

완자 · 역학과 에너지

내신만점 · 실력UP 집중

I 시공간과 운동

1 힘과 운동

# 02

## 포물선 운동

내신만점 · 실력UP

I-1-02 포물선 운동

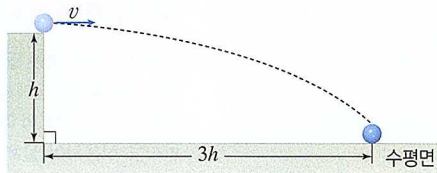




# 내신 만점 문제

## A 포물선 운동

**01** 그림은 수평면으로부터 높이가  $h$ 인 곳에서 수평 방향으로 속력  $v$ 로 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 수평면에 도달하는 모습을 나타낸 것이다. 물체의 수평 도달 거리는  $3h$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

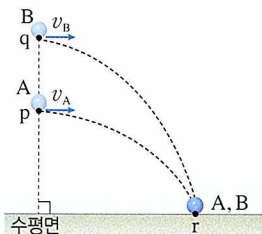
[보기]

- ㄱ. 물체가 포물선 운동을 하는 동안, 물체의 수평 방향의 속력은 일정하게 증가한다.
- ㄴ. 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은  $\sqrt{\frac{3h}{g}}$ 이다.
- ㄷ.  $v = \sqrt{\frac{9}{2}gh}$ 이다.

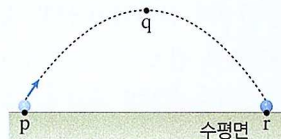
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

서술형

**02** 그림은 동일 연직선상의 점 p, q에서 각각 수평 방향으로 던져진 물체 A, B가 포물선 운동을 하여 수평면의 점 r에 도달한 모습을 나타낸 것이다. p, q에서 A, B의 수평 방향의 속력은 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 이고, 수평면으로부터의 높이는 p가 q보다 작다.  $v_A$ ,  $v_B$ 를 비교하여 서술하시오. (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기는 무시한다.)



**중요 03** 그림은 수평면의 점 p에서 비스듬히 던져진 물체가 최고점 q를 지나 수평면의 점 r까지 포물선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다.



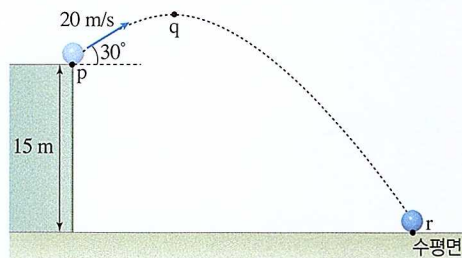
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 q에서 r까지 이동하는 데 걸린 시간과 같다.
- ㄴ. p에서 r까지 평균 속도의 크기는 평균 속력보다 작다.
- ㄷ. q에서 물체의 속력은 0이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림은 수평면으로부터 높이가 15 m인 점 p에서 수평 방향과  $30^\circ$ 의 각을 이루며 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 최고점 q를 지나 수평면의 점 r에 도달한 모습을 나타낸 것이다. p에서 물체의 속력은 20 m/s이다.



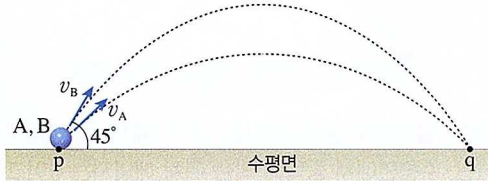
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. q에서 물체의 속력은  $10\sqrt{3} \text{ m/s}$ 이다.
- ㄴ. p에서 r까지 물체의 변위의 수평 성분의 크기는 30 m이다.
- ㄷ. 물체가 r에 도달하는 순간, 물체의 속도의 연직 성분의 크기는  $20\sqrt{3} \text{ m/s}$ 이다.

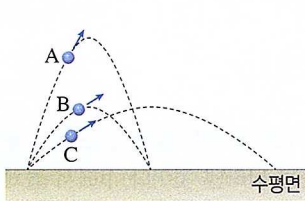
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**05** 그림과 같이 수평면의 점 p에서 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 의 속력으로 비스듬히 던져진 물체 A, B가 포물선 운동을 하여 수평면의 점 q에 도달한다. p에서 B의 운동 방향은 수평면과  $45^\circ$ 의 각을 이루고, 최고점의 높이는 B가 A보다 크다. (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기는 무시한다.)



- (1) A, B가 각각 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을 비교하여 서술하시오.
- (2)  $v_A$ ,  $v_B$ 를 비교하여 서술하시오.

**중요** **06** 그림은 수평면의 동일한 지점에서 비스듬히 던져진 물체 A, B, C의 포물선 운동 경로를 각각 나타낸 것이다. 표는 A, B, C의 최고점의 높이와 수평 도달 거리를 나타낸 것이다.



| 물체 | 최고점의 높이 | 수평 도달 거리 |
|----|---------|----------|
| A  | $2H$    | $R$      |
| B  | $H$     | $R$      |
| C  | $H$     | $2R$     |

