

제 4 교시

과학탐구 영역(물리학 II)

성명 수험 번호 - 제 () 선택

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

1. ⑤

A. (O) 보어의 제1가설(양자 조건)에 따르면, 원자 속의 전자는 원자핵을 중심으로 원궤도를 따라 운동을 하는데, 이때 전자는 특정 조건($2\pi r = n\lambda = n\frac{h}{mv}$)을 만족하는 안정된 원궤도에서만 운동한다. 따라서 전자의 원운동 궤도의 둘레는 전자의 물질파 파장의 정수배이다.

B. (O) 보어의 제2가설(진동수 조건)에 따르면, 원자 속의 전자가 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이할 때 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 전자기파를 방출한다.

C. (O) 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리의 불확정성은 $\Delta r = 0$ 이고, 중심 방향의 운동량의 불확정성은 $\Delta p_r = 0$ 이다. 따라서 $\Delta r \Delta p_r = 0$ 이 되어 $\Delta r \Delta p_r \geq \frac{\hbar}{2}$ 라는 하이젠베르크의 불확정성 원리에 위배된다.

2. ③

두 손을 비비면 손이 따뜻해지는 것과 물이 들어 있는 보온병을 흔들면 물의 온도가 올라가는 것은 일이 열로 전환되는 예이다. (증기 기관에서 가열된 기체가 팽창하여 피스톤을 밀어내는 것과 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물 속에 넣었다니 탁구공이 원래 모양으로 돌아오는 것은 열이 일로 전환되는 예이다.)

3. ④

ㄱ. (O) 저항의 저항값이 증가하면 회로에 흐르는 전류의 최댓값은 감소한다.

ㄴ. (X) 교류 전원의 진동수가 증가하면 축전기의 저항 역할이 감소하므로 회로에 흐르는 전류의 최댓값은 증가한다.

ㄷ. (O) 교류 전원의 전압의 최댓값이 감소하면 회로에 흐르는 전류의 최댓값은 감소한다.

4. ②

ㄱ. (X) A의 가속도의 방향은 시간에 따라 변하므로 (A에서 행성을 향하는 방향) A의 운동은 등가속도 운동이 아니다.

ㄴ. (O) A, B의 질량을 각각 m_A, m_B 라고 하고 행성과 A 사이의 거리를 r_A , 행성의 반지름을 r 이라 하자.

$$G\frac{Mm_A}{r_A^2} = m_A\frac{v_A^2}{r_A} \text{에서 } v_A = \sqrt{\frac{GM}{r_A}} \text{이다.}$$

$$\text{탈출 속력은 } \sqrt{\frac{2GM}{r}} \text{이므로 } v_B \geq \sqrt{\frac{2GM}{r}} \text{이다.}$$

그런데 $r_A > r$ 이므로 $v_A < v_B$ 이다.

ㄷ. (X) 행성의 표면에서 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{2GM}{r}}$ 이므로 물체의 질량과는 무관하다.

5. ①

ㄱ. (O) 단진동의 주기는 $4t_0$ 이므로 $4t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 에서 $l = \frac{4gt_0^2}{\pi^2}$ 이다.

ㄴ. (X) t_0 일 때 추의 역학적 에너지는 $2E_0$, 운동 에너지는 E_0 이다.

ㄷ. (X) 실이 추를 당기는 힘과 추의 운동 방향은 수직이므로 $2t_0$ 부터 $3t_0$ 까지 실이 물체에 한 일은 0이다.

6. ⑤

ㄱ, ㄴ. (O, O) 볼록 렌즈를 지나 빛이 광축과 만나는 점은 A가 B보다 볼록 렌즈에 가까우므로 A는 q , B는 r 를 지난다. 이때 A는 볼록 렌즈의 우측 초점을 지나야 하므로, A, B가 볼록 렌즈를 지나 광축과 만나는 점에서 볼록 렌즈의 중심까지의 거리는 각각 $f, 2f$ 이다. 따라서 $\frac{1}{d} + \frac{1}{2f} = \frac{1}{2f}$ 에서 $d = 2f$ 이다.

