第１問

問１　糸の張力の大きさを T〔N〕，垂直抗力の大きさを N〔N〕とすると，斜面に平行な方向と垂直な方向の力のつり合いより，

斜面に平行：$10\times 9.8\sin\theta + 0.50N - T = 0$　…①

斜面に垂直：$N - 10\times 9.8\cos\theta = 0$　…②

①，②より，

$$T = 10\times 9.8\left(\sin\theta + 0.50\cos\theta\right)$$

$\sin\theta = 0.80$ より，$\cos\theta = 0.60$ となるから，

$$T = 10\times 9.8\times\left(0.80 + 0.50\times 0.60\right) = 107.8\ \mathrm{N} \fallingdotseq 1.1\times 10^{2}\ \mathrm{N}$$

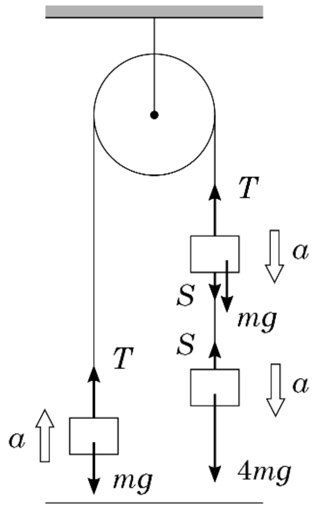
問２　求める電力量を W〔J〕とすると，

$$W = \frac{100^{2}}{20}\times 60 = 3.0\times 10^{4}\ \mathrm{J}$$

問３　求める熱量を Q〔J〕とすると，

$$Q = 330\times(60-17) + 4.2\times 100\times(60-17) = 32250 \fallingdotseq 3.2\times 10^{4}\ \mathrm{J}$$

第２問



問１　おもりA，B，Cの加速度の大きさをa，糸α，βの張力の大きさをそれぞれT，Sとする。A，B，Cに対する運動方程式より，

A　：　$ma = T - mg$

B　：　$ma = mg + S - T$

C　：　$4ma = 4mg - S$

3式より，$a = \dfrac{2}{3}g$となる。

問２　Cが床に到達する時刻をtとすると，
等加速度直線運動の公式より，

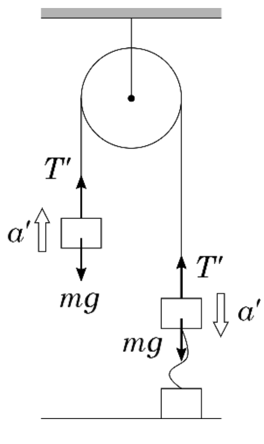
$$H = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{3}g\right)t^2 \qquad \therefore\ t = \sqrt{\frac{3H}{g}}$$

問３　床に衝突する直前のCの速さをvとする。等加速度直線運動の公式より，

$$v^2 - 0^2 = 2aH \ \ \therefore\ v = \sqrt{2aH} = \sqrt{\frac{4}{3}gH} = \frac{2}{3}\sqrt{3gH}$$

問４　$t = 0$からCが床に到達するまでの間にCにはたらく非保存力は糸βの張力のみである。この間の糸βの張力の仕事をW_βとすると，Cに対する仕事とエネルギーの関係より，

$$4mgH + W_\beta = \frac{1}{2}4mv^2 \qquad \therefore\ W_\beta = \frac{1}{2}4m\cdot\frac{4}{3}gH - 4mgH = -\frac{4}{3}mgH$$



問５　Cが床に衝突した直後から，糸βはたるむ。Cが床に衝突した後のA，Bの加速度の大きさをa'，糸αの張力の大きさをT'とする。
A，Bに対する運動方程式より，

A　：　$ma' = T' - mg$

B　：　$ma' = mg - T'$

2式より，$a' = 0$である。つまり，Cが床に衝突して，BがCと衝突するまでの間は，A，Bは速さvで等速直線運動することがわかる。

よって，求める時間は$\dfrac{L}{v}$となる。

問６　$t=0$ からBがCに衝突するまでに，Aは距離 $H+L$ だけ移動する。次に，BがCに衝突してから，Aが最高点に達するまでのAの運動を考える。BがCに衝突した後は，糸 α はたるむため，Aは初速 v の鉛直投げ上げ運動を行うことになる。BがCに衝突してから，Aが最高点に達するまでのAの移動距離を Δx とすると，等加速度直線運動の公式より，

