

02

포물선 운동

수록 구성

- 개념 기본 문제
- 개념 적용 문제
- 1등급 도전 문제
- 정답과 해설

뉴턴 운동 법칙으로 물체의 **포물선 운동**을 정량적으로 분석할 수 있다. 물체가 포물선 운동을 하는 동안 **역학적 에너지**가 어떻게 변하는지 설명할 수 있다.

1 연직 위로 던진 물체의 운동

공기 저항이 없다면 연직 위로 던진 물체에는 중력만 작용하므로 물체는 가속도가 일정한 운동을 한다. 연직 위로 던진 물체의 속도는 시간에 따라 어떻게 변하고 어느 높이까지 올라갈지 분석해 본다.

1. 중력 가속도

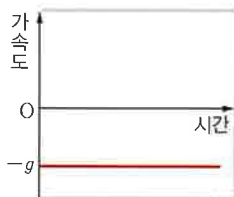
- (1) **중력 가속도($\vec{g}$)**: 공기 저항과 지구 자전 효과 등을 무시하면 지표면 근처에서 던진 물체는 중력만을 받아 운동하므로, 가속도가 연직 아래 방향으로 일정한 운동을 한다. 이 가속도를 중력 가속도라고 하고, $\vec{g}$ 로 나타낸다.
- (2) **중력 가속도의 크기**: 지표면 근처에서 중력 가속도의 크기 $g \approx 9.8 \text{ m/s}^2$ 이다.

2. 연직 위로 던진 물체의 운동

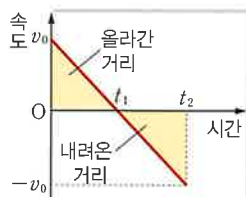
연직 방향으로 던진 물체는 연직 방향의 직선을 따라 중력 가속도 $\vec{g}$ 로 등가속도 운동을 한다. 즉, 물체의 처음 속도의 방향과 가속도의 방향이 나란하므로 물체의 위치와 속도의 연직 방향 성분만 변한다.

- (1) **연직 위로 던진 물체의 운동(연직 투상 운동)**: 원점 O에서 물체를 속도 v_0 로 연직 위로 던진 경우 물체는 올라가면서 속력이 점점 감소하고 최고 높이에서 속력이 0이 되었다가 낙하하면서 속력이 다시 점점 증가하는 운동을 한다. 물체의 처음 운동 방향인 연직 위 방향을 (+)로 나타내면 처음 속도는 v_0 , 가속도 $a = -g$ 가 되므로, 등가속도 직선 운동 식은 다음과 같다.

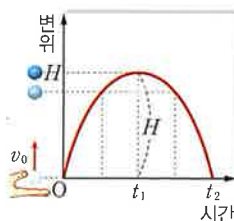
$v-t$ 식	$s-t$ 식	$s-v$ 식
$v = v_0 - gt$	$s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$	$-2gs = v^2 - v_0^2$



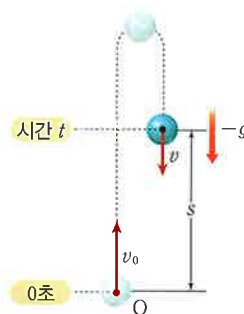
▲ 시간·가속도 그래프



▲ 시간·속도 그래프

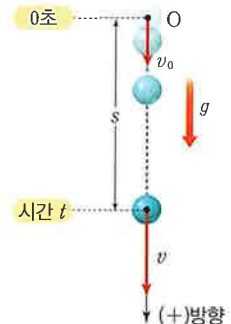


▲ 시간·변위 그래프



▲ 연직 위로 던진 물체의 운동

연직 아래로 던진 물체의 운동(연직 투하 운동)

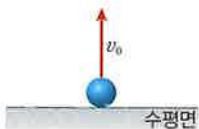


원점 O에서 물체를 속도 v_0 로 연직 아래로 던진 경우, 물체는 중력을 받아 연직 아래로 속력이 점점 증가하는 등가속도 직선 운동을 한다. 물체의 처음 운동 방향인 연직 아래 방향을 (+)로 나타내면, 처음 속도는 v_0 , 가속도 $a = g$ 가 되므로, 등가속도 직선 운동 식에 의해 시간 t 일 때 속도 v 와 낙하 거리 s 는 다음의 관계가 있다.

$v-t$ 식	$v = v_0 + gt$
$s-t$ 식	$s = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$
$s-v$ 식	$2gs = v^2 - v_0^2$

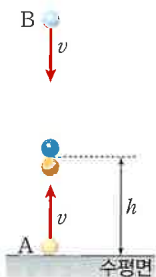
개념 기본 문제

- 01** 그림과 같이 물체를 연직 위로 v_0 의 속력으로 던졌다. (단, 중력 가속도의 크기는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



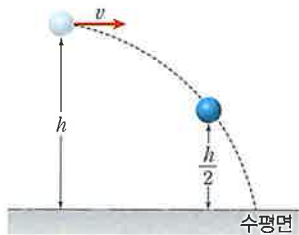
- (1) 최고점 도달 시간을 구하시오.
- (2) 최고점의 높이를 구하시오.

- 02** 그림과 같이 물체 A는 연직 위로, 물체 B는 연직 아래로 v 의 속력으로 동시에 던졌더니 높이 h 인 곳에서 충돌하였다. 충돌 순간 A의 속력은 0이다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



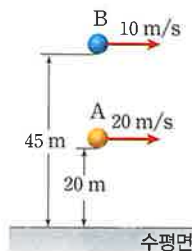
- (1) A와 B가 운동을 시작하여 충돌할 때까지의 시간을 구하시오.
- (2) B가 출발한 지점의 높이를 구하시오.

- 03** 그림과 같이 물체를 높이 h 인 곳에서 수평 방향으로 v 의 속력으로 던졌다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



물체가 높이 $\frac{h}{2}$ 인 곳을 지날 때 속도의 수평 방향 성분을 v_x , 연직 방향 성분을 v_y 라고 할 때 $\frac{v_y}{v_x}$ 를 구하시오.

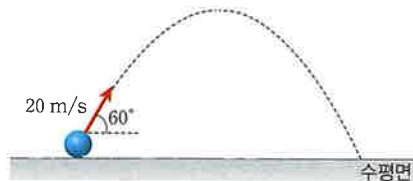
- 04** 그림과 같이 높이 20 m에서 물체 A를 20 m/s의 속력으로, 45 m에서 B를 10 m/s의 속력으로 수평 방향으로 동시에 던졌다. 이때 A와 B가 수평면에 도달할 때까지 수평 방향으로 이동한 거리가 R_A, R_B 일 때 $R_A : R_B$ 는?



