

CƠ HỌC LÝ THUYẾT: TĨNH HỌC

CHƯƠNG:

01

ThS Nguyễn Phú Hoàng

Khoa KT Xây dựng
Trường ĐHCN
Đại học Đà Nẵng

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN – HỆ TIỀN ĐỀ TĨNH HỌC

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

Nội dung chương 1:



CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA TĨNH HỌC



CÁC TIÊN ĐỀ TĨNH HỌC



MÔ MEN CỦA LỰC



LIÊN KẾT VÀ PHẢN LỰC LIÊN KẾT



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

1.1.1.1. Vật rắn tuyệt đối

Là loại vật rắn có hình dáng và thể tích không thay đổi dưới mọi tác động từ bên ngoài.

1.1.1.2. Trạng thái cân bằng

Trạng thái cơ học của vật rắn tuyệt đối là quy luật chuyển động của vật rắn trong không gian theo thời gian.

Trạng thái cân bằng là một trạng thái cơ học đặc biệt của vật rắn sao cho mọi chất điểm thuộc vật đều có gia tốc bằng không.

Có hai dạng cân bằng của vật:

+ Tĩnh tiến thẳng đều.

+ Vật đứng yên (có thêm tính chất vận tốc bằng 0).

1.1.1.3. Lực



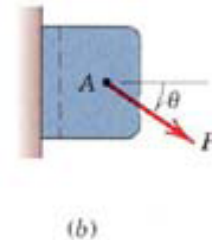
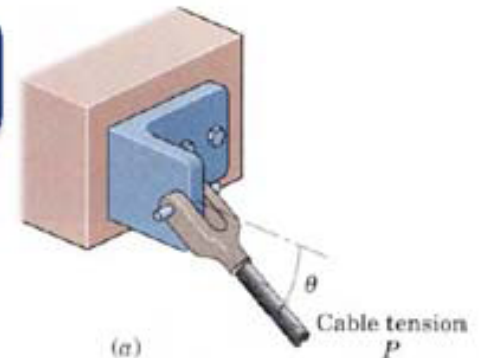
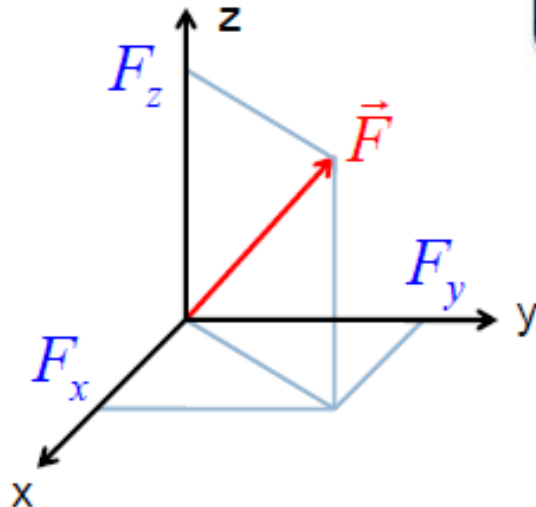
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

Lực

Đại lượng vector đặc trưng cho tác dụng cơ học của vật thể này lên vật thể khác

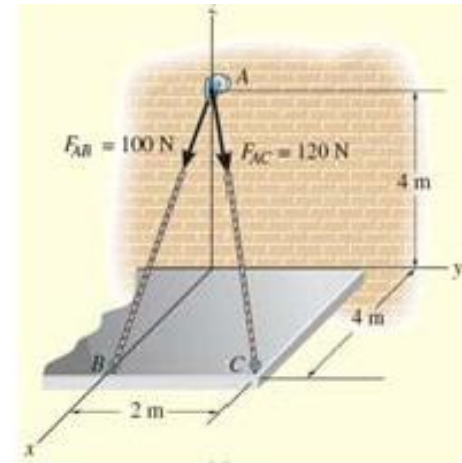
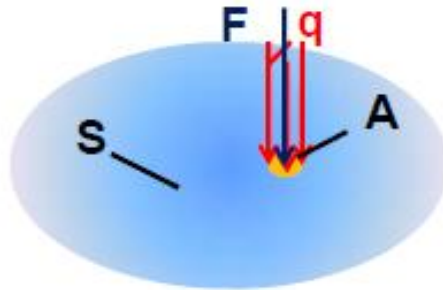
$$\vec{F} = (F_x, F_y, F_z)$$



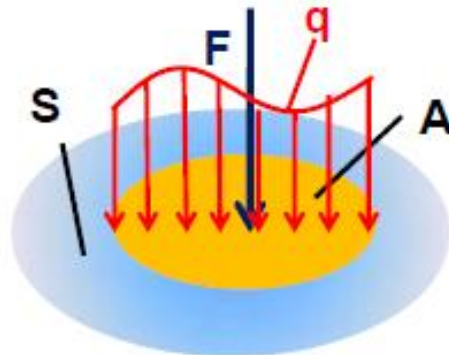
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

- $A \ll S \rightarrow$ Lực tập trung F tại điểm đặt A



- $A \sim S \rightarrow$ Lực phân bố q trên miền diện tích A
Điểm đặt lực tổng F tại trọng tâm của lực phân bố $F = \sum q_i$

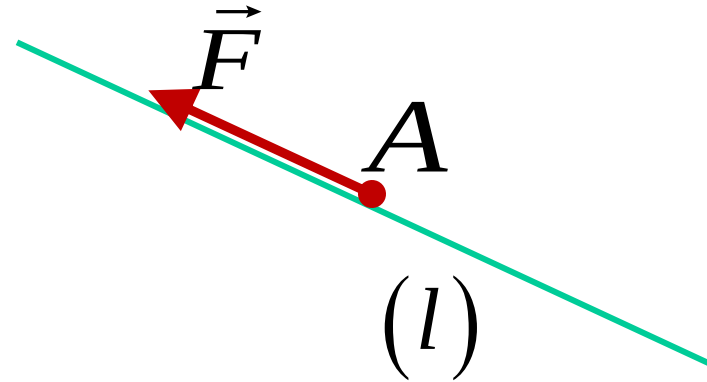


Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

Các đặc trưng của lực :

- Điểm đặt.
- Phương và chiều.
- Độ lớn.



Với : l đường tác dụng của lực.

Hình 1.1

* Ký hiệu của lực:

$$\vec{F} \quad (N); \quad 1N = 1 \text{ kg.m} / \text{s}^2$$

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

1.1.2.1. Hệ lực

Là một tập hợp nhiều lực đang tác động lên đối tượng khảo sát.

+ Ký hiệu hệ n lực như sau:

$$(\vec{F}_j), \quad j = \overline{1, n}$$

1.1.2.2. Hệ lực tương đương

+ Hai hệ lực được gọi là tương đương với nhau về cơ học nếu hai hệ lực này cùng gây ra một kết quả cơ học trên một vật.

+ Ký hiệu:

$$(\vec{F}_j) \sim (\vec{Q}_k)$$

$$j = \overline{1, n} \quad k = \overline{1, m}$$



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

1.1.2.3. Hợp lực

a). Định nghĩa:

Nếu một hệ nhiều lực tương đương với một hệ mới chỉ có duy nhất một lực, lực duy nhất đó được gọi là hợp lực của hệ nhiều lực.

* Ký hiệu của hợp lực như sau:

$$(\vec{F}_j) \sim \vec{R} \quad ; \quad j = \overline{1, n}$$

b). Tính chất của hợp lực: hợp lực có 2 tính chất.

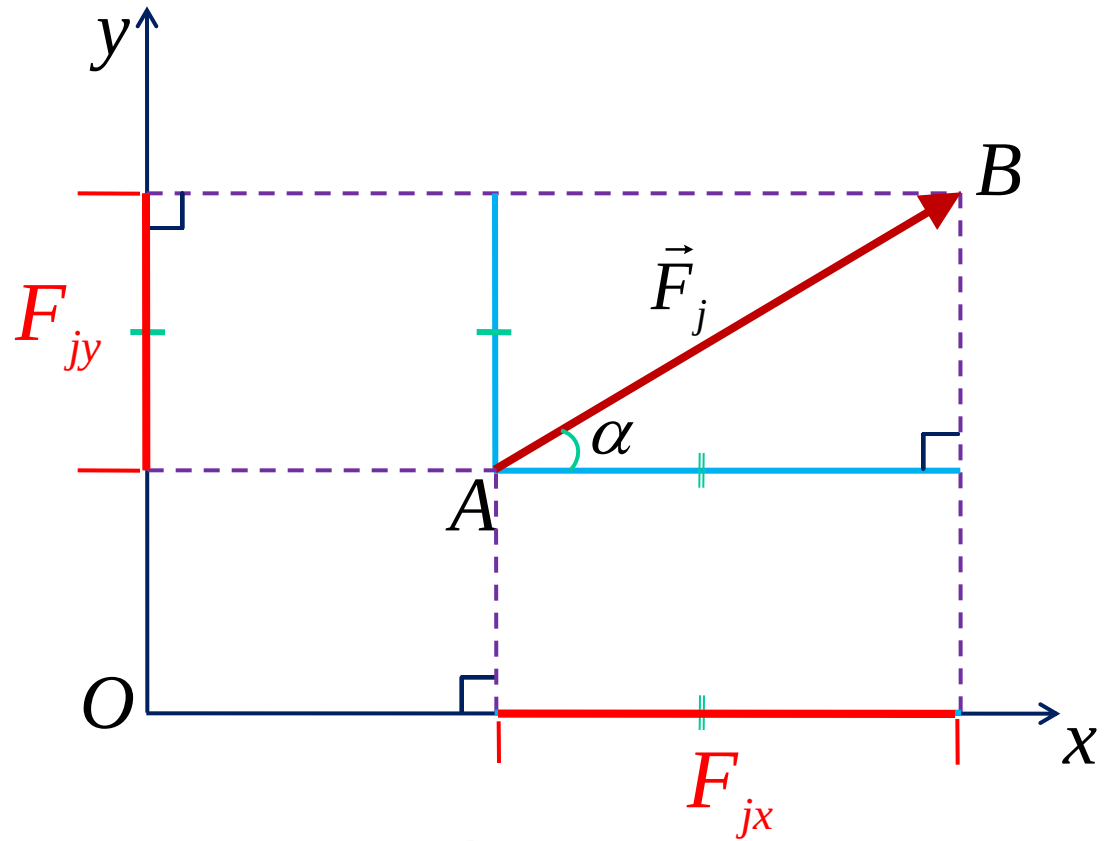
* Vector hợp lực được xác định bằng vector tổng của các vector lực trong hệ.

$$\vec{R} = \sum_{j=1}^n \vec{F}_j$$

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

$$\rightarrow \begin{cases} R_x = \sum_{j=1}^n F_{jx} \\ R_y = \sum_{j=1}^n F_{jy} \\ R_z = \sum_{j=1}^n F_{jz} \end{cases}$$



Hình 1.2

+ Hình chiếu của một vector lên một trục là một giá trị đại số (hình 1.2).

$$F_{jx} = |\vec{F}_j| \cdot \cos \alpha$$

$$F_{jy} = |\vec{F}_j| \cdot \sin \alpha$$

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

- * Vector hợp lực $\vec{R}$ của hệ lực chỉ nằm trên một đường tác dụng duy nhất trong không gian R^3 .
- Có những hệ lực luôn có hợp lực và cũng có những hệ lực không bao giờ có hợp lực.

1.1.2.4. Hệ lực cân bằng:

Là loại hệ lực không làm thay đổi trạng thái cơ học của vật rắn khi vật chịu tác động của loại hệ lực này.

- * Ký hiệu: $(\vec{F}_j) \sim \phi \quad ; j = \overline{1, n}$

1.1.3. Phân loại hệ lực

1.1.3.1. Cách 1

- * Ngoại lực: $\vec{F}_j^e$

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

Ngoại lực: là những lực do những đối tượng bên ngoài hệ thống khảo sát sinh ra để tác động vào những vị trí bên trong hệ thống đang xét.

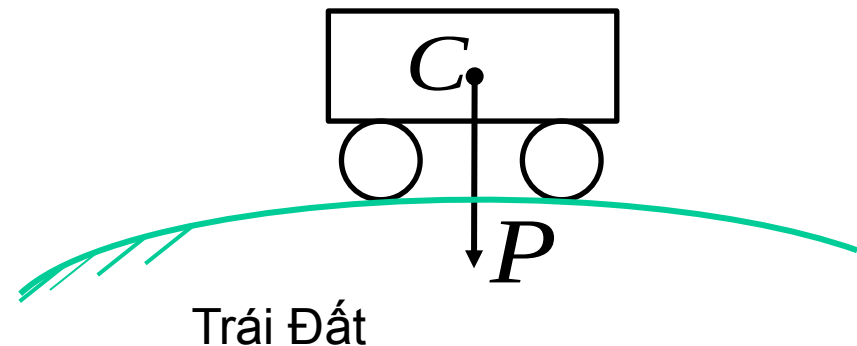
* **Nội lực:** $\vec{F}_j^i$

Nội lực: là những lực do những đối tượng bên trong hệ thống khảo sát sinh ra để tác động vào những vị trí bên trong hệ thống đang xét.

* **Ví dụ:** (hình 1.3)

+ Xét hệ khảo sát gồm chỉ có vật $\rightarrow$ là ngoại lực. $\vec{P}$

+ Xét hệ khảo sát gồm : vật + trái đất $\rightarrow \vec{P}$ là nội lực.



Hình 1.3

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

1.1.3.2. Cách 2

* Lực tập trung

Là loại lực chỉ tác dụng tại một điểm duy nhất trên vật.

* Lực phân bố

Là loại lực tác động cùng lúc lên nhiều điểm trên vật.

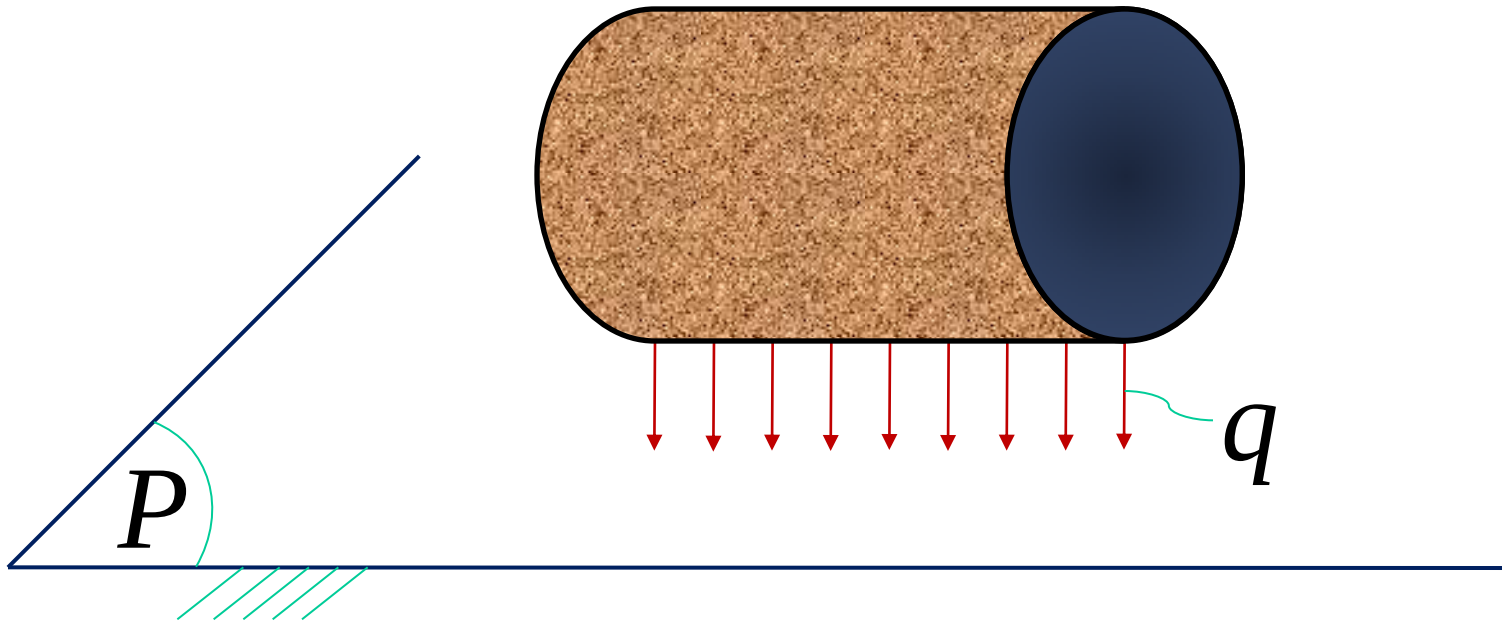
+ Lực phân bố theo đường

Là loại lực phân bố có các điểm tác động lên vật tạo thành một loại đường hình học trên vật (đường thẳng, đường tròn, ellipse, ...). Đơn vị: N/m.

— **Ví dụ:** Bánh xe lu hình trụ tròn tác động lực lên mặt đường. (hình 1.4)

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học



Hình 1.4

✓ Với q : cường độ của lực phân bố. Đơn vị: N/m.

