

2장. 일차원에서의 운동

2.1 평균 속도

2.2 순간 속도

2.3 분석 모형: 등속 운동하는 입자

2.4 가속도

2.5 운동 도표

2.6 분석 모형: 등가속도 운동하는 입자

2.7 자유 낙하 물체



2.1 평균 속도 Average Velocity

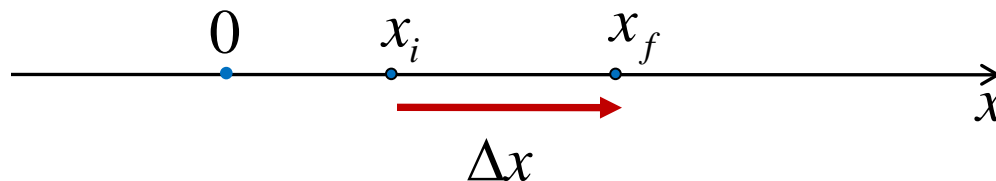
입자: 점과 같은 물체, 즉 질량만 있고 크기가 무시되는 물체
입자 \Leftrightarrow 질 점 : 질량은 갖고 있으면서 부피가 없는 물체

위치와 변위

기준점: 원점

위치 x : 기준점에 대한 입자의 위치

변위 Δx : 어떤 주어진 시간 간격 Δt 동안 위치의 변화



$$x = x_i \text{ at } t = t_i \rightarrow x = x_f \text{ at } t = t_f$$

$$\Delta x \equiv x_f - x_i \quad \Rightarrow \quad \text{크기와 방향을 갖고 있는 벡터 량}$$

(이동) 거리 d : 입자가 경로의 길이 \Rightarrow 크기만 갖고 있는 스칼라 량

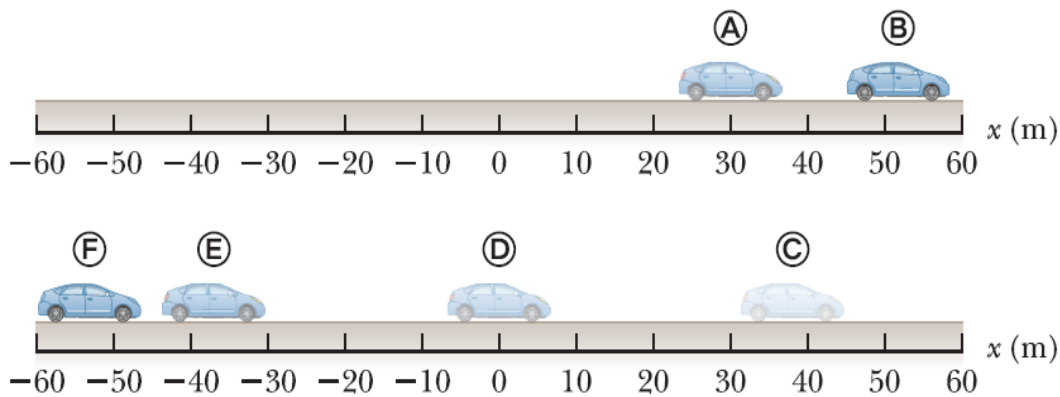


표 2.1 | 여러 시간에서 자동차의 위치

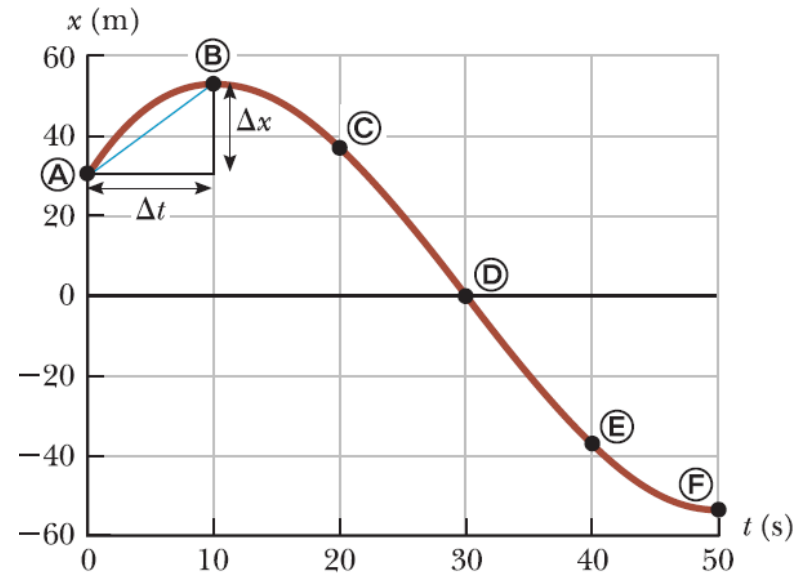
위 치	$t(s)$	$x(m)$
Ⓐ	0	30
Ⓑ	10	52
ⓒ	20	38
Ⓓ	30	0
Ⓔ	40	-37
Ⓕ	50	-53

