医学部専門予備校　クエスト　解答速報

日本大学（医）後期　一次　物理　試験日 3月 4日（土）

I

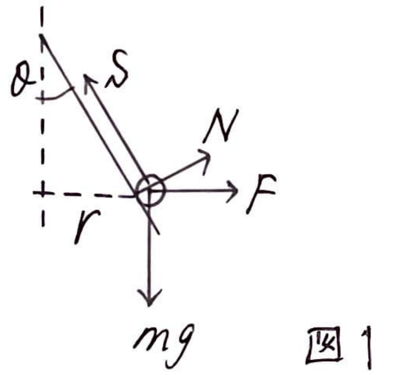


図1

(1) $F = mr\omega^2$

$= m\ell\sin\theta\,\omega^2$

$\boxed{1}$ ②

(2) 運動方程式（以下、EOMと略記）より、

$0 = N + F\cos\theta - mg\sin\theta$

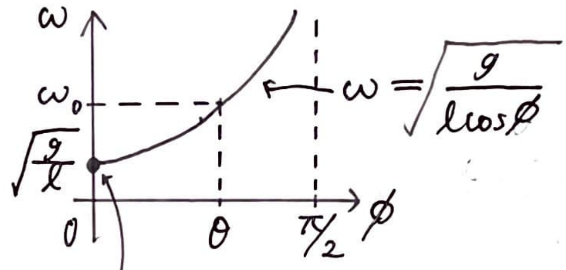
$\boxed{2}$ ②

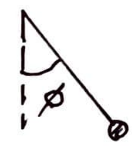
(3) $N=0$として、

$m\ell\omega^2\sin\theta\cos\theta = mg\sin\theta$

$\therefore\ \omega = \sqrt{\dfrac{g}{\ell\cos\theta}} \equiv \omega_0$

$\boxed{3}$ ⑤





（ここの現象は何？ $\phi=0$かつ$\omega>0$）

(4)
(5) 図1を利用する。ただし、$S=2mg$, $F=0$とする。

EOMより、

水平方向: $m\dfrac{v^2}{r'} = 2mg\sin\theta_1$

鉛直方向: $0 = 2mg\cos\theta_1 - mg$

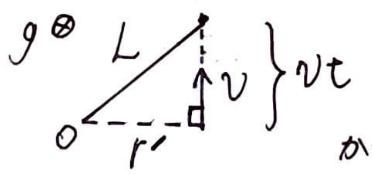
2式より、 $\cos\theta_1 = \dfrac{1}{2}$

$\boxed{4}$ ①

$v = \sqrt{2gr'\sin\theta_1} = \dfrac{\sqrt{6g\ell}}{2}$

$\boxed{5}$ ⑥

(6) 上から見た図



$L = \sqrt{(vt)^2 + r'^2}$

かつ、$\dfrac{\ell}{2} = \dfrac{1}{2}gt^2$

この2式と$\boxed{5}$より、 $L = \dfrac{3}{2}\ell$

$\boxed{6}$ ③

確認テストレベルである。完答必須。

II

(1) EOMより、

$$0 = 2p_0 S - p_0 S - mg$$

$$\therefore m = \frac{p_0 S}{g}$$

$\boxed{7}$ ③

(2) ゆっくり加熱していることから、ピストンの加速度は0と考えられる。

EOMより、

$$0 = pS - p_0 S - mg$$

$$\therefore p = 2p_0 \ (=一定)$$

つまり、A→Bは定圧変化である。

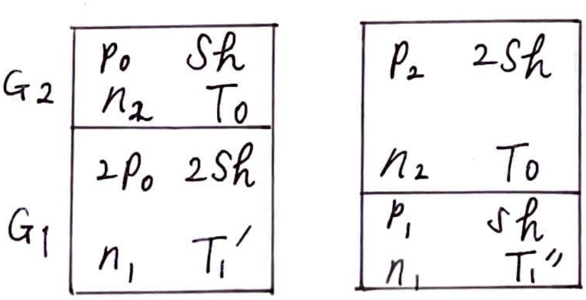
$$Q = \frac{5}{2} n_1 R \Delta T$$

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

$$= \frac{5}{2} \cdot 2p_0 Sh$$

$\boxed{8}$ ⑤

(3)



C　　　　D

状態方程式より、

$$G_1 \begin{cases} 2p_0 \cdot 2Sh = n_1 R T_1' \\ p_1 Sh = n_1 R T_1'' \end{cases}$$

$$G_2 \begin{cases} p_0 Sh = n_2 R T_0 \\ p_2 \cdot 2Sh = n_2 R T_0 \end{cases}$$

