

1. 실험 목표

힘의 개념과 단위를 정의하고, 힘의 합성대를 이용하여 몇 개의 힘이 평형이 되는 조건을 이해한다.

2. 실험 원리

어떤 물체가 외부로부터 힘을 받지 않아서 원래의 상태를 계속 유지하고 있을 때, 그 물체는 평형상태(알짜힘이 0)에 있다고 한다. 이러한 경우는 가속도가 0이므로 물체는 관성에 의한 정지상태, 등속직선 운동상태 등 힘이 작용하지 않는 상태에 있는 것이다. 힘은 크기와 방향을 가진다. 그 힘의 방향은 가속되는 방향과 같으며 벡터(vector)로 표시할 수 있다. 벡터로 표시하면 힘의 방향을 화살표의 방향으로 나타내고 힘의 크기를 길이로 나타내어 다른 힘과의 합성 및 분해가 용이하다. 힘의 합성은 임의의 물체에 여러 개의 힘이 작용할 때 여러 개의 힘이 동시에 작용하여 나타내지는 하나의 힘으로 나타내기 위한 것이고, 반면 힘의 분해란 물체에 하나의 힘이 작용하는 것을 여러 개의 힘으로 나누어 나타내기 위한 것이다. 따라서, 여러 힘을 받고 있는 물체가 평형상태에 있으려면 다음과 같은 두 가지 조건이 필요하다.

- (1) 제1 평형조건 : 정역학적(정적, 선형적) 평형상태, 즉 정지 또는 등속직선 운동상태

를 유지하기 위해서는 모든 외력의 합(벡터합)이 0이 되어야 한다.

- (2) 제2 평형조건 : 동력학적(동적, 회전적) 평형상태, 즉 정지 또는 등속회전 운동상태를 유지하기 위해서는 임의의 축에 관한 모든 힘의 모멘트, 즉 토크(τ)의 합이 0이 되어야 한다.

본 실험에서는 질량중심의 평형상태를 다루므로, 제1 평형조건만 만족하면 된다. 그리고, 생각할 수 있는 여러 가지 문제를 간단히 하기 위해서 모든 힘이 한 평면상에서 작용하도록 하였다. 이러한 힘을 벡터로 표시하여 벡터합을 구하는 데는 기하학적 방법(도식법, 작도법)과 해석법이 있다.

1) 기하학적인 방법(도식법)에 의한 벡터의 합성

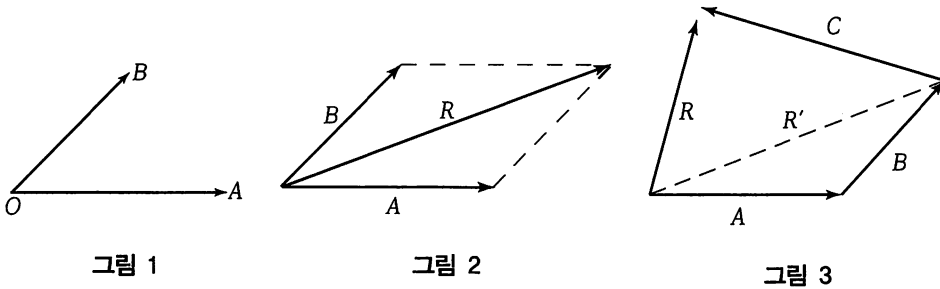


그림 1과 같은 벡터 OA와 OB의 합 벡터를 구하는 경우를 생각해보자. 이들의 벡터의 합벡터는 그림 2와 같이 두 벡터를 한 쌍의 변으로 하는 평행사변형을 그려서 두 벡터가 만나는 점으로부터 평행사변형의 대각선을 그려서 구한다. 이 대각선 벡터 R은 두 벡터 A와 B의 합으로서 합력의 크기와 방향을 나타낸다. 두 개 이상의 벡터들의 합을 구할 때는 다각형법을 이용하는데, 이것을 그림 3에서 보여주고 있다. 처음에 벡터 A의 화살표 끝에서 벡터 B를 그린다. 그리고 B의 화살표 끝에서 다시 벡터 C를 그렸을 때 벡터 A의 시작점으로부터 벡터 B의 끝을 연결한 벡터 R'는 벡터 A와 B의 합 벡터가 되고 A벡터의 시작점으로부터 벡터 C의 끝을 연결한 벡터 R는 벡터 A, B, C의 합이 된다. 이와 같은 방법으로 여러 개의 힘의 벡터합을 구할 수 있다.

