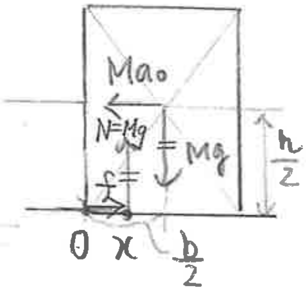
1 問1 台上から観測

力のつりあいの式　垂直抗力 N　まさつ力 f とする

鉛直方向　$N - Mg = 0$　$N = Mg$ [N] … ①

水平方向　$f - Ma_0 = 0$　$f = Ma_0$ [N] … ②

問2



モーメントのつりあい
（右回りを正とする）

$$Mg \cdot \frac{b}{2} - Mg x - Ma_0 \frac{h}{2} = 0 \quad \cdots ③$$

問3.　すべらない条件　$f < \mu_A N = \mu_A Mg$ … ④

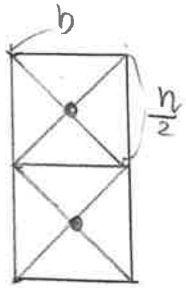
回転しはじめる時 $x=0$ で，$a_0 = a_1$ より

$$Ma_1 \frac{h}{2} - Mg \cdot \frac{b}{2} > 0 \quad a_1 > \frac{bg}{h}$$

$f = Ma_1$ と④より　$Ma_1 < \mu_A Mg$　$a_1 < \mu_A g$

これらより（イ）

問4



B_T の重心 $\left(\frac{b}{2}, \frac{3}{4}h\right)$

B_B の重心 $\left(\frac{b}{2}, \frac{h}{4}\right)$

Bの重心 $X_G = \frac{b}{2}$

$$Y_G = \frac{\left(\frac{M}{2}+m\right)\frac{3}{4}h + \left(\frac{M}{2}-m\right)\cdot\frac{h}{4}}{\frac{M}{2}+m+\frac{M}{2}-m}$$

$$= \frac{M+m}{2M}h$$

問5　まさつ力 f　垂直抗力 N

問1, 問2と同様にして

$\therefore$　$N = Mg$; $f = Ma_2$ ……⑤

回転するので　$Ma_2 \cdot \frac{M+m}{2M} h - Mg \cdot \frac{b}{2} > 0$

$$a_2 > \frac{Mbg}{(M+m)h}$$

すべらない条件

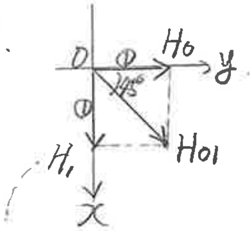
$f < \mu_B N$. ⑤より　$a_2 < \mu_B g$

!ソ. エより　$\underline{\underline{\frac{Mbg}{(M+m)h} < a_2 < \mu_B g}}$

2

問1. $F_1 = k_m \cdot \dfrac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ [N]

問2.



I_1がOにつくる磁界

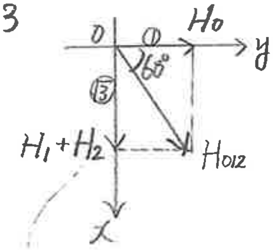
左図より $H_1 = H_0$

$$\frac{|I_1|}{2\pi a} = H_0$$

$$|I_1| = 2\pi a H_0$$

$I_1 < 0$より $I_1 = -2\pi a H_0$ [A]

問3



I_2がOにつくる磁界

左図より $H_1 + H_2 = \sqrt{3} H_0$

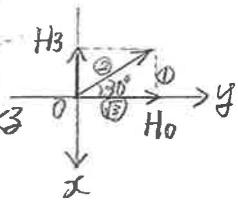
$$H_2 = (\sqrt{3} - 1) H_0$$

$$\frac{|I_2|}{2\pi a} = (\sqrt{3} - 1) H_0$$

$I_2 > 0$より $I_2 = 2(\sqrt{3} - 1)\pi a H_0$ [A]

問4.

(大きさ)
I_3がOにつくる磁界



左図より. $H_3 = \dfrac{1}{\sqrt{3}} H_0$

$$\frac{|I_3|}{2a} = \frac{1}{\sqrt{3}} H_0$$

$I_3 > 0$より $I_3 = \dfrac{2aH_0}{\sqrt{3}} = \dfrac{2\sqrt{3}}{3} a H_0$ [A]

問5 $H = n \cdot I_4$ [N/Wb]　　向き: (a)

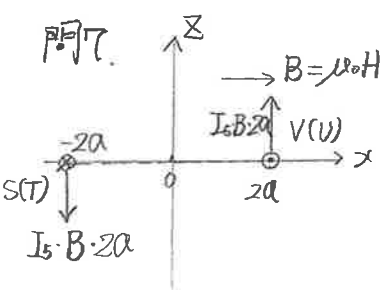
(右ねじの法則による)

問6.

