

2017년 국가직 7급 물리학개론 가책형 해설

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

1. 【정답】 ①

㉠ 입자의 원자번호를 a , 질량수를 b 라 하면

핵분열과정에서 원자번호 합과 질량수 합이 보존되므로

원자번호 합 : $92 + a = 54 + 38 + 0, a = 0$

질량수 합 : $235 + b = 140 + 94 + 2 \cdot 1, b = 1$

원자번호 0, 질량수 1이므로 ㉠에 들어갈 입자는 중성자(1_0n)이다.

2. 【정답】 ④

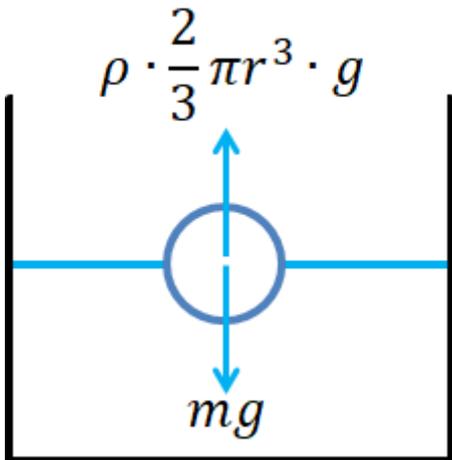
ㄱ. $\vec{F} = m\vec{a}$ 에서 $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ 이므로 가속도와 알짜힘의 방향은 같다.

따라서 등가속도 운동은 물체에 작용하는 알짜힘의 크기와 방향이 일정하다.

ㄴ. 등속원운동은 구심가속도의 크기는 일정하나, 방향은 계속 바뀌므로 등가속도 운동이 아니다.

ㄷ. 단진자의 운동은 매순간 가속도의 크기와 방향이 바뀌므로 등가속도 운동이 아니다.

3. 【정답】 ②



구가 중심이 수면에 위치한 채 정지해있으므로, 물에 절반이 잠겨있다.

이때 중력과 부력이 평형을 이루므로

$$mg = \rho \cdot \frac{2}{3} \pi r^3 \cdot g \quad (\text{'중력=부력'}) : mg = 1 \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot 10^3 \cdot g$$

$$m = \frac{2000}{3} \pi = 2094.4 \text{ [g]} = 2.0944 \text{ [kg]} \approx 2 \text{ [kg]}$$

<참고>

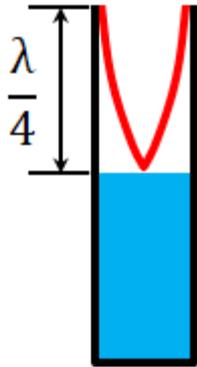
가장 가까운 값을 묻고 있으므로 $\pi \approx 3$ 으로 근사하면 $m = 2$ [kg]임을 알 수 있다.

4. 【정답】 ④

카르노 기관이므로 $\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L}$ 이고, 따라서 $\frac{Q_H}{300} = \frac{2}{10}$ 에서 $Q_H = 60$ [J]

냉동기에 가해야 하는 일 $W = Q_H - Q_L = 60 - 2 = 58$ [J]

5. 【정답】 ④



소리굽쇠의 소리의 파장 $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{510} = \frac{2}{3}$ [m]이고

공기 기둥(기주)의 길이가 $\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \dots$ 일 때 공명이 발생한다.(소리가 커진다.)

소리가 커지는(공명이 발생하는) 최대 수위는 공기 기둥(기주)의 길이가 가장 작을 때이므로

공기 기둥(기주)의 길이가 $\frac{1}{4}\lambda$ 일 때이다.

따라서 최대 수위 $1 - \frac{1}{4}\lambda = 1 - \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{3} = \frac{5}{6}$ [m]이다.

6. 【정답】 ③

기타줄(현)을 튕겼을 때 소리의 진동수 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ 이므로 (T : 장력, μ : 선밀도)

기타줄에 작용하는 장력의 제곱근에 비례한다.

(자세한 설명은 2015년 국가직 7급 8번 해설 참고)

추가 연직 하방에서 정지해있을 때 : $T = Mg$

단진자 운동을 할 때 최고점 : $T = Mg \cos\theta$ (θ : 단진자의 각진폭)

단진자 운동을 할 때 최저점 : 최저점에서 '구심력=장력-중력'이므로

'장력=구심력+중력'이다. 따라서 $T = Mg + \frac{Mv^2}{l}$ 이다.