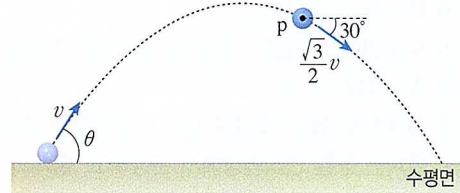
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. 수평면에서 비스듬히 던져진 순간, 속도의 연직 성분의 크기는 A가 B의  $\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄴ. 최고점에서 속력은 C가 B의 3배이다.
- ㄷ. 수평면에서 비스듬히 던져진 순간부터 수평면에 다시 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 C의 2배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 수평면에서 수평면과  $\theta$ 의 각을 이루며 속력  $v$ 로 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 점 p를  $\frac{\sqrt{3}}{2}v$ 의 속력으로 지나는 모습을 나타낸 것이다. p에서 물체의 운동 방향이 수평 방향과 이루는 각은  $30^\circ$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

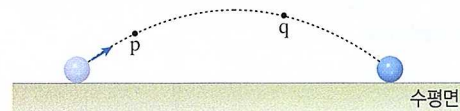
[보기]

- ㄱ.  $\tan\theta = \frac{2}{3}$ 이다.
- ㄴ. 물체가 최고점에서 p까지 운동하는 데 걸린 시간은  $\frac{\sqrt{3}v}{4g}$ 이다.
- ㄷ. 수평면으로부터 p까지의 높이는  $\frac{v^2}{5g}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

## B 포물선 운동과 역학적 에너지

**중요** **08** 그림은 수평면에서 비스듬히 던져진 물체가 점 p, q를 지나며 포물선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 수평면으로부터의 높이는 p가 q보다 작다.



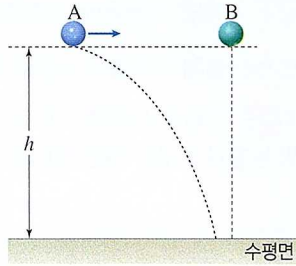
p에서가 q에서보다 큰 물리량으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. 속도의 수평 성분의 크기
- ㄴ. 속도의 연직 성분의 크기
- ㄷ. 운동 에너지
- ㄹ. 가속도의 크기

- ① ㄱ                      ② ㄱ, ㄹ                      ③ ㄴ, ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ            ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**09** 그림과 같이 수평면으로부터 높이가  $h$ 인 지점에서 물체 A를 수평 방향으로 던지는 순간, 높이가  $h$ 인 지점에서 물체 B를 가만히 놓았다. A와 B는 등가속도 운동을 하여 수평면에 도달하며, 질량은 A와 B가 같다.



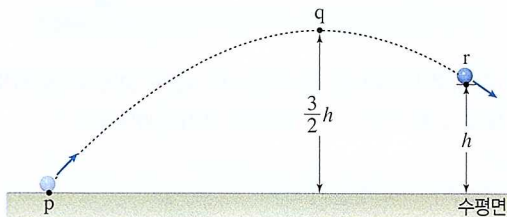
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. 수평면에는 A가 B보다 먼저 도달한다.
- ㄴ. 수평면에 도달하는 순간, 속력은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 수평면으로부터 높이가  $\frac{1}{2}h$ 인 지점에서 물체의 역학적 에너지는 A와 B가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

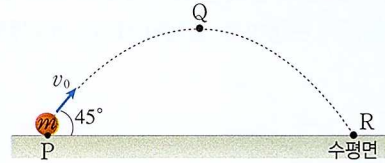
**10** 그림과 같이 수평면의 점 p에서 비스듬히 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 최고점 q를 지나 점 r에 도달한다. q, r의 높이는 각각  $\frac{3}{2}h$ ,  $h$ 이고, 물체의 운동 에너지는 p에서가 q에서의 2배이다.



q, r에서 물체의 속력을 각각  $v_q$ ,  $v_r$ 라고 할 때,  $v_q : v_r$ 은? (단, 수평면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 물체의 크기는 무시한다.)

- ①  $1 : \sqrt{2}$               ②  $\sqrt{2} : 2$               ③  $\sqrt{3} : 2$   
④  $\sqrt{3} : \sqrt{5}$             ⑤  $2 : 3$

**중요** **11** 그림과 같이 수평면의 점 P에서 수평면과  $45^\circ$ 의 각을 이루며  $v_0$ 의 속력으로 질량이  $m$ 인 물체를 던졌다. 물체는 포물선 운동을 하며 최고점 Q를 지나 수평면의 점 R에 도달한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수평면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 물체의 크기는 무시한다.)

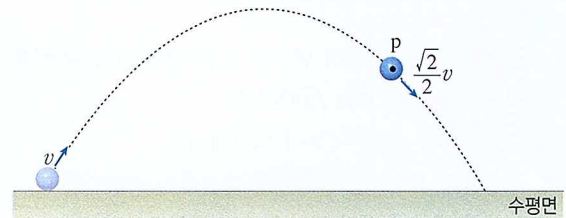
[보기]

- ㄱ. Q에서 물체의 운동 에너지는 0이다.
- ㄴ. R에서 물체의 역학적 에너지는  $\frac{1}{2}mv_0^2$ 이다.
- ㄷ. 역학적 에너지는 P에서가 R에서보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**서술형**

**12** 그림은 수평면에서 속력  $v$ 로 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 점 p를 지나는 모습을 나타낸 것이다. p에서 물체의 속력은  $\frac{\sqrt{2}}{2}v$ 이다. p에서 물체의 운동 에너지는  $E_1$ 이고, 중력에 의한 위치 에너지는  $E_2$ 이다.



