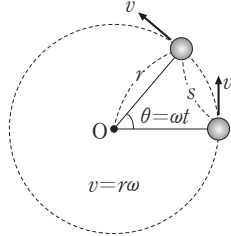


**The true beauty of science is in finding a
simple theory that can explain diverse phenomena.**

Murray Gell-Mann

① 등속 원운동

- (1) 등속 원운동: 물체가 원 궤도를 따라 일정한 속력으로 회전하는 운동으로, 속력은 변하지 않지만 운동 방향이 계속 변하므로 속도가 변하는 가속도 운동이다.



- ① 주기(T): 물체가 원둘레를 1회전하는 데 걸리는 시간이다. 반지름 r , 속력 v 로 운동할 때 주기는 다음과 같다.

$$T = \frac{2\pi r}{v} \text{ [단위: s(초)]}$$

- ② 진동수(f): 단위 시간(1초) 동안 회전하는 횟수이다.

$$f = \frac{1}{T} \text{ [단위: Hz(헤르츠)]}$$

- ③ 각속도(ω): 단위 시간(1초) 동안 회전한 각이다.

$$\omega = \frac{\theta}{t} \text{ (단위: rad/s), } \theta = \omega t$$

- ④ 속력(v): 접선 방향의 속도의 크기로 일정하다.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{r\theta}{t} = r\omega \text{ (단위: m/s)}$$

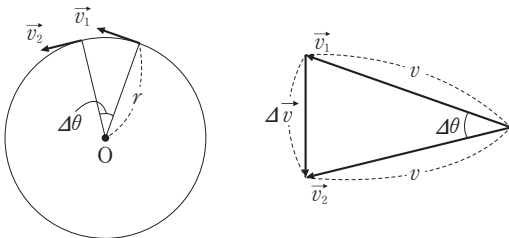
- ⑤ 물체가 한 바퀴를 회전하면 회전각은 2π 이므로 각속도, 주기, 진동수는 다음 관계가 성립한다.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

② 구심 가속도와 구심력

- (1) 구심 가속도

- ① 속도 변화량($\Delta \vec{v}$)의 방향: $\Delta \theta$ 를 매우 작게 하면 $\Delta \vec{v} (= \vec{v}_2 - \vec{v}_1)$ 는 $\vec{v}_1$ 과 직각을 이루기 때문에 원의 중심을 향하게 된다.

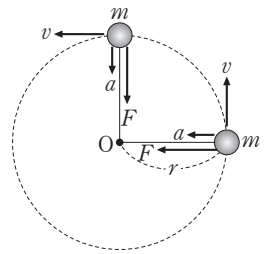


- ② 구심 가속도($\vec{a}$)의 방향: 가속도가 $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ 이므로 가속도 $\vec{a}$ 의 방향은 속도 변화량 $\Delta \vec{v}$ 의 방향과 같다. 따라서 구심 가속도 $\vec{a}$ 의 방향은 원의 중심을 향한다.

- ③ 구심 가속도($\vec{a}$)의 크기: 속도 변화량 $\Delta \vec{v}$ 의 크기는 $|\Delta \vec{v}| = v\Delta \theta$ 이다. 물체가 원운동하는 시간 Δt 를 매우 짧게 하면, 구심 가속도의 크기는 $a = \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t} = \frac{v\Delta \theta}{\Delta t}$ 이다. $\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \omega$ 이고, $v = r\omega$ 이므로 등속 원운동을 하는 물체의 구심 가속도의 크기는 $a = v\omega = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$ 이다.

- (2) 구심력

- ① 구심력: 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 가속도의 방향과 같이 원의 중심을 향한다. 이와 같이 원의 중심 방향을 향하는 힘을 구심력이라고 한다.



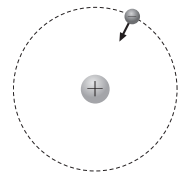
• 크기: $F = ma = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$

- 방향: 원운동의 중심 방향

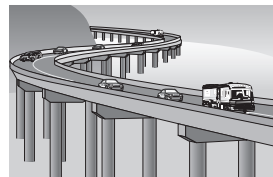
- ② 여러 가지 구심력



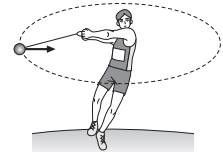
- ▲ 지구 주위를 도는 인공위성에 작용하는 중력



- ▲ 원자 내의 전자에 작용하는 전기력



- ▲ 수평인 원형 도로에서 자동차의 진행 방향에 수직으로 작용하는 마찰력



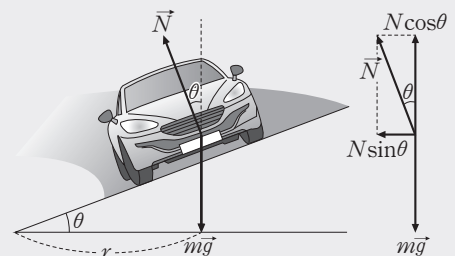
- ▲ 수평면과 나란하게 원운동하는 해머에 작용하는 줄에 의한 힘과 중력의 합력

더 알기

곡선 도로에서 자동차의 속력

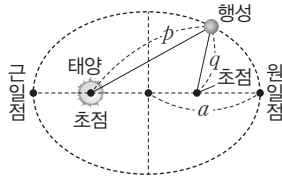
대부분의 곡선 도로는 안쪽보다 바깥쪽이 약간 높게 기울어져 있다. 그림과 같이 수평면과 이루는 각이 θ 인 곡선 도로에서 자동차가 달릴 때, 자동차의 진행 방향에 수직인 방향의 마찰을 무시하면 자동차에 작용하는 중력(mg)과 도로가 자동차를 접촉면에 수직으로 떠받치는 힘($\vec{N}$)의 합력이 자동차가 곡선 도로를 달리며 회전할 때의 구심력이 되어 자동차는 등속 원운동을 할 수 있다. 자동차의 회전 반지름을 r , 속력을 v 라고 하면 다음 관계가 성립한다.

$$N \sin \theta = \frac{mv^2}{r}, N \cos \theta = mg \Rightarrow \tan \theta = \frac{v^2}{gr} \text{ 이므로 자동차의 속력은 } v = \sqrt{gr \tan \theta} \text{ 이다.}$$



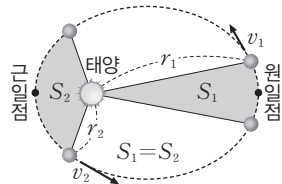
③ 케플러 법칙

- (1) 타원 궤도 법칙(케플러 제1법칙): 태양계 내의 모든 행성들은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 공전한다($p+q=2a$).



