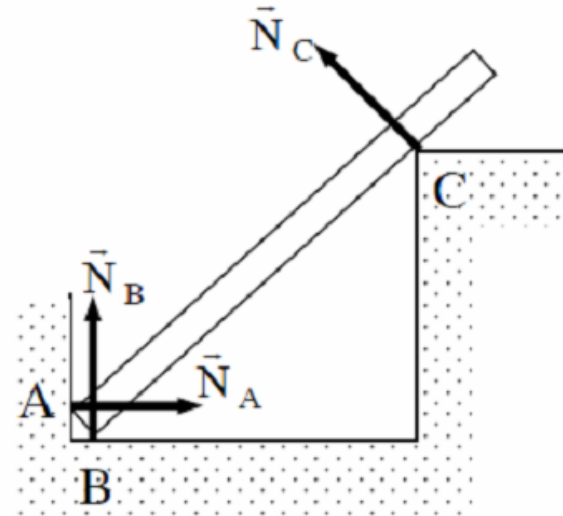
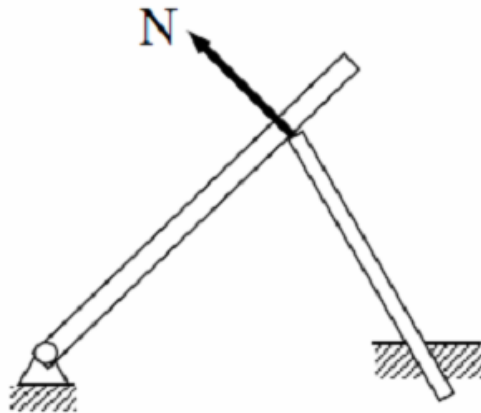
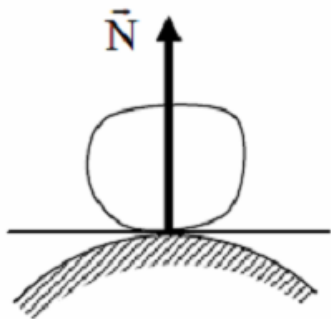
Chốt trượt ko ma sát



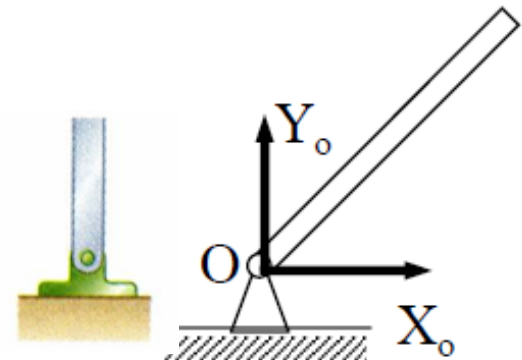
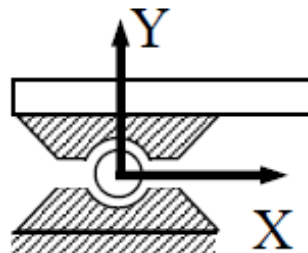
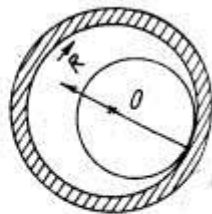
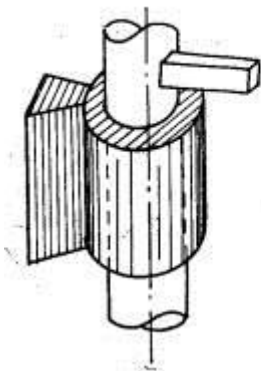
Phản lực

Phản lực liên kết

Liên kết tựa

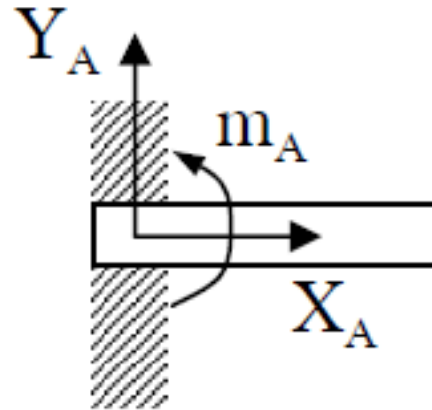
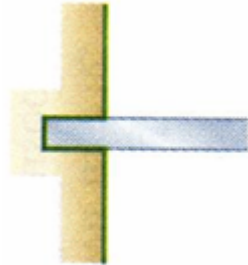


Liên kết bản lề

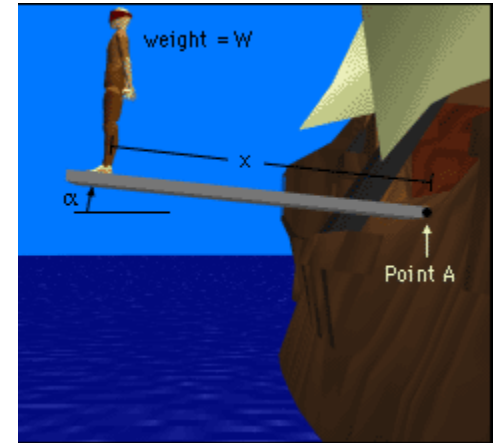
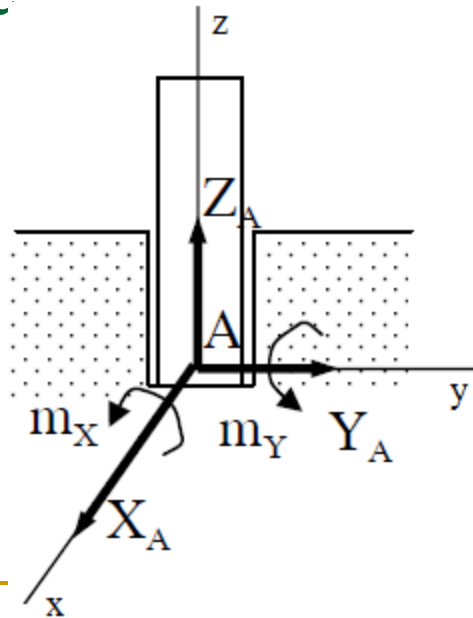


Phản lực liên kết

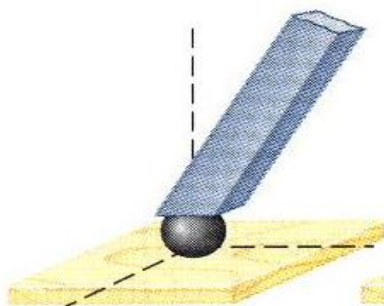
Liên kết ngàm



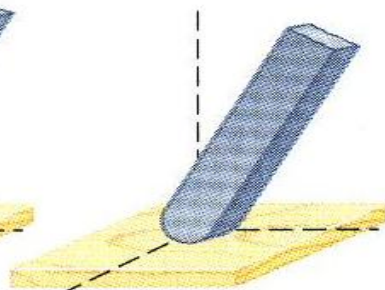
Liên kết gối trục



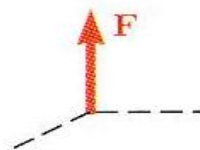
hản lực liên kết trong 3 chiều



Viên bi



Trượt ko ma sát



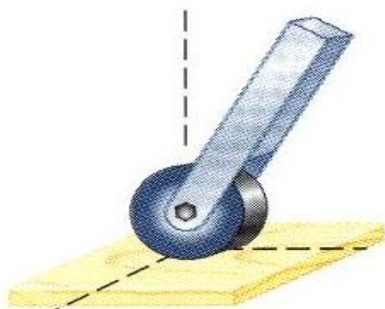
Phản lực



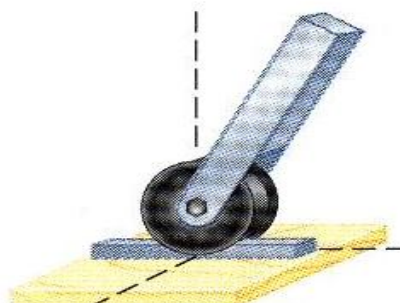
Dây cáp



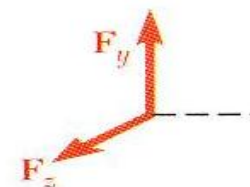
Lực căng



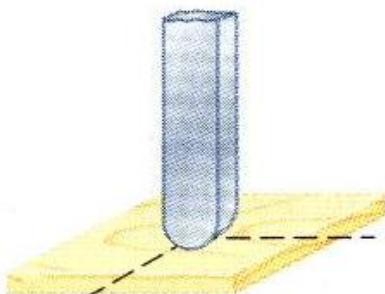
Mặt nhám



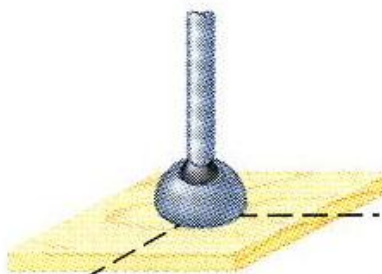
Đường ray



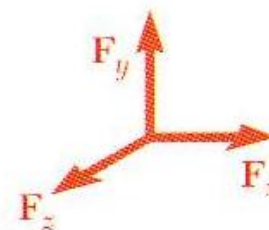
Phản lực



Mặt nhám



Lk cầu

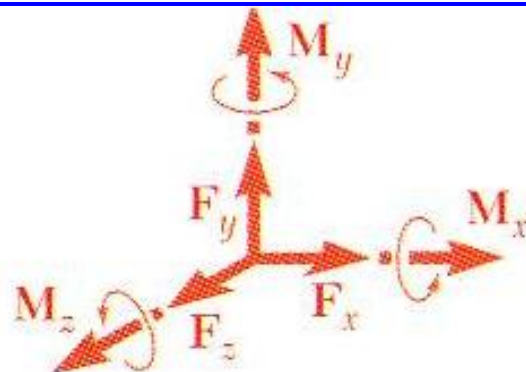


Phản lực

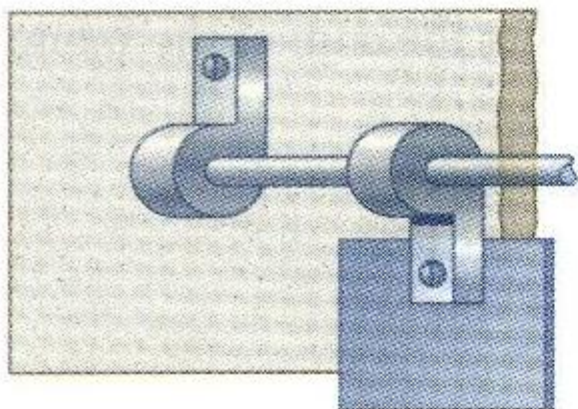
Phản lực liên kết trong 3 chiều



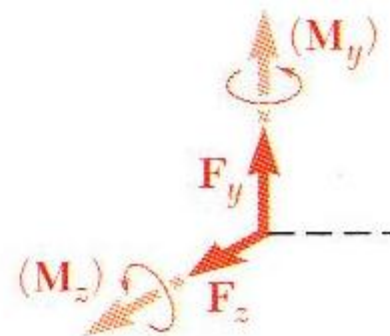
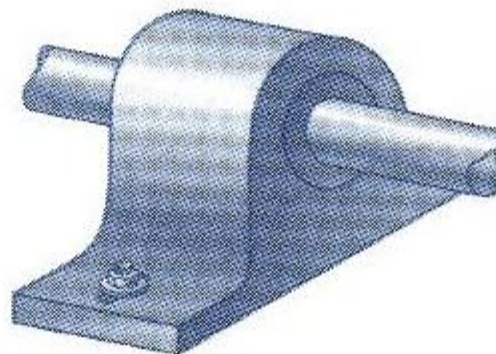
Ngàm không gian



