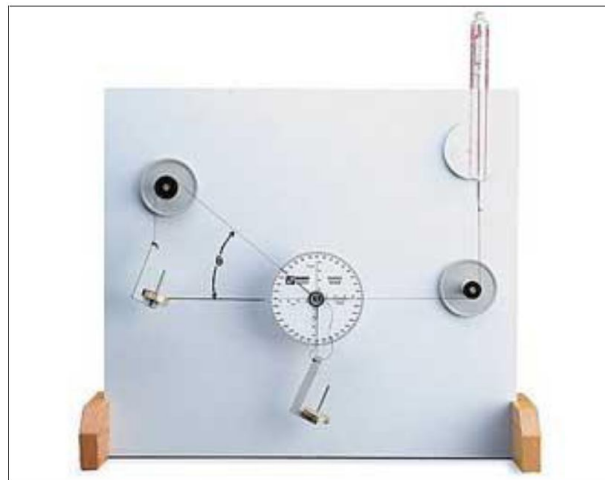


힘의 합성과 분해



장비

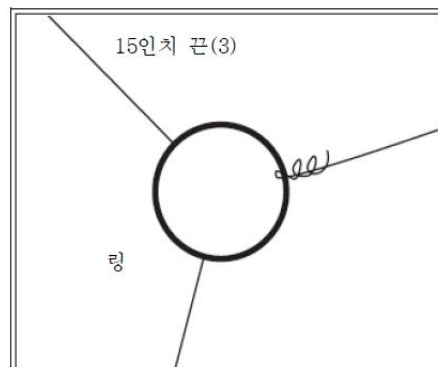
수량	이름	비고
1	실험보드	
1	스프링저울 자석	
1	각도자 자석	
1	링	
2	소형도르래	
1	대형도르래	
3	질량 추 곁이	
1	질량	100g(2), 50g(2), 20g(2), 10g(2), 질량추곁이는 각 5g, 줄(1)
	모눈종이	

소개

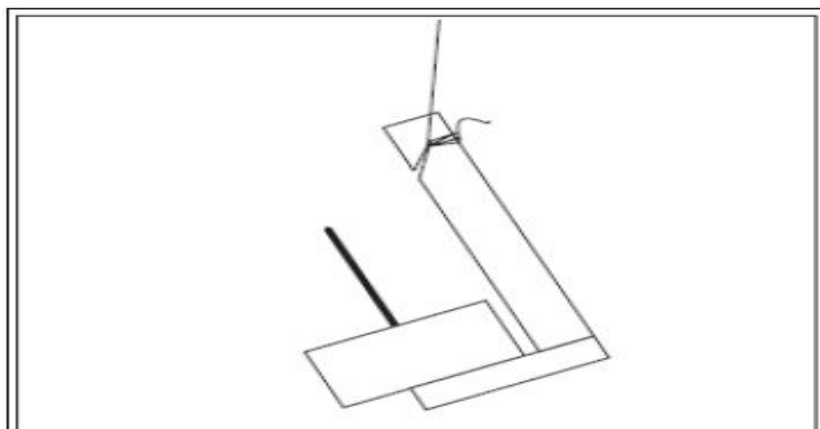
역학 공부는 힘이 질량과 가속도의 곱과 같다는 뉴턴 제2법칙에서 시작된다. 그러므로 물리 입문 과정에서 공부하는 많은 내용이 자연에 존재하는 힘의 형태와, 그 힘들이 물체에 작용하는 방법에 관한 것이다. 이 실험들은, 역학의 매우 특별한 사례로서 물체에 작용하는 모든 힘의 벡터 합이 0이 되어, 가속도가 없는 경우를 공부하여 힘의 본질을 확인하는 것들이다. 이 특별한 경우를 공부하는 이유는 두 가지이다. 첫 번째는 가속도가 없는 경우가 있는 경우보다 관찰이 훨씬 쉽기 때문이다. 시스템에 변동이 없으므로 가속도가 없이 힘이 물체에 작용하는 여러 경우를 조사해 보면 힘의 벡터의 성질에 대해 많은 것을 배울 수 있다. 두 번째 이유는 이 특별한 경우가 사실은 전혀 특별하지 않기 때문이다. 주위를 둘러보면 지구상의 대부분의 고체가 정지해 있으며 거기 작용하는 알짜힘은 물론 0이다. 일상생활을 통해 가속도가 없는 경우는 예외 상황이 아닌 일반적인 상황에 해당한다.

