

Chương 1

Các Khái Niệm Cơ Bản Và Hệ Tiên Đề Tĩnh Học

Nội dung:

- Các mô hình cơ bản và hệ tiên đề.
- Khái niệm về liên kết, phản lực liên kết.
- Các mô hình phản lực liên kết.

§1 Các Khái Niệm Cơ Bản:

1.1. Vật rắn tuyệt đối:

- Không bị biến dạng trong mọi trường hợp chịu lực.
- Chính là vật thể đàn hồi được lý tưởng hóa bỏ qua biến dạng.
- Chất điểm là vật rắn tuyệt đối đặc biệt.

1.2. Trạng thái cân bằng:

Vật rắn được gọi là cân bằng đối với một hệ qui chiếu nếu nó đứng yên hay chuyển động thẳng đều đối với hệ qui chiếu đó.

Hệ qui chiếu là một vật rắn được chọn làm chuẩn để quan sát, đánh giá vị trí của vật khảo sát. Trong bài giảng này, hệ qui chiếu được chọn là hệ qui chiếu quán tính.

1.3. Lực:

- Lực là đại lượng đặc trưng cho tác dụng cơ học của vật thể này lên vật thể khác.
- Đại lượng vector buộc $\vec{F}(F_x, F_y, F_z)$, có : Điểm đặt, phương chiều, độ lớn.
- Lực tập trung là lực biểu diễn cho tương tác cơ học thông qua một vùng rất bé, xem như một điểm.
- Lực phân bố biểu diễn cho tác động cơ học thông qua một miền.

1.4. Hệ lực:

Hệ lực $\varphi (\vec{F}_k) \equiv (\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ là các lực cùng tác động vào một vật khảo sát.

1.5. Hai hệ lực tương đương:

Hệ lực $\varphi (\vec{F}_k)$ tương đương với $\psi (\vec{P}_e)$ (kí hiệu $\varphi (\vec{F}_k) \equiv \psi (\vec{P}_e)$) nếu chúng có cùng tác dụng cơ học.

1.6. Hợp lực của hệ lực:

Hợp lực $\vec{R}$ của hệ lực $\varphi (\vec{F}_k)$ là một lực duy nhất tương đương với hệ lực: $\vec{R} \equiv \varphi (\vec{F}_k)$.

1.7. Hệ lực cân bằng:

Hệ lực $\varphi (\vec{F}_k)$ cân bằng hay còn gọi là tương đương không ($\varphi (\vec{F}_k) \equiv 0$) nếu hệ lực tác dụng vào vật không làm thay đổi trạng thái chuyển động của vật.

1.8. Moment của lực đối với tâm:

Moment của lực $\vec{F}$ đặt tại A đối với tâm O là đại lượng vector đặt tại O:

$$\vec{m}_O(\vec{F}) = \vec{OA} \times \vec{F} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (1.1)$$

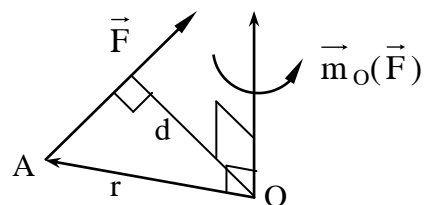
Biểu diễn:

Cho $\vec{r} = \vec{r}(x, y, z)$; $\vec{F} = \vec{F}(X, Y, Z)$.

$$(1.1) \Leftrightarrow \vec{m}_O(\vec{F}) = (Z.y - Y.z) \vec{i} + (X.z - Z.x) \vec{j} + (Y.x - X.y) \vec{k} \quad (1.2)$$

♦ $\vec{m}_O(\vec{F})$ vuông góc với mặt phẳng chứa O và $\vec{F}$, $|\vec{m}_O(\vec{F})| = d.F$

♦ $\vec{m}_O(\vec{F}) = 0$ khi giá của $\vec{F}$ qua O (và tất nhiên cả khi $\vec{F} = 0$).

