

## LECTURE 05

역학은 물체를 가속시키는 원인인 힘에 대한 학문이다. Newton의 역학체계가 완성되기 전까지 “힘”은 물체의 속도를 일정하게 유지시키기 위해 필요한 것으로 여겼다. 이 단원에서 역학에서 힘이 어떻게 정의되는지를 알아본다.

## 5 힘과 운동—I

## 5.1 Newton의 제1 및 제2 운동법칙

## 5.2 특별한 힘

## 5.3 Newton의 법칙 응용

## 5.1 Newton의 제1 및 제2 운동법칙

## 학습목표

☞ Newton 역학에서의 제1 운동법칙과 제2 운동법칙을 이해한다.

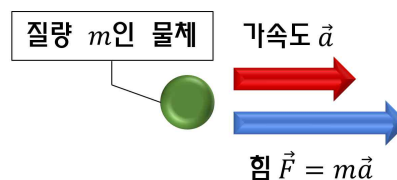
Newton의  
제1 운동법칙

- **Newton 역학**은 Newton이 발표한 힘과 가속도의 관계를 연구하는 분야이다.
- 물체에 힘이 작용하지 않으면 물체의 속도는 변하지 않는다. 즉, 물체는 가속하지 않는다. (**Newton의 제1 운동법칙**)
- 물체가 정지상태에 있으면 계속해서 정지상태로 있고, 물체가 움직이고 있다면 같은 속도로 계속해서 움직일 것이다.

## 힘

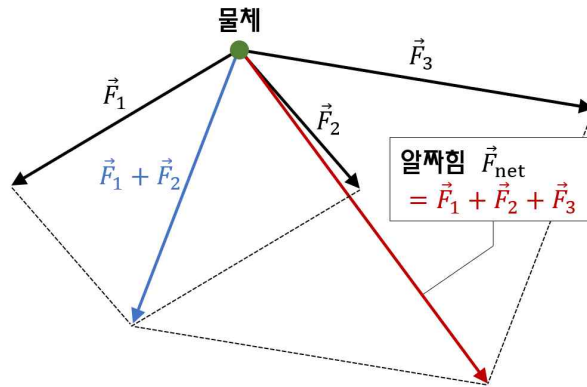
- 질량이  $m$ 인 물체가 크기가  $a$ 인 가속도를 얻으면 크기가  $ma$ 인 **힘**이 물체에 작용한다고 한다.
- 힘의 크기는 가속도의 크기에 비례한다.
- 1kg인 물체가 크기가  $1\text{m/s}^2$ 인 가속도를 얻으면 1뉴턴( $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ )의 크기를 지닌 힘이 물체에 작용한다고 한다.
- 힘은 크기와 방향을 지닌 벡터량이다.
- 질량이  $m$ 인 물체에 하나의 힘  $\vec{F}$ 만이 작용할 때 그 힘의 방향은 가속도  $\vec{a}$ 의 방향과 같다.

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



## 알짜힘

- 하나의 물체에 둘 혹은 그 이상의 힘이 작용할 때 이들의 벡터합을 그 물체의 **알짜힘**  $\vec{F}_{\text{net}}$ 이라 한다.
- 알짜힘은 모든 각각의 힘이 작용하는 것과 같은 효과를 만든다. 이를 **힘의 중첩원리**라고 부른다.



- Newton의 제1 운동법칙은 알짜힘으로 표현될 수 있다.
- 물체에 작용한 알짜힘이 0이면 ( $\vec{F}_{\text{net}} = 0$ ) 물체의 속도는 변하지 않는다. 즉, 가속하지 않는다. (**Newton의 제1 운동법칙**)

## 관성기준틀

- Newton의 제1 운동법칙이 옳게 적용되는 기준틀을 **관성기준틀** 또는 **관성틀**이라 한다.
- 관성틀이 아닌 기준틀을 **비관성틀**이라 한다.
- 엄밀하게 지면은 비관성틀이지만 지구의 자전과 공전과 같은 천체 운동을 무시한다면 지면을 관성틀로 가정할 수 있다.
- 대개 지면을 관성틀로 가정한다.

## 질량

- 물체의 **질량**이란 어떤 물체에 작용하는 힘과 그 결과로 생기는 가속도를 연관시켜주는 물리적 특성을 말한다.
- 질량은 스칼라량이다.
- 물체에 작용하는 힘이 고정되어 있을 때 가속도의 크기는 질량에 반비례한다.

## Newton의 제2 운동법칙

- 물체에 작용한 알짜힘은 물체의 질량과 가속도의 곱과 같다.

$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \quad (\text{Newton의 제2 운동법칙})$$

- 주어진 축 방향 가속도의 성분은 같은 축 방향의 힘 성분의 합으로 결정되며 다른 축 방향의 힘 성분에 의해서 결정되지 않는다.

$$F_{\text{net},x} = ma_x, \quad F_{\text{net},y} = ma_y, \quad F_{\text{net},z} = ma_z$$

- 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 힘과 물체가 **평형상태**에 있다고 말한다.