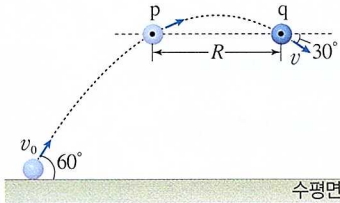
$E_1 : E_2$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 수평면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 물체의 크기는 무시한다.)





# 실력 UP 문제

**01** 그림과 같이 수평면에 대해  $60^\circ$ 의 각을 이루며 속력  $v_0$ 으로 물체를 던졌더니 물체가 점 p, q를 지나며 포물선 운동을 한다. p와 q의 높이는 같고, p와 q 사이의 수평 거리는  $R$ 이다. q에서 물체의 속력은  $v$ 이고, 운동 방향은 수평 방향에 대해  $30^\circ$ 의 각을 이룬다.



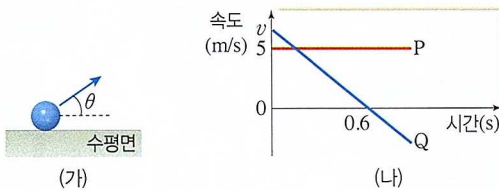
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ.  $v = \frac{\sqrt{3}}{3}v_0$ 이다.
- ㄴ. 수평면에서 물체를 던진 순간부터 물체가 p에 도달할 때까지 걸린 시간은  $\frac{\sqrt{3}v_0}{g}$ 이다.
- ㄷ.  $R = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{4g}$ 이다.

① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

**02** 그림 (가)는 물체를 수평면에 대해 각  $\theta$ 를 이루며 던지는 모습을, (나)는 물체를 던진 순간부터 시간에 따른 물체의 속도의 수평 성분과 연직 성분을 순서 없이 P, Q로 나타낸 것이다.



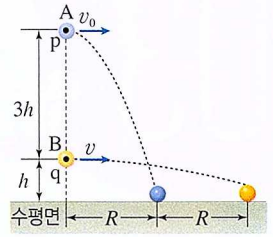
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. (나)에서 속도의 연직 성분을 나타낸 것은 Q이다.
- ㄴ.  $\tan\theta = \frac{6}{5}$ 이다.
- ㄷ. 물체의 수평 도달 거리는 5 m이다.

① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 그림은 점 p, q에서 물체 A, B를 수평 방향으로 각각  $v_0$ ,  $v$ 의 속력으로 던지는 모습을 나타낸 것이다. p, q는 동일 연직 선상의 점이고, p, q의 높이는 각각  $4h$ ,  $h$ 이다. p에서 A의 중력에 의한 위치 에너지는 A의 운동 에너지의 8배이다. A, B의 질량은 같고 수평 도달 거리는 각각  $R$ ,  $2R$ 이다. 포물선 운동을 하는 동안 A, B의 역학적 에너지는 각각  $E_A$ ,  $E_B$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 수평면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이며, 물체의 크기는 무시한다.)

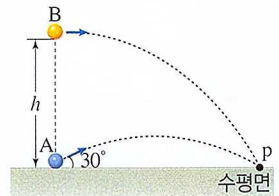


[보기]

- ㄱ. 물체가 수평 방향으로 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B보다 크다.
- ㄴ.  $v = 3v_0$ 이다.
- ㄷ.  $E_B = 2E_A$ 이다.

① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**04** 그림과 같이 물체 A를 수평면에 대해  $30^\circ$ 의 각을 이루며 던지는 순간, A의 연직 위로 높이가  $h$ 인 지점에서 물체 B를 수평 방향으로 던진다. A, B는 각각 포물선 운동을 하여 수평면의 점 p에 동시에 도달한다. A를 수평면에서 던지는 순간, A의 운동 에너지는  $E_0$ 이다. 질량은 B가 A의 2배이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 수평면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이며, 물체의 크기는 무시한다.)



[보기]

- ㄱ. A의 최고점에서 A의 중력에 의한 위치 에너지는  $\frac{1}{4}E_0$ 이다.
- ㄴ. 수평 방향으로 던지는 순간, B의 운동 에너지는  $\frac{3}{2}E_0$ 이다.
- ㄷ. B의 역학적 에너지는  $3E_0$ 이다.

① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

# 정답 및 해설

내신만점문제 · 실력UP문제  
포물선 운동

4 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 높이가 최대인 지점(C)에서 중력에 의한 위치 에너지가 최대이고 높이가 최소인 지점(A, E)에서 운동 에너지가 최대이다.

5 (1) 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 수평면에서 던진 순간 물체의 운동 에너지는 물체의 역학적 에너지와 같다. 따라서 물체의 역학적 에너지는  $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (10 \text{ m/s})^2 = 100 \text{ J}$ 이다.

(2) 최고점에서 물체의 속력은 수평 방향 속력인  $10 \times \cos 30^\circ = 5\sqrt{3}(\text{m/s})$ 이므로 최고점에서 물체의 운동 에너지는  $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (5\sqrt{3} \text{ m/s})^2 = 75 \text{ J}$ 이다.

(3)  $t_H = \frac{v_0 \sin \theta}{g} = \frac{10 \times \sin 30^\circ}{10} = \frac{1}{2}(\text{초})$ 이다.

(4)  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = \frac{100 \times \frac{1}{4}}{20} = 1.25(\text{m})$ 이다.

