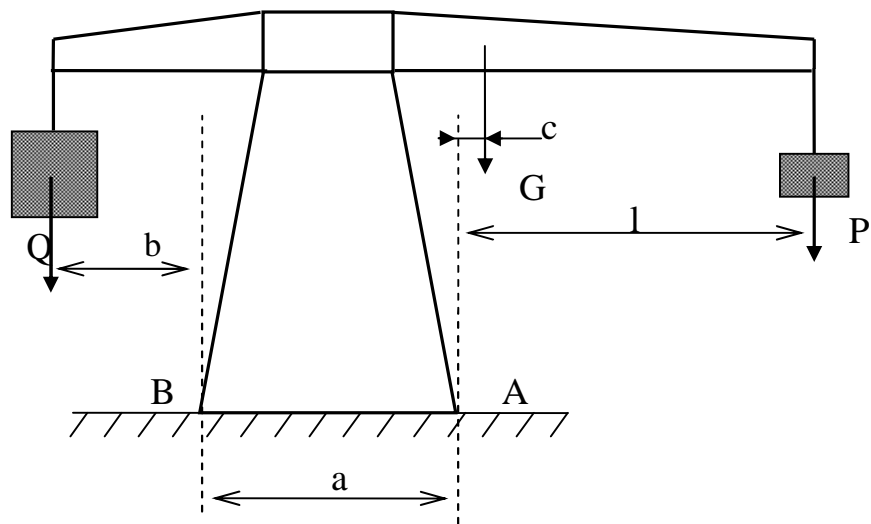


BỘ LAO ĐỘNG THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ

GIÁO TRÌNH
MH 09: Cơ ứng dụng
NGHỀ: CÔNG NGHỆ Ô TÔ
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG
(Ban hành kèm theo Quyết định số:...)



TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN:

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

MÃ TÀI LIỆU: MH 09**LỜI GIỚI THIỆU**

Để phục vụ cho học viên học nghề và thợ sửa chữa ô tô những kiến thức cơ bản cả về lý thuyết và thực hành bảo dưỡng, sửa chữa các hệ thống trên ô tô. Hoặc học nghề cơ khí. Tôi có biên soạn giáo trình: Cơ ứng dụng với mong muốn giáo trình này sẽ giúp cho học sinh, sinh viên nắm vững hơn kiến thức về ô tô. Cơ ứng dụng được biên soạn, nội dung giáo trình bao gồm ba chương:

Chương 1. Cơ học lý thuyết

Chương 2. Sức bền vật liệu

Chương 3. Chi tiết máy

Mỗi Chương được biên soạn với nội dung gồm: một số các nội dung cơ bản về cơ học lý thuyết, chi tiết máy, sức bền vật liệu.

Mặc dù đã rất cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi sai sót, tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người đọc để lần xuất bản sau giáo trình được hoàn thiện hơn.

Hà Nội, ngày.....tháng.... năm 2012

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: Hoàng Văn Ba

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
Chương 1. Cơ học lý thuyết	8
1.1 Các tiên đề tĩnh học	8
1.1.1 Tiên đề 1	8
1.1.2 Tiên đề 2	8
1.1.3. Tiên đề 3	9
1.1.4 Tiên đề 4	10
1.1.5 Tiên đề 5	11
1.2 Lực	11
1.2.1 Định nghĩa	11
1.2.2 Các yếu tố của lực	11
1.2.3 Biểu diễn lực	12
1.2.4 Một số khái niệm liên quan đến lực	12
1.2.5 Hệ lực	13
1.2.6 Liên kết và phản lực liên kết	14
1.2.7 Hệ lực phẳng đồng qui	15
1.2.8 Hệ lực phẳng song song	25
1.3 Mô men	29
1.3.1 Mô men của một lực đối với một điểm	29
1.3.2 Mô men của một hợp lực lấy đối với một điểm	30
1.3.3 Điều kiện cân bằng của đòn và vật lật	31
1.3.4. Ngẫu lực	32
1.4 Chuyển động cơ bản của chất điểm	33
1.4.1 Những khái niệm cơ bản	34
1.4.1.1 Chuyển động và hệ qui chiếu	34
1.4.1.2 Chất điểm và hệ chất điểm	34
1.4.2 Những đặc trưng cơ bản của chuyển động	34
1.4.2.1 Phương trình chuyển động của chất điểm	34
1.4.2.2 Quỹ đạo chuyển động của chất điểm	35
1.4.3 Vận tốc	35
1.4.4 Gia tốc	36
1.4.5 Một số chuyển động đặc biệt	37
1.5 Chuyển động cơ bản của vật rắn	38
1.5.1 Chuyển động tịnh tiến của vật rắn	38
1.5.1.1 Định nghĩa và ví dụ	38
1.5.1.2. Tính chất của chuyển động	40
1.5.2 Chuyển động quay quanh trục cố định của vật rắn	40
1.6 Công và năng lượng	40
1.6.1 Công của lực	40

ĐỀ MỤC	TRANG
1.6.1.1 Khái niệm về công	40
1.6.1.2 Các biểu thức tính công	40
1.6.2 Công suất	42
1.6.2.1 Khái niệm về công suất	42
1.6.2.2 Các biểu thức tính công suất	42
1.6.3 Hiệu suất cơ học	42
1.6.3.1 Định nghĩa	42
1.6.3.2 Hiệu suất của các phần tử hoạt động nối tiếp	43
1.6.3.3 Hiệu suất của dãy phần tử hoạt động nối song song.	43
Chương 2. Sức bền vật liệu	45
2.1 Những khái niệm cơ bản về sức bền vật liệu	45
2.1.1 Tính đàn hồi của vật thể	45
2.1.2 Hình dạng vật thể được nghiên cứu trong sức bền vật liệu	45
2.1.3 Biến dạng	45
2.1.4 Ngoại lực	45
2.1.5 Nội lực	47
2.1.6 Ứng suất	49
2.2 Kéo và nén đúng tâm	49
2.2.1 Khái niệm chung	49
2.2.1.1 Định nghĩa	50
2.2.1.2 Biểu đồ lực dọc	50
2.2.2 Ứng suất pháp trên mặt cắt ngang	51
2.2.2.1 Quan sát một mẫu thí nghiệm chịu kéo	51
2.2.2.2 Biểu diễn ứng suất pháp trên mặt cắt ngang	51
2.2.3 Điều kiện bền	52
2.2.3.1 Ứng suất cho phép và hệ số an toàn	52
2.2.3.2 Điều kiện bền của thanh chịu kéo nén đúng tâm	53
2.3.4 Liên hệ giữa ứng suất và biến dạng	53
2.3.4.1 Định nghĩa Húc đối với kéo nén đúng tâm	53
2.3.4.2 Tính độ dẫn dài của thanh chịu kéo nén đúng tâm	53
2.3 Cắt dập	54
2.4 Thanh chịu xoắn thuần túy	54
2.4.1 Khái niệm	57
2.4.1.1 Định nghĩa	57
2.4.1.2 Quy ước về dấu của mô men xoắn nội lực	57
2.4.2 Quan hệ giữa mômen xoắn ngoại lực với công suất và số vòng quay của trục truyền	57

ĐỀ MỤC	TRANG
2.4.3 Ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh tròn chịu xoắn thuần túy	58
2.4.3.1 Quan sát mẫu thí nghiệm	58
2.4.3.2 Công suất ứng suất tiếp trên mặt cắt ngang	58
2.4.4 Biến dạng của thanh tròn chịu xoắn thuần túy	59
2.4.4.1 Định luật Húc khi trượt	59
2.4.4.2 Biến dạng của thanh tròn chịu xoắn	59
2.5 Uốn thuần túy thanh thẳng	60
2.5.1 Khái niệm về uốn thuần túy thanh thẳng	60
2.4.4.1 Các định nghĩa	60
2.4.4.2 Quy ước về dấu của mô men uốn nội lực	61
2.5.2 Ứng suất trên mặt cắt ngang	61
2.5.2.1 Quan sát mẫu thí nghiệm	61
2.5.2.2 Ứng suất trên mặt cắt ngang	61
2.5.2.3 Biểu diễn liên hệ giữa ứng suất pháp với thành phần mô men uốn.	62
2.5.2.4 Ứng suất kéo nén lớn nhất	63
2.5.3 Điều kiện bền của dầm chịu uốn phẳng thuần túy	63
Chương 3. Chi tiết máy	66
3.1 Những khái niệm cơ bản về cơ cấu và máy	66
3.1.1 Khái niệm về chi tiết máy	66
3.1.1.1 Khái niệm	66
3.1.1.2 Phân loại chi tiết	66
3.1.2 Khâu và khớp động	66
3.1.2.1 Khâu	66
3.1.2.2 Khớp động	67
3.1.3 Chuỗi động	67
3.1.4 Cơ cấu	67
3.1.4.1 Khái niệm về cơ cấu	67
3.1.4.2 Phân loại về cơ cấu	67
3.1.5 Máy	68
3.2 Cơ cấu truyền động ma sát	68
3.2.1 Những vấn đề chung về cơ cấu truyền động ma sát	68
3.2.1.1 Nguyên tắc truyền động	68
3.2.1.2 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng	68
3.2.1.3 Phân loại	69
3.2.1.4 Lực tác dụng lên cơ cấu	70

ĐỀ MỤC	TRANG
3.2.2 Các thông số cơ bản của bộ truyền	71
3.2.2 .1 Các thông số hình học	71
3.2.2 .2. Các thông số động học của bộ truyền	71
3.3 Cơ cấu truyền động ăn khớp	72
3.3.1 Khái niệm chung	72
3.3.1.1 Định nghĩa và phân loại	72
3.3.1.2 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng	73
3.3.2 Cơ cấu bánh răng đơn giản	73
3.3.2.1 Quan hệ hình học của bánh răng	73
3.3.2.2 Các quan hệ động học	74
3.3.3 Hệ bánh răng có trục cố định	74
3.3.3.1 Kết cấu chung	74
3.3.3.2 Hệ bánh răng truyền động nối tiếp	75
3.3.3.3 Hệ bánh răng truyền động nhiều cấp	76
3.3.4 Hệ bánh răng hành tinh	76
3.3.4.1 Kết cấu	76
3.3.4.2 Nguyên lý truyền	77
3.4 CƠ CẤU TRUYỀN ĐỘNG KHÁC	78
3.4.1 Cơ cấu bốn khâu bản lề	78
3.4.1.1 Khái niệm	78
3.4.1.2 Kết cấu	78
3.4.1.3 Nguyên lý làm việc	79
3.4.2 Phạm vi ứng dụng	80
3.5 Cơ cấu truyền động khác	80
3.5.1 Cơ cấu tay quay con trượt	80
3.5.1.1 Khái niệm	80
3.5.1.2 Kết cấu	80
3.5.1.3 Nguyên lý làm việc	80
3.5.1.4 Phạm vi ứng dụng	81
3.4.2.2 Trục và ổ trượt	81

CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC CƠ ỨNG DỤNG

Mã số của môn học: MH 09

I. Vị trí, tính chất của môn học:

- Vị trí:

Môn học được bố trí giảng dạy song song với các môn học/ mô đun sau: MH 07, MH 08, MH 10, MH 11, MH 12, MH13, MH 14, MH 15, MH 16, MĐ 17, MĐ 18, MĐ 19.

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

II. Mục tiêu của môn học:

- Trình bày được các khái niệm cơ bản trong cơ học ứng dụng.
- Trình bày được phương pháp tổng hợp và phân tích lực.
- Phân tích được chuyển động của vật rắn.
- Tính toán được các thông số nội lực, ứng suất và biến dạng của vật chịu kéo, nén, cắt, đập, xoắn, uốn của các bài toán đơn giản.
- Chuyển đổi được các khớp, khâu, các cơ cấu truyền động thành các sơ đồ truyền động đơn giản.
- Trình bày được các cấu tạo, nguyên lý làm việc và phạm vi ứng dụng của các cơ cấu truyền động cơ bản.
- Tuân thủ đúng quy định về giờ học tập và làm đầy đủ bài tập về nhà.
- Rèn luyện tác phong làm việc nghiêm túc, cẩn thận.

Mục tiêu:

- Trình bày được các tiên đề, khái niệm và cách biểu diễn lực; các loại liên kết cơ bản.
- Trình bày được phương pháp xác định các thông số động học và động lực học.
- Phân tích được chuyển động của vật rắn.
- Tuân thủ các quy định, quy phạm về cơ học lý thuyết.

Nội dung:**1.1 CÁC TIÊN ĐỀ TÍNH HỌC****1.1.1 Tiên đề 1 (tiên đề về hai lực cân bằng)**

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

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \quad \text{Hay} \quad \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

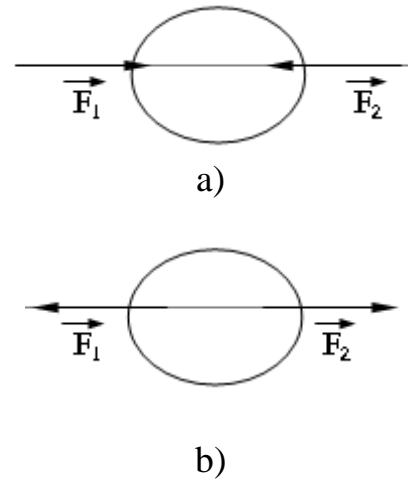
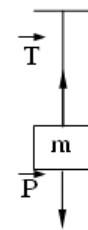
Hai lực như thế còn được gọi là hai lực trực đối. (hình 1.1a) cho ta hình ảnh về vật rắn cân bằng chịu kéo và (hình 1.1b) là vật rắn cân bằng chịu nén.

Tiên đề 1 nêu lên một hệ lực cân bằng chuẩn giản đơn nhất. Khi cần xác định hệ lực đã cho có cân bằng hay không ta tìm cách biến đổi để chứng minh nó có tương đương với hai lực cân bằng hay không.

Ví dụ: Một vật nặng có trọng lượng P được treo bằng một sợi dây không giãn, một đầu cố định. (hình 1.2)

Vật này chịu tác dụng của hai lực cân bằng:

$$\vec{P} + \vec{T} = 0$$

**Hình 1.1****Hình 1.2****1.1.2 Tiên đề 2 (tiên đề thêm bớt lực)**

Tác dụng của hệ lực không thay đổi nếu ta thêm vào hoặc bớt đi một cặp lực cân bằng.

Như vậy: Nếu (\vec{F}, \vec{F}) là hai lực cân bằng thì:

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

Hoặc nếu hệ có hai lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 cân bằng nhau thì:

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

Tiên đề này cho ta hai phép biến đổi cơ bản là thêm vào một cặp lực cân bằng và bớt đi một cặp lực cân bằng.

* *Hệ quả 2.1* (Định lý trượt lực): Tác dụng của lực không thay đổi khi ta trượt lực trên đường tác dụng của nó.

Chứng minh: Giả sử có một lực \vec{F} tác dụng lên vật tại điểm A. Theo tiên đề 2, trên đường tác dụng của lực F, tại điểm B, ta đặt vào đó hai lực cân bằng \vec{F}_1, \vec{F}_2 . Các lực này có cùng cường độ với lực F. Như vậy ta có:

$$\vec{F} \Leftrightarrow (\vec{F}, \vec{F}_1, \vec{F}_2)$$

Nhưng hai lực \vec{F} và \vec{F}_1 lại tạo thành hệ hai lực cân bằng và do đó, theo tiên đề 2 ta lại bớt hai lực này đi. Vậy, ta có: $F = F_2$

Từ định lý trên ta thấy điểm đặt không giữ vai trò gì trong việc mô tả tác dụng của lực lên vật rắn.

Chú ý: Tính chất trên chỉ đúng với vật rắn tuyệt đối. Với vật rắn biến dạng khi thay đổi điểm đặt thì ứng xử của biến dạng trong vật sẽ thay đổi.

* *Hệ quả 2.2* (Định lý về hợp lực của hệ): Khi hệ lực cân bằng thì một lực bất kỳ của hệ lực ấy sẽ là lực trực đối với hợp lực của các lực còn lại.

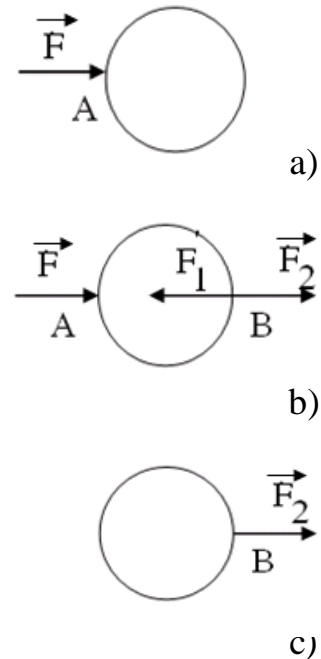
Chứng minh: Cho hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) = 0$ đặt $\vec{R} = (\vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ ta có:

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) = (\vec{F}_1, \vec{R}) = 0$, có nghĩa là \vec{F}_1 là lực trực đối với \vec{R} (hình 1.3) hay \vec{F}_1 là lực trực đối với hợp lực của các lực $(\vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$

1.1.3 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 ấy và được biểu diễn bằng vector đường chéo hình bình hành mà hai cạnh là hai vector biểu diễn các lực đã cho.

Hợp lực của hai lực có cùng điểm đặt là một lực đặt tại điểm đó, có trị số, phương chiều được xác định bởi đường chéo của hình bình hành mà hai cạnh là hai lực thành phần.



Hình 1.3

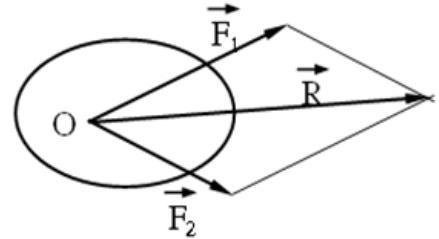
Như vậy, nếu gọi \vec{R} là hợp lực của hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng đặt tại điểm O thì ta có:

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

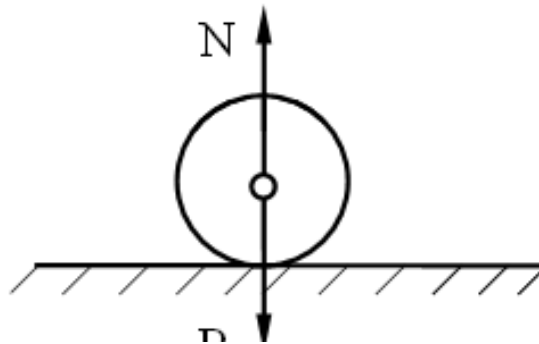
Về độ lớn: $R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos\alpha$

Trong đó: α - là góc hợp bởi F_1 và F_2

Tiên đề này cho ta hai phép biến đổi cơ bản, đó là: có thể tổng hợp hai lực đồng quy thành một lực và ngược lại có thể phân tích một lực thành hai lực đồng quy theo quy tắc hình bình hành.



Hình 1.4a



Hình 1.4b

* *Hệ quả 3.1* (Định lý về đường tác dụng của 3 lực đồng phẳng): Khi ba lực đồng phẳng cân bằng, đường tác dụng của chúng hoặc đồng quy hoặc song song.

Chứng minh: Cho hệ $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3) = 0$. (hình 1.5)

Nếu $\vec{F}_1 // \vec{F}_2$ đường tác dụng của chúng đồng quy (giả sử tại A). Theo tiên đề 3 ta có:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R} \Rightarrow (\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3) = (\vec{R}, \vec{F}_3) = 0$$

Rõ ràng \vec{R} và \vec{F}_3 là hai lực cân bằng, vậy đường tác dụng \vec{R} cũng phải qua A. Như vậy đường tác dụng của cả ba lực đều đồng quy tại A.

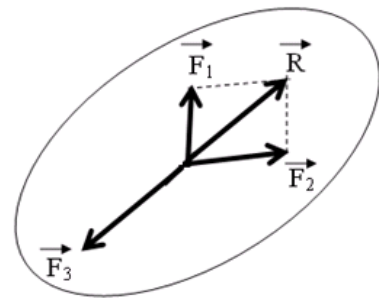
Nếu $\vec{F}_1 // \vec{F}_2$ thì $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ cũng song song với chúng. Ta có:

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3) = 0 \Leftrightarrow (\vec{R}, \vec{F}_3) = 0$ hay $\vec{R} // \vec{F}_3$ tức là $\vec{F}_1 // \vec{F}_2 // \vec{F}_3$. Định lý đã được chứng minh.

1.1.4 Tiên đề 4 (tiên đề tác dụng và phản tác dụng)

Lực tác dụng và lực phản tác dụng giữa hai vật là hai lực có cùng cường độ, hướng ngược chiều nhau và có cùng cường độ.

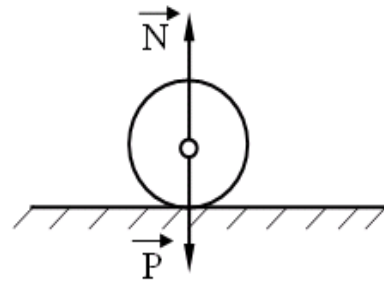
* Chú ý rằng lực tác dụng và lực phản tác dụng không phải là hai lực cân bằng vì chúng không cùng tác dụng lên một vật.



Hình 1.5

* Các tiên đề trước chỉ xét các lực tác dụng lên một vật nhưng trong thực tế ta thường phải giải quyết những bài toán cân bằng của nhiều vật có liên quan với nhau.

Tiên đề 4 cho ta cơ sở để chuyển từ bài toán cân bằng một vật sang bài toán cân bằng của nhiều vật.



Hình 1.6

1.1.5 Tiên đề 5 (tiên đề hóa rắn)

Khi vật biến dạng đã cân bằng thì hóa rắn lại nó vẫn cân bằng..

* Tiên đề này coi một vật rắn biến dạng đang cân bằng là vật rắn cân bằng. Vì vậy những điều kiện cân bằng của vật rắn cũng là những điều kiện cần (nhưng không đủ) của vật rắn biến dạng cân bằng.

* Tiên đề này là cơ sở để giải quyết một phần các bài toán cân bằng của vật rắn biến dạng cân bằng.

1.2 LỰC

1.2.1 Định nghĩa

Mọi vật đều nằm trong sự tương tác. Một vật nằm trên bàn chịu sự tương tác qua lại giữa vật đó với mặt bàn. Một viên bi đang lăn trên mặt phẳng nghiêng chịu sự tương tác qua lại giữa viên bi và mặt phẳng nghiêng đó...vv.

Trạng thái cân bằng hay chuyển động của một vật thể phụ thuộc vào sự tác dụng tương hỗ giữa nó với các vật thể khác.

Đại lượng biểu thị cho sự tác dụng tương hỗ đó được gọi là lực.

Định nghĩa: Lực là đại lượng đặc trưng cho sự tương tác cơ học giữa các vật thể, là nguyên nhân gây ra sự biến dạng và làm biến đổi chuyển động của các vật thể.

Chẳng hạn như trọng lực (lực trọng trường) là do trái đất tác dụng lên vật và làm cho vật rơi hoặc có xu hướng rơi theo phương thẳng đứng.

1.2.2 Các yếu tố của lực

Từ định nghĩa về lực ta thấy xác định lực cần phải căn cứ vào những biến đổi động học mà do nó gây lên. Quan sát tác dụng của lực ta thấy lực được xác định bởi ba yếu tố sau:

* *Phương và chiều của lực:* Bất kỳ một lực nào khi tác dụng vào một vật đều có một phương, chiều (hướng) nhất định. Chẳng hạn như lực ma sát cùng phương, ngược chiều với chuyển động, trọng lực hướng về tâm trái đất. Đường thẳng theo đó lực tác dụng lên vật gọi là đường tác dụng của lực (hay còn gọi là giá).

* **Điểm đặt của lực:** Là điểm trên vật mà tại đó lực tác dụng vào vật. Trong thực tế, sự tương tác giữa các vật thể với nhau thường là tương tác đường hay tương tác mặt (lực mang tính chất phân bố, không tập trung). Trong trường hợp đó, người ta thường thay thế bằng một lực tương đương gọi là hợp lực của hệ lực.

* **Cường độ của lực** (Còn gọi là trị số của lực, độ lớn của lực): Biểu thị độ mạnh yếu của sự tương tác, thể hiện ở mức độ làm biến đổi chuyển động và biến dạng của vật thể.

Đơn vị của lực: Trong bảng đơn vị hợp pháp lực được đo bằng Niuton (N)

Thiết bị đo cường độ của lực gọi là lực kế.

Trong kỹ thuật người ta còn dùng đơn vị của lực là : Kilogam lực (KG).

Một số đơn vị dẫn suất của lực thường gặp là: Ki-lô-Niuton (KN).

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N.}$$

1.2.3 Biểu diễn lực

Lực là một đại lượng véc tơ. Người ta biểu diễn véc tơ lực bằng một đoạn thẳng có hướng \overline{AB}

$$\text{Kí hiệu: } \overline{AB} = \vec{F}$$

Điểm gốc A hoặc điểm mút B là điểm đặt của lực.

Đường thẳng chứa véc tơ lực gọi là đường tác dụng của lực.

Mũi tên chỉ chiều tác dụng của lực.

Độ dài đoạn \overline{AB} biểu thị cường độ của lực



Hình 1.7

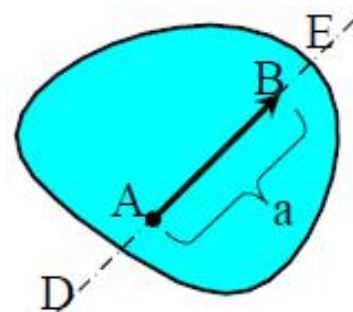
1.2.4 Một số khái niệm liên quan đến lực

Lực là đại lượng biểu thị tác dụng cơ học của vật thể này lên vật thể khác. Lực là một đại lượng có hướng, qua thực nghiệm người ta đã xác định được lực có các yếu tố đặc trưng sau:

- **Điểm đặt của lực:** là điểm mà vật nhận được tác dụng cơ học từ vật khác.

- **Phương, chiều của lực:** là phương, chiều chuyển động của chất điểm (vật có kích

thước bé) từ trạng thái cân bằng khi chịu tác dụng của lực ấy.



Hình 1.8

- **Cường độ của lực:** là đại lượng xác định độ mạnh hay yếu của lực, xác định bằng cách so với một lực chuẩn gọi là lực đơn vị. Đơn vị của lực là Niuton, ký hiệu là N.

Lực được biểu diễn bằng một vectơ như hình 1-1, gọi là vectơ lực. Vectơ lực có những đặc trưng sau:

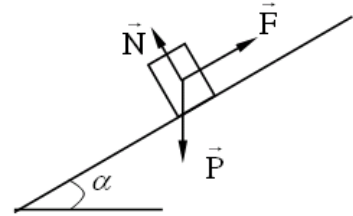
- Điểm đặt (A) của vector là điểm đặt của lực.
 - Phương, chiều của vector lực \vec{AB} trùng với phương, chiều của lực.
 - Độ dài a của vector \vec{AB} biểu diễn cường độ của lực.
- Vector lực thường được ký hiệu là \vec{F} , \vec{P} hoặc \vec{Q} .

Đường thẳng DE chứa vector lực \vec{AB} được gọi là đường tác dụng của lực.

1.2.5 Hệ lực

1.2.5.1 Khái niệm về hệ lực

Mọi vật đều tồn tại trong sự tương tác lẫn nhau, có những tương tác do tiếp xúc, tương tác từ xa.... Trong thực tế một vật có thể chịu tác dụng đồng thời của nhiều lực có phương chiều, điểm đặt cũng như cường độ khác nhau. Chẳng hạn như một vật có khối lượng m kg đang trượt trên một mặt phẳng nghiêng sẽ chịu tác dụng của:



Hình 1.9

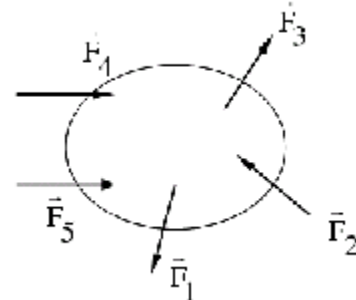
Trọng lực, phản lực pháp tuyến do mặt phẳng nghiêng tác dụng lên, lực ma sát giữa vật với mặt phẳng nghiêng, lực phát động, lực quán tính...(Hình 1.9)

Định nghĩa: Tập hợp các lực cùng đồng thời tác dụng lên một vật rắn gọi là hệ lực.

1.2.5.2 Các loại hệ lực phẳng

Căn cứ vào phương chiều, số lượng vị trí của các lực cùng tác dụng lên một vật thể mà người ta chia ra làm các loại hệ lực sau :

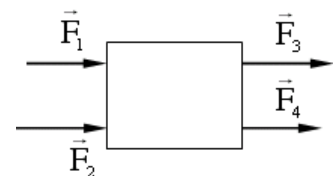
+ *Hệ lực phẳng*: là hệ lực mà các lực thành phần có đường tác dụng cùng nằm trên một mặt phẳng (hình 1.10).



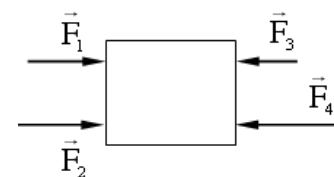
Hình 1.10

+ *Hệ lực song song*: là hệ lực mà các lực thành phần có đường tác dụng song song hoặc trùng nhau (hình 1.11).

+ *Hệ lực song song*: là hệ lực mà các lực thành phần có đường tác dụng song song hoặc trùng nhau (hình 1.11).



+ *Hệ lực đồng qui*: là hệ lực mà các lực thành phần có đường tác dụng đồng qui tại một điểm.



+ *Hệ lực tương đương*: nếu có thể thay thế hệ lực tác dụng lên vật thể bằng một hệ lực khác mà không làm thay đổi trạng thái đứng yên hay chuyển động ban đầu của vật thể thì hai hệ lực đó được gọi là tương đương với nhau.

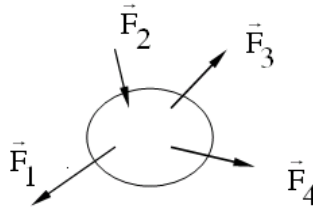
Hình 1.11

+ *Hệ lực cân bằng*: là hệ khi tác dụng lên một vật thể thì vật thể đó vẫn nằm

ở trạng thái ban đầu.

Hệ lực cân bằng còn gọi là hệ lực tương đương với không

Ký hiệu : $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \Leftrightarrow 0$



Hình 1.12

Chẳng hạn như một ô tô đang đứng yên trên đường, Ta nói rằng hệ lực gồm:

Trọng lực P, các phản lực tác dụng lên các bánh xe là hệ lực cân bằng.

