医学部専門予備校　クエスト　解答速報

日本大学（医）一次　物理　　試験日 2 月 1 日（水）

I

(1) エネルギー保存則より、

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{2gh}$$

$\boxed{1}$ ④

(2) v, V は速度であることに注意して、

$\boxed{2}$ ②

(3)
$$v = \frac{m - e\cdot 4m}{m+4m}v_0 = \frac{1-4e}{5}v_0$$

$\boxed{3}$ ③

(4)
$$V = \frac{(1+e)m}{m+4m}v_0 = \frac{1+e}{5}v_0$$

・衝突直後、P は左向きに運動するので、

$$v < 0 \quad \cdots ㋐$$

・2回目の衝突をするためには、P が Q に追いつく必要があるので、

$$\underbrace{V}_{右向き} < \underbrace{-v}_{右向き} \quad \cdots ①$$

$$㋐ \Leftrightarrow 1-4e < 0$$

$$\therefore \frac{1}{4} < e$$

$$① \Leftrightarrow \frac{1+e}{5}v_0 < -\frac{1-4e}{5}v_0$$

$$\therefore \frac{2}{3} < e$$

これと $e \leqq 1$ を考慮して、

$$\frac{2}{3} < e \leqq 1$$

$\boxed{4}$ ⑥

(5) エネルギー保存則より、

$$mg\frac{4}{25}h = \frac{1}{2}m\left(\frac{1-4e}{5}\sqrt{2gh}\right)^2$$

$$\Leftrightarrow (1-4e)^2 = 4$$

$1-4e<0$ より、$1-4e = -2$

$$\therefore e = \frac{3}{4}$$

$\boxed{5}$ ⑤

II

(1) 状態方程式より、(n：モル数)

$$\begin{cases} A: P_0V_0 = nRT_0 \\ B: 2P_0V_0 = nRT_0 \end{cases}$$

辺々わって、$T_B = 2T_0$

$\boxed{6}$ ③

(2) A → Bは定積変化ゆえ、

$$\begin{cases} \cdot\ W_{AB} = 0 \\ \cdot\ Q_{AD} = \frac{3}{2}nR(2T_0 - T_0) \end{cases}$$

$$= \frac{3}{2}P_0V_0$$

$\boxed{7}$ ②

(3) B → Cは定圧変化ゆえ、

$$\begin{cases} \cdot\ W_{BC} = 2P_0(\alpha V_0 - V_0) \\ \cdot\ Q_{BC} = \frac{5}{2}nR\Delta T \end{cases}$$

$$= \frac{5}{2}P\Delta V$$

$$= \frac{5}{2}\cdot 2P_0(\alpha V_0 - V_0)$$

$$= 5(\alpha - 1)P_0V_0$$

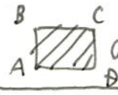
$\boxed{8}$ ⑤

単原子分子理想気体かつ P一定の変化のとき、

$$Q = \Delta U + W$$

⑤ : ③ : ②

(4) $e = \dfrac{W_{正味}}{Q_{吸収}}$

 の面積

$= \dfrac{\quad}{Q_{AB} + Q_{BC}}$

$$= \frac{(\alpha - 1)P_0V_0}{\frac{3}{2}P_0V_0 + 5(\alpha-1)P_0V_0}$$

$$= \frac{2(\alpha-1)}{10\alpha - 7}$$

$\boxed{9}$ ②

(5) $e = \dfrac{1}{8} = \dfrac{2(\alpha-1)}{10\alpha-7}$

$$\therefore \alpha = \frac{3}{2}$$

$\boxed{10}$ ①

I (4)がやや解きにくかったであろうか。しかし、完答すべきレベルである。

II 定期テストレベル。

III

(1)

$$\lambda = \frac{d}{2}$$

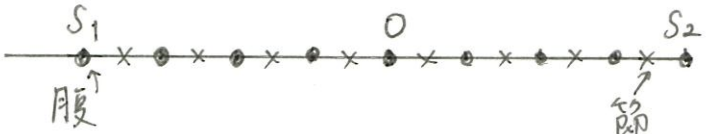
$\boxed{11}$ ③

(2)