$F_2 = I_5 \cdot (\mu_0 \cdot H) \cdot 2a = 2\mu_0 \cdot n \cdot a \cdot I_4 \cdot I_5$ [N]　　向き: (f)

(フレミング左手の法則による)

問7.



左図より. Oのまわりのモーメントの和より.

$$N = I_5 (\mu_0 \cdot n \cdot I_4) \cdot 2a \times 2a \times 2$$

$$= 8\mu_0 \cdot n \cdot a^2 \cdot I_4 \cdot I_5 \text{ [N]}$$

3 問1. 図13より 周期(T)…$\underline{\underline{0.01\,\mathrm{s}}}$, 振動数 $f=\frac{1}{T}=\underline{\underline{100\,\mathrm{Hz}}}$

波長 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{340}{100}=\underline{\underline{3.4\,\mathrm{m}}}$

問2. 図13のグラフより、$x=0$ で $t=0$ から少し時間がたつと変位は正となる。
図14の中で、$\lambda=3.4\,\mathrm{m}$ で、これを満たすのは $\underline{\underline{(E)}}$

問3. $f_1=\frac{V-v_m}{V-v_s}f_0$ $v_s=v_m$ より $f_1=\underline{\underline{f_0\,[\mathrm{Hz}]}}$

$f_2=\frac{V+v_m}{V-v_s}f_0=\underline{\underline{\frac{V+v_s}{V-v_s}}}f_0\,[\mathrm{Hz}]$

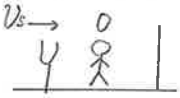
$f_3=f_2-f_1=\frac{V+v_s}{V-v_s}f_0-f_0=\underline{\underline{\frac{2v_s}{V-v_s}f_0\,[\mathrm{Hz}]}}$

問4. (a) $f_1=f_2=f_0$, $f_3=0$ …… ○

(b)

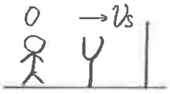

$x_s<x_m$ とする

$f_1=\frac{V-v_m}{V-v_s}f_0$, $f_2=\frac{V+v_m}{V-v_s}f_0$. $f_3=f_2-f_1\fallingdotseq 0$

(c)


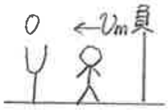
$x_s<x_m$

$f_1=f_2=\frac{V}{V-v_s}f_0$, $f_3=0$ …… ○

(d)


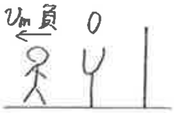
$x_m<x_s$

$f_1=\frac{V}{V+v_s}f_0$, $f_2=\frac{V}{V-v_s}f_0$, $f_3=f_2-f_1\fallingdotseq 0$

(e)


$x_s<x_m$

$f_1=\frac{V-v_m}{V}f_0$, $f_2=\frac{V+v_m}{V}f_0$, $f_3=f_1-f_2\fallingdotseq 0$

(f)


$x_m<x_s$

$f_1=f_2=\frac{V+v_m}{V}f_0$, $f_3=0$ … ○

以上より $\underline{\underline{(a), (c), (f)}}$

その他の条件は省略

問5．反射板で観測する振動数 f_r [Hz] は．

$$f_r = \frac{V - v_r}{V - v_s} f_0$$

よって．$f_4 = \dfrac{V + v_m}{V + v_r} \cdot f_r = \dfrac{V+v_m}{V+v_r} \cdot \dfrac{V-v_r}{V-v_s} f_0$ [Hz]

問6．・$x_s < x_m$ の場合．

計測機で観測する直接音 f_1 [Hz] は．

$$f_1 = \frac{V - v_m}{V - v_s} f_0$$

生じるうなりの回数 f_5 [Hz] は．

$$f_5 = |f_4 - f_1| = \left| \frac{(V+v_m)(V-v_r) - (V-v_m)\cdot(V+v_r)}{(V+v_r)(V-v_s)} f_0 \right|$$

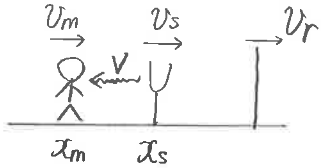
$$= \left| \frac{2(v_m - v_r)V}{(V+v_r)(V-v_s)} f_0 \right|$$

∴ $v_m = v_r$ のときうなりは生じない。

・$x_m < x_s$ の場合．f_4 は変化なし．

計測機で観測する直接音 f_1' [Hz] は．

$$f_1' = \frac{V + v_m}{V + v_s} f_0$$



生じるうなりの回数 f_5' [Hz] は．

$$f_5' = |f_4 - f_1'|$$

$$= \left| \frac{(V+v_m)(V-v_r)(V+v_s) - (V+v_m)(V+v_r)(V-v_s)}{(V+v_r)(V-v_s)(V+v_s)} f_0 \right|$$

