

高校物理への

道 標

みち しるべ

물리 개꿀잼

High School Name

Name

高校物理への

道 標

みち しるべ

물리 개꿀잼

2019년 8월 17일

차 례

제 1 장	고전역학과 운동방정식	5
1	운동량	5
2	뉴턴의 법칙	5
제 2 장	고전역학과 에너지	7

1

고전역학과 운동방정식

1 운동량

이 장에서의 목표는 물체의 운동을 표현하는 것이다. 운동은 물체가 빠르게 움직일수록(속도), 그리고 더 큰 질량으로 움직일수록(질량) 더 많이 운동하는 것이라 할 수 있다.

당구공으로 맞는 것을 생각해보자. 더 무겁고 빨리 날아오는 걸로 맞으면 더 아프다.

그렇다면 우리는 운동의 정도를 나타내는 척도로서의 운동량을 단순히 다음과 같이 정의할 수 있다.

Definition 1: Momentum

운동량은 속도와 질량의 곱으로 정의하며, 그 방향은 속도의 방향과 동일하다.

$$\text{운동량: } \mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

2 뉴턴의 법칙

일반적으로 역학적인 운동을 설명하는 가장 직접적인 방법이 바로 [뉴턴의 법칙]들이다. 뉴턴의 제 1법칙, 뉴턴의 제 2법칙, 뉴턴의 제 3법칙, 다양하지만 모두 다음의 힘의 정의로부터 설명할 수 있다.

$$\text{힘의 정의: } \mathbf{F} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t} \quad (1.1)$$

힘은 물체의 운동량을 바꾸는 물리량이다. 힘을 준만큼만 운동량이 바뀐다.(심지어 방향조차도)

[뉴턴 제1법칙-관성] 외부에서 알짜의 힘을 가하지 않으면 운동량은 절대 변하지 않는다.

$$\mathbf{F} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t} = 0 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{p} = (\text{일정}) \quad (1.2)$$

[뉴턴 제2법칙-가속도] 운동량은 물체에 가해진 힘만큼만 변한다.[식 (1.1)이 이미 내포한다.]

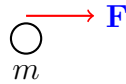
$$\mathbf{F} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t} = m \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = m\mathbf{a} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (1.3)$$

매우 잘 알려진 뉴턴의 운동방정식이 바로 이것이다.

Theorem 1: Newton's Motion Equation

질량 m 의 물체에 힘 $\mathbf{F}$ 를 가하면 물체의 운동은 항상 다음의 뉴턴의 [운동방정식]을 따른다.

뉴턴의 운동방정식: $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$



[위 운동방정식에 해당하는 운동]

물체의 질량과 물체에 작용하는 힘을 안다면, 물체의 운동을 명확하게 밝혀낼 수 있다!

[뉴턴 제3법칙-작용-반작용] 두 물체 A, B에 대하여 [물체 A가 B에 작용하는 힘] $\mathbf{F}_{BA}$ 은 [물체 B가 A에 작용하는 힘] $\mathbf{F}_{AB}$ 과 크기가 같고 방향이 반대인 힘이다.

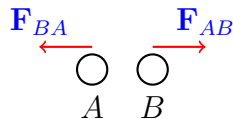


그림 1.1: 두 물체에 상호작용(예: 서로 충돌)에 의한 상호작용력

그림처럼 두 물체 A, B가 충돌하는 경우, [A가 B에 가하는 힘] $\mathbf{F}_{AB}$ 의 상호작용력은 [B가 A에 가하는 힘] 이고, 두 힘은 이다.

두 상호작용력의 작용대상과 작용주체가 서로 반대이다.

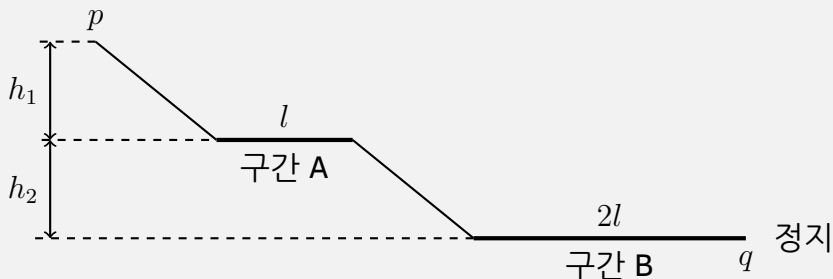
$\mathbf{F}_{AB}$: 물체A가 물체B에 작용하는 힘(A에 의해서 생긴 힘이지만, B에 작용)

$\mathbf{F}_{BA}$: 물체B 물체A에 작용하는 힘(B에 의해서 생긴 힘이지만, A에 작용)

2

고전역학과 에너지

Example 1. (2020학년도 6월) 그림은 점 p에 가만히 놓은 물체가 궤도를 따라 운동하여 점 q에서 정지한 모습을 나타낸 것이다. 길이가 각각 l , $2l$ 인 수평구간 A, B에서는 물체에 같은 크기의 일정한 힘이 운동방향의 반대방향으로 작용한다. p와 A의 높이차는 h_1 , A와 B의 높이차는 h_2 이다. 물체가 B를 지나는데 걸린 시간은 A를 지나는데 걸린 시간의 2배이다.