Phản lực

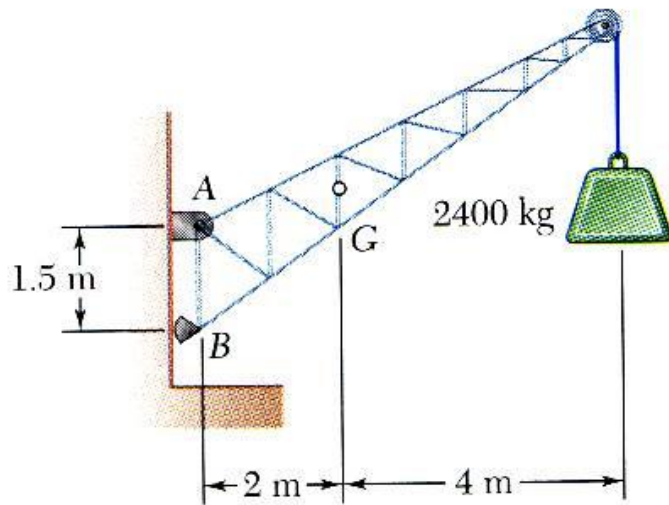


Bàn lè (khớp nối)

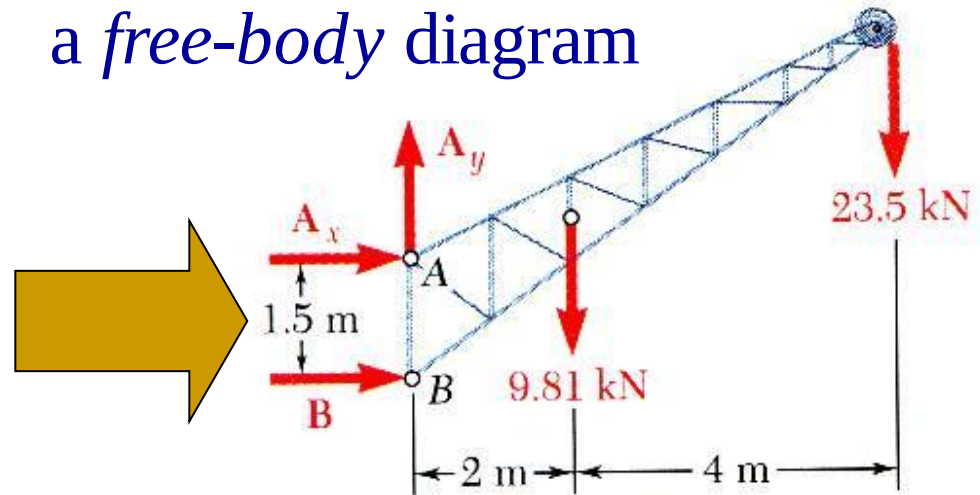


Phản lực

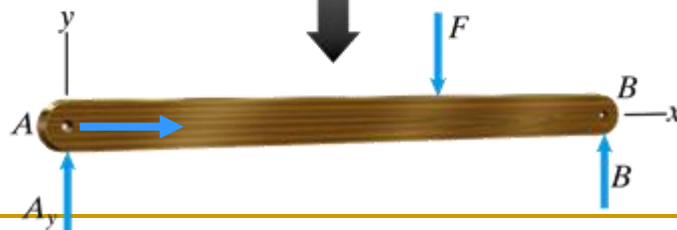
Giải phóng vật ko tự do



a free-body diagram



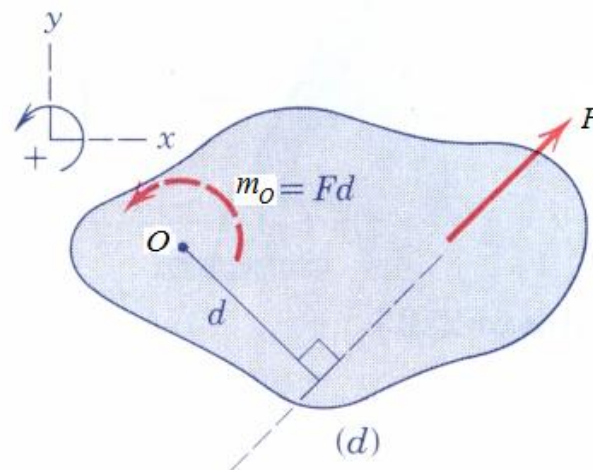
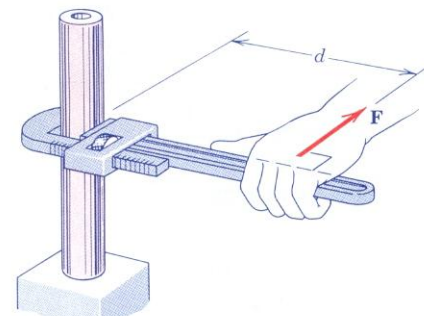
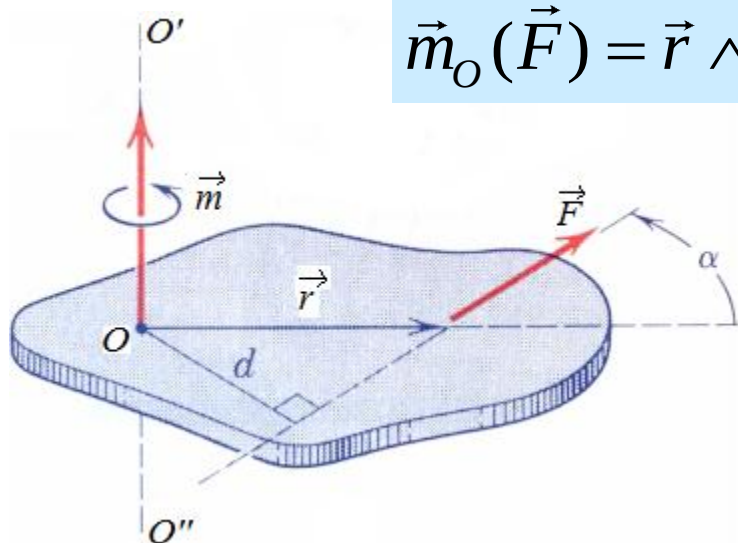
a free-body diagram



Kiến thức đã học $M_{\Delta} = Fd$

Mômen của lực F đối với điểm O là đại lượng vécto

$$\vec{m}_O(\vec{F}) = \vec{r} \wedge \vec{F}$$



Để đặc trưng cho sự quay vật thể dưới tác dụng của lực tĩnh, ta có khái niệm mômen lực

Độ lớn và dạng hình chiếu

Độ lớn

$$|\vec{m}_O| = 2dt\Delta_{OAB}$$

Khai triển

$$\begin{aligned}\vec{m}_O(\vec{F}) &= \vec{r} \wedge \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} \\ &= \vec{i}(yF_z - zF_y) + \vec{j}(zF_x - xF_z) + \vec{k}(xF_y - yF_x)\end{aligned}$$

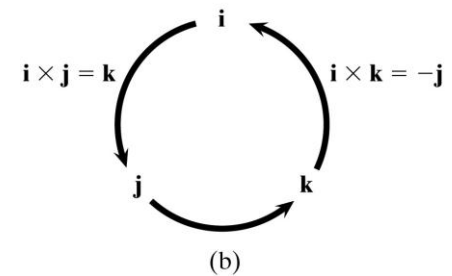
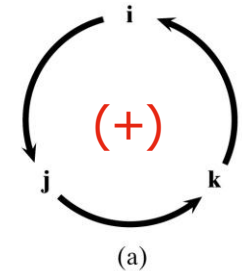
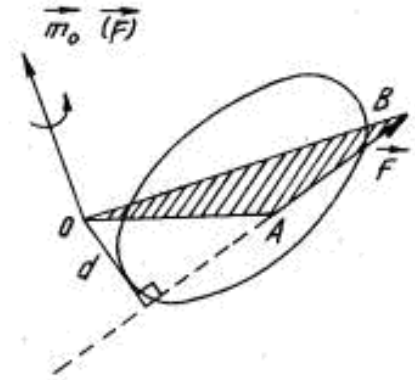
Dạng hình chiếu

$$\vec{m}_O(\vec{F}) = \bar{m}_{Ox}\vec{i} + \bar{m}_{Oy}\vec{j} + \bar{m}_{Oz}\vec{k}$$

$$\bar{m}_{Ox} = yF_z - zF_y$$

$$\bar{m}_{Oy} = zF_x - xF_z$$

$$\bar{m}_{Oz} = xF_y - yF_x$$



Động lượng và ngẫu lực

Hoặc có thể tính bằng công thức:

$$\vec{m}_O = \vec{r} \wedge \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

$$= (yF_z - zF_y)\vec{i} - (xF_z - zF_x)\vec{j} + (xF_y - yF_x)\vec{k}$$

Độ lớn:

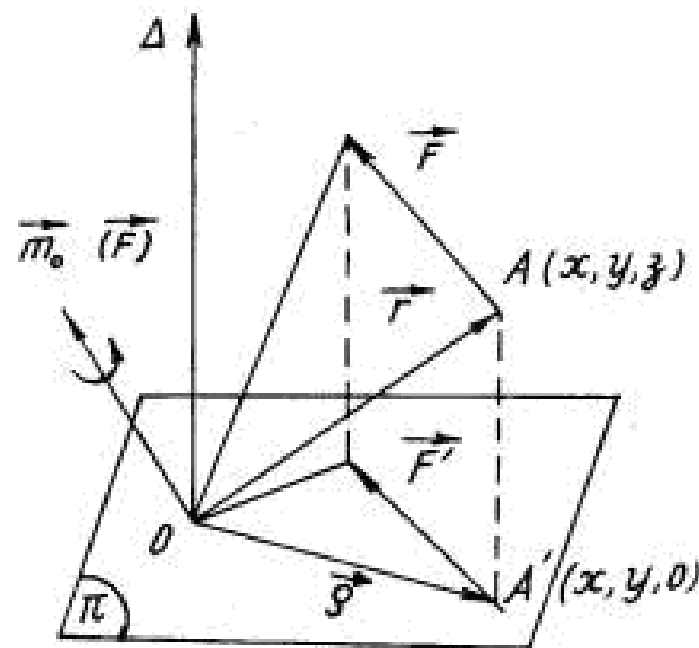
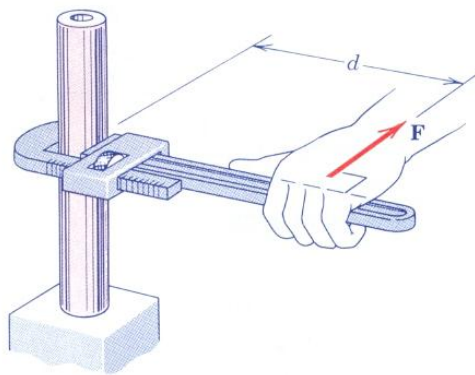
$$m_O = \sqrt{(yF_z - zF_y)^2 + (xF_z - zF_x)^2 + (xF_y - yF_x)^2}$$