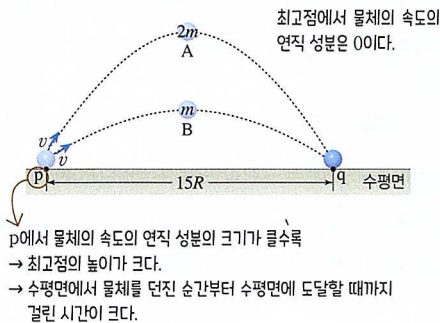
## 대표 자료 분석

25쪽

1 (1)  $\frac{15R}{t_A}$  (2)  $\frac{15R}{t_B}$  (3)  $\frac{gt_A}{2}$  (4)  $\frac{gt_B}{2}$  2  $\frac{30R}{g}$  3  $v_A < v_B$

4 (1)  $\times$  (2)  $\times$  (3)  $\bigcirc$  (4)  $\times$

## 꼼꼼 문제 분석



1 (1) A는  $t_A$  동안 수평 방향으로  $15R$ 만큼 이동하므로 p에서 A의 수평 방향 속력은  $v_{Ax} = \frac{15R}{t_A}$ 이다.

(2) B는  $t_B$  동안 수평 방향으로  $15R$ 만큼 이동하므로 p에서 B의 수평 방향 속력은  $v_{Bx} = \frac{15R}{t_B}$ 이다.

(3), (4) A와 B는 연직 방향으로 가속도의 크기가  $g$ 인 등가속도 운동을 한다. 최고점에서 속도의 연직 성분은 0이므로 p에서 A, B의 속도의 연직 성분의 크기를 각각  $v_{Ay}$ ,  $v_{By}$ 라고 하면,

$0 = v_{Ay} - g\left(\frac{1}{2}t_A\right)$ 에서  $v_{Ay} = \frac{gt_A}{2}$ 이고  $0 = v_{By} - g\left(\frac{1}{2}t_B\right)$ 에서  $v_{By} = \frac{gt_B}{2}$ 이다.

2 p에서 A, B의 속력이 같으므로

$\left(\frac{15R}{t_A}\right)^2 + \left(\frac{gt_A}{2}\right)^2 = \left(\frac{15R}{t_B}\right)^2 + \left(\frac{gt_B}{2}\right)^2$ 에서  $t_A t_B = \frac{30R}{g}$ 이다.

3 최고점의 높이는 A가 B보다 크므로  $v_{Ay} > v_{By}$ 이고  $t_A > t_B$ 이다. p에서 q까지 수평 이동 거리는 A와 B가 같으므로  $v_{Ax} < v_{Bx}$ 이다. 속도의 수평 성분의 크기는 일정하고, 최고점에서 속도의 연직 성분은 0이므로  $v_A < v_B$ 이다.

4 (1) 포물선 운동을 하는 A의 가속도는 중력 가속도로 방향은 항상 연직 아래 방향으로 일정하다.

(2) 최고점에서 연직 방향 속력은 0이지만 수평 방향 속력은 0이 아니므로 운동 에너지도 0이 아니다.

(3) 최고점의 높이는 A가 B보다 크고, 질량은 A가 B보다 크다. 따라서 최고점에서 중력에 의한 위치 에너지는 A가 B보다 크다.

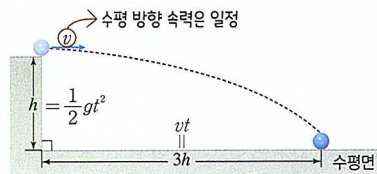
(4) 포물선 운동을 하는 동안 B의 역학적 에너지는 보존된다. 최고점에서 B의 중력에 의한 위치 에너지는 최대이므로 최고점에서 B의 운동 에너지는 최소이다.

## 내신 만점 문제

26쪽~28쪽

01 ③ 02 해설 참조 03 ③ 04 ①  
05 해설 참조 06 ① 07 ② 08 ③ 09 ②  
10 ③ 11 ② 12 해설 참조

## 01 꼼꼼 문제 분석



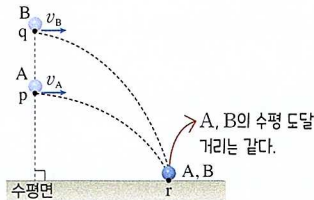


ㄷ. 물체의 수평 도달 거리는  $3h$ 이고, 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로  $v \times \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3h$ 이다. 따라서  $v = \sqrt{\frac{9}{2}gh}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 물체에 수평 방향으로 작용하는 힘은 0이므로 물체는 수평 방향으로 속력이 일정한 운동을 한다.

ㄴ. 물체는 연직 방향으로 가속도가  $g$ 인 등가속도 운동을 하고, 물체가 던져진 순간 연직 방향의 속력은 0이다. 따라서 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간을  $t$ 라고 하면,  $h = \frac{1}{2}gt^2$ 에서  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.

## 02 ———— 푼김 문제 분석



- 물체를 수평 방향으로 던졌으므로 p와 q에서 A와 B의 연직 방향 속력은 모두 0이다.
- 수평면으로부터 높이는 q가 p보다 크고, A와 B의 가속도는 중력 가속도로 같다.
- ⇒ B가 q에서 r까지 이동하는 데 걸린 시간은 A가 p에서 r까지 이동하는 데 걸린 시간보다 크다.
- A와 B는 수평 방향으로 등속도 운동을 한다.

