

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦ DẦU MỘT  
KHOA XÂY DỰNG

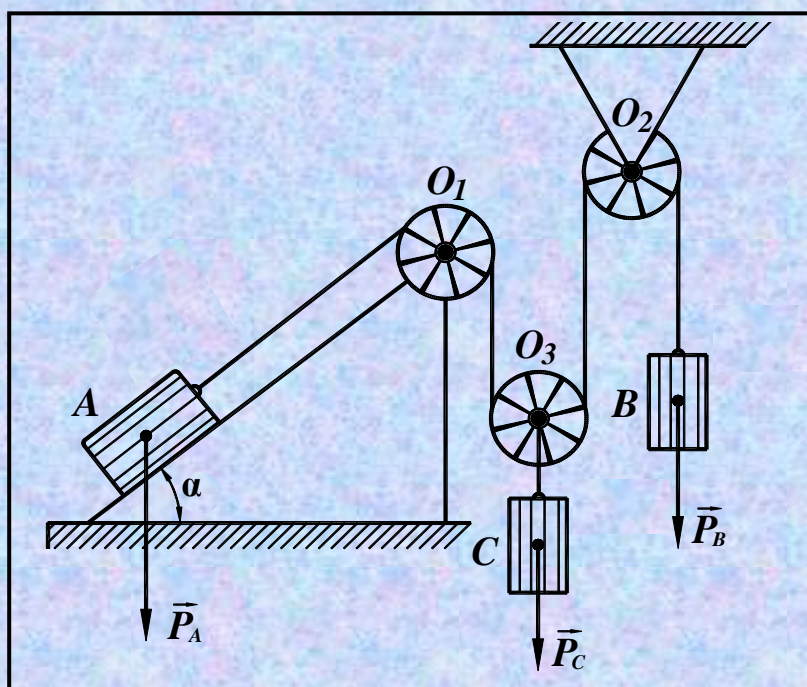
\* \*

\*

ThS. NGÔ BẢO

# CƠ HỌC LÝ THUYẾT

(Dành cho sinh viên các ngành kỹ thuật)



☞ LÝ THUYẾT CHÍNH

☞ BÀI TẬP VÍ DỤ

☞ BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI VÀ ĐÁP SỐ

☞ CÁC ĐỀ KIỂM TRA VÀ THI THAM KHẢO

## **LỜI NÓI ĐẦU**

*Cơ học lý thuyết là môn khoa học cơ sở cho các ngành kỹ thuật ứng dụng. Môn học này nghiên cứu sự cân bằng, chuyển động và tương tác lực của vật thể trong đời sống và trong kỹ thuật.*

*Để có kiến thức cần thiết khi học các môn tiếp theo như Sức bền vật liệu, Cơ học kết cấu, Đàn hồi ứng dụng,... sinh viên cần phải nắm vững môn Cơ học lý thuyết.*

*Nội dung môn Cơ học lý thuyết gồm 3 phần: Tĩnh học, động học và động lực học. Các phần này được tác giả trình bày trong 11 chương. Mỗi chương đều gồm: tóm tắt lý thuyết, ví dụ minh họa và bài tập có đáp số.*

*Cuối sách, tác giả có trích các đề kiểm tra và thi tham khảo, tạo điều kiện cho người học biết trước nội dung chính cần học kỹ để vượt qua các kỳ thi.*

*Tinh thần của quyển sách này là kế thừa kết quả của các tác giả đi trước, không chứng minh lý thuyết dài dòng, chủ yếu tập trung vào áp dụng các công thức và phương pháp để giải bài tập. Đây cũng chính là đáp ứng nhu cầu chung và tâm lý chung của sinh viên.*

*Tác giả đưa ra trung bình khoảng 15 bài tập cơ bản cho mỗi chương. Trong đó có những bài củng cố lại kiến thức cũ đã học ở chương trình Vật lý, tạo đà cho sinh viên học tốt các bài tập cơ học khó.*

*Tác giả đã tham khảo nhiều giáo trình có uy tín hiện nay để biên soạn quyển sách. Tuy nhiên, để hoàn thành nó, tác giả phải vận dụng kiến thức của mình rất nhiều, cố gắng trình bày có tính chuyển tiếp giữa vật lý với cơ học, giữa cấp phổ thông với cấp đại học.*

*Các lý thuyết trong sách này được tác giả trình bày rất ngắn gọn nhưng khá đầy đủ nội dung của môn học Cơ học lý thuyết đang được giảng dạy ở các trường đại học hiện nay. Các bài tập được giải ngắn hơn rất nhiều so với cách giải của các tài liệu khác.*

*Hy vọng, quyển sách này sẽ làm các em sinh viên hài lòng và dùng làm tài liệu học tập, tra cứu hữu ích.*

**Tác giả**

## TÓM TẮT

*Cơ học lý thuyết* là môn học bắt buộc cho sinh viên các ngành kỹ thuật. Tùy đặc thù của từng ngành đào tạo mà người giảng viên cần có biến thể môn học này chút ít để phù hợp với chuyên ngành cũng như trình độ của sinh viên theo học.

Quyển *Cơ học lý thuyết* này bao gồm các phần chính sau đây:

- *Phần 1: Tĩnh học*

Cung cấp cho sinh viên kiến thức về *cân bằng* của hệ cơ học. Trong đó nội dung chính là phân tích các *phản lực liên kết*, lập các phương trình cân bằng tĩnh học, giải các phương trình này để tìm ra các phản lực liên kết. Tính được các phản lực liên kết là bước đầu quan trọng trong tính toán, kiểm tra bền và thiết kế các công trình. Mặt khác, đây cũng là kiến thức tiên quyết cho các môn học sau như *Sức bền vật liệu*, *Cơ học kết cấu*, *Đàn hồi ứng dụng* và *phương pháp phần tử hữu hạn*.

- *Phần 2: Động học*

Cung cấp cho sinh viên kiến thức về các dạng chuyển động của chất điểm, chuyển động của vật rắn, chuyển động phức hợp,... Từ đó giúp sinh viên giải quyết các bài toán *vận tốc*, *gia tốc* trong các cơ cấu nâng, hạ vật liệu, cơ cấu quay, lắc, trượt, các cơ cấu truyền động trong máy xây dựng, ...

- *Phần 3: Động lực học*

Cung cấp cho sinh viên kiến thức về động lực học, trong đó lấy các định luật Newton làm cơ sở. Nếu trong phần Tĩnh học chỉ nghiên cứu về *lực*, trong phần Động học nghiên cứu về *vận tốc*, *gia tốc* thì trong phần Động lực học lại nghiên cứu cả hai vấn đề đó. Vì vậy, ở phần 3 này, sinh viên củng cố lại kiến thức ở các phần 1 và 2. Đồng thời, sinh viên cũng được cung cấp kiến thức về các nguyên lý cơ học như: nguyên lý D'Alembert (D'Alembert), nguyên lý di chuyển khả dĩ và phương trình Lagrang loại 2. Đây là mảng kiến thức quan trọng làm nền tảng cho các môn học sau này.

Cuối sách là các đề kiểm tra và thi tham khảo, giúp học viên có định hướng học đúng phần trọng tâm khi bước vào các kỳ thi.

Mọi đóng góp ý kiến, độc giả liên hệ email: [ngobaobk@gmail.com](mailto:ngobaobk@gmail.com)

Tác giả trân trọng giới thiệu!

