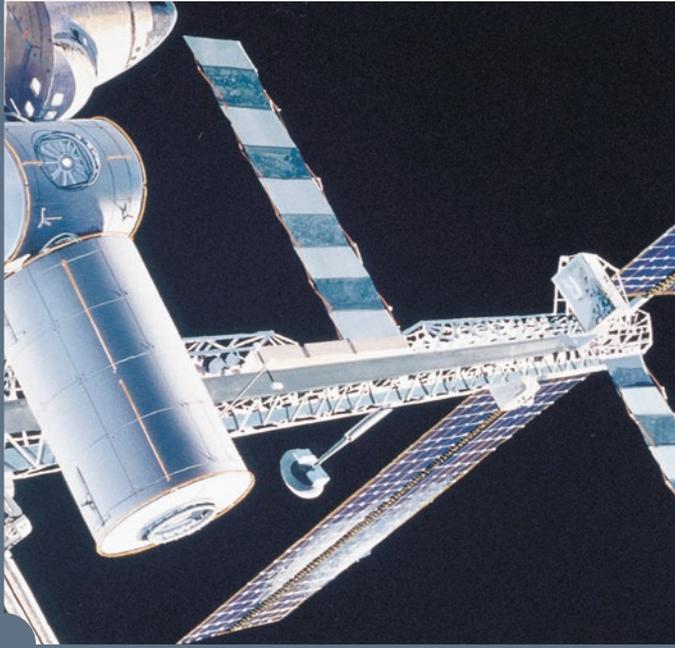


# I

## 운동과 에너지



## 중력장 내의 운동 | 2



- 01 낙하 운동
- 02 수평 방향으로 던진 물체의 운동
- 03 비스듬히 던진 물체의 운동
- 04 공기 저항과 낙하 운동

### | 알고 가기 |

- 1 낙하하는 물체의 속력은 어떻게 되는가?
- 2 위로 던져 올린 물체의 속력은 어떻게 되는가?
- 3 지표면 부근에서 운동하는 물체에 작용하는 힘은 무엇인가?

### || 단원 학습 목표 ||

- 자유 낙하 운동이 등가속도 운동임을 알고, 공기 저항을 고려할 때의 그래프를 분석할 수 있다.
- 연직 상방 운동에서의 힘의 방향과 운동 방향의 관계를 알고, 등가속도 운동에 관한 관계식과 그래프로 표현할 수 있다.
- 포물선 운동의 속도를 수평 방향과 연직 방향의 성분으로 나누고 등속도 운동과 자유 낙하 운동, 연직 상방 운동으로 설명할 수 있다.
- 비스듬히 던진 포물선 운동에서 최고점까지 가는 데 걸리는 시간과 최고점 높이, 그리고 수평 도달 거리를 구할 수 있다.

### / 알/ 고/ 가/ 기/

- 1\_ 낙하하는 물체에는 중력이 일정하게 작용하므로 공기의 마찰력의 크기에 따라 다양한 운동을 한다. 공기의 마찰력을 무시할 수 있을 때 물체는 등가속도 운동을 한다.
  - 물체에 작용하는 공기의 저항이 클수록 물체는 천천히 낙하한다.
  - 공기의 마찰력과 중력이 같을 때 물체는 등속도 운동을 한다.
  - 공기의 저항이 없다면, 같은 높이에서 떨어뜨린 물체는 모양이나 질량에 관계 없이 동시에 떨어진다.
- 2\_ 위로 던져 올린 물체에 작용하는 힘은 중력과 마찰력이다. 마찰력을 무시할 수 있을 때 물체가 위로 올라가는 동안 물체의 운동 방향과 중력의 방향이 반대이므로 속력이 감소하고, 물체가 아래로 내려오는 동안 물체의 운동 방향과 중력의 방향이 같으므로 속력이 증가한다.
- 3\_ 지표면 부근에서 운동하는 모든 물체에는 중력이 작용한다.

01 낙하 운동

- 중력 가속도의 크기와 방향을 설명할 수 있다.
- 자유 낙하 운동을 설명할 수 있다.

지표면 부근에서 운동하는 물체는 지구의 중력에 의해 결국 지표면으로 떨어진다. 이러한 물체의 속도와 가속도는 시간에 따라 어떻게 될까?



