医学部専門予備校　クエスト　解答速報

日本大学（医）前期一次試験　物理　　試験日２月１日（日）

I

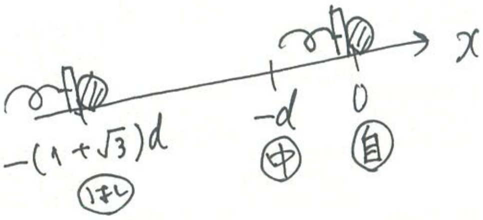
(1) 運動方程式（以下、EOM、と略記）より、

$$0 = kd - 3mg\sin 30^\circ$$

$$\therefore\ k = \frac{3mg}{2d}$$

$\boxed{1}$ ⑤

(2)



2物体は自然長の位置ではなれる。
エネルギー保存則（以下、エネ保、と略記）より、

$$\frac{1}{2}k(\sqrt{3}d)^2 = \frac{1}{2}3mv^2 + \frac{1}{2}kd^2$$

$$\therefore\ v = d\sqrt{\frac{2k}{3m}}$$

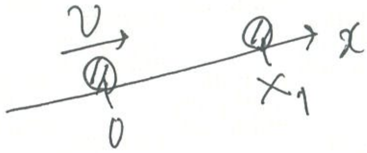
$$= d\sqrt{\frac{2kd}{3md}}$$

$$= d\sqrt{\frac{3mg}{3md}} \quad (\because (1))$$

$$= \sqrt{gd}$$

$\boxed{2}$ ②

(3)



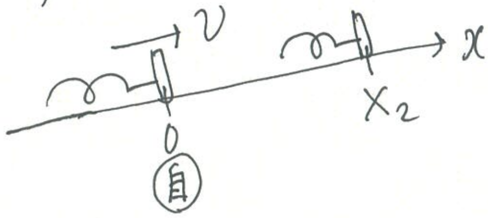
エネ保．より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgx_1\sin 30^\circ$$

$$\therefore\ x_1 = d$$

$\boxed{3}$ ②

(4)



エネ保．より、

$$\frac{1}{2}\cdot 2mv^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + 2mgx_2\sin 30^\circ$$

$$\Leftrightarrow\ 3x^2 + 4dx_2 - 4d^2 = 0 \quad (\because (1))$$

$$\therefore\ x_2 = \frac{2}{3}d$$

$\boxed{4}$ ③

※振動中心の位置(ア)が変化するので、
ばねの弾性エネルギーを使うのがらくではないだろうか。
(しかし、(5)で(ア)が必要なので、(ア)を求めて

$$\frac{1}{2}2mV^2+\frac{1}{2}kX^2=\text{一定}$$

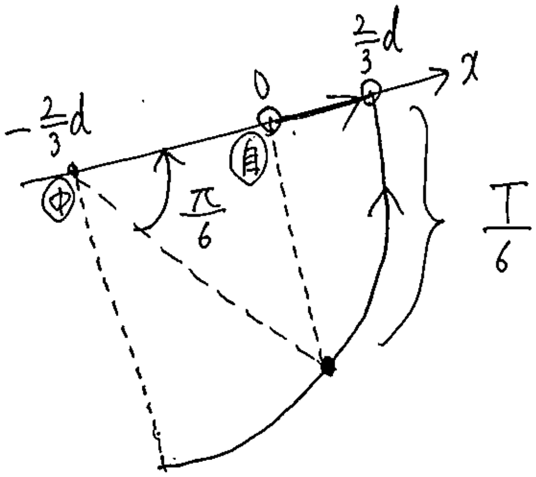
(ア)からの変位

でXを求めてもよい。)