최 초 설 치

이 매뉴얼의 몇 가지 실험의 설정은 미리 해당 요소에 끈을 묶어 단순하게 할 수 있다. 9299 간이 역학 실험 장치에 끈이 포함되어 있다.



링에 0.38m 길이 끈을 묶는다



실험 시행 시 질량 추걸이를 끈 말단에 몇 번 감아서 부착한다.

실험 장치

구성 요소

- 실험 보드(1)

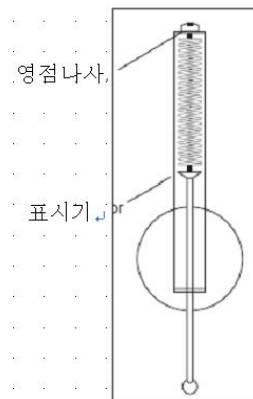


스프링 저울, 각도자, 도르래, 경사면, 토크 휠 등은 모두 자성으로 실험 보드에 부착된다.

- ★ 중요사항 : 자석의 힘으로 붙은 요소를 옮기거나 떼어낼 때는 해당 요소의 자성 부위를 잡으세요. 해당 요소에 가해지는 압력을 줄이고 수명을 연장할 수 있다.

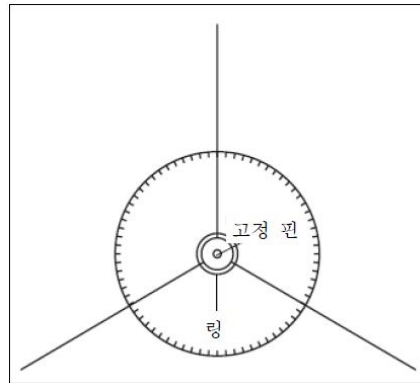
- 스프링 저울(1)

스프링 저울은 N, g, cm의 눈금이 있다. N과 g 눈금은 정확도가 약 5%까지 이다. 더 정확하게 하려면 cm 눈금과 질량 추를 사용하여 스프링을 교정하세요.



- ★ 주의 : 정확한 측정을 위해 항상 스프링 저울을 수직으로 하고 힘이 가해지지 않은 상태에서 영점 나사로 눈금이 영에 가도록 조정한다.

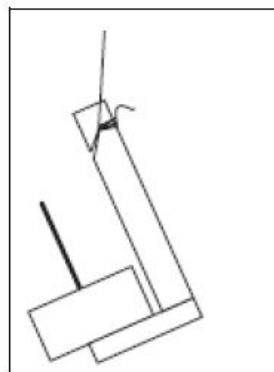
- 각도자(고정 핀, 링(1) 포함)



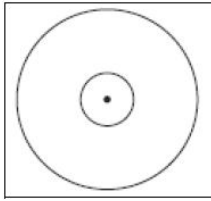
각도자는 작용력의 각을 측정하는데 사용된다. 그림과 같이 링에 힘을 가하고 고정 핀으로 링을 제자리에 위치시킨다. 모든 힘이 정해지면 고정 핀이 링의 중앙에 올 때까지 눈금자의 위치를 조정(또는 힘을 조정)한다. (실험 보드를 강하게 두드려 평형 위치가 제대로 되었는지 확인한다.)

- 질량 추 길이(6)

질량 추 길이를 끈에 매달 때는 끈에 묶을 필요 없이 두세 번 감아 준다.



