1

	導出過程	答
〔A〕(a)	このとき，A,B,Cの速度のx成分は全てV_xとなるので，x方向について，運動量保存則より， $mV_0 = 3mV_x$　$\therefore V_x = \frac{1}{3}V_0$	$V_x = \frac{1}{3}V_0$
(b)	力学的エネルギー保存則より， $\frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2}mV_x^2 + \frac{1}{2}m(V_x^2+V_y^2)\times 2$ $V_x = \frac{1}{3}V_0$ を代入して，$V_y = -\frac{1}{\sqrt{3}}V_0$　…①	$V_y = -\frac{1}{\sqrt{3}}V_0$
(c)	Aから見ると，Bは速さV_0の円運動をしている。運動方程式より， $m\frac{V_0^2}{L} = T$　$\therefore T = \frac{mV_0^2}{L}$	$T = \frac{mV_0^2}{L}$
(d)	Aの加速度を，x軸の正の向きにαとする。 運動方程式は $\begin{cases} A: m\alpha = -2T' & \cdots ② \\ B: m\frac{V_0^2}{L} = T' - m\alpha & \cdots ③ \end{cases}$ ①②③より　$T' = \frac{mV_0^2}{9L}$	$T' = \frac{mV_0^2}{9L}$
〔B〕(e)	A,B,C全体の運動方程式より， $3ma_1 = F$　$\therefore a_1 = \frac{F}{3m}$	$a_1 = \frac{F}{3m}$
(f)	x方向の，運動量と力積の関係より， $\begin{cases} 実験1: 3mu = F\cdot t_2 \\ 実験2: 3m\cdot w\cos 30^\circ = F\cdot t_2 \end{cases}$ 2式より，$w = \frac{2}{\sqrt{3}}u$	$w = \frac{2}{\sqrt{3}}u$
(g)	仕事とエネルギーの関係より， $\begin{cases} 実験1: F\cdot x_1 = \frac{1}{2}mu^2\times 3 \\ 実験2: F\cdot x_2 = \frac{1}{2}m(w\cos 30^\circ)^2\times 3 + \frac{1}{2}m(w\cos 30^\circ)^2\times 2 \end{cases}$ 以上2式より，$\frac{x_2}{x_1} = \frac{11}{9}$	$\frac{x_2}{x_1} = \frac{11}{9}$
(h)		(ア)

2

〔A〕(a)

導出過程

コンデンサーの公式より,

$$C_e = \frac{\varepsilon a^2}{3d}$$

$$\frac{1}{C_i} = \frac{1}{\frac{\varepsilon_0 a^2}{2d}} + \frac{1}{\frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 a^2}{d}} \quad \therefore C_i = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 a^2}{(2\varepsilon_r + 1)d}$$

答

$$C_e = \frac{\varepsilon_0 a^2}{3d}$$

$$C_i = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 a^2}{(2\varepsilon_r + 1)d}$$

(b)

導出過程

電場の強さと電位差の関係から,

$E_A \cdot 3d = V_0$,　$E_B \cdot 2d + E_c \cdot d = V_0$　また $E_c = \frac{E_B}{\varepsilon_r}$

以上より $E_A = \frac{V_0}{3d}$, $E_B = \frac{3\varepsilon_r}{2\varepsilon_r + 1} E_A$, $E_c = \frac{3}{2\varepsilon_r + 1} E_A$

答

$\boxed{E_c} < \boxed{E_A} < \boxed{E_B}$

〔B〕(c)

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
$1 - \frac{S_i(x)}{S}$	$\frac{a^2}{2} - x^2$	$\frac{C_i + C_e}{2}$	C_e	$\frac{(\varepsilon_r - 1)\varepsilon_0}{3(2\varepsilon_r + 1)d}$

(d)

導出過程

$x = 0$ のときの電気量 $Q_0 = C(0)V_0 = C_1 V_0$ より,

$$U_1(x) = \frac{Q_0^2}{2C(x)} = \frac{(C_1 V_0)^2}{2(C_1 - bx^2)}$$

答

$$U_1(x) = \frac{C_1^2 V_0^2}{2(C_1 - bx^2)}$$

(e)