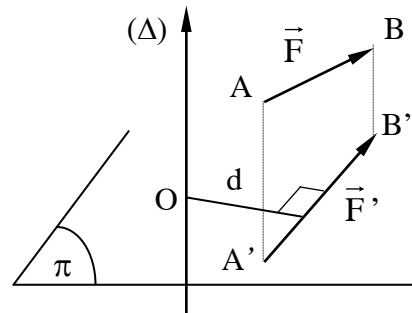


Hình 1.1

1.9. Moment của lực đối với trục (Δ):

$$\text{Moment của lực } \vec{F} \text{ đối với trục } (\Delta) \text{ là lượng đại số: } \vec{m}_\Delta(\vec{F}) = \pm d.F' \quad (1.3)$$

Trong đó $\vec{F}'$ là hình chiếu vuông góc của $\vec{F}$ lên mặt phẳng π vuông góc với trục (Δ) , d là khoảng cách từ (Δ) đến giá của $\vec{F}'$ (cũng chính là khoảng cách giữa Δ và giá của $\vec{F}$). Lấy dấu + nếu $\vec{F}'$ có xu thế quay quanh (Δ) theo chiều ngược kim đồng hồ nhìn từ đỉnh của (Δ) $\curvearrowright$; lấy dấu - nếu chiều ngược lại $\curvearrowleft$.



Hình 1.2

Trong tài liệu này chúng ta qui ước các đại lượng moment qua các chữ in , chữ hoa của $M(M, \mathcal{M})$.

Định lý liên hệ:

Hình chiếu moment của lực $\vec{F}$ đối với tâm $O \in (\Delta)$ lên trục (Δ) bằng moment của $\vec{F}$ với trục (Δ) :

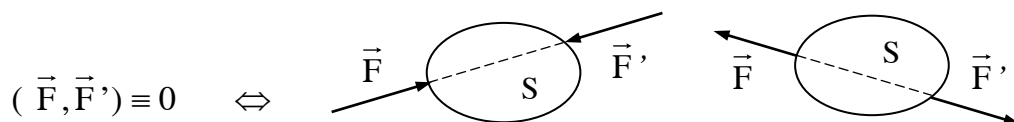
$$hc_{\Delta} [\vec{m}_{O \in \Delta}(\vec{F})] = \overline{m}_{\Delta}(\vec{F}) \quad (1.4)$$

Chứng minh: (Xem SGK)

§2 HỆ TIÊN ĐỀ TĨNH HỌC:

1. Tiên đề 1 (cặp lực cân bằng):

Hệ hai lực cân bằng khi và chỉ khi chúng cùng đường tác dụng, hướng ngược chiều nhau, cùng cường độ.



Hình 1.3

2. Tiên đề 2:

Thêm hay bớt cặp lực cân bằng $(\vec{F}, \vec{F}') \equiv 0$ không làm thay đổi tác dụng của hệ lực.

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

3. Tiên đề hình bình hành lực:

Hai lực cùng đặt tại một điểm tương đương với một lực đặt tại điểm đó được biểu diễn bằng vector đường chéo hình bình hành có hai cạnh là hai lực thành phần.



Hình 1.4

4. Tiên đề lực tương tác:

Lực tác dụng và phản tác dụng giữa hai vật là hai lực lần lượt đặt lên mỗi vật tương tác chúng cùng đường tác dụng, hướng ngược chiều nhau, cùng cường độ.

5. Tiên đề hóa rắn:

Vật biến dạng đang cân bằng hóa rắn lại vẫn cân bằng (điều ngược lại không đúng).

6. Tiên đề giải phóng liên kết:

6.1 Vật không tự do, tự do:

+ Vật không tự do là vật không thể dịch chuyển tùy ý trong lân cận bé từ vị trí đang xét.

+ Vật tự do là vật có thể dịch chuyển tùy ý về mọi hướng trong lân cận bé từ vị trí đang xét.

6.2 Vật chịu liên kết, vật gây liên kết:

Vật khảo sát (S) được qui ước là vật chịu liên kết, các vật thể khác tương tác cơ học với S được gọi là các vật gây liên kết, chúng có vai trò cản trở chuyển động hay xu hướng chuyển động của S làm cho S là vật không tự do.

6.3 Tiên đề giải phóng liên kết:

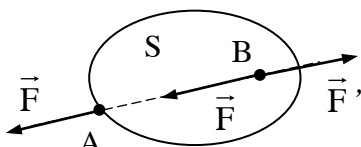
Vật không tự do có thể xem là tự do nếu ta thay thế các vật gây liên kết bằng các phản lực liên kết.

7. Một số hệ quả và mô hình phản lực liên kết:

7.1 Hệ quả trượt lực:

Với vật rắn tuyệt đối lực là đại lượng vector trượt.

