

2018학년도 2학기

물리학및실험 (US0019)

1부 역학

4장 운동의 법칙

상명대학교 융합공과대학

전기공학과

조 수 환 교수





4. 운동의 법칙

4.1 힘

4.2 뉴턴의 제1법칙

4.3 뉴턴의 제2법칙

4.4 뉴턴의 제3법칙

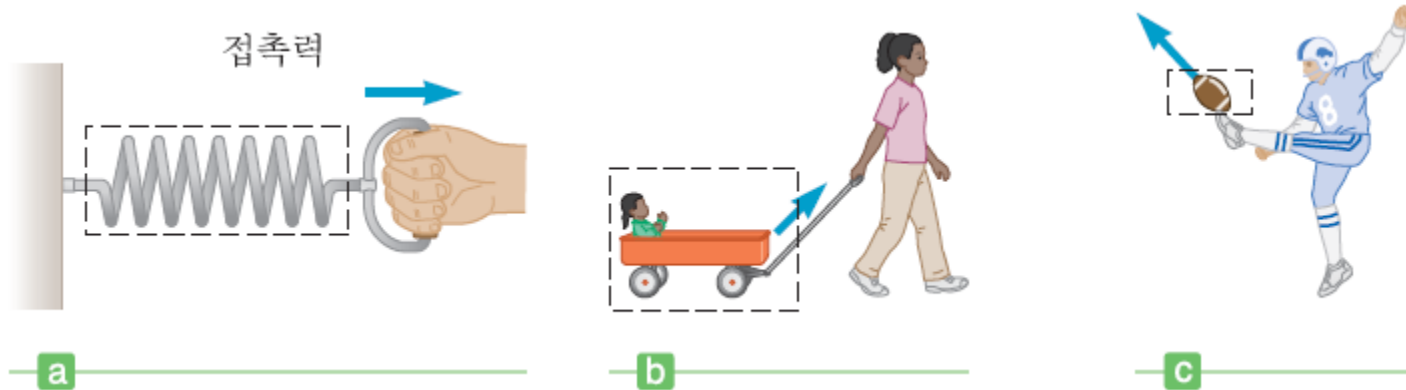
4.5 뉴턴 법칙의 응용

4.6 마찰력

뿔이 긴 두 양이 싸울 때 무의식적으로 운동의 법칙이 사용된다. 다리의 근육에 힘이 들어가서 지면에 대해 각각 힘을 작용하는데, 마찰력 때문에 미끄러지지 않는다. 지면이 양에 작용하는 반작용력은 양들을 앞으로 밀어 뿔로 서로를 받게 한다. 상대방의 평형을 깨뜨리는 양이 이긴다.

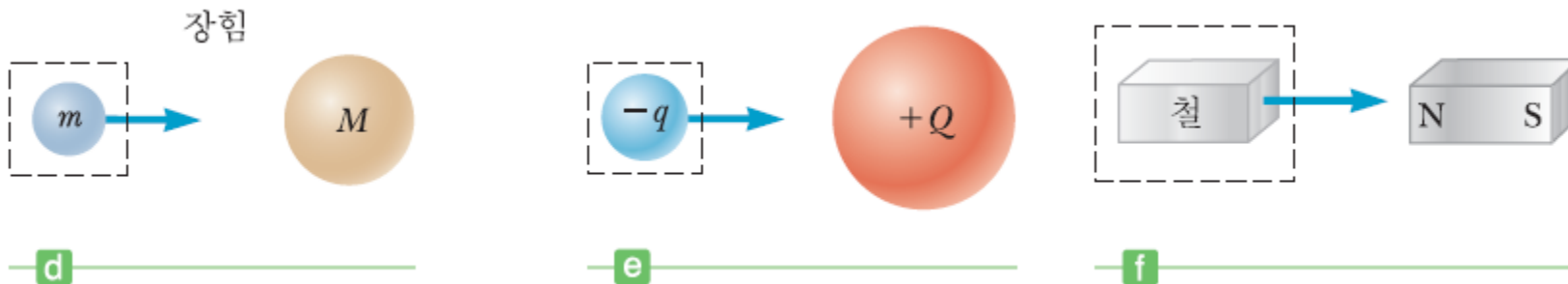
4.1 힘 forces

- 물리적인 접촉에 의한 힘(접촉력)