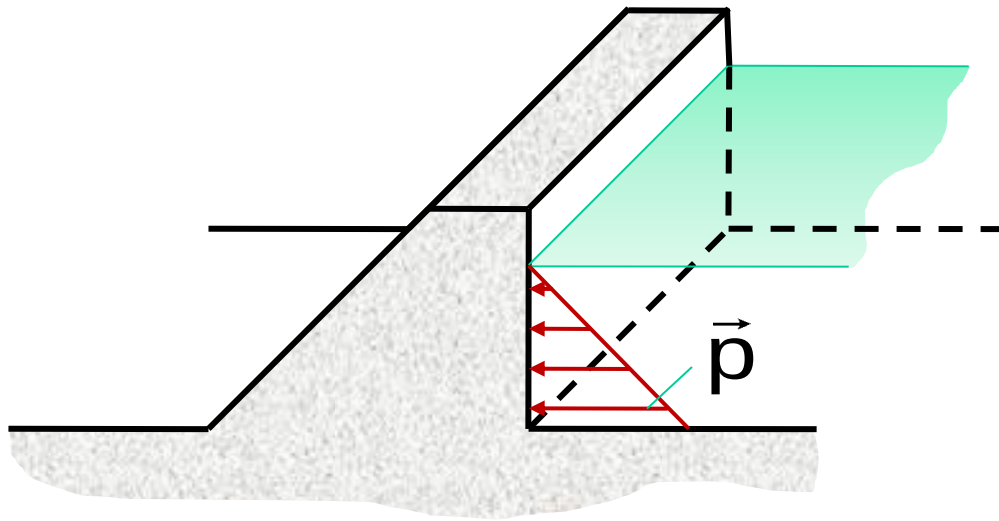
+ **Lực phân bố theo mặt**

Là loại lực phân bố mà quỹ tích các điểm tác dụng lên vật tạo thành một loại mặt hình học trên vật.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

- Ví dụ: áp lực nước tác dụng lên thành đê. (hình 1.5)



Hình 1.5

✓ Với $\vec{p}$: áp lực. Đơn vị: N/m^2 .

+ **Lực phân bố theo thể tích (lực khối).**

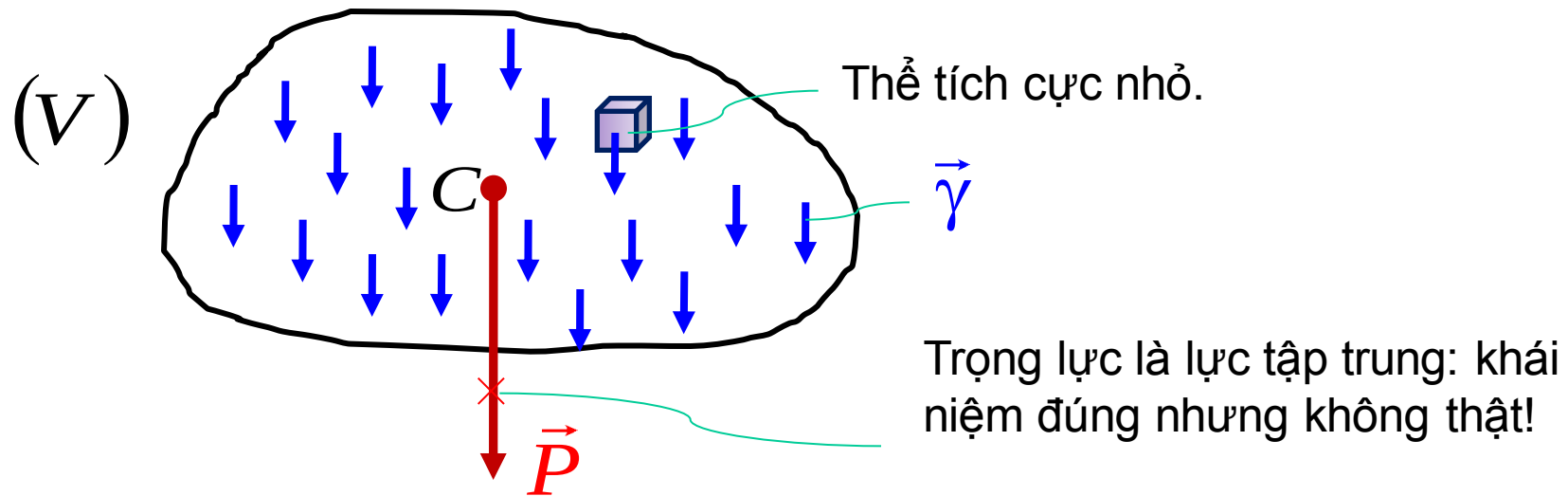
Là loại lực phân bố mà quỹ tích các điểm tác dụng lên vật tạo thành một loại thể tích hình học.

- Ký hiệu: $\vec{\gamma}$. Đơn vị: N/m^3 .

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

— **Ví dụ:** Trọng lực tác dụng lên vật là loại lực phân bố thể tích (hình 1.6).



Hình 1.6

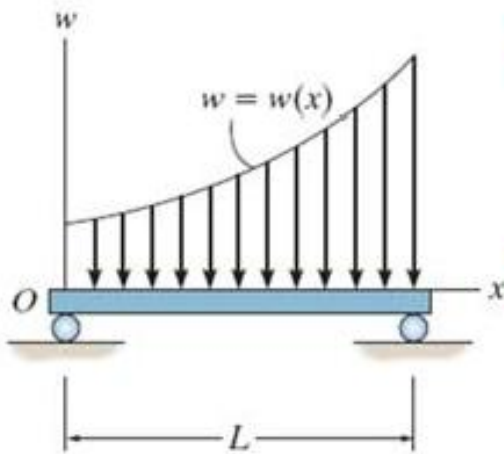
1.1.4. Quy đổi lực phân bố trên đoạn thẳng về lực tập trung tương đương

1.1.4.1. Tổng quát (hình 1.7)

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

Cách tính lực phân bố thành lực tập trung và vị trí điểm đặt

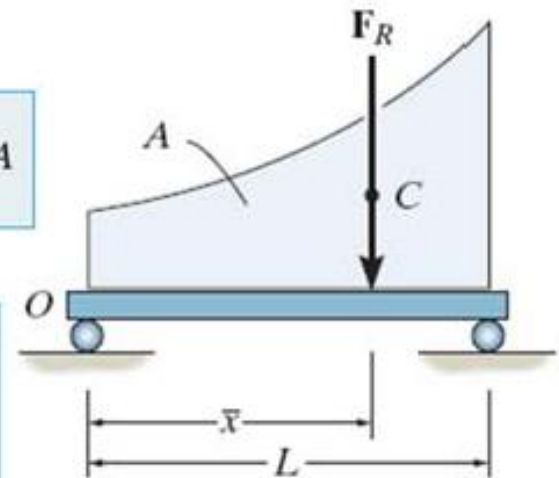


Độ lớn lực tập trung

$$F_R = \int_L w(x) dx = \int_A dA = A$$

Điểm đặt lực

$$\bar{x} = \frac{\int_L xw(x) dx}{\int_L w(x) dx} = \frac{\int_A x dA}{\int_A dA}$$



Nhận xét:

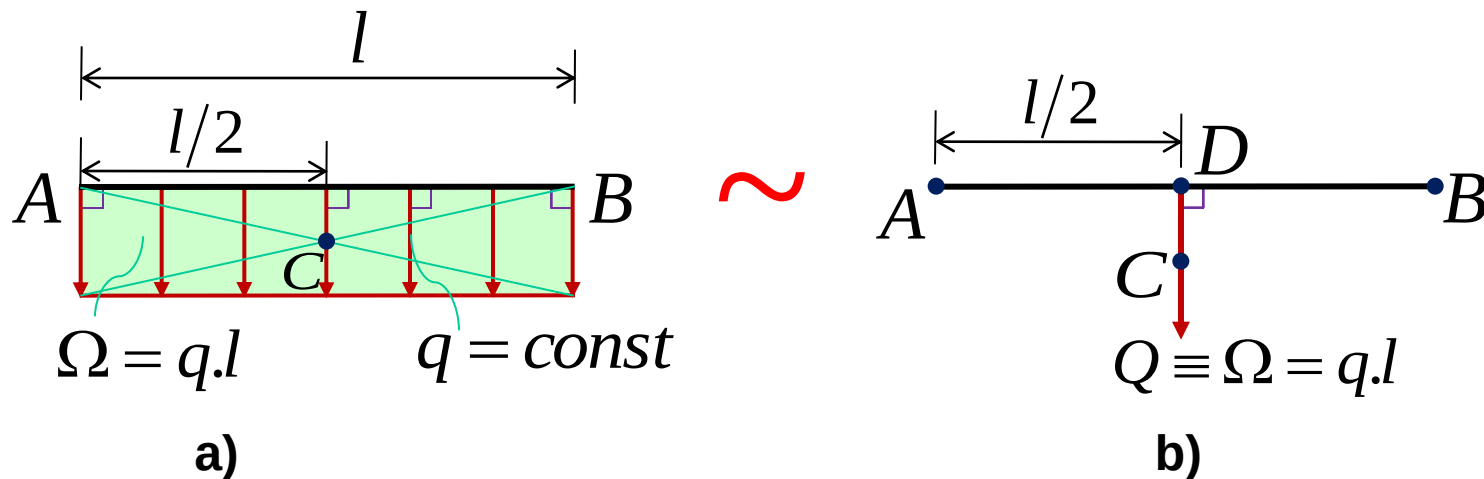
- Độ lớn bằng diện tích lực phân bố
- Điểm đặt tại vị trí trọng tâm của lực phân bố

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

1.1.4.2. Trường hợp riêng

a). Lực phân bố đều (hình 1.8) .

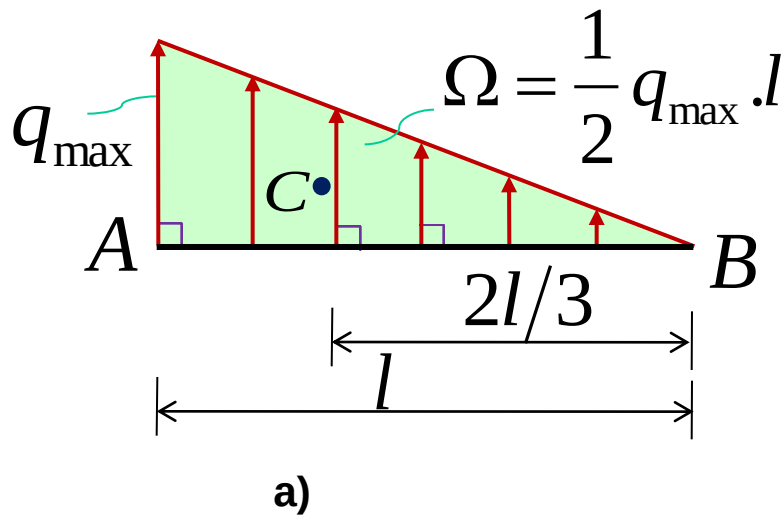


Hình 1.8

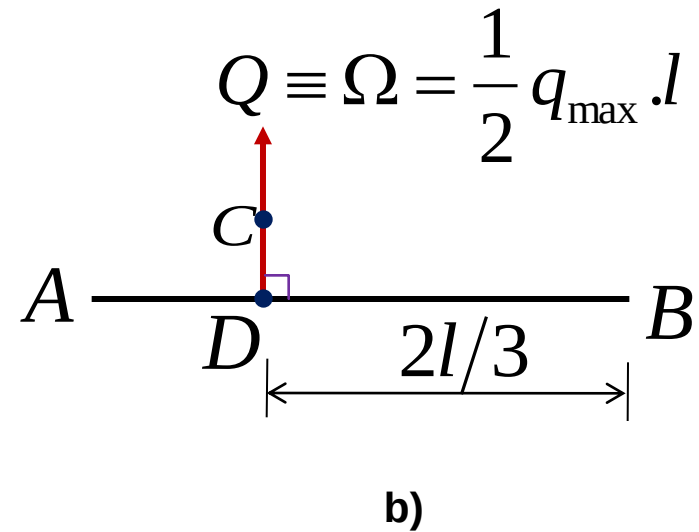
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1. Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

b. Lực phân bố tam giác: (hình 1.9).



~



Hình 1.9

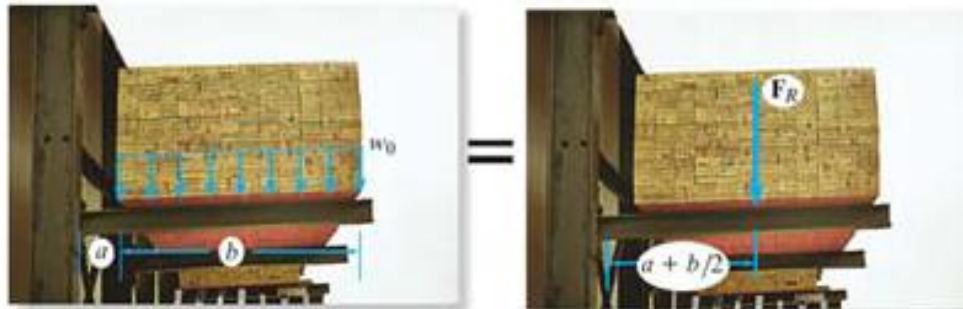
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.1.Các khái niệm cơ bản của Tĩnh học

Ví dụ bằng số:

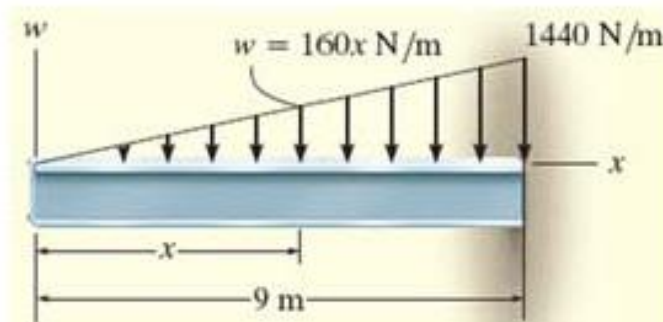
Các trường hợp lực phân bố đặc biệt

•Phân bố đều

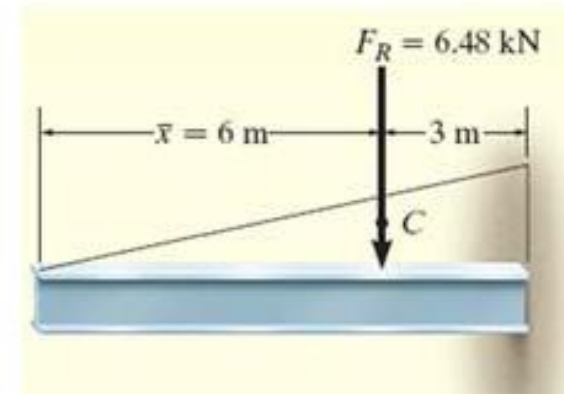


$$F = w_0 * b$$

•Phân bố tam giác



$$F = \frac{1}{2} w_0 * L$$

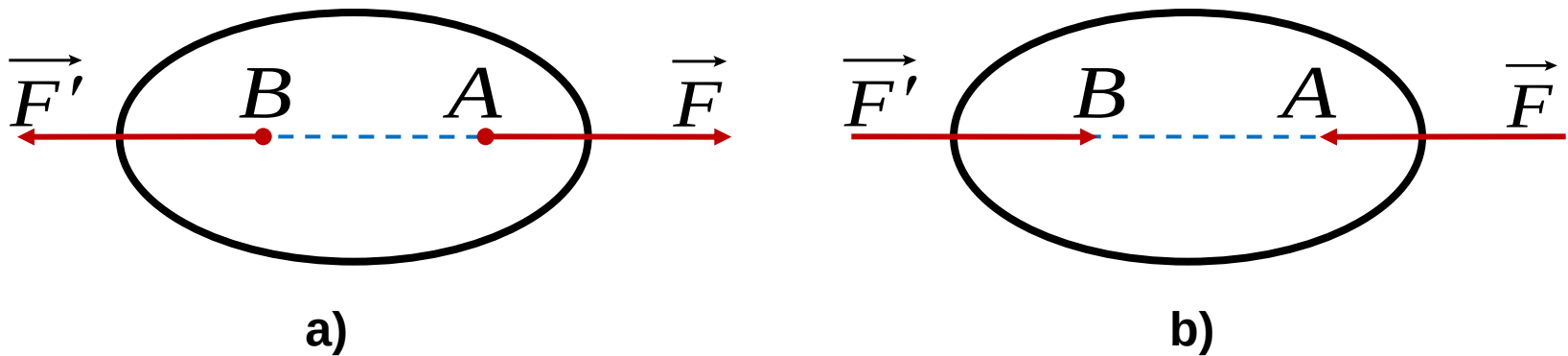


Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.2. Các tiên đề tĩnh học

* Tiên đề 1: Tiên đề về hai lực cân bằng

Điều kiện cần và đủ để cho hệ hai lực cân bằng là chúng có cùng đường tác dụng, hướng ngược chiều nhau và có cùng cường độ. (hình 1.10).