(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

- ① 1 : 2 ② 1 : 4 ③ 2 : 3 ④ 3 : 2 ⑤ 4 : 3

- 05** 그림과 같이 물체를 20 m/s의 속력으로 수평면과 60° 의 각도로 비스듬히 던졌더니 물체가 포물선 운동을 한 후 수평면에 도달하였다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



- (1) 최고점 도달 시간과 최고점의 높이를 구하시오.
- (2) 수평면에 도달하는 시간과 수평 도달 거리를 구하시오.

- 06** 그림과 같이 두 공 A, B를 수평면과 각각 $30^\circ, 60^\circ$ 의 각도로, 같은 속력 v 로 던졌다.



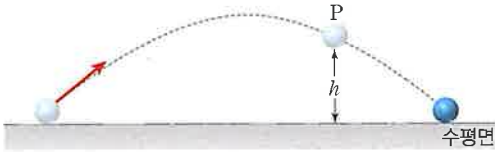
두 공이 가지는 물리량 중 값이 같은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

보기

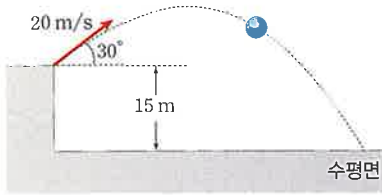
- ㄱ. 수평 도달 거리
- ㄴ. 수평면에 도달한 순간의 속력
- ㄷ. 수평면에 도달하는 데 걸리는 시간

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

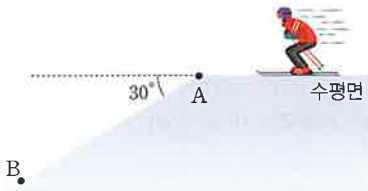
- 07** 그림과 같이 수평면에서 물체를 비스듬히 위로 던졌더니 P에 도달하는 시간이 t_1 , P에서 수평면에 도달하는 시간이 t_2 이었다. 수평면에서 P까지의 높이 h 를 구하시오. (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



- 08** 그림은 수평면으로부터 높이 15 m에서 수평면과 30° 의 각도로 20 m/s 의 속도로 던진 물체의 포물선 경로를 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.)



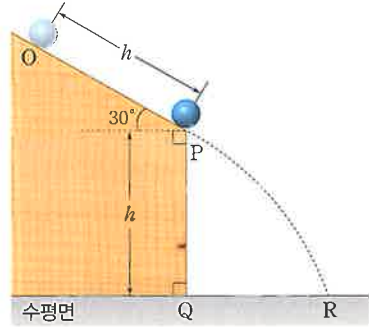
- (1) 물체가 수평면에 도달할 때까지 걸리는 시간을 구하시오.
- (2) 물체가 수평면에 도달할 때까지 수평 이동 거리를 구하시오.
- 09** 그림과 같이 스키 선수가 수평면을 달려 A에서 수평 방향으로 속력 5 m/s 로 날았다.



스키 선수가 수평면과 30° 인 빗면 위의 B에 떨어졌다면, A와 B 사이의 거리는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 스키 선수의 크기 및 공기 저항은 무시한다.)

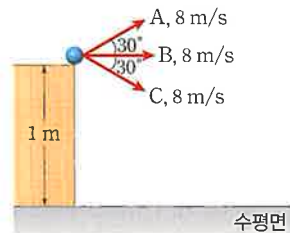
- ① 3 m ② $\frac{10}{3}$ m ③ 4 m ④ $\frac{14}{3}$ m ⑤ 5 m

- 10** 그림과 같이 경사각이 30° 인 빗면의 O에 물체를 가만히 놓으니 빗면을 따라 운동한 후 P에서 빗면을 벗어나 R에 도달했다. OP와 PQ의 길이는 각각 h 로 같다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기 및 빗면과 물체 사이의 마찰, 공기 저항은 무시한다.)



- (1) P에서 물체의 속력을 구하시오.
- (2) QR의 거리를 구하시오.

- 11** 그림과 같이 질량이 2 kg 으로 같은 세 물체 A, B, C를 1 m 높이에서 8 m/s 의 같은 속력으로 각각 수평면과 이루는 각이 30° 위인 방향, 수평 방향, 수평면과 이루는 각이 30° 아래인 방향으로 동시에 발사하였다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

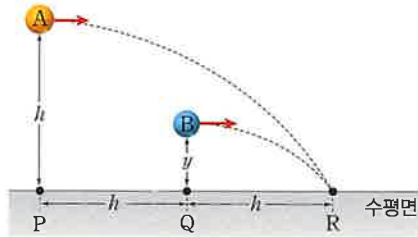


- (1) 수평면을 기준 위치로 할 때 B의 역학적 에너지를 구하시오.
- (2) 수평면에 도달하는 순간 A, B, C의 역학적 에너지를 비교하시오.

개념 적용 문제

➤ 수평 방향으로 던진 물체의 운동

- 01** 그림과 같이 수평면의 P에서 높이 h 인 곳에 물체 A를, 수평면의 Q에서 높이 y 인 곳에 물체 B를 수평 방향으로 같은 속력으로 던졌더니 두 물체가 모두 수평면의 R에 도달했다. 이때 PQ 사이 거리와 QR 사이 거리는 h 로 같고, A와 B의 질량도 같다.



➤ 수평 방향으로 던진 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로 등가속도 운동을 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. A가 수평면에 도달할 때까지 시간은 $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.

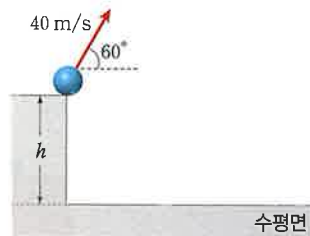
ㄴ. $y = \frac{h}{4}$ 이다.

ㄷ. R에 도달하는 순간 A의 운동 에너지는 B의 운동 에너지의 $\frac{8}{5}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

- 02** 그림과 같이 수평면으로부터 높이 h 인 지점에서 수평면과 60° 의 각으로 물체를 40 m/s 의 속력으로 던졌더니 8초 후에 물체가 수평면에 떨어졌다.



➤ 최고점에서 속도의 연직 방향 성분은 0이 된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. 최고점 도달 시간은 $2\sqrt{3}$ 초이다.