- 직접적인 접촉이 없는 경우의 힘(비접촉력)

- 원격작용 : 뉴턴의 중력 법칙
- 장힘(場力, Field forces) : 패러데이(전기장, 자기장)



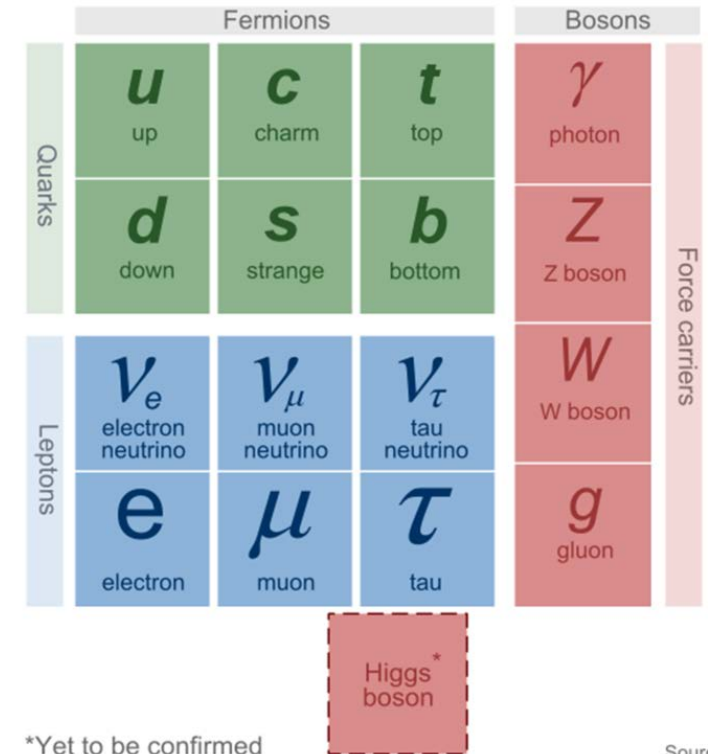
4.1 힘 forces

• 자연계의 4가지 힘 : 場力

– 힘의 세기 : 강력 > 전자기력 > 약력 > 중력

힘의 종류	매개입자	원리
강력 (강한 핵력)	글루온	쿼크 간에 작용, 쿼크가 모여 양성자(uud)와 중성자(udd)를 구성, 양성자가 모여 핵자를 구성
전자기력	광자	전하를 띤 물질 간에 작용, 인력과 척력
약력 (약한 핵력)	W, Z 보손	렙톤(전자와 전자 중성미자, 뮤온과 뮤온중성미자, 타우와 타우 중성미자) 간에 작용
중력	중력자	질량 간에 작용, 지구 상의 물체, 우주 공간 속의 물체 등

THE STANDARD MODEL



*Yet to be confirmed

Source: AAAS

* 기본입자 : 쿼크(6개), 렙톤(6개)

