

2010학년도 대수능 6월 모의평가 과학탐구영역 (물리Ⅱ)

정답 및 해설

<정답>

1. ② 2. ② 3. ③ 4. ③ 5. ③ 6. ⑤ 7. ④ 8. ⑤ 9. ① 10. ①
11. ⑤ 12. ② 13. ③ 14. ⑤ 15. ① 16. ④ 17. ① 18. ② 19. ① 20. ④

<해설>

1. ㄱ. P에서 Q까지 물체는 직선과 곡선으로 이루어진 경로를 따라 운동하므로 이 동안에 변위의 크기와 이동 거리는 서로 다르다.

ㄴ. P에서 Q까지 물체의 속도는 크기 및 방향이 변하므로 물체의 질량 및 속도를 곱한 물체의 운동량은 크기 및 방향이 일정하지 않다.

ㄷ. Q에서 R까지 물체는 중력을 받으면서 운동하므로 가속도가 중력 가속도로 일정한 운동을 한다.

2. 영희가 가만히 놓은 공은 $+x$ 축 방향으로 처음 속도 v 로 수평 투사된 물체의 운동과 같고, 철수는 $-x$ 축으로 $-v$ 의 등속도 운동을 한다. 따라서 철수에 대한 공의 상대 속도의 x 성분은 $v - (-v) = 2v$ 로 일정하고, y 성분은 철수의 속도가 0, 공의 속도는 $v_y = gt$ 와 같이 시간 t 에 비례하므로 시간에 따라 일정하게 증가한다.

수평 투사된 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로 자유 낙하 운동을 한다. 그리고 상대 속도는 상대방의 속도에서 관찰자의 속도를 뺀 것과 같다.

3. ㄱ. 자유 낙하 운동과 수평 투사 운동을 하는 물체는 중력만을 받아서 운동하므로 가속도는 중력 가속도로서 서로 같다.

ㄴ. A와 B는 연직 방향으로 동일한 자유 낙하 운동을 한다. 따라서 A에 대한 B의 상대 속도의 크기는 B가 처음에 던져진 수평 방향의 속도 v 로 일정하다. 왜냐하면 수평 투사된 물체 B는 수평 방향으로 아무런 힘을 받지 않기 때문에 등속도 운동을 하기 때문이다. ㄷ A의 역학적 에너지는 처음의 중력 위치 에너지와 같은 mgh 이고, B의 역학적 에너지는 처음의 운동 에너지와 중력 위치 에너지를 합한 $\frac{1}{2}mv^2 + mgh$ 이다. 따라서 역학적 에너지는 A가 B보다 $\frac{1}{2}mv^2$ 만큼 작다.

4. ㄱ. 주어진 그림으로부터 충돌 전에 A와 B 사이의 거리는 점점 감소한다는 것을 알 수 있다. ㄴ 충돌 전에 A의 속력은 $\sqrt{v^2 + (2v)^2} = \sqrt{5}v$ 이고, 충돌 후에 A의 속력은 $3v$ 이므로 A의 속력은 충돌 전이 충돌 후보다 작다. ㄷ. 충돌 전에 A의 가로 방향의 속력은 v , B의 가로 방향의 속력은 $2v$ 이다. 그런데 충돌 후에 A와 B의 가로 방

향의 운동량은 0이고, 이것은 충돌 전에 A와 B의 가로 방향의 운동량이 크기가 서로 같고 방향이 서로 반대이기 때문이다. 그런데 가로 방향의 속력은 B가 A보다 크므로 질량은 반대로 A가 B보다 크다.

5. ㄱ. A→B 과정에서 압력 P 는 일정하고 부피 V 가 증가하므로 이상 기체의 상태 방정식 $PV=nRT$ 에서 기체의 절대 온도 T 는 증가한다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. B→C 과정은 단열 팽창 과정이므로 기체의 절대 온도 T 가 감소한다. 따라서 이 동안에 기체의 내부 에너지 $U=\frac{3}{2}nRT$ 도 감소한다.

ㄷ. C→D 과정에서 기체는 등온 과정을 거치며 온도가 일정한 상태에서 부피가 감소한다. 그러므로 열역학 제1법칙으로부터

$Q=\Delta U+W=\Delta U+P\Delta V$, $\Delta U=0$, $P\Delta V<0$, $Q<0$ 이 되므로 기체는 외부로 열을 방출한다. 열량 Q 의 부호가 $Q>0$ 이면 기체는 외부로부터 열을 흡수하는 것이다.