Chứng minh:



Hình 1.5

Cho $(\vec{F}_A)$, tại điểm B tùy ý trên giá của $\vec{F}_A$ chúng ta đặt hệ lực cân bằng $(\vec{F}_B, \vec{F}'_B) \equiv 0$ có tính chất $\vec{F}_B$ chính là $\vec{F}_A$ trượt về điểm B.

$$(\vec{F}_A) = (\underbrace{\vec{F}_A, \vec{F}'_B}_{\equiv 0}, \vec{F}_B) \equiv (\vec{F}_B) : \text{điều phải chứng minh.}$$

7.2 Một số mô hình phản lực liên kết thường gặp:

a- Tính chất của phản lực liên kết:

Theo tiên đề 6 phản lực liên kết phải thay thế được vai trò cản trở chuyển động hay xu hướng chuyển động của vật gây liên kết đặt vào vật khảo sát S, do đó chúng phụ thuộc hai yếu tố:

- Khả năng chuyển động của vật khảo sát (do lực hoạt động tác động vào S) được biểu hiện qua cường độ của phản lực (luôn luôn là ẩn số).
- Tính chất cản trở chuyển động hay xu hướng chuyển động của vật gây liên kết (đặt vào vật khảo sát) được biểu hiện qua phương (chiều) của phản lực. Dựa vào các đánh giá này

chúng ta sẽ biểu diễn các thành phần phản lực của một số mô hình liên kết thường gặp trong kỹ thuật.

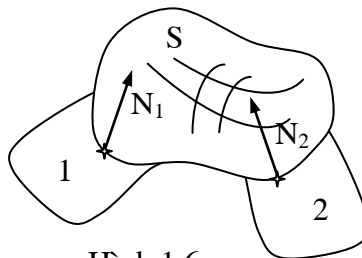
b- Các mô hình phản lực liên kết:

b.1 Phản lực liên kết tựa một chiều (không ma sát):

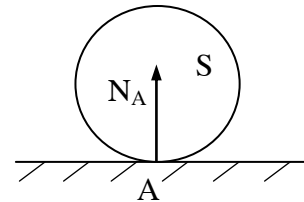
Vật khảo sát tựa trên bề mặt của vật gây liên kết, mặt tựa chỉ có khả năng cản trở chuyển động và xu hướng chuyển động của vật khảo sát theo phương pháp tuyến chung tại điểm tiếp xúc. Phản lực đặt vào vật tại tiếp điểm hướng theo pháp tuyến ngoài của mặt tựa.

$\vec{N}_i$ trong (Hình 1.6a)

$\vec{N}_A$ trong (Hình 1.6b)

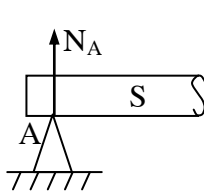


Hình 1.6a

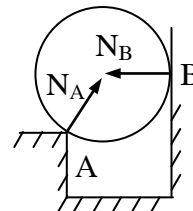
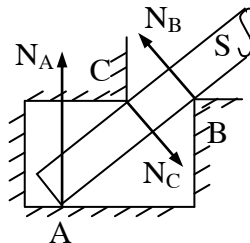


Hình 1.6b

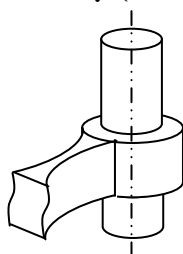
- ♦ Phản lực có phương chiều xác định, cần tìm cường độ.
- ♦ Một số mô hình liên kết tựa trong kỹ thuật:



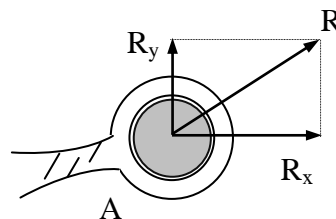
Hình 1.7



b.2 Liên kết bản lề trụ (khớp bản lề):



Hình 1.8

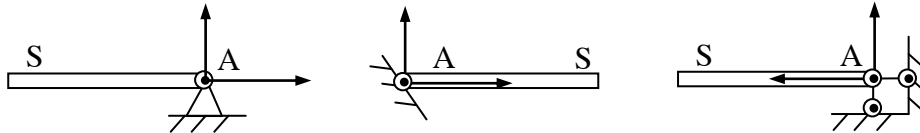


Loại liên kết gồm hai ống trụ lồng vào nhau, vật khảo sát không có xu hướng quay quanh trục vuông góc với trục bản lề. Để đơn giản chúng ta xem mô hình phẳng, hình tròn trong và vòng tròn ngoài tựa lên nhau, không cho đi ra khỏi nhau. Phản lực luôn luôn đi qua

tâm O (chung) nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục bản lề. Chúng ta trượt về O, phản lực được biểu diễn qua hai thành phần vuông góc ($\vec{R}_x$, $\vec{R}_y$).