$$0^2-v^2=2(-g)\Delta x \qquad \therefore\ \Delta x=\frac{v^2}{2g}$$

よって求める距離は，**問３**の結果を用いて，

$$H+L+\frac{v^2}{2g}=H+L+\frac{1}{2g}\cdot\frac{4}{3}gH=\frac{5}{3}H+L$$

第３問

問１　定在波の隣り合う節の間隔は波長の$\frac{1}{2}$倍に等しい。AB部分，BC部分に生じている腹の個数から，

$$\begin{cases} \frac{\lambda_1}{2}\times 2 = L_1 \\ \frac{\lambda_2}{2}\times 4 = L_2 \end{cases} \qquad \therefore \begin{cases} \lambda_1 = L_1 \\ \lambda_2 = \frac{L_2}{2} \end{cases}$$

したがって，$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{L_2}{2L_1}$

問２　波の基本式より，

$$\begin{cases} v_1 = f\lambda_1 \\ v_2 = f\lambda_2 \end{cases} \qquad \therefore \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{L_2}{2L_1}$$

問３　BC部分の線密度をρ，弦の張力の大きさをTとすると，

$$\begin{cases} v_1 = \sqrt{\frac{T}{4\rho}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{T}{\rho}} \\ v_2 = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \end{cases} \qquad \therefore \frac{v_2}{v_1} = 2$$

これと**問２**の結果より，$\frac{L_2}{2L_1} = 2$　　$\therefore \frac{L_2}{L_1} = 4$

問４　BC部分に生じている腹の個数をnとすると，AB部分およびBC部分に生じている定在波の波長は，それぞれ$\frac{2}{3}L_1$および$\frac{2}{n}L_2$となる。このとき，**問１**，**問２**と同様にして，

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{2}{n}L_2}{\frac{2}{3}L_1} = \frac{3L_2}{nL_1}$$

問３の結果を代入して，$\frac{v_2}{v_1} = \frac{12}{n}$

一方，弦の線密度や張力の大きさは変わっていないから，**問３**より，

$$\frac{v_2}{v_1} = 2 \qquad \therefore n = 6$$

問５　AB部分に注目すると，定在波の波長がL_1から$\frac{2}{3}L_1$に変化している。AB部分を伝わる波の速さは変化していないから，波の基本式より，

$$fL_1 = F\cdot\frac{2}{3}L_1 \qquad \therefore \frac{F}{f} = \frac{3}{2}$$

第４問

問１　一次コイルと二次コイルに生じる電圧の比は，巻数の比に等しい。二次コイルの巻数をN_2とすると，

$$N_0 : N_2 = V_0 : 3V_0 \qquad \therefore\ N_2 = 3N_0$$

問２　二次コイル側の回路の合成抵抗は，$R+2R=3R$である。二次コイルに流れる電流をI_2とすると，オームの法則より，

$$3V_0 = 3R \cdot I_2 \qquad \therefore\ I_2 = \frac{V_0}{R}$$

問３　抵抗$\mathrm{R_1}$の両端の電圧をV_{R1}とすると，オームの法則より，

$$V_{\mathrm{R1}} = RI_2 = V_0$$

問４　抵抗$\mathrm{R_2}$の消費電力をP_{R2}とすると，

$$P_{\mathrm{R2}} = 2R \cdot {I_2}^2 = 2R\left(\frac{V_0}{R}\right)^2 = \frac{2{V_0}^2}{R}$$

問５　変圧器での電力の損失は無視できるため，一次コイルでの供給電力と，二次コイルでの消費電力は等しくなる。一次コイルに流れる電流をI_1とすると，

$$V_0 \cdot I_1 = 3V_0 \cdot I_2 \qquad \Rightarrow \qquad I_1 = 3I_2 = \frac{3V_0}{R}$$