☞ 1-33 피사의 사탑

탐구 1 중력 가속도의 측정 실험, 조사

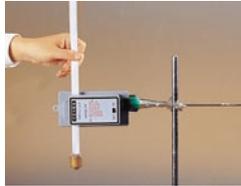
손에 들고 있던 물체를 가만히 놓으면 속도가 점점 빨라지면서 아래로 떨어진다. 이와 같이 중력만에 의한 물체의 운동을 자유 낙하라 하며 이 때의 가속도를 중력 가속도라고 한다. 이러한 중력 가속도의 크기를 구해 보자.

준비

추, 시간 기록계, 종이테이프, 클램프, 스탠드, 셀로판테이프, 가위

과정

1. 클램프와 스탠드를 이용하여 실험대에 시간 기록계를 고정 시키자.
  - 시간 기록계의 진동수는 몇 Hz인가?
2. 길이 1m 정도의 종이테이프를 시간 기록계의 틈에 끼운 다음 그 끝에 셀로판테이프로 추를 연결하자.
3. 종이테이프를 연직 방향이 되도록 하여 손으로 잡자.
  - 손으로 잡는 위치를 시간 기록계로부터 너무 멀리 하지 않는 것이 좋다.
4. 시간 기록계를 작동시킨 후 종이테이프를 잡고 있던 손을 가만히 놓아 보자.



☞ 1-34 시간 기록계와 종이테이프

5. 종이테이프에 찍힌 타점들을 적당한 타점 수의 구간으로 나눈 다음, 각 구간의 거리를 측정하여 표에 기록하자.
6. 각 구간의 평균 속도를 m/s 단위로 한 다음, 표에 기록하자.

구분	1	2	3	4	5	6
구간의 거리(m)						
평균 속도(m/s)						
속도 변화량(m/s)						
평균 가속도(m/s <sup>2</sup> )						

7. 중력 가속도의 평균값을 구해 보자.
8. 다른 방법으로 중력 가속도를 측정할 수 있는 방법에 대하여 조사해 보자.

정리

1. 자유 낙하하는 물체는 등가속도 운동을 하는가?
2. 중력 가속도의 값은 몇 m/s<sup>2</sup>인가?

낙체의 법칙 낙하하는 물체의 가속도는 물체의 질량에 관계 없이 일정하다는 것으로 갈릴레이가 발견하였다.

공기의 저항이 무시될 때 지표면 근처에서 중력 가속도의 크기는  $g=9.8 \text{ m/s}^2$ 이다. 중력 가속도는 장소에 따라 약간씩 차이가 있으나 물체의 질량에는 관계가 없다.



☞ 1-35 갈릴레이

탐구 2 연직 아래로 던진 물체의 운동 해보기

과정

초속도  $v_0=10 \text{ m/s}$ 로 연직 아래로 던진 물체 A와 초속도 없이 낙하하는 물체 B의 운동을 비교해 보자.

1. 등가속도 운동의 식을 이용하여 아래의 표를 완성해 보자.

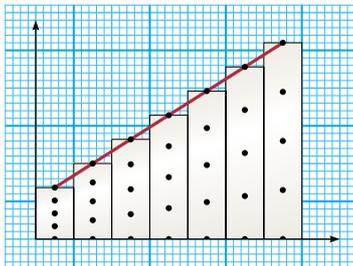
등가속도 운동의 식  
 $v = v_0 + at$   
 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$   
 $2as = v^2 - v_0^2$

구분	물체 A		물체 B	
	낙하 속도 (m/s)	낙하 거리 (m)	낙하 속도 (m/s)	낙하 거리 (m)
0초				
1초				
2초				
3초				

탐구 1 해설

■ 과정

- 1\_ 시간 기록계의 진동수는 우리 나라에서 공급하는 교류 전류의 주파수인 60Hz라고 할 수 있다.
- 2\_ 종이테이프의 길이를 너무 길게 하면 마찰에 의한 오차가 커지므로 종이테이프를 일직선으로 잡고 있다가 낙하시킬 수 있는 정도(1m 이내)로 하는 것이 좋다.
- 5\_ 구간의 길이는 3타점(0.05초) 또는 6타점(0.1초)으로 하는 것이 자료 처리에 편리하다.
- 8\_ 물방울의 낙하를 이용한 실험이나 단진자의 주기를 측정하여 중력 가속도를 측정할 수 있다.