∴ $v_s = v_r$ のとき うなりは生じない。

4

問1. △ABCの面積より $W=(aV_0-V_0)\cdot(aP_0-P_0)\cdot\frac{1}{2}=\frac{1}{2}(a-1)^2P_0V_0\,[\mathrm{J}]$

問2. $W_{AB}=0\,\mathrm{J}$, $U_{AB}=\frac{3}{2}\cdot n\cdot R\cdot(T_B-T_A)=\frac{3}{2}(nRT_B-nRT_A)$
$=\frac{3}{2}(P_0\cdot aV_0-aP_0\cdot aV_0)=\frac{3}{2}a(1-a)P_0V_0=-\frac{3}{2}a(a-1)P_0V_0\,[\mathrm{J}]$

$U_{AB}=Q_{AB}-W_{AB}$ より $Q_{AB}=U_{AB}=-\frac{3}{2}a(a-1)P_0V_0\,[\mathrm{J}]$

問3. $W_{CA}=aP_0\cdot(aV_0-V_0)=a(a-1)P_0V_0\,[\mathrm{J}]$
$U_{CA}=\frac{3}{2}nR(T_A-T_C)=\frac{3}{2}(nRT_A-nRT_C)=\frac{3}{2}(aP_0\cdot aV_0-aP_0\cdot V_0)=\frac{3}{2}a(a-1)P_0V_0\,[\mathrm{J}]$
$U_{CA}=Q_{CA}-W_{CA}$ より $Q_{CA}=U_{CA}+W_{CA}=\frac{5}{2}a(a-1)P_0V_0\,[\mathrm{J}]$

問4. 図17より、BCの傾きは $\frac{P_0-aP_0}{aV_0-V_0}=\frac{(1-a)P_0}{(a-1)V_0}=-\frac{P_0}{V_0}$
BCの式は、$P_x-P_0=-\frac{P_0}{V_0}(xV_0-aV_0)$ より $P_x=-xP_0+(a+1)P_0\,[\mathrm{Pa}]$
「$PV=nRT$」より、$P_x\cdot xV_0=n\cdot R\cdot T_x$
$T_x=\frac{V_0}{nR}\cdot x\cdot P_x=\frac{V_0}{nR}\cdot x\cdot\{-xP_0+(a+1)P_0\}$
$\therefore T_x=-\frac{P_0V_0}{nR}\{x^2-(a+1)x\}$

問5. $W_{BX}=-\frac{1}{2}\cdot(P_0+P_x)\cdot(aV_0-xV_0)$
$=-\frac{1}{2}\{-xP_0+(a+2)P_0\}\cdot(a-x)V_0$
$=-\frac{1}{2}P_0V_0\{-x+(a+2)\}(a-x)$
$=-\frac{1}{2}P_0V_0\{x^2-2(a+1)x+a(a+2)\}$

又、$U_{BX}=\frac{3}{2}nR(T_x-T_B)=\frac{3}{2}(nRT_x-nRT_B)=\frac{3}{2}(P_x\cdot xV_0-P_0\cdot aV_0)$
$=\frac{3}{2}[\{-xP_0+(a+1)P_0\}\cdot xV_0-aP_0V_0]=\frac{3}{2}P_0V_0[x\{-x+(a+1)\}-a]$
$=\frac{3}{2}P_0V_0\{-x^2+(a+1)x-a\}=-\frac{1}{2}P_0V_0\{3x^2-3(a+1)x+3a\}$

$U_{BX}=Q_{BX}-W_{BX}$ より $Q_{BX}=U_{BX}+W_{BX}=-\frac{1}{2}P_0V_0\{4x^2-5(a+1)x+a(a+5)\}$

問6. 問5(3)より $f(x)=-4x^2+5(a+1)x-a(a+5)$ とおけば
$=-4\{x^2-\frac{5}{4}(a+1)x\}-a^2-5a=-4\{x-\frac{5}{8}(a+1)\}^2+\underbrace{\frac{25}{16}(a+1)^2-a^2-5a}_{=\frac{9a^2-30a+25}{16}}$

よって$f(x)$は $x=\frac{5}{8}(a+1)$ で最大値 $\frac{9a^2-30a+25}{16}$ をとる。
Q_{BX}は $V=\underbrace{\frac{5}{8}(a+1)V_0}_{(ア)}$ で最大値 $\underbrace{\frac{9a^2-30a+25}{32}P_0V_0}_{(イ)}$ をとる。

問7
$$e=\frac{\frac{1}{2}(a-1)^2P_0V_0}{\frac{5}{2}a(a-1)P_0V_0+\frac{9a^2-30a+25}{32}P_0V_0}$$
$$=\frac{16(a-1)^2}{80a(a-1)+9a^2-30a+25}=\frac{16(a-1)^2}{\underbrace{89}_{(ウ)}a^2\underbrace{-110}_{(エ)}a\underbrace{+25}_{(オ)}}$$