

3. Newton의 법칙

- 경험적 사실 : 물체의 속도를 변화시키려면 힘(상호작용)을 주어야 한다.
- 뉴턴 역학 : Isaac Newton(1642-1727)
 모든 물체를 점입자로 가정하고 힘과 가속도 사이의 관계를 이론적으로 정립
- 뉴턴 역학의 한계
 - 빛의 속도에 가까운 고속운동 → 특수상대성이론
 - 원. 분자수준의 아주 작은 물체의 운동 → 양자역학

3.1 뉴턴의 법칙 & 3.2 힘과 운동

주요 변수

- 변위(Displacement) ; (Unit: m)
- 속도(Velocity) : \vec{v} (Unit: m/sec.)
- 가속도(Acceleration) ; \vec{a} (Unit: m/sec.²)

$\vec{a} =$ 힘(Force) : \vec{F}

뉴턴의 법칙 (Newton's law)

1. 뉴턴 1 법칙: 의 법칙 (the law of Inertia)

“ 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있으려 하고, 등속 직선운동을 하는 물체는 계속 같은 운동을 유지하려 한다”

$$\vec{F} = 0 \Leftrightarrow \Delta\vec{v} = 0$$

2. 뉴턴 2 법칙: 의 법칙 (the law of Motion)

“ 물체의 가속도는 알짜힘에 비례하고 물체의 질량에 반비례한다”

$$\vec{F} \neq 0 \Rightarrow$$

3. 뉴턴 3 법칙: the law of action and reaction)

“ 두 물체가 서로 상호작용 할 때, 물체 1이 2에 미치는 힘과 물체 2가 1에 미치는 힘은 서로 크기가 같고 방향이 반대이다”

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

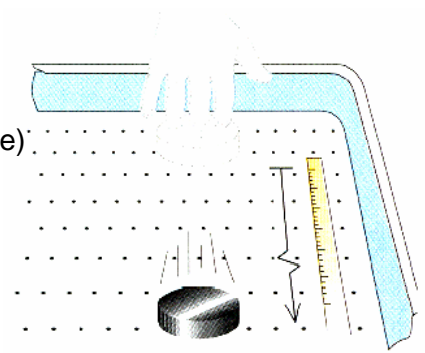
뉴턴 1 법칙 : 관성의 법칙

“ 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있으려 하고, 등속 직선운동을 하는 물체는 계속 같은 운동을 유지하려 한다 ”

$$\vec{F} = 0 \Leftrightarrow \quad !$$

관성 : “

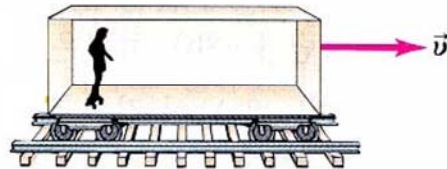
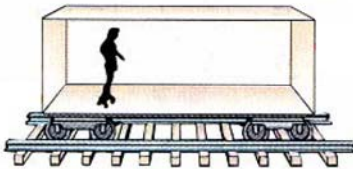
Inertial Frame): $\vec{a} = 0$ 인 좌표계(Frame)
 예) 지표상의 좌표계



질문 : 다음 두 상황을 구분할 수 있을까?

$$\vec{v} = 0 \quad \text{vs} \quad \vec{v} = \text{일정}$$

$$\vec{v} = 0$$



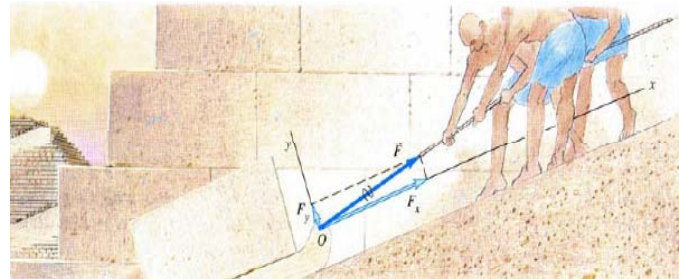
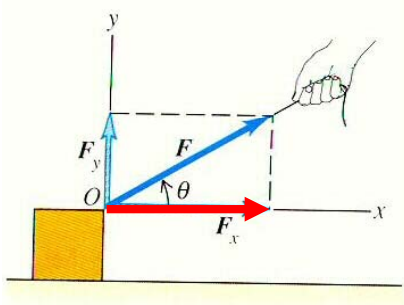
뉴턴 2 법칙 : 운동의 법칙

물체의 운동을 변화시키는 원인은 힘(F)이다.