학생들에게 그림과 같이 타점들을 붙여보도록 지도할 수 있다. 그림에서 일정하게 늘어난 길이를 걸린 시간의 제곱으로

나누어 가속도를 구해볼 수도 있다.

● 정리

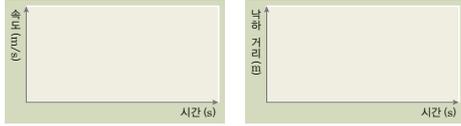
- 1\_ 공기 저항이나 마찰 등을 무시할 때 낙하하는 물체는 등가속도 운동을 한다.
- 2\_  $9.8 \text{ m/s}^2$   
 \* 이 실험을 통해 대략적으로 중력 가속도의 값이  $10 \text{ m/s}^2$ 의 값을 가진다는 것을 정량적으로 확인할 수 있다. 또한 이 실험은 학생들의 자료 처리 능력을 기르고, 가속도의 개념을 형성하는데 적합하다.

탐구 2 해설

■ 과정

구분	물체 A			물체 B		
	낙하 거리 (m)	낙하 속도 (m/s)	가속도 (m/s <sup>2</sup> )	낙하 거리 (m)	낙하 속도 (m/s)	가속도 (m/s <sup>2</sup> )
0초	0	10	9.8	0	0	9.8
1초	14.9	19.8	9.8	4.9	9.8	9.8
2초	39.6	29.6	9.8	19.6	19.6	9.8
3초	74.1	39.4	9.8	44.1	29.4	9.8

2. 다음 그림에 두 물체의 운동을 그래프로 나타내어 보자.



☐ 1-36 시간-속도, 시간-낙하 거리의 그래프

**정리**

1. 두 물체 A, B 사이의 거리는 어떻게 되는가? 속도-시간 그래프에 두 물체 사이의 거리를 표시해 보자.
2. 두 물체 A, B의 속도 차는 어떻게 되는가?

**탐구3** 연직 위로 던져 올린 물체의 운동 자료 해석, 토의



☐ 1-37 불꽃놀이

폭죽에 불을 붙여 연직 위로 발사하면 올라가는 동안 도 화선이 타들어 가다가 화약이 폭발하면 불꽃이 퍼져 나간다. 폭죽이 거의 정지해 있을 때 폭발하여야 가장 아름다운 불꽃 모양을 만들 수 있으므로 도화선의 길이를 잘 조절해야 한다. 폭죽이 최대로 올라가는 높이와 발사 속도 사이에는 어떤 관계가 있을까?

**과정**

1. 연직 위로 던져 올린 물체의 속력은 점점 느려지다가 최고점에서 0이 된다. 반대로 내려오는 동안은 점점 빨라진다. 이와 같은 운동에서 가속도의 방향에 대해 토의해 보자.
  - 최고점에서 물체의 가속도는 0이 되는가?
2. 물체의 초속도  $v_0$ 의 방향과 중력 가속도  $g$ 의 방향은 서로 반대이므로 연직 및 방향을 (+)로 하면, 가속도는 (-)로 하여야 한다. 초속도  $v_0$ 로 연직 위로 던진 물체의 변위와 속도를 등가속도 운동의 식을 이용하여 나타내어 보자.
3. 물체가 최고점에 도달하는 시간을 구해 보자.
  - 초속도  $v_0$ 를 2배로 하면 최고점 도달 시간은 몇 배가 되는가?
4. 물체가 올라가는 최고점의 높이를 구해 보자.
  - 초속도  $v_0$ 를 2배로 하면 최고점의 높이는 몇 배가 되는가?
5. 연직 위로 던진 물체의 시간에 따른 높이, 속도, 가속도를 그래프로 나타내어 보자.

**정리**

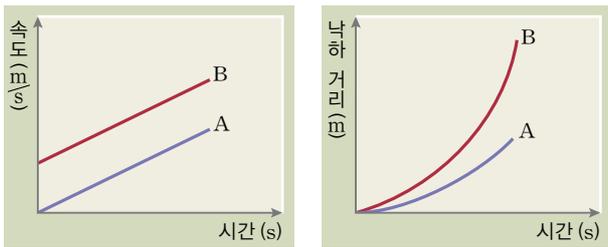
1. 물체가 올라갈 때와 내려올 때 가속도의 방향은 같은가?
2. 연직 위로 던져 올린 물체가 같은 지점을 올라갈 때와 내려올 때 속도의 크기를 비교해 보자.

