2016（H28）年度　東京工業大学　入学試験　物理解説

$\boxed{1}$ (50点)　　　　120分

＜解答＞

[A] (a)

おもりの水平方向の位置は立方体の右端と壁の中点にある。したがって，おもりと壁の水平方向の距離は立方体の右端と壁の距離の$\dfrac{1}{2}$だから，おもりの水平方向の速度と加速度は立方体の右端の速度と加速度の$\dfrac{1}{2}$である。

おもりの水平方向の速度は$\dfrac{V}{2}$　（答），　おもりの水平方向の加速度は$\dfrac{a}{2}$　（答）

(b)

立方体の水平方向の運動方程式は，$Ma=T_1\cos\theta$，$\therefore \cos\theta=\dfrac{Ma}{T_1}$

おもりの水平方向の運動方程式は，$\dfrac{M}{3}a_H=T_2\cos\theta-T_1\cos\theta$，ただし$a_H=\dfrac{a}{2}$

$\dfrac{a}{2}=\dfrac{3}{M}(T_2-T_1)\cos\theta=\dfrac{3a(T_2-T_1)}{T_1}$，$\therefore \dfrac{T_2}{T_1}=\dfrac{7}{6}$　（答）

(c)

おもりの水平方向の速度 $\dfrac{V}{2}$，おもりの動く軌道は壁と糸を結ぶ点を中心とする半径 s の円となる。したがって，その円軌道方向の速度は $\dfrac{V}{2}\div\sin\dfrac{\pi}{6}=V$

力学的エネルギー保存の法則により，

（立方体の運動エネルギー）＋（おもりの運動エネルギー）

＝（おもりが失った重力の位置エネルギー）だから，

$\dfrac{1}{2}MV^2+\dfrac{1}{2}\dfrac{M}{3}V^2=\dfrac{M}{3}gs\sin\dfrac{\pi}{6}$，$\therefore V=\dfrac{\sqrt{gs}}{2}$　（答）

(d)

おもりは半径sの円運動をするので，円運動の方程式は

$\dfrac{M}{3}\times\dfrac{V^2}{s}=T_2-\dfrac{M}{3}g\sin\theta-T_1\cos2\theta=T_2-\dfrac{M}{3}g\sin\dfrac{\pi}{6}-\dfrac{6}{7}T_2\cos\dfrac{\pi}{3}$

したがって $\dfrac{Mg}{12}=T_2-\dfrac{Mg}{6}-\dfrac{3}{7}T_2$，$\therefore T_2=\dfrac{7}{16}Mg$　（答）

[B] (e)

左からn 個めのおもりの左の糸の張力を T_n，右の張力を T_{n+1} とすれば，おもりが静止しているので，力のつりあいにより，$n=1$，2，3，4 に対して

水平方向に $T_n\cos\theta_n=T_{n+1}\cos\theta_{n+1}$

垂直方向に $T_n\sin\theta_n=mg+T_{n+1}\sin\theta_{n+1}$

$n=5$ のとき

水平方向に $T_5\cos\theta_5=T_6\cos\theta_6=T$

垂直方向に $T_5\sin\theta_5 = mg + T_6\sin\theta_6 = mg$

以上から，$T_1\cos\theta_1 = T$，$T_1\sin\theta_1 = 5mg$，

したがって，立方体に接続されている点に働く糸の張力は $T_1 = \sqrt{(5mg)^2 + T^2}$ （答）

(f)

立方体の右下辺を回転軸とする力のモーメントのつり合いを考える。

時計回りの力のモーメントは，$T_1 L\cos\theta_1 = T_1 L\dfrac{T}{T_1} = TL$

反時計回りの力のモーメントは，$M_1 g \times \dfrac{\sqrt{2}\,L}{2}\cos\dfrac{\pi}{4}$

両者を等しいとして，$M_1 = \dfrac{2T}{g}$ （答）

(g)

立方体を水平方向へ引く力は，糸の張力の水平方向成分で T

立方体に働く鉛直方向の力は重力Mg，糸の張力の鉛直方向成分$T_1\sin\theta_1 = 5mg$

したがって立方体に働く静止摩擦力は $\mu(Mg + 5mg)$

$T \geqq \mu(Mg + 5mg)$すなわち $M \leqq \dfrac{T}{\mu g} - 5m$のとき，立方体は滑る。

したがって，滑り始める M は$M_2 = \dfrac{T}{\mu g} - 5m$ （答）

＜解説＞

どのような運動をするのか，全貌を描いて考察を進めよう。おもりが重力により落下する。立方体と床の間には摩擦がないので，糸の張力によって立方体が引っ張られて，壁の方へ滑り出す。おもりは糸の中点にあって，立方体の右端と壁の中間に位置するから，落下とともに壁の方へ動く。糸は伸びたり，たるんだりしないと仮定されているので，おもりは壁に固定された糸の右端を中心とする円運動をする。

[A](a)

おもりの運動方程式は？などと考えると，難しくなる。ここは，素直に考えよう。立方体は速度Vで右方に動いている。ということは，壁と立方体右端の間の空間は速さVで狭くなる。すると，その中間にあるおもりと壁の間隔は速さ $\dfrac{V}{2}$ で狭くなる。

速度の変化も壁の速度が単位時間にa変化すれば，おもりの速度は $\dfrac{a}{2}$ 変化する。

(b)

(a)によって求めたおもりの水平方向の加速度を用いて，おもりの水平方向の運動方程式を記述する。

(c)

立方体の運動はおもりの落下によって引き起こされるのだから，おもりの位置エネルギーの減少が速度Vに関係すると直感するであろう。力学的エネルギー保存の法則に基づく式を記述する。

ここで問題になるのが，おもりの速度である。水平方向の速度は (a)で求まっている。

おもりの運動方向がわからないと，全速度がわからない。幸い，おもりは壁と糸を結ぶ点を中心とする円運動をするから，その円周方向の速度が全速度となる。図１を参照する。

(d)

おもりの円運動の方程式を記述し，(b)，(c) を活用して，T_2 の値を計算する。

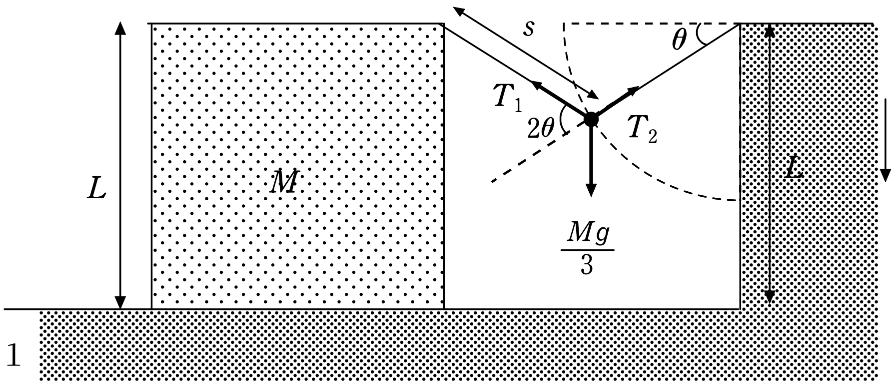


図１

[B] (e)

図２のように10 個のおもりに1から10 までの番号をつけ，図３のように，n番目のおもりの左側の糸の張力をT_n，糸が水平方向となす角をθ_n，右側の糸の張力をT_{n+1}，糸が水平方向となす角をθ_{n+1} として，おもりに働く力のつり合いを考える。

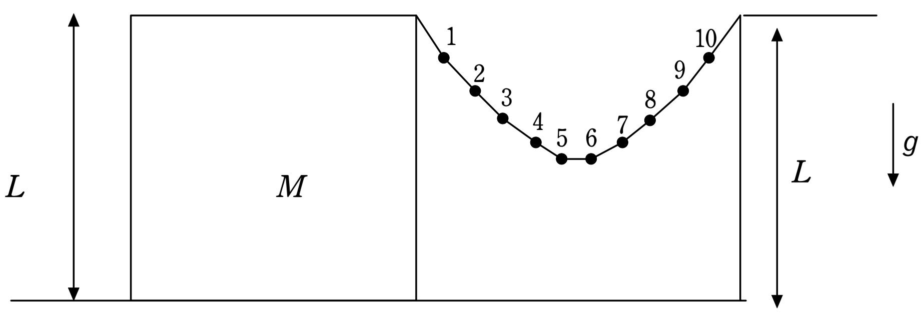


図２

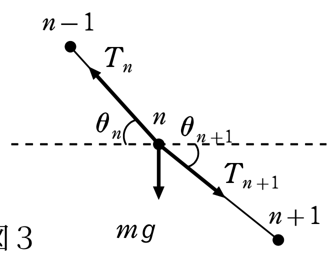


図３

(f)

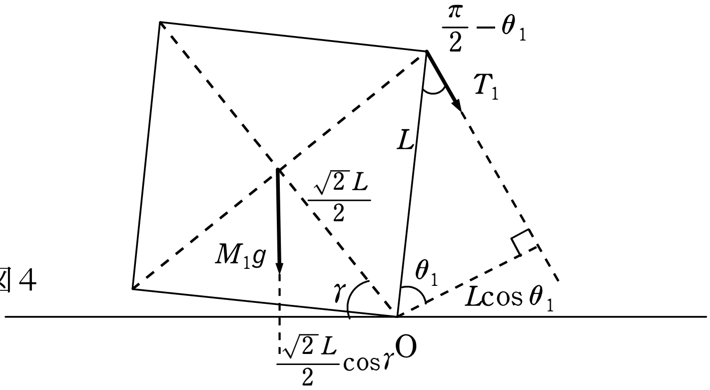
図４の立方体の中心を通る断面図において，右下辺が床と接する点をOとする。Oを回転中心とする力のモーメントのつり合いを考える。

時計回りの力のモーメントは，$T_1 L\cos\theta_1 = T_1 L \times \dfrac{T}{T_1} = TL$

反時計回りの力のモーメントは，$M_1 g\times\dfrac{\sqrt{2}L}{2}\cos\gamma$，傾き始める$\gamma$は$\dfrac{\pi}{4}$

両者を等しいとして，$M_1=\dfrac{2T}{g}$

図４



(g)

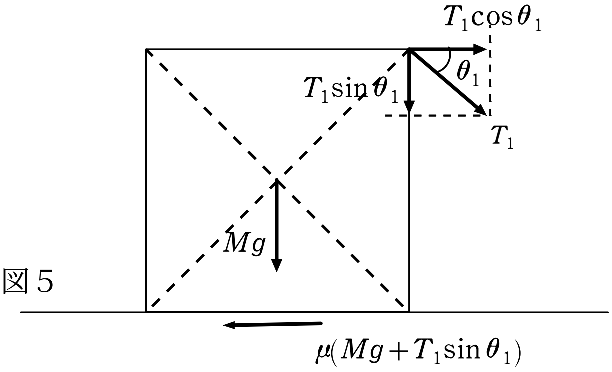
図５のように立方体には，水平右方向に糸の張力 $T_1\cos\theta_1 = T$ が働く。
鉛直方向には重力 Mg と $T_1\sin\theta_1 = 5mg$ が働く。
したがって床と立方体との間に働く静止摩擦力は $\mu(Mg+T_1\sin\theta_1)$
立方体が静止する条件は

$T_1\cos\theta_1 \leqq \mu(Mg+T_1\sin\theta_1)$，すなわち $T\leqq \mu(Mg+5mg)$，$\therefore M\geqq\dfrac{T}{\mu g}-5m$

したがって，M が $M_2=\dfrac{T}{\mu g}-5m$ よりも小さいと立方体は動き始める。

この問題で，張力の鉛直方向成分が床を押す力となって，摩擦力を発生させることを忘れない。

図５



$\boxed{2}$ (50点)

＜解答＞

［A］ (a)

Ｐを中心にして反時計回りに回転する導線PQ内の電子に対して，フレミングの左手の法則により，QからＰに向かってローレンツ力が働く。これが電子をQからPへと移動させ，Ｐに負電荷が貯まるので，点Qの電位は点Pより高くなる。その大きさは，導線PQが単位時間当たりに横切る磁束に等しい。

（単位時間当たりに導線PQが横切る磁束）

＝（Pを中心に回転する導線PQが単位時間当たりに描く面積）×（磁束密度B）

導線PQが単位時間当たりに描く面積$=\pi a^2 \times \dfrac{1}{2\pi a} \times \dfrac{av}{d} = \dfrac{a^2 v}{2d}$

また，導線P’Q’の回転によるローレンツ力はPQのそれと同じだから，点QとQ’は同電位である。したがって，点Qにおける電位は $\dfrac{a^2 vB}{2d}$ （答）

(b)

スイッチS_2を閉じる前は，この回路にはエネルギーを消費する要素がないので，初速vを与えることにより，$F=0$で回転子は回る。したがって $F_0=0$ （答）

スイッチS_2を閉じた直後，コンデンサーの電荷は0なので，スイッチS_4の電位は0。したがってスイッチS_4につながる抵抗の電流は $I=\dfrac{V_B}{R}$，ただしV_Bは点Qの電位。

この電流によって，抵抗で消費される電力が回転子を回す仕事率に等しい。

したがって $F_1 v = I^2 R = \dfrac{{V_B}^2}{R}$，$\therefore F_1 = \dfrac{v}{R}\left(\dfrac{a^2 B}{2d}\right)^2$ （答）

S_2を閉じて十分時間が経過すると，コンデンサーの充電が終わり，抵抗のみに電流が流れるようになり，電力が消費される。

抵抗は$2R$，電流は$I=\dfrac{V_B}{2R}$，したがって消費電力は$I^2 \times 2R = \dfrac{1}{2R}\left(\dfrac{a^2 vB}{2d}\right)^2$

回転子を回す仕事率が消費電力に等しいから，$F_2 v = \dfrac{1}{2R}\left(\dfrac{a^2 vB}{2d}\right)^2$，

$\therefore F_2 = \dfrac{v}{2R}\left(\dfrac{a^2 B}{2d}\right)^2$ （答）

(c)

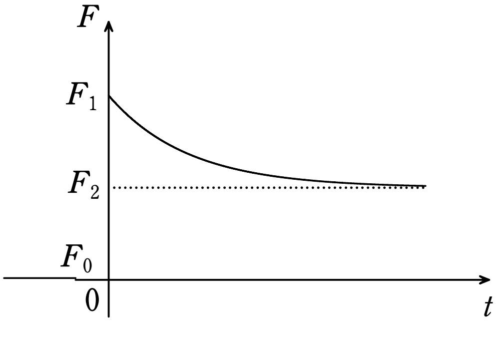


図１

(d)

S_2，S_5を閉じると，導線PQに電流 $I=\dfrac{V_0}{R}$ が流れるので，導線PQは磁場から力を受ける。その力はフレミングの左手の法則により，導線PQと磁場Bに垂直だから，Ｐを中心にPQを回転する。電流Iが流れる導線PQの短い要素Δlに磁場から働く力は$IB\Delta l$，Ｐから距離lにおいて働く力のモーメントは$IBl\Delta l$，すると導線 PQ に働く力のモーメントは$IB\displaystyle\int_0^a l\,dl = \frac{1}{2}a^2 IB$。この力のモーメントにつり合う力のモーメントをA 点で発生する必要があるから，$d \times F = \dfrac{1}{2}a^2 IB$，$\therefore F = \dfrac{a^2 IB}{2d} = \dfrac{a^2 B}{2d}\left(\dfrac{V_0}{R}\right)$ （答）

[B] (e)

回転子の回転により，導線の四角形PQP'Q'が含む磁束はabBから$-abB$と変化し，発生する誘起電圧は，回転の角振動数をωとして，

$V=-\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}=-B\dfrac{\Delta(ab\cos\omega t)}{\Delta t}=ab\omega B\sin\omega t$，したがって振幅は$ab\omega B$

回転中心から距離dにある棒の端点A が速さv_eで回転するのだから，

回転の周期は $\dfrac{2\pi d}{v_e}$，振動数はその逆数で $\dfrac{v_e}{2\pi d}$，

１回転の角は 2π だから，角振動数は $\omega=\dfrac{v_e}{2\pi d}\times 2\pi=\dfrac{v_e}{d}$

以上によって，誘起電圧の振幅は $ab\omega B=\dfrac{abv_eB}{d}$　（答）

(f)

コンデンサーとコイルの両端の電圧を$V_E=A_V\sin\omega t$とすれば，

コンデンサーについて $I_C(t)=\omega CA_V\cos\omega t=I_{C0}\cos\omega t$，$I_{C0}=\omega CA_V$

コイルについて $I_L(t)=-\dfrac{1}{\omega L}A_V\cos\omega t=-I_{L0}\cos\omega t$，$I_{L0}=\dfrac{1}{\omega L}A_V$

したがって，$\dfrac{I_{L0}}{I_{C0}}=\dfrac{1}{\omega^2CL}=\dfrac{d^2}{{v_e}^2CL}$　（答）

(g)

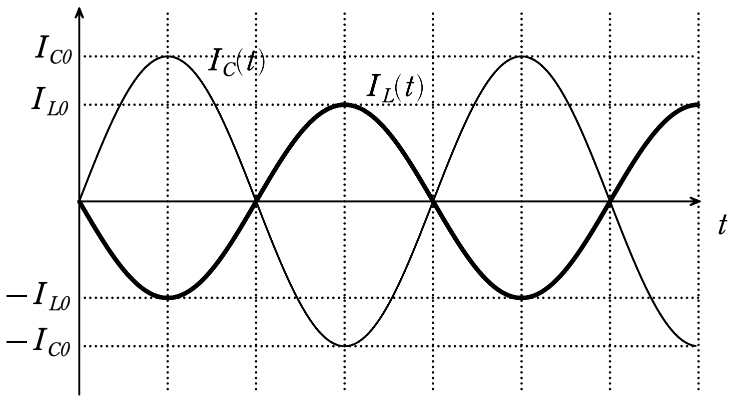


図２

(h)

$F=0$で棒が回るということは，回路による電力消費が0ということ。

したがって，回路の抵抗Rに流れる電流 $I=I_C(t)+I_L(t)=0$　（答）

また(f)から，$\omega CA_V\cos\omega t=\dfrac{1}{\omega L}A_V\cos\omega t$，$\therefore \dfrac{1}{\omega^2CL}=\dfrac{d^2}{{v_h}^2CL}=1$，

$\therefore v_h=\dfrac{d}{\sqrt{CL}}$　（答）

＜解説＞

[A] (a)

一様な磁場に垂直な面内を並進移動する導線に発生する起電力については，教科書に記載がある。この問題のように，回転する導線にはどのような起電力が発生するであろうか。

解答の説明は図１のように仮想的に閉回路を考え，その回路を貫く磁束の時間変化によ

り起電力が発生すると考えれば分かり易い。

図３(a)は教科書に記載される導線の並進移動の場合で，起電力はlvBで，$I=lvB/R$の電流が流れる。図３(b)が本問のように導線が回転する場合で，同じように（単位時間あたりに導線が横切る磁束）＝（磁場を横切る面積$lv/2\times$磁束密度B）が起電力となる。

これらは，誘導起電力の大きさは，コイルを貫く磁束の単位時間あたりの変化に比例する，というファラディの電磁誘導の法則に基づく。

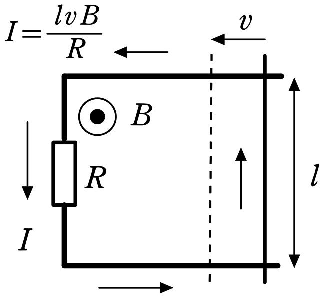


図３(a)

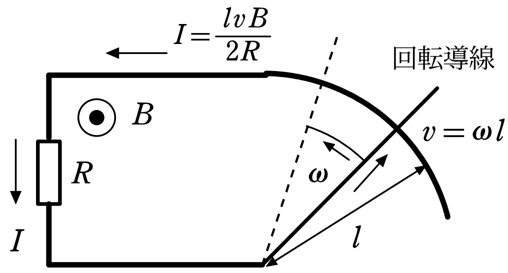


図３(b)

(b)

やや難しい問題だが，コンデンサーを含む回路の電流，電圧変化については，教科書に類似の記載がある。回転子を回すことによる回路の消費電力を求め，その消費電力に相当する仕事をしなければならないことから，棒を押す力Fを求める。短い時間Δtになされる仕事は$Fv\Delta t$だから，仕事率はFvである。これが回路の消費電力に等しい。

解答に記載した回路の電流について数式を追って考察してみよう。

スイッチS_2を閉じた直後に，回路を流れる電流をI，スイッチS_3を通り抵抗に流れる電流をI_R，スイッチS_4を通りコンデンサーに流れる電流をI_Cとする。

キルヒホッフの法則により$I=I_R+I_C$，$IR+I_RR=(I_R+I_C)R+I_RR=V_B$

ただしV_Bは点Qにおける電位。

したがって $I_C=\dfrac{V_B}{R}-2I_R$　①

また短い時間Δtにコンデンサーに溜まる電気量は $Q=I_C\Delta t=CI_RR$　②

①，②から $I_R=\dfrac{V_B\Delta t}{R(CR+2\Delta t)}$，$I_C=\dfrac{CV_B}{CR+2\Delta t}$

スイッチS_2を閉じた直後，すなわち$\Delta t\to 0$では $I_R=0$，$\therefore\ I=I_C=\dfrac{V_B}{R}$

また十分時間がたつと，コンデンサーの充電が進み，$I_C\to\ 0$ になるから，①により

$I=I_R=\dfrac{V_B}{2R}$

(c)

$t=0$でスイッチS_2を閉じた瞬間，$F=F_0=0$から$F=F_1$へ急上昇する。その後，コンデンサーの充電とともに，F_1から降下しF_2へ漸近する。F_2に漸近するので，その変化は初めに大きく，次第に小さくなっていく。このことを考慮して解答図を描く。

(d)

Pから距離 l において導線の微小な長さΔl に働く力のモーメントは$IBl\Delta l$ だから，

導線 PQ 全体に働く力のモーメントは，これらの和となる。l を0からaまで変えながら，

$l\varDelta l$ の和をとるということは，$\int_0^a l dl$ を行うことである。

[B] (e)

回転子が回転することにより発生する誘起電圧は，回転の角振動数をω として，

$$V=-\frac{\varDelta\phi}{\varDelta t}=-B\frac{\varDelta(ab\cos\omega t)}{\varDelta t}=ab\omega B\sin\omega t$$

ただし回転子の磁場を横切る面積は $ab\cos\omega t$ のように変化する（図４参照）。

回転中心から距離d にある棒の端点A が速さv_eで回転するので，回転の周期は$\dfrac{2\pi d}{v_e}$，

振動数はその逆数で$\dfrac{v_e}{2\pi d}$，角振動数は１回転の角が2πだから，$\omega = \dfrac{v_e}{2\pi d}\times 2\pi = \dfrac{v_e}{d}$

(f)

コンデンサーとコイルの両端の電圧を$V_E=A_V\sin\omega t$として，

$$I_C(t)=\frac{\varDelta Q}{\varDelta t}=\frac{\varDelta(CV_E)}{\varDelta t}=C\omega CA_V\cos\omega t=I_{C0}\cos\omega t,\quad I_{C0}=\omega CA_V$$

またV_Eはコイルに流れる電流$I_L(t)$によって誘起される逆起電力に等しいから，

$$V_E=A_V\sin\omega t=-L\frac{\varDelta I_L}{\varDelta t},\quad \therefore I_L(t)=-\frac{1}{\omega L}A_V\cos\omega t==-I_{L0}\cos\omega t,\quad I_{L0}=\frac{1}{\omega L}A_V$$

(g)

$I_L(t)=-\dfrac{1}{\omega^2 CL}I_C(t)$だから，$I_C(t)$を正負逆転し，振幅は適当な波形を描く。

(h)

コンデンサーに流れる電流とコイルに流れる電流とが打ち消し合って，抵抗には電流が流れない。コンデンサーとコイルとの間で，電流が行き来している。$\omega=\dfrac{1}{\sqrt{CL}}$なる振動数の電圧がかかると，コンデンサーの充放電の電流とコイルによる逆起電力による電流変化との振動数が一致して，共振が発生する。

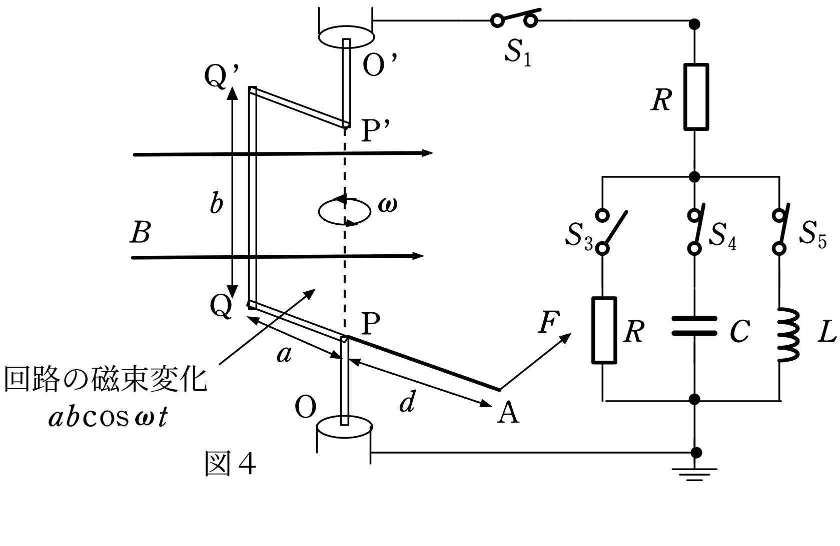


図４

$\boxed{3}$ (50点)

＜解答＞

[A](a)

理想気体の体積が$\mathit{\Delta} V$ 増加したので，容器A の液面は$\dfrac{\mathit{\Delta} V}{S}$ 下降し，

容器B の液面は$\dfrac{2\mathit{\Delta} V}{S}$ 上昇した。液体の圧力差は $\dfrac{3\mathit{\Delta} V}{S}\rho g$

したがって $p_a = p_0 + \dfrac{3\mathit{\Delta} V}{S}\rho g$　（答）

(b)

$\mathit{\Delta} V = V - V_0$とおけば，$p_a = p_0 + \dfrac{3\rho g}{S}(V - V_0)$，この関係は任意の$V$で成立するので，

p はV の変化に対して直線的に変化する。したがって pとV は図１のように変化する。

この過程で理想気体がした仕事は，この線分とV軸が囲む面積だから，

グラフは図１，$W_a = \dfrac{(p_0 + p_a)\mathit{\Delta} V}{2}$　（答）

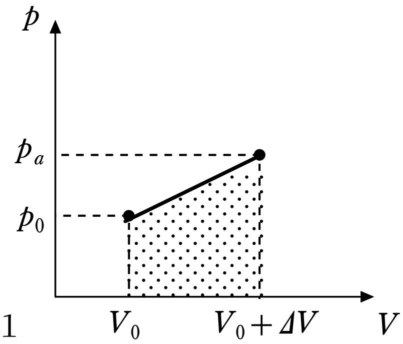


図１

(c)

$W_a{}'$は容器Ｂの液面を押す圧力に抗して液面を上昇させるための仕事である。

したがって，$W_a{}' = \dfrac{1}{2}p_0 S \times \dfrac{2\mathit{\Delta} V}{S} = p_0 \mathit{\Delta} V$　（答）

[B](d)

理想気体の体積が$\mathit{\Delta} V$ 増加することにより，容器ＡからＢへ液体が$\mathit{\Delta} V$ 移動した。

したがって容器Ｂの液体の重力が $(\rho \mathit{\Delta} V)g$ 大きくなったので，ばねが $\dfrac{(\rho \mathit{\Delta} V)g}{k}$ 伸びた。

この結果，(a)におけるワイヤーの場合の容器ＡとＢの液面の差 $\dfrac{3\mathit{\Delta} V}{S}$ が減少して

$\dfrac{3\mathit{\Delta} V}{S} - \dfrac{(\rho \mathit{\Delta} V)g}{k}$となる。したがって，$p_d = p_0 + \left(\dfrac{3\mathit{\Delta} V}{S} - \dfrac{\rho g \mathit{\Delta} V}{k}\right)\rho g$　（答）

(e)

(d)の結果から，$p_d = p_0$ならば，$\dfrac{3\mathit{\Delta} V}{S} - \dfrac{(\rho \mathit{\Delta} V)g}{k} = 0$，$\therefore\ k = k_e = \dfrac{\rho g S}{3}$　（答）

気体は定圧変化をしたので定圧モル比熱 $\dfrac{5}{2}R$を用いて $Q_e = \dfrac{5}{2}nR(T - T_0)$，

ただし気体はnモル，T_0，T は加熱前後の気体の温度

加熱前の気体の状態方程式は $p_0 V_0 = nRT_0$，

加熱後の気体の状態方程式は $p_0(V_0+\Delta V)=nRT$,

したがって $nR(T-T_0)=p_0\Delta V$, $\therefore\ Q_e=\dfrac{5}{2}p_0\Delta V$　（答）

(f)

- 理想気体の内部エネルギーU：　＋
- 容器Ｂの液面から天井までの距離 d：　＋
- 重力による液体の位置エネルギー E_L：　−
- ばねの弾性力による位置エネルギー E_E：　＋
- 位置エネルギーの合計：E_L+E_E　0

(g)

加熱前の気体の状態方程式　$p_0V_0=nRT_0$

加熱後の気体の状態方程式　$p(V_0+\Delta V)=p\left(V_0+\dfrac{1}{4}V_0\right)=\dfrac{15}{16}nRT_0$, $\therefore\ p=\dfrac{3}{4}p_0$

(d)のように気体の圧力と体積は直線的に変化するので,
この過程のpとVの変化は図２のようになる。

気体の内部エネルギーの低下　$\dfrac{3}{2}nR\times\dfrac{1}{16}T_0=\dfrac{3}{32}p_0V_0$

気体がした仕事は図２の直線とV軸が囲む面積だから　$\dfrac{7}{32}p_0V_0$

熱力学の第１法則により，この過程で加えたヒーターの熱量

グラフは図２，$Q_g=\dfrac{7}{32}p_0V_0-\dfrac{3}{32}p_0V_0=\dfrac{1}{8}p_0V_0$　（答）

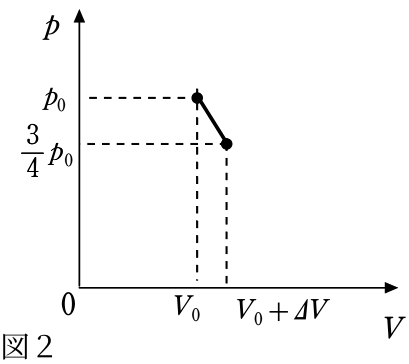


図２

＜解説＞

[A](a)

容器Ａの断面積がＢの2倍であることに注意して，液面の高さの差を計算しよう。

(b)

pとVが直線関係になることを説明して，直線で結ぶグラフを描こう。

(c)

盲点をつくような問題である。容器Ｂの液面に大気圧p_0が加わっているので，液面が上昇するということは，p_0に抗して仕事をしたことになる。見逃し易いので注意しよう。

Ｂ(d)

液体が容器Ｂに移動することにより，容器Ｂの重量が増し，ばねが伸びて，液面が下が

ることに注意しよう。その結果，理想気体の圧力はワイアの場合よりも低下する。

(e)

(d)を正しく解くことができれば，問題なかろう。この変化は定圧変化なので，定圧モル比熱により，温度上昇と吸収熱量の関係を表すことができる。

(f)

- 定圧膨張で理想気体の温度は上昇したので，内部エネルギーは増加した。
- 容器Ａの液面は理想気体の体積がΔV増大したので，下降した。一方，容器Ｂの液面は容器Ａの液面に対して(d)で求めたように上昇するが，ここでは$p_d=p_0$と理想気体の圧力は変化しないので，容器Ａの液面とＢの液面の高さは同じである。ということは，容器Ｂの液面は下降したので，dは増加した。
- 容器Ａ，Ｂの液面は下降したので，重力による液体の位置エネルギーE_Lは減少した。
- ばねは伸びたので，ばねの弾性力による位置エネルギーE_Eは増加した。
- 熱力学の第１法則により理想気体に与えた熱量は気体の内部エネルギーの増加と気体のした仕事（大気圧p_0に抗して液面を移動させた仕事）になる。

  したがってエネルギー保存の法則により，重力による液体の位置エネルギーとばねの弾性力による位置エネルギーの和は保存されるので，E_L+E_Eは変化しなかった。

(g)

加熱後の圧力，体積は容易に求めることができる。加熱前の点(p_0, V_0)と加熱後の点$\left(\dfrac{3}{4}p_0, \dfrac{5}{4}V_0\right)$をどのように結ぶか，が問題となる。(d)により，圧力と体積変化は直線的変化の関係にある。２点を直線によって結べば良い。

すると気体のした仕事はグラフの直線とV軸が囲む台形の面積となる。

＜総評＞

東工大の物理の問題は，対象とする実験系が単純ではなく，いろいろな要素を組み合わせているので，思考過程が長くなり見通しがきかない。それでも，どのような物理現象が起きているのか，全貌の理解に努めながら，粘り強く取り組もう。

単純な設定から複雑で難しい設定まで，誘導的に問題が構成されているから，前後の問題の関連を頭に入れて，解いていこう。

$\boxed{1}$

なかなか面白い物理過程とその実験系を考案したことに感心した。このような系を実現できるかは別として，どのような運動が起きるのか，全貌を理解し解答することは，必ずしも容易なことではない。[A]では，おもりが立方体右辺と壁の中点にあるということ，その運動が壁と糸を結ぶ点を中心とする円軌道となるということに気づくことが必要だ。円運動の方程式，エネルギー保存の法則などを上手に利用する。難易度はＢ＋。

[B]では，それぞれのおもりのつり合いの式をていねいに記述して，規則性を見出すこと。立方体が滑る場合，滑らない場合，そして傾く場合，などの現象の条件を大雑把に描いた上で，式によって記述することが大事だ。難易度はＢ。

$\boxed{2}$

磁場中を動く導体に生じる起電力と抵抗，コンデンサー，コイルを含む回路に関する問題。導体の移動は回転する導線である。並進移動の場合は，教科書にも記載例があり，入試にもしばしば出題される。深く考え過ぎると難しいことになるので，並進移動と同じように，導線が横切る磁束の変化が起電力を発生させると考えよう。

[A]では，導線の回転により発生する起電力により抵抗とコンデンサーを含む回路に流れる電流から，導線を回転させるに必要な力を求める問題。この種の問題では電磁気と力学を融合させることができるから面白い。難易度Ｂ＋

[B]では，磁場に垂直な軸を中心に回るコイル状導線に発生する交流電圧によるコンデンサーとコイルを含む回路に流れる電流に関する問題。回路の一部をなす回転子が回転することにより，回路内の磁束が時間的に変化するから，交流の誘導起電力が発生する。

コンデンサーとコイルの並列回路での共振について理解する。難易度Ａ－。

$\boxed{3}$

理想気体の状態変化に力学的要素も加えた問題。

[A]では，容器Ｂを伸縮しないワイアで吊るしているので，扱い易い。注意するのは，容器Ａと容器Ｂの液面の高さの差異の求め方である。難易度Ｂ。

[B] では容器Ｂを吊るすワイアの代わりにばねを用いる。どのような現象が起きるのか，やや錯綜してくるので，全貌を描きながら考えよう。容器Ａの液面の低下により液体が容器Ｂに移動すると容器Ｂの荷重が増加し，ばねが伸びる。するとＢの液面が下がるから，このことを含め，理想気体の体積と圧力変化を考える必要がある。難易度Ｂ＋。

170413