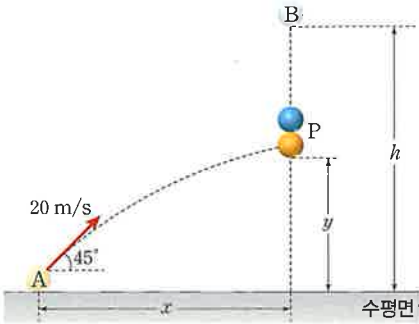
ㄴ. $h = 36\sqrt{3} \text{ m}$ 이다.

ㄷ. 수평면에 도달할 때까지 수평 방향으로 이동한 거리는 160 m 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➤ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

03 그림과 같이 물체 A를 20 m/s의 속력으로 수평면과 45°의 각으로 비스듬히 위로 던진 순간 높이 h 에 정지해 있던 물체 B를 가만히 놓아 낙하시켰더니 P에서 A와 B가 충돌하였다. P에서 두 물체의 운동 방향은 서로 수직이고, 충돌할 때까지 A가 수평 방향으로 이동한 거리는 x , 충돌 지점의 높이는 y 이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도의 크기는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



➤ 두 물체가 동시에 운동을 시작했으므로 두 물체가 충돌할 때까지 이동하는 데 걸린 시간은 같다.

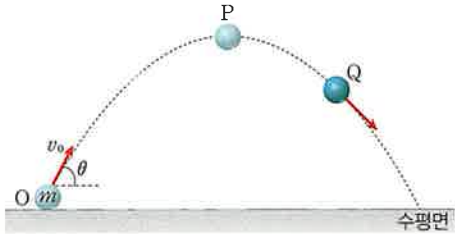
보기

- ㄱ. 충돌하는 순간의 속력은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. $\frac{y}{x} = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. B가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 2초이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

04 그림은 O에서 질량 m 인 물체를 수평면과 θ 의 각을 이루며 v_0 의 속력으로 비스듬히 위로 던졌을 때 물체가 포물선 경로로 운동하는 것을 나타낸 것이다. 물체의 운동 에너지는 최고점 P에서 $\frac{1}{8}mv_0^2$ 이고, Q에서 $\frac{1}{4}mv_0^2$ 이다.



➤ 최고점에서 물체는 수평 방향으로만 운동하므로 속도의 연직 방향 성분은 0이다. 물체에 작용하는 알짜힘이 중력이므로 중력이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

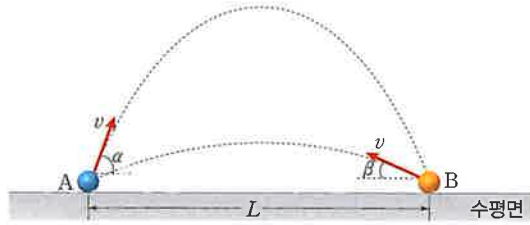
보기

- ㄱ. $\sin \theta = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄴ. P에서 Q까지 중력이 물체에 한 일은 $\frac{1}{8}mv_0^2$ 이다.
- ㄷ. O에서 P까지 높이차는 P에서 Q까지 높이차의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

- 05** 그림은 물체 A, B를 수평면과 이루는 각이 각각 α, β 가 되도록 하여 같은 속력 v 로 비스듬히 위로 던졌을 때의 운동 경로를 나타낸 것이다. A, B의 수평 도달 거리는 L 로 같으며, $\alpha > \beta$ 이다.



➤ 수평면과 θ 의 각도로 v_0 의 속력으로 던졌을 때 최고점 도달 시간은 $\frac{v_0 \sin \theta}{g}$ 이고 최고점 높이는 $\frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. $\alpha + \beta = 90^\circ$ 이다.

ㄴ. A와 B가 날아가는 시간이 각각 t_A, t_B 일 때 $\frac{t_A}{t_B} = \tan \alpha$ 이다.

ㄷ. A와 B의 최고점 높이가 각각 h_A, h_B 일 때 $\frac{h_A}{h_B} = \frac{1}{\tan \beta}$ 이다.

① ㄱ

② ㄷ

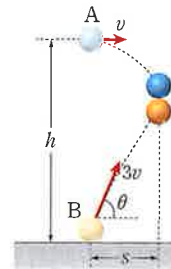
③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 수평 방향으로 던진 물체와 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

- 06** 그림과 같이 높이 h 에서 물체 A를 수평 방향으로 v 의 속력으로 던진 순간 A의 연직 아래 수평면에서 물체 B를 수평 방향과 θ 의 각으로 $3v$ 의 속력으로 동시에 던졌다. A와 B는 각각 포물선 운동하여 수평 방향으로 s 만큼 이동한 곳에서 충돌하였다.



➤ 두 물체가 충돌할 때까지 수평 방향으로 이동한 거리는 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. 충돌할 때까지 A와 B가 연직 방향으로 이동한 거리의 합은 h 이다.

ㄴ. 충돌할 때까지 걸린 시간은 $\frac{2s}{v}$ 이다.

ㄷ. $s = \frac{h}{\sqrt{2}}$ 이다.

① ㄱ

② ㄷ

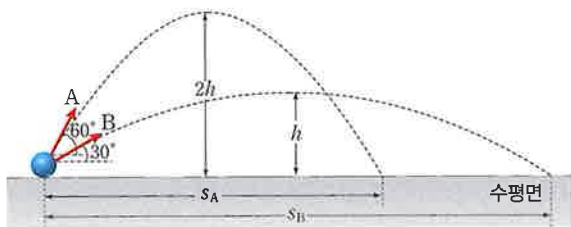
③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ

▶ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

- 07** 그림은 질량이 같은 두 물체 A와 B를 던졌을 때 포물선 경로로 운동한 것을 나타낸 것이다. A는 v_A 의 속력으로 수평면과 60° 의 각도로, B는 v_B 의 속력으로 수평면과 30° 의 각도로 던지며, A와 B의 최고점 높이는 각각 $2h$, h 이고, A와 B의 수평 도달 거리는 각각 s_A , s_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $v_A = 4\sqrt{\frac{gh}{3}}$ 이다.
- ㄴ. $s_A : s_B = 1 : \sqrt{3}$ 이다.
- ㄷ. 최고점에서 A와 B의 역학적 에너지의 비 $E_A : E_B = 3 : 2$ 이다.