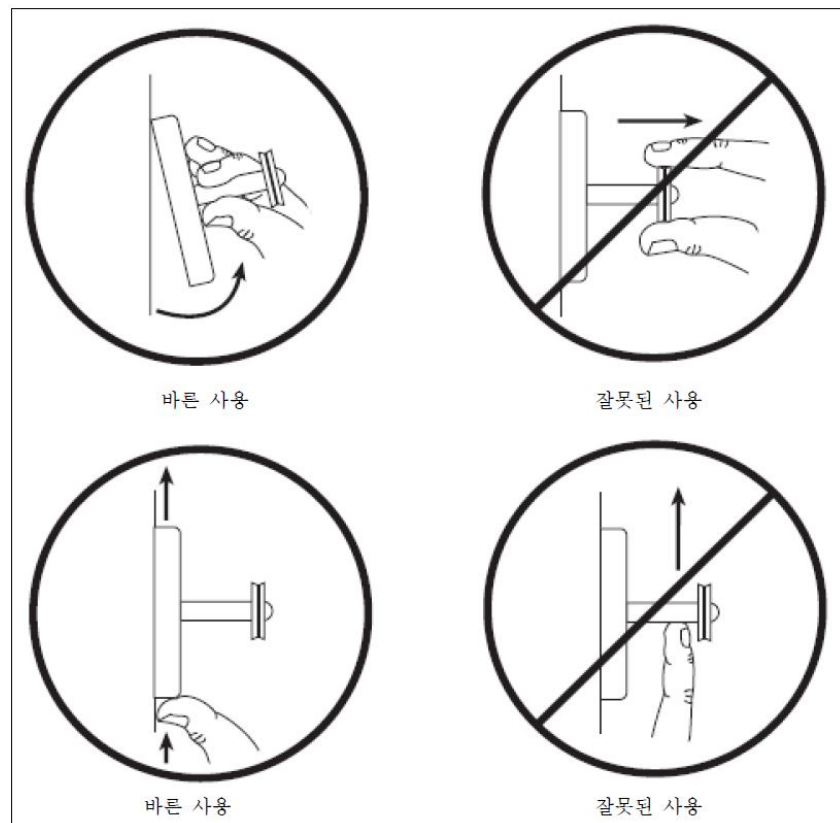
- 소형 도르래(2), 대형 도르래(1)



- 질량 : 100 g (0.1kg) X 2
 50 g (0.05kg) X 2
 20 g (0.02kg) X 4
 10 g (0.01kg) X 2
 질량 추 걸이는 각 5g (0.005kg)
 끈도 함께 포함되어 있다.

실험장치의 설치

- ★ 중요사항 : 자력으로 붙은 요소를 옮기거나 떼어낼 때는 해당 요소의 자성 부위를 잡으세요. 해당 요소에 가해지는 압력을 줄이고 수명을 연장할 수 있다.