평균속도: $v_{x,avg} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$

⇒ 벡터량 (단위: m/s)

평균속력: $v_{avg} \equiv \frac{d}{\Delta t}$

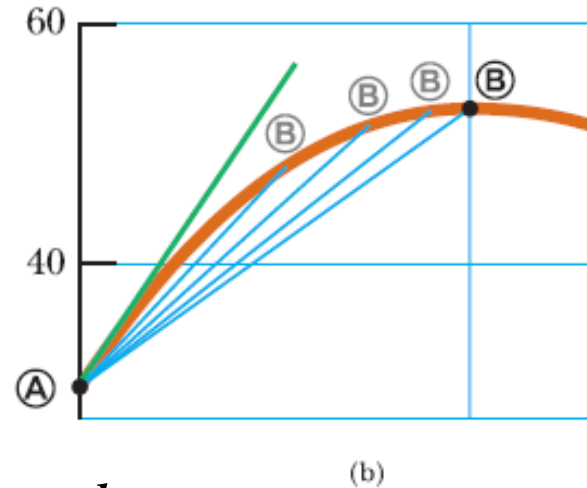
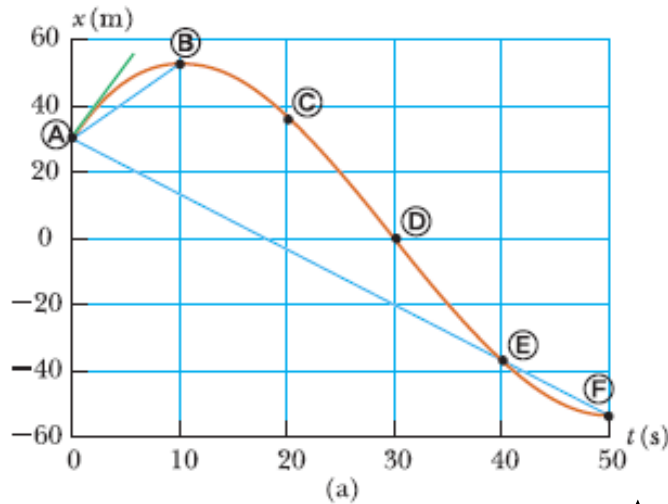
⇒ 스칼라량 (단위: m/s)



일반적으로 평균 속도의 크기와 평균 속력은 일치하지 않음.

Δt 동안 운동 방향이 바뀌었다면 평균 속도의 크기와 평균 속력은 다르다.