ㄷ. (O) p에 물체를 놓으면 볼록 렌즈에서부터 $2f$ 만큼 떨어진 상이 생기므로, 배율은 $\left|\frac{2f}{2f}\right| = 1$ 이므로 물체와 크기가 동일한 상이 생긴다.

7. ①

- ㄱ. (O) 스크린에 생긴 간섭무늬는 빛의 파동성 때문에 나타난다.
- ㄴ. (X) S_1, S_2 로부터 P에 도달한 빛의 위상은 서로 반대이며, 이로 인해 P에서 상쇄 간섭이 일어나 어두운 무늬가 생긴다.
- ㄷ. (X) 단색광의 진동수만 $2f$ 로 바꾸면 단색광의 파장은 $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 Δx 도 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

8. ③

- ㄱ. (O) t_0 일 때 물체의 속도의 방향은 $+y$ 방향이다. 그런데 이 순간부터 v_x 가 음(-)으로 변하므로 물체의 원운동 방향은 시계 반대 방향 (㉠ 방향)임을 알 수 있다.
- ㄴ. (O) $v_0 = r\omega$ 에서 $r = \frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0}{\frac{2\pi}{2t_0}} = \frac{v_0 t_0}{\pi}$ 이다.
- ㄷ. (X) t_0 일 때 물체의 속도의 방향은 $+y$ 방향이고 원운동 방향은 시계 반대 방향이므로 t_0 일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 $-x$ 방향이다.

9. ⑤

$E = Pt$ 에서 A, B, C의 소비 전력은 각각 3W, 6W, 3W이다. B, C의 저항값을 각각 R_B, R_C 라 하자. B, C는 병렬로 연결되어 있으므로 $P = \frac{V^2}{R}$ 에서 $R_C = 2R_B$ 이다. B, C를 합성한 등가 저항을 D라 하면, D의 저항값은 $\frac{(R_B)(2R_B)}{R_B + 2R_B} = \frac{2}{3}R_B$ 이고, 소비 전력은 $6W + 3W = 9W$ 이다. A, D는 직렬로 연결되어 있으므로, $P = VI$ 에서 D에 걸리는 전압은 $\frac{9W}{3W + (9W)}(8V) = 6V$ 이다.

따라서 $P = \frac{V^2}{R}$ 에서 $9W = \frac{(6V)^2}{\frac{2}{3}R_B}$ 이므로 $R_B = 6\Omega$ 이다.

10. ②

정지해 있는 음파 측정기에서 측정한 A, B의 음파의 진동수가 같으므로 음파 측정기에서 측정한 A, B의 음파의 파장도 같다. 그런데 $\lambda_A < \lambda_B$ 이므로 A, B의 운동 방향은 $-x$ 방향임을 알 수 있다. 따라서 A, B가 발생시키는 음파의 진동수를 각각 f_A, f_B 라고 하면 $\frac{5v}{5v+v}f_A = \frac{5v}{5v-2v}f_B$ 이고, 정리하면 $f_A : f_B = 2 : 1$ 이다. 따라서 $\lambda_A : \lambda_B = 1 : 2$ 이다.

11. ①

- ㄱ. (O) A의 일함수를 W 라고 하면 $\frac{hc}{\lambda} - W = 3E_0$ 이고, $\frac{hc}{2\lambda} - W = E_0$ 이다. 연립하면 $W = E_0$ 이다.
- ㄴ. (X) P와 Q를 A에 함께 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $3E_0$ 이다.
- ㄷ. (X) P의 세기를 증가시켜 A에 비추어도 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $3E_0$ 이다.

12. ③

- ㄱ. (O) $x = 3d$ 인 점과 $x = 4d$ 인 점에서 전기장의 세기가 서로 같고, A가 양전하이므로 $x = 4d$ 에서 전기장의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄴ. (O) $x = d$ 인 점과 $x = 3d$ 인 점에서 B에 의한 전기장의 세기는 서로 같은데, $x = d$ 에서는 A에 의한 전기장의 방향이 B에 의한 전기장의 방향과 같으므로 $x = d$ 에서 전기장의 세기는 E_0 보다 크다.
- ㄷ. (X) A, B의 전하량의 크기를 각각 q_A, q_B 라고 하면 $\frac{k}{d^2}q_B - \frac{k}{9d^2}q_A = \frac{k}{16d^2}q_A - \frac{k}{4d^2}q_B$ 에서 $q_A = \frac{36}{5}q_B$ 이다.