실험 1 : 후크의 법칙 - 힘의 측정

필요 장비

실험 보드, 스프링 저울, 질량 추 걸이(1), 질량 추

소 개

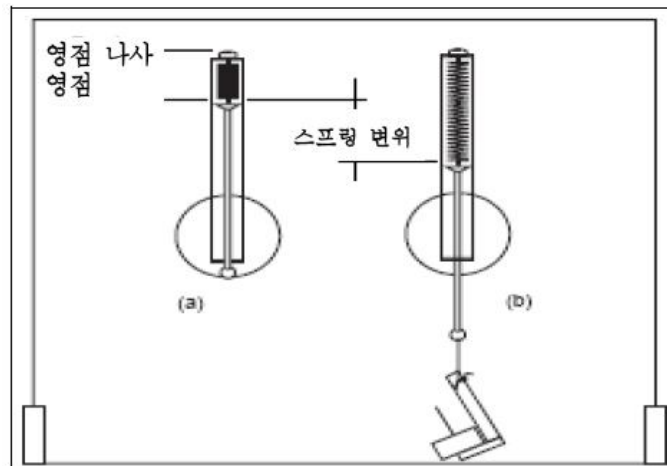


그림 1.1 장비 설정

뉴턴 제2 법칙의 힘의 개념은 $F = ma$, 즉, 힘=질량 \times 가속도이다. 이 법칙을 사용하면 기지의 질량을 가진 물체에 생성되는 가속도를 측정하여 힘을 알 수 있다. 하지만 이 방법은 실제로 실행하기가 어렵다. 이보다 편리한 방법은 미지의 힘을 조절이 가능한 기존의 힘의 크기와 비교하는 것이다. 양 힘이 물체에 가해지고 물체가 가속되지 않을 때 미지의 힘은 양과 방향에 있어 기존의 힘과 정확히 반대가 된다.

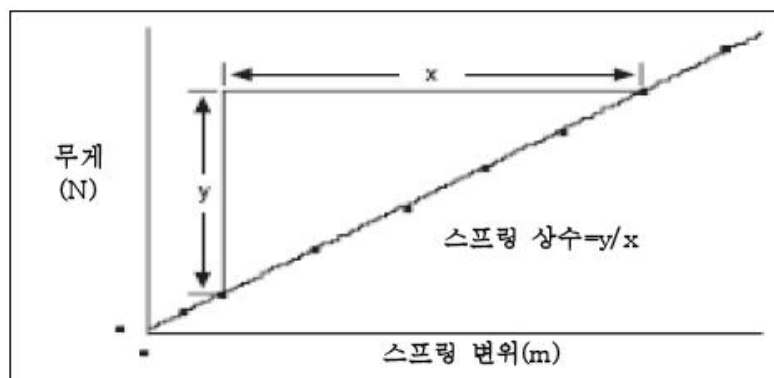


그림 1.2 스프링 상수 측정

이 정적 시스템에서 힘을 측정하고 가하는 방법에는 두 가지가 있다. 한 가지는 조정된 질량을 매다는 것이다. 질량 m 에 대해 중력은 $F = mg$ (g 는 중력 가속도, $g=9.8m/s^2$, 지구의 중심 방향)의 힘으로 아래로 당긴다. 두 번째 방법은 스프링 저울을 이용하는 것이다. 이 실험에서는 조정된 질량을 사용하여 스프링 저울의 특성을 확인할 수 있다.

설 정

스프링 저울을 실험 보드에 매단다. 스프링이 플라스틱 관 안에서 수직이 되도록 한다. 그림 1.1a와 같이 스프링 저울에 추를 달지 않은 상태에서 상부에 있는 영점 나사를 조정하여 표시가 0m에 맞도록 한다.

실험 과정

- ① 0.02kg의 질량을 담아 질량 추 걸이를 스프링 저울에 매단다. 그림 1.1b와 같이 스프링 변위를 측정한다. 이 값을 표 1.1의 해당 란에 기록한다. 질량 추 걸이의 질량(0.005kg)을 총 질량에 포함해야 한다.
- ② 질량 추 걸이에 추가로 질량을 걸어 총 질량을 표에 있는 값과 맞춘다. 각 값에 대해 스프링 변위를 기록한다.
- ③ $F = mg$ 공식을 사용하여 사용한 각 질량의 세트에 대해 N 으로 총 무게를 정한다. 결과를 표에 기록한다. (정확한 힘을 N 으로 얻으려면 질량 값을 kg 으로 사용해야 한다.)

★ 주의 : 추를 매달아 힘을 측정할 때 질량의 단위가 마치 무게의 단위인 것처럼 사용될 때가 있다. 무게와 질량에는 차이가 있다는 것에 유념하길 바란다. 즉, 무게=질량 \times (중력으로 인한 가속도)이다. 무게는 질량과 중력에 따라 달라진다. 중력 상수가 달라지면(예를 들어 달 등에서) 무게도 달라지지만 질량은 달라지지 않는다.