6. ㄱ. 포사체 운동하는 물체의 처음 속력이 같고, 지면과 이루는 각의 합이 90° 를 이루면 수평 도달 거리 $R=\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ 는 서로 같다. 따라서 B는 60° , C는 30° 일 경우 합이 90° 이므로 수평 도달 거리는 서로 같게 된다.

ㄴ. 체공 시간 t 는 최고점 도달 시간 $T=\frac{v_0 \sin \theta}{g}$ 의 2배와 같으므로 $t=2T=\frac{2v_0 \sin \theta}{g}$ 이다. A의 경우 $\theta=45^\circ$ 이고, B의 경우 $\theta=60^\circ$ 이므로 체공 시간 t 는 B가 A보다 더 길다. 따라서 A가 O에 도착한 후 B가 O에 도착한다.

ㄷ. A의 수평 도달 거리 R 은 $R=\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}=\frac{v_0^2 \sin 90^\circ}{g}=\frac{v_0^2}{g}$ 이고, 최고점 높이 H 는

$H=\frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}=\frac{v_0^2 \sin^2 45^\circ}{2g}=\frac{v_0^2}{4g}$ 이다. 따라서 A의 수평 도달 거리는 최고점 높이의 4배이다.

7. ㄱ 충돌 전후 운동량이 보존되므로 이것을 x 성분과 y 성분으로 나눠서 나타내면 다음과 같다.

$$(x) \quad mv_{Ax} + mv_{Bx} = m \times 1 + m \times 1, \quad 0 + v_{Bx} = 2 \text{ --- ①}$$

$$(y) \quad m \times 2 + mv_{By} = m \times 0 + m \times 2, \quad v_{By} = 0 \text{ --- ②}$$

따라서 $v_{By}=0$ 이므로 충돌 직전 B의 운동 방향은 $+x$ 방향으로 2m/s라는 것을 알 수 있다.

ㄴ 충돌 직전 A에 대한 B의 속도의 크기 v_{AB} 는

$$v_{AB} = \sqrt{(v_{Ax} - v_{Bx})^2 + (v_{Ay} - v_{By})^2} = \sqrt{(0 - 2)^2 + (2 - 0)^2} = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2} \text{ (m/s)}$$

로서 2m/s가 아니라는 것을 알 수 있다.

ㄷ 충돌 전과 후 A와 B의 운동 에너지의 합은 다음과 같다.

$$\text{충돌 전 : } \frac{1}{2} m (v_{Ax}^2 + v_{Ay}^2 + v_{Bx}^2 + v_{By}^2) = \frac{1}{2} m (0 + 2^2 + 2^2 + 0) = 4m$$

$$\text{충돌 후 : } \frac{1}{2} m (v_{Ax}'^2 + v_{Ay}'^2 + v_{Bx}'^2 + v_{By}'^2) = \frac{1}{2} m (1^2 + 0 + 1^2 + 0) = m$$

따라서 A와 B의 운동 에너지의 합은 결국 충돌 전이 충돌 후보다 크다는 것을 알 수 있다.

8. 질량이 같은 두 물체가 정면으로 완전 탄성 충돌을 하면 충돌 전과 후 속도가 서로 교환되므로 A와 B가 P에서 충돌한 직후 A의 속력은 $2v$ 가 되면서 방향이 원래와 반대 방향으로 바뀐다. 그리고 B는 속력이 v 로 되면서 방향이 왼쪽 방향으로 바뀐다. 충돌 후 $2v$ 의 속력으로 등속 원운동하는 A에 작용하는 구심력의 크기 F 는

$$F = ma = m \times \frac{(2v)^2}{L} = \frac{4mv^2}{L} \text{ 이 된다. 반지름 } r \text{ 속력 } v \text{로 등속 원운동하는 물체의 구심}$$

$$\text{가속도 } a \text{는 } a = \frac{v^2}{r} \text{ 과 같다.}$$

9. 추에 작용하는 중력이 등속 원운동하는 고무 마개에 작용하는 구심력의 역할을 하므로 $F = m\omega^2 r = mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = Mg$ 의 관계가 성립한다. 여기에서 m , M 은 각각 고무

마개, 추의 질량이다. 따라서 등속 원운동의 주기 T 는 $T = 2\pi \sqrt{\frac{mr}{Mg}}$ 가 된다.