Bình Dương, 5/2016

Tác giả

## KÝ HIỆU DÙNG TRONG SÁCH

| STT | Tên gọi                                          | Định nghĩa                                        | Ký hiệu        | Đơn vị            |
|-----|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------|-------------------|
| 1   | Khối lượng                                       | Là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật. | $m$            | $kg$              |
| 2   | Khối lượng riêng                                 | Là khối lượng trên 1 đơn vị thể tích              | $\rho$         | $kg/m^3$          |
| 3   | Thể tích                                         |                                                   | $V$            | $m^3$             |
| 4   | Áp suất                                          | Là lực trên 1 đơn vị diện tích                    | $p$            | $N/m^2; Pa$       |
| 5   | Lực                                              | Là sự tương tác của các vật                       | $F$            | $N, KN$           |
| 6   | Lực ma sát                                       |                                                   | $F_{ms}$       | $N, KN$           |
| 7   | Lực đàn hồi                                      |                                                   | $F_{đh}$       | $N, KN$           |
| 8   | Lực hấp dẫn                                      | Là lực hút giữa các vật                           | $F_{hd}$       | $N, KN$           |
| 9   | Trọng lực                                        | Là lực hút của Trái đất lên vật                   | $P$            | $N, KN$           |
| 10  | Đường kính                                       |                                                   | $d$            | $mm, cm, m$       |
| 11  | Bán kính                                         |                                                   | $R; r$         | $mm, cm, m$       |
| 12  | Diện tích                                        |                                                   | $S$            | $mm^2, cm^2, m^2$ |
| 13  | Công                                             |                                                   | $A$            | $J; kJ$           |
| 14  | Công suất                                        | Là công sinh ra trong 1 s                         | $P$            | $w; kw$           |
| 15  | Hiệu suất                                        |                                                   | $H$            | $\%$              |
| 16  | Vận tốc, tốc độ                                  | Là sự nhanh hay chậm của vật.                     | $v$            | $m/s$             |
| 17  | Gia tốc                                          | Là sự biến thiên vận tốc.                         | $a$            | $m/s^2$           |
| 18  | Gia tốc tiếp tuyến                               |                                                   | $a_t$          | $m/s^2$           |
| 19  | Gia tốc pháp tuyến                               |                                                   | $a_n$          | $m/s^2$           |
| 20  | Gia tốc trọng trường                             |                                                   | $g$            | $m/s^2$           |
| 21  | Vận tốc góc, tốc độ góc                          |                                                   | $\omega$       | $Rad/s$           |
| 22  | Gia tốc góc                                      | Là sự biến thiên vận tốc góc.                     | $\varepsilon$  | $Rad/s^2$         |
| 23  | Véc tơ mô men của lực $\vec{F}$ đối với điểm $O$ |                                                   | $m_o(\vec{F})$ |                   |
| 24  | Mô men của lực $\vec{F}$ đối với điểm $O$        |                                                   | $M_o(\vec{F})$ | $N.m$             |
| 25  | Mô men của lực $\vec{F}$ đối với trục $z$        |                                                   | $M_z(\vec{F})$ | $N.m$             |
| 26  | Mô men ma sát                                    |                                                   | $M_{ms}$       | $N.m$             |
| 27  | Thời gian                                        |                                                   | $t$            | $s$               |
| 28  | Động năng                                        | Năng lượng do vật chuyển động                     | $W_d$          | $J$               |
| 29  | Thế năng                                         | Năng lượng do vật chịu lực thế                    | $W_t$          | $J$               |
| 30  | Cơ năng                                          | Tổng động năng và thế năng                        | $W$            | $J$               |

# PHẦN 1

## TĨNH HỌC

\*

\*

\*

### CHƯƠNG 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN TRONG TĨNH HỌC VẬT RẮN

### MỤC TIÊU

*Sau khi học xong chương này, học viên có khả năng:*

- 1. Trình bày được các khái niệm cơ bản trong tĩnh học vật rắn, như: lực, phản lực liên kết, hệ lực, ngẫu lực, tổng hợp lực, ...*
- 2. Trình bày được các tiên đề của tĩnh học.*
- 3. Vẽ được phản lực liên kết của vài mô hình cơ học thực tế.*
- 4. Tính được các bài toán cơ học cơ bản có liên quan ở các phần trên.*

## **1.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN**

### **1.1.1. Vật rắn tuyệt đối**

*Là vật có hình dạng hình học không đổi khi chịu lực tác dụng. Trên vật rắn tuyệt đối có vô hạn các điểm mà khoảng cách giữa 2 điểm bất kỳ luôn luôn không đổi.*

Thực tế không có vật rắn tuyệt đối, mà chỉ toàn là vật rắn biến dạng khi chịu lực tác dụng. Tuy nhiên, sự biến dạng của chúng quá nhỏ, ảnh hưởng rất ít hoặc không ảnh hưởng đến mục tiêu khảo sát. Vì thế mà *Cơ học lý thuyết* đưa ra khái niệm vật rắn tuyệt đối (gọi tắt là *vật rắn* hoặc tắt nữa là *vật*).

### **1.1.2. Cân bằng**

*Là trạng thái đứng yên của vật rắn so với một hệ quy chiếu cho trước.*

Hệ quy chiếu là vật rắn làm mốc để dễ dàng xác định vị trí của vật rắn nào đó ta đang khảo sát. Một vật có thể đứng yên với hệ quy chiếu này nhưng lại chuyển động đối với hệ quy chiếu khác. Không có cân bằng tuyệt đối.

*Ví dụ:* Hành khách trong xe đang chạy thì đứng yên đối với xe nhưng lại chuyển động đối với mặt đường.

Để tiện nghiên cứu trạng thái cân bằng hay chuyển động của vật, người ta thường gắn hệ quy chiếu vào một hệ trục tọa độ.

### **1.1.3. Lực**

*Là sự tác dụng qua lại giữa các vật, kết quả gây ra sự thay đổi trạng thái hay sự chuyển động của vật.*

Ví dụ: Búa đập vào đinh, đầu tàu kéo đoàn tàu, ...

Lực có 3 yếu tố:

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

Đơn vị của lực là  $N$  (Newton). Các bội số của  $N$  là:

$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$ ;  $1 \text{ MN} = 1000 \text{ 000 N}$

*Lực được biểu diễn bằng 1 véc tơ.*

*Ví dụ:*  $\vec{F}$ ,  $\vec{P}$ , ...

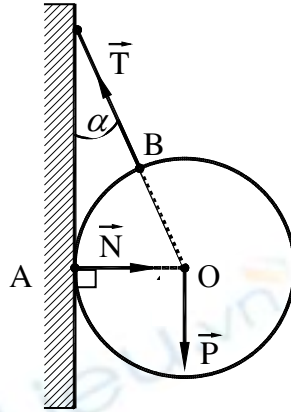
Chiều dài của véc tơ biểu diễn lực gọi là *độ lớn của lực*. Nếu biểu diễn lực mà không có dấu véc tơ trên đầu chữ cái thì phải biểu diễn lực bằng **chữ cái hoa in đậm**. Trong tài liệu này, tác giả biểu diễn lực bằng *véc tơ có dấu mũi tên trên đầu* cho quen thuộc với các giáo trình cấp dưới mà học viên đã biết.



**1.1.4. Hệ lực**

*Là tập hợp các lực cùng tác dụng lên vật.*

*Ví dụ:* Khi treo quả cầu nặng bằng dây vào tường thì các lực tác dụng vào quả cầu như hình 1.1. Lúc này ta có hệ lực  $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{N})$ .