Khi một vật đang chuyển động với tốc độ không đổi trên đường thì hệ lực tác dụng lên nó cũng là hệ lực cân bằng.

1.2.6 Liên kết và phản lực liên kết

Một vấn đề đặc biệt có liên quan đến việc nhận định lực trong các bài toán sau này đó là vấn đề xuất hiện lực ở các mối liên kết.

Vấn đề này có giá trị thực tiễn rất quan trọng khi giải những bài toán thực tế hay kỹ thuật.

1.2.6.1 Định nghĩa

Vật thể gọi là tự do khi nó có thể chuyển động tùy ý theo mọi phương trong không gian mà không bị cản trở.

Ngược lại, những vật thể mà chuyển động của chúng trong không gian theo một hay nhiều phương bị cản trở được gọi là vật thể không tự do.

Trong cơ học, những điều kiện cản trở chuyển động của vật gọi là liên kết. Vật gây ra sự cản trở chuyển động của vật khảo sát gọi là vật gây liên kết.

Sở dĩ có sự cản trở chuyển động là do tại các mối liên kết, vật gây liên kết đã tác dụng vào vật khảo sát một lực làm hạn chế chuyển động của nó. Lực đó được gọi là phản lực liên kết.

Phản lực liên kết đặt vào vật khảo sát, có cùng phương, ngược chiều với chiều chuyển động bị cản trở.

1.2.6.2. Các loại liên kết thường gặp

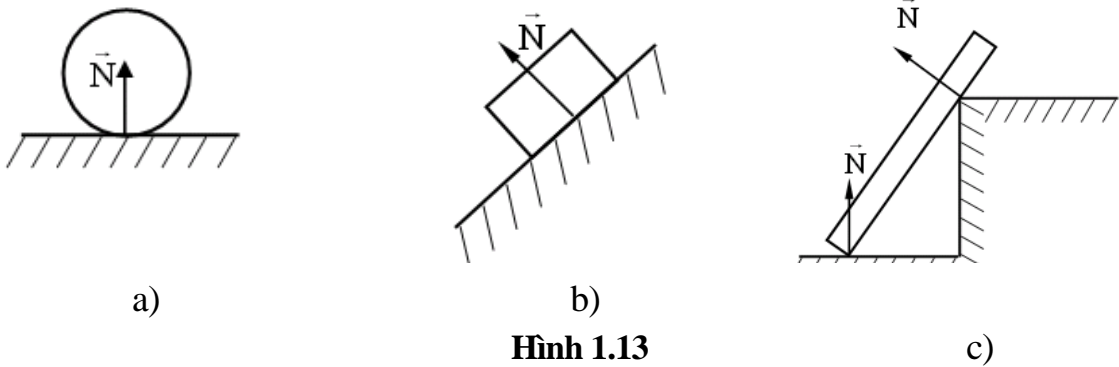
a. Liên kết tựa.

Là loại liên kết mà các vật chỉ có tác dụng đỡ lấy nhau. Trong trường hợp này, chỉ có chuyển động của vật theo phương vuông góc với mặt tiếp xúc chung của liên kết là bị cản trở.

Phản lực là một lực hướng theo phương pháp tuyến của mặt tiếp xúc chung của liên kết.

Ký hiệu : \vec{N}

Như vậy, trong loại liên kết này chỉ có một yếu tố chưa biết đó là trị số của lực.



Hình 1.13

b. Liên kết dây mềm không dẫn.

Trong loại liên kết này phản lực là một lực hướng dọc theo dây, chiều của nó có xu hướng làm cho dây bị co lại, điểm đặt đặt tại vị trí liên kết giữa dây và vật (hình 1.14).

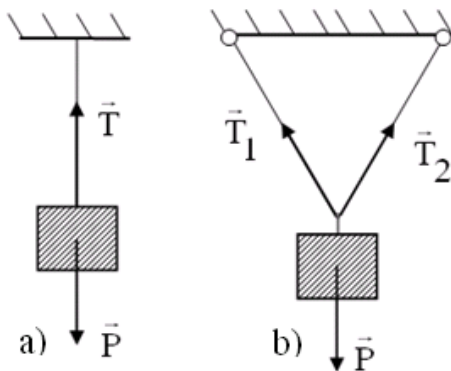
Ký hiệu phản lực là \vec{T} .

c. Liên kết bản lề.

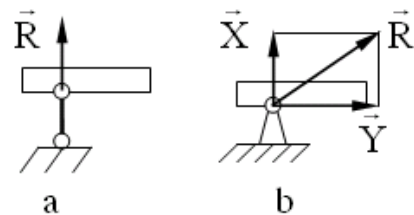
Có hai loại liên kết bản lề là: Gối đỡ bản lề di động và gối đỡ bản lề cố định.

* *Gối đỡ bản lề di động (hình 1.15a).*

Đối với loại gối đỡ này, vật tựa vừa có thể quay quanh trục bản lề vừa có thể di chuyển song song với mặt phẳng tựa. Như thế chỉ có chuyển động của vật tựa theo phương pháp tuyến là bị cản trở, do đó phản lực là một lực hướng theo pháp tuyến của mặt tựa và đi qua tâm của bản lề. Ký hiệu là \vec{R} .



Hình 1.14



Hình 1.15

* *Gối đỡ bản lề cố định (hình 1.15b).*

Đối với loại gối đỡ này, vật tựa có thể quay quanh trục bản lề nhưng không thể di chuyển song song với mặt phẳng tựa. Do vậy, phản lực của nó là một lực đặt ở tâm bản lề, nhưng chưa biết chiều và trị số, ký hiệu là \vec{R} .

Để tiện cho việc tính toán, ta thường phân tích \vec{R} theo hai phương vuông góc với nhau là \vec{X} và \vec{Y} .

$$\vec{R} = \vec{X} + \vec{Y}$$

Như vậy, loại gỏi đỡ bản lề cố định có hai yếu tố chưa biết: Trị số của hai thành phần phản lực \vec{X} và \vec{Y} .

d. Nhận xét chung.

Qua việc xác định phản lực liên kết ta thấy: Trong mọi trường hợp phản lực đều có trị số chưa biết, còn hướng của chúng trong một số trường hợp có thể biết được. Sở dĩ như vậy là vì phản lực luôn luôn có tác dụng cản trở chuyển động nên nó phụ thuộc vào hệ lực cụ thể tác dụng lên vật.

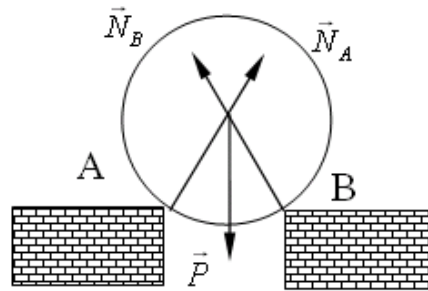
1.2.7 Hệ lực phẳng đồng qui

1.2.7.1 Khái niệm

Hệ lực phẳng đồng qui là hệ lực mà đường tác dụng của các lực thành phần cùng nằm trong một mặt phẳng và giao nhau tại một điểm.

Như thế, hệ lực phẳng đồng qui phân bố có tính chất đặc biệt, tuy vậy, bài toán vật rắn chịu tác dụng bởi hệ lực phẳng đồng qui gặp khá phổ biến trong thực tế.

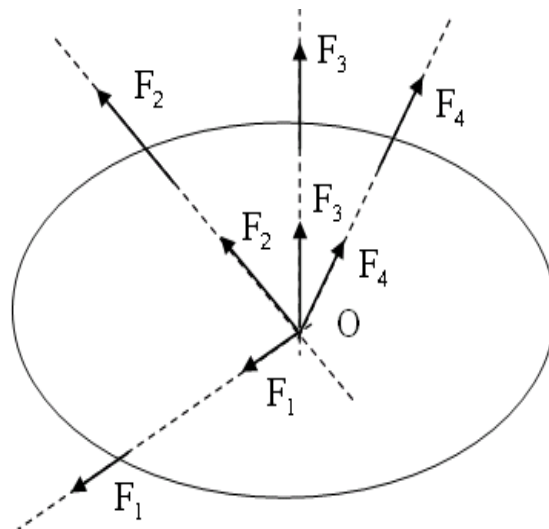
Chẳng hạn, nồi hơi đặt trên bệ đỡ, tời kéo vật nặng nhờ dây cáp vắt qua ròng rọc. Nồi hơi, ròng rọc là những vật rắn chịu tác dụng của hệ lực phẳng đồng qui.



Hình 1.16

Vì các lực có thể trượt trên đường tác dụng của chúng, nên một hệ lực phẳng đồng qui có thể đưa về một hệ lực có cùng điểm đặt bằng cách trượt các lực đến điểm đồng qui (hình 1.16).

Từ đây, khi nói đến một hệ lực phẳng đồng qui để đơn giản ta quan niệm chúng có cùng điểm đặt. Trong chương này ta sẽ đi khảo sát các vấn đề cơ bản sau:



Hình 1.17

+ Hợp một hệ lực phẳng đồng qui.

+ Tìm điều kiện cân bằng cho hệ lực phẳng đồng qui đặt lên một vật rắn.
 Có hai phương pháp khảo sát: phương pháp hình học và phương pháp giải tích.

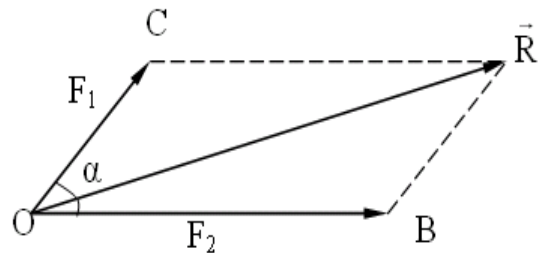
Khảo sát bằng hình học là khảo sát trên phương diện véc tơ. Phương pháp này tổng quát và gọn, lúc thực hành có thể dựa vào cách vẽ để xác định các đại lượng cần tìm và thường cho ta những kết quả nhanh chóng, cụ thể.

Khảo sát bằng giải tích là khảo sát lực thông qua các hình chiếu trên các trục tọa độ. Phương pháp này có giá trị thiết thực trong việc xác định chính xác các lực cần tìm và nhất là khi việc xác định các lực không thể tiến hành bằng cách vẽ.

1.2.7.2 Khảo sát hệ lực phẳng đồng qui

a. Quy tắc hình bình hành.

Giả sử có hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 đồng qui tại điểm O. Theo nguyên lý hình bình hành lực, chúng ta có hợp lực là \vec{R} . Hợp lực này đặt ngay tại O và được xác định bởi đường chéo của hình bình hành mà hai cạnh là hai lực thành phần \vec{F}_1 và \vec{F}_2 (hình 1.18)



Hình 1.18.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1-1)$$

Công thức này biểu diễn hợp lực được xác định bằng cách cộng véc tơ, tức là nó chỉ rõ phương của hợp lực là phương của đường chéo hình bình hành lực, độ dài của đường chéo là trị số của hợp lực theo tỷ lệ đã chọn.

Để xác định cụ thể bằng số trị số của hợp lực, ta có thể áp dụng các hệ thức trong tam giác lượng. Kết quả ta được:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 \cdot F_2 \cdot \cos a} \quad (1-2)$$

Các trường hợp đặc biệt:

- Nếu hai lực F_1, F_2 có cùng phương chiều, thì khi đó $\alpha = 0$; $\cos \alpha = 1$;

$$R = F_1 + F_2$$

- Nếu hai lực F_1, F_2 có cùng phương ngược chiều, thì khi đó $\alpha = 180^\circ$; $\cos \alpha = -1$;

$$R = F_1 - F_2$$

- Nếu hai lực F_1, F_2 có phương vuông góc với nhau, thì khi đó $\alpha = 90^\circ$; $\cos \alpha = 0$;

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

b. Phân tích một lực thành hai lực đồng qui.

Trong thực tế nhiều khi ta gặp những bài toán ngược lại: Biết lực \vec{R} và cần phân tích lực đó ra thành hai thành phần \vec{F}_1 và \vec{F}_2 theo hai phương x, y cho trước.

Muốn vậy, từ đầu mút của \vec{R} ta lần lượt kẻ hai đường thẳng song song với hai phương x, y cho trước, giao của hai đường thẳng vừa kẻ với x, y chính là điểm mút của các lực thành phần \vec{F}_1, \vec{F}_2 mà ta cần tìm: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$

Ví dụ: Một vật có khối lượng $m = 30\text{kg}$ treo trên hai sợi dây đối xứng nhau qua phương thẳng đứng và hợp với nhau góc $\alpha = 60^\circ$ (H1.19). Hãy xác định lực tác dụng lên mỗi dây

Bài giải:

Trọng lực P của vật hướng theo phương thẳng đứng xuống dưới. Ta phân tích P làm hai thành phần \vec{F}_1 và \vec{F}_2 nằm trên phương các sợi dây AB và AC . \vec{F}_1 và \vec{F}_2 chính là các lực thành phần mà vật nặng tác dụng lên mỗi dây đó.

Theo công thức (1-2), ta có:

$$P = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos 60^\circ}$$

Vì vật P treo đối xứng với hai dây nên

$$F_1 = F_2 = F, \quad \text{Do đó:}$$

$$P = \sqrt{F^2 + F^2 + 2F^2 \cdot \frac{1}{2}} = F\sqrt{3}$$

$$\text{Hay:} \quad F = \frac{P}{\sqrt{3}} = \frac{P\sqrt{3}}{3}$$

Mà $P = m \cdot g = 30 \cdot 10 = 300 \text{ N}$ Do đó: $F = 173,2 \text{ N}$

c. Qui tắc đa giác lực.

Nếu có hai lực đồng qui, ngoài qui tắc hình bình hành lực đã trình bày ở trên ta còn xác định được hợp lực \vec{R} bằng phương pháp đa giác lực như sau:

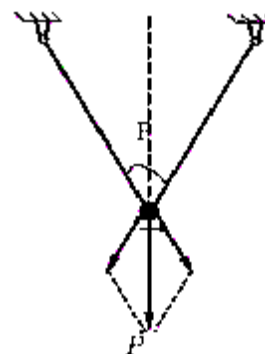
Từ đầu mút của \vec{F}_1 ta đặt nối tiếp véc tơ song song và bằng \vec{F}_2 (véc tơ này cũng ký hiệu là \vec{F}_2), sau đó ta vẽ \vec{R} là véc tơ có gốc và mút là góc và mút của đường gãy khúc \vec{F}_1, \vec{F}_2 . Rõ ràng ta vẫn được:

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

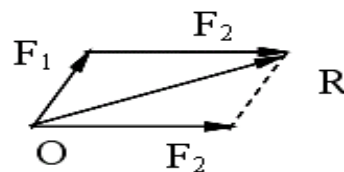
Đường gãy khúc trong đó các lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 đặt nối tiếp nhau gọi là tam giác lực. Véc tơ \vec{R} đóng kín tam giác lực được lập bởi \vec{F}_1, \vec{F}_2 .

Qui tắc này được gọi là qui tắc tam giác lực, dùng nó rất tiện lợi sau này.

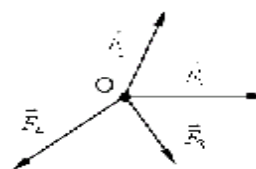
Nếu có nhiều lực phẳng đồng qui, giả sử có bốn lực phẳng đồng qui $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$



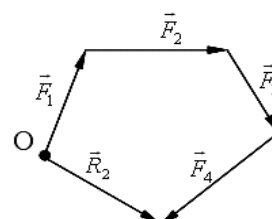
Hình 1.19



Hình 1.20



a)



(hình 1.21a). Ta tiến hành hợp lần lượt:

+ Đầu tiên \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cho ta hợp lực \vec{R}_1
đặt tại O: $\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

b)

Hình 1.21

Véc tơ \vec{R}_1 đóng kín tam giác lực lập bởi các lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 .

Hợp lực \vec{R}_1 và \vec{F}_3 ta được \vec{R}_2 cũng đặt tại O:

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

\vec{R}_2 đóng kín tam giác lực lập bởi các lực \vec{R}_1 và \vec{F}_3 tức là cũng đóng kín đường gãy khúc lập bởi $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$.

+ Cuối cùng hợp \vec{R}_2 và \vec{F}_4 ta được hợp lực \vec{R} đặt tại O

$$\vec{R} = \vec{R}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

Hay gọn hơn:

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

Véc tơ \vec{R} đóng kín đường gãy khúc được lập bởi các lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$

Đường gãy khúc trong đó các lực đặt nối tiếp nhau (thứ tự nút lực này trùng với góc lực kia) gọi là đa giác lực.

Vậy, hợp lực của một hệ lực phẳng đồng qui là một lực có điểm đặt là điểm đồng qui và được xác định bằng véc tơ đóng kín đa giác lực lập bởi các lực đồng qui đó.

d. Điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng đồng qui.

Từ cách hợp lực của hệ lực phẳng đồng qui theo qui tắc đa giác lực ở trên, ta thấy: Hợp lực biểu diễn bằng véc tơ đóng kín đa giác lực của hệ lực đã cho. Do đó, hợp lực chỉ bằng không khi đa giác lực tự đóng kín.

Vậy, điều kiện cần và đủ để cho một hệ lực phẳng đồng qui tác dụng lên một vật rắn được cân bằng là đa giác lực của hệ phải tự đóng kín.

1.2.7.3 Khảo sát hệ lực phẳng đồng qui bằng giải tích

Tất cả những vấn đề hợp lực hay tìm điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của các lực đều có thể dùng cách chiếu các lực đó lên một hệ trục tọa độ rồi lập những công thức tổng quát.

Phương pháp tính toán như thế gọi là phương pháp giải tích.

a. Chiếu một lực lên hai trục tọa độ.

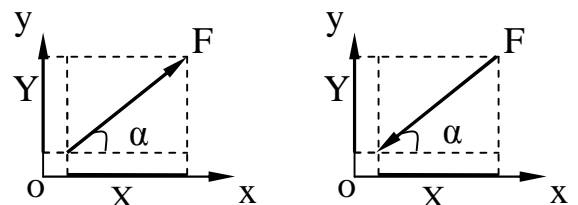
Giả sử có lực \vec{F} hợp với trục x một góc nhọn α (hình 1-22). Gọi X và Y là hình chiếu của \vec{F} lên trục x và y, ta có:

$$X = \pm F \cos \alpha;$$

$$Y = \pm F \sin \alpha;$$

Trong các biểu thức trên ta sẽ lấy dấu (+) khi đi theo chiều dương của trục, thì ta lần lượt gấp hình chiếu gốc rồi đến hình chiếu nút của lực (hình 1-22a) và lấy dấu (-) trong trường hợp ngược lại (hình 1.22b)

Nếu góc giữa phương của lực và chiều dương của trục đã cho là góc nhọn thì hình chiếu của lực lên trục đó là dương.



a)

b)

Trường hợp lực song song với trục thì hình chiếu của lực lên trục đó bằng trị số lực và lấy dấu cộng hay trừ tùy theo góc giữa phương của lực với chiều dương của trục là 0° hay 180° , nếu lực thẳng góc với trục thì hình chiếu của nó lên trục bằng không.

Mặt khác, nếu biết hai hình chiếu X và Y của lực \vec{F} ta cũng có thể xác định được lực \vec{F} một cách dễ dàng. Về trị số:

$$F = \sqrt{X^2 + Y^2 + 2XY\cos\alpha}$$

Trong đó: α là góc hợp bởi hai phương của hai hình chiếu X và Y.

Thí dụ : Xác định hình chiếu của lực $F = 500\text{N}$ lên một hệ trục tọa độ vuông góc xoy trong hai trường hợp như ở hình 1.22. Cho biết $\alpha = 30^\circ$.

Bài giải:

- Khi lực \vec{F} đặt như ở hình 1-22a.

Ta có: $X = F\cos\alpha = 500\cos 30^\circ = 500 \cdot 0,866 = 433\text{N}$.

$Y = F\sin\alpha = 500\sin 30^\circ = 500 \cdot 0,5 = 250\text{N}$.

- Khi lực \vec{F} đặt như ở hình 1-22b.

Ta có: $X = -F\cos\alpha = -500\cos 30^\circ = -500 \cdot 0,866 = -433\text{N}$

$Y = -F\sin\alpha = -500\sin 30^\circ = -500 \cdot 0,5 = -250\text{N}$.

b. Xác định hợp lực của một hệ lực phẳng đồng qui bằng giải tích.

Giả sử có hệ lực phẳng đồng qui ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$) như hình 1.23. Từ qui tắc đa giác lực trên ta biết hệ lực này có một hợp lực \vec{R} đặt tại điểm đồng qui, có véc tơ bằng tổng hình học các véc tơ lực thành phần: $\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

Nhưng theo định lý hình chiếu: hình chiếu của véc tơ tổng hợp bằng tổng đại số hình chiếu các véc tơ thành phần.

Nếu ta gọi hình chiếu của các lực thành phần $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ là $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \dots, X_n, Y_n$ thì các hình chiếu R_x, R_y lên các trục bằng:

$$R_x = X_1 + X_2 + \dots + X_n = \sum_{i=1}^n X_i$$

$$R_y = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i$$

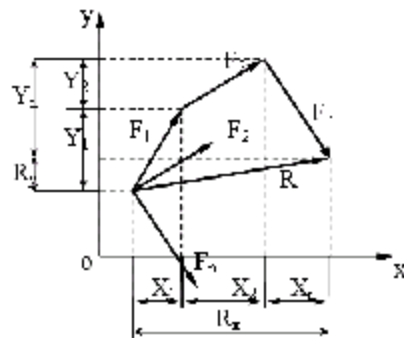
Hai biểu thức này cho phép ta xác định được hình chiếu của hợp lực theo hình chiếu của các lực thành phần.

Xác định được hình chiếu của hợp lực, kết hợp với các công thức trên, ta có thể xác định được véc tơ hợp lực \vec{R} của hệ lực phẳng đồng qui một cách dễ dàng.

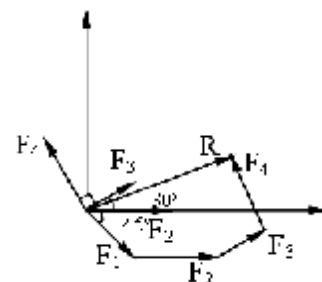
Về trị số: $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

Về phương chiều:

$$\cos\alpha = \frac{R_x}{R}; \quad \sin\alpha = \frac{R_y}{R};$$



Hình 1.23



Hình 1.24

Thí dụ: Cho một hệ lực phẳng đồng qui như hình vẽ 1-24 có: $F_1 = 350\text{N}$; $F_2 = 400\text{N}$; $F_3 = 300\text{N}$; $F_4 = 400\text{N}$. Hãy xác định trị số và phương chiều của hợp lực \vec{R} của hệ lực đó.

Bài giải:

Lập bảng hình chiếu của các lực lên các trục toạ độ.

	\vec{F}_1	\vec{F}_2	\vec{F}_3	\vec{F}_4
X	$F_1 \cos 45^\circ$	F_2	$F_3 \cos 30^\circ$	$-F_4 \cos 60^\circ$
Y	$-F_1 \sin 45^\circ$	0	$F_3 \sin 30^\circ$	$F_4 \sin 60^\circ$

Ta có:

$$R_x = \sum X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = F_1 \cos 45^\circ + F_2 + F_3 \cos 30^\circ - F_4 \cos 60^\circ$$

$$= 350 \cdot \sqrt{2}/2 + 400 + 300 \cdot \sqrt{3}/2 - 400 \cdot 1/2 = 708\text{N}$$

$$R_y = \sum Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 = -F_1 \sin 45^\circ + 0 + F_3 \sin 30^\circ + F_4 \sin 60^\circ$$

$$= 350 \cdot \sqrt{2}/2 + 300 \cdot 1/2 - 400 \cdot \sqrt{3}/2 = 248\text{N}$$

Do đó hợp lực có trị số:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{708^2 + 248^2} = 750\text{N}$$

Và phương xác định bởi: $\cos \alpha = \frac{R_x}{R} = 708/750 = 0,94$

$$\sin \alpha = \frac{R_y}{R} = 248/750 = 0,331 \text{ Hay } \alpha = 20^\circ$$

c. Điều kiện cân bằng của một hệ lực phẳng đồng qui theo giải tích.

Khi khảo sát một hệ lực phẳng đồng qui theo phương pháp giải tích, \vec{R} xác định qua các hình chiếu:

$$R_x = X_1 + X_2 + \dots + X_n = \sum_{i=1}^n X_i$$

$$R_y = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i$$

Muốn hệ cân bằng phải có $R = 0$, nhưng như đã biết, một lực chỉ bằng không khi tất cả các hình chiếu của nó lên các trục toạ độ đều bằng không, nghĩa là:

$$R_x = R_y = 0$$

Như thế hệ lực phải thoả mãn điều kiện:
$$\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \end{cases}$$

Vậy, điều kiện cần và đủ để một hệ lực phẳng đồng qui cân bằng là tổng đại số hình chiếu các lực của hệ lực đó lên hai trục toạ độ đều bằng không.

Các phương trình trên được gọi là các phương trình cân bằng của hệ lực phẳng đồng qui.

Thí dụ: Một sợi dây ABCD một đầu buộc tại điểm A đầu kia vắt qua ròng dọc C (H2.10). Tại điểm B tác dụng một lực \vec{F} để giữ cho vật nặng P có khối lượng $m = 60\text{kg}$ treo ở D được cân bằng. Xác định phản lực của dây AB và trị số của lực \vec{F} . Cho biết $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 30^\circ$, bỏ qua ma sát của ròng dọc.

Bài giải:

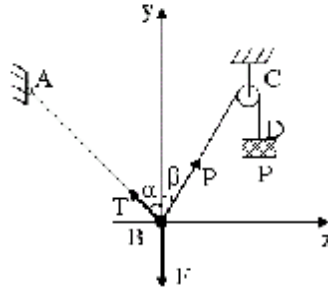
Xét sự cân bằng của nút B. Nó chịu tác dụng của ba lực phẳng đồng qui cân bằng là $\vec{P}, \vec{T}, \vec{F}$.

\vec{P} - Phản lực của dây BC nằm theo phương của dây, về trị số bằng trọng lượng của vật nặng.

$$P = m \cdot g = 60 \cdot 10 = 600\text{N}$$

\vec{F} - Lực đặt vào B, nằm theo phương thẳng đứng.

\vec{T} - Phản lực của dây AB, nằm theo phương của dây và hướng từ B đến A.



Hình 1.25

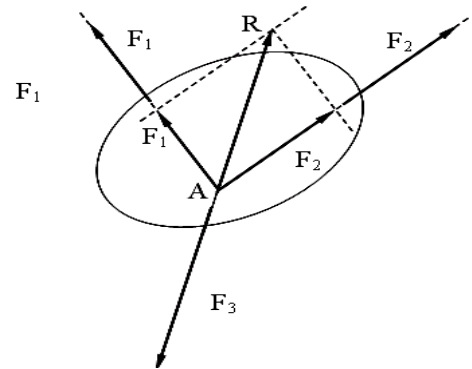
Đặt vào B một hệ trục vuông góc xoy như hình vẽ và lập bảng hình chiếu các lực lên trên hệ trục đó:

	\vec{F}	\vec{P}	\vec{T}
	0	$P \sin 30^\circ$	$-T \sin 45^\circ$
	-F	$P \cos 30^\circ$	$T \cos 45^\circ$

1.2.7.4 Định lý về ba lực phẳng không song song cân bằng nhau

Định lý: Nếu ba lực không song song cùng nằm trên một mặt phẳng mà cân bằng nhau thì đường tác dụng của chúng đồng qui tại một điểm.

Chứng minh: Giả sử có ba lực phẳng không song song cân bằng là $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ đặt tại các điểm A_1, A_2 và A_3 (hình 1.26).



Hình 1.26

Vì các lực không song song với nhau, nên đường tác dụng của các lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 cắt nhau tại một điểm, chẳng hạn điểm A. Trượt các lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 về A và hợp lại ta được hợp lực \vec{R} : $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$$\text{Do đó: } !(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3) \Leftrightarrow (\vec{R}, \vec{F}_3)$$

Như vậy vật chịu tác dụng bởi hai lực cân bằng là \vec{R} và \vec{F}_3 . Theo nguyên lý hai lực cân bằng chúng phải trực đối nhau và rõ ràng đường tác dụng của \vec{F}_3 cũng đi qua A.

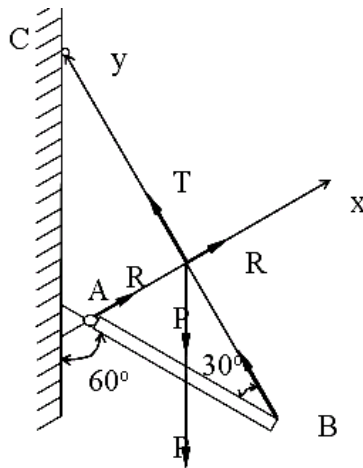
Cần chú ý là định lý này không có phần đảo vì khi có hệ ba lực đồng qui thì hệ đó chưa chắc đã cân bằng.

Thí dụ: Một thanh AB có khối lượng 2kg bắt bản lề cố định ở đầu A, còn đầu B thì treo bởi dây BC (hình 1.26). Xác định phản lực tại bản lề A và dây BC khi thanh AB có vị trí như hình vẽ.

Bài giải:

Xét sự cân bằng của thanh AB dưới tác dụng của trọng lực P, sức căng T của sợi dây và phản lực R của gối đỡ bản lề cố định tại A và P: hướng thẳng đứng từ trên xuống, về trị số:

$$P = mg = 2 \cdot 10 = 20\text{N}.$$



Hình 1.27

R: đặt tại A nhưng chưa biết phương chiều.

Để xác định phương của nó ta ứng dụng định lý ba lực phẳng không song song cân bằng nhau. Nhìn vào hình vẽ ta thấy hai lực P và T có đường tác dụng cắt nhau tại O là trung điểm của BC, nên đường tác dụng của R cũng phải đi qua O. Trượt các lực về điểm O và đặt vào O một hệ trục tọa độ xOy như hình vẽ và lập bảng hình chiếu các lực:

	P	T	R
X	$-P\cos 60^\circ$	0	R
Y	$-P\cos 30^\circ$	T	0

Viết phương trình cân bằng cho hệ lực đồng qui này:

$$\Sigma X = R - P\cos 60^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = T - P\cos 30^\circ = 0$$

Giải ra ta được:

$$T = P \cos 30^\circ = 20 \cdot \sqrt{3}/2 \approx 17,32 \text{N}$$

$$R = P \cos 60^\circ = 20 \cdot 1/2 = 10 \text{N}$$

1.2.7.5 Phương pháp giải bài toán hệ lực phẳng đồng qui

Việc giải một bài toán tĩnh học không chỉ là áp dụng công thức một cách đơn thuần mà đòi hỏi phải biết nhìn nhận, phân tích và giải quyết vấn đề một cách sâu sắc, chặt chẽ, chính xác. Trình tự giải có thể tiến hành theo các bước sau:

a. Phân tích bài toán.

