

03 운동과 충돌

1. 뉴턴의 운동법칙

(1) 운동 제 1법칙(관성의 법칙)

① 관성의 법칙 : 물체에 힘이 작용하고 있지 않으면, 물체는 현재의 운동상태를 유지.

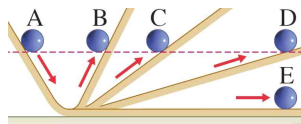
즉, if $F_{net} = 0$, $v = v_0$ [v : 나중 속도, v_0 : 처음 속도]

② 관성(inertia) : 물체가 현재 가진 운동 상태를 계속 유지하려는 성질.

- 관성은 물체의 질량에 비례.
- 정지해 있는 물체 : 힘이 없다면, 계속 정지함.
- 움직이고 있는 물체 : 힘이 없다면, 속도(빠르기+방향) 변화가 없이 운동함.
- 관성의 예 : 버스의 관성, 급출발, 먼지털기 등

③ 갈릴레이의 사고 실험

- 마찰이 없는 빗면에 물체를 놓으면, 같은 높이까지 올라갈 것이다.
- 마찰이 없다면, A에서 놓은 공은 B, C, D까지 올라갈 것이다.
- E에서는 처음 높이까지 올라갈 수 없으므로, 공은 계속 등속 직선 운동을 할 것이다.
- 결론 : 운동하던 물체에 힘이 작용하지 않으면 물체는 등속 직선 운동을 한다.



(2) 운동 제 2법칙(가속도의 법칙)

① 물체에 힘이 많이 작용하면, 작용할수록 물체의 속도는 더 많이 변함.

⇒ 힘은 속도의 변화량. 즉, 가속도에 비례하게 된다. ($F \propto a$)

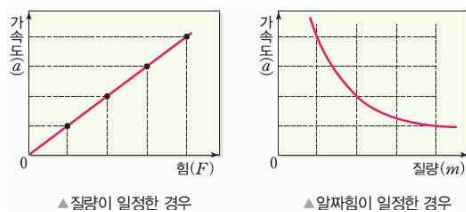
② 가속도의 법칙 : $F = ma$ 또는 $a = \frac{F}{m}$

- m : 질량(mass). 가속도의 법칙에서 비례상수이면서, 관성을 나타냄.
- 공식의 변형 : $F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow$ 질량이 일정하다면, $F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$
 \Rightarrow 운동량(momentum) : mv . 힘에 의해 물체가 변한 양

③ 힘, 가속도, 질량 사이의 관계

- 질량이 일정하다면, 힘은 가속도에 비례 (if $m = \text{const.}$, $F \propto a$)
- 힘이 일정하다면, 가속도와 질량은 반비례 (if $F = \text{const.}$, $a \propto \frac{1}{m}$)

④ 관련 그래프



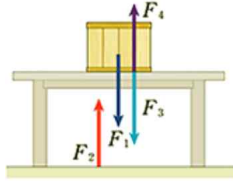
(3) 운동 제 3법칙(작용 반작용의 법칙)

① 작용 반작용의 법칙 : 물체 A가 물체 B에 힘을 가하면(작용) B도 A에 같은 크기의 힘

을 반대 방향으로 동일 직선상에서 동시에 작용(반작용)

- 서로 다른 두 물체 사이에서의 법칙
- 두 물체 사이의 작용-반작용은 항상 같고, 방향은 반대임

② 작용 반작용의 예 - 책상 위에 놓인 물체에 작용하는 힘



F_1 : 지구가 물체를 잡아당기는 힘
 F_2 : 물체가 지구를 잡아당기는 힘
 F_3 : 물체가 책상을 누르는 힘
 F_4 : 책상이 물체를 떠받치는 힘

작용 반작용 관계 : F_1 과 F_2 , F_3 와 F_4

③ 중력이나 전기력과 같이 동시에 작용하는 인력과 척력도 서로 작용-반작용 관계임

2. 운동량 보존 법칙과 충격량

(1) 운동량(기호 : p)

- ① 운동량 : 물체가 가진 운동의 양
 - 질량과 속도의 곱임 $\Rightarrow p = mv$
 - 방향 : 속도의 방향
- ② 단위 : 질량과 속도의 곱인 단위. $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

(2) 운동량 보존 법칙

① 뉴턴 운동 2법칙과 운동량

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \text{질량이 일정하다면, } F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

② 운동량 보존 법칙

: 외부 힘이 작용하지 않으면, 운동량의 총합은 일정하게 보존

$$- F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = 0 \text{ 이면, } \Delta p = 0 \Rightarrow \text{운동량의 변화량이 없음. (운동량 보존)}$$

※ 운동량 보존은 반드시 외부 힘이 없을 때만 성립

(3) 충격량(기호 : I)

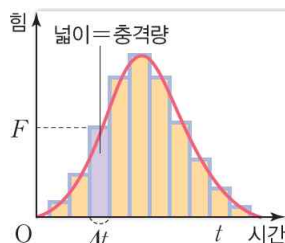
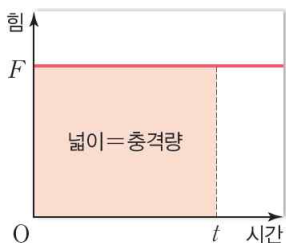
① 충격량 : 충격을 받아서 운동이 변한 양
 \Rightarrow 충격량 = 운동량의 변화량

② 충격량과 운동량

$$- F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \Delta p = F \cdot \Delta t = I$$

- 충격량은 충돌 당시의 서로 작용하는 힘(충격력 : F)이 크거나, 충돌할 때 접촉된 시간이 클수록 커짐 ($I \propto F$, $I \propto \Delta t$)

- 힘-시간($F-t$) 그래프의 밑넓이 : 충격량 = 운동량의 변화량



- 충격량의 방향 : 힘(충격력)의 방향, 또는 운동량의 변화량 방향

※ 충격량의 방향 \neq 운동량의 방향

- 단위 : 운동량과 같은 단위. $\Rightarrow \text{kg} \cdot \text{m/s}, \text{N} \cdot \text{s}$

③ 충격력 : 물체가 충격을 받는 시간 동안 물체가 받는 평균적인 힘

$$- I = F \cdot \Delta t \quad \Rightarrow \quad F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

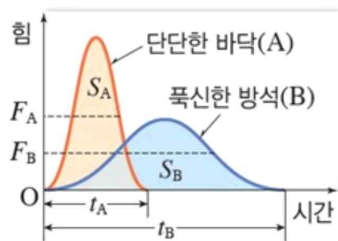
(4) 충돌로 인한 피해를 줄이는 방법

① 충격력을 줄이는 방법

$$I = F \cdot \Delta t = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad F \text{를 줄이기 위해서는 } \Delta t \text{를 늘리면 됨.}$$

아래 그림에서, 충격량이 일정하다면, $S_A = S_B$

$$\Rightarrow t_B > t_A \text{ 이면, } F_A > F_B$$



예) 자동차의 범퍼와 에어백, 번지점프의 줄, 공기로 충전된 포장재 등

② 관성을 이기는 방법

\Rightarrow 관성에 의해 몸이 쏠리는 것을 방지

예) 안전띠, 놀이 기구의 안전바