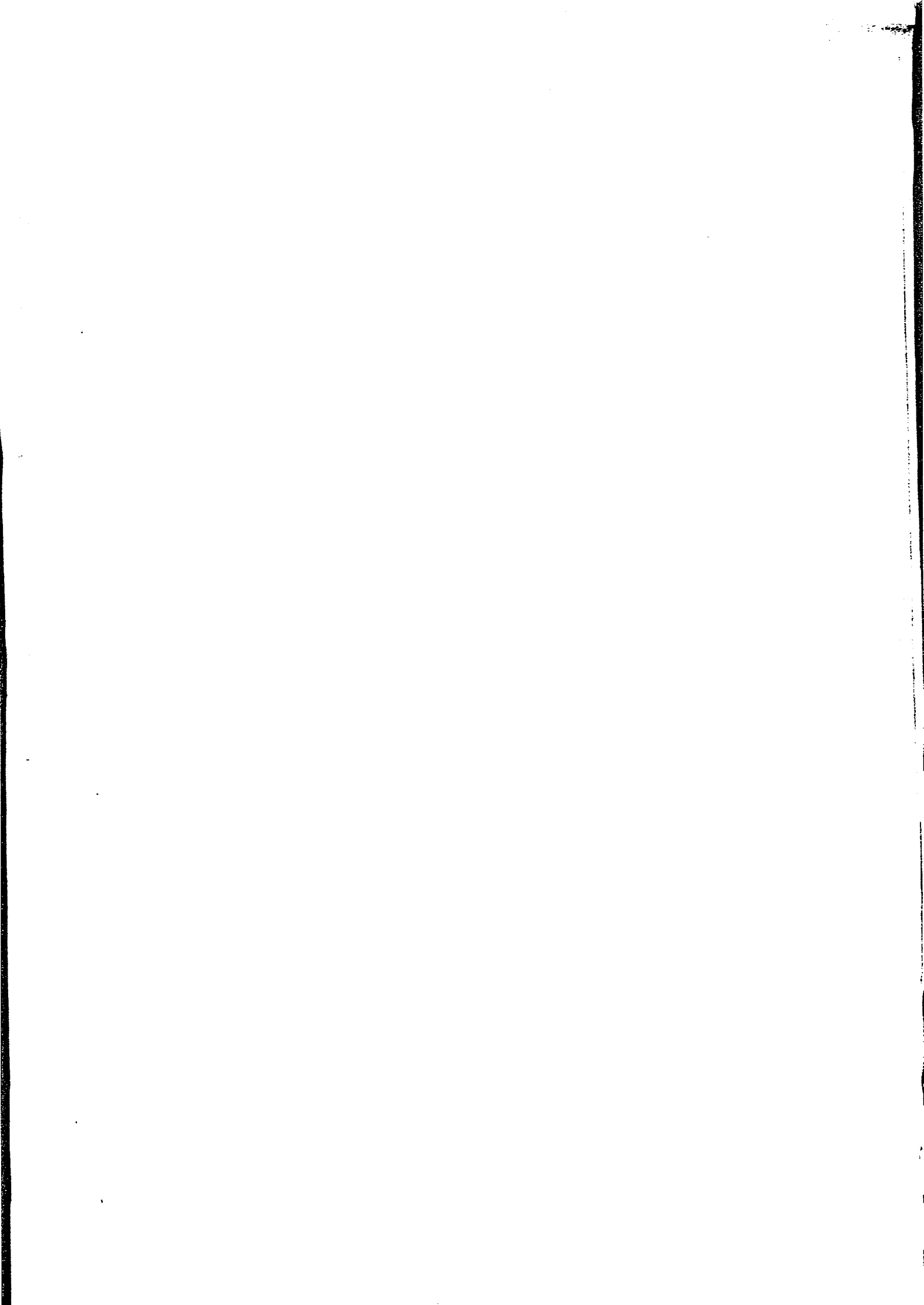


# 物 理 ①

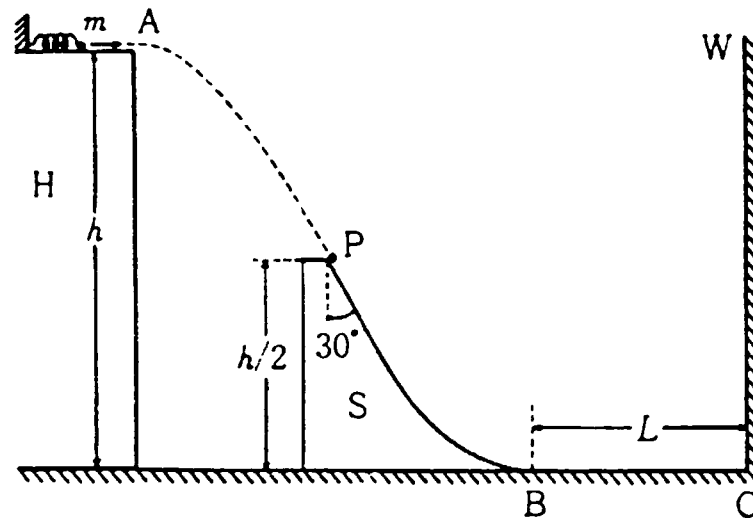
(力学・電磁気)

# 目 次

1	.....	4
2	.....	6
3	.....	7
4	.....	8
5	.....	10
6	.....	12
7	.....	13
8	.....	14
9	.....	16
10	.....	18
補充問題 1	.....	20
補充問題 2	.....	22