(5) (ア)は？

$$0 = k|X_0| - 2mg\sin 30^\circ$$

$$\therefore X_0 = -\frac{2}{3}d$$



↑ミス程度にしたい。

$$\text{かかった時間} = \frac{T}{6}$$

$$= \frac{1}{6}2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$$

$$= \frac{2}{3}\pi\sqrt{\frac{d}{3g}}$$

$\boxed{5}$ ⑤

II

(1) EOM. より、

$$0 = p_1 S - p_0 S - mg$$

$$\therefore \ p_1 = p_0 + \frac{mg}{S}$$

$\boxed{6}$ 5

(2) 状態方程式より、

$$\begin{cases} p_1 S h = nRT_0 \\ p_2 S \frac{h}{2} = nRT_0 \end{cases}$$

$$\therefore \ p_2 = 2p_1$$

$\boxed{7}$ 2

(3) ポアソンの式より、

$$p_1 (Sh)^\gamma = p_3 \left(S\frac{h}{2}\right)^\gamma$$

$$\therefore \ p_3 = 2^\gamma p_1$$

$$= 2^{\frac{5}{3}} p_1$$

$\boxed{8}$ 3

(4) $pV^\gamma =$ 一定の両辺をVで微分すると、

$$\frac{dp}{dV} V^\gamma + p\gamma V^{\gamma-1} = 0$$

$$\therefore \ \frac{dp}{dV} = -\gamma \frac{p}{V} \cdots ア$$

$pV =$ 一定　〃

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{p}{V} \cdots イ$$

$\gamma > 1$ であることを考慮すると、

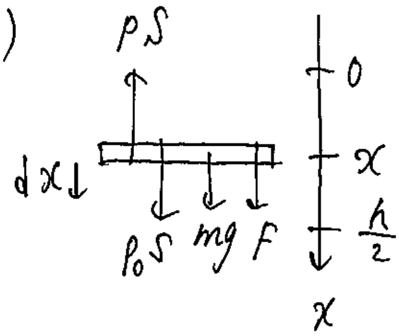
ア $<$ イ

かつ、$p = \frac{一定}{V^\gamma}$ であることも考慮すると、

1

$\boxed{9}$

(5)



EOM より、

$$0 = pS - F - (p_0S + mg)$$

$$\therefore F = pS - p_1S \quad (\because (1))$$

$$\therefore W_F = \int_0^{\frac{h}{2}} F\,dx$$

$$= \int_0^{\frac{h}{2}} (pS - p_1S)\,dx$$

$$= \underbrace{\int_0^{\frac{h}{2}} pS\,dx}_{\text{これは気体がされた仕事}(W_{\text{された}})} - \int_0^{\frac{h}{2}} p_1S\,dx$$

ここで、$\int_0^{\frac{h}{2}} pS\,dx$ を求める。

熱力学第1法則より、

$$0 = \Delta U + W_{\text{した}}$$

$$\therefore W_{\text{された}} = -W_{\text{した}}$$

$$= \Delta U$$

$$= \frac{3}{2}nR(T_{\text{あと}} - T_{\text{まえ}})$$

$$= \frac{3}{2}\left(p_3S\frac{h}{2} - p_1Sh\right)$$

以上から、

$$W_F = \frac{3}{2}\left(p_3S\frac{h}{2} - p_1Sh\right) - p_1S\frac{h}{2}$$

$$= \frac{3}{4}p_3Sh - 2p_1Sh$$

$\boxed{10}$ 6

今回(5)が最も難しかったと思われる。それ以外は正答したい。

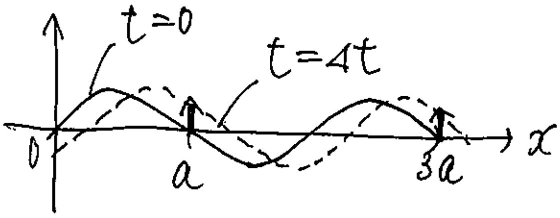
III

(1) $\lambda = 2a$

$$V = \frac{\lambda}{T} = \frac{2a}{T}$$

$\boxed{11}$ ④

(2)