계 산

- ① 모눈 종이에 스프링 변위를 x 축으로 하여 무게 대 스프링 변위의 그래프를 그린다(그림 1.2 참조). 결과 자료에 따라 선을 그린다. 그래프의 경사가 스프링 저울에 사용된 스프링의 스프링 상수가 된다.
- ② 스프링 상수를 그래프에서 측정한다. 단위 (N/m)를 꼭 포함하세요.
스프링 상수 = _____(N/m)

질 문

- ① 힘과 스프링 변위의 선형 관계를 후크의 법칙이라고 한다. 만약 후크의 법칙이 옳지 않다고 해도 스프링으로 힘을 측정할 수 있을까요? 만약 그렇다면 그 이유를 말해 보세요.
- ② 힘을 측정하기 위해 스프링을 조정할 때 후크의 법칙을 어떤면에서 사용할 수 있을까요?

표 1.1 질량에 따른 무게와 스프링변위

질량(kg)	무게(N)	스프링변위(m)
0.025		
0.075		
0.125		
0.175		
0.225		
0.325		

실험 2 : 힘의 합성

필요 장비

실험 보드 , 스프링 저울, 각도자, 링, 도르래(3), 질량 추 길이(3), 질량, 줄

이 론

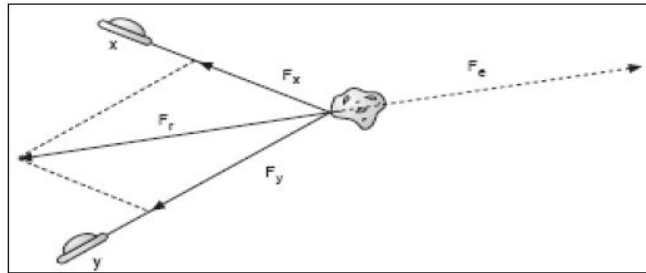


그림 2.1 평형력 찾기

그림 2.1에서 우주선 x 와 y 는 F_x 와 F_y 벡터로 표시되는 힘으로 행성을 당기고 있다. 이 힘들이 행성의 동일한 점에 작용하고 있으므로 이는 공점력(concurrent force)이라고 부른다. 벡터량으로서, 각 힘은 그 방향(화살표의 방향)과 크기(화살표의 길이에 비례)로 정의할 수 있다. (힘의 크기는 견인 줄의 길이와는 무관하다.)

행성에 가해지는 전체 힘은 벡터 F_x 와 F_y 를 합하여 얻을 수 있다. 그림에서 평행사변형법이 사용된다. F_x 와 F_y 로 정의되는 평행사변형의 대각선은 F_r 로서, 행성에 작용하는 전체 힘의 크기와 방향을 표시하는 벡터이다. F_r 은 F_x 와 F_y 의 합력이라고 말한다. 또 다른 유용한 벡터는 F_x 와 F_y 의 평형력인 F_e 이다. F_e 는 두 우주선이 당기는 힘을 합한 것과 정확히 반대되는 힘이다. F_e 는 F_r 과 크기가 동일하지만 방향이 반대이다. 다음 실험에서 확인할 수 있듯이 평형력은 두 개 이상의 힘의 합력을 아는데 유용한 실험 방법이 된다.

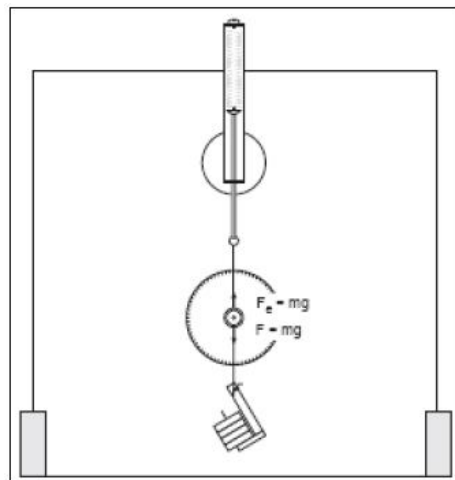


그림 2.2 장비 설정

설 정

그림 2.2과 같이 장치를 설치한다. 질량 추 걸이와 질량은 $F=mg$ 의 중력을 아래 방향으로 가한다. 하지만 링이 가속되지 않으므로, 하향력은 동일하고 방향이 반대인 평형력에 의해 정확하게 평형을 이루어야 한다. 이 평형력 F_e 는 물론 스프링 저울로 가한다.

