

## 2009년 국가직 7급 물리학개론 봉책형 해설

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

### 1. 【정답】 ④

등가속도 운동 :  $2 \times (-2.5) \times 2000 = 0^2 - v^2$

$$v = \sqrt{10000} = 100 \text{ m/s}$$

### 2. 【정답】 ④

열역학 제1법칙 :  $dU = \delta Q - \delta W$

$$-500 = \delta Q - (-200)$$

$$\delta Q = -700 \text{ J}$$

### 3. 【정답】 ③

전기장은 벡터이므로  $-4\text{C}$  전하와  $1\text{C}$  전하의 사이에서는  $-4\text{C}$  전하에 의한 전기장 벡터의 방향과  $1\text{C}$  전하에 의한 전기장 벡터의 방향이 모두 왼쪽이 되어 전기장의 합이 0이 될 수 없다.

전하량 크기의 비  $|-4|:1 = 4:1$ 이므로 전기장의 합이 0이 되는 지점은  $-4\text{C}$  전하와  $1\text{C}$  전하를 2:1로 외분하는 점에 있다.  $-4\text{C}$  전하의 위치를 0으로 잡으면 2:1로 외분하는 점의 위치는  $\frac{2 \times 1 - 1 \times 0}{2 - 1} = 2$ 이므로  $1\text{C}$  전하의 오른쪽  $1\text{m}$  지점에 있다.

### 4. 【정답】 ④

운동에너지 :  $K = (\gamma - 1)mc^2 = 4.0 \text{ MeV}$

정지에너지 :  $E_0 = mc^2 = 0.5 \text{ MeV}$

전체에너지 :  $E = K + E_0 = 4.0 + 0.5 = 4.5 \text{ MeV}$

전체에너지 관계식  $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$ 에서  $pc = \sqrt{4.5^2 - 0.5^2} = \sqrt{20} \text{ MeV}$

전자의 운동량 :  $p = \sqrt{20} \text{ MeV}/c \approx 4.5 \text{ MeV}/c$

### 5. 【정답】 ③

$$\frac{9}{5} \times 70 = 126 \text{ } ^\circ\text{F}$$

절대온도  $\leftrightarrow$  섭씨 :  $\text{K} = \text{ } ^\circ\text{C} + 273.15$

섭씨  $\leftrightarrow$  화씨 :  $\text{ } ^\circ\text{F} = \frac{9}{5} \text{ } ^\circ\text{C} + 32$

## 6. 【정답】 ②

역학적 에너지 보존 법칙 :  $mgR \sin \theta - \int_0^\theta \mu NR d\theta = \frac{1}{2}mv^2$

구심력 :  $N - mg \sin \theta = \frac{mv^2}{R}$  (수직항력  $N$ 은 일정하지 않고  $\theta$ 에 관한 함수이다.)

$$N - mg \sin \theta = \frac{2}{R} \left( mgR \sin \theta - \int_0^\theta \mu NR d\theta \right)$$

$$N + 2\mu \int_0^\theta Nd\theta = 3mg \sin \theta$$

$y(\theta) = \int_0^\theta Nd\theta$ 라 하면 주어진 방정식은  $y' + 2\mu y = 3mg \sin \theta$ 가 된다.

$$(ye^{2\mu\theta})' = 3mge^{2\mu\theta} \sin \theta$$

$y = 3mg \left( \frac{2\mu \sin \theta - \cos \theta}{4\mu^2 + 1} + Ce^{-2\mu\theta} \right)$ 에서  $\theta = 0$ 일 때  $y = 0$ 이므로  $C = \frac{1}{4\mu^2 + 1}$ 이다.

$$y(\theta) = 3mg \left( \frac{2\mu \sin \theta - \cos \theta}{4\mu^2 + 1} + \frac{e^{-2\mu\theta}}{4\mu^2 + 1} \right)$$

최저점 O에서  $\theta = \frac{\pi}{2}$ 이므로  $mgR - \mu R \cdot y\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2}mv^2$

$$y\left(\frac{\pi}{2}\right) = 3mg \left( \frac{2\mu + e^{-\pi\mu}}{4\mu^2 + 1} \right) \text{을 대입하면 } mgR - 3mg\mu R \frac{2\mu + e^{-\pi\mu}}{4\mu^2 + 1} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$gR \left( 1 - 3\mu \frac{2\mu + e^{-\pi\mu}}{4\mu^2 + 1} \right) = \frac{1}{2}v^2$$

$$1 - 3\mu \frac{2\mu + e^{-\pi\mu}}{4\mu^2 + 1} = 1 - 3 \cdot 0.75 \frac{2 \cdot 0.75 + e^{-0.75\pi}}{4 \cdot 0.75^2 + 1} = -0.104079 < 0 \text{이므로}$$

상자는 최저점 O에 도달하지 못한다.