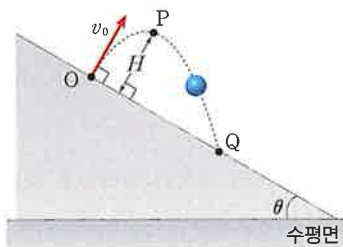
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 수평면과 θ 의 각도로 v_0 의 속력으로 던졌을 때 최고점 높이는 $\frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$, 수평 도달 거리는 $\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ 이다.

▶ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

- 08** 그림과 같이 수평면과 경사각이 θ 인 빗면의 O에서 빗면에 수직인 방향으로 v_0 의 속력으로 물체를 던졌더니 Q에 떨어졌다. 빗면에서 수직으로 가장 먼 지점 P까지의 거리는 H 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 공기 저항은 무시한다.)



▶ 경사각이 θ 이므로 빗면과 나란한 방향의 가속도의 크기는 $g \sin \theta$, 빗면과 수직인 방향의 가속도의 크기는 $g \cos \theta$ 이다.

보기

- ㄱ. P에서 물체 속도의 연직 성분은 0이다.
- ㄴ. O에서 Q까지 이동 시간은 O에서 P까지의 이동 시간의 2배이다.
- ㄷ. $H = \frac{v_0^2}{2g \sin \theta}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 12 (1) A와 B가 줄로 연결되어 함께 운동하므로 A와 B에 작용하는 장력의 크기는 같다. A에 작용하는 장력은 A에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력과 같으므로 장력을 T 라고 하면 $T = mgsin\theta$ 이다. B에 작용하는 장력과 운동 마찰력이 힘의 평형을 이루므로 운동 마찰 계수를 μ' 라고 하면 $\mu'mg = T = mgsin\theta$ 에서 $\mu' = sin\theta$ 이다.
- (2) 실이 끊어지면 B는 운동 마찰력을 받아 $gsin\theta$ 의 가속도로 속력이 감소하는 운동을 하다 s 만큼 이동하여 정지하므로 등가속도 운동의 식 $0^2 - v^2 = -2(gsin\theta)s$ 에서 $v^2 = 2gs sin\theta$ 이다. 실이 끊어지고 A는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력을 받아 속력이 증가하는 등가속도 운동을 한다. 이때 A의 가속도의 크기는 $gsin\theta$ 로 B의 가속도의 크기와 같다. 즉, B의 속력이 v 만큼 감소하는 동안 A의 속력은 v 만큼 증가하므로 B가 정지할 때 A의 속력은 $2v$ 가 된다. 이 사이에 A가 이동한 거리를 x 라고 하면 $(2v)^2 - v^2 = 2(gsin\theta)x$ 에서 $3v^2 = \frac{v^2}{s}x$ 이므로 $x = 3s$ 이다.

계심 적용 문제

18쪽~21쪽

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ⑤ 06 ⑤
07 ④ 08 ③

- 01 ㄱ. $\vec{P}$ 의 x 성분은 $-P\cos 45^\circ = -\sqrt{2}(N)$ 이고 y 성분은 $P\sin 45^\circ = \sqrt{2}(N)$ 으로 크기가 같다.
- ㄴ. $\vec{Q}$ 의 x 성분은 $Q\cos 30^\circ = 2(N) \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}(N)$ 이다.
- [바로알기]** ㄷ. $\vec{P} + \vec{Q}$ 의 합성 벡터의 x 성분은 $\sqrt{3} - \sqrt{2}(N)$ 이고 y 성분은 $\sqrt{2} + 1(N)$ 이다. 따라서 합성 벡터의 크기 $|\vec{P} + \vec{Q}| = \sqrt{(\sqrt{3} - \sqrt{2})^2 + (\sqrt{2} + 1)^2} = (8 + 2\sqrt{2} - 2\sqrt{6})^{\frac{1}{2}}(N)$ 이다.
- 02 ㄱ, ㄴ. xy 좌표계에서 $\vec{A}$ 의 x 성분 $A_x = A\cos 60^\circ = \frac{A}{2}$ 이고 y 성분 $A_y = A\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}A$ 이다. xy 좌표계를 시계 반대 방향으로 15° 만큼 회전한 $x'y'$ 좌표계에서는 x' 축과 $\vec{A}$ 가 이루는 각이 45° 이다. 즉, $x'y'$ 좌표계에서 $\vec{A}$ 의 x' 성분 $A_{x'} = A\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}A$ 이고 y' 성분

$$A_{y'} = A\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}A \text{이므로 } A_{x'} \text{와 } A_{y'} \text{는 같고,}$$

$$\frac{A_{x'}}{A_{y'}} = \sqrt{2} \text{이다.}$$

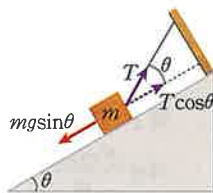
ㄷ. 좌표축이 바뀌어도 화살표의 길이는 변하지 않으므로, A의 크기는 변하지 않는다.

- 03 ㄱ. 물체가 속력 v 로 등속도 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄷ. 물체가 1초 동안 빗면을 따라 내려온 거리는 $v \times 1(s) = v(m)$ 이고, 이 사이에 감소한 높이는 $v\sin\theta$ 이다. 물체의 속도가 동일하므로 1초 동안 감소한 역학적 에너지는 감소한 위치 에너지와 같은 $mgv\sin\theta$ 이다.

[바로알기] ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 물체에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $mgsin\theta$ 와 운동 마찰력이 힘의 평형을 이룬다. 빗면과 물체 사이의 운동 마찰 계수를 μ' 라고 하면 운동 마찰력은 $\mu'N = \mu'mg\cos\theta$ 이므로 $mgsin\theta = \mu'mg\cos\theta$ 에서 $\mu' = \tan\theta$ 이다.

- 04 ㄱ. (가)에서 줄의 장력 T 의 빗면과 나란한 방향의 분력 $T\cos\theta$ 와 물체에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $mgsin\theta$ 가 힘의 평형을 이룬다. 따라서 $T\cos\theta = mgsin\theta$ 에서 $T = mg\tan\theta$ 이다.



ㄷ. (나)에서 줄이 끊어지면 물체는 $mgsin\theta$ 의 알짜힘을 받아 등가속도 운동을 하므로 1초 동안 이동한 거리는 $\frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}gsin\theta \times 1^2 = \frac{gsin\theta}{2}$ 이다.