Mômen của lực F đối với 1 trục là đại lượng đại số

Mô men của lực $\vec{m}_O(\vec{F}) = \vec{r} \wedge \vec{F}$
đối với trục Δ bằng mô men của
hình chiếu của vectơ lực lên đối
với điểm O trên trục Δ ấy

$$\bar{m}_\Delta(\vec{F}) = \bar{m}_O(\vec{F}')$$

Ví dụ:



Ngẫu lực (Couple)

Ngẫu lực là hệ lực gồm hai lực song song ngược chiều và cùng cường độ

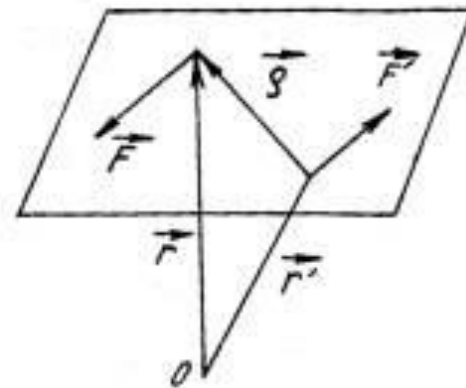
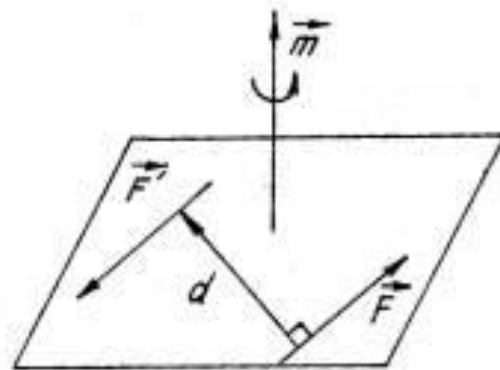
Các đặc trưng của ngẫu lực

- Mặt phẳng tác dụng

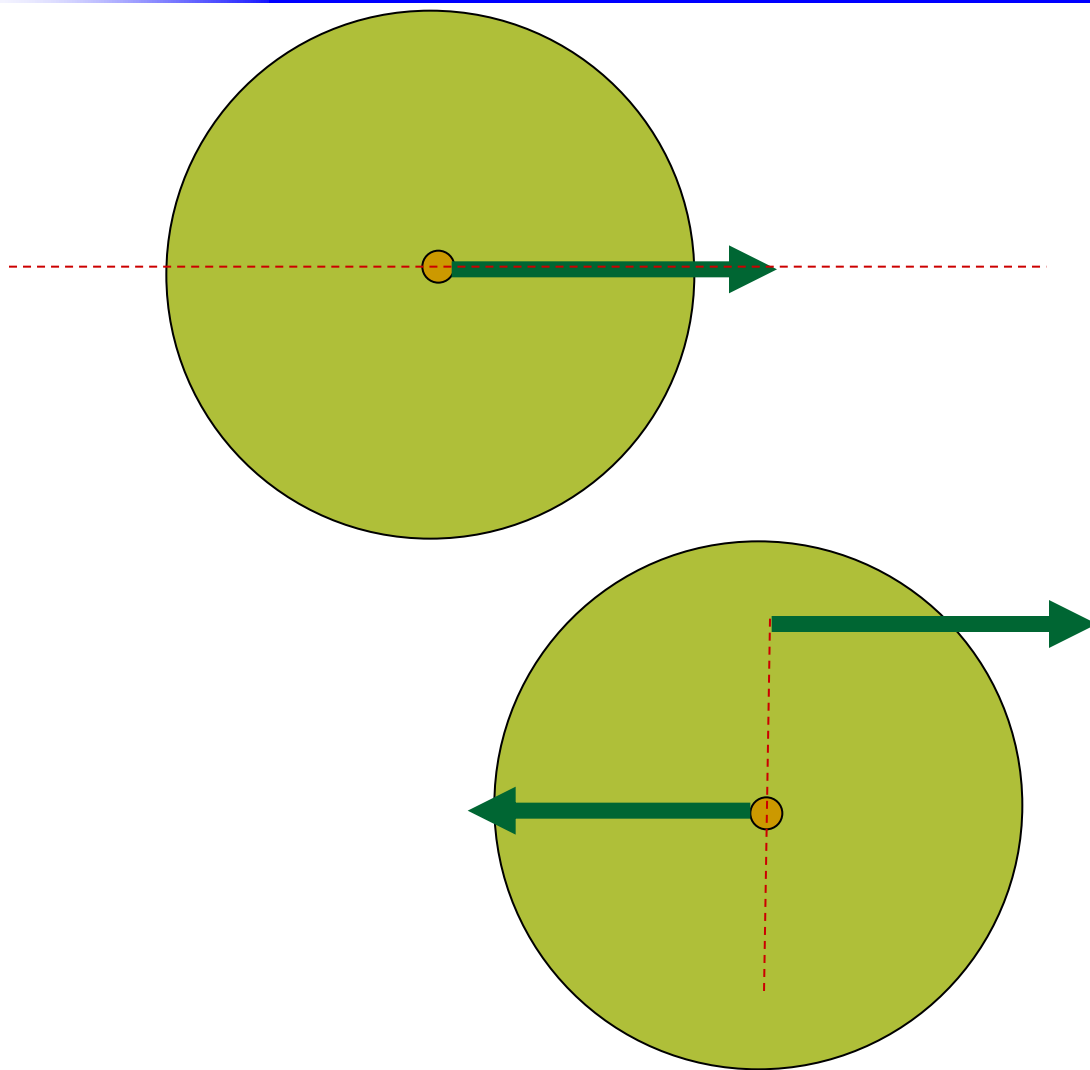
- Cường độ: $m = d * F$

Liên hệ giữa vectơ mô men ngẫu lực và mô men của lực đối với một điểm

$$\vec{m}_O(\vec{F}) + \vec{m}_O(\vec{F}') = \vec{m}$$

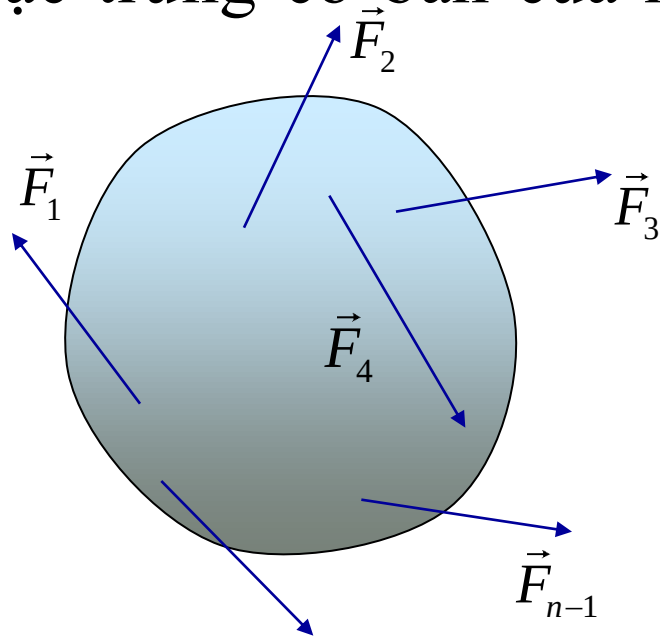


Ứng dụng của ngẫu lực



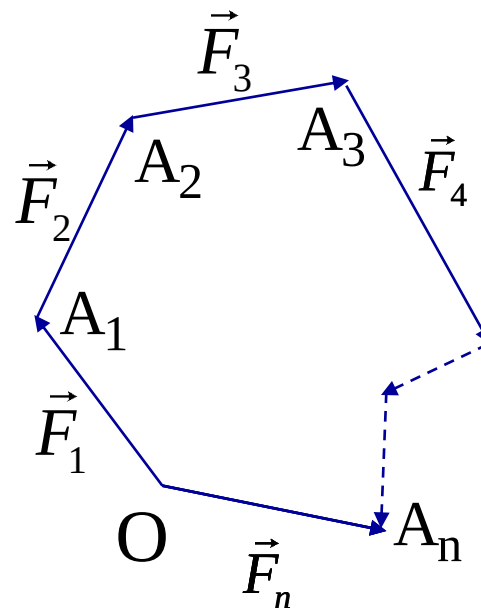
Ly thuyết về hệ lực

Hai đặc trưng cơ bản của hệ lực: Vectơ chính, mômen chính



Vectơ chính $\vec{F}_n$

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k$$



Phương pháp vectơ

Mômen chính

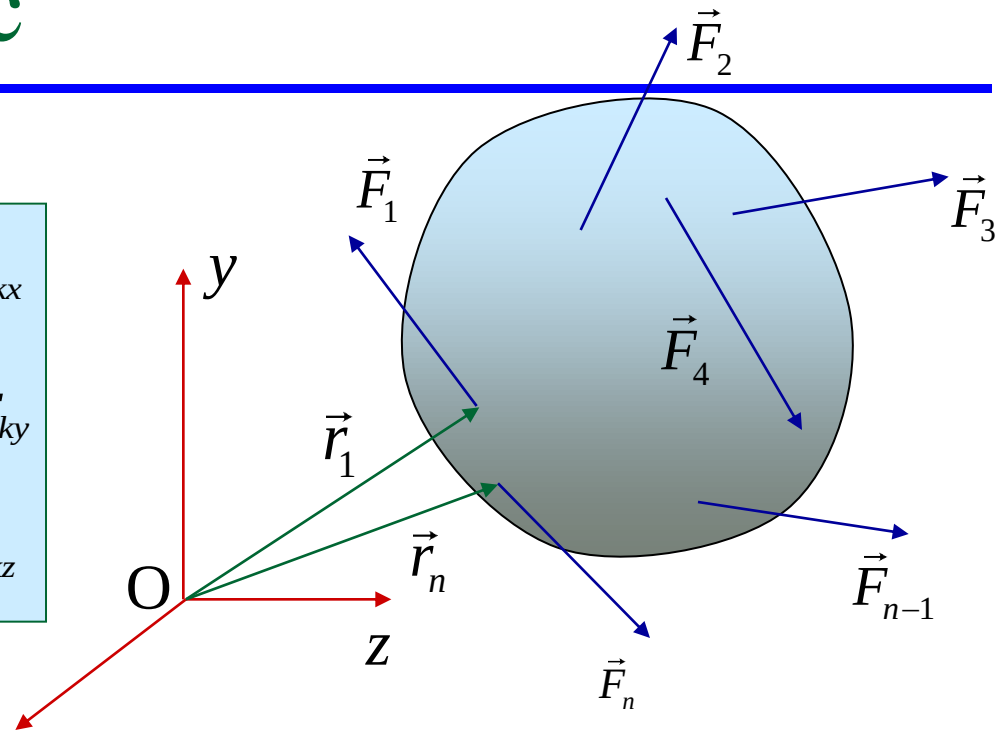
$$\vec{M}_O = \vec{m}_O(\vec{F}_1) + \vec{m}_O(\vec{F}_2) + \dots + \vec{m}_O(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \vec{m}_O(\vec{F}_k)$$

Trong đó $\vec{m}_O(\vec{F}_k) = \vec{r}_k \wedge \vec{F}_k$

Ly thuyết về hệ lực

Phương pháp hình chiếu

$$\vec{R} \begin{cases} R_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum_{k=1}^n F_{kx} \\ R_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum_{k=1}^n F_{ky} \\ R_z = F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz} = \sum_{k=1}^n F_{kz} \end{cases}$$