13. ③

- ㄱ. (O) A의 전기 용량은 (나)에서가 (가)에서의 4배이고, (가), (나)에서 A에 저장된 전기 에너지는 같으므로 A 양단의 전위차는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.
- ㄴ. (O) (가), (나)에서 A의 전기 용량을 각각 $C, 4C$ 라고 하자. A 양단의 전위차는 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로, $\frac{C_B}{C+C_B}V = 2\left(\frac{C_B}{4C+C_B}\right)V$ 이고, 정리하면 $C_B = 2C$ 이다. 따라서 (가)에서 축전기의 전기 용량은 B가 A의 2배이다.
- ㄷ. (X) (나)에서 A 양단의 전위차는 $\left(\frac{2C}{4C+2C}\right)V = \frac{1}{3}V$ 이고, (나)에서 B에 충전된 전하량은 A에 충전된 전하량과 같으므로, $U = \frac{1}{2}Q\left(\frac{1}{3}V\right) = \frac{1}{6}QV$ 에서 $Q = \frac{6U}{V}$ 이다.

14. ④

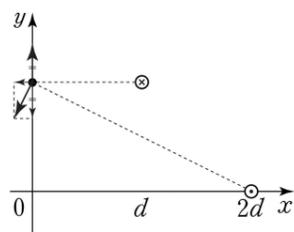
ㄱ. (O) a에서 각 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 위성의 질량에 비례한다. 즉, a에서 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 Q가 P의 2배이다.

ㄴ. (X) P의 가속도 방향은 P에서 행성을 향하는 방향이므로 b와 d에서 서로 반대가 아니다.

ㄷ. (O) P, Q는 동일한 타원 궤도를 따라 운동하므로 공전 주기가 같다. P, Q의 공전 주기를 T 라고 하면, Q가 a에서 c까지 운동하는 데 걸리는 시간이 $\frac{1}{2}T$ 이므로 Q가 b에서 c까지 운동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{1}{2}T - \frac{1}{6}T = \frac{1}{3}T$ 이다. P와 Q는 같은 행성을 초점으로 같은 궤도를 같은 방향으로 공전하므로 궤도상의 임의의 특정 지점에서의 속도가 서로 같다. 따라서 P가 a에서 b까지 운동하는 데 걸리는 시간도 $\frac{1}{6}T$ 이므로 P가 d에서 b까지 운동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{1}{6}T \times 2 = \frac{1}{3}T$ 이다.

15. ②

C에 흐르는 전류의 세기를 I_C 라 하자. p에서 A에 의한 자기장은 항상 x 축에 평행하므로, p에서 B와 C에 의한 자기장도 x 축과 나란해야 한다.



따라서 p에서 B와 C에 의한 자기장 중 y 축 성분이 서로 상쇄되어야 하고, $k\frac{I_B}{d} = k\frac{I_C}{\sqrt{5}d} \times \frac{2}{\sqrt{5}}$ 에서 $I_C = \frac{5}{2}I_B$ 이다. 이제 p에서 A, B, C에 의한 자기장은 C에 의한 자기장의 x 성분과 A에 의한 자기장의 합과 동일하므로, 조건에 의해 $k\frac{I_C}{d} - k\frac{I_A}{d} : k\frac{I_C}{d} + k\frac{I_A}{d} = 1 : 2$ 이다.

이를 정리하면 $I_C = \frac{5}{3}I_A$ 이다. 따라서 $I_B = \frac{2}{3}I_A$ 이고, $\frac{I_B}{I_A} = \frac{2}{3}$ 이다.

16. ⑤

ㄱ. (O) 회로 기호와 전류의 방향을 통해 A는 p-n-p형 트랜지스터임을 알 수 있다.

ㄴ. (O) 트랜지스터가 정상적으로 전류를 증폭하기 위해 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸리도록 해야 하므로 단자 ㉠은 (+)극이어야 한다.