2) 해석법(분해법)에 의한 합성방법

두 벡터의 합은 sine과 cosine의 삼각법칙을 이용하여 해석적으로 구할 수 있다. 그림

4와 같은 두 벡터 A, B를 생각하자. 이 그림에서 합력 R의 크기는 다음과 같은 식으로 구해진다.

$$|\vec{R}| = \sqrt{|\vec{A}|^2 + |\vec{B}|^2 + 2|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta}$$

이때, 각 θ 는 A와 B의 사이 각, 합력의 방향 각은 ϕ 가 된다. 힘 A, B와 또 하나의 힘 C가 평형을 이루기 위해서는 힘 A, B의 합력 R과 크기가 같고 방향이 반대인 힘 C를 작용시키면 된다.

각 ϕ 는

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{|B|\sin\theta_c}{|A| + |B|\cos\theta_c} \right)$$

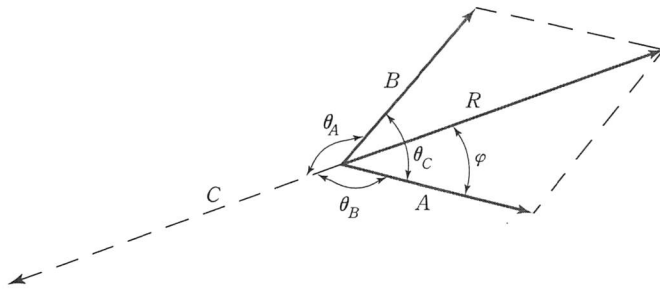


그림 4

3. 실험기구 및 장치

- 힘의 합성대
- 추
- 수준기
- 그래프 용지



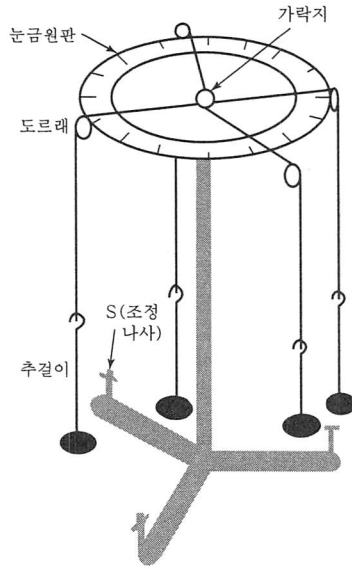


그림 5 힘의 합성 장치

4. 실험 방법

1) 세 힘의 평형

- (1) 그림 5에서 합성대의 수평을 확인한다: 수준기를 사용해서 합성대가 수평이 되도록 조절나사 S를 사용해서 맞춘다.
- (2) 먼저 임의의 질량을 추걸이 A에 올려놓고 나머지 추걸이 B, C에 적당한 추를 달고 각도를 조절하여 평형상태가 되도록 맞춘다. 추걸이 A, B, C 힘으로 선택한다.
- (3) 평형이 이루어졌으면 이를 확인하기 위해서 중앙의 가락지를 흔들어도 다시 중앙에 정지되는지 확인하고, 추 A, B, C의 질량이 m_A, m_B, m_C 와 각각의 각도 $\theta_A, \theta_B, \theta_C$ 를 기록한다.
- (4) 같은 실험을 추의 질량을 바꾸어 가며 5회 실시한다.
- (5) 이상의 결과를 작도법과 해석법으로 구하여 실측치와 비교한다.