

2014년 국가직 7급 물리학개론 A책형 해설

01. ④	02. ③	03. ①	04. ④	05. ①	06. ②	07. ③	08. ②	09. ④	10. ④
11. ③	12. ③	13. ③	14. ①	15. ②	16. ②	17. ①	18. ①	19. ④	20. ③

1. 【정답】 ④

물체의 속력을 벡터로 나타내면

$$v_A = (0, 2), v_B = (3, 0)$$

물체 B에서 본 물체 A의 상대속력 : $v_{AB} = v_A - v_B = (0, 2) - (3, 0) = (-3, 2)$

상대속도의 크기 : $|v_{AB}| = \sqrt{(-3)^2 + 2^2} = \sqrt{13} \text{ [m/s]}$

상대속도의 방향 : $v_{AB} = (-3, 2)$ 이므로 방향은 '북서쪽'이다.

2. 【정답】 ③

ㄱ. 실상이 생기는 볼록렌즈의 실상은 항상 도립실상이다.

ㄴ. 볼록렌즈의 경우 $\infty < a < 2f$ 에서 축소된 도립실상이 생긴다.

ㄷ. 볼록렌즈, 오목렌즈 모두 허상은 정립상이다.

3. 【정답】 ①

저항 $R = \rho \frac{l}{S}$ 이므로 비저항 $\rho = \frac{RS}{l}$ 이다.

$$\rho_A : \rho_B = \frac{3 \times 2}{3} : \frac{4 \times 1}{5} = 5 : 2$$

$$\frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{2}{5}$$

4. 【정답】 ④

이상적인 열기관이므로 열기관은 '카르노 기관'이다.

$$\text{따라서 열효율 } e = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{800} = \frac{5}{8} \text{ 이므로}$$

$$\text{열기관이 한 순환 과정마다 하는 일 } W = 400 \times \frac{5}{8} = 250 \text{ [J] 이다.}$$

5. 【정답】 ①

$$\text{도플러 효과 : } f' = f \times \left(\frac{u - 0.6u}{u} \right) = 0.4f$$

6. 【정답】 ②

경사면을 내려온 직후 A의 속력 : $v_A = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10 \text{ [m/s]}$

충돌 후 B의 속력 : $v_B = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A = \frac{2}{1+3} \times 10 = 5 \text{ [m/s]}$

(‘충돌 후 B의 속력’에 관한 내용은 2011년 국가직 7급 16번 해설 참고)

7. 【정답】 ③

‘구심력=만유인력’ : $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

공전주기 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM}{r}}}$, $T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{\frac{GM}{r}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$

별에서 행성 A와 행성 B의 거리의 비 $r_A : r_B = 4 : 1$ 이므로

공전 주기의 제곱의 비 $T_A^2 : T_B^2 = r_A^3 : r_B^3 = 4^3 : 1 = 64 : 1$

따라서 공전 주기의 비 $T_A : T_B = 8 : 1$

8. 【정답】 ②

모터가 가져야할 최소 일률 : $W = Fv = 800 \times \frac{5}{10} = 400 \text{ [W]}$

9. 【정답】 ④

- ㄱ. 레이저 광이 비추는 금속판인 세슘 판은 그대로이므로 일함수는 일정하다.
- ㄴ. 진동수가 f 보다 큰 레이저 광을 비추었으므로 레이저 광의 광자의 에너지가 증가하고, 따라서 세슘 판에서 방출되는 전자의 최대 운동에너지 또한 증가한다.
- ㄷ. 레이저 광의 광자의 에너지는 증가하였으나 광 출력은 그대로이므로 레이저 광에서 단위시간 당 나오는 광자의 수는 감소하게 된다. 따라서 같은 시간 동안 세슘 판에서 방출되는 전자 개수 또한 감소한다.

<참고>

광 출력의 단위 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ 이므로

‘광출력=광자 1개의 에너지×단위시간당 방출되는 광자의 개수’이다.

문제에서 광 출력은 같고 진동수가 f 보다 큰 레이저 광을 비추는 경우 광자 1개의 에너지는 증가하고, 광출력은 일정하여야 하므로 단위시간당 방출되는 광자의 개수는 감소한다.

따라서 ‘ㄷ’보기 같은 시간 동안 세슘 판에서 방출되는 전자 개수 또한 감소한다.

10. 【정답】 ④

ㄱ. $A \rightarrow B$ (등압과정) : $P_o(5V_o - V_o) = 4P_oV_o$ (외부에 한 일)

$B \rightarrow C$ (등적과정) : $\Delta V = 0$ 이므로 한 일이 없다.