1 図のように、水平床面の高さ  $h$  の直方体の台 H があり、滑らかで摩擦のないその台上に、バネ定数  $k$  の質量の無視できるバネが取り付けられている。台 H の前方に傾斜面を持つ高さ  $h/2$  の台 S が水平床面に固定されており、台 H を適当に動かすことによって、台 H から台 S までの距離を調整して固定することができる。台 S の傾斜面は滑らかで摩擦がなく、上端 P 点で鉛直下方と角  $30^\circ$  をなし、しだいにゆるやかに下降して、B 点で水平床面に接している。B 点から始まる粗い水平床面は、距離  $L$  隔たった C 点で、はねかえり係数  $1/\sqrt{2}$  の床に垂直な壁 W に達する。



いま、大きさの無視できる質量  $m$  の小物体を自然長より長さ  $l$  だけ押し縮めたバネの先端に置き、バネの力でそれを放出した。小物体の運動はすべて図の平面内でおこるものとし、小物体に対する空気の抵抗はないものとする。また、重力加速度を  $g$  で表す。以下の文の  の中に入れるべき正しい答えをそれぞれの解答群の中から選び、マークせよ。(ア)と(イ)に関しては、必要ならば解答群の同じ番号を2度用いてもよい。(オ)に関しては、正しい答えと思われる数値が解答群中にない場合には、それに最も近い数値をえらび、その番号をマークせよ。

- (1) バネから放出された小物体は台 H の滑らかな台上を滑り、その端 A 点から水平に飛び出し、台 S の  $30^\circ$  の傾斜面に接するように P 点に落下した。このとき P 点から台 H までの水平距離は  (ア)  $\times h$  であり、小物体を放出した際の

バネの縮み  $l$  は  $\boxed{\text{イ}}$   $\times \sqrt{mgh/k}$  である。

(2) P 点に落下後、小物体は滑らかな傾斜面上を滑り降り B 点に達した。小物体が B 点で持つ運動エネルギーは  $\boxed{\text{ウ}}$   $\times mgh$  である。この後、小物体は粗い BC 面上を滑って壁 W に衝突して跳ね返り、BC の中点で静止した。小物体と床面の間の運動摩擦係数を  $\mu$  とするとき、BC の距離  $L$  は  $\boxed{\text{エ}}$   $\times h$  である。また壁との衝突によって、小物体は最初 B 点で持っていた運動エネルギーの  $1/\boxed{\text{オ}}$  を失った。

[解答群]

[(ア)と(イ)の解答群]

- ①  $\sqrt{3}$       ②  $\frac{\sqrt{3}}{2}$       ③  $\frac{1}{\sqrt{3}}$   
 ④ 2      ⑤  $\sqrt{\frac{7}{3}}$       ⑥  $\frac{1}{2}$   
 ⑦  $\frac{2}{\sqrt{3}}$       ⑧ 1

[(ウ)の解答群]

- ①  $\frac{1}{6}$       ②  $\frac{5}{2}$       ③ 5  
 ④  $\frac{11}{8}$       ⑤  $\frac{5}{3}$       ⑥  $\frac{9}{8}$   
 ⑦  $\frac{7}{6}$       ⑧  $\frac{3}{2}$

[(エ)の解答群]

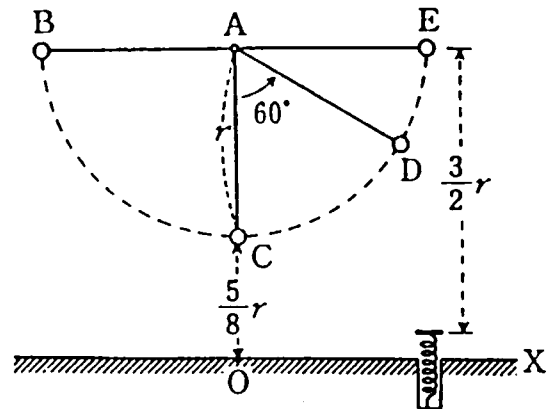
- ①  $\frac{5}{2\mu}$       ②  $\frac{11}{16\mu}$       ③  $\frac{9}{16\mu}$   
 ④  $\frac{5}{4\mu}$       ⑤  $\frac{7}{12\mu}$       ⑥  $\frac{5}{6\mu}$   
 ⑦  $\frac{1}{12\mu}$       ⑧  $\frac{3}{4\mu}$

[(オ)の解答群]

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4  
 ⑤ 5      ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8

2

図のように、質量  $m$  の小さい球が、長さ  $r$  の軽い糸で水平面  $O X$  から  $\frac{13}{8}r$  の高さにある固定点  $A$  につり下げられている。糸を張ったままこの球を  $A$  と同じ高さ  $B$  に持ち上げ、初速度  $0$  で落とす。

