Ⅰ

問1　$e=0$ の場合，斜面に垂直な速度成分は 0 となるので，$\underline{(ア)}$

$e=1$ の場合，斜面に垂直な速度成分は大きさが変化せず，逆向きとなるので，$\underline{(イ)}$

問2　$\overrightarrow{v_{\parallel}}$ の大きさ $v_{\parallel}$ は，$v_{\parallel}=\dfrac{1}{\sqrt{2}}v_0$ であるから，$\overrightarrow{v_{\parallel}}$ の x 成分，y 成分を $v_{\parallel x}$，$v_{\parallel y}$ とすると，

$$v_{\parallel x}=\frac{1}{\sqrt{2}}v_{\parallel}=\underline{\frac{1}{2}v_0}\qquad v_{\parallel y}=\frac{1}{\sqrt{2}}v_{\parallel}=\underline{\frac{1}{2}v_0}$$

$\overrightarrow{v_{\perp}}$ の大きさ $v_{\perp}$ は，$v_{\perp}=\dfrac{1}{\sqrt{2}}v_0$ であるから，$\overrightarrow{v_{\perp}}$ の x 成分，y 成分を $v_{\perp x}$，$v_{\perp y}$ とすると，

$$v_{\perp x}=\frac{1}{\sqrt{2}}v_{\perp}=\underline{\frac{1}{2}v_0}\qquad v_{\perp y}=-\frac{1}{\sqrt{2}}v_{\perp}=\underline{-\frac{1}{2}v_0}$$

問3　斜面と衝突直後の小球の速度の斜面に平行な成分を $\overrightarrow{v'_{\parallel}}$，斜面に垂直な成分を $\overrightarrow{v'_{\perp}}$ とすると，$\overrightarrow{v'_{\parallel}}=\overrightarrow{v_{\parallel}}$，$\overrightarrow{v'_{\perp}}=-e\overrightarrow{v_{\perp}}$ が成り立つ。$\overrightarrow{v'}$ の x 成分，y 成分を v'_x，v'_y とすると，

$$v'_x=v_{\parallel x}-ev_{\perp x}=\underline{\frac{1-e}{2}v_0}\qquad v'_y=v_{\parallel y}-ev_{\perp y}=\underline{\frac{1+e}{2}v_0}$$

問4　x 軸方向は等速度運動，y 軸方向は加速度 $-g$ の等加速度運動となるので，

$$x=v'_xt=\underline{\frac{1-e}{2}v_0t}\quad\cdots①$$

$$y=v'_yt-\frac{1}{2}gt^2=\underline{\frac{1+e}{2}v_0t-\frac{1}{2}gt^2}\quad\cdots②$$

問5　①式，②式より，t を消去すると，

$$y=\frac{1+e}{1-e}x-\frac{2g}{(1-e)^2v_0^2}x^2\quad\cdots③$$

これと，$y=ax+bx^2$ を比較して，

$$a=\underline{\frac{1+e}{1-e}},\quad b=\underline{-\frac{2g}{(1-e)^2v_0^2}}$$

問6　点Aを越えるための条件は，$x=\dfrac{h}{2}$ のとき，$y>\dfrac{h}{2}$ であればよいから，③式より，

$$\frac{1+e}{1-e}\cdot\frac{h}{2}-\frac{2g}{(1-e)^2v_0^2}\left(\frac{h}{2}\right)^2>\frac{h}{2}$$

$$\therefore\ v_0>\underline{\sqrt{\frac{gh}{2e(1-e)}}}\ (=V)$$

Ⅱ

問1　ア　$\dfrac{\varepsilon_0 L^2}{d}$　　イ　$\dfrac{\varepsilon_0 L^2 V_0}{d}$　　ウ　$\dfrac{V_0}{d}$　　エ　$\dfrac{\varepsilon_0 L^2 V_0^2}{2d}$

問2　(a)