Hình 1.10

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.2. Các tiên đề tĩnh học

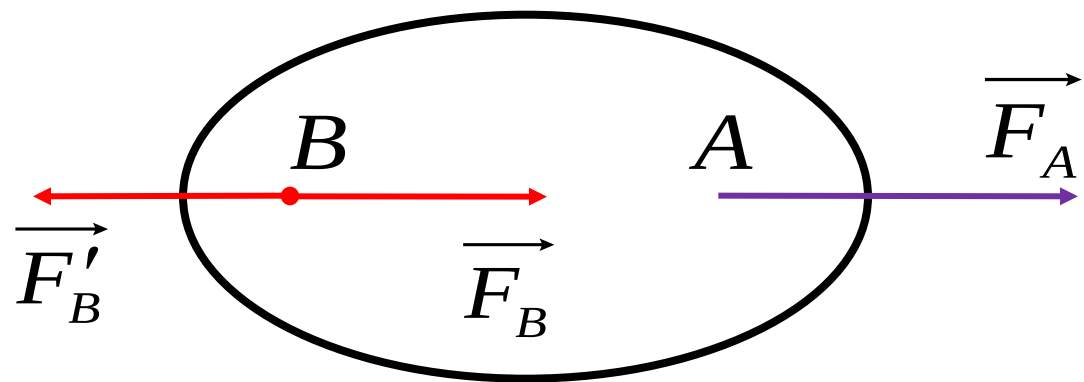
* Tiên đề 2: Tiên đề thêm bớt hai lực cân bằng

Tác dụng của một hệ lực không thay đổi nếu thêm hoặc bớt hai lực cân bằng. (hình 1.11)

+ **Hệ quả 1:**

— Định lý trượt lực

Tác dụng của lực lên vật rắn tuyệt đối không thay đổi khi trượt lực trên đường tác dụng của nó.



Hình 1.11

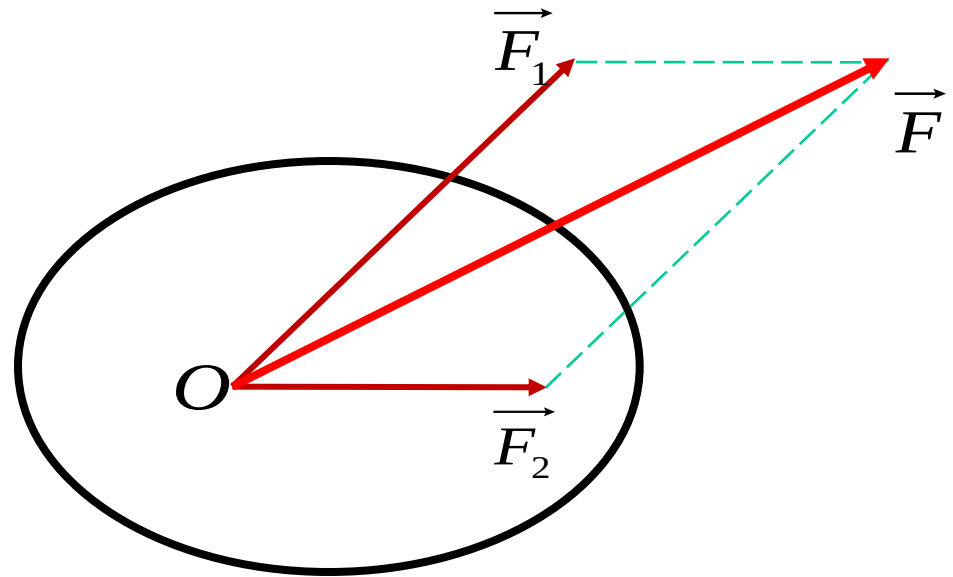
✓ Cần chú ý rằng tính chất nêu trên chỉ đúng đối với vật rắn tuyệt đối.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.2. Các tiên đề tĩnh học

* Tiên đề 3: Tiên đề hình bình hành lực

Hệ hai lực cùng đặt tại một điểm tương đương với một lực đặt tại điểm đặt chung và có vector lực bằng vector đường chéo hình bình hành mà hai cạnh là hai vector biểu diễn hai lực thành phần. (hình 1.12)



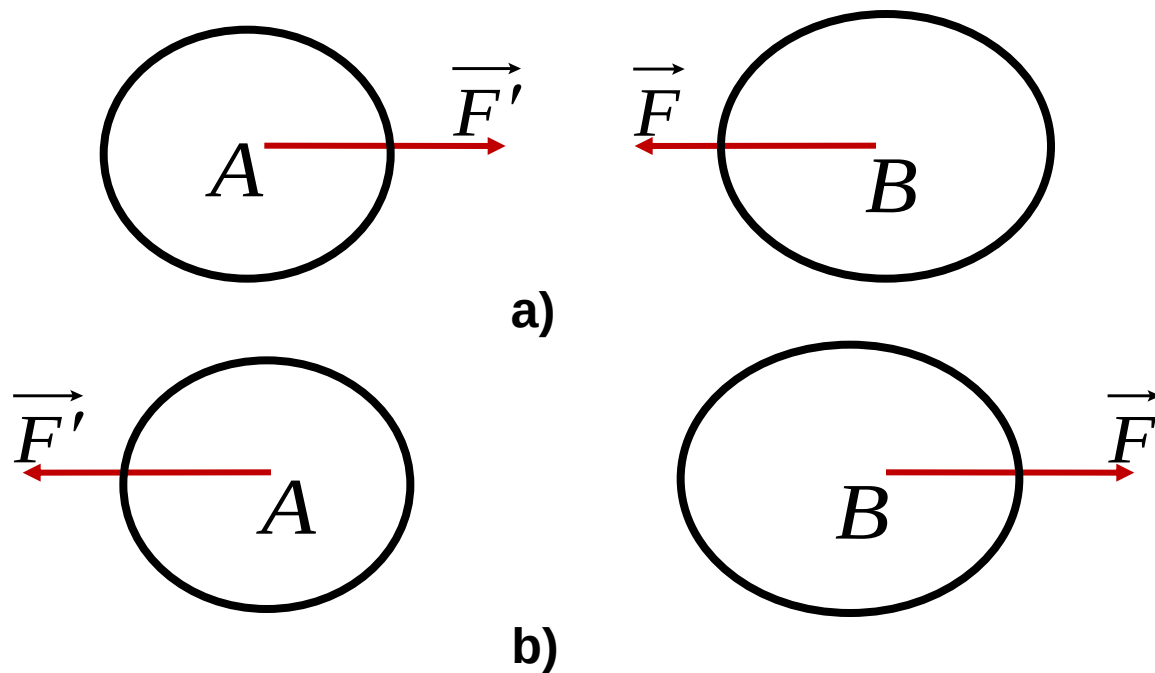
Hình 1.12

* 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, hướng ngược chiều nhau và có cùng cường độ. (hình 1.13).

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.2. Các tiên đề tĩnh học



Hình 1.13

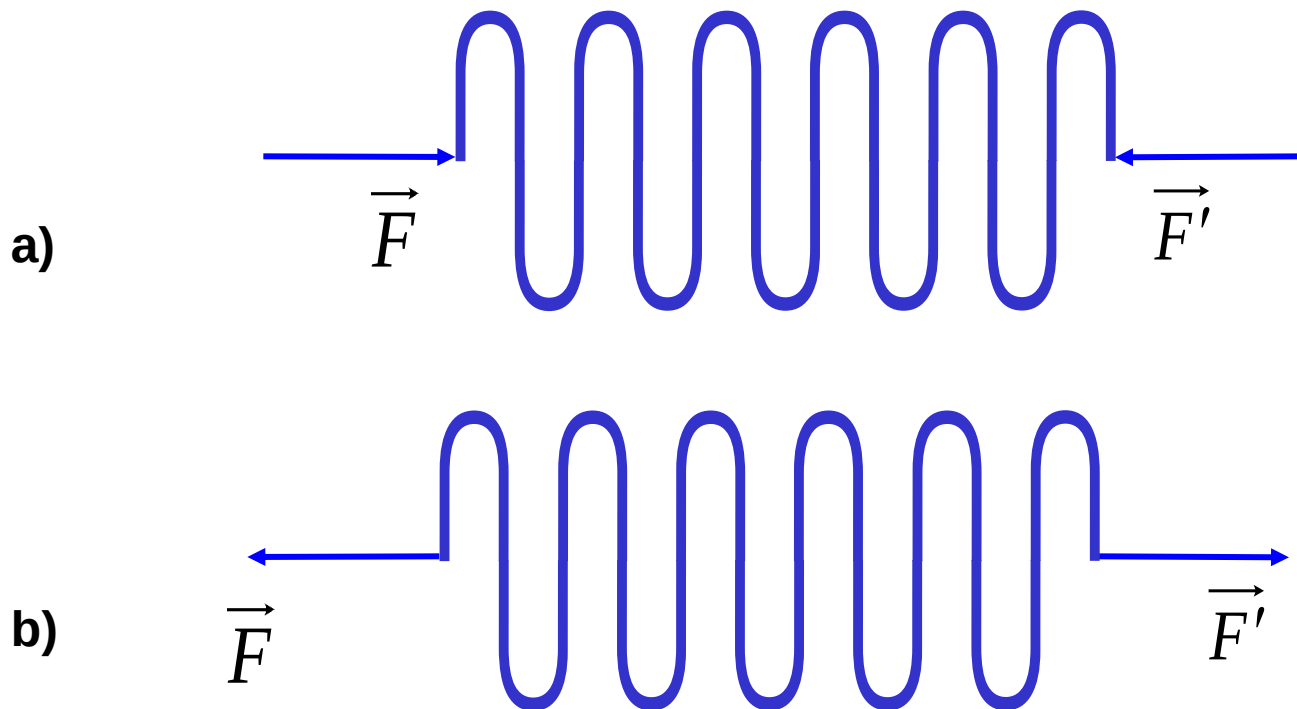
- ✓ Chú ý rằng lực tác dụng và phản tác dụng không phải là hai lực cân bằng vì chúng không tác dụng lên cùng một vật rắn.
- ✓ Tiên đề 4 là cơ sở để mở rộng các kết quả khảo sát một vật sang khảo sát hệ vật và nó đúng cho hệ quy chiếu quán tính cũng như hệ quy chiếu không quán tính.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.2. Các 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 dưới tác động của hệ lực đó (hình 1.14).



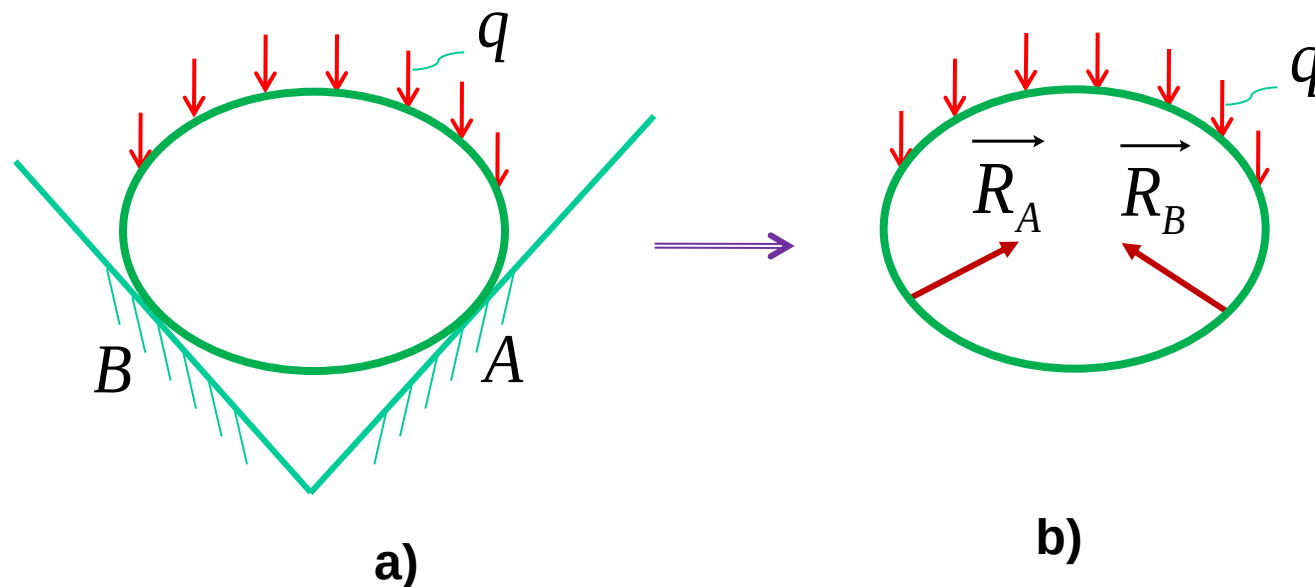
Hình 1.14

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.2. Các tiên đề tĩnh học

* Tiên đề 6: Tiên đề giải phóng liên kết

Vật không tự do (tức vật chịu liên kết) cân bằng có thể được xem là vật tự do cân bằng nếu giải phóng các liên kết, thay thế tác dụng của các liên kết được giải phóng bằng các phản lực liên kết tương ứng (hình 1.16).



Hình 1.16

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

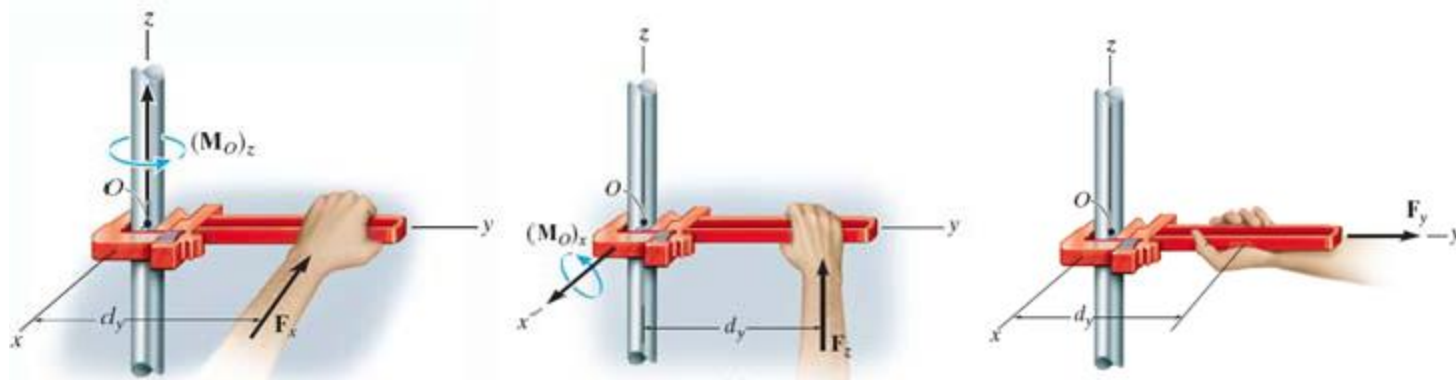
1.3.Moment của lực

1.3.1 Khái niệm

Dưới tác động của một lực vật rắn có thể chuyển động tịnh tiến, chuyển động quay, hoặc vừa chuyển động tịnh tiến vừa quay đồng thời. Tác dụng của lực làm vật rắn quay sẽ được đánh giá bởi đại lượng **moment** của lực.

Mômen

Đại lượng vector đặc trưng cho tác dụng cơ học làm vật thể quay



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

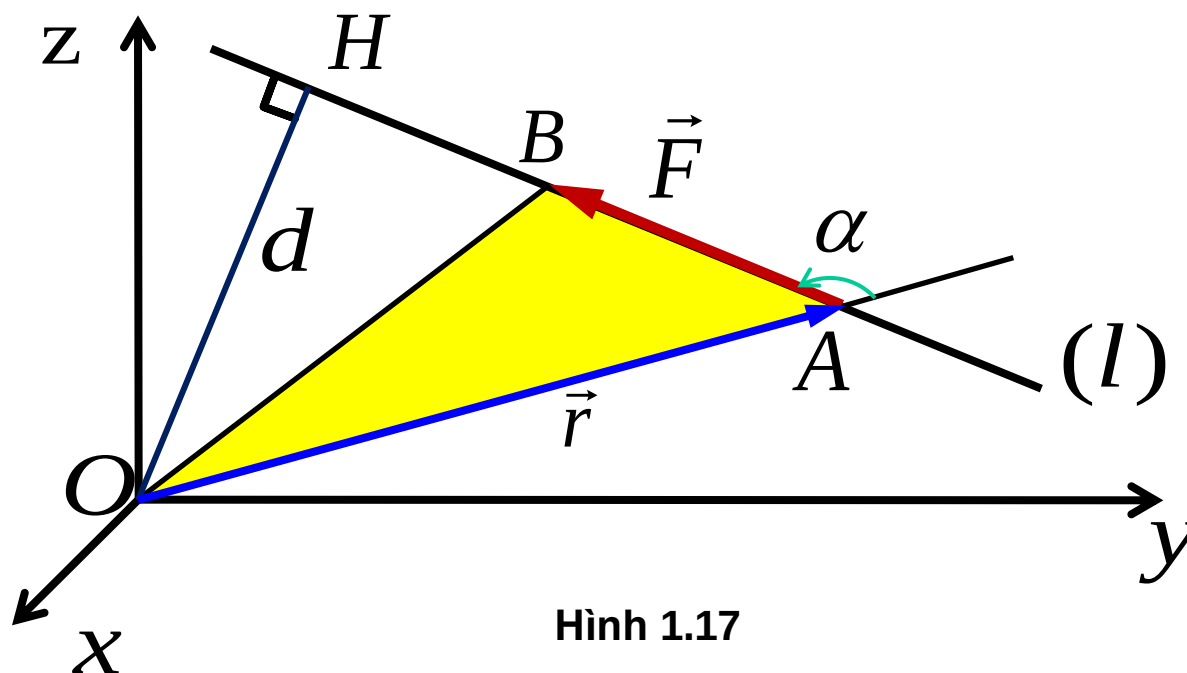
1.3.Moment của lực

1.3.2 Các loại moment của lực:

1.3.2.1. Moment của lực đối với một tâm

* Khảo sát lực F tác động tại điểm A trên vật. Đường tác dụng của lực là đường thẳng l . Giả sử rằng lực có xu hướng làm vật rắn quay quanh tâm O .