* 매개입자 : 광자, W보손, Z보손, 글루온

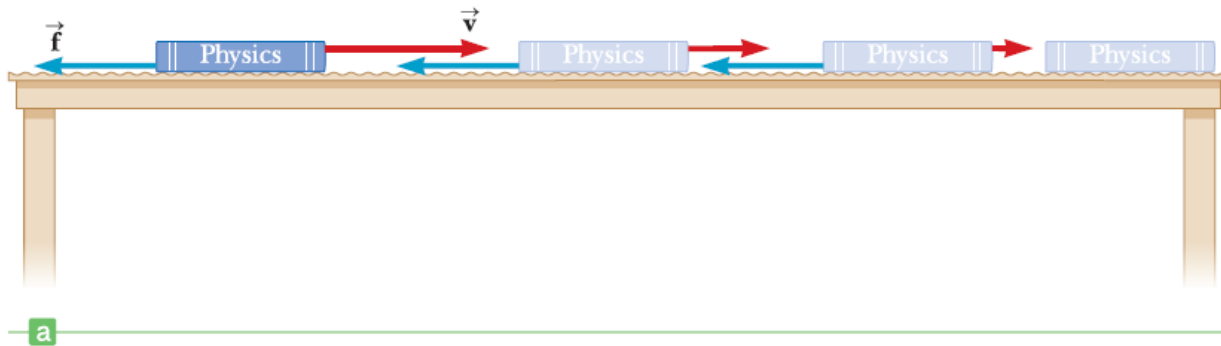
4.2 뉴턴의 제1법칙 Newton's First Laws

- 뉴턴의 제1법칙 : 관성의 법칙

- 외력이 주어지지 않는 환경에서 물체의 운동에 대한 법칙

제1법칙: 알짜힘이 작용하면
속도가 변한다.

* 알짜힘(Net Force) : 물체에 작용하는 외력의 벡터합(합력)



제1법칙: 알짜힘이 없으면
속도가 변하지 않는다.

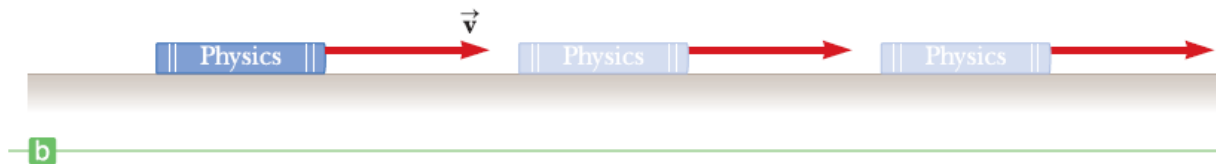


그림 4.3 운동의 제1법칙. (a) 책이 처음 속도 \vec{v} 로 마찰이 있는 표면에서 움직인다. 수평 방향의 마찰이 있기 때문에 밀린 책은 느려지면서 정지하게 된다. (b) 마찰이 없는 표면에서 책이 처음 속도 \vec{v} 로 움직이고 있다. 알짜힘이 없으므로, 책은 속도 \vec{v} 로 계속 움직인다.

4.2 뉴턴의 제1법칙 Newton's First Laws

- 뉴턴의 제1법칙 : 관성의 법칙

- 1,600년대 이전 : 물체는 정지해 있는 것이 자연스러운 상태로 이해함.
- 갈릴레이 이후 : 운동하는 물체는 정지하려는 속성을 지닌 것이 아니라, 계속해서 원래의 운동 상태를 유지하려 한다는 결론을 도출함.

뉴턴의 제1법칙 ▶

물체에 작용하는 알짜힘이 없다면, 그 물체는 크기와 방향이 일정한 속도를 가지고 운동한다.

- 질량과 관성

- 관성(Inertia) : 외력이 없을 경우 원래의 운동 상태를 유지하려는 성질(정지 혹은 등속도운동)
- 질량(Mass, [kg]) : 외력이 가해질 때 물체의 운동 변화에 대한 저항의 크기
 - 물체의 질량이 크면 주어진 힘에 대한 가속도는 작아짐

4.3 뉴턴의 제2법칙 Newton's Second Laws

- 뉴턴의 제2법칙 : 운동방정식(가속도의 법칙)

- 알짜힘이 작용하는 물체에서 발생하는 현상에 대한 법칙
- 물체의 가속도는 물체에 작용한 알짜힘에 비례함. = 알짜힘은 물체의 운동의 변화를 야기함.

물체의 가속도 \vec{a} 는 물체에 작용하는 알짜힘에 비례하고 질량에 반비례한다.

