2016（H28)年度　東北大学　前期入学試験　物理解説

（物理，化学，生物，地学のうち２科目受験で150分）

1

＜解答＞

問（１）(a)

重力 $m_B g$ の x 成分は $-m_B g\sin\theta$， y 成分は $-m_B g\cos\theta$

慣性力 $|m_B a_A| = m_B a_A$ は水平右方向に働く。

その x 成分は $m_B a_A\cos\theta$， y 成分は $-m_B a_A\sin\theta$

したがって，両者の合力 $\vec{F}$ について，

$F_x = -m_B g\sin\theta + |m_B a_A|\cos\theta = -m_B g\sin\theta + m_B a_A\cos\theta$　（答）

$F_y = -m_B g\cos\theta - |m_B a_A|\sin\theta = -m_B g\cos\theta - m_B a_A\sin\theta$　（答）

(b)

小球 B が x 軸方向に動き出すためには，x 軸方向への力 $F_x > 0$ が必要だから，(a)の結果から

$a_A > g\tan\theta$　（答）

問（２）(a)

ばねが自然長より L だけ短いときに物体 A に働く力は kL

したがって物体 A に働く力は $m_A a_A = kL$， $\therefore\ a_A = \dfrac{kL}{m_A}$

小球 B が動き出すためには，問（１）(b) から $\dfrac{kL}{m_A} > g\tan\theta$， $\therefore\ L > \dfrac{m_A g}{k}\tan\theta$　（答）

(b)

小球Bが斜面から離れず，接し続けるということは，斜面からの垂直抗力 $N = -F_y \geqq 0$

慣性力が水平右方向に働く場合は $N = -F_y = m_B g\cos\theta + |m_B a_A|\sin\theta \geqq 0$ が成立

慣性力が水平左方向に働く場合は $N = -F_y = m_B g\cos\theta - |m_B a_A|\sin\theta \geqq 0$であるためには，

$|a_A| = \dfrac{kL}{m_A} \leqq \dfrac{g}{\tan\theta}$， $\therefore\ L \leqq \dfrac{m_A g}{k\tan\theta}$　（答）

(c)

(a) (b)をともに満たすLが存在するためには，

$\dfrac{m_A g}{k}\tan\theta < L \leqq \dfrac{m_A g}{k\tan\theta}$ だから $\tan^2\theta < 1$

したがって$\tan^2\theta = 1$， $\theta = 45°$ 以上の

θでは (a) (b)をともに満たすLは存在しない。

したがって $\theta_{max} = 45°$　（答）

L と $\tan\theta$ の関係は図１　（答）

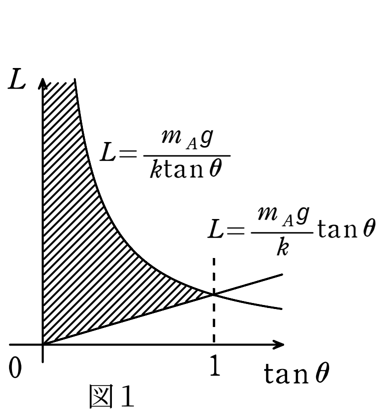

図１

問（3）(a)

はね返り係数が0だから，衝突後は物体Cは物体Aと一体となって運動する。

したがって，物体Cの衝突後の速度は v_A'，

衝突前後の運動量保存の法則により，$m_Av_A+m_C(v_C\cos 30°+v_A)=(m_A+m_C)v_A'$

したがって，$v_A'=v_A+\dfrac{\sqrt{3}\,m_Cv_C}{2(m_A+m_C)}$　（答）

(b)

初めに物体Aが動き出すとき，力学的エネルギーはばねの弾性エネルギーで $\dfrac{1}{2}kL^2$

物体Aの平板と物体Cが衝突したときのはね返り係数が0ということは，非弾性衝突であり，運動エネルギーが失われたことを意味する。

衝突前の運動エネルギーは

物体Aについて $\dfrac{1}{2}m_Av_A{}^2$　①

物体Cについて $\dfrac{1}{2}m_C\left\{\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}v_C+v_A\right)^2+\left(\dfrac{1}{2}v_C\right)^2\right\}=\dfrac{1}{2}m_C(v_A{}^2+v_C{}^2+\sqrt{3}\,v_Av_C)$　②