실험 과정

- ① 질량과 질량 추 걸이에 의한 중력 F 의 크기와 방향은 어떻게 되나요?($F=mg$)

F : 크기 = _____ 방향 = _____

- ② 스프링 저울과 각도자로 F_e 의 크기와 방향을 결정하세요.

F_e : 크기 = _____ 방향 = _____

도르래와 매달린 질량을 그림 2.3과 같이 사용하여 두 개의 힘 F_1 과 F_2 가 링에 작용하도록 장치한다. 고정 핀을 사용하여 링이 가속되지 않도록 한다. 고정 핀은 F_1 과 F_2 의 합력과 정반대인 힘 F_e 를 제공한다. 스프링 저울을 조정하여 F_e 의 크기를 측정한다. 스프링 저울을 수직으로 유지하고 도르래를 사용하여 스프링의 힘을 원하는 방향으로 작용하도록 한다. 스프링 저울을 도르래 방향 또는 반대 방향으로 움직여 힘의 크기를 다양하게 가한다. 도르래와 스프링 저울을 조정하여 고정 핀이 링의 중심에 오도록 한다.

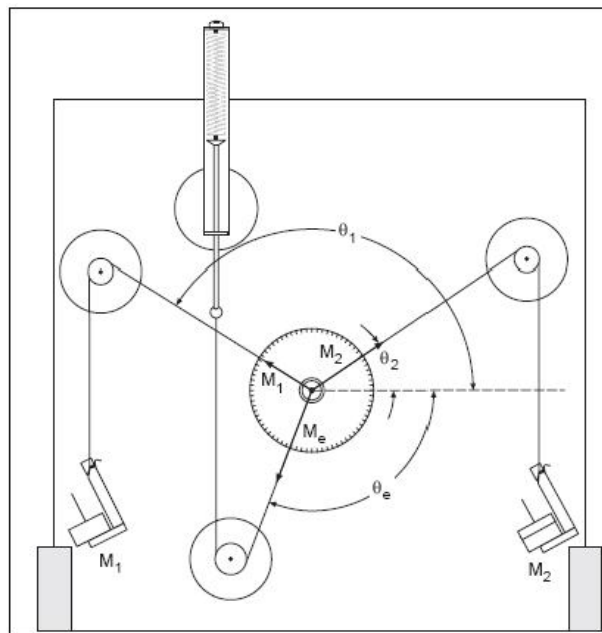


그림 2.3 평형력을 얻기 위한 장치

- ★ 주의 : 도르래의 마찰에 의한 영향을 최소화하려면 실험 요소를 재배치할 때마다 실험 보드를 두드려 준다. 그러면 링이 실제 평형 위치로 갈 수 있다.

- ③ F_1 , F_2 , F_e 의 크기를 N으로 기록하고, 매달린 질량 값 M_1 , M_2 를 질량 추 걸이의 질량을 포함하여 기록하고, 각 벡터가 각도자의 0° 선에 대해 갖는 각 θ_1 , θ_2 , θ_e 도 기록한다.