(v : 최저점에서의 속력, l : 단진자의 길이)

단진자의 장력은 연직 하방에서 정지해있을 때보다 작은 값에서 큰 값을 범위로 가진다.

$$Mg \cos\theta < Mg < Mg + \frac{Mv^2}{l}$$

진동수 또한 f 보다 작은 진동수와 큰 진동수 사이에서 변한다.

<참고>

○ ‘진동수 f 의 소리가 발생했다’, ‘기타줄의 동일한 지점을 튕기어’ 의 의미

줄을 튕기게 되면 진동이 발생하며, 주변공기도 같이 진동하므로 소리가 발생한다.

이때 줄은 양끝이 고정되어있으므로 정상파가 발생하고, 기본 진동수에 해당하는 정상파(기본음)와 기본 진동수의 정수배에 해당하는 정상파(배음)이 같이 섞여있다.

따라서 단일 진동수의 소리만 발생하는 것은 아니나, 기본음의 진폭이 가장 크고 진동수가 커질수록 진폭이 작아지므로 우리는 기본진동수에 해당하는 정상파인 기본음 소리만 주로 듣게 된다.

따라서 기타줄을 튕겼을 때 진동수가 여러개(기본음과 배음)인 소리가 섞여서 발생하므로 문제의 진동수 f 의 소리는 기본음일수도 있고 배음일수도 있으며, 문제의 해설에서 살펴본대로 기본음과 배음 모두 추의 단진동 운동에 따라 동일하게 추가 정지했을 때보다 작은 진동수와 큰 진동수 사이에서 변하게 된다.

추가 단진동 운동을 할 때 기타줄의 동일한 지점을 튕기었다는 것은, 배음의 비율이 동일하다는 의미이다. 기타줄을 튕기는 위치(장력을 발생시키는 위치)에 따라 배음의 비율이 달라진다. 예를 들어 줄의 한 가운데를 튕기는 경우에는 기본진동수의 배에 해당되는 부분이므로 기본진동수의 소리는 다른 곳을 튕기는 경우보다 크게 들리나, 2배 진동수의 경우에는 마디에 해당하는 부분이므로 다른 곳을 튕길 때보다 작게 들리게 된다.

7. 【정답】 ③

빈 법칙(빈 변위 법칙) : 흑체가 방출하는 에너지 세기가 가장 큰 파장(λ_{\max})은 절대온도 (T)에 반비례한다.

$$\text{빈 변위 법칙} : 0.5 \times 5800 = \lambda_{\max} \times 250$$

$$\text{온도가 } 250\text{K인 흑체의 } \lambda_{\max} = \frac{0.5 \times 5800}{250} = 11.6 [\mu\text{m}]$$

