

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT
MARD

NGÂN HÀNG PHÁT TRIỂN CHÂU Á
ADB

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NÔNG NGHIỆP NAM BỘ

Th.S TRẦN CHÍ THÀNH

GIÁO TRÌNH **LỰC HỌC**

(CHƯƠNG TRÌNH TRUNG CẤP CHUYÊN NGHIỆP)



Asian Development Bank

TIỀN GIẢNG NĂM 2012

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
LỜI NÓI ĐẦU	4
Phần 1. TĨNH HỌC	6
Chương 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN TRONG TĨNH HỌC	7
1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN	7
1.1.1. Vật rắn tuyệt đối	7
1.1.2. Trạng thái cân bằng	8
1.1.3. Lực	8
1.1.4. Hệ lực	10
1.1.5. Hai lực trực đối	11
1.1.6. Một số lực thường gặp trong thủy lợi	11
1.2. LIÊN KẾT VÀ PHẢN LỰC LIÊN KẾT	12
1.2.1. Khái niệm	12
1.2.2. Các loại liên kết thường gặp	12
1.2.3. Nhận định hệ lực tác dụng lên một vật rắn cân bằng. Giải phóng liên kết	15
1.3. CÁC NGUYÊN LÝ TĨNH HỌC	17
1.3.1. Nguyên lý về hai lực cân bằng	17
1.3.2. Nguyên lý về thêm (bớt) hai lực cân bằng	18
1.3.3. Nguyên lý hình bình hành lực	18
1.3.4. Nguyên lý về lực tác dụng và lực phản tác dụng	19
1.3.5. Nguyên lý độc lập tác dụng	19
1.4. MÔMEN VÀ NGẪU LỰC	20
1.4.1. Mômen của một lực đối với một điểm	20
1.4.2. Mômen của hợp lực đối với một điểm	21
1.4.3. Ngẫu lực	23
Chương 2.	27
HỆ LỰC CÂN BẰNG - TÍNH TOÁN PHẢN LỰC LIÊN KẾT	27
2.1. CÁC PHÉP TOÁN CƠ BẢN VỀ LỰC VÀ HỆ LỰC	27
2.1.1. Phép cộng các lực	27
2.1.2. Cách phân tích một lực thành hai lực thành phần	33
2.1.4. Phép dời lực	43
2.1.5. Thu gọn hệ lực phẳng bất kỳ	44
2.2. ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA HỆ LỰC	49
2.2.1. Điều kiện cân bằng với hệ lực phẳng bất kỳ	49
2.2.2. Điều kiện cân bằng với các hệ lực phẳng đặc biệt	54
2.3. XÁC ĐỊNH PHẢN LỰC TRONG CÁC CẤU KIỆN CHỊU LỰC THƯỜNG GẶP	57
2.3.1. Mục đích, ý nghĩa	57
2.3.2. Nguyên tắc	57
2.3.3. Trình tự và cách xác định	58
2.3.4. Ví dụ minh họa	59

HẾT CHƯƠNG 2.....	66
Phần 2. SỨC BỀN VẬT LIỆU.....	66
Chương 3. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN.....	66
3.1. NHIỆM VỤ, ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU.....	66
CỦA SỨC BỀN VẬT LIỆU.....	66
3.2. CÁC GIẢ THUYẾT CƠ BẢN VỀ VẬT LIỆU.....	68
3.2.1. Khái niệm về tính đàn hồi của vật liệu.....	68
3.2.2. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu.....	69
3.3. NGOẠI LỰC, NỘI LỰC VÀ ỨNG SUẤT.....	70
3.3.1. Ngoại lực.....	70
3.3.2. Nội lực.....	71
Chương 4. ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT NGANG.....	74
4.1. MÔ MEN TÍNH CỦA HÌNH PHẪNG VÀ TRỌNG TÂM CỦA HÌNH PHẪNG.....	74
4.1.1. Định nghĩa.....	74
4.1.2. Công thức thông dụng.....	75
4.1.3. Trọng tâm của hình phẳng.....	75
4.1.4. Ví dụ áp dụng.....	77
4.2. MÔ MEN QUÁN TÍNH CỦA HÌNH PHẪNG.....	78
4.2.1. Các loại mômen quán tính.....	78
4.2.1. Các loại hệ trục tọa độ.....	79
4.2.3. Mômen quán tính của một số hình phẳng đơn giản.....	81
4.2.4. Công thức chuyển trục song song.....	84
4.2.5. Các ví dụ.....	85
4.3. BÁN KÍNH QUÁN TÍNH.....	88
4.3.1. Định nghĩa.....	88
4.3.2. Bán kính quán tính của một số hình đơn giản.....	88
Chương 5. KÉO NÉN ĐÚNG TÂM.....	94
5.1. KHÁI NIỆM VỀ THANH CHỊU KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM. LỰC DỌC VÀ BIỂU ĐỒ LỰC DỌC.....	94
5.1.1. Khái niệm về thanh chịu kéo (nén) đúng tâm.....	94
5.1.2. Lực dọc N và biểu đồ lực dọc.....	94
5.2. ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG.....	96
5.2.1. Ứng suất trên mặt cắt.....	96
5.2.2. Biến dạng dọc và ngang.....	98
5.2.3. Định luật Húc.....	100
5.3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU.....	103
5.3.1. Thí nghiệm kéo vật liệu dẻo.....	103
5.3.2. Thí nghiệm nén vật liệu dẻo.....	105
5.3.3. Thí nghiệm kéo vật liệu giòn.....	106
5.3.4. Thí nghiệm nén vật liệu giòn.....	106
5.4. TÍNH ĐỘ BỀN CHO THANH CHỊU KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM.....	107
5.4.1. Khái niệm.....	107
5.4.2. Tính độ bền cho thanh chịu kéo (nén) đúng tâm không xét đến uốn dọc.....	110
5.4.3. Tính độ bền cho thanh chịu kéo (nén) đúng tâm có xét đến uốn dọc.....	115