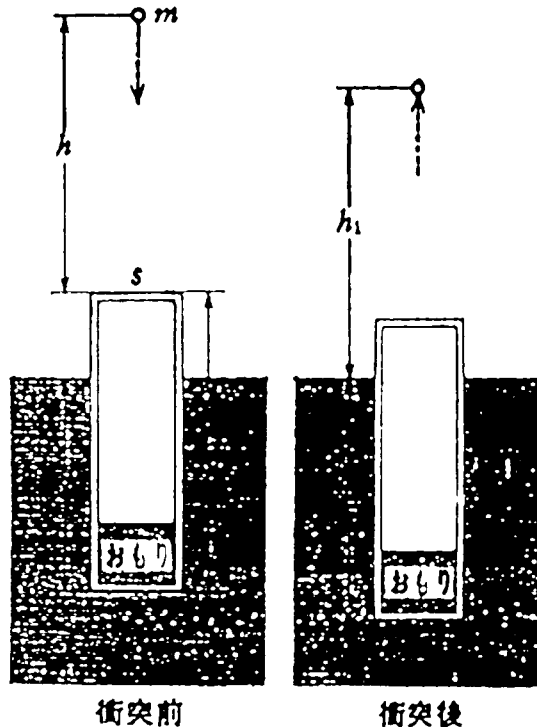


- (1) 糸がちょうど鉛直線  $A C$  の位置に来たとき切れるとする。
- 切れる直前の糸の張力はいくらか。
  - 球は水平面にどれだけのエネルギーでぶつかるか。
  - 球は水平面上のどこに落ちるか。
- (2) 糸が鉛直線  $A C$  の位置からさらに  $60^\circ$  まわって、図の  $A D$  の位置に来たとき切れるとする。
- 糸が切れたのち、球は水平面からみて最大どの高さまで上がるか。
  - 球は水平面上のどこに落ちるか。
- (3) つぎに、 $E$  点の真下に、図のように距離  $\frac{3}{2}r$  はなれたところに、ばね定数  $k$  の軽いばねをおいた。糸が  $A D$  の位置からさらに  $30^\circ$  まわって、水平の位置  $A E$  に来たとき切れるとする。
- 球の落下によるばねの最大圧縮距離はいくらか。
- (4) 糸が切れる直前と直後で球にはたらく力は変化するが、球のエネルギーが変化しないのはなぜか。

解答は結果のみでなく、途中の経過もつけて答えよ。

3

図のように、おもりの入った底面積  $s$ 、長さ  $l$  の密閉した円筒を、円筒に比べ十分大きな容器に入った密度  $\rho$  の液体中に静かに浮かべたところ、 $d$  ( $d < l$ ) だけ沈んで液面に直立した。この円筒の真上、高さ  $h$  から質量  $m$  の小球を自由落下させると、小球は円筒の上面に衝突して液面から  $h_1$  だけ真上にはね上がり、円筒は液面から  $d_1$  ( $d < d_1 < l$ ) だけ沈みこんだ。円筒と小球のはね返りの係数を  $e$ 、重力加速度を  $g$  として次の各問いに答えよ。ただし、小球や円筒の運動に伴う液体及び空気の抵抗は無視できるものとする。



問 1. 衝突直前の小球の速さ  $v_0$ 、衝突直後の小球の速さ  $v_1$  及び衝突直後の円筒の沈む速さ  $V_1$  をそれぞれ求めよ。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

問 2. 小球がはね上がる  $e$  の条件及び小球がはね上がる最大の高さ  $h_1$  を求めよ。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

問 3. 静止した状態から円筒が下方に  $x$  だけ沈んでいるとき、円筒が受ける力  $f$  を求めよ(下向きを正とする)。また、静止した円筒を  $x$  だけ沈めるのに必要な仕事  $W$  はいくらか。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

問 4. 円筒が沈んだ深さ  $d_1$  を求めよ。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

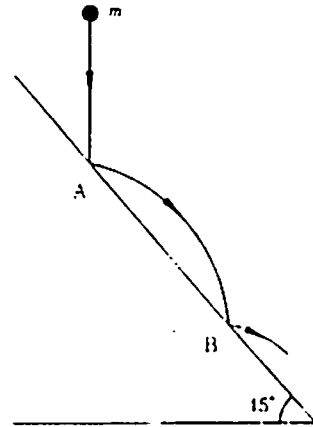
問 5. はね上がった小球が再び円筒に衝突しないように小球を取り除いたとき、円筒が浮き上がって初めて速さが 0 になる時間  $t$  は衝突してからいくらか。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

4

次の文を読み、問(1)～(5)の答として最も適当なものを、それぞれの解答群から一つずつ選び、マークせよ。

図のように、水平面と $45^\circ$ の角度をなす斜面上の点Aに、鉛直上方から質量 $m$ の小球を衝突させた。小球は点Aではねかえり、放物運動を行って斜面上の点Bに衝突し、はねかえった。点Aでの衝突直前の小球の速さを $v$ 、小球と斜面の間のはねかえりの係数を $e$  (ただし、 $0 < e < 1$ )、重力加速度の大きさを $g$ とする。



(1) 点Aでの衝突直後における小球の速度の水平成分の大きさは $v$ の何倍か。

- ①  $\frac{1-e^2}{4}$       ②  $\frac{1-e}{4}$       ③  $\frac{1+e}{4}$   
 ④  $\frac{1-e^2}{2}$       ⑤  $\frac{1-e}{2}$       ⑥  $\frac{1+e}{2}$   
 ⑦ 1              ⑧  $e$

(2) 点Aでの衝突直後における小球の速度の鉛直成分の大きさは $v$ の何倍か。

- ① 0              ②  $\frac{1-e^2}{4}$       ③  $\frac{1-e}{4}$   
 ④  $\frac{1+e}{4}$       ⑤  $\frac{1-e^2}{2}$       ⑥  $\frac{1-e}{2}$   
 ⑦  $\frac{1+e}{2}$       ⑧  $e$

(3) 点Aでの衝突によって小球が失った力学的エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ の何倍か。