◀ 뉴턴의 제2법칙

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

- 힘과 질량의 단위

- 힘의 단위 : [N]
- 1N은 질량 1kg인 물체에 작용하여 1m/s^2 의 가속도를 내는 힘

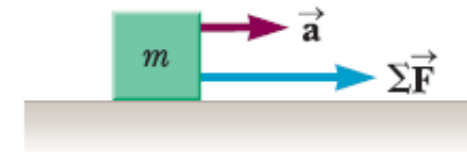


그림 4.5 운동의 제2법칙. 질량이 m 인 블록의 경우, 작용하는 알짜힘 $\sum \vec{F}$ 는 질량과 가속도 벡터 \vec{a} 의 곱과 같다.

4.3 뉴턴의 제2법칙 Newton's Second Laws

- 중력 (Gravitational Force)

- 우주에 있는 두 물체 사이에 서로 작용하는 인력
- 만유인력의 법칙(Universal Law of Gravitation) : 우주에 존재하는 모든 입자에는 질량의 곱에 비례하고 입자 간의 거리에 제곱에 반비례하는 인력이 작용함.

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

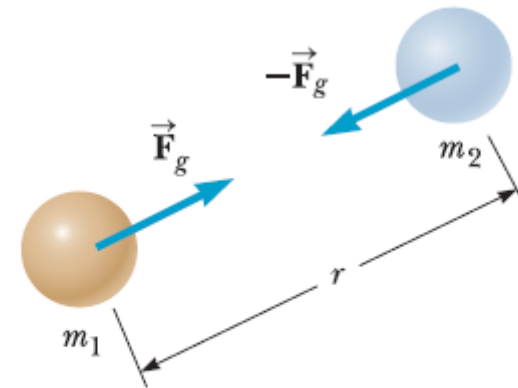


그림 4.7 두 입자 사이에 작용하는 중력은 인력이다.

4.3 뉴턴의 제2법칙 Newton's Second Laws

- 무게 (Weight)

- 물체의 무게 : 지구 표면 근처에서 질량 m 인 물체에 작용하는 중력의 크기

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \longrightarrow \quad w = G \frac{M_E m}{r^2}$$

- M_E : 지구의 질량
 - r : 지구 중심에서 물체까지의 거리

지구 표면 근처에서 질량 m 인 물체에 작용하는 중력의 크기를 물체의 무게 w 라고 하며, 이는

$$w = mg \quad [4.6]$$

로 주어진다. 여기서 g 는 중력 가속도이다.

SI 단위: 뉴턴(N)

4.3 뉴턴의 제2법칙 Newton's Second Laws

- 무게 (Weight)

$$g = G \frac{M_E}{r^2} = 9.7964 [N / kg = m / s^2]$$

$$G = 6.673 \times 10^{-11} [Nm^2 / kg^2]$$

$$M_E = 5.97219 \times 10^{24} [kg]$$

$$R_E = 6.378137 \times 10^6 [m]$$

– 중력가속도(g) = 9.8 m/s^2

4.4 뉴턴의 제3법칙 Newton's Third Laws

- 뉴턴의 제3법칙 : 작용·반작용의 법칙
 - 자연에 존재하는 힘은 항상 짝으로 존재함.
 - 작용력과 반작용력
 - 작용력의 크기는 반작용력의 크기와 같고 방향은 반대임.
 - 어떤 경우이든 작용력과 반작용력은 항상 상대 물체에 힘을 작용함.