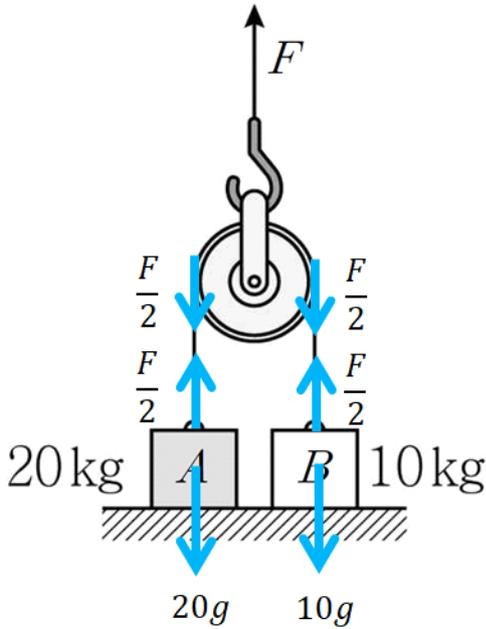
8. 【정답】 ④

벽돌 A에 작용하는 장력의 크기를 T_A , 벽돌 B에 작용하는 장력의 크기를 T_B 라 하면

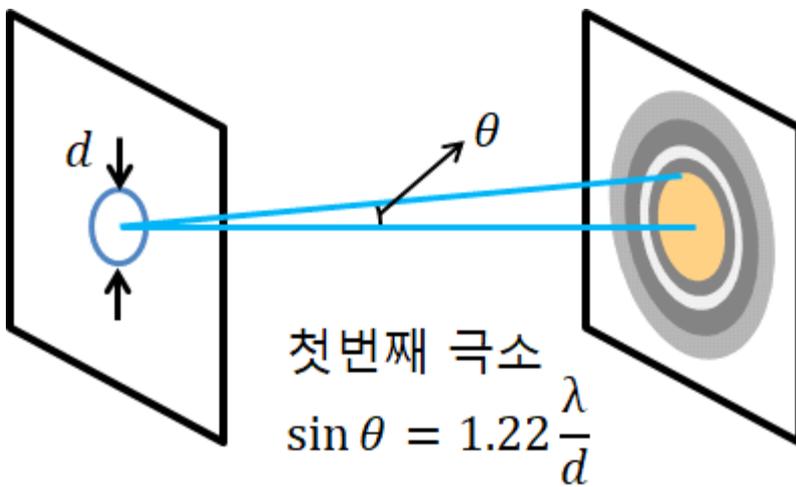
$$F = T_A + T_B \text{이고 도르래이므로 } T_A = T_B = \frac{F}{2} \text{이다.}$$

벽돌 B가 들어 올려지기 위해서는 $T_B \geq 10g = 100 [\text{N}]$ 이어야하므로

$$F \text{의 최소크기는 } F = 2T_B = 2 \times 100 = 200 [\text{N}]$$



9. 【정답】 ④



그림과 같이 지름 d 의 원형 구멍을 통과한 빛은 회절되어 중심에 밝은 부분을 만들고 그 주위로 밝고 어두운 고리가 교대로 나타나는 회절무늬를 만든다.

이때 첫 번째 극소가 일어나는 각도는 다음과 같다.

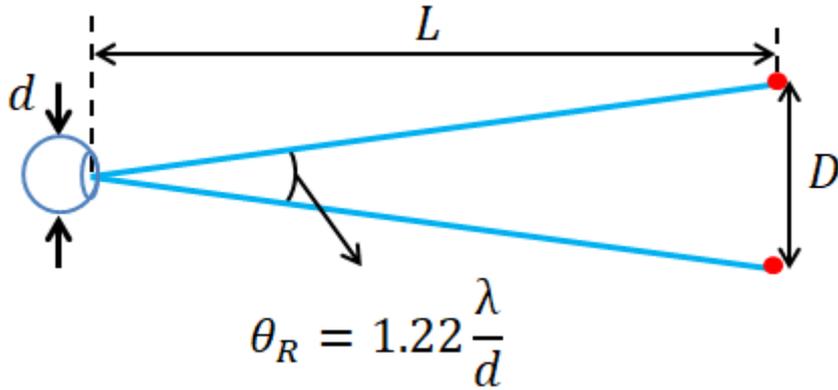
$$\text{첫 번째 극소} : \sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

이것을 증명하는 과정은 베셀함수(베셀 미분방정식)를 구해야하며, 증명과정이 복잡하여 일반물리학 책에도 생략되어 있다.

따라서 먼 거리에 있는 두 물체를 분해(구별)하는 것은 두 물체(광원)에 의한 회절무늬가 하나로 인식되지 않고 두 개로 구분될 때 가능하다.

따라서 두 물체의 회절무늬의 중앙극대가 사이의 거리가 한 물체의 회절무늬의 중앙에서 첫 번째 극소사이의 거리보다 클 때 구별할 수 있으며, 이때 두 물체의 분리각

$\sin \theta_R \approx \theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d}$ 이다. 이것을 Rayleigh의 기준이라고 한다.



문제에서 Rayleigh의 기준에 의한 시야의 분리각 $\theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d}$ 이고,

(여기서 λ : 초록 빛의 파장, d : 눈의 동공 지름)

초록 두 개에서 오는 시야의 분리각은 매우 작아 $\theta_R \approx \tan \theta_R = \frac{D}{L}$ 로 근사할 수 있으므로

(여기서 D : 초록 간격, L : 초록과 관찰자 사이의 거리)

$$\frac{D}{L} = 1.22 \frac{\lambda}{d}, L = \frac{Dd}{1.22\lambda} = \frac{50 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-3}}{1.22 \times 500 \times 10^{-9}} = 4098.36 \text{ [m]}$$

따라서 가장 가까운 값은 ④번이다.

10. 【정답】 ①

$$\text{자기다발 } \Phi_{BA} = B \cdot a \cdot x(t) = B \cdot a \cdot \frac{a}{4} \left[1 + \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right] = B \frac{a^2}{4} \left[1 + \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right]$$

$$\text{유도기전력 } V = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -B \frac{a^2}{4} \cdot \frac{2\pi}{T} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = -\frac{Ba^2\pi}{2T} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

$$\text{소비되는 전력 } P = \frac{V^2}{R} = \frac{a^4 B^2 \pi^2}{4RT^2} \cos^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \text{ 이므로}$$

①번이 옳지 않은 설명이다. (a^4 에 비례한다.)

11. 【정답】 ③

$$\text{구심가속도(인공 중력의 가속도) : } a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 = 10 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\text{각속도 : } \omega = \sqrt{\frac{a}{r}} = \sqrt{\frac{10}{1000}} = 0.1 \text{ [rad/s]}$$

12. 【정답】 ①

$$\text{도선 } A \text{의 저항 : } R_A = \rho \frac{L}{a}$$

도선 B의 저항 : $R_B = 3\rho \frac{3L}{3a} = 3\rho \frac{L}{a}$ 이므로 $R_A : R_B = 1 : 3$ 이다.

따라서 도선 A에 $\frac{1}{1+3} \times V = \frac{V}{4}$ 의 전압이 걸리며

도선 A에서 소모되는 전력 $P_A = \frac{\left(\frac{V}{4}\right)^2}{\rho \frac{L}{a}} = \frac{aV^2}{16\rho L}$ 이다.

13. 【정답】 ③

굴절망원경의 각도배율 $m_\theta = \frac{f_{ob}}{f_{ey}}$ 이므로

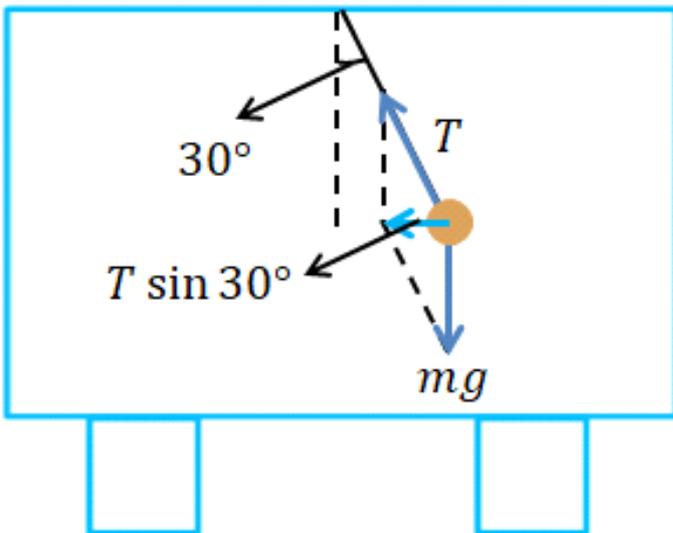
(여기서 f_{ob} : 대물렌즈의 초점거리, f_{ey} : 대안렌즈의 초점거리)

최대 각도배율은 $f_{ey} = 20 \text{ cm}$, $f_{ob} = 30 \text{ cm}$ 일 때 $m_\theta = \frac{30}{20} = \frac{3}{2}$

<참고>

- 1) 굴절망원경 : 대물렌즈(볼록렌즈)로 빛을 모으고, 접안렌즈로 상을 확대하여 천체를 관측하는 망원경
- 2) 배율 : 망원경을 통해 본 상의 크기와 맨눈으로 본 상의 크기의 비율로, 대물렌즈의 초점거리를 접안렌즈의 초점거리로 나눈 값이다.

14. 【정답】 ②



장력을 T 라 하면

연직방향 힘의 평형 : $T \cos 30^\circ = mg$

수평방향 힘 = 구심력 : $T \sin 30^\circ = \frac{mv^2}{R}$

두 식에서 장력을 소거하면

$$\tan 30^\circ = \frac{v^2}{Rg}, \quad v = \sqrt{Rg \tan 30^\circ} = \sqrt{40 \sqrt{3} \times 10 \times \frac{1}{\sqrt{3}}} = 20 \text{ m/s}$$

15. 【정답】 ①

문제의 반지름이 R 인 구는 내부에 양전하가 균일하게 분포해있으므로 ‘부도체구’이다.
(도체구의 전하는 표면에만 존재한다.)

전체 전하량을 Q 라 하면 부피전하밀도 $\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 이다.

1) $r < R$ 일 때 전기장

$$\text{가우스 법칙에 의해 } E \cdot (4\pi r^2) = \frac{\frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{\epsilon_0} \text{에서 } E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3} r$$

따라서 전기장의 크기는 r 에 비례한다.

