第１問

〔１〕

問１　[式と計算]

人工衛星は中心方向に$\dfrac{v^2}{r}$の加速度を受けるので，力のつり合いから

$$m\frac{v^2}{r}=\frac{GMm}{r^2}\qquad \therefore v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$$

答	$v=\sqrt{\dfrac{GM}{r}}$

問２　[式と計算]

$$\text{周期}\,T=\frac{2\pi r}{v}=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}\qquad \therefore T^2=\frac{4\pi^2 r^3}{GM}$$

答	$T^2=\dfrac{4\pi^2}{GM}r^3$

〔２〕

問３

答	$\dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{A}}^2-\dfrac{GMm}{L}=\dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2-\dfrac{GMm}{4L}$

問４　[式と計算]

面積速度一定の法則より，$v_{\mathrm{A}}=4v_{\mathrm{B}}$　これを問３の式に代入して，

整理すると，$v_{\mathrm{B}}=\sqrt{\dfrac{GM}{10L}}$

また，v_2は問１のrを$4L$として，$v_2=\dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{GM}{L}}=\dfrac{\sqrt{10}}{2}v_{\mathrm{B}}$

答	v_{B}	$\sqrt{\dfrac{GM}{10L}}$
	v_2	$\dfrac{\sqrt{10}}{2}v_{\mathrm{B}}$

第２問

問１　[式と計算]

金属板を挿入していない状況での

電気容量を$C_0 \equiv \dfrac{\varepsilon_0 a^2}{d}$として以下の設問でも

用いる。

$$Q_0 = C_0 V = \frac{\varepsilon_0 a^2}{d} V \qquad U_0 = \frac{1}{2} C_0 V^2 = \frac{\varepsilon_0 a^2}{2d} V^2$$

答		
	Q_0	$\dfrac{\varepsilon_0 a^2}{d} V$
	U_0	$\dfrac{\varepsilon_0 a^2}{2d} V^2$

問２　[式と計算]

金属板の入っていない電気容量$C_1 = \dfrac{\varepsilon_0 a(a-x)}{d} = \left(1 - \dfrac{x}{a}\right) C_0$

金属板の入っている電気容量$C_2 = \dfrac{\varepsilon_0 a x}{\frac{2}{3} d} = \dfrac{3x}{2a} C_0$

並列より合成容量は，$C(x) = \left(1 + \dfrac{x}{2a}\right) C_0$

$$Q(x) = C(x)V = \left(1 + \frac{x}{2a}\right) C_0 V = \left(1 + \frac{x}{2a}\right) Q_0$$

$$f(x) = 1 + \frac{x}{2a}$$

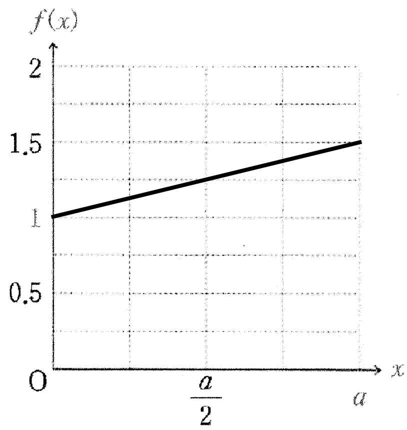

図２

答	
	$f(x) = 1 + \dfrac{x}{2a}$

問３　[式と計算]

スイッチを開いているのでQ_0は一定

誘電体を完全に満たしたときの電気容量$5C_0$より，

このときの静電エネルギー$U_1 = \dfrac{Q_0^2}{10 C_0} = \dfrac{1}{5} U_0$

答	
	$\dfrac{1}{5} U_0$

問４　[式と計算]

誘電体の入っていない電気容量$C_1' = \dfrac{\varepsilon_0 a x}{d} = \dfrac{x}{a} C_0$

誘電体の入っている電気容量

$C_2' = \dfrac{5\varepsilon_0 a(a-x)}{d} = 5\left(1-\dfrac{x}{a}\right)C_0$

並列より合成容量は，$C'(x) = C_1' + C_2' = \left(5-\dfrac{4x}{a}\right)C_0$

このときの静電エネルギー$U_2 = \dfrac{Q_0^2}{2C'(x)} = \left(5-\dfrac{4x}{a}\right)^{-1} U_0$