**모범 답안** 높이는 p가 q보다 작으므로 물체가 수평 방향으로 던져진 순간부터 r에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B보다 작다. 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고, 수평 도달 거리는 A와 B가 같으므로  $v_A$ 는  $v_B$ 보다 크다.

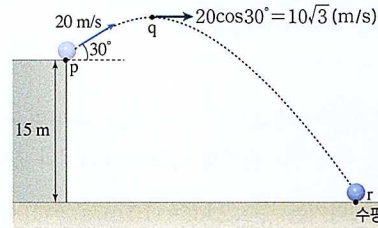
| 채점 기준                             | 배점    |
|-----------------------------------|-------|
| 최고점의 높이를 비교하여 수평 방향 속력의 비교가 옳은 경우 | 100 % |
| 수평 방향 속력의 비교만 옳은 경우               | 30 %  |

**03** ㄱ. q는 최고점이므로 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 q에서 r까지 이동하는 데 걸린 시간과 같다.

ㄴ. 물체는 포물선 운동을 하므로 p에서 r까지 변위의 크기는 이동 거리보다 작다. 따라서 p에서 r까지 평균 속도의 크기는 평균 속력보다 작다.

**바로알기** ㄷ. q에서 물체의 속도의 연직 성분은 0이지만 수평 성분은 0이 아니다. 따라서 q에서 물체의 속력은 0이 아니다.

## 04 ———— 푼김 문제 분석



- 수평 방향 운동: 속력이  $20\cos 30^\circ = 10\sqrt{3}$  (m/s)로 일정한 등속도 운동을 한다.
- 연직 방향 운동: p에서 연직 위 방향으로  $20\sin 30^\circ = 10$  (m/s)의 속력으로 던져졌고, 연직 아래 방향으로 가속도의 크기가  $10 \text{ m/s}^2$ 인 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. q는 최고점이므로 q에서 물체의 속도의 연직 성분은 0이다. 물체가 포물선 운동을 하는 동안 속도의 수평 성분의 크기는 일정하므로 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 p에서와 q에서가 같다. 따라서 q에서 물체의 속력은  $20\cos 30^\circ = 10\sqrt{3}$  (m/s)이다.

**바로알기** ㄴ. p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을  $t_1$ 이라고 하면,  $0 = 20\sin 30^\circ - gt_1$ 에서  $t_1 = \frac{20\sin 30^\circ}{10} = 1$  (초)이다. p와 q

사이의 높이 차를  $h$ 라고 하면,  $h = \frac{(20\sin 30^\circ)^2}{2g} = 5$  (m)이다. 따라서 q와 r 사이의 높이 차는  $5 \text{ m} + 15 \text{ m} = 20 \text{ m}$ 이다. q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간을  $t_2$ 라고 하면,  $\frac{1}{2}gt_2^2 = 20$ 에서  $t_2 = 2$  초이다. 그러므로 p에서 r까지 물체의 변위의 수평 성분의 크기는  $20\cos 30^\circ \times (t_1 + t_2) = 10\sqrt{3} \times (1 + 2) = 30\sqrt{3}$  (m)이다.

ㄷ. r에서 물체의 속도의 연직 성분을  $v_r$ 라고 하면, p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 3초이므로  $v_r = 20\sin 30^\circ - 10 \times 3 = -20$  (m/s)이다. 따라서 r에서 속도의 연직 성분의 크기는 20 m/s이다.

**다른 풀이** ㄴ. 물체가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간을  $t$ 라고 하면,  $20\sin 30^\circ t - \frac{1}{2}gt^2 = -15$ 이므로  $t = 3$  초이다. 물체의 속도의 수평 성분의 크기는  $10\sqrt{3}$  m/s이므로 p에서 r까지 물체의 변위의 수평 성분의 크기는  $10\sqrt{3} \times 3 = 30\sqrt{3}$  (m)이다.

**05** **모범 답안** (1) 최고점의 높이는 B가 A보다 크므로 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 B가 A보다 크다.

(2) 중력 가속도를  $g$ , p에서 A의 운동 방향과 수평면이 이루는 각을  $\theta$ 라고

하자. 수평 도달 거리는 A와 B가 같으므로  $\frac{v_A^2 \sin(2\theta)}{g} = \frac{v_B^2 \sin(2 \times 45^\circ)}{g}$

이다. 수평면에 대한 발사각이  $45^\circ$ 일 때 수평 도달 거리는 최대이므로  $\sin 90^\circ > \sin 2\theta$ 이다. 따라서  $v_A > v_B$ 이다.

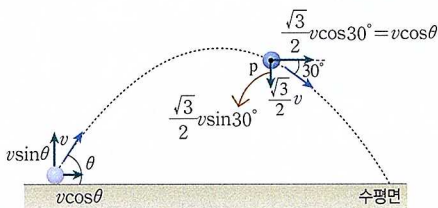
| 채점 기준                                                   | 배점   |
|---------------------------------------------------------|------|
| (1) 최고점의 높이를 비교하여 A, B가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을 옳게 비교한 경우 | 50 % |
| 걸린 시간만 옳게 비교한 경우                                        | 30 % |
| (2) 수평 도달 거리를 이용하여 $v_A, v_B$ 를 옳게 비교한 경우               | 50 % |
| $v_A, v_B$ 만 옳게 비교한 경우                                  | 30 % |

**06** ㄱ. 중력 가속도를  $g$ , 수평면에서 비스듬히 던져진 순간 속도의 연직 성분의 크기를  $v_y$ , 최고점의 높이를  $h$ 라고 하면  $h = \frac{v_y^2}{2g}$ 이다. 따라서 최고점의 높이는 A가 B의 2배이므로 수평면에서 비스듬히 던져진 순간 속도의 연직 성분의 크기는 A가 B의  $\sqrt{2}$ 배이다.