* *Chọn vật cân bằng*: tùy theo từng bài toán cụ thể ta cần xét xem nên khảo sát sự cân bằng của vật nào. Thường nên chọn vật có lực phải tìm.

* *Đặt lực*: sau khi chọn vật cân bằng, cần cô lập nó khỏi liên kết với các vật xung quanh và đặt đầy đủ lực mà nó chịu tác dụng. Thường ta chia lực tác dụng ra làm hai loại:

+ Lực cho trước.

+ Lực liên kết: Phản lực ở những mối liên kết của vật cân bằng với các vật xung quanh.

Cần phải đặc biệt chú ý các lực liên kết, xem vật cân bằng liên kết với các vật xung quanh ở bao nhiêu nơi, mỗi nơi chịu một phản lực liên kết. Không để sót và không đặt sai, nhất là phương của lực.

Khi đã xét đầy đủ lực đặt lên vật cân bằng, ta đã rút ra được một hệ lực cân bằng.

b. Giải bài toán.

* *Thành lập các phương trình cân bằng*: vì vật đang xét là vật cân bằng, nên hệ lực đặt lên nó là một hệ lực cân bằng. Do đó, tùy theo hệ lực ta có thể lập các phương trình cân bằng mà hệ lực đó thỏa mãn.

* *Giải các phương trình cân bằng*: từ phương trình cân bằng ta tìm lời giải.

Khi giải xong phải nhận định các kết quả và liên hệ xem có phù hợp với thực tế không để trả lời đúng đắn các câu hỏi của bài toán.

Kết quả giải đúng hay sai phụ thuộc rất nhiều ở bước phân tích. Vì thế cần quan niệm bài toán và từng việc làm một cách chặt chẽ rõ ràng, chính xác. Mỗi công thức, mỗi lý do dẫn ra đều phải có căn cứ.

Sau khi phân tích các lực đặt vào vật cân bằng, nếu các lực đó có đường tác dụng đều nằm trong một mặt phẳng và đồng qui tại một điểm ta có bài toán hệ lực phẳng đồng qui.

Bài toán thường gặp là: có hệ lực phẳng đồng qui cân bằng, trong đó có hai lực chỉ mới biết phương hoặc có một lực chưa biết cả phương lẫn trị số, cần xác định các lực đó.

Có hai điều kiện cân bằng cụ thể: hình học và giải tích. ở đây chỉ đưa ra phương pháp giải tích:

+ Chọn hệ trục tọa độ.

+ Tìm góc hợp bởi mỗi lực với các trục.

- + Tìm hình chiếu của mỗi lực lên các trục toạ độ.
- + Lập hai phương trình cân bằng $\Sigma X = 0$; $\Sigma Y = 0$ và giải các phương trình này.

Nếu trong kết quả giải được từ các phương trình trên, giá trị của lực chưa biết nào đó là a mm thì lực đó có chiều ngược với chiều mà ta chọn trong khi lập phương trình cân bằng. Qua đó ta thấy, khi giải bằng phương pháp giải tích cần thận trọng về dấu và xác định hình chiếu của lực lên trên trục phải thành thạo.

1.2.8 Hệ lực phẳng song song

Hệ lực phẳng song song là hệ lực mà đường tác dụng của các lực thành phần đều nằm trong một mặt phẳng và song song với nhau.

Trong thực tế hệ lực phẳng song song ta cũng gặp khá phổ biến như: áp lực của nước vào thành bể, xe cần trục đặt trên đường ray thẳng...

1.2.8.1 Hợp hai lực song song

a. Hợp hai lực song song cùng chiều.

Giả sử xét một vật rắn chịu tác dụng của hai lực song song cùng chiều \vec{F}_1, \vec{F}_2 đặt tại A và B như hình 1.28. Ta cần tìm hợp lực của chúng.

Muốn vậy ta biến hệ lực song song này thành hệ lực đồng qui bằng cách đặt vào A và B hai lực cân bằng \vec{S}_1 và \vec{S}_2 nằm trên phương AB.

Theo nguyên lý thêm hoặc bớt một hệ lực cân bằng, tác dụng của \vec{F}_1 và \vec{F}_2 vẫn không thay đổi, tức là:

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2) \Leftrightarrow (\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{S}_1, \vec{S}_2)$$

Hợp lần lượt từng cặp lực đồng qui tại A và B được:

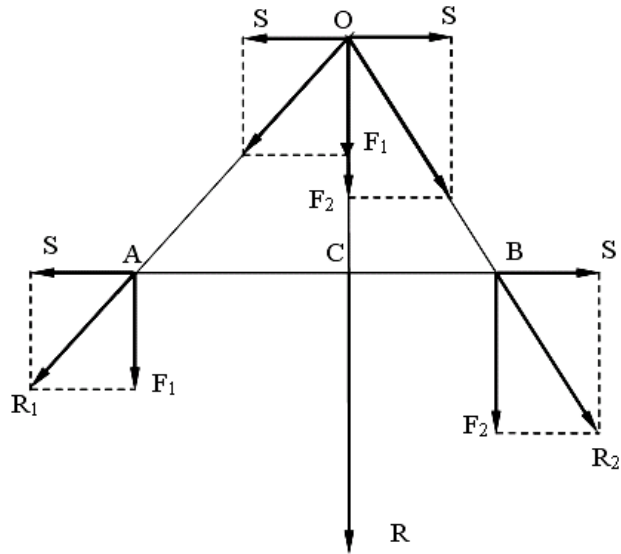
$$\vec{S}_1 + \vec{F}_1 = \vec{R}_1$$

$$\vec{S}_2 + \vec{F}_2 = \vec{R}_2$$

Như vậy:

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

Hai lực \vec{R}_1, \vec{R}_2 không song song, trượt



Hình 1.28

chúng đến điểm đồng qui O và phân tích ra các thành phần như lúc đầu:

\vec{F}_1 và \vec{F}_2 cho ta hợp lực \vec{R} cùng chiều với chúng: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

\vec{S}_1 và \vec{S}_2 cân bằng nhau, ta có thể bỏ đi.

Do đó: $(\vec{R}_1, \vec{R}_2) = \vec{R}$

Như thế: $\vec{R} = (\vec{F}_1, \vec{F}_2)$

Tức là hai lực song song cùng chiều có một hợp lực \vec{R} song song và cùng chiều với chúng và có trị số:

$$R = F_1 + F_2 \quad (1-3)$$

Trượt R trên đường tác dụng của nó đến điểm C nằm trên đoạn AB . Ta cần xác định vị trí điểm C này của hợp lực R . Do các tam giác đồng dạng OAC và OBC , ta có:

$$\frac{CA}{CO} = \frac{S}{F_1} \quad (a) \quad \text{và} \quad \frac{CB}{CO} = \frac{S}{F_2} \quad (b)$$

Chia (a) cho (b) ta được:
$$\frac{CA}{CB} = \frac{F_2}{F_1} \quad (1-4)$$

Hai đẳng thức (1-3) và (1-4) cho ta xác định hợp lực của hai lực song song cùng chiều.

Vậy: Hợp hai lực song song cùng chiều tác dụng lên một vật rắn được một lực song song và cùng chiều với hai lực thành phần, có trị số bằng tổng trị số của hai lực thành phần và đặt tại điểm chia trong của đoạn thẳng nối điểm đặt của hai lực thành phần.

Do tính chất của tỷ lệ thức ta còn có thể viết (1-4) dưới dạng khác:

$$\frac{CA}{F_2} = \frac{CB}{F_1} = \frac{AB}{R} \quad (1-5)$$

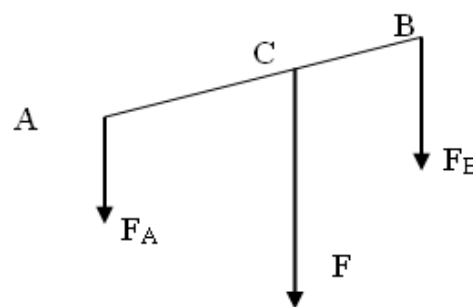
b. Phân tích một lực ra làm hai lực song song cùng chiều.

Giả sử có một lực \vec{F} cần phân tích thành hai lực song song cùng chiều là \vec{F}_A, \vec{F}_B đặt tại A và B (hình 1.29).

Muốn vậy, ta nối AB , nó cắt đường tác dụng của lực \vec{F} tại C . Gọi $CA = a$, $CB = b$ và $AB = l$, ta có:

$$F_A = F \cdot \frac{b}{l}; \quad F_B = F \cdot \frac{a}{l}$$

Đặc biệt: nếu $a = b$ thì $F_A = F_B$.



Hình 1.29

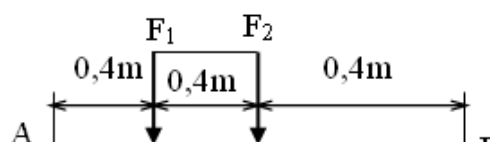
Thí dụ: Tìm áp lực thẳng đứng của dầm lên các gối đỡ A và B . Dầm chịu tác dụng của các tải trọng $F_1 = F_2 = 800\text{N}$. Bỏ qua trọng lượng của dầm. Các kích thước cho trên hình 1.30.

Bài giải:

Trước hết hợp hai lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 ta được \vec{R} có trị số: $R = F_1 + F_2 = 800 + 800 = 1600\text{N}$.

Điểm đặt tại C ở chính giữa đoạn thẳng nối điểm đặt hai lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 . Ta chỉ cần phân \vec{R} thành hai thành phần \vec{R}_A và \vec{R}_B đặt tại hai đầu A và B của dầm.

Từ biểu thức (1-5) có:



$$\frac{CB}{R_A} = \frac{AB}{R} \text{ Do đó:}$$

$$R_A = R \cdot \frac{CB}{AB} = 1600 \cdot \frac{1}{1,6} = 1000\text{N}$$

$$\text{và } \frac{CA}{R_B} = \frac{AB}{R} \text{ Do đó:}$$

$$R_B = R \cdot \frac{CA}{AB} = 1600 \cdot \frac{0,6}{1,6} = 600\text{N}$$

Hình 1.30

Vậy, áp lực của dầm lên các gối đỡ A và B lần lượt là 1000N và 600N.

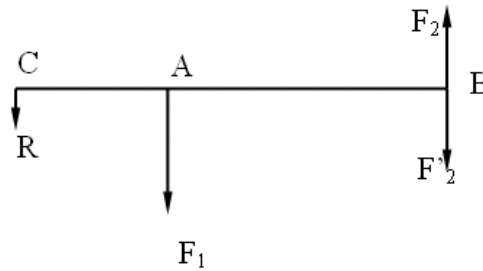
c. *Hợp hai lực song song ngược chiều.*

Giả sử có hai lực song song ngược chiều \vec{F}_1, \vec{F}_2 ($F_1 > F_2$) đặt tại A và B, ta cần tìm hợp lực của chúng (hình. 1.31)

Muốn vậy, ta thay thế lực \vec{F}_1 bằng hai lực khác song song cùng chiều tương đương với nó: Lực \vec{F}'_2 đặt tại B trực đối với lực \vec{F}_2 và lực \vec{R} đặt tại điểm C nào đó.

$$\text{Nhu thế: } (\vec{F}_1, \vec{F}_2) \equiv (\vec{F}'_2, \vec{R})$$

Nhưng \vec{F}'_2 và \vec{F}_2 cân bằng nhau, ta có thể bớt đi, do vậy: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2) \equiv \vec{R}$
 \vec{R} chính là hợp lực của hai lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 .

**Hình 1.31**

Chúng ta hãy xác định trị số và điểm đặt của \vec{R} Do \vec{F}_1 phân ra hai lực song song cùng chiều là \vec{F}'_2 và \vec{R} , nên theo (1-3) ta có:

$$F_1 = F'_2 + R = F_2 + R$$

$$\text{Vì thế: } R = F_1 - F_2 \quad (1-6)$$

$$\text{Và theo (1-4) ta có: } \frac{CA}{CB} = \frac{F_2}{F_1} \quad (1-7)$$

Hai đẳng thức (1-6) và (1-7) cho ta xác định hợp lực của hai lực song song ngược chiều.

Vậy, *Hợp hai lực song song ngược chiều thì được một lực song song cùng chiều với lực lớn hơn, có trị số bằng hiệu trị số của hai lực và đặt tại điểm C là điểm chia ngoài của đoạn thẳng nối điểm đặt hai lực thành phần.*

Ta có thể viết (1-7) dưới dạng:

$$\frac{CA}{F_2} = \frac{CB}{F_1} = \frac{AB}{R} \quad (1-8)$$

1.2.8.2 Hợp nhiều lực song song, tâm hệ lực song song

a. *Hợp nhiều lực song song.*

Nếu có nhiều lực song song ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$) thì bằng cách lần lượt hợp từng cặp lực một, cuối cùng ta cũng sẽ được một hợp lực \vec{R} có phương song song với các lực thành phần, có trị số bằng tổng đại số trị số các lực thành phần và đặt tại điểm được xác định bằng cách dựa vào các công thức (1-4), (1-7) tìm lần lượt được các điểm C_1, C_2, \dots và cuối cùng là C .

b. *Tâm hệ lực song song.*

Nếu ta vẫn giữ nguyên điểm đặt và trị số của các lực, nhưng thay đổi phương song song của chúng bằng cách quay hệ lực cùng một góc quanh các điểm đặt của chúng (1.30). Khi đó tất nhiên hợp lực \vec{R} cũng đổi phương và song song với các lực mới, mặt khác vì vị trí điểm đặt của các lực không đổi, nên điểm đặt C của hợp lực \vec{R} khi đã đổi phương vẫn không thay đổi.

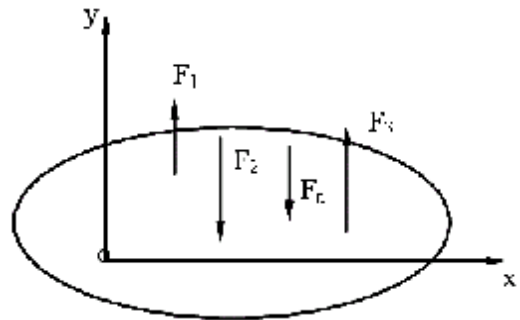
Như vậy, khi có một hệ lực song song, dù quay hệ như thế nào thì hợp lực của hệ vẫn có đường tác dụng đi qua một điểm C cố định. Điểm C như vậy được gọi là tâm của hệ lực song song và xác định tâm của hệ lực song song chính là đi xác định điểm đặt của hợp lực của hệ lực dù cho hệ có vị trí như thế nào.

1.2.8.3 Điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng song song

Giả sử có một hệ lực phẳng song song ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$) tác dụng lên một vật rắn (hình 1.32).

Chọn trục Oy song song với phương các lực. Vì hệ lực phẳng song song chỉ là một trường hợp đặc biệt của hệ lực phẳng bất kỳ, nên khi vật cân bằng ta có thể áp dụng điều kiện cân bằng dạng cơ bản:

$$\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \\ \sum m_o(\vec{F}) = 0 \end{cases}$$



Hình 1.32

Nhưng $\sum X = 0$ là một điều kiện hiển nhiên vì theo giả thiết các lực đều thẳng góc với trục Ox . Như vậy chỉ cần phải có:

$$\begin{cases} \sum Y = 0 \\ \sum m_o(\vec{F}) = 0 \end{cases} \quad (1-9)$$

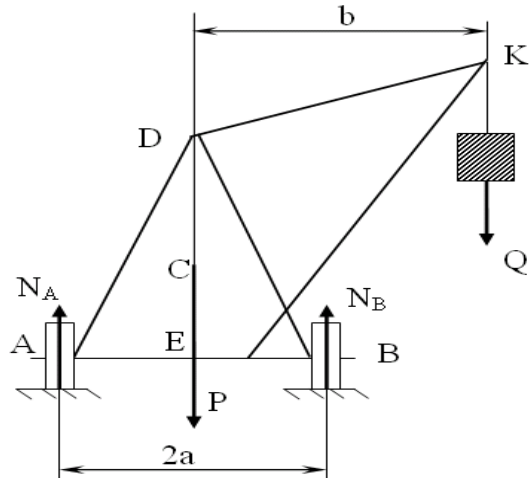
Vậy, điều kiện cần và đủ để một hệ lực phẳng song song tác dụng vào một vật rắn được cân bằng là hình chiếu của các lực lên trục Oy song song với phương các lực và tổng đại số mô men của các lực lấy đối với một điểm O bất kỳ trên mặt phẳng các lực đều phải bằng không.

Thí dụ : Xác định phản lực của đường ray tác dụng lên hai bánh xe A và B của một cần trục có sơ đồ như hình 1.33. Khối lượng của cần trục là $m = 4000\text{kg}$, trọng tâm cần trục nằm trên đường DE , khối lượng của vật nâng $m_1 = 1000\text{kg}$, cánh tay đòn làm việc $b = 3,5\text{m}$, khoảng cách $AB = 2a = 2,5\text{m}$.

Bài giải:

Xét sự cân bằng của cần trục.
Nó chịu tác dụng của hệ lực song song cân bằng:

$$(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{N}_A, \vec{N}_B) \equiv 0$$



Hình 1.33

Trong đó:

\vec{P} - Trọng lượng của cần trục.

$$P = m.g = 4000.10 = 40.000\text{N}$$

\vec{Q} - Trọng lượng của vật nâng

$$Q = m_1.g = 1000.10 = 10.000\text{N}$$

\vec{N}_A, \vec{N}_B - Phản lực của đường ray lên hai bánh xe A và B của cần trục, chúng thẳng góc với mặt phẳng nằm ngang của đường ray. Chọn trục y song song với phương các lực.

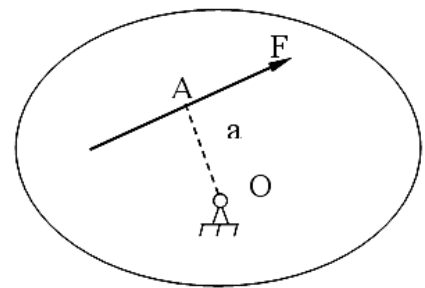
Theo điều kiện cân bằng ta có:

1.3 MÔ MEN

1.3.1 Mô men của một lực đối với một điểm.

1.3.1.1 Định nghĩa

Khi đặt lực \vec{F} vào vật rắn có một điểm O cố định thì vật sẽ quay quanh O (hình 1.34). Quan sát kỹ ta thấy tác dụng quay của \vec{F} phụ thuộc vào trị số của lực và vào vị trí của lực đối với điểm O, cụ thể là phụ thuộc vào khoảng cách a từ điểm cố định O đó đến đường tác dụng của lực, khoảng cách a này được gọi là cánh tay đòn của lực. Từ đó ta có khái niệm về mô men là đại lượng đặc trưng cho tác dụng quay của lực đối với một điểm và được định nghĩa như sau:



Hình 1.34

Mô men của một lực đối với một điểm là tích số giữa trị số của lực với cánh tay đòn của lực đối với điểm đó.

$$m_o(\vec{F}) = \pm F.a$$

Trong đó: $m_o(\vec{F})$ là ký hiệu mô men của lực \vec{F} đối với điểm O.

Điểm O gọi là tâm mô men.

Nếu vật có khuynh hướng làm cho vật quay ngược chiều kim đồng hồ quanh tâm thì được coi là dương và ngược lại.

Theo hình 1.35 ta có:

Mô men của lực \vec{F} đối với tâm

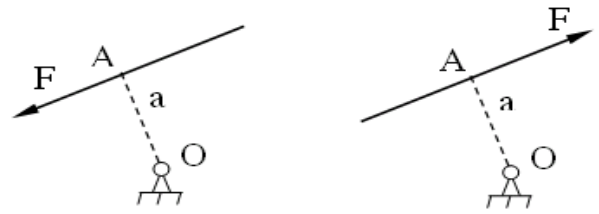
O là:

$$m_o(\vec{F}) = +F \cdot a$$

Mô men của lực \vec{F}_1 đối với tâm O là:

$$m_o(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot a_1$$

Đơn vị của mô men được đo bằng Nm.



Hình 1.35

1.3.1.2 Nhân xét

Từ hình 1.33 ta thấy:

+ Trị số tuyệt đối của mô men của lực \vec{F} đối với tâm O bằng hai lần diện tích tam giác AOB tạo thành do lực và tâm mô men:

$$|m_o(\vec{F})| = 2S(\triangle AOB)$$

+ Nếu đường tác dụng của lực đi qua tâm lấy mô men ($a = 0$) thì mô men của lực đó đối với tâm O là bằng không.

1.3.2 Mô men của một hợp lực lấy đối với một điểm

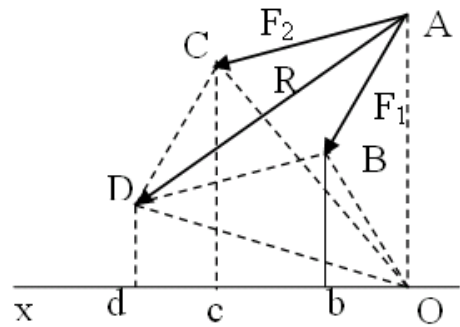
Định lý Va ri nhông: Mô men của hợp lực của một hệ lực phẳng đối với một điểm bất kỳ bằng tổng đại số mô men của các lực thành phần đối với điểm ấy.

$$m_o(\vec{R}) = \sum m_o(\vec{F}_i)$$

Chứng minh:

1.3.2.1. Trường hợp hệ là hai lực đồng qui

Giả sử có hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 đồng qui tại A và một điểm O bất kỳ trong mặt phẳng của hai lực này (hình 1.36). Gọi \vec{R} là hợp lực của chúng, ta phải chứng minh:



Hình 1.36

$$m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$$

Thật vậy, nối OA, từ O kẻ đường thẳng Ox thẳng góc với A, rồi từ các điểm mút B, C và D của hai lực trên và \vec{R} hạ các đường Bb, Cc, Dd thẳng góc với Ox. Mô men của các lực \vec{F}_1 , \vec{F}_2 và \vec{R} đối với điểm O là:

$$m_o(\vec{F}_1) = 2S(\triangle OAB) = OA \cdot Ob$$

$$m_o(\vec{F}_2) = 2S(\triangle OAC) = OA \cdot Oc$$

$$m_o(\vec{R}) = 2S(\triangle OAD) = OA \cdot Od$$

Theo hình vẽ ta có:

$$Od = Ob + bd = Ob + Oc$$

Vì $Oc = bd$ (đều là hình chiếu của hai đoạn thẳng song song, bằng nhau AC và BD lên đường thẳng \tilde{o})

Do đó ta có thể viết:

$$m_o(\vec{R}) = OA.Od = OA(Ob + Oc) = OA.Ob + OA.Oc$$

Tức ta có: $m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$

1.3.2.2 Trường hợp hệ là hai lực

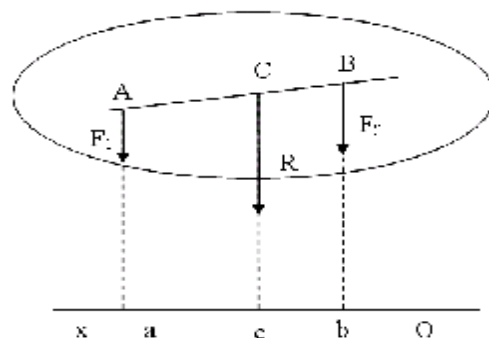
song song.

Giả sử có hai lực song song \vec{F}_1 và \vec{F}_2 đặt tại A và B và một điểm O bất kỳ trong mặt phẳng của hai lực này (hình 1.37). Gọi \vec{R} là hợp lực của chúng.

Ta phải chứng minh:

$$m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$$

Thật vậy, từ O kẻ đường \tilde{o} thẳng góc với đường tác dụng của các lực này



Hình 1.37

Ta có:

$$m_o(\vec{F}_1) = F_1.Oa$$

$$m_o(\vec{F}_2) = F_2.Ob$$

$$m_o(\vec{R}) = R.Oc$$

Mà $R = F_1 + F_2$, $Oc = Ob + bc$

Nên $m_o(\vec{R}) = (F_1 + F_2)(Ob + bc) = F_1.Ob + F_1.bc + F_2.Ob + F_2.bc$

Vì: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{BC}{AC} = \frac{bc}{ca}$

Hay $F_1.ca = F_2.bc$

Suy ra: $m_o(\vec{R}) = F_1.Oa + F_2.Ob$

Tức ta có: $m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$

1.3.2.3 Trường hợp hệ gồm nhiều lực phẳng bất kỳ

(học sinh tự chứng minh).

Qua định lý này ta thấy rõ khi cần tìm mô men của một hệ lực đối với một điểm nào đó, ta chỉ cần tìm mô men của hợp lực của hệ lực đối với điểm đó hoặc ngược lại.

1.3.3 Điều kiện cân bằng của đòn và vật lật

1.3.3.1 Điều kiện cân bằng của đòn

Đòn là một vật rắn có thể quay quanh một trục cố định và chịu tác dụng của những lực nằm trong một mặt phẳng thẳng góc với trục đó. Giao điểm giữa trục và mặt phẳng của lực gọi là điểm tựa của đòn (hình 1.38)

Vì đòn có thể quay quanh điểm tựa, nên đòn chỉ cân bằng khi hợp lực \vec{R} của các lực đi qua điểm tựa đó, nghĩa là ta phải có:

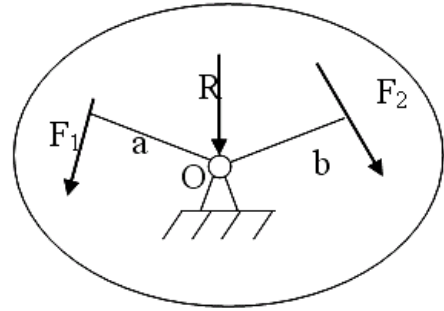
$$m_o(\vec{R}) = 0$$

Nhưng theo định lý trên:

$$m_o(\dot{R}) = \sum m_o(\dot{F})$$

Do đó: $m_o(\dot{F}) = 0$

Vậy, điều kiện cân và đủ để cho một đòn cân bằng là tổng đại số mô men của các lực tác dụng lên đòn đối với điểm tựa của nó bằng không.



Hình 1.38

1.3.3.2 Điều kiện cân bằng của vật lật

Ta đã thấy sự cân bằng của đòn phụ thuộc vào hệ lực đã cho tác dụng lên nó. Vật lật cũng có tình trạng tương tự.

Ta gọi vật lật, những vật mà do tác dụng của hệ lực đã cho có thể xảy ra hiện tượng mất cân bằng bằng cách đổ quanh một điểm tựa nào đó của nó.

Lực \dot{P} và \dot{G} gây ra tác dụng quay đổ quanh A, mô men của chúng được gọi là mô men lật đổ (hình 1.39).

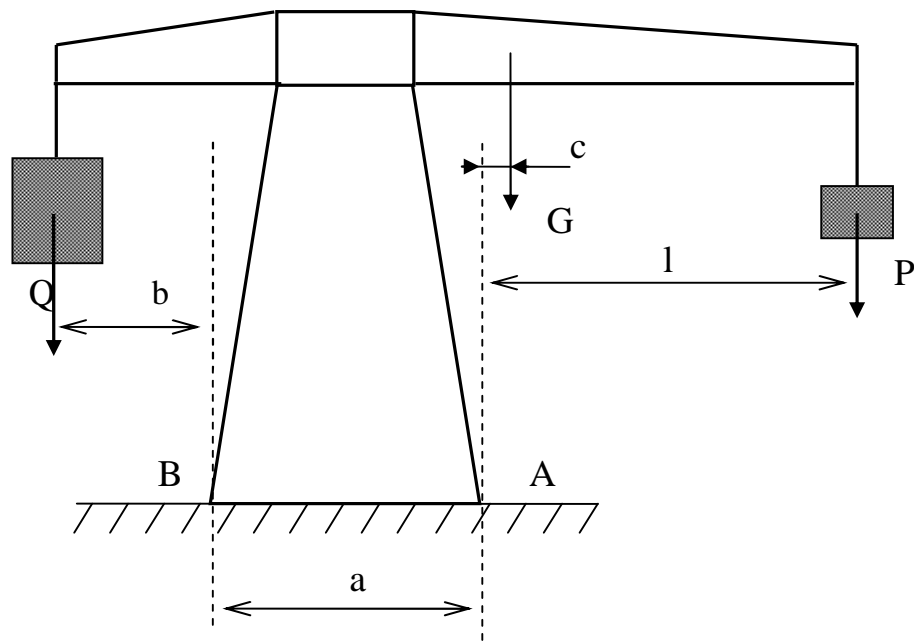
$$M_{ld} = P.l + G.c$$

Lực \dot{Q} có tác dụng giữ cho vật khỏi đổ, mô men của nó được gọi là mô men ổn định.

$$M_{od} = Q(a + b)$$

Vậy, điều kiện cân bằng của vật lật là: Muốn cho vật lật được cân bằng ổn định thì mô men ổn định phải lớn hơn mô men lật đổ.

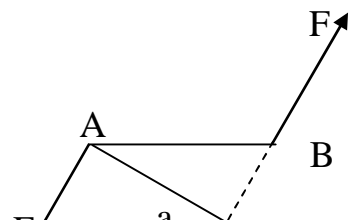
$$M_{od} > M_{ld}$$



Hình 1.39

1.3.4 Ngẫu lực

1.3.4.1 Định nghĩa



Trong trường hợp hệ lực phẳng song song, trị số hợp lực của hai lực song song ngược chiều được xác định bởi công thức:

$$R = F_1 - F_2$$

Trường hợp đặc biệt, nếu hai lực song song ngược chiều, nhưng chúng cùng trị số (hình 1.40) thì rõ ràng hệ hai lực này không có hợp lực vì:

$$R = F_1 - F_2 = 0$$

Khi đó, tuy hệ không có hợp lực, nhưng vì hai lực của hệ không cùng đường tác dụng nên chúng vẫn không cân bằng mà chúng có tác dụng làm cho vật quay. Cặp lực như thế được gọi là ngẫu lực và ta có định nghĩa:

Hệ gồm hai lực song song ngược chiều có trị số bằng nhau và không cùng đường tác dụng gọi là ngẫu lực.

Kí hiệu của ngẫu lực là (\vec{F}_1, \vec{F}_2)

Khoảng cách giữa hai đường tác dụng lực gọi là cánh tay đòn của ngẫu lực.