衝突後の運動エネルギーは，AとCが一体となっているから

$$\frac{1}{2}(m_A+m_C)v_A'^2=\frac{1}{2}(m_A+m_C)\left\{v_A+\frac{\sqrt{3}\,m_Cv_C}{2(m_A+m_C)}\right\}^2$$

$$=\frac{1}{2}(m_A+m_C)\left\{v_A{}^2+\frac{\sqrt{3}\,m_Cv_Av_C}{m_A+m_C}+\frac{3(m_Cv_C)^2}{4(m_A+m_C)^2}\right\}$$

$$=\frac{1}{2}(m_A+m_C)v_A{}^2+\frac{\sqrt{3}}{2}m_Cv_Av_C+\frac{3(m_Cv_C)^2}{8(m_A+m_C)}\quad ③$$

衝突前後でばねの伸びは変わらないと見なせるから，衝突による力学的エネルギーの減少は，

運動エネルギーの減少であり，①＋②－③ $=\dfrac{(4m_A+m_C)m_Cv_C{}^2}{8(m_A+m_C)}$

ばねが最も伸びたとき，一体となっている物体Aと小球Cの速度は0なので，

力学的エネルギーはばねの弾性エネルギー $\dfrac{1}{2}kL'^2$

力学的エネルギーの保存の法則により

$\dfrac{1}{2}kL^2=\dfrac{1}{2}kL'^2+\dfrac{(4m_A+m_C)m_Cv_C{}^2}{8(m_A+m_C)}$，　$\therefore\ L'=\sqrt{L^2-\dfrac{(4m_A+m_C)m_Cv_C{}^2}{4(m_A+m_C)}}$　（答）

＜解説＞

慣性力が働くような力学系を対象とした問題であるが，問題文を的確に読み込んでいけば，それほど難しい問題ではないことに気づくであろう。

問（1）(a)，(b)

物体Aが加速度運動をしているとき，物体Aに固定された観測点から見た物体A上の物体には，加速度とは反対方向に力が働いているかのように見える。この力のことを慣性力といい，慣性力に基づく現象を日常でも経験する。たとえば，電車が発車するときの加速時に，乗客は逆方向に力を感じる。

停車の減速時はこの逆の力を感じる。

物体A の斜面と小球B の間に摩擦がない，という設定だから，小球B は慣性力によって，物体A の斜面上を上っていく可能性がある。ただし，小球B には重力が働いているから，上がるかどうかは，重力と慣性力の関係に依存する。

小球B に働く重力の斜面下方（x 軸負方向）成分よりも慣性力の斜面上方（x 軸正方向）成分の方が大きければ，小球はx 軸方向へ動き出す。

問（２）(a)

問（２）(b)でa_A が求まっているから，L とa_A の関係を明らかにすれば良い。

(b)

小球B が斜面から離れないということは，小球に斜面からの抗力が働いているということである。

斜面からの抗力は小球が斜面を押す力と等しく，向きが逆である（運動の第3 法則すなわち作用反作用の法則による）。

(c)

小球B が斜面から離れる場合は慣性力が水平左方向に働く場合である。ということは，物体A に働くばねの力は水平右方向に働いている。つまりばねが縮むときである。L が大きくなると，斜面から離れようとする慣性力が大きくなり，小球B は斜面から離れる。

結局，小球B がx 軸方向に動くためには，L を大きくする必要があり，斜面から離れないようにするためにはL を小さくする必要がある。x 軸方向に動き，かつ斜面から離れないようなL には範囲があり，それは斜面の傾斜角θ に依存するということである。

問（３）(a)

ばねが自然長になり，さらに伸びると，物体A に働く力は反転して水平右方向に働く。水平右方向に働いていた慣性力はしだいに小さくなり，その斜面方向成分が重力の斜面方向成分よりも小さくなると，斜面を上昇していた小球C は斜面を下ることになる。

平板と小球C との衝突において運動量保存の法則が成立する。

(b)

この運動では小球C と平板との衝突が非弾性衝突のため，力学的エネルギーの損失が発生する。したがって，衝突後にばねが最も伸びるL' はL よりも短い。

2

＜解答＞

問（１）(a)

$$C_A=\frac{\varepsilon_0 S}{4d-x} \quad （答）,\quad C_B=\frac{\varepsilon_0 S}{x} \quad （答）$$