+ Dựng hệ trục vuông góc 3 chiều $Oxyz$ có gốc tại tâm O như hình vẽ: (hình 1.17)



Hình 1.17

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

+ Định vector $\vec{r} \equiv \overrightarrow{OA}$

– Gọi α là góc hợp bởi vector $\vec{r}$ và lực F :

✓ d là cánh tay đòn của lực F đối với tâm O .

$$d = OH \perp (l) \Rightarrow d = r \cdot \sin \alpha$$

+ Khả năng của lực F làm vật rắn quay quanh tâm O sẽ được đánh giá bởi **vector moment của lực F đối với tâm O** như sau: (hình 1.18).

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

($\wedge$ tích có hướng)

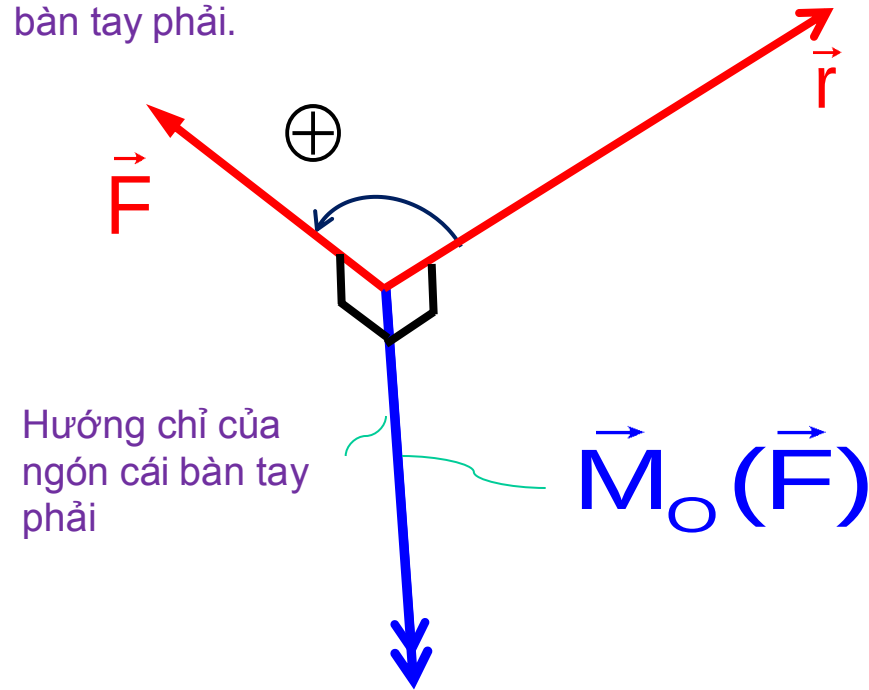


Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{M}_O(\vec{F}) \perp mp(OAB) \\ \text{Chiều } \vec{M}_O(\vec{F}) : RHR \\ |\vec{M}_O(\vec{F})| = r.F.\sin \alpha \\ \quad = F.d \\ \quad = 2.S(\Delta OAB) \end{cases}$$

Hướng quay của các ngón còn lại của bàn tay phải.



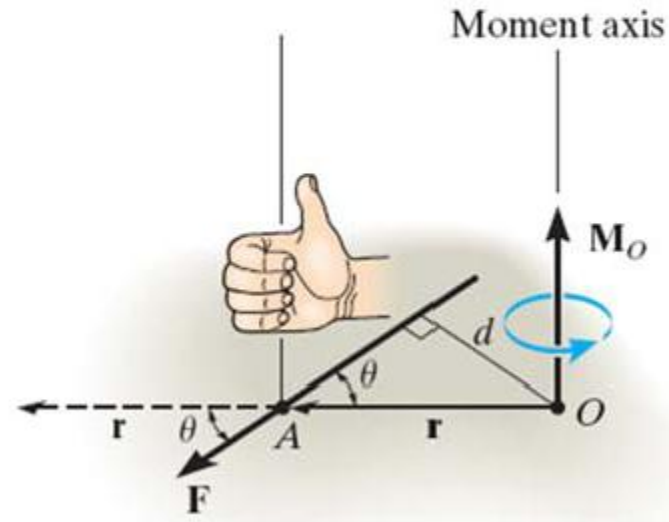
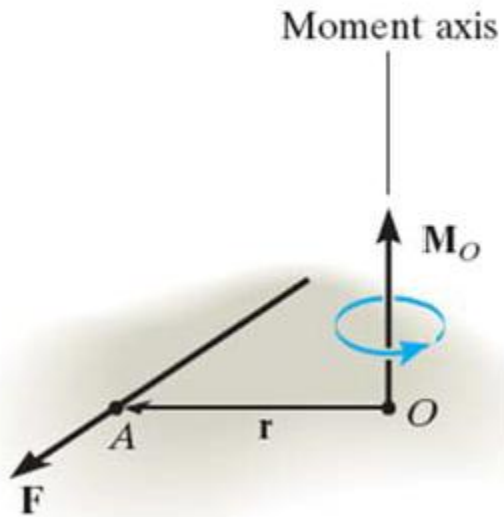
Hình 1.18

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

Mômen của lực đối với một tâm

$$\vec{M}_O = \vec{r} \times \vec{F} \Rightarrow M_O = rF \sin \theta = F(r \sin \theta) = Fd$$



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

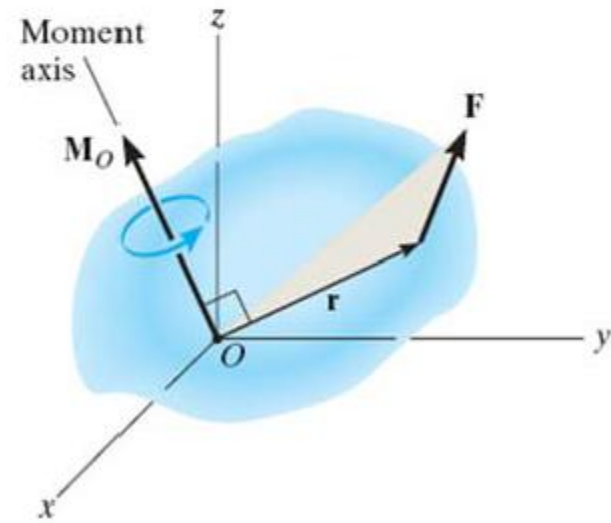
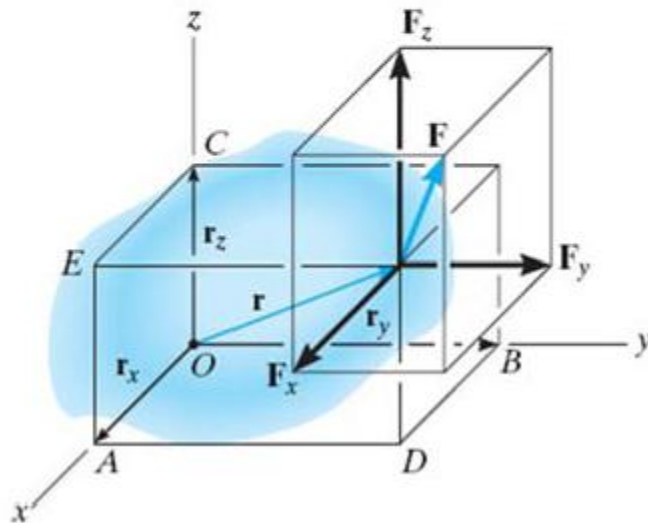
1.3.Moment của lực

Mômen của lực đối với một tâm

$$\vec{r} = (r_x, r_y, r_z) \quad \vec{F} = (F_x, F_y, F_z)$$

$$\mathbf{M}_O = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ r_x & r_y & r_z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{M}_O = (r_y F_z - r_z F_y) \vec{i} - (r_x F_z - r_z F_x) \vec{j} + (r_x F_y - r_y F_x) \vec{k}$$

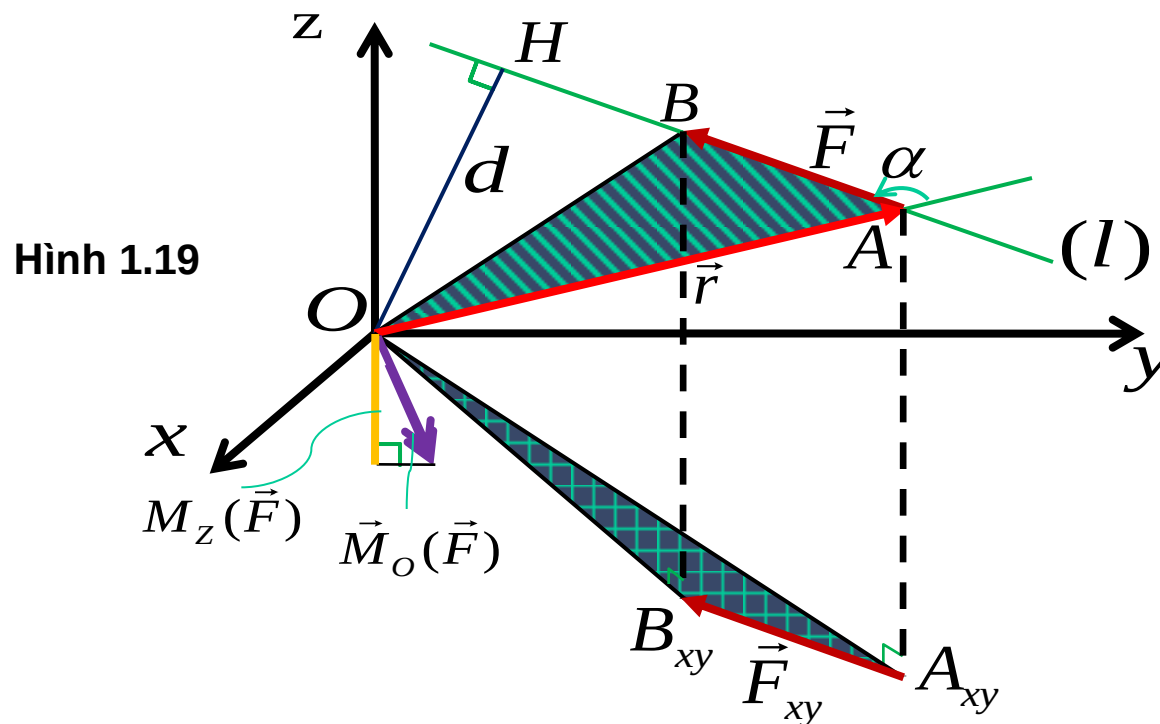


Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

1.3.2.2. Moment của lực đối với một trục

- * Khảo sát lực F tác động tại điểm A trên vật. Giả sử rằng lực có xu hướng làm vật rắn quay quanh trục z . Để đo lường khả năng của lực F làm vật rắn quay quanh trục z người ta xác định moment của lực F đối với trục z theo hai bước sau đây:



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

- + Bước 1: xác định hình chiếu vuông góc của lực F lên mặt phẳng vuông góc với trục quay z .

$$\vec{F}_{xy} = hc_{xy}(\vec{F})$$

- + Bước 2: moment của lực F đối với trục z là một đại lượng đại số được định nghĩa bằng (+) hoặc (–) độ lớn của vector moment lực hình chiếu F_{xy} đối với tâm O . (xem hình 1.19).

$$M(\vec{F}) = \pm |\vec{M}_O(\vec{F}_{xy})| = \pm 2.S(\triangle OA_{xy}B_{xy})$$

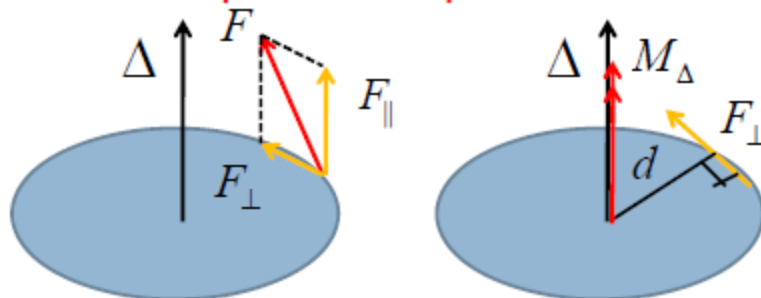
* Quy ước

Moment của lực F đối với trục quay z sẽ được quy ước là đại lượng dương (+) nếu nhìn dọc theo trục quay z từ ngọn của trục ấy ta thấy lực hình chiếu F_{xy} sẽ có xu hướng quay quanh tâm O ngược chiều kim đồng hồ và ngược lại.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

Mômen của lực đối với trục



Góc hợp bởi lực F và trục Δ là góc α

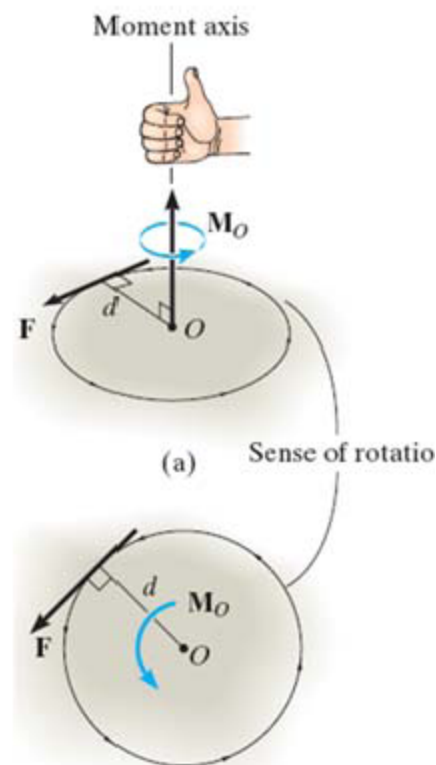
$$\vec{F} = \vec{F}_{\perp} + \vec{F}_{\parallel}$$

Phương chiều và độ lớn

$$M_{\Delta} = M_O = \pm d \cdot F_{\perp} = \pm d \cdot F \sin \alpha$$

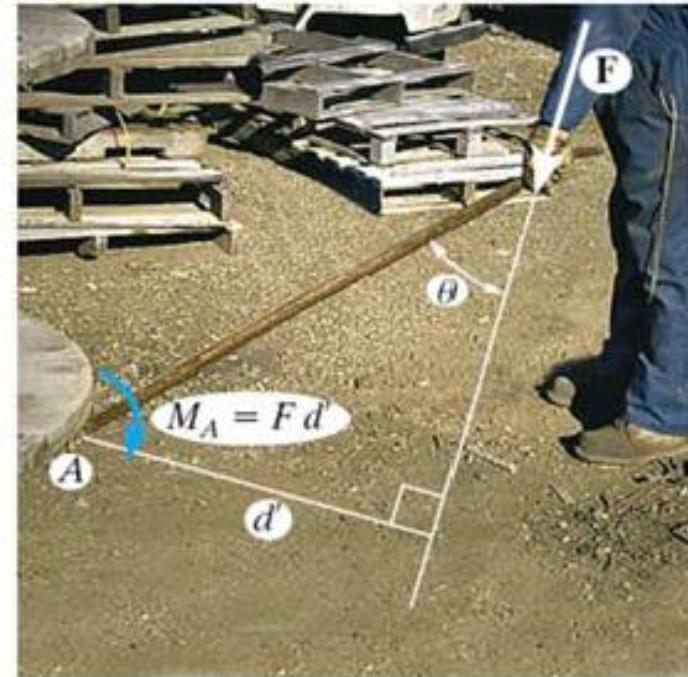
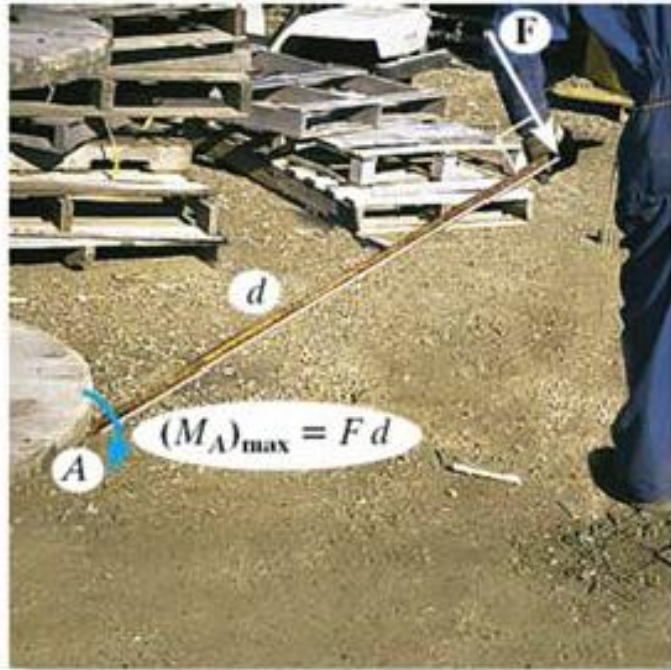
Dấu (+) nếu nhìn từ đỉnh trục Δ thấy xu hướng quay ngược chiều kim đồng hồ