導出過程

$$U_2(x) = \frac{1}{2} C(x) V_0^2 = \frac{1}{2}(C_1 - bx^2) V_0^2$$

答

$$U_2(x) = \frac{1}{2}(C_1 - bx^2) V_0^2$$

(f)

導出過程

電池のする仕事 $W_E = (C(x) - C(0))V_0^2$

コンデンサーの静電エネルギーの変化 $\Delta U = \frac{1}{2}(C(x) - C(0))V_0^2$

エネルギー保存則より, $W_E + W(x) = \Delta U$

$C(x) - C(0) = -bx^2$ を用いると, $W(x) = \frac{1}{2} b V_0^2 x^2$

答

$$W(x) = \frac{1}{2} b V_0^2 x^2$$

(g)

導出過程

$W(x) = \frac{1}{2} b V_0^2 x^2$ より, ばね定数 $k = bV_0^2$ の弾性エネルギーと同じになる.

$F = -kx = -bV_0^2 x$

周期の公式より, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{bV_0^2}} = \frac{2\pi}{V_0}\sqrt{\frac{3(2\varepsilon_r + 1)dm}{(\varepsilon_r - 1)\varepsilon_0}}$

答

$F = -bV_0^2 x$　　　$T = \frac{2\pi}{V_0}\sqrt{\frac{3(2\varepsilon_r + 1)dm}{(\varepsilon_r - 1)\varepsilon_0}}$

(h)

導出過程

エネルギー保存則より,

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} C(0) V_0^2 - \frac{1}{2} C\left(\frac{3}{4}a\right) V_0^2 = \left(C(0) - C\left(\frac{3}{4}a\right)\right) V_0^2$$

$\varepsilon_r = 10$ のとき, $C(0) - C\left(\frac{3}{4}a\right) = \frac{\varepsilon_0 a^2}{16d}$

$$\therefore v_1 = \sqrt{\frac{\left(C(0) - C\left(\frac{3}{4}a\right)\right) V_0^2}{m}} = \frac{aV_0}{4}\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{dm}}$$

答

$$v_1 = \frac{aV_0}{4}\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{dm}}$$

3

	導出過程	答
(a)		答 $32T_0$
(b)		答 $\frac{93}{2}P_0SL$
(c)	導出過程 断熱変化の式より $32P_0(SL)^{\frac{5}{3}}=P_0(Sx)^{\frac{5}{3}}$ $x=32^{\frac{3}{5}}L$	答 $x=8L$
(d)	導出過程 断熱過程なので、熱力学第一法則より、 気体が外部にした仕事W_1は、内部エネルギーの減少分と等しいので $W_1=\frac{3}{2}\times32P_0SL-\frac{3}{2}P_0S\times8L=36P_0SL$	答 $36P_0SL$
(e)	導出過程 状態Dの内部エネルギーは、シリンダー内と容器内の和なので、 圧力をP_D、温度をT_Dとすると $\frac{3}{2}P_DS\times9L=\frac{3}{2}P_0S\times8L+\frac{3}{2}P_0SL$　∴ $P_D=P_0$ 状態Aのコックを閉じる前と比較すると $\frac{P_DS\times9L}{RT_D}=\frac{P_0S\times2L}{RT_0}$　∴ $T_D=\frac{9}{2}T_0$	答 温度: $\frac{9}{2}T_0$ 圧力: P_0
(f)	導出過程 一様な状態でのモル数は体積に比例するので 容器内のモル数は 移動前 $\frac{P_0SL}{RT_0}$，移動後 $\frac{1}{9}\times\frac{2P_0SL}{RT_0}$ 従って移動したのは $\frac{7P_0SL}{9RT_0}$	答 $\frac{7P_0SL}{9RT_0}$
(g)	導出過程 気体がされた仕事W_2は $W_2=P_0S(8L-L)=7P_0SL$ 単原子分子理想気体の定圧変化なので求める熱量Qは $Q=\frac{5}{2}W_2=\frac{35}{2}P_0SL$	答 $\frac{35}{2}P_0SL$
(h)	導出過程 1サイクルの間に気体が吸収した熱量は(b)、放出した熱量は(g)で求めているから. (熱効率)$=1-\frac{\frac{35}{2}P_0SL}{\frac{93}{2}P_0SL}=\frac{58}{93}$	答 $\frac{58}{93}$