(b)

電気容量 C_A，C_B の２つのコンデンサーの直列接続と見なすことができるので，

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_A}+\frac{1}{C_B},\quad \therefore C=\frac{C_A C_B}{C_A+C_B}=\frac{\varepsilon_0 S}{4d} \quad （答）$$

$$U=\frac{1}{2}CV_0{}^2=\frac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{8d}$$　（答）

(c)

金属板M を挿入する前のコンデンサーの電気容量 $C_0=\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}$

このとき蓄えられる電気量は $C_0V_0=\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{5d}$

金属板Mを挿入すると電気量は $CV_0=\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{4d}$

したがって，$\varDelta Q=CV_0-C_0V_0=\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{4d}-\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{5d}=\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{20d}$　（答）

(d)

コンデンサーに蓄積された静電エネルギーの増加は $\varDelta U=W_p+W_e$

$$\varDelta U=U-U_0=\frac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{8d}-\frac{1}{2}C_0V_0{}^2=\frac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{8d}-\frac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{10d}=\frac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{40d}$$

電池がした仕事は電気量 $\varDelta Q$ を電位差 V_0 を越えて運んだので，$W_p=\varDelta QV_0=\dfrac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{20d}$

したがって，$W_e=\varDelta U-W_p=-\dfrac{\varepsilon_0 SV_0{}^2}{40d}$　（答）

問（２）(a)

極板A と金属板間の電気容量は $C_A=\dfrac{\varepsilon_0 S}{3d}$，$\therefore\ Q_A=-C_AV_0=-\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{3d}$　（答）

極板B と金属板間の電気容量は $C_B=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$，$\therefore\ Q_B=-C_BV_0=-\dfrac{\varepsilon_0 SV_0}{d}$　（答）

金属板M に蓄積される電気量は $Q_M=C_AV_0+C_BV_0=\dfrac{4\varepsilon_0 SV_0}{3d}$　（答）

(b)

$C_A{}'=\dfrac{\varepsilon_0 S}{4d-x}$，$C_B{}'=\dfrac{\varepsilon_0 S}{x}$，２つのコンデンサーが並列接続されているので，

合成電気容量は $C'=C_A{}'+C_B{}'=\dfrac{\varepsilon_0 S}{4d-x}+\dfrac{\varepsilon_0 S}{x}=\dfrac{4d\varepsilon_0 S}{x(4d-x)}$

コンデンサーに蓄積される電気量をQ' とすれば，静電エネルギーは $U'=\dfrac{1}{2}\dfrac{Q'^2}{C'}$

金属板M の電気量は変化することないので $Q'=Q_M$ だから，

$$U'=\frac{1}{2}\frac{Q_M{}^2}{C'}=\frac{1}{2}Q_M{}^2\frac{1}{C_A{}'+C_B{}'}=\frac{x(4d-x)}{8d\varepsilon_0 S}Q_M{}^2=\frac{2x(4d-x)\varepsilon_0 SV_0{}^2}{9d^3}$$

$$x(4d-x)=\{-(x-2d)^2+4d^2\}\leqq 4d^2$$

したがって，U' は $x=2d$ のとき最大値 $\dfrac{8\varepsilon_0 SV_0{}^2}{9d}$ をとる。

したがって，$U'_m=\dfrac{8\varepsilon_0 SV_0{}^2}{9d}$　（答），$x_m=2d$　（答）

U' と x の関係を図１に示す。

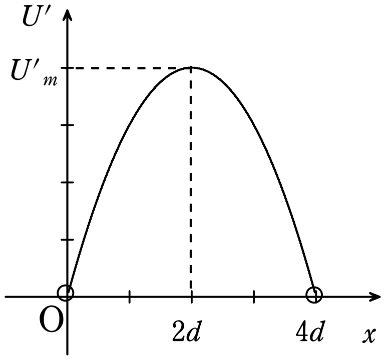

図１

(c)

問１(d) を利用する。

$W'_e = \varDelta U' - W'_p$

$\varDelta U' = U'_m - (U')_{x=d} = \dfrac{8\varepsilon_0 S V_0^2}{9d} - \dfrac{6\varepsilon_0 S V_0^2}{9d} = \dfrac{2\varepsilon_0 S V_0^2}{9d}$