1.3.4.2 Các yếu tố của ngẫu lực

Một ngẫu lực được xác định bởi các yếu tố sau:

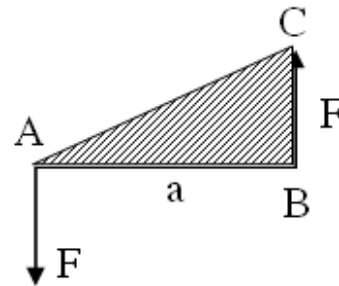
+ Mặt phẳng tác dụng của ngẫu lực: Là mặt phẳng chứa các lực của ngẫu lực. Ngẫu lực làm cho vật quay quanh trục thẳng góc với mặt phẳng tác dụng của nó.

+ Chiều quay của ngẫu lực: là chiều quay của vật dưới tác dụng của ngẫu lực. Chiều quay của ngẫu lực biết được bằng cách đi vòng từ lực này đến lực kia theo chiều của lực.

+ Trị số mô men: Tích số giữa độ lớn của lực và cánh tay đòn gọi là trị số mô men của ngẫu lực, ký hiệu là m :

$$m = F \cdot a$$

+ Trị số mô men biểu thị cho cường độ của ngẫu lực, nhìn hình vẽ (hình 1.41) ta thấy trị số tuyệt đối của mô men ngẫu lực bằng hai lần diện tích tam giác được hợp bởi một lực của ngẫu lực và điểm đặt của lực kia. $M = 2S$ (ΔABC).

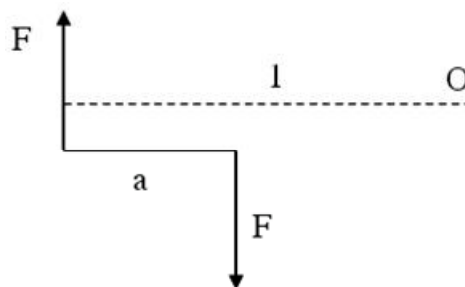


Hình 1.41

1.3.4.3 Định lý.

Tổng đại số mô men của hai lực hợp thành một ngẫu lực đối với các điểm bất kỳ trên vật là một đại lượng không đổi và bằng mô men của ngẫu lực đó.

$$\sum m_o(\vec{F}) = -Fl + F(l - a) = -Fa = m$$



Hình 1.42

1.4 CHUYỂN ĐỘNG CƠ BẢN CỦA CHẤT ĐIỂM

1.4.1 Những khái niệm cơ bản

1.4.1.1 Chuyển động và hệ qui chiếu

Các hiện tượng tự nhiên có muôn hình muôn vẻ. Một trong những loại hiện tượng phổ biến là chuyển động của các vật thể. Chuyển động là một khái niệm cơ bản của cơ học mô tả sự thay đổi vị trí của vật thể này so với vật thể khác theo thời gian.

Định nghĩa: Chuyển động của một vật thể là sự thay đổi vị trí của vật thể đó đối với các vật thể khác trong không gian và theo thời gian.

Muốn xác định vị trí của một vật thể trong không gian ta phải tìm những khoảng cách từ vật đó tới một vật hay một hệ vật khác mà ta qui ước là đứng yên. Vật hay một hệ vật khác mà ta qui ước là đứng yên dùng làm mốc để xác định vị trí của các vật trong không gian gọi là hệ qui chiếu. Để xác định thời gian của vật khi chuyển động, ta gắn vào hệ qui chiếu một cái đồng hồ. Khi một vật chuyển động thì những khoảng cách từ vật đó đến hệ qui chiếu thay đổi theo thời gian.

Sự chuyển động hay đứng yên của vật thể chỉ mang tính tương đối, tùy thuộc vào hệ qui chiếu đã chọn. Một vật có thể là chuyển động đối với hệ qui chiếu này nhưng có thể là đứng yên đối với hệ qui chiếu khác.

1.4.1.2 Chất điểm và hệ chất điểm

Chất điểm: là vật mà kích thước của nó nhỏ không đáng kể so với những khoảng cách, những kích thước mà ta đang khảo sát (nhỏ hơn từ vài trăm đến vài ngàn lần). Một vật có thể được xem là chất điểm hoặc không phải là chất điểm phụ thuộc vào độ dài quãng đường chuyển động của vật đó chứ không phụ thuộc vào kích thước của nó.

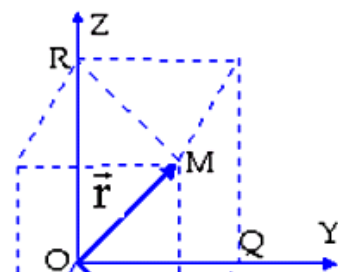
Một tập hợp chất điểm được gọi là *hệ chất điểm*. Vật rắn là một hệ chất điểm trong đó khoảng cách tương hỗ giữa các chất điểm của hệ không thay đổi.

1.4.2 Những đặc trưng cơ bản của chuyển động

1.4.2.1 Phương trình chuyển động của chất điểm

Phương trình chuyển động là hàm số biểu thị sự thay đổi của tọa độ chất điểm theo từng thời gian cụ thể.

Để xác định chuyển động của một chất điểm người ta thường gắn vào hệ qui chiếu một hệ tọa độ. Hệ tọa độ Đề các gồm ba trục Ox , Oy , Oz vuông góc với nhau từng đôi một, O là gốc tọa độ. Vị trí của một chất điểm M trong không gian sẽ



được xác định bởi ba tọa độ x, y, z của nó đối với hệ tọa độ đề các. Ba tọa độ này cũng chính là ba tọa độ của bán kính véc tơ $\vec{OM} = \vec{r}$ trên ba trục.

Khi M chuyển động, các tọa độ x, y, z của nó thay đổi theo thời gian t , nói cách khác x, y, z là hàm của thời gian t :

Hình 1.43

$$\begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \tag{1-10}$$

Hay bán kính véc tơ \vec{r} của chất điểm chuyển động là hàm của thời gian t :

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \tag{1-11}$$

Các phương trình (1-10) và (1-11) gọi là các phương trình chuyển động của chất điểm.

1.4.2.2 Quỹ đạo chuyển động của chất điểm

Quỹ đạo của chất điểm chuyển động là đường đi tạo bởi tập hợp tất cả các vị trí của chất điểm trong không gian, trong suốt quá trình chuyển động. Hay nói cách khác, Quỹ đạo của chất điểm chuyển động là đường đi của nó vạch ra trong không gian khi chuyển động.

1.4.3 Vận tốc

Vận tốc là một đại lượng đặc trưng cho phương, chiều và mức độ nhanh, chậm của chuyển động.

1.4.3.1 Định nghĩa vận tốc

Xét chuyển động của một chất điểm trên đường cong (C) , trên (C) ta chọn một gốc A và một chiều dương. Giả thiết tại thời điểm t , chất điểm ở vị trí M được xác định bởi: $AM' = s$

Tại thời điểm $t' = t + \Delta t$ chất điểm ở vị trí M' xác định bởi: $AM' = s' = s + \Delta s$

Quãng đường chất điểm đi được trong khoảng thời gian Δt là:

$$MM' = s' - s = \Delta s$$

Quãng đường trung bình chất điểm đi được trong đơn vị thời gian $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ gọi là vận tốc trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian Δt , và được ký hiệu là:

$$v_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \tag{1-12}$$

Vận tốc trung bình chỉ đặc trưng cho độ nhanh chậm trung bình của chuyển động chất điểm trên quãng đường MM' . Trên quãng đường này, độ nhanh chậm của chuyển động nói chung là ở mỗi thời điểm là khác nhau. Do đó, để đặc trưng cho độ nhanh chậm của chuyển động tại từng thời điểm, ta phải tính tỷ số $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ trong những khoảng thời gian vô cùng nhỏ.

Theo định nghĩa, khi cho $\Delta t \rightarrow 0$ ($t' \rightarrow t$), tỷ số $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ sẽ dần tới một giới hạn gọi là vận tốc tức thời của chất điểm tại thời điểm t và được ký hiệu là:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1-13)$$

Theo định nghĩa của đạo hàm ta có thể viết:

$$\frac{ds}{dt} \quad (1-14)$$

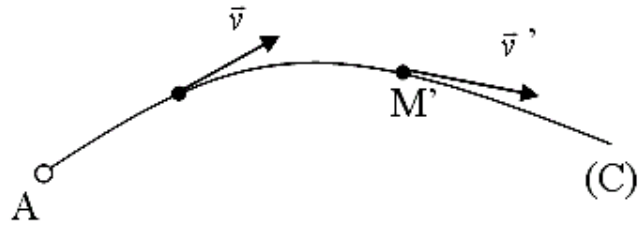
Vậy, vận tốc của chất điểm có giá trị bằng đạo hàm hoành độ cong của chất điểm đối với thời gian.

Nếu ta chọn gốc A là vị trí ban đầu của chất điểm (vị trí lúc $t = 0$) thì $AM = s$ chính là quãng đường chất điểm đi được trong khoảng thời gian từ 0 đến t . Như vậy ta có thể phát biểu:

Vận tốc của chất điểm có giá trị bằng đạo hàm quãng đường đi của chất điểm đối với thời gian.

1.4.3.2 Véc tơ vận tốc

Để đặc trưng một cách đầy đủ cả về phương chiều, độ nhanh chậm của chuyển động, người ta đưa ra một véc tơ gọi là véc tơ vận tốc. Véc tơ vận tốc của chất điểm tại vị trí M nào đó là một véc tơ \vec{v} . Có phương



Hình 1.44

nằm trên tiếp tuyến với quỹ đạo tại M, có chiều theo chiều chuyển động và có giá trị bằng trị tuyệt đối của v .

1.4.4 Gia tốc

1.4.4.1 Định nghĩa và biểu thức của véc tơ gia tốc

Gia tốc là một đại lượng đặc trưng cho sự biến thiên của véc tơ vận tốc.

Giả thiết tại thời điểm t , chất điểm ở vị trí M có véc tơ vận tốc \vec{v} , tại thời điểm $t' = t + \Delta t$, chất điểm ở vị trí M' có véc tơ vận tốc $\vec{v}' = \vec{v} + \Delta \vec{v}$. Trong khoảng thời gian $\Delta t = t' - t$, véc tơ vận tốc của chất điểm biến thiên một lượng:

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}' - \vec{v}$$

Độ biến thiên trung bình của véc tơ vận tốc trong một đơn vị thời gian $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ được gọi là gia tốc trung bình của chuyển động trong khoảng thời gian Δt và được ký hiệu là:

$$\vec{a}_{tb} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (1-15)$$

Cũng lý luận như trường hợp vận tốc, ta thấy rằng muốn đặc trưng cho độ biến thiên của véc tơ vận tốc ở từng thời điểm ta phải xác định tỷ số $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ trong khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ, nghĩa là cho $\Delta t \rightarrow 0$.

Khi $\Delta t \rightarrow 0$ ($t' - t$), tỷ số $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ dần tới một giới hạn gọi là véc tơ gia tốc tức thời của chất điểm tại thời điểm t , và được ký hiệu là:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (1-16)$$

Theo định nghĩa của đạo hàm, ta viết: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ (1-17)

Vậy: Véc tơ gia tốc bằng đạo hàm của véc tơ vận tốc đối với thời gian.

1.4.4.2 Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

Véc tơ gia tốc đặc trưng cho sự biến thiên của véc tơ vận tốc. Sự biến thiên này thể hiện cả về phương, chiều và độ lớn. ở đây ta sẽ phân tích véc tơ gia tốc làm hai thành phần, mỗi thành phần đặc trưng cho sự biến thiên của véc tơ vận tốc riêng về một mặt nào đó.

a. Gia tốc tiếp tuyến.

Ký hiệu là \vec{a}_t : Véc tơ gia tốc tiếp tuyến đặc trưng cho sự biến thiên véc tơ vận tốc về giá trị. Có phương tiếp tuyến với quỹ đạo chuyển động (cùng phương với véc tơ vận tốc), có chiều cùng chiều với chuyển động khi chuyển động nhanh dần ($v' > v$), ngược chiều chuyển động khi chuyển động chậm dần ($v' < v$), có độ lớn bằng đạo hàm của độ lớn vận tốc đối với thời gian.

$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad (1-18)$$

b. Gia tốc pháp tuyến: \vec{a}_n

- Đặc trưng cho sự biến thiên về phương của véc tơ vận tốc. Véc tơ này:
- Có phương trùng với phương pháp tuyến của quỹ đạo (đi qua tâm cong).
- Có chiều hướng về tâm cong (hướng về phía lõm của quỹ đạo).

- Có độ lớn: $a_n = \frac{v^2}{R}$ (1-19)

R là bán kính cong của quỹ đạo.

Từ hai thành phần của gia tốc, ta có thể xác định được gia tốc của chuyển động là:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} \quad (1-20)$$

* *Nhận xét chung:*

- + $a_n = 0$: Véc tơ vận tốc không đổi về phương, chất điểm chuyển động thẳng.
- + $a_t = 0$: Véc tơ vận tốc không đổi về chiều và trị số, chất điểm chuyển động đều (cong, thẳng).
- + $a = 0$: Véc tơ vận tốc không đổi về phương, chiều và trị số, chất điểm chuyển động thẳng đều.

1.4.5 Một số chuyển động đặc biệt

1.4.5.1 Chuyển động thẳng

a. Chuyển động thẳng đều.

$$\text{Phương trình chuyển động: } s = v \cdot t \quad (1-21)$$

$$\text{Vận tốc của chuyển động: } v = \frac{s}{t} \quad (1-22)$$

Gia tốc của chuyển động:

+ Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = 0$ vì v là không đổi.

+ Gia tốc pháp tuyến: $a_n = 0$ vì $R = \infty$.

+ Gia tốc toàn phần: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = 0$

b. Chuyển động thẳng biến đổi đều.

$$\text{Phương trình chuyển động: } s = v_0 \cdot t \pm \frac{at^2}{2} \quad (1-23)$$

Trong trường hợp vật rơi tự do với vận tốc ban đầu bằng không:

$$s = h = \frac{gt^2}{2} \quad (1-24)$$

$$\text{Vận tốc của chuyển động: } \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a} \cdot t \quad (1-25)$$

$$\text{Gia tốc : + Gia tốc tiếp tuyến: } a_t = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (1-26)$$

$$\text{+ Gia tốc pháp tuyến: } a_n = 0 \text{ vì } R = \infty.$$

$$\text{+ Gia tốc toàn phần: } a = a_t \quad (1-27)$$

1.4.5.2 Chuyển động tròn

Chuyển động tròn là chuyển động mà quỹ đạo của chất điểm là một đường tròn tâm O bán kính R nằm trong một mặt phẳng xác định. Trong chuyển động tròn người ta còn dùng các đại lượng là vận tốc góc và gia tốc góc để đặc trưng cho chuyển động.

* *Vận tốc góc*: Có giá trị bằng đạo hàm của góc quay đối với thời gian, ký hiệu: ω (rad/s)

Biểu thức tính:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1-28)$$

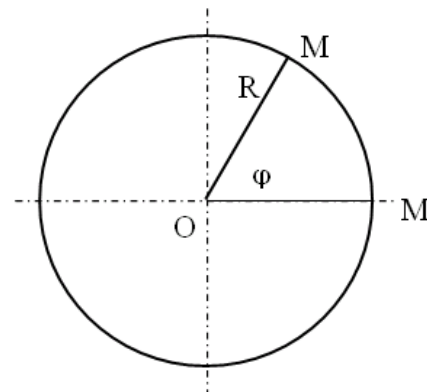
$$\text{Trường hợp chuyển động tròn đều: } \omega = \frac{\varphi}{t} \quad (1-29)$$

* *Liên hệ giữa vận tốc góc và vận tốc dài*:

$$v = R \cdot \omega \quad (1-30)$$

* *Liên hệ giữa vận tốc góc và gia tốc pháp tuyến*:

$$a_n = R \cdot \omega^2 \quad (1-31)$$



Hình 1.45

* *Gia tốc góc*. Biểu thị độ biến thiên của vận tốc góc trong một đơn vị thời gian.

$$\text{Ký hiệu: } \varepsilon \text{ (rad/s}^2\text{)} \quad e = \frac{dw}{dt} \quad (1-32)$$

Gia tốc góc có giá trị bằng đạo hàm của vận tốc góc đối với thời gian.

+ Khi $\varepsilon > 0$ ta có chuyển động tròn nhanh dần.

+ Khi $\varepsilon < 0$ ta có chuyển động tròn chậm dần.

+ Khi $\varepsilon = 0$ ta có chuyển động tròn đều.

Trong trường hợp ε không đổi, ta có chuyển động tròn biến đổi đều. Tương tự như các công thức (1-15), (1-17) ta cũng có các công thức:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon.t \quad (1-33)$$

$$j = w_0.t + \frac{\varepsilon.t^2}{2} \quad (1-34)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\varepsilon.\varphi \quad (1-35)$$

$$\text{Liên hệ giữa gia tốc góc và gia tốc tiếp tuyến: } a_t = R.\varepsilon \quad (1-36)$$

1.5 CHUYỂN ĐỘNG CƠ BẢN CỦA CHẤT RẮN

Chúng ta khảo sát hai dạng chuyển động đơn giản nhất của vật rắn là chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay quanh một trục cố định. Mọi dạng chuyển động phức tạp của vật rắn đều có thể phân tích thành hai dạng chuyển động này. Ngược lại, từ hai dạng chuyển động này có thể tổng hợp thành các dạng chuyển động phức tạp của vật rắn.

1.5.1 Chuyển động tịnh tiến của vật rắn

1.5.1.1 Định nghĩa và ví dụ:

Định nghĩa: Chuyển động tịnh tiến của vật rắn là chuyển động mà mỗi đoạn thẳng thuộc vật luôn luôn song song với vị trí ban đầu của nó.

Thí dụ: Chuyển động của thùng xe trên đoạn đường thẳng, chuyển động của thanh chuyển AB trong cơ cấu bốn khâu có các trục quay O_1A và O_2B bằng nhau là chuyển động tịnh tiến.



Hình 1.46

1.5.1.2. Tính chất của chuyển động

Định lý: Khi vật rắn chuyển động tịnh tiến, quỹ đạo, vận tốc, gia tốc các điểm của vật như nhau (học sinh tự chứng minh).

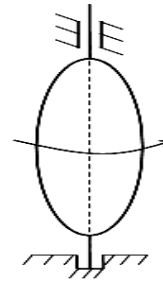
Từ định lý trên ta thấy rằng, việc khảo sát chuyển động tịnh tiến của vật rắn được đưa về khảo sát chuyển động của một điểm bất kỳ thuộc vật.

1.5.2 Chuyển động quay quanh trục cố định của vật rắn

Chuyển động của vật rắn có hai điểm cố định (hình 1.47), do đó có một trục đi qua hai điểm cố định đó, được gọi là chuyển động quay quanh một trục cố định. Trục cố định đó được gọi là trục quay của vật. Khi một vật quay quanh một trục cố định, mỗi điểm thuộc vật chuyển động trên một đường tròn có tâm nằm trên trục quay, có vận tốc góc, gia tốc góc bằng nhau, có bán kính bằng khoảng cách từ điểm đó đến trục quay.

+ Những điểm nằm trên đường thẳng song song với trục quay thì quỹ đạo của chúng là những đường có bán kính bằng nhau, vận tốc dài là như nhau.

+ Những điểm nằm trên đường thẳng vuông góc với trục quay thì quỹ đạo của chúng là những đường tròn đồng tâm. Những điểm càng cách xa tâm quay thì vận tốc dài của nó càng lớn và ngược lại.



Hình 1.47

1.6 CÔNG VÀ NĂNG LƯỢNG

1.6.1 Công của lực

1.6.1.1 Khái niệm về công

Công là một đại lượng vật lý dùng để đo mức độ biến thiên của năng lượng. Nó đặc trưng cho khả năng tác dụng của lực và được đo bằng tích số giữa cường độ lực tác dụng theo phương chuyển dời và quãng đường chuyển dời của vật.

Công được ký hiệu là A .

$$A = \pm F.S$$

Trong đó: F là cường độ lực tác dụng theo phương chuyển dời của vật (N).

S là quãng đường chuyển dời của vật dưới tác dụng của lực (m).

Công là một đại lượng đại số.

+ Nếu $A > 0$ tức là chiều của lực tác dụng trùng với chiều chuyển dời của vật, khi đó ta nói rằng lực sinh công.

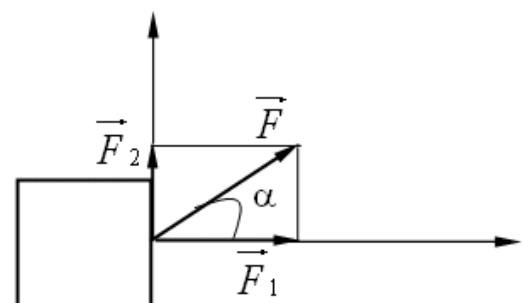
+ Nếu $A < 0$ tức là chiều của lực tác dụng ngược với chiều chuyển dời của vật, khi đó ta nói rằng lực tiêu thụ công (hay lực sinh công cản). chẳng hạn như các lực ma sát, lực cản của không khí, môi trường...

Đơn vị hợp pháp của công là Jun, ký hiệu là J.

1.6.1.2 Các biểu thức tính công

a. Công của lực làm vật chuyển dời trên một đường thẳng.

Xét một vật M chịu tác dụng của lực F di chuyển trên một quãng đường $AB = S$ (hình 1.48). Gọi α là góc hợp bởi phương của lực và phương chuyển dời của vật. Ta phân tích lực F ra làm hai



thành phần:

$$F = F_1 + F_2$$

Trong đó: F_1 có phương chiều trùng với phương chiều chuyển dời của vật, có tác dụng làm cho vật chuyển dời từ a đến B. Theo định nghĩa, công của lực F_2 là:

$$A_1 = F_1 \cdot S$$

$$\text{mà } F_1 = F \cdot \cos\alpha$$

$$\text{suy ra: } A_1 = F_1 \cdot S = F \cdot \cos\alpha \cdot S$$

F_2 có phương vuông góc với phương chuyển dời, có tác dụng làm vật có xu hướng di chuyển theo phương vuông góc với quãng đường AB, vì vậy, theo phương chuyển dời AB lực F_2 không sinh công, do đó: $A_2 = 0$

Vậy, công của lực F làm vật chuyển dời trên quãng đường AB là:

$$A = A_1 + A_2 = A_1 = F_1 \cdot S = F \cdot \cos\alpha \cdot S$$

$$\text{Hay: } A = F \cdot \cos\alpha \cdot S$$

b. Công của lực làm vật di chuyển trên một đường cong.

Giả sử có vật M chịu tác dụng của lực F di chuyển trên một đoạn đường cong AB có bán kính cong R (hình 1.49).

Như chúng ta đã biết, đường cong là tập hợp của vô số các đoạn thẳng, do đó, thay vì tính công trên đường cong, ta chia đường cong đó ra làm n đoạn thẳng và tính công của lực F trên từng đoạn thẳng đó. Gọi A_1, A_2, \dots, A_n là công của lực F trên đoạn thẳng thứ 1, 2, ..., n. Ta có:

$$A_1 = F \cdot S_1$$

$$A_2 = F \cdot S_2$$

.....

$$A_n = F \cdot S_n$$

Công của lực F trên đoạn đường cong AB là:

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n = F \cdot S_1 + F \cdot S_2 + \dots + F \cdot S_n = F \cdot (S_1 + S_2 + \dots + S_n)$$

$$\text{Suy ra } A = F \cdot S$$

Trong đó: S là độ dài cung đường AB, $S = R \cdot \varphi$

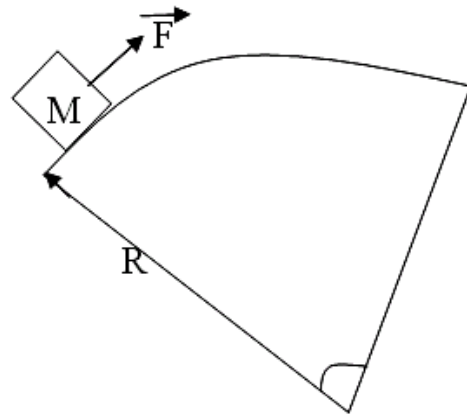
Vậy, công của lực làm vật di chuyển trên một đường cong là: $A = F \cdot R \cdot \varphi$

$$\text{Hay } A = M \cdot \varphi$$

Trong đó: $M = F \cdot R$ là mô men của lực.

φ Là góc quay (rad)

Hình 1.48



Hình 1.49

1.6.2 Công suất

1.6.2.1 Khái niệm về công suất

a. Định nghĩa.

Để thực hiện một công, ta có thể dùng các máy sinh lực khác nhau. Các máy đó có thể cùng thực hiện một công như nhau trong những khoảng thời gian khác nhau. Để đặc trưng cho việc thực hiện công nhanh hay chậm, người ta dùng một đại lượng gọi là công suất, ký hiệu là N .

Định nghĩa: Công suất là công của lực sinh ra trong một đơn vị thời gian.

Biểu thức: $N = A/t$

b. Đơn vị của công suất.

Đơn vị hợp pháp của công suất là oát, ký hiệu là w .

Một số đơn vị dẫn xuất là:

Ki-lô-oát(Kw): $1kw = 1000w = 10^3w$

Mê-ga-oát (Mw): $1Mw = 1.000.000w = 10^6w$

Ngoài đơn vị oát, trong kỹ thuật sử dụng một loại đơn vị nữa là Mã lực (HP)

$$1HP \cong 736w = 0,736 kw$$

$$1kw \cong 1,36HP$$

1.6.2.2 Các biểu thức tính công suất

a. Trong trường hợp vật chuyển dời trên một đường thẳng.

Ta có: $N = A/t = F \cdot \cos\alpha \cdot S/t$

Suy ra: $N = F \cdot \cos\alpha \cdot v$

Ở đây: v là vận tốc chuyển dời của vật (m/s).

b. Công của lực làm vật di chuyển trên một đường cong.

Ta có: $N = A/t = A = F \cdot R \cdot \varphi/t$

Suy ra: $N = F \cdot R \cdot \omega$

Hay $N = M \omega$

Ở đây: ω là vận tốc góc (rad/s)

c. Trong trường hợp vật chuyển động quay tròn.

Gọi n là số vòng quay của vật trong một phút, ta có: $\omega = \pi \cdot n/30$

Thay vào công thức, ta có: $N = M \cdot \pi \cdot n/30$

1.6.3 Hiệu suất cơ học

1.6.3.1 Định nghĩa

Trong quá trình hoạt động của máy móc thiết bị hay di chuyển một vật nào đó từ điểm này đến điểm khác, lực tác dụng ngoài việc sinh ra công để vận hành máy móc hay di chuyển vật (gọi là công có ích) nó còn phải tiêu tốn công để thắng lực cản do ma sát, môi trường, phát sinh nhiệt.. (gọi là công vô ích). Vì vậy, trong kỹ thuật người ta đưa vào khái niệm hiệu suất:

Hiệu suất là tỷ số giữa công có ích và công toàn phần.

$$h = \frac{A_{ci}}{A_{TP}} \leq 1 \quad (0 \leq \eta \leq 1)$$

Trong đó: η là hiệu suất.

A_{ci} là công có ích.

A_{TP} là công toàn phần.

Nếu tính theo công suất: $h = \frac{N_{ci}}{N_{TP}}$

N_{ci} : Công suất có ích (công suất đầu ra)

N_{TP} : Công suất toàn phần (công suất đầu vào)

1.6.3.2 Hiệu suất của các phần tử hoạt động nối tiếp

Trong thực tế, chúng ta thường gặp một dãy máy, một dãy cơ cấu hay một dãy các cụm máy gồm nhiều phần tử hoạt động nối tiếp nhau. Mỗi phần tử trong nó lại có hiệu suất riêng.

Giả sử xét một dãy các phần tử hoạt động nối tiếp gồm n phần tử.

Gọi $A_{ci1}, A_{ci2}, \dots, A_{cin}$ là công có ích của các phần tử thứ 1, 2, ..., n .

A_{TP} là công toàn phần (công đầu vào của máy 1)

$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ là hiệu suất của các phần tử thứ 1, 2, ..., n .

η là hiệu suất chung của cả dãy máy.

Ta có:
$$h = \frac{A_{cin}}{A_{TP}} = h_1 h_2 \dots h_n = \prod_{k=1}^n h_k$$

1.6.3.3 Hiệu suất của dãy phần tử hoạt động nối song song

Gọi: $A_{ci1}, A_{ci2}, \dots, A_{cin}$ là công có ích của các phần tử thứ 1, 2, ..., n .

$A_{TP1}, A_{TP2}, \dots, A_{TPn}$ là công toàn phần của các phần tử thứ 1, 2, ..., n .

$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ là hiệu suất của các phần tử thứ 1, 2, ..., n .

Gọi A_c, A_{TP} là công có ích và công toàn phần của cả dãy máy.

$$A_c = A_{ci1} + A_{ci2} + \dots + A_{cin}$$

$$A_{TP} = A_{TP1} + A_{TP2} + \dots + A_{TPn}$$

Ta có:
$$h = \frac{A_c}{A_{TP}} = \frac{\sum A_{cik}}{\sum A_{TPk}} = \frac{\sum A_{cik}}{\sum h_k}$$

Câu hỏi

Câu 1. Nói rõ cách hợp lực đồng qui bằng phương pháp hình học?

Câu 2. Phát biểu điều kiện cân bằng của một hệ lực phẳng đồng qui theo hình học? ứng dụng?

Câu 3. Cách tìm hình chiếu của một lực lên hai trục như thế nào?

Câu 4. Cách tìm hợp lực của một hệ lực phẳng đồng qui như thế nào?

Câu 5. Điều kiện cân bằng của một hệ lực phẳng đồng qui theo giải tích? ứng dụng?

Câu 6. Phát biểu định lý về sự giao nhau của ba lực phẳng không song song cân bằng nhau?

CHƯƠNG 2. SỨC BỀN VẬT LIỆU

MH 09-02

Mục tiêu

- Trình bày được các khái niệm cơ bản về nội lực, ứng suất và các giả thuyết về vật liệu
- Tính toán được nội lực, ứng suất và biến dạng của vật chịu kéo, nén, cắt, đập, xoắn, uốn cơ bản

- Tuân thủ các quy định, quy phạm về sức bền vật liệu.

Nội dung

2.1 NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ SỨC BỀN VẬT LIỆU

2.1.1 Tính đàn hồi của vật thể

Dưới tác dụng của ngoại lực, hình dạng và kích thước của vật thể sẽ bị thay đổi, ta nói vật thể bị biến dạng. Mức độ biến dạng phụ thuộc vào tính chất và giá trị của nguyên nhân tác động, bản chất và khả năng chịu lực của vật liệu.