$$v = f\lambda = \frac{1}{T}\cdot\frac{d}{2}$$

$\boxed{12}$ ②

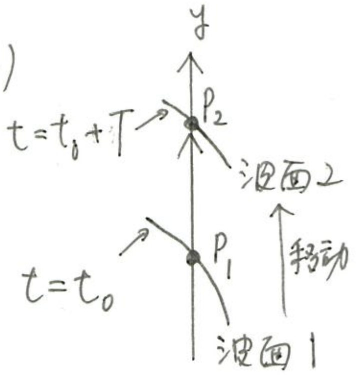
(3) S_1とS_2は同位相ゆえ、その中点であるOは腹である。よって、腹の位置は下図のようになる（●）。



●と●の中点の位置に節があることから（×）、その数は、8個

$\boxed{13}$ ③

(4)

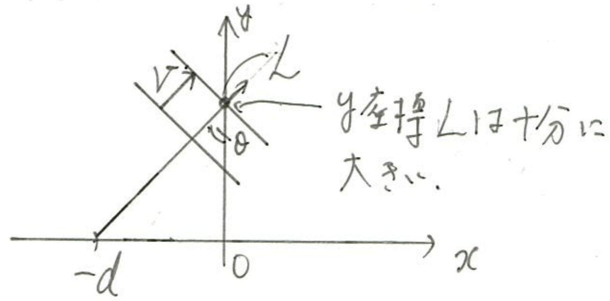


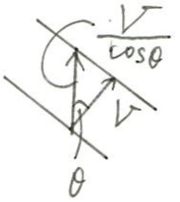
波面1は時間T後には波面2の位置まで広がる。よって、P_1はT後にはP_2へ行く。

∴ T

$\boxed{14}$ ④

(5) 原点Oから十分はなれた位置では、円形波の波面は平面に近似できる。よって、下図のようになる。



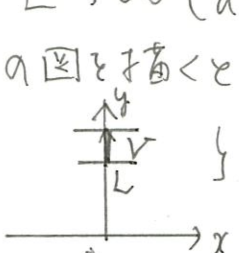


$$v_y = \frac{v}{\cos\theta} = \frac{v}{\frac{L}{\sqrt{L^2+d^2}}} = \sqrt{1+\left(\frac{d}{L}\right)^2}\,v$$

$L\to\infty$として、$v_y = v = \dfrac{d}{2T}$

$\boxed{15}$ ①

or $L\to\infty\ (d\to 0)$ の図を描くと以下（$\theta\to 0$ということ）。



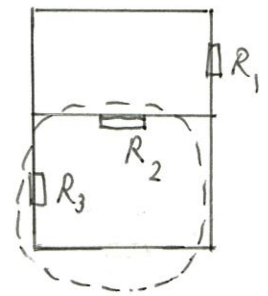
∴ $v_y = v$

---

(5)は考えにくかったかも知れない。(5)以外は正答したい。

IV

(1)



並列つなぎ $\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}$

全体 $R_a = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2+R_3}$

$\boxed{16}$ 5

(2) $I_{全} = \frac{V}{R_a}$

$I_2' = I_{全} \times \frac{R_3}{R_2+R_3}$

$= \frac{\cancel{(R_2+R_3)}V}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1} \times \frac{R_3}{\cancel{R_2+R_3}}$

$\boxed{17}$ 3

(3) 回路(a)と同様に考えて

全体 $R_b = R_3 + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$

R_b は R_a の R_1 と R_3 を入れ換えたものに等しいことが分かるので、I_2'' は次のようになる。

$$I_2'' = \frac{R_1V}{\underbrace{R_3R_2+R_2R_1+R_1R_3}_{\text{分母を}K\text{とおく。}}}$$

よって、

$$I_2 = I_2' + I_2''$$

$$= \frac{(R_1+R_3)V}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1} \quad (>0)$$

$\boxed{18}$ 5

(4) I_1 について。

$$I_1 = I_1' + I_1''$$

回路方程式を立てると、

$$\begin{cases} \text{回路(a)}: V - R_1I_1' - R_2I_2' = 0 \\ \quad〃\ \text{(b)}: R_2I_2'' + R_1I_1'' = 0 \end{cases}$$

$$\therefore \begin{cases} I_1' = \frac{1}{R_1}(V - R_2I_2') \\ I_1'' = -\frac{R_2}{R_1}I_2'' \end{cases}$$