[바로알기] ㄴ. (가)에서 물체에 작용하는 수직 항력과 장력의 빗면과 수직인 방향의 분력의 합력의 크기는 물체에 작용하는 중력의 빗면과 수직인 방향의 분력과 크기가 같다. 따라서 수직 항력의 크기는

$$mg\cos\theta - T\sin\theta = mg\cos\theta - mg\frac{\sin^2\theta}{\cos\theta} \text{이다.}$$

- 05 ㄱ. A에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력은 $m_Agsin 30^\circ$ 이다. A와 B가 정지해 있으므로 작용하는 알짜힘은 A, B 모두 0이다. 즉, 줄의 장력의 크기를 T 라고 하면 $m_Agsin 30^\circ = T$ 에서 $T = \frac{1}{2}m_Ag$ 이고, B에 작용하는 중력과 장력이 힘의 평형을 이루어 $m_Bg = T$ 이다.

따라서 $T = \frac{1}{2}m_Ag = m_Bg$ 에서 $m_A = 2m_B$ 이다.

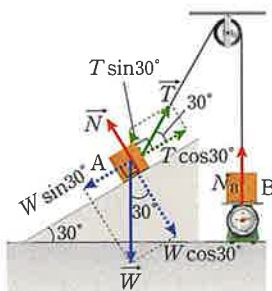
ㄴ. 실이 끊어지고 B는 자유 낙하하므로 B가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간을 t 라고 하면 $\frac{1}{2}gt^2 = h$ 에서

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{이다.}$$

ㄷ. 실이 끊어지고 A는 $g\sin 30^\circ = \frac{g}{2}$ 의 가속도로 등가속도 운동을 하므로 B가 수평면에 도달할 때까지 A가 이동한 거리 $s = \frac{1}{2} \times \frac{g}{2} \times \left(\sqrt{\frac{2h}{g}}\right)^2 = \frac{h}{2}$ 이다.

- 06 • 실이 끊어지기 전: A와 B가 등속도 운동을 하므로 A와 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. 물체의 질량을 m , 운동 마찰 계수를 μ' 라고 하면 두 물체가 B 쪽으로 운동하므로 [B에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $mg\sin 60^\circ$]와 [A에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $mg\sin 30^\circ$ + A에 작용하는 운동 마찰력 $\mu'mg\cos 30^\circ$ + B에 작용하는 운동 마찰력 $\mu'mg\cos 60^\circ$]가 힘의 평형을 이루므로
- $$\frac{\sqrt{3}}{2}mg = \frac{1}{2}mg + \mu' \frac{\sqrt{3}}{2}mg + \mu' \frac{mg}{2} \text{에서}$$
- $$(\sqrt{3}+1)\mu' = \sqrt{3}-1 \text{이므로 } \mu' = 2-\sqrt{3} \text{이다.}$$
- 실이 끊어진 후: A는 속력이 감소하다 방향을 바꾸어 [중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $mg\sin 30^\circ$ - 운동 마찰력 $\mu'mg\cos 30^\circ$]의 알짜힘으로 속력이 증가하는 등가속도 운동을 하므로 $\frac{mg}{2} - (2-\sqrt{3})\frac{\sqrt{3}}{2}mg = ma_A$ 에서 $a_A = (2-\sqrt{3})g$ 이다. B는 [중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $mg\sin 60^\circ$ - 운동 마찰력 $\mu'mg\cos 60^\circ$]의 알짜힘으로 속력이 증가하는 등가속도 운동을 하므로 $\frac{\sqrt{3}}{2}mg - (2-\sqrt{3})\frac{1}{2}mg = ma_B$ 에서 $a_B = (\sqrt{3}-1)g$ 이다. 즉, $\frac{a_B}{a_A} = \frac{\sqrt{3}-1}{2-\sqrt{3}} = 1+\sqrt{3}$ 이다.

- 07 ㄱ. A에는 중력 $\vec{W}$, 수직 항력 $\vec{N}$, 줄의 장력 $\vec{T}$ 가 다음과 같이 작용한다.



A가 정지해 있으므로 [중력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $W\sin 30^\circ$]와 [장력의 빗면과 나란한 방향의 분력 $T\cos 30^\circ$]는 힘의 평형을 이룬다. W 는 20 N이므로 $W\sin 30^\circ - T\cos 30^\circ = (20 \text{ N}) \times \frac{1}{2} - T \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0$ 에서 $T = \frac{20\sqrt{3}}{3}$ N이다.

ㄴ. A에 A의 중력 $\vec{W}$, 빗면으로부터 받는 수직 항력 $\vec{N}$, 줄의 장력 $\vec{T}$ 가 작용하여 정지해 있으므로 [중력의 빗면과 수직인 방향의 분력 $W\cos 30^\circ$]와 [장력의 빗면과 수직인 방향의 분력 $T\sin 30^\circ$ + 수직 항력 N]은 힘의 평형을 이룬다. 따라서 $N + T\sin 30^\circ - W\cos 30^\circ$

$$= N + \left(\frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ N}\right) \times \frac{1}{2} - (20 \text{ N}) \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0 \text{에서}$$

$N = \frac{20\sqrt{3}}{3}$ N으로, A가 빗면으로부터 받는 수직 항력의 크기는 줄의 장력의 크기와 같다.

[바로알기] ㄷ. 저울의 눈금은 저울로부터 받는 수직 항력의 크기와 같다. B가 받는 줄의 장력의 크기는

$T = \frac{20\sqrt{3}}{3}$ N이고, B에는 [줄의 장력 $\frac{20\sqrt{3}}{3}$ N + 저울로부터 받는 수직 항력 N_B]와 [B에 작용하는 중력 20 N]이 힘의 평형을 이루므로 $\frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ N} + N_B = 20 \text{ N}$ 에서

$$N_B = \left(20 - \frac{20\sqrt{3}}{3}\right) \text{ N} \text{이다.}$$

- 08 ㄱ. (가)에서 실이 끊어지기 전에 A와 B가 등속도 운동을 하므로 A와 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 A에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 방향의 분력과 B에 작용하는 중력의 크기가 같으므로 $m_A g \sin \theta = m_B g$ 이다.

ㄷ. (나)에서 실이 끊어진 후 A와 B는 서로 다른 가속도로 운동을 한다. A가 정지할 때까지의 시간을 t 라고 하면 A는 처음 속도 v , $g\sin \theta$ 의 가속도 크기로 운동을 하여 t 시간 후에 속력이 0이 되므로 $0 = v - g\sin \theta \times t$ 에서

$$t = \frac{v}{g\sin \theta} \text{이다.}$$

B는 처음 속도가 v , 가속도가 $g\sin \theta$ 인 등가속도 운동을 하므로 $v' = v + gt = v + g \frac{v}{g\sin \theta} = v + \frac{v}{\sin \theta}$ 이다.