**Hình 1.1.** Hệ lực tác dụng lên quả cầu khi treo nó lên tường

Khi thay hệ lực này bằng hệ lực khác mà trạng thái của vật không đổi thì hai hệ lực đó là *tương đương* nhau.

*Ví dụ:* Ta thay hệ lực  $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{N})$  ở hình 1.1 bằng hệ lực  $(\vec{F}, \vec{Q}, \vec{T}, \vec{R}, \vec{K})$ , khi đó, vật vẫn như trạng thái đầu thì ta nói hệ lực  $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{N})$  tương đương hệ lực  $(\vec{F}, \vec{Q}, \vec{T}, \vec{R}, \vec{K})$ , ta ký hiệu:

$$(\vec{P}, \vec{T}, \vec{N}) \sim (\vec{F}, \vec{Q}, \vec{T}, \vec{R}, \vec{K}).$$

**1.1.5. Hai lực trực đối (Hình 1.2a)**

*Hai lực cùng phương, cùng độ lớn nhưng ngược chiều gọi là hai lực trực đối.*

$$\boxed{\vec{F}_1 \text{ trực đối } \vec{F}_2 \text{ thì } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}} \quad (1.1)$$

*Ví dụ:* Khi vật A va chạm vào vật B thì vật A bị tác dụng bởi lực  $\vec{F}_A$ , vật B bị tác dụng bởi lực  $\vec{F}_B$  thỏa  $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$ .

## 1.2. HỢP LỰC

### 1.2.1. Hợp lực các lực đồng quy cùng phương:

Các lực đồng quy cùng phương là các lực cùng giá (hình 1.2a).

+ Ở hình 1.2b) thì ta có:

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

$$\text{Độ lớn: } R = F_1 - F_2$$

+ Ở hình 1.2c) thì ta có:

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

$$\text{Độ lớn: } R = F_1 + F_2$$

### 1.2.2. Hợp lực các lực đồng quy không cùng phương:

a) *Tìm hợp lực theo quy tắc hình bình hành:*

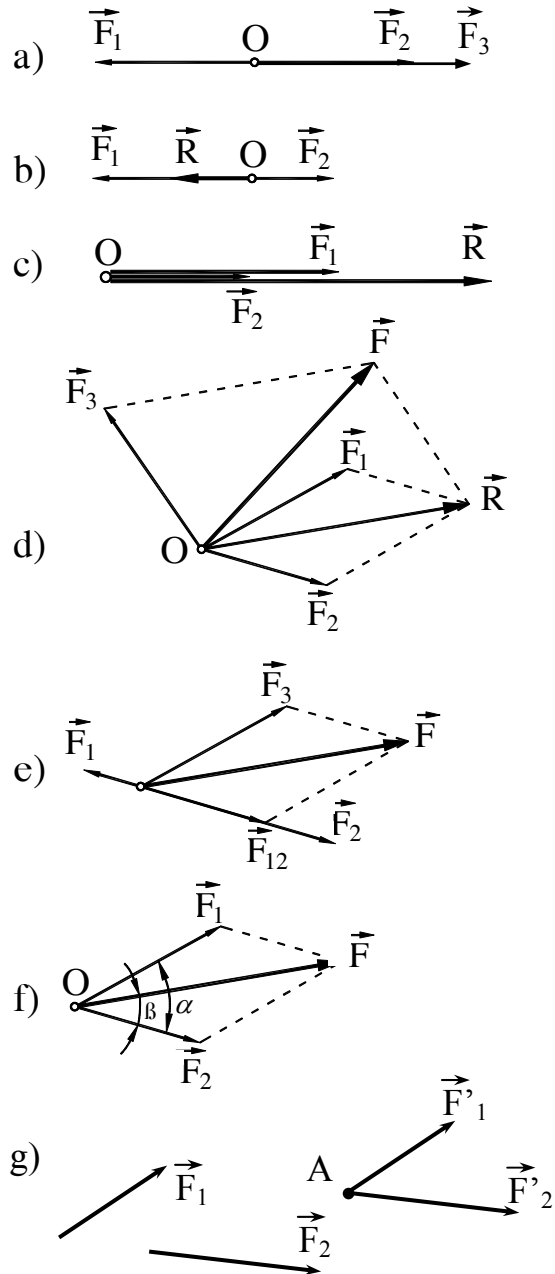
+ Ở hình 1.2d), để thu gọn hệ lực  $(\vec{F}_1; \vec{F}_2; \vec{F}_3)$  thì ta tổng hợp  $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  thành lực  $\vec{R}$ . Sau đó, ta lại tổng hợp lực  $\vec{R}$  và  $\vec{F}_3$  để thành lực cuối cùng là  $\vec{F}$ .

+ Ở hình 1.2e) thì ta tổng hợp  $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  thành lực  $\vec{F}_{12}$ . Sau đó, ta lại tổng hợp lực  $\vec{F}_{12}$  và  $\vec{F}_3$  để thành lực cuối cùng là  $\vec{F}$ .

Trong trường hợp các lực không cùng phương, không cùng điểm đặt (tức chưa đồng quy) thì ta phải dùng phép tịnh tiến để đưa chúng về cùng điểm đặt. Sau đó, dùng quy tắc hình bình hành như các phần trên để tính hợp lực (hình 1.2 g).

Ta cũng có thể tính được độ lớn của lực theo định lý hàm số cos (Hình 1.2f):

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1.F_2.\cos(180^\circ - \alpha)}$$



**Hình 1.2.** Lực và hợp lực



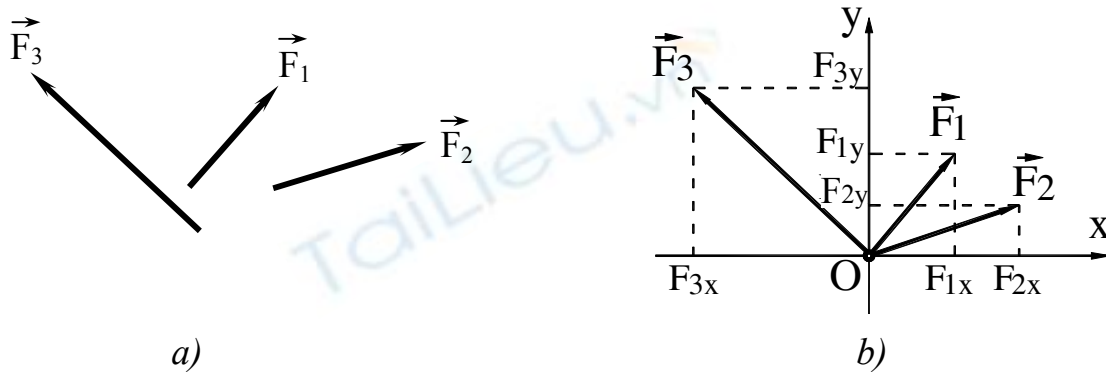
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1.F_2.\cos \alpha} \quad (1.2)$$

$\vec{F}$  tạo với  $\vec{F}_2$  góc  $\beta$  sao cho

$$\cos \beta = \frac{F^2 + F_2^2 - F_1^2}{2.F.F_2} \quad (1.3)$$

**b) Tìm hợp lực bằng phương pháp giải tích (hình 1.3):**

Thực tế, các lực ít khi đồng quy nhau (hình 1.3a). Để thấy rõ các lực đồng quy, ta tịnh tiến các vec tơ lực về cùng gốc và đặt vào gốc đó hệ trục tọa độ Oxy như hình 1.3b.