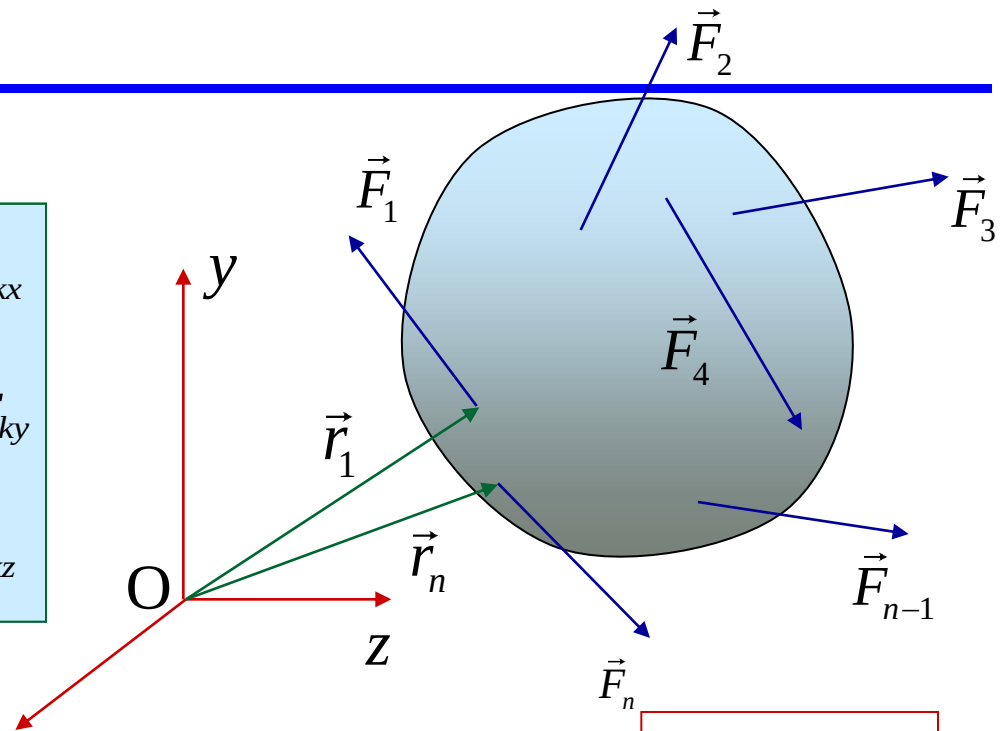


$$\vec{M}_O \begin{cases} \bar{M}_{Ox} = \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_1) + \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_2) + \dots + \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_k) \\ \bar{M}_{Oy} = \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_1) + \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_2) + \dots + \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_k) \\ \bar{M}_{Oz} = \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_1) + \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_2) + \dots + \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_k) \end{cases}$$

Thuyết không gian

Phương pháp hình chiếu

$$\vec{R} \begin{cases} R_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum_{k=1}^n F_{kx} \\ R_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum_{k=1}^n F_{ky} \\ R_z = F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz} = \sum_{k=1}^n F_{kz} \end{cases}$$



$$\vec{M}_O \begin{cases} \bar{M}_{Ox} = \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_1) + \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_2) + \dots + \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_{Ox}(\vec{F}_k) \\ \bar{M}_{Oy} = \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_1) + \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_2) + \dots + \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_{Oy}(\vec{F}_k) \\ \bar{M}_{Oz} = \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_1) + \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_2) + \dots + \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_n) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_{Oz}(\vec{F}_k) \end{cases}$$

Chúng
ta có
Hệ 6
phương
trình

Định lý biến thiên mômen

Biến thiên mô men chính của hệ lực khi tâm lấy mô men thay đổi từ $O \rightarrow O'$ bằng mômen của vector chính đặt tại O lấy đối với điểm O'

$$\vec{M}_{O'}(\vec{R}) - \vec{M}_O(\vec{R}) = \vec{O'O} \wedge \vec{R}_O$$

Tham khảo hệ lực không gian về tâm O

Lực $\vec{F}$ đặt tại A tương đương với lực $\vec{F}'//$, cùng chiều, cùng cường độ với lực $\vec{F}$ nhưng đặt tại O và một ngẫu lực có mômen bằng mômen của lực $\vec{F}$ đối với điểm O.

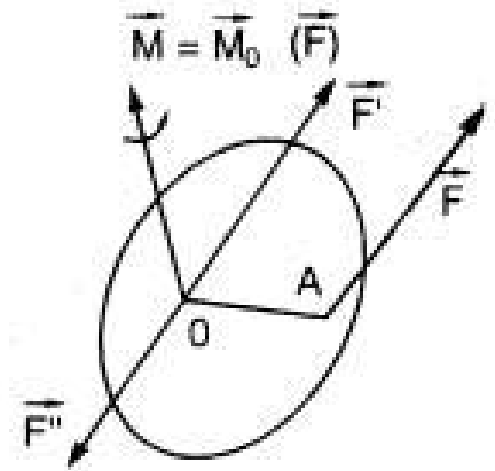
$$\vec{F} \sim (\vec{F}', \vec{F}, \vec{F}'') \sim (\vec{F}', \vec{m}(\vec{F}, \vec{F}''))$$

(Định lý dời lực song song)

đặt tại O - gọi là **tâm thu gọn**

Giải thích:

Khi dời lực F đến một điểm O bất kỳ, vật thể khi đó vừa chịu tác dụng của lực F và đồng thời ngẫu lực m phát sinh do ảnh hưởng của việc dời lực



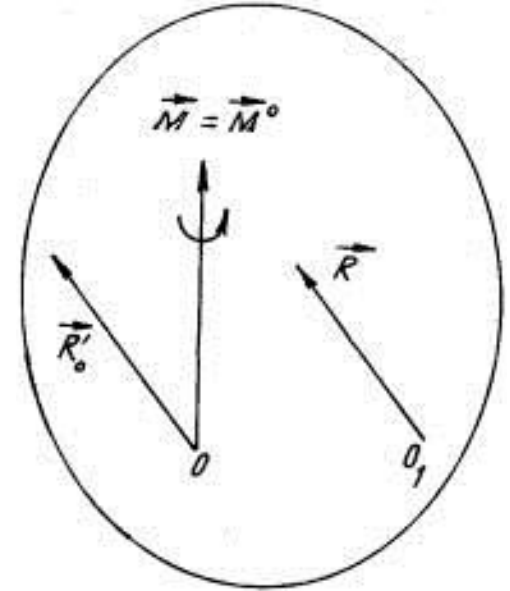
Hệ lực không gian về tâm O

Mở rộng định lý dời lực song song:

$$\vec{R} \sim (\vec{R}', \vec{R}, \vec{R}'') \sim (\vec{R}', \vec{M}(\vec{R}, \vec{R}''))$$

Giải thích:

Khi dời vectơ chính $\vec{R}$ đến một điểm O bất kỳ, vật thể khi đó vừa chịu tác dụng của lực $\vec{R}$ và đồng thời ngẫu lực $\vec{M}$ phát sinh do ảnh hưởng của việc dời lực



Ghi chú: Vectơ chính là một đại lượng bất biến của hệ lực không gian

Một số dạng thường gặp của hệ lực không gian

Từ kết quả thu gọn hệ lực về một tâm, chúng ta có một số dạng thường gặp của hệ lực không gian sau:

- $\vec{R}' = \vec{0}, \vec{M}_O = \vec{0}$: Hệ lực không gian cân bằng
- $\vec{R}' = \vec{0}, \vec{M}_O \neq \vec{0}$: Hệ lực không gian $\sim$ ngẫu lực
- $\vec{R}' \neq \vec{0}, \vec{R}' \cdot \vec{M}_O = 0$: Hệ lực có hợp lực
- $\vec{R}' \neq \vec{0}, \vec{R}' \cdot \vec{M}_O \neq 0$: hệ lực không gian tương đương với một hệ xoắn

Định lý Varignon

Nếu một hệ lực không gian có hợp lực thì mômen của hợp lực đối với một tâm O bất kì bằng tổng mômen của các lực thành phần đối với tâm ấy O

$$\vec{M}_O(\vec{R}) = \sum_{k=1}^n \vec{m}_O(\vec{F}_k)$$

Các trường hợp hệ lực đặc biệt

- Hệ lực đồng quy tại O: $\vec{M}_O(\vec{R}) = \vec{0}$
- Ngẫu lực: $\vec{R} = \vec{0}$
- Hệ lực song song: $\vec{R} \cdot \vec{M} = \vec{0}$
- Hệ lực phẳng: $\vec{R} \cdot \vec{M} = \vec{0}$

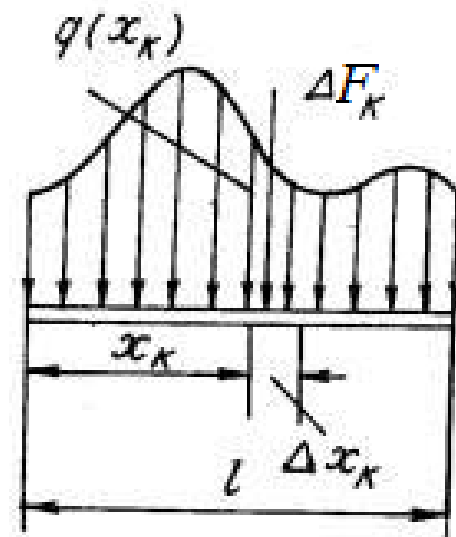
Các trường hợp hệ lực đặc biệt

- Hệ lực phân bố:

Xét một dầm thẳng chịu tác dụng của hệ lực song song phân bố theo quy luật trong hình vẽ bên

Xét lực tác dụng trên một đơn vị phân tố chiều dài Δx_k

$$F_k = \Delta x_k q(x)$$



Véc tơ chính hệ lực song song

$$R = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n \Delta x_k q(x_k) = \int_0^l q(x) dx$$

Mômen chính

$$\bar{M}_O = \lim_{\Delta x_k \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n F_k x_k = \int_0^l q(x) x dx$$

Các trường hợp hệ lực đặc biệt

- Hệ lực phân bố:

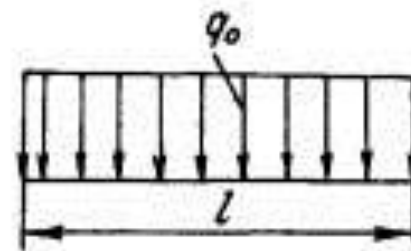
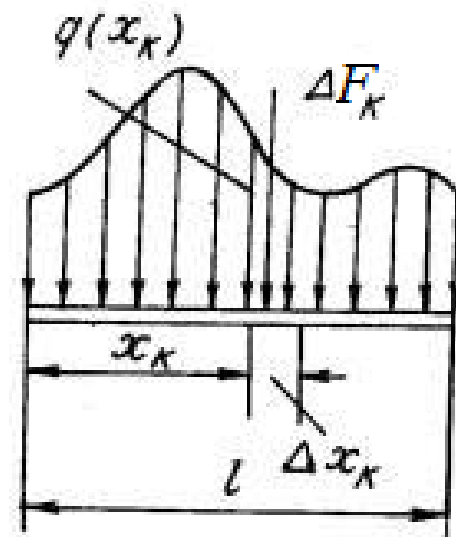
Trong trường hợp này, R là hợp lực