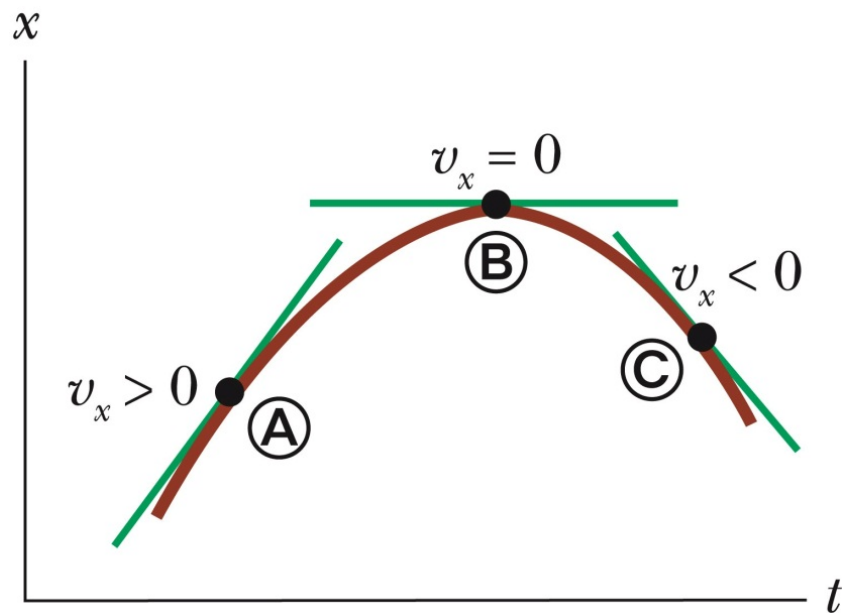
2.2 순간 속도 Instantaneous Velocity Speed



(순간)속도:
$$v_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

순간속력: 순간속도의 크기

순간 속력 = |순간 속도| 평균 속력 \neq |평균 속도|



$x - t$ 그래프의 기울기:

- + : $v_x > 0$, 입자는 x 가 증가하는 방향으로 운동
- : $v_x < 0$, 입자는 x 가 감소하는 방향으로 운동
- 0 : 순간 속도 영, 입자는 순간적으로 정지.

일 차원 운동에서 운동의 방향이 바뀔 때 속도는 0이다.

$$x = At^n \quad (A, n \text{은 상수}) \quad \text{일 때} \quad \frac{dx}{dt} = nAt^{n-1}.$$

예제 2.3

x 축을 따라 움직이는 입자의 위치가 $x = 3t^2$ 으로 시간에 따라 변한다. 여기서 x 의 단위는 m이고 t 의 단위는 s이다. 임의의 시간에서 의 속도를 t 의 함수로 나타내라.

처음 시간 t 에서 위치

$$x_i = 3t^2$$

나중 시간 $t + \Delta t$ 에서 위치

$$\begin{aligned} x_f &= 3(t + \Delta t)^2 \\ &= 3[t^2 + 2t\Delta t + (\Delta t)^2] \end{aligned}$$

Δt 동안의 변위

$$\Delta x = x_f - x_i = 6t\Delta t + 3(\Delta t)^2$$

평균 속도

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6t\Delta t + 3(\Delta t)^2}{\Delta t} = 6t + 3\Delta t$$

Δt 가 영으로 가는 극한을 취하면

$$v_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = 6t + 3(0) = 6t$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = (3)(2)t = 6t$$

2.3 분석 모형: 등속 운동하는 입자

Analysis Models: The Particle Under Constant Velocity

$$v_{x,avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t}$$

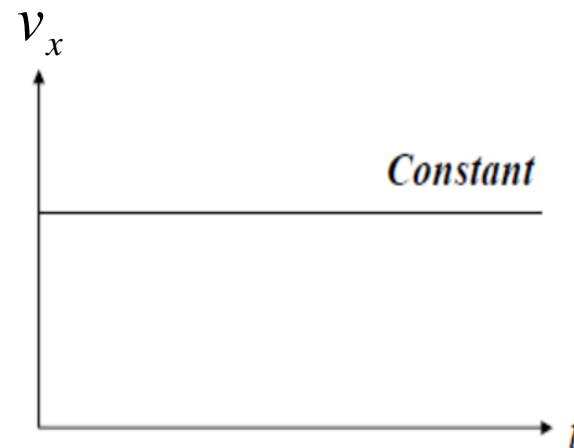
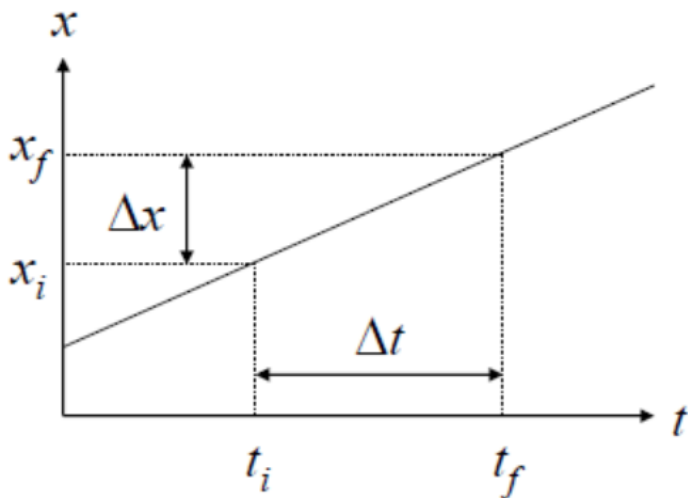
등속도 운동: 순간속도=일 정