출제오류문제이지만 정답이 고쳐지지 않았습니다.

<출제자가 의도한 풀이>

$$mgR - \int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu mg \sin \theta R d\theta = \frac{1}{2}mv^2$$

$$gR - \mu gR \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \theta d\theta = \frac{1}{2}v^2$$

$$10 \cdot 10 - 0.75 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 1 = \frac{1}{2}v^2$$

$$v = \sqrt{50} \approx 7 \text{ [m/s]}$$

이 풀이는 수직항력  $N = mg \sin \theta$ 라고 가정했을 때 나오는 답으로, 수직항력은  $N = mg \sin \theta$ 로 일정하지 않고 위의 과정과 같이 미분방정식을 풀어서 구해야 합니다.

### 7. 【정답】 ③

한 끝이 닫힌 관의 정상파 :  $\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \frac{7}{4}\lambda, \dots = L$

$$\lambda = \frac{4L}{2n-1} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{\frac{4 \times 2.5 \times 10^{-2}}{2n-1}} = 3400(2n-1) \text{ Hz} = 3.4(2n-1) \text{ kHz}$$

3.4 kHz, 10.2 kHz, 17 kHz, 23.8 kHz, ...

다만 사람의 가청 주파수는 20 Hz ~ 20 kHz 이므로 23.8 kHz는 들을 수 없다.

### 8. 【정답】 ②

문제의 파동함수로부터 각파동수  $k = \frac{2\pi}{\lambda} = 0.2 \text{ [rad/m]}$ , 각진동수  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 300 \text{ [rad/s]}$

①  $\frac{2\pi}{\lambda} = 0.2$ ,  $\lambda = 10\pi = 31.4 \text{ cm}$  이 파동의 파장은 약 31.4 cm 이다.

②  $\frac{2\pi}{T} = 300$ ,  $T = \frac{2\pi}{300} = 0.020944 \text{ s} \approx 0.021 \text{ s}$  이 파동의 주기는 0.021 s 이다.

③  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{10\pi}{\frac{2\pi}{300}} = 1500 \text{ cm/s}$  이 파동의 속력은 1,500 cm/s 이다.

④ 기본진동이므로  $\frac{\lambda}{2} = L = 15.7 \text{ cm}$  이 현의 길이는 약 15.7 cm 이다.

### 9. 【정답】 ①

거리  $\frac{2}{3}d$ , 면적  $A$ , 유전율  $\epsilon_0$ 인 축전기와, 거리  $\frac{1}{3}d$ , 면적  $A$ , 유전율  $2\epsilon_0$ 인 축전기가 병렬연결 된 것이므로

거리  $\frac{2}{3}d$ , 면적  $A$ , 유전율  $\epsilon_0$ 인 축전기의 전기용량 :  $C_1 = \epsilon_0 \frac{A}{\frac{2}{3}d} = \frac{3}{2}\epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{3}{2}C_0$