$t=0$ で速さが最大なのは $y=0$ となる位置であるので,

$x = 0,\ a,\ 2a,\ 3a$

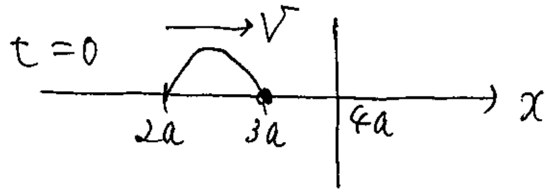
このうち, $t=\Delta t$(微小時間)で $y>0$ となるのは,

$x = a,\ 3a$

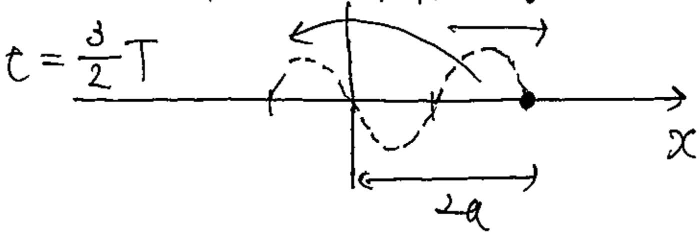
$\boxed{12}$ ②

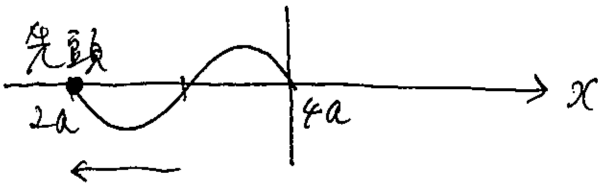
の2つ.

(3) 波を進めてみよう.

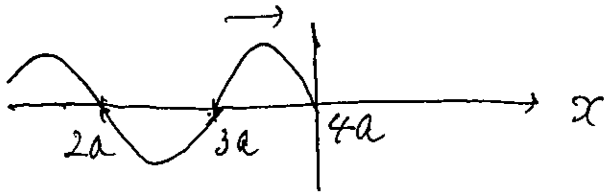


上下左右反転させる





$t=\frac{3}{2}T$ における反射波



$t=\frac{3}{2}T$ における入射波

↓

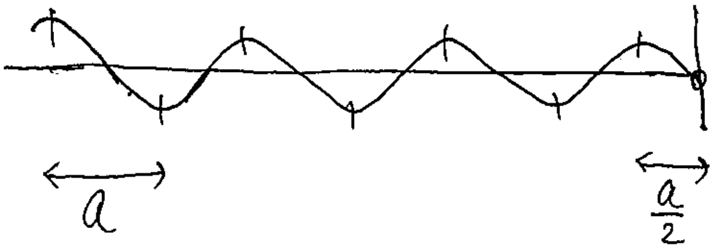
この2つを合成する.

($2a \leqq x \leqq 3a$ でのみ山や谷は大きくなっている.)

③

$\boxed{13}$

(4) お絵描き

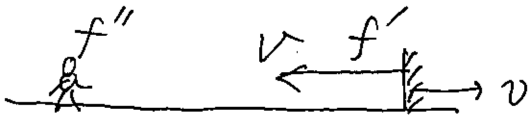


$$6a + \frac{a}{2} = \frac{13}{2}a$$

$\boxed{14}$ ③

(5)

$$f' = \frac{V - v}{V} f$$



$$f'' = \frac{V}{V + v} f'$$

$$\therefore f'' = \frac{V - v}{V + v} f$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{5T} = \frac{V - v}{V + v} \frac{1}{T}$$

$$\therefore v = \frac{1}{9} V$$

$\boxed{15}$ ①

定期テストレベル.