“물체의 가속도는 알짜힘에 비례하며, 질량에 반비례한다.”

↑ Cause (원인)
 ↑ Result (결과)

• : 물체에 작용하는 전체 힘의 합력 $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$



• 힘의 단위 ; N

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad ; \quad \text{SI} \quad ; \text{SI}$$

$$\text{g}\cdot\text{cm}/\text{sec}^2 \equiv \text{dyne} \quad ; \text{cgs}$$

(x, y, z) 좌표계에서 힘의 성분

$$F_x = ma_x, F_y = ma_y, F_z = ma_z$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{sec}^2 = 1\cdot 1000\text{g}\cdot 100\text{cm}/\text{sec}^2$$

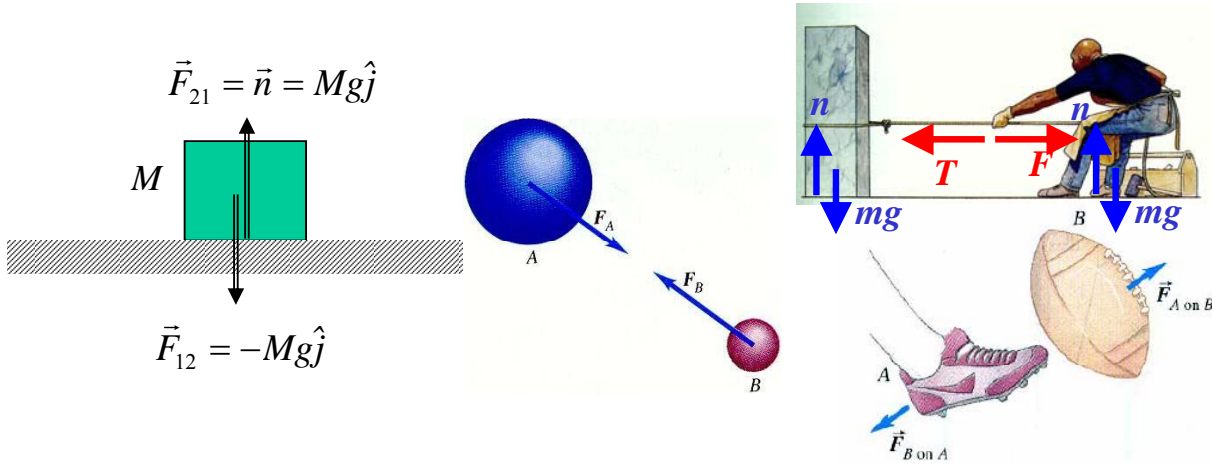
$$= 10^5 \text{ g}\cdot\text{cm}/\text{sec}^2 = 10^5 \text{ dyne}$$

뉴턴 3 법칙 : 작용 반작용의 법칙

고립계에서 두 물체 사이에 작용하는 힘은 항상 쌍으로 존재한다.

작용(Action) ⇔ 반작용(Reaction)

두 힘은(작용력과 반작용력)은 서로 크기가 같고 방향이 반대이다.

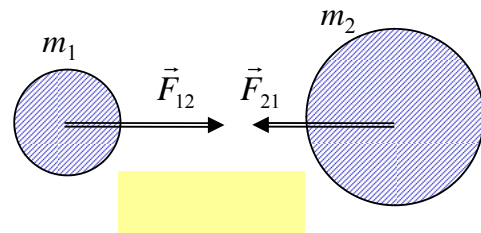


3.3 지표면 근처에서 중력(Gravitational Force)

“질량을 가진 두 물체 사이의 상호작용력” - 작용/반작용

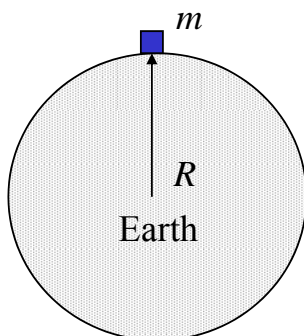
$$\vec{F}_{12} = \frac{Gm_2m_1}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

$$\vec{F}_{21} = \frac{Gm_1m_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21}$$



$$\vec{F}_{21} = \frac{Gm_1m_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21} = m_1 \vec{g} \Rightarrow \vec{g} = \frac{Gm_2}{r_{21}^2} : \text{중력가속도} \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

예) 지구 상에서 중력가속도



$$\vec{F} = \frac{GM_E m}{R_E^2} (-\hat{R}) \equiv m \vec{g}$$

$$M_E = 6 \times 10^{24} \text{ kg}, R_E = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$$