[바로알기] ㄴ. (나)에서 실이 끊어지고 A는 처음 속도 v , $g\sin \theta$ 의 가속도 크기로 등가속도 운동을 하여 s 만큼 이동한 후 정지하므로 $0^2 - v^2 = -2g\sin \theta \times s$ 에서

$$s = \frac{v^2}{2g\sin \theta} \text{이다.}$$

02 포물선 운동

중요 개념 체크

28쪽

- 1 $\frac{v_0^2}{2g}$ 2 등속도, 등가속도 3 $\frac{v_0 \sin \theta}{g}, \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$
4 (1) ○ (2) ○ (3) ×

탐구 확인 문제

29쪽

1 ㄱ, ㄷ

- 1 ㄱ. 물체의 처음 속도를 v_0 이라고 하면 처음 속도의 수평 성분은 $v_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$, 연직 성분은 $v_0 \sin 30^\circ = \frac{1}{2} v_0$ 이다. 최고점 높이가 20 m이므로 $\frac{\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2g} = \frac{v_0^2}{80} = 20(\text{m})$ 에서 $v_0 = 40(\text{m/s})$ 이다. 따라서 최고점에서 물체의 속도는 처음 속도의 수평 성분과 같은 $\frac{\sqrt{3}}{2} v_0 = 20\sqrt{3}(\text{m/s})$ 이므로, 최고점에서 운동 에너지는 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (20\sqrt{3} \text{ m/s})^2 = 1200 \text{ J}$ 이다.
ㄷ. 수평면에 도달할 때 물체의 위치 에너지는 0이므로 물체의 운동 에너지는 물체의 역학적 에너지와 같다. 처음 역학적 에너지가 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (40 \text{ m/s})^2 = 1600 \text{ J}$ 이므로 수평면에 도달할 때 운동 에너지는 1600 J이다.
[바로 알기] ㄴ. 물체가 운동하는 동안 역학적 에너지는 보존되므로 최고점에서 역학적 에너지는 처음 물체의 운동 에너지와 같은 1600 J이다.

개념 기본 문제

30쪽~31쪽

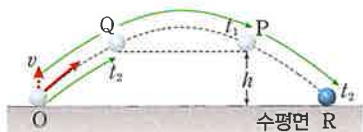
- 01 (1) $\frac{v_0}{g}$ (2) $\frac{v_0^2}{2g}$ 02 (1) $\frac{v}{g}$ (2) $\frac{2v^2}{g} (=4h)$
03 $\frac{\sqrt{gh}}{v}$ 04 ⑤
05 (1) $\sqrt{3} \text{ s}$, 15 m (2) $2\sqrt{3} \text{ s}$, $20\sqrt{3} \text{ m}$ 06 ④
07 $\frac{1}{2}gt_1t_2$ 08 (1) 3 s (2) $30\sqrt{3} \text{ m}$ 09 ②
10 (1) $\sqrt{gh}$ (2) $\frac{\sqrt{3}}{2}h$ 11 (1) 84 J (2) 모두 같다.

- 01 (1) 물체는 등가속도 운동을 하고 최고점에서 속력이 0이므로, 최고점에 도달하는 데 걸린 시간을 t 라고 하면 $0 = v_0 - gt$ 에서 $t = \frac{v_0}{g}$ 이다.
(2) 최고점의 높이를 H 라고 하고 등가속도 운동의 식 $2as = v^2 - v_0^2$ 에 최고점의 상황을 대입하면 $0^2 - v_0^2 = -2gH$ 에서 $H = \frac{v_0^2}{2g}$ 이다.
- 02 (1) A와 B 모두 가속도 g 로 등가속도 운동을 하고 충돌 순간 A의 속력이 0이므로 충돌할 때까지 시간을 T 라고 하면 $0 = v - gT$ 에서 $T = \frac{v}{g}$ 이다.
(2) A와 B가 충돌할 때까지 걸린 시간이 $T = \frac{v}{g}$ 이므로 이 시간 동안 B가 낙하한 거리는 B가 출발한 지점에서 높이 h 까지의 거리이다. 이 거리를 y 라고 하면 $y = vT + \frac{1}{2}gT^2 = \frac{v^2}{g} + \frac{1}{2}g\left(\frac{v}{g}\right)^2 = \frac{3v^2}{2g}$ 이다. h 는 A의 최고점 높이이므로 $h = \frac{v^2}{2g}$ 이다. 따라서 B가 출발한 지점의 높이는 $h + y = \frac{v^2}{2g} + \frac{3v^2}{2g} = \frac{2v^2}{g} (=4h)$ 이다.
- 03 물체는 수평 방향으로 등속도 운동하므로 $v_x = v$ 이다. 연직 방향으로서는 처음 속도가 0인 등가속도 운동을 하므로 $v_y^2 - 0^2 = 2g \times \frac{h}{2}$ 에서 $v_y = \sqrt{gh}$ 이다. 즉, $\frac{v_y}{v_x} = \frac{\sqrt{gh}}{v}$ 이다.
- 04 A와 B 모두 연직 방향으로 처음 속력이 0이고 가속도가 10 m/s^2 인 등가속도 운동을 한다. 따라서 A가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간 T_A 는 $\frac{1}{2} \times 10(\text{m/s}^2) \times T_A^2 = 20(\text{m})$ 에서 $T_A = 2(\text{s})$, B가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간 T_B 는 $\frac{1}{2} \times 10(\text{m/s}^2) \times T_B^2 = 45(\text{m})$ 에서 $T_B = 3(\text{s})$ 이다. A와 B가 수평면에 도달할 때까지 수평 방향으로서는 등속도 운동을 하므로 $R_A = 20 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} = 40 \text{ m}$, $R_B = 10 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 30 \text{ m}$ 에서 $R_A : R_B = 4 : 3$ 이다.
- 05 (1) 속도의 수평 방향 성분은 $20 \text{ m/s} \times \cos 60^\circ = 10 \text{ m/s}$ 이고, 연직 방향 성분은 $20 \text{ m/s} \times \sin 60^\circ = 10\sqrt{3} \text{ m/s}$ 이다. 물체는 중력만을 받아 운동하므로 최고점 도달 시간을 T 라고 할 때 물체는 최고점에서 연직 방향 속력이 0이 되므로 $0 = 10\sqrt{3} - 10T$ 에서 $T = \sqrt{3}(\text{s})$ 이다. 최고점에서 연직 방향 속력이 0이 되므로 최고점 높이를 H 라고 하면 $0^2 - (10\sqrt{3})^2 = -2 \times 10 \times H$ 에서 $H = 15(\text{m})$ 이다.

