第1問

Ⅰ(1)(2)　運動方程式は，　$Ma = Mg - kx$

$$\therefore\quad a = -\frac{k}{M}\left(x - \frac{Mg}{k}\right) \qquad \underline{-\frac{k}{M}}_{\text{(2)ア}} \qquad \underline{\frac{Mg}{k}}_{\text{(2)イ}}$$

振幅が$\dfrac{Mg}{k}$になるので，ばねの最大の伸びは，　$\underline{\dfrac{2Mg}{k}}_{(1)}$

Ⅱ(1)　積木1および2の運動方程式は，ひもの張力の大きさをSとして，

積木1：$Ma = S - \dfrac{x}{3L}\mu' Mg$　　　積木2：$Ma = Mg\sin\theta - S$

$$\therefore\quad a = -\frac{\mu' g}{6L}\left(x - \frac{3L\sin\theta}{\mu'}\right) \qquad \underline{-\frac{\mu' g}{6L}}_{\text{ウ}} \qquad \underline{\frac{3L\sin\theta}{\mu'}}_{\text{エ}}$$

(2)　Ⅱ(1)より，角振動数$\omega = \sqrt{\dfrac{\mu' g}{6L}}$であり，求める時間は半周期なので，　$\dfrac{\pi}{\omega} = \underline{\pi\sqrt{\dfrac{6L}{\mu' g}}}$

(3)　振幅が$\dfrac{3L\sin\theta}{\mu'}$なので，

$$3L = \frac{3L\sin\theta}{\mu'} \times 2 \qquad \therefore\quad \mu' = \underline{2\sin\theta}$$

Ⅲ(1)　動き始める積木の上面に働く垂直抗力の大きさが$2Mg$，下面に働く垂直抗力の大きさが$3Mg$なので，動き始める直前に引っ張っていた力の大きさFは，

$$F = \mu_1 \times 2Mg + \mu_1 \times 3Mg = \underline{5\mu_1 Mg}$$

(2)　2段目の積木の上面に働く垂直抗力の大きさがMg，下の段の積木の下面に働く垂直抗力の大きさが$3Mg$なので，動き始める直前に引っ張っていた力の大きさF_1は，　$F_1 = \mu_1 \times Mg + \mu_2 \times 3Mg$

9個の積木全体が動くとすれば，動き始める直前に引っ張っていた力の大きさF_2は，　$F_2 = \mu_2 \times 9Mg$

$F_1 < F_2$でなければならないので，　$\underline{\mu_2 > \dfrac{1}{6}\mu_1}_{\text{オ}}$

第2問

Ⅰ(1)　導体棒に生じる誘導起電力の大きさが vBL なので,

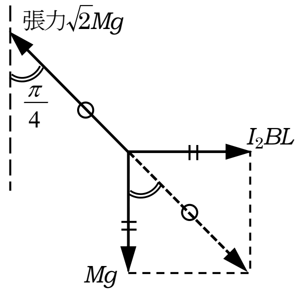
$$I_1 = \underline{\frac{vBL}{R}}$$

(2)　エネルギー保存則より,

$$Q = \underline{Mgl(1-\cos\alpha)}$$

(3)　<u>ア</u>

Ⅱ(1)　力のつり合いより（右図参照）,



$$I_2BL = Mg \quad \therefore\ I_2 = \underline{\frac{Mg}{BL}}$$

(2)　直流電源の電圧に比べて誘導起電力が十分小さいので,

鉛直方向から $\frac{\pi}{4}$ 方向への一定の力 $\sqrt{2}\,Mg$ が働くときの

微小振動単振り子と等価である。

$$P = \underline{2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{2}g}}}$$

(3)　<u>イ</u>

Ⅲ(1)　角度θのときの棒の速度が,

$$v = l\frac{d\theta}{dt} = 2\pi\beta\frac{l}{T}\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

よって誘導起電力は,

$$V = vBL\cos\theta \fallingdotseq vBL = \underline{2\pi\beta\frac{BlL}{T}\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)}$$

(2)　題意より，電源電圧と誘導起電力の和が恒等的に 0 であり,

$$A = \underline{2\pi\beta\frac{BlL}{T}}$$

(3)　A とβの関係に抵抗依存性はなく,

$$\beta' = \underline{\beta}$$

第3問

I (1) ピストン1の力のつり合いより，

$$k\cdot\frac{L}{2}+P_0S=P_1S \qquad \therefore\ P_1=\underline{P_0+\frac{kL}{2S}}$$

ボイル・シャルルの法則より，

$$\frac{P_1(3/2)SL}{T_1}=\frac{P_0SL}{T_0} \qquad \therefore\ T_1=\underline{\frac{3}{2}\left(1+\frac{kL}{2P_0S}\right)T_0}$$

(2)　単原子分子理想気体だから，内部エネルギーの変化 ΔU は，

$$\Delta U=\frac{3}{2}\left(P_1\cdot\frac{3}{2}SL-P_0SL\right)=\underline{\frac{3}{4}P_0SL+\frac{9}{8}kL^2}$$

(3)　気体がした仕事 W は，

$$W=\frac{P_0+P_1}{2}\frac{SL}{2}=\frac{1}{2}P_0SL+\frac{1}{8}kL^2$$

熱力学第1法則より，

$$Q_0=W+\Delta U=\underline{\frac{5}{4}P_0SL+\frac{5}{4}kL^2}$$

II　断熱自由膨張だから，温度は不変である。

$$T_2=\underline{T_1}$$

ボイル・シャルルの法則より，

$$\frac{P_2(5/2)SL}{T_2}=\frac{P_1(3/2)SL}{T_1} \qquad \therefore\ P_2=\underline{\frac{3}{5}P_1}$$

III　気体は定積変化をし，A内の気体の圧力が P_1 に戻るときピストン1が左に動き始める。気体全体の内部エネルギーの変化を ΔU とすると，熱力学第1法則より，

$$Q_1=\Delta U=\frac{3}{2}\left(P_1\cdot\frac{5}{2}SL-P_2\cdot\frac{5}{2}SL\right)=\underline{\frac{3}{2}P_1SL}$$

IV (1)

$$\Delta U_A+\Delta U_B=\frac{3}{2}\left(P_1SL_A-\frac{3}{5}P_1\cdot\frac{3}{2}SL\right)+\frac{3}{2}\left\{P_1S\left(\frac{5}{2}L-L_A\right)-\frac{3}{5}P_1SL\right\}=\underline{\frac{3}{2}P_1SL}$$

(2)　この過程では，気体は仕事をしないので，熱力学第1法則より，

$$Q_2=\Delta U_A+\Delta U_B=\frac{3}{2}P_1SL$$

よって，

$$\underline{Q_2=Q_1}$$