ゆえに、

$$I_1 = I_1' + I_1''$$

$$= \frac{1}{R_1}\left(V - R_2\underbrace{(I_2'+I_2'')}_{I_2}\right)$$

$$= \frac{1}{R_1}\left(V - R_2\frac{(R_1+R_3)V}{K}\right) > 0$$

I_2 について

$$I_2 = I_2' + I_2''$$

I_1 と同様に考えて、

$$\begin{cases} \text{回路(a)}: R_3 I_3' = R_2 I_2' \\ \quad〃\ \text{(b)}: V - R_2 I_2'' + R_3 I_3'' = 0 \end{cases}$$

$$\therefore \begin{cases} I_3' = \dfrac{R_2 V}{K} \\ I_3'' = -\dfrac{R_1 + R_2}{K} V \end{cases}$$

ゆえに、

$$I_3 = I_3' + I_3''$$

$$= \frac{V}{K}(R_2 - (R_1 + R_2)) < 0$$

以上から、I_3 のみ負

$\boxed{19}$ ③

今回最もとっつきにくかった問題だと思われる。「重ね合わせの原理」を教える教育的な問題であった。しかし、やることはいつもと同じである（回路方程式を立てる）。

少なくとも(3)までは正答すべきである（が、それでは医学部では足りないだろう）。

(5)
$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{R_3}{K} V \\ I_3 = -\dfrac{R_1}{K} V \end{cases}$$

より、
$$\frac{R_1 I_1^2}{R_3 I_3^2} = \frac{R_1 R_3^2}{R_3 R_1^2}$$

$$= \frac{R_3}{R_1}$$

$\boxed{20}$ ④

V

(1) 運動方程式より、

$$m\frac{v^2}{r}=\frac{ke^2}{r^2}$$

$$\therefore\ mv^2=\frac{ke^2}{r}\ \cdots ㋐$$

よって、全エネルギー $E=\frac{1}{2}mv^2-\frac{ke^2}{r}$

$$=-\frac{ke^2}{2r}\ (\because ㋐より)$$

$\boxed{21}$ ③

(2) 量子条件より、

$$mvr=n\cdot\frac{h}{2\pi}\ (ボーア)$$

or

$$2\pi r=n\frac{h}{mv}\ (ド・ブロイ)$$

$$\therefore\ v=\frac{h}{2\pi mr}n$$

$\boxed{22}$ ④

(3) ㋐に(2)の答えを代入して、

$$m\left(\frac{h}{2\pi mr}n\right)^2=\frac{ke^2}{r}$$

$$\therefore\ r=\frac{h^2}{4\pi^2ke^2m}n^2$$

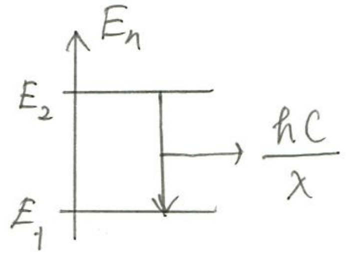
$\boxed{23}$ ②

(4) (1)の答えに(3)の答えを代入して、

$$E_n=-\frac{ke^2}{2}\cdot\frac{4\pi^2ke^2m}{h^2n^2}\ (<0)$$

$\boxed{24}$ ①

(5)



振動数条件より、

$$E_2-E_1=\frac{hc}{\lambda}\ \cdots ㋑$$

ここで、$E_1=-\frac{2\pi^2k^2e^4m}{h^2}$ ゆえ、

$$E_n=E_1\frac{1}{n^2}\ (<0)\ と表せる.$$

よって、

$$㋑\Leftrightarrow\ \frac{E_1}{2^2}-E_1=\frac{hc}{\lambda}$$

$$\therefore\ \lambda=\frac{-4hc}{3E_1}\ (>0)$$

$\boxed{25}$ ①

定期テストレベルである.
（受験生がこのレベルを解かされるのは気の毒の一言である.他のほとんどの問いについても言える.）