

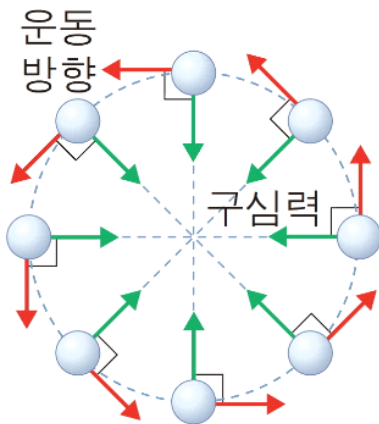
Ⅲ-2. 역학 시스템

<01. 중력을 받는 물체의 운동>

A. 역학 시스템 (#속도, #가속도, #힘)

1) 힘과 역학시스템

- 힘: 물체의 모양이나 운동 상태(속력과 운동 방향)를 변화시키는 원인이다.
 - ↳ 야구공이 배트에 맞는 순간 찌그러지는 것은, 물체의 모양이 변하는 케이스이다. 배트에 의해 힘을 받았기 때문에 물체의 모양이 변하는 것.
 - ↳ 힘을 받으면 정지해 있던 물체의 속력이 증가하며 운동하게 되거나, 운동하던 물체의 속력이 감소하여 정지하게 된다. 이는 운동 상태 중, 속력이 변하는 것.
 - ↳ 원운동 할 때, 물체의 운동 방향은 일정하지 않고 계속 변한다. 이는 구심력이 계속 작용하기 때문이다.



⇒ 역학 시스템: 중력, 마찰력, 부력, 탄성력 등 자연에 존재하는 여러 가지 힘에 의해 물체의 운동 질서가 유지되는 체계.

** 속도, 가속도, 힘의 관계

속도란 물체의 운동 상태를 표현. 빠르게/느리게 운동한다.

가속도(=힘)는 물체의 운동상태를 변화시킨다. 가속도에 의해 물체의 운동이 빨라진다고, 느려진다고. (변화)

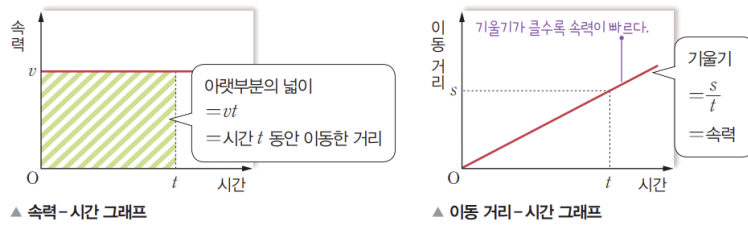
2) 힘이 작용하지 않을 때 물체의 운동

: 물체에 작용하는 알짜힘(물체에 작용하는 모든 힘들을 합한 것)이 0일 때, 물체는 속력이나 운동 방향이 변하지 않는다. 그래서 정지해 있던 물체는 계속 정지하고, 운동하고 있던 물체는 등속직선운동한다.

(1) 등속도 운동

: 시간에 따라 속도가 변하지 않고 일정한 운동.

속도는 방향과 크기를 모두 포함하는 개념이다. 즉, 운동 방향도 바뀌지 않고, 속도의 크기(속력)도 변하지 않는다.



3) 힘이 작용할 때 물체의 운동

: 물체에 힘이 작용하면 속력이나 운동 방향이 변한다. 즉, '속도' ($\neq$ 속력)이 변한다. 이처럼 시간에 따라 속도가 변하는 정도를 '가속도'로 표현한다.

$$\text{가속도} = \frac{\text{속도 변화량}}{\text{시간}} [m/s^2]$$

물체에 작용한 힘은 다음과 같이 구한다.

$$F = ma$$

ex1. 2m/s의 속력으로 운동하던 물체에 일정한 힘을 주어 1초 뒤 속력이 4m/s가 되었다면, 가속도는?

ex2. 4m/s의 속력으로 운동하던 물체에 일정한 힘을 주어 1초 뒤 속력이 2m/s가 되었다면, 가속도는?

> ex1과 ex2를 비교해보면 처음속도와 가속도의 방향이 반대일 때 느려지고, 처음속도와 가속도의 방향이 같을 때 빨라짐을 알 수 있다.

ex3. 처음 3m/s의 속력으로 다가온던 물체가 벽과 충돌하여 3m/s의 속력으로 튕겨져 나온다. 1초 동안 일어난 일이라면, 가속도는?

> 처음 속도를 +3m/s라고 하면 나중 속도는 방향이 달라지므로 -3m/s이다. 이 점을 감안해서 가속도를 구한다.

B. 중력

중력이란 질량이 있는 두 물체 사이에서 끌어당기는 힘이다. 좁은 의미로 지구가 물체를 끌어당기는 힘을 말하기도 한다. 이때, 물체도 지구를 같은 크기의 힘으로 끌어당긴다.

질량이 클수록, 거리가 가까울수록 중력은 크다.

1) 중력의 크기

$$F = mg$$

: 여기서 F는 힘이므로, 단위는 [N]. m은 질량이므로 단위는 [kg]. g는 중력 가속도이므로 9.8m/s²의 상수이다.