ㄷ. (O) 가변 저항의 저항값을 증가시키면 전압 분배에 의해 가변 저항 양단에 걸리는 전압이 증가한다. 이로 인해 I_B 가 증가하며, $\frac{I_C}{I_B}$ 가 일정하므로 I_C 도 증가한다. 따라서 컬렉터와 연결된 도선에 연결된 저항 양단의 전위차는 증가한다는 것을 알 수 있다. 이 저항의 저항값을 R_C 라고 하고 단자 ㉡의 전위를 0이라고 하면 컬렉터 단자의 전위는 $I_C R_C$ 이므로, I_C 가 증가하면 컬렉터 단자의 전위는 증가했음을 알 수 있다.

17. ②

자기 선속의 방향을 도선이 이루는 면에 수직으로 들어가는 방향이 양(+)이라고 가정하자.

(i) $0 \sim t_0$ 구간

전류의 방향이 시계 반대 방향이므로 도선이 이루는 면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가했음을 알 수 있다.

①, ②, ③의 경우, $\Delta\Phi = (3B_0)S - B_0(2S) = B_0S$ 이다. 따라서 도선이 이루는 면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하는 경우이므로 적절하다.

④, ⑤의 경우, $\Delta\Phi = (3B_0)S - (2B_0)(2S) = -B_0S$ 이다. 따라서 도선이 이루는 면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소하는 경우이므로 적절하지 않다.

(ii) $t_0 \sim 2t_0$ 구간

전류가 $3I_0$ 이므로 $\Delta\Phi = -3B_0S$ 이어야 한다.

①, ②의 경우 $\Delta\Phi = -B_0S - B_0(2S) = -3B_0S$ 이므로 적절하다.

③의 경우 $\Delta\Phi = -B_0S$ 이므로 적절하지 않다.

(iii) $2t_0 \sim 3t_0$ 구간

전류가 I_0 이므로 $\Delta\Phi = -B_0S$ 이어야 한다.

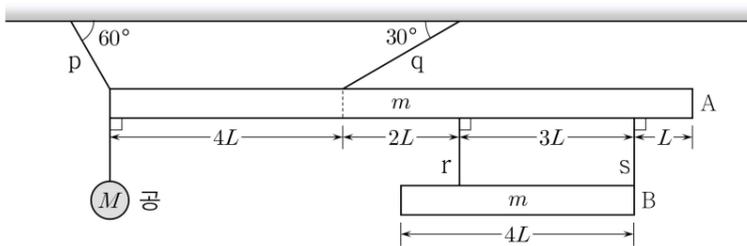
①의 경우 $\Delta\Phi = B_0(2S) = 2B_0S$ 이므로 적절하지 않다.

②의 경우 $\Delta\Phi = -B_0S$ 이므로 적절하다.

이상에서 (나)와 같은 결과를 얻을 수 있는 경우는 ②이다.

18. ⑤

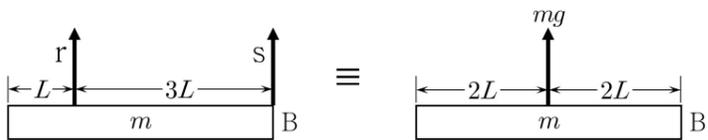
아래 그림과 같이 실을 왼쪽부터 각각 p, q, r, s라고 하자.



A에 작용하는 수평 방향 힘의 평형 조건을 적용하면 p, q가 A를 당기는 힘의 수평 성분의 크기가 같다. 삼각비를 적용하면, 실이 A를 당기는 힘의 연직 성분의 크기는 p가 q의 3배이다.

$(F_x \tan 60^\circ : F_x \tan 30^\circ = 3 : 1)$ 편의상 p, q가 A를 당기는 힘의 연직 성분의 크기를 각각 $3F$, F 라고 하자.

B의 평형 조건을 고려하면 r, s가 B를 당기는 힘의 합력은 아래 그림과 같이 B의 중심에 연직 위 방향으로 작용하며 크기가 mg 인 하나의 등가 힘으로 대체할 수 있다.