5.5. MẶT CẮT HỢP LÝ CỦA THANH	125
Chương 6. UỐN NGANG PHẪNG	132
6.1. KHÁI NIỆM CHUNG	132
6.1.2. Gối tựa và phản lực gối tựa.....	132
6.2. NỘI LỰC TRONG DÀM CHỊU UỐN NGANG PHẪNG	133
6.2.1. Khái niệm.....	133
6.2.2. Xác định nội lực tại mặt cắt bất kỳ	134
6.3. BIỂU ĐỒ NỘI LỰC	135
6.3.1. Định lý Giu-rap-xki	136
6.3.2. Các phương pháp vẽ biểu đồ Q và M.....	137
6.4. ỨNG SUẤT PHÁP TRÊN MẶT CẮT NGANG CỦA DÀM CHỊU UỐN NGANG PHẪNG	153
6.4.1. Dàm chịu uốn thuần túy.....	153
6.4.2. Ứng suất pháp trên mặt cắt ngang của dàm chịu uốn ngang phẳng	160
6.4.3. Mặt cắt ngang hợp lý của dàm chịu uốn ngang phẳng.....	161
6.5. TÍNH TOÁN DÀM CHỊU UỐN NGANG PHẪNG THEO ĐIỀU KIỆN BỀN VỀ ỨNG SUẤT PHÁP	163
6.5.1. Điều kiện bền.....	163
6.5.2. Ba bài toán cơ bản	164
6.5.3. Các ví dụ	164
6.6. ỨNG SUẤT TIẾP TRÊN MẶT CẮT NGANG CỦA DÀM CHỊU UỐN NGANG PHẪNG	167
6.6.1. Khái niệm.....	167
6.6.2. Công thức tính ứng suất tiếp tại điểm bất kỳ.....	168
6.6.3. Sự phân bố của ứng suất tiếp và công thức tính ứng suất tiếp lớn nhất của một số hình thường gặp.....	170
6.6.4. Điều kiện bền về ứng suất tiếp và bài toán kiểm tra bền	172
6.7. KHÁI QUÁT VỀ CHUYỂN VỊ CỦA DÀM CHỊU UỐN NGANG PHẪNG ..	173
6.7.1. Khái niệm về đường đàn hồi - Độ võng góc xoay.....	173
6.7.2. Phương trình vi phân của đường đàn hồi.....	174
6.7.3. Tính độ võng và góc xoay của dàm chịu uốn bằng phương pháp tích phân bất định	175
6.7.4. Điều kiện cứng của dàm	177
Chương 7. THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP	182
7.1. KHÁI NIỆM.....	182
7.1.1. Khái niệm về thanh chịu lực phức tạp	182
7.1.2. Khái quát về cách xác định nội lực, ứng suất trong thanh chịu lực phức tạp	182
7.2. NÉN LỆCH TÂM	183
7.2.1. Khái niệm.....	183
7.2.2. Nội lực và biểu đồ nội lực	183
7.2.4. Điều kiện bền và bài toán kiểm tra bền về ứng suất pháp	185
7.2.5. Lõi mặt cắt.....	189
7.3. KHÁI QUÁT VỀ BÀI TOÁN KIỂM TRA BỀN CỦA CÁC THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP KHÁC	192
7.3.1. Uốn xiên	192

7.3.2. Uốn phẳng đồng thời kéo (hoặc nén)	192
Phần 3. CƠ HỌC KẾT CẤU	197
Chương 8. KẾT CẤU SIÊU TĨNH.....	197
8.1. KHÁI NIỆM VỀ HỆ SIÊU TĨNH	197
8.1.1. Khái niệm.....	197
8.1.3. Bậc siêu tĩnh	199
8.2.1. Khái niệm.....	199
8.2.2. Phân loại	199
8.2.3. Vẽ biểu đồ nội lực theo phương pháp phương trình 3 mômen.....	200
8.2.4. Vẽ biểu đồ nội lực theo phương pháp tra bảng.....	204
8.2. KHUNG CỨNG SIÊU TĨNH.....	207
8.3.1. Khái niệm.....	207
8.3.2. Vẽ biểu đồ nội lực theo phương pháp tra bảng.....	207
Phụ lục số 1. Các đặc trưng hình học của một số hình phẳng.....	211
Phụ lục số 2. Các phản lực trong dầm siêu tĩnh một nhịp	213
Phụ lục số 3. Mômen uốn, lực cắt và phản lực trong dầm liên tục có độ dài nhịp như nhau chịu tác dụng của tải trọng.....	220
Phụ lục số 4. Mômen uốn và phản lực trong một số kết cấu	230
TÀI LIỆU THAM KHẢO	235

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Lực học là một trong những giáo trình kỹ thuật cơ sở chính để đào tạo cán bộ bậc trung cấp chuyên nghiệp (TCCN) ngành Thủy lợi tổng hợp tại Trường Cao đẳng Nông nghiệp Nam Bộ. Giáo trình có thể làm tài liệu chính cho đào tạo TCCN các ngành Thủy nông, Quản lý khai thác công trình thủy lợi và là tài liệu tham khảo cho học sinh TCCN ngành Công trình thủy lợi, cán bộ kỹ thuật thủy lợi và các ngành liên quan như xây dựng, giao thông...

Môn Lực học đã được giảng dạy từ nhiều năm trước đây tại ba trường Trung học Thủy lợi 1 (Phủ Lý), Thủy lợi 2 (Hội An) và Thủy lợi 3 (Mỹ Tho) thuộc Bộ Thủy Lợi. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã ban hành Chương trình đào tạo Trung học chuyên nghiệp ngành Thủy lợi tổng hợp theo Quyết định số 3644/QĐ-BNN/TCCB, ngày 27/12/2005, trong đó có Chương trình môn học Lực học. Tuy nhiên, do nhiều nguyên nhân, cả ba trường đều chưa có điều kiện biên soạn giáo trình riêng cho môn học, mà sử dụng ba giáo trình sau làm tài liệu giảng dạy chính thức cho môn học: Cơ sở cơ học lý thuyết – Phần tĩnh học; Sức bền vật liệu – Tập 1 và Tập 2; Cơ học kết cấu – Tập 2: Hệ siêu tĩnh. Đây là các giáo trình cho học sinh trung học chuyên nghiệp, do Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp tổ chức biên soạn và xuất bản lần đầu vào năm 1962, 1963 sau đó hiệu chỉnh tái bản lại một số lần. Ngoài việc dạy và học môn học phải sử dụng tới bốn tập tài liệu cũ không trùng tên, không theo kết cấu môn học được chương trình quy định rất phiền hà, khó theo dõi cho người học; sau 50 năm, một số nội dung trong các giáo trình này không còn phù hợp hoặc không cập nhật kịp các tiến bộ của khoa học kỹ thuật ngày nay.

Được sự chỉ đạo của Bộ Nông nghiệp và PTNT, sự hỗ trợ kinh phí của Dự án Khoa học công nghệ Nông nghiệp – Khoản vay 2283 – VIE(SF), vốn vay ADB - Nhà trường tổ chức xây dựng 3 chương trình đào tạo bậc cao đẳng, trung cấp chuyên nghiệp đáp ứng nhu cầu xã hội và viết 18 giáo trình, trong đó có giáo trình Lực học.