$\frac{h_1}{h_2}$ 은? (단, 물체의 크기, 마찰과 공기저항은 무시한다.)

Solution 핵심: 복잡한 운동은 [v-t 그래프]의 도표를 그려라!

우선 여러분이 먼저 파악해야 할 것은 각 위치에서 물체의 에너지가 어떻게 변하는가를 파악해야 한다.

잠깐, 다음의 사실을 기억해 둔다면, 앞으로 문제를 풀어나가는데 도움이 될 것이다.

1. 물체의 경로와 물체에 작용하는 힘을 명확히 안다면, [뉴턴의 운동방정식]을 사용할 수 있다.
2. 하지만, 모른다면 에너지가 유일한 접근법이다.(에너지는 경로에 무관!!)

그렇다면, 이 문제에서는 물체가 경사로를 따라 내려오면서 받은 **힘과 경로**가 명확치 않다. ← **에너지로 접근!!**

이 계의 에너지는 단순하다. 위치에너지가 운동에너지로 바뀌는 것 외에는 없다.

$$mgh = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (2.1)$$

따라서, 첫 번째 경사로에서는 $\sqrt{2gh_1}$ 만큼의 속도가 증가하고(운동에너지가 증가), 두 번째 경사로에서는 $\sqrt{2gh_2}$ 만큼의 속도가 증가할 것이다. 이것을 바탕으로 하여, 전체 운동에서의 [물체의 v-t 그래프]를 그려 보면 다음과 같다.

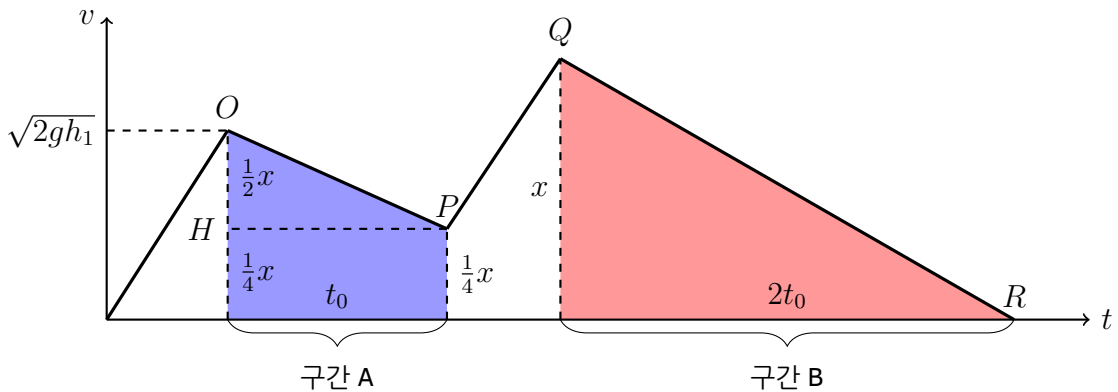


그림 2.1: 물체의 운동에 대한 v-t 그래프

색칠된 부분이 힘을 받아서 운동에너지가 감소한 운동이다.(구간 A와 구간 B)

동일한 크기의 힘을 받는다고 하였으니까, **[구간 A]와 [구간 B]에서의 기울기가 같다.**

결론: **빨간색 삼각형과 $\triangle OHP$ 이 닮음이다!** (닮음비 $\Rightarrow$ 빨간색 $\triangle$:파란색 $\triangle = 2 : 1$)

그래서, 빨간색 삼각형의 넓이를 S 라 한다면 $\triangle OHP$ 의 넓이는 $\frac{1}{4}S$ 이다.

$$\overline{OH} = \frac{1}{2}x \quad \text{and} \quad \triangle OHP = \frac{1}{4}S \quad (2.2)$$

[구간 A]와 [구간 B]의 길이가 각각 $l, 2l$ 이라 하였으므로, 파란색 영역의 전체넓이는 당연히 $\frac{1}{2}S$ 이다.

따라서 **파란색 직사각형**과 **파란색 삼각형**($\triangle OHP$)의 넓이는 모두 $\frac{1}{4}S$ 이다. 따라서 P의 y좌표와 O의 y좌표는 각각 $O_y = \frac{3}{4}x, P_y = \frac{1}{4}x$ 이다. 그럼 이제 모두 구했다.

$$mgh_1 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = \frac{9}{16}x^2, \quad mgh_2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = x^2 \left(\frac{1}{4}x\right)^2 = \frac{15}{16}x^2 \quad (2.3)$$

따라서 다음을 얻는다.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{3}{5} \quad (2.4)$$

구하고자 하는 바를 모두 구했다. ■