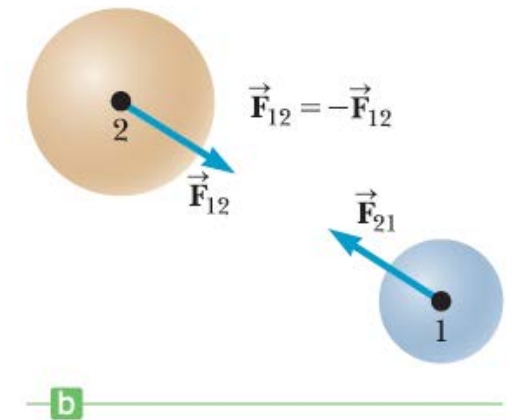
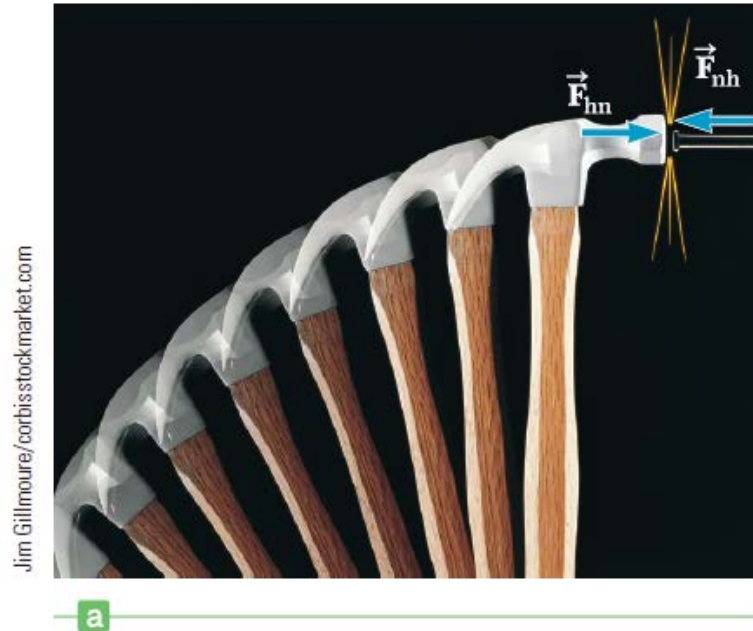


그림 4.8 뉴턴의 제3법칙

뉴턴의 제3법칙 ▶

만일 두 물체가 상호작용할 경우, 물체 1이 물체 2에 작용하는 힘 \vec{F}_{12} 는 물체 2가 물체 1에 작용하는 힘 \vec{F}_{21} 과 크기는 같고 방향은 서로 반대이다.

4.4 뉴턴의 제3법칙 Newton's Third Laws

- 뉴턴의 제3법칙 : 작용·반작용의 법칙
 - 수직항력 : 법선방향의 힘
 - 중력의 반작용이 수직항력인 것은 아님!! (작용점이 다름)