- 평형상태에 있는 물체는 정지해 있거나 등속운동을 한다.

### 외부력

- **계**는 하나 이상의 물체로 구성되어 있으며 계의 외부에서 계에 작용하는 힘을 **외부력**이라고 한다.
- 만약 물체들이 서로 단단하게 붙어 있다면, 이 계를 하나의 물체로 간주하며 알짜힘  $\vec{F}_{\text{net}}$ 은 모든 외부력의 합이 된다.
- 이때 물체 내부에서 상호작용하는 **내부력**은 고려하지 않는다.
- 예컨대 서로 연결된 기관차와 열차는 하나의 계를 이룬다.

### CGS 단위계

센티미터(cm), 그램(g), 초(s)를 기본단위로 삼는 단위계를 **CGS 단위계** (centimeter-gram-second unit system)라고 한다.

물리량	단위명칭	단위기호	SI 단위계
길이	센티미터(centimeter)	cm	$10^{-2}$ m
질량	그램(gram)	g	$10^{-3}$ kg
시간	초(second)	s	1 s
힘	다인(dyne)	dyn	$10^{-5}$ N

## 5.2 특별한 힘

### 학습목표

- ☞ 중력, 수직력, 마찰력, 장력과 같은 특별한 힘을 이해한다.

### 중력

- 물체에 작용하는 중력  $\vec{F}_g$ 은 제2의 다른 물체로 향하여 끌리는 힘을 말한다.
- 보통 제2의 다른 물체로 지구를 상정하므로 중력  $\vec{F}_g$ 은 지구 중심으로 끌리는 힘을 의미한다. 여기서는 지구를 관성틀로 가정한다.
- 물체가 자유낙하 운동을 할 때 중력은 질량  $m$ 과 자유낙하 가속도  $\vec{g}$ 의 곱과 같다. 중력의 크기  $F_g$ 는 질량  $m$ 과 자유낙하 가속도의 크기  $g$ 의 곱과 같다.

$$\vec{F}_g = m\vec{g} = -mg\hat{j} \quad \& \quad F_g = mg$$

- 물체의 **무게**  $W$ 는 지면상에서의 중력의 크기를 의미한다.

$$W = F_g = mg$$

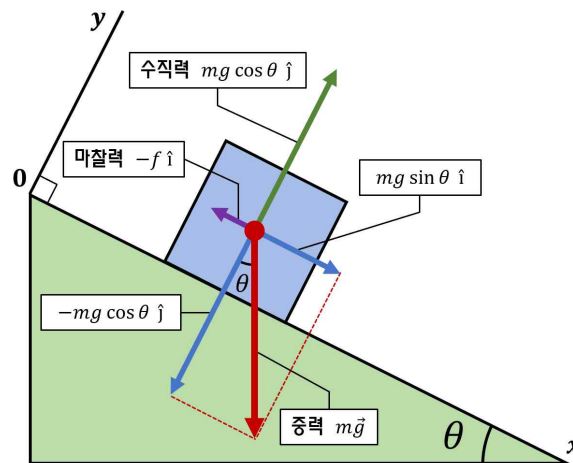
- 물체의 무게는 천체의 자유낙하 가속도  $g$ 에 따라 다르다.

**수직력**

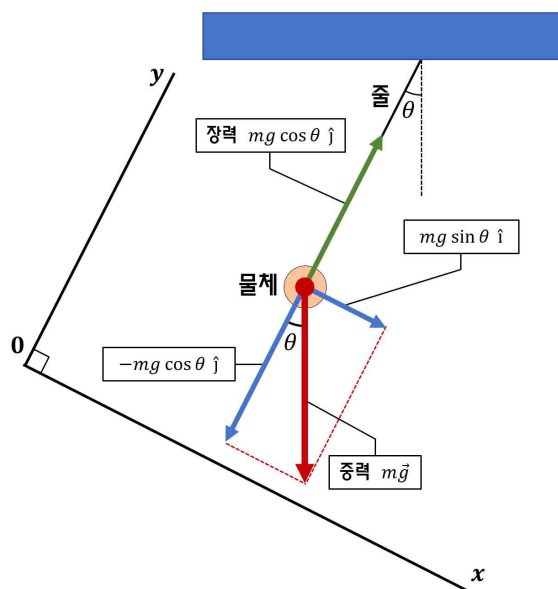
- 물체가 어떤 표면 위에 있을 때 표면이 물체를 수직으로 밀어 올리는 힘을 **수직항력** 또는 **수직력**  $\vec{F}_N$ 이라 한다.

**마찰력**

- 물체가 어떤 표면 위에 있을 때 물체와 표면과의 접촉으로 발생하는 저항을 **마찰력** 또는 **마찰**  $\vec{f}$ 이라 한다.
- 마찰력은 물체가 움직이려는 방향과 반대 방향으로 표면에 평행하게 작용한다.
- 흔히 마찰력을 무시하거나 표면에 마찰이 없다고 가정한다.