$C \rightarrow A$: 부피가 감소하였으므로 외부로부터 받은 일이다.

따라서 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 의 순환 과정 동안 기체가 외부에 한 일은 $4P_oV_o$ 이다.

ㄴ. B와 C에서의 절대온도 $T_B = \frac{5P_oV_o}{R}$, $T_C = \frac{5P_o \cdot 5V_o}{R} = \frac{25P_oV_o}{R}$ 이므로

$B \rightarrow C$ 에서의 내부에너지 변화량

$$dU = \frac{3}{2}nRdT = \frac{3}{2}R(T_C - T_B) = \frac{3}{2}R\left(\frac{25P_oV_o}{R} - \frac{5P_oV_o}{R}\right) = 30P_oV_o \text{이다.}$$

ㄷ. 등적과정에서 엔트로피 변화

$$dU = \delta Q - \delta W = \delta Q \text{ (등적과정이므로 } \delta W = 0), \delta Q = dU = \frac{3}{2}nRdT$$

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{3}{2}nR\frac{dT}{T}, \Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{3}{2}nR\frac{dT}{T} = \frac{3}{2}nR\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\text{따라서 } B \rightarrow C \text{ (등적과정)에서 엔트로피 변화량 } \Delta S_{BC} = \frac{3}{2}R\ln\left(\frac{T_C}{T_B}\right) = \frac{3}{2}R\ln 5 \text{이다.}$$

11. 【정답】 ③

점 $(0, 0, a)$ 에서의 전기 쌍극자가 만드는 퍼텐셜 :

$$V_a = k\frac{q}{a - \frac{d}{2}} - k\frac{q}{a + \frac{d}{2}} = 2kq\left(\frac{1}{2a - d} - \frac{1}{2a + d}\right) = 2kq\left(\frac{2d}{4a^2 - d^2}\right) = \frac{4kqd}{4a^2 - d^2}$$

여기서 $a \gg d$ 이므로 분자의 d^2 을 무시하면 $V_a = \frac{kqd}{a^2}$ 이다.

ㄱ. $V_a = \frac{kqd}{a^2}$ 이므로 $q \times d$ 에 비례한다.

ㄴ. $V_a = \frac{kqd}{a^2}$ 이므로 a^2 에 반비례한다.

ㄷ. 원점을 지나고 z 축에 수직한 평면은 $\left(0, 0, +\frac{d}{2}\right)$ 에 놓여있는 $+q$ 양전하와 $\left(0, 0, -\frac{d}{2}\right)$ 에 놓여있는 $-q$ 음전하와의 거리가 같으므로 등전위면이 된다.

12. 【정답】 ③

선밀도가 낮은 줄에서 높은 줄로 진행하는 ‘소 $\rightarrow$ 밀 반사’이므로 반사파는 고정단 반사가 되어 입사파와 위상이 반대이고 투과파는 입사파와 위상 같다. 따라서 보기 중 가장

적절한 것은 '③번'이다.

13. 【정답】 ③

보어의 원자모형으로부터 궤도의 둘레가 드브로이 파장의 정수배이므로 $2\pi R = n\lambda$ 에서 $n = 1$ 인 바닥상태이므로 드브로이 파장 $\lambda = 2\pi R$ 이다.

$$\text{드브로이 파장 } \lambda = \frac{h}{mv} \text{이므로 속도 } v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{h}{2\pi Rm}$$

14. 【정답】 ①

열팽창에 의한 길이 증가량 $\Delta L = \alpha L \Delta T = \alpha L (T_2 - T_1)$

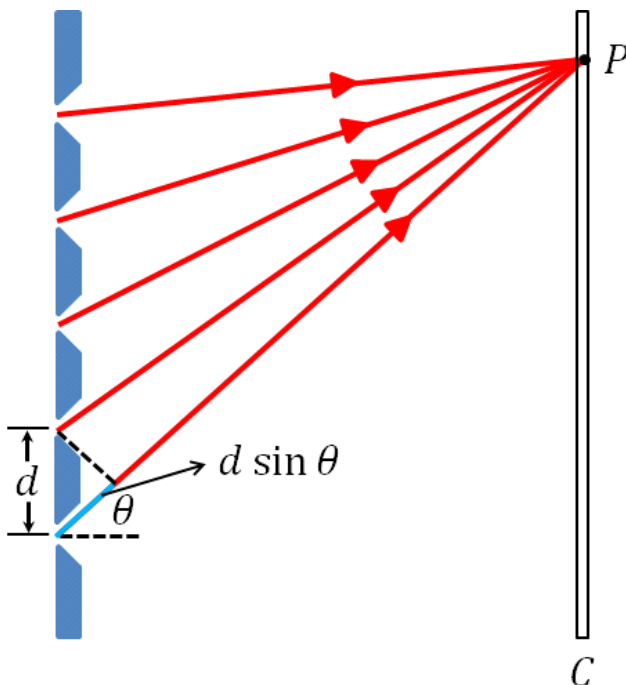
열팽창에 의한 최종 길이 $L_2 = L + \Delta L = L(1 + \alpha(T_2 - T_1))$