Dấu (-) ngược lại



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực



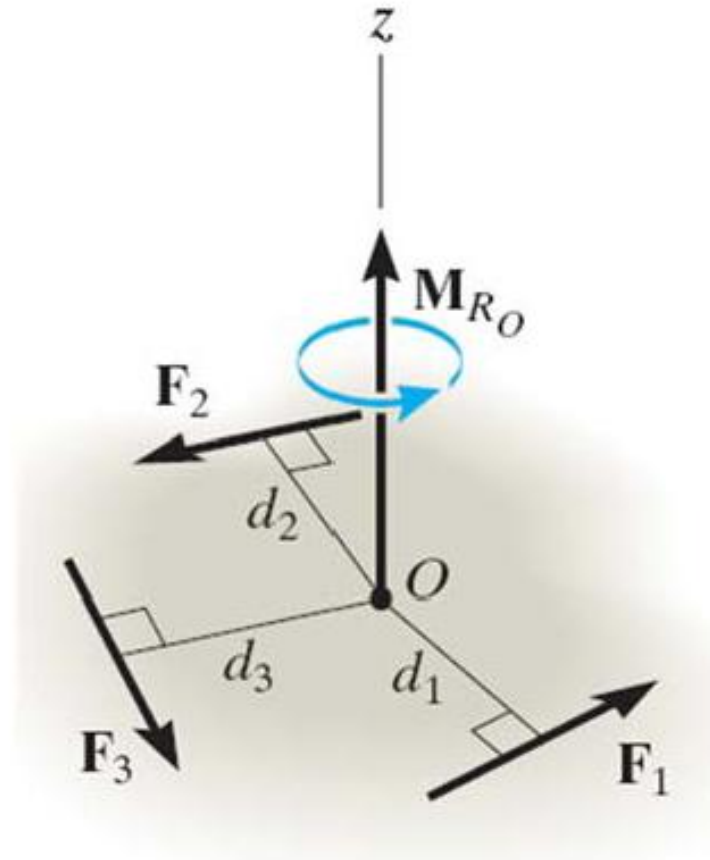
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

Mômen của lực đối với trục

Tổng các mômen

$$M_{F_i} = \sum F_i d_i$$



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

1.3.2.3. Ngẫu lực

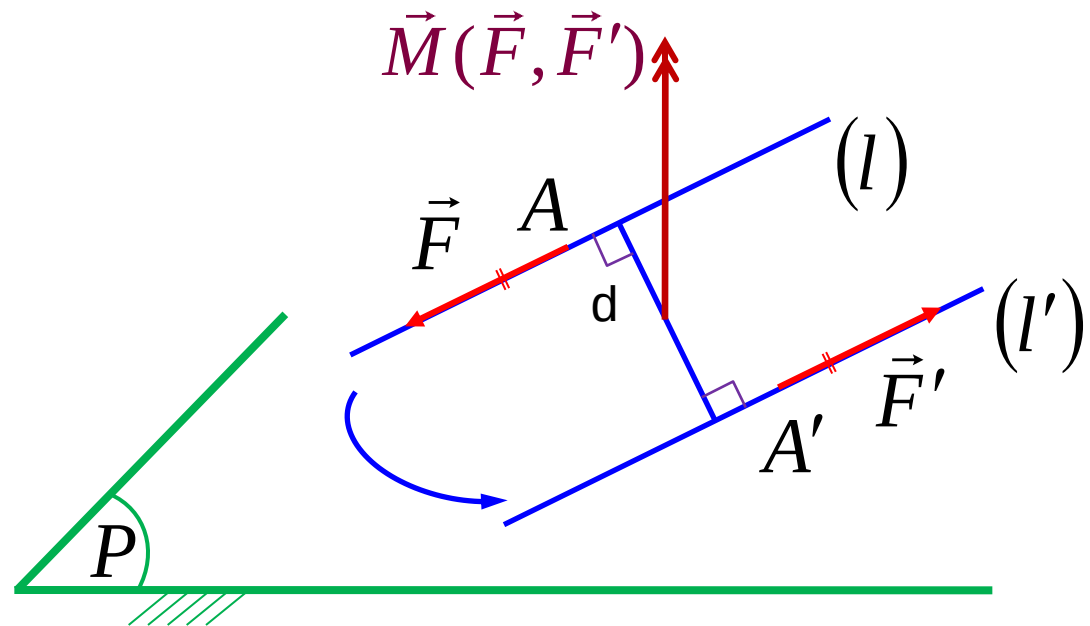
a). Định nghĩa

Ngẫu lực là một hệ hai lực thỏa đồng thời các điều kiện sau đây:

Cùng phương, cùng độ lớn, ngược chiều và không cùng đường tác dụng (hình 1.20).

* Ký hiệu ngẫu lực như sau:

$$(\vec{F}, \vec{F}') : \vec{F}' = -\vec{F}$$



Hình 1.20

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

b). Tính chất của ngẫu lực

- * Ngẫu lực là một hệ lực không cân bằng. Nghĩa là dưới tác động của ngẫu lực, một vật rắn tự do hoàn toàn, đang đứng yên sẽ thực hiện chuyển động quay:

$$(\vec{F}, \vec{F}') \neq \phi$$

- * Ngẫu lực là loại hệ lực không bao giờ có hợp lực. Nghĩa là ngẫu lực là một dạng tối giản của các hệ lực:

$$(\vec{F}, \vec{F}') \neq \vec{R}$$

c). Moment của ngẫu lực

- * Khả năng làm quay vật của ngẫu lực sẽ phụ thuộc vào 4 yếu tố của ngẫu lực: mặt phẳng tác dụng (P), cánh tay đòn d, độ lớn của các lực và chiều quay của ngẫu lực.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

- * Để đo lường khả năng làm quay vật của ngẫu lực người ta định nghĩa đại lượng vector moment của ngẫu lực như sau:

$$\left. \begin{aligned} \vec{M}(\vec{F}, \vec{F}') &= \vec{M}_{A'}(\vec{F}) \\ &= \vec{M}_A(\vec{F}') \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} \vec{M}(\vec{F}, \vec{F}') \perp mp(P) \\ \text{Chiều} & \vec{M}(\vec{F}, \vec{F}') : \text{RHR} \\ |\vec{M}(\vec{F}, \vec{F}')| &= F.d \end{cases}$$

- * Có hai cách ký hiệu ngẫu lực:

+ Liệt kê 2 lực của ngẫu: $(\vec{F}, \vec{F}')$

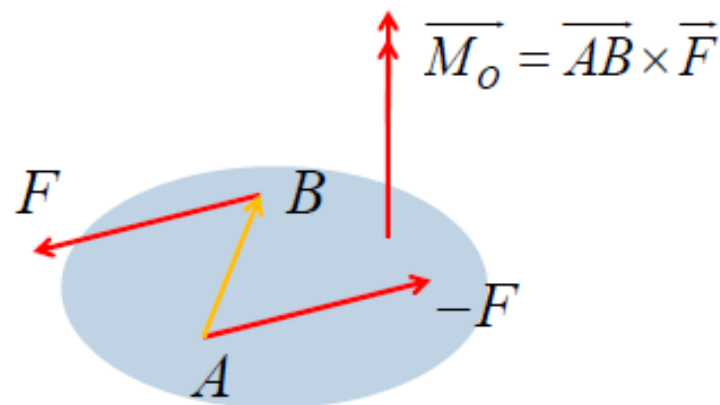
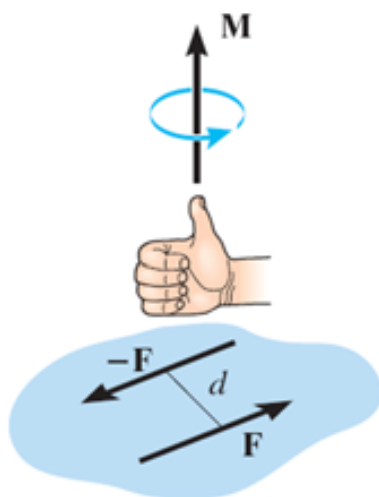
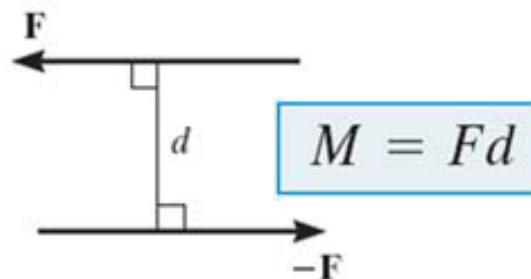
+ Biểu diễn ngẫu bằng vector moment của nó: $\vec{M}(\vec{F}, \vec{F}')$

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

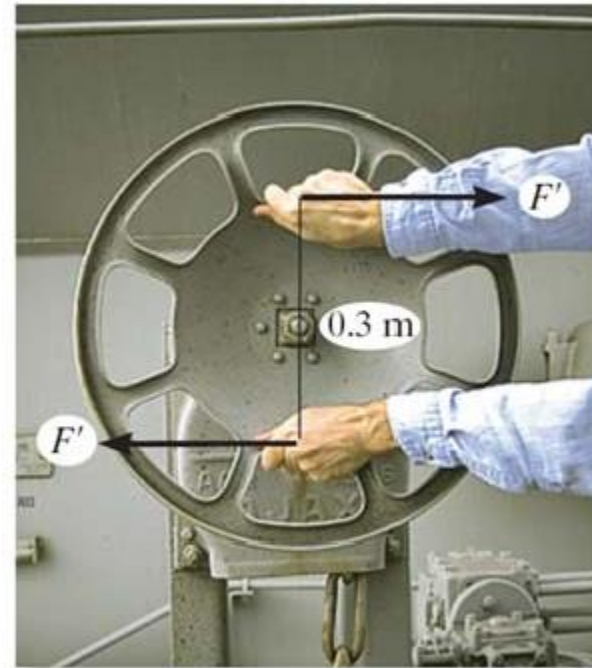
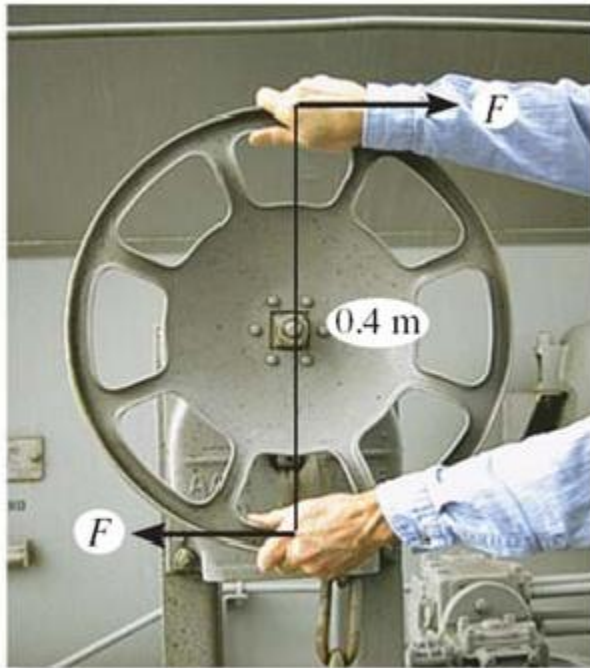
Ngẫu lực: là hai vector lực có tính chất sau

- Cùng phương
- Ngược chiều
- Cùng độ lớn
- Khác giá



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

d). Các định lý của ngẫu lực

- * **Định lý 1:** Hai ngẫu lực được xem là tương đương về cơ học nếu và chỉ nếu hai vector moment của chúng bằng nhau.

$$\left(\vec{F}_1, \vec{F}_1' \right) \sim \left(\vec{F}_2, \vec{F}_2' \right) \Leftrightarrow \vec{M} \left(\vec{F}_1, \vec{F}_1' \right) = \vec{M} \left(\vec{F}_2, \vec{F}_2' \right)$$

- * **Định lý 2:** Từ một ngẫu đã cho ta có thể tìm được vô số ngẫu khác tương đương với nó.

- * **Định lý 3:** Tổng hai vector moment của hai lực trong ngẫu lấy đối với một tâm O trong không gian sẽ không phụ thuộc vào vị trí của tâm O đó và bằng vector moment của ngẫu lực.

$$\vec{M}_O \left(\vec{F} \right) + \vec{M}_O \left(\vec{F}' \right) = \vec{M} \left(\vec{F}, \vec{F}' \right), \quad \forall O \in R^3$$

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

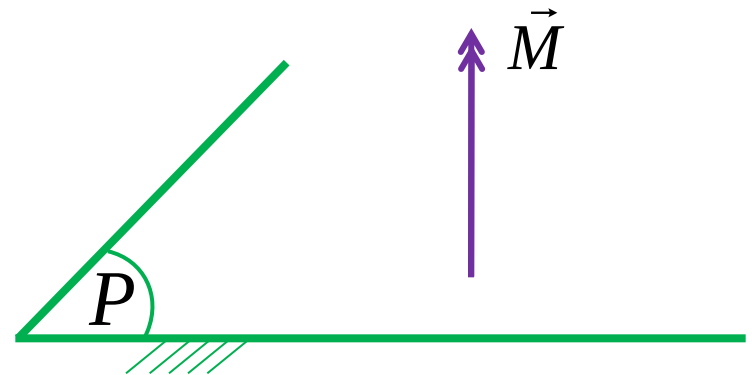
1.3.Moment của lực

- * **Định lý 4:** Một hệ nhiều ngẫu lực bao giờ cũng có một ngẫu tương đương với toàn hệ. Vector moment của ngẫu tương đương bằng tổng tất cả các vector moment của các ngẫu thành phần.

$$(\vec{F}_j, \vec{F}'_j) \sim (\vec{Q}, \vec{Q}') \Rightarrow \vec{M}(\vec{Q}, \vec{Q}') = \sum_{j=1}^n \vec{M}(\vec{F}_j, \vec{F}'_j), \quad j = \overline{1, n}$$

1.3.2.4. Ký hiệu moment

- * Có 3 cách ký hiệu Moment:
- + **Cách 1:** Ký hiệu Moment bằng một vector thẳng hai đầu. (Dùng trong bài toán không gian 3 chiều.). (hình 1.21)



Hình 1.21

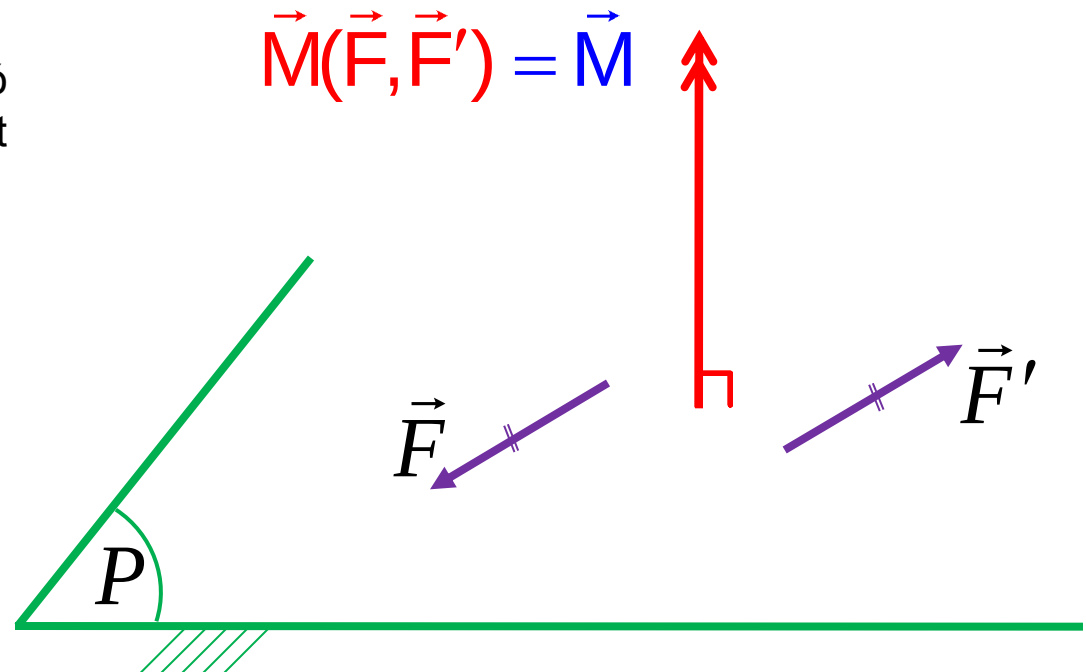
- ✓ Vector càng dài vật rắn quay càng nhanh.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

- + Cách 2: Ký hiệu moment bằng một ngẫu hai lực nằm trong mặt phẳng tác dụng vuông góc với vector moment của cách 1 sao cho vector moment của ngẫu lực bằng vector moment cần biểu diễn (dùng trong bài toán không gian 2 chiều và 3 chiều) (hình 1.22).

- ✓ Chú ý rằng có rất nhiều ngẫu có thể chọn để biểu diễn một moment.