また、図1についても立式して、

$$G_1 : 2p_0 Sh = n_1 R T_0$$

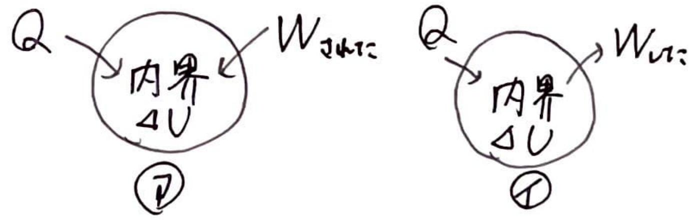
以上から、

$$p_1 = \frac{3}{2} p_0, \quad p_2 = \frac{1}{2} p_0, \quad T_1'' = \frac{3}{4} T_1$$

$\boxed{9}$ ②

(4) 本問は少し解きにくいかも知れない。「何を内界とするか」をはっきりさせよう（本問に限らずつねにそうすべきであるし、そもそも立式できるのは内界をきちんと決めているから）。

また、熱力学第1法則は以下のように考え方が2つある。考えやすい方で立式しよう。



内界を「㋒ $G_1 + G_2$」とするか「㋓ $G_1 + G_2$ + ピストン」とするかで、㋐〜㋓の組み合わせは4通りある。本解答では㋐−㋓，㋑−㋒の2通りでやることにする。

・ア−エ

外部からされた仕事はない。

3物体の内部エネルギー変化ΔUは以下。

$$\Delta U = \frac{3}{2}n_1R(T_1''-T_1') + n_2C_V(T_0-T_0) \underbrace{-\,mgh}_{\text{ピストンの位置エネルギー減少分}}$$

以上から、熱力学第1法則（以下、T1と略記）より、

$$-Q_1+Q_2 = \Delta U + 0$$
$$= \frac{3}{2}n_1R(T_1''-T_1') - mgh$$
$$= \frac{3}{2}(p_1Sh - 4p_0Sh) - p_0Sh$$

（∵ (3), $\boxed{7}$ より）

$$= -\frac{19}{4}p_0Sh$$

$$\therefore\ Q_1 - Q_2 = \underbrace{\frac{19}{4}p_0Sh}$$

$\boxed{10}$ ⑥

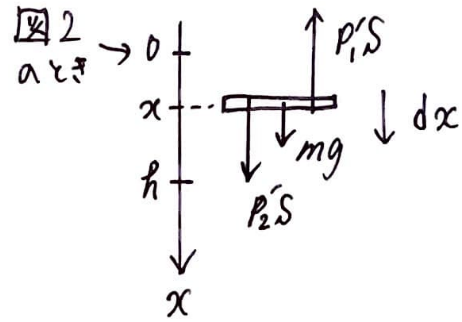
・イ−ウ

G_1, G_2各々にT1を適用すると、

$$\begin{cases} G_1:\ -Q_1 = \dfrac{3}{2}n_1R(T_1''-T_1') - \displaystyle\int_0^h p_1'S\,dx \\ G_2:\ Q_2 = n_2C_V(T_0-T_0) + \displaystyle\int_0^h p_2'S\,dx \end{cases}$$

辺々足し、

$$-Q_1+Q_2 = \frac{3}{2}n_1R(T_1''-T_1') - \int_0^h (p_1'-p_2')S\,dx$$



EOMより、

$$0 = p_2'S + mg - p_1'S$$
$$\therefore\ (p_1'-p_2')S = mg$$

よって、

$$\int_0^h (p_1'-p_2')S\,dx$$
$$= \int_0^h mg\,dx$$
$$= mgh$$

↓

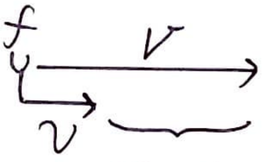
あとはア−エと同じ。

---

(4)はやや解きにくかったかも知れない。「内界」を明確にすることが重要である。それ以外の問いは確認テストレベルである。

Ⅲ

(1)

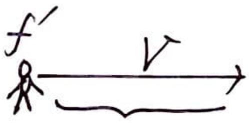


$V - v = f\lambda \cdots ㋐$

$\therefore \lambda = \dfrac{V-v}{f}$

$\boxed{11}$ ④

(2)