15. 【정답】 ②

운동량 보존 법칙 : $3 \times 4 = 1 \times 8 + 2v$

$v = 2 \text{ [m/s]}$ 이므로 '+x방향'이며 속도의 크기는 ' 2 [m/s] '이다.

16. 【정답】 ②



회절격자는 여러 개의 슬릿을 일정한 간격으로 배열한 것으로 각 틈새에서 일어나는 회절과 그 경로차에 의해 간섭무늬가 생긴다.

그림과 같이 격자간격을 d 라 하고, ($d = \frac{w}{N}$ (단위 [m/lines]), w : 격자길이, N : 격자 개수)

스크린 C 위의 점 P에 도달하는 광선이 격자를 떠날 때 거의 나란하게 만들기 위하여 스크린이 격자에서 충분히 멀리 떨어져있다고 가정하면

이때 인접한 광선의 경로차 $d \sin \theta$ 가 파장의 정수배라면 점 P에서 하나의 회절선이 나타난다.
따라서 회절격자의 회절선 공식은 ' $d \sin \theta = m \lambda$ '로 나타낼 수 있다.

문제에서 $5,000 [\text{lines/cm}]$ 의 회절격자 면이므로

$$d = \frac{1 [\text{cm}]}{5,000 [\text{lines}]} = \frac{0.01 [\text{m}]}{5,000 [\text{lines}]} = 2 \times 10^{-6} [\text{m/lines}] \text{ 이고}$$

1차 극대가 나타나는 지점($m = 1$)을 묻고 있으므로

$$d \sin \theta = \lambda : 2 \times 10^{-6} \sin \theta = 1 \times 600 \times 10^{-9}$$

$$\sin \theta = \frac{600 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}} = 0.3, \theta = \sin^{-1}(0.3)$$

17. 【정답】 ①

$$\text{가속도 } a = - \frac{g \sin \theta}{1 + \frac{I}{mR^2}} \quad (\text{자세한 설명은 2011년 국가직 7급 2번 해설 참고})$$

$$\text{역학적 에너지보존 : } mgh = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} I \left(\frac{v}{R} \right)^2 + \frac{1}{2} m v^2 \text{에서}$$

$$\text{질량중심의 속도 } v = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{I}{mR^2}}}$$

ㄱ. 회전속도 $\omega = \frac{v}{R}$ 이고 $I_A < I_B$ 이므로 $v_A > v_B$ 이다. 따라서 $\omega_A > \omega_B$ 이다.

따라서 구슬 B는 바닥에 내려왔을 때 구슬 A에 비해 회전속도가 작다.

ㄴ. $I_A < I_B$ 이므로 $a_A > a_B$ 이다. 가속도가 큰 A가 내려오는 시간이 더 짧다.

따라서 구슬 B는 구슬 A에 비해 경사면을 내려오는데 걸리는 시간이 길다.

ㄷ. 같은 높이에서 동일한 경사면을 따라 내려오므로 초기 퍼텐셜에너지가 같다.

따라서 내려왔을 때 운동 에너지(운동에너지=회전운동에너지+병진운동에너지)도 같다.

<참고>

'ㄱ'보기로부터 속도와 각속도가 A가 더 크므로 구슬 A의 운동에너지가 더 큰 것으로 잘못 생각할 수 있으나, 처음 퍼텐셜 에너지는 동일하므로 경사면을 내려왔을 때 운동에너지는 같고, 속이 꽉차있는 구슬 A의 관성모멘트 I_A 가 속이 비어있는 구슬 B의 관성모멘트 I_B 보다 작으므로 관성모멘트를 고려하면 구슬 A와 구슬 B의 운동에너지는 같음을 알 수 있다.