ㄱ 고무 마개의 질량 m 과 추의 질량 M 은 그대로 두고, 실의 길이, 즉 반지름 r 을 $\frac{1}{2}$ 배로 감소시키면 주기 T 는 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배로 감소한다.

ㄴ 고무 마개의 질량 m 과 실의 길이, 즉 반지름 r 을 그대로 두고 추의 질량 M 만을 $\frac{1}{2}$ 배로 감소시키면 $T = 2\pi \sqrt{\frac{mr}{Mg}}$ 에서 주기 T 는 $\sqrt{2}$ 배로 증가한다.

ㄷ 추의 질량 M 과 실의 길이, 즉 반지름 r 은 그대로 두고, 고무 마개의 질량 m 을 $\frac{1}{2}$ 배로 감소시키면 주기 T 는 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배로 감소한다.

10. 역학적 에너지 보존 법칙을 물체 A에 적용하면

$$\frac{1}{2} mv_A^2 - \frac{GMm}{r} = \frac{1}{2} \times \frac{GMm}{r} - \frac{GMm}{r} = -\frac{GMm}{2r} = -\frac{1}{2} E \text{가 된다. 왜냐하면 A의}$$

만유인력에 의한 위치 에너지가 $-\frac{GMm}{r} = -E$ 이고, ‘구심력=만유인력’에서

$$m \frac{v^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2}, \quad mv^2 = \frac{GMm}{r} \text{의 관계가 성립하기 때문이다.}$$

역학적 에너지 보존 법칙을 물체 B에 적용하면 B의 역학적 에너지는

$$\frac{1}{2} mv_B^2 - \frac{GMm}{4r} = \frac{1}{2} \times \frac{GMm}{4r} - \frac{GMm}{4r} = -\frac{GMm}{8r} = -\frac{1}{8} E \text{가 된다.}$$

또한 물체 B의 속력 v_B 는 ‘구심력=만유인력’에서

$$m \frac{v_B^2}{4r} = G \frac{Mm}{(4r)^2}, \quad mv_B^2 = \frac{1}{4} \frac{GMm}{r} = \frac{1}{4} E, \quad v_B = \sqrt{\frac{E}{4m}} \text{가 된다.}$$

물체 A와 B에는 행성에 의한 만유인력만이 작용하므로 역학적 에너지가 보존된다.

11. ㄱ. A는 행성으로부터 멀어지는 방향으로 직선 운동을 하는데, 멀어지면서 가속도의 크기 a 가 $F = G \frac{Mm}{r^2} = ma$, $a = \frac{GM}{r^2}$ 와 같이 거리 r 의 제곱에 반비례하면서 감소하므로 등가속도 운동을 하지 않는다.

ㄴ. 물체 A에 대해서 역학적 에너지 보존 법칙을 적용하면

$\frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{GMm}{R} = -\frac{GMm}{2R}$, $\frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{GMm}{2R}$ 의 관계가 성립한다. 행성 주위를 등속 원운동하는 물체 B에 작용하는 행성에 의한 만유인력이 구심력의 역할을 하므로

$$m \frac{v^2}{2R} = \frac{GMm}{(2R)^2}, \quad \frac{1}{2} mv^2 = \frac{GMm}{4R} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} mv_0^2 \text{이 되므로 } v_0 = \sqrt{2} v \text{의 관계가 성립한다.}$$

ㄷ. 행성의 중심으로부터 $\frac{3}{2}R$ 인 지점에서 A의 운동 에너지 E_{kA} 는 역학적 에너지 보존 법칙으로부터

$$E_{kA} - \frac{GMm}{(\frac{3R}{2})} = -\frac{GMm}{2R}, \quad E_{kA} - \frac{2GMm}{3R} = -\frac{GMm}{2R}, \quad E_{kA} = \frac{GMm}{6R} \text{이 되고, B의 운동}$$

에너지는 $E_{kB} = \frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{GMm}{2R}$ 이므로 B의 운동 에너지는 행성의 중심으로부터 $\frac{3}{2}R$ 인 지점에서 A의 운동 에너지보다 크다는 것을 알 수 있다.