- 근일점과 원일점: 행성이 태양과 가장 가까운 지점을 근일점, 행성이 태양과 가장 먼 지점을 원일점이라고 한다.

- (2) 면적 속도 일정 법칙(케플러 제2법칙): 행성과 태양을 연결하는 선분이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 일정하다($S_1=S_2$).

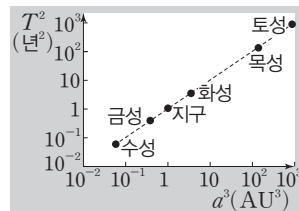
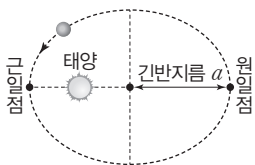


⇒ $r_1 > r_2$ 이면 $v_1 < v_2$ 이다.

- ① 행성이 태양으로부터 가까울 때는 속력이 크고, 멀 때는 속력이 작다. 따라서 행성의 속력은 근일점에서 최대이고, 원일점에서 최소이다.
- ② 행성이 원일점에서 근일점으로 이동하는 동안에는 행성의 속력이 증가하고, 근일점에서 원일점으로 이동하는 동안에는 행성의 속력이 감소한다.

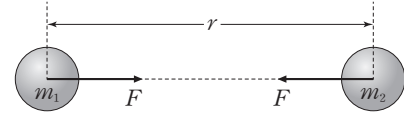
- (3) 조화 법칙(케플러 제3법칙): 행성의 공전 주기(T)의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름(a)의 세제곱에 비례한다. ⇒ $T^2 \propto a^3$

- 공전 궤도 긴반지름이 길수록 공전 주기가 길다.



④ 중력 법칙

- (1) 뉴턴 중력 법칙: 두 물체 사이에 작용하는 중력은 질량의 곱에 비례하고 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 그림과 같이 질량이 각각 m_1 , m_2 이고, 떨어진 거리가 r 인 두 물체 사이에 작용하는 중력의 크기 F 는 다음과 같다.



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (G: \text{중력 상수})$$

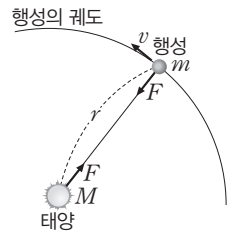
- 중력은 항상 서로 당기는 방향으로 작용한다.

- (2) 중력 가속도: 물체에 작용하는 중력에 의한 가속도이다. 일반적으로 g 로 표시하며, 질량이 m 인 물체에 작용하는 중력은 mg 이다.

- ① 지표면에서 중력 가속도: 물체에 작용하는 중력이 mg 이므로 지구의 반지름을 R , 질량을 M 이라고 하면 $\frac{GMm}{R^2} = mg$ 에서 중력 가속도는 $g = \frac{GM}{R^2}$ 이다.

- ② 지표면으로부터 높이 h 인 곳에서 중력 가속도는 $g' = \frac{GM}{(R+h)^2}$ 이다.

- (3) 케플러 법칙과 중력 법칙: 태양계의 행성들은 원 궤도에 가까운 타원 궤도를 따라 운동한다. 따라서 태양이 행성에 작용하는 중력이 행성을 원운동하게 하는 구심력이라고 가정하면 케플러 제3법칙을 유도할 수 있다. 질량이 M 인 태양을 중심으로 반지름이 r 인 원 궤도를 공전하는 주기 T , 질량 m 인 행성에 작용하는 구심력의 크기는 $F = \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 이고, $v = \frac{2\pi r}{T}$ 이므로 $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$ 이다. 따라서 $T^2 \propto r^3$ 이다.



더 알기 정지궤도 인공위성

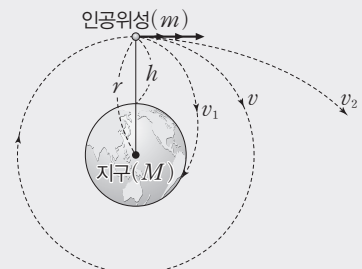
그림과 같이 지구 중심으로부터 r 만큼 떨어진 지점에서 물체를 수평 방향으로 던질 때 물체의 속력이 특정한 조건(중력=구심력)을 만족하면 물체는 지구 주위를 일정한 속력으로 계속 돌게 된다. 따라서 $v_1 < v < v_2$ 가 성립한다.

- 인공위성의 운동: 지구 주위를 등속 원운동 하는 인공위성에는 지구의 중력이 구심력으로 작용한다.

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

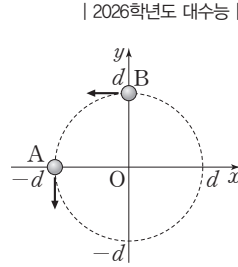
- 인공위성의 속력(v)과 주기(T): $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

- 정지궤도 인공위성의 고도(h): 지구의 자전 주기와 인공위성의 공전 주기가 같으면 지표면에서 관찰할 때 인공위성은 항상 같은 위치에 정지해 있는 것으로 보인다. 정지궤도 인공위성의 공전 궤도 반지름(r)이 약 42,000 km이므로 지표면으로부터 고도 h 는 약 35,800 km 정도이다.



테마 대표 문제

그림과 같이 xy 평면에서 물체 A, B가 각각 원점 O를 중심으로 반지름이 d 인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 한다. 시간 $t=0$ 일 때 A, B는 각각 x 축상의 $x=-d$ 인 점, y 축상의 $y=d$ 인 점을 지나고, $t=t_0$ 일 때 A, B가 처음 만난다. 속력은 A가 B보다 작고, B의 주기는 t_0 이다.
 $t=0$ 부터 t_0 까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)



| 2026학년도 대수능 |

접근 전략

B의 주기가 t_0 이고, $t=t_0$ 일 때 A와 B가 처음 만나므로 A와 B가 만나는 위치는 y 축상의 $y=d$ 인 점이다.

간략 풀이

㉠ $t=0$ 부터 $t=t_0$ 까지 A의 이동 거리는 $\frac{3}{4} \times 2\pi d$ 이고, B의 이동 거리는 $2\pi d$ 이므로 이동 거리는 A가 B보다 작다.

㉡ $t=0$ 부터 $t=t_0$ 까지 A, B는 각각 $\frac{3}{2}\pi$, 2π 만큼 회전한다. 따라서 각 속도의 크기는 A가 B보다 작다.