**이것만은 꼭**

구분	자유 낙하 운동	연직 하방 운동	연직 상방 운동
공식	$s = \frac{1}{2}gt^2$ $v = gt$ $v^2 = 2gs$	$s = vt + \frac{1}{2}gt^2$ $v = v_0 + gt$ $v^2 - v_0^2 = 2gs$	$s = vt - \frac{1}{2}gt^2$ $v = v_0 - gt$ $v^2 - v_0^2 = -2gs$
시간-위치			
시간-속도			
시간-가속도			

**확인하기**

1. 다음 물체의 속도를 구하라.
  - (1) 2초 동안 자유 낙하한 물체의 속도
  - (2) 연직 아래로 9.8m/s의 속력으로 던진 물체의 1초 후의 속도
  - (3) 연직 위로 9.8m/s의 속력으로 던져 올린 물체의 3초 후의 속도
2. 위 문제에서 구한 값들의 크기가 같은가? 같다면 왜 같은지 설명해 보자.



**정리**

1. 두 물체 사이의 거리는 매초 10m씩 벌어진다.
2. 두 물체 A, B 사이의 속도차는 10m/s로 일정하게 유지된다.

**탐구 3 해설**

**과정**

1. 최고점에서 물체의 속력은 0이지만, 가속도는 0이 아니다.
2.  $v = v_0 - gt$      $s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$      $-2gs = v^2 - v_0^2$
3. 최고점 도달 시간  $t = \frac{v_0}{g}$ 이므로  $v_0$ 가 2배이면 최고점 도달 시간도 2배가 된다.
4. 최고점의 높이  $H = \frac{v_0^2}{2g}$ 이므로  $v_0$ 가 2배이면 최고점의 높이는 4배가 된다.

**5 생략(교과서 43쪽 참조)**

**정리**

1. 물체가 올라갈 때와 내려올 때 모두 가속도의 방향은 연직 아래쪽이다. 따라서, 물체의 운동 방향이 최고점에서 정반대 방향으로 바뀌는 등가속도 운동이다. 최고점에서도 물체의 가속도는 연직 아래쪽으로  $9.8\text{m/s}^2$ 이다.
2. 같은 지점을 통과할 때의 속력은 올라갈 때와 내려올 때 모두 같다(공기 저항 무시). 단, 방향이 반대이므로 속도값의 부호가 반대가 된다.  
위 식에서 같은 지점을 통과할 때 변위  $s$ 는 같으므로 물체의 속력도 같아지며, 역학적 에너지 보존으로도 설명할 수 있다.

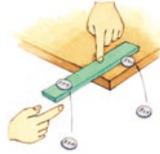
**확인하기**

1. (1) 19.6m/s  
    (2) 19.6m/s  
    (3) -19.6m/s
2. 9.8m/s의 속도로 연직 위로 던진 물체는 1초만에 최고점에 도달하고 그 이후는 자유 낙하를 한다.

02 수평 방향으로 던진 물체의 운동

- 수평 방향으로 던진 물체의 운동을 설명할 수 있다.
- 수평 방향으로 던진 물체의 포물선 궤도를 설명할 수 있다.

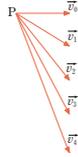
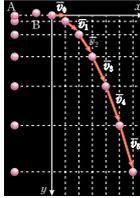
두 동전을 그림과 같이 책상 모서리와 자 위에 올려놓고 다른 손으로 자를 때려 동시에 떨어지게 하면 동전의 운동 거리에 관계 없이 동시에 바닥에 닿는다. 이와 같은 현상을 어떻게 설명할 수 있을까?



탐구4 수평 방향으로 던진 물체는 어떤 운동을 하는가? 자료 해석, 토의

과정

(가)는 초속도 없이 낙하시킨 물체 A와 수평 방향으로 던진 물체 B의 운동을 다중 선택광으로 찍은 사진이고 (나)는 (가)의 화살표를 확대한 것이다.