Giáo trình được biên soạn theo Chương trình môn Lực học, đã được Hội đồng Thẩm định chương trình đào tạo bậc trung cấp chuyên nghiệp ngành Thủy lợi tổng hợp thông qua, Hiệu trưởng nhà trường ký quyết định ban hành. Giáo trình đã được Hội đồng Thẩm định giáo trình thông qua và Hiệu trưởng ký quyết định phê duyệt cho phép sử dụng trong nhà trường. Giáo trình gồm 3 phần, 8 chương:

- *Phần 1. Tĩnh học*, gồm 2 chương:

Chương 1. *Những khái niệm cơ bản trong tĩnh học*

Chương 2. Hệ lực cân bằng – Tính toán phản lực liên kết

- Phần 2. Sức bền vật liệu, gồm 5 chương:

Chương 3. Những khái niệm cơ bản

Chương 4. Đặc trưng hình học của mặt cắt ngang

Chương 5. Kéo nén đúng tâm

Chương 6. Uốn ngang phẳng

Chương 7. Thanh chịu lực phức tạp

- Phần 3. Cơ học kết cấu, gồm 1 chương:

Chương 8. Kết cấu siêu tĩnh

Sau mỗi chương đều có câu hỏi và bài tập dành cho học sinh thực hành, ôn tập kiến thức đã học. Để giúp học sinh tham khảo các giáo trình khác thuận lợi, ký hiệu phản lực ở Phần 2 vẫn sử dụng ký hiệu phản lực V_A , H_A của môn Sức bền vật liệu, khác với Phần 1 và Phần 3 ký hiệu là X_A , Y_A , R_A . Tác giả đã cố gắng tham khảo nhiều tài liệu và cập nhật những kiến thức mới nhất giúp học sinh thuận lợi trong sử dụng giáo trình học tập, nghiên cứu.

Nhân dịp này, tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Vụ Tổ chức cán bộ, Ban quản lý Trung ương dự án KHCN Nông nghiệp, vốn vay ADB (Bộ Nông nghiệp và PTNT) và nhiều đồng nghiệp đã khuyến khích, động viên, giúp đỡ tác giả hoàn thành giáo trình này.

Do sự phát triển quá nhanh của khoa học, kỹ thuật, công nghệ, nên mặc dù đã có nhiều cố gắng, đồng thời là lần đầu tiên biên soạn giáo trình này nên chắc chắn không tránh khỏi sai sót. Tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp xây dựng của đồng nghiệp, của học sinh – sinh viên để lần xuất bản sau giáo trình sẽ hoàn chỉnh hơn. Xin chân thành cảm ơn.

T.C.T

Phần 1. TĨNH HỌC

Tĩnh học là phần nghiên cứu trạng thái cân bằng của vật rắn (vật rắn tuyệt đối) dưới tác dụng của các lực. Hai vấn đề chính được nghiên cứu trong tĩnh học là:

1. Thu gọn hệ lực, tức biến đổi hệ lực đã cho thành một hệ lực khác tương đương với nó, nhưng đơn giản hơn. Thu gọn hệ lực về dạng đơn giản nhất được gọi là dạng tối giản của hệ lực. Tập hợp các dạng tối giản khác nhau của các hệ lực được gọi là các dạng chuẩn của hệ lực.

2. Thiết lập các điều kiện đối với hệ lực mà dưới tác dụng của nó vật rắn cân bằng, được gọi tắt là các điều kiện cân bằng của hệ lực.

Để giải quyết hai vấn đề trên, trong tĩnh học sử dụng phương pháp tiên đề, là phương pháp dựa trên các khái niệm cơ bản và hệ tiên đề, nhờ các suy diễn logic để tìm các quy luật của đối tượng nghiên cứu.

Các khái niệm cơ bản là những khái niệm nền tảng đầu tiên để xây dựng nội dung môn học, còn các tiên đề là những mệnh đề công nhận các tính chất của các khái niệm cơ bản.

Chương 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN TRONG TĨNH HỌC

1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Những khái niệm cơ bản nhất của tĩnh học là vật rắn, lực và trạng thái cân bằng.

1.1.1. Vật rắn tuyệt đối

Vật rắn tuyệt đối là vật thể không bị biến dạng trong mọi trường hợp chịu lực, tức là trong suốt thời gian chịu lực tác dụng vật vẫn giữ nguyên hình dạng ban đầu, hay khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ nào của vật cũng luôn luôn không thay đổi.

Trong thực tế không có vật nào là rắn tuyệt đối, mọi vật khi chịu tác dụng của lực thì hoặc biến dạng ít hoặc biến dạng nhiều. Người ta coi vật là vật rắn tuyệt đối vì nếu những biến dạng xảy ra trong vật rắn không lớn lắm thì với phép tính gần đúng có thể coi các biến dạng đó là không đáng kể, hơn nữa nếu coi vật là rắn tuyệt đối thì việc tính toán trong quá trình khảo sát vật sẽ đơn giản hơn nhiều.

Vì vậy, vật rắn tuyệt đối chính là vật thể đàn hồi được lý tưởng hóa bỏ qua biến dạng. Những trường hợp xem vật là rắn tuyệt đối không đủ để giải quyết vấn đề, khi đó phải kể đến biến dạng, và trở thành phạm vi nghiên cứu của giáo trình Sức bền vật liệu.

Từ đây, nếu không có lưu ý gì, vật khảo sát được hiểu là vật rắn tuyệt đối, và gọi tắt là vật rắn.

1.1.2. Trạng thái cân bằng

Mọi vật rắn nghiên cứu trong tĩnh học đều cân bằng. Vật rắn được gọi là cân bằng khi vị trí của nó không thay đổi so với vị trí của một vật nào đó được chọn làm chuẩn gọi là hệ quy chiếu. Trong tĩnh học, hệ quy chiếu được chọn là hệ quy chiếu trong đó tiên đề quán tính được thỏa mãn, nó được gọi là hệ quy chiếu quán tính. Vấn đề này được trình bày chi tiết trong các giáo trình phần Động lực học. Cân bằng đối với hệ quy chiếu quán tính được gọi là cân bằng tuyệt đối.

Vật lý học hiện đại đã chứng minh rằng không tồn tại hệ quy chiếu quán tính. Do vậy, chỉ có thể chọn các hệ quy chiếu gần đúng hệ quy chiếu quán tính. Trong kỹ thuật, hệ quy chiếu quán tính gần đúng được chọn là trái đất. Vật rắn được gọi là cân bằng đối với một hệ quy chiếu nếu nó đứng yên hay chuyển động thẳng đều đối với hệ quy chiếu đó. Có thể coi vật cân bằng là vật nằm yên hoặc chuyển động thẳng đều đối với trái đất.