(2) 수평면에 도달할 때까지 수평 방향으로 10 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하고, 최고점 도달 시간이 $\sqrt{3}$ s이므로 수평면에 도달하는 시간은 $2\sqrt{3}$ s이다. 따라서 수평 도달 거리는 $10(\text{m/s}) \times 2\sqrt{3}(\text{s}) = 20\sqrt{3}(\text{m})$ 이다.

06 수평면과 θ 의 각으로 속력 v 로 던진 물체는 공기 저항을 무시하면 중력 가속도만을 받으며 포물선 운동을 하며, 물체는 최고점에서 연직 방향 속력이 0이 된다. 발사각이 θ 일 때 수평 도달 거리와 발사각이 $90^\circ - \theta$ 일 때 수평 도달 거리는 같지만, 수평 도달 거리까지 걸리는 시간은 다르다.

07 포물선 운동에서 최고점까지 올라갈 때의 운동과 최고점에서 수평면에 도달할 때까지의 운동이 서로 대칭이다. 그림과 같이 물체의 운동 경로에서 높이가 h 인 두 지점을 Q와 P, 출발점을 O, 도착점을 R라고 하면 Q와 P에서 속력은 같고, O와 R에서 속력이 같다. 또 O에서 Q까지 가는 데 걸린 시간과 P에서 R까지 가는 데 걸린 시간이 같다.



O에서 연직 방향 속력을 v 라고 하면 P에서 시간은 t_1 , 가속도는 $-g$ 이므로 높이 h 는 다음과 같다.

$$h = vt_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 \quad \dots\dots ①$$

O에서 Q까지의 운동은 P에서 R까지의 운동과 대칭이다. 따라서 O에서 Q까지 시간은 t_2 , 처음 속력이 v 이므로 높이 h 는 다음과 같다.

$$h = vt_2 - \frac{1}{2}gt_2^2 \quad \dots\dots ②$$

①, ②에서 $vt_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = vt_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$ 이고 $t_1 > t_2$ 이므로 $v(t_1 - t_2) = \frac{1}{2}g(t_1^2 - t_2^2)$ 에서 $v = \frac{1}{2}g(t_1 + t_2)$ 이다. 이 값을 ①에 대입하면 $h = \frac{1}{2}gt_1(t_1 + t_2) - \frac{1}{2}gt_1^2 = \frac{1}{2}gt_1t_2$ 이다.

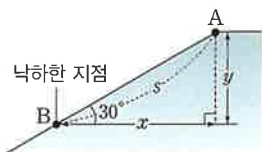
08 (1) 던진 위치를 기준 위치로 할 때 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 물체가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간을 t 라고 하면

$$-15 \text{ m} = (20 \text{ m/s} \times \sin 30^\circ \times t) - \left(\frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times t^2\right)$$

에서 $t = 3 \text{ s}$ 이다.

(2) 물체가 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로 수평 이동 거리를 R 라고 하면 $20 \text{ m/s} \times \cos 30^\circ \times 3 \text{ s} = R$ 에서 $R = 30\sqrt{3} \text{ m}$ 이다.

09 그림과 같이 A에서 B까지의 수평 거리를 x , 낙하 높이를 y , 빗면의 길이를 s 라고 하면 수평 방향으로



는 등속도 운동을 하므로 $x = s \cos 30^\circ = 5t(\text{m})$, 연직 방향으로는 자유 낙하 운동을 하므로 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 에서

$$y = s \sin 30^\circ = \frac{1}{2}gt^2 = 5t^2(\text{m}) \text{이다. 이때 } \tan 30^\circ = \frac{y}{x} = \frac{5t^2}{5t} = t \text{이므로 } s = \frac{5t}{\cos 30^\circ} = \frac{5 \tan 30^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{10}{3}(\text{m}) \text{이다.}$$

10 (1) 물체는 OP 사이에서 처음 속력이 0, 가속도가 $g \sin 30^\circ = \frac{g}{2}$ 인 등가속도 운동을 하므로 P에서 속력을 v 라고 하면 $v^2 - 0^2 = 2 \times \frac{g}{2} \times h$ 에서 $v = \sqrt{gh}$ 이다.

(2) 물체가 P에서 빗면을 벗어나 QR 사이에서 운동할 때 연직 방향으로 처음 속력이 $v \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{gh}}{2}$ 이고 가속도가 g 인 등가속도 운동을 한다. 연직 방향으로 h 만큼 이동하는 동안 걸린 시간을 T 라고 하면

$$\frac{\sqrt{gh}}{2}T + \frac{1}{2}gT^2 = h \text{에서 } \frac{1}{2}gT^2 + \frac{\sqrt{gh}}{2}T - h = 0 \text{인 } T \text{에 관한 이차 방정식이므로 근의 공식을 이용하면}$$

$$T = \frac{-\frac{\sqrt{gh}}{2} \pm \sqrt{\frac{gh}{4} + 4 \times \frac{g}{2} \times h}}{2 \times \frac{g}{2}} \text{에서 } T > 0 \text{이므로}$$

$$T = \frac{-\frac{\sqrt{gh}}{2} + \frac{3\sqrt{gh}}{2}}{g} = \sqrt{\frac{h}{g}} \text{이다. QR 사이에서 수평 방향으로는 } v \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3gh}}{2} \text{의 속력으로 등속도 운동을 하므로 QR 사이의 거리는 } \frac{\sqrt{3gh}}{2} \times \sqrt{\frac{h}{g}} = \frac{\sqrt{3}}{2}h \text{이다.}$$

11 (1) B의 중력에 의한 위치 에너지는 $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} = 20 \text{ J}$ 이고, B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (8 \text{ m/s})^2 = 64 \text{ J}$ 이므로 역학적 에너지는 84 J이다.

(2) 세 물체가 출발할 때 높이와 속력이 같으므로 역학적 에너지는 같다. 마찰을 무시할 때 역학적 에너지는 보존되므로 수평면에 도달하는 순간 역학적 에너지는 모두 같다.