$V = f'\lambda \cdots ㋑$

㋐, ㋑ より、 $\lambda = \dfrac{V-v}{f} = \dfrac{V}{f'}$

$\therefore f' = \dfrac{V}{V-v} f$

$\boxed{12}$ ②

(3) 波の数は保存されるので、

$f\Delta t = f'\Delta t'$

$\therefore f' = \dfrac{\Delta t}{\Delta t'} f$

$= \dfrac{17\ \mathrm{s}}{16.4\ \mathrm{s}} \times 574\ \mathrm{Hz}$

$= 595\ \mathrm{Hz}$

$\boxed{13}$ ③

(4) $\boxed{12}$ より、 $(V-v)f' = Vf$

$\therefore v = \dfrac{f'-f}{f'} V$

$= \dfrac{595-574\ \mathrm{Hz}}{595\ \mathrm{Hz}} \times 340\ \mathrm{m/s}$

$= 12\ \mathrm{m/s}$

$\boxed{14}$ ①

(5) $f'' = \dfrac{V+W}{V+W-v} f$ （W：風の速さ）

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

ここで分子 $= (V+W)(V-v)f - V(V+W-v)f$

$= -vWf < 0$

つまり、 $f'' < f'$

⇒ ②, ④

また、 $f\Delta t =$ 一定より、 f が小さくなれば Δt は大きくなる.

$\boxed{15}$ ②

---

(5)は少し面倒だっただろうか。しかし、いずれの問いも定期テストレベルである.
（or 確認テスト）

IV

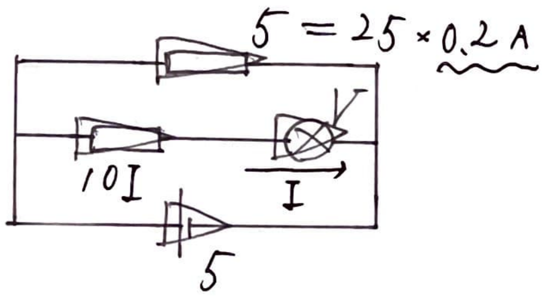
(1) キルヒホッフ第2法則（以下、K2と略記）より、

$$R\times 0.2=5$$

$$\therefore\ R=25\ \Omega$$

$\boxed{16}$ ④

(2)



K2より、

$$10I+V=5$$

$$\therefore\ I=-\frac{1}{10}V+\frac{1}{2}$$

これを図2にのせて、⊗の特性曲線との交点を求めると、

$$I=0.3\ \mathrm{A}\quad (V=2.0\ \mathrm{V})$$

$$\therefore\ 0.3+0.2=0.5\ \mathrm{A}$$

$\boxed{17}$ ③

(3)

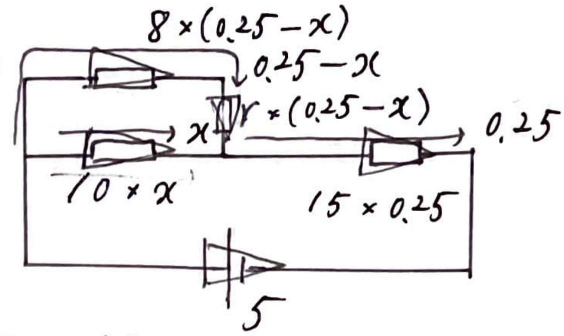
$$P=VI$$

$$=2\times 0.3$$

$$=0.60\ \mathrm{W}$$

$\boxed{18}$ ③

(4)



検流計の抵抗値をr〔Ω〕とする。

K2より、

上側：$(8+r)(0.25-x)=10x$

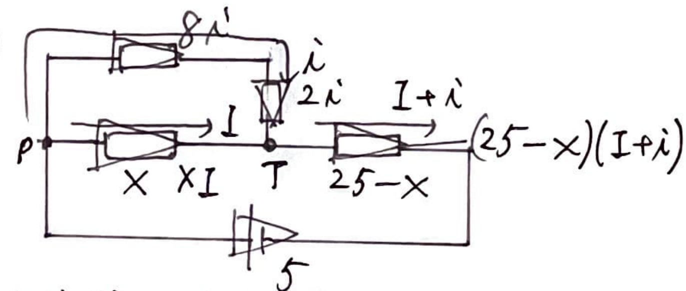
下側：$10x+15\times 0.25=5$

2式からxを消去して、

$$r=2.0\ \Omega$$

$\boxed{19}$ ②

(5)



抵抗値は抵抗の長さに比例するので、上図のように抵抗値を設定して考える。

K2より、

上側：$(8+2)i=XI$

下側：$XI+(25-X)(I+i)=5$

2式から、i, Iを求めて、

$$I=\frac{50}{-X^2+25X+250}$$

$$i=\frac{5X}{-X^2+25X+250}$$

$$I+i=\frac{5X+50}{-X^2+25X+250}$$

5 ($X=10\ \Omega$ のとき、$PT=20\ \mathrm{cm}$
$X=50\ \Omega$ のとき、$PT=50\ \mathrm{cm}$)