1.1.3. Lực

1.1.3.1. Định nghĩa về lực

Trong thực tế, các vật thể luôn luôn tác động tương hỗ lẫn nhau. Vì thế khi khảo sát chuyển động của vật ta không thể bỏ qua ảnh hưởng của những vật xung quanh tác dụng lên vật đó. Chẳng hạn trái đất hút mặt trăng làm cho mặt trăng chạy vòng quanh trái đất thì ngược lại mặt trăng cũng hút trái đất do đó có hiện tượng thủy triều; vật đặt trên bàn tác dụng lên bàn một sức ép, ngược lại bàn cũng đặt lên vật một lực đỡ giữ cho vật khỏi rơi. Chính tác dụng tương hỗ giữa các vật đó gọi là lực, nó là nguyên nhân làm thay đổi vận tốc của vật (hay còn nói làm thay đổi trạng thái động học của vật). Như vậy có thể định nghĩa: *Lực là tác dụng tương hỗ giữa các vật mà kết quả là gây nên sự thay đổi trạng thái động học của các vật đó.* Nói gọn hơn: *Tác dụng tương hỗ cơ học được gọi là lực.* Hay: *Lực là đại lượng đặc trưng cho tác dụng cơ học của vật thể này lên vật thể khác.* Hay: *Lực là bất cứ tác động nào có thể làm thay đổi trạng thái tĩnh hoặc động của một vật thể.*

Có thể nhận ra được sự tồn tại của một lực nhờ vào những tác động mà lực tạo ra. Người ta ứng dụng lực nhờ vào sự tiếp xúc trực tiếp về vật lý giữa các vật thể

hoặc nhờ vào tác động từ xa. Trọng lực, điện lực và lực từ trường đều được ứng dụng thông qua tác động từ xa, còn hầu hết những lực khác đều được ứng dụng nhờ vào sự tiếp xúc trực tiếp.

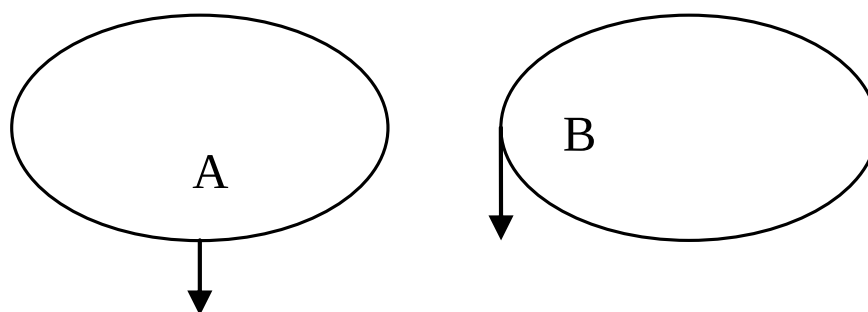
Cũng cần lưu ý có những tác dụng tương hỗ gây nên các biến đổi động học không phải là dễ thấy, như quá trình điện từ, hóa học ... Cơ học không nghiên cứu những tác dụng tương hỗ nói chung, mà chỉ nghiên cứu những tác dụng tương hỗ gây nên những biến đổi động học mà trong đó có sự chuyển dời vị trí.

1.1.3.2. Các yếu tố của lực

Thực nghiệm chứng minh rằng lực được đặc trưng bởi các yếu tố sau:

- Điểm đặt của lực: Là điểm mà vật được truyền tác dụng tương hỗ cơ học từ vật khác.

Ví dụ, theo hình 1.1. khi lực đặt ở A, vật đi thẳng; khi lực đặt ở B vật vừa chuyển động vừa quay.



Hình 1.1. Điểm đặt của lực tại A và B khác nhau

- Phương chiều của lực: Là phương chiều chuyển động từ trạng thái yên nghỉ của chất điểm (vật có kích thước bé) chịu tác dụng của lực. Bất kỳ lực nào khi tác dụng vào một vật đều có phương chiều (hướng) nhất định. Ví dụ, lực ma sát ngược chiều phương 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 (còn gọi là giá)

- Cường độ của lực (còn gọi là trị số của lực): Là số đo tác dụng mạnh yếu của lực so với lực được chọn làm chuẩn gọi là đơn vị lực. Đơn vị lực là Niuton, ký hiệu là N. Theo Nghị định số 134/2007/NĐ-CP, ngày 15 tháng 8 năm 2007 của Chính phủ Quy định về đơn vị đo lường chính thức của nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, thì dùng đơn vị kilogam lực, ký hiệu là kG. $1 \text{ kG} = 9,80665 \text{ N}$. Trong phép tính gần đúng có thể chọn $1 \text{ kG} \approx 10 \text{ N}$.

- Cách biểu diễn lực: Lực không những được xác định về trị số mà cả về phương, chiều và điểm đặt. Như vậy, lực là một đại lượng vectơ. Người ta biểu diễn vectơ lực bằng một đoạn thẳng có hướng $\overrightarrow{AB}$. Ký hiệu $\overrightarrow{AB} = \vec{F}$, gốc A là điểm đặt của lực, dấu mũi tên ngang chỉ phương chiều của lực, và độ lớn của AB chỉ trị số của vectơ lực theo một tỷ lệ xích được chọn.

- Phân loại lực: Lực có thể được sắp xếp thành các loại lực phân bố và lực tập trung; ngoại lực và nội lực.

Lực phân bố được sử dụng như trên một tuyến đường, một diện tích hay xuyên suốt toàn bộ thể tích. Trọng lượng của một cái dầm có thể được coi như một lực phân bố trên chiều dài của nó.

Lực tập trung là một lực lý tưởng trong đó lực được thừa nhận là tác động tại một điểm. Một lực có thể được gọi là lực tập trung nếu diện tích đặt lực tương đối nhỏ bé so với toàn bộ diện tích bề mặt của vật thể.

Một lực được gọi là ngoại lực nếu nó được một vật thể này tác động qua một vật thể khác.

Dưới tác dụng của ngoại lực, vật hoặc kết cấu sinh ra các lực bên trong để làm vật hay hệ vật cân bằng, các lực sinh ra bên trong vật, hay một cấu kiện gọi là nội lực. Ví dụ, trọng lực của một cái dầm và phản lực ở 2 đầu dầm là những ngoại lực. Lực sinh ra trong dầm cân bằng với ngoại lực gọi là nội lực.