**바로알기** ㄴ. 최고점에서 물체의 속도의 연직 성분은 0이고, 포물선 운동을 하는 물체의 속도의 수평 성분은 일정하다. 최고점의 높이는 B와 C가 같으므로 수평면에서 비스듬히 던져진 순간 속도의 연직 성분의 크기는 B와 C가 같고, 물체가 수평면에서 비스듬히 던져진 순간부터 최고점에 도달하는 데 걸린 시간도 B와 C가 같다( $\because t_H = \frac{v_y}{g}$ 이므로). 물체가 수평면에서 비스듬히 던져진 순간부터 최고점에 도달할 때까지 수평 방향으로 이동한 거리는 C가 B의 2배이므로 속도의 수평 성분의 크기는 C가 B의 2배이다. 따라서 최고점에서 속력은 C가 B의 2배이다.

ㄷ. 수평면에서 비스듬히 던져진 순간부터 수평면에 다시 도달할 때까지 걸린 시간은 수평면에서 비스듬히 던져진 순간부터 최고점에 도달할 때까지 걸린 시간의 2배이다. 최고점의 높이는 A가 C의 2배이므로 수평면에서 물체가 비스듬히 던져진 순간 속도의 연직 성분의 크기는 A가 C의  $\sqrt{2}$ 배이다. 따라서 수평면에서 비스듬히 던져진 순간부터 수평면에 다시 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 C의  $\sqrt{2}$ 배이다.

## 07 — 품평 문제 분석



ㄴ. p에서 속도의 연직 성분의 크기는  $\frac{\sqrt{3}}{2}v \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4}v$ 이다. 최고점에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 0이므로 물체가

최고점에서 p까지 운동하는 데 걸린 시간을  $t$ 라고 하면,

$$gt = \frac{\sqrt{3}}{4}v \text{에서 } t = \frac{\sqrt{3}v}{4g} \text{이다.}$$

**바로알기** ㄱ. 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 일정하므로  $v \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}v \cos 30^\circ$ 에서  $\cos \theta = \frac{3}{4}$ 이다. 따라서  $\tan \theta = \frac{\sqrt{7}}{3}$ 이다.

ㄷ. 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 한다. 수평면으로부터 p까지의 높이를  $H$ 라고 하면,  $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}v \sin 30^\circ\right)^2 - (v \sin \theta)^2 = -2gH$ 이다.  $\sin \theta = \frac{\sqrt{7}}{4}$ 이므로  $H = \frac{v^2}{8g}$ 이다.

**08** ㄴ. 수평면으로부터 높이는 p가 q보다 작으므로 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 p에서 q에서보다 크다.

ㄷ. 역학적 에너지는 p에서와 q에서가 같고, 중력에 의한 위치 에너지는 p에서가 q에서보다 작다. 따라서 물체의 운동 에너지는 p에서가 q에서보다 크다.

**바로알기** ㄱ. 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 한다. 따라서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 p에서와 q에서가 같다.

ㄹ. 물체에 작용하는 중력의 크기는 일정하므로 물체의 가속도의 크기는 p에서와 q에서가 같다.

**09** ㄴ. 수평면에 도달하는 순간 연직 방향 속력은 A와 B가 같고, 수평 방향 속력은 A가 B보다 크다(B의 수평 방향 속력은 0이므로). 따라서 수평면에 도달하는 순간 속력은 A가 B보다 크다.

**바로알기** ㄱ. A를 수평 방향으로 던지는 순간 속도의 연직 성분은 0이다. 수평면으로부터 높이가  $h$ 인 지점에서 속도의 연직 성분은 A와 B가 모두 0이고, A와 B의 가속도는 중력 가속도로 같으므로 수평면에는 A와 B가 동시에 도달한다.

ㄷ. 매 순간 연직 방향 속력은 A와 B가 같고 수평 방향 속력은 A가 B보다 크다. 따라서 등가속도 운동을 하는 매 순간 속력은 A가 B보다 크다. 질량은 A와 B가 같으므로 높이가 같은 지점에서 중력에 의한 위치 에너지는 A와 B가 같고, 운동 에너지는 A가 B보다 크다. 그러므로 수평면으로부터 높이가 같은 지점에서 물체의 역학적 에너지는 A가 B보다 크다.

**10** q에서 물체의 운동 에너지를  $E_0$ 이라고 하면, p에서 물체의 운동 에너지는  $2E_0$ 이다. 물체의 질량을  $m$ 이라고 하면,  $\frac{1}{2}mv_q^2 = E_0$ 이다. 중력 가속도를  $g$ 라고 하면 물체의 역학적 에너지는 보존되므로  $2E_0 = mg\left(\frac{3}{2}h\right) + E_0 = mgh + \frac{1}{2}mv_p^2$ 이 성립한다.

이를 정리하면,  $E_0 = \frac{3}{2}mgh$ 이므로  $\frac{1}{2}mv_q^2 = \frac{3}{2}mgh$ 에서



$v_q = \sqrt{3gh}$ 이다. 또한  $\frac{1}{2}mv_r^2 = 2E_0 - mgh = 2mgh$ 에서  $v_r = \sqrt{4gh}$ 이다. 따라서  $v_q : v_r = \sqrt{3} : 2$ 이다.

