$\boxed{1}$

（1）$F_1 = \underline{-4(P_0 + \rho a g)ab}$

（2）$F_2 = \underline{2(P_0 + 2\rho a g)ab}$

（3）領域Rの面積をS_{R}とすると，

$$S_{\mathrm{R}} \cos 45^\circ = b\Delta s \qquad \therefore \ S_{\mathrm{R}} = \underline{\sqrt{2}\, b\Delta s}$$

（4）領域Rの水面からの深さは$3a - s$なので，領域Rが液体から受ける力の大きさは，

$$\{P_0 + \rho(3a - s)g\} S_{\mathrm{R}} = \underline{\sqrt{2}\{P_0 + \rho(3a - s)g\} b\Delta s}$$

（5）$\Delta F_3 = \sqrt{2}\{P_0 + \rho(3a - s)g\} b\Delta s \cos 45^\circ$

$$= \{P_0 + \rho(3a - s)g\} b\Delta s$$

（6）$F_3 = \sum_{\text{面全体}} \Delta F_3$

$$= \int_a^{2a} \{P_0 + \rho(3a - x)g\} b\,dx$$

$$= \underline{\left(P_0 + \frac{3}{2}\rho a g\right)ab}$$

（7）$F = \underline{F_1 + F_2 + 2F_3}$

（8）$F = -4(P_0 + \rho a g)ab + 2(P_0 + 2\rho a g)ab + 2\left(P_0 + \frac{3}{2}\rho a g\right)ab$

$$= \underline{3\rho a^2 b g}$$

(注) この値は，六面体が液体から受ける浮力の大きさと一致する。

（9）立体の xz 面内における断面積 S_{xz} は,

$$S_{xz} = 4a^2 - 2\int_a^{2a} f(x)\,dx$$

$$= 2(2a^2 - A)$$

よって，体積 V は,

$$V = S_{xz}b$$

$$= \underline{2(2a^2 - A)b}$$

(10) 領域Tの曲線Cに沿った長さ $\varDelta\ell$ は,

$$\varDelta\ell = \sqrt{(\varDelta s)^2 + (\varDelta z)^2}$$

$$= \varDelta s\sqrt{1 + \left(\frac{\varDelta z}{\varDelta s}\right)^2}$$

$$= \varDelta s\sqrt{1 + \{f'(s)\}^2}$$

よって，領域Tの面積 S_{T} は,

$$S_{\mathrm{T}} = b\varDelta\ell$$

$$= \underline{b\varDelta s\sqrt{1 + \{f'(s)\}^2}}$$

(11) $\underline{\dfrac{1}{\sqrt{1 + \{f'(s)\}^2}}}$ ($= \cos\theta$ とおく)

(12) 領域Tの中央における水面からの深さは $2a - f(s)$ だから,

$$\varDelta F_4 = \{P_0 + \rho(2a - f(s))g\}S_{\mathrm{T}}\cos\theta = \underline{\{P_0 + \rho(2a - f(s))g\}b\varDelta s}$$