1.1.4. Hệ lực

1.1.4.1. Khái niệm

Tập hợp các lực cùng tác dụng vào một vật rắn nào đó gọi là một hệ lực. Ký hiệu của một hệ lực: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n)$. Trong đó, $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ là các lực thành phần của hệ lực tác dụng lên vật.

1.1.4.2. Hệ lực tương đương

Nếu thay thế một hệ lực này bằng một hệ lực khác mà trạng thái đứng yên hay chuyển động của vật không thay đổi thì hai hệ lực đó được gọi là tương đương. Nói cách khác, hệ lực tương đương với hệ lực khác khi nó có tác dụng cơ học như hệ lực đó. Trong cơ học, lấy dấu “ $\equiv$ ” (ba gạch ngang song song) làm ký hiệu về sự tương đương. Ví dụ:

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n) \equiv (\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \vec{Q}_3, \dots, \vec{Q}_n)$, tức là hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n)$ tương đương với hệ lực $(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \vec{Q}_3, \dots, \vec{Q}_n)$

1.1.4.3. Hệ lực cân bằng

Hệ lực cân bằng là hệ lực nếu tác dụng lên vật rắn không làm thay đổi trạng thái chuyển động của vật khi không chịu tác dụng của hệ lực ấy. Trong trường hợp riêng, dưới tác dụng của hệ lực vật rắn cân bằng thì hệ lực được gọi là hệ lực cân bằng. Hệ lực cân bằng còn được gọi là hệ lực tương đương với không và được ký hiệu: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n) \equiv 0$

1.1.4.4. Hợp lực của một hệ lực

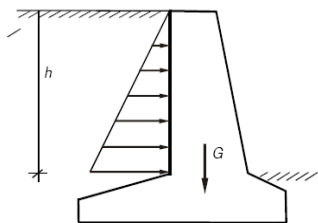
Nếu có một lực duy nhất nào đó tương đương với một hệ lực thì lực đó gọi là hợp lực của hệ lực. Nói cách khác, hợp lực của một hệ lực là một lực duy nhất tương đương với hệ lực ấy. Gọi $\vec{R}$ là hợp lực của hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n)$, ta có: $\vec{R} \equiv (\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n)$

1.1.5. Hai lực trực đối

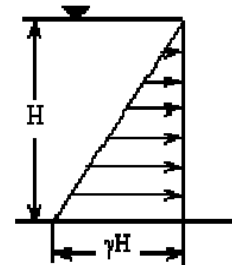
Hai lực gọi là trực đối nhau khi chúng có trị số bằng nhau, cùng đường tác dụng, nhưng ngược chiều nhau.

1.1.6. Một số lực thường gặp trong thủy lợi

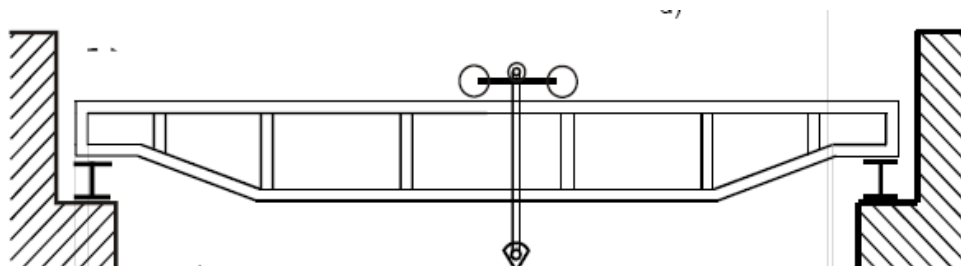
Trong ngành thủy lợi có nhiều lực tác dụng phổ biến, ví dụ như lực tác dụng lên tường chắn đất (hình 1.2), lực thủy tĩnh tác dụng lên thành bể (hình 1.3), lực tác dụng trên hệ thống cần trục đóng mở cửa van, hay máy bơm các công trình thủy lợi (hình 1.4)



Hình 1.2. Lực phân bố tác dụng lên tường chắn đất



Hình 1.3. Lực nước phân bố tác dụng lên thành bể



Hình 1.4. Lực trên hệ thống cần trục đóng mở cửa van cống hoặc trạm bơm điện

1.2.LIÊN KẾT VÀ PHẢN LỰC LIÊN KẾT

1.2.1. Khái niệm

1.2.1.1.Vật thể tự do và vật không tự do

Vật thể được gọi là tự do khi nó có thể chuyển động tùy ý theo mọi phương trong không gian mà không bị cản trở. Ví dụ, khi hòn đá đã được buông ra hay ném đi rồi thì nó là một vật tự do. Trái lại, những vật mà chuyển động của nó theo một vài phương nào đó bị cản trở gọi là vật không tự do. Ví dụ, vật rắn đặt trên bàn hay cột vào dây đều là những vật 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. Ở ví dụ trên, mặt bàn, sợi dây là những vật gây liên kết. Vật không tự do còn được gọi là vật chịu liên kết. Trong tĩnh học chỉ khảo sát loại liên kết được thực hiện bằng sự tiếp xúc hình học giữa vật thể được khảo sát với các vật thể khác, đó là những liên kết hình học.

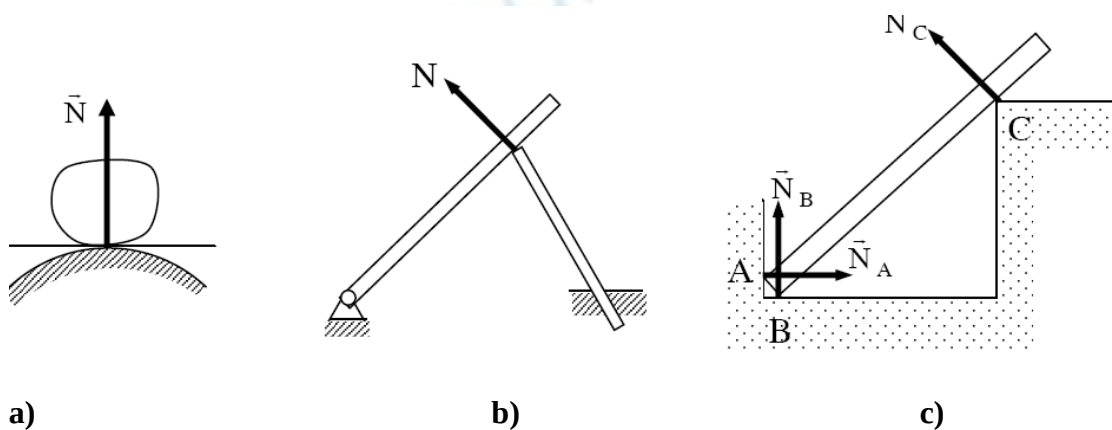
1.2.1.2.Phản lực liên kết

Sở dĩ có sự cản trở chuyển động là do tại các mối liên kết, vật gây liên kết đã tác dụng lên vật khảo sát một lực làm hạn chế chuyển động của vật. Lực đó được gọi là phản lực liên kết. Phản lực liên kết đặt vào vật khảo sát, nằm cùng phương, ngược chiều với chiều chuyển động bị cản trở. Từ đây có thể rút ra một quy tắc: Nếu theo một phương nào đó chuyển động không bị cản trở, thì theo phương đó không có thành phần phản lực. Nói cách khác, phản lực vuông góc với phương chuyển động không bị cản trở.