: 중력 가속도란 가속도의 일종으로 마찬가지로 속력을 변화시키는 요인. 지구의 중력에 의해 속력이 변하는 정도를 의미한다. 지구의 중력에 의해 자유낙하할 때 물체의 속도가 1초당 9.8m/s씩 증가하게 된다는 의미다. 이는 지구 중력의 특징이다. 달에서는 지구의 중력 가속도의 1/6이다.

** 작용 반작용

A가 B에게 힘을 가하면,

B도 A에게 같은 크기의 반대 방향의 힘을 가한다.

: 이때 질량과 중력은 다르다. 중력은 힘의 일종으로, 지구가 끌어당기는 힘을 의미하며 ‘무게’라고도 한다.

2) 중력의 특징

- 중력은 서로 떨어져 있어도 작용한다. 그래서 행성이 운동할 수 있음.
- 지구에 의한 중력은 지구 중심 방향, 달에 의한 중력은 달의 중심 방향이다.

3) 중력에 의한 자연현상

지구가 물체를 잡아당기기 때문에 발생하는 현상들이다.

ex1. 비나 눈이 ‘아래로’ 내린다.

ex2. 번지점프 하는 사람이나, 사과가 ‘아래로’ 떨어진다.

ex3. 달이나 인공위성은 지구 주위를 공전한다.

중력이 없다면 달은 지구를 스쳐 지나갈 것이고, 인공위성은 계속 우주로 날아갈 것이다. 달과 인공위성이 지구 주위를 계속 맴도는 것은, 지구가 중력으로 잡아당기고 있기 때문이다.

중력이라고 하면 지구가 물체를 끌어당기는 것만 생각한다. 그러나 지구가 물체를 끌어당기는 것과 동일한 크기의 힘으로 물체도 지구를 끌어당기고 있다. 이를 ‘작용 반작용’이라 하며 예외는 없다.

C. 자유낙하 운동

1) 자유 낙하 운동

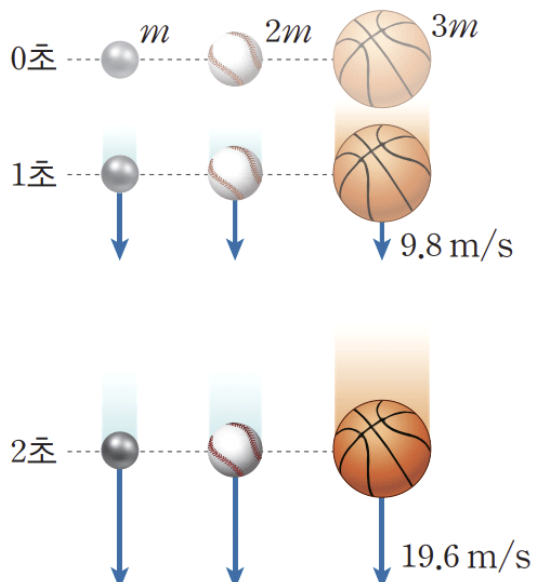
자유낙하란 중력만을 받으며 아래로 떨어지는 운동이다.

: 질량에 관계없이 속력은 1초에 9.8 m/s씩 일정하게 증가한다.

($\because$ 중력 가속도가 9.8 m/s^2) $\Rightarrow$ 가속도의 크기가 9.8 m/s^2 으로 일정한 등가속도 운동한다.

** 질량에 따라 중력 가속도는 달라진다. Y/N

** 질량에 따라 중력의 크기는 달라진다. Y/N



(1) 한 물체의 자유낙하 분석

- 변하지 않는 것: 중력 가속도, 중력, 질량, 운동 방향
- 변하는 것: 속도의 크기. (방향도 변하지 않음.) 속도의 크기만 1초에 9.8m/s씩 증가한다.

(2) 두 물체의 자유낙하 분석 ($m_A \neq m_B$)

- A와 B의 중력가속도 비교: g로 동일하다.
- A와 B의 중력 비교: 질량이 다르므로 다르다.
- A와 B의 1초 뒤 속력 비교: 9.8 m/s
- A와 B의 5초 뒤 속력 비교: 49 m/s
- A와 B의 낙하 지점이 동일할 때, 지면에 도달하는 시간 비교: 동일하다.

: 자유낙하의 v-t 그래프를 그려보면, 0m/s의 속도에서 시작해서 1초당 9.8m/s씩 증가하므로 기울기가 9.8m/s^2 인 일차함수 꼴이다. 이 사실로부터 t초 뒤 이동한 거리, 즉 낙하 거리를 그래프의 면적으로 구해보면 $\frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$ 이 유도된다. 낙하 거리는 시간에만 의존하는 것을 알 수 있음.

(3) 자유낙하와 공기저항

: 한 물체가 자유낙하할 때와, 공기저항이 있을 때를 비교. 질량이 m인 물체를 한 번은 자유낙하시키고, 한 번은 공기저항을 받으며 낙하시킨다.