スイッチはオフなので，電源は仕事をしない。したがって，$W'_p = 0$

$W'_e = \varDelta U' = \dfrac{2\varepsilon_0 S V_0^2}{9d}$　（答）

(d)

$W''_e = \varDelta U'' - W''_p$

$x = x_m = 2d$ における電気容量は，$C_A = C_B = \dfrac{\varepsilon_0 S}{2d}$，合成電気容量は $C_A + C_B = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$

したがって，蓄積される電気量は $Q'' = (C_A + C_B)V_0 = \dfrac{\varepsilon_0 S V_0}{d}$，静電エネルギーは $U'' = \dfrac{\varepsilon_0 S V_0^2}{2d}$

したがって，$\varDelta U'' = U'' - (U')_{x=d} = \dfrac{\varepsilon_0 S V_0^2}{2d} - \dfrac{2\varepsilon_0 S V_0^2}{3d} = -\dfrac{\varepsilon_0 S V_0^2}{6d}$

電気量の変化は $Q'' - Q_M = \dfrac{\varepsilon_0 S V_0}{d} - \dfrac{4\varepsilon_0 S V_0}{3d} = -\dfrac{\varepsilon_0 S V_0}{3d}$

したがって，電源がした仕事は $W''_p = -\dfrac{\varepsilon_0 S V_0}{3d} \times V_0$

$W''_e = \varDelta U'' - W''_p = -\dfrac{\varepsilon_0 S V_0^2}{6d} + \dfrac{\varepsilon_0 S V_0^2}{3d} = \dfrac{\varepsilon_0 S V_0^2}{6d}$　（答）

＜解説＞

問（１）(a)

図２(1) のようなコンデンサーの構造を図２(2) のように，極板A と極板，極板と極板B，それぞれを１つのコンデンサーとみて電気容量を求める。金属板M は間隔d の極板と極板が導線で接続されたものと等価である。

(b)

図２(2) のように２つのコンデンサーの直列接続と見なして，電気容量を計算する。

コンデンサーの静電エネルギーの考え方と公式は理解し記憶していなければならない。

(c)

金属板を挿入することにより，電気容量が変化した。直流電源の電圧V_0は変化しないから蓄えられる電気量は変化する。

(d)

この系でのエネルギー保存の関係を考える。
金属板を挿入することにより，コンデンサーの電気容量は増加し，直流電源からコンデンサーに電流が流れ，蓄積される電気量が増加する。

以上の過程で，この系の静電エネルギーが ΔU だけ増加した。この増加を生み出した仕事は，電源が電流を運ぶことによってした仕事 W_p と金属板 M を挿入するという外力がした仕事W_eである。
ここでは，回路内のジュール熱の発生を無視できるとしている。

結果としてW_eが負になったということは，この系が外部に対して仕事をしたということを意味している。金属板 M を挿入するという仕事が負だということは，奇異な感じがする。どのように理解すれば良いか。金属板を引き込む力が働き，その力に抗してゆっくりと挿入しなければならない，ということを意味している。

このことは，金属板を挿入することと同じように電気容量を増加させる方法として，極板間隔を減少させる方法の場合を考えると理解しやすい。このとき，極板間には正負の電気量による引力が働いているから，極板間隔を一定に保つための外力が働いている。その外力を少しづつ強めながら，ゆっくりと~~=~~極板間隔を狭めていく。外力の方向と移動する方向とが逆方向であるから，外力のする仕事は負である。

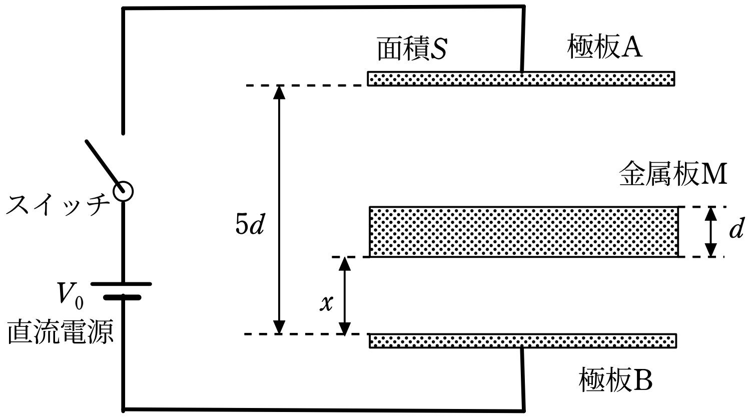

図２(1)

