

TS VŨ QUÝ ĐẠC

CƠ ỨNG DỤNG

PHẦN TÓM TẮT LÝ THUYẾT BÀI TẬP MINH HOẠ VÀ BÀI TẬP CHO ĐÁP SỐ

(In lần thứ nhất)

*Sách dùng cho sinh viên các trường Đại học Kỹ thuật không chuyên
cơ khí và các trường đại học Sư phạm Kỹ thuật.*

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2007

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình Cơ học ứng dụng là đầu sách được viết nằm trong bộ giáo trình giảng dạy môn Cơ học ứng dụng. Trên cơ sở nội dung của giáo trình Cơ học ứng dụng tập một và tập hai của nhóm tác giả GS Nguyễn Xuân Lạc và PGS Đỗ Như Lân- cán bộ giảng dạy Đại học Bách khoa Hà Nội, phát triển tiếp nội dung theo hướng khái quát những vấn đề lý thuyết cần chú ý của từng chương, minh họa bằng những bài giải sẵn và cho bài tập có đáp số để người học tự kiểm tra kiến thức, phù hợp với phương thức đào tạo theo học chế tín chỉ.

Ngoài mục đích làm giáo trình giảng dạy trong các trường đại học đại học cho các ngành không chuyên cơ khí, sách này cũng có thể là tài liệu tham khảo cho các khoa sư phạm kỹ thuật của các trường đại học sư phạm, đại học kỹ thuật.

Sách được viết dựa trên các giáo trình cơ học ứng dụng của các tác giả là giảng viên của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, với cách tiếp cận trực tiếp và kinh nghiệm sau nhiều năm giảng dạy của tác giả. Trong khi biên soạn tác giả luôn nhận được ý kiến góp ý của Bộ môn Cơ sở thiết kế máy, đặc biệt được Nhà giáo Nhân dân GS, TS Nguyễn Xuân Lạc, Đại học Bách khoa Hà Nội và PGS, TS Phan Quang Thế - Trưởng Bộ môn Cơ sở thiết kế máy Trường Đại học kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên rất quan tâm góp ý và hiệu đính cho cuốn sách.

Trong lần xuất bản thứ nhất, chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót về nội dung và hình thức trình bày. Tác giả chân thành mong nhận được sự phê bình góp ý của các bạn đồng nghiệp và các quý vị độc giả.

Ý kiến góp ý xin gửi về :

Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 70 Trần Hưng Đạo Hà Nội.

TÁC GIẢ

Học phần I: CƠ HỌC VẬT RẮN TUYỆT ĐỐI

Chương 1

CÂN BẰNG CỦA HỆ LỰC PHẪNG

Trong chương này lần lượt giải bài toán cân bằng trong các trường hợp:

- Bài toán một vật không có ma sát;
- Bài toán hệ vật không có ma sát;
- Bài toán có ma sát.

1.1. BÀI TOÁN MỘT VẬT KHÔNG CÓ MA SÁT

Vấn đề cần lưu ý:

I. Lực hoạt động và phản lực liên kết

- Lực hoạt động có quy luật xác định, hoặc tập trung hoặc phân bố. Hệ lực phân bố thường được thay bằng lực tập trung Q đi qua trọng tâm của biểu đồ phân bố: Hệ lực phân bố hình chữ nhật (hình 1.1a)

$$Q = ql$$

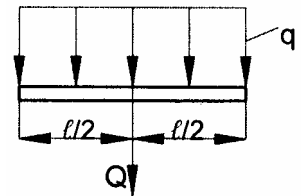
q - cường độ lực phân bố (N/m)

l độ dài của biểu đồ phân bố (m). Phản lực liên kết do vật gây liên kết đặt vào vật khảo sát.