✕. 반지름이 같을 때, 구심 가속도의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례한다. 각속도의 크기는 A가 B의 $\frac{3}{4}$ 배이므로 구심 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{9}{16}$ 배이다.

정답 | ③

보기

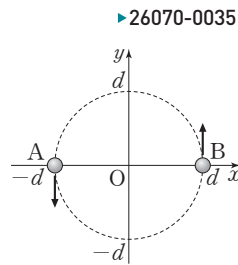
- ㄱ. 이동 거리는 A가 B보다 작다.
- ㄴ. 각속도의 크기는 A가 B보다 작다.
- ㄷ. 구심 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{3}{4}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

많은 풀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 8쪽

그림과 같이 xy 평면에서 물체 A, B가 각각 원점 O를 중심으로 반지름이 d 인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 한다. 시간 $t=0$ 일 때 A, B는 각각 x 축상의 $x=-d$ 인 점, x 축상의 $x=d$ 인 점을 지나고, $t=T$ 일 때 A, B가 처음으로 x 축상의 $x=d$ 인 점에서 만난다. 속력은 A가 B보다 작고, A의 주기는 t_0 이다.



▶ 26070-0035

$t=0$ 부터 t_0 까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ. $T = \frac{1}{2}t_0$ 이다.
- ㄴ. 각속도의 크기는 B가 A의 2배이다.
- ㄷ. 구심 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

A, B가 등속 원운동을 하는 부분은 대표 문제와 유사하나, A, B가 처음으로 만나는 시간을 계산해야 하는 부분이 다르다.

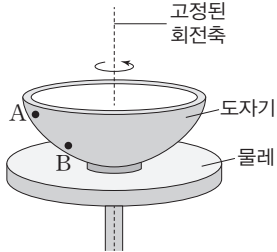
배경 지식

등속 원운동을 하는 물체의 궤도 반지름이 같을 때, 물체의 속력은 물체의 각속도에 비례한다.

01

▶26070-0036

그림과 같이 물레 위의 도자기가 회전하고 있다. 도자기 바깥면의 두 점 A, B는 동일한 주기로 등속 원운동을 하고 있고, 회전축으로부터의 수직 거리는 A가 B보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

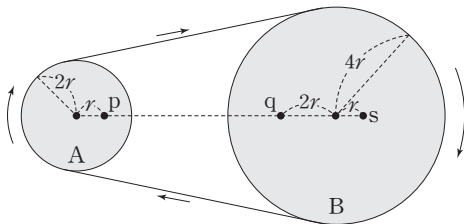
- ㄱ. 각속도의 크기는 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ. 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄷ. 가속도의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26070-0037

그림과 같이 반지름이 각각 $2r$, $4r$ 인 원판 A, B가 벨트에 연결되어 일정한 속력으로 회전한다. 점 p, q, s는 A, B에 각각 고정된 점이며, p, q, s를 각각 포함하는 원 궤도의 반지름은 각각 r , $2r$, r 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 벨트는 원판에서 미끄러지지 않는다.)

보기

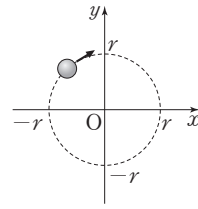
- ㄱ. 각속도의 크기는 p에서가 s에서의 2배이다.
- ㄴ. 속력은 p에서가 q에서의 2배이다.
- ㄷ. 가속도의 크기는 p에서가 s에서의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

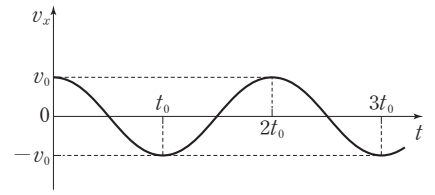
03

▶26070-0038

그림 (가)는 물체가 xy 평면에서 원점 O를 중심으로 일정한 속력으로 반지름이 r 인 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 물체의 속도의 x 성분 v_x 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

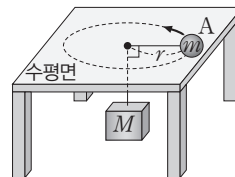
- ㄱ. $t=0$ 일 때, 물체는 y 축상의 $y=r$ 를 지난다.
- ㄴ. 물체의 가속도의 크기는 $\frac{\pi^2 r}{t_0^2}$ 이다.
- ㄷ. $t=t_0$ 일 때, 물체의 가속도의 방향은 $-y$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

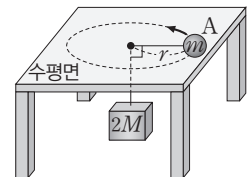
04

▶26070-0039

그림 (가), (나)는 수평면 위에서 질량이 m 인 물체 A가 질량이 각각 M , $2M$ 인 추에 실로 연결되어 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 원 궤도의 반지름은 (가)에서와 (나)에서가 r 로 같다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

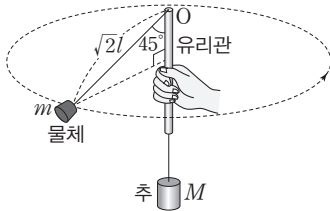
- ㄱ. A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ㄴ. A의 각속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ㄷ. A의 속력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26070-0040

그림은 실의 한쪽 끝에 질량이 M 인 추를 매달고, 유리관 속을 통과시킨 실의 다른 쪽 끝에는 질량이 m 인 물체를 달아 등속 원운동 시키는 모습을 나타낸 것이다. 유리관의 끝점 O에서 물체까지의 실의 길이는 $\sqrt{2}l$ 이고, 실이 연직 방향과 이루는 각은 45° 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력 가속도는 g 이고, 유리관의 굵기, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

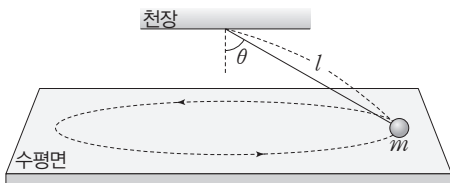
- ㄱ. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 Mg 이다.
- ㄴ. $M = \sqrt{2}m$ 이다.
- ㄷ. 물체의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26070-0041

그림과 같이 질량이 m 인 물체가 천장에 실로 연결되어 수평면에서 등속 원운동을 한다. 실의 길이는 l 이고, 실과 연직 방향이 이루는 각은 θ 이다. 원운동의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 이고, $\tan\theta = \frac{4}{3}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.)