	자유낙하	공기저항
질량	m	m
중력	mg	mg
중력가속도	g	g
가속도	g	g보다 작다.
낙하 시간		자유낙하할 때보다 길다.

2) 수평 방향으로 던진 물체의 운동

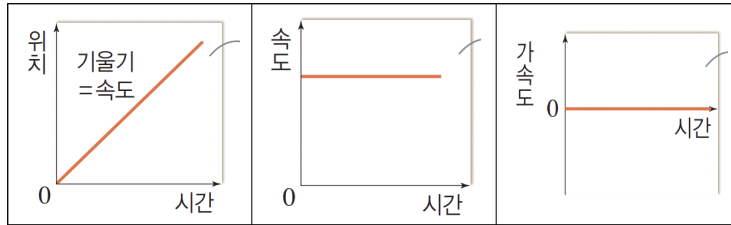
한 방향으로 운동하는 상황이 아니라, '수평 방향으로 던진 물체의 운동'처럼 운동 방향이 바뀌는 운동은, x축의 운동과 y축의 운동으로 나누어볼 수 있다.



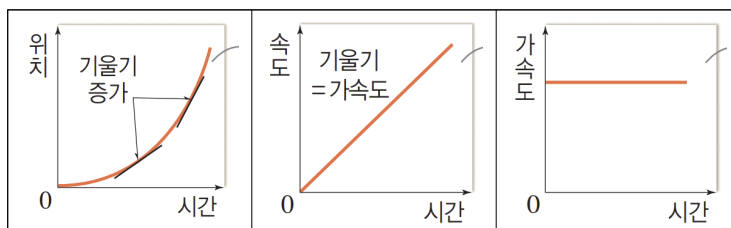
- 수평 방향: 힘이 작용하지 않는다. 등속 직선 운동함.
- 수직 방향: 중력이 작용한다. 자유 낙하 운동함. 때문에 자유 낙하 하는 물체와 동시에 지면에 도달함.

(1) 물체의 운동 분석

① 수평 방향

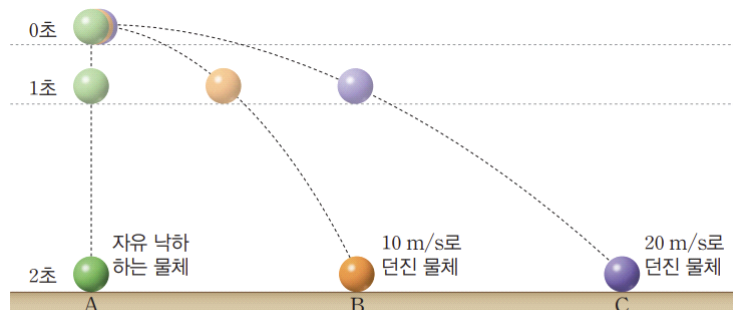


② 수직 방향



(2) 상황판단

① 예제 1.



▲ 수평 방향으로 던지는 속력이 다른 세 물체의 운동

- A, B, C 중 지면에 가장 먼저 도달하는 것은? 모두 동시.
- A, B, C 중 지면에 도달할 때 속력이 가장 큰 것은? C
- A, B, C 중 연직 방향의 속력이 가장 큰 것은? 동일.
- A, B, C 중 수평 방향의 속력이 가장 큰 것은? C
- A, B, C의 질량이 모두 동일하다고 할 때 물체에 작용하는 힘이 가장 큰 것은? 동일.

② 예제 2.

Q. 수평 방향으로 3m/s의 속력으로 던진 공이 지면에 도달하는데 3초가 걸렸다.

- 지면에 도달할 때 수평 방향의 속력과, 연직 방향의 속력을 각각 구하시오. 수평방향으로 3m/s, 수직방향으로 29.6 m/s.
- 수평 이동 거리는? 9m

D. 원운동

1) 뉴턴의 사고실험

달이 지구로 떨어지지 않고, 지구 주위를 공전하며 원운동하더라. 이를 보고 '수평 방향으로 던진 물체의 운동'에서 수평 방향의 속력이 커질 수록 더 멀리 날아가듯이, 매우 높은 산에서 매우 큰 수평 속력으로 포탄을 던지면 지구가 둥글기 때문에 지표면에 닿지 않고 지구 주위를 돌게될 것이라고 생각

⇒ 달도 중력에 의해 지구 표면을 향해 낙하하지만, 수평 방향의 속력이 충분히 커서 지표면에 닿지 않고 원운동할 것.

2) 지구 주위를 공전하는 물체의 원운동

달은 지구 중심방향으로의 중력에 의해 운동 방향이 매 순간 바뀌며 원운동한다.

⇒ 인공위성, 지구 모두 지구 중심 방향의 가속도 운동을 한다.

> 인공위성의 접선 방향 속력(속도의 크기)는 일정.

> 하지만 계속 운동 방향이 바뀐다. (운동 방향은 접선 방향이지만, 힘이 운동 방향에 수직하게 작용하기 때문.)

> 등속(도) 운동이 아니라 '가속도 운동'이다. 가속도의 방향은 원의 중심 방향!