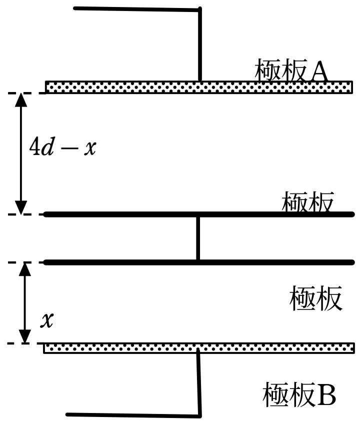

図２(2)

問（２）(a)

図３(1) に示す問題図は図３(2) のような回路と等価である。すなわち金属板が正極板になるようなコンデンサーの並列接続となる。

(b)

十分に充電して，スイッチを開くと，図３(2) のように回路は閉じていないので，電流は流れない。つまり，金属板に蓄えられた電気量は変化しない。また極板A とB の間で負電気量の移動はあるが，総量は変化しない。

両コンデンサーは並列接続されているので，両端の電圧は等しい。このような条件で，両コンデン

サーに蓄えられる静電エネルギーを求め，その最大値を与えるxを求める。

(c)

スイッチが開いているので，電源に電流は流れない。ということは電源は仕事をしない。一方，金属板の移動により，コンデンサーの電気容量が変化するから，金属板の両面間，極板Aと極板Bの間で電気量が移動する。その結果，コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーが変化する。

問１(d) を利用して考える。ここでは，静電エネルギーが増加したので，外力が仕事をしたことになる。

(d)

スイッチが閉じているので電源に電流が流れ，電源が仕事をする。コンデンサーに蓄えられる電気量の変化から，静電エネルギーの変化と電源のした仕事を求めれば良い。

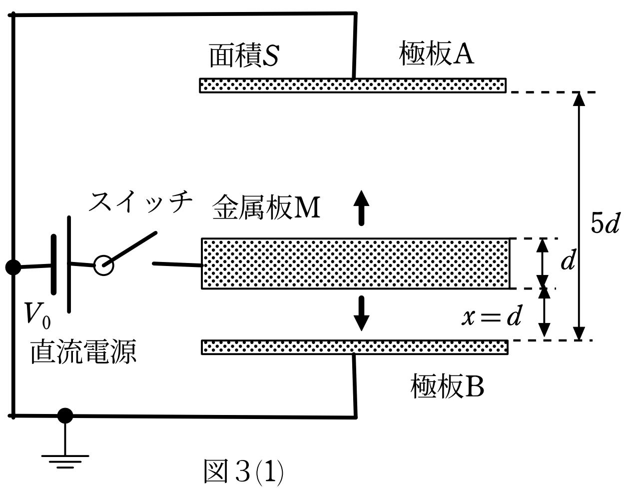

図３(1)

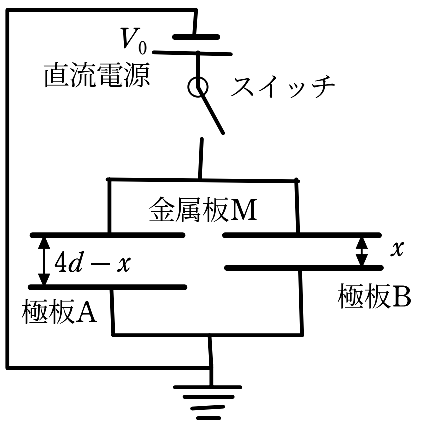

図３(2)

$\boxed{3}$

<解答>

問（１）(a)

気体の状態方程式により，$p_{A0}h_AS=RT_A$，$\therefore T_A=\dfrac{p_{A0}h_AS}{R}$　（答）

(b)

ピストンに働く重力と気体圧力のつり合いから，$Mg+p_{A0}S=p_BS$，

$\therefore p_B=\dfrac{Mg+p_{A0}S}{S}$　（答）

気体の状態方程式により $RT_B=p_Bh_BS$，$\therefore T_B=\dfrac{p_Bh_BS}{R}=\dfrac{h_B(Mg+p_{A0}S)}{R}$　（答）

問（２）(a)