임의의 시간 간격에서 평균 속도 = 순간속도

$$\Delta t = t, \quad v_{x,avg} = v_x$$



$$x_f = x_i + v_x t$$



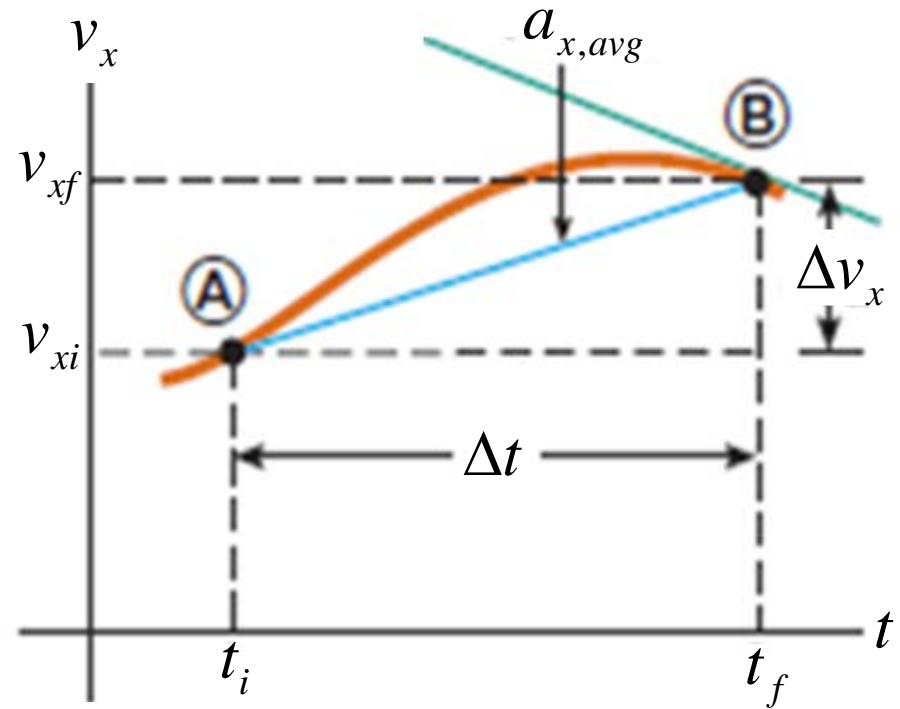
2.4 가속도 Acceleration

가속도 운동: 속도가 시간에 따라 변하는 운동



평균가속도