(질량추걸이의 질량 : 0.005kg)

F_1 : $M_1 =$ _____ 크기 = _____ 각도 = _____

F_2 : $M_2 =$ _____ 크기 = _____ 각도 = _____

F_e : 크기 = _____ 각도 = _____

- ④ 앞에서 기록한 값으로 모눈 종이에 F_1 , F_2 , F_e 를 그려 본다. 적당한 눈금을 선택 (2.0 cm/N 등)하여 힘의 크기에 벡터의 길이가 비례하도록 그린다. 각 벡터에 이름을 쓰고 표시하는 힘의 크기도 쓴다.
- ⑤ 도표에 평행사변형법으로 F_1 과 F_2 의 합력을 그린다. 합력 F_r 을 표시하고, F_r 의 길이를 측정하여 합력의 크기를 측정하고 이 크기를 도표에 기록한다.
- ⑥ 평형력 벡터 F_e 가 합력 벡터 F_r 과 정확히 평형을 이루는지 확인한다. 만약 그렇지 않으면 측정 및 작성에 있어 어떤 오차의 원인이 있는지 말해 본다. F_1 과 F_2 의 크기와 방향을 다르게 하여 실험을 반복한다.

실험 3 : 힘의 분해 (성분)

필요 장비

- 실험 보드
- 각도자
- 링
- 도르래(3)
- 질량 추 걸이(3)
- 질량 추
- 끈

이 론

실험 2에서 공통된 지점에 작용하는 힘을 벡터적으로 합하여 합력의 크기와 방향을 측정해 보았다. 이번 실험에서는 그 반대로 두 개의 힘이 합쳐져도 원래의 힘과 동일한 작용을 한다는 것을 확인 할 것이다. 이미 확인한 바와 같이 x - y 평면의 힘 벡터는 x 방향의 한 벡터와 y 방향의 한 벡터의 합으로 표현될 수 있다.

설 정

그림 3.1과 같이 장치를 설치한다. 그림과 같이 도르래를 거쳐 링에 질량을 매달아 힘 벡터 F 를 측정한다. 고정 핀을 사용하여 링을 제자리에 고정한다.

저울의 끈이 도르래의 아래에서 링까지 수평이 되도록 스프링 저울과 도르래를 설치한다. 링에 두 번째 질량 추 걸이를 직접 매단다.

스프링 저울을 도르래 방향 또는 반대 방향으로 움직여 수평 방향, 즉 x 성분의 힘의 크기를 조정한다. 수직 질량 추 걸이의 질량을 조정하여 수직 방향, 즉 y 성분의 힘을 조정한다. x 및 y 성분을 이런 방법으로 조정하여 고정 핀이 링의 중심에 오도록 한다. (이 x , y 성분은 실제로 F 가 아닌, F 의 평행력의 x 및 y 성분이다.)

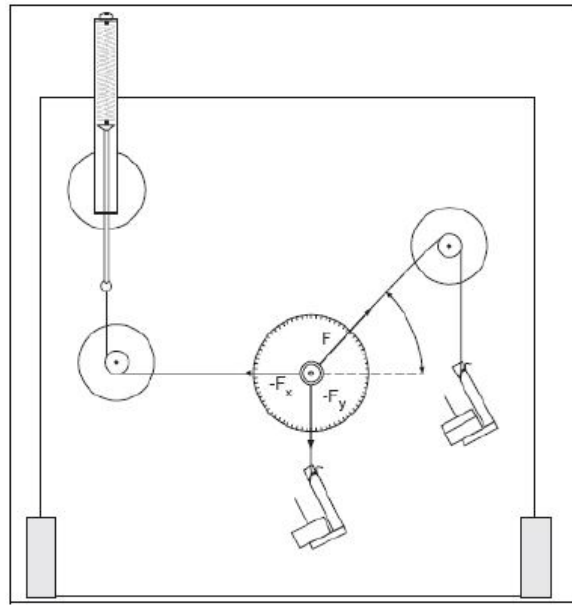


그림 3.1 장비 설정

★ 주의 : 매달린 질량은 10g씩 조정할 수 있다. 다른 질량 추 걸이를 추가하면 5g씩 조정할 수 도 있다. 세밀한 조정에는 클립을 사용한다. 스프링 저울로 일정한 개수의 클립 무게를 확인하여 클립 하나의 질량을 측정한다.

실험 과정

- ① F의 크기와 각도를 기록한다. 그림 3.1과 같이 각도를 측정한다.