Đối với mỗi loại vật liệu, nếu lực tác dụng chưa vượt quá một giới hạn xác định thì khi thôi tác dụng lực vật sẽ trở lại hình dạng và kích thước ban đầu, biến dạng sẽ mất đi, vật thể chỉ bị biến dạng đàn hồi. Tính chất đó được gọi là tính đàn hồi. Vật thể có tính đàn hồi gọi là vật thể đàn hồi. Vật thể có khả năng khôi phục lại hoàn toàn hình dạng và kích thước ban đầu gọi là vật thể đàn hồi tuyệt đối. Nếu vật chỉ có khả năng khôi phục lại một phần hình dạng và kích thước thì biến dạng đó gọi là biến dạng không tuyệt đối hay biến dạng dư. Sức bền vật liệu chủ yếu nghiên cứu sự làm việc của vật liệu trong giới hạn đàn hồi.

2.1.2 Hình dạng vật thể được nghiên cứu trong sức bền vật liệu

Các bộ phận công trình hay chi tiết máy có hình dạng rất khác nhau. Tuy nhiên, tùy theo kích thước của chúng trong không gian người ta chia chúng làm ba loại.

+ *Khối*: Là vật thể có kích thước theo ba phương tương đương nhau.

+ *Tấm và vỏ*: là những vật thể có kích thước theo hai phương lớn hơn rất nhiều so với phương còn lại.

+ *Thanh*: là những vật thể có kích thước theo một phương lớn hơn rất nhiều so với hai phương còn lại.

2.1.3 Biến dạng

2.1.3.1. Định nghĩa

Biến dạng là sự thay đổi về hình dạng và kích thước của vật thể dưới tác dụng của ngoại lực.

2.1.3.2. Các loại biến dạng

Sự biến dạng của vật thể phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố, nhưng chủ yếu là phụ thuộc vào vật liệu, kích thước của vật thể và cường độ ngoại lực tác dụng vào vật thể.

Sự biến dạng của vật thể cũng rất đa dạng, nó phụ thuộc vào hướng tác dụng lực, điểm đặt lực... trong sức bền vật liệu người ta chia biến dạng của vật thể ra làm hai loại cơ bản, đó là:

a. Biến dạng dài

Là loại biến dạng mà các mặt cắt ngang trên thanh có sự thay đổi về khoảng cách. Để đặc trưng cho biến dạng dài, người ta đưa vào khái niệm độ biến dạng dài tuyệt đối (độ dãn dài tuyệt đối) ký hiệu là Δl (cm).

$$\Delta l = |l - l_0|$$

Trong đó: l_0 - là chiều dài ban đầu của thanh (cm).

l - là chiều dài của thanh sau khi biến dạng (cm).

Tỷ số $e = \frac{\Delta l}{l_0}$ được gọi là độ biến dạng dài tỷ đối (độ biến dạng dài tương đối).

tương đối).

b. Biến dạng góc (hay còn gọi là biến dạng trượt)

Là loại biến dạng mà khoảng cách giữa các mặt cắt ngang trên thanh không có sự thay đổi, nhưng giữa chúng có hiện tượng trượt tương đối với nhau. Đặc trưng cho biến dạng góc là độ biến dạng góc tương đối, ký hiệu là γ .

2.1.3.3. Các hình thức chịu lực cơ bản

Thường phân ra các hình thức chịu lực cơ bản như sau:

+ *Kéo hoặc nén*: khi thanh chịu tác dụng bởi những lực đặt dọc theo trục của thanh làm cho thanh bị dãn dài hay co ngắn. trong quá trình chịu lực, trục của thanh vẫn thẳng

+ *Uốn*: khi thanh chịu tác dụng bởi những lực đặt vuông góc với trục làm cho trục thanh bị biến dạng cong đi.

+ *Xoắn*: khi ngoại lực nằm trong các mặt phẳng vuông góc với trục của thanh và tạo ngẫu lực trong mặt phẳng đó làm thanh bị xoắn. Sau biến dạng, đường sinh trở thành đường xoắn ốc.

+ *Cắt - trượt*: dưới tác dụng của ngoại lực, một phần này của thanh trượt hoặc có xu hướng trượt so với phần khác.

2.1.4 Ngoại lực

Ngoại lực là lực từ bên ngoài tác dụng vào vật thể mà ta đang khảo sát, nó có thể là phản lực.

Ngoại lực tác dụng liên tục trên bề mặt vật thể hay liên tục trong thể tích của vật thể được gọi là lực phân bố.

Nếu lực phân bố trên một đơn vị diện tích tương đối nhỏ so với toàn bộ bề mặt vật thể thì ta thay thế lực phân bố đó bằng hợp lực của nó và gọi là lực tập trung.

Tuỳ theo tính chất tác dụng của tải trọng ta chia ra:

+ *Tải trọng tĩnh*: là tải trọng có trị số tăng dần từ 0 đến một giá trị nhất định và sau đó không thay đổi.

+ *Tải trọng động*: có thể chia ra thành các dạng sau:

- Những tải trọng có giá trị thay đổi trong khoảng thời gian rất ngắn từ 0 đến giá trị cuối cùng gọi là tải trọng va chạm.

- Tải trọng làm vật dao động. ộng.

2.1.5 Nội lực

2.1.5.1 Khái niệm

Trong vật thể, giữa các phần tử cấu tạo lên vật có các lực liên kết để giữ cho vật có một hình dạng nhất định. Khi có ngoại lực tác dụng, lực liên kết đó sẽ tăng lên để

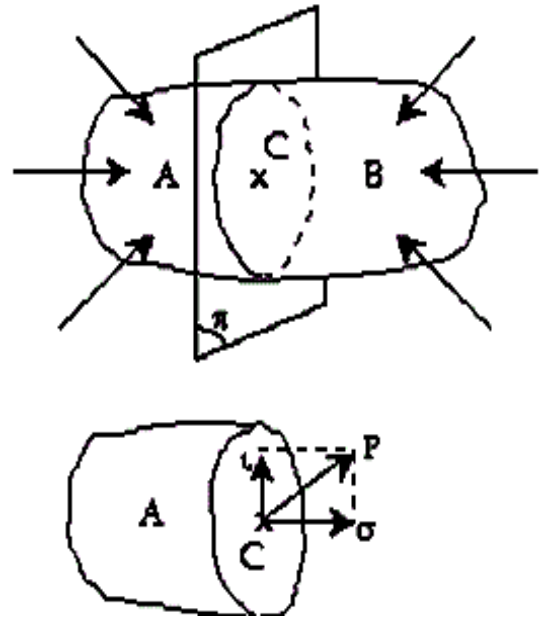
chống lại biến dạng do ngoại lực gây ra. Phần lực liên kết tăng thêm đó được gọi là nội lực.

Định nghĩa: Nội lực là độ tăng của lực liên kết giữa các phần tử cấu tạo lên vật khi chúng bị biến dạng.

Nội lực là lực thụ động, nó chỉ xuất hiện khi có ngoại lực tác dụng vào vật.

Để xác định nội lực tại một điểm bất kỳ trong vật thể ta dùng phương pháp mặt cắt.

Xét một vật thể ở trạng thái cân bằng đàn hồi dưới tác dụng của các lực như hình vẽ. Giả sử cần xác định nội lực tại điểm C. Tưởng tượng dùng một mặt phẳng (qua C) cắt vật thể ra làm hai phần A và B. Ta xét riêng một phần nào đó, giả sử xét phần A



Hình 2.1

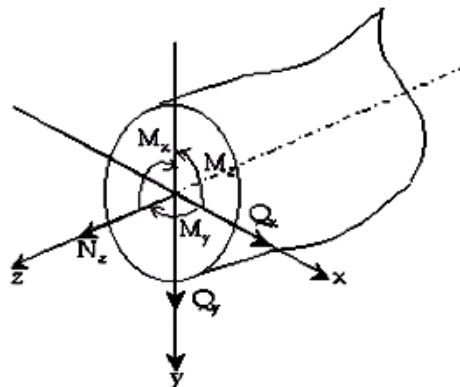
Phần A nằm cân bằng dưới tác dụng của ngoại lực đặt lên nó và lực tác dụng tương hỗ từ phần B lên. lực tác dụng tương hỗ từ phần B lên phần A chính là nội lực trên mặt cắt C.

Từ đây, có thể xác định được giá trị nội lực qua giá trị của ngoại lực đặt lên A.

2.1.5.2 Các thành phần nội lực

Trường hợp mặt cắt được xét là mặt cắt ngang thì người ta thu gom hợp lực của hệ nội lực về trọng tâm O của mặt cắt. Sự thu gọn đó cho ta một lực R và một mô men M. Nói chung R và M có phương chiều bất kỳ trong không gian. Để tiện tính toán chia R làm ba thành phần theo ba phương x, y, z:

- + Thành phần lực nằm trên trục z gọi là lực dọc, ký hiệu N.
- + Thành phần lực nằm trên trục x



Hình 2.2

và y gọi là lực ngang (lực cắt), ký hiệu Q_x, Q_y .

Mô men M cũng được chia làm ba thành phần:

- Thành phần mô men quay xung quanh các trục x và y gọi là mô men uốn ký hiệu là: M_x, M_y .

- Thành phần mô men quay xung quanh trục z gọi là mô men xoắn, ký hiệu là: M_z .

Sáu thành phần đó gọi là sáu thành phần nội lực.

Dùng các phương trình tĩnh học ta xác định được các thành phần nội lực nói trên theo ngoại lực.

Viết các phương trình hình chiếu lên các trục tọa độ ta được:

$$\begin{aligned} N_z + \sum P_{iz} &= 0 \\ Q_y + \sum P_{iy} &= 0 \\ Q_x + \sum P_{ix} &= 0 \end{aligned} \quad (2-1)$$

Trong đó: P_{ix}, P_{iy}, P_{iz} là hình chiếu của lực P_i xuống các trục x, y, z .

Viết các phương trình mô men với các trục tọa độ, ta có:

$$\begin{aligned} M_z + \sum m_z(P_i) &= 0 \\ M_x + \sum m_x(P_i) &= 0 \\ M_y + \sum m_y(P_i) &= 0 \end{aligned} \quad (2-2)$$

Trong đó $m_z(P_i), m_x(P_i), m_y(P_i)$ là mô men của lực P_i đối với các trục z, x, y .

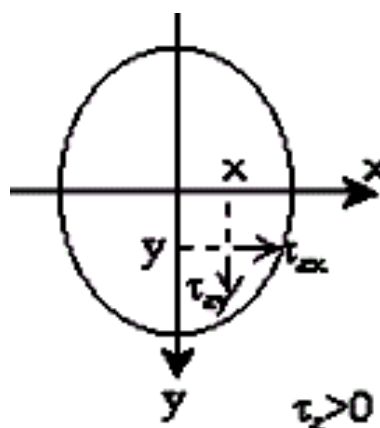
Như vậy, để xác định nội lực tại một mặt cắt bất kỳ của thanh, ta có thể xét phần trái hoặc phần phải tùy theo phần nào đơn giản hơn. Song không phải bao giờ trên mọi mặt cắt ngang đều có đủ sáu thành phần nội lực. Tùy từng trường hợp chịu lực mà trên mặt cắt ngang có thể chỉ có một thành phần. ta gọi đó là chịu lực đơn giản. Nếu trên mặt cắt ngang có nhiều thành phần nội lực thì ta gọi đó là chịu lực phức tạp.

2.1.5.3 Biểu đồ nội lực

Khi tính toán ta phải tìm trị số nội lực lớn nhất và vị trí của nó trên thanh. Khi đã biết cách xác định các thành phần nội lực trên một mặt cắt bất kỳ chúng ta có thể tìm được trị số nội lực trên những mặt cắt khác nhau và dễ dàng xác định được mặt cắt có nội lực lớn nhất. Muốn vậy ta cần viết các biểu thức biểu diễn sự biến thiên của các thành phần nội lực theo vị trí của mặt cắt và vẽ đồ thị biểu diễn sự biến thiên đó. Các đồ thị đó được gọi là biểu đồ nội lực.

2.1.6 Ứng suất

Như ta đã biết, sự biến dạng của vật thể phụ thuộc vào ngoại lực tác dụng và khả năng chống lại sự biến dạng của vật thể. khả năng chống lại sự biến dạng của vật thể bao gồm nhiều yếu tố, nhưng chủ yếu là hai yếu tố cơ bản là vật liệu cấu tạo lên

**Hình 2.3**

vật thể và kích thước của vật thể. ینگ với mỗi loại vật liệu khác nhau thì khả năng chống lại sự biến dạng cũng khác nhau.

Kích thước của vật thể càng lớn thì khả năng chống lại biến dạng sẽ tốt hơn ینگ với cùng một loại vật liệu như nhau. Đặc trưng cho khả năng chống lại biến dạng (khả năng chịu lực) trên một đơn vị diện tích mặt cắt ngang được gọi là ینگ suất.

Íng suất tại một điểm nào đó trên mặt cắt ngang là cường độ nội lực tại điểm đó.

Đơn vị của ینگ suất là: N/cm^2 , KN/cm^2

Trong tính toán thường chia ینگ suất ra làm hai thành phần:

- Thành phần vuông góc với mặt cắt ngang gọi là ینگ suất pháp, ký hiệu là s . Nó đặc trưng cho mức độ chịu lực theo phương vuông góc với mặt cắt. Tức là cường độ nội lực trong biến dạng dài.

$$s = \frac{N}{F} (KN/cm^2)$$

Íng suất pháp được coi là dương khi chiều của nó hướng ra ngoài mặt cắt và ngược lại.

- Thành phần nằm trong mặt cắt gọi là ینگ suất tiếp, ký hiệu là t . Nó đặc trưng cho mức độ chịu lực theo phương tiếp tuyến với mặt cắt ngang. Tức là cường độ nội lực trong biến dạng góc (biến dạng trượt).

$$t = \frac{Q}{F} (KN/cm^2)$$

Íng suất tiếp được coi là dương khi quay pháp tuyến ngoài của mặt cắt đi một góc 90° theo chiều kim đồng hồ trong mặt phẳng của pháp tuyến và ینگ suất tiếp thì chiều của pháp tuyến trùng với chiều của ینگ suất tiếp.

2.2 KÉO VÀ NÉN ĐÚNG TÂM

2.2.1 Khái niệm chung

2.2.1.1 Định nghĩa.

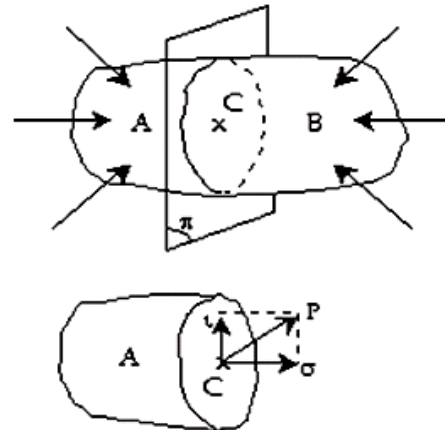
Một thanh được gọi là chịu kéo nén đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực duy nhất là lực dọc, ký hiệu \dot{N}_z .

$$N_z \neq 0$$

Để xác định nội lực trên mặt cắt ngang, ta tưởng tượng cắt thanh AB làm hai phần bởi mặt cắt 11 nào đó vuông góc với trục của thanh. Chọn hệ trục tọa độ $oxyz$ như hình 2.5 rồi xét sự cân bằng của phần bên phải (chú ý đây là bài toán phẳng, từ mặt cắt có sáu thành phần nội lực rút xuống chỉ còn ba thành phần là N_z , Q_y , M_x).

Tổng hình chiếu các lực đối với điểm O: $M_x = 0$.

Tổng hình chiếu các lực trên trục y: $Q_y = 0$.



Hình 2.4

Vậy, trên mọi mặt cắt ngang chỉ có một thành phần nội lực là $N_z \neq 0$

Qui ước về dấu của lực dọc:

Lực dọc được coi là dương khi thanh chịu kéo, tức là nó có chiều hướng ra ngoài mặt cắt và làm thanh bị dãn dài ra.

Lực dọc được coi là âm khi thanh chịu nén, tức là nó có chiều hướng vào mặt cắt và làm thanh bị co lại.

Tổng hình chiếu các lực trên trục z:

$$N_z - P = 0 \Rightarrow N_z = P$$

Vậy, trên mọi mặt cắt ngang chỉ có một thành phần nội lực là $N_z \neq 0$

Qui ước về dấu của lực dọc:

Lực dọc được coi là dương khi thanh chịu kéo, tức là nó có chiều hướng ra ngoài mặt cắt và làm thanh bị dãn dài ra.

Lực dọc được coi là âm khi thanh chịu nén, tức là nó có chiều hướng vào mặt cắt và làm thanh bị co lại.

2.2.1.2 Biểu đồ lực dọc

Lực dọc có thể thay đổi từ mặt cắt này sang mặt cắt khác hay từ đoạn thanh này sang đoạn thanh khác. Để biểu diễn sự thay đổi của lực dọc theo trục của thanh ta vẽ biểu đồ lực dọc. Biểu đồ lực dọc là đường biểu diễn sự biến thiên của lực dọc theo trục của thanh.

Thí dụ: Vẽ biểu đồ lực dọc của một thanh chịu lực như hình vẽ.

Bài giải:

Xác định phản lực tại C: $P_1 - P_2 + P_c = 0 \Rightarrow P_c = P_2 - P_1 = 60 - 40 = 20\text{KN}$

Vẽ biểu đồ: Vì dọc theo thanh, ngoại lực thay đổi, để vẽ biểu đồ ta phải chia thanh chịu lực đã cho làm hai đoạn là AB và BC.

+ Xét đoạn AB: Tưởng tượng dùng mặt cắt (11) chia AB làm hai phần, giữ lại đầu A, xét sự cân bằng của nó. Chiếu các lực theo chiều trục z, ta có:

$$\sum Z = P_1 - N_{z1} = 0$$

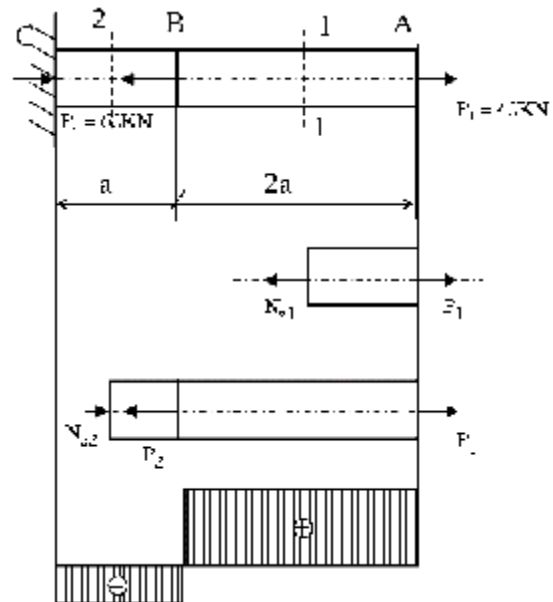
Suy ra: $N_{z1} = P_1 = 40\text{KN}$

Vì N_{z1} hướng ra ngoài mặt cắt, nên đoạn AB chịu kéo.

Phương trình lực dọc trên đoạn AB có giá trị từ $0 < z < 2a$. Trong đoạn này lực dọc có giá trị không đổi.

+ Xét đoạn BC:

Tưởng tượng dùng mặt cắt (2-2) chia BC làm hai phần, giữ lại đầu B, xét sự cân bằng của nó. Chiếu các lực theo chiều trục z, ta có:



Hình 2.5

$$\sum Z = P_1 - P_2 + N_{z2} = 0$$

Suy ra: $N_{z2} = P_2 - P_1 = 20\text{KN}$

Vì N_{z2} hướng vào mặt cắt, nên đoạn BC chịu nén.

Phương trình lực dọc trên đoạn BC có giá trị từ $2a < z < 3a$. Trong đoạn này lực dọc có giá trị không đổi.

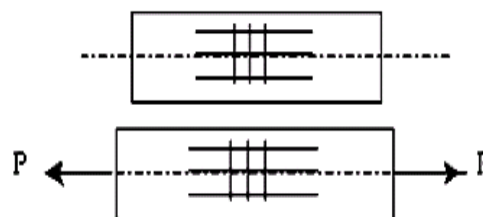
2.2.2 Ứng suất pháp trên mặt cắt ngang

2.2.2.1. Quan sát một mẫu thí nghiệm chịu kéo

Để tính ứng suất trên mặt cắt ngang ta tiến hành thí nghiệm với thanh có mặt cắt ngang hình chữ nhật như sau:

Trước khi chịu lực, vạch lên thanh những đường thẳng song song và vuông góc với trục, tạo thành lưới ô vuông. Sau khi biến dạng ta thấy:

- + Trục của thanh vẫn thẳng.
- + Những vạch song song với trục của thanh vẫn thẳng và song song với trục.



Hình 2.6

- + Những vạch vuông góc với trục của thanh vẫn thẳng và vuông góc với trục nhưng khoảng cách giữa các vạch đó đã có sự thay đổi. Khi chịu kéo khoảng cách giữa các vạch này tăng lên, khi chịu nén các vạch này sát lại gần nhau.

Kết luận: Thanh chịu kéo nén đúng tâm chỉ có biến dạng dài, không có biến dạng góc. Do vậy, trên mặt cắt ngang chỉ có thành phần ứng suất pháp được phân bố đều trên mặt cắt ngang.

2.2.2.2 Biểu thức ứng suất pháp trên mặt cắt ngang

$$\sigma_z = \frac{N_z}{F}$$

Trong đó: N_z là lực dọc (N).

F: diện tích mặt cắt ngang (cm^2).

Dấu của ứng suất pháp trùng với dấu của lực dọc.

- + $N_z > 0$ khi thanh chịu kéo.

- + $N_z < 0$ khi thanh chịu nén.

Mỗi loại vật liệu có trị số mô đun đàn hồi E khác nhau.

Thép chứa từ 0,1- 0,20% cacbon	$E = 20.10^{10} \text{ N/m}^2 = 2.10^4 \text{ KN/cm}^2$
Thép lò xo	$E = 22.10^{10} \text{ N/m}^2 = 2,2.10^4 \text{ KN/cm}^2$
Thép Nicken	$E = 19.10^{10} \text{ N/m}^2 = 1,9.10^4 \text{ KN/cm}^2$
Gang xám	$E = 11,5.10^{10} \text{ N/m}^2 = 1,15.10^4 \text{ KN/cm}^2$
Đồng	$E = 12.10^{10} \text{ N/m}^2 = 1,2.10^4 \text{ KN/cm}^2$
Đồng thau	$E = (10 \div 12).10^{10} \text{ N/m}^2 = (1 \div 1,2).10^4 \text{ KN/cm}^2$
Nhôm và Đura	$E = (7 \div 8).10^{10} \text{ N/m}^2 = (0,7 \div 0,8).10^4 \text{ KN/cm}^2$
Gỗ dọc thớ	$E = (0,8 \div 1,2).10^{10} \text{ N/m}^2 = (0,8 \div 1,2).10^4 \text{ KN/cm}^2$

2.2.3 Điều kiện bền

2.2.3.1. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn

Ứng suất nguy hiểm: ta gọi ứng suất nguy hiểm σ_0 là trị số ứng suất mà ứng với nó vật liệu được xem là bị phá hỏng. Đối với vật liệu giòn là giới hạn bền, đối với vật liệu dẻo là giới hạn chảy. Mặt khác trong quá trình sử dụng, tải trọng đặt lên máy hay công trình có thể chưa được xét một cách đầy đủ. Vì vậy, ta không bao giờ được tính toán các bộ phận theo giới hạn chảy hay giới hạn bền.

Để đảm bảo an toàn, trong thực tế người ta thường sử dụng một giá trị ứng suất bé hơn ứng suất nguy hiểm gọi là ứng suất cho phép, ký hiệu là $[\sigma]$ (với ứng suất tiếp ký hiệu là $[\tau]$).

$$[s] = \frac{S_0}{n} \quad (2-3)$$

n - là hệ số an toàn, có giá trị lớn hơn 1.

Ngoài những ý nghĩa thuần túy về kỹ thuật trên đây, hệ số an toàn còn có một ý nghĩa rất lớn về kinh tế. Nếu ta chọn hệ số an toàn tăng hay giảm một chút thì cũng đã làm thay đổi giá thành của sản phẩm rất nhiều. Do vậy, hệ số an toàn thường do nhà nước hay hội đồng kỹ thuật nhà máy qui định.

Ví dụ, để chọn hệ số an toàn một cách chính xác, người ta phải chọn nhiều hệ số an toàn theo dự tính riêng từng nguyên nhân dẫn đến sự không an toàn của công trình hay chi tiết máy như:

- + Hệ số kể đến sự đồng chất và chất lượng của vật liệu.
- + Hệ số kể đến điều kiện làm việc và phương pháp tính toán (gần đúng hay chính xác).
- + Hệ số gia trọng.
- + Hệ số kể đến tính chất tác động của lực.
- + Hệ số kể đến sự làm việc tạm thời hay lâu dài, liên tục hay gián đoạn.
- + Hệ số kể đến sự làm việc trong điều kiện có bôi trơn hay không bôi trơn, nguy hiểm hay không nguy hiểm.....

Trong chế tạo máy, để chọn được một hệ số an toàn thích hợp thường dựa vào những kinh nghiệm thiết kế và các máy có cấu tạo tương tự.

2.2.3.2. Điều kiện bền của thanh chịu kéo nén đúng tâm

Như vậy, muốn đảm bảo sự làm việc an toàn khi thanh chịu kéo hoặc nén đúng tâm, ứng suất trong thanh phải thoả mãn điều kiện bền là: ứng suất lớn nhất

$$\text{trong thanh phải nhỏ hơn ứng suất cho phép: } [s]_{\max} = \frac{N_z}{F} \leq [s] \quad (2-4)$$

Từ điều kiện bền ta có ba dạng bài toán cơ bản sau đây:

a. Kiểm tra bền.

Kiểm tra theo công thức trên.

b. Chọn kích thước mặt cắt:

$$F \geq \frac{N_z}{[s]} \quad (2-5)$$

Để đảm bảo an toàn và tiết kiệm, ta chỉ nên chọn F ở trong khoảng từ lớn hơn đến nhỏ hơn 5%.

c. Xác định tải trọng cho phép: $N_{z \max} \leq F \cdot [s]$ (2-6)

2.2.4 Liên hệ giữa ứng suất và biến dạng

2.2.4.1 Định luật Húc đối với kéo nén đúng tâm

Trong phạm vi biến dạng đàn hồi, ứng suất tỷ lệ thuận với độ biến dạng dài tỷ đối. Biểu thức: $S = E \cdot e$ (2-7)

E là mô đun biến dạng đàn hồi khi kéo nén có đơn vị là KN/cm^2 .

2.2.4.2 Tính độ dẫn dài của thanh chịu kéo nén đúng tâm

Giả sử có một thanh chịu kéo (nén) đúng tâm. Khi đó ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh được xác định theo công thức:

$$s = \frac{N_z}{F}$$

Mặt khác, từ công thức của định luật Húc: $S = Ee$

Ta có: $\frac{N_z}{F} = E \cdot e = E \cdot \frac{\Delta l}{l} \Rightarrow \Delta l = \frac{N_z \cdot l}{E \cdot F}$ (2-8)

Biến dạng dọc của thanh chịu kéo hay nén tỷ lệ thuận với lực dọc và chiều dài của thanh, tỷ lệ nghịch với mô đun đàn hồi của vật liệu và diện tích mặt cắt ngang.

Trong đó: tích $E \cdot F$ được gọi là độ cứng của thanh chịu kéo nén.

Công thức trên chỉ áp dụng cho trường hợp thanh có độ cứng không đổi, lực dọc không đổi dọc theo chiều dài thanh.

Trường hợp tổng quát: Thanh chịu kéo nén đúng tâm có mặt cắt ngang thay đổi, lực dọc thay đổi dọc theo chiều dài thanh. Độ dẫn dài tuyệt đối của thanh được xác định theo công thức:

$$\Delta l = \int_0^l \frac{N_z}{E \cdot F} dz$$
 (2-9)

Nếu thanh gồm nhiều đoạn, lực dọc và độ cứng không đổi trên từng đoạn thanh thì độ dẫn dài tuyệt đối của toàn thanh bằng tổng đại số độ dẫn dài tuyệt đối của từng đoạn thanh, tức là:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_n = \sum_{i=1}^n \Delta l_i = \sum_{i=1}^n \frac{N_{z_i}}{E \cdot F_i} \cdot l_i$$
 (2-10)

2.3 CẮT DẬP

2.3.1 Cắt

2.3.1.1 Khái niệm về máy cắt kim loại

Máy là tất cả những công cụ hoạt động theo nguyên tắc cơ học dùng làm thay đổi một cách có ý thức về hình dáng hoặc vị trí của vật thể.

Cấu trúc, hình dáng và kích thước của máy rất khác nhau. Tùy theo đặc điểm sử dụng của nó có thể phân làm hai nhóm lớn:

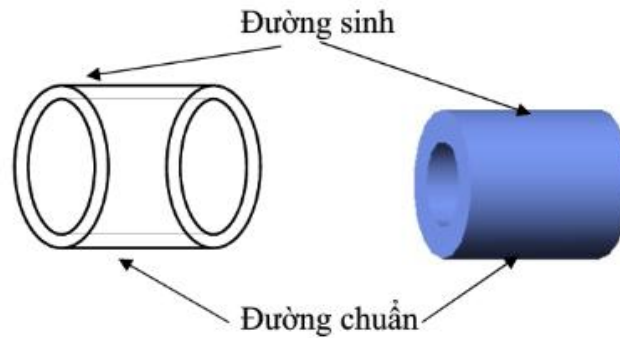
- Máy biến đổi năng lượng: dùng để biến đổi năng lượng từ dạng này sang dạng khác cho thích hợp với việc sử dụng.

- Máy công cụ: dùng thực hiện gia công cơ khí. Những máy công cụ dùng để biến đổi hình dáng của các vật thể kim loại bằng cách lấy đi một phần thể tích trên vật thể ấy với những dụng cụ và chuyển động khác nhau được gọi là máy cắt kim loại.