状態１での空間A における気体の状態方程式は，$p_{A1}(h_A-x)S=RT_{A1}$

気体の内部エネルギーの変化は，$\varDelta U=\dfrac{3}{2}R(T_{A1}-T_A)=\dfrac{3}{2}\{p_{A1}(h_A-x)S-p_{A0}h_AS\}$

空間Aの気体の状態 ０から状態 １への変化は断熱変化だから，熱力学第１法則により，$\varDelta U=W$

したがって空間Aの気体がピストンからされた仕事 $W = \varDelta U = \dfrac{3}{2}\{p_{A1}(h_A-x)-p_{A0}h_A\}S$　（答）

(b)

状態１での空間Bにおける気体の状態方程式は，$p_{B1}(h_B+x)S = RT_{B1}$

ピストンに働く重力と気体圧力のつり合いから，$Mg+p_{A1}S=p_{B1}S$

空間Bの気体について熱力学の第１法則により，

状態０から状態１への空間Bの気体の内部エネルギー変化 $\varDelta U = \dfrac{3}{2}R(T_{B1}-T_B) = Q-W_B$

ただし W_B は空間Bの気体が外部にした仕事で，空間Aの気体にした仕事とピストンを x 上昇させた仕事の和だから，$W_B = W + Mgx$

また，$RT_{B1}-RT_B = p_{B1}(h_B+x)S-p_Bh_BS=(Mg+p_{A1}S)(h_B+x)-p_Bh_BS$

$$=(Mg+p_{A1}S)(h_B+x)-h_B(Mg+p_{A0}S)$$

したがって，

$$Q = \varDelta U + W_B = \frac{3}{2}R(T_{B1}-T_B)+W_B = \frac{3}{2}R(T_{B1}-T_B)+W+Mgx$$

$$= \frac{3}{2}\{(Mg+p_{A1}S)(h_B+x)-h_B(Mg+p_{A0}S)\}+\frac{3}{2}\{p_{A1}(h_A-x)-p_{A0}h_A\}S+Mgx$$

$$= \frac{3}{2}[Mgx+\{(p_{A1}-p_{A0})(h_A+h_B)\}S]+Mgx = \frac{3}{2}\{(p_{A1}-p_{A0})(h_A+h_B)\}S+\frac{5}{2}Mgx$$　（答）

問（３）(a)

状態２での空間Bの気体の状態方程式は，$p_{B2}(h_A+h_B)S=RT_{B2}$

静止したピストンの力のつり合いにより，$p_0S+Mg=p_{B2}S$

状態３での空間Bの気体の状態方程式は，$p_{B3}h_BS=RT_{B3}$

静止したピストンの力のつり合いにより，$p_0S+Mg=p_{B3}S$

$$p_{B2}=p_{B3}=p_0+\frac{Mg}{S}$$

状態２から状態３への変化は定圧変化で，体積が $(h_A+h_B)S$ から h_BS になったので，

気体がピストンからされた仕事は $W'=h_AS\left(p_0+\dfrac{Mg}{S}\right)$　（答）

(b)

状態２から状態３の変化において，熱力学第１法則により奪われた熱量 Q' は，$-Q'=\varDelta U-W'$

$$\varDelta U=\frac{3}{2}R(T_{B3}-T_{B2})=-\frac{3}{2}p_{B2}h_AS=-\frac{3}{2}Rh_A(p_0S+Mg)$$

$Q'=\dfrac{3}{2}h_A(p_0S+Mg)+h_AS\left(p_0+\dfrac{Mg}{S}\right)=\dfrac{5}{2}h_A(p_0S+Mg)$　（答）

<解説>

問（１）(a)

気体の状態方程式によって求める。

(b)