$$a_{x,avg} \equiv \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i}$$

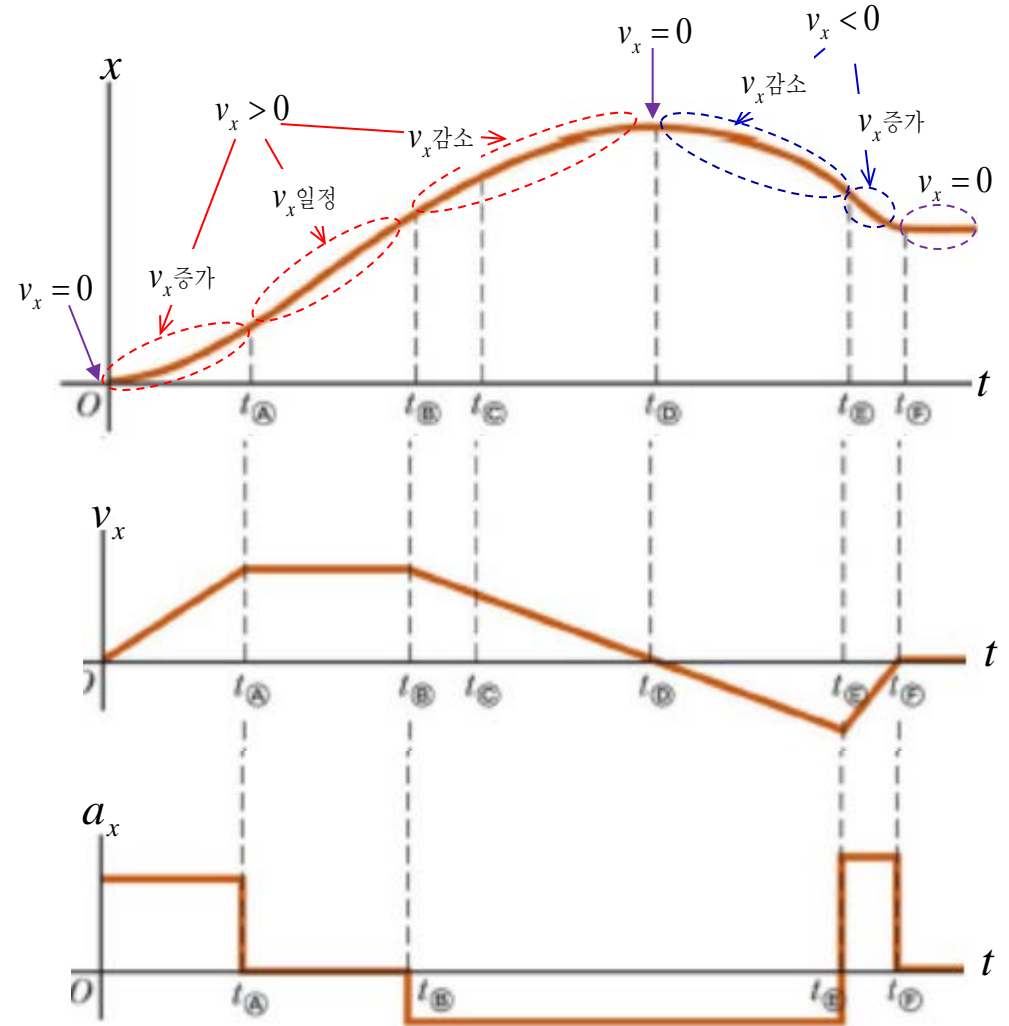
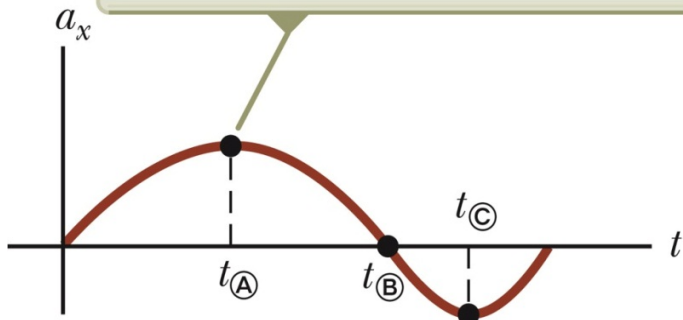
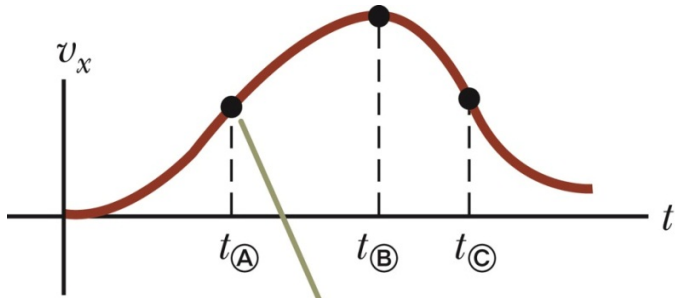