**Hình 1.3.** Xác định giá trị hợp lực bằng phương pháp giải tích

Ta dùng phương pháp giải tích để tính hợp lực như sau:

Biểu thức vec tơ của lực tổng hợp là:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots \quad (1.4)$$

Khi chiếu các lực lên Ox, Oy thì ta có giá trị hợp lực theo Ox, Oy là:

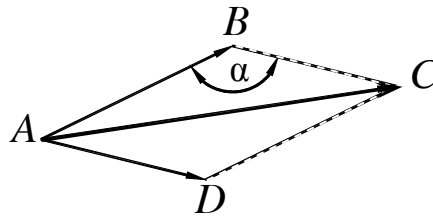
$$\begin{aligned} F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots \\ F_y &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots \end{aligned}$$

Như vậy, giá trị hợp lực là:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (1.5)$$

**Nhắc lại các phép tính về vec tơ (hình 1.4)**

- $\vec{AC} = \vec{AB} + \vec{AD}$  (quy tắc hình bình hành)
- $AC = \sqrt{AB^2 + BC^2 - 2.AB.BC.\cos \alpha}$  (độ dài vec tơ)
- $\vec{AB}.\vec{BC} = AB.BC.\cos \alpha$  (tích vô hướng của 2 vec tơ)



Hình 1.4. Tổng hợp 2 véc tơ

Trong trường hợp hệ lực trong không gian Oxyz, tức là các lực không đồng phẳng, một cách tương tự như trên, công thức (1.5) được mở rộng như sau:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (1.5')$$

### 1.2.3. Hợp lực các lực song song (hình 1.5)

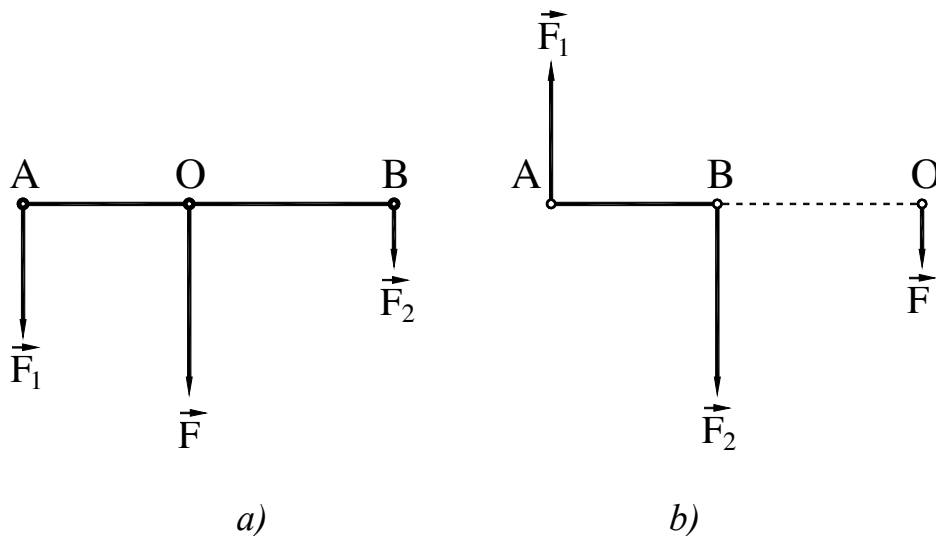
Biểu thức lực tổng hợp:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1.6)$$

a) **Hợp lực của 2 lực song song cùng chiều** (Hình 1.5a) là **1 lực** có:

$$\left\{ \begin{array}{l} + \text{Phương song song với 2 lực; cùng chiều 2 lực.} \\ + \text{Độ lớn bằng tổng độ lớn 2 lực:} \\ \quad \boxed{F = F_1 + F_2} \\ + \text{Điểm đặt tại } O \text{ trên đoạn } AB \text{ sao cho:} \end{array} \right. \quad (1.7)$$

$$\boxed{F_1 \cdot OA = F_2 \cdot OB} \quad (1.8)$$



Hình 1.5. Hợp các lực song song

**b) Hợp lực của 2 lực song song ngược chiều** (Hình 1.5b) là **1 lực** có:

$$\left\{ \begin{array}{l} + \text{Phương song song với 2 lực, chiều cùng chiều lực lớn.} \\ + \text{Độ lớn bằng hiệu trị tuyệt đối độ lớn của 2 lực:} \\ \quad \boxed{F = |F_1 - F_2|} \\ + \text{Điểm đặt tại } O \text{ trên đoạn } AB \text{ và } O \text{ nằm về phía lực lớn sao cho:} \end{array} \right. \quad (1.9)$$

$$\boxed{F_1 \cdot OA = F_2 \cdot OB} \quad (1.10)$$

## 1.3. MÔMEN

### 1.3.1. Khái niệm

Mômen là đại lượng đặc trưng cho tác dụng của lực khi lực đó làm quay vật.

Một cách đầy đủ, độ lớn mômen được định nghĩa là mô đun của véc tơ tích có hướng của lực  $\vec{F}$  với  $\vec{OA}$ :

$$M = \left| \vec{F} \wedge \vec{OA} \right| = F \cdot OA \cdot \sin \alpha = F \cdot d$$

Vậy, Giá trị mômen được đo bằng độ lớn của lực nhân với cánh tay đòn.

$$\boxed{M = F \cdot d} \quad (1.11)$$

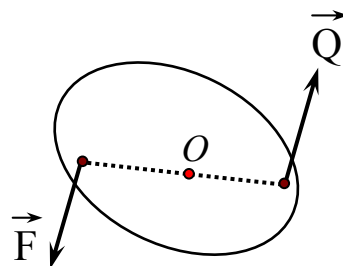
$$\left\{ \begin{array}{l} M: \text{mômen (N.m)} \\ F: \text{Lực (N)} \\ d: \text{Tay đòn (m) - (là khoảng cách từ trục quay đến giá của lực)} \end{array} \right.$$

### 1.3.2. Ngẫu lực

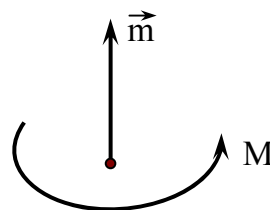
Là hệ 2 lực song song, ngược chiều, không cùng giá và có độ lớn bằng nhau. Ngẫu lực là hệ lực đặc biệt, có tác dụng làm cho vật quay.

**Ví dụ:** Ở hình 1.6,  $(\vec{F}, \vec{Q})$  là hệ ngẫu lực, có tác dụng làm quay vật.

- Tác dụng của ngẫu lực được đặc trưng bằng mômen  $M$  (được biểu diễn bằng mũi tên cong). Mômen  $M$  sinh ra véc tơ



**Hình 1.6.** Ngẫu lực đang tác dụng vào vật



**Hình 1.7.** Xác định chiều của véc tơ mômen  $\vec{m}$

mômen  $\vec{m}$  (được biểu diễn bằng vec tơ) có phương và chiều tạo với  $M$  theo quy tắc “*nắm bàn tay phải*”(hình 1.7):

“*Nắm bàn tay phải sao cho 4 ngón tay khum lại theo chiều  $M$ , ngón cái choãi ra góc  $90^0$  chỉ chiều vec tơ  $\vec{m}$* ”.