Và đặt cách đầu mút (tâm quay) một đoạn:

$$d = \frac{\int_0^l q(x)x dx}{\int_0^l q(x) dx}$$

a) Cường độ phân bố lực đều $q(x)=q_0$

$$d = \frac{\int_0^l q_0 x dx}{\int_0^l q_0 dx} = \frac{q_0 \frac{l^2}{2}}{q_0 l} = \frac{q_0 l}{2}$$



Các trường hợp hệ lực đặc biệt

- Hệ lực phân bố:

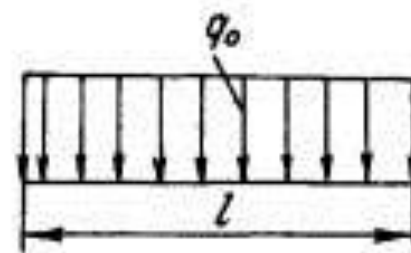
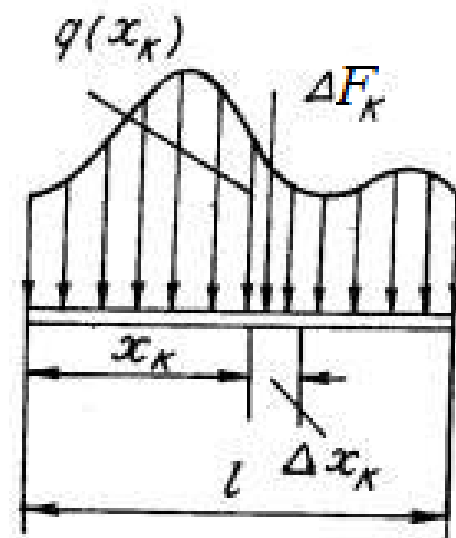
Trong trường hợp này, R là hợp lực

Và đặt cách đầu mút (tâm quay) một đoạn:

$$d = \frac{\int_0^l q(x)x dx}{\int_0^l q(x) dx}$$

a) Cường độ phân bố lực đều $q(x)=q_0$

$$d = \frac{\int_0^l q_0 x dx}{\int_0^l q_0 dx} = \frac{q_0 \frac{l^2}{2}}{q_0 l} = \frac{q_0 l}{2}$$



Các trường hợp hệ lực đặc biệt

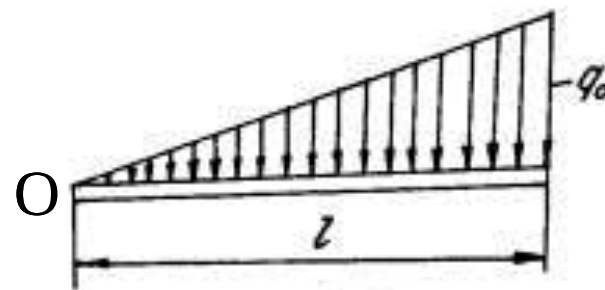
- Cường độ phân bố lực tuyến tính :

Lực phân bố dọc dầm theo luật tam giác có đáy là q_0 :

$$q(x) = \frac{q_0 x}{l}$$

Hợp lực

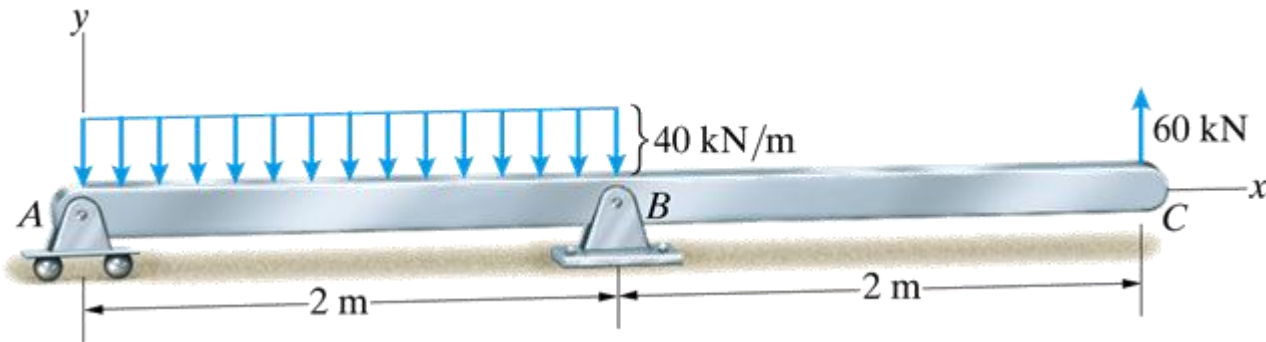
$$R = \int_0^l q_0 \frac{x}{l} dx = \frac{1}{2} q_0 l$$



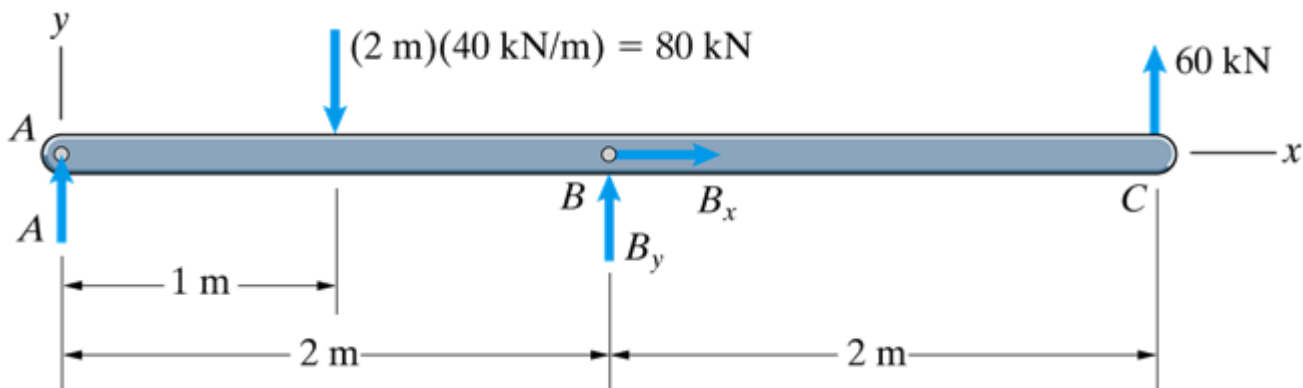
Cách O một đoạn d:

$$d = \frac{\int_0^l q_0 \frac{x}{l} x dx}{\int_0^l q_0 \frac{x}{l} dx} = \frac{q_0 \frac{l^2}{3}}{q_0 \frac{l}{2}} = \frac{2}{3} l$$

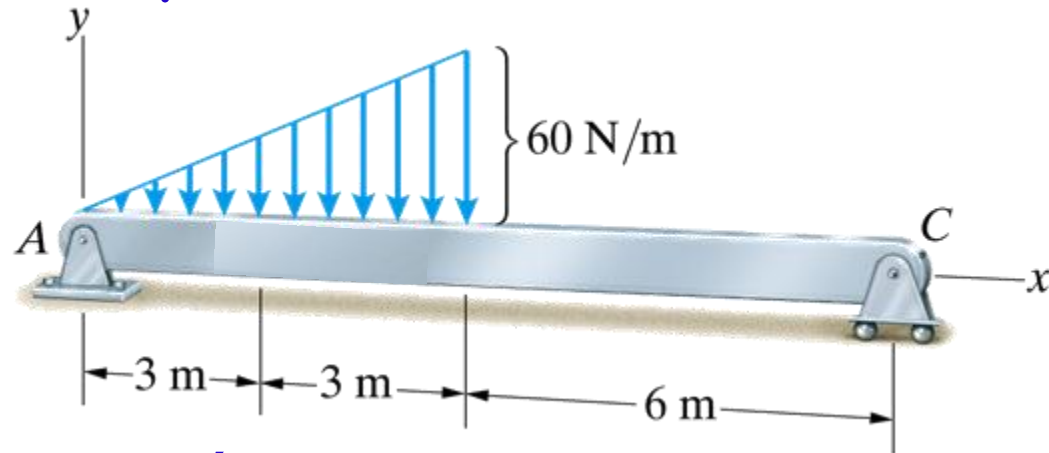
- Biểu diễn các lực trên dầm:



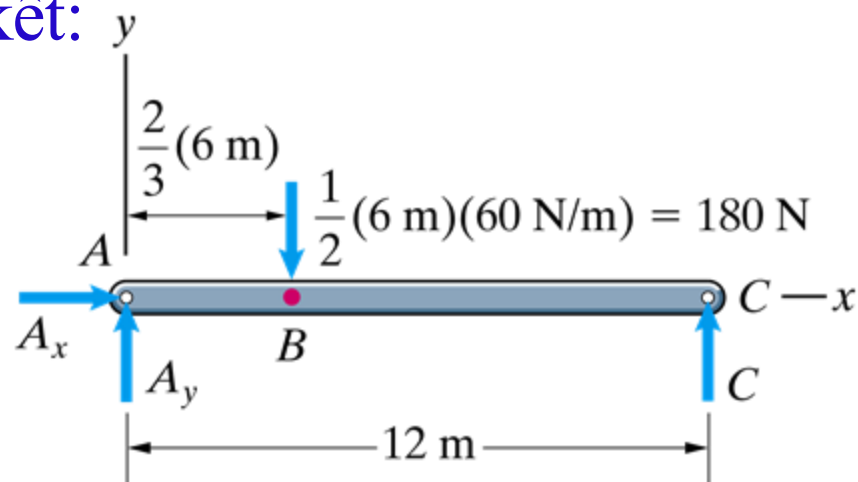
Giải phóng liên kết:



- Biểu diễn các lực trên dầm:



Giải phóng liên kết:



Các phương trình cân bằng của hệ lực

- Hệ lực không gian:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^n F_{kx} = 0, \sum_{k=1}^n F_{ky} = 0, \sum_{k=1}^n F_{kz} = 0 \\ \sum_{k=1}^n \bar{m}_x(\vec{F}_k) = 0, \sum_{k=1}^n \bar{m}_y(\vec{F}_k) = 0, \sum_{k=1}^n \bar{m}_z(\vec{F}_k) = 0 \end{cases}$$