1-38 수평 방향으로 던진 물체의 운동 궤적

(가)

(나)

- 같은 시간 동안 물체 A와 B의 낙하 거리를 비교해 보자.
  - 같은 높이에서 물체 B의 연직 방향의 속도 성분은 초속도 없이 낙하하는 물체의 속도와 같은가?
- 수평 방향으로 던진 물체의 수평 방향의 속도 성분에 대해 토의해 보자.
- 그림 (나)는 수평 방향으로 던진 물체가 그림 (가)에 나타난 위치를 지날 때 각 위치에서의 속도를 확대하여 한 점 P에 화살표로 나타낸 것이다. 속도 변화량의 크기와 방향은 어떠한가?

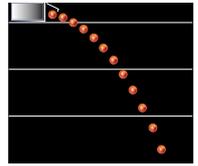
정리

- 물체 B는 수평 방향으로 등속도 운동을 하는가?
- 수평으로 던진 물체는 수평 방향과 연직 방향으로 각각 어떤 운동을 하는

스스로 해보기

수평으로 던진 물체의 운동 궤도

물체를 수평 방향으로  $v_0$ 의 초속도로 던졌을 때, 수평 방향으로는 등속도 운동을 하므로  $t$ 초 후 속도의 수평 성분  $v_x = v_0$ 이고, 연직 방향으로는 자유 낙하와 같은 운동을 하므로  $v_y = gt$ 이다.



- $t$ 초 후 속도를 구해 보자.
- $t$ 초 후 수평 방향으로 이동하는 거리  $x$ 와 낙하 거리  $y$ 를 식으로 나타내어 보자.
- $x, y$  두 식에서  $t$ 를 소거하여 수평으로 던진 물체의 운동 궤도가 포물선이 됨을 증명해 보자.

이것만은 꼭!

- 수평 방향으로 던진 물체의 운동 등가속도 운동, 포물선 궤도

구분	운동	속도	변위
수평 방향	등속도 운동	$v_x = v_0$	$x = v_0 t$
연직 방향	자유 낙하	$v_y = gt$	$y = \frac{1}{2}gt^2$
물체의 운동	등가속도 운동 포물선 운동	$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$	$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$

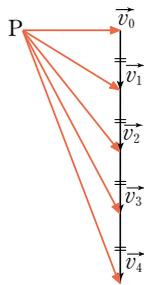
확인하기

- 490m의 고도에서 80m/s로 수평 비행하는 비행기가 있다. 보급품을 목표물에 떨어뜨리려면 목표물 상공의 몇 km 앞에서 낙하시켜야 하는가? (단, 공기의 저항은 무시한다.)
- 수평 방향으로 30m/s로 던진 물체가 4초 만에 바닥에 충돌하였다. 다음 물음에 답하라. (단, 중력 가속도는 10m/s<sup>2</sup>으로 한다.)
  - 바닥에 충돌할 때의 속력은 몇 m/s인가?
  - 물체를 던진 곳은 바닥으로부터 몇 m 높이에 있는가?
  - 물체가 충돌할 때 바닥과 이루는 각을  $\theta$ 라고 할 때  $\tan\theta$ 를 구하라.
- 초속도 없이 낙하시킨 물체 A와 수평 방향으로  $v_0$ 의 속력으로 던진 물체 B의 가속도의 크기와 방향을 비교하라.

탐구 4 해설

■ 과정

- 초속도  $v_0 = 0$ 으로 낙하하는 물체 A와 수평 방향으로 던진 물체 B의 낙하 거리는 같다. 즉, 연직 방향의 속도 성분  $v_y$ 는 같다.
- 물체 B의 수평 방향의 속도 성분  $v_x = v_0$ 로 일정하다.
- 오른쪽 그림에서 보는 바와 같이 속도 변화량의 크기  $\Delta v = g\Delta t$ 로 연직 아래 방향으로 모두 같다.



● 정리

- 물체 B는 수평 방향으로 등속도 운동을 하며, 전체적으로는 등가속도 운동을 한다.
- 수평 방향 : 등속도 운동  
연직 방향 : 등가속도 운동(자유 낙하)

스스로 해보기 해설

- $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$
- $x = v_x t = v_0 t, y = \frac{1}{2}gt^2$

3  $t = \frac{x}{v_0}$ 이므로 수평 방향으로 던진 물체는

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{g}{2v_0^2}x^2 \text{의 포물선 운동을 한다.}$$

