

완자 · 역학과 에너지

내신만점 · 실력UP 집중

I 시공간과 운동

1 힘과 운동

03

등속 원운동과 진자 운동

내신만점 · 실력UP

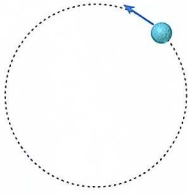
I-1-03 등속 원운동과 진자 운동



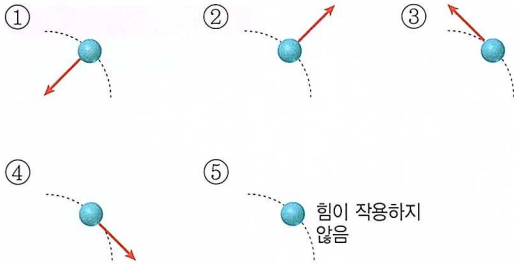
내신 만점 문제

A 등속 원운동

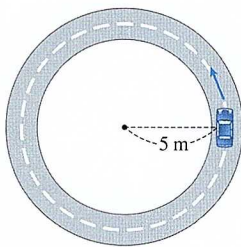
01 그림은 물체가 화살표 방향으로 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다.



물체에 작용하는 알짜힘을 가장 적절하게 나타낸 것은?



02 그림은 수평면에서 자동차가 반지름이 5 m인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 자동차는 4초 동안 10바퀴를 회전한다.



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

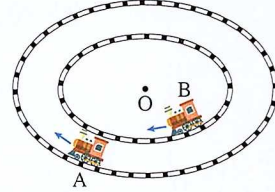
[보기]

- ㄱ. 1바퀴를 회전하는 동안 이동한 거리는 10 m이다.
- ㄴ. 주기는 0.4초이다.
- ㄷ. 속력은 25π m/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

B 구심 가속도와 구심력

03 그림은 장난감 기차 A, B가 레일을 따라 점 O를 중심으로 각각 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A가 2바퀴 회전하는 동안 B는 1바퀴 회전한다.



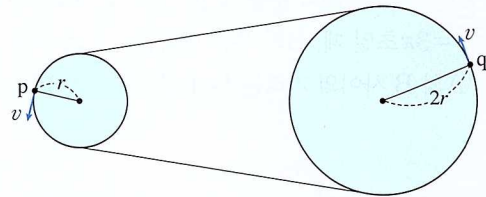
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 장난감 기차의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 속력은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 구심 가속도의 크기는 A가 B의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 그림은 반지름이 각각 r , $2r$ 인 두 바퀴가 벨트로 연결되어 일정한 속력 v 로 회전하는 모습을 나타낸 것이다. p, q는 각 바퀴의 가장자리에 고정된 점이다.



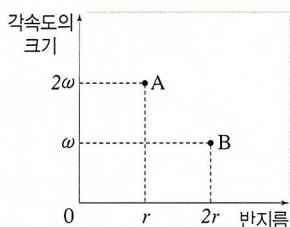
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. 각속도의 크기는 p에서와 q에서가 같다.
- ㄴ. 주기는 q에서가 p에서의 2배이다.
- ㄷ. 구심 가속도의 크기는 p에서가 q에서의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 그림은 등속 원운동을 하는 물체 A, B의 각속도의 크기와 원 궤도의 반지름을 나타낸 것이다. 질량은 A가 B의 2배이다.



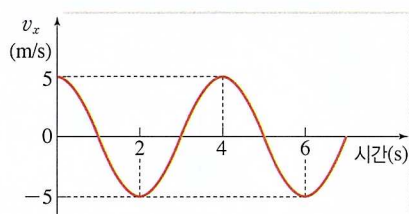
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. 주기는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 속력은 A와 B가 같다.
- ㄷ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A가 B의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림은 xy 평면에서 원점을 중심으로 시계 방향으로 등속 원운동을 하는 물체의 속도의 x 성분 v_x 를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

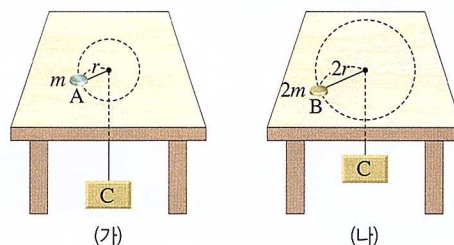
[보기]

- ㄱ. 원 궤도의 반지름은 $\frac{10}{\pi}$ m이다.
- ㄴ. 3초일 때, 물체의 운동 방향은 $-y$ 방향이다.
- ㄷ. 물체에 작용하는 구심력의 방향은 2초일 때와 4초일 때가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

서술형

07 그림 (가), (나)는 물체 A, B가 각각 물체 C와 실로 연결되어 수평면에서 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m , $2m$ 이고, 원 궤도의 반지름은 각각 r , $2r$ 이다.

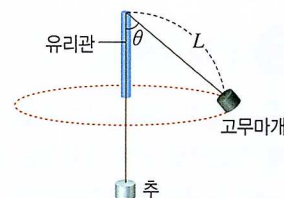


A, B의 주기를 비교하여 서술하시오. (단, 실의 질량은 무시한다.)

08 다음은 등속 원운동의 주기를 측정하는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 유리관에 실을 통과시킨 후 한쪽에는 고무마개를, 다른 쪽 끝에는 추를 매단다.



(나) 유리관과 실이 이루는 각 θ 를 일정하게 유지하면서 고무마개를 일정한 속력으로 회전시켜, 10바퀴를 회전하는 데 걸리는 시간을 측정하여 주기를 구한다.

(다) 유리관과 실이 이루는 각은 θ 로 유지한 채로 유리관 끝에서 고무마개까지의 거리 L 과 추의 개수를 변화시키며 과정 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

(단, 실의 질량 무시)

실험	추의 개수(개)	L (m)	주기(초)
I	2	0.3	T_1
II	4	0.3	T_2
III	4	0.2	T_3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

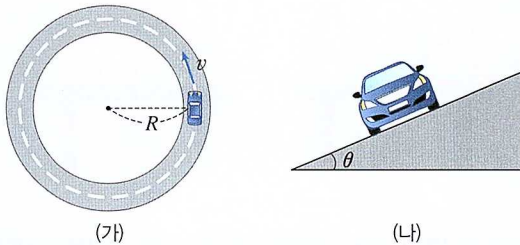
[보기]

- ㄱ. 고무마개에 작용하는 구심력의 크기는 I에서가 II에서보다 크다.
- ㄴ. 고무마개의 속력은 II에서와 III에서가 같다.
- ㄷ. $T_1 > T_2 > T_3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

서술형

09 그림 (가)는 수평면과 도로가 이루는 각이 θ 인 원형 도로에서 자동차가 v 의 속력으로 원 궤도의 반지름이 R 인 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 원형 도로의 단면을 나타낸 것이다.

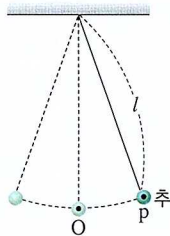


R 을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 중력 가속도는 g 이고, 자동차의 크기와 모든 마찰은 무시한다.)

C 진자 운동

10 그림은 길이가 l 인 실에 매달려 점 O 를 중심으로 왕복 운동하는 추가 최고 점 p 에 도달한 순간의 모습을 나타낸 것이다.

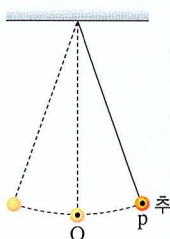
추의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



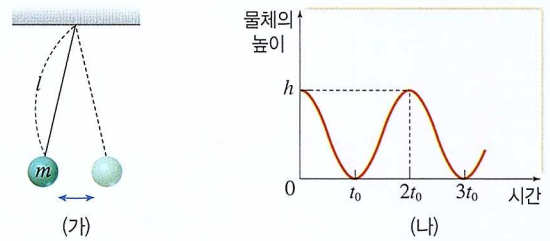
- [보기]
- ㄱ. 속력은 O 에서 최대이다.
 - ㄴ. 추에 작용하는 알짜힘의 크기는 O 에서와 p 에서 같다.
 - ㄷ. O 에서 추에 작용하는 알짜힘은 실이 추를 당기는 힘이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 그림은 추가 실에 매달려 점 O 를 중심으로 왕복 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 점 p 는 추의 최고점이다. O , p 에서 추에 작용하는 알짜힘의 방향을 각각 화살표로 나타내시오. (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



12 그림 (가)는 질량이 m 인 물체가 길이가 l 인 실에 매달려 왕복 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 물체의 최하점으로부터 물체의 높이를 시간에 따라 나타낸 것이다.

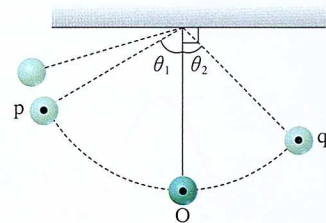


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- [보기]
- ㄱ. 가속도의 크기는 t_0 일 때가 $2t_0$ 일 때보다 작다.
 - ㄴ. $2t_0$ 부터 $3t_0$ 까지 물체의 속력은 감소한다.
 - ㄷ. 물체의 운동 방향은 t_0 일 때와 $3t_0$ 일 때가 서로 반대이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

13 그림은 실에 매달린 물체를 가만히 놓았더니 점 p , O , q 를 지나며 운동하는 모습을 나타낸 것이다. O 는 물체가 운동하는 경로상의 최하점이며, p , q 에서 실이 연직 방향과 이루는 각은 각각 θ_1 , θ_2 이다. $\theta_1 > \theta_2$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

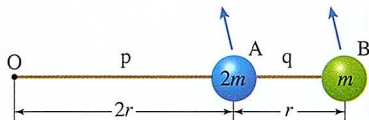
- [보기]
- ㄱ. 물체에 작용하는 중력의 방향은 p 에서와 q 에서가 같다.
 - ㄴ. O 에서 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 물체에 작용하는 중력의 방향과 같다.
 - ㄷ. 물체의 속력은 p 에서가 q 에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ



실력 UP 문제

01 그림은 막대 p, q에 연결된 물체 A, B가 점 O를 중심으로 각각 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. p, q의 길이는 각각 $2r$, r 이고, A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이다.