12. ㄱ. A에 대해서 역학적 에너지 보존 법칙(운동 에너지의 최대값=탄성 위치 에너지의 최대값)을 적용하면 $\frac{1}{2} \times 2k \times L^2 = \frac{1}{2} \times m_A \times v^2$, $m_A = \frac{2kL^2}{v^2}$ 이 되고, B에 대해서 역학적 에너지 보존 법칙(운동 에너지의 최대값=탄성 위치 에너지의 최대값)을 적용하면

$$\frac{1}{2} \times k \times (2L)^2 = \frac{1}{2} \times m_B \times (2v)^2, \quad m_B = \frac{kL^2}{v^2} \text{이 되므로 A와 B의 질량은 서로 다르다.}$$

ㄴ. A와 B의 단진동의 주기는

$$T_A = 2\pi \sqrt{\frac{m_A}{k_A}} = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{2k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad T_B = 2\pi \sqrt{\frac{m_B}{k_B}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{이므로 서로 같다.}$$

ㄷ. A와 B의 역학적 에너지는 $E_A = \frac{1}{2} \times 2k \times L^2 = kL^2$, $E_B = \frac{1}{2} \times k \times (2L)^2 = 2kL^2$ 이므로 서로 다르다.

13. A→B 과정에서는 부피 V 가 일정한 상태에서 온도 T 가 증가하므로 이상 기체의 상태 방정식 $PV = nRT$ 로부터 압력 P 가 증가한다. B→C 과정에서는 온도 T 가 일정한 상태에서 부피 V 가 증가하므로 역시 이상 기체의 상태 방정식 $PV = nRT$ 로부터 압력 P 가 V 에 반비례하여 감소한다. 따라서 이러한 과정들을 옳게 나타낸 압력-부

피 그래프는 ③이다. B→C 과정에서는 압력 P 가 감소하되 부피 V 에 반비례하여 감소한다는 것에 주의한다.

14. ㄱ. 운동 제2법칙으로부터 용수철 상수 k 는

$F=ma=kx$, $1 \times 2.5 = k \times 0.1$, $k=25(N/m)$ 가 된다.

ㄴ. 용수철 진자의 단진동의 주기 T 는 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=2\pi\sqrt{\frac{1}{25}}=\frac{2}{5}\pi(\text{초})$ 가 된다.

ㄷ. 평형 위치를 지날 때 물체의 속력 v 는 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 탄성 위치 에너지의 최대값이 물체의 운동 에너지의 최대값과 같으므로

$\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv^2$, $\frac{1}{2} \times 25 \times 0.1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times v^2$, $v=0.5(m/s)$ 가 된다.

용수철 진자는 탄성력에 의해 복원력을 받으므로 단진동을 한다.

15. ㄱ. A의 이상 기체는 (가)에 비해 (나)에서 열에너지를 외부로부터 공급받았으므로 온도가 더 높다. 따라서 기체의 내부 에너지 $U=\frac{3}{2}nRT$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 더 크다.

ㄴ. 피스톤이 올라가는 동안은 압력이 일정한 정압 상태에서 기체의 부피가 팽창하므로 이상 기체는 외부에 대해서 일을 한다. 그런데 열역학 제1법칙

$Q=\Delta U+W=\frac{3}{2}nR\Delta T+P\Delta V$ 에서 공급된 열에너지의 일부는 기체의 내부 에너지의 증가 ΔU 로 전환되고, 나머지는 기체가 외부에 대해서 하는 일 W 로 전환된다.

ㄷ. 이상 기체 분자의 평균 운동 에너지 E_k 는 $E_k=\frac{3}{2}kT$ 와 같이 기체의 절대 온도 T 에 비례한다. 그런데 (나)에서 A와 B는 열평형 상태를 이루므로 기체의 온도가 서로 같으므로 입자 1개의 평균 운동 에너지는 서로 같다.

16. ㄱ. 금속구에 대전되어 있던 양전하의 일부가 인형으로 옮겨 갔으므로 인형은 양전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (나)에서 금속구에 대전되어 있던 양전하의 일부가 인형으로 옮겨 갔지만 여전히 금속구에는 양전하의 일부가 남아 있어서 양으로 대전되어 있다.

ㄷ. 금속구에 대전되어 있던 양전하의 일부가 인형으로 옮겨 갔으므로 금속구에 대전된 양전하량은 (가)에서가 (나)에서보다 더 크다.

17. ㄱ 수평 방향으로 아무런 외력을 받지 않았으므로 운동량이 보존된다. 따라서 $2m \times v = m \times v_B + m \times v_C$, $2mv = m(-v) + mv_C$, $v_C=3v$ 와 같이 되므로 분리 직후 B에 대한 C의 상대 속도의 크기는 $3v - (-v) = 4v$ 이다.