IV

(1) キルヒホッフ第2法則（以下、キ.2.と略記）より、

$$V_0=(r+3r)I_0$$

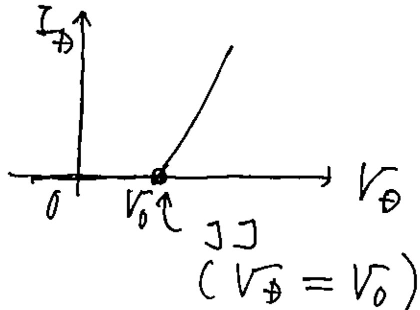
$$\therefore I_0=\frac{V_0}{4r}$$

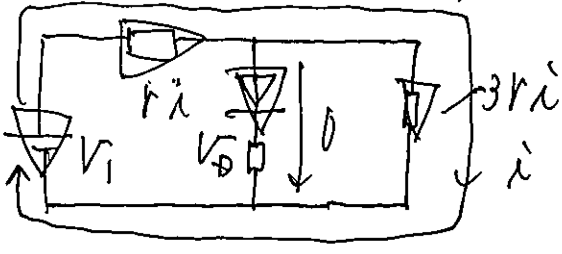
$\boxed{16}$ ②

(2) $P=\dfrac{V_0^{\,2}}{4r}$

$\boxed{17}$ ④

(3) このとき、Dに流れる電流は0と考えられる。





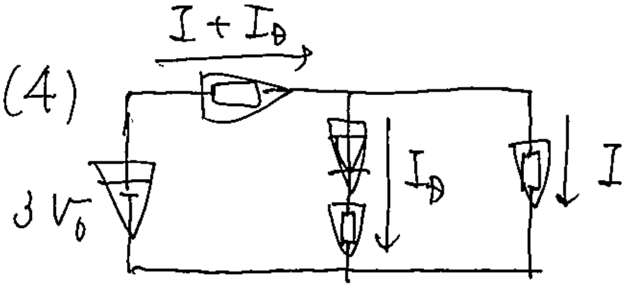
キ.2.より、

$$\begin{cases} V_1=ri+3ri \\ V_D=3ri \quad (V_D=V_0) \end{cases}$$

$$\therefore V_1=\frac{4}{3}V_D=\frac{4}{3}V_0$$

$\boxed{18}$ ①

(4)



キ.2.より、

$$\begin{cases} 3V_0=r(I+I_D)+V_D+rI_D \cdots ㋐ \\ 3V_0=r(I+I_D)+3rI \cdots ㋑ \end{cases}$$

図2より、

$$I_D=\frac{1}{2r}(V_D-V_0)\cdots ㋒$$

㋐㋑から rI を消し、㋒を代入すると、

$$I_D=\frac{V_0}{3r}$$

$\boxed{19}$ ③

(5)　(4)と同様に考えればよい。
ただし，(4)における $I+I_D$ と I_1 に，I と I_1-I_D にかえる必要がある。

$$\begin{cases} V_E = rI_1 + V_D + rI_D \\ V_E = rI_1 + 3r(I_1 - I_D) \\ I_D = \dfrac{1}{2r}(V_D - V_0) \end{cases}$$

この3式から，I_D と V_D を消すと，

$$I_1 = \frac{2}{5r}\left(V_E - \frac{1}{2}V_0\right)$$
$$(V_E \geq V_1)$$

$V_E < V_1$ のときはどういう式？
このとき D には電流がないので，

$$V_E = 4rI_1$$
$$\therefore I_1 = \frac{V_E}{4r}$$

傾き $\dfrac{2}{5r} > \dfrac{1}{4r}$ ゆえ，

グラフ ① が適当。 $\boxed{20}$

(5)がやや難しかったろうか。
それ以外は正答したい。

V

(1)
$$F = \frac{ke^2}{r^2}$$

$\boxed{21}$ ④

(2)
$$2\pi r = \frac{nh}{mv}$$

$\boxed{22}$ ④

（なお、ボーアが提唱したのは
$$mvr = n\frac{h}{2\pi}$$
）

(3) $\boxed{\text{イ}}$より、
$$(mv)^2 = \left(\frac{nh}{2\pi r}\right)^2$$

式①より、
$$r = \frac{mke^2}{(mv)^2}$$

この2式から$(mv)^2$を消し、
$$r = \frac{h^2}{4\pi^2 mke^2} n^2$$

$\boxed{23}$ ①

(4) 振動数条件より、
$$E_4 - E_2 = h\frac{c}{\lambda}$$
$$\Leftrightarrow \left(-\frac{E_0}{4^2}\right) - \left(-\frac{E_0}{2^2}\right) = \frac{hc}{\lambda}$$
$$\therefore \lambda = \frac{16hc}{3E_0}$$

$\boxed{24}$ ⑤

(5) 〃
$$\Delta E = h\frac{c}{\lambda}$$

λが最小になるのはΔEが最大のとき。このとき、
$$\Delta E = E_\infty - E_2$$

ゆえ、
$$\frac{hc}{\lambda} = 0 - \left(-\frac{E_0}{2^2}\right)$$
$$= 3.4\,\mathrm{eV}$$

$\boxed{25}$ ③

確認テストレベル。