보기

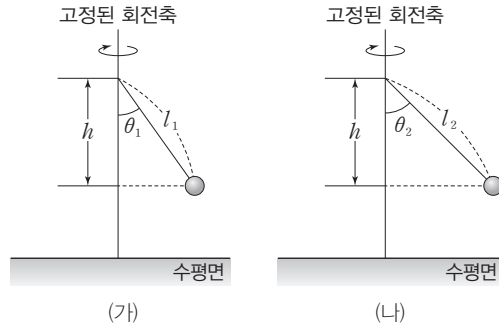
- ㄱ. 물체의 각속도의 크기는 $\sqrt{\frac{g}{l}}$ 이다.
- ㄴ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $\frac{4}{5}mg$ 이다.
- ㄷ. 수평면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는 $\frac{2}{5}mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶26070-0042

그림 (가), (나)와 같이 고정된 회전축에 길이가 각각 l_1 , l_2 이고, 높이 차이가 h 로 같은 줄에 연결된 동일한 물체가 각각 등속 원운동을 한다. (가), (나)에서 고정된 회전축과 줄이 이루는 각은 각각 θ_1 , θ_2 이고, $\theta_1 < \theta_2$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

보기

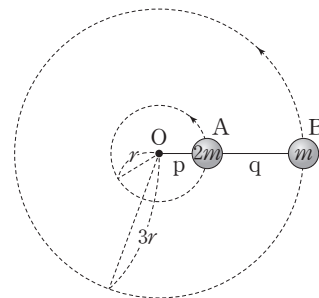
- ㄱ. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄷ. 물체의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶26070-0043

그림과 같이 물체 A, B가 실 p, q에 연결되어 점 O를 중심으로 같은 각속도로 등속 원운동을 한다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이고, A, B의 원 궤도의 반지름은 각각 r , $3r$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

보기

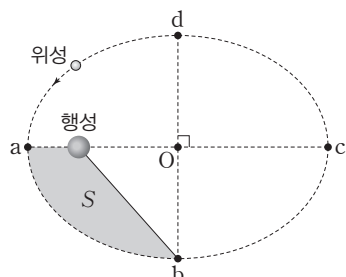
- ㄱ. 물체의 속력은 B가 A의 3배이다.
- ㄴ. 물체의 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.
- ㄷ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶26070-0044

그림과 같이 위성이 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하여 점 a~d를 지난다. a, c는 각각 위성이 행성의 중심으로부터 가장 가까운 점과 가장 먼 점이고, 행성의 중심으로부터 b, d까지의 거리는 같다. 타원의 면적은 $8S$ 이고, 위성이 a에서 b까지 운동하는 동안 행성과 위성을 연결한 선분이 쓸고 지나간 면적은 S 이다. 점 O는 타원의 중심이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

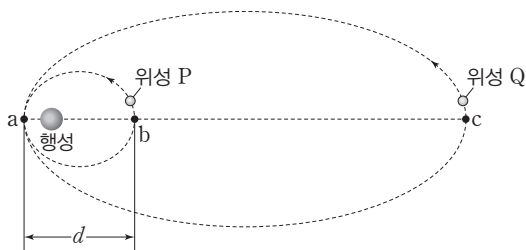
- ㄱ. 위성에 작용하는 중력의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.
- ㄴ. 위성의 가속도의 크기는 b에서와 d에서가 같다.
- ㄷ. 위성이 c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간은 d에서 a까지 운동하는 데 걸린 시간의 3배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶26070-0045

그림과 같이 위성 P와 Q가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 공전하고 있다. 점 a는 P와 Q가 행성과 가장 가까운 지점이고, 점 b, c는 P와 Q가 각각 행성에서 가장 먼 지점이다. a와 b 사이의 거리는 d 이고, 공전 주기는 Q가 P의 8배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P와 Q에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

[보기]

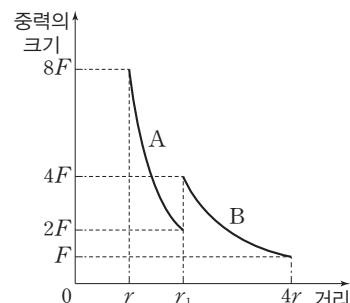
- ㄱ. a를 지나는 순간의 가속도의 크기는 P와 Q가 같다.
- ㄴ. a를 지나는 순간의 속력은 P와 Q가 같다.
- ㄷ. b와 c 사이의 거리는 $3d$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶26070-0046

그림은 위성 A, B가 동일한 행성을 한 초점으로 하는 각각의 타원 궤도를 따라 한 주기 동안 운동할 때 행성이 A, B에 작용하는 중력의 크기를 행성의 중심으로부터 A, B의 중심까지의 거리에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

[보기]

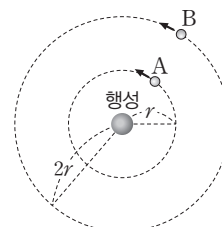
- ㄱ. 질량은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. $r_1 = 2r$ 이다.
- ㄷ. 위성의 공전 주기는 B가 A의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶26070-0047

그림과 같이 위성 A, B가 행성을 중심으로 각각 궤도 반지름이 r , $2r$ 인 등속 원운동을 한다. A에 작용하는 중력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기의 2배이다.



위성에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

[보기]

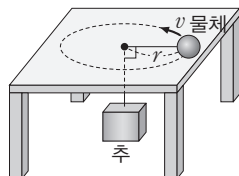
- ㄱ. 질량은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄷ. 속력은 A가 B의 $\sqrt{2}$ 배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶26070-0048

그림은 마찰이 없는 수평면에서 추와 연결된 물체를 수평면과 나란하게 등속 원운동을 시키는 것을 나타낸 것이다. 물체의 속력은 v 이고, 원 궤도 반지름은 r 이다. 표는 실험 I, II, III에서 물체의 질량과 추의 질량, v , r 를 나타낸 것이다.



구분	물체의 질량	추의 질량	v	r
I	m	M	v_0	r_0
II	$2m$	M	v_0	㉠
III	m	$2M$	㉡	r_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)

ㄱ. 보기

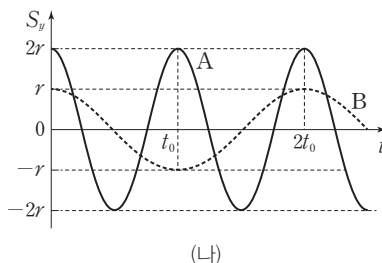
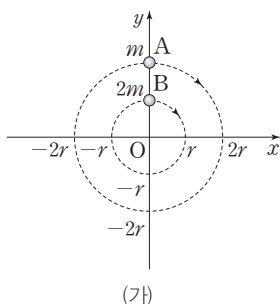
- ㄱ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 III에서가 I에서의 2배이다.
- ㄴ. ㉠은 $2r_0$ 이다.
- ㄷ. ㉡은 $2v_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶26070-0049

그림 (가)는 xy 평면에서 질량이 각각 m , $2m$ 인 물체 A, B가 원점 O를 중심으로 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것으로, A, B의 원 궤도 반지름은 각각 $2r$, r 이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B의 위치의 y 성분 S_y 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다.