Quy tắc nói trên thường áp dụng cho tính toán kết cấu bằng máy tính (đặc biệt dùng nhiều trong phần mềm SAP). Trong cơ học, ta chỉ dùng mômen với ký hiệu là  $M$ .

- Mômen  $M$  có tính chất cộng:

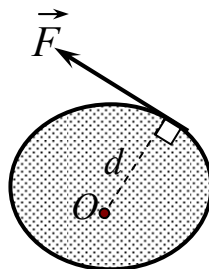
$$M = M_1 + M_2 + M_3 + \dots \quad (1.12)$$

$$\vec{m} = \vec{m}_1 + \vec{m}_2 + \vec{m}_3 + \dots \quad (1.13)$$

**Quy ước:** Mômen  $M$  (ngẫu lực) làm cho vật quay ngược chiều kim đồng hồ thì có giá trị dương, ngược lại thì mômen  $M$  có giá trị âm.

Quy ước trên nếu áp dụng vào vật đang cân bằng thì phát biểu quen thuộc như sau: “*Tổng mômen làm vật quay theo chiều này bằng tổng mômen làm vật quay theo chiều ngược lại*”.

### 1.3.3. Mômen của 1 lực đối với 1 điểm



**Hình 1.8.** Mômen của lực  $\vec{F}$  đối với điểm  $O$

Ta ký hiệu  $M_0(\vec{F})$  là mômen của lực  $\vec{F}$  đối với điểm  $O$ .

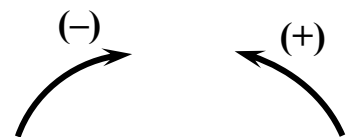
Công thức:

$$M_0(\vec{F}) = \pm F.d \quad (1.14)$$

$F$ : Lực (N)

$d$ : Cánh tay đòn (m)

$M_0(\vec{F})$ : Mômen của lực  $\vec{F}$  đối với điểm  $O$  (N.m).



**Chú ý:** Nếu lực  $\vec{F}$  làm cho cánh tay đòn  $d$  quay ngược chiều kim đồng hồ (chiều dương lượng giác) thì  $M_0(\vec{F})$  lấy (+); ngược lại thì lấy (-).

Trong trường hợp hình 1.8 thì:

$$\boxed{M_o(\vec{F}) = F \cdot d} \quad (1.15)$$

Các giáo trình khác ký hiệu mômen của lực  $\vec{F}$  đối với điểm O là  $\vec{M}_o(\vec{F})$  hoặc  $\vec{m}_o(\vec{F})$  hoặc  $\vec{m}_o(\vec{F})$ , ... Trong sách này, tác giả dùng ký hiệu là  $M_o(\vec{F})$ . Tất cả cũng chỉ là ký hiệu, chúng ta không nên quá khó chịu, quan trọng là tính đúng chiều và độ lớn.

## 1.4. CÁC TIÊN ĐỀ TÍNH HỌC

**Tiên đề 1:** Điều kiện cần và đủ để một vật rắn nằm cân bằng dưới tác dụng của hai lực là hai lực đó phải cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn (hai lực trực đối).

**Chú ý:** Cần phân biệt khái niệm “hai lực cân bằng” và “hai lực trực đối”. Hai lực cân bằng là hai lực cùng tác dụng vào 1 vật, còn hai lực trực đối thì chưa chắc cùng tác dụng vào 1 vật.

**Tiên đề 2:** Tác dụng của hệ lực không đổi khi ta thêm vào hoặc bớt đi hai lực cân bằng.

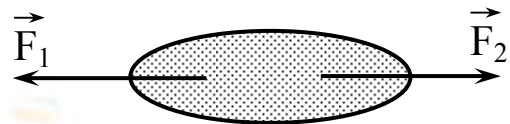
**Hệ quả:** Sự trượt lực

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

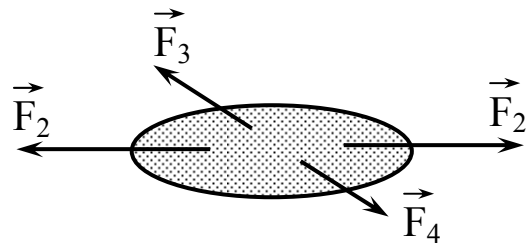
**Ví dụ:** Ta có thể trượt lực  $\vec{T}'$  có điểm đặt tại B về lực  $\vec{T}$  có điểm đặt tại O; ta có thể trượt lực  $\vec{N}'$  có điểm đặt tại A về lực  $\vec{N}$  có điểm đặt tại O.

Mục đích của hệ quả trên nhằm giúp ta đưa các lực cho chúng đồng quy và từ đó tính toán sẽ dễ dàng hơn.

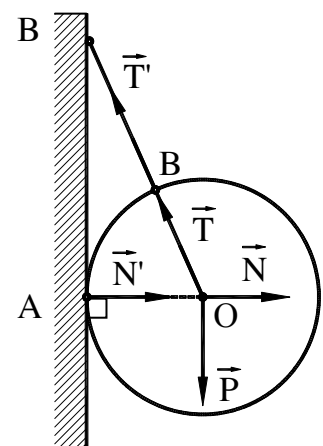
**Tiên đề 3:** Hai lực đồng quy có hợp lực là đường chéo của hình bình hành với hai cạnh là hai lực đó (quy tắc hình bình hành).



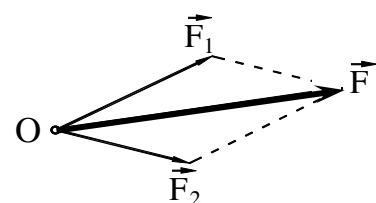
**Hình 1.9.** Hai lực cân bằng



**Hình 1.10.** Thêm hai lực cân bằng

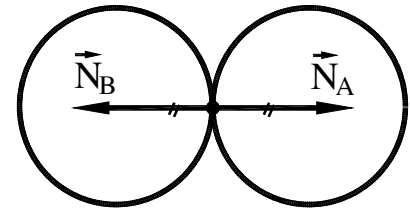


**Hình 1.11.** Trượt lực



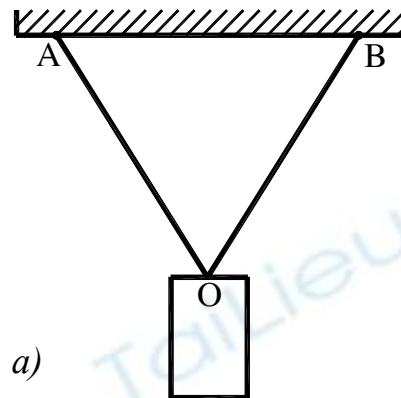
**Hình 1.12.** Quy tắc hình bình hành

**Tiên đề 4:** Lực tác dụng và phản lực liên kết giữa hai vật có cùng độ lớn, cùng phương và ngược chiều nhau. Tuy nhiên, chúng không phải là hai lực cân bằng vì chúng không đặt vào cùng một vật (chúng là 2 lực trực đối).