➡ 확인하기 ◀

- 490m를 자유 낙하하는 데 걸리는 시간은  $y = \frac{1}{2}gt^2$ 에서 10초 이므로 물체의 수평 도달 거리는
 
$$x = v_0 t = 80\text{m/s} \times 10\text{s} = 800\text{m} = 0.8\text{km}$$
- (1) 바닥에 충돌할 때 연직 성분의 속도
 
$$v_y = gt = 10 \times 4 = 40(\text{m/s})$$
 이므로
 
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50(\text{m/s})$$
- (2)  $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 4^2 = 80(\text{m})$
- (3)  $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{40\text{m/s}}{30\text{m/s}} = \frac{4}{3}$ 에서 물체가 바닥과 충돌하는 각  $\theta = 53^\circ$ 이다.
- 물체 A, B의 가속도의 크기는 9.8m/s<sup>2</sup>으로 같고, 방향은 둘 다 연직 아래쪽이다. 바닥에 충돌할 때의 속력은 A보다 B가 더 크나 가속도와 낙하 시간은 A, B 모두 같다.

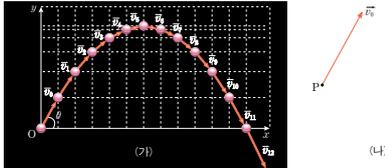
03 비스듬히 던진 물체의 운동

- 비스듬히 던진 물체의 운동을 분석할 수 있다.
- 비스듬히 던진 물체의 운동 궤도를 설명할 수 있다.



탐구5 비스듬히 던진 물체의 운동 분석 자료 해석

과정



1-39 비스듬히 던진 물체의 운동 궤적

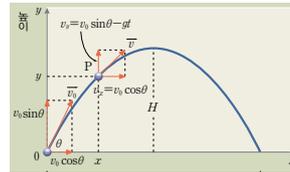
1. 그림은 수평면과  $\theta$ 의 각을 이루는 방향으로 던진 공의 다중 선택 사진이다.
  - 각 구간의 변위를 수평 성분과 연직 성분으로 나누어 보자.
2. 변위의 연직 성분의 변화에 대해 토의해 보자.
3. (나)는 (가)에서의 초속도  $v_0$ 를 확대하여 한 점 P에 나타낸 것이다. 각 구간에서의 속도  $v_1, v_2, v_3 \dots$ 를 점 P에 화살표로 나타내어 보자.



정리

1. 비스듬히 던진 물체의 수평 방향 운동은 등속도 운동인가?
2. 물체가 최고점에 도달하는 데 걸리는 시간과 다시 바닥에 떨어지는 데 걸리는 시간은 어떠한가?
3. 비스듬히 던진 물체의 운동은 어떤 운동인지 물체에 작용하는 힘과 관련하여 설명해 보자.

탐구6 비스듬히 던진 물체의 운동 궤도 자료 해석, 자료 변환



비스듬히 던진 물체를 가장 멀리 보내려면 얼마의 각도로 던져야 할까?

과정

1.  $t$ 초 후 속도의 수평 성분과 연직 성분을 식으로 나타내어 보자.
2.  $t$ 초 후 물체의 수평 이동 거리  $x$ 와 높이  $y$ 를 식으로 나타내어 보자.
3. 물체가 최고점에 도달할 때까지 걸린 시간과 최고점의 높이를 구해 보자.
4. 물체가 수평 방향으로 이동하는 거리  $R$ 를 구해 보자.

1-40 포물선 운동

정리

- $\theta$ 가 몇 도일 때 수평 도달 거리가 최대가 되는가?

이것만은 꼭

- 비스듬히 던진 물체의 운동 등가속도 운동, 포물선 궤도

구분	운동	속도	변위
수평 방향	등속도 운동	$v_x = v_0 \cos \theta$	$x = v_0 \cos \theta t$
연직 방향	연직 상방 운동	$v_y = v_0 \sin \theta - gt$	$y = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2$
물체의 운동	등가속도 운동 포물선 운동	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	$y = \tan \theta x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta}$

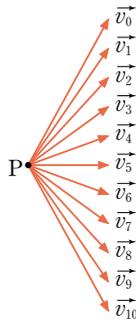
확인하기

1. 수평면에 대해  $30^\circ$ 의 각으로  $40 \text{ m/s}$ 로 비스듬히 던진 물체가 있다. 다음 물음에 답하라. 단, 공기 저항은 무시하고 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 으로 한다.
  - (1) 최고점에 도달하는 데 걸리는 시간과 최고점에서의 속력은 얼마인가?
  - (2) 물체가 올라가는 최고점의 높이는 몇 m인가?
  - (3) 물체가 수평 방향으로 이동하는 거리는 몇 m인가?
2. 비스듬히 던진 물체의 운동 궤도는 물체에 중력이 작용하지 않는다고 가정했을 때의 운동 방향과 어떻게 다른지 설명하라.