**장력**

- 물체가 어떤 줄에 연결되어 있을 때 줄을 팽팽히 잡아당기면 줄은 물체에서 멀어지려는 방향으로 물체를 잡아당긴다.
- 이러한 힘을 **장력**이라 한다.
- 장력의 크기는 물체에 작용하는 힘의 크기와 같다.
- 보통 줄의 질량은 무시하며 줄은 늘어나지 않는다고 가정한다.



## 5.3 Newton의 법칙 응용

## 학습목표

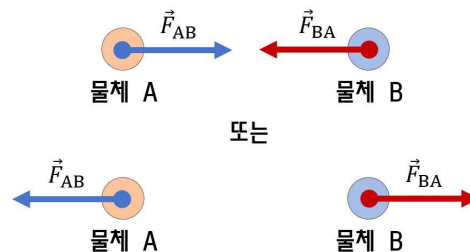
☞ Newton의 제3 운동법칙을 이해한다.

Newton의  
제3 운동법칙

- 두 물체가 서로 밀거나 당길 때 두 물체가 **상호작용**한다고 한다.
- 두 물체가 상호작용할 때 서로에게 작용하는 힘은 항상 크기가 같고 방향이 반대이다. (**Newton의 제3 운동법칙**)
- 물체 A에 물체 B가 힘  $\vec{F}_{AB}$ 을 가할 때 물체 A도 물체 B에게 힘  $\vec{F}_{BA}$ 을 가한다.
- $\vec{F}_{BA}$ 의 크기는  $\vec{F}_{AB}$ 의 크기와 같고  $\vec{F}_{BA}$ 의 방향은  $\vec{F}_{AB}$ 의 방향과 반대이다.

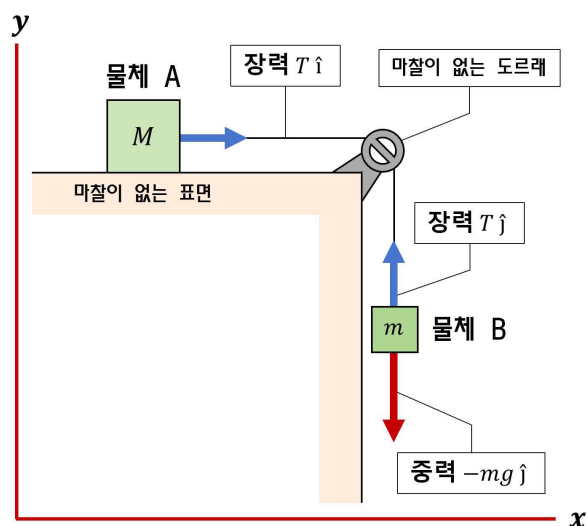
$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

- 이와 같이 상호작용하는 두 물체 사이의 힘을 **제3법칙의 짝힘**이라 한다.



## 예제

아래 그림처럼 질량이  $M$ 인 물체 A와 질량이  $m$ 인 물체 B가 줄로 연결되어 있다고 가정하자. 또한, 물체 A가 놓여 있는 표면과 줄이 걸려있는 도르래는 마찰이 없다고 가정하자.



- 물체 A와 B은 줄에 연결되어 있으므로 두 물체는 상호작용을 한다. 즉, Newton의 제3 운동법칙으로 말미암아 물체 A가 받는 장력의 크기  $T$ 는 물체 B가 받는 장력의 크기와 같다.
- 도르래는 장력의 방향을 바꾸어 준다.
- 두 물체에 Newton의 제2 운동법칙을 적용하여 물체 A,B의 가속도  $\vec{a}_A, \vec{a}_B$ 를 두 물체의 질량과 장력의 크기  $T$ 로 표현할 수 있다.

$$(\text{물체 A}) \quad T\hat{i} = \vec{F}_{\text{net},A} = M\vec{a}_A \quad \Rightarrow \quad \therefore \vec{a}_A = (T/M)\hat{i}$$

$$(\text{물체 B}) \quad T\hat{j} - mg\hat{j} = \vec{F}_{\text{net},B} = m\vec{a}_B \quad \Rightarrow \quad \therefore \vec{a}_B = (T/m - g)\hat{j}$$

- 줄로 연결된 두 물체는 하나의 합성물체로 볼 수 있으므로 두 물체의 가속도는 같은 크기  $a$ 를 지닌다.
- 물체 B의 가속도는 중력과 동일한 방향을 지닌다.

$$T/M = g - T/m \quad \Rightarrow \quad \therefore T = \frac{gmM}{m+M}$$

- 그러므로 가속도의 크기  $a$ 는 다음과 같다.

$$a = \frac{T}{M} = g - \frac{T}{m} = \frac{gm}{m+M}$$