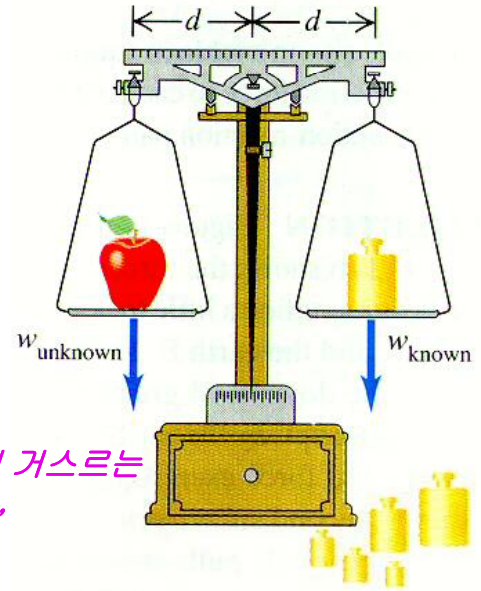
$$g = \frac{6.67 \times 10^{-11} \cdot 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2} = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

▶ 질량과 무게

(weight): 물체에 작용하는 지구(천체)중력의 당김

(mass): 물체의 관성적 성질 (일상생활에서는 종종 잘못 쓰임)

“측정절차에 무관하게 속도의 변화에 거스르는 정도를 나타내는 물체의 고유 속성”



• 질량 m 인 물체의 무게 $=mg$ ($g=9.8m/s^2$)

참고: 1kg에 작용하는 중력=9.8N, 만약 $g=9.8m/s^2$ 아니면 무게는 9.8 N이 아님.

• Mg 에서 M 중력질량, Ma 에서 M 관성질량

3.6 작용-반작용의 법칙의 의미

: 질량과 속도의 곱 $\vec{p} =$

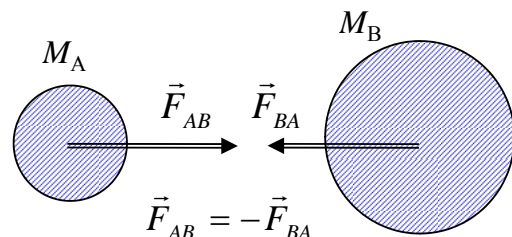
힘 (F): 질량과 가속도의 곱 = 운동량의 시간변화율

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} =$$

작용 반작용의 법칙: (A가 B에 작용하는 힘) = - (B가 A에 작용하는 힘)

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

$$\frac{d\vec{p}_A}{dt} = -\frac{d\vec{p}_B}{dt}$$



$$\therefore \vec{p}_A + \vec{p}_B = \text{constant}$$

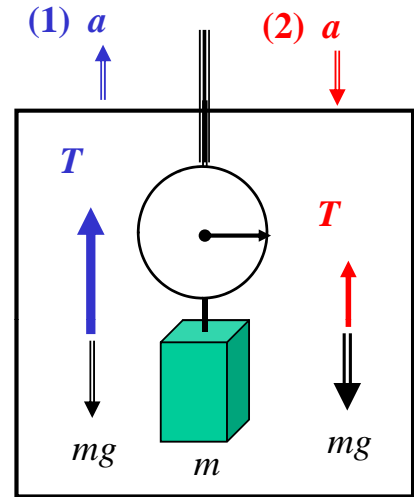
예) 엘리베이터 안에서의 무게

(1) $F =$ [Blank]

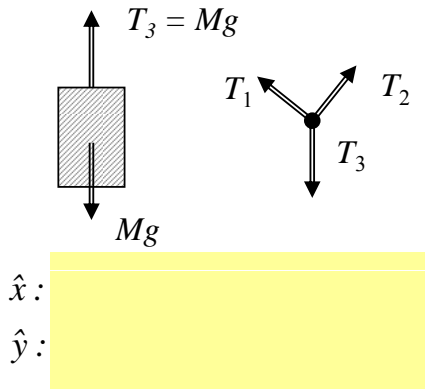
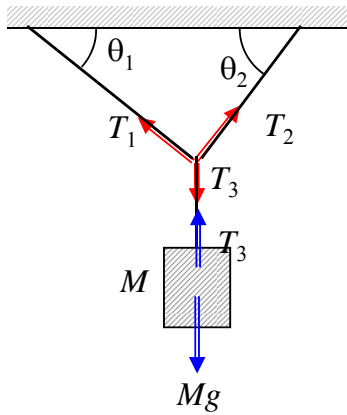
$T = m(g + a)$