탐구 5 해설

■ 과정

2. 각 구간에서 변위의 연직 성분의 크기는 점점 줄어들다가, 최고점을 통과한 후 반대 방향으로 점점 커진다.
3. 오른쪽 그림에서 보는 바와 같이 각 구간에서 속도 변화량의 크기  $\Delta \vec{v} = \vec{g} \Delta t$ 로 연직 아래 방향으로 모두 같다.



● 정리

1. 수평 방향 : 등속도 운동, 연직 방향 : 연직 상방 운동
2. 같다.
3. 공기 저항을 무시할 때 등가속도 운동을 하며, 포물선 궤도를 그린다.

탐구 6 해설

■ 과정

1.  $v_x = v_0 \cos \theta, v_y = v_0 \sin \theta - gt$
2.  $x = v_0 \cos \theta \cdot t, y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$
3. 최고점 도달 시간  $t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$

최고점 높이  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$

4. 물체의 수평 도달 거리  $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$

● 정리

$\theta = 45^\circ$ 일 때 수평 도달 거리  $R = \frac{v_0^2}{g}$ 으로 최대가 된다.

④ 확인하기 ④

1. (1)  $v_y = v_0 \sin 30^\circ - gt = \frac{40 \times 1}{2} - 10 \times t = 0$ 에서

최고점 도달 시간  $t = 2\text{s}$

최고점에서의 속력

$v = v_0 \cos 30^\circ = 40 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 20\sqrt{3} \text{ (m/s)}$

(2)  $20\text{m}$

(3)  $80\sqrt{3}\text{m}$

2. 중력이 작용하지 않을 때에는 물체가 등속 직선 운동을 하는데, 그 시간 동안 자유 낙하한 거리만큼 떨어지면서 포물선 궤도를 그린다.

04 공기 저항과 낙하 운동

● 종단 속도를 설명할 수 있다.



1-41 달의 분화구

떨어지는 빗방울이 등속도로 낙하하는 까닭은 무엇일까? 또, 달 표면에 분화구가 많이 생기는 까닭은 무엇일까? 달은 지구와 달리 공기가 존재하지 않는다. 이와 관련하여 지구와 달 표면에 떨어지는 물체의 운동이 어떻게 다른지 설명해 보자.

자동차나 비행기와 같이 빨리 달리는 물체의 경우 공기 저항을 줄여야 연료의 소비를 줄일 수 있다. 공기에 의한 저항력은 물체의 모양이나 크기, 표면의 재질 등에 따라 달라지며, 이러한 저항력은 우리 생활과 밀접한 관련이 있다.

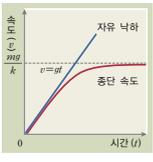
탐구7 공기의 저항력이 작용할 때의 운동 자료 변환, 조사

과정

그림과 같이 공중에서 낙하하는 스카이다이버는 떨어지면서 공기의 저항을 받아 등속 운동을 하게 된다. 이 때의 속도를 종단 속도라고 한다. 공기의 저항력은 물체의 속도가 크지 않으면 속도에 비례한다. 즉, 공기 저항력은 비례 상수  $k$ 를 써서  $f = kv$ 로 나타낼 수 있다.



1-42 스카이다이버



1-43 자유 낙하의 종단 속도

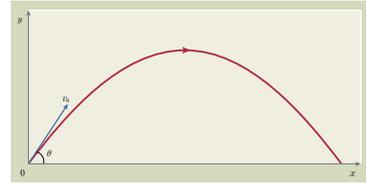
1. 무게가  $mg$ 인 물체가 공기 중에서 낙하할 때 종단 속도의 크기를 구해 보자.
2. 스카이다이버의 낙하 운동을 속도와 시간, 가속도와 시간 그래프로 나타내어 보자.
3. 여러 물체들의 종단 속도를 조사해 보자.

정리

1. 높은 곳에서 무거운 구슬과 가벼운 구슬을 동시에 떨어뜨리면 어느 쪽이 먼저 떨어지는가? 왜 그렇게 되는가?
2. 소나기는 보슬비보다 종단 속도가 크다. 빗방울에 따라 종단 속도가 다른 이유는 무엇인가?