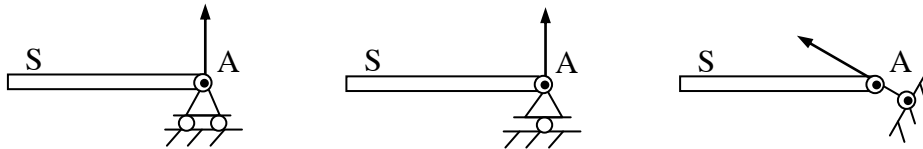
Chiều của chúng được chọn một cách chủ quan, có thể không đúng như thực tế.

- Mô hình kỹ thuật:



Hình 1.9

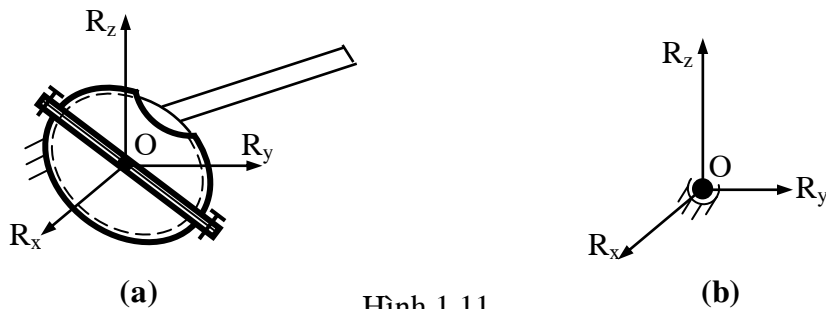
- Mô hình kỹ thuật kết hợp:



Hình 1.10

Phản lực trong mô hình thứ 3 của hình 1.10 là loại tựa hai chiều, chiều phản lực chưa biết cụ thể. Hai mô hình đầu $\Leftrightarrow$ phản lực tựa một chiều.

b.3 Liên kết bản lề cầu (khớp cầu):



Hình 1.11

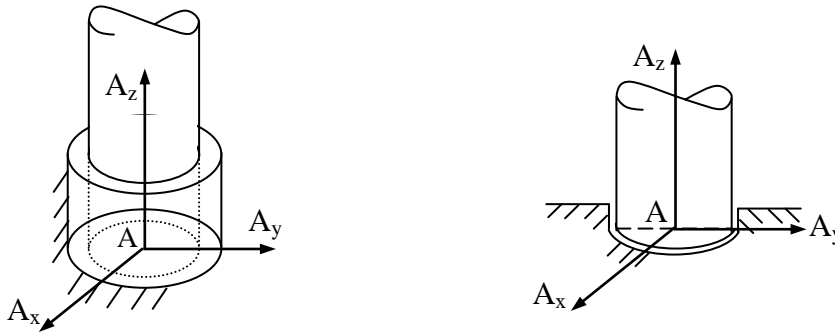
Hai quả cầu lồng vào nhau, có thể quay tương đối với nhau nhưng hai tâm luôn trùng nhau. Do không cản quay quanh bất cứ trục nào nên vector moment phản lực đối với tâm O bằng không, còn vector chính phản lực luôn đi qua tâm O được phân làm 3 thành phần vuông góc $\vec{R}$ (R_x , R_y , R_z). Liên kết đưa vào bài toán 3 ẩn số.

Mô hình trong kỹ thuật (hình 1.11b).

b.4 Liên kết gối đỡ:

Là liên kết kết hợp liên kết tựa và bản lề trụ (hình 1.12).

Phản lực gồm 3 thành phần A_x , A_y , A_z (có một trục là trục bản lề trụ). Liên kết đưa vào bài toán 3 ẩn số.