01 ⑤ 02 ④ 03 ④ 04 ④ 05 ③ 06 ①
07 ① 08 ②

01 ㄱ. A는 연직 방향으로 처음 속도가 0이고, 가속도가 g 인 등가속도 운동을 한다. 수평면에 도달할 때까지의 시간을 T 라고 하면 $h = \frac{1}{2}gT^2$ 에서 $T = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.

ㄴ. 수평 방향 이동 거리가 A가 B의 2배이므로 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간도 A가 B의 2배이다. 따라서 수평면에 도달할 때까지 B가 걸린 시간은 $\frac{T}{2}$ 이므로 이 사이

에 낙하한 거리 $y = \frac{1}{2}g\left(\frac{T}{2}\right)^2 = \frac{1}{8}gT^2 = \frac{h}{4}$ 이다.

ㄷ. A와 B의 수평 방향 속력을 v 라고 하면 시간 T 동안 A가 $2h$ 이동하므로 $vT = 2h$, $v = \frac{2h}{T} = \sqrt{2gh}$ 이다.

수평면을 기준 위치로 할 때 R에서 두 물체의 위치 에너지는 0이므로 역학적 에너지는 운동 에너지와 같다. 역학적 에너지는 보존되므로 P와 R에서 A의 역학적 에너지는 같고, Q와 R에서 B의 역학적 에너지는 같다. 따라서 역학적 에너지가 A는

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mgh + mgh = 2mgh \text{이고 B는}$$

$$\frac{1}{4}mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{4}mgh + mgh = \frac{5}{4}mgh \text{이므로 A의}$$

운동 에너지는 B의 운동 에너지의 $\frac{8}{5}$ 배이다.

02 ㄱ. 처음 속도의 수평 방향 성분을 v_{0x} , 연직 방향 성분을 v_{0y} 라고 하면 $v_{0x} = 40 \text{ m/s} \times \cos 60^\circ = 20 \text{ m/s}$, $v_{0y} = 40 \text{ m/s} \times \sin 60^\circ = 20\sqrt{3} \text{ m/s}$ 이다. 최고점에서 속도의 연직 방향 성분이 0이므로 최고점 도달 시간을 T 라고 하면 $v_{0y} - gT = 0$ 에서 $T = \frac{20\sqrt{3} \text{ m/s}}{10 \text{ m/s}^2} = 2\sqrt{3} \text{ s}$ 이다.

ㄷ. 수평 방향으로의 처음 속력 20 m/s 로 8초 동안 등속도 운동을 하므로 수평면에 도달할 때까지 수평 방향으로 이동한 거리는 $20 \text{ m/s} \times 8 \text{ s} = 160 \text{ m}$ 이다.

[바로알기] ㄴ. 연직 방향으로의 처음 속력 $20\sqrt{3} \text{ m/s}$, 가속도 $-g$ 인 등가속도 운동을 하고, 8초일 때 연직 방향의 변위가 $-h$ 이므로 $20\sqrt{3} \text{ m/s} \times 8 \text{ s} - \frac{1}{2}g(8 \text{ s})^2 = -h$ 에서 $h = 160(2 - \sqrt{3}) \text{ m}$ 이다.

03 ㄴ. A와 B가 충돌하는 순간 운동 방향이 서로 수직이고, B의 운동 방향이 연직 아래 방향이므로 A의 운동 방향은 수평 방향이다. 따라서 충돌 순간 A는 최고점에 도달한다. 충돌 순간까지 A는 연직 방향으로 가속도가 -10 m/s^2 이고 처음 속력 $v_{0y} = 20 \text{ m/s} \times \sin 45^\circ = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$ 인 등가속도 운동을 한다. 최고점 도달 시간을 T 라고 하면 최고점에서 연직 방향 속력이 0이므로 $10\sqrt{2} - 10T = 0$ 에서 $T = \sqrt{2}(\text{s})$ 이다. 충돌 순간 A의 속력은 연직 방향의 속력이 0이므로 처음 속력의 수평 성분과 같아

$$v_{0x} = 20 \text{ m/s} \times \cos 45^\circ = 10\sqrt{2} \text{ m/s} \text{이다. A가 충돌할 때까지 } \sqrt{2} \text{ 초 동안 수평 방향으로의 } 10\sqrt{2} \text{ m/s의 속력으로 등속도 운동을 하므로 } x = 10\sqrt{2} \text{ m/s} \times \sqrt{2} \text{ s} = 20 \text{ m},$$

$$y = 10\sqrt{2} \text{ m/s} \times \sqrt{2} \text{ s} - \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (\sqrt{2} \text{ s})^2 = 10 \text{ m}$$

$$\text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} = \frac{10 \text{ m}}{20 \text{ m}} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

ㄷ. B는 자유 낙하하므로 B가 낙하하기 시작하여 충돌할 때까지 낙하한 거리는 $\frac{1}{2}gT^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (\sqrt{2})^2 = 10(\text{m})$ 이다. 이때 $y = 10 \text{ m}$ 이므로 B가 낙하하기 시작하여 수평면에 도달할 때까지 이동한 거리는 $10 \text{ m} + y = 20 \text{ m}$ 이다. 따라서 수평면에 도달할 때까지 시간을 t 라고 하면 $\frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times t^2 = 20$ 에서 $t = 2(\text{s})$ 이다.

[바로알기] ㄱ. 충돌 순간 A의 속력은 연직 방향으로의 0, 수평 방향으로의 $20 \text{ m/s} \times \cos 45^\circ = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$ 이고, B의 속력은 $gT = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$ 이다. 즉, A와 B의 충돌 순간 속력은 같다.

04 ㄴ. P에서 Q까지 운동하는 동안 물체의 운동 에너지 증가는 $\frac{1}{4}mv_0^2 - \frac{1}{8}mv_0^2 = \frac{1}{8}mv_0^2$ 이다. 따라서 물체에 작용하는 알짜힘은 중력이므로 P에서 Q까지 중력이 물체에 한 일은 $\frac{1}{8}mv_0^2$ 이다.

ㄷ. 역학적 에너지가 보존되므로 O에서 P까지의 높이차를 H , O에서 Q까지의 높이차를 h , 중력 가속도의 크기를 g 라고 하면 O에서 P의 높이차와 O에서 Q의 높이차는 각각 다음과 같다.

• O에서 P의 높이차(H)

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{8}mv_0^2 + mgH \text{에서 } H = \frac{3v_0^2}{8g}$$

• O에서 Q의 높이차(h)

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{4}mv_0^2 + mgh \text{에서 } h = \frac{v_0^2}{4g}$$