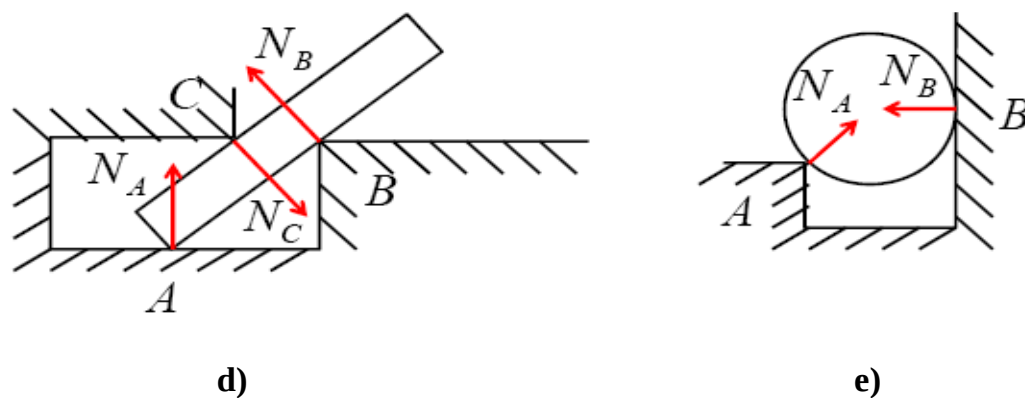
1.2.2. Các loại liên kết thường gặp

1.2.2.1. Liên kết tựa

Liên kết tựa (hình 1.5) là liên kết mà các vật chỉ có tác dụng đỡ lấy nhau. Hai vật liên kết tựa khi chúng trực tiếp tựa lên nhau. Trong trường hợp này chỉ có chuyển động của vật theo phương pháp tuyến với mặt tiếp xúc chung của liên kết là bị cản trở. Phản lực là một lực hướng theo pháp tuyến của mặt tiếp xúc chung của liên kết, ký hiệu là $\vec{N}$. Như vậy, trong loại liên kết này phản lực chỉ có một yếu tố chưa biết là trị số của nó.



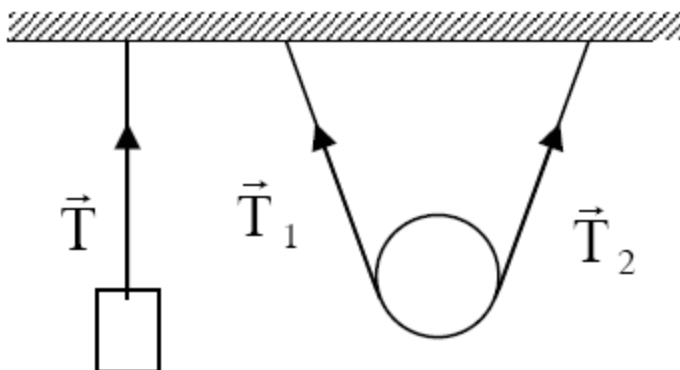
Hình 1.5. a, b, c: Các ví dụ về liên kết tựa



Hình 1.5. d, e: Các ví dụ về liên kết tựa

1.2.2.2. Liên kết dây mềm

Loại liên kết này chiều kéo căng của dây bị cản trở. Phản lực hướng dọc theo dây về phía trên, ký hiệu là $\vec{T}$ như hình vẽ 1.6.



Hình 1.6. Liên kết dây mềm

Với loại liên kết này phản lực cũng có một yếu tố chưa biết là trị số của nó.

1.2.2.3. Liên kết bản lề

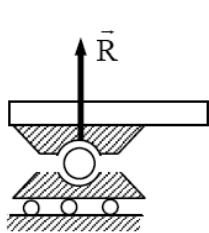
Hai vật có liên kết bản lề khi chúng có trục (chốt) chung. Có hai loại liên kết bản lề: Gối đỡ bản lề di động (hình 1.7) và gối đỡ bản lề cố định (hình 1.8).

- Đối với loại gối đỡ bản lề di động, 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 $\vec{N}$. Phản lực chỉ có một yếu tố chưa biết là trị số của nó.

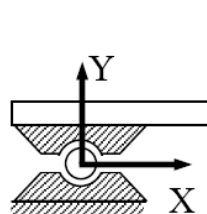
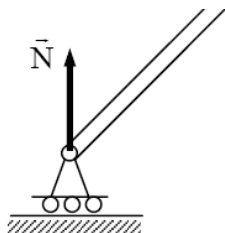
Một ổ trục, nếu nó chỉ chịu tác dụng bởi các lực nằm trong cùng một mặt phẳng thì phản lực cũng là một lực hướng theo pháp tuyến của mặt tựa và cũng ký hiệu là $\vec{N}$.

- Đối với gối đỡ bản lề cố định, vật tựa có thể quay quanh trục của bản lề, nhưng không thể di chuyển song song với mặt phẳng tựa được. Trường hợp này phản lực là một lực đặt ở tâm bản lề nhưng chưa biết chiều và trị số, ký hiệu là $\vec{R}$. Để thuận tiện trong tính toán, thường phân tích phản lực $\vec{R}$ chưa biết đó thành hai thành phần vuông góc với nhau $\vec{X}$ và $\vec{Y}$.

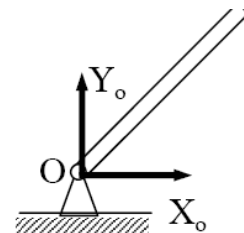
Như vậy, loại gối đỡ bản lề cố định có hai yếu tố chưa biết: Trị số của hai thành phần phản lực thẳng góc với nhau $\vec{X}$ và $\vec{Y}$.



Hình 1.7. Bản lề di động



Hình 1.8. Bản lề cố định



Qua việc xác định phản lực ở trên 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 đã tác dụng lên vật.