ピストンが静止しているので，ピストンに働く力のつり合いから，空間Bの気体の圧力を求める。

圧力を求めたら，状態方程式から気体の絶対温度を求める。
問（2）(a)
加熱により空間Ｂの気体が膨張して，ピストンを上昇させ，空間Ａの気体を圧縮する。空間Ａは断熱材によって構成されているので，空間Ａの気体の変化（状態 0から状態 1への変化）は断熱変化であることに気づくことが重要である。すると熱力学第１法則によって，気体の内部エネルギーの変化と気体がされた仕事とが等しいことになる。
気体の内部エネルギーの公式は覚えていなければならない。
(b)
空間Ｂの状態変化と熱力学第１法則とから，空間Ｂの気体に加えられた熱量を求める。空間Ｂがした仕事には空間Ａにした仕事に加え，ピストンを上昇させた仕事があることを忘れてはならない。上昇によって，ピストンは位置エネルギーを得る。式の変形がやや煩瑣であるが，式を凝視して、ていねいに進めよう。
解答では，空間Ｂの気体の状態変化に着目して考えたが，この系全体のエネルギー保存に着目して，考察する方法もある。
（空間Ｂの気体に加えられた熱量）＝（空間Ａの気体の内部エネルギーの上昇）
＋（空間Ｂの気体の内部エネルギーの上昇）
＋（ピストンの位置エネルギーの増加）
したがって

$$Q=\frac{3}{2}R(T_{A1}-T_A)+\frac{3}{2}R(T_{B1}-T_B)+Mgx$$

$$=\frac{3}{2}\{p_{A1}(h_A-x)S-p_{A0}h_AS\}+\frac{3}{2}\{(Mg+p_{A1}S)(h_B+x)-h_B(Mg+p_{A0}S)\}+Mgx$$

となって，同じ結果を得る。
問（3）(a)
状態２から状態３への変化が定圧変化であることに気づかねばならない。空間Ｂの気体に加わる圧力は外部の気体の圧力とピストンの重力の和であり，一定である。徐々に冷却することにより，空間Ｂの気体の圧力は加圧力と同値を続けながら，ピストンは下降していく。
この過程を精細に考えれば，ピストンがつり合っている状態で，空間Ｂの気体を僅かに冷却すると，空間Ｂの気体の圧力が僅かに減少する。するとピストンは僅かに下降し，気体の圧力が僅かに上昇し，元の圧力に戻り，ピストンの上下の圧力は同値となる。再び僅かに冷却すると，同じことが起こり，ピストンが下降し，ピストンの上下の圧力は同値となる。結局，空間Ｂの気体を徐々に冷却することにより，ピストンの上下の圧力を同値のまま，ピストンがゆっくりと下降する。すなわち定圧変化の過程となる。
(b)
空間Ｂの気体の状態２から状態３への変化に対して，熱力学第１法則を適用する。このとき，空間Ｂの気体から奪われた熱量Q'は，空間Ｂの気体が放出した熱量だから，吸収した熱量の表現は$-Q'$となることに注意する。

＜総評＞
$\boxed{1}$が力学，$\boxed{2}$が電磁気，$\boxed{3}$が気体と熱という問題構成である。一昨年，昨年は$\boxed{3}$が波動だった。

設定された実験系における物理過程を追いながら，要所に問題を設定して，物理理解力を問う。当然，基礎的な問題から，次第に複雑な問題へと難しくなっていくので，前半の問題は確実に正答したい。

その上で，後半の難しい問題は，思考過程等を書きながら，粘り強く取り組み，少なくとも部分点を獲得できるよう努めたい。

$\boxed{1}$

慣性力による運動，衝突，ばねの弾性力などを含む物理実験系の問題である。慣性力の概念は的確に理解しておきたい。問題文を読み込み，発生する運動の全貌を描きながら，考えていこう。

問（1）は難易度Ｂ，問（2）は難易度Ｂ＋，問（3）は難易度Ｂ＋。

$\boxed{2}$

コンデンサー回路の問題。コンデンサーの合成と電気容量，コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー，電池のした仕事，外力のした仕事の間のエネルギー保存関係を問う。コンデンサーの電気容量と蓄えられる電気量 , 静電エネルギーの関係など基本的な関係を理解し，利用できることが必要である。

問１(a) (b)は難易度Ｃ，(c)は難易度Ｂ，(d)は難易度Ｂ＋，問２(a)は難易度Ｂ－，(b)は難易度Ｂ，(c) (d)は難易度Ｂ＋。

$\boxed{3}$

ピストンによって２つに区分されたシリンダー内の気体の状態変化に関する問題。温度調節器による熱の供給，外圧と重力による加圧という環境下で，状態変化を考え，熱力学第一法則により，気体になされる仕事や気体が奪われる熱量などを求める。

問（1）(a) (b)は難易度Ｃ，問（2）(a)は難易度Ｂ， (b)は難易度Ａ－，問（3）(a)は難易度Ａ－，(b)は難易度Ｂ。

170201