(2) $F =$ [Blank]

$T = m(g - a)$

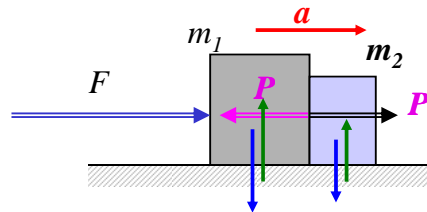


예) 힘의 균형



3.5 마찰력 (Friction)이 없는 물체의 운동

예) 인접한 두 개의 블럭

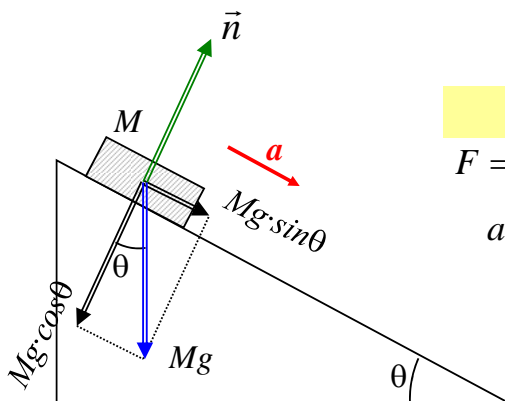


$F_2 =$ [Blank]
 $+) F_1 =$ [Blank]

$F = (m_1 + m_2)a$

$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$ $P = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$

예) 힘의 균형 : 경사면의 블럭



$F =$ [Blank]

$a = g \sin \theta$

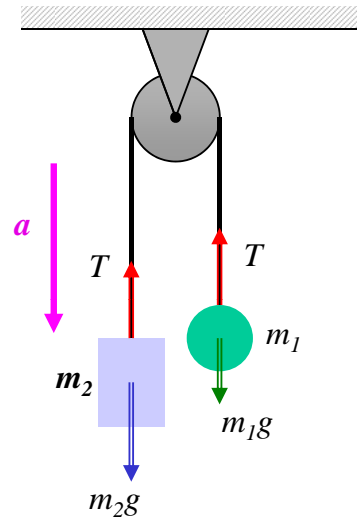
예) 아트우드 기계 (Atwood's Machine)

$$F_1 = \text{[Blank]}$$

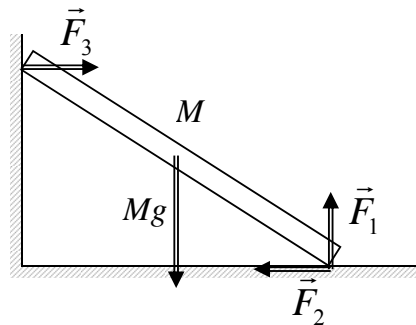
$$+) F_2 = \text{[Blank]}$$

$$(m_2 - m_1)g = (m_1 + m_2)a$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}g \quad T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}g$$