$\therefore g(x) = \left(5-\dfrac{4x}{a}\right)^{-1}$

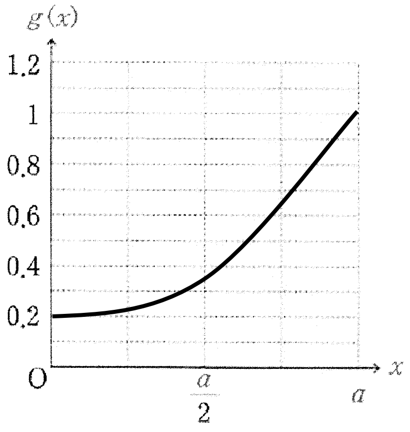

図４

答	$g(x) = \left(5-\dfrac{4x}{a}\right)^{-1}$

問５

誘	電	体	を	引	き	ぬ	く	と	き	，	誘	電	体	は
コ	ン	デ	ン	サ	―	に	引	き	込	ま	れ	る	向	き
に	力	を	受	け	，	外	力	は	正	の	仕	事	を	す
る	た	め	。											

第３問

問１　[式と計算]

ピストンの質量を m とすると，力のつり合いから

$$P_0S=\frac{1}{2}P_0S+mg \qquad \therefore m=\frac{P_0S}{2g}$$

答	$\dfrac{P_0S}{2g}$

問２　[式と計算]

ピストンの質量を m，気体の圧力 $P(\theta)$ とすると

力のつり合いから　$P_0S=P(\theta)S+mg\cos\theta$

問１より，$\therefore P(\theta)=\left(1-\dfrac{1}{2}\cos\theta\right)P_0$

答	$\left(1-\dfrac{1}{2}\cos\theta\right)P_0$

問３　[式と計算]

状態 A，B での絶対温度 T_A, T_B とすると，

状態方程式：A　$\dfrac{1}{2}P_0L_1S=RT_A$　　B　$P_0L_2S=RT_B$

(a)　内部エネルギーの増加量　$\Delta U_{AB}=\dfrac{3}{2}R(T_B-T_A)=\dfrac{3}{4}P_0S(2L_2-L_1)$

(b)　外部からされた仕事 W_{AB} として熱力学第一法則

$$W_{AB}=\Delta U_{AB}=\frac{3}{4}P_0S(2L_2-L_1)$$

答	(a)	$\dfrac{3}{4}P_0S(2L_2-L_1)$
	(b)	$\dfrac{3}{4}P_0S(2L_2-L_1)$

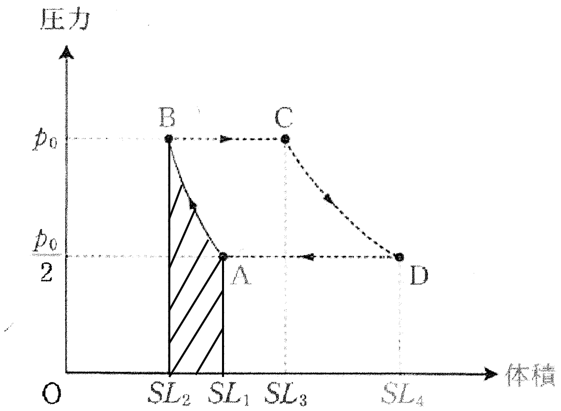

図２

問４　[式と計算]

状態Ｃでの絶対温度T_Cとすると，

状態方程式：Ｃ　$P_0L_3S = RT_C$

(a)　定圧変化より，外部にした仕事$W_{BC} = P_0S(L_3 - L_2)$

(b)　吸収した熱量　$Q_{BC} = \frac{5}{2}R(T_C - T_B) = \frac{5}{2}P_0S(L_3 - L_2)$

答		
	(a)	$P_0S(L_3 - L_2)$
	(b)	$\frac{5}{2}P_0S(L_3 - L_2)$

問５　[式と計算]

吸収した熱量　$Q_{BC} = \frac{5}{2}P_0S(L_3 - L_2)$

放出した熱量は，D→A において，$Q_{DA} = \frac{5}{4}P_0S(L_4 - L_1)$

$$e = \frac{Q_{BC} - Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 - \frac{L_4 - L_1}{2(L_3 - L_2)}$$

答	
	$1 - \frac{L_4 - L_1}{2(L_3 - L_2)}$