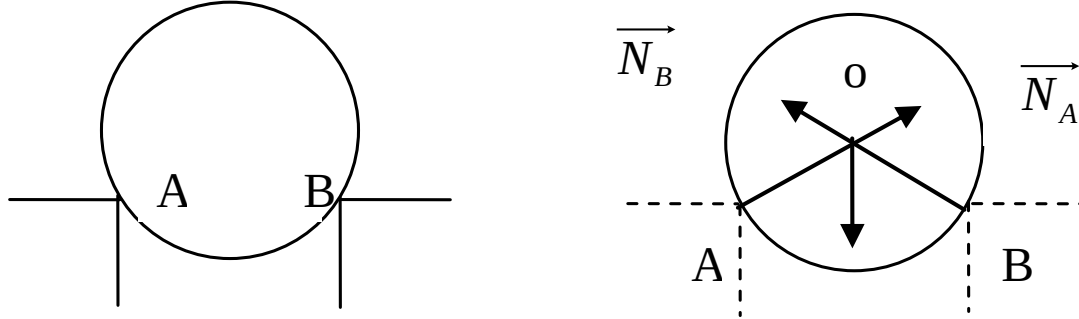
1.2.3. Nhận định hệ lực tác dụng lên một vật rắn cân bằng. Giải phóng liên kết

Trong bài các toán tĩnh học, nhiệm vụ chính thường là xác định các phản lực. Kết quả của việc xác định một phản lực lại tùy thuộc vào việc nhận định hệ lực tác dụng lên toàn bộ vật. Muốn giải được một bài toán tĩnh học, cũng như bài toán cơ học nói chung phải nắm được những lực nào đã tác dụng lên vật, tức phải biết nhận định được hệ lực tác dụng lên vật, rồi từ đó thiết lập những điều kiện, phương trình cần thiết để giải. Vì vậy, nhận định được hệ lực tác dụng lên vật là việc làm đầu tiên và là khâu quyết định quan trọng của việc giải một bài toán.

Hệ lực tác dụng lên một vật thường được phân ra làm các lực cho trước và các phản lực. Trong đó, các lực cho trước thường đã biết, nên việc nhận định đầy đủ và đúng đắn hệ lực tác dụng lên vật phụ thuộc vào việc xét các phản lực.

Để cho việc nhận định lực chủ yếu là phản lực liên kết được đúng đắn, phải phân các loại lực một cách dứt khoát và rành mạch. Muốn thế cần phải qui định rõ ràng vật khảo sát là vật nào. Sau khi đã chọn vật khảo sát để xét lực ta thường cô lập nó khỏi các vật thể xung quanh, xem như nó không chịu các liên kết, tức giải phóng các liên kết cho vật. Mỗi liên kết giải phóng phải được thay bằng phản lực tương ứng. Nói cách khác: “*Vật không tự do có thể xem là tự do nếu ta thay thế các vật gây liên kết bằng các phản lực liên kết*”, đó chính là *Tiên đề giải phóng liên kết*.

Ví dụ 1.1. Một nồi hơi có khối lượng và đặt lên hai bệ đỡ A và B (hình vẽ 1.9).
Tìm hệ lực tác dụng lên nồi hơi.



Hình 1.9. Giải phóng liên kết tựa của nồi hơi

Bài giải

Nồi hơi chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$ đặt tại trọng tâm của nồi hơi và hướng thẳng đứng xuống phía dưới và tác dụng của hai liên kết là bệ đỡ A và B. Trong đó, theo vật lý, $P = mg$, với g là gia tốc trọng trường (lấy bằng 10 m/s^2). Cô lập nồi hơi khỏi các liên kết như sau: Bỏ bệ đỡ A, thay bằng phản lực của nó là $\vec{N}_A$ hướng theo AO (pháp tuyến của mặt tiếp xúc chung của liên kết tại A) và mặt nồi hơi tại A. Bỏ bệ đỡ B, thay bằng phản lực $\vec{N}_B$ hướng theo BO và đặt vào nồi hơi tại B (tương tự bệ đỡ A)

Như vậy nồi hơi chịu tác dụng của hệ lực gồm 3 lực là: $(\vec{P}, \vec{N}_A, \vec{N}_B)$ biểu diễn như trên hình vẽ 1.9, trong đó, $\vec{P}$ là lực cho trước, $\vec{N}_A, \vec{N}_B$ là các phản lực.

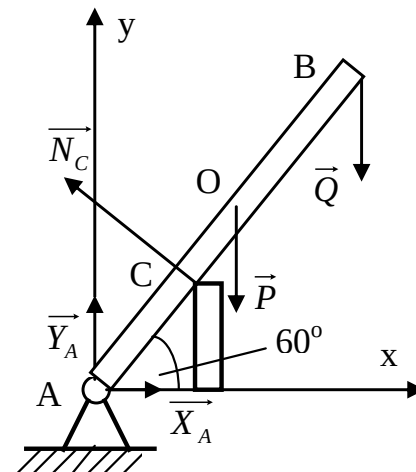
Ví dụ 1.2. Thanh AB dài 8 m,

khối lượng $m = 12 \text{ kg}$, bắt bản lề cố định tại A và tỳ lên tường C cao $h = 3 \text{ m}$. Đầu B treo một trọng vật có khối lượng $m = 20 \text{ kg}$ (hình 1.10).
Tìm hệ lực tác dụng lên thanh AB.

Bài giải

Thanh AB chịu tác dụng bởi:

- Trọng lực $\vec{P}$ của thanh, về trị số



Hình 1.10. Thanh bắt bản lề và tỳ lên tường

$P = mg = 12 \times 10 = 120 \text{ N}$, hướng thẳng đứng xuống dưới và đặt tại trọng tâm O của thanh (chính giữa thanh AB)

- Trọng lực $\vec{Q}$ của vật treo, về trị số $Q = m'g = 20 \times 10 = 200 \text{ N}$ đặt tại B và hướng thẳng đứng xuống dưới.

- Liên kết gối đỡ bản lề cố định A.
- Liên kết tựa C.

Cô lập thanh AB khỏi các liên kết: Bỏ liên kết gối đỡ A, thay bằng phản lực của nó là $\vec{X}_A$ và $\vec{Y}_A$ biểu diễn như trên hình vẽ và đặt tại A. Bỏ liên kết tựa C, thay bằng phản lực $\vec{N}_C$ thẳng góc với AB và đặt vào AB tại C.