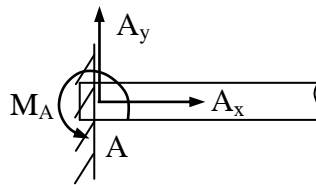


Hình 1.12

b.5 Liên kết ngàm:

Vật khảo sát chịu liên kết ngàm khi bị vật gây liên kết giữ chặt không cho thực hiện bất cứ chuyển động nào. Ví dụ như: cột trụ chôn chặt vào lòng đất, đầu dầm cắm chặt vào tường, hai phần của một vật rắn.

- Ngàm phẳng:

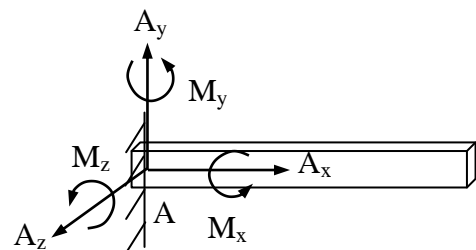


Hình 1.13a

Trường hợp vật khảo sát chỉ có xu thế chuyển động trong mặt phẳng (Oxy). Các thành phần phản lực liên kết phải cản trở các xu hướng chuyển động đồng thời (dịch chuyển theo hai phương x, y quay quanh trục z). Phản lực thu về tâm A gồm 3 thành phần: $\vec{R}_A$ (A_x , A_y), ngẫu $\vec{M}_A$ đều chưa xác định chiều cụ thể.

- Ngàm không gian:

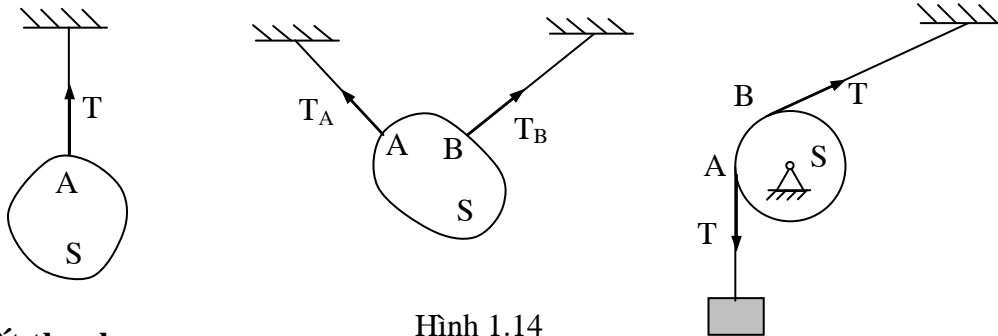
Vật khảo sát có xu thế chuyển động trong không gian, lý luận như trên phản lực thu về A có: $\vec{R}_A$ (A_x , A_y , A_z) và $\vec{M}_A$ (M_x , M_y , M_z) gồm 6 thành phần chưa có chiều cụ thể.



Hình 1.13b

b.6 Liên kết dây:

Dây mềm, căng nên chỉ cản trở xu hướng chuyển động của vật dọc theo dây (làm dây đứt). Phản lực đặt tại điểm dây bắt đầu tiếp xúc với vật khảo sát, có chiều hướng vào vật gây liên kết.

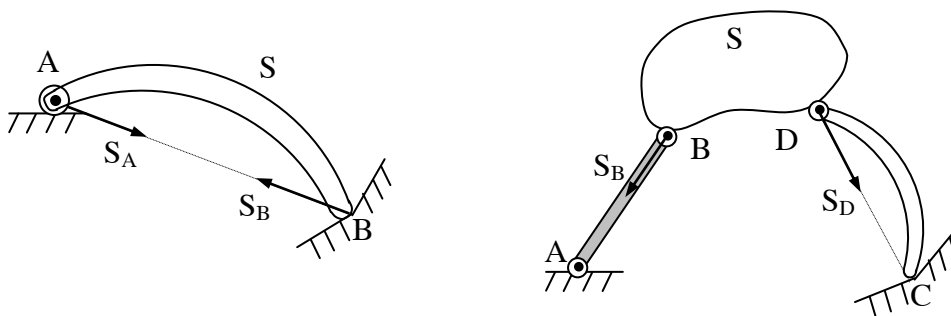


Hình 1.14

b.7 Liên kết thanh:

Vật khảo sát chỉ có hai liên kết mềm (tựa, bản lề), không chịu lực tác động với giá không đi qua 2 điểm liên kết này được gọi là liên kết thanh.

Phản lực liên kết là 2 lực cùng cường độ, ngược chiều đặt tại các điểm liên kết nằm trên giá chứa hai điểm liên kết.



Hình 1.15