

BỘ LAO ĐỘNG THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC GIÁO DỤC NGHỀ NGHIỆP



GIÁO TRÌNH
Môn học
Cơ ứng dụng
NGHỀ: CÔNG NGHỆ Ô TÔ
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

LƯU HÀNH NỘI BỘ

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 giãn 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 Qui 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, dập, 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.

CHƯƠNG 1. CƠ HỌC LÝ THUYẾT

MH 09-01

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 TĨNH 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.

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

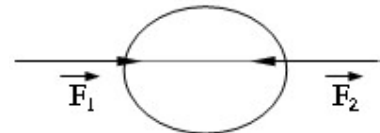
Hai lực như thế còn được gọi là hai lực trực đối. (hình 1.1a) cho ta hình ảnh về vật rắn cân bằng chịu kéo và (hình 1.1b) là vật rắn cân bằng chịu nén.

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.

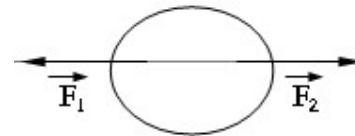
Ví dụ: Một vật nặng có trọng lượng P được treo bằng một sợi dây không giãn, một đầu cố định. (hình 1.2)

Vật này chịu tác dụng của hai lực cân bằng:

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

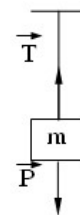


a)



b)

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 $\vec{F}$, 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 $\vec{F}$. 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.

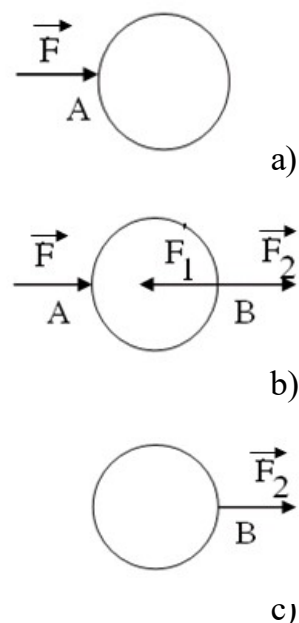
Chứng minh: Cho hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) = 0$ đặt $\vec{R} = (\vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ ta có:

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) = (\vec{F}_1, \vec{R}) = 0$, 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

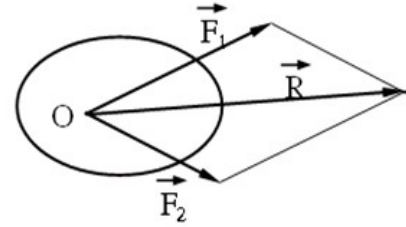
Như vậy, nếu gọi $\vec{R}$ là hợp lực của hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ cùng đặt tại điểm O thì ta có:

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

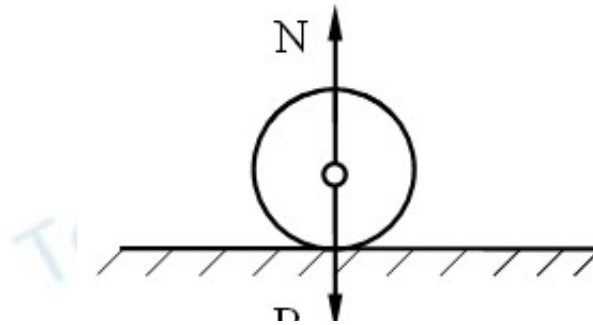
$$\text{Về độ lớn: } R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos\alpha$$

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)

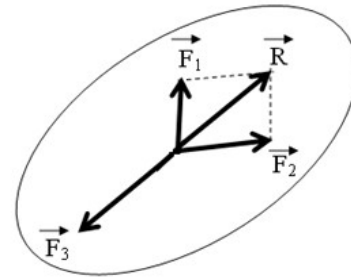
Nếu $\vec{F}_1 \parallel \vec{F}_2$ đường tác dụng của chúng đồng quy (giả sử tại A). Theo tiên đề 3 ta có:

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

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

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



Hình 1.5

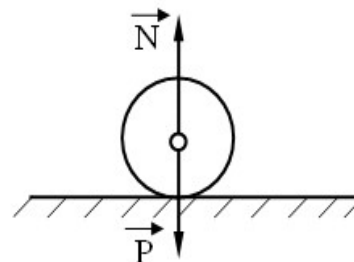
1.1.4 Tiên đề 4 (tiên đề tác dụng và phản tác dụng)

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.