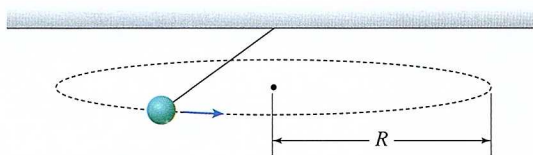
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, p와 q는 일직선을 이루며, 막대의 질량, 물체의 크기는 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. 각속도의 크기는 A와 B가 같다.
- ㄴ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A가 B의 $\frac{4}{3}$ 배이다.
- ㄷ. p가 A에 작용하는 힘의 크기는 q가 B에 작용하는 힘의 크기의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

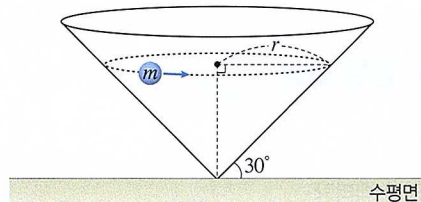
02 그림과 같이 물체가 실에 매달려 주기가 T 인 등속 원운동을 한다. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기의 2배이다. 물체의 가속도의 크기는 a 이고, 원 궤도의 반지름은 R 이다.



a 와 R 로 옳은 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

- | | | | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|
| $\frac{a}{\sqrt{2}g}$ | $\frac{R}{\frac{\sqrt{3}gT^2}{4\pi^2}}$ | $\frac{a}{\sqrt{3}g}$ | $\frac{R}{\frac{\sqrt{3}gT^2}{4\pi^2}}$ |
| ① $\sqrt{2}g$ | | ② $\sqrt{3}g$ | |
| ③ $\sqrt{2}g$ | $\frac{\sqrt{3}gT^2}{2\pi^2}$ | ④ $\sqrt{3}g$ | $\frac{\sqrt{3}gT^2}{2\pi^2}$ |
| ⑤ $\sqrt{2}g$ | $\frac{\sqrt{3}gT^2}{\pi^2}$ | | |

03 그림과 같이 질량이 m 인 물체가 수평면과 이루는 각이 30° 인 원뿔면에서 반지름이 r 인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 한다.



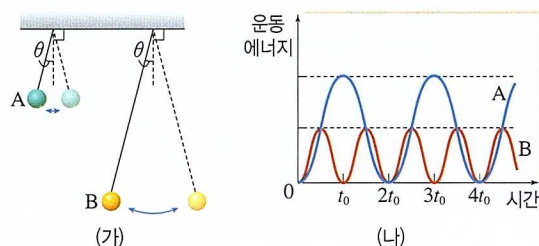
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수평면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 중력 가속도는 g 이며, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

[보기]

- ㄱ. 원뿔면이 물체에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{4}mg$ 이다.
- ㄴ. 물체의 가속도의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{3}g$ 이다.
- ㄷ. 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지의 $\sqrt{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 그림 (가)는 물체 A, B가 실에 매달려 왕복 운동하는 모습을 나타낸 것으로, A, B에 연결된 실이 연직 방향과 이루는 각의 최댓값은 θ 로 같다. 그림 (나)는 A, B의 운동 에너지를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

[보기]

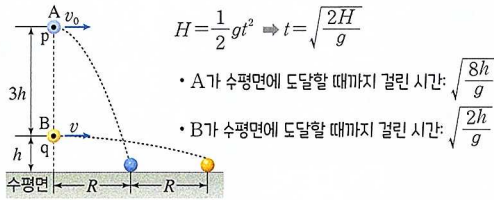
- ㄱ. A가 1회 왕복하는 데 걸린 시간은 $2t_0$ 이다.
- ㄴ. A의 가속도의 크기는 t_0 일 때가 $2t_0$ 일 때보다 크다.
- ㄷ. t_0 일 때, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 및 해설

내신만점문제 · 실력UP문제
등속 원운동과 진자 운동

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.

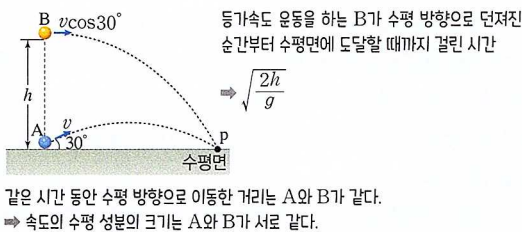
$$\therefore E_A = 4mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = 4mgh + \frac{1}{2}m(\sqrt{gh})^2 = \frac{9}{2}mgh$$

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

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) $\circ$ (3) $\circ$ 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) $\circ$

- 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.

(2) 구심 가속도의 크기는 $a = \frac{v^2}{r}$ 으로 속력의 제곱에 비례하고 반지름에 반비례한다. 따라서 속력이 일정할 때 반지름이 작을수록 구심 가속도의 크기가 크다.

(3) 진동수와 주기는 서로 역수 관계이므로 주기는 $\frac{1}{5 \text{ Hz}} = 0.2 \text{ 초}$ 이다.

3 (1) $\omega = \frac{v}{r} = \frac{\pi}{4} \text{ (rad/s)}$ 이다.

(2) $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \times 4}{\pi} = 8 \text{ (초)}$ 이다.

(3) $a = \frac{v^2}{r} = \frac{\pi^2}{4} \text{ (m/s}^2\text{)}$ 이다.

(4) $F = ma = \frac{mv^2}{r} = \frac{2 \times \pi^2}{4} = \frac{\pi^2}{2} \text{ (N)}$ 이다.

4 A의 구심 가속도의 크기는 $\frac{4\pi^2(3r)}{T^2} = 12 \frac{\pi^2 r}{T^2}$ 이고, B의 구심 가속도의 크기는 $\frac{4\pi^2 r}{(2T)^2} = \frac{\pi^2 r}{T^2}$ 이다. 따라서 구심 가속도의 크기는 A가 B의 12배이다.

5 (가)에서는 지구가 달에 작용하는 중력이 구심력 역할을 하고, (나)에서는 원자핵이 전자에 작용하는 전기력이 구심력 역할을 한다.

6 (1) 물체의 속력은 최고점 A, B에서 0이고, 최저점 O에서 최대이다.

(2) 최저점에서 가속도의 크기는 최소이지만, 0은 아니다.

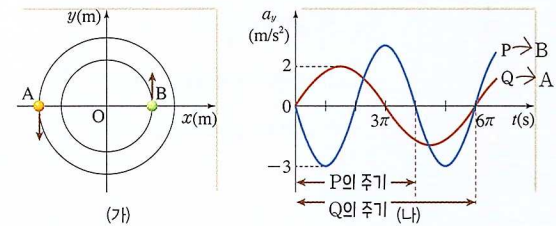
(3) 최저점에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 최소이다.

대표 자료 분석

33쪽

1 $\frac{3}{2}$ 배 **2** 2 m/s^2 **3** (1) $-y$ (2) $+x$ (3) 크다 **4** (1) ○
(2) × (3) ×

꼼꼼 문제 분석



- 주기는 Q가 P의 $\frac{3}{2}$ 배이다. $\Rightarrow$ 각속도의 크기는 P가 Q의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- P의 가속도의 크기는 3 m/s^2 이고, Q의 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.

1 P의 주기는 4π 초이고, Q의 주기는 6π 초이다.

$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$ 이므로 주기와 각속도의 크기는 서로 반비례한다. 따라서 각속도의 크기는 P가 Q의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

2 주기는 Q가 P의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 각속도의 크기는 P가 Q의 $\frac{3}{2}$ 배이다. P, Q의 반지름을 각각 r_P , r_Q 라 하고, 각속도의 크기를 각각 ω_P , ω_Q 라고 하자. a_y 의 최댓값은 P가 Q의 $\frac{3}{2}$ 배이므로

$\frac{3}{2} = \frac{r_P \omega_P^2}{r_Q \omega_Q^2}$ 이고, 이를 정리하면, $\frac{r_P}{r_Q} = \frac{2}{3}$ 이다. (가)에서 원 궤도의 반지름은 A가 B보다 크므로 A의 a_y 를 나타낸 것은 Q이다. 따라서 A의 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.

3 (나)에서 P는 B, Q는 A의 a_y 를 나타낸다.

(1) $t=0$ 직후 A의 a_y 는 $+y$ 방향으로 크기가 증가한다. 등속 원운동을 하는 물체의 가속도 방향은 원의 중심 방향이므로 A는 시계 반대 방향으로 회전한다. 따라서 $t=0$ 일 때 A의 운동 방향은 $-y$ 방향이다.

(2) $t=0$ 직후 B의 a_y 는 $-y$ 방향으로 크기가 증가한다. 따라서 $t=0$ 일 때 B의 운동 방향은 $+y$ 방향이다. 즉, B는 시계 반대 방향으로 회전한다. $t=3\pi$ 초일 때, B의 a_y 는 $+y$ 방향이므로 B의 운동 방향은 $+x$ 방향이다.

(3) A, B의 원 궤도의 반지름을 각각 r_A , r_B 라고 하자. (가)에서와 같이 $t=0$ 일 때 A와 B 사이의 거리는 $r_A + r_B$ 이다. $t=6\pi$ 초일 때 A의 위치는 $(-r_A, 0)$ 이고 B의 위치는 $(-r_B, 0)$ 이므로 A와 B 사이의 거리는 $r_A - r_B$ 이다. 따라서 A와 B 사이의 거리는 $t=0$ 일 때가 $t=6\pi$ 초일 때보다 크다.

4 (1) A는 시계 반대 방향으로 회전한다. $t=3\pi$ 초일 때 A의 a_y 는 0이고, $t=3\pi$ 초가 지난 직후 a_y 는 $-y$ 방향으로 크기가 증가하므로 $t=3\pi$ 초일 때 A는 $(r_A, 0)$ 를 $+y$ 방향으로 지난다.

(2) A의 가속도의 크기는 2 m/s^2 이므로 $2=r_A\omega_A^2=r_A\left(\frac{2\pi}{6\pi}\right)^2$ 이다. 따라서 $r_A=18\text{ m}$ 이므로 A의 속력은 $r_A\omega_A=18\times\frac{1}{3}=6(\text{m/s})$ 이다.

(3) A와 B는 모두 시계 반대 방향으로 회전한다. $t=6\pi$ 초일 때 A의 위치는 $(-r_A, 0)$ 이고 B의 위치는 $(-r_B, 0)$ 이므로 A와 B의 운동 방향은 $-y$ 방향으로 서로 같다.