ㄴ 분리 직후 B는 A의 운동 경로를 따라 A가 던져진 지점으로 다시 되돌아오므로 분리 직후의 속도는 분리되기 전 A의 수평 방향의 속도 $2v\cos 60^\circ = v$ 와 같다. 그리고 B와 C는 포물선 운동의 최고점에서 수평 투사된 것과 같으므로 분리 직후부터 B가 수평면에 도달하는 데 걸리는 시간은 $t=\frac{L}{v}$ 이다.

ㄷ B의 속력이 v 일 때 수평 방향으로 L 의 거리를 이동했으므로 속력이 $3v$ 인 C는 속력에 비례하여 수평 방향으로 $3L$ 의 거리를 이동한다. 그런데 B와 C는 운동 방향이 서로 반대이므로 수평면에 도달하는 순간에 B에서 C까지의 거리는 $L+3L=4L$ 이다.

18. ㄱ 원점 O에서 네 점전하에 의한 전기장의 합성 방향이 $+x$ 방향이 되려면 q 는 $+Q_0$ 의 전하를 띠어야 한다.

ㄴ B에서의 전위 V_B 는 $V_B = k\frac{Q_0}{d} - k\frac{Q_0}{d} + k\frac{Q_0}{r} - k\frac{Q_0}{r} = 0$ 이고, O에서의 전위 V_O 도 마찬가지로 방법으로 $V_O = k\frac{Q_0}{x} - k\frac{Q_0}{x} + k\frac{Q_0}{x} - k\frac{Q_0}{x} = 0$ 이 된다. 여기에서 $q = +Q_0$ 의 관계가 있기 때문이다. 따라서 B와 O에서 네 개의 점전하에 의한 전위는 서로 같다. ㄷ 전기장은 그 점에 단위 양전하, 즉 $+1C$ 을 놓았을 때 그 단위 양전하가 다른 전하들로부터 받는 전기력들의 벡터적인 합과 같다. 따라서 A에 $+1C$ 이 있다고 가정했을 때 정사각형의 네 모서리에 있는 네 개의 점전하에 의해 받는 전기력의 벡터적인 합의 방향은 $+x$ 방향이므로 이 점에서 전기장의 방향은 $+x$ 방향이다.

19. ㄱ. 전기장 내에서 A와 B 모두가 전기장의 방향으로 가속되어 포물선 운동을 하므로 A와 B는 양전하로 대전되어 있음을 알 수 있다.

ㄴ. 전기장 내에서 전기력이 한 일 W 는 $W = Fs = mas = qEs$ 와 같다. 그런데 A와 B의 수평 이동 거리는 각각 $2h$, h 로서 $2 : 1$ 인데, 이것은 가속도 a 가 서로 다르기 때문이다. 수평 이동 거리 R 은 $R = vt$ 와 같이 입사 속도 v 가 같을 때 진행 시간 t 에 비례하고, 시간 t 는 $t = \sqrt{\frac{2R}{a}}$ 와 같으므로 A, B의 시간의 비는 $t_A : t_B = 2 : 1$ 이고, 이로부터 A, B의 가속도의 비는 $a_A : a_B = 1 : 4$ 가 됨을 알 수 있다. 따라서 일의 관계식 $W = Fs = mas = qEs$ 으로부터 A와 B의 일의 비 $W_A : W_B = 1 : 4$ 이고, A와 B의 전하량의 비는 $Q_A : Q_B = 1 : 4$ 임을 알 수 있다.

ㄷ. y 축까지 도달하는 데 걸리는 시간 t 는

$a = \frac{QE}{m}$, $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times \frac{QE}{m} \times t^2$, $t = \sqrt{\frac{2ms}{QE}}$ 와 같은데 A와 B는 전하량 Q 가 서로 다르기 때문에 도달 시간 t 가 서로 다르다.

20. 대전 입자는 y 축 방향으로 아무런 힘을 받지 않기 때문에 등속도 운동을 하므로 처음 입사 속도 v 는 $2h = vt = v\sqrt{\frac{2ms}{Q_A E}}$, $v = h\sqrt{\frac{2Q_A E}{ms}}$ 가 된다. 대전 입자는 $-x$ 방향으로 전기장에 의해 등가속도 운동을 하고, $+y$ 방향으로는 아무런 힘을 받지 않기 때문에 등속도 운동을 한다는 것에 주의한다.