2.3.1.2 Các dạng bề mặt gia công

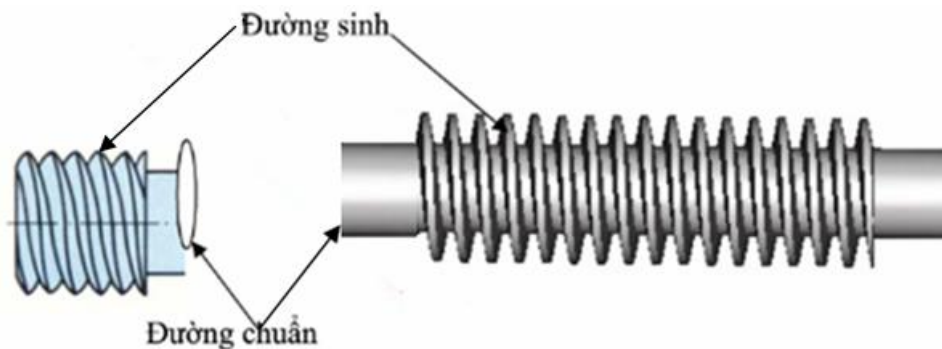
- Dạng trụ tròn:

+ Đường chuẩn là đường tròn, sinh thẳng. (H 2.7)



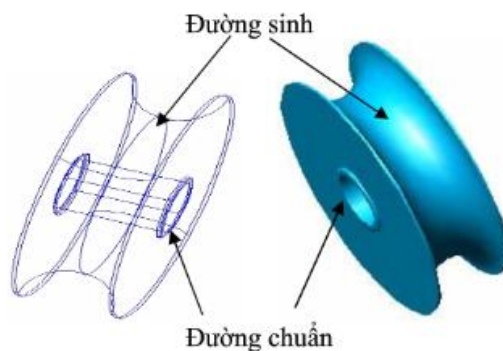
Hình 2.7 Dạng bề mặt tròn xoay đường chuẩn ltròn, sinh thẳng.

+ Đường chuẩn tròn sinh, gãy khúc. (H 2.8)



Hình 2.8 Dạng bề mặt tròn xoay đường chuẩn ltròn, sinh gãy.

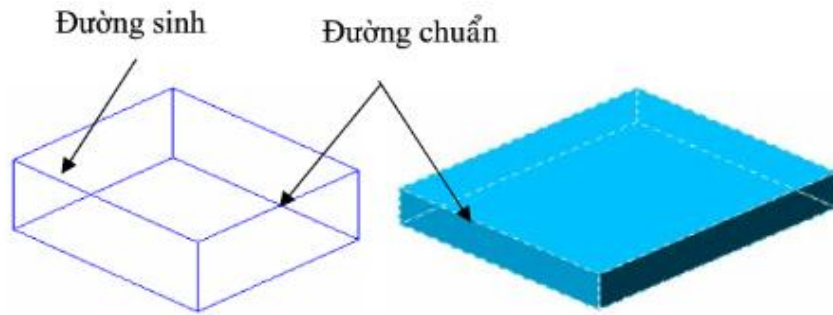
+ Đường chuẩn là đường tròn, sinh cong. khúc. (H 2.9)



Hình 2.9 Dạng bề mặt tròn xoay đường chuẩn ltròn, đường sinh cong.

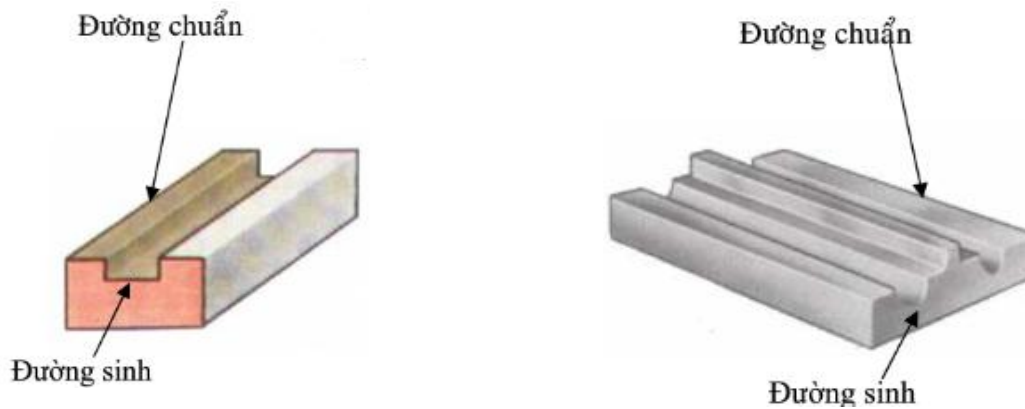
- Dạng mặt phẳng:

+ Đường chuẩn là đường thẳng, sinh thẳng. (H 2.10)



Hình 2.10 Dạng bề mặt phẳng, đường chuẩn thẳng, đường sinh thẳng.

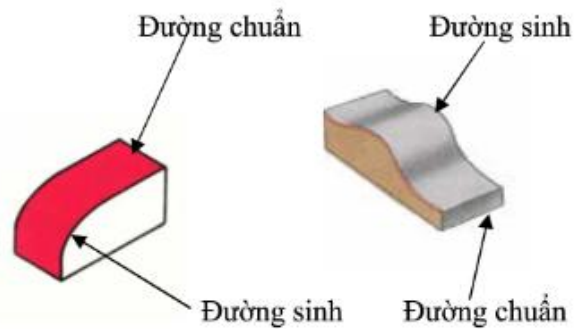
+ Đường chuẩn là đường thẳng, đường sinh gãy khúc. (H 2.11)



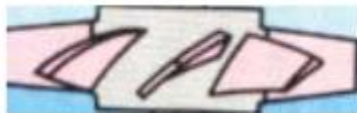
Hình 2.11 Dạng bề mặt phẳng, đường chuẩn thẳng, đường sinh gãy khúc.

+ Đường chuẩn là đường thẳng, đường sinh cong. (H 2.12)

Hình 2.12 Dạng bề mặt phẳng, đường chuẩn thẳng, đường sinh cong.



- Các dạng đặc biệt: (H 2.13)



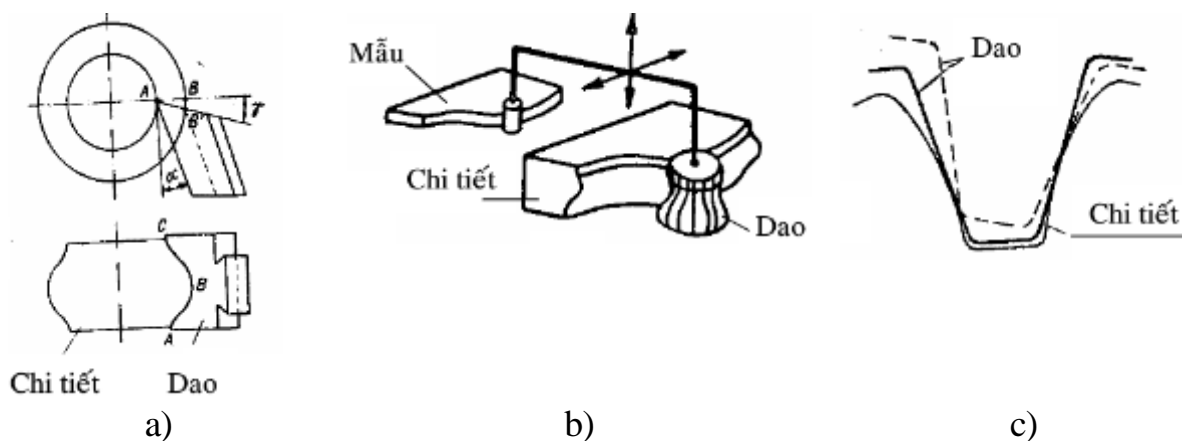
Hình 2.13 Dạng bề mặt đặc biệt.

2.3.1.3 Các phương pháp cắt gọt

Yêu cầu bề mặt gia công là rất đa dạng, vì vậy phải có nhiều phương pháp cắt gọt để thỏa mãn những yêu cầu đó.

Có nhiều cách phân loại các phương pháp cắt gọt kim loại, xuất phát từ nghiên cứu và sử dụng khác nhau:

- Xuất phát từ nguyên lý chế tạo bề mặt: phương pháp gia công định hình (định hình dáng dao lên bề mặt chi tiết gia công - H2.14a), phương pháp gia công chếp hình (chếp lại hình dáng chi tiết mẫu - H2.14b), phương pháp gia công theo vết (phương pháp quỹ tích) như máy tiện, máy phay, máy bào..., phương pháp bao hình (bề mặt tạo hình vẽ là hình bao của porofil dao cắt khi chúng chuyển động bao hình với nhau - H2.14c) như phay lăn răng.



Hình 2.14 Các dạng cắt gọt.

2.3.2 Dập

- Lực dập (tấn) = Chu vi hình cần cắt đứt (mm) x Chiều dày vật liệu (mm) x Độ bền kéo của vật liệu (kG/mm^2) / 1000.

Muốn tính chính xác, bạn phải biết rõ độ bền kéo của vật liệu cần dập. Với các loại thép tấm thông thường cho sản phẩm dập, nếu không rõ "nguồn gốc xuất xứ", bạn có thể lấy gần đúng độ bền kéo là:

T_s (Tensile Strength) = 50 kG/mm^2 (bạn treo vật 50kG lên dây thép có tiết diện 1 mm^2 thì nó đứt). Thay vào công thức trên, có thể rút ra công thức thực hành để tính nhanh chóng lực dập ngay tại hiện trường:

Lực dập (tấn) = Chu vi hình cần cắt đứt (mm) x Chiều dày vật liệu (mm) / 20 (bản thân rustbolt cũng thường áp dụng công thức này, dùng tính năng calculator của chiếc điện thoại di động để tính toán ngay tại phân xưởng, chẳng cần tài liệu tra cứu gì khác).

Ví dụ: Lực dập = $600 \times 5 / 20 = 150$ tấn.

Chọn máy có sẵn trong xưởng, có lực dập cao hơn lực tính toán trên khoảng 20% đến 30% là được.

- Công thức tính lực cắt kim loại trong khuôn dập nguội:

Lực dập = chu vi của hình cần dập x chiều dày vật liệu x 50.

Ví dụ: $P = 150 \times 150 \times 5 \times 50 = 5625T$ thường chỉ có máy 5T, 8T, 10T nên bạn có thể chọn máy 8T hoặc 10T không nên chọn máy 5T vì khi làm việc máy còn phải mang

thêm bộ khuôn với lại khi làm khuôn dập tấm bạn còn thường hay sử dụng lò xo đẩy hoặc nhựa đẩy.

2.4 Thanh chịu xoắn thuần túy

2.4.1 Khái niệm.

2.4.1.1 Định nghĩa

Một thanh được gọi là chịu xoắn thuần túy khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực duy nhất là mô men xoắn nội lực, ký hiệu M_z .

2.4.1.2 Quy ước về dấu của mô men xoắn nội lực

+ $M_z > 0$ nếu nhìn vào mặt cắt ngang ta thấy mô men xoắn nội lực quay cùng chiều kim đồng hồ.

+ $M_z < 0$ nếu nhìn vào mặt cắt ngang ta thấy mô men xoắn nội lực quay ngược chiều kim đồng hồ.

$$M_z \neq 0$$

$$Q_y = 0$$

$$N_z = 0$$

2.4.2 Quan hệ giữa mômen xoắn ngoại lực với công suất và số vòng quay của trục truyền

Xét một trục truyền, khi trục quay được một góc j trong một khoảng thời gian t thì sẽ sinh ra một công là:

$$A = M \cdot j$$

Vậy, công suất của trục truyền sẽ là:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{M \cdot j}{t} = M \cdot w \Rightarrow M = \frac{N}{w}$$

Gọi n là số vòng quay của trục truyền trong một phút, ta có:

$$w = \frac{p \cdot n}{30} (\text{rad} / \text{s})$$

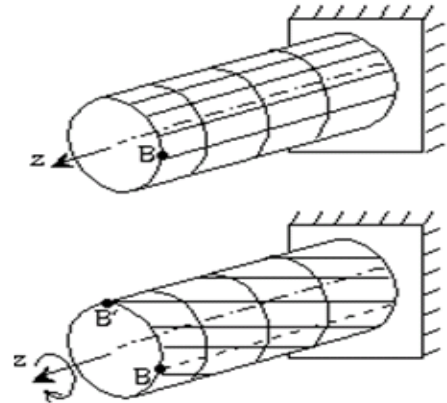
Thay vào biểu thức tính mô men ta được:

$$M = \frac{30 \cdot N}{p \cdot n} = 973,6 \cdot \frac{N}{n} (\text{Nm})$$

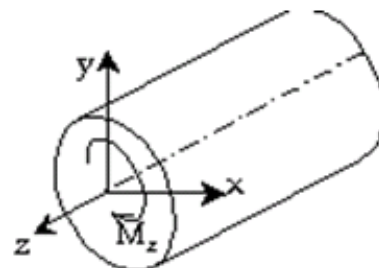
(2-11)

2.4.3 Ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh tròn chịu xoắn thuần túy

2.4.3.1 Quan sát mẫu thí nghiệm



Hình 2.15



Hình 2.16

Trước hết, ta quan sát một thanh tròn chịu xoắn thuần túy. Trên bề mặt ngoài của thanh trước khi chịu lực, ta kẻ các vạch song song và vuông góc với trục, những đường thẳng song song với trục của thanh biểu diễn cho thớ dọc, những đường tròn vuông góc với trục thanh biểu diễn mặt cắt ngang.

Sau khi biến dạng, các đường thẳng song song với trục trở thành những đường xoắn ốc.

Các đường tròn vẫn tròn và vuông góc với trục, khoảng cách giữa chúng vẫn không đổi, có nghĩa là bán kính và chiều dài thanh vẫn không đổi.

Từ những điều quan ta thấy: thanh chịu xoắn thuần túy chỉ có biến dạng góc, không có biến dạng dài. Vì vậy, trên mặt cắt ngang chỉ có thành phần ứng suất tiếp, không có ứng suất pháp.

2.4.3.2 Công suất ứng suất tiếp trên mặt cắt ngang

Trục của thanh không bị xoắn, do đó tại tâm ứng suất tiếp bằng không, tại các điểm trên chu vi các cung xoắn có giá trị lớn nhất (mép ngoài của thanh) nên ứng suất tiếp có giá trị lớn nhất t_{\max} . Giả thiết rằng ứng suất phân bố từ tâm ra ngoài là bậc nhất (tuyến tính), Từ đó ta có:

$$\frac{t_{\max}}{t_r} = \frac{R}{r}$$

$$t_r = \frac{t_{\max}}{R} \cdot r$$

Hay

Trong đó:

$$t_r \text{ là ứng suất tiếp tại một điểm bất kỳ trên mặt cắt có bán kính là } r$$

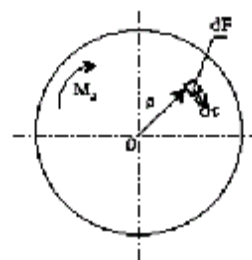
$$R: \text{ Bán kính đường tròn.}$$

(2-12)

Theo tính toán trong sức bền vật liệu, mô men xoắn nội lực được xác định theo công thức:

$$M_z = \frac{I_p}{R} \cdot t_{\max} \quad (2-13)$$

Trong đó: I_p là mô men quán tính độ cực của mặt cắt ngang hình tròn đối



Hình 2.17

$$I_p = \frac{\rho \cdot d^4}{32} \quad (\text{cm}^4) \quad (2-14)$$

D: là đường kính vòng tròn.

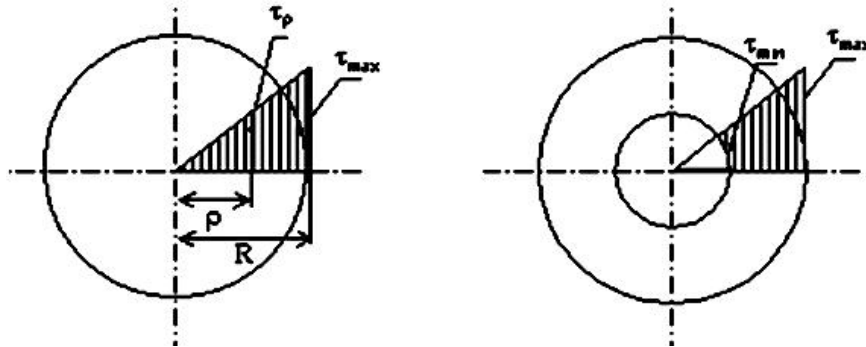
Từ công thức (2-12) ta có:

$$t_{\max} = \frac{M_z}{I_p} \cdot R = \frac{M_z}{W_p} \quad (2-15)$$

Trong đó: W_p là mô đun chống xoắn của mặt cắt ngang, có đơn vị là cm^3 .

Từ các công thức (2-21) và (2-14) ta xác định được ứng suất tiếp tại một điểm bất kỳ là:

$$t_r = \frac{M_z}{I_p} \cdot r \quad (2-16)$$



Hình 2.18

2.4.4 Biến dạng của thanh tròn chịu xoắn thuần túy

2.4.4.1 Định luật Húc khi trượt

Trong phạm vi biến dạng đàn hồi, ứng suất tiếp tỷ lệ thuận với góc trượt tỷ đối.

Biểu thức: $t = G \cdot g$ (2-17)

2.4.4.2 Biến dạng của thanh tròn chịu xoắn

Khi thanh tròn chịu xoắn, biến dạng của thanh được thể hiện bởi sự xoay của mặt cắt ngang quanh trục của nó. Góc xoay giữa hai mặt cắt được gọi là góc xoắn của đoạn thanh giới hạn bởi các mặt cắt đó.

Xét một đoạn thanh chịu xoắn như hình vẽ (hình. 2.11). Gọi j là góc xoắn tương đối giữa hai mặt cắt. Ta có:

$$j = \frac{MN}{R} \quad (a)$$

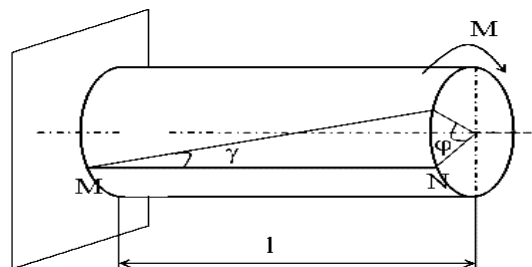
Gọi γ là góc trượt tỷ đối: $tg \gamma = \frac{MN}{R} \quad (b)$

Vì biến dạng là rất nhỏ nên: $tg \gamma = \gamma \quad (c)$

Theo định luật Húc: $t = G \cdot g \Rightarrow g = \frac{t}{G} \quad (d)$

Thay các biểu thức (a), (b), (c)

và biểu thức (2-15) vào (d) ta tính được góc xoắn tương đối:



Hình 2.19

$$j = \frac{M_z \cdot l}{G \cdot I_p} \quad (2-18)$$

Tích số $G \cdot I_p$ được gọi là độ cứng của thanh chịu xoắn.

Công thức (3-8) chỉ áp dụng trong trường hợp thanh có độ cứng xoắn không đổi, mô men xoắn không đổi dọc theo chiều dài thanh. Trong thực tế có nhiều trường hợp M_z thay đổi dọc theo chiều dài thanh, khi đó ta sử dụng công thức tổng quát hơn:

$$j = \int_0^l \frac{M_z}{G \cdot I_p} \cdot dz \quad (2-19)$$

Nếu dọc theo chiều dài thanh, tỷ số $M_z/G \cdot I_p$ là không đổi thì ta sử dụng công thức (3-8).

Nếu thanh chịu xoắn gồm nhiều đoạn và tỷ số $M_z/G \cdot I_p$ là không đổi trên từng đoạn thanh:

$$j = \sum_{i=1}^n \frac{M_{z_i} \cdot l_i}{G_i \cdot I_{p_i}} \quad (2-20)$$

Góc J được tính bằng radian (rad).

Biến dạng của thanh chịu xoắn được đặc trưng bởi góc xoắn tỷ đối, tức là góc xoắn trên một đơn vị chiều dài:

$$q = \frac{M_z}{G \cdot I_p} \quad (2-21)$$

2.5 UỐN THUẦN TÚY THANH THẰNG

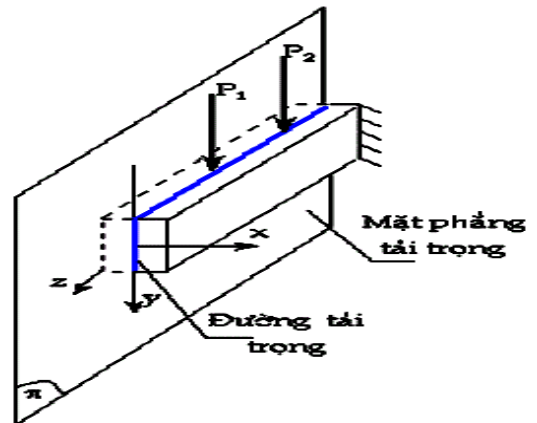
2.5.1 Khái niệm về uốn thuần túy thanh thẳng

2.5.1.1 Các định nghĩa

Một thanh được gọi là chịu uốn thuần túy khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực duy nhất đó là mô men uốn nội lực nằm trong mặt phẳng quán tính chính trung tâm.

Thanh chịu uốn là thanh có trục bị uốn cong dưới tác dụng của ngoại lực

Mặt phẳng quán tính chính trung tâm là mặt phẳng được tạo bởi trục của



Hình 2.20

thanh và một trục quán tính chính trung tâm của mặt cắt ngang.

Mặt phẳng chứa các lực và mô men tác dụng lên thanh được gọi là mặt phẳng tải trọng.

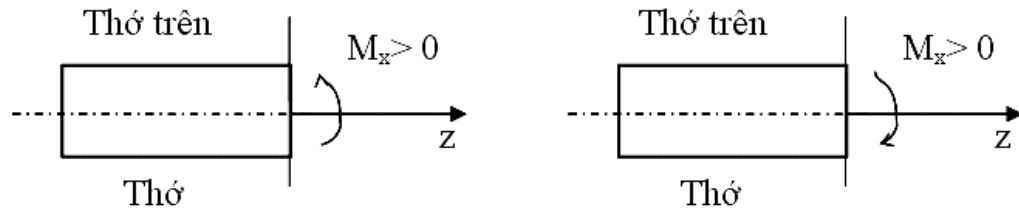
Giao tuyến giữa mặt phẳng tải trọng với mặt cắt ngang gọi là đường tải trọng.

Những thanh chủ yếu chịu uốn gọi là dầm.

2.5.1.2 Quy ước về dấu của mô men uốn nội lực

Ký hiệu mô men uốn nội lực là M_x (hoặc M_y)

Mô men uốn nội lực được coi là dương nếu nó làm cho các thớ dưới trục của dầm bị kéo và ngược lại (hình 2.12)



Hình 2.21

2.5.2 Ứng suất trên mặt cắt ngang

2.5.2.1 Quan sát mẫu thí nghiệm

Quan sát một dầm chịu uốn phẳng thuần túy. Trước khi cho dầm chịu lực ta vạch lên mặt bên của nó những đường thẳng song song với trục trung cho các thớ dọc và những đường thẳng vuông góc với trục trung cho các mặt cắt ngang.

Sau khi dầm bị uốn ta thấy:

- Trục của dầm bị cong đi.
- Những đường thẳng song song với trục bị cong đi nhưng vẫn song song với nhau và song song với trục.
- Những đường thẳng vuông góc với trục vẫn thẳng và vuông góc với trục của dầm đã bị cong đi.
- Các góc vuông tại giao điểm các đường kẻ dọc và ngang vẫn được duy trì là vuông.
- Tiếp tục quan sát biến dạng, ta thấy các thớ dọc ở phía trên của dầm bị co lại, các thớ phía dưới dãn ra. Như vậy từ thớ bị co đến thớ bị dãn sẽ có thớ không co không dãn, tức là có thớ không bị biến dạng. Ta gọi thớ này là thớ trung hoà. Tập hợp các thớ trung hoà tạo thành một mặt gọi là mặt trung hoà. Giao tuyến của mặt trung hoà với mặt cắt ngang của dầm gọi là đường trung hoà. Đường trung hoà chia mặt cắt ngang thành hai miền: một miền gồm các thớ bị co và một miền gồm các thớ bị dãn. Trong trường hợp biến dạng là nhỏ, ta có thể coi mặt cắt ngang sau biến dạng vẫn là hình chữ nhật và đường trung hoà là một đường thẳng.

2.5.2.2 Ứng suất trên mặt cắt ngang

Qua thí nghiệm trên ta thấy dầm chịu uốn thuần túy chỉ có biến dạng dài, không có biến dạng góc. Vì vậy, trên mặt cắt ngang chỉ có thành phần ứng suất pháp, không có ứng suất tiếp.

Theo định luật Húc, ta có: $s_z = E.e_z$

Nếu biết được biến dạng, ta dễ dàng tìm được ứng suất và sự phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang.

Ta xét một đoạn dầm có chiều dài Z được cắt bởi hai mặt cắt (11) và (22). Sau khi biến dạng hai mặt cắt này tạo với nhau một góc là: J

Gọi ρ là bán kính cong của thớ trung hoà O_1O_2 . Vì thớ trung hoà không bị biến dạng nên:

$$O_1 O_2 = Z \Rightarrow O_1 O_2 = r \cdot j$$

Xét sự biến dạng của một thớ MN cách thớ trung hoà một khoảng là y .

Trước khi biến dạng:

$$MN = Z = r \cdot j$$

Sau khi biến dạng

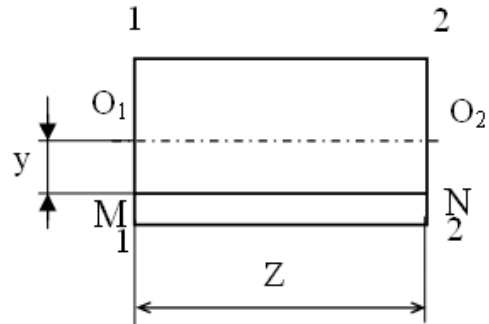
$$MN = (r + y)j$$

Độ biến dạng dài tương đối của MN là:

$$e = \frac{(r + y)j - r \cdot j}{r \cdot j} = \frac{y}{r} \quad \text{Thay vào}$$

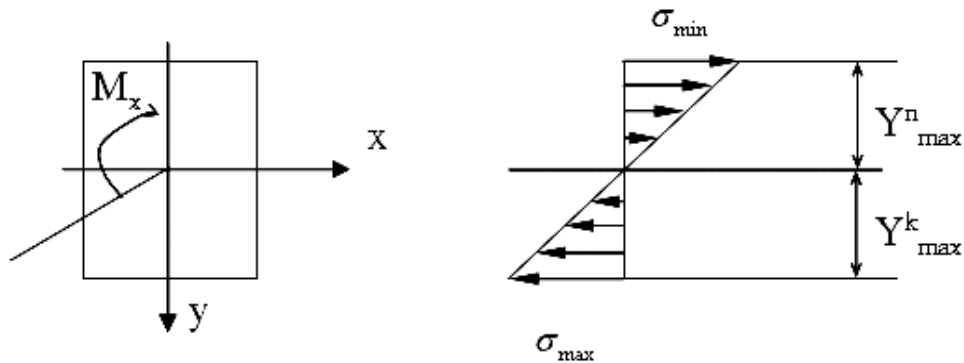
biểu thức định luật Húc, ta được:

$$s = E \cdot \frac{y}{r} \quad (2-22)$$



Hình 2.22

Qui luật phân bố ứng suất pháp trên mặt cắt ngang là phẳng hình 2.15



Hình 2.23

2.5.2.3 Biểu thức liên hệ giữa ứng suất pháp với thành phần mô men uốn

Giả sử mặt cắt ngang đang xét có mô men uốn là M_x . Theo tính toán trong sức bền vật liệu đối với thanh thẳng chịu uốn thuần tuý, ta có:

$$M_x = \frac{E}{r} \cdot I_{\bar{y}} \quad (2-23)$$

Từ công thức (2-22) và (2-23) ta được:

$$s_z = \frac{M_x}{I_{\bar{y}}} \cdot y \quad (2-24)$$

Trong đó:

- + M_x : mô men uốn trên mặt cắt ngang đối với trục trung hoà x.
- + I_x : momen quán tính của mặt cắt ngang đối với trục trung hoà x.
- + y : tung độ của điểm cần tính ứng suất đang xét đến trục trung hoà.

2.5.2.4 Ứng suất kéo nén lớn nhất

Như ta đã biết, ứng suất pháp đạt giá trị lớn nhất tại các điểm xa trục trung hoà nhất. Nếu trục trung hoà là một trục đối xứng (mặt cắt ngang là hình tròn, hình chữ nhật, hình chữ I...) thì ứng suất kéo lớn nhất và ứng suất nén lớn nhất có trị số tuyệt đối bằng nhau. Chẳng hạn như hình chữ nhật có các cạnh là b và h .

$$S_{\max}^k = S_{\min}^n = \frac{M_x}{I_U} \cdot \frac{h}{2} \quad (2-25)$$

Đặt $W_x = 2I_x/h$.

Đại lượng W_x được gọi là mô đun chống uốn của mặt cắt ngang. Nó phụ thuộc vào hình dáng, kích thước của mặt cắt ngang, có đơn vị là cm^3 .

Ví dụ:

Hình chữ nhật: $|W_x| = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (2-26)$

Hình tròn: $|W_x| = \frac{\rho \cdot R^2}{4} \quad (2-27)$

Nếu mặt cắt ngang không đối xứng qua trục trung hoà thì ứng suất kéo lớn nhất và ứng suất nén có giá trị tuyệt đối lớn nhất được xác định bởi công thức:

$$S_{\max}^k = \frac{M_x}{I_U} \cdot y_{\max}^k \quad (2-28)$$

$$S_{\max}^n = \frac{M_x}{I_U} \cdot y_{\max}^n \quad (2-29)$$

2.5.3 Điều kiện bền của dầm chịu uốn phẳng thuần túy

2.5.3.1 Điều kiện bền

$$|s|_{\max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [s] \quad (2-30)$$

Từ điều kiện bền ta có ba bài toán cơ bản như sau:

2.5.3.2 Ba bài toán cơ bản

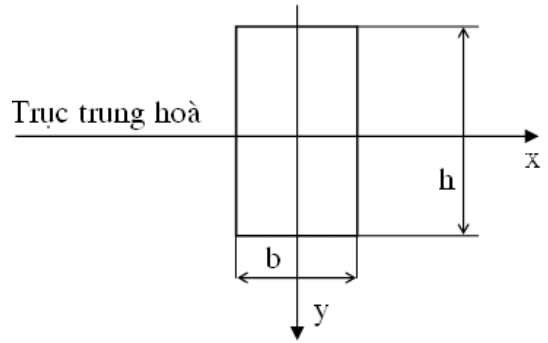
a. Bài toán kiểm tra bền: sử dụng công thức (2-30).

b. Bài toán chọn kích thước mặt cắt ngang:

$$W_x \leq \frac{M_x}{[s]} \quad (2-31)$$

c. Bài toán tìm tải trọng cho phép.

$$M_{x \max} \leq [s] W_x \quad (2-32)$$



Hình 2.24

Câu hỏi

- Câu 1)** Biến dạng là gì? Có những loại biến dạng nào?
- Câu 2)** Nêu các các hình thức chịu lực cơ bản?
- Câu 3)** Nêu khái niệm về nội lực?
- Câu 4)** Nêu khái niệm về kéo nén đúng tâm?
- Câu 5)** Vẽ biểu đồ lực dọc?
- Câu 6)** Trình bày điều kiện bền cho thanh kéo nén đúng tâm?
- Câu 7)** Khái niệm về máy cắt kim loại?
- Câu 8)** Nêu khái niệm và qui ước về dấu của mô men xoắn nội lực?