내신 만점 문제

34쪽~36쪽

- | | | | | | |
|----------|------|----------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ⑤ | 03 ④ | 04 ② | 05 ② | 06 ① |
| 07 해설 참조 | 08 ③ | 09 해설 참조 | 10 ① | | |
| 11 해설 참조 | 12 ④ | 13 ⑤ | | | |

01 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘은 원의 중심 방향으로 작용하는 구심력이다. 따라서 물체에 작용하는 알짜힘을 가장 적절하게 나타낸 것은 ①이다.

02 ㄴ. 원운동의 주기는 1바퀴 회전하는 데 걸린 시간이다. 따라서 주기는 $\frac{4\text{초}}{10}=0.4\text{초}$ 이다.

ㄷ. 자동차는 0.4초 동안 1바퀴 회전하므로 자동차의 속력은 $\frac{10\pi}{0.4}=25\pi(\text{m/s})$ 이다.

바로알기 ㄱ. 1바퀴를 회전하는 동안 이동한 거리는 $2\pi r=2\pi\times 5=10\pi(\text{m})$ 이다.

03 ㄱ. A가 2바퀴 회전하는 동안 B는 1바퀴 회전하므로 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

ㄴ. 등속 원운동을 하는 물체의 속력은 $v=r\omega$ (r : 원 궤도의 반지름, ω : 각속도의 크기)이다. 각속도의 크기와 원 궤도의 반지름 모두 A가 B보다 크므로 속력은 A가 B보다 크다.

바로알기 ㄷ. 구심 가속도의 크기는 $a=r\omega^2$ 이다. 각속도의 크기는 A가 B의 2배이고 반지름은 A가 B보다 크므로 구심 가속도의 크기는 A가 B의 4배보다 크다.

04 ㄴ. p에서의 주기는 $\frac{2\pi r}{v}$ 이고 q에서의 주기는 $\frac{2\pi(2r)}{v}=\frac{4\pi r}{v}$ 이다. 따라서 주기는 q에서가 p에서의 2배이다.

바로알기 ㄱ. p에서의 각속도의 크기는 $\frac{v}{r}$ 이고, q에서의 각속도의 크기는 $\frac{v}{2r}$ 이다. 따라서 각속도의 크기는 p에서가 q에서의 2배이다.

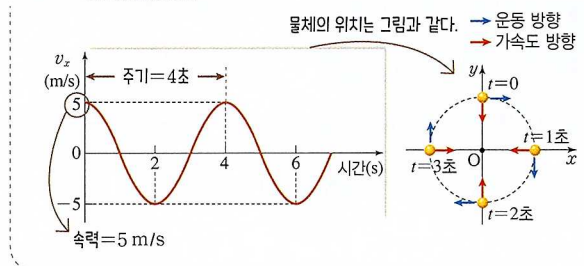
ㄷ. p에서의 구심 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{r}$ 이고, q에서의 구심 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{2r}$ 이다. 따라서 구심 가속도의 크기는 p에서가 q에서의 2배이다.

05 ㄴ. 등속 원운동을 하는 물체의 속력은 원 궤도의 반지름과 각속도의 크기의 곱이다. 따라서 A와 B의 속력은 $2r\omega$ 로 같다.

바로알기 ㄱ. 등속 원운동을 하는 물체의 주기와 각속도의 크기는 반비례 관계이다. 각속도의 크기는 A가 B의 2배이므로 주기는 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

ㄷ. A의 질량을 $2m$ 이라고 하면, B의 질량은 m 이다. A에 작용하는 구심력의 크기는 $2mr(2\omega)^2=8mr\omega^2$ 이고, B에 작용하는 구심력의 크기는 $m(2r)\omega^2=2mr\omega^2$ 이다. 따라서 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A가 B의 4배이다.

06 품격 문제 분석



ㄱ. $T=\frac{2\pi r}{v}$ 에서 $r=\frac{Tv}{2\pi}$ 이다. 원운동의 주기는 4초이고, 속력은 5 m/s이므로 원 궤도의 반지름은 $\frac{4\times 5}{2\pi}=\frac{10}{\pi}(\text{m})$ 이다.

바로알기 ㄴ. 2초일 때 물체의 운동 방향은 $-x$ 방향이고, 4초일 때 물체의 운동 방향은 $+x$ 방향이다. 3초일 때 $v_x=0$ 이므로 물체의 운동 방향은 $+y$ 방향이다.

ㄷ. 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력의 방향은 원 궤도의 중심인 원점을 향하는 방향이다. 2초일 때 물체의 위치는

$(0, -\frac{10}{\pi})$ 이고, 4초일 때 물체의 위치는 $(0, \frac{10}{\pi})$ 이다. 따라서 2초일 때 물체에 작용하는 구심력의 방향은 $+y$ 방향이고 4초일 때 물체에 작용하는 구심력의 방향은 $-y$ 방향이므로, 물체에 작용하는 구심력의 방향은 2초일 때와 4초일 때가 서로 반대이다.

07 등속 원운동을 하는 A, B 각각에 연결된 물체의 질량은 같으므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A와 B가 같다.

모범 답안 구심력의 크기는 A와 B가 같으므로 A, B의 주기를 각각 T_A , T_B 라고 하면, $\frac{4\pi^2mr}{T_A^2} = \frac{4\pi^2(2m)(2r)}{T_B^2}$ 이다. 이를 정리하면, $T_B = 2T_A$ 이므로 주기는 B가 A의 2배이다.

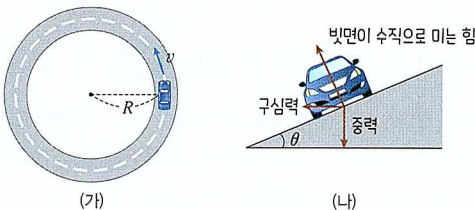
채점 기준	배점
A와 B의 주기를 구심력을 이용하여 옮겨 비교한 경우	100 %
A와 B의 주기만 옮겨 비교한 경우	30 %

08 ㄷ. 등속 원운동의 주기를 T 라고 하면,
 $NMg\sin\theta = \frac{4\pi^2mL\sin\theta}{T^2}$ 에서 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2mL}{NMg}} \propto \sqrt{\frac{L}{N}}$ 이다.
 따라서 $T_1 > T_2 > T_3$ 이다.

바로알기 ㄱ. 추 1개의 질량을 M , 추의 개수를 N , 중력 가속도를 g 라고 하면 고무마개에 작용하는 구심력의 크기는 $NMg\sin\theta$ 이다. I, II에서 유리관과 실이 이루는 각은 θ 로 같으므로 추의 개수가 많을수록 고무마개에 작용하는 구심력의 크기는 크다. 따라서 고무마개에 작용하는 구심력의 크기는 I에서가 II에서보다 작다.

ㄴ. 고무마개의 질량을 m , 등속 원운동을 하는 고무마개의 속력을 v 라고 하면, 추의 개수에 따른 고무마개에 작용하는 구심력의 크기는 $NMg\sin\theta = \frac{mv^2}{L\sin\theta}$ 이다. 이를 정리하면,
 $v = \sqrt{\frac{NMgL\sin^2\theta}{m}}$ 이다. L 은 II에서가 III에서보다 크므로 고무마개의 속력은 II에서가 III에서보다 크다.

09 — 낚시 문제 분석



자동차에 작용하는 힘은 중력과 빗면이 수직으로 미치는 힘이고, 두 힘의 합력이 원형 도로의 중심 방향으로 자동차에 작용하는 구심력이다.

모범 답안 자동차에 작용하는 구심력의 크기를 f , 자동차의 질량을 m 이라고 하면, $\tan\theta = \frac{f}{mg}$ 이므로 $f = mg\tan\theta$ 이다. $f = \frac{mv^2}{R}$ 이므로 $\frac{v^2}{R} = g\tan\theta$ 이다. 이를 정리하면, $R = \frac{v^2}{g\tan\theta}$ 이다.

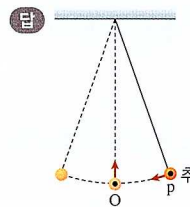
채점 기준	배점
R 을 풀이 과정과 함께 옮겨 구한 경우	100 %
R 만 옮겨 쓴 경우	30 %

10 ㄱ. 추의 속력은 최저점인 O에서 최대이고, 양끝에서 최소(0)이다.

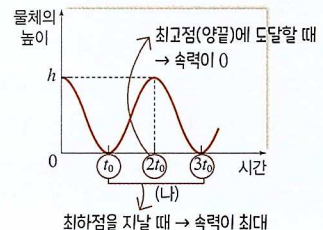
바로알기 ㄴ. 추에 작용하는 알짜힘은 추에 작용하는 중력과 실이 추를 당기는 힘(장력)의 합력이다. 따라서 추에 작용하는 알짜힘의 크기는 계속 변하므로 O에서와 p에서 같지 않다.

ㄷ. O에서 추에는 실이 추를 당기는 힘과 중력이 작용한다. 따라서 O에서 추에 작용하는 알짜힘은 실이 추를 당기는 힘과 추에 작용하는 중력의 차이이다.

11 O에서 추에 작용하는 힘은 실이 추를 당기는 힘과 중력이 다. 추는 O를 지난 직후 위로 올라가므로 O에서 실이 추를 당기는 힘의 크기는 추에 작용하는 중력의 크기보다 크다. 따라서 추에 작용하는 알짜힘의 방향은 실이 추를 당기는 방향과 같다. p는 최고점이므로 p에서 추의 속력은 0이고, p에 도달한 직후 접선 방향으로 운동하므로 p에서 추에 작용하는 알짜힘의 방향은 접선 아래 방향이다.



12 — 낚시 문제 분석



ㄱ. 실에 매달려 왕복 운동하는 물체의 가속도의 크기는 최고점에서 최대이고 최하점에서 최소이다. t_0 일 때 물체는 최하점을 지나고, $2t_0$ 일 때 물체는 최고점에 도달한다. 따라서 가속도의 크기는 t_0 일 때가 $2t_0$ 일 때보다 작다.

ㄷ. $2t_0$ 일 때 물체는 최고점에 도달하므로 물체의 운동 방향은 t_0 일 때와 $3t_0$ 일 때가 서로 반대이다.

바로알기 ㄴ. 물체의 속력은 양끝(최고점)에서 0이고 최하점에서 최대이다. $2t_0$ 부터 $3t_0$ 까지 물체의 높이가 낮아지므로 속력은 증가한다.