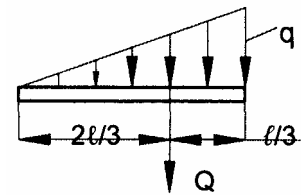
Phản lực liên kết phụ thuộc vào dạng của liên kết.

a. Liên kết tựa

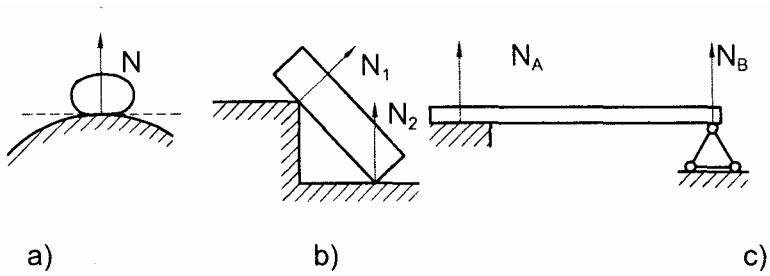
Vật khảo sát tựa vào vật gây liên kết tại một mặt, một điểm hay con lăn (hình 1.2)



a)



b) Hình 1.1



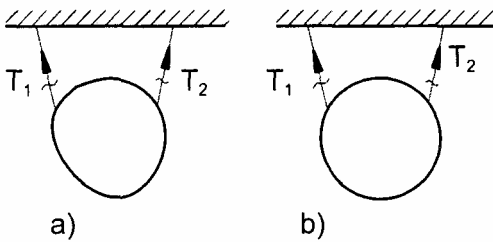
Hình 1.2

Phản lực pháp tuyến \vec{N} hướng từ vật gây liên kết vào vật khảo

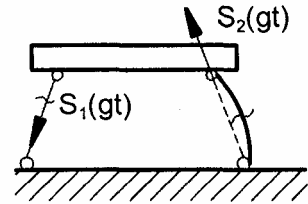
b. Liên kết dây

Vật khảo sát nối với vật gây liên kết bởi dây, đai, xích (hình 1.3).

Ta tưởng tượng khi cắt dây, sức căng \vec{T} nằm dọc dây và làm căng đoạn dây nối với vật khảo sát.



Hình 1.3



Hình 1.4

c. Liên kết thanh

Vật khảo sát nối với vật gây liên kết bởi những thanh (thẳng hay cong) thoả mãn điều kiện:

- Trọng lượng thanh không đáng kể.
- Không có lực tác dụng trên thanh.
- Thanh chịu liên kết hai đầu. Với ba điều kiện đó thanh chỉ chịu kéo hoặc nén (hình 1.4)

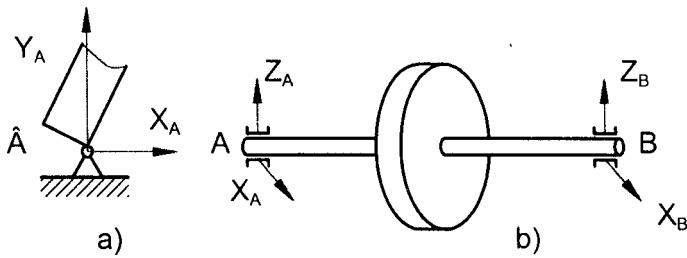
Tưởng tượng cắt thanh, lực kéo (nén) \vec{S} nằm dọc theo đường thẳng

nối hai đầu thanh, chiều của \vec{S} được giả thiết nếu tính ra $S > 0$ thì chiều giả thiết là đúng, $S < 0$ thì chiều giả thiết sai.

d. Liên kết bản lề, ổ trục

Vật khảo sát nối với vật gây liên kết bởi bản lề hoặc ổ trục.