- ① 0      ②  $1-e^2$       ③  $\frac{7-8e^2}{8}$   
 ④  $\frac{15+2e-17e^2}{16}$       ⑤ 1      ⑥  $1+e^2$   
 ⑦  $\frac{1-e^2}{2}$       ⑧  $\frac{3+2e-5e^2}{4}$

(4) 小球が点Aで衝突してから点Bに衝突するまでの時間はいくらか。

- ①  $\frac{(5e-4)v}{2g}$       ②  $\frac{(1+e)v}{2g}$       ③  $\frac{(3e-1)v}{g}$   
 ④  $\frac{v}{g}$               ⑤  $\frac{ev}{g}$               ⑥  $\frac{2v}{g}$   
 ⑦  $\frac{2(1-e)v}{g}$       ⑧  $\frac{2ev}{g}$



(5) 斜面に沿った AB 間の距離はいくらか。

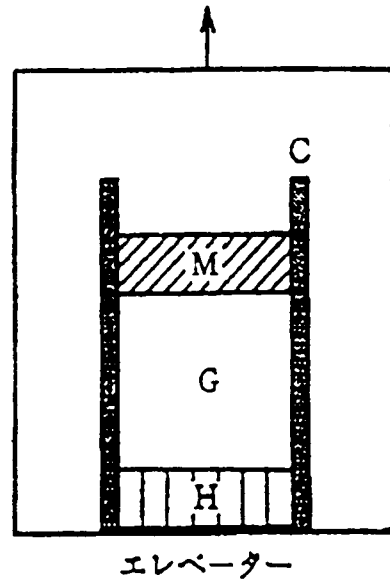
①  $\frac{(1+e^2)v^2}{4g}$       ②  $\frac{(1+e)ev^2}{2g}$

③  $\frac{(1+e)v^2}{2g}$       ④  $\frac{(5e-4)ev^2}{2g}$

⑤  $\frac{2\sqrt{2}v^2}{g}$       ⑥  $\frac{2\sqrt{2}e^2v^2}{g}$

⑦  $\frac{\sqrt{2}(1+e)ev^2}{g}$       ⑧  $\frac{(3e-1)v^2}{g}$

5 図のように、エレベーターの中に円筒形の容器Cを鉛直に立て、容器C内に単原子分子の理想気体Gが滑らかに動くピストンMで封入されている。気体Gの加熱・冷却は装置H(熱交換器)をとおしてだけ行われる。ピストンMの質量を $m$ 、重力加速度を $g$ とする。エレベーターが静止しているときの気体Gの圧力、温度及び体積をそれぞれ $P_1$ 、 $T_1$ 及び $V_1$ として、この状態を「状態1」とする。



以下の(1)から(8)に示すように、「エレベーターの加速・減速」と「装置Hによる加熱・冷却」によって、気体Gの状態を「状態1」から「状態2」を経て「状態3」に変化させ、再び「状態1」にもどす。

(1) エレベーターを一定加速度 $\frac{3}{2}g$ で鉛直に上昇させ、気体Gの体積を $V_1$ のまま一定に保つように装置Hは気体Gを  する。この状態を「状態2」とする。

(2) 「状態2」からエレベーターを減速して停止させる。エレベーターが停止に至るまで、気体Gの温度を一定に保つように、装置Hは気体Gを  する。こうしてエレベーターが停止した状態を「状態3」とする。

(3) エレベーターを停止させたまま、「状態3」から装置Hによって気体Gを  し、気体の圧力を一定に保って「状態1」にもどす。

気体Gが、「状態1」から「状態2」、「状態2」から「状態3」及び「状態3」から「状態1」に変化する間に、装置Hから与えられる熱量をそれぞれ $Q_{12}$ 、 $Q_{23}$ 及び $Q_{31}$ とし、ピストンMになした仕事をそれぞれ $W_{12}$ 、 $W_{23}$ 及び $W_{31}$ とする。熱量の符号は装置Hが気体Gを加熱する場合を正、冷却する場合を負とし、仕事の符号は気体GがピストンMになす仕事を正とする。

以上の場合について、次ページの各問いに答えよ。

問 1. 「状態 2」の圧力  $P_2$  と温度  $T_2$  及び「状態 3」の体積  $V_3$  を  $P_1$ 、 $T_1$  及び  $V_1$  を用いて表せ。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

問 2. 「状態 1」から「状態 2」及び「状態 3」を経て「状態 1」にもどるまでの気体 G の圧力  $P$  と体積  $V$  の関係を図示せよ。

解答図(解答用紙の該当グラフ上に記入せよ。)

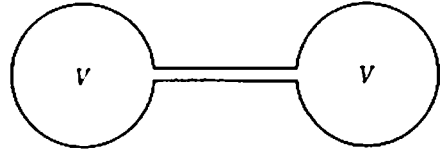
問 3. 熱力学の第一法則を用いて、 $Q_{12}$ 、 $Q_{23}$  及び  $Q_{31}$  の正負を判定せよ。また、問題文の空欄(イ)、(ロ)及び(ハ)にあてはまる語句を示せ。

計算式及び答(解答用紙の該当欄に記入せよ。)

問 4. 「状態 1」から「状態 2」及び「状態 3」を経て「状態 1」にもどる間の仕事の総和  $W_{12} + W_{23} + W_{31}$  と熱量の総和  $Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$  の関係を示せ。また、この仕事の総和を問 2 で書いたグラフ上に斜線で示せ。