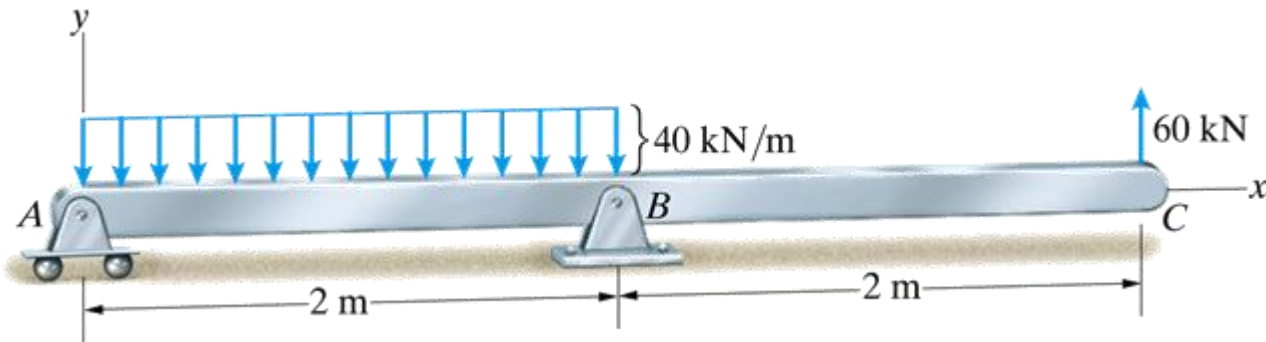
- Hệ lực đồng qui:

$$\sum_{k=1}^n F_{kx} = 0, \sum_{k=1}^n F_{ky} = 0, \sum_{k=1}^n F_{kz} = 0$$

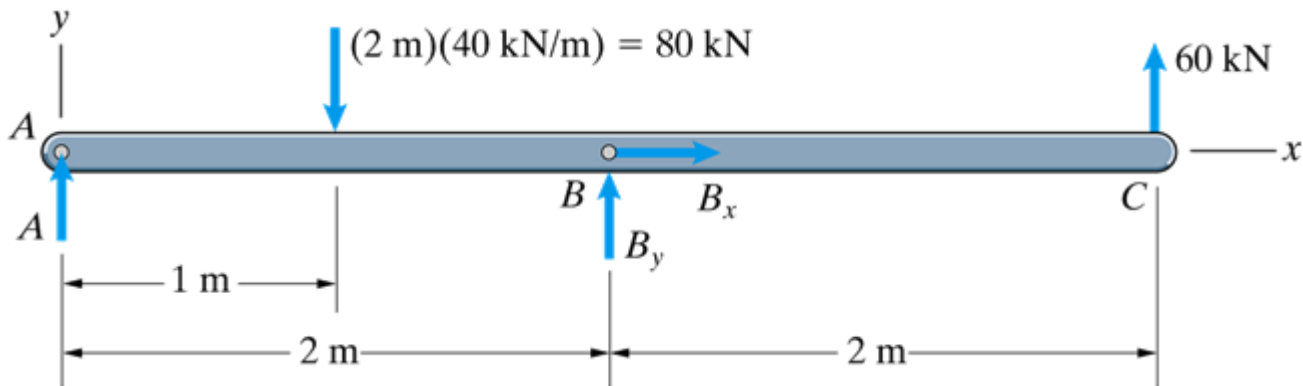
- Hệ lực phẳng:

$$\sum_{k=1}^n F_{kx} = 0, \sum_{k=1}^n F_{ky} = 0, \sum_{k=1}^n m_O(\vec{F}_k) = 0$$

- Biểu diễn các lực trên dầm:



Giải phóng liên kết:



Nghiệm

Áp dụng đk cân bằng hệ lực phẳng:

$$\sum F_x = F_{B_x} = 0$$

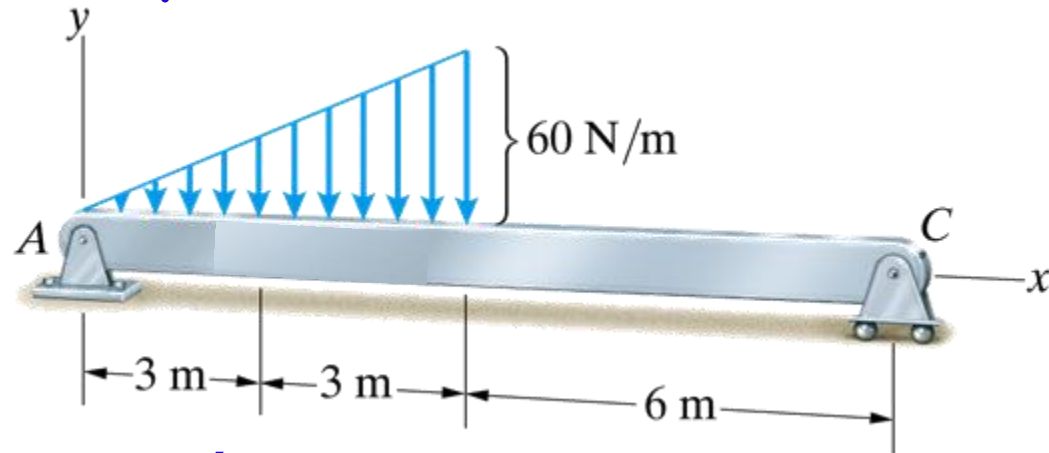
$$\sum F_y = F_A + F_{B_y} - 80 \text{ kN} + 60 \text{ kN} = 0$$

$$\sum M_A = (2 \text{ m})F_{B_y} - (1 \text{ m})(80 \text{ kN}) + (4 \text{ m})(60 \text{ kN}) = 0$$

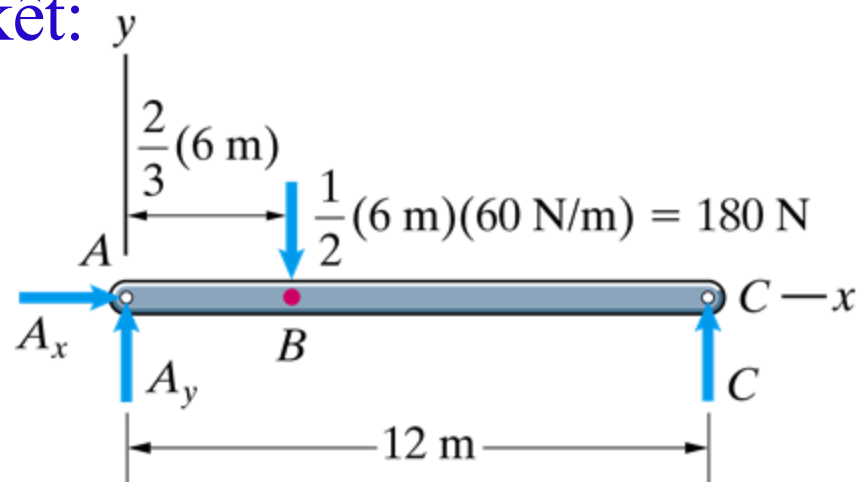
Các phản lực:

$$F_A = 100 \text{ kN}, F_{B_x} = 0, F_{B_y} = -80 \text{ kN}.$$

- Biểu diễn các lực trên dầm:



Giải phóng liên kết:



Nghiệm

Áp dụng đk cân bằng hệ lực phẳng:

$$\sum F_x = F_{A_x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{A_y} + F_C - 180 \text{ N} = 0$$

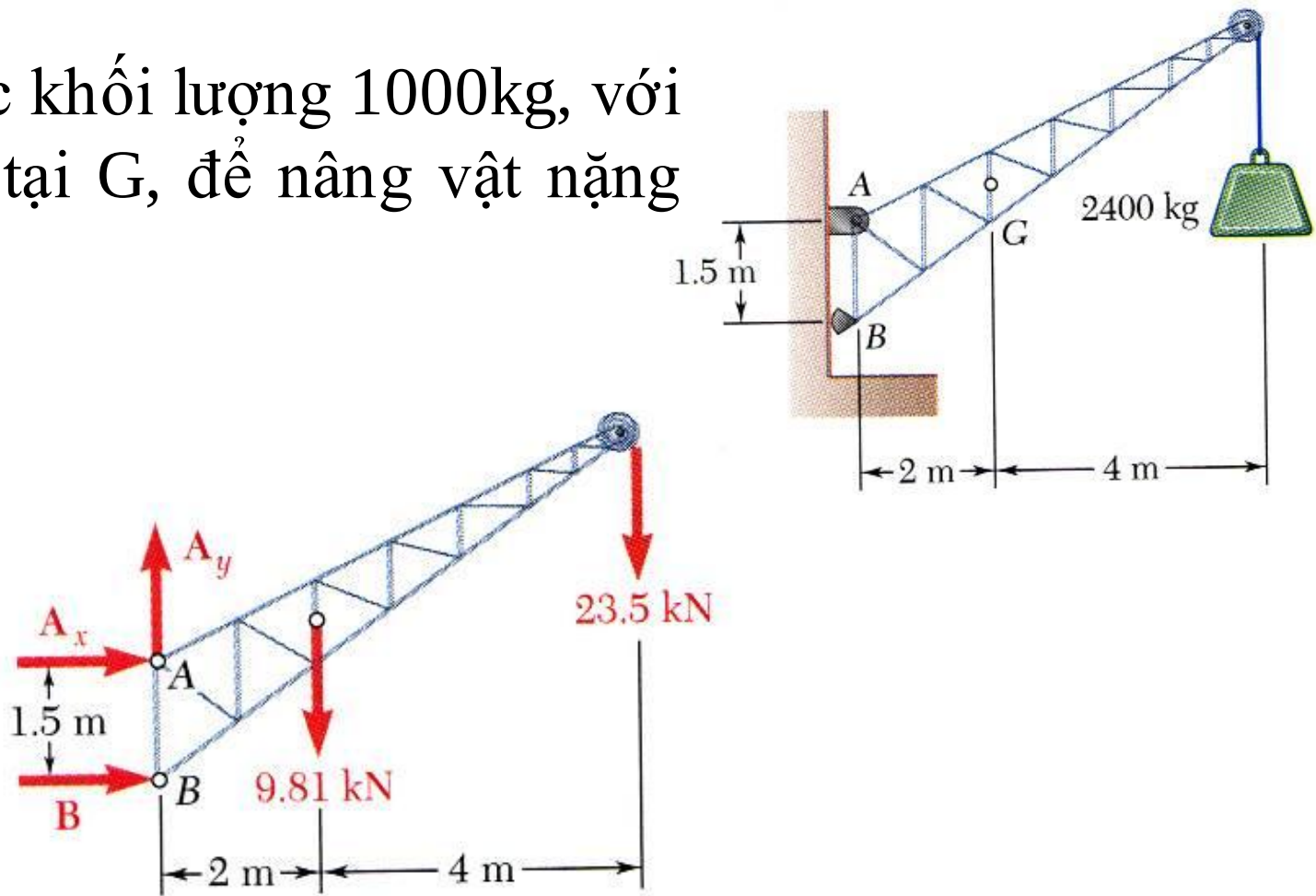
$$\sum M_A = (12 \text{ m}) F_C - (4 \text{ m})(180 \text{ N}) = 0$$

Các phản lực:

$$F_{A_x} = 0, F_{A_y} = 120 \text{ N}, F_C = 60 \text{ N}.$$

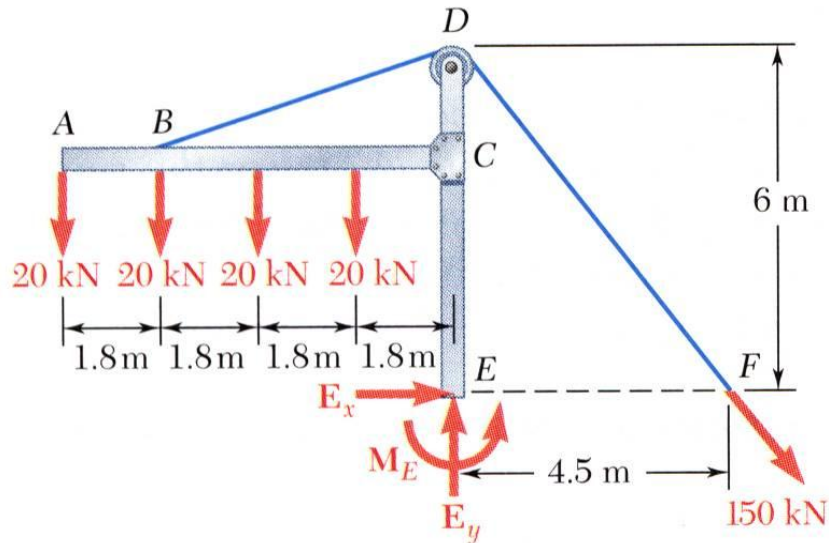
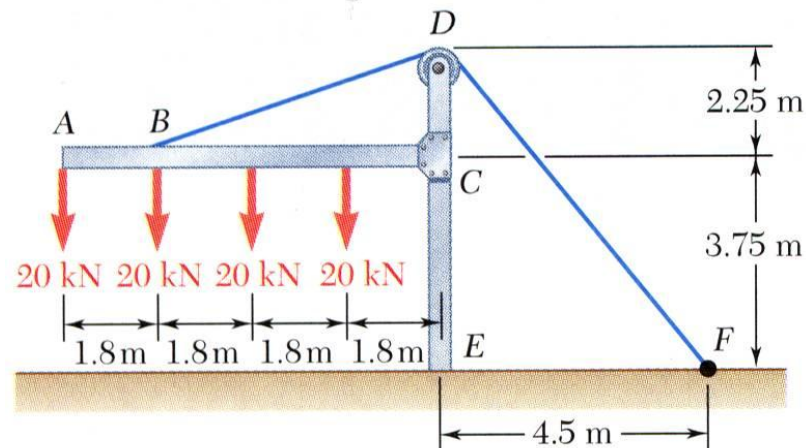
Phản lực các bài toán sau:

1) Cần trục khối lượng 1000kg, với trọng tâm tại G, để nâng vật nặng 2400kg.



phản lực các bài toán sau:

2) Một khung đơn giản được giữ cân bằng bởi lực căng của dây là 150kN. Xác định phản lực tại E



Phương pháp giải bài toán hệ vật

PP tách vật

- 1) Tách hệ vật $\rightarrow$ từng vật riêng lẻ
- 2) Thay các liên kết trong bằng các phản lực liên kết
- 3) Thiết lập PTCB cho từng vật
- 4) Giải hệ để tìm các lực cần tìm

PP hóa rắn

- 1) Xem hệ như 1 vật rắn CB dưới tác dụng của ngoại lực và các lực liên kết ngoài
- 2) Thiết lập PTCB cho vật hóa rắn
- 3) Tách một vài bộ phận thuộc hệ vật để bổ sung số PT còn thiếu
- 4) Giải hệ

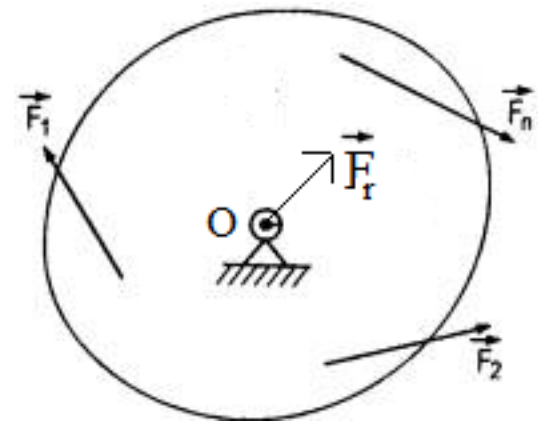
Bài toán đòn

Đòn là một vật rắn quay được quanh một trục cố định và chịu tác dụng của hệ lực hoạt động nằm trong một mặt phẳng vuông góc với trục quay của đòn

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n, \vec{F}_r) \sim 0$$

PT CB:

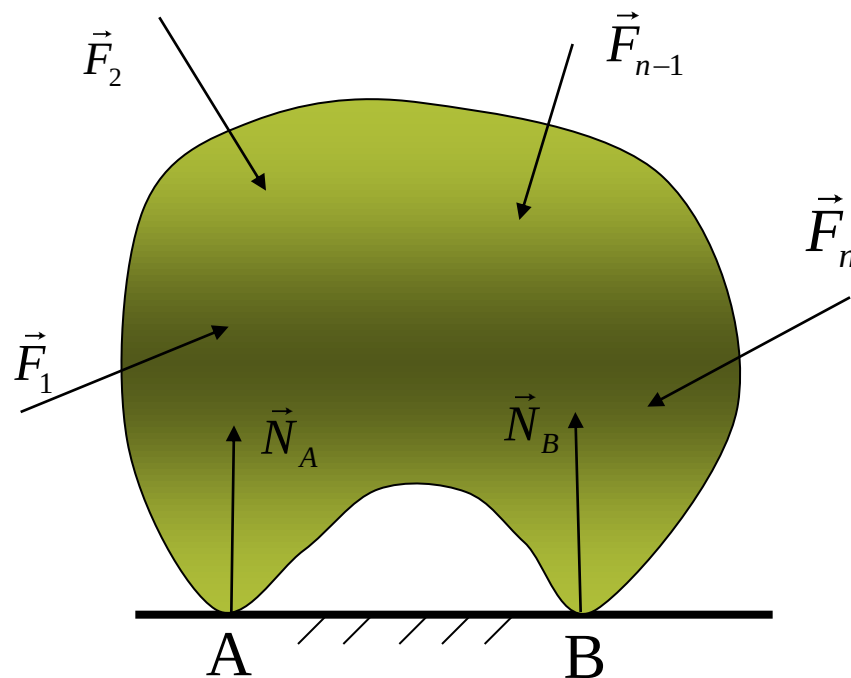
$$\sum_{k=1}^n F_{kx} + F_{rx} = 0, \sum_{k=1}^n F_{ky} + F_{ry} = 0, \sum_{k=1}^n m_O(\vec{F}_k) = 0$$

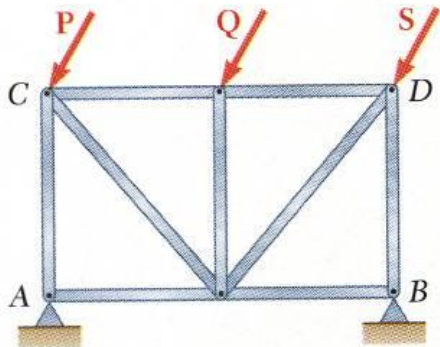


Vật lất

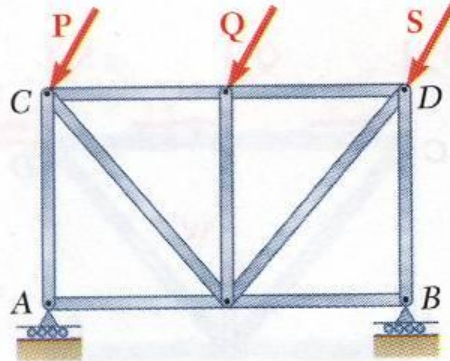
Một vật rắn chịu tác dụng bởi 2 nhóm lực: -nhóm lực gây lất và – nhóm lực chống lất.
Điều kiện để vật không lất:

$$M^{chong} \geq M^{lat}$$

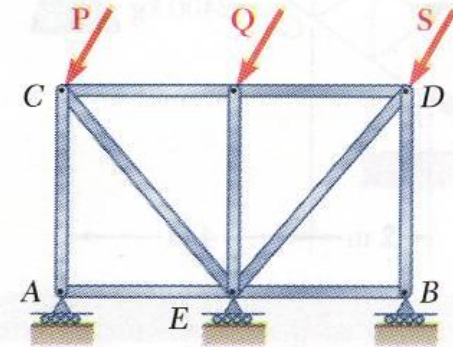




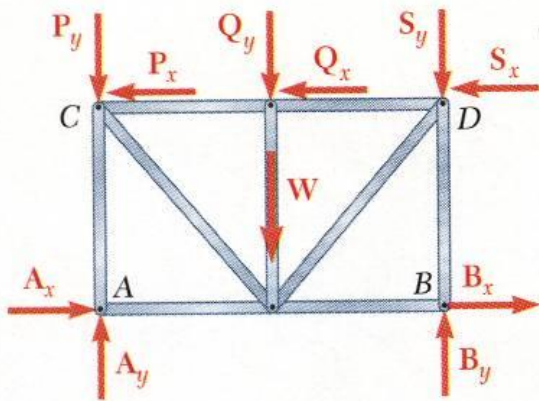
(a)



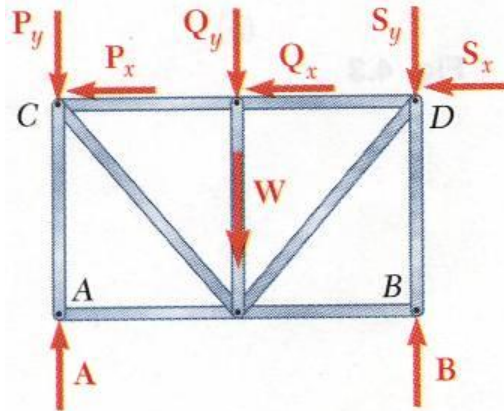
(a)



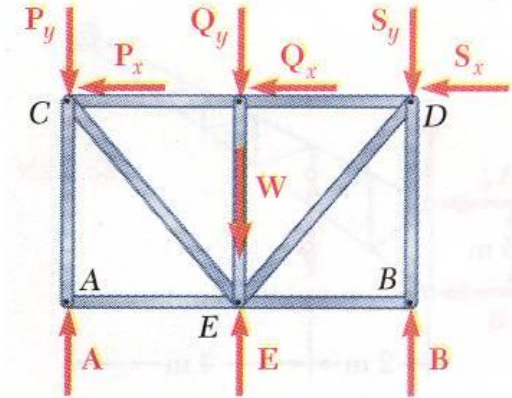
(a)



(b)



(b)



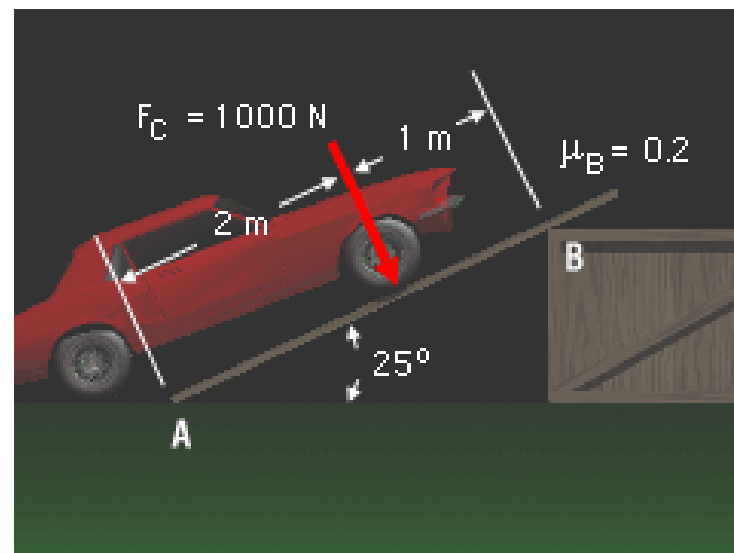
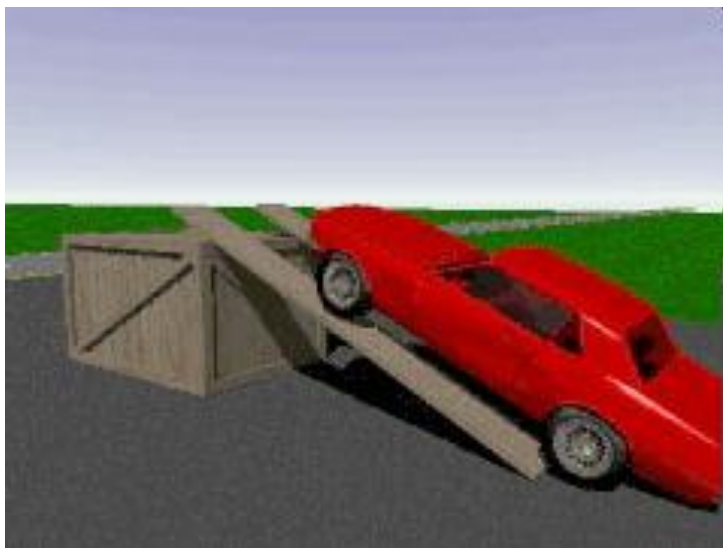
(b)