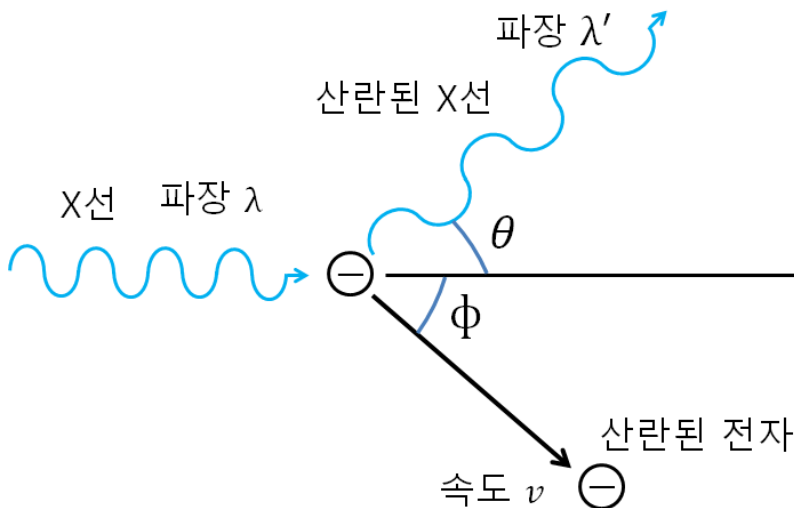
거리  $\frac{1}{3}d$ , 면적  $A$ , 유전율  $2\epsilon_0$ 인 축전기의 전기용량 :  $C_1 = 2\epsilon_0 \frac{A}{\frac{1}{3}d} = 6\epsilon_0 \frac{A}{d} = 6C_0$

$$\text{등가 전기용량 : } C_{eq} = \frac{\frac{3}{2}C_0 \times 6C_0}{\frac{3}{2}C_0 + 6C_0} = \frac{6}{5}C_0$$

따라서  $C_0$ 의  $\frac{6}{5}$ 배이다.

#### 10. 【정답】 ③

콤프턴(Compton) 산란 : 파장이 짧은 X 선이 흑연 판을 이루는 탄소 원자에 의해 산란되는 현상  
X 선 광자가 전자와 탄성 충돌하며, 운동 에너지와 운동량이 보존된다.



$$\text{운동량 보존식에서 } (mv \sin \phi)^2 + (mv \cos \phi)^2 = (mv)^2 = \left( \frac{h}{\lambda'} \sin \theta \right)^2 + \left( \frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda'} \cos \theta \right)^2$$

$$(mv)^2 = \left( \frac{h}{\lambda'} \right)^2 + \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2 - \frac{2h^2}{\lambda\lambda'} \cos \theta$$

$$\text{에너지 보존식에서 } (mv)^2 = 2mhc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right)$$

$$2mhc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) = \left( \frac{h}{\lambda'} \right)^2 + \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2 - \frac{2h^2}{\lambda\lambda'} \cos \theta$$

$$2mc(\lambda' - \lambda) = \frac{h\lambda}{\lambda'} + \frac{h\lambda'}{\lambda} - 2h \cos \theta$$

에너지 보존식  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} + \frac{1}{2}mv^2$ 에서 충돌 후 전자의 에너지  $\frac{1}{2}mv^2$ 은 매우 작으므로  $\lambda \approx \lambda'$ 으로 근사할 수 있다.

$$\text{따라서 식은 } 2mc(\lambda' - \lambda) = \frac{h\lambda}{\lambda'} + \frac{h\lambda'}{\lambda} - 2h \cos \theta = 2h - 2h \cos \theta$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{2h(1 - \cos \theta)}{2mc} = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$$

ㄱ. 콤프턴 산란의 파장변화  $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$ 이고  $0 \leq \theta \leq \pi$ 에서  $\lambda' - \lambda > 0$ 이다.

따라서 입사 X선의 파장  $\lambda$ 은 산란 X선의 파장  $\lambda'$ 보다 **짧다**.

ㄴ. 산란 X선의 파장이 길어지므로 산란 X선의 진동수는 입사 X선의 진동수보다 **작다**.

ㄷ. 산란 X선의 파장이 길수록 에너지는 작아지므로 전자의 운동에너지는 커진다.

ㄹ. 이 실험은 빛의 입자성을 증명한 실험 중의 하나이다.

### 11. 【정답】 ②

운동방정식 :  $N - mg = ma$

수직항력  $N = m(g + a) = 50 \times (10 + 1) = 550 \text{ [N]}$

체중계가 가리키는 눈금  $m = \frac{N}{g} = \frac{550}{10} = 55 \text{ [kg]}$

### 12. 【정답】 ③

운동방정식 :  $12 = (4 + 2)a$

가속도  $a = 2 \text{ m/s}^2$

2kg인 물체에 가해지는 알짜 힘  $F_{2\text{kg}} = ma = 2 \times 2 = 4 \text{ [N]}$

### 13. 【정답】 ④

진폭이 작은 파동의 진폭을  $A$ 라 하면

합성된 파동의 최대 진폭은  $2A + A = 3A$ , 최소 진폭은  $2A - A = A$ 이다.