물체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

ㄱ. 보기

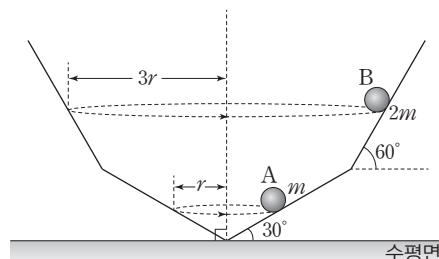
- ㄱ. 각속도의 크기는 B가 A의 2배이다.
- ㄴ. 속력은 A가 B의 4배이다.
- ㄷ. 구심력의 크기는 A가 B의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 26070-0050

그림과 같이 물체 A, B가 경사면 안쪽 면에서 수평면과 나란하게 각각 등속 원운동을 한다. A, B가 운동하는 경사면이 수평면과 이루는 각은 각각 30° , 60° 이다. A, B의 질량은 각각 m , $2m$ 이고, 원 궤도의 반지름은 각각 r , $3r$ 이다.



물체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 모든 마찰은 무시한다.)

보기

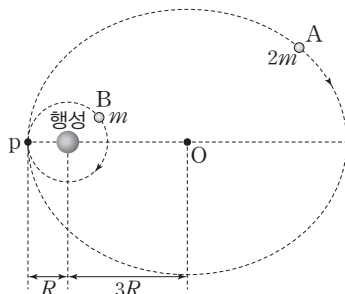
- ㄱ. 구심력의 크기는 B가 A의 6배이다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.
- ㄷ. 각속도의 크기는 A와 B가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶ 26070-0051

그림과 같이 위성 A는 행성을 한 초점으로 하는 타원 운동을, 위성 B는 행성을 중심으로 반지름이 R 이고 공전 주기가 T 인 원운동을 한다. 점 p는 A가 행성으로부터 가장 가까운 지점이고, p에서 A와 B의 궤도가 접한다. 행성의 중심으로부터 p까지의 거리는 R 이고, 행성의 중심으로부터 타원의 중심 O까지의 거리는 $3R$ 이다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이고, 타원의 면적은 S 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

보기

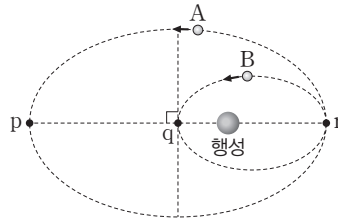
- ㄱ. A의 공전 주기는 $8T$ 이다.
- ㄴ. $4T$ 동안, A의 중심과 행성의 중심을 연결한 선분이 끌고 지나간 면적은 $\frac{1}{2}S$ 이다.
- ㄷ. p에서 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶26070-0052

그림과 같이 질량이 같은 위성 A, B가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 각각 공전하고 있다. 점 p, r는 각각 A, B가 행성으로부터 가장 먼 지점이고, 점 q는 B가 행성으로부터 가장 가까운 지점이며 A의 타원 궤도의 중심이다. A가 행성으로부터 가장 가까운 r에서 A, B의 궤도가 접하고, B에 작용하는 중력의 크기는 q에서 r에서의 9배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

보기

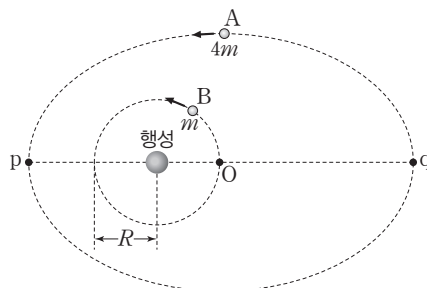
- ㄱ. 위성의 공전 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄴ. r에서 위성의 속력은 A와 B가 같다.
- ㄷ. q에서 B에 작용하는 중력의 크기는 p에서 A에 작용하는 중력의 크기의 25배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶26070-0053

그림과 같이 위성 A는 행성을 한 초점으로 하는 타원 운동을, 위성 B는 행성을 중심으로 반지름이 R 인 원운동을 한다. A의 궤도에서 점 p는 행성에서 가장 가까운 지점이고, 점 q는 행성에서 가장 먼 지점이다. A, B의 질량은 각각 $4m$, m 이고, B에 작용하는 중력의 크기는 p에서 A에 작용하는 중력의 크기와 같다. 점 O는 A의 타원 궤도의 중심이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

보기

- ㄱ. A의 속력은 p에서 q에서보다 크다.
- ㄴ. 위성의 공전 주기는 A가 B의 $3\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄷ. A의 가속도의 크기는 p에서 q에서의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

㉔. p에서 r까지의 거리는 $\frac{1}{2}v_0 \times \frac{2v_0}{g} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}g \times \frac{4v_0^2}{g^2} = \frac{2v_0^2}{g}$ 이고, r에서 s까지의 거리는 $\frac{v_0^2}{g}$ 이므로 p에서 r까지의 거리는 r에서 s까지의 거리의 2배이다.

05 포물선 운동

A의 최고점의 높이가 $\frac{4}{3}h$ 이므로 A가 평면에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 t_0 이라 하면, A가 최고점에서 수평면까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t_0$ 이다.

㉕. A와 B가 각각 p에서 r까지, q에서 r까지 운동하는 동안 연직 방향으로 동일한 가속도로 운동을 하므로 낙하 거리는 운동 시간의 제곱에 비례한다. 따라서 B가 q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\sqrt{3}t_0$ 이고, A와 B는 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로 q를 지날 때, B의 속력은 v_0 이다.

㉖. A는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 중력 가속도를 g 라 하면, $\frac{1}{2}v_0 = gt_0 \dots ①$ 이고, $d = \sqrt{3}v_0 t_0$ 이므로 $d = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{2g} \dots ②$ 이다. $\frac{1}{4}v_0^2 = 2 \times g \times \frac{1}{3}h$ 를 ②에 대입하면 $d = \frac{4\sqrt{3}}{3}h$ 이다.