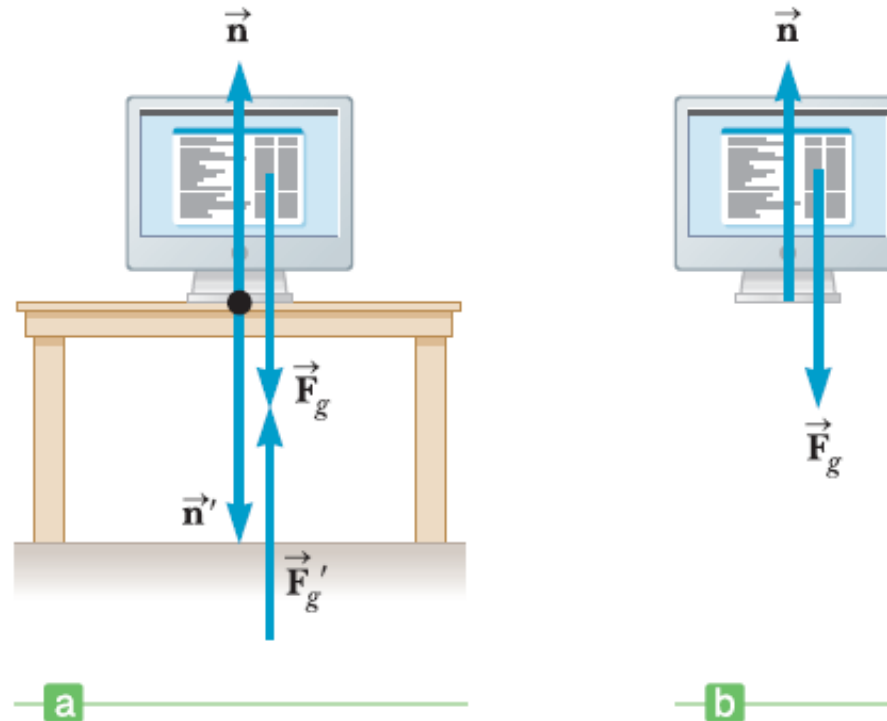


그림 4.9 모니터가 책상 위에 정지해 있는 경우, 모니터에 작용하는 힘은 (b)에 나타난 것과 같이 책상으로부터 받는 수직 항력 \vec{n} 과 중력 \vec{F}_g 이다. \vec{n} 에 대한 반작용력은 모니터가 책상에 작용하는 힘 \vec{n}' 이다. \vec{F}_g 에 대한 반작용력은 모니터가 지구에 작용하는 힘 \vec{F}_g' 이다.

4.5 뉴턴 법칙의 응용 Application of Newton's Laws

- 뉴턴의 법칙을 움직이는 물체에 적용하는 경우
 - 해당 물체에 작용하는 외력만을 고려함.
 - 그림 4.9b에서 모니터에 작용하는 외력은 수직항력 n 과 중력 F_g 뿐이며, 이에 대한 반작용력은 각각 테이블과 지구에 작용함.

$$ma_x = T \quad ma_y = n - mg = 0$$

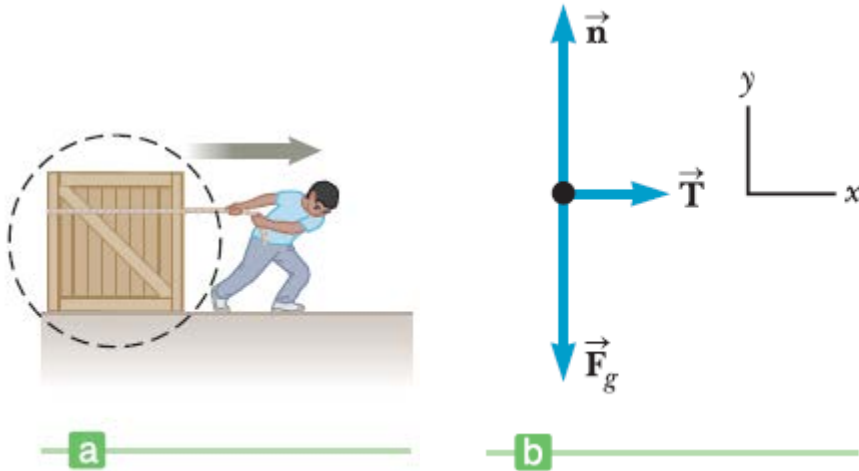


그림 4.11 (a) 마찰이 없는 면에서 짐을 오른쪽으로 당긴다. (b) 짐상자에 작용하는 힘을 나타내는 자유 물체도

4.6 마찰력 Forces of Friction

• 마찰력(Friction)

- 물체가 표면 위 혹은 공기나 물같은 점성 매질 속에서 움직일 때, 물체 주변과 상호작용으로 발생하는 저항력
- 정지마찰력(Force of static friction, f_s) : 정지 상태에서 작용하는 마찰력