A에 작용하는 연직 방향 힘의 평형 조건을 적용하면 $3F + F = Mg + mg + mg$; $\therefore 4F = Mg + 2mg \dots ①$

A의 왼쪽 끝을 기준으로 A에 작용하는 돌림힘의 평형 조건을 적용하면 $F(4L) = mg(5L) + mg(7L)$; $\therefore F = 3mg \dots ②$

따라서 ②를 ①에 대입하여 정리하면 $M = 10m$ 이다.

19. ④

경사면의 경사각을 θ 라 하자. B의 속도의 수평 성분이 $2v \cos \theta$ 로 일정하고, A와 B의 변위의 수평 성분이 서로 같으므로 A의 평균 속도의 수평 성분의 크기는 $2v \cos \theta$ 이다. 따라서 A의 평균 속도의 크기는 $2v$ 이고, B와 만나는 순간 A의 속도는 v 이다. 가속도의 경사면 방향 성분의 크기가 $g \sin \theta$ 이므로, A, B가 운동하는 데 걸리는 시간을 t 라 하면, 경사면에서 A의 속도의 변화량으로부터 다음을 얻는다.

$$3v - (g \sin \theta)t = v; \therefore 2v = gt \sin \theta \dots ①$$

A, B의 변위의 크기가 같은데, 변위의 수평 성분이 서로 같으므로 변위의 연직 성분의 크기 또한 서로 같음을 알 수 있다. A의 평균 속도는 $2v$ 이고, 평균 속도의 연직 성분은 $2v \sin \theta$ 이므로, B의 평균 속도의 연직 성분은 $-2v \sin \theta$ 이다. B의 속도의 변화량으로부터 다음을 얻는다.

$$\frac{2v \sin \theta + (2v \sin \theta - gt)}{2} = -2v \sin \theta; \therefore 8v \sin \theta = gt \dots ②$$

②를 ①에 대입하면

$$2v = 8v \sin^2 \theta; \therefore \sin^2 \theta = \frac{1}{4}; \therefore \sin \theta = \frac{1}{2} (\because 0^\circ < \theta < 90^\circ)$$

따라서 A의 변위의 연직 성분의 크기는 $L \sin \theta = \frac{1}{2}L$ 이므로, A의

질량을 m 이라고 하면, 역학적 에너지 보존 법칙으로부터

$$mg\left(\frac{1}{2}L\right) = \frac{1}{2}m(9v^2 - v^2) \text{ 이고, 정리하면 } L = \frac{8v^2}{g} \text{ 이다.}$$

20. ④

물체가 q를 지날 때의 속력을 v , r을 지날 때의 속력을 kv 라 하자. 물체가 q에서 r에 도달하는 데 걸린 시간이 p에서 s에 도달하는 데 걸린 시간의 $\frac{1}{4}$ 배이므로, I, II에서 각각 운동한 시간의 합은 qr 구간에서 운동한 시간의 3배이다. 따라서 다음과 같은 식이 성립한다.

$$3 \frac{\frac{3}{2}L}{\frac{v+kv}{2}} = \frac{L}{\frac{v}{2}} + \frac{L}{\frac{kv}{2}} \rightarrow \frac{9}{k+1} = 2 + \frac{2}{k} \rightarrow (2k-1)(k-2) = 0$$

p에서 r까지 물체의 속력은 증가하므로 $k = 2$ 이다.

q에서의 물체의 운동 에너지를 E 라 하면 r에서 물체의 운동 에너지는 $4E$ 이다. 즉 q에서 r까지 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량이 $3E$ 이므로, I, II에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $2E$ 로 같다.

물체의 역학적 에너지 변화량은 물체의 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량과 운동 에너지의 변화량의 합과 같고, 이는 마찰력이 물체에 한 일과 같다. 따라서 I, II에서 물체의 역학적 에너지 변화량을 각각 E_A , E_B 라고 하면,

$$E_A = (-2E) + E = -E = F_1 L \dots ①$$

$$E_B = (-2E) + (-4E) = -6E = F_2 L \dots ②$$

①, ②를 연립하여 정리하면 $\frac{F_2}{F_1} = 6$ 이다.