(13) $F_4 = \displaystyle\sum_{\text{面全体}} \varDelta F_4$

$$= \int_a^{2a} \{P_0 + \rho(2a - f(x))g\}b\,dx$$

$$= \underline{(P_0 + 2\rho ag)ab - \rho Abg}$$

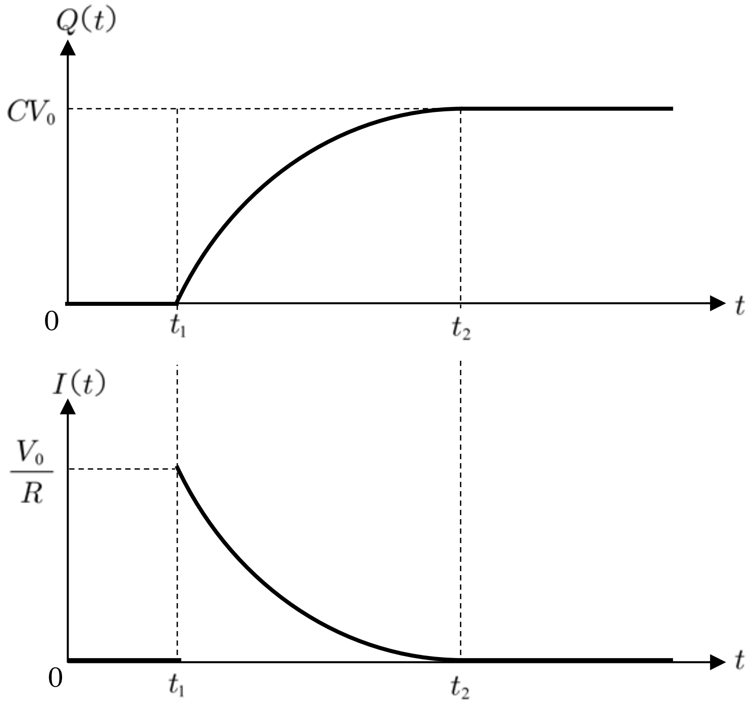
(14) $F_1 + F_2 + 2F_4 = 2\rho(2a^2 - A)bg = \underline{\rho Vg}$