**11** ㄴ. R에서 중력에 의한 위치 에너지가 0이다. 따라서 R에서 역학적 에너지는 P에서의 운동 에너지와 같은  $\frac{1}{2}mv_0^2$ 이다.

**바로알기** ㄱ. Q에서 속도의 연직 성분은 0이지만 수평 성분은  $v_0 \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}v_0$ 이다. 따라서 Q에서 물체의 운동 에너지는

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{\sqrt{2}}v_0\right)^2 = \frac{1}{4}mv_0^2 \text{이다.}$$

ㄷ. 물체에 작용하는 힘은 중력뿐이므로 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 P, Q, R에서 역학적 에너지는 모두 같다.

**12** **모범 답안** 물체의 질량을  $m$ , p의 높이를  $h$ 라고 하면 물체의 역학적 에너지는 보존되므로  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh + \frac{1}{2}m\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v\right)^2$ 이 성립하여  $v = \sqrt{4gh}$ 이다. 따라서  $E_1 = \frac{1}{2}m\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v\right)^2 = \frac{1}{4}mv^2 = mgh$ 이고,  $E_2 = mgh$ 이므로  $E_1 : E_2 = 1 : 1$ 이다.

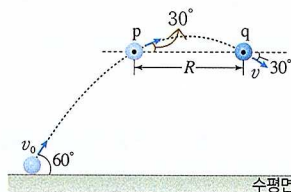
| 채점 기준                              | 배점    |
|------------------------------------|-------|
| $E_1 : E_2$ 를 풀이 과정과 함께 올바르게 구한 경우 | 100 % |
| $E_1 : E_2$ 만 올바르게 쓴 경우            | 30 %  |

## 실력 UP 문제

29쪽

01 ①    02 ③    03 ④    04 ③

### 01 **꼭꼭 문제 분석**



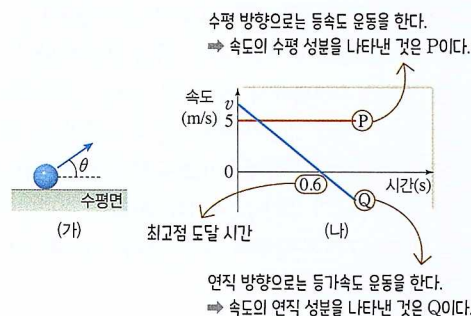
- 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고, p와 q의 높이는 같으므로 속도의 연직 성분의 크기는 p에서와 q에서가 같다.  
 ⇒ p에서 물체의 운동 방향이 수평 방향과 이루는 각은  $30^\circ$ 이다.
- p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 최고점에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간과 같다.

ㄱ. 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 일정하므로  $v_0 \cos 60^\circ = v \cos 30^\circ$ 이다. 따라서  $v = \frac{\sqrt{3}}{3}v_0$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 물체의 운동 방향이 수평 방향과 이루는 각은 p에서와 q에서가  $30^\circ$ 로 같다. 따라서 p에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는  $v \sin 30^\circ = \frac{1}{2}v = \frac{\sqrt{3}}{6}v_0$ 이다. 수평면에서 물체를 던진 순간부터 물체가 p에 도달할 때까지 걸린 시간을  $t_1$ 이라고 하면,  $v_0 \sin 60^\circ - gt_1 = v \sin 30^\circ$ 이므로  $gt_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0 - \frac{\sqrt{3}}{6}v_0$ 에서  $t_1 = \frac{\sqrt{3}v_0}{3g}$ 이다.

ㄷ. 물체가 p에서 q까지 운동하는 동안 물체의 속도의 연직 성분의 변화량의 크기는  $2v \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}v_0$ 이다. 물체가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을  $t_2$ 라고 하면, 물체의 가속도의 크기는  $g$ 이므로  $t_2 = \frac{2v \sin 30^\circ}{g} = \frac{\sqrt{3}v_0}{3g}$ 이다. 따라서  $R = v_0 \cos 60^\circ \times t_2 = \frac{1}{2}v_0 \times \frac{\sqrt{3}v_0}{3g} = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{6g}$ 이다.

### 02 **꼭꼭 문제 분석**

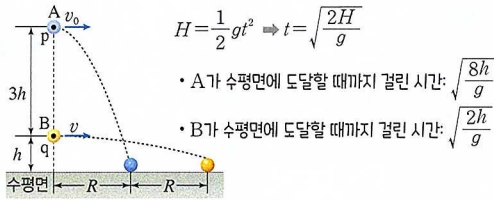


ㄱ. 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로 등가속도 운동을 한다. 따라서 (나)에서 물체의 속도의 연직 성분을 나타낸 것은 Q이다.

ㄴ. 0.6초일 때 물체의 속도의 연직 성분은 0이고, 가속도의 크기는  $10 \text{ m/s}^2$ 이므로  $10 = \frac{v}{0.6}$ 에서  $v = 6 \text{ m/s}$ 이다. 속도의 수평 성분의 크기는  $5 \text{ m/s}$ 이므로  $\tan \theta = \frac{6}{5}$ 이다.