탐구8 공기의 저항력과 비스듬히 던진 물체의 운동 자료 해석

그림은 공기 저항이 없을 때 비스듬히 던진 물체의 포물선 궤도를 나타낸 것이다. 공기 저항이 있는 경우에는 그 궤도가 어떻게 될까?



1-44 수평면과  $\theta$ 의 각으로  $v_0$ 의 초속도로 던져 올린 물체의 운동

과정

1. 공기 저항을 고려하여 비스듬히 던진 물체의 운동 궤도를 그려 보자.
  - 물체의 수평 도달 거리는 어떻게 되는가?
2. 물체의 초속도와 땅에 떨어질 때의 속도 크기를 비교해 보자.

정리

- 비스듬히 던진 물체의 운동을 역학적 에너지와 관련하여 설명해 보자.

이것만 꼭

- 공기의 저항력 물체의 크기 및 모양이나 표면 상태, 공기의 밀도 등에 의해 정해지며, 물체의 속도가 크지 않으면 속도에 비례한다.  $f = kv$
- 물체의 종단 속도  $v = \frac{mg}{k}$
- 비스듬히 던진 물체의 공기 중 운동 궤도 공기의 저항력을 무시했을 때보다 덜 올라가고 더 가까운 곳에 떨어진다.

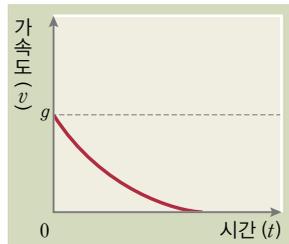
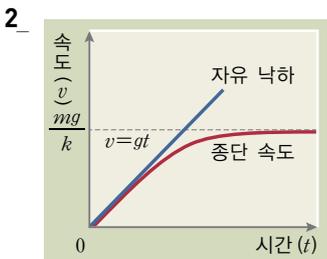
확인하기

1. 해발 1586m의 고지대에 위치한 미국의 쿠퍼스필드 야구장은 홈런이 많이 나오는 곳으로 유명하다. 그 이유는 무엇인가?
2. 공기 저항을 줄여야 할 경우도 있지만 크게 하여야 할 경우도 있다. 일상 생활에서 이러한 예를 들어 보자.

탐구 7 해설

■ 과정

1  $\Sigma F = mg - kv = 0$ 에서 종단 속도  $v_t = \frac{mg}{k}$



3 탁구공 : 7m/s, 사람 : 약 80m/s, 빗방울 : 약 10m/s

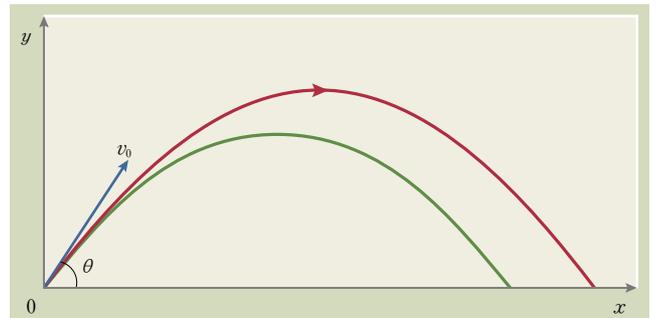
● 정리

1. 공기 저항력은 물체의 표면적에 비례한다. 무거운 구슬은 가벼운 구슬에 비해 상대적으로 표면적이 작으므로 종단 속도가 크다. 따라서, 무거운 구슬이 먼저 떨어진다. 스키나 스케이트 선수들은 몸무게가 많이 나갈수록 유리한 측면이 있다.
2. 빗방울이 클수록 같은 무게당 표면적이 줄어든다. 따라서, 소나기는 보슬비보다 종단 속도가 크다. 즉, 밀도가 같은 물체라도 물체의 크기에 따라 종단 속도가 달라진다.

탐구 8 해설

■ 과정

1 공기 저항에 의해 수평 도달 거리는 짧아진다.



2 땅에 떨어질 때의 속력은 던질 때의 속력보다 작아진다.

- 정리 공기의 저항에 의해 역학적 에너지가 보존되지 않고 줄어들므로 땅에 떨어질 때의 속력은 던질 때의 속력보다 작아진다.