✕. B의 전체 운동 시간이 $3t_0$ 이고, B가 포물선 운동을 하는 데 걸린 시간이 $\sqrt{3}t_0$ 이므로 B가 평면에서 등가속도 운동을 하는 데 걸린 시간은 $(3 - \sqrt{3})t_0$ 이다. 따라서 평면에서 B의 평균 속력은 $\frac{1}{2}v_0$ 이므로 평면에서 B의 이동 거리는 $\frac{3 - \sqrt{3}}{2}v_0 t_0$ 이고, ①과 ②를 대입하여 정리하면 평면에서 B의 이동 거리는 $\frac{\sqrt{3} - 1}{2}d$ 이다.

06 평면에서 등가속도 운동

물체가 q에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 t_0 이라 하면, 물체가 최고점에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\sqrt{2}t_0$ 이다.

✕. 물체는 I을 지나는 동안 등가속도 운동을 하므로 q에서 물체의 속력을 v 라 하면, $v^2 - v_0^2 = 2 \times \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}g\right) \times 2\sqrt{2}h$ 이다. 또한 중력 가속도를 g 라 하면, 물체가 q에서부터 최고점까지 운동하는 동안 $\frac{1}{2}v^2 = 2gh$ 이므로 q에서 물체의 속력은 $v = \frac{1}{\sqrt{2}}v_0$ 이다.

㉗. 물체가 포물선 운동을 하는 동안 물체의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{2}v_0$ 으로 일정하다. 또한 $\frac{1}{2}v_0 = gt_0$ 에서 $t_0 = \frac{v_0}{2g}$ 이고, 최고점에서 r까지 운동하는데 걸린 시간은 $\sqrt{2}t_0$ 이므로 $d = \frac{1 + \sqrt{2}}{2}v_0 t_0$ 이다. 따라서 $v_0^2 = 8gh$ 를 대입하여 정리하면 $d = 2(1 + \sqrt{2})h$ 이다.

㉘. q와 r에서 물체의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{2}v_0$ 으로 일정하다. 또한 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 r에서 물체의 연직 방향 속력은 $\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$ 이다. 따라서 $\tan\theta = \sqrt{2}$ 이다.

03 물체의 운동(2)

짧은 풀 문제로 유형 익히기

본문 22쪽

정답 ③

등속 원운동을 하는 물체의 궤도 반지름이 같을 때, 물체의 속력은 물체의 각속도에 비례한다.

㉑. A의 주기가 t_0 이고, $t=0$ 부터 $t=T$ 까지 A는 π 만큼 회전하였으므로 $T = \frac{1}{2}t_0$ 이다.

㉒. $t=0$ 부터 $t=T$ 까지 A, B는 각각 π , 2π 만큼 회전하였으므로 각속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

✕. 각속도의 크기가 B가 A의 2배이므로 속력도 B가 A의 2배이다. 따라서 등속 원운동을 하는 물체의 궤도 반지름이 같을 때, 구심 가속도의 크기는 속력의 제곱에 비례하므로 구심 가속도의 크기는 B가 A의 4배이다.

수능 2점 테스트

본문 23~25쪽

01 ⑤	02 ③	03 ③	04 ①	05 ⑤
06 ⑤	07 ⑤	08 ③	09 ⑤	10 ③
11 ②	12 ④			

01 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체의 주기가 같을 때, 물체의 속력은 물체의 원 궤도 반지름에 비례한다.

㉑. 주기가 같으므로 각속도의 크기는 A에서와 B에서가 같다.

㉒. 물체의 주기가 같을 때, 물체의 속력은 물체의 원 궤도 반지름에 비례하므로 속력은 A에서가 B에서보다 크다.

㉓. 각속도의 크기가 같을 때, 가속도의 크기는 물체의 원 궤도 반지름에 비례하므로 가속도의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.

02 등속 원운동

A, B가 벨트에 연결되어 있으므로 A, B의 가장 자리의 속력은 같다.

㉑. A, B의 가장 자리의 속력이 같고 반지름이 B가 A의 2배이므로 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다. 따라서 각속도의 크기는 p에서가 s에서의 2배이다.

✕. 각속도의 크기는 p에서가 q에서의 2배이고, 원 궤도의 반지름은 q에서가 p에서의 2배이므로 속력은 p에서와 q에서가 같다.

㉒. 원 궤도의 반지름이 같을 때, 가속도의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례한다. 따라서 가속도의 크기는 p에서가 s에서의 4배이다.

03 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 가속도의 방향은 원 궤도의 중심을 향하는 방향이다.

㉠. 등속 원운동을 하는 물체의 운동 방향은 원 궤도에 접하는 방향이고, $t=0$ 일 때 v_x 가 v_0 으로 최대이다. 따라서 $t=0$ 일 때, 물체는 y 축상의 $y=r$ 를 지난다.

㉡. 물체의 가속도의 크기는 $a=\frac{v_0^2}{r}$ 이고, $v_0=\frac{2\pi r}{2t_0}$ 이므로 물체의 가속도의 크기는 $\frac{\pi^2 r}{t_0^2}$ 이다.

✕. $t=t_0$ 일 때 물체는 y 축상의 $y=-r$ 를 지나므로 $t=t_0$ 일 때, 물체의 가속도의 방향은 $+y$ 방향이다.

04 등속 원운동

수평면에서 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력은 실이 등속 원운동을 하는 물체를 당기는 힘이다.

㉠. A에 작용하는 구심력의 크기는 추가 실을 당기는 힘의 크기와 같으므로 A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

✕. A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 가속도의 크기도 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 원 궤도의 반지름이 같을 때, 가속도의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례하므로 A의 각속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.

✕. 원 궤도의 반지름이 같을 때, 속력은 각속도의 크기에 비례하므로 A의 속력은 (나)에서가 (가)에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.

05 등속 원운동

물체에 작용하는 중력과 실이 물체를 당기는 힘의 합력이 물체에 작용하는 구심력이다.

㉠. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 추가 실을 당기는 힘의 크기인 Mg 와 같다.

㉡. 실이 연직 방향과 이루는 각이 45° 이므로 $\frac{mg}{Mg}=\cos 45^\circ$ 이다. 따라서 $M=\sqrt{2}m$ 이다.

㉢. 물체의 원 궤도 반지름은 l 이므로 물체의 주기를 T 라 하면, $mg=m \times l \times \frac{4\pi^2}{T^2}$ 이다. 따라서 물체의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 이다.

06 등속 원운동

질량이 m 인 물체가 원 궤도 반지름이 r 이고 각속도가 ω 인 등속 원운동을 할 때, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mr\omega^2$ 이다.