- Số biến nhiều hơn số PT

- Số biến ít hơn số PT

- Số biến = số PT nhưng vật có thể ko CB

Mô hình (Modeling)



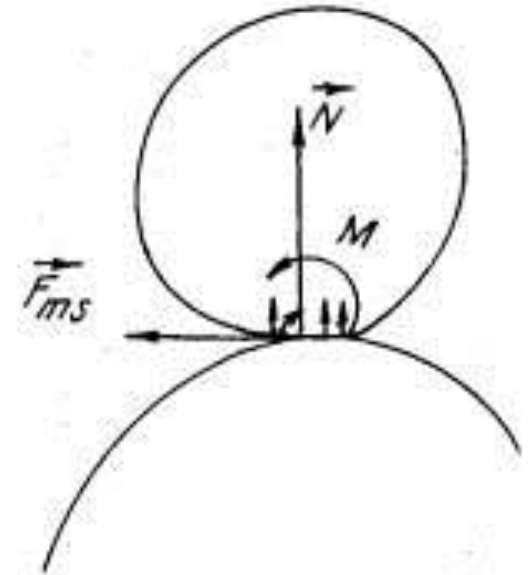
Hệ số ma sát trượt tại A là bao nhiêu để giữ tấm ván không bị trượt ?

Định nghĩa

Các lực và ngẫu lực xuất hiện có tác dụng cản trở các chuyển động hoặc các xu hướng chuyển động tương đối của hai vật trên bề mặt của nhau.

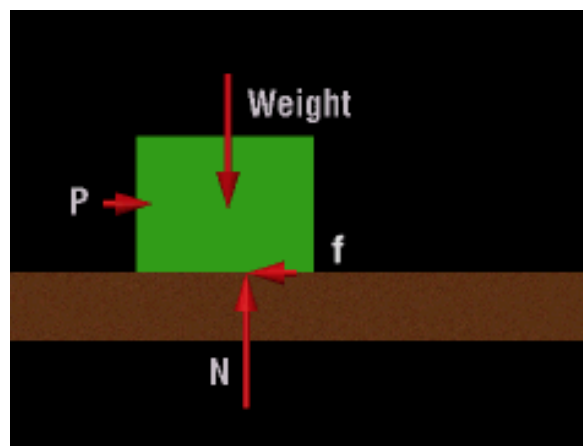
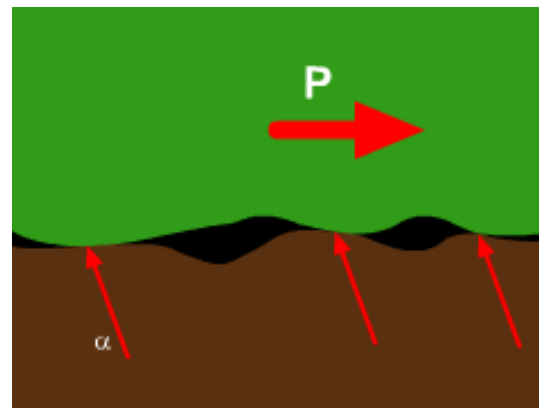
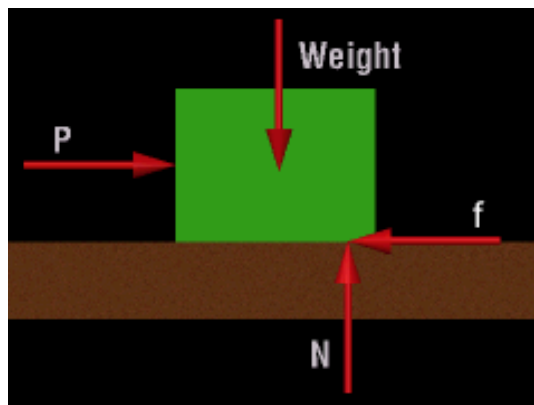
Phân loại ma sát

- Ma sát tĩnh và ma sát động
- Ma sát trượt và ma sát lăn
- Ma sát khô (dry Friction) và ma sát ướt



Lực ma sát tĩnh (Static Friction)

Ma sát khô



$$f = \mu_s N$$

Thu gọn hệ lực về 1 điểm trên bề mặt tiết diện, tồn tại phản lực R và ngẫu lực M .

Phân tích phản lực $\vec{R}$ ra hai thành phần pháp tuyến và tiếp tuyến chúng ta được phản lực pháp $\vec{N}$

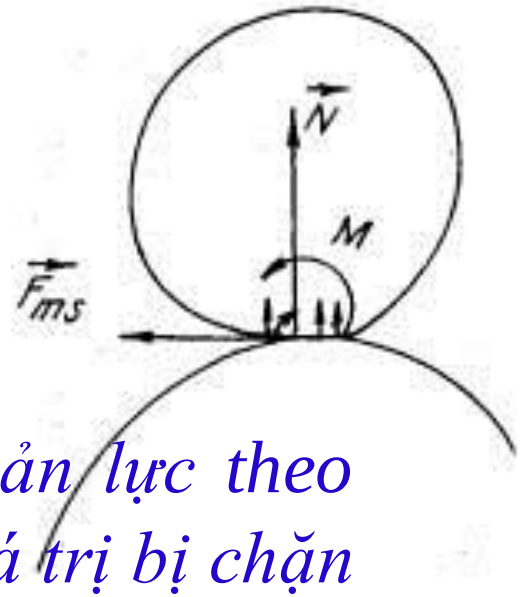
và lực ma sát $\vec{F}_{ms}$ vuông góc với nhau.

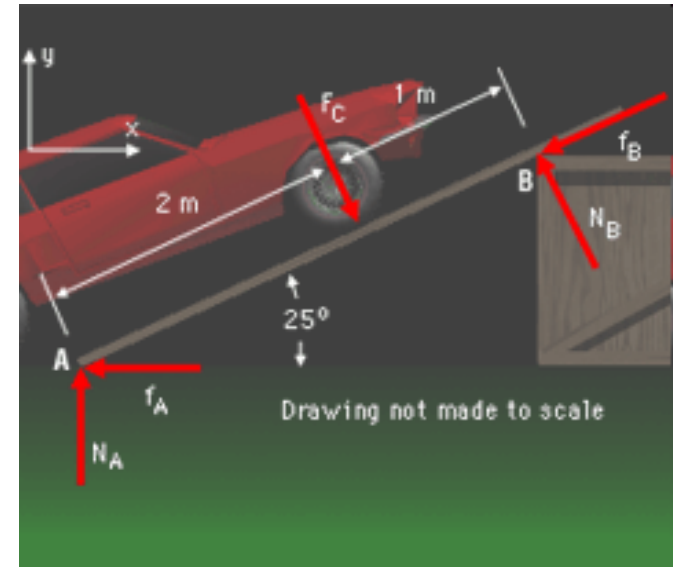
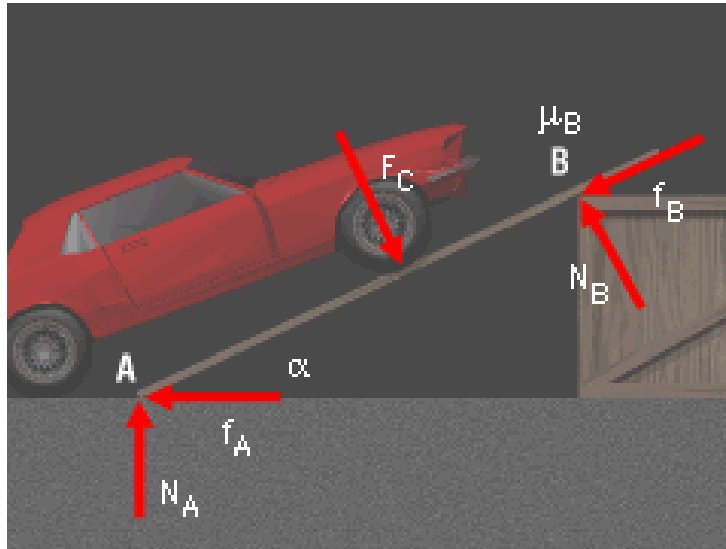
ngẫu lực M gọi là ngẫu ma sát lăn

Định luật ma sát trượt

Lực ma sát trượt xuất hiện tỉ lệ với phản lực theo pháp tuyến của mặt tựa tiếp xúc và có giá trị bị chặn trên :

$$F_{ms} \leq \mu_s N$$





$$\mu_A = f_A/N_A = 0.056$$

Thu gọn hệ lực về 1 điểm trên bề mặt tiết diện, tồn tại phản lực R và ngẫu lực M .

Phân tích phản lực $\vec{R}$ ra hai thành phần pháp tuyến và tiếp tuyến chúng ta được phản lực pháp $\vec{N}$

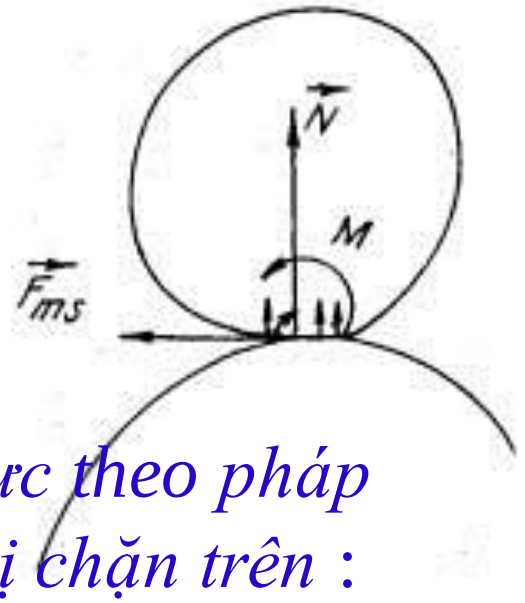
và lực ma sát $\vec{F}_{ms}$ vuông góc với nhau.

ngẫu lực M gọi là ngẫu ma sát lăn

Định luật ma sát lăn

Lực ma sát lăn xuất hiện tỉ lệ với phản lực theo pháp tuyến của mặt tựa tiếp xúc và có giá trị bị chặn trên :

$$M_{msl} \leq \mu_l N$$



Trọng tâm của vật

Thu gọn hệ lực về 1 điểm trên bề mặt tiết diện, tồn tại phản lực R và ngẫu lực M .

Phân tích phản lực $\vec{R}$ ra hai thành phần pháp tuyến và tiếp tuyến chúng ta được phản lực pháp $\vec{N}$

và lực ma sát $\vec{F}_{ms}$ vuông góc với nhau.

ngẫu lực M gọi là ngẫu ma sát lăn

Định luật ma sát lăn

Lực ma sát lăn xuất hiện tỉ lệ với phản lực theo pháp tuyến của mặt tựa tiếp xúc và có giá trị bị chặn trên :

$$M_{msl} \leq \mu_l N$$