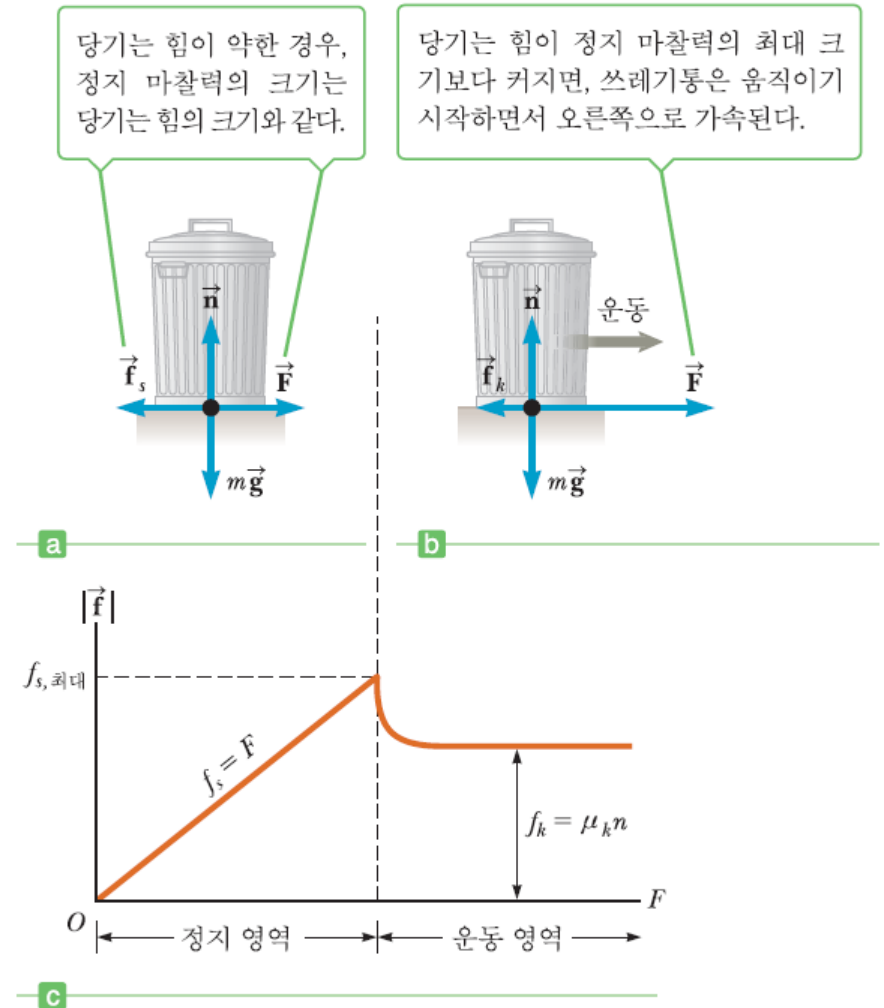
$$f_s \leq \mu_s n$$

- μ_s : 정지마찰계수
- 운동마찰력(Force of kinetic friction, f_k) : 운동하는 물체에 작용하는 마찰력

$$f_k = \mu_k n$$

- μ_k : 운동마찰계수

그림 4.17 (a)와 (b) 쓰레기통을 오른쪽으로 당기면 쓰레기통과 거친 바닥 사이의 마찰력의 방향[(a)에서는 \vec{f}_s , (b)에서는 \vec{f}_k]은 당기는 힘 \vec{F} 의 방향과 반대이다. (c) 당기는 힘에 대한 마찰력의 크기를 나타내는 그래프. $f_{s, \text{최대}} > f_k$ 임에 유의한다.



4.6 마찰력 Forces of Friction

- 마찰력(Friction)

- 마찰계수

표 4.2 마찰 계수^a

	μ_s	μ_k
강철과 강철	0.74	0.57
알루미늄과 강철	0.61	0.47
강철과 구리	0.53	0.36
콘크리트와 고무	1.0	0.8
나무와 나무	0.25~0.5	0.2
유리와 유리	0.94	0.4
젖은 눈 위의 왁스칠한 나무	0.14	0.1
마른 눈 위의 왁스칠한 나무	—	0.04
윤활유 처리한 금속과 금속	0.15	0.06
얼음과 얼음	0.1	0.03
테플론과 테플론	0.04	0.04
사람의 연골 관절	0.01	0.003

^a모든 값은 근삿값이다.