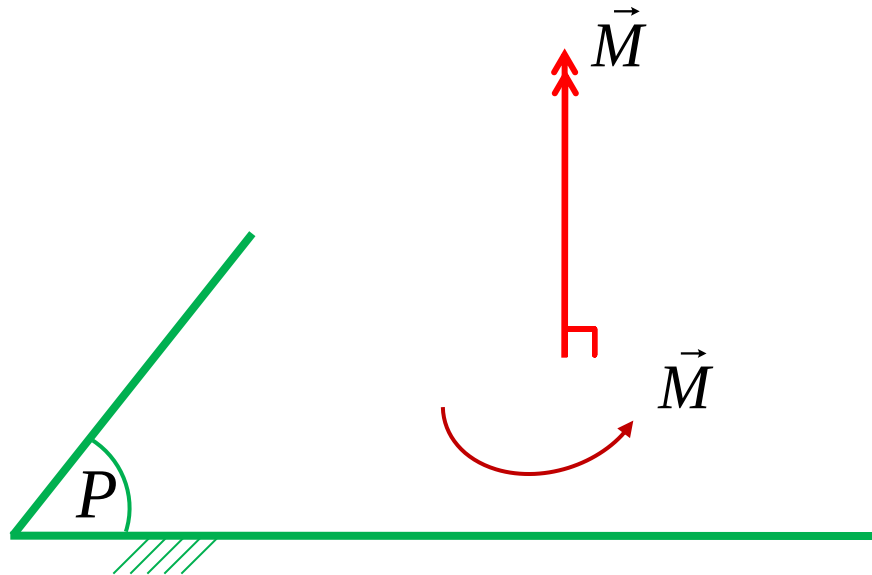


Hình 1.22

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.3.Moment của lực

- † Cách 3: Biểu diễn moment bằng một vector cong, phẳng nằm trong mặt phẳng tác dụng của ngẫu lực (hình 1.23). Chiều của vector cong được xác định tuân theo quy tắc bàn tay phải so với chiều vector moment thẳng của cách 1. Hay chiều của vector moment cong sẽ cùng chiều quay của ngẫu lực (dùng trong bài toán không gian 2 chiều).



Hình 1.23

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4.Liên kết và phản lực liên kết

1.4.1. Khái niệm

1.4.1.1. Vật rắn tự do hoàn toàn

Là vật rắn có thể thực hiện được mọi dạng chuyển động trong không gian mà không có bất kỳ cản trở nào.

1.4.1.2. Bậc tự do của vật rắn

a). Định nghĩa (Dof)

Là số chuyển động độc lập mà vật rắn ấy có thể thực hiện đồng thời trong không gian. Ví dụ: chuyển động của quạt trần và của trái đất là 2 chuyển động độc lập.

* Ký hiệu bậc tự do của vật rắn là Dof (Degree of freedom).

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

b). Xác định Dof của vật rắn tự do hoàn toàn

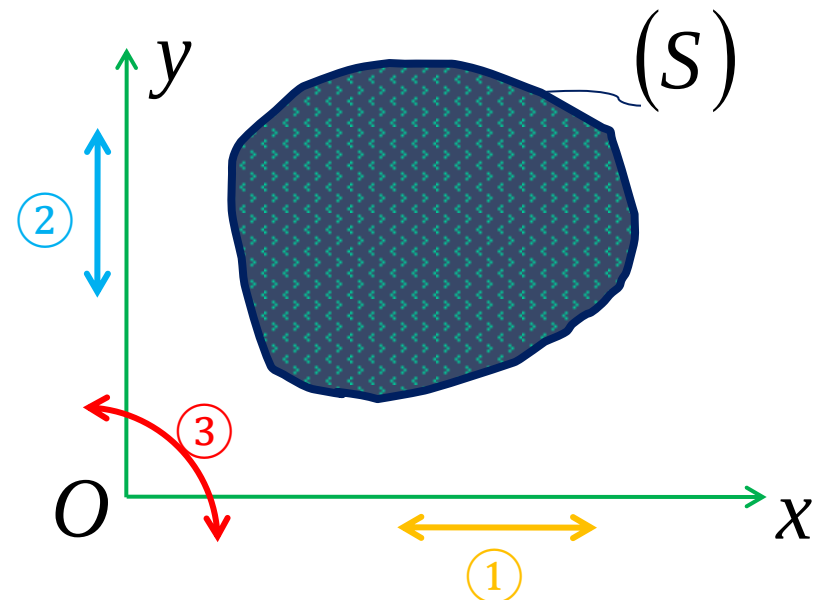
* Trong không gian hai chiều: 2D (hình 1.24)

$$Dof_{VR} = 3$$

①: tịnh tiến thẳng theo phương ngang.

②: tịnh tiến thẳng theo phương đứng.

③: quay.



Hình 1.24

+ Có ① và ② thì vật tịnh tiến theo phương xiên.

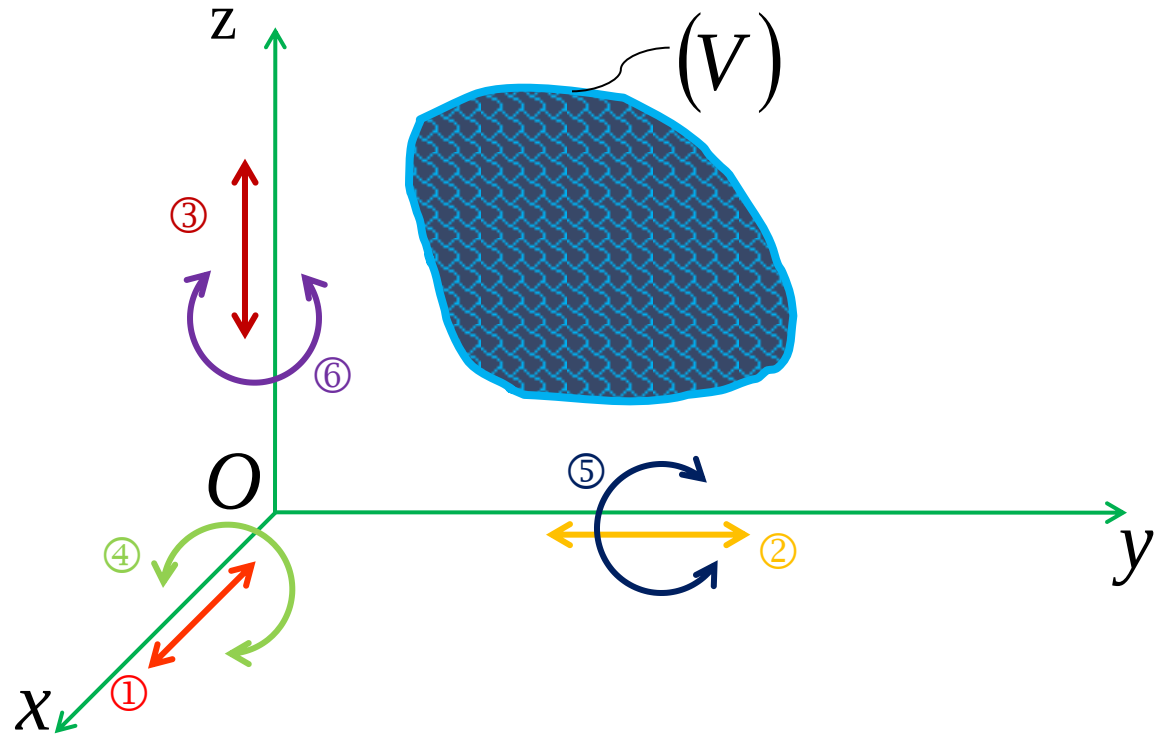
+ Có cả ③ thì vật vừa tịnh tiến vừa quay đồng thời.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

* Trong không gian 3 chiều: 3D (hình 1.25)

$$Dof_{VR} = 6$$



Hình 1.25

✓ Chú ý rằng **một chuyển động độc lập** bao gồm **cả hai chiều chuyển động theo một phương**.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.1.3. Liên kết

a). Định nghĩa

Là những đối tượng có tác dụng hạn chế khả năng chuyển động của vật rắn trong không gian.

b). Ràng buộc của liên kết (R^{lk})

Là số chuyển động độc lập bị mất do liên kết.

* R^{lk} là một thông số đánh giá khả năng cản trở chuyển động của liên kết đối với vật và nó được định nghĩa bằng số chuyển động độc lập mà vật rắn bị mất đi do liên kết ấy.

✓ Chú ý: Một chuyển động độc lập gồm cả hai chiều chuyển động theo một phương. Nếu vật rắn chỉ chuyển động theo một chiều của một phương thì vật ấy có 0,5 chuyển động độc lập.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

c). Bậc tự do của hệ nhiều vật rắn có liên kết với nhau

- * Khảo sát một hệ thống cơ học gồm có n vật rắn được liên kết với nhau bởi m liên kết.

+ Tổng các ràng buộc của các liên kết trong hệ là:

$$\sum_{j=1}^m R_j^{lk}$$

c1). Xét một cơ hệ trong không gian hai chiều (2D)

Lúc này Dof hệ = $3n - \sum_{j=1}^m R_j^{lk}$

c2). Trong không gian ba chiều:

$$Dof_{\text{hệ}} = 6n - \sum_{j=1}^m R_j^{lk}$$

✓ Với n là số vật rắn trong hệ.

* Khi **$Dof_{\text{hệ}} > 0$: hệ không luôn cân bằng** với mọi loại tải tác động.

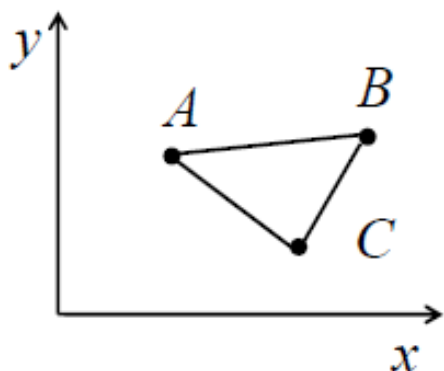
* Khi **$Dof_{\text{hệ}} \leq 0$: hệ luôn cân bằng** với mọi loại tải tác động.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

Bậc tự do của vật (dof – degree of freedom)

Là số thông số độc lập xác định chuyển động của vật hoặc là đại lượng đặc trưng cho mức độ tự do của vật thể.



$$dof_{1 \text{ vat}} = 3 \Rightarrow dof_{n \text{ vat tu do}} = 3 \times n$$

$$\Rightarrow dof_{n \text{ vat tu do co R rang buoc}} = 3 \times n - R$$

$$\begin{cases} dof_{2D} = 3 \times n - R \\ dof_{3D} = 6 \times n - R \end{cases} \quad \begin{array}{l} n : \text{ là số vật} \\ R : \text{ là số ràng buộc} \end{array}$$

Phân loại tính chất cơ hệ dựa vào bậc tự do

$dof = 0$: hệ tĩnh định (hệ cân bằng với mọi loại tải tác động)

$dof > 0$: hệ động

$dof < 0$: hệ siêu tĩnh (= -1 siêu tĩnh bậc 1; -2 siêu tĩnh bậc 2)



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.1.4. Phản lực liên kết

a). Định nghĩa

Là những lực do các liên kết phản tác dụng lên vật (hình 1.26).

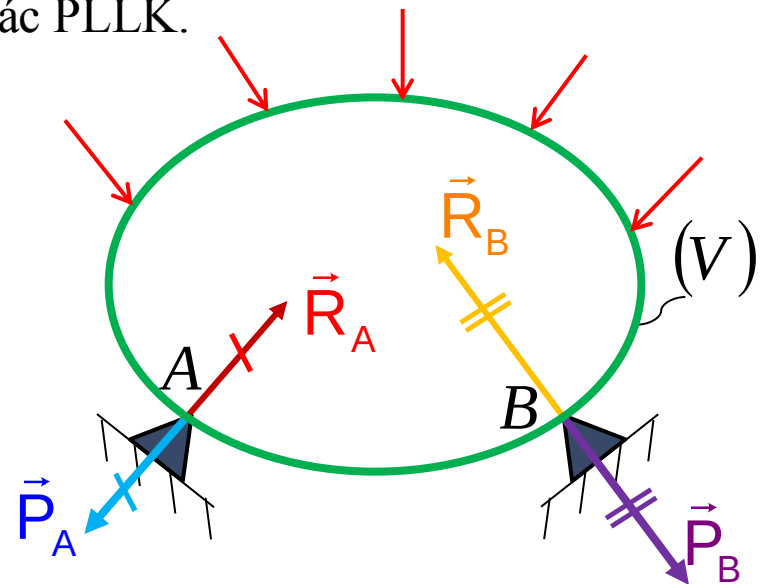
✓ Phản lực liên kết là những lực thuộc loại lực thụ động (bị động).

$\vec{P}_A, \vec{P}_B$ là các áp lực lên liên kết. $\vec{R}_A, \vec{R}_B$ là các PLLK.

b). Tính chất

Tính chất 1: Số phản lực liên kết của một loại liên kết sẽ bằng số làm tròn của ràng buộc liên kết ấy [= round (R^{lk})].

+ Ví dụ: $R^{lk} = 2,5 \rightarrow$ liên kết có 3 phản lực liên kết.



Hình 1.26

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

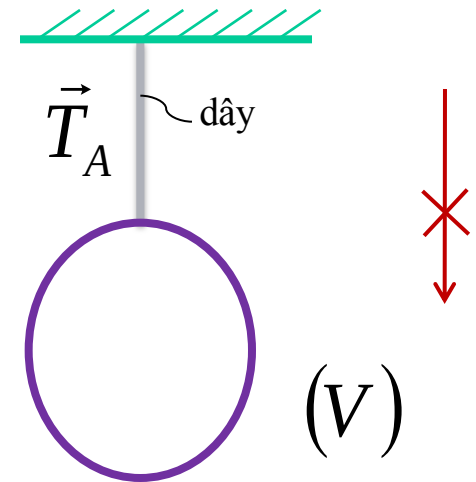
- * Tính chất 2: Vị trí đặt các phản lực liên kết trùng với vị trí của các liên kết ấy (Đặt tại vị trí có liên kết).
- * Tính chất 3: Phương của các phản lực liên kết sẽ trùng với phương của các chuyển động độc lập bị mất đi.
- * Tính chất 4: Chiều của các phản lực liên kết sẽ ngược với chiều của các chuyển động độc lập bị mất đi.

1.4.2. Phản lực liên kết của 9 loại liên kết cơ bản

1.4.2.1. Liên kết dây

$$R^{\text{dây}} = 0,5$$

⇒ Có 1 phản lực liên kết: Lực căng dây (hình 1.27). $\vec{T}_A$

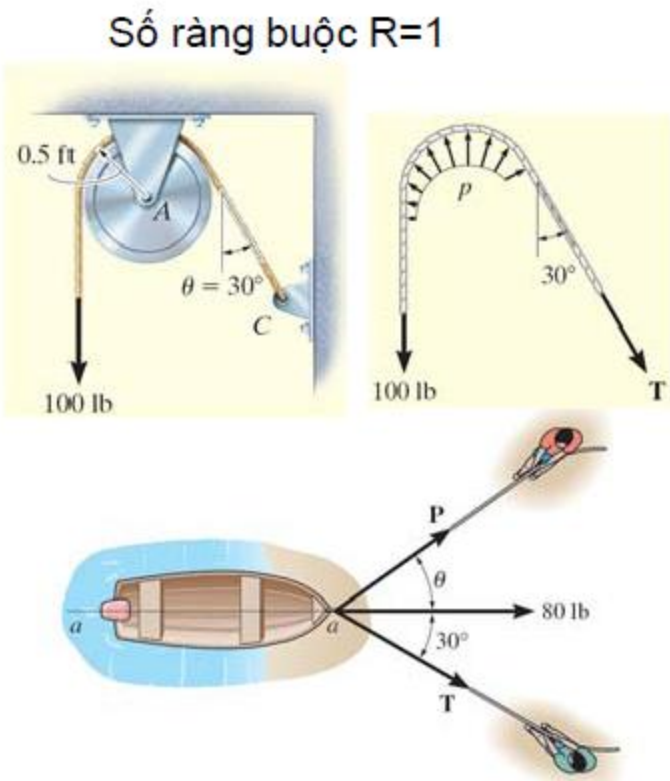


Hình 1.27

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4.Liên kết và phản lực liên kết

Một số liên kết dây trong thực tế



Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

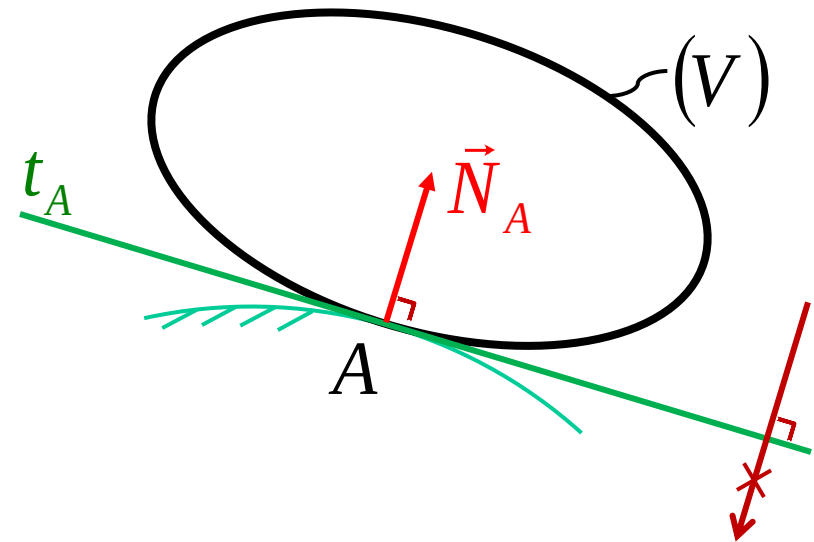
1.4.2.2. Tựa nhẵn. (Tựa trơn không ma sát)

$$\mu_R = 0,5$$

⇒ Có 1 phản lực liên kết: đặt tại vị trí liên kết (hình 1.28a).

t_A : tiếp tuyến chung.