13 ㄱ. 물체에 작용하는 중력의 방향은 연직 아래 방향이다. 따라서 실에 매달린 물체가 운동하는 동안 물체에 작용하는 중력의 방향은 일정하다.

ㄷ. 물체의 속력은 최하점에서 최대이고 최고점에서 0이다. $\theta_1 > \theta_2$ 이므로 최하점으로부터의 높이는 p에서 q에서보다 크다. 따라서 물체의 속력은 p에서 q에서보다 작다.

바로알기 ㄴ. O를 지난 물체는 올라가는 방향으로 운동하므로 O에서 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 실이 물체를 당기는 방향, 즉 중력의 방향과 반대 방향이다.

실력UP문제

37쪽

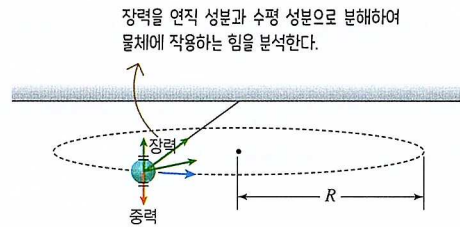
01 ③ 02 ② 03 ② 04 ③

01 ㄱ. p와 q는 일직선을 이루고 A와 B가 등속 원운동을 하므로 각속도의 크기는 A와 B가 같다.

ㄴ. A, B의 각속도의 크기를 ω 라고 하면, A에 작용하는 구심력의 크기는 $2m(2r)\omega^2 = 4mr\omega^2$ 이고 B에 작용하는 구심력의 크기는 $m(3r)\omega^2 = 3mr\omega^2$ 이다. 따라서 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A가 B의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

바로알기 ㄷ. p가 A에 작용하는 힘의 크기를 F_p , q가 B에 작용하는 힘의 크기를 F_q 라고 하자. q가 A에 작용하는 힘의 크기와 q가 B에 작용하는 힘의 크기는 같고, A에 작용하는 구심력의 크기는 $4mr\omega^2$ 이므로 $4mr\omega^2 = F_p - F_q$ 이다. q가 B에 작용하는 힘은 B에 작용하는 구심력이므로 $F_q = 3mr\omega^2$ 이다. 이를 정리하면, $F_p = 4mr\omega^2 + 3mr\omega^2 = 7mr\omega^2$ 이다. 따라서 p가 A에 작용하는 힘의 크기는 q가 B에 작용하는 힘의 크기의 $\frac{7}{3}$ 배이다.

02 — 꼼꼼 문제 분석



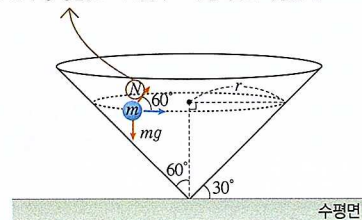
- 장력(실이 물체를 당기는 힘)의 연직 성분의 크기는 중력의 크기와 같고, 수평 성분은 구심력과 같다.
- 구심력이 알짜힘으로 작용하여 물체가 등속 원운동을 한다.
- 구심력의 크기² + 중력의 크기² = 장력의 크기²

물체의 질량을 m 이라고 하면, 물체에 작용하는 중력의 크기가 mg 이므로 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 $2mg$ 이다. 물체에 작용하는 구심력의 크기를 f 라고 하면, $f^2 + (mg)^2 = (2mg)^2$ 에서 $f = \sqrt{3}mg$ 이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 $a = \frac{f}{m} = \sqrt{3}g$ 이다.

다. 물체의 주기는 T 이므로 $\frac{4\pi^2 m R}{T^2} = \sqrt{3}mg$ 에서 $R = \frac{\sqrt{3}g T^2}{4\pi^2}$ 이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석

- N 의 연직 성분($N \sin 60^\circ$) → 중력(mg)과 힘의 평형을 이룬다.
- N 의 수평 성분($N \cos 60^\circ$) → 구심력으로 작용한다.



ㄴ. 물체의 속력을 v 라고 하자.

$N \cos 60^\circ = \frac{mv^2}{r}$ 이므로 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg = \frac{mv^2}{r}$ 이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{r} = \frac{\sqrt{3}}{3}g$ 이다.

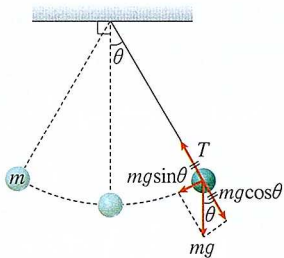
바로알기 ㄱ. 원뿔면이 물체에 작용하는 힘의 크기를 N 이라고 하면, $N \sin 60^\circ = mg$ 이다. 이를 정리하면, $N = \frac{2}{\sqrt{3}}mg = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$ 이다.

ㄷ. 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{\sqrt{3}}{6}mgr$ 이다.

수평면으로부터 물체의 높이는 $r \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}r$ 이므로 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 $\frac{\sqrt{3}}{3}mgr$ 이다. 따라서 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지의 2배이다.

04 ———— **꼼꼼 문제 분석**

최고점에서 실에 매달린 물체에 작용하는 알짜힘의 분석



실에 매달린 물체의 질량을 m , 최고점에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기를 T 라고 하자.

- 최고점에서 물체의 속력은 0이므로 $T = mg \cos \theta$ 이다. $\Rightarrow$ 최고점에서 물체에 작용하는 힘의 실과 나란한 성분은 0이다.
- 최고점에서 물체에 작용하는 힘의 운동 경로의 접선 성분의 크기는 $mg \sin \theta$ 이다. $\Rightarrow$ 최고점에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $mg \sin \theta$ 이다.

ㄷ. t_0 일 때 B의 운동 에너지는 0이므로 t_0 일 때 B는 최고점을 지난다. B의 무게를 W 라고 하자.

최고점에서 물체에 작용하는 알짜힘은 운동 경로상의 접선 방향이고, 실이 연직 방향과 이루는 각의 최댓값은 θ 이므로 t_0 일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $W \sin \theta$ 이다. 따라서 t_0 일 때, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 작다.

[바로알기] ㄱ. 물체가 최하점을 지날 때 속력이 최대이므로 최하점에서 물체의 운동 에너지는 최대이다. A가 1회 왕복하는 동안 최하점을 2회 지나므로 A가 1회 왕복하는 데 걸린 시간은 $4t_0$ 이다.

ㄴ. 실에 매달려 왕복 운동하는 물체의 가속도의 크기는 최고점에서 최대이고, 최하점에서 최소이다.

t_0 일 때 A의 운동 에너지는 최대이므로, t_0 일 때 A는 최하점을 지난다. $2t_0$ 일 때 A의 운동 에너지는 0이므로 $2t_0$ 일 때 A는 최고점을 지난다. 따라서 A의 가속도의 크기는 t_0 일 때와 $2t_0$ 일 때보다 작다.

중단원 **핵심 정리**

38쪽~39쪽

- | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|-------|-------------------------|
| ① 스칼라량 | ② 벡터량 | ③ $A \sin \theta$ | ④ 합성 | ⑤ 중력 |
| ⑥ 등가속도 | ⑦ 등속도 | ⑧ 중력 | ⑨ 등속도 | |
| ⑩ $\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ | ⑪ $v_0 \cos \theta$ | ⑫ $v_0 \sin \theta$ | ⑬ 보존 | ⑭ $\frac{2\pi}{\omega}$ |
| ⑮ C | ⑯ C | | | |

중단원 **마무리 문제**

40쪽~43쪽

- | | | | | | |
|----------|----------|----------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ③ | 03 ① | 04 ④ | 05 ⑤ | 06 ② |
| 07 ⑤ | 08 ⑤ | 09 ② | 10 ③ | 11 ② | 12 ③ |
| 13 해설 참조 | 14 해설 참조 | 15 해설 참조 | | | |
| 16 해설 참조 | | | | | |

01 ㄱ. $+x$ 방향으로 작용하는 F_2 의 크기는 $10 \times \cos 60^\circ = 5(\text{N})$ 이다. 따라서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $10 \text{ N} - 5 \text{ N} = 5 \text{ N}$ 이다.

[바로알기] ㄴ. F_1 의 크기(10 N)가 F_2 의 x 성분(5 N)의 크기보다 크므로 물체의 가속도의 방향은 $-x$ 방향이다.

ㄷ. 물체의 질량은 5 kg이므로 가속도의 크기는 $\frac{5 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 1 \text{ m/s}^2$ 이다.

02 ㄷ. 빗면에 수직인 방향으로 빗면으로부터 A가 받는 힘의 크기는 $mg \cos 60^\circ = \frac{1}{2}mg$ 이고 B가 받는 힘의 크기는

$$mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg \text{이다.}$$

따라서 빗면에 수직인 방향으로 빗면으로부터 물체가 받는 힘의 크기는 A가 B보다 작다.

[바로알기] ㄱ. A가 놓여 있는 빗면의 경사각이 60° 이므로 A의 가속도의 크기는 $10 \times \sin 60^\circ = 5\sqrt{3}(\text{m/s}^2)$ 이다.

ㄴ. B의 질량을 m , 중력 가속도를 g , B에 작용하는 마찰력의 크기를 f 라고 하자.

B는 정지해 있으므로 $f = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$ 이다. 따라서 B에 작용하는 마찰력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기(mg)보다 작다.

03 ㄱ. (나)에서 A와 B의 가속도의 크기는 $\frac{6 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}^2$

이다. 실이 A를 당기는 힘의 크기를 T 라고 하면, $20 - T = 2 \times 3$ 에서 $T = 14 \text{ N}$ 이다.

바로알기 ㄴ. B의 질량을 m 이라고 하면 B에 작용하는 힘의 관계는 $T - m \times 10 \times \sin 30^\circ = m \times 3$ 이므로 $m = \frac{7}{4} \text{ kg}$ 이다.

ㄷ. B에 작용하는 중력과 빗면이 B에 작용하는 힘의 합력은 B에 작용하는 중력의 빗면과 나란한 성분의 크기이므로

$$\frac{7}{4} \times 10 \times \sin 30^\circ = \frac{35}{4} (\text{N}) \text{이다.}$$

04 ㄱ. v_y 가 0일 때, 물체는 최고점을 지난다. 따라서 2초일 때 물체는 최고점을 지난다.

ㄷ. 0초일 때, v_x 와 v_y 는 20 m/s 로 같으므로 $\tan \theta_1 = 1$ 이다. 6초일 때, v_y 의 크기는 v_x 의 크기의 2배이므로 $\tan \theta_2 = 2$ 이다.

