Ⅰ

問１　運動量保存則より，

$$(m+M)V_{\mathrm{A}}=mv \qquad \therefore\ V_{\mathrm{A}}=\underline{\frac{m}{m+M}v}$$

問２　$\Delta E=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}(m+M){V_{\mathrm{A}}}^2=\underline{\frac{1}{2}\cdot\frac{mM}{m+M}v^2}$

問３　物体Ｘが点Ｐの高さに到達しない条件は力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}(m+M){V_{\mathrm{A}}}^2<(m+M)gl$$

$$v<\left(1+\frac{M}{m}\right)\sqrt{2gl} \qquad \therefore\ v_1=\underline{\left(1+\frac{M}{m}\right)\sqrt{2gl}}$$

問４　力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}(m+M){V_{\mathrm{B}}}^2+(m+M)g(2l-a)=\frac{1}{2}(m+M){V_{\mathrm{A}}}^2$$

$$\therefore\ V_{\mathrm{B}}=\sqrt{{V_{\mathrm{A}}}^2-2g(2l-a)}=\sqrt{\left(\frac{m}{m+M}\right)^2v^2-2g(2l-a)}$$

よって，示された。

問５　中心方向の運動方程式より，

$$(m+M)\frac{{V_{\mathrm{B}}}^2}{l-a}=T+(m+M)g$$

$$\therefore\ T=\underline{\frac{m^2v^2}{(m+M)(l-a)}-(m+M)g\left(\frac{5l-3a}{l-a}\right)}$$

問６　点Ｑの周りに円運動をするための条件は，

$$T\geqq 0$$

$$\frac{m^2v^2}{(m+M)(l-a)}-(m+M)g\left(\frac{5l-3a}{l-a}\right)\geqq 0$$

$$v\geqq\left(1+\frac{M}{m}\right)\sqrt{g(5l-3a)} \qquad \therefore\ v_2=\underline{\left(1+\frac{M}{m}\right)\sqrt{g(5l-3a)}}$$

II

問1　コイルを貫く磁束の大きさ：$|\phi| = \underline{Bavt}$

コイルに誘導される起電力の大きさ：$|V| = \underline{Bav}$

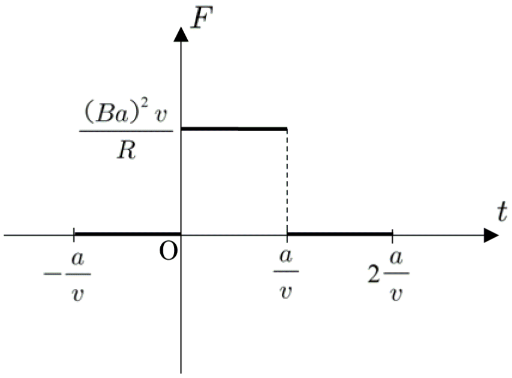
コイルに流れる電流の大きさ：$|I| = \underline{\dfrac{Bav}{R}}$

コイルを流れる電流の向き：時計回り

問2　コイルが磁場から受ける力の大きさ：$|f| = \underline{\dfrac{(Ba)^2 v}{R}}$

力の向き：x軸の負の向き

問3



問4　$t = 0$ から $t = \dfrac{a}{v}$ の間の移動距離は a なので，

$$W = Fa = \underline{\dfrac{B^2a^3v}{R}}$$

単位時間当たりに発生するジュール熱は RI^2 なので，

$$J = RI^2 \cdot \dfrac{a}{v} = \underline{\dfrac{B^2a^3v}{R}}$$

よって，$W = J$ が示された。

問5　コイルに流れる電流の大きさ：$|I| = \underline{\dfrac{Bav}{R}}$

問6　コイルに流れる電流の大きさ：$|I| = \underline{0}$

コンデンサーに蓄えられた電荷：$Q = \underline{0}$

問7　誘導起電力 V：（イ）　電荷 Q：（ク）　電流 I：（カ）　外力 F：（オ）

Ⅲ

問１　量子数nの状態のエネルギーは，$E_n = \dfrac{E_1}{n^2}$

エネルギー保存則より，

$$E = E_n - E_1 = \underline{-\left(1-\frac{1}{n^2}\right)E_1}$$

問２　$E_D = \underline{-E_1}$

問３　電磁波のエネルギーが電離エネルギー以上であればよいので，

$$\frac{hc}{\lambda} \geqq E_D \qquad \therefore\ \underline{\lambda \leqq \frac{hc}{E_D}}$$

問４　（ア）X線　　（イ）電子　　（ウ）長　　（エ）コンプトン

問５　$\underline{\dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{hc}{\lambda'} + \dfrac{1}{2}mv^2}$　…①

問６(a) x方向：$\underline{\dfrac{h}{\lambda} = \dfrac{h}{\lambda'}\cos\theta + mv\cos\phi}$　…②

y方向：$\underline{0 = \dfrac{h}{\lambda'}\sin\theta - mv\sin\phi}$　…③

(b) ②式より，$mv\cos\phi = \dfrac{h}{\lambda} - \dfrac{h}{\lambda'}\cos\theta$

③式より，$mv\sin\phi = \dfrac{h}{\lambda'}\sin\theta$

この２式の両辺を２乗して和をとると，

$$(mv)^2 = \underline{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2 - \frac{2h^2}{\lambda\lambda'}\cos\theta} \quad \cdots④$$

問７　①式×$2m$より，$(mv)^2 = 2mhc\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{1}{\lambda'}\right)$

これを④式に代入して，

$$2mhc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) = \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2 - \frac{2h^2}{\lambda\lambda'}\cos\theta$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{2mc}\left(\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} - 2\cos\theta\right)$$

与えられた近似式を用いて，

$$\underline{\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1-\cos\theta)}$$