순간가속도

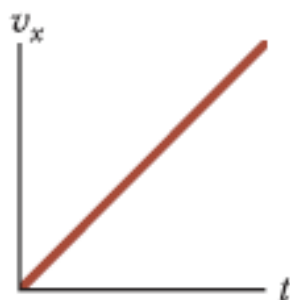
$$a_x \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt}$$

$$a_x = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

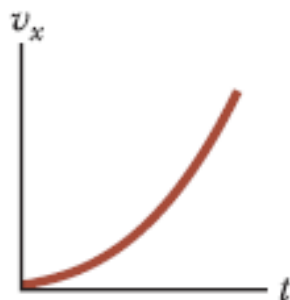
x , v_x 및 a_x 사이의 그래프관계



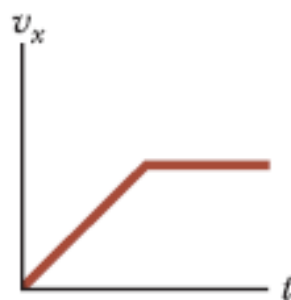
퀴즈 a, b, c의 v_x-t 그래프로 주어진 운동을 가장 잘 묘사하고 있는 a_x-t 그래프를 d, e, f에서 찾으라.



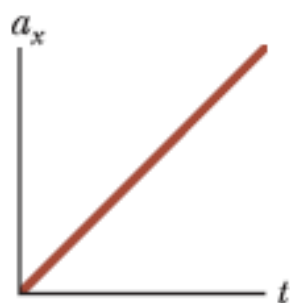
a



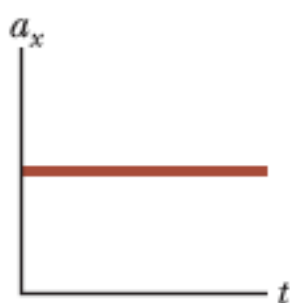
b



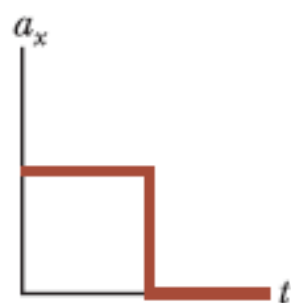
c



d

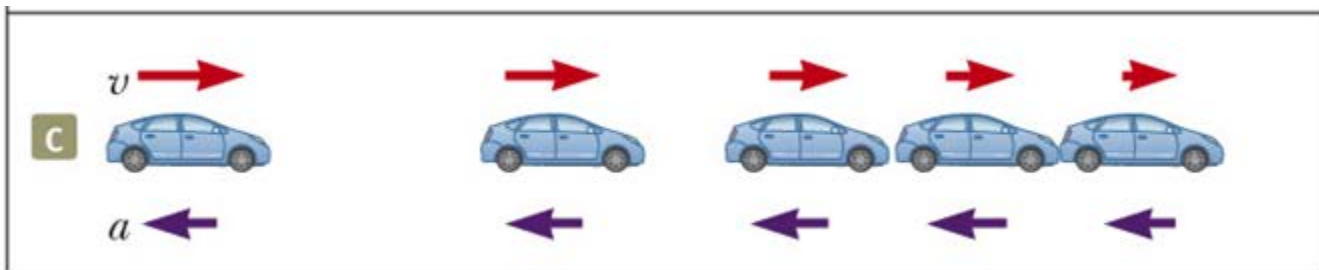
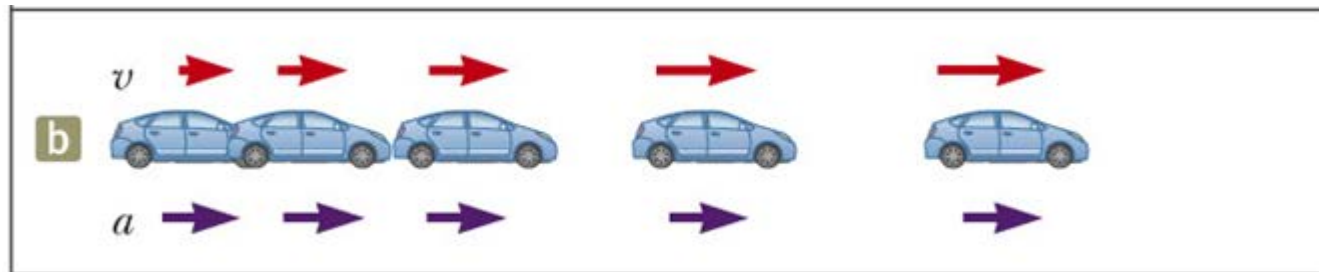
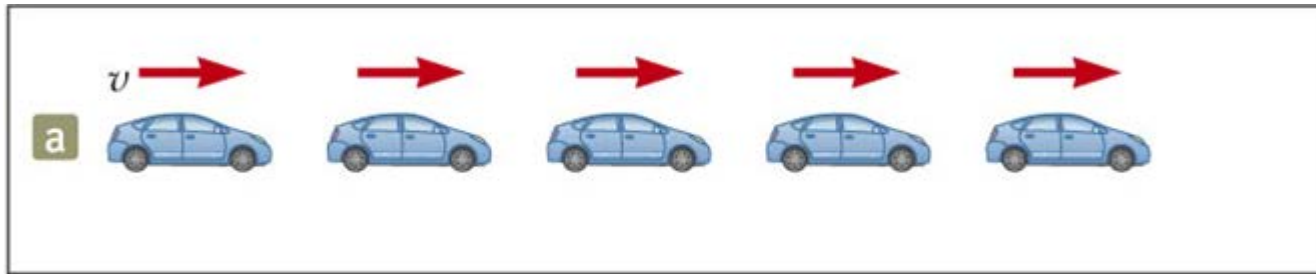


