

# 2022년 1학기 물리학 I: 제3차 시험

김현철<sup>a,†</sup> and Lee Hui-Jae<sup>1,‡</sup>

<sup>1</sup>*Hadron Theory Group, Department of Physics,  
Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea*

(Dated: Spring semester, 2022)

**1번 풀이 :** 질량이  $m$ 인 물체가 정삼각형의 각 꼭짓점에 놓여 있을 때 계의 총 중력 퍼텐셜에너지는

$$E_p = -3G\frac{m^2}{a} \quad (1)$$

이고 한 물체를 무한히 먼 곳에 이동시켜 계에 두 물체만 남았다면 계의 총 중력 퍼텐셜에너지는

$$E'_p = -G\frac{m^2}{a} \quad (2)$$

이다. 외부에서 해준 일은 계의 총 에너지 변화량과 같으므로

$$W = E'_p - E_p = 2G\frac{m^2}{a} \quad (3)$$

이다.

**2번 풀이 :** 줄의 장력  $T$ 가 도르래에 돌림힘으로 작용하여 도르래를 회전시킨다. 따라서,

$$TR = I\alpha = \frac{1}{2}MRa \implies T = \frac{1}{2}Ma \quad (4)$$

이고 장력과 중력이 작용하여 중력이  $M/2$ 인 물체를 움직이도록 한다. 도르래와 물체가 줄로 연결되어 있으므로 가속도의 크기는 같다.

$$\frac{1}{2}Ma = \frac{1}{2}Mg - T. \quad (5)$$

두 식을 연립하면 장력  $T$ 는

$$T = \frac{1}{4}Mg \quad (6)$$

이다.

**3번 풀이 :** 가장 멀리있을 때 거리, 속력을  $r_1, v_1$ 이라 하고 가장 가까이 있을 때 거리, 속력을  $r_2, v_2$ 라고 하면, 각운동량 보존법칙에 의해

$$mv_1r_1 = mv_2r_2 \quad (7)$$

이다.  $r_1 = 2r_2$ 이므로

$$2v_1r_2 = v_2r_2 \implies 2v_1 = v_2 \quad (8)$$

이다. 따라서 최대 선속력은 최소 선속력의 2배이다.

---

<sup>a</sup> Office: 5S-436D (면담시간 매주 화요일-16:00~20:00)

<sup>†</sup> hchkim@inha.ac.kr

<sup>‡</sup> hjlee6674@inha.edu

**4번 풀이 :** 팽창 전 별의 회전 운동에너지는

$$E_R = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (9)$$

이다. 팽창 후 별의 회전관성이 3배 늘어났으므로 별의 회전 운동에너지는

$$E'_R = \frac{3}{2} I \omega^2 \quad (10)$$

이다.

**5번 풀이 :** 액체의 밀도를  $\rho_l$ 이라 하면 잠긴 부피 만큼의 물의 질량과 물체의 질량이 같으므로

$$L \rho_l = L_0 \rho \quad (11)$$

이고  $\rho_l$ 은

$$\rho_l = \frac{L_0}{L} \rho \quad (12)$$

이다.

**6번 풀이 :** 베르누이 방정식에 의해

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (13)$$

이므로  $P_2$ 는

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \quad (14)$$

이다.

**7번 풀이 :** 막대의 회전에 대한 운동방정식은

$$I \alpha = -MgL \sin \theta \approx -MgL \theta \quad (15)$$

이다. 각  $\theta$ 가 매우 작을 때 근사를 취하였다. 따라서

$$\frac{1}{3} ML^2 \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -MgL \theta \implies \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{3g}{L} \theta = -\omega^2 \theta \quad (16)$$

이므로 각진동수  $\omega$ 는

$$\omega = \sqrt{\frac{3g}{L}} \quad (17)$$

임을 알 수 있다. 주기  $T$ 는

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{3g}} \quad (18)$$

이다. 이로부터 주기는 질량이 2배 늘어나고 길어도 2배 늘어나면 늘어나기 전 주기의  $\sqrt{2}$ 배가 된다.

8번 풀이 :

9번 풀이 : 정상파의 기본진동수의 파형이라면 줄의 길이  $L$ 은 정상파의 파장  $\lambda$ 의 절반이다. 즉,

$$L = \frac{1}{2}\lambda \quad (19)$$

이다. 정상파의 파수를  $k$ 라 하면 정상파의 파장  $\lambda$ 은

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad (20)$$

이므로 줄의 길이  $L$ 은

$$L = \frac{\pi}{\lambda} = 3 \text{ m} \quad (21)$$

이다.

10번 풀이 : 원래 음원의 진동수보다 관측자가 듣는 음원의 진동수가 감소한 경우는 관측자와 음원이 서로 멀어지는 경우이다. 따라서 답은 (2), (4)번이다.

11번 풀이 :

(a) 물리진자에 작용하는 돌림힘  $\tau$ 는

$$\tau = -mgh \sin \theta \quad (22)$$

이다.  $\theta$ 가 매우 작다면  $\sin \theta \approx \theta$ 로 근사할 수 있으므로

$$\tau \approx -mgh\theta \quad (23)$$

이다.

(b) 문제 7번과 같이 각진동수  $\omega$ 를 구하면

$$\omega = \sqrt{\frac{mgh}{I}} \quad (24)$$

이고 주기  $T$ 는

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} \quad (25)$$

이다.

12번 풀이 : 중첩된 파동의 방정식은

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t) + A \cos(kx - \omega t) \quad (26)$$

이다. 삼각함수 덧셈공식  $\sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$ 를 생각하자.  $a = kx - \omega t$ ,  $b = \pi/4$ 라고 생각하면

$$y(x, t) = \frac{A}{\cos \frac{\pi}{4}} \sin(kx - \omega t) \cos \frac{\pi}{4} + \frac{A}{\sin \frac{\pi}{4}} \cos(kx - \omega t) \sin \frac{\pi}{4} \quad (27)$$

$$= \sqrt{2}A \sin(kx - \omega t + \frac{\pi}{4}) \quad (28)$$

이므로 진폭은  $\sqrt{2}A$ 이다.

주관식 1번 풀이 :

주관식 2번 풀이 :

주관식 3번 풀이 : Quiz 13 참조.