Câu 9) Trình bày định luật Húc khi trượt?

Câu 10) Nêu khái niệm về uấn thuần túy thanh thẳng?

CHƯƠNG 3. CHI TIẾT MÁY

MH 09 - 03

Mục tiêu

- Giải thích được các khái niệm về khâu, chi tiết máy, khớp động, chuỗi động, cơ cấu, máy
- Chuyển đổi được các khớp, khâu, các cơ cấu truyền động thành các sơ đồ truyền động đơn giản
- Trình bày được các cấu tạo, nguyên lý làm việc và phạm vi ứng dụng của các cơ cấu truyền động cơ bản

- Tuân thủ các quy định, quy phạm về chi tiết máy.

Nội dung

3.1 NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CƠ CẤU VÀ MÁY

3.1.1 Khái niệm về chi tiết máy

3.1.1.1 Khái niệm

Bất kỳ một máy nào, dù đơn giản hay phức tạp, cũng đều được cấu tạo bởi nhiều bộ phận máy. Chẳng hạn như máy tiện gồm bàn máy, ụ đứng, ụ động, hộp đồng tốc, bàn dao, các cơ cấu truyền dẫn... Mỗi bộ phận máy lại gồm nhiều chi tiết máy, chẳng hạn như ụ đứng của máy tiện gồm có ụ, trục chính, ổ trục...

Chi tiết máy là *phần tử đơn giản nhất không thể tháo rời hay chia cắt được* cấu tạo nên máy. Trong máy, mỗi một chi tiết giữ một vị trí và nhiệm vụ nhất định.

3.1.1.2 Phân loại chi tiết

Chi tiết máy gồm rất nhiều loại, kiểu, khác nhau về hình dạng, kích thước, nguyên lý làm việc, tính năng... Trong kỹ thuật người ta chia chúng ra làm hai loại cơ bản:

* *Các chi tiết máy có công dụng riêng*: Chỉ được dùng trong một số loại máy nhất định. Chẳng hạn như trục cơ, van, cam...

* *Các chi tiết máy có công dụng chung*: Là các chi tiết máy được dùng phổ biến trong nhiều loại máy khác nhau. Người ta chia các chi tiết này ra làm ba loại cơ bản:

- + Các chi tiết máy lắp ghép, như bu lông, đai ốc, đinh vít, đinh tán...
- + Các chi tiết máy truyền chuyển động (gọi tắt là các chi tiết máy truyền động), chẳng hạn như bánh đai, bánh xích, bánh răng, bánh ma sát...
- + Các chi tiết máy nối - đỡ như trục, ổ trục...

3.1.2 Khâu và khớp động

3.1.2.1 Khâu

Máy gồm nhiều bộ phận chuyển động tương đối với nhau, mỗi bộ phận có chuyển động riêng biệt này của máy gọi là một khâu.

Khâu có thể là vật rắn biến dạng, không biến dạng hoặc có dạng dây dẻo. Khâu có thể là một chi tiết máy (bánh răng, bánh đai...) hoặc một số chi tiết máy ghép cứng lại với nhau (tay biên, cụm piston...)

3.1.2.2 Khớp động

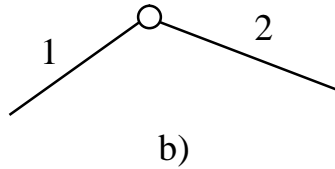
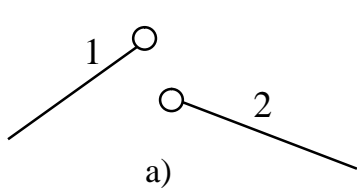
Trong máy, người ta tập hợp các khâu lại bằng cách bắt chúng phải tiếp xúc với nhau theo một qui cách nhất định gọi là phép nối động.

Chỗ trên mỗi khâu, tiếp xúc với khâu được nối động với nó gọi là thành phần khớp động. Tập hợp hai thành phần khớp động của hai khâu trong một phép nối động gọi là một khớp động.

Căn cứ vào đặc điểm tiếp xúc của thành phần khớp động người ta chia ra làm hai loại:

+ *Khớp loại cao*: Các thành phần khớp là điểm hay đường, chẳng hạn như khớp động giữa hai bánh răng ăn khớp.

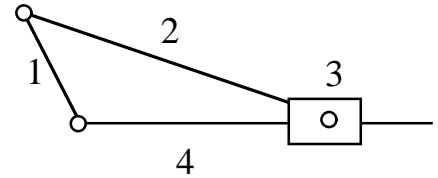
+ *Khớp loại thấp*: có thành phần khớp là mặt, chẳng hạn như khớp trượt, khớp bản lề, khớp cầu, khớp trụ...



Hình 3.1

a- Các thành phần khớp động.

b- Khâu động



Hình 3.2

Chuỗi động kín

3.1.3 Chuỗi động

Một số khâu nối với nhau bằng một số khớp động được gọi là chuỗi động.

Về mặt cấu trúc người ta chia chuỗi động ra làm hai loại:

+ *Chuỗi động hở*: là chuỗi động trong đó có các khâu chỉ được nối với một khâu khác.

+ *Chuỗi động kín*: là chuỗi động trong đó mỗi khâu được nối với ít nhất hai khâu khác.

Ví dụ như chuỗi động (hình 3.2) có bốn khâu nối với nhau bằng ba khớp bản lề và một khớp trượt, mỗi khâu trong chuỗi được nối với hai khâu khác.

3.1.4 Cơ cấu

3.1.4.1 Khái niệm về cơ cấu

Cơ cấu là chuỗi động trong đó lấy một khâu làm hệ qui chiếu gọi là giá (khâu cố định), các khâu còn lại gọi là khâu động có chuyển động trong hệ qui chiếu này.

Chẳng hạn như chuỗi động trên hình 3-2, khi lấy khâu 4 làm giá thì sẽ tạo thành một cơ cấu gọi là cơ cấu tay quay con trượt. Đây là một cơ cấu bốn khâu phẳng toàn khớp loại thấp.

Cơ cấu là tập hợp các khâu và khớp cùng thực hiện một chuyển động nhất định trong máy.

3.1.4.2. Phân loại cơ cấu

Nói chung, cơ cấu máy thường rất đa dạng.

+ Căn cứ vào số khâu dẫn của cơ cấu người ta chia ra:

- Cơ cấu có một khâu dẫn.
- Cơ cấu có nhiều khâu dẫn.

+ Căn cứ vào số khâu và khớp động người ta chia ra:

- Cơ cấu đơn giản.
- Cơ cấu phức tạp.

+ Căn cứ vào tính chất truyền động, người ta chia ra:

- Cơ cấu truyền chuyển động.
- Cơ cấu biến đổi chuyển động.

3.1.5 Máy

Máy là một hệ dùng để thực hiện các chuyển động cơ học của quá trình công tác. Hay nói một cách khác máy là tập hợp các cơ cấu và hệ thống để cùng thực hiện một công có ích.

Tuy nhiên, ngày nay ngoài những máy dùng để thực hiện các chuyển động cơ học của quá trình công tác còn xuất hiện nhiều loại máy với những tính năng, công dụng... khác nhau, như các máy truyền dẫn tín hiệu, thông tin... Tùy thuộc vào đặc thù của quá trình công tác người ta chia máy ra làm các loại như: máy năng lượng máy công nghệ, máy vận chuyển, máy thông tin...

3.2 CƠ CẤU TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT (ĐAI TRUYỀN)

3.2.1 Những vấn đề chung về cơ cấu truyền động ma sát

3.2.1.1 Nguyên tắc truyền động

Cơ cấu đai truyền là cơ cấu truyền chuyển động nhờ ma sát giữa dây đai và các bánh đai. Đai là một khâu mềm, sau một thời gian làm việc sẽ bị dẫn, gây ra các hiện tượng trũng, trượt đai, làm giảm hiệu suất truyền động. Vì vậy, trong thực tế để tránh hiện tượng này, người ta sử dụng phương pháp căng đai.

3.2.1.2 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

* *Ưu điểm:*

- + Kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, giá thành rẻ.
- + Truyền động mềm dẻo, giảm được xung động khi tải trọng va đập.
- + Vận hành êm, không ồn.
- + Đảm bảo an toàn khi quá tải.
- + Khoảng cách truyền động lớn.

* *Nhược điểm:*

- + công kềm, nhất là khi công suất lớn.
- + Không đảm bảo được độ chính xác về tỷ số truyền do có hiện tượng trượt đai.

+ Lực tác dụng lên trục và gối đỡ lớn do phải có lực căng đai ban đầu.

+ Không làm việc được ở những nơi có dầu mỡ, nước.

+ Tuổi thọ không cao (nhất là dây đai).

* *Phạm vi ứng dụng:*

+ Công suất truyền có thể đạt đến 2000 HP.

+ Tốc độ đai có thể đạt tới 30m/s đối với truyền động trung bình; 50 – 60m/s đối với truyền động tốc độ cao; 100 – 120m/s đối với truyền động siêu cao.

+ Tỷ số truyền có thể đạt tới $i \leq 5$, nếu có thiết bị căng đai có thể đạt tới $i \geq 10$.

3.2.1.3 Phân loại

a. *Phân loại dây đai.*

* *Đai phẳng* (đai dẹt) hình 3.3: Có



tiết diện ngang là hình chữ nhật (mỏng).

Trong đai phẳng người ta chia ra:

Hình 3.3

+ Đai da: Có hai loại, loại một lớp và loại hai lớp. Đai da có tuổi thọ cao, chịu tải lớn, chịu va đập tốt. Tuy nhiên giá thành đắt, không làm việc được nơi ẩm ướt, axit.

+ Đai dệt: Có hai loại:

- Đai vải: Khối lượng nhỏ, giá rẻ, dùng thích hợp với các bộ truyền tốc độ cao, công suất nhỏ. Khả năng tải và tuổi thọ thấp, không làm việc được nơi ẩm ướt, nhiệt độ cao.

- Đai len: Có thể làm việc với tải va đập, ít chịu ảnh hưởng của môi trường.

Khả năng chịu tải kém, giá cao.

+ Đai vải cao su: Được chế tạo theo TCVN 217-66 theo ba loại A, B, C.

- Loại A: Dùng cho các bánh đai nhỏ, tốc độ cao ($v > 20\text{m/s}$).

- Loại B: Dùng cho các bộ truyền tải trọng lớn, tốc độ trung bình ($v < 20\text{m/s}$).

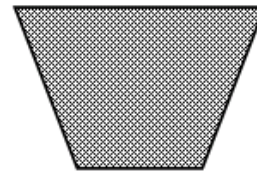
- Loại C: Dùng cho các bộ truyền tải trọng nhỏ, tốc độ thấp ($v < 15\text{m/s}$).

+ Đai làm bằng vật liệu tổng hợp: Độ bền, tốc độ làm việc và tuổi thọ cao, mềm dẻo, chịu va đập và tải lớn.

* Đai thang hình 3.4: Có tiết diện

ngang là hình thang.

Đai thang được chế tạo thành một vòng tròn khép kín, bên trong là những lớp sợi tổng hợp xếp chồng lên nhau, bên ngoài là lớp vải cao su.



Hình 3.4

Đai thang được làm việc với bánh đai có xẻ rãnh hình thang tương ứng. Do diện tích tiếp xúc lớn và nhờ có rãnh hình nêm nên khả năng ma sát tốt. Đai thang được chế tạo theo tiêu chuẩn hoá.

* Đai tròn: Có tiết diện ngang hình tròn.

* Đai hình lược: Thực chất là gồm nhiều đai thang kết hợp lại.

* Đai răng: Được sử dụng phổ biến ở các loại ô tô công suất nhỏ.

b. Phân loại cơ cấu.

* Phân loại theo dây đai:

+ Bộ truyền đai phẳng.

+ Bộ truyền đai thang.

+ Bộ truyền đai tròn.

+ Bộ truyền đai hình lược.

+ Bộ truyền đai răng.

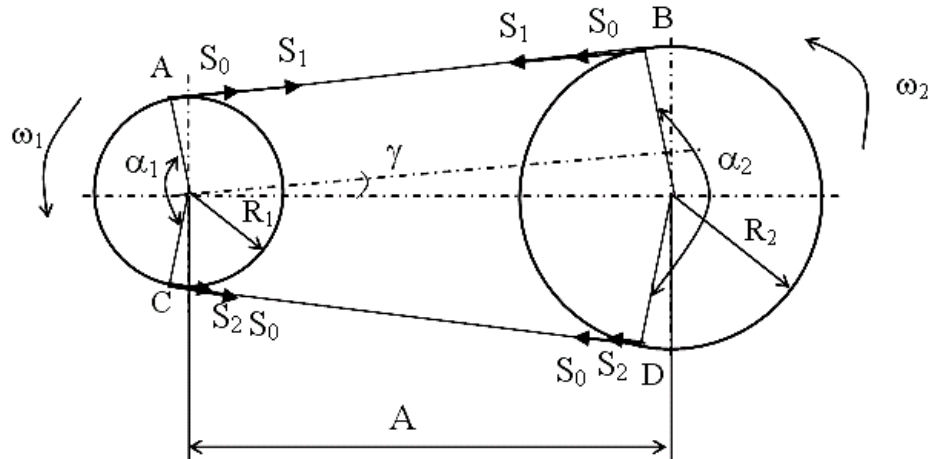
* Phân loại theo số cấp truyền:

+ Cơ cấu đai truyền đơn giản.

+ Cơ cấu đai truyền nhiều cấp.

3.2.1.4 Lực tác dụng lên cơ cấu

+ Kết cấu của một cơ cấu đai truyền đơn giản bao gồm bánh dẫn, bánh bị dẫn và dây đai (hình 3.5). Trên đó dây đai được chia làm bốn nhánh: AB, BD, DC và CA. Tùy theo chiều quay của các bánh đai mà hai nhánh AB và CD là nhánh dẫn hay bị dẫn.



Hình 3.5

+ Khi chưa làm việc, lắp dây đai phải có lực căng ban đầu S_0 để tránh hiện tượng trượt đai. Lực căng ban đầu trên các nhánh đai là như nhau.

+ Khi cơ cấu làm việc, lực căng trên các nhánh đai có sự thay đổi:

- Trên nhánh dẫn AB: Lực căng tăng lên từ S_0 đến S_1 .

- Trên nhánh bị dẫn CD: Lực căng giảm xuống từ S_0 đến S_2 .

+ Do có sự chênh lệch về lực căng trên các nhánh đai mà bánh đai bị dẫn sẽ nhận được mô men và quay cùng chiều với bánh dẫn.

$$m_{o_2}(\vec{F}) = S_1 \cdot R_2 - S_2 \cdot R_2 = P \cdot R_2. \quad (3-1)$$

Trong đó: $P = S_1 - S_2$ được gọi là lực vòng hay lực tiếp tuyến.

+ Tải trọng lên trục và ổ đỡ: Do có lực căng đai nên nó gây ra tải trọng tác dụng lên trục và ổ đỡ.

- Khi bộ truyền chưa làm việc hoặc chạy không tải thì tải trọng tác dụng lên trục Q sẽ hướng theo đường tâm bộ truyền:

$$Q = 2S_0 \cdot \cos \gamma \quad (3-2)$$

- Khi bộ truyền làm việc có tải:

$$Q = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + 2S_1 \cdot S_2 \cdot \cos 2\gamma} \quad (3-3)$$

Khác với trường hợp ở trên, lực Q sẽ lệch một góc so với đường tâm của bộ truyền.

3.2.2 Các thông số cơ bản của bộ truyền

3.2.2.1 Các thông số hình học

A: Khoảng cách truyền động (mm).

D_1, D_2 : Đường kính bánh đai dẫn và bánh đai bị dẫn (mm).

γ : Góc nghiêng của mỗi nhánh đai so với đường tâm bộ truyền.

α_1, α_2 : Góc ôm của đai lên bánh dẫn và bị dẫn.

3.2.2.2. Các thông số động học của bộ truyền

Gọi v_1, v_2 là vận tốc tiếp tuyến của hai điểm bất kỳ nằm trên bánh dẫn và bánh bị dẫn. Khi không có hiện tượng trượt đai thì:

$$v_1 = v_2$$

Mặt khác ta có: $v_1 = R_1 \cdot \omega_1$

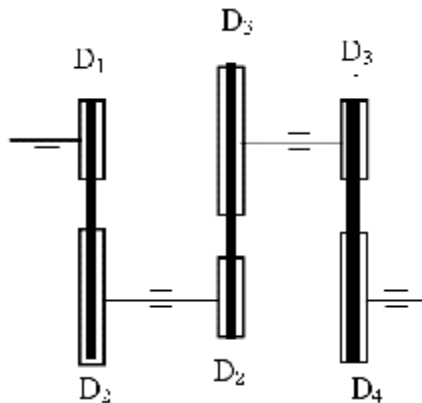
$$v_2 = R_2 \cdot \omega_2$$

Suy ra: $R_1 \cdot \omega_1 = R_2 \cdot \omega_2$ Hay $\frac{w_1}{w_2} = \frac{D_2}{D_1} = i$ (3-4)

Nếu gọi n_1, n_2 là số vòng quay của các bánh dẫn và bánh bị dẫn trong một phút, ta có:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = i \quad (3-5)$$

i được gọi là tỷ số truyền.



Hình 3.6

Nhận xét: Trong một bộ truyền, đường kính của các bánh đai tỷ lệ nghịch với số vòng quay của chúng.

Công thức (3-5) chỉ được áp dụng đối với bộ truyền đai một cấp (đơn giản).

Nếu tính theo số vòng quay: $i = \frac{n_1}{n_{n+1}}$ (3-7)

Nếu tính theo đường kính các bánh đai:

$$i = \frac{D_2 \cdot D_3 \cdot \dots \cdot D_{n+1}}{D_1 \cdot D_2' \cdot \dots \cdot D_n'} \quad (3-8)$$

Trường hợp tổng quát: Đối với bộ truyền đai nhiều cấp.

Gọi i_1, i_2, \dots, i_n là tỷ số truyền của cấp truyền thứ 1, 2, ..., n, ta có:

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}; \quad i_2 = \frac{n_2}{n_3} = \frac{D_3}{D_2'}; \quad i_n = \frac{n_n}{n_{n+1}} = \frac{D_{n+1}}{D_n'}$$

Gọi i là tỷ số truyền chung:

$$i = i_1 \cdot i_2 \dots i_n$$

(3-6)

3.3 CƠ CẤU TRUYỀN ĐỘNG ĂN KHỚP (BÁNH RĂNG)

3.3.1 Khái niệm chung

3.3.1.1 Định nghĩa và phân loại

a. Định nghĩa:

Cơ cấu bánh răng là cơ cấu truyền chuyển động và cơ năng nhờ sự ăn khớp giữa các bánh răng với nhau.

Cơ cấu bánh răng là cơ cấu được dùng khá phổ biến trên các loại máy móc.

b. Phân loại.

* Phân loại bánh răng:

+ Bánh răng hình trụ (răng thẳng, răng xiên, răng chữ V).

+ Bánh răng côn (răng thẳng, răng xiên, răng cong).

+ Thanh răng.

* Phân loại cơ cấu:

+ Phân loại theo tính chất truyền

động:

- Cơ cấu truyền động giữa các trục song song.

- Cơ cấu truyền động giữa các trục cắt nhau.

- Cơ cấu truyền động giữa các trục chéo nhau.

+ Phân loại theo số bánh răng trong cơ cấu:

- Cơ cấu bánh răng đơn giản.

- Hệ bánh răng.

Trong hệ bánh răng chia ra:

Hệ bánh răng truyền động nối tiếp.

Hệ bánh răng truyền động nhiều cấp.

+ Phân loại theo tính chất ăn khớp:

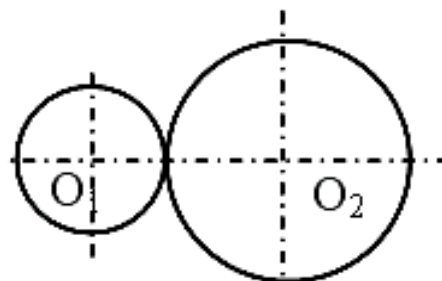
- Cơ cấu bánh răng ăn khớp ngoài.

- Cơ cấu bánh răng ăn khớp ngoài.

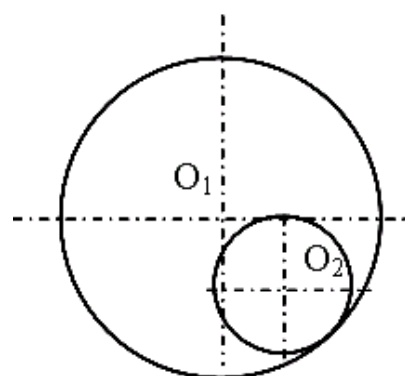
3.3.1.2 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng

a. Ưu điểm:

+ Đảm bảo độ chính xác truyền động (tốc độ, tỷ số truyền) vì không có sự trượt.



Hình 3.7 Cặp bánh răng ăn khớp ngoài



Hình 3.8 Cặp bánh răng ăn khớp trong

- + Có thể sắp đặt vị trí tương đối giữa các cặp bánh răng ăn khớp theo những góc mong muốn trong không gian.
- + Hiệu suất truyền động cao.
- + Kích thước nhỏ gọn.
- + Tuổi thọ và độ tin cậy cao.

b. Nhược điểm:

- + Không thực hiện được truyền động vô cấp.
- + Không có khả năng tự bảo vệ an toàn khi quá tải.
- + Có tiếng ồn ở tốc độ cao.
- + Đòi hỏi độ chính xác cao trong chế tạo và lắp ráp.

c. Phạm vi ứng dụng:

- + Được áp dụng rộng rãi trong các lĩnh vực cơ khí, điều khiển để truyền chuyển động và cơ năng.
- + Tốc độ có thể đạt tới 140m/s và cao hơn.
- + Dải công suất truyền động rộng (từ 0,1kw đến 100.000kw).
- + Tỷ số truyền tương đối cao (có thể hơn 10).

3.3.2 Cơ cấu bánh răng đơn giản

Là cơ cấu có hai khâu động là hai bánh răng được nối với nhau bằng một khớp loại cao dùng để truyền chuyển động quay giữa hai trục với một tỷ số truyền xác định. Hai bánh răng ăn khớp quay cùng chiều nếu ăn khớp trong, ngược chiều nếu ăn khớp ngoài.

Các bánh răng muốn ăn khớp được với nhau thì chúng phải được chế tạo cùng một mô đun ăn khớp.

3.3.2.1 Quan hệ hình học của bánh răng

TCVN qui định tất cả các bánh răng được chế tạo theo tiêu chuẩn hoá dựa vào hai thông số cơ bản là số răng Z của bánh răng và mô đun ăn khớp m (mm).

Các thông số hình học của bánh răng gồm:

+ *Bước răng*: p (mm): là khoảng cách giữa hai cạnh răng cùng phía của hai răng liên tiếp. Nó là tổng chiều dày răng và chiều rộng rãnh giữa hai răng.

$$p = \pi \cdot m$$

+ *Đường kính đường tròn chia* (d): $d = m \cdot Z$ (mm)

+ *Chiều cao đỉnh răng*: h_0 (mm): là phần răng tính từ đường tròn chia đến đường tròn đỉnh răng.

$$h_0 = m$$

+ *Chiều cao chân răng*: h_f (mm): là phần răng tính từ đường tròn chia đến đường tròn chân răng.

$$h_f = 1,25 \cdot m$$

+ *Chiều cao răng*: h (mm)

$$h = h_0 + h_f = 2,25 \cdot m$$

+ *Đường kính đường tròn đỉnh răng*: d_a (mm)

$$d_a = d + 2.h_0 = m.Z + 2.m = m(Z + 2)$$

+ Đường kính đường tròn chân răng: d_f (mm)

$$d_f = d - 2.h_f = m.Z - 2,5.m = m(Z - 2,5)$$

+ Bề rộng răng S (mm) và bề rộng rãnh răng S' (mm)

$$S = S' = p/2$$

+ Khoảng cách truyền động giữa hai trục của hai bánh răng ăn khớp: A (mm)

$$A = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m.Z_1 + m.Z_2}{2} = \frac{m}{2}(Z_1 + Z_2)$$

d_1, d_2 là đường kính đường tròn chia của bánh răng chủ động và bánh răng bị động.

3.3.2.2 Các quan hệ động học

Bằng cách chứng minh tương tự như cơ cấu đai truyền đơn giản, ta cũng có:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = i$$

Trong đó:

+ ω_1, ω_2 là vận tốc góc của bánh răng chủ động và bánh răng bị động.

+ Z_1, Z_2 lần lượt là số răng của bánh răng chủ động và bánh răng bị động.

+ i là tỷ số truyền động.

Gọi n_1, n_2 lần lượt là số vòng quay của bánh răng chủ động và bánh răng bị động, ta có:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = i$$

Nhận xét: Trong một cơ cấu, số vòng quay của các bánh răng ăn khớp tỷ lệ nghịch với số răng của chúng.

3.3.3 Hệ bánh răng có trục cố định

Trong rất nhiều trường hợp, để truyền chuyển động và cơ năng từ một bộ phận máy này đến bộ phận máy khác với khoảng cách tương đối xa, hoặc muốn nâng cao tỷ số truyền động hay đảo chiều quay của trục bánh răng bị động, cơ cấu bánh răng đơn giản không thể đảm nhiệm được. Vì vậy, người ta phải dùng tới hệ bánh răng.

3.3.3.1 Kết cấu chung

Bao gồm:

+ Bánh răng chủ động.

+ Một hoặc nhiều bánh răng trung gian.

+ Bánh răng bị động.

+ Trục của các bánh răng có vị trí cố định (trục có thể không quay hoặc quay xung quanh vị trí của nó).

+ Căn cứ vào đặc điểm cấu tạo, người ta chia ra làm hai loại:

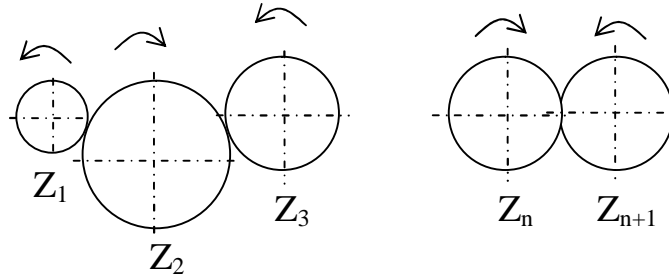
- Hệ bánh răng truyền động nối tiếp.

- Hệ bánh răng truyền động nhiều cấp.

Sau đây, chúng ta sẽ nghiên cứu về hai loại hệ bánh răng này.

3.3.3.2 Hệ bánh răng truyền động nối tiếp

Xét một hệ bánh răng truyền động nối tiếp gồm n cặp bánh răng ăn khớp với $n+1$ bánh răng như hình vẽ.



Hình 3.9 Hệ bánh răng truyền động nối tiếp

Gọi n_1, n_2, \dots, n_{n+1} và Z_1, Z_2, \dots, Z_{n+1} lần lượt là số vòng quay và số răng tương ứng của các bánh răng thứ 1, 2, ..., $n+1$.

i_1, i_2, \dots, i_n là tỷ số truyền tương ứng của các cặp bánh răng ăn khớp thứ 1, 2, ..., n .

i là tỷ số truyền chung.

Theo định nghĩa về tỷ số truyền: $i = \frac{n_1}{n_{n+1}}$

Nhân cả tử mà mẫu của biểu thức trên với tích $n_2.n_3 \dots n_n$ ta được:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_3} \dots \frac{n_n}{n_{n+1}} = i_1 \cdot i_2 \dots i_n$$

Nếu ta thay tỷ số $\frac{n_k}{n_{k+1}} = \frac{Z_{k+1}}{Z_k}$ ta được: $i = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_3}{Z_2} \dots \frac{Z_{n+1}}{Z_n}$

Sau khi thay vào và rút gọn biểu thức trên ta được: $i = \frac{Z_{n+1}}{Z_1}$

* *Nhận xét:*

+ Tỷ số truyền chung của hệ bánh răng truyền động nối tiếp được tính bằng tích tỷ số truyền của từng cặp bánh răng ăn khớp có trong hệ.

+ Tỷ số truyền chung của hệ bánh răng truyền động nối tiếp không phụ thuộc vào số răng của các bánh răng trung gian có trong hệ mà chỉ phụ thuộc vào số răng của bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn (bánh răng đầu và bánh răng cuối).

+ Nếu số cặp bánh răng ăn khớp là chẵn thì bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn quay cùng chiều nhau.

+ Nếu số cặp bánh răng ăn khớp là lẻ thì bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn quay ngược chiều nhau.

3.3.3.3 Hệ bánh răng truyền động nhiều cấp

Xét một hệ bánh răng truyền động gồm n cấp truyền như hình vẽ.

Gọi n_1, n_2, \dots, n_{n+1} lần lượt là số vòng quay tương ứng của các bánh răng thứ 1, 2, ..., $n+1$.

i_1, i_2, \dots, i_n là tỷ số truyền tương ứng của các cấp truyền thứ 1, 2, ..., n .

i là tỷ số truyền chung.