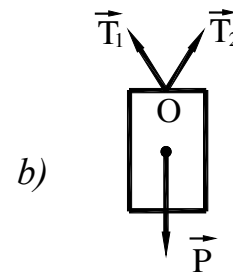


**Hình 1.13.** Lực và phản lực liên kết

**Tiên đề 5:** Vật chịu liên kết đang cân bằng, khi giải phóng liên kết và thay bằng các phản lực liên kết thích hợp thì vật vẫn cân bằng.



a)

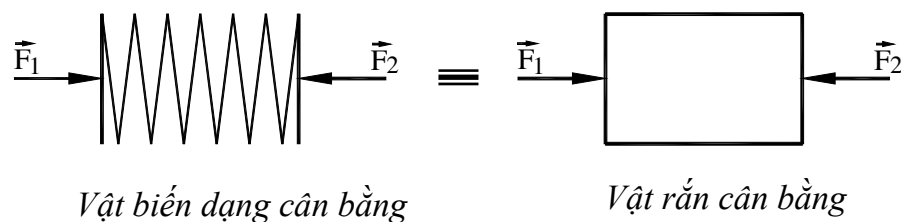


b)

**Hình 1.14.** a) Vật chịu liên kết

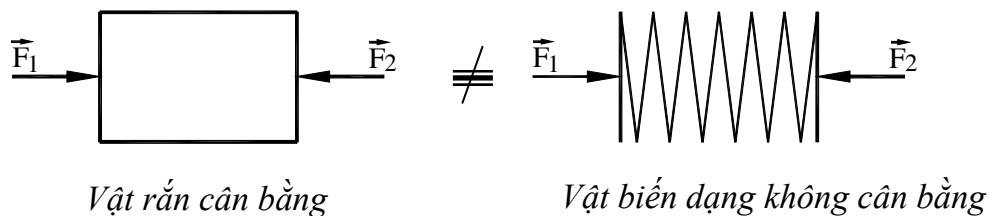
b) Giải phóng liên kết

**Tiên đề 6:** Vật biến dạng đang cân bằng, khi hóa rắn lại vẫn cân bằng, điều ngược lại không đúng.



Vật biến dạng cân bằng

Vật rắn cân bằng



Vật rắn cân bằng

Vật biến dạng không cân bằng

**Hình 1.15.** Hóa rắn và giải phóng hóa rắn

Cơ hệ có liên kết khớp đang cân bằng, ta hóa khớp thành ngàm (liên kết cứng) thì hệ vẫn cân bằng; ngược lại, hệ có liên kết ngàm đang cân bằng, ta hóa ngàm thành khớp thì hệ hết cân bằng (xem phản lực liên kết ở phần tiếp theo sau).

## 1.5. BẬC TỰ DO CỦA VẬT RẮN

**1.5.1. Khái niệm:** *Bậc tự do của vật rắn là số chuyển động độc lập mà vật rắn ấy có thể thực hiện đồng thời trong không gian.*

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

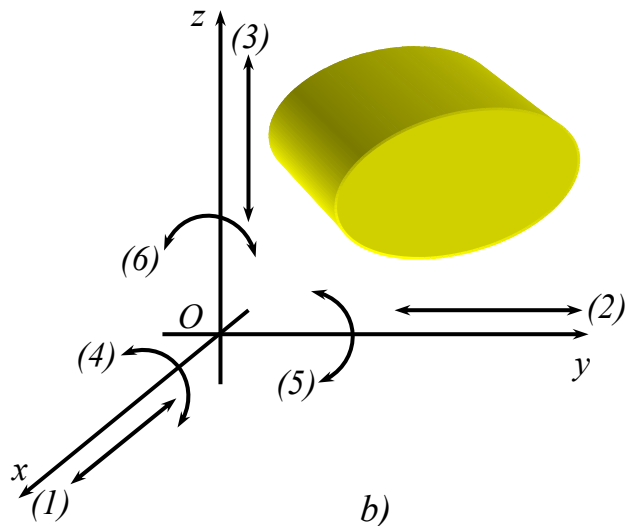
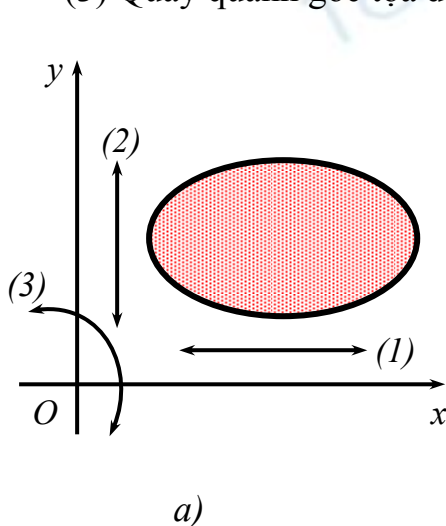
**1.5.2. Vật rắn tự do hoàn toàn:** *Là vật rắn có thể thực hiện được mọi dạng chuyển động trong không gian mà không có bất kỳ cản trở nào.*

Tương tự, ta cũng có: Vật rắn không tự do hoàn toàn là vật rắn không còn chuyển động nào, tức bị cố định. Vật rắn có 1, 2, 3, ... bậc tự do là vật rắn còn 1, 2, 3, ... khả năng chuyển động.

### 1.5.3. Xác định bậc tự do của vật rắn tự do hoàn toàn

- Trong mặt phẳng, vật rắn tự do hoàn toàn thì có tổng cộng 3 bậc tự do (hình 1.16a). Đó là:

- (1) Tịnh tiến dọc Ox
- (2) Tịnh tiến dọc Oy
- (3) Quay quanh gốc tọa độ



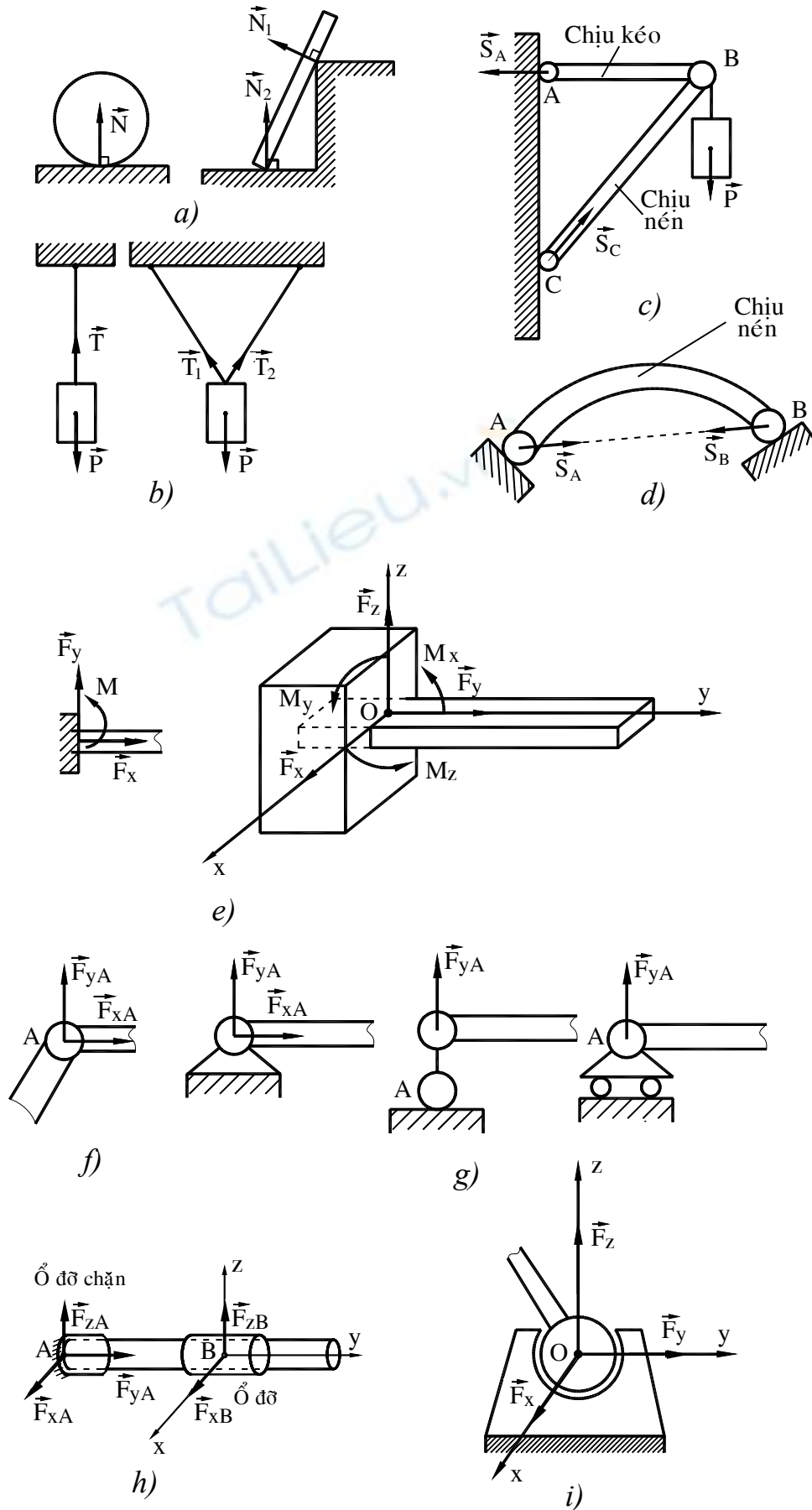
**Hình 1.16.** *Xác định bậc tự do của vật rắn*