* 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 cân (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 $\overline{AB}$

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

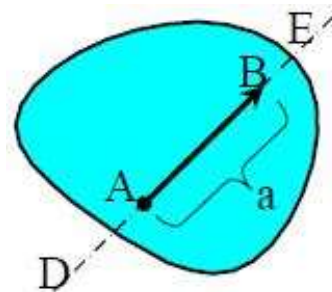
1.2.4 Một số khái niệm liên quan đến lực

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 vector như hình 1-1, gọi là vector lực. Vector lực có những đặc trưng sau:

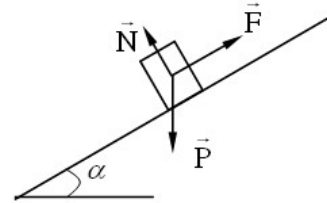
- Điểm đặt (A) của vector là điểm đặt của lực.
 - Phương, chiều của vector lực $\vec{AB}$ trùng với phương, chiều của lực.
 - Độ dài a của vector $\vec{AB}$ biểu diễn cường độ của lực.
- Vector lực thường được ký hiệu là $\vec{F}$, $\vec{P}$ hoặc $\vec{Q}$.

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

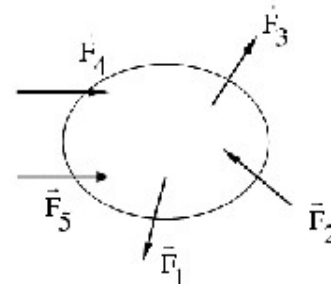
Trọng lực, phản lực pháp tuyến do mặt phẳng nghiêng tác dụng lên, lực ma sát giữa vật với mặt phẳng nghiêng, lực phát động, lực quán tính...(Hình 1.9)

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).



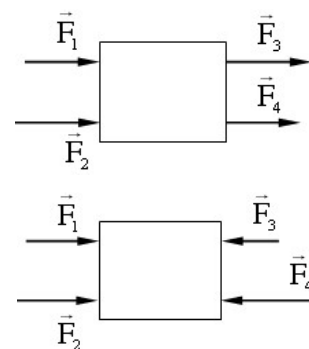
Hình 1.10

+ *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.



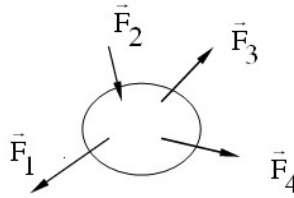
Hình 1.11

+ *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 môi 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 môi 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

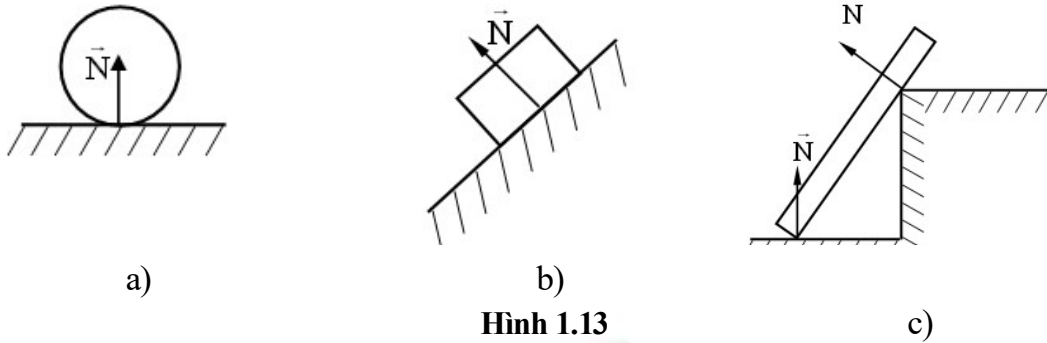
a. Liên kết tựa.

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).

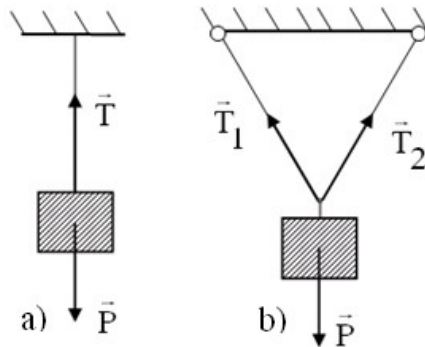
Ký hiệu phản lực là $\vec{T}$.

c. Liên kết bản lề.

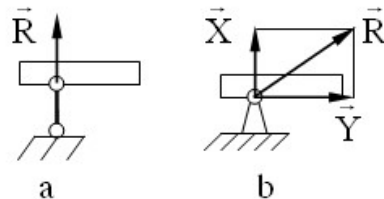
Có hai loại liên kết bản lề là: Gối đỡ bản lề di động và gối đỡ bản lề cố định.

* 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 gối 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.

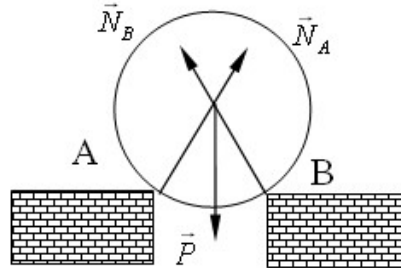
1.2.7 Hệ lực phẳng đồng qui

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.