Theo định nghĩa về tỷ số truyền:

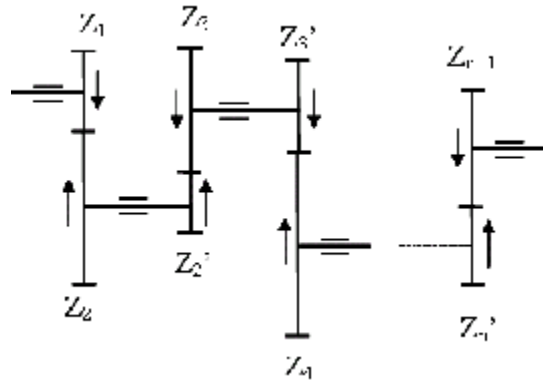
$$i = \frac{n_1}{n_{n+1}}$$

Nhân cả tử mà mẫu của biểu thức trên với tích $n_2.n_3...n_n$ ta được:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_3} \dots \frac{n_n}{n_{n+1}} = i_1.i_2...i_n$$

Nếu ta thay tỷ số $\frac{n_k}{n_{k+1}} = \frac{Z_{k+1}}{Z_k}$

Ta được:
$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_3}{Z_2'} \cdot \frac{Z_4}{Z_3'} \dots \frac{Z_{n+1}}{Z_n'}$$



Hình 3.10 Hệ bánh răng truyền động nhiều cấp

* *Nhận xét:*

+ Tỷ số truyền chung của hệ bánh răng truyền động nhiều cấp được tính bằng tích tỷ số truyền của từng cấp truyền có trong hệ.

+ Tỷ số truyền chung của hệ bánh răng truyền động nhiều cấp không những chỉ phụ thuộc vào số răng của bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn (bánh răng đầu và bánh răng cuối), mà còn phụ thuộc vào số răng của các bánh răng trung gian có trong hệ.

+ Nếu số cấp truyền là lẻ thì bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn quay ngược chiều nhau.

+ Nếu số cấp truyền là chẵn thì bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn quay cùng chiều nhau.

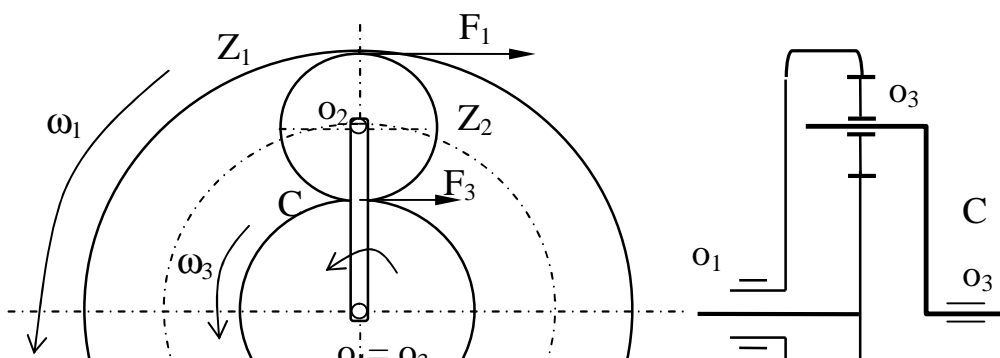
3.3.4 Hệ bánh răng hành tinh

3.3.4.1 Kết cấu

Gồm:

- + Khâu dẫn C có thể chuyển động quay tròn.
- + Các bánh răng Z_1 và Z_3 có chung trục hình học, chuyển động độc lập tương đối với nhau gọi là các bánh răng mặt trời.

+ Bánh răng Z_2 có trục di động cùng khâu dẫn C khi làm việc. Nó có thể cùng một lúc tham gia vào hai chuyển động là cùng với khâu C quay quanh trục đi qua O_1 và O_3 đồng thời chuyển động quay quanh trục của nó. Bánh răng Z_2 được gọi là bánh răng hành tinh.



3.3.4.2 Nguyên lý truyền

Giả sử khi làm việc, khâu dẫn C quay với tốc độ không đổi là n_c kéo bánh răng Z_2 quay theo cùng tốc độ. Vì bánh răng Z_2 đồng thời ăn khớp với hai bánh răng mặt trời Z_1 và Z_3 nên khi đó bánh răng Z_2 sẽ tác động lên các bánh răng mặt trời với các lực tương ứng là F_1 và F_3 . Theo định luật III của Niuton, các bánh răng mặt trời Z_1 và Z_3 sẽ phản lại bánh răng Z_2 các phản lực tương ứng là F_1' và F_3' . Như vậy sẽ xảy ra hai trường hợp:

+ Trường hợp thứ nhất: Nếu $F_1' = F_3'$ thì khi đó tổng đại số mô men của các phản lực này lấy đối với trục O_2 của bánh răng Z_2 là bằng không.

$$m_{O_2}(\vec{F}) = F_1' \cdot R_2 - F_3' \cdot R_2 = 0$$

Lúc này, bánh răng Z_2 chỉ tham gia duy nhất một chuyển động cùng với trục của nó quay cùng khâu dẫn C và có tác dụng như một then cài nối cứng hai bánh răng Z_1 và Z_3 làm cho hai bánh răng này quay cùng tốc độ với khâu dẫn C, tức là:

$$n_1 = n_3 = n_c$$

+ Trường hợp thứ hai: Lực cản của hai bánh răng mặt trời lên bánh răng Z_2 không đều nhau $F_1 \neq F_3$ (giả sử $F_1 > F_3$). Tổng đại số mô men của chúng với trục O_2 là khác không:

$$m_{O_2}(\vec{F}) = F_1' \cdot R_2 - F_3' \cdot R_2 \neq 0$$

Lúc này bánh răng Z_2 nhận được mô men và tham gia đồng thời hai chuyển động:

- + Quay cùng với khâu dẫn C.
- + Quay quanh trục của nó.

Chiều quay của bánh răng Z_2 là chiều làm giảm tốc độ quay của bánh răng mặt trời có lực cản lớn và làm tăng tốc độ quay của bánh răng mặt trời có lực cản nhỏ. Nếu $F_1 > F_3$ thì:

$$n_1 = n_c + \Delta n_1$$

$$n_3 = n_c - \Delta n_3$$

Trong đó: Δn_1 là độ tăng số vòng quay của bánh răng Z_1 .

Δn_3 là độ giảm số vòng quay của bánh răng Z_3 .

Trong thực tế, các bánh răng Z_1 và Z_3 có số răng như nhau, nếu bỏ qua sự trượt của các bánh răng thì: $\Delta n_1 = \Delta n_3$.

Khi đó: $n_1 + n_3 = 2n_c$

Kết luận: Khi lực cản trên các bánh răng có sự thay đổi thì số vòng quay của chúng cũng thay đổi theo, nhưng tổng số vòng quay của chúng là một giá trị không đổi. Khi số vòng quay của bánh răng này tăng lên bao nhiêu thì số vòng quay của bánh răng kia cũng sẽ giảm đi bấy nhiêu.

3.4 CƠ CẤU TRUYỀN ĐỘNG KHÁC

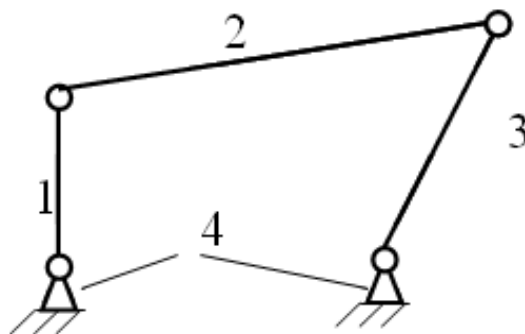
3.4.1 Cơ cấu bốn khâu bản lề

3.4.1.1 Khái niệm

Là loại cơ cấu bốn khâu phẳng toàn khớp loại thấp dùng để biến chuyển động quay thành chuyển động lắc và ngược lại, biến đổi chuyển động quay thành một chuyển động quay khác hay biến đổi từ một chuyển động lắc này thành một chuyển động lắc khác.

3.4.1.2 Kết cấu

Bao gồm bốn khâu, trong đó có ba khâu động, một khâu cố định gọi là giá. Trong ba khâu động có một khâu không nối giá được gọi là thanh truyền. Hai khâu nối giá, một khâu được gọi là khâu dẫn, một khâu là khâu bị dẫn. Tùy thuộc vào chiều dài của các khâu nối giá và các khâu trong cơ cấu mà chúng được gọi là tay



Hình 3.12: Cơ cấu bốn khâu bản lề.

quay hay cần lắc. Nếu tổng chiều dài khâu ngắn nhất và khâu dài nhất nhỏ hơn hay bằng tổng chiều dài của hai khâu còn lại thì:

- Nếu lấy khâu kề với khâu ngắn nhất làm giá thì khâu ngắn nhất sẽ là tay quay, khâu nối giá còn lại là cần lắc. Khi đó ta có cơ cấu dạng tay quay – cần lắc.

- Nếu lấy khâu ngắn nhất làm giá thì cả hai khâu nối giá là tay quay. Khi đó ta có cơ cấu dạng tay quay – tay quay.

- Khi lấy khâu đối diện với khâu ngắn nhất làm giá thì cả hai khâu nối giá đều là cần lắc. Khi đó ta có cơ cấu dạng cần lắc – cần lắc.

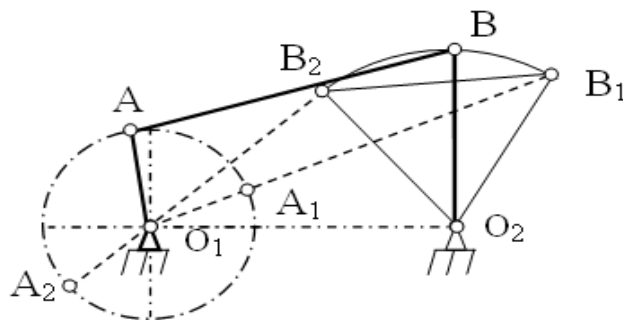
- + Nếu tổng chiều dài khâu ngắn nhất và khâu dài nhất lớn hơn tổng chiều dài của hai khâu còn lại thì dù lấy khâu nào làm giá, các khâu nối giá đều là cần lắc.

Các khâu của cơ cấu được liên kết với nhau bằng bốn khớp bản lề loại thấp. Trong chương trình ta chỉ xét cơ cấu bốn khâu bản lề loại tay quay – cần lắc.

3.4.1.3 Nguyên lý làm việc

Trong quá trình làm việc, khâu dẫn của cơ cấu luôn nhận được động lực (Lực hay mô men phát động) của máy thông qua một hệ thống truyền dẫn.

** Xét trường hợp tay quay là khâu dẫn, cần lắc là khâu bị dẫn.*



Hình 3.13 Cơ cấu Tay quay là khâu dẫn.

Khi tay quay quay, lực sẽ được truyền đến cần lắc qua thanh truyền làm cho cần lắc chuyển động qua lại trên một cung tròn được xác định bởi hai điểm giới hạn hay gọi là vị trí biên tương ứng với một góc quay nhất định. Các điểm giới hạn này được xác định tương ứng với các vị trí mà tại đó tay quay và thanh truyền thẳng hàng với nhau.

Vị trí biên của cần lắc ứng với vị trí tay quay và thanh truyền chập lại với nhau gọi là vị trí biên gần. Vị trí biên của cần lắc ứng với vị trí tay quay duỗi thẳng với thanh truyền gọi là vị trí biên xa.

Chuyển động của cơ cấu từ vị trí biên gần tới vị trí biên xa gọi là hành trình đi, góc quay tương ứng với hành trình đi gọi là góc đi. Chuyển động của cơ cấu từ vị trí biên xa tới vị trí biên gần gọi là hành trình về, góc quay tương ứng với hành trình về gọi là góc về. Trong cơ cấu bốn khâu bản lề, hành trình đi bao giờ cũng là hành trình làm việc. Nói chung cơ cấu này, thời gian để thực hiện các hành trình đi và về là khác nhau, do đó cần chú ý khi tiến hành lắp đặt cơ cấu. Mặt khác, tại các vị trí biên, do tay quay và cần lắc tạo thành một đường thẳng đi qua tâm quay của tay quay nên mô men truyền đến cần lắc là bằng không. Cơ cấu có hai điểm chết tương ứng với hai vị trí biên của cần lắc, vì vậy cần chú ý tránh các điểm chết khi khởi động cơ cấu.

** Xét trường hợp khâu dẫn là cần lắc, khâu bị dẫn là tay quay.*

Khi cần lắc chuyển động qua lại giữa hai vị trí biên của nó thì tay quay quay tròn. Cần lắc thực hiện được một lần đi – về thì tay quay quay được một vòng.

Cũng như trường hợp trên, thời gian thực hiện hành trình đi và về là khác nhau. Tuy nhiên, trong mọi trường hợp, lực truyền đến tay quay không đi qua tâm quay của cần lắc, do đó cơ cấu không có điểm chết.

3.4.2 Phạm vi ứng dụng

Cơ cấu bốn khâu bản lề được ứng dụng rộng rãi trong ngành chế tạo máy, như: được dùng để chế tạo máy khâu, máy tuốt lúa, máy cắt, cái gạt nước mưa trên ô tô, hình bình hành truyền động của tàu hoả,...

3.5 Cơ cấu truyền động khác

3.5.1 Cơ cấu tay quay con trượt

3.5.1.1 Khái niệm

Là loại cơ cấu bốn khâu phẳng toàn khớp loại thấp dùng để biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến qua lại và ngược lại.

3.5.1.2 Kết cấu

Bao gồm bốn khâu, trong đó có ba khâu động, một khâu cố định gọi là giá. Trong ba khâu động có một khâu không nối giá được gọi là thanh truyền. Hai khâu nối giá, một khâu được gọi là tay quay, một khâu là con trượt.

+ Nếu đường chạy của con trượt đi qua tâm quay của tay quay, ta có cơ cấu tay quay con trượt đúng tâm.

+ Nếu đường chạy của con trượt không đi qua tâm quay của tay quay, ta có cơ cấu tay quay con trượt lệch tâm. Khoảng cách từ tâm quay của tay quay đến đường chạy của con trượt gọi là độ lệch tâm. Cơ cấu có bốn khớp loại thấp, trong đó có ba khớp quay và một khớp trượt.

3.5.1.3 Nguyên lý làm việc

* *Trường hợp 1*: Nếu tay quay là khâu dẫn, con trượt là khâu bị dẫn.

Khi làm việc, tay quay quay tròn, truyền lực đến con trượt qua thanh truyền làm con trượt chuyển động tịnh tiến qua lại trên đường trượt giữa hai điểm biên.

Hai điểm biên này được xác định tương ứng với các vị trí mà tại đó tay quay và thanh truyền thẳng hàng với nhau. Vị trí biên ứng với vị trí tay quay và thanh truyền chập lại với nhau gọi là vị trí biên gần (con trượt ở gần tâm quay nhất). Vị trí biên ứng với vị trí tay quay duỗi thẳng với thanh truyền gọi là vị trí biên xa (con trượt xa tâm quay nhất). Chuyển động của cơ cấu từ vị trí biên gần tới vị trí biên xa gọi là hành trình đi, góc quay tương ứng với hành trình đi gọi là góc đi. Chuyển động của cơ cấu từ vị trí biên xa tới vị trí biên gần gọi là hành trình về, góc quay tương ứng với hành trình về gọi là góc về. Gọi S là hành trình dịch chuyển của con trượt (đi-về):

Nếu là cơ cấu đúng tâm, thời gian để thực hiện các hành trình đi và về là như nhau và:

$$S = 2R \text{ (R là chiều dài của tay quay)}$$

Nếu là cơ cấu lệch tâm, thời gian để thực hiện các hành trình đi và về là khác nhau và:

$$S \neq 2R$$

Mặt khác, tại các vị trí biên, do tay quay và cần lắc tạo thành một đường thẳng đi qua tâm quay của tay quay nên mô men truyền đến con trượt là bằng không. Cơ cấu có hai điểm chết tương ứng với hai vị trí biên của cần lắc, vì vậy cần chú ý tránh các điểm chết khi khởi động cơ cấu.

Gọi \vec{F} là lực truyền từ tay quay đến con trượt. Ta phân tích \vec{F} làm hai thành phần:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{N}$$

+ \vec{F}_1 dọc theo phương trượt, có tác dụng làm con trượt chuyển động tịnh tiến qua lại trong rãnh trượt.

+ \vec{N} có phương vuông góc với phương trượt có xu hướng ép con trượt tỳ vào rãnh trượt. Đây là lực có hại vì nó làm tăng lực cản ma sát, phát sinh nhiệt, làm mài mòn con trượt và rãnh trượt.

* *Trường hợp 2:* Con trượt là khâu dẫn, tay quay là khâu bị dẫn (học sinh tự tìm hiểu)

3.5.1.4 Phạm vi ứng dụng

Cũng giống như cơ cấu bốn khâu bản lề, cơ cấu tay quay con trượt được ứng dụng nhiều làm cơ cấu chính của các máy như dùng làm cơ cấu trục khuỷu – thanh truyền trên động cơ đốt trong, dùng làm cơ cấu chính của một số máy móc trong nông nghiệp như máy ép...

3.4.2.2 Trục và ổ trượt

a. Trục

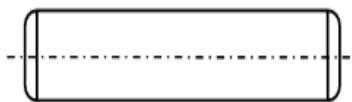
* *Khái niệm.*

Trục là một chi tiết máy dùng để truyền chuyển động quay (truyền mô men xoắn), đỡ đỡ và lắp đặt các chi tiết máy quay hoặc để thực hiện cả hai nhiệm vụ trên.

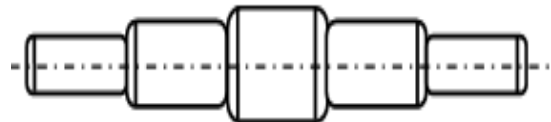
* *Phân loại.*

+ *Theo đặc điểm chịu tải trục được chia ra làm hai loại:*

Trục truyền: Dùng để truyền mô men xoắn và đỡ các chi tiết máy quay. nó vừa chịu uốn vừa chịu xoắn.



Hình 3.14 Trục trơn.



Hình 3.15 Trục bậc.

Trục tâm: chỉ có nhiệm vụ đỡ các chi tiết máy quay, do đó nó chỉ chịu uốn. Trong quá trình làm việc, trục tâm có thể quay hoặc không quay.

+ *Theo hình dạng đường tâm trục có thể chia ra:*

Trục thẳng: Đường tâm là một đường thẳng.

Trục khuỷu: Đường tâm khúc khuỷu.

Trục mềm: có độ uốn cong khá lớn, được dùng để truyền chuyển động quay và mô men xoắn giữa các bộ phận máy hoặc giữa các máy có vị trí thay đổi khi làm việc.

+ *Theo cấu tạo chia ra:*

Trục trơn và trục bậc.

Trục đặc và trục rỗng.

* *Kết cấu của trục.*

Thông thường được xác định theo trị số và tình hình phân bố lực tác dụng lên trục, cách bố trí và cố định các chi tiết máy lắp trên trục, phương pháp gia công và lắp ghép...

Trục thường được chế tạo có dạng hình trụ tròn nhiều bậc. Khi cần giảm khối lượng có thể làm trục rỗng.

Chi tiết máy dùng để đỡ trục gọi là ổ trục. Phần trục tiếp xúc trực tiếp với ổ trục gọi là ngông trục. Phần để lắp với các chi tiết máy quay gọi là thân trục. Đường kính ngông trục và thân trục phải được lấy theo tiêu chuẩn để thuận tiện cho việc chế tạo và lắp ghép.

Để cố định các chi tiết trên trục theo chiều trục thường dùng vai trục, gờ, mặt côn, bạc, vòng chặn, đai ốc hoặc lắp ghép có độ dôi.

Để cố định các chi tiết trên trục không bị xoay thường dùng then, then hoa hoặc lắp ghép có độ dôi.

* *Vật liệu chế tạo trục.*

Yêu cầu phải có độ bền cao, ít nhạy với tập trung ứng suất, có thể nhiệt luyện và dễ gia công. Thép các bon và thép hợp kim là những vật liệu chủ yếu dùng để chế tạo trục.

b. *Ổ trượt*

* *Công dụng.*

Được dùng để đỡ các trục quay. Ổ trục chịu tác dụng của các lực đặt trên trục và truyền các lực này vào thân máy, bộ máy.

Bề mặt làm việc của ổ trượt cũng giống như của ngông trục có thể là mặt trụ, mặt côn, mặt phẳng hoặc mặt cầu.

* *Phân loại:*

Theo đặc điểm cấu tạo, chia ra:

+ *ổ nguyên*: Chế tạo đơn giản và có độ cứng lớn hơn ổ ghép. Ổ nguyên có thể chế tạo rời hoặc chế tạo liền thân. Tuy nhiên ổ nguyên thường có các nhược điểm sau:

- Khi khe hở giữa ngông trục và ổ quá lớn, không thể điều chỉnh được.
- Ngông trục chỉ có thể lắp từ ngoài mút vào, do đó khi lắp các loại trục có đường kính lớn hoặc cần lắp ổ vào ngông giữa sẽ khó khăn.

Ổ nguyên chỉ được dùng trong các máy làm việc gián đoạn, vận tốc thấp, tải trọng nhỏ.

+ *ổ ghép*: được chế tạo thành hai nửa riêng biệt sau đó ghép lại với nhau bằng bu lông, đai ốc. Ổ ghép không có những nhược điểm như ổ nguyên, nhưng khó chế tạo và giá thành đắt.

Kết cấu của ổ trượt.

Về cơ bản kết cấu của ổ trượt gồm có thân ổ, lót ổ, ngoài ra còn có cấu tạo đường dầu, vú mỡ để bôi trơn cho bề mặt làm việc của ổ và ngõng trục.

+ *Thân ổ*: Có thể chế tạo liền với thân máy hoặc chế tạo rời sau đó ghép vào thân máy. Thân ổ có thể được chế tạo nguyên (ổ nguyên) hoặc chế tạo thành hai nửa sau đó ghép lại với nhau (ổ ghép).

+ *Lót ổ*: Bề mặt tiếp xúc với ngõng trục phải làm bằng vật liệu có hệ số ma sát thấp, có khả năng chịu mài mòn, ma sát. Tùy theo ổ là ổ nguyên hay ổ ghép mà lót ổ cũng được chế tạo nguyên hoặc dưới dạng hai nửa cho phù hợp với ổ.

b. ổ lăn.

* *Cấu tạo*: Trong ổ lăn, tải trọng từ trục trước khi truyền đến gối trục phải qua các con lăn. Nhờ có con lăn nên ma sát sinh ra trong ổ là ma sát lăn.

Ổ lăn thường gồm bốn bộ phận: vòng ngoài, vòng trong, con lăn và vòng cách (áo).

Vòng trong và vòng ngoài thường có rãnh, vòng trong lắp với ngõng trục, vòng ngoài lắp với gối trục. Thường chỉ có vòng trong quay cùng trục, vòng ngoài đứng yên. Tuy nhiên, cũng có khi vòng ngoài quay cùng với gối trục còn vòng trong đứng yên cùng trục (ổ lăn của bánh ô tô).

Con lăn có thể có dạng cầu hoặc dạng đĩa, lăn trên rãnh con lăn.

Vòng cách giữ cho hai con lăn kề nhau cách nhau một khoảng nhất định

* *Phân loại*:

+ Phân loại theo hình dạng con lăn:

- ổ bi.

- ổ đĩa: có các loại đĩa trụ đĩa côn đĩa hình trống, đĩa trụ xoắn, đĩa kim.

+ Theo khả năng chịu lực ổ lăn được chia ra:

- ổ đỡ: Chỉ chịu lực hướng tâm mà không chịu hoặc ít chịu lực dọc trục.

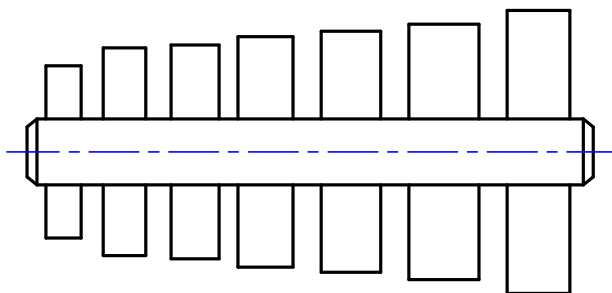
- ổ đỡ chặn: Chịu được cả lực hướng tâm và lực dọc trục.

- ổ chặn đỡ: Chịu lực dọc trục đồng thời chịu được một phần lực hướng tâm.

- ổ chặn: Chỉ chịu lực dọc trục mà không chịu lực hướng tâm.

+ Theo số dãy con lăn có thể chia ra ổ lăn một dãy, ổ lăn hai dãy, bốn dãy...

+ Theo cỡ đường kính ngoài của ổ, chia ra; ổ lăn cỡ đặc biệt nhẹ, ổ lăn rất nhẹ, nhẹ, trung bình và nặng.



Hình 3-16 Cỡ đường kính và bề rộng ổ.

+ Theo cỡ chiều rộng chia ra: ổ hẹp, ổ bình thường, ổ rộng và ổ rất rộng.
 + ngoài ra còn chia ổ lăn thành ổ tự lựa và ổ không tự lựa. ổ lăn tự lựa có mặt trong của vòng ngoài là mặt lõm hình cầu, tâm hình cầu trùng với điểm giữa chiều rộng ổ và nằm trên đường tâm của ổ, do đó nó còn được gọi là ổ lăn lòng cầu.

Ưu nhược điểm của ổ lăn.

So sánh với ổ trượt, ổ lăn có các *ưu, nhược* điểm sau:

Ưu điểm:

- + Hệ số ma sát nhỏ, mô men cản sinh ra khi mở máy cũng ít hơn ổ trượt.
- + Chăm sóc và bôi trơn đơn giản.
- + Mức độ tiêu chuẩn hoá và tính lắp lẫn cao, thay thế thuận tiện.

Nhược điểm:

- + Kích thước hướng kính lớn.
- + Lắp ghép tương đối khó khăn.
- + Làm việc nhiều tiếng ồn, khả năng giảm chấn kém.
- + Lực quán tính tác dụng lên con lăn khá lớn khi làm việc với vận tốc cao.
- + Giá thành cao.

* ổ lăn được dùng trong rất nhiều các loại máy.

Các loại ổ lăn chính.

Ổ bằng 20% khả năng chịu lực hướng tâm không dùng đến.

+ *Ổ đĩa ngăn đỡ một dãy:* Chủ yếu là chịu lực hướng tâm. Khả năng chịu lực hướng tâm lớn hơn 70% so với ổ bi đỡ một dãy cùng kích thước. Loại ổ này có khả năng chịu tải lớn, chịu va đập tốt.

+ *Ổ bi đỡ lòng cầu hai dãy:* Chủ yếu là chịu lực hướng tâm. Khả năng chịu lực hướng tâm lớn hơn hai lần so với ổ bi đỡ một dãy cùng kích thước. Loại ổ này có khả năng chịu tải lớn, chịu va đập tốt.

+ *Ổ kim, ổ đĩa trụ dài:* Con lăn dạng đĩa trụ nhỏ và dài. ổ kim không có vòng cách, khả năng chịu lực hướng tâm lớn, kích thước đường kính ngoài nhỏ, có thể có đủ vòng trong, vòng ngoài hoặc không có vòng trong hoặc vòng ngoài.

+ *Ổ đĩa trụ xoắn đỡ:* Con lăn hình trụ rỗng bằng lá thép mỏng cuốn lại. Nó không chịu được lực dọc trục, khả năng chịu tải va đập tốt.

+ *Ổ bi đỡ chặn một dãy:* Chịu được cả lực hướng tâm và lực dọc trục. Khả năng chịu lực hướng tâm lớn hơn khoảng 30 – 40% ổ bi đỡ một dãy. Để tăng khả năng chịu tải hoặc chịu lực dọc trục thay đổi hai chiều người ta thường lắp hai ổ trên một gối trục.

+ *Ổ đĩa côn đỡ chặn:* Chịu được cả lực hướng tâm và lực dọc trục. Được dùng nhiều trong chế tạo máy vì tháo lắp đơn giản, có thể điều chỉnh khe hở và bù mòn thuận tiện. ổ có thể chế tạo một hay nhiều dãy, nó thường được dùng trên các trục có lắp bánh răng côn, bánh răng xiên...

+ *Ổ bi chặn:* Chỉ chịu lực dọc trục và làm việc với vận tốc thấp, trung bình.

Ký hiệu và cách đọc ổ lăn.

Theo TCVN 3776-83, tất cả các ổ lăn được chế tạo theo tiêu chuẩn hoá và được ký hiệu bằng những con số

+ Hai số đầu tính từ phải sang biểu thị đường kính trong của ổ.

- Đối với ổ có đường kính trong từ 20 đến 495mm thì các số này có giá trị bằng 1/5 đường kính trong, nghĩa là nếu nhân hai số này với 5 ta được kích thước đường kính trong của ổ.

- Đối với những ổ có đường kính trong từ 10 đến dưới 20mm thì được ký hiệu như sau:

Đường kính trong của ổ (mm):	10	12	15	17
Ký hiệu:	00	01	02	03

- Đối với những ổ có đường kính trong từ 1 đến dưới 9mm thì hai số này (ví dụ như 01, 02,... 09) có giá trị bằng đường kính trong của ổ, nhưng số thứ ba từ phải sang phải là số 0.

+ Số thứ ba từ phải sang biểu thị loạt đường kính ổ (cỡ kích thước đường kính ngoài của ổ): 8, 9 – siêu nhẹ; 1, 7 - Đặc biệt nhẹ; 2, 5 – nhẹ; 3, 6 – trung bình; 4 – nặng. Số 9 để chỉ ổ có đường kính không tiêu chuẩn.

+ Số thứ tư từ phải sang biểu thị loại ổ:

<i>Loại ổ</i>	<i>Ký hiệu</i>
- Ổ bi đỡ một dãy:	0
- Ổ bi đỡ lòng cầu hai dãy:	1
- Ổ đĩa ngăn đỡ một dãy:	2
- Ổ bi đỡ lòng cầu hai dãy:	3
- Ổ kim, ổ đĩa trụ dài:	4
- Ổ đĩa trụ xoắn đỡ:	5
- Ổ bi đỡ chặn một dãy:	6
- Ổ đĩa côn đỡ chặn:	7
- Ổ bi chặn, ổ bi chặn đỡ:	8
- Ổ đĩa chặn, ổ đĩa chặn đỡ:	9

+ Số thứ năm và thứ sáu từ phải sang biểu thị những đặc điểm về cấu tạo của ổ, ví dụ về góc tiếp xúc của bi trong ổ đỡ chặn, có rãnh tựa ở vòng ngoài...(đối với những kiểu ổ không có những đặc điểm về cấu tạo thì không cần dùng hai con số này)

+ Số thứ bảy từ phải sang biểu thị loạt chiều rộng ổ (cỡ chiều rộng): 8 - đặc biệt hẹp; 7 – hẹp; 1- bình thường; 2 – rộng; 3, 4, 5, 6 - đặc biệt rộng. Tùy theo loạt đường kính, chữ số 0 có thể chỉ loạt chiều rộng bình thường, hẹp hoặc rộng.

Trong ký hiệu quy ước của ổ không ghi kiểu ổ có ký hiệu là số 0 nếu ký hiệu loạt chiều rộng là 0 và dạng kết cấu là 00.

