第１問

Ⅰ(1)　おもりAのまわりの力のモーメントのつりあいから，$Fd = mgd$　よって，$F = \underline{mg}$

(2)　おもりBとおもりCが水平になるときまでにFがした仕事がW_0であり，それは位置エネルギーの変化に等しいから，$W_0 = \underline{\left(\sqrt{2}-1\right)mgd}$

Ⅱ(1)　おもりBが床から受ける垂直抗力の大きさをN_Bとする。おもりAのまわりの力のモーメントのつりあいから，$Fd + N_B d = mgd$　よって，$N_B = \underline{mg - F}$　…①

(2)　おもりAが床から受ける垂直抗力の大きさをN_A，静止摩擦力の大きさをRとする。
物体系ABCについて，力のつりあいから，
水平方向：$R = F$　…②　　鉛直方向：$N_A + N_B = 3mg$　…③
①式を③式へ代入して，$N_A = \underline{2mg + F}$

(3)　動き出す直前$R = \mu N_A$となるので，②式とN_Aを代入して，$F = \mu\left(2mg + F\right)$　よって，$F = \underline{\dfrac{2\mu}{1-\mu}mg}$

なおこのとき，①式より$N_B = \dfrac{1-3\mu}{1-\mu}mg$となるが，$\mu < \dfrac{1}{3}$ゆえ$N_B > 0$で，おもりBは床に接したままである。

Ⅲ(1)　おもりA，Bが床から受ける垂直抗力の大きさを各々$N_A{}'$，$N_B{}'$とする。
物体系ABCについて，力のつりあいから，
水平方向：$\mu' N_A{}' = F$　…④　　鉛直方向：$N_A{}' + N_B{}' = 3mg$　…⑤
おもりAのまわりの力のモーメントのつりあいから，

$$Fd + N_B{}'d = mgd \quad \cdots⑥$$

④，⑤，⑥式より，$F = \underline{\dfrac{2\mu'}{1-\mu'}mg}$

なおこのとき，$N_B{}' = \dfrac{1-3\mu'}{1-\mu'}mg$となるが，$\mu' < \dfrac{1}{3}$ゆえ$N_B{}' > 0$で，おもりBは床に接したままである。

(2)　おもりBが床から受ける垂直抗力の大きさを$N_B{}''$とする。物体系ABCとともに運動する座標系でみると慣性力がはたらく。おもりAのまわりの力のモーメントのつりあいより，

$$N_B{}''d + mad = mgd \quad よって，\quad N_B{}'' = \underline{m\left(g-a\right)} \quad \cdots⑦$$

(3)　おもりAが床から受ける垂直抗力の大きさを$N_A{}''$とする。

物体系ABCについて，鉛直方向の力のつりあいから，

$$N_A{}'' + N_B{}'' = 3mg \quad \cdots ⑧$$

⑦，⑧式より，$N_A{}'' = 2mg + ma$　　物体系ABCの運動方程式は，

$$3ma = \mu'\left(2mg + ma\right) \qquad \text{よって，} \quad \underline{a = \frac{2\mu'}{3-\mu'}g}$$

第２問

Ⅰ⑴　ソレノイドＡの中央の磁束密度の大きさは，$B_O = \underline{\dfrac{\mu_0 NI}{\ell}}$

⑵　分割前のソレノイドＡの中央の磁場は，分割したソレノイドの端の磁場を２つ合成したものだから，

$B_O = 2B_1 \quad \therefore\ B_1 = \underline{\dfrac{1}{2}B_O}$

Ⅱ⑴　誘導起電力の大きさは $\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ だから，

電流の大きさは，$I_B = \underline{\dfrac{1}{R}\cdot\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}}$

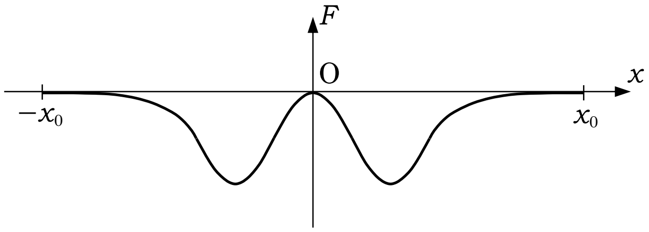
⑵　<u>（く）</u>

⑶　誘導起電力の大きさはそのままで，抵抗値が２倍になると，

電流の大きさは $\dfrac{1}{2}$倍になり，受ける力 F の大きさの最大値も $\underline{\dfrac{1}{2}倍}$ になる。

⑷　<u>素子１，素子５，素子７</u>

Ⅲ



第３問

Ⅰ⑴　$K_0 = \underline{\dfrac{1}{2}m{v_0}^2}$,　$U_0 = \underline{\dfrac{3}{2}RT_0}$

⑵　温度がT_1のときの気体の内部エネルギーをU_1とすると，台車と気体についてのエネルギー保存則より，

$U_1 = U_0 + K_0$となる。$\dfrac{U_1}{U_0} = \dfrac{\frac{3}{2}RT_1}{\frac{3}{2}RT_0} = \dfrac{T_1}{T_0}$なので　$\dfrac{T_1}{T_0} = \underline{\dfrac{U_0 + K_0}{U_0}}$

⑶　ポアソンの法則より，

$T_1 V_1^{\frac{2}{3}} = T_0 V_0^{\frac{2}{3}}$　…(ｉ)

$$\therefore \frac{V_1}{V_0} = \left(\frac{T_0}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}} = \underline{\left(\frac{U_0}{U_0 + K_0}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

⑷　$\underline{③}$　理由：台車と気体のエネルギーの合計が保存するので，時刻t_2における台車の速度は$-v_0$になる。断熱変化では気体が圧縮されるにつれて圧力が高くなり，台車にはたらく力も大きくなるので，加速度の大きさ，すなわち$v-t$グラフの傾きの大きさも大きくなる。

Ⅱ⑴　温度がT_3，T_4のときの気体１モルの内部エネルギーをそれぞれU_3，U_4とすると，台車と気体についてのエネルギー保存則より，$K_4 = U_3 - U_4 = \underline{\dfrac{3}{2}R(T_3 - T_4)}$

⑵　Ⅰ⑵より$T_0 < T_1$，時刻t_1からt_3における熱の移動を考えると　$T_0 < T_3 < T_1$，

ポアソンの法則より，$T_3 V_1^{\frac{2}{3}} = T_4 V_0^{\frac{2}{3}}$，　(ｉ)式とあわせて，$\dfrac{T_4}{T_0} = \dfrac{T_3}{T_1}$　…(ⅱ)

$T_3 < T_1$より$T_4 < T_0$

以上より，$\underline{T_4 < T_0 < T_3 < T_1}$

(3) $e=\left|\dfrac{v_4}{v_0}\right|=\left(\dfrac{K_4}{K_0}\right)^{\frac{1}{2}}=\left(\dfrac{U_3-U_4}{U_1-U_0}\right)^{\frac{1}{2}}=\left(\dfrac{U_3}{U_1}\right)^{\frac{1}{2}}$　ただし(ⅱ)式より$\dfrac{U_4}{U_0}=\dfrac{U_3}{U_1}$であることを用いた。

台車と気体についてのエネルギー保存則より，$K_0+2U_0=U_0+U_1=2U_3$　$\therefore \dfrac{U_3}{U_1}=\dfrac{\frac{1}{2}K_0+U_0}{K_0+U_0}$

以上より，$e=\underline{\left\{\dfrac{K_0+2U_0}{2(K_0+U_0)}\right\}^{\frac{1}{2}}}$