예) 힘의 균형 : 벽에 기대는 막대

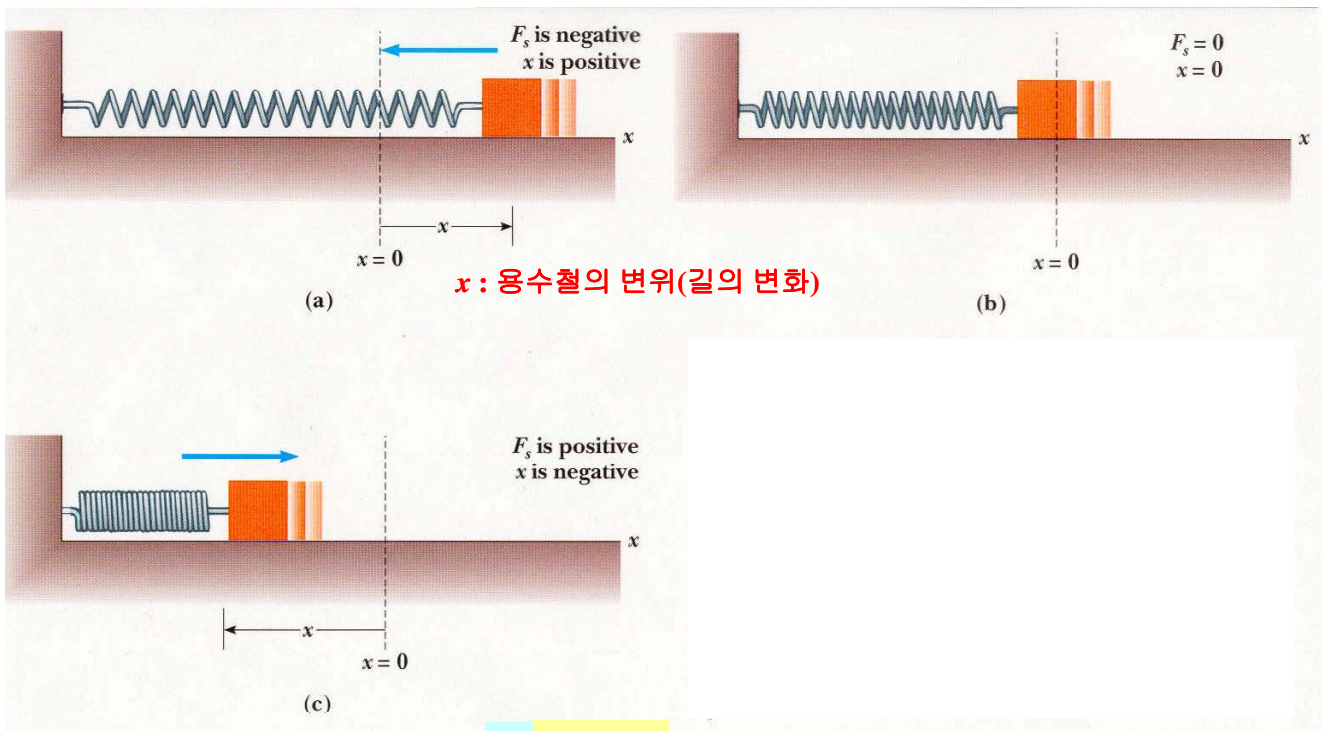


$$\hat{x} : \text{[Blank]}$$

$$\hat{y} : \text{[Blank]}$$

바닥면에서 마찰력(F_2)을 고려해야 됨.
회전력의 균형에 관한 식이 더 필요함

3.4 후크의 법칙 (용수철에 작용하는 힘)

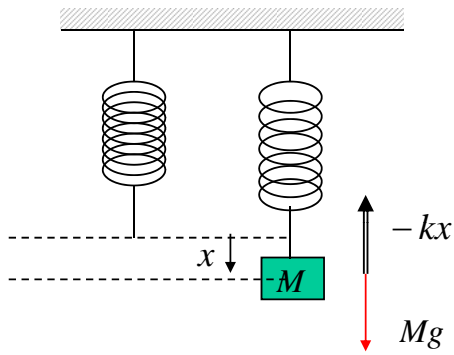


용수철의 복원력

⇒ [Blank] 후크의 법칙 (Hook's Law)

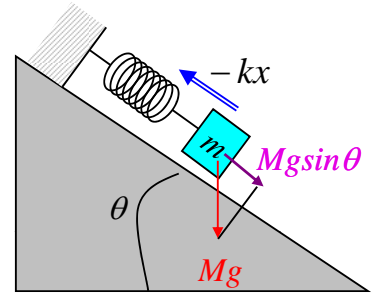
F_s : 복원력은 변위에 대해 항상 [Blank] 이다.

예) 힘의 균형 (용수철의 늘어난 길이)



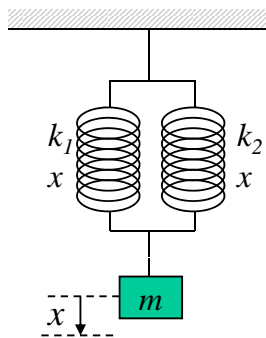
$$F = \text{[Blank]}$$

$$x = \frac{Mg}{k}$$



$$F = \text{[Blank]}$$

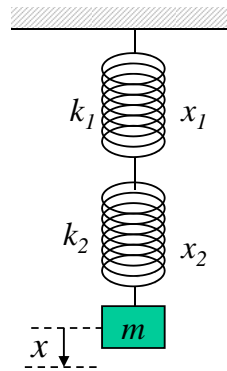
예) 유효 용수철 상수



$$mg = k_1 x + k_2 x$$

$$= k_{eff} x$$

$$\therefore k_{eff} = \text{[Blank]}$$



$$mg = k_1 x_1 + k_2 x_2$$

$$= k_{eff} x$$

$$x_1 + x_2 = x$$

$$\therefore \frac{1}{k_{eff}} = \text{[Blank]}$$