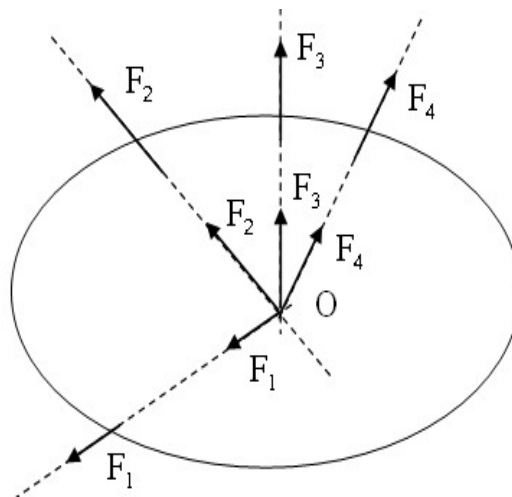
Chẳng hạn, nồi hơi đặt trên bộ đỡ, tời kéo vật nặng nhờ dây cáp vắt qua ròng rọc. Nồi hơi, ròng rọc là những vật rắn chịu tác dụng của hệ lực phẳng đồng qui.



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.

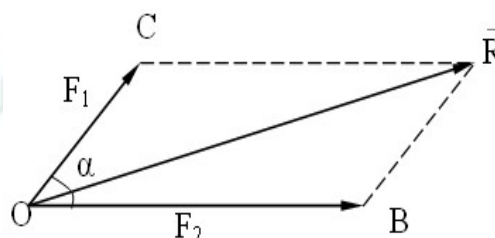
Khảo sát bằng hình học là khảo sát trên phương diện véc tơ. Phương pháp này tổng quát và gọn, lúc thực hành có thể dựa vào cách vẽ để xác định các đại lượng cần tìm và thường cho ta những kết quả nhanh chóng, cụ thể.

Khảo sát bằng giải tích là khảo sát lực thông qua các hình chiếu trên các trục toạ 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:

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

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 F_1 và 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:

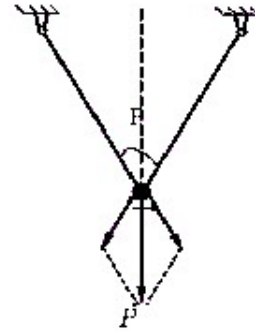
$$P = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos 60^\circ}$$

Vì vật P treo đối xứng với hai dây nên

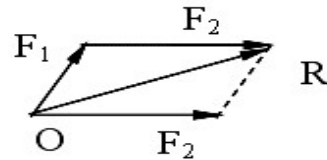
$$F_1 = F_2 = F, \quad \text{Do đó:}$$

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

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



Hình 1.19



Hình 1.20

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

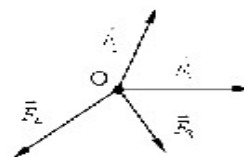
c. *Qui tắc đa giác lực.*

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 gốc và mút của đường gãy khúc $\vec{F}_1, \vec{F}_2$. Rõ ràng ta vẫn được:

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

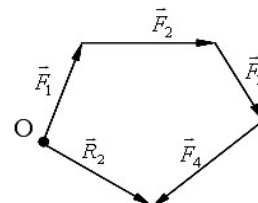
Đường gãy khúc trong đó các lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ đặt nối tiếp nhau gọi là tam giác lực. Véc tơ $\vec{R}$ đóng kín tam giác lực được lập bởi $\vec{F}_1, \vec{F}_2$.



a)

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 1.21a). Ta tiến hành hợp lần lượt:

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

$$\vec{R} = \sum \vec{F}_i$$

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 gốc 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.*

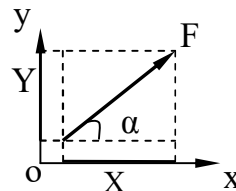
Giả sử có lực $\vec{F}$ hợp với trục x một góc nhọn α (hình 1-22). Gọi X và Y là hình chiếu của $\vec{F}$ lên trục x và y, ta có:

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

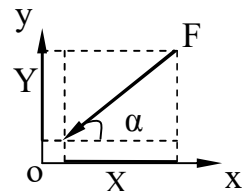
$$Y = \pm F \sin \alpha;$$

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 mút 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 toạ 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:

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

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

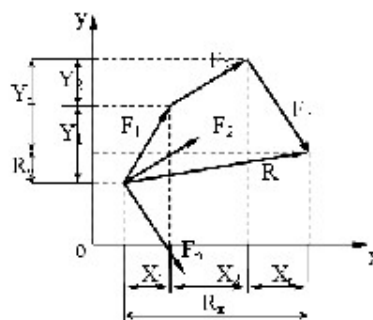
Hai biểu thức này cho phép ta xác định được hình chiếu của hợp lực theo hình chiếu của các lực thành phần.

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.

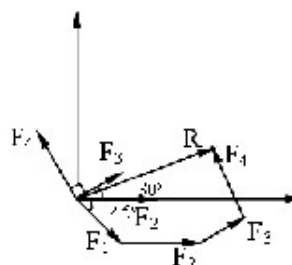
Về trị số: $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

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 dộc 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 dộc.

Bài giải: