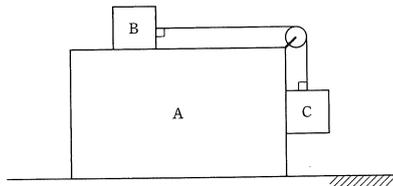


第1問 次の文章を読んで、下の問い(問1~9)に答えよ。(解答番号 1 ~ 9)

図のように水平な床の上に質量 $5m$ で直方体形の台 A がある。台 A の水平な上面には質量 m の物体 B が載せてあり、台 A に固定された滑車を介して質量 $2m$ の物体 C と糸で接続されている。物体 B と物体 C も直方体形で、糸と滑車の質量、および滑車の摩擦は無視できる。また、台は床の上を摩擦なく滑ることができる。

台 A と物体 B の間の摩擦は無視できる。物体 C は台 A の鉛直な側面から離れずに運動できるようになっているが、この部分の摩擦も無視できる。重力加速度の大きさを g とする。



まず、台 A を動かないように固定し、物体 B を支えた状態から静かに放すと、物体 B と物体 C が同時に動き出した。

問1 物体 C の降下加速度の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 1

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

問5 台 A の加速度の向きと大きさを表す式の組み合わせとして適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 5

- ① 左向きに g ② 右向きに g ③ 左向きに $2g$
 ④ 右向きに $2g$ ⑤ 左向きに $3g$ ⑥ 右向きに $3g$

問6 台 A に加える水平方向の外力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 6

- ① mg ② $2mg$ ③ $3mg$
 ④ $5mg$ ⑤ $8mg$ ⑥ $6mg$
 ⑦ $10mg$ ⑧ $16mg$ ⑨ $18mg$

最後に、静止した状態から台 A の固定と物体 B の支えを同時に静かに放す。

問7 台 A の加速度の向きと大きさを表す式の組み合わせとして適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 7

- ① 左向きに $\frac{2}{23}g$ ② 右向きに $\frac{2}{23}g$ ③ 左向きに $\frac{10}{23}g$
 ④ 右向きに $\frac{10}{23}g$ ⑤ 左向きに g ⑥ 右向きに g

問8 物体 B と物体 C を結ぶ糸の張力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 8

- ① $\frac{1}{3}mg$ ② $\frac{1}{2}mg$ ③ $\frac{2}{3}mg$
 ④ mg ⑤ $2mg$ ⑥ $3mg$
 ⑦ $\frac{2}{23}mg$ ⑧ $\frac{14}{23}mg$ ⑨ $\frac{21}{23}mg$

問2 物体 B と物体 C を結ぶ糸の張力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 2

- ① $\frac{1}{3}mg$ ② $\frac{1}{2}mg$ ③ $\frac{2}{3}mg$
 ④ mg ⑤ $2mg$ ⑥ $3mg$
 ⑦ $\frac{2}{23}mg$ ⑧ $\frac{14}{23}mg$ ⑨ $\frac{21}{23}mg$

問3 物体 C がはじめの位置から高さ h だけ降下したとき、物体 C の速さを表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。ただし、物体 C は床に到達していないものとする。 3

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

次に、静止した状態から台 A に水平方向の外力を加えることにより、床の上を一定の加速度で運動させ、物体 B を静かに放すと、物体 B と物体 C は台 A に対して静止した。

問4 物体 B と物体 C を結ぶ糸の張力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 4

- ① $\frac{1}{3}mg$ ② $\frac{1}{2}mg$ ③ $\frac{2}{3}mg$
 ④ mg ⑤ $2mg$ ⑥ $3mg$
 ⑦ $\frac{2}{23}mg$ ⑧ $\frac{14}{23}mg$ ⑨ $\frac{21}{23}mg$

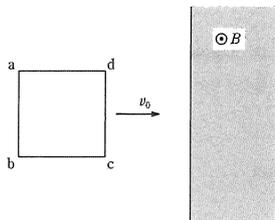
問9 台 A が床面から受ける垂直抗力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 9

- ① $5mg$ ② $6mg$ ③ $8mg$
 ④ $\frac{27}{13}mg$ ⑤ $\frac{47}{13}mg$ ⑥ $\frac{152}{13}mg$
 ⑦ $\frac{27}{23}mg$ ⑧ $\frac{47}{23}mg$ ⑨ $\frac{152}{23}mg$

第2問 次の文章を読んで、下の問い(問1~9)に答えよ。(解答番号 10~

18)

図のような1辺の長さが l の正方形のコイルabcdがなめらかな水平面上にある。空間には、幅 l の区間にわたり鉛直上向きに磁束密度の大きさが B である一様な磁場がある。コイルの電気抵抗は R であり、自己インダクタンスは無視できる。



コイルに外力を加えて、水平面上でコイルを一定の速度 v_0 で移動させる。速度は磁場の境界線と垂直で図の右向きである。コイルの辺abとcdはつねに磁場の境界線と平行に保たれる。辺cdが磁場のある区間に入り始めた時刻を $t=0$ とする。

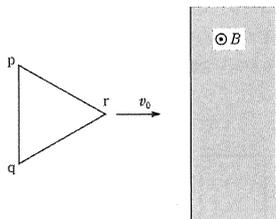
問1 時刻 $0 < t < \frac{l}{v_0}$ において、辺cdに現れる誘導起電力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 10

- ① $\frac{1}{2} v_0 B$ ② $v_0 B$ ③ $2v_0 B$
 ④ $\frac{1}{2} v_0 Bl$ ⑤ $v_0 Bl$ ⑥ $2v_0 Bl$
 ⑦ $\frac{1}{2} v_0 B l^2$ ⑧ $v_0 B l^2$ ⑨ $2v_0 B l^2$

問5 コイルが磁場のある区間を通過する間に、外力がコイルにした仕事を表す式として適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 14

- ① $\frac{v_0 B^2 l^2}{2R}$ ② $\frac{v_0 B^2 l^2}{R}$ ③ $\frac{2v_0 B^2 l^2}{R}$
 ④ $\frac{v_0 B^3 l^2}{2R}$ ⑤ $\frac{v_0 B^3 l^2}{R}$ ⑥ $\frac{2v_0 B^3 l^2}{R}$
 ⑦ $\frac{v_0 B^2 l^3}{2R}$ ⑧ $\frac{v_0 B^2 l^3}{R}$ ⑨ $\frac{2v_0 B^2 l^3}{R}$

コイルを1辺の長さが $\frac{2}{\sqrt{3}}l$ である正三角形コイルpqrに交換して同様の実験を行う。コイルの電気抵抗は R で自己インダクタンスは無視できる。図のように、辺pqをつねに磁場の境界線と平行に保ちながら、磁場の境界線と垂直な方向に一定の速度 v_0 で移動させる。頂点rが磁場のある区間に入り始めた時刻を $t=0$ とする。



問6 時刻 t ($0 < t < \frac{l}{v_0}$)において、コイルが囲む部分を貫く磁束の大きさとして適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 15

- ① $Bv_0^2 t^2$ ② $\frac{Bv_0^2 t^2}{\sqrt{3}}$ ③ $\frac{Bv_0^2 t^2}{2}$
 ④ $Bv_0^2 t$ ⑤ $\frac{Bv_0^2 t}{\sqrt{3}}$ ⑥ $\frac{Bv_0^2 t}{2}$
 ⑦ Bv_0^2 ⑧ $\frac{Bv_0^2}{\sqrt{3}}$ ⑨ $\frac{Bv_0^2}{2}$

問2 時刻 $0 < t < \frac{l}{v_0}$ において、辺abに流れる電流の向きと大きさを表す式の組み合わせとして適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 11

- ① a→bの向きに $\frac{v_0 B}{R}$ ② b→aの向きに $\frac{v_0 B}{R}$
 ③ a→bの向きに $\frac{v_0 Bl}{R}$ ④ b→aの向きに $\frac{v_0 Bl}{R}$
 ⑤ a→bの向きに $\frac{v_0 B l^2}{R}$ ⑥ b→aの向きに $\frac{v_0 B l^2}{R}$

問3 時刻 $0 < t < \frac{l}{v_0}$ において、コイルに加える外力の大きさを表す式として適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 12

- ① $\frac{v_0 B l^2}{2R}$ ② $\frac{v_0 B l^2}{R}$ ③ $\frac{2v_0 B l^2}{R}$
 ④ $\frac{v_0 B^2 l}{2R}$ ⑤ $\frac{v_0 B^2 l}{R}$ ⑥ $\frac{2v_0 B^2 l}{R}$
 ⑦ $\frac{v_0 B^2 l^2}{2R}$ ⑧ $\frac{v_0 B^2 l^2}{R}$ ⑨ $\frac{2v_0 B^2 l^2}{R}$

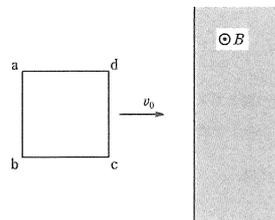
問4 時刻 $0 < t < \frac{2l}{v_0}$ において、コイルに加える外力の向きとして適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 13

- ① つねに右向き
 ② つねに左向き
 ③ $0 < t < \frac{l}{v_0}$ は右向き、 $\frac{l}{v_0} < t < \frac{2l}{v_0}$ は左向き
 ④ $0 < t < \frac{l}{v_0}$ は左向き、 $\frac{l}{v_0} < t < \frac{2l}{v_0}$ は右向き
 ⑤ 上記のいずれでもない

問7 時刻 t ($0 < t < \frac{l}{v_0}$)において、辺pqに流れる電流の大きさを表す式として適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 16

- ① $\frac{Bv_0^2 t^2}{R}$ ② $\frac{Bv_0^2 t^2}{\sqrt{3}R}$ ③ $\frac{2Bv_0^2 t^2}{\sqrt{3}R}$
 ④ $\frac{Bv_0^2 t}{R}$ ⑤ $\frac{Bv_0^2 t}{\sqrt{3}R}$ ⑥ $\frac{2Bv_0^2 t}{\sqrt{3}R}$
 ⑦ $\frac{Bv_0^2}{R}$ ⑧ $\frac{Bv_0^2}{\sqrt{3}R}$ ⑨ $\frac{2Bv_0^2}{\sqrt{3}R}$

コイルを正方形コイルabcdに戻す。今度は、コイルに磁場のある区間近く向きに大きさ v_0 の初速度を与えて、その後は外力を加えない。コイルの質量を M 、辺cdが磁場のある区間に入り始めた時刻を $t=0$ とする。



問8 コイルが磁場中にあるとき、コイルの速度 v と時刻 $t=0$ からの変位 x との間には $v_0 - v = Ax$ の関係が成り立つ。 A を表す式として適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 17

- ① $A = \frac{Bl}{M}$ ② $A = -\frac{Bl}{M}$ ③ $A = \frac{Bl}{MR}$
 ④ $A = -\frac{Bl}{MR}$ ⑤ $A = \frac{B^2 l^2}{MR}$ ⑥ $A = -\frac{B^2 l^2}{MR}$

問9 コイルが磁場のある区間を完全に通過するための v_0 の条件を表す式として適当なものを、次の①~③のうちから1つ選べ。 18

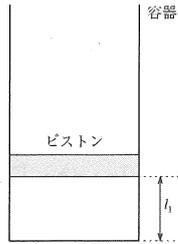
- ① $v_0 > Al$ ② $v_0 < Al$ ③ $v_0 > 2Al$
 ④ $v_0 < 2Al$ ⑤ $v_0 < 3Al$ ⑥ $v_0 < 4Al$



第3問 次の文章を読んで、下の問い(問1~8)に答えよ。(解答番号 19 ~ 26)

熱をよく通す素材でできた底面積 S の容器に、なめらかに動くピストンで単原子分子の理想気体を一定量封入する。はじめ、図のようにピストンを上側にし、鉛直に固定すると、容器の底とピストンとの距離が l_1 の位置でピストンが静止していた。このとき、外気の温度(絶対温度)は T_0 、圧力は p_0 であったが、容器内の気体の圧力は $\frac{5}{4}p_0$ であった。このときの、容器内の気体の状態を状態 A とする。

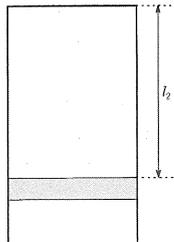
外気の温度を変化させることにより、容器内の気体を加熱あるいは冷却することができるが、外気の圧力は一定に保たれる。重力加速度の大きさを g とする。



問1 ピストンの質量を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 19

- ① 0 ② $\frac{p_0 S}{4g}$ ③ $\frac{p_0 S}{2g}$
 ④ $\frac{3p_0 S}{4g}$ ⑤ $\frac{p_0 S}{g}$ ⑥ $\frac{5p_0 S}{4g}$

外気の温度を $2T_0$ に保ったまま、容器をゆっくりと回転させて、図のようにピストンが下側の状態で鉛直に固定する。このときの、容器内の気体の状態を状態 C とする。容器を回転させる間に、容器内の気体は外部に対して $ap_0 S l_1$ の仕事をした。



問5 容器の底とピストンの距離 l_2 を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 23

- ① $l_2 = 2l_1$ ② $l_2 = \frac{7}{3}l_1$ ③ $l_2 = \frac{8}{3}l_1$
 ④ $l_2 = 3l_1$ ⑤ $l_2 = \frac{10}{3}l_1$ ⑥ $l_2 = \frac{11}{3}l_1$
 ⑦ $l_2 = 4l_1$ ⑧ $l_2 = \frac{13}{3}l_1$

問6 容器を回転させる間に容器内の気体が外気から吸収した熱を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 24

- ① $-ap_0 S l_1$ ② $ap_0 S l_1$ ③ $-2ap_0 S l_1$
 ④ $2ap_0 S l_1$ ⑤ $-(a + \frac{3}{2})p_0 S l_1$ ⑥ $(a + \frac{3}{2})p_0 S l_1$
 ⑦ $-(a + \frac{5}{2})p_0 S l_1$ ⑧ $(a + \frac{5}{2})p_0 S l_1$

問2 容器内の気体の内部エネルギーを表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 20

- ① $p_0 S l_1$ ② $\frac{3}{2}p_0 S l_1$ ③ $\frac{5}{4}p_0 S l_1$
 ④ $\frac{15}{8}p_0 S l_1$ ⑤ $\frac{15}{4}p_0 S l_1$ ⑥ $\frac{15}{2}p_0 S l_1$

外気の温度をゆっくりと $2T_0$ まで上昇させる。このときの、容器内の気体の状態を状態 B とする。

問3 変化の間に容器内の気体が外部にした仕事を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 21

- ① $p_0 S l_1$ ② $\frac{3}{2}p_0 S l_1$ ③ $\frac{5}{4}p_0 S l_1$
 ④ $\frac{15}{8}p_0 S l_1$ ⑤ $\frac{15}{4}p_0 S l_1$ ⑥ $\frac{15}{2}p_0 S l_1$

問4 変化の間に容器内の気体が外気から吸収した熱を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 22

- ① $\frac{15}{8}p_0 S l_1$ ② $\frac{15}{4}p_0 S l_1$ ③ $\frac{15}{2}p_0 S l_1$
 ④ $\frac{25}{8}p_0 S l_1$ ⑤ $\frac{25}{4}p_0 S l_1$ ⑥ $\frac{25}{2}p_0 S l_1$

外気の温度をゆっくりと T_0 に戻す。このときの、容器内の気体の状態を状態 D とする。

問7 変化の間に容器内の気体が外気から吸収した熱を表す式として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 25

- ① $-\frac{25}{8}p_0 S l_1$ ② $-\frac{25}{4}p_0 S l_1$ ③ $-\frac{25}{2}p_0 S l_1$
 ④ $\frac{25}{8}p_0 S l_1$ ⑤ $\frac{25}{4}p_0 S l_1$ ⑥ $\frac{25}{2}p_0 S l_1$

最後に、外気の温度を T_0 に保ったまま、容器をゆっくりと回転させて、ピストンが上側の状態で鉛直に固定すると、容器内の気体ははじめの状態 A に戻った。

問8 状態 A → B → C → D → A の一連の変化における容器内の気体の圧力 p と体積 V の変化の様子を表すグラフの概形として適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 26