2

問１

（１）$V_0 = RI(t) + \dfrac{Q(t)}{C}$

（２）



(3)　$W = U + H$

(4)　コンデンサーに蓄えられた電気量は,

$$Q(t_2) = CV_0$$

なので,

$$W = Q(t_2)V_0 = CV_0^{\ 2}$$

$$U = \frac{\{Q(t_2)\}^2}{2C} = \frac{1}{2}CV_0^{\ 2}$$

これらを(3)の結果に代入すると,

$$H = \frac{1}{2}CV_0^{\ 2}$$

問２

(1) スイッチを閉じた直後，コイルに電流は流れないので，$I_{\mathrm{L}}(t_{1+}) = \underline{0}$

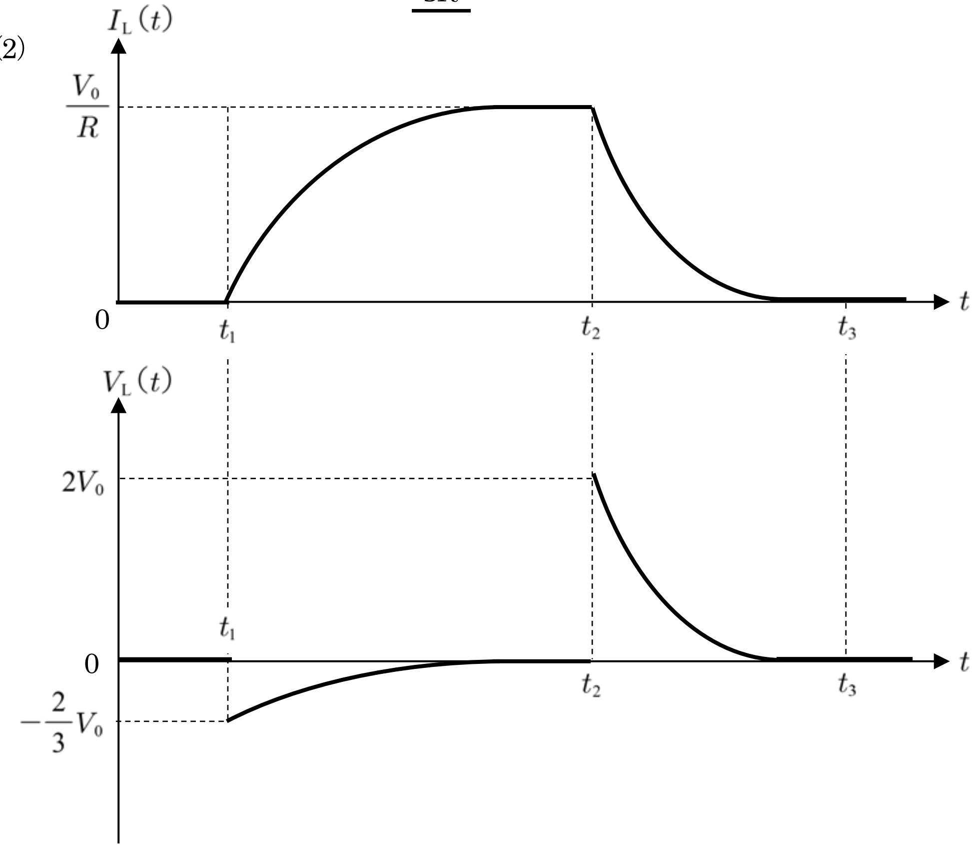
このとき回路に流れる電流をI_1とすると，キルヒホッフ第２法則より，

$$V_0 = RI_1 + 2RI_1$$

よって，

$$I_{\mathrm{R}}(t_{1+}) = I_{2\mathrm{R}}(t_{1+}) = I_1 = \underline{\frac{V_0}{3R}}$$

(2)



問３

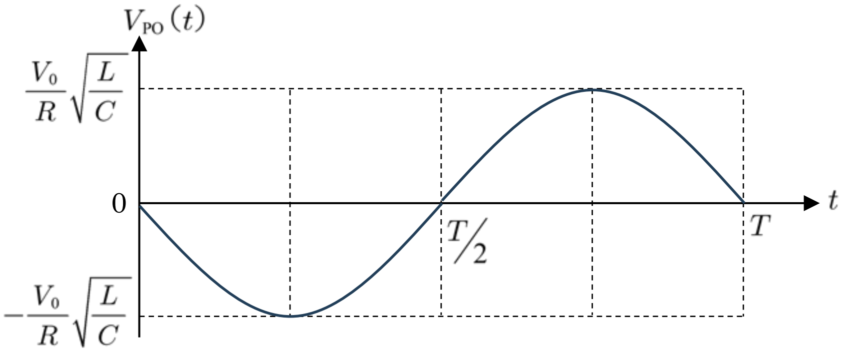
(1)　$I_{\mathrm{L}}(t_{1+}) = \underline{0}$,　　$I_{\mathrm{C}}(t_{1+}) = I_{\mathrm{R}}(t_{1+}) = \underline{\dfrac{V_0}{R}}$

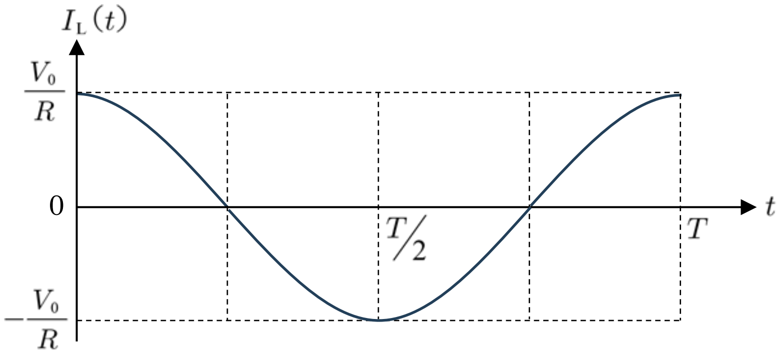
(2)　$I_{\mathrm{C}}(t_2) = \underline{0}$,　　$I_{\mathrm{L}}(t_2) = I_{\mathrm{R}}(t_2) = \underline{\dfrac{V_0}{R}}$

(3)　コンデンサーに蓄えられたエネルギー：$U_{\mathrm{C}}(t_2) = \underline{0}$

コイルに蓄えられたエネルギー：$U_{\mathrm{L}}(t_2) = \dfrac{1}{2}L\{I_{\mathrm{L}}(t_2)\}^2 = \underline{\dfrac{L}{2}\left(\dfrac{V_0}{R}\right)^2}$

(4)