따라서 $\frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} = \frac{1}{2}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 0초부터 6초까지 변위의 y 성분은

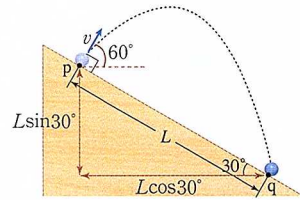
$$20 \times 2 \times \frac{1}{2} - 40 \times 4 \times \frac{1}{2} = -60 (\text{m}) \text{이다. 따라서 } h = 60 \text{ m이다.}$$

05 ㄱ. A와 B가 수평 방향으로 던져진 지점의 높이가 같으므로 물체가 p에서 던져진 순간부터 지면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A와 B가 같다.

ㄴ. A가 지면에 도달하는 순간 A의 운동 방향이 지면과 이루는 각은 45° 이므로 지면에 도달하는 순간 A의 속도의 수평 성분의 크기와 연직 성분의 크기는 같다. p에서 A의 속도의 수평 성분의 크기는 10 m/s 이므로 지면에 도달하는 순간 속도의 연직 성분의 크기는 10 m/s 이다. 물체가 p에서 던져진 순간부터 지면에 도달할 때까지 걸린 시간을 t 라고 하면, $10 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}^2 \times t$ 이므로 $t = 1 \text{ 초}$ 이다. 따라서 $h = \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1 \text{ s})^2 = 5 \text{ m}$ 이다.

ㄷ. 지면에 도달하는 순간 A의 속도의 크기는 $\sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2} (\text{m/s})$ 이다. 물체가 p에서 던져진 순간부터 지면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A와 B가 같고, 수평 이동 거리는 B가 A의 2배이므로 지면에 도달하는 순간 B의 속도의 수평 성분의 크기는 20 m/s 이다. 지면에 도달하는 순간 속도의 연직 성분의 크기는 A와 B가 10 m/s 로 같으므로 지면에 도달하는 순간 B의 속도의 크기는 $\sqrt{10^2 + 20^2} = 10\sqrt{5} (\text{m/s})$ 이다. 따라서 지면에 도달하는 순간, 속력은 B가 A의 $\sqrt{\frac{5}{2}}$ 배이다.

06 - 꼼꼼 문제 분석



- p에서 물체는 수평 방향에 대해 60° 의 각을 이루며 던져진다.
- p에서 q까지 물체가 수평 방향으로 등속도 운동을 하며 이동한 변위의 크기는 $L \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} L$ 이다.
- p에서 q까지 물체가 연직 방향으로 등가속도 운동을 하며 이동한 변위의 크기는 $L \sin 30^\circ = \frac{1}{2} L$ 이다.

p에서 q까지 수평 거리는 $L \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} L$ 이고, p와 q 사이의 높이 차는 $L \sin 30^\circ = \frac{1}{2} L$ 이다. p에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 $v \cos 60^\circ = \frac{1}{2} v$ 이므로 물체가 p에서 q까지 이동하는데 걸린 시간을 t 라고 하면, $\frac{1}{2} v t = \frac{\sqrt{3}}{2} L$ 에서 $t = \frac{\sqrt{3} L}{v}$ 이다. p와 q 사이의 높이 차는 $\frac{1}{2} L$ 이므로 $v \sin 60^\circ t - \frac{1}{2} g t^2 = -\frac{1}{2} L$ 이 성립하여 $v = \sqrt{\frac{3}{4} g L}$ 이다.

07 ㄴ. q에서 물체의 운동 방향이 x 축과 이루는 각은 45° 이므로 q에서 물체의 속도의 x 성분의 크기와 y 성분의 크기는 같다. 물체는 x 축과 나란한 방향으로 등속도 운동을 하므로 p에서 물체의 속력이 v 라면, q에서 물체의 속력은 $\sqrt{v^2 + v^2} = \sqrt{2} v$ 이다. 따라서 물체의 속력은 q에서 p에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.

ㄷ. 물체가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을 t 라고 하면, $R = vt$ 이다. 물체는 y 축과 나란한 방향으로 등가속도 운동을 하므로 p에서 q까지 연직 방향의 평균 속도의 크기는 $\frac{0 + v}{2} = \frac{v}{2}$

이고, $L = \frac{1}{2} v t$ 이다. 따라서 $R = 2L$ 이다.

바로알기 ㄱ. xy 평면이 수평면과 이루는 각은 30° 이므로 xy 평면에서 운동하는 물체의 가속도의 크기는 $g \sin 30^\circ = \frac{1}{2} g$ 이다.

08 ㄱ. t 일 때, 물체의 속도의 x 성분은 0이므로 물체는 x 축상의 $x = 2 \text{ m}$ 인 지점을 지난다. 등속 원운동을 하는 물체의 가속도 방향은 원의 중심을 향하는 방향이므로 물체의 가속도 방향은 $-x$ 방향이다.

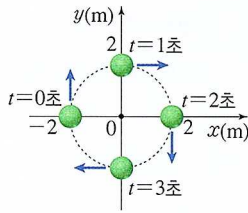
ㄴ. 물체의 속력은 6 m/s이고, 원 궤도의 반지름은 2 m이므로 각속도의 크기는 $\frac{6 \text{ m/s}}{2 \text{ m}} = 3 \text{ rad/s}$ 이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $0.5 \text{ kg} \times 2 \text{ m} \times (3 \text{ rad/s})^2 = 9 \text{ N}$ 이다.

09 ㄴ. 물체의 각속도의 크기는 $\frac{1}{2} \pi \text{ rad/s}$ 이고, 속력은 $\pi \text{ m/s}$ 이므로 원 궤도의 반지름은 $\frac{\pi}{(\frac{\pi}{2})} = 2 \text{ (m)}$ 이다.

$t=0$ 초일 때 $v_x=0$ 이고, $v_y=\pi \text{ m/s}$ 이므로 물체는 x 축상을 $+y$ 방향으로 지난다. $t=1$ 초일 때 $v_y=0$ 이고 $v_x=\pi \text{ m/s}$ 이므로 물체는 y 축상을 $+x$ 방향으로 지난다. 따라서 물체의 운동 방향은 시계 방향이다.

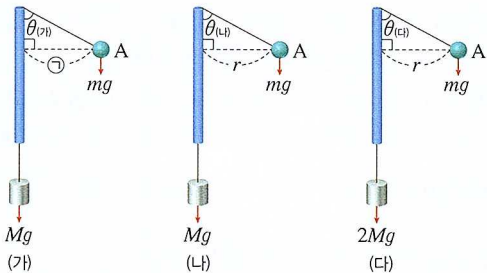
$t=2$ 초일 때 $v_x=0$ 이고 $v_y=-\pi \text{ m/s}$ 이므로 물체의 위치는 x 축상의 $x=2 \text{ m}$ 인 지점이다.



바로알기 ㄱ. 물체의 주기는 4초이므로 각속도의 크기는 $\frac{2\pi}{4} = \frac{1}{2} \pi \text{ (rad/s)}$ 이다.

ㄷ. $t=5$ 초일 때, $v_x=\pi \text{ m/s}$ 이고 $v_y=0$ 이므로 물체의 위치는 y 축상의 $y=2 \text{ m}$ 인 지점이다. 따라서 $t=5$ 초일 때 물체에 작용하는 구심력의 방향은 $-y$ 방향이다.

10 꼭꼭 문제 분석



- 추의 무게는 실이 A를 당기는 힘의 크기와 같으므로 (가)에서 $Mg \cos \theta_{(가)} = mg$ 이고, (나)에서 $Mg \cos \theta_{(나)} = mg$ 이다. 따라서 $\theta_{(가)} = \theta_{(나)}$ 이다.
- A에 작용하는 구심력의 크기는 실이 A를 당기는 힘의 수평 성분의 크기이다.

ㄷ. A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서 $Mg \sin \theta_{(나)} = \frac{m(2v)^2}{r}$ 이고, (다)에서 $2Mg \sin \theta_{(다)} = \frac{m\omega^2}{r}$ 이다. 추의 질량은

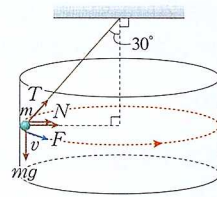
(나)에서가 (다)에서보다 작고, $\theta_{(나)} < \theta_{(다)}$ 이므로 A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (다)에서보다 작다.

따라서 $\frac{m(2v)^2}{r} < \frac{m\omega^2}{r}$ 이므로 $\omega > 2v$ 이다.

바로알기 ㄱ. 추의 질량은 (가)에서와 (나)에서 같으므로 A에 작용하는 구심력의 크기는 (가)에서와 (나)에서 같다. A의 질량을 m 이라고 하면, $\frac{mv^2}{r} = \frac{m(2v)^2}{r}$ 이므로 ω 는 $\frac{1}{4}r$ 이다.

ㄴ. (나), (다)에서 실이 연직 방향과 이루는 각을 각각 $\theta_{(나)}$, $\theta_{(다)}$ 라고 하면, (나)에서 $Mg \cos \theta_{(나)} = mg$ 이고 (다)에서 $2Mg \cos \theta_{(다)} = mg$ 이다. $Mg \cos \theta_{(나)} = 2Mg \cos \theta_{(다)}$ 이므로 $\theta_{(나)} < \theta_{(다)}$ 이다. 따라서 실이 연직 방향과 이루는 각은 (나)에서가 (다)에서보다 작다.

11 꼭꼭 문제 분석



실이 물체를 당기는 힘, 원기둥이 물체에 작용하는 힘, 물체에 작용하는 중력의 합력은 물체에 작용하는 구심력이다. 이때 실이 물체를 당기는 힘의 수평 성분의 크기와 원기둥에 물체에 작용하는 힘의 크기의 합은 물체에 작용하는 구심력의 크기와 같고, 실이 물체를 당기는 힘의 연직 성분의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기와 같다.

실이 물체를 당기는 힘의 크기를 T , 물체에 작용하는 구심력의 크기를 F 라고 하자. $T \cos 30^\circ = mg$ 에서 $T = \frac{2}{\sqrt{3}}mg$ 이다.