**바로알기** ㄷ. 물체가 최고점에 도달하는 데 걸리는 시간이 0.6초이므로 수평면에 도달하는 데 걸리는 시간은 1.2초이다. 물체의 속도의 수평 성분의 크기는  $5 \text{ m/s}$ 로 일정하므로 수평 도달 거리는  $5 \text{ m/s} \times 1.2 \text{ s} = 6 \text{ m}$ 이다.

### 03 - 푼점 문제 분석



ㄱ. 물체가 수평 방향으로 던져진 순간 속도의 연직 성분은 0이다. 수평면으로부터의 높이는 p가 q보다 크므로 물체가 수평 방향으로 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B보다 크다.

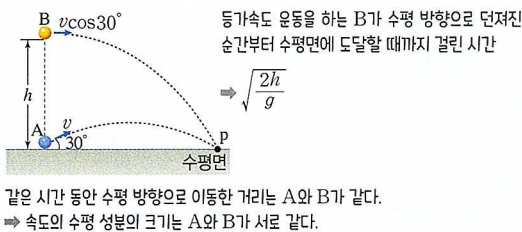
$$\therefore E_A = 4mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = 4mgh + \frac{1}{2}m(\sqrt{gh})^2 = \frac{9}{2}mgh$$

$$\text{고, } E_B = mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mgh + \frac{1}{2}m(4\sqrt{gh})^2 = 9mgh$$

따라서  $E_B = 2E_A$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 중력 가속도를  $g$ , A, B의 질량을  $m$ 이라고 하면, p에서 A의 중력에 의한 위치 에너지는 A의 운동 에너지의 8배이므로  $mg(4h) = \frac{1}{2}mv_0^2 \times 8$ 에서  $v_0 = \sqrt{gh}$ 이다. A, B가 수평 방향으로부터 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간을 각각  $t_A, t_B$ 라고 하면,  $t_A = \sqrt{\frac{2 \times 4h}{g}} = \sqrt{\frac{8h}{g}}$ 이고  $t_B = \sqrt{\frac{2 \times h}{g}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다. 따라서  $t_A = 2t_B$ 이고, 수평 도달 거리는 B가 A의 2배이므로  $2v_0t_A = 4v_0t_B = vt_B$ 이다. 그러므로  $v = 4v_0$ 이다.

### 04 - 푼점 문제 분석



ㄱ. A의 질량을  $m$ , 수평면에서 A를 던진 속력을  $v$ 라고 하면

$$\frac{1}{2}mv^2 = E_0 \text{이고, A의 최고점에서 A의 운동 에너지는}$$

$$\frac{1}{2}m(v\cos 30^\circ)^2 = \frac{3}{8}mv^2 = \frac{3}{4}E_0 \text{이다. 따라서 A의 최고점에서}$$

$$\text{A의 중력에 의한 위치 에너지는 } E_0 - \frac{3}{4}E_0 = \frac{1}{4}E_0 \text{이다.}$$

ㄴ. 동시에 던져진 A와 B는 수평면의 p에 동시에 도달하므로 수평 방향으로 던져진 B의 속력은 A의 속도의 수평 성분의 크기와 같다. 수평 방향으로 던져진 B의 속력을  $v_B$ 라고 하면,

$$v_B = v\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v \text{이다. 따라서 수평 방향으로 던지는 순간}$$

$$\text{B의 운동 에너지는 } \frac{1}{2}(2m)v_B^2 = \frac{3}{4}mv^2 = \frac{3}{2}E_0 \text{이다.}$$

**바로알기** ㄷ. 동시에 던진 A와 B는 수평면의 p에 동시에 도달하므로  $\sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{v\sin 30^\circ}{g} \times 2$ 에서  $h = \frac{v^2}{2g}$ 이다. 따라서 B의 역학

$$\text{적 에너지는 } 2mgh + \frac{1}{2}(2m)v_B^2 = mv^2 + \frac{3}{2}E_0 = 2E_0 + \frac{3}{2}E_0 = \frac{7}{2}E_0 \text{이다.}$$

## 03 / 등속 원운동과 진자 운동

### 개념 확인 문제

32쪽

- ① 속력 ② 가속도 ③ 주기 ④  $\frac{v}{r}$  ⑤  $\frac{2\pi r}{v}$  ⑥ 구심력  
⑦ 중심 ⑧ 중력 ⑨ 중력

- 1 (1)  $\times$  (2)  $\bigcirc$  (3)  $\bigcirc$  2 (1) 크다 (2) 크다 (3) 0.2 3 (1)  $\frac{\pi}{4}$   
(2) 8 (3)  $\frac{\pi^2}{4}$  (4)  $\frac{\pi^2}{2}$  4 12배 5 (가) 중력, (나) 전기력  
6 (1)  $\times$  (2)  $\times$  (3)  $\bigcirc$

1 (1) 등속 원운동은 속력은 일정하고 운동 방향은 계속 변하는 가속도 운동이다.

(2) 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 일정하므로 물체의 가속도의 크기는 일정하다.

(3) 등속 원운동을 하는 물체의 운동 방향은 원 궤도의 접선 방향이고, 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 원 궤도의 중심 방향이므로 물체의 속도와 가속도의 방향은 서로 수직이다.

2 (1) 등속 원운동을 하는 물체의 속력은  $v = r\omega$ 로 반지름과 각속도 크기의 곱이다. 따라서 각속도가 일정할 때 반지름이 클수록 속력이 크다.