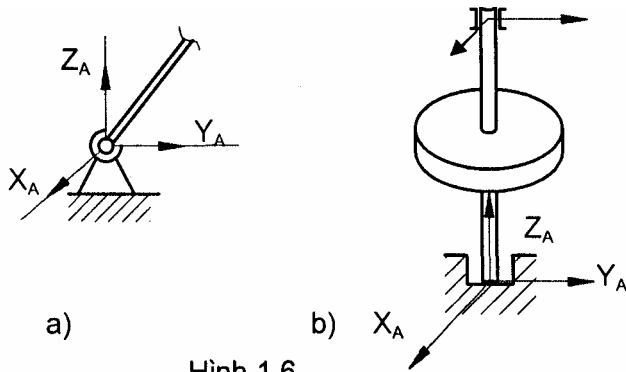
Phản lực liên kết gồm hai lực vuông góc trong mặt phẳng vuông góc với trục, chiều của hai lực được giả thiết. Nếu tính được thành phần lực nào đó là dương thì thành phần đó đã được giả thiết đúng. Thí dụ, tính được $X_A > 0$; $Y_A < 0$ thì \vec{X}_A giả thiết đúng, \vec{Y}_A giả thiết sai (hình 1.5).



Hình 1.5

e. Liên kết bản lề cầu, ổ chặn (cốt)

Vật khảo sát liên kết với vật gây liên kết bởi bản lề cầu A như ở (hình 1.6a) hoặc ổ chặn (cốt) A (hình 1.6b)



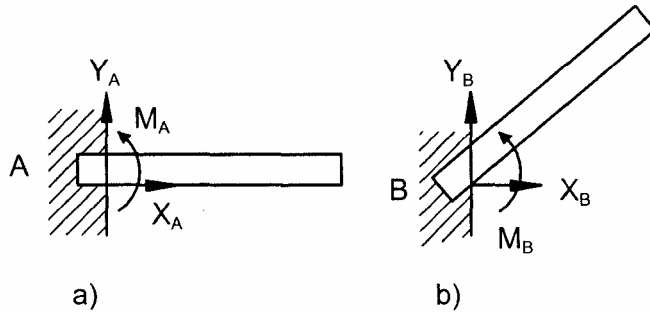
Hình 1.6

Phản lực liên kết gồm ba phần lực tương ứng vuông góc, chiều giả thiết \vec{X}_A ; \vec{Y}_A ; \vec{Z}_A

Chú ý: Nếu các lực hoạt động nằm trong một mặt phẳng thì các phản

lực liên kết cũng chỉ có các thành phần nằm trong mặt phẳng đó.

f. *Liên kết ngàm*: Vật khảo sát liên kết với cột gây liên kết bó cứng (gắn cứng) (hình 1.7)

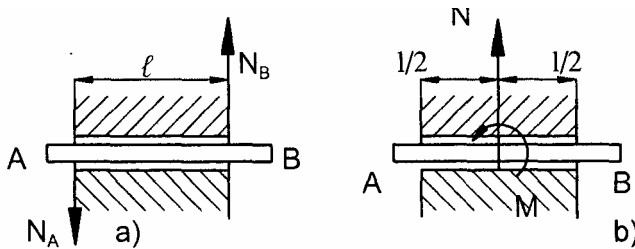


Hình 1.7

Phản lực liên kết gồm hai thành phần lực vuông góc, chiều được giả thiết và một ngẫu lực có momen M , chiều được giả thiết.

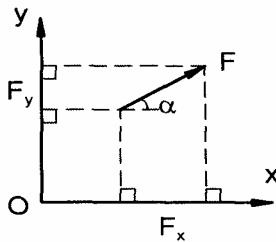
g. *Liên kết rãnh trượt*.

Khi rãnh trượt có độ dài l , ta có thể coi là liên kết tựa tại hai điểm hoặc liên kết nhàm có một lực \vec{N} và một ngẫu lực M (hình 1.8)

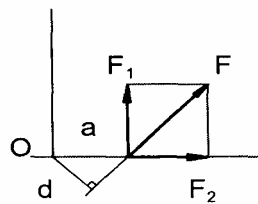


Hình 1.8

II. Chiều lực lên hai trục. Mômen của lực đối với một điểm



Hình 1.9



Hình 1.10

Công thức chiếu lực lên hai trục vuông góc (hình 1.9)

$$F_x = \pm F \cos \alpha$$

$$F_y = \pm F \sin \alpha$$

Nếu $\vec{F} \perp Ox$, hình chiếu $F_x = 0$

Nếu $\vec{F} // OX$, hình chiếu $F_x = \pm F$

(lấy dấu (+) hoặc (-) tùy thuộc vào \vec{F} thuận hoặc ngược chiều trục)

