$\boxed{1}$

(a) エネルギー保存則より，$\frac{1}{2}k(2h-\ell)^2=\frac{1}{2}mV_0{}^2+\frac{1}{2}k(h-\ell)^2$　　よって，$V_0=\underline{\sqrt{\frac{k}{m}h(3h-2\ell)}}$

(b) $F_x=-k\left(\sqrt{h^2+x_{\mathrm{P}}{}^2}-\ell\right)\cdot\frac{x_{\mathrm{P}}}{\sqrt{h^2+x_{\mathrm{P}}{}^2}}=\underline{-k\left(1-\frac{\ell}{\sqrt{h^2+x_{\mathrm{P}}{}^2}}\right)x_{\mathrm{P}}}$

(c) (ア) $\frac{\ell}{\sqrt{h^2+x_{\mathrm{P}}{}^2}}=\frac{\ell}{h\sqrt{1+\left(\frac{x_{\mathrm{P}}}{h}\right)^2}}\fallingdotseq\frac{\ell}{h}$　なので，$F_x\fallingdotseq\underline{-k\left(1-\frac{\ell}{h}\right)}x_{\mathrm{P}}$

(イ) $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k\left(1-\frac{\ell}{h}\right)}}=\underline{2\pi\sqrt{\frac{mh}{k\left(h-\ell\right)}}}$

(d) $B=B_0$のとき，運動し始めた物体Pと物体Qはともに$x=0$で速度が0となるので，エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}k\left(\sqrt{h^2+(2B_0)^2}-\ell\right)^2=\frac{1}{2}k(\ell-h)^2\quad\text{よって，}\quad B_0=\underline{\sqrt{\ell(\ell-h)}}$$

(e) 物体Pにはたらく力のx成分が負から正に変わるのは，ばねが自然長になったときだから，

$$x_1=\underline{-\sqrt{\ell^2-h^2}}$$

また，エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}k\left(\sqrt{h^2+C^2}-\ell\right)^2=\frac{1}{2}mV_1^2\quad\text{よって，}\quad V_1=\underline{\left(\sqrt{h^2+C^2}-\ell\right)\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

(f) V_1が最小のV_2となる場合,物体PとQが同一のx座標上に並んだときに同じ速度で運動する。このときの速度をuとして，

運動量保存則より，$mV_2=2mu$

エネルギー保存則より，$\frac{1}{2}mV_2{}^2=\frac{1}{2}(2m)u^2+\frac{1}{2}k(\ell-h)^2$

以上2式よりuを消去して，$V_2=\underline{(\ell-h)\sqrt{\frac{2k}{m}}}$

(g) $C_0=\underline{\sqrt{\frac{3}{2}}\,\ell}$

$\boxed{2}$

〔A〕

(a) $\underline{I = -\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}}$　(b) V_{S} ：$\underline{②}$　I ：$\underline{①}$　E_C ：$\underline{⑥}$　E_L ：$\underline{⑤}$　(c) $\underline{\dfrac{\pi}{2}\sqrt{LC}}$

〔B〕

(d) 電荷が不変で，電気容量が$\dfrac{1}{a}$倍となるので，V_{S}の最大値は$\underline{aV}$

操作(2)の後V_{S}が最大値をとる時刻は，$\dfrac{1}{4}\cdot 2\pi\sqrt{\dfrac{LC}{a}}$だけ時間が経った後だから，

$$\underline{\left(1+\frac{1}{\sqrt{a}}\right)\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}}$$

〔C〕

(e) エネルギー保存則より，$\dfrac{1}{2}\dfrac{C}{a}(aV)^2 = \dfrac{1}{2}LI_1{}^2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{C}{b}V_1{}^2$

V_{S}の最大値は$V_1 = \underline{\sqrt{ab}\,V}$　Iの最大値は$I_1 = \underline{\sqrt{\dfrac{aC}{L}}V}$

〔D〕

(f) はじめの操作(2)で電圧がa倍となり，その後の操作(2)では，$\dfrac{a}{b}$倍となる。また，操作(3)の後はエネルギー保存則より，電圧の最大値が$\sqrt{\dfrac{b}{a}}$倍となる。以上より，V_{S}の最大値は

$$V\times a\times\left(\frac{a}{b}\right)^{N-1}\times\left(\sqrt{\frac{b}{a}}\right)^{N} = \underline{\sqrt{\frac{a^N}{b^{N-2}}}V}$$

また，必要十分条件は，$\underline{ab>1\text{かつ}a\geqq b}$

(g) $a=2$，$b=1$ のとき，V_{S}の最大値は$\sqrt{2^N}V$なので

$$\frac{1}{2}C\left(\sqrt{2^N}V\right)^2-\frac{1}{2}CV^2 = \underline{\frac{2^N-1}{2}CV^2}$$

〔E〕

(h) V_{S}の最大値：$\underline{bV}$，Iの最大値：$\underline{\sqrt{\dfrac{bC}{L}}V}$

(i) $\underline{0}$

3

〔A〕

(a) 状態方程式は,

状態１：$p_0V_1 = nRT_0$ ⋯①　　　状態２：$p_0V_2 = (n - n_\ell)RT_0$ ⋯②

①より，$n = \underline{\dfrac{p_0V_1}{RT_0}}$　　　②より，$n_\ell = n - \dfrac{p_0V_2}{RT_0} = \underline{\dfrac{p_0}{RT_0}(V_1 - V_2)}$

(b) $W_{12} = \underline{p_0(V_1 - V_2)}$

(c) 気体が凝縮するときに放出する熱は$n_\ell L$であり，熱力学第一法則より，

$$\Delta U_{12} = (-n_\ell L) + W_{12} = \underline{-n_\ell L + n_\ell RT_0}$$

〔B〕

(d) 定積変化ゆえ気体は仕事をしない。状態２から状態３の熱力学第一法則より，

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + 0 = \Delta U_{13} - \Delta U_{12} = \underline{nC_V\Delta T - \Delta U_{12}}$$

〔C〕

(e) (ⅰ) $\underline{3}$　(ⅱ) $\underline{4}$　(ⅲ) $\underline{2}$　(ⅳ) $\underline{1}$

(f) $\gamma = \dfrac{C_V + R}{C_V} = 1 + \dfrac{R}{C_V}$ である。また，$pV^\gamma =$ 一定　を書き直すと　$TV^{\gamma-1} =$ 一定　となる。

これらを用いて，

$$T_4V_1^{\gamma-1} = (T_0 + \Delta T)V_2^{\gamma-1} \qquad \text{よって，} T_4 = \underline{(T_0 + \Delta T)\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{R}{C_V}}}$$

(g) 状態３から状態４は断熱変化だから，熱力学第一法則より，

$$0 = \Delta U_{34} + W_{34} \qquad \text{よって，} W_{34} = -\Delta U_{34} = -nC_V\left\{T_4 - (T_0 + \Delta T)\right\} = nC_V(T_0 + \Delta T - T_4)$$

サイクル１周での正味の仕事は,

$$W = (-W_{12}) + W_{34} = \underline{-n_\ell RT_0 + nC_V(T_0 + \Delta T - T_4)}$$

(h) $e = \dfrac{W}{Q_{23}} = \dfrac{nC_V(T_0 + \Delta T - T_4) - n_\ell RT}{nC_V\Delta T - \Delta U_{12}} = \dfrac{nC_V(T_0 + \Delta T - T_4) - n_\ell RT_0}{nC_V\Delta T + n_\ell L - n_\ell RT_0} = \underline{\dfrac{2}{29}}$