크기 = _____ 각도 = _____

- ② F의 평형력의 x 및 y 성분 크기를 기록한다.

x 성분 = _____ y 성분 = _____

- ③ F의 x 및 y 성분인 F_x 및 F_y 의 크기는 어떻게 되나요?

F_x = _____ F_y = _____

F의 크기와 방향을 다르게 하여 실험을 반복한다.

- ④ F의 각, 그리고 F, F_x , F_y 의 크기를 기록한다.

F: 크기 = _____ 각도 = _____

F_x = _____ F_y = _____

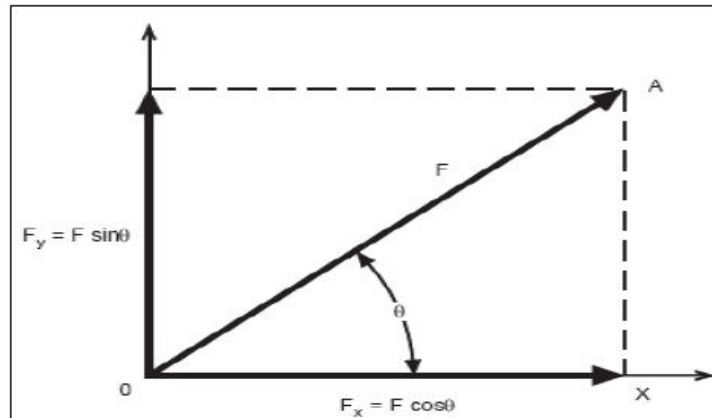


그림 3.2 벡터 성분

벡터를 표시하는데 여러 성분을 사용하는 이유는 무엇일까요? 그 중 한 가지 이유는 성분을 사용하면 벡터를 수학적으로 쉽게 더할 수 있기 때문이다. 그림 3.2는 길이가 F 이고 x 축과 θ 의 각을 이루는 벡터의 x, y 성분을 나타낸다. 성분들이 서로 직각이므로 합력을 결정하는 평행사변형이 직사각형이 된다. 직각삼각형 AOX 를 사용하면 F 의 성분을 x 성분 $F\cos\theta$, y 성분 $F\sin\theta$ 로 쉽게 구할 수 있다.

더할 벡터가 여러 개이면 각 벡터의 x, y 성분을 확인하기만 하면 된다. x 성분을 모두 더하고 y 성분을 모두 더한다. 그러면 합력의 x, y 성분이 나온다.

이 실험의 첫 부분에서와 같이 장치를 도르래와 매달린 질량으로 힘 벡터의 크기와 방향을 결정하여 설치한다. 각도 판의 x 축이 수평이 되도록 한다.

⑤ 힘 벡터 F 의 크기와 각을 기록한다.

크기 = _____ 각도 = _____

⑥ F 의 x, y 성분의 크기인 F_x 와 F_y 를 계산한다($F_x = F\cos\theta$, $F_y = F\sin\theta$).

$F_x =$ _____ $F_y =$ _____

이 실험의 첫 부분(그림 3.1)에서와 같이 스프링 저울과 매달린 질량을 설치한다. 질문 6에서 계산한 값을 사용하여 스프링 저울이 F_x 의 크기로 링을 수평으로 당기도록 위치시킨다. 매달린 질량이 F_y 의 크기로 링을 수직 하향으로 당기도록 조정한다.

질 문

- ① 링이 각도 판의 중심에서 평형이 되나요? 위에서 한 것과 같이 두 수직 축 사이의 벡터 성분을 확인하는 것이 가장 유용하다. 하지만 x, y 축이 반드시 수직일 필요는 없다. 시간이 허락한다면 수직이 아닌 벡터 성분을 확인할 수 있도록 장치해 본다. (도르래를 사용하여 성분의 힘이 비수직 방향이 되도록 조정한다.)
- ② x, y 성분을 조정하여 비수직 축의 벡터를 분해하는데 어떤 어려움이 있나요?