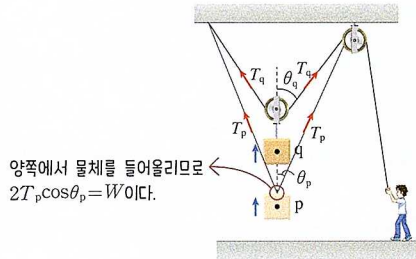
물체에 작용하는 구심력의 크기는 원기둥이 물체에 작용하는 힘의 크기의 3배이므로 원기둥이 물체에 작용하는 힘의 크기를 N 이라고 하면, $F = T \sin 30^\circ + N = 3N$ 이다. 따라서 $N = \frac{1}{2\sqrt{3}}mg = \frac{\sqrt{3}}{6}mg$ 이고, $F = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ 이다. 원 궤도의 반지름을 r 이라고 하면, $\frac{mv^2}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ 이므로 $r = \frac{2\sqrt{3}v^2}{3g}$ 이다.

12 ㄷ. A, B의 무게를 각각 W_A , W_B 라고 하자. 추의 최고점에서 추에 작용하는 알짜힘의 크기는 최대이다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘의 크기의 최댓값은 $W_A \sin \theta$ 이고, B에 작용하는 알짜힘의 크기의 최댓값은 $W_B \sin \theta$ 이다. $W_A < W_B$ 이므로 추에 작용하는 알짜힘의 크기의 최댓값은 A가 B보다 작다.

바로알기 ㄱ. 실에 매달려 진자 운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘과 속력은 주기적으로 변한다. 따라서 A와 B는 가속도가 변하는 운동을 한다.

ㄴ. 물체가 진자 운동을 할 때, 최하점에서 물체에 작용하는 힘은 실이 물체를 당기는 힘과 물체에 작용하는 중력이다. 따라서 최하점에서 B에 작용하는 알짜힘의 방향은 실이 B를 당기는 힘의 방향과 같다.

13 꼭꼭 문제 분석

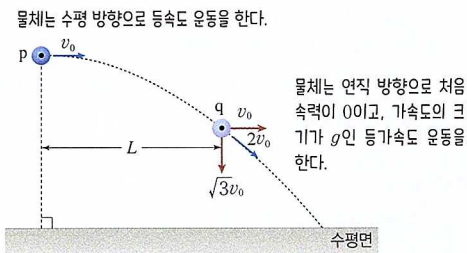


물체가 p에서 q로 이동하면서 실이 연직 방향과 이루는 각이 커진다.
⇒ 실이 물체를 당기는 힘의 크기가 증가한다.

모범 답안 물체가 p, q를 지나는 순간 도르래에 연결된 실이 연직 방향과 이루는 각을 각각 θ_p , θ_q 라고 하자. 물체의 무게를 W 라고 하면, $W = 2T_p \cos \theta_p = 2T_q \cos \theta_q$ 이다. $\theta_p < \theta_q$ 이므로 $\cos \theta_p > \cos \theta_q$ 이고 $T_p < T_q$ 이다.

채점 기준	배점
T_p 와 T_q 를 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
T_p 와 T_q 만 옳게 비교한 경우	30 %

14 꼭꼭 문제 분석



모범 답안 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로 q에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 v_0 이다. 따라서 q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 $\sqrt{3}v_0$ 이다. 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 물체가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을 T 라고 하면, $\sqrt{3}v_0 = gT$ 에서 $T = \frac{\sqrt{3}v_0}{g}$ 이다. 따라서 $L = v_0 \times \frac{\sqrt{3}v_0}{g} = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{g}$ 이다.

채점 기준	배점
L 을 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
L 만 옳게 쓴 경우	30 %

15 모범 답안 A의 속력이 v 에서 $2v$ 로 증가하는 동안 실이 A를 당기는 힘의 크기는 일정하다. 즉, A에 작용하는 구심력의 크기는 일정한 상태에서 속력이 증가하므로 원 궤도의 반지름은 증가한다. 따라서 B의 운동 방향은 $+y$ 방향이다.

채점 기준	배점
B의 운동 방향을 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
B의 운동 방향만 옳게 쓴 경우	30 %

16 모범 답안 최하점에서 물체에 작용하는 알짜힘은 실이 물체를 당기는 힘과 물체에 작용하는 중력의 합력이다. 이때 알짜힘이 구심력으로 작용하므로 최하점에서 물체의 속력을 v 라고 하면, $\frac{mv^2}{l} = 3mg - mg = 2mg$ 에서 $v = \sqrt{2gl}$ 이다.

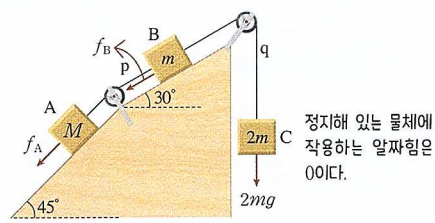
채점 기준	배점
최하점에서 물체의 속력을 중력과 실이 물체를 당기는 힘의 합력이 구심력임을 이용하여 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
최하점에서 물체의 속력만 옳게 쓴 경우	30 %

중단원 고난도 문제

44쪽~45쪽

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

01 꼭꼭 문제 분석



$$f_B = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$$

$$f_A = Mg \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}Mg$$

선택지 분석

- ① 질량은 A가 C보다 크다.
- ✗ p가 B를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다. 작다
- ② p를 끊은 직후, C의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$ 이다.

전략적 풀이 ① 정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0임을 적용한다.

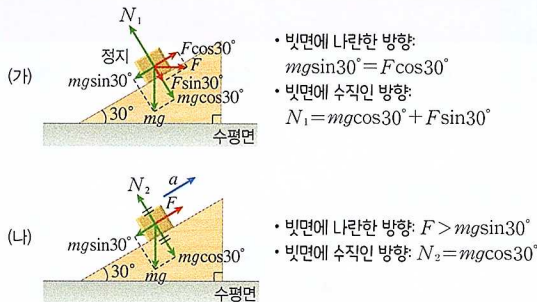
ㄱ. A의 질량을 M 이라고 하면, $Mg\sin 45^\circ + mg\sin 30^\circ = 2mg$ 이다. 따라서 $M = \frac{3\sqrt{2}}{2}m$ 이므로 질량은 A가 C보다 크다.

ㄴ. A, B에 작용하는 중력의 빗면에 나란한 성분의 크기를 각각 f_A, f_B 라고 하자. p가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기와 같으므로 p가 B를 당기는 힘의 크기는 f_A 이고, q가 B를 당기는 힘의 크기는 $f_A + f_B$ 이다. 따라서 p가 B를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 작다.

② 빗면에서 운동하는 물체에 작용하는 중력의 빗면에 나란한 성분의 크기를 바탕으로 등가속도 운동을 하는 물체의 가속도를 구한다.

ㄷ. p를 끊은 직후 B, C에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2mg - mg\sin 30^\circ = \frac{3}{2}mg$ 이므로 B, C의 가속도의 크기는 $\frac{\frac{3}{2}mg}{m+2m} = \frac{1}{2}g$ 이다.

02 — 품평 문제 분석



선택지 분석

✗ $F = \frac{\sqrt{3}}{4}mg$ 이다. $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

✗ $a = \frac{\sqrt{2}}{6}g$ 이다. $\frac{2\sqrt{3}-3}{6}g$

㉠ 빗면이 A에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

전략적 풀이 ① (가)에서 정지해 있는 A에 작용하는 힘을 분석한다.

ㄱ. (가)에서 A는 정지해 있으므로 빗면과 나란한 방향으로 작용하는 힘의 합력은 0이다. 따라서 $mgsin 30^\circ = F \cos 30^\circ$ 에서 $F = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ 이다.

② (나)에서 A에 작용하는 알짜힘을 구하여, 가속도의 방향과 가속도의 크기를 알아낸다.

ㄴ. $F = \frac{\sqrt{3}}{3}mg > mgsin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$ 이므로 (나)에서 A의 가속도의 방향은 빗면과 나란한 위 방향이다. 따라서 (나)에서 A에 작용하는 알짜힘은 $ma = F - mgsin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}mg - \frac{1}{2}mg = \frac{2\sqrt{3}-3}{6}mg$ 이므로 $a = \frac{2\sqrt{3}-3}{6}g$ 이다.

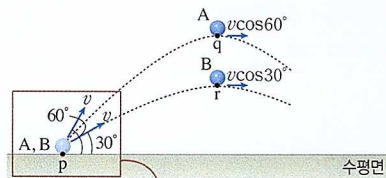
ㄷ. (가), (나)에서 빗면이 물체에 작용하는 힘의 크기를 각각 N_1, N_2 라고 하자. (가)에서

$$N_1 = F \sin 30^\circ + mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{6}mg + \frac{\sqrt{3}}{2}mg = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg \text{이고,}$$

(나)에서 $N_2 = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ 이다. 따라서 빗면이 A에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

03 — 품평 문제 분석

최고점의 높이는 A가 B보다 크므로 p에서 속도의 연직 방향 성분의 크기는 A가 B보다 크다.



수평면에서 비스듬히 던져진 물체의 발사 속력이 같고, 발사각의 합이 90° 일 때 두 물체의 수평 도달 거리는 같다.

최고점에서 속도의 연직 성분은 0이므로 최고점에서 물체의 속력은 p에서 속도의 수평 성분의 크기와 같다.

선택지 분석

㉠ r에서 B의 속력은 q에서 A의 속력의 $\sqrt{3}$ 배이다.

✗. 높이는 q가 r의 2배이다. 3배

㉡ 수평 도달 거리는 A와 B가 같다.

전략적 풀이 ① 최고점에서 물체의 속력을 비교한다.

ㄱ. 포물선 운동을 하는 물체의 최고점에서 속도의 연직 성분은 0이다. 포물선 운동을 하는 물체의 속도의 수평 성분은 일정하므로 q에서 A의 속력은 $v \cos 60^\circ = \frac{1}{2}v$ 이고, r에서 B의 속력은 $v \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v$ 이다. 따라서 r에서 B의 속력은 q에서 A의 속력의 $\sqrt{3}$ 배이다.

② 물체를 던질 때 물체의 속도의 연직 성분과 최고점 높이의 관계를 알아낸다.