㉠. 원운동의 주기가 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 이므로 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 에서 물체의 각속도의 크기는 $\sqrt{\frac{g}{l}}$ 이다.

㉡. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mr\omega^2=m \times \frac{4}{5}l \times \frac{g}{l}=\frac{4}{5}mg$ 이다.

㉢. 수평면이 물체를 떠받치는 힘의 크기를 N 이라고 하면, $\frac{F}{mg-N}=\tan\theta=\frac{4}{3}$ 가 성립한다. 따라서 $N=\frac{2}{5}mg$ 이다.

07 등속 원운동

물체의 질량을 m , 중력 가속도를 g , 실이 물체를 당기는 힘의 크기를 T , 회전축과 줄이 이루는 각을 θ 라 하면, $\frac{mg}{T}=\cos\theta$ 이다.

㉠. $\frac{mg}{T}=\cos\theta$ 이고, $\theta_1<\theta_2$ 이므로 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

㉡. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mg\tan\theta$ 이고, $\theta_1<\theta_2$ 이므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

㉢. 물체의 가속도의 크기가 (가)에서가 (나)에서보다 작고, 물체의 원 궤도 반지름이 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 물체의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

08 등속 원운동

A, B가 일직선을 이루며 등속 원운동을 하므로 각속도는 A와 B가 같다.

㉠. 각속도가 같을 때, 물체의 속력은 원 궤도의 반지름에 비례한다. 따라서 속력은 B가 A의 3배이다.

㉡. 각속도가 같을 때, 물체의 가속도의 크기는 원 궤도 반지름에 비례한다. 따라서 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.

✕. 가속도의 크기가 B가 A의 3배이고, 질량이 A가 B의 2배이므로 A, B에 작용하는 구심력의 크기는 각각 $2F$, $3F$ 라 할 수 있다. p가 A를 당기는 힘의 크기는 A, B의 구심력의 크기의 합인 $5F$ 이고, q가 B를 당기는 힘의 크기는 B의 구심력의 크기인 $3F$ 이므로 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

09 케플러 법칙

위성과 행성을 연결한 선분이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 일정하다.

㉠. 위성에 작용하는 중력의 크기는 행성의 중심으로부터의 거리가 작을수록 크므로 위성에 작용하는 중력의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.

㉡. 행성의 중심으로부터 b, d까지의 거리가 같으므로 위성의 가속도의 크기는 b에서와 d에서가 같다.

㉢. 위성이 운동하는 동안 행성과 위성을 연결한 직선이 쓸고 지나간 면적은 c에서 d까지가 $3S$ 이고, d에서 a까지가 S 이므로 위성이 c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간은 d에서 a까지 운동하는 데 걸린 시간의 3배이다.

10 케플러 법칙

위성의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

- ㉠. 위성의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례하므로 a 를 지나는 순간의 가속도의 크기는 P와 Q가 같다.
 ✕. a 에서 위성의 속력이 클수록 긴반지름이 긴 궤도를 따라 운동한다. 따라서 a 를 지나는 순간의 속력은 P가 Q보다 작다.
 ㉡. 공전 주기는 Q가 P의 8배이므로 타원 궤도의 긴반지름은 Q가 P의 4배이다. 따라서 b와 c 사이의 거리는 $3d$ 이다.

11 중력과 케플러 법칙

- 위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.
 ✕. 행성의 중심으로부터 거리가 r_1 로 같을 때, 위성에 작용하는 중력의 크기가 B가 A의 2배이다. 따라서 질량은 B가 A의 2배이다.
 ㉢. B에 작용하는 중력의 크기의 최댓값은 최솟값의 4배이고, 행성의 중심으로부터 B의 중심까지 거리의 최댓값이 $4r$ 이므로, 최솟값은 $2r$ 이다. 따라서 $r_1 = 2r$ 이다.
 ✕. A의 타원 궤도의 긴반지름은 $\frac{3r}{2}$ 이고, B의 타원 궤도의 긴반지름은 $3r$ 이므로 위성의 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$ 배이다.

12 중력과 케플러 법칙

- 위성에 작용하는 중력의 크기는 구심력의 크기와 같다. 따라서 질량이 M 인 행성을 중심으로 반지름이 R 인 원 궤도를 v 의 속력으로 공전하는 질량이 m 인 행성에 작용하는 구심력의 크기는 $F = \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$ (G : 중력 상수)이다.
 ✕. 위성에 작용하는 중력의 크기가 A가 B의 2배이고, 원 궤도 반지름이 B가 A의 2배이므로 위성의 질량은 B가 A의 2배이다.
 ㉣. 원 궤도 반지름이 B가 A의 2배이므로 위성의 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$ 배이다.
 ㉤. $F = \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$ 에서 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ 이다. 따라서 A, B의 원 궤도 반지름이 각각 $r, 2r$ 이므로 위성의 속력은 A가 B의 $\sqrt{2}$ 배이다.

수능 3점 테스트

본문 26~28쪽

01 ③ 02 ④ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ③
 06 ⑤

01 등속 원운동

수평면에서 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력은 실이 등속 원운동을 하는 물체를 당기는 힘이다. 따라서 물체의 질량을 m , 추의 질량을 M , 물체의 속력을 v , 원 궤도 반지름을 r , 중력 가속도를 g 라 하면, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F = Mg = \frac{mv^2}{r}$ 이다.

- ㉠. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 추의 중력의 크기와 같으므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 Ⅲ에서가 I에서의 2배이다.
 ㉡. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 I에서와 II에서가 같고, 물체의 질량은 II에서가 I에서의 2배이므로 원 궤도 반지름은 II에서가 I에서의 2배이다. 따라서 ㉠은 $2r_0$ 이다.
 ✕. 구심력의 크기는 Ⅲ에서가 I에서의 2배이고, 물체의 질량 및 반지름이 같으므로 물체의 속력은 Ⅲ에서가 I에서의 $\sqrt{2}$ 배이다. 따라서 ㉢은 $\sqrt{2}v_0$ 이다.

02 등속 원운동

- 질량이 m 인 물체가 원 궤도 반지름이 r 이고 각속도의 크기가 ω 인 등속 원운동을 할 때, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F = mr\omega^2$ 이다.
 ✕. A의 주기는 t_0 이고, B의 주기는 $2t_0$ 이다. 따라서 각속도의 크기는 주기에 반비례하므로 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.
 ㉢. 원 궤도 반지름은 A가 B의 2배이고, 각속도의 크기도 A가 B의 2배이다. 따라서 속력은 $v = r\omega$ 이므로 A가 B의 4배이다.
 ㉤. 질량은 B가 A의 2배, 원 궤도 반지름은 A가 B의 2배, 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다. 따라서 구심력의 크기는 $F = mr\omega^2$ 이므로 A가 B의 4배이다.