Lấy momen của lực \vec{F} đối với điểm O có hai cách (hình 1.10) áp dụng

định nghĩa: $\overline{m}_O(\vec{F}) = \pm dF$

Lấy dấu + (-) khi lực quay ngược (thuận) chiều kim đồng hồ quanh O Phân tích lực ra các thành phần thích hợp (hình 1.10)

thí dụ: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$$\overline{m}_O(\vec{F}) = \overline{m}_O(\vec{F}_1) + \overline{m}_O(\vec{F}_2) = \overline{m}_O(\vec{F}_1) = aF_1$$

III. Các dạng phương trình cân bằng (PTCB)

Đối với hệ lực phẳng tổng quát, ta có thể dùng một trong ba dạng PTCB sau:

Dạng 1:

$$\sum F_{kx} = 0 \quad (1); \quad \sum F_{ky} = 0 \quad (2); \quad \sum m_o(\vec{F}_k) = 0 \quad (3)$$

Trong đó (1) và (2): Tổng hình chiếu các lực lên hai trục vuông góc;

(3): tổng mômen các lực đối với điểm O tùy ý.

Dạng 2:

$$\sum F_{kx} = 0 \quad (1); \quad \sum m_A(\vec{F}_k) = 0 \quad (2) \quad \sum m_B(\vec{F}_k) = 0 \quad (3)$$

Trong đó: đoạn AB không vuông góc với trục x.

Dạng 3:

$$\sum m_A(\vec{F}_k) = 0 \quad (1); \quad \sum m_B(\vec{F}_k) = 0 \quad (2); \quad \sum m_C(\vec{F}_k) = 0, \quad (3)$$

trong đó: A, B, C không thẳng hàng.

Đối với hệ lực phẳng đồng quy hoặc song song, ta chỉ lập được hai PTCB.

Bài tập giải sẵn:

Thí dụ 1-1:

Thanh OA trọng lượng không đáng kể, có liên kết và chịu lực như (hình 1.11) biết $OB = 2BA$, góc $\alpha = 30^\circ$

Tìm phản lực tại O và sức căng của dây.

Bài giải

1. Chọn vật khảo sát, đặt lực hoạt động và lực liên kết

Xét OA: tại O - liên kết bản lề, tại B - liên kết dây

Hệ lực cân bằng

$$\vec{P}, \vec{T}, X_0, Y_0 \equiv 0 \rightarrow$$

Hệ lực phẳng tổng quát

2. Phương trình cân bằng:

$$\sum F_{kx} = X_0 - T \cos 30^\circ = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = Y_0 + T \sin 30^\circ - P = 0 \quad (2)$$

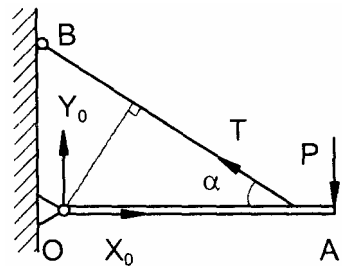
$$\sum m_o = P \cdot OA + T \cdot OB \sin 30^\circ = 0 \quad (3)$$

3. Giải hệ phương trình

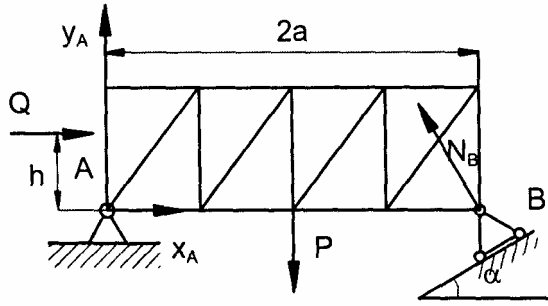
$$T = 3P; X_0 = \frac{3\sqrt{3}}{2}; Y_0 = \frac{P}{2}$$

Thí dụ 1-2:

Cầu đồng chất AB trọng lượng P chịu lực Q và có liên kết như hình 1.12), góc $\alpha = 30^\circ$. Tìm phản lực tại A và B.