- Trong không gian, vật rắn tự do hoàn toàn thì có tổng cộng 6 bậc tự do (hình 1.16b). Đó là:

- (1) Tịnh tiến dọc Ox
- (2) Tịnh tiến dọc Oy
- (3) Tịnh tiến dọc Oz
- (4) Quay quanh Ox
- (5) Quay quanh Oy
- (6) Quay quanh Oz



## 1.6. PHẢN LỰC LIÊN KẾT



Hình 1.17. Các loại liên kết và phản lực liên kết

*Vật khảo sát tác dụng lên vật chịu liên kết một lực thì vật chịu liên kết cũng tác dụng lại vật khảo sát 1 lực, lực này gọi là phản lực liên kết.*

Vật khảo sát là vật chịu lực tác dụng (ví dụ: dầm, xà, dây, ...); vật chịu liên kết là vật gây ra phản lực liên kết (ví dụ: vách tường, mặt đất, mặt sàn, ...).

Ta có các loại liên kết sau đây (hình 1.17):

**1.6.1. Liên kết tựa** (Hình 1. 17a): Hai vật trực tiếp tựa lên nhau, tiếp xúc theo bề mặt, đường hoặc điểm. Phản lực có phương vuông góc với mặt tựa hoặc đường tựa, có chiều cản trở di chuyển của vật.

**1.6.2. Liên kết dây** (Hình 1.17b): Dây ở đây giả sử là mềm, thẳng, không dẫn. Phản lực của vật rắn tác dụng lên dây gọi là sức căng dây, có phương dọc theo dây và có chiều hướng ra xa vật.

**1.6.3. Liên kết thanh** (Hình 1.17c, d): Liên kết loại này thường bỏ qua trọng lượng của thanh. Lúc đó, phản lực có phương dọc theo hai điểm chịu lực của thanh, có chiều hướng ra xa điểm chịu lực nếu thanh chịu nén và chiều ngược lại nếu thanh chịu kéo, ta gọi các phản lực đó là các *ứng lực*.

**1.6.4. Liên kết ngàm** (Hình 1.17e): Ngàm được hiểu là 2 vật được hàn cứng vào nhau. Nếu xét trong mặt phẳng (hệ lực phẳng) thì phản lực liên kết gồm có hai lực vuông góc nhau và một ngẫu lực nằm trong mặt phẳng tạo bởi hai lực đó. Còn trong không gian (hệ lực không gian) thì phản lực liên kết gồm ba lực vuông góc nhau đôi một dọc theo ba trục tọa độ và ba ngẫu lực xoay quanh  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ .

**1.6.5. Liên kết bản lề** (Hình 1.17f): Hai vật có liên kết bản lề với nhau khi chúng có trục hoặc chốt chung, có thể quay tương đối với nhau. Phản lực liên kết có phương không xác định. Thông thường, ta phân tích phản lực liên kết theo hai thành phần vuông góc nhau, dọc theo các trục tọa độ.

**1.6.6. Liên kết gối** (Hình 1.17g): Gồm có gối *cố định* và gối *di động*. Phản lực liên kết của gối di động gồm hai thành phần dọc theo các trục tọa độ và vuông góc nhau; phản lực liên kết của gối cố định chỉ có một lực như là liên kết tựa.

**1.6.7. Liên kết cối** (*ổ đỡ chặn* và *ổ đỡ* - Hình 1. 17h): Phản lực liên kết có phương không xác định. Thông thường, ta phân tích các phản lực này dọc theo các trục tọa độ. Nếu ổ chặn thì có ba phản lực liên kết, còn ổ đỡ thì chỉ có 2 phản lực liên kết.

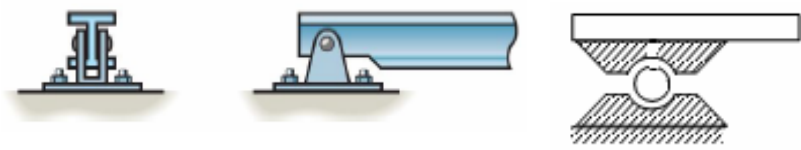
**1.6.8. Liên kết gối cầu** (Hình 1.17i): Gối cầu gồm có một quả cầu gắn trong một lỗ cầu, xoay được tự do trong lỗ đó. Phản lực liên kết có chiều không xác định. Thông thường, ta phân tích các phản lực này dọc theo các trục tọa độ.

**Chú ý:** Các phản lực liên kết thì phải đúng **phương** như ta đã biểu diễn trên nhưng **chiều** thì chưa chắc, mà mới là chiều giả định. Khi tính toán nếu ra kết quả dương (+) thì chiều giả định là đúng; nếu tính toán ra kết quả âm (–) thì chiều đúng phải ngược lại với chiều giả định.