Như vậy, thanh AB chịu tác dụng của hệ lực phẳng gồm 5 lực: $(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{N}_C)$

Trong đó:

$\vec{P}, \vec{Q}$ là các lực cho

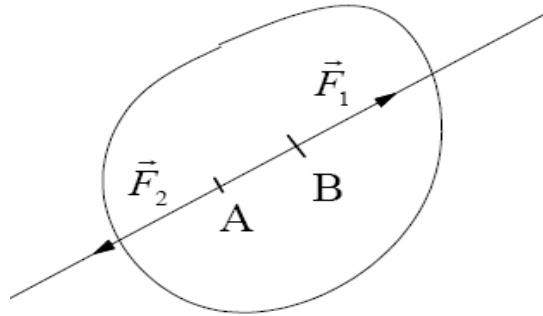
$\vec{X}_A, \vec{Y}_A$, và $\vec{N}_C$ là các phản lực

Vấn đề cô lập vật cân bằng khỏi các liên kết với các vật xung quanh để đặt vào vật đó một hệ lực cân bằng giúp ta có thể biến các vật cân bằng bị liên kết thành những vật cân bằng tự do.

1.3. CÁC NGUYÊN LÝ TĨNH HỌC

1.3.1. Nguyên lý về hai lực cân bằng

Điều kiện cần và đủ để cho hệ hai lực cân bằng là chúng có cùng đường tác dụng, hướng ngược chiều nhau và có cùng cường độ, hay là chúng phải trực đối nhau (hình 1.11).



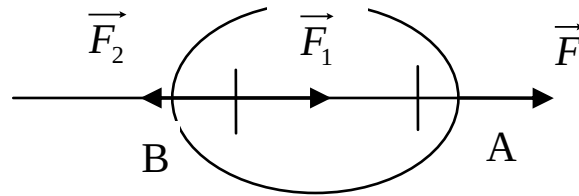
Hình 1.11. Hai lực cân bằng

1.3.2. Nguyên lý về thêm (bớt) hai lực cân bằng

Tác dụng của một hệ lực không thay đổi nếu thêm hoặc bớt hai lực cân bằng.

Hệ quả: Tác dụng của một lực không thay đổi khi trượt lực trên đường tác dụng của nó.

Thật vậy, giả sử có một lực $\vec{F}$ tác dụng tại điểm A của vật rắn (hình 1.12). Tại điểm B bất kỳ trên đường tác dụng của lực $\vec{F}$ đó, ta đặt hai lực cân bằng $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ có cùng phương và cùng trị số với lực $\vec{F}$ thì vật vẫn không thay đổi trạng thái cơ học, hệ lực mới $(\vec{F}, \vec{F}_1, \vec{F}_2)$ vẫn tương đương với lực $\vec{F}$ ban đầu. $(\vec{F}, \vec{F}_1, \vec{F}_2) \equiv \vec{F}$

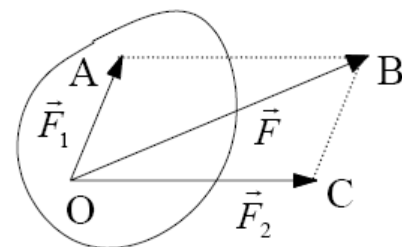


Hình 1.12. Thêm hai lực cân bằng

Theo nguyên lý về hai lực cân bằng, hai lực $\vec{F}$ và $\vec{F}_2$ trực đối nên cân bằng nhau, do đó có thể viết: $(\vec{F}, \vec{F}_1, \vec{F}_2) \equiv \vec{F}_1$. Tức là, nếu trượt lực $\vec{F}$ từ vị trí A về vị trí B trên đường tác dụng của nó thì trạng thái cơ học của vật không thay đổi. Từ đây, ta có thể xem vector lực như là một vector trượt.

1.3.3. Nguyên lý hình bình hành lực

Hai lực cùng đặt tại một điểm tương đương với một lực đặt tại điểm đó được biểu



diễn bằng vector đường chéo hình bình hành có hai cạnh là hai lực thành phần (hình 1.13).

Như vậy, nếu gọi $\vec{F}$ là hợp lực và tương đương với hai lực thành phần $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ cùng đặt tại điểm O, thì biểu thức toán học của nguyên lý hình bình hành lực được viết:

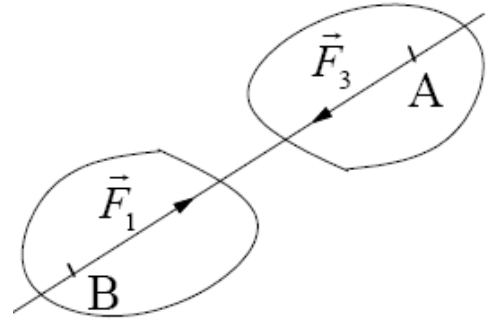
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

1.3.4. Nguyên lý về lực tác dụng và lực phản tác dụng

Lực tác dụng và lực phản tác dụng giữa hai vật có cùng đường tác dụng, hướng ngược chiều nhau và có cùng cường độ (hình 1.14)

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

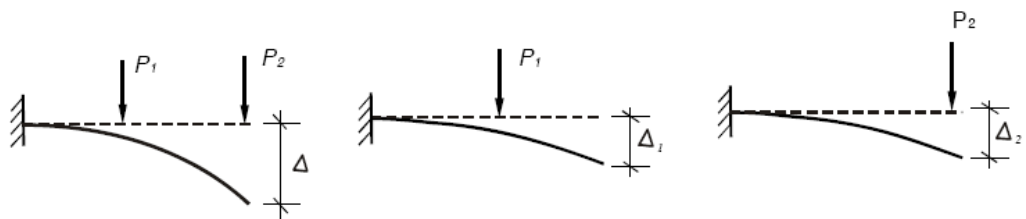
Nguyên lý này thường gặp nhiều trong thực tế kỹ thuật cũng như trong sinh hoạt hàng ngày. Chẳng hạn đặt một quả cầu lên mặt bàn. Như vậy quả cầu đã tác dụng lên mặt bàn một lực bằng trọng lượng quả cầu. Ngược lại mặt bàn cũng có một lực tác dụng đặt lên quả cầu bằng về trị số nhưng ngược chiều. Nó chứng tỏ không có tác dụng nào chỉ xảy ra một chiều cả, mà lực luôn luôn xuất hiện từng đôi, nếu vật này tác dụng lên vật khác một lực thì ngược lại nó cũng bị vật kia tác dụng lại một lực trực đối. Tùy theo vật ta khảo sát mà một lực sẽ được gọi là lực tác dụng và lực kia được gọi là phản lực tác dụng (còn gọi là phản lực)



Hình 1.14. Lực tác dụng và phản tác dụng

1.3.5. Nguyên lý độc lập tác dụng

Nguyên lý này phát biểu như sau: *Kết quả tác dụng gây ra do một hệ lực thì bằng tổng những kết quả gây ra do từng lực trong hệ đó, tác động một cách riêng biệt.*



Hình 1.15