	電位	電場の強さ
誘電体を挿入した場合	③	⑪
導体を挿入した場合	⑧	⑩

(b)　オ　$0 < z < \dfrac{d}{4}$，$\dfrac{3d}{4} < z < d$ における電場の強さは $\dfrac{V_0}{d}$

$\dfrac{d}{4} < z < \dfrac{3d}{4}$ における電場の強さは $\dfrac{V_0}{\varepsilon_r d}$

よって，上側の金属板の電位は，　$\dfrac{V_0}{d}\cdot\dfrac{d}{4}+\dfrac{V_0}{\varepsilon_r d}\cdot\dfrac{d}{2}+\dfrac{V_0}{d}\cdot\dfrac{d}{4}=\underline{\dfrac{\varepsilon_r+1}{2\varepsilon_r}V_0}$

カ　$0 < z < \dfrac{d}{4}$，$\dfrac{3d}{4} < z < d$ における電場の強さは $\dfrac{V_0}{d}$

$\dfrac{d}{4} < z < \dfrac{3d}{4}$ における電場の強さは 0

よって，上側の金属板の電位は，　$\dfrac{V_0}{d}\cdot\dfrac{d}{4}+0\cdot\dfrac{d}{2}+\dfrac{V_0}{d}\cdot\dfrac{d}{4}=\underline{\dfrac{1}{2}V_0}$

問3　キ　コンデンサーを左右に分けたとき，左側の電気容量を C_1，右側の電気容量を C_2 とすると，

$$C_1=\left\{\frac{1}{\frac{\varepsilon_0\left(\frac{1}{2}L^2\right)}{\frac{1}{2}d}}+\frac{1}{\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0\left(\frac{1}{2}L^2\right)}{\frac{1}{2}d}}\right\}^{-1}=\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0 L^2}{(\varepsilon_r+1)d}$$

$$C_2=\frac{\varepsilon_0\left(\frac{1}{2}L^2\right)}{d}=\frac{\varepsilon_0 L^2}{2d}$$

合成容量を C_{12} とすると，　$C_{12}=C_1+C_2=\underline{\dfrac{(3\varepsilon_r+1)\varepsilon_0 L^2}{2(\varepsilon_r+1)d}}$

ク　コンデンサーの電圧は V_0 であるから，静電エネルギーは，

$$\frac{1}{2}C_{12}V_0^2=\underline{\frac{(3\varepsilon_r+1)\varepsilon_0 L^2 V_0^2}{4(\varepsilon_r+1)d}}$$

Ⅲ

問1　ア　$\underline{2}$　　イ　$\underline{\dfrac{3}{2}}$

問2　ウ　$\underline{P_0}$　　エ　$\underline{\dfrac{P_0 S\ell}{R}}$

問3　オ　気体Aの圧力をP'〔Pa〕とすると，ピストンにはたらく力のつり合いより，

$$P'S + Mg\sin\theta = P_0 S \qquad \therefore\ P' = \underline{P_0 - \frac{Mg\sin\theta}{S}}$$

カ　温度一定なので，ボイルの法則より，

$$P'S\ell' = P_0 S\ell \qquad \therefore\ \ell' = \underline{\frac{P_0 S\ell}{P_0 S - Mg\sin\theta}}$$

キ　理想気体の状態方程式より，

$$P'SL = 1 \cdot RT' \qquad \therefore\ T' = \underline{\frac{(P_0 S - Mg\sin\theta)L}{R}}$$

ク　単原子分子理想気体の定圧モル比熱は$\dfrac{5}{2}R$〔J/(mol・K)〕より，気体Aの吸熱量は，

$$Q = 1 \cdot \frac{5}{2}R(T' - T) = \underline{\frac{5}{2}\left\{P_0 S(L - \ell) - MgL\sin\theta\right\}}$$

ケ　定圧変化なので，

$$W = P'S(L - \ell') = \underline{P_0 S(L - \ell) - MgL\sin\theta}$$

コ　単原子分子理想気体なので，

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot R(T' - T) = \underline{\frac{3}{2}\left\{P_0 S(L - \ell) - MgL\sin\theta\right\}}$$