Minh họa các loại liên kết thường gặp trong thực tế:



a) Liên kết tựa



b) Liên kết gối cố định



c) Liên kết gối di động



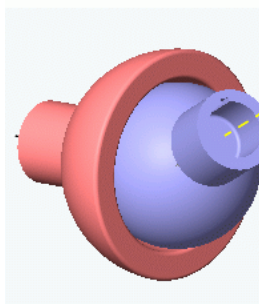
d) Liên kết bản lề



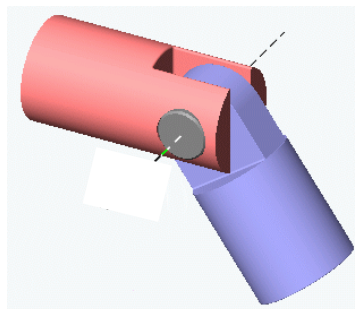
e) Liên kết ngàm



f) Liên kết thanh



g) Khớp cầu

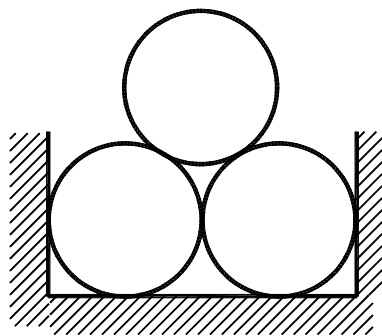


h) Bản lề phẳng và bản lề không gian (khớp Cardan)

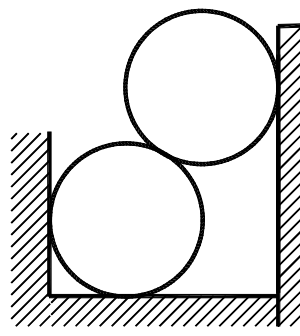
Hình 1.18. Minh họa các loại liên kết trong thực tế

## 1.6. CÁC VÍ DỤ MINH HỌA

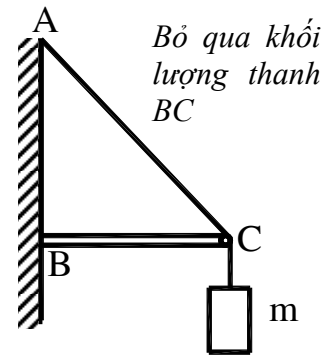
**Ví dụ 1:** Hãy vẽ các phản lực liên kết trong các trường hợp sau:



a) Các khối trụ có trọng lượng  $P$  tựa lên nhau

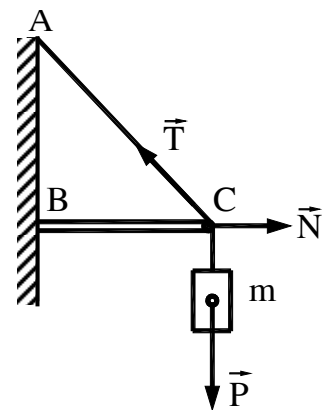
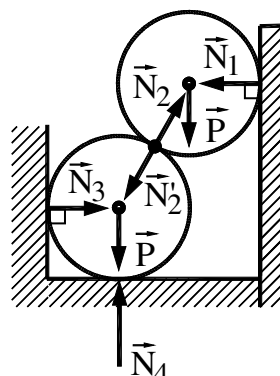
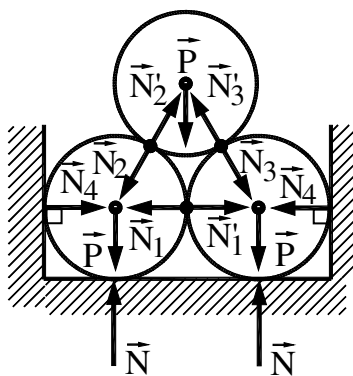


b) Vật bị chống ra xa tường và treo vào dây không dẫn



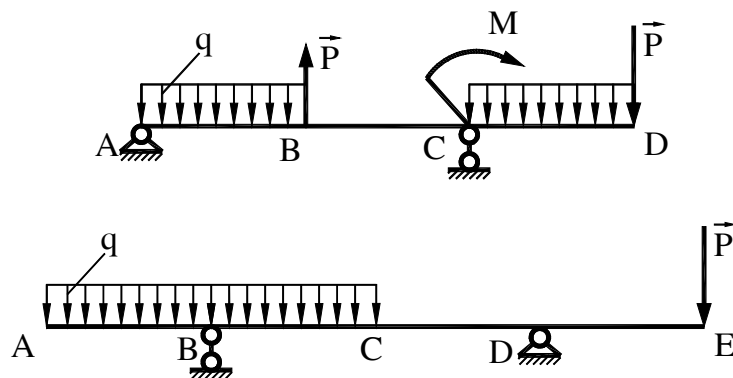
### GIẢI

Áp dụng cách vẽ phản lực liên kết tựa, liên kết thanh và liên kết dây, ta có như sau:



Hình 1.19. Hình ví dụ 1

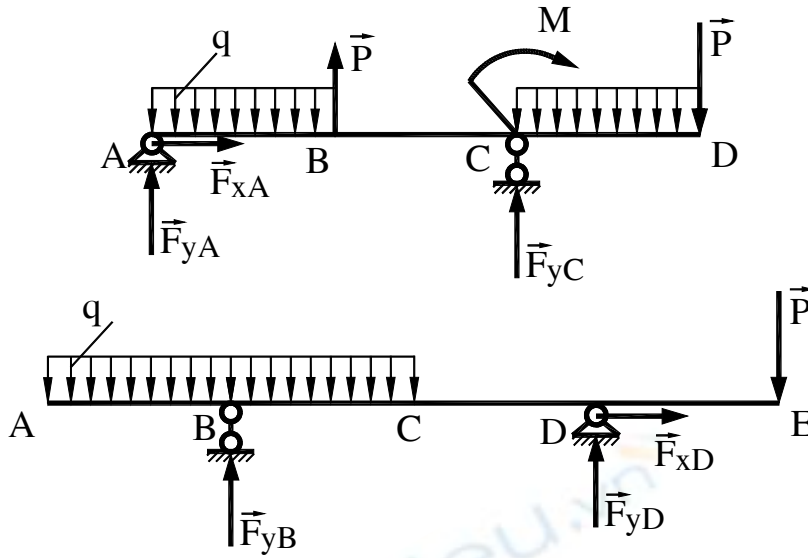
**Ví dụ 2:** Hãy vẽ các phản lực liên kết trong các trường hợp sau:



Hình 1.20. Dầm tựa trên các gối đỡ

## GIẢI

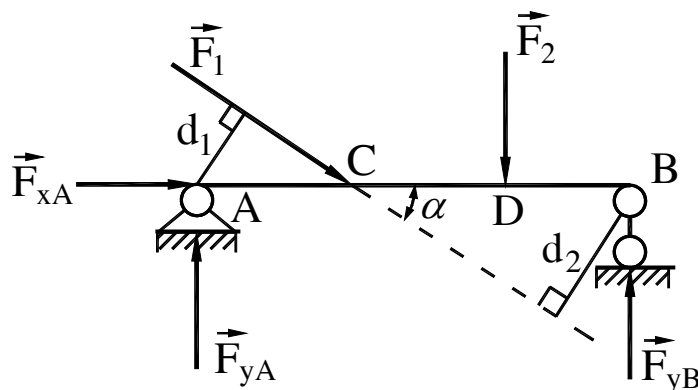
Áp dụng cách vẽ phản lực liên kết gối cố định, gối di động, ta có như sau:



Hình 1.20 (tt)

**Ghi chú:** Ở ví dụ này ta dùng ký hiệu là  $\vec{F}_{xA}$ ;  $\vec{F}_{yA}$  để chỉ lực tác dụng theo phương x, phương y tại A. Chữ **F** là viết tắt của **force**, tức là **lực**. Nếu bạn đọc thấy ký hiệu này là dài, khó nhớ thì có thể dùng ký hiệu khác. Điều này không ảnh hưởng tới bài toán. Ví dụ, ta có thể dùng  $\vec{H}_A$  để chỉ lực ngang tại A (*H* là viết tắt **horizon**, tức là **ngang**), dùng  $\vec{V}_A$  để chỉ lực đứng tại A (*V* là viết tắt của **vertical**, tức là **đứng**).

**Ví dụ 3:** Xét hình 1.21. Hãy tính tổng mômen của các lực quanh A và B?



Hình 1.21. Lực tác dụng lên dầm AB