03 등속 원운동

- 물체에 작용하는 구심력은 물체의 중력과 경사면이 물체를 떠받치는 힘의 합력이다. 따라서 물체의 질량을 m , 중력 가속도를 g , 경사면이 수평면과 이루는 각을 θ 라 하면, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F = mg \tan \theta$ 이다.
 ㉠. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F = mg \tan \theta$ 이므로 A에 작용하는 구심력의 크기는 $F_A = \frac{1}{\sqrt{3}}mg$, B에 작용하는 구심력의 크기는 $F_B = 2\sqrt{3}mg$ 이다. 따라서 물체에 작용하는 구심력의 크기는 B가 A의 6배이다.
 ㉢. 가속도의 크기는 $a = \frac{F}{m}$ 이므로 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.
 ㉤. 원 궤도의 반지름을 r , 각속도의 크기를 ω 라 하면, 가속도의 크기는 $a = r\omega^2$ 이다. 따라서 가속도의 크기는 B가 A의 3배이고, 원 궤도 반지름도 B가 A의 3배이므로 각속도의 크기는 A와 B가 같다.

04 케플러 법칙

- 위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.
 ㉠. A의 긴반지름은 $4R$ 이고, B의 궤도 반지름은 R 이므로 A의 공전 주기는 $8T$ 이다.
 ㉢. A의 공전 주기는 $8T$ 이므로 $8T$ 동안 A의 중심과 행성의 중심을 연결한 선분이 끌고 지나간 면적은 S 이다. 따라서 $4T$ 동안, A의 중심과 행성의 중심을 연결한 선분이 끌고 지나간 면적은 $\frac{1}{2}S$ 이다.

- ㉔ 질량이 A가 B의 2배이므로 p에서 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 2배이다.

05 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

- ㉕ B에 작용하는 중력의 크기는 q에서 r에서의 9배이므로 행성의 중심에서 q까지의 거리를 d 라 하면, 행성의 중심에서 r까지의 거리는 $3d$ 이다. 따라서 B의 긴반지름은 $2d$ 이고, A의 긴반지름은 $4d$ 이므로 위성의 공전 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$ 배이다.

✕ r에서 위성의 속력이 클수록 긴반지름이 긴 궤도를 따라 운동한다. 따라서 r를 지나는 순간 위성의 속력은 A가 B보다 크다.

- ㉖ 행성의 중심에서 p까지의 거리는 $d+4d=5d$ 이다. 따라서 A와 B의 질량이 같으므로 q에서 B에 작용하는 중력의 크기는 p에서 A에 작용하는 중력의 크기의 25배이다.

06 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

- ㉗ 행성의 중심으로부터의 거리는 p가 q보다 작으므로 A의 속력은 p에서 q에서보다 크다.

- ㉘ p에서 A에 작용하는 중력의 크기와 B에 작용하는 중력의 크기가 같으므로 행성의 중심에서 p까지의 거리는 $2R$ 이다. 따라서 A의 긴반지름은 $3R$ 이고, B의 반지름은 R 이므로 위성의 공전 주기는 A가 B의 $3\sqrt{3}$ 배이다.

- ㉙ 행성의 중심에서 p까지의 거리는 $2R$ 이고, 행성의 중심에서 q까지의 거리는 $R+3R=4R$ 이므로 A의 가속도의 크기는 p에서 q에서의 4배이다.

04

일반 상대성 이론

짧은 풀 문제로 유형 익히기

본문 31쪽

정답 ③

가속 좌표계에서 관찰할 때, 가속 좌표계에 작용하는 관성력의 크기는 물체의 질량과 가속 좌표계의 가속도 크기를 곱한 값과 같다.

✕ 가속 좌표계에서 관찰할 때, 가속 좌표계에 있는 물체에는 좌표계 가속도 방향의 반대 방향으로 관성력이 작용한다. B가 관찰할 때 p가 다시 던진 위치로 되돌아오므로 p가 +y방향으로 운동하는 동안 p에 작용하는 관성력의 방향은 -y방향이다.

✕ A가 관찰할 때, B, C가 탄 우주선의 가속도의 크기를 각각 a_1 , a_2 라 하고, p, q를 속력 v_0 으로 +y방향으로 던져 올렸다고 하면, $d_1 = \frac{v_0^2}{2a_1}$ 이고, $d_2 = \frac{v_0^2}{2a_2}$ 이다. 따라서 $d_1 > d_2$ 이므로 $a_1 < a_2$ 이다.

B, C의 질량이 같으므로 관찰자에 작용하는 관성력의 크기는 C가 B보다 크다. 따라서 저울에 측정된 힘의 크기는 C가 B보다 크다.

- ㉔ 물체를 던져 올린 속력이 같을 때 물체가 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간은 가속도의 크기에 반비례한다. 따라서 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간은 p가 q보다 크다.

수능 2점 테스트

본문 32~33쪽

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

01 관성력과 가속 좌표계

등속 원운동은 속도의 크기는 일정하지만 속도의 방향이 계속 변하는 가속도 운동이므로 A의 좌표계는 가속 좌표계이다.

✕ 원운동하는 가속 좌표계에서 나타나는 관성력인 원심력의 방향은 원의 중심 방향과 반대 방향이다.

- ㉕ 우주 정거장 밖에서 정지한 관찰자가 볼 때 우주 정거장의 바닥면이 우주 정거장의 중심 방향으로 A에 작용하는 힘은 구심력이다. 원심력은 구심력과 크기가 같고 방향만 반대이므로 질량 M 인 A에 작용하는 원심력의 크기는 $MR\omega^2$ 이고 A에 작용하는 중력과 크기가 같으므로 $MR\omega^2 = Mg$ 가 성립한다. 따라서 $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$ 이다.

- ㉖ 원심력의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례하므로 ω 가 증가하면 A의 좌표계에서 A에 작용하는 원심력의 크기는 증가한다.

02 관성력

가속도의 크기가 a 인 가속 좌표계에서 관성력의 방향은 가속도의 방향과 반대이고 크기는 a 에 비례한다.

✕ 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 의미한다. 1초일 때 엘리베이터의 속력이 증가하고 있으므로 가속도의 방향은 운동 방향