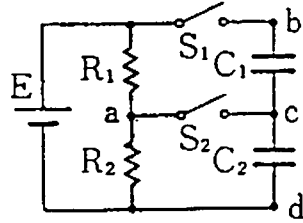
計算式及び答(解答用紙の該当欄及び該当グラフ上に記入せよ。)

6 等しい容積  $V$  [ $\text{m}^3$ ] をもつ二つのガラス球の容器を十分に細いガラス管で図のように連結し、中に単原子理想気体  $n$  [ $\text{mol}$ ] を封入した。以下の問いに答えるにあたっては容器の容積変化は無視してよい。また、気体定数は  $R$  [ $\text{J}/\text{K}\cdot\text{mol}$ ] とする。



- (1) 二つのガラス球を温度  $T$  [ $\text{K}$ ] に保った。
  - (a) 気体の圧力を求めよ。
  - (b) 気体の内部エネルギーを求めよ。
  
- (2) 次に一方のガラス球を  $T$  [ $\text{K}$ ] に、また他方のガラス球を  $2T$  [ $\text{K}$ ] に保った。
  - (a) 十分に時間が経過した後の気体の圧力を求めよ。
  - (b) また、ガラス球内部の気体が吸収した熱量を求めよ。
  
- (3) 次に、二つのガラス球全体を断熱して放置した。十分に時間が経過した後の気体の温度を求めよ。

7 図の回路で、Eは内部抵抗の無視できる起電力12Vの電池、 $R_1$ 、 $R_2$ はそれぞれ40 $\Omega$ 、80 $\Omega$ の抵抗、 $C_1$ 、 $C_2$ はそれぞれ2.0 $\mu\text{F}$ 、4.0 $\mu\text{F}$ のコンデンサーである。最初、スイッチ $S_1$ と $S_2$ は開いていて、コンデンサーには電荷がたくわえられていなかったものとする。次の問いの答えをそれぞれの解答群のうちから1つずつ選べ。



(1) ad間に生じている電圧は何[V]か。

- ① 0      ② 2.0      ③ 4.0      ④ 6.0  
 ⑤ 8.0      ⑥ 10      ⑦ 12      ⑧ 14

(2) 抵抗 $R_2$ での消費電力は何[W]か。

- ① 0.36      ② 0.48      ③ 0.60      ④ 0.80  
 ⑤ 1.0      ⑥ 1.6      ⑦ 4.0      ⑧ 8.0

(3) まず、 $S_1$ だけを閉じて十分に時間が経過すると、コンデンサー $C_1$ にたくわえられる電気量は何[C]か。

- ①  $2.0 \times 10^{-6}$       ②  $8.0 \times 10^{-6}$       ③  $1.2 \times 10^{-5}$   
 ④  $1.6 \times 10^{-5}$       ⑤  $6.0 \times 10^{-5}$       ⑥  $2.5 \times 10^{-4}$   
 ⑦  $5.0 \times 10^{-4}$       ⑧  $8.0 \times 10^{-4}$

(4) 次に $S_1$ を開き、 $S_2$ は閉じる。十分に時間が経過したときbdの間の電圧は何[V]となるか。

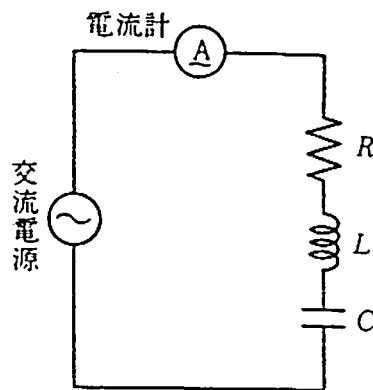
- ① 0      ② 0.20      ③ 0.50      ④ 1.0  
 ⑤ 3.0      ⑥ 8.0      ⑦ 12      ⑧ 16

(5) (4)のときに、 $S_2$ を流れた全電気量は何[C]か。

- ①  $3.2 \times 10^{-5}$       ②  $1.6 \times 10^{-5}$       ③  $1.0 \times 10^{-5}$   
 ④  $8.0 \times 10^{-6}$       ⑤  $5.0 \times 10^{-6}$       ⑥  $3.2 \times 10^{-6}$   
 ⑦  $2.0 \times 10^{-6}$       ⑧  $1.2 \times 10^{-6}$

8 次の文中の空欄(a)～(i)にあてはまる式あるいは語句を解答群から選び、その番号を記入せよ。

図のように  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗と、自己インダクタンスが  $L$  [H] のコイルと、電気容量が  $C$  [F] のコンデンサーとを直列に接続した回路がある。この回路を電圧の実効値が  $V$  [V] の交流電源につないだ。この回路のインピーダンス  $Z$  [ $\Omega$ ] は、電源の周波数  $f$  [Hz] と角周波数  $\omega$  [rad/s] の関係が  $\omega =$   であるから、 $Z =$   で表される。



いま電源の電圧を一定に保ったまま周波数を変えて回路に流れる電流の実効値を測定したところ、 $f_0$  [Hz] のときに電流計の指示は最大となりその値は  $I_0$  [A] であった。このような現象を共振といい、この場合回路を流れる電流は  を直流電源につないだ場合と同じである。このときの周波数  $f_0$  は 、電流  $I_0$  は  で消費電力は  [W] となる。