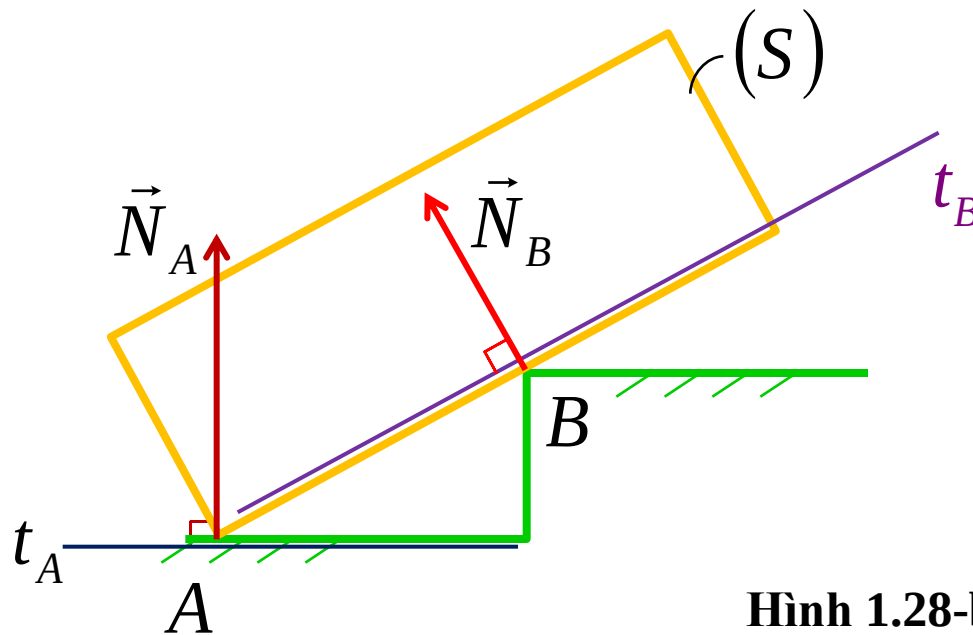
$\vec{N}_A$ phản lực pháp tuyến, thẳng góc với mặt tựa (mặt tiếp xúc) và hướng vào vật khảo sát.



Hình 1.28-a

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết



Hình 1.28-b

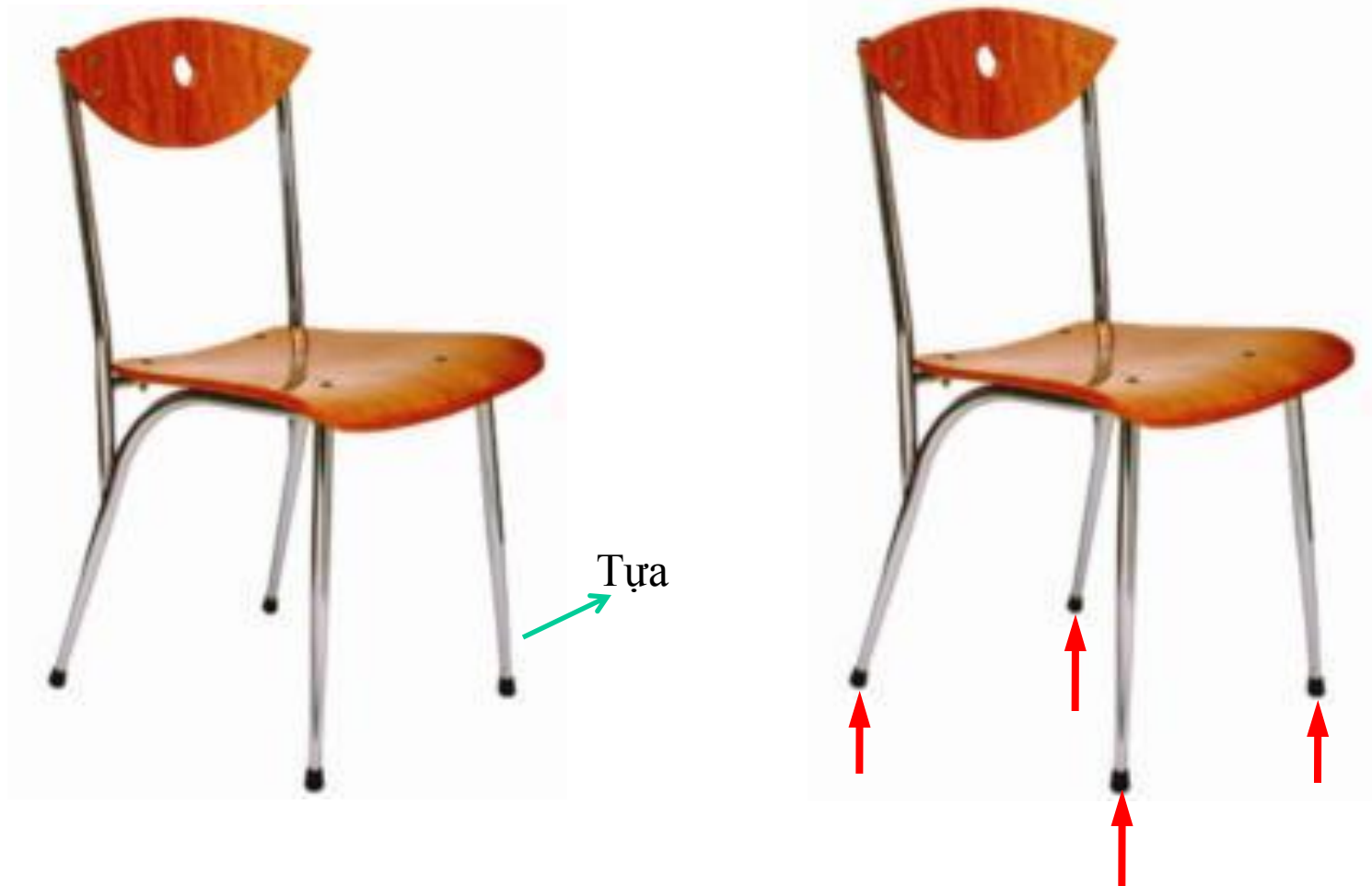
t_A : tiếp tuyến riêng của bề mặt cố định tại điểm gậy A.

t_B : tiếp tuyến riêng của vật tại vị trí điểm B.

$\vec{N}_A, \vec{N}_B$: phản lực pháp tuyến.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

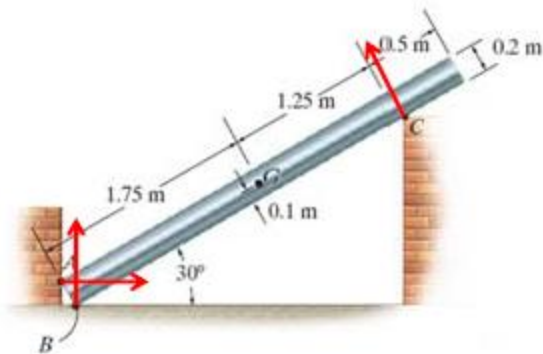
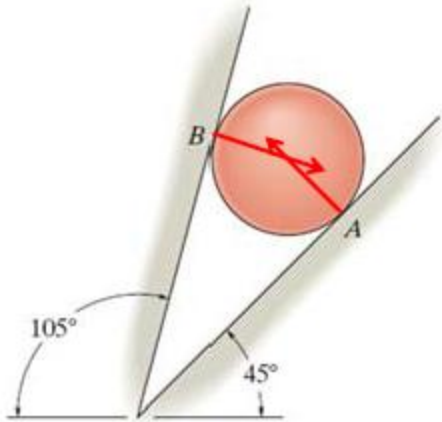


Hình 1.28-c

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4.Liên kết và phản lực liên kết

Một số liên kết tựa trong thực tế



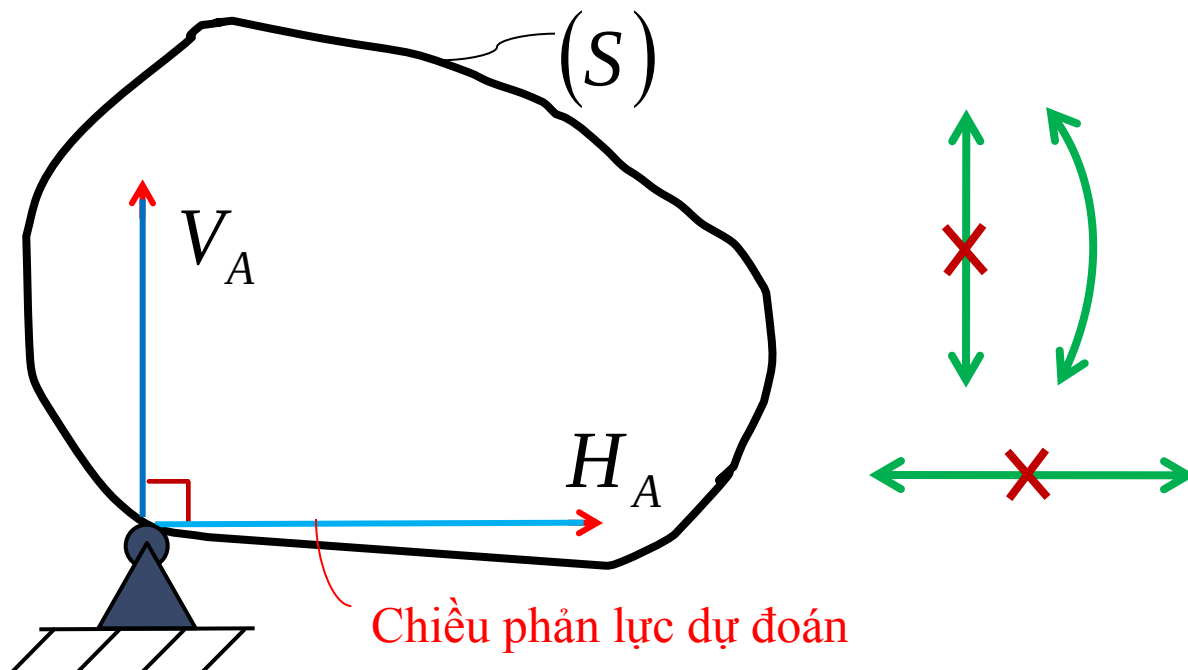
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.2.3. Khớp bản lề cố định (khớp bản lề ngoại cố định, gối cố định).

$$R^{bl} = 2$$

⇒ Có 2 phản lực liên kết.

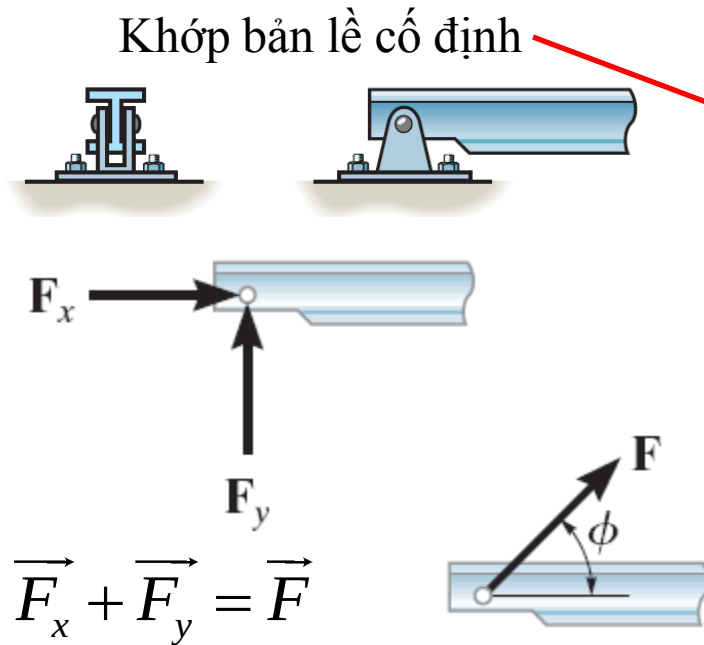


Hình 1.29 a

Loại liên kết này có chiều và độ lớn của các phản lực liên kết chưa biết (hình 1.29).

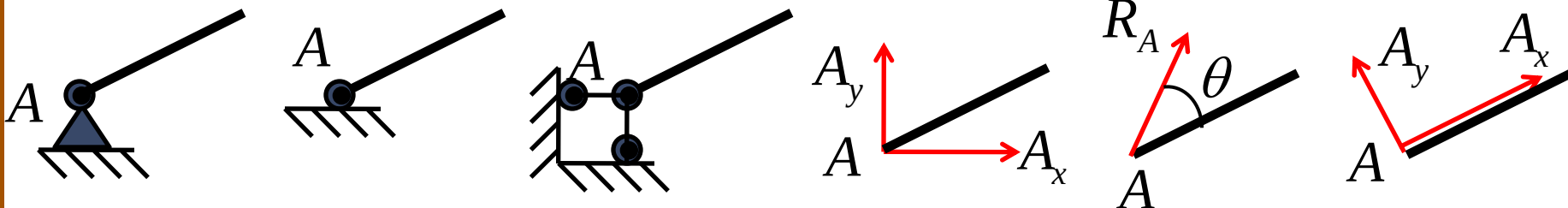
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết



Hình 1.29 b

Mô hình liên kết khớp bản lề trong lý thuyết



Hình 1.29 c

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

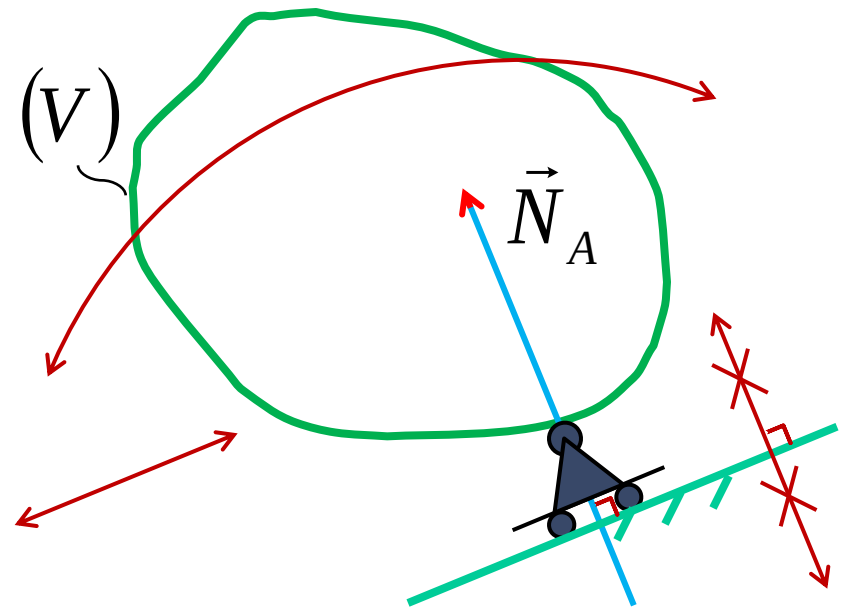
1.1.2.4. Khớp bản lề trượt (*khớp bản lề ngoại trượt, khớp bản lề di động, gối di động*)

Loại liên kết này chỉ cho phép trượt qua lại theo phương trượt và quay trong mặt phẳng nhưng không tịnh tiến thẳng lên, xuống theo phương vuông góc với phương trượt. Để trượt nhẹ người ta lắp thêm con lăn (hình 1.30).

$$R^{\text{blt}} = 1$$

⇒ Có 1 phản lực liên kết.

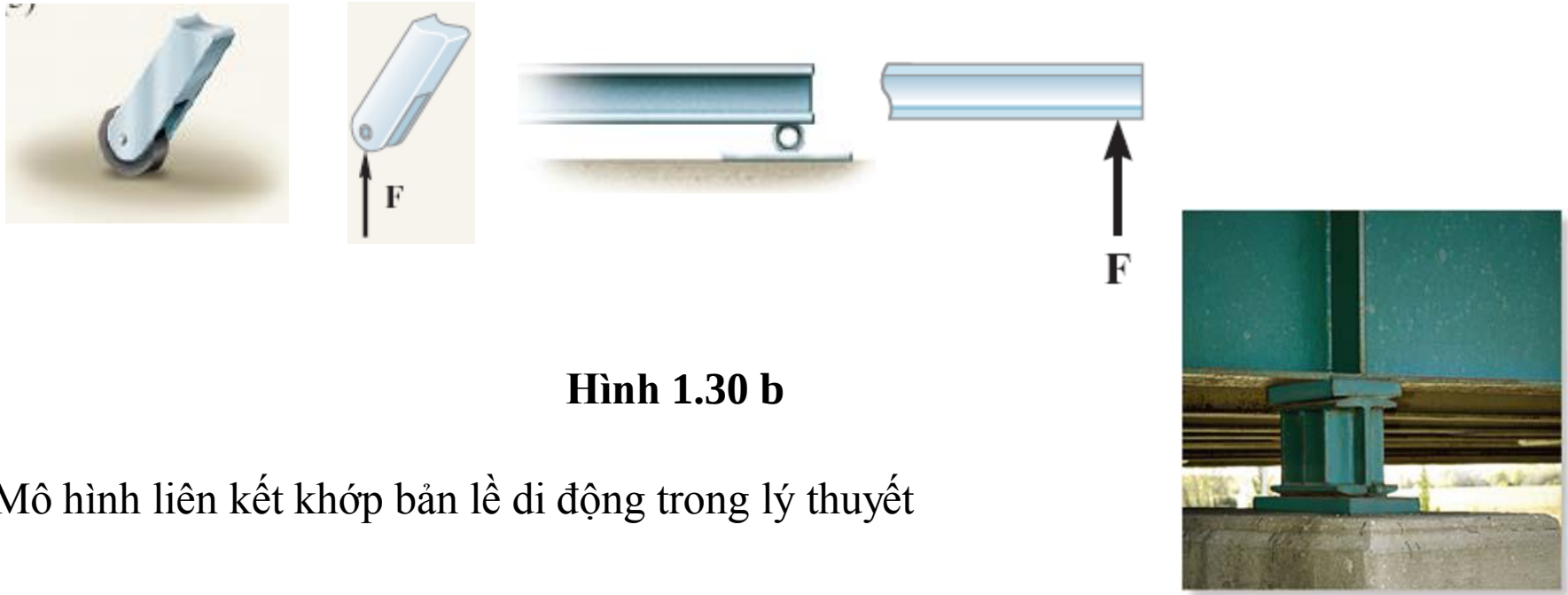
Chiều và độ lớn phản lực chưa biết.