⑸ コイルを流れる電流は,

$$I_{\mathrm{L}}(t)=\frac{V_0}{R}\cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$$

と表せるので,

$$\Delta I_{\mathrm{L}}(t)=I_{\mathrm{L}}(t+\Delta t)-I_{\mathrm{L}}(t)$$

$$=\frac{V_0}{R}\left[\cos\left\{\frac{1}{\sqrt{LC}}(t+\Delta t)\right\}-\cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)\right]$$

ここで，加法定理を用いて近似すると,

$$\cos\left\{\frac{1}{\sqrt{LC}}(t+\Delta t)\right\}\fallingdotseq\cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)\cdot 1-\sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{LC}}\Delta t$$

よって,

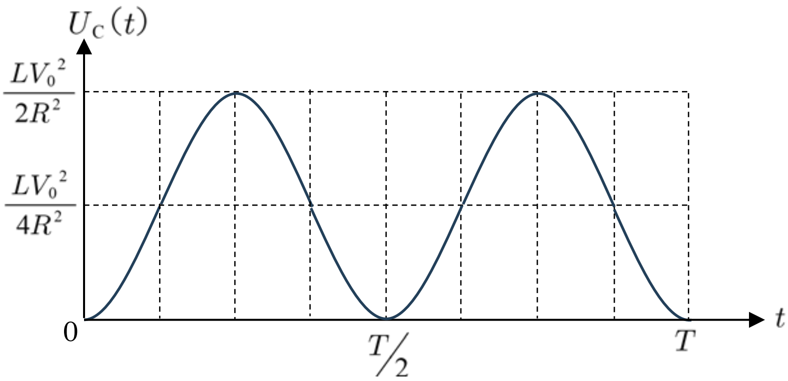
$$\Delta I_{\mathrm{L}}(t)\fallingdotseq\underline{-\frac{V_0}{R\sqrt{LC}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)}\times\Delta t$$

⑹ $V_{\mathrm{PO}}(t)=\underline{-\frac{V_0}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)}$

⑺ $U_{\mathrm{C}}(t)=\frac{1}{2}C\{V_{\mathrm{PO}}(t)\}^2$

$$=\frac{LV_0{}^2}{2R^2}\sin^2\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$$

$$=\underline{\frac{LV_0{}^2}{4R^2}\left\{1-\cos\left(\frac{2}{\sqrt{LC}}t\right)\right\}}$$



問４

(1) $V_{\mathrm{R}}(t)=\underline{RI_0\sin\omega t}$

$$V_{\mathrm{C}}(t)=\frac{1}{\omega C}I_0\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)$$

$$=\underline{-\frac{1}{\omega C}I_0\cos\omega t}$$

キルヒホッフ第２法則より，

$$V(t)=V_{\mathrm{R}}(t)+V_{\mathrm{C}}(t)$$

$$=RI_0\sin\omega t-\frac{1}{\omega C}I_0\cos\omega t$$

$$=I_0\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}\sin(\omega t+\phi)$$

よって，

$$V_0=\underline{I_0\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

(2) コンデンサーの消費電力 $P_{\mathrm{C}}(t)$ は，

$$P_{\mathrm{C}}(t)=I(t)V_{\mathrm{C}}(t)$$

$$=-\frac{{I_0}^2}{\omega C}\sin\omega t\cos\omega t$$

$$=-\frac{{I_0}^2}{2\omega C}\sin(2\omega t)$$

より，$P_{\mathrm{C}}(t)<0$ となる範囲は，$\underline{0<t<\frac{\pi}{2\omega},\ \frac{\pi}{\omega}<t<\frac{3\pi}{2\omega}}$

(3)　オシロスコープはコンデンサーと並列なので,

$$V_{\text{out}} = \frac{I_0}{\omega C}$$

より,

$$\frac{V_{\text{out}}}{V_0} = \underline{\frac{1}{\sqrt{(\omega CR)^2 + 1}}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + 1}}$$