また、周波数  $f_1$  [Hz] と  $f_2$  [Hz] のときには  $I_0/\sqrt{2}$  [A] なる電流が流れる。周波数  $f_1, f_2$  を  $R, L, C$  で表すと  $f_1 =$  ,  $f_2 =$   であるから、 $f_1$  と  $f_2$  を用いて共振周波数  $f_0$  は  と表すことができる。ただし、 $f_1 < f_2$  とする。

[解答群]

(1)  $\pi f$     (2)  $2\pi f$     (3)  $\frac{f}{\pi}$     (4)  $\frac{f}{2\pi}$

(5)  $\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

(6)  $\sqrt{R^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$

(7)  $\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

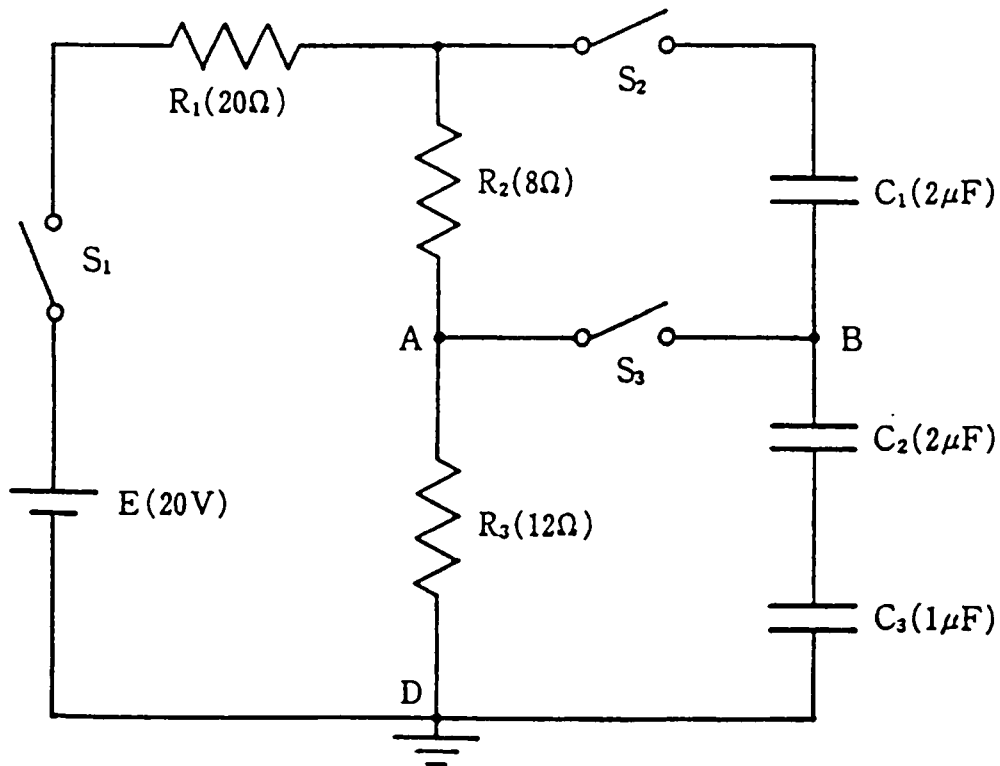
(8)  $\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$

(9) 抵抗    (10) 自己インダクタンス

(11) 電気容量	(12) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	(13) $\frac{\pi}{\sqrt{LC}}$	
(14) $2\pi\sqrt{LC}$	(15) $\frac{\sqrt{LC}}{\pi}$	(16) $\frac{V}{R}$	
(17) $\frac{V}{\omega L}$	(18) $\frac{V}{\omega C}$	(19) $\frac{V}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}$	
(20) $\frac{V}{\omega C - \frac{1}{\omega L}}$	(21) $\frac{I_0 V}{2}$	(22) $\frac{I_0 V}{\sqrt{2}}$	(23) $I_0 V$
(24) $\sqrt{2} I_0 V$	(25) $\frac{1}{2\pi} \left( -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}} \right)$		
(26) $\frac{1}{2\pi} \left( \frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}} \right)$	(27) $\frac{1}{\pi} \left( \frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \right)$		
(28) $\frac{1}{\pi} \left( \frac{R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \right)$	(29) $\sqrt{f_1 f_2}$		
(30) $\frac{\sqrt{f_1 f_2}}{2}$	(31) $\frac{f_2 + f_1}{2}$	(32) $\frac{f_2 - f_1}{2}$	

9

図に示すように、直流電源E、抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、コンデンサー $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ およびスイッチ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ からなる回路がある。直流電源Eの起電力は20V、抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ の抵抗値はそれぞれ $20\Omega$ 、 $8\Omega$ 、 $12\Omega$ 、コンデンサー $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ の電気容量はそれぞれ $2\mu\text{F}$ 、 $2\mu\text{F}$ 、 $1\mu\text{F}$  ( $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$ (ファラド))である。点Dは接地されており、この点の電位は0Vである。最初3つのスイッチ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ は開かれており、3つのコンデンサー $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ には電荷はたたくわえられていないものとする。



問1 まずスイッチ $S_1$ だけを閉じた。

- (1) 点Aの電位は何V(ボルト)になるか。
- (2) 抵抗 $R_3$ で消費される電力は何W(ワット)か。



問 2 続いてスイッチ  $S_2$  も閉じた。

- (1) 点Bの電位は何V(ボルト)になるか。
- (2) コンデンサー  $C_1$  にたくわえられる電気量は何C(クーロン)か。
- (3) 3つのコンデンサー  $C_1, C_2, C_3$  にたくわえられる全静電エネルギーは何J(ジュール)か。