Xで微分して$(I+i)$ーXグラフの概形を求めてもよいが、今回はXにいくつかの値を代入して、概形を求める。

・$X=0$ のとき

$$I+i=\frac{50}{250}=0.20\,A$$

これを満たすのは ⑥ のみ …Ⓐ

$\boxed{20}$

（Xの値は1つでよかったよう）

or

$-X^2+25X+250=0$ を満たす $X(>0)$ を求めると、

$$X=\frac{1}{2}(25+5\sqrt{65})$$

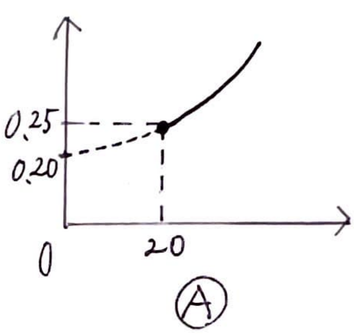
$\approx 33\,\Omega$　　（$\sqrt{65}$）≈8 とでも近似

つまり、$X=33$ くらいが漸近線。

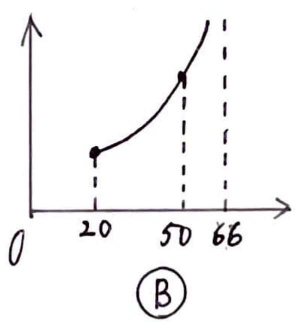
PTの長さで考えるなら、

$$\frac{50\,cm}{25\,\Omega}\times 33\,\Omega=66\,cm \quad \cdots Ⓑ$$

これを満たすようなグラフは ⑥ のみ

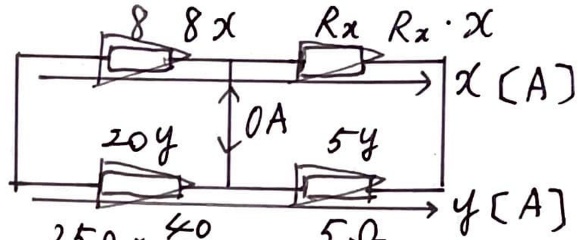


Ⓐ



Ⓑ

(6)



$$25\,\Omega\times\frac{40}{50}=20\,\Omega$$

K2より、

$$\begin{cases} 8x=20y \\ R_x\cdot x=5y \end{cases}$$

辺々わって、$R_x=2.0\,\Omega$

$\boxed{21}$ ①

or ホイートストンブリッジ回路の平衡条件を使って、

$$8\times 5=20\times R_x$$

（こちらで解いた人がほとんどだったでしょう）

---

(5)はやや解きにくかったかも知れないが、多くの問いはどれも定期テストレベルである（(5)もひねりなどがあるわけではないごく普通の問いである）。(5)以外は正答したい。

V

(1) EOMより、

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

$$\therefore r=\frac{mv}{qB}$$

ここで、$K=\frac{1}{2}mv^2=\frac{(mv)^2}{2m}$

$$\therefore mv=\sqrt{2mK}$$

これより、$r=\frac{\sqrt{2mK}}{qB}$

$$\begin{cases} \alpha\text{線}\cdots r_1=\frac{\sqrt{2m_1K}}{2eB} \\ \beta\ 〃\ \cdots r_2=\frac{\sqrt{2m_2K}}{eB} \end{cases}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{m_1}{m_2}}>1\left(\because \frac{m_1}{m_2}>4\right)$$

つまり、α線の方が半径大（ウ）

$\boxed{22}$ ⑤

(2) 知識問題 $\boxed{23}$ ①

（カは思考問題（というほどのこともないけれど））

(3) 半減期の式より、

$$N=N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{N}{N_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

いま、$\frac{1}{5}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5700}}$

ゆえ、

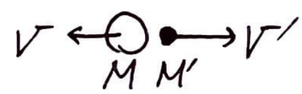
$$t=\frac{\log_{10}5}{\log_{10}2}\times 5700\text{年}$$

$$\approx 1.3\text{万年}$$

$\boxed{24}$ ③

(4) $^{220}Rn \longrightarrow {}^{216}Po + {}^{4}He$

質量 M 　 M' とする



2物体は全運動量が0となるように運動する。

$$MV=M'V'\ (\equiv p \text{とおく})$$

ここで、運動エネルギーの比を考える。

$$K:K'=\frac{1}{2}MV^2:\frac{1}{2}M'V'^2$$

$$=\frac{p^2}{2M}:\frac{p^2}{2M'}$$

$$=M':M$$

$$=4:216$$

以上から、

$$K'=E\times\frac{216}{4+216}$$

$$=\frac{54}{55}E$$

$\boxed{25}$ ⑥

(1)(4)はやや解きにくかっただろうか。
とは言え、レベルは基本的なものである。
完答必須。