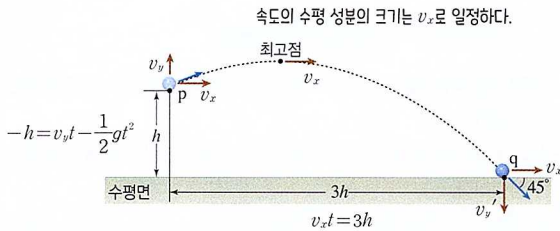
ㄴ. q의 높이는 $\frac{(v \sin 60^\circ)^2}{2g} = \frac{3v^2}{8g}$ 이고, r의 높이는 $\frac{(v \sin 30^\circ)^2}{2g} = \frac{v^2}{8g}$ 이다. 따라서 높이는 q가 r의 3배이다.

③ 수평면에서 비스듬히 던져진 물체의 수평 도달 거리를 구할 수 있다.

ㄷ. A의 수평 도달 거리는 $\frac{v^2 \sin(2 \times 60^\circ)}{g} = \frac{\sqrt{3}v^2}{2g}$ 이고, B의 수평 도달 거리는 $\frac{v^2 \sin(2 \times 30^\circ)}{g} = \frac{\sqrt{3}v^2}{2g}$ 이다. 따라서 수평 도달 거리는 A와 B가 같다.

다른 풀이 ㄷ. A, B의 수평면에서 발사된 속력이 v 로 같고, A와 B의 발사각의 합은 90° 이므로 수평 도달 거리는 A와 B가 같다.

04 꼭꼭 문제 분석



- 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고, 물체의 변위의 수평 성분은 $3h$ 이므로 $v_x t = 3h$ 이다.
- 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하고, 물체의 변위의 연직 성분은 $-h$ 이므로 $-h = v_y t - \frac{1}{2} g t^2$ 이다.

선택지 분석

- ㉠ 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 p에서와 q에서 같다.
- ㉡ p에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 연직 성분의 크기의 3배이다.
- ㉢ 최고점의 높이는 $\frac{9}{8}h$ 이다.

전략적 풀이 ① 물체의 속도의 수평 성분과 연직 성분을 구할 수 있다.

ㄱ. 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 p에서와 q에서 같다.

ㄴ. p에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기를 v_x , 속도의 연직 성분의 크기를 v_y 라고 하자. 물체가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을 t 라고 하면, p에서 q까지 수평 거리는 $3h$ 이므로 $v_x t = 3h \dots$ ①이다. q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기를 v_y' 라고 하면, $-v_y' = v_y - g t \dots$ ②이다. p의 높이는 h 이므로

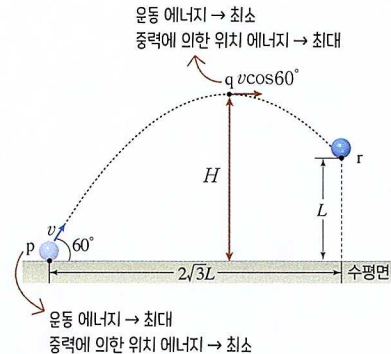
$-h = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \dots$ ③이다. q에서 물체의 운동 방향이 수평면과 이루는 각은 45° 이므로 $v_x = v_y'$ 이고, ②에서 $v_x = -v_y + g t \dots$ ④이다. ④를 ①에 대입하여 정리하면, $3h = -v_y t + g t^2 \dots$ ⑤이다. ③과 ⑤를 정리하면, $2v_y t = \frac{1}{2} g t^2$ 에서 $t = \frac{4v_y}{g}$ 이다.

이를 ④에 대입하여 정리하면, $v_x = -v_y + g \left(\frac{4v_y}{g} \right)$ 이므로 $v_x = 3v_y$ 이다. 따라서 p에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 연직 성분의 크기의 3배이다.

② 수평면에서 비스듬히 던져진 물체의 최고점의 높이를 구할 수 있다.

ㄷ. $t = \frac{4v_y}{g} = \frac{4v_x}{3g}$ 이고, 이를 ①에 대입하여 정리하면 $v_x \left(\frac{4v_x}{3g} \right) = 3h$ 에서 $h = \frac{4v_x^2}{9g}$ 이다. $v_y = \frac{1}{3}v_x$ 이므로 p로부터 최고점까지의 높이를 h' 이라고 하면, $h' = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{v_x^2}{18g} = \frac{1}{8}h$ 이다. 따라서 최고점의 높이는 $h + h' = h + \frac{1}{8}h = \frac{9}{8}h$ 이다.

05 꼭꼭 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 물체의 운동 에너지는 p에서와 q에서보다 크다.
- ㉡ $v = \sqrt{4gL}$ 이다. $\sqrt{\frac{24}{5}gL}$
- ㉢ q의 높이는 $\frac{9}{5}L$ 이다.

전략적 풀이 ① 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 포물선 운동을 하는 물체의 운동 에너지와 중력에 의한 위치 에너지 변화를 설명할 수 있다.

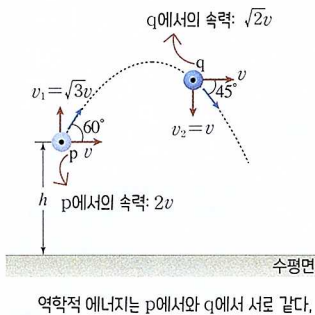
ㄱ. 물체의 역학적 에너지는 p에서와 q에서가 같고, 중력에 의한 위치 에너지는 p에서와 q에서보다 작다. 따라서 운동 에너지는 p에서와 q에서보다 크다.

② 수평 방향의 등속도 운동과 연직 방향의 등가속도 운동을 적용하여 물체의 속력과 최고점의 높이를 구할 수 있다.

ㄴ. p에서 r까지 수평 거리는 $2\sqrt{3}L$ 이고 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 한다. 따라서 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $t = \frac{2\sqrt{3}L}{v\cos 60^\circ} = \frac{4\sqrt{3}L}{v}$ 이다. r의 높이는 L 이므로 $L = v\sin 60^\circ t - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{\sqrt{3}}{2}v\left(4\sqrt{3}\frac{L}{v}\right) - \frac{1}{2}g\left(4\sqrt{3}\frac{L}{v}\right)^2 = 6L - \frac{24gL^2}{v^2}$ 이다. 이를 정리하면, $v = \sqrt{\frac{24}{5}gL}$ 이다.

ㄷ. 최고점의 높이를 H 라고 하면, $H = \frac{(v\sin 60^\circ)^2}{2g} = \frac{3v^2}{8g}$ 이다. $v = \sqrt{\frac{24}{5}gL}$ 이므로 $H = \frac{9}{5}L$ 이다.

06 — 푼김 문제 분석



선택지 분석

- ⓧ ① $\frac{1}{4}h$ ⓧ ② $\frac{1}{3}h$ ⓧ ③ $\frac{2}{5}h$
 ⓪ ④ $\frac{1}{2}h$ ⓧ ⑤ $\frac{2}{3}h$

전략적 풀이 ① 포물선 운동을 하는 물체의 운동 방향이 수평 방향과 이루는 각을 통해 물체의 속력을 구한다.

p, q에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 같다. 물체의 속도의 수평 성분의 크기를 v 라 하고, p, q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기를 각각 v_1 , v_2 라고 하자. $\tan 60^\circ = \frac{v_1}{v} = \sqrt{3}$ 에서 $v_1 = \sqrt{3}v$ 이고, $\tan 45^\circ = \frac{v_2}{v} = 1$ 에서 $v_2 = v$ 이다. 따라서 p에서 물체의 속력은 $\sqrt{(\sqrt{3}v)^2 + v^2} = 2v$ 이고 q에서 물체의 속력은 $\sqrt{v^2 + v^2} = \sqrt{2}v$ 이다.

② 역학적 에너지 보존 법칙을 적용한다.

물체의 역학적 에너지는 보존되므로 물체의 질량을 m 이라고 하면

$$2E_0 + mgh = \frac{1}{2}m(\sqrt{2}v)^2 + 3E_0 \cdots \textcircled{1} \text{이다. p에서 물체의 운동}$$

$$\text{에너지는 } 2E_0 \text{이므로 } 2E_0 = \frac{1}{2}m(2v)^2 = 2mv^2 \text{에서}$$

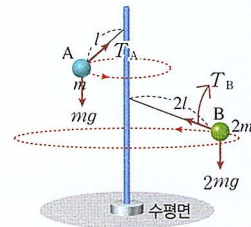
$$E_0 = mv^2 \cdots \textcircled{2} \text{이다. ①, ②를 정리하면, } mgh - mv^2 = E_0 \text{에서}$$

$$E_0 = \frac{1}{2}mgh \text{이다. q에서 물체의 중력에 의한 위치 에너지는}$$

$$3E_0 \text{이므로 q의 높이는 } \frac{3}{2}h \text{이다. 따라서 p와 q의 높이 차는}$$

$$\frac{3}{2}h - h = \frac{1}{2}h \text{이다.}$$

07 — 푼김 문제 분석



- A에 작용하는 중력과 실이 A를 당기는 힘의 합력은 A에 작용하는 구심력이다.
- B에 작용하는 중력과 실이 B를 당기는 힘의 합력은 B에 작용하는 구심력이다.

선택지 분석

- ⓪ ㉠ 속력은 A가 B보다 작다.
 ⓪ ㉡ A에 연결된 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{2}mg$ 이다.
 ⓧ ㉢ B에 작용하는 구심력의 크기는 $2\sqrt{5}mg$ 이다. $2\sqrt{7}mg$

전략적 풀이 ① 등속 원운동을 하는 A와 B의 속력을 구할 수 있다.

ㄱ. 원운동의 반지름은 A가 B보다 작고, 각속도의 크기는 A와 B가 같으므로 $v = r\omega$ 에 의해 속력은 A가 B보다 작다.

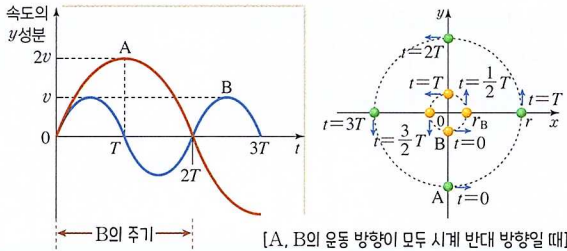
② A, B에 작용하는 구심력을 구할 수 있다.

ㄴ. A에 작용하는 구심력의 크기는 mg 이고, A에 작용하는 중력의 크기는 mg 이다. 따라서 A에 연결된 실이 A를 당기는 힘의 크기를 T_A 라고 하면, $T_A = \sqrt{(mg)^2 + (mg)^2} = \sqrt{2}mg$ 이다.