問 3 さらにスイッチ  $S_3$  も閉じた。

- (1) スイッチ  $S_3$  を閉じた瞬間にこのスイッチを通して電荷が移動する。移動する電荷の電気量は何C(クーロン)か。このとき正電荷が移動すると仮定した場合、その方向は(イ)点Aから点B、(ロ)点Bから点Aのいずれか。記号(イ)、(ロ)で答えよ。
- (2) スイッチ  $S_3$  を閉じた後に、コンデンサー  $C_1$  および  $C_2$  にたくわえられている電気量はそれぞれ何C(クーロン)になるか。

問 4 問3に続いてスイッチ  $S_3$  だけを再び開いた。

- (1) コンデンサー  $C_1$  にたくわえられている電気量は何C(クーロン)になるか。

10

半径  $a$  の金属円板とその中心  $O$  を板面に垂直に貫いている金属棒が一体になった形の導体がある。図 1 のようにこの円板を鉛直方向の一様な磁界 (磁束密度の大きさ  $B$ , 向きは下向き) の中に水平に保ち, 金属棒を軸として一定の角速度  $\omega$  で回転させる (回転の向きは上から見て反時計回り) と, 円板の中心  $O$  と外周部の間には電位差が生ずる。この電位差を, 以下の順序に従って求めよ。ただし, 棒の太さは円板の直径に比べて無視してよい。

- (1) 中心  $O$  から  $r$  の距離にある円板上の点の速さはいくらか。
- (2)  $O$  点からの距離が  $r$  の位置にあって円板とともに回転している自由電子 (電荷  $-e$ ) に対して磁界が及ぼすローレンツ力の大きさ  $F$  はいくらか。またその力の方向および向きはどうなるか。
- (3) ローレンツ力のために自由電子が移動し, その結果円板内には静電界が生ずる。自由電子に作用する遠心力は無視できるとすると, この静電界が自由電子に及ぼす力がローレンツ力と釣り合っている。静電界の大きさ  $E$  は,  $O$  点からの距離  $r$  に対してどのように変化するか。  $E(r)$  のグラフを描き, 円板の外周部 ( $r=a$  の位置) における静電界の大きさを書き入れよ。また静電界の方向および向きはどうなるか。
- (4) この静電界により, 円板の中心  $O$  と外周部の間には電位差が生ずる。  $O$  点の電位を基準にとれば, 外周部の電位  $V$  はいくらか。

つぎに, 磁界内のこの回転円板の外周と回転軸を, 電気抵抗  $R$  を含む静止している導線  $PCQ$  を用いて図 2 のように外周上の一点  $P$  と中心軸の表面上の一点  $Q$  ですべり接触させ, 閉じた電気回路  $OPCQO$  をつくる。この場合には, この回路に電流  $I$  が流れる。この閉回路において, 抵抗  $R$  以外の全ての部分の電気抵抗 (すべり接触点における抵抗も含めて) は, 無視できる。

- (5) 円板の半径を  $0.1 \text{ m}$ , 磁束密度の大きさを  $0.1 \text{ Wb/m}^2$ , 抵抗値を  $10 \Omega$  とし, 円板を毎秒  $100$  回転させるとき, 流れる電流  $I$  の大きさはいくらか。またこの電流はどの向きに流れるか。

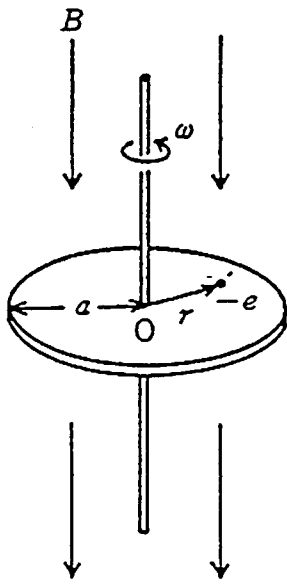


图 1

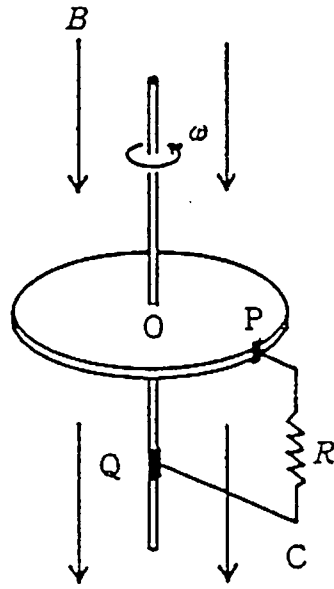
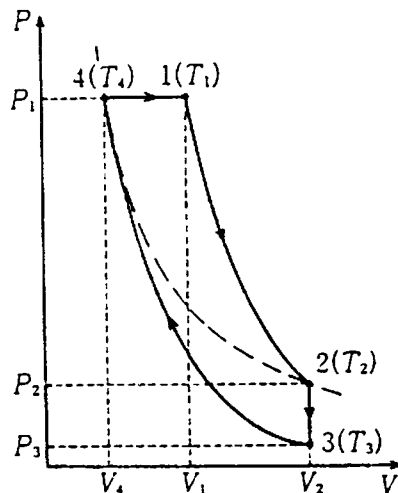