e



f

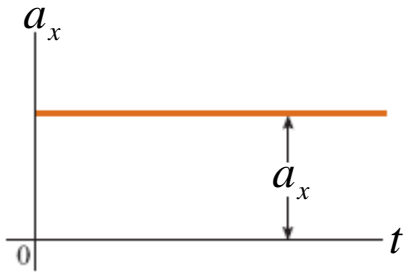
2.5 운동 도표 Motion Diagram



2.6 등가속도 운동을 하는 입자

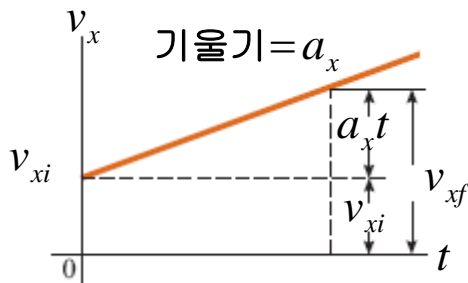
The Particle Under Constant Acceleration

가속도가 일정한 운동



$$a_x = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t - 0}$$

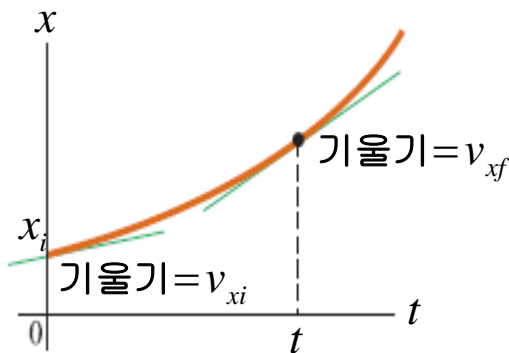
$$\Rightarrow v_{xf} = v_{xi} + a_x t$$



$$x_f - x_i = \frac{1}{2} (v_{xi} + v_{xf}) t$$

$$\Rightarrow x_f = \frac{1}{2} a_x t^2 + v_{xi} t + x_i$$

$$2a_x(x_f - x_i) = v_{xf}^2 - v_{xi}^2$$



$$v_{xf} = v_{xi} + a_x t$$

$$x_f = \frac{1}{2} a_x t^2 + v_{xi} t + x_i$$

$$2a_x(x_f - x_i) = v_{xf}^2 - v_{xi}^2$$

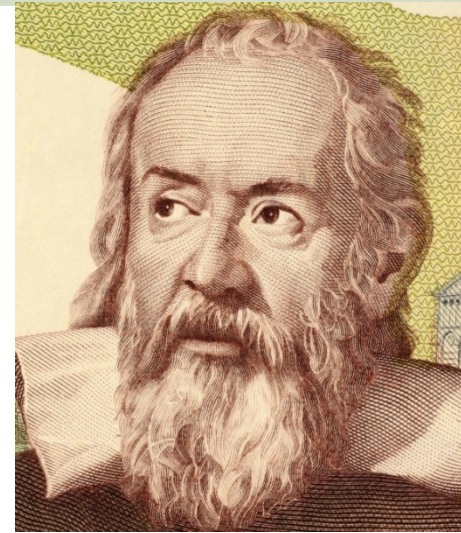
초기 조건: $x = x_i$ & $v_x = v_{xi}$ @ $t = 0$

2.7 자유 낙하 물체 Freely Falling Objects

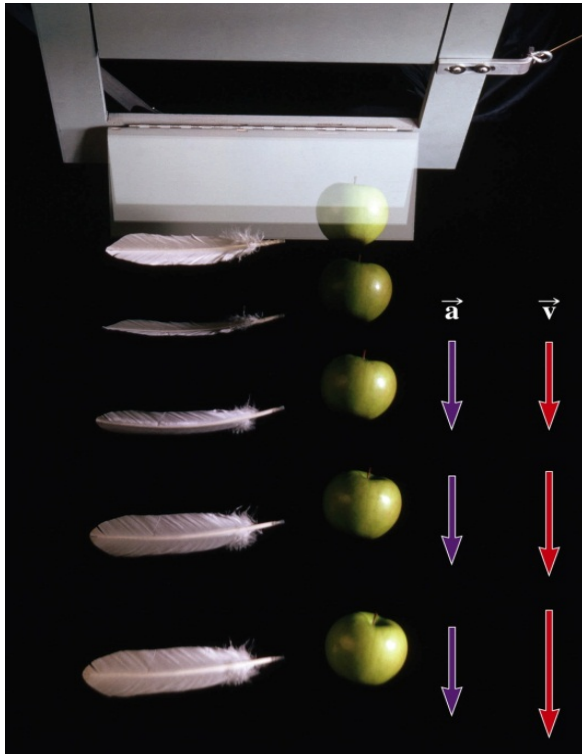
지구상에서 모든 물체는 지구의 중력을 받는다.

공기의 저항을 무시 할 수 있는 상태에서 중력만의 영향으로 낙하하는 운동을 자유낙하라고 한다.

자유낙하 물체의 **가속도는 물체의 질량과 무관하게 일정하다.**