파동의 세기(=에너지)는 진폭의 제곱에 비례하므로 ( $E \propto A^2 f^2$ )

합성된 파동의 최대 세기  $I_{\text{max}}$ 와 최소 세기  $I_{\text{min}}$ 의 비  $\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{min}}} = \frac{3^2}{1^2} = 9$

<참고>

팽팽한 줄에 파동을 만들 때 미소질량  $dm$ 을 갖는 줄 요소의 운동에너지  $dK$ 는

$$dK = \frac{1}{2} dm \cdot u^2$$

여기서  $u$ 는 진동하는 줄 요소의 가로속력(진동방향의 속력)으로

줄요소의 변위  $y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t)$ 라 하면  $u = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega y_m \cos(kx - \omega t)$ 이다.

이 관계식과  $dm = \mu dx$ ( $\mu$ 는 선밀도)를 운동에너지 식에 대입하면

$$dK = \frac{1}{2} (\mu dx) \cdot (-\omega y_m)^2 \cos^2(kx - \omega t), \text{ 양변을 } dt \text{로 나누면}$$

$$\frac{dK}{dt} = \frac{1}{2} \mu \cdot \frac{dx}{dt} \cdot \omega^2 y_m^2 \cos^2(kx - \omega t) = \frac{1}{2} \mu \nu \omega^2 y_m^2 \cos^2(kx - \omega t) \quad \left( \frac{dx}{dt} = \nu \text{ 파동의 속력} \right)$$

한주기 동안  $\cos^2(kx - \omega t)$ 의 평균값은  $\frac{1}{2}$ 이므로 운동에너지의 평균전달률

$$\left(\frac{dK}{dt}\right)_{\text{avg}} = \frac{1}{4}\mu\nu\omega^2 y_m^2 \text{이고 퍼텐셜에너지의 전달률 또한 동일하므로}$$

$$\text{파동에너지의 평균 일률은 } P_{\text{avg}} = \frac{1}{4}\mu\nu\omega^2 y_m^2 + \frac{1}{4}\mu\nu\omega^2 y_m^2 = \frac{1}{2}\mu\nu\omega^2 y_m^2 \text{이다.}$$

따라서 파동에너지는 진동수  $\omega$ 의 제곱과 진폭  $y_m$ 의 제곱에 비례한다.

#### 14. 【정답】 ③

① 수직으로 입사한다면 자기력이 구심력이 되므로  $F = qvB = \frac{mv^2}{R}$

$$qB = \frac{mv}{r} = m\omega, \text{ 각속도 } \omega = \frac{qB}{m}$$

입자의 속도  $\vec{v}$ 가 자기장  $\vec{B}$ 에 수직이라면 입자는  $\frac{qB}{m}$ 의 각속도로 원운동한다.

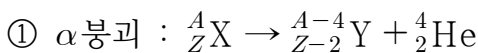
② 원운동의 반지름  $qB = \frac{mv}{R}, R = \frac{mv}{qB}$

질량  $m$ 인 다른 입자가 자기장에 수직으로 입사하였을 경우에, 입자의 질량  $m$ 이 크면 클수록 원운동의 반지름은 커진다.

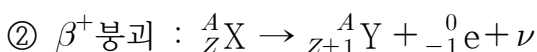
③ 자기장  $\vec{B}$ 에 수직으로 입사하지 않고 자기장에 비스듬히 입사하면 자기장과 나란한 방향의 등속운동과 자기장과 수직한 면 위에서의 등속원운동이 결합된 나선운동을 한다. 이때 두 운동 모두 등속운동이므로 속도는 항상 일정한 값을 갖고, 따라서 운동에너지는 일정하다.

④ 자기장  $\vec{B}$ 에 수직으로 입사하지 않은 입자의 운동은 자기장  $\vec{B}$ 와 나란한 방향의 등속운동과 자기장에 수직한 면 위에서의 원운동이 결합된 운동이다.  
(원운동과 직선운동이 결합된 나선운동을 한다.)