Hình 1.11



Hình 1.12

Bài giải

1. Chọn vật khảo sát, đặt lực hoạt động và lực liên kết:

Xét cầu: tại A - liên kết bản lề, tại B - liên kết con lăn (tựa)

Hệ lực cân bằng:

$$(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{X}^A, \vec{Y}^A, \vec{N}^B) \equiv 0 \rightarrow \text{Hệ lực phẳng tổng quát}$$

2. Phương trình cân bằng:

$$\sum F_{kx} = Q + X_A - N_B \sin 30^\circ = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = -P + Y_A + N_B \cos 30^\circ = 0 \quad (2)$$

$$\sum m_B = aP - hQ - 2aY_A = 0 \quad (3)$$

3. Giải hệ phương trình:

$$X_A = \frac{P\sqrt{3}}{6} + Q\left(\frac{h\sqrt{3}}{6a} - 1\right); Y_A = \frac{P}{2} - \frac{hQ}{2a}; N_B = \frac{\sqrt{3}}{3}\left(P + \frac{hQ}{a}\right)$$

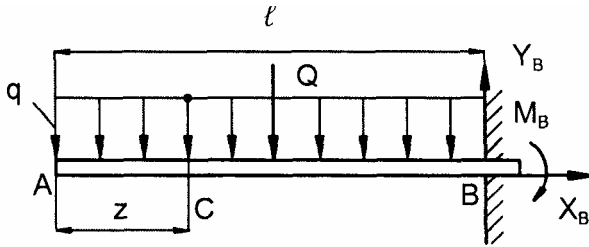
Thí dụ 1-3:

Thanh AB trọng lượng không đáng kể, có liên kết và chịu lực như (hình 1.13). Cường độ lực phân bố là q (N/m)

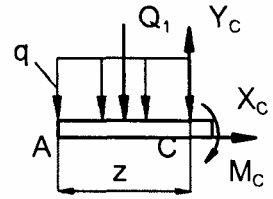
Tìm:

- Phản lực tại B
- Nội lực tại mặt cắt C, cách đầu A một đoạn Z

Bài giải:



Hình 1.13



Hình 1.14

I. Tìm phản lực tại B

1. Chọn vật khảo sát, đặt lực hoạt động và lực liên kết

Xét AB: tại B - liên kết ngàm

Hệ lực cân bằng: Khi thay hệ lực phân bố bởi lực tập trung \vec{Q} đặt ở giữa thanh và $Q = ql$, ta có:

$$(\vec{Q}, \vec{X}_B, \vec{Y}_B, \vec{M}_B) \equiv 0 \rightarrow \text{Hệ lực phẳng tổng quát}$$

2. Phương trình cân bằng:

$$\sum F_{kx} = X_B = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = Y_B - Q = 0 \quad (2)$$

$$\sum m_B = \frac{1}{2} l Q - M_B = 0 \quad (3)$$

3. Giải hệ phương trình:

$$X_B = 0; Y_B = ql; M_B = \frac{ql^2}{2}$$

II. Tìm nội lực tại mặt cắt C (hình 1.14)

1. Chọn vật khảo sát, đặt lực hoạt động, và lực liên kết:

Xét AC: Tại C - liên kết ngàm với CB

Hệ lực cân bằng: Khi thay hệ lực phân bố trên đoạn AC bởi lực \vec{Q}_1 đặt ở giữa AC và $Q_1 = qz_1$, ta có:

$$(\vec{Q}_1, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{M}_C) \equiv 0 \rightarrow \text{Hệ lực phẳng tổng quát}$$

2. Phương trình cân bằng: