解答速報　物理

医学部受験専門予備校 慧修会

# 2021 年度　日本大学

【　講　評　】

1 は標準的な熱力学の問題であった。素早く処理しつつ確実に得点したい問題。

2 は幾何光学の問題だが、幾何学的な考察が多く、難易度はやや難しい。sin から cos への計算がやや大変であり、計算ミスに注意しなければならない。

3 は標準的な力学の問題。特に難しいところもないため、ここでの失点は防ぎたい。

4 は交流回路の問題だが、難しい。位相のずれやリアクタンスについて理解しておけば得点できる問題ではあった。

【 解 答 ・ 解 説 】

1

解答

$\boxed{1}$ 3　$\boxed{2}$ 4　$\boxed{3}$ 1　$\boxed{4}$ 9　$\boxed{5}$ 3　$\boxed{6}$ 8

$\boxed{7}$ ②

解説

Ⅰ

問 1

体積は $\frac{3}{4}$ 倍になっている。シャルルの法則より

$$T_A = \frac{3}{4}T_0$$

問 2

部屋 B の体積は $\frac{9}{8}$ 倍になっている。ボイルの法則より部屋 B の圧力は $\frac{8}{9}p_0$ だから、ピストンに外部から加えている力の大きさは

$$\left(1 - \frac{8}{9}\right)p_0 S = \frac{1}{9}p_0 S$$

Ⅱ

問 3

等積変化で圧力が $\frac{9}{8}$ 倍になっているから、温度も $\frac{9}{8}$ 倍になる。よって、加えた熱量は

$$Q_0 = \frac{3}{2}\cdot 2\cdot R\cdot\left(\frac{9}{8} - 1\right)T_0 = \frac{3}{8}RT_0$$

Ⅲ

問 4

時刻 $s = 0$ において、$T_A = \frac{3}{4}T_0,\ T_B = \frac{9}{8}T_0$ である。また、部屋 B の物質量は部屋 A の物質量の 2 倍だから、平衡状態での温度は $T_0$ であり、$T_A$ の変化速度は $T_B$ の変化速度の 2 倍である。このようなグラフは ② である。

2

解答

$\boxed{8}$ 7　$\boxed{9}$ 5　$\boxed{10}$ 1　$\boxed{11}$ 5　$\boxed{12}$ 1　$\boxed{13}$ 4

$\boxed{14}$ ④

解説

問 1

屈折の法則より $1.5\sin 30^\circ = \sin\theta$、すなわち、$\sin\theta = 0.75$ である。

問 2

$$2.0 \times \frac{2}{\sqrt{3}} \times \cos\theta = \frac{\sqrt{21}}{3} \fallingdotseq 1.52$$

したがって、$\pm 1.5$ mm 変化する。

問 3

それぞれの波長での屈折角を $\theta_1,\ \theta_2$ とすると、$\sin\theta_1 = 0.756,\ \sin\theta_2 = 0.765$ であり、$0 < \theta_1 < \theta_2 < \dfrac{\pi}{2}$ となる。$\cos\theta_1 = 0.655,\ \cos\theta_2 = 0.644$ だから、求める距離は

$$1 \times \tan(\theta_2 - \theta_1) \fallingdotseq \sin(\theta_2 - \theta_1) = \sin\theta_2\cos\theta_1 - \sin\theta_1\cos\theta_2 = 0.0142 \text{ m} \fallingdotseq 14 \text{ mm}$$

問 4

780 nm のスポットは 405 nm のスポットよりも P 側にあり、問 2 と問 3 より二つのスポットは被らない。よって ④ である。

3

解答

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\boxed{15}$ 1 | $\boxed{16}$ 3 | $\boxed{17}$ 4 | $\boxed{18}$ 9 | $\boxed{19}$ 2 | $\boxed{20}$ 3 |
| $\boxed{21}$ 2 | $\boxed{22}$ 5 | $\boxed{23}$ 3 | $\boxed{24}$ 1 | $\boxed{25}$ 2 | $\boxed{26}$ 1 |
| $\boxed{27}$ 3 | | | | | |