图 2

### 補充問題 1

図のように、1 mol の理想気体からなる系の圧力、体積、温度が 1 : ( $P_1$ ,

$V_1, T_1$ ), 2 : ( $P_2, V_2, T_2$ ), 3 : ( $P_3, V_3, T_3$ ), 4 : ( $P_1, V_4, T_4$ ), で与えられる 4 つの状態を  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$  のように結ぶ、閉じたサイクルを持つ熱機関 E がある。この過程のうち  $1 \rightarrow 2$ ,  $3 \rightarrow 4$  は断熱過程であり,  $2 \rightarrow 3$  は一定体積  $V_2$  のもとでの減圧過程,  $4 \rightarrow 1$  は一定圧力  $P_1$  のもとでの膨張過程である。また, 状態 2 と 4 は温度  $T$  の等温曲線 (図の破線) 上にあるものとする ( $T_2 = T_4 = T$ )。



この理想気体の定積モル比熱を  $C_v$ 、低圧モル比熱を  $C_p$ 、気体定数を  $R$  として、以下の文の  の中に入れるべき正しい答をそれぞれの解答群の中から選び、その番号をマークせよ。

- (1) 一般に、気体に外部から熱量  $\Delta Q$  が加えられ、同時に気体が外部に仕事  $\Delta W$  をなしたとき、その気体の内部エネルギーは  $\Delta U = \text{ (カ)}$  だけ増加する。いま圧力一定のもとに、この理想気体に外部から熱が加えられ、かつ気体が外部に仕事をした結果、気体の温度が  $\Delta T$  だけ上昇した。理想気体に対しては  $\Delta U = C_v \Delta T$  であるから、 $C_v$  と  $C_p$  の間には  (キ) の関係がある。
- (2) 熱機関 E がサイクルを一巡した。この 1 サイクルで外部から熱機関に加えられた熱量は  (ク) であり、熱機関が外部に放出した熱量は  (ケ) である。また、このサイクルで熱機関から外部に取り出すことができた仕事 (すなわち熱機関が外部に対してなした仕事と、外部から熱機関になされた仕事の差) は  (コ) である。
- (3) この理想気体が単原子分子からなっているとす。断熱過程で結ばれる状態 1 と 2 の温度差と状態 3 と 4 の温度差が等しいとき、この熱機関の効率は  (カ) である。

[解答群]

[(カ)の解答群]

- ①  $\Delta W - \Delta Q$       ②  $\Delta Q - \Delta W$   
③  $\Delta Q + \Delta W$       ④  $-\Delta W - \Delta Q$   
⑤  $-\Delta W$       ⑥  $-\Delta Q$

[(キ)の解答群]

- ①  $C_v + C_p = \frac{3}{2}R$       ②  $C_v - C_p = \frac{3}{2}R$   
③  $C_p - C_v = \frac{3}{2}R$       ④  $C_p - C_v = R$   
⑤  $C_v + C_p = R$       ⑥  $C_v - C_p = R$

[(ク)と(ケ)と(コ)の解答群]

- ①  $C_v(T_1 - T)$       ②  $C_v(T - T_3)$   
③  $C_p(T_1 - T)$       ④  $C_p(T - T_3)$   
⑤  $(C_v - R)(T_1 - T)$       ⑥  $(C_v - R)(T - T_3)$   
⑦  $C_v(T - T_3) - C_p(T_1 - T)$   
⑧  $C_p(T_1 - T) - C_v(T - T_3)$   
⑨  $C_v(T - T_3) - C_p(T_1 - T)$

[(カ)の解答群]

- ① 1      ②  $\frac{5}{3}$       ③  $\frac{2}{3}$   
④  $\frac{2}{5}$       ⑤  $\frac{3}{5}$       ⑥  $\frac{1}{2}$

補充問題 2

図に示すように、2本の長い導体棒が間隔  $l$  で平行に並び、その上に直交して、点 P, Q で接する十分に細い針金 A が置かれ、摩擦なしに動く。また、紙面の下から上に向かって、磁束密度  $B$  の一様な磁界がある。平行な棒の右の端には電気抵抗  $R$  が接続されており、左の端にはスイッチがあつて、①, ②, ③の回路に切替えられる。2本の導体棒と針金、およびそれらの接触部の電気抵抗はゼロとし、さらに電流によって発生する磁界は外部磁界  $B$  に比べて無視できるものとする。

つぎの文中の(1)~(4), (7)の  を本文中で使用されている記号で、(5), (6)の  を数字でうめよ。

問 1 スイッチを①にして、静止している針金 A に外力  $F$  を左向きに作用させると、A は等速度運動になった。その速度を  $v$  とする。針金 A と導体棒と電気抵抗  $R$  からなる閉回路の空間を占める磁束が、 $\Delta t$  時間に変化する量は  (1) である。したがって、A の両端に発生する誘導起電力の大きさは  (2) となる。一般に、針金 A に電流  $I$  が流れるとき、針金 A は磁界から力  $f =$   (3) を受ける。この力と外力  $F$  とがつりあっているから、A の速度は  $F$  を用いると  $v =$   (4) となる。

問 2 スイッチを②に切替える。針金 A の速度を問 1 と同じ  $v$  に保つためには、外力を  $F' =$   (5)  $F$  にしなければならない。

一定速度  $v$  のとき、外力の仕事率は  $F'v$  であるから、右端の電気抵抗  $R$  で消費される電力は  (6)  $F'v$  となる。

問 3 スイッチを③に切替える。針金 A が速度  $v$  で左向きに運動していて、電池の起電力  $E$  が図に示す向きであるとき、P から Q に流れる電流は電池の内部抵抗を無視すると  (7) となる。