2) $r > R$ 일 때 전기장

$$\text{가우스 법칙에 의해 } E \cdot (4\pi r^2) = \frac{Q}{\epsilon_0} \text{에서 } E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

따라서 $r > R$ 이면 전기장의 크기는 r^2 에 반비례한다.

16. 【정답】 ②

행성의 질량을 M , 위성의 질량을 m 이라 하면 ‘만유인력 = 구심력’이므로

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \text{에서 } GM = rv^2 = 1000 \cdot 10^3 \cdot (10^3)^2 = 10^{12} [\text{m}^3/\text{s}^2]$$

따라서 행성의 표면에서 1 [kg]의 물체가 받는 힘의 크기는

$$mg = 1 \times \frac{GM}{R^2} = \frac{GM}{R^2} = \frac{10^{12}}{(10^5)^2} = 10^2 = 100 [\text{N}]$$

17. 【정답】 ③

드브로이 파장 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$ 이므로 $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$ 이다.

$$\text{따라서 } \frac{\lambda_1}{\lambda_4} = \frac{\frac{1}{\sqrt{1}}}{\frac{1}{\sqrt{4}}} = 2 \text{이다.}$$

18. 【정답】 ②

두 기체는 온도도 같고 압력도 동일하므로 아보가드로법칙에 의해 부피비는 몰수비와 같다. 따라서 부피비 $X:Y=1:3$ 이다.

이상기체 X 는 V 에서 $(1+3) \cdot V=4V$ 로 4배 팽창하고, 이상기체 Y 는 $3V$ 에서 $(3+1)V=4V$ 로 $\frac{4}{3}$ 배 팽창하며, 두 기체가 섞이는 것은 등온팽창과정으로 볼 수 있으므로

$$\text{이상기체 } X \text{의 엔트로피 변화} : dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)}{T} = R \ln 4 = 2R \ln 2$$

$$\text{이상기체 } Y \text{의 엔트로피 변화} : dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)}{T} = 3R \ln\left(\frac{4}{3}\right)$$

$$\text{따라서 총 엔트로피 변화는 } 2R \ln 2 + 3R \ln\left(\frac{4}{3}\right) = 8R \ln 2 - 3R \ln 3$$

<참고>

$$\text{등온과정에서 열량변화 } \delta Q = \delta W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \text{이다.}$$

19. 【정답】 ②

$$\text{자기 쌍극자모멘트의 크기} : \mu = NiA = 2 \times (0.3 \times 0.2 - 0.1^2) = 0.1 \text{ [A m}^2\text{]}$$

방향은 전체적으로 전류가 시계방향으로 흐르고 있으므로

오른손법칙에 의해 '지면으로 들어가는 방향'이다.

<참고>

자기쌍극자 : 자극을 갖는 작은 물체, 예) 자석, 원형 전류가 흐르는 고리 도선

자기쌍극자 모멘트 : 자기장 속에서 받는 돌림힘의 크기를 결정하는 자기쌍극자의 물리량 크기는 $\mu = NiA$ 이다.

(N : 고리의 감은 수, i : 고리에 흐르는 전류, A : 고리의 단면적)

방향은 전류방향으로 오른쪽 손가락으로 잡았을 때 엄지가 향하는 방향이다.

20. 【정답】 ④

$$\textcircled{1} \ a \rightarrow b \text{과정은 엔트로피 변화 } dS = \frac{\delta Q}{T} = 0 \text{이므로 } dU = \delta Q - \delta W \text{에서 } dU = -\delta W \text{이고,}$$

온도가 증가하였으므로 $dU > 0$ 에서 $\delta W < 0$ 이다. 따라서 기체의 부피는 감소한다.

$$\textcircled{2} \ b \rightarrow c \text{과정에서 } \delta W = 0 \text{이고, 온도가 증가하였으므로 } \delta Q > 0 \text{이다. 따라서 내부에너지는}$$

증가한다.

③ 엔트로피가 일정한 과정이므로 $dS = \frac{\delta Q}{T} = 0$ 에서 $\delta Q = 0$ 이다.

따라서 열에너지를 외부로 방출하지 않는다.

④ $d \rightarrow a$ 과정에서 온도는 감소하고 부피는 일정하므로 이상기체상태방정식 $PV = nRT$ 에서 기체의 압력은 감소한다.