Hình 1.30 a

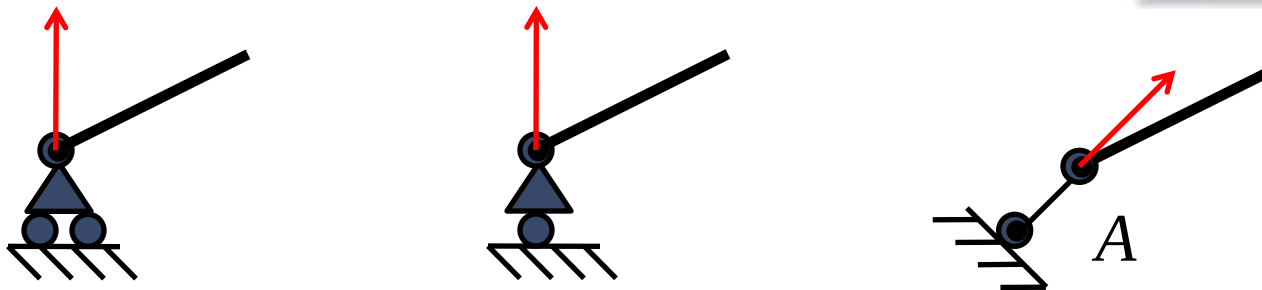
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết



Hình 1.30 b

Mô hình liên kết khớp bản lề di động trong lý thuyết

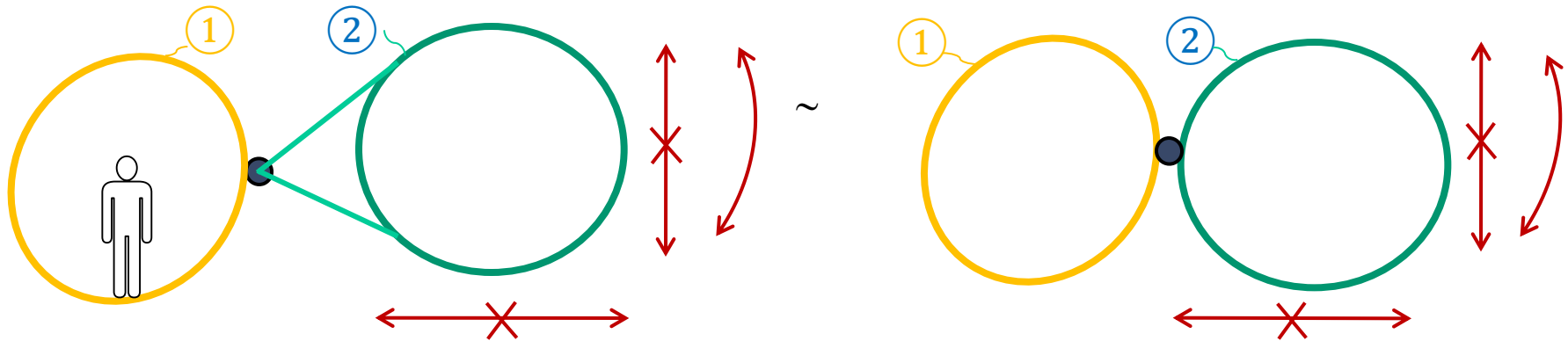


Hình 1.30 c

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.2.5. Khớp bản lề nội (xem hình 1.31)



Hình 1.31-a

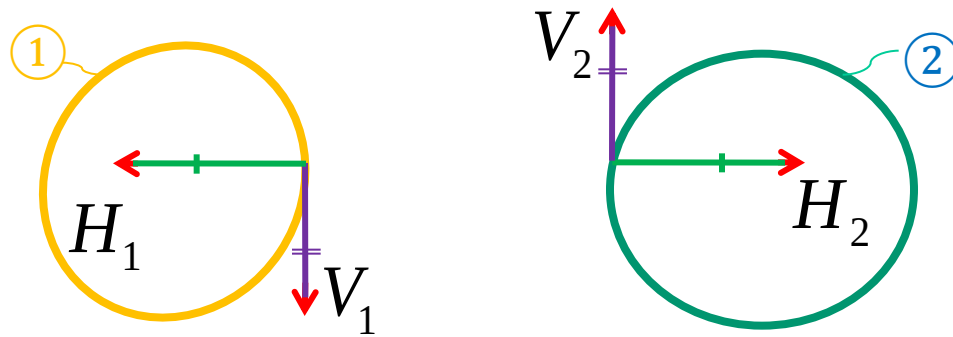
$$R_{\text{bln}}^{\text{b}} = 2$$

⇒ Có 2 phản lực liên kết tác động lên từng vật thỏa tiên đề 4 của tĩnh học.

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

$$\begin{cases} \vec{H}_2 = -\vec{H}_1 \\ \vec{V}_2 = -\vec{V}_1 \end{cases}$$



Hình 1.31-b

Khớp bản lề nội



Hình 1.31-c

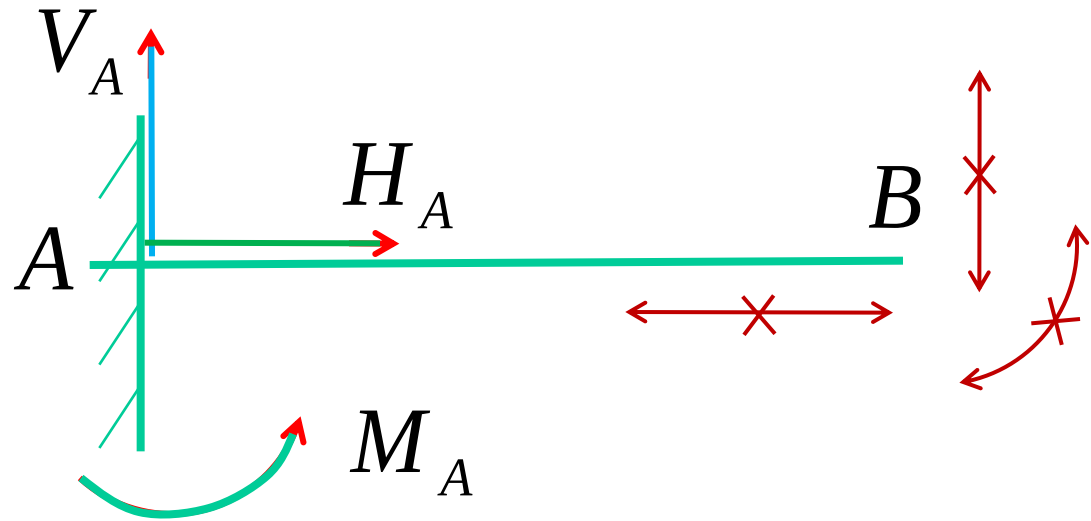
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.2.6. Ngàm phẳng (ngàm hai chiều) (xem hình 1.32).

$$R_{\text{ngàm 2D}} = 3$$

⇒ Có 3 phản lực liên kết.



Hình 1.32

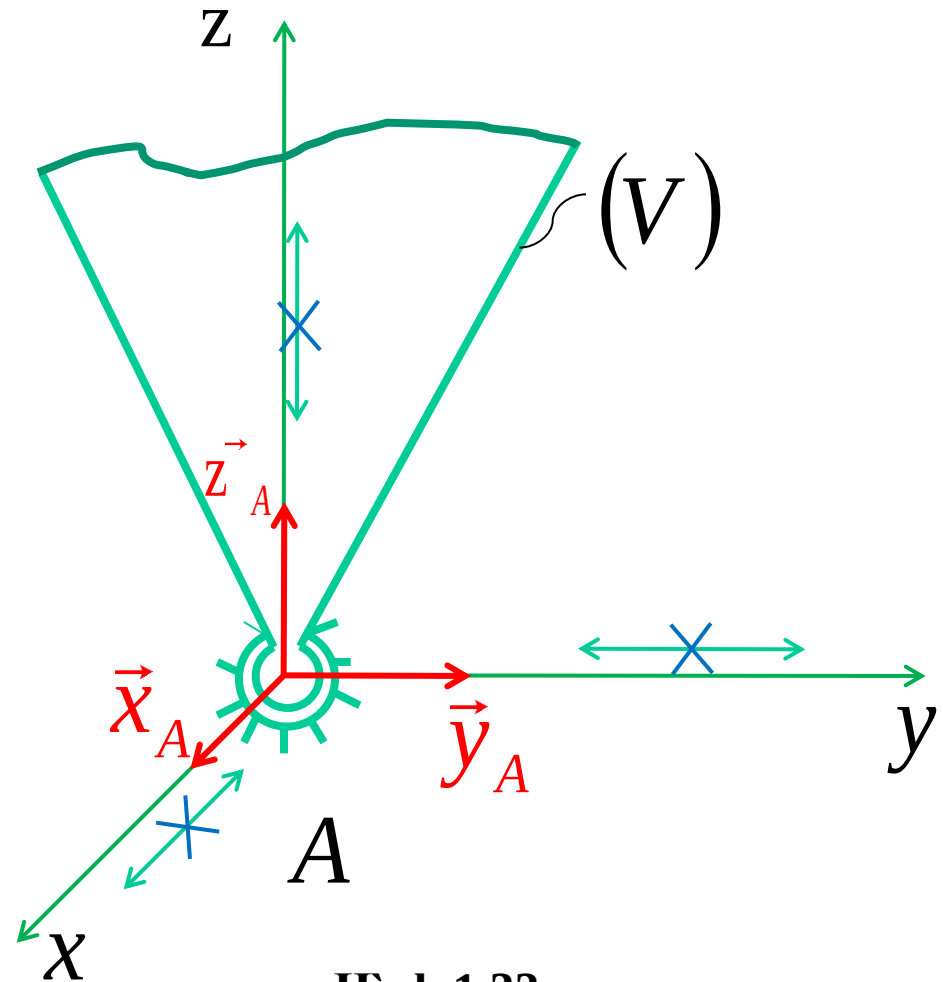
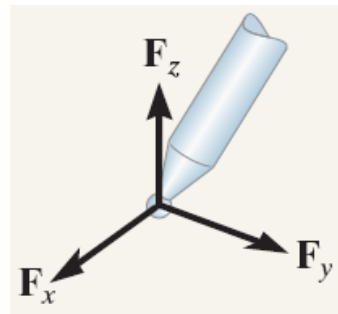
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.2.7. Khớp cầu (xem hình 1.33)

$$R^{\text{cầu}} = 3$$

⇒ Có 3 phản lực liên kết.



Hình 1.33

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

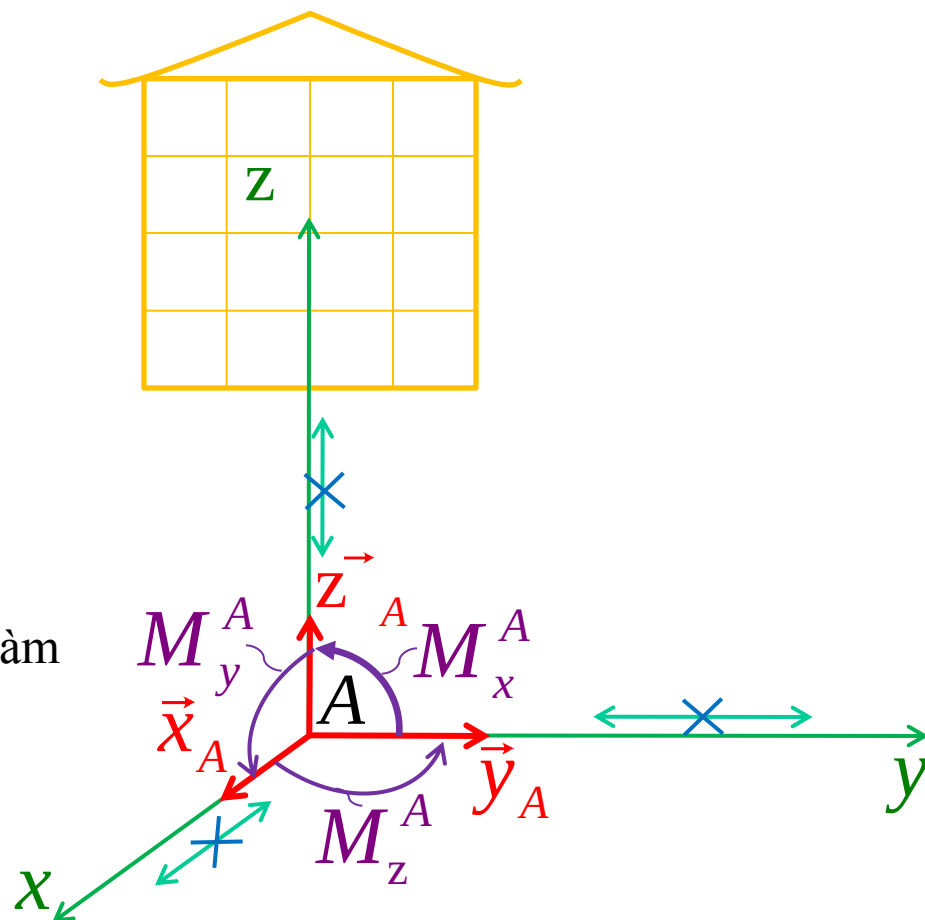
1.4.2.8. Ngàm không gian (ngàm 3 chiều) (xem hình 1.34)

$$R_{\text{ngàm3D}} = 6$$

⇒ Có 6 phản lực liên kết.



Ngàm



Hình 1.34

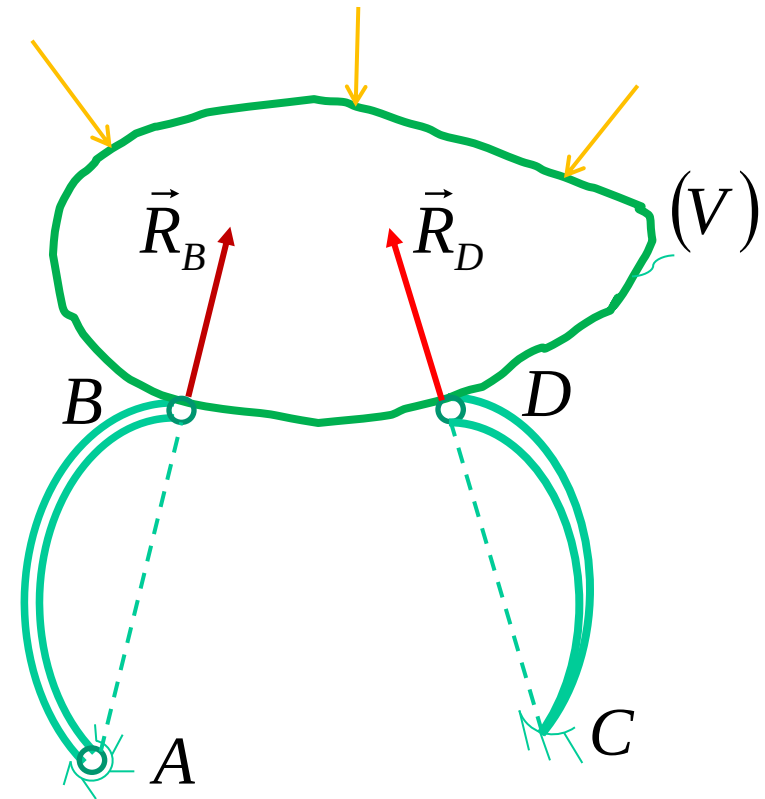
Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

1.4.2.9. Liên kết thanh

Khảo sát thanh thẳng hoặc cong thỏa đồng thời ba điều kiện sau: (hình 1.35)

- * Có trọng lượng rất bé nên có thể bỏ qua được.
- * Có hai liên kết ở hai đầu cuối của mỗi thanh thuộc ba loại liên kết sau đây: khớp cầu, khớp bản lề, tựa nhẵn.
- * Các thanh không chịu tác động của lực hoặc moment ở giữa thanh.



Hình 1.35 a

Các khái niệm cơ bản – hệ tiên đề tĩnh học

1.4. Liên kết và phản lực liên kết

- † Nếu những thanh thỏa mãn đồng thời các điều kiện như trên được dùng làm các liên kết cho vật rắn thì chúng sẽ được gọi là các liên kết thanh. Mỗi liên kết thanh sẽ có một ràng buộc và sinh ra một phản lực tác động lên vật. Phản lực của liên kết thanh luôn có tính chất nằm trên một đường thẳng nối liền hai đầu có liên kết thanh.