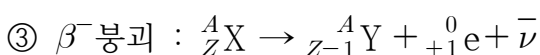
#### 15. 【정답】 ④



$\alpha$ 붕괴를 하면  $\alpha$ 입자(헬륨 원자핵  ${}_2^4\text{He}^{2+}$ )가 방출되므로 원자번호는 2, 질량수는 4가 감소한다.

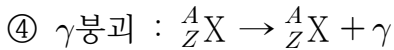


$\beta^+$ 붕괴를 하면 양성자가 중성자로 바뀌며 양전자가 방출되므로 원자번호가 1 감소하고 질량수는 변하지 않는다.



$\beta^-$ 붕괴를 하면 중성자가 양성자로 바뀌며 전자를 방출하므로 원자번호가 1 증가하고

질량수는 변하지 않는다.



$\gamma$ 붕괴는  $\alpha$ 붕괴나  $\beta$ 붕괴를 한 후 불안정한 상태에 있는 원자핵이 에너지가 작은 안정된 상태로 이동할 때 여분의 에너지를  $\gamma$ 선(전자기파)으로 방출하므로 원자번호와 질량수가 모두 변하지 않는다.

16. 【정답】 ①

운동량 보존 법칙 :  $10 \times 100 = (10 + x) \times 2$

나무토막의 질량  $x = 490 \text{ g}$

운동에너지  $E = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 2^2 = 1.0 \text{ [J]}$

17. 【정답】 ①

찰흙덩어리가 원판의 가장자리에 붙더라도 계에 작용하는 알짜토크는 0이므로 각운동량 보존법칙이 성립한다.

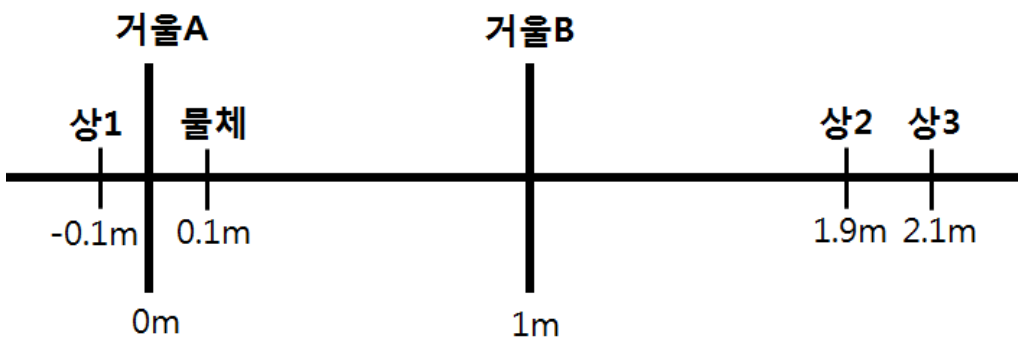
$$Rmv = \left( \frac{1}{2}MR^2 + mR^2 \right) \omega, \quad mv = \left( \frac{1}{2}MR + mR \right) \omega$$

$$\omega = \frac{0.1 \cdot 10}{\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0.1 + 0.1 \cdot 0.1} = \frac{10}{0.6} = 16.7 \text{ [rad/s]}$$

18. 【정답】 ②

산꼭대기에서는 압력이 낮아지므로 물은 바닷가보다 낮은 온도에서 끓고, 높은 온도에서 언다.

19. 【정답】 ②



상1은 물체에 대해 거울A에 의해 생기는 허상이다. : 0.1m

상2는 물체에 대해 거울B에 의해 생기는 허상이다. :  $0.1 + 0.9 + 0.9 = 1.9 \text{ m}$

상3은 상1에 대해 거울B에 의해 생기는 허상이다. :  $0.1 + 1 + 1 = 2.1 \text{ m}$

20. 【정답】 ①

$$\text{자기모멘트 } \mu = IA = \frac{e}{T} \cdot \pi r^2 = \frac{ev}{2\pi r} \cdot \pi r^2 = \frac{evr}{2}$$

$$\mu = \frac{evr}{2} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 2.0 \times 10^6 \times 0.5 \times 10^{-10}}{2} = 8.0 \times 10^{-24} [\text{A} \cdot \text{m}^2]$$