Galileo Galilei, 1564~1642



진공 용기 안에서 정지 상태에서부터
사과와 깃털의 낙하

연직방향을 y 축으로 잡고 상방을 양으로 정하면

$$a_y = -g = -9.8\text{m/s}^2$$

$$v_{yf} = -gt + v_{yi}$$

$$y_f = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{yi}t + y_i$$



예제 2.9 초보자치고는 나쁘지 않은 던짐!

지상 50.0m 높이의 건물에서 위 방향으로 20.0 m/s 속도로 돌멩이를 던졌다.

$$g \cong 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{초기조건: } t = 0, y = y_0 = 0, v_y = v_0 = 20 \text{ (m/s)}$$

$$v_y = -gt + v_0$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0$$

$$-2g(y - y_0) = v_y^2 - v_0^2$$

(A) 돌멩이가 최고점에 도달한 시간

$$v_y = 0 \Rightarrow t = v_0 / g = 20/10 = 2 \text{ (s)}$$

(B) 돌멩이의 최대 높이

$$\begin{aligned} v_y = 0, t = 2. \Rightarrow y_{\max} = y - y_0 &= -\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 + 20 \cdot 2 \\ &= 20 \text{ (m)} \end{aligned}$$

(C) 돌멩이가 처음 위치로 되돌아왔을 때의 속도

$$y - y_0 = 0 \Rightarrow -2g(y - y_0) = v_y^2 - v_0^2. \quad v_y = -20 \text{ (m/s)}$$