ㄷ. A에 연결된 실이 연직 방향과 이루는 각을 θ 라고 하자. A의 각속도의 크기를 ω 라고 하면, A에 작용하는 구심력의 크기는 $ml\omega^2 \sin \theta$ 이다. 따라서 $T_A \sin \theta = ml\omega^2 \sin \theta$ 이므로 $T_A = ml\omega^2 = \sqrt{2}mg$ 이다. 각속도의 크기는 A와 B가 같고, B에 연결된 실의 길이는 $2l$ 이므로 B에 연결된 실이 B를 당기는 힘의 크기를 T_B 라고 하면, $T_B = (2m)(2l)\omega^2 = 4\sqrt{2}mg$ 이다. B에 작용하는 구심력의 크기를 F 라고 하면, B에 작용하는 중력의 크기는 $2mg$ 이므로 $T_B^2 = (2mg)^2 + F^2 = (4\sqrt{2}mg)^2$ 이다. 이를

정리하면 $F=2\sqrt{7}mg$ 이므로, B에 작용하는 구심력의 크기는 $2\sqrt{7}mg$ 이다.

08 — 푼점 문제 분석



- A의 속도의 y 성분이 0일 때, A는 y 축상에 위치한다. $\Rightarrow$ A의 반지름을 r_A 라고 하면, 시간 $t=0$ 일 때 A의 위치는 $(0, r_A)$ 또는 $(0, -r_A)$ 이다. $t=T$ 일 때 A의 속도의 x 성분은 0이고 A의 운동 방향은 $+y$ 방향이다.
- B의 반지름을 r_B 라고 하면, $t=0$ 일 때 B의 위치는 $(0, r_B)$ 또는 $(0, -r_B)$ 이다. $t=\frac{1}{2}T$ 일 때 B의 속도의 x 성분은 0이고 B의 운동 방향은 $+y$ 방향이다. 따라서 시간에 따라 A, B의 위치를 xy 평면에 나타내면 그림과 같다.

선택지 분석

- ✗ 각속도의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다. $\frac{1}{2}$ 배
- Ⓐ A의 원 궤도 반지름은 $\frac{4vT}{\pi}$ 이다.
- Ⓒ A와 B 사이의 거리는 T 일 때가 $2T$ 일 때보다 작다.

전략적 풀이 ① 속도를 시간에 따라 나타낸 그래프에서 주기와 각속도를 비교할 수 있다.

ㄱ. 주기와 각속도는 서로 반비례한다. 주기는 A가 B의 2배이므로 각속도의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

② 등속 원운동을 하는 물체의 속력과 주기를 이용하여 원 궤도의 반지름을 구할 수 있다.

ㄴ. A의 주기는 $4T$ 이고, A의 속력은 $2v$ 이다. 따라서 A의 원 궤도 반지름은 $\frac{2v(4T)}{2\pi} = \frac{4vT}{\pi}$ 이다.

③ 등속 원운동을 하는 물체의 속도의 y 성분을 이용하여 시간에 따른 물체의 위치를 설명할 수 있다.

ㄷ. 시간 $t=T$ 일 때 A의 위치는 $(r_A, 0)$ 이고, B의 위치는 $(0, r_B)$ 이다. $t=2T$ 일 때 A의 위치는 $(0, r_A)$ 이고, B의 위치는 $(0, -r_B)$ 이다. 따라서 A와 B 사이의 거리는 T 일 때가 $2T$ 일 때보다 작다. (A와 B 사이의 거리는 A, B의 운동 방향이 시계 방향 또는 시계 반대 방향이여도 관계 없다.)

2 중력의 작용과 등가 원리

01 / 케플러 법칙과 중력

개념 확인 문제

51쪽

- | | | | | |
|---------|---------------|------|------|----------|
| ① 태양 법칙 | ② 면적 속도 일정 법칙 | ③ 빨라 | ④ 느려 | ⑤ 조화 반지름 |
| ⑥ 긴반지름 | ⑦ 질량 | ⑧ 제곱 | ⑨ 중력 | ⑩ 궤도 |
| 반지름 | ⑪ 제곱 | | | |

- 1 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\times$ 2 (1) $v_a > v_b = v_d > v_c$ (2) $F_a > F_c$
 3 $2\sqrt{2}$ 배 4 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\bigcirc$ 5 (1) 작다 (2) 크다 (3) 크다

1 (1) 케플러 제1법칙에 따르면 모든 행성은 타원 궤도를 따라 태양 주위를 공전한다.

(2) 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 따라 태양과 행성을 연결한 선이 일정한 시간 동안 휩쓸고 지나간 면적은 항상 같다.

(3) 케플러 제3법칙(조화 법칙)에 따라 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

2 (1) 케플러 제2법칙에 따르면 태양에 가까울수록 행성의 속력이 크다.

(2) 태양으로부터 거리가 가까울수록 행성에 작용하는 중력의 크기는 크다.

3 인공위성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다. A, B의 공전 주기를 각각 T_A, T_B 라고 하면, $T_A^2 : T_B^2 = a^3 : (2a)^3$ 이므로 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$ 배이다.

4 (1) 중력은 질량을 가진 두 물체 사이에 작용하는 인력이다.

(2) 두 물체 사이에 작용하는 중력의 크기는 두 물체의 질량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하므로, $F=G\frac{2m^2}{r^2}$ 이다.

(3) 두 물체 사이의 거리가 2배가 되면, 두 물체 사이에 작용하는 중력의 크기는 $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

5 (1) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}r^3$ 이다. 따라서 인공위성 원 궤도의 반지름이 같고, 인공위성의 공전 주기는 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 행성의 질량은 A가 B보다 크다.

(2) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 이다. 따라서 행성의 질량은 A가 B보다 크므로 인공위성의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

(3) 인공위성의 질량은 같고, 행성의 질량은 A가 B보다 크므로 인공위성에 작용하는 중력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

완자샘 비법특강

52쪽~53쪽

Q1 2M

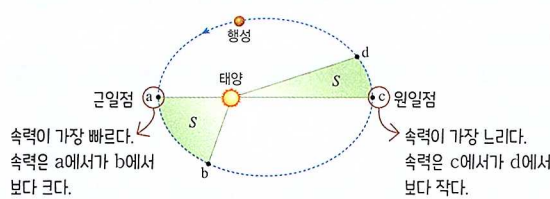
Q1 중력 상수를 G , B의 질량을 M_B , p의 주기를 T 라고 하면,
 $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$ 에서 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2 G}$ 이다. q의 주기는 $2T$ 이므로
 $(2T)^2 = \frac{4\pi^2}{GM_B} (2r)^3$ 에서 $M_B = \frac{8\pi^2 r^3}{T^2 G} = 2M$ 이다. 따라서 B의 질량은 $2M$ 이다.

대표자료분석 1

54쪽

1 ㉠ 면적, ㉡ t 2 2배 3 $4a$ 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×

꼼꼼 문제 분석



1 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 따라 일정한 시간 동안 태양과 행성을 연결하는 선분이 만든 면적은 같다. 따라서 면적이 같으면 이동하는 데 걸린 시간도 같다.

2 행성과 태양을 연결한 선분이 지나간 면적이 2배가 되면 걸린 시간도 2배가 된다.

3 케플러 제3법칙에 따라 $T^2 \propto a^3$ 이다. 공전 주기가 $8T$ 인 행성의 긴반지름을 a' 라고 하면 $T^2 : (8T)^2 = a^3 : a'^3$ 이 되어 $a' = 4a$ 이다.

4 (1) 태양에 가까울수록 행성의 속력이 크다. 따라서 태양과 행성 사이의 거리는 a에서 가장 작으므로 속력은 a에서 가장 크다. (2) 태양에 가까울수록 행성에 작용하는 중력이 크다. 태양과 행성 사이의 거리는 a에서 가장 작으므로 중력의 크기는 a에서 가장 크다.

(3) 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하므로 태양의 위치는 타원 궤도의 두 초점 중 하나이다.

(4) 케플러 법칙은 행성의 운동에 관한 법칙이지만 이후 뉴턴에 의해 중력이 발견되었고, 중력에 의해 운동하는 위성이나 인공위성도 케플러 법칙을 만족한다는 사실을 알게 되었다.

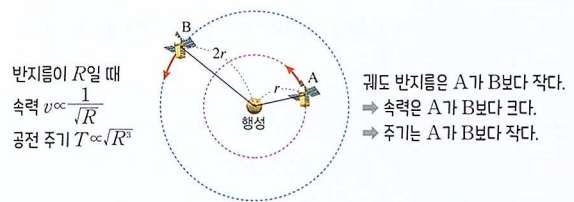
(5) 케플러는 행성들의 운동에 대한 수많은 관측 결과를 분석하여 케플러 법칙을 발표하였을 뿐 행성들이 그러한 운동을 하게 되는 근본 원인에 대해서는 설명할 수 없었다. 이후에 뉴턴이 중력 법칙으로 케플러 법칙을 설명하였다.

대표자료분석 2

55쪽

1 ㄱ, ㄴ 2 (1) > (2) < (3) > (4) > 3 $\sqrt{2} : 1$
 4 1 : $2\sqrt{2}$ 5 (1) ○ (2) × (3) ×

꼼꼼 문제 분석



1 행성 주위를 도는 인공위성의 속도 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ 이므로 인공위성의 속도(v)에 영향을 주는 요인은 행성의 질량(M)과 행성 중심에서 인공위성까지의 거리(R)이다. 이때 G 는 중력 상수로 일정하다.

2 (1) 인공위성의 속도 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ 이므로 $v \propto \frac{1}{\sqrt{R}}$ 이다. 궤도 반지름 R 은 $A < B$ 이므로 속도 v 는 $A > B$ 이다.

(2) 인공위성의 공전 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$ 이므로 $T \propto \sqrt{R^3}$ 이다. 궤도 반지름 R 은 $A < B$ 이므로 공전 주기 T 는 $A < B$ 이다.

(3) 중력 $F = G\frac{Mm}{R^2}$ 이므로 $F \propto \frac{1}{R^2}$ 이다. 궤도 반지름 R 은 $A < B$ 이므로 중력 F 의 크기는 $A > B$ 이다.

(4) 가속도의 크기 $a = \frac{F}{m}$ 인데 인공위성 A, B의 질량이 같으므로 $a \propto F$ 이다. 따라서 중력 F 의 크기는 $A > B$ 이므로 가속도의 크기는 $A > B$ 이다.