역학적 에너지 보존 $mgh = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2$ 이므로 내려왔을 때 운동에너지는 동일

$$v_A > v_B, \omega_A > \omega_B \text{ 이나, } I_A < I_B \text{ 이므로 } \frac{1}{2} I_A \omega_A^2 + \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} I_B \omega_B^2 + \frac{1}{2} m v_B^2 \text{ 이다.}$$

18. 【정답】 ①

전체 전류 : $I = \frac{V}{r+x}$

x 에서 소모되는 전력 : $P = I^2 R = \left(\frac{V}{r+x} \right)^2 x = \frac{V^2 x}{(r+x)^2}$

(1) 산술기하평균을 이용한 풀이

$P = \frac{V^2 x}{(r+x)^2} = \frac{V^2}{\frac{r^2}{x} + 2r + x}$ 즉 분모가 최소일 때 전력이 최대가 된다.

여기서 산술-기하 평균의 관계로부터 $x + \frac{r^2}{x} \geq 2\sqrt{x \cdot \frac{r^2}{x}} = 2r$ 이고

등호는 $x = \frac{r^2}{x}$ 일 때 성립하므로 $x = r$ 이다.

이때 r 에서 소비되는 전력은 $P = \frac{V^2}{2r+2r} = \frac{V^2}{4r}$

(2) 미분을 이용한 풀이

$P = \frac{V^2 x}{(r+x)^2}, \quad \frac{dP}{dx} = V^2 \frac{(r+x)^2 - 2x(r+x)}{(r+x)^4} = V^2 \frac{r+x-2x}{(r+x)^3} = \frac{V^2(r-x)}{(r+x)^3}$

$x = r$ 일 때 $\frac{dP}{dx} = 0$ 이 되어 최대이다.

이때 r 에서 소비되는 전력은 $P = \left(\frac{V}{r+r} \right)^2 r = \frac{V^2}{4r}$

(다른 풀이로는 전기직·통신직 수험생 분들은 가변저항 x 가 태브닝 등가저항 r 과 같을 때 최대전력이 된다는 것으로 풀이하실 수 있습니다.)

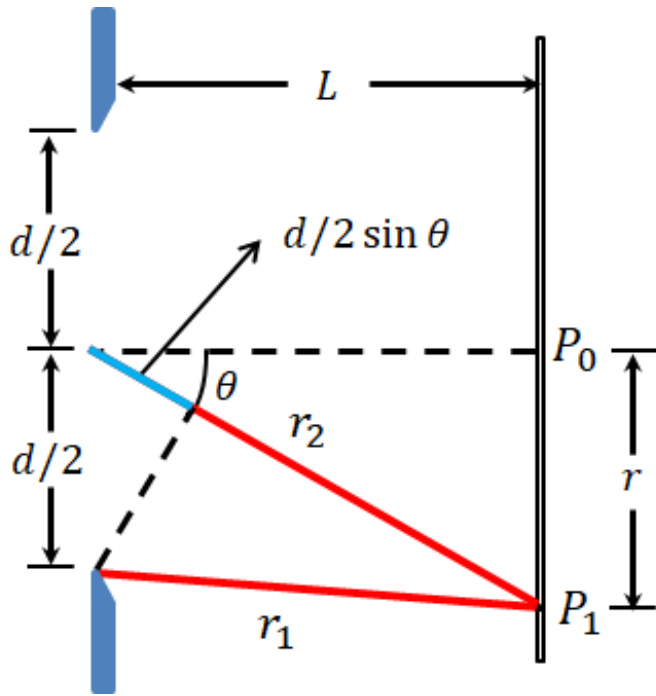
19. 【정답】 ④

아래 그림과 같이 단일슬릿에 의한 회절에서 첫 번째 상쇄간섭(첫 번째 어두운 무늬)이 일어나는 지점은 슬릿 중앙에서 방출된 빛과 슬릿의 모서리에서 방출된 빛의 경로차

$\frac{d}{2} \sin \theta$ 이 반파장 $\frac{\lambda}{2}$ 이 될 때 이므로 $\frac{d}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$, 여기서 $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{r}{L}$ 이므로

파장 $\lambda = \frac{rd}{L}$ 임을 알 수 있다. 드브로이파의 파장 $\lambda = \frac{h}{mv}$ 이므로

$\lambda = \frac{rd}{L} = \frac{h}{mv}, \quad v = \frac{Lh}{mrd}$



20. 【정답】 ③

유도기전력 (패러데이의 법칙) :

$$V = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = -1 \times 1 [\text{m}^2] \times \frac{2 [\text{T}] - 1 [\text{T}]}{0.5 [\text{ms}]} = -2 [\text{V}]$$

유도전류의 크기 : $I = \frac{V}{R} = \frac{2}{2} = 1 [\text{A}]$

자기장이 증가하므로 렌츠의 법칙에 의해 유도 전류는 위에서 볼 때 시계 방향으로 흐른다.