解説

問 1

失われたエネルギーは相対運動エネルギーだから

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot \frac{2m^2}{2m+m} \cdot v_0^2 = \frac{1}{3} m v_0^2$$

問 2

一体となった小球の速度は $\dfrac{2}{3}v_0$ である。力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2} \cdot 3m \cdot \left(\frac{2}{3}v_0\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 3m \cdot v_R^2 + 3mgl \Leftrightarrow v_R = \sqrt{\frac{4}{9}v_0^2 - 2gl}$$

問 3

最高点での速さを $V$ とすると、力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{3}mv_0^2 + \frac{1}{2} \cdot 3mV^2 + 3mg(2l-a) \Leftrightarrow V^2 = \frac{4}{9}v_0^2 - 2g(2l-a)$$

また、最高点での張力を T とすると、円運動の運動方程式より

$$m\frac{V^2}{l-a} = mg + T \Leftrightarrow T = m\left(\frac{V^2}{l-a} - g\right)$$

$T > 0$ でなければばならないから、

$$V^2 > g(l-a) \Leftrightarrow v_0 > \frac{3}{2}\sqrt{g(5l-3a)}$$

問 4

位置 S における張力は 0 だから、運動方程式より $m\dfrac{v_s^2}{l-a} = mg\sin\theta$ である。したがって、

$$v_s^2 = g(l-a)\sin\theta$$

また、位置 X を通過することから、円軌道を離れてから位置 X を通過するまでの時間を $t$ とすると、

$$v_s \sin\theta \cdot t = (l-a)\cos\theta$$
$$-\frac{1}{2}gt^2 + v_s\cos\theta \cdot t + (l-a)\sin\theta = 0$$

これから、$v_s^2 = \dfrac{g(l-a)\sin\theta}{2\tan^2\theta}$ が得られる。ゆえに、

$$\tan\theta = \frac{1}{\sqrt{2}},\ v_s^2 = \frac{1}{\sqrt{3}}g(l-a)$$

4

解答

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boxed{28}$ | 1 | $\boxed{29}$ | 1 | $\boxed{30}$ | 5 | $\boxed{31}$ | 6 | $\boxed{32}$ | 1 | $\boxed{33}$ | 0 |
| $\boxed{34}$ | 1 | $\boxed{35}$ | 4 | $\boxed{36}$ | 5 | $\boxed{37}$ | 3 | | | | |

解説

(a) 問 1

$\mathrm{C_1}$、$\mathrm{C_2}$、L のリアクタンスはそれぞれ 0.5 Ω, 5 Ω, 10 Ω である。

コンデンサー $\mathrm{C_1}$ を流れる電流を $I_1$、コンデンサー $\mathrm{C_2}$ とコイル L に流れる電流を $I_2$ とすると、並列部分はどちらも電流の位相が電圧の位相から $\frac{\pi}{2}$ ずれるから、電流は $\sin\omega t$ に比例する。

電位差が等しいことから $I_1 \times 0.5 = I_2 \times (5-10)$ が成立する。これと $I_1 + I_2 = I_0$ より、

$$I_1 = \frac{10}{9}I_0,\ I_2 = -\frac{1}{9}I_0$$

したがって、点 X を流れる電流の最大値は $1.1I_0$ であり、電圧の最大値は $0.5 \times \frac{10}{9}I_0 \fallingdotseq 0.56 \times I_0$ である。

問 2

$$Q_1 = -\frac{1}{\omega}I_1\cos\omega t',\ Q_2 = -\frac{1}{\omega}I_2\cos\omega t'$$

であり、$I_1 = -10I_2$ より $Q_1 = -10Q_2$ である。また、

$$-0.5I_1\cos\omega t' + 4.0I_0\sin\omega t' = -\frac{5}{9}I_0\cos\omega t' + 4.0I_0\sin\omega t' = V_0\sin(\omega t' + \alpha)$$

より $\tan\alpha = -\frac{5}{36} \fallingdotseq -0.14$ となる。

問 3

抵抗 R に電流が流れないとき、共振しているので

$$\frac{1}{\omega C_2} = 9.5\ \Omega$$

したがって、$C_2 \fallingdotseq 0.053$ µF