$\boxed{1}$

〔A〕

(a)　$f = \underline{mg\sin\theta}$

(b)　仕事とエネルギーの関係より，

$$\frac{1}{2}mv_0^{\ 2} = mg\sin\theta\cdot\frac{r}{\cos\theta} - \mu' mg\cos\theta\cdot\frac{r}{\cos\theta}\qquad \text{よって，}\qquad v_0 = \underline{\sqrt{2gr(\tan\theta-\mu')}}$$

(c)　$-\mu' mg\cos\theta\times\dfrac{r}{\cos\theta} = \underline{-\mu' mgr}$

〔B〕

(d)　$N = \underline{mg\cos\theta + mr\omega^2\sin\theta}$

(e)　⑤

(f)　静止摩擦力の大きさを R として，円錐面に平行な方向の力のつりあいから，

$$R + mg\sin\theta = mr\omega^2\cos\theta\qquad \text{よって，}\quad R = mr\omega^2\cos\theta - mg\sin\theta$$

すべり出す直前は，$\omega = \omega_0$，$R = \mu N$　となるので，

$$mr\omega_0^{\ 2}\cos\theta - mg\sin\theta = \mu\left(mg\cos\theta + mr\omega_0^{\ 2}\sin\theta\right)\qquad \text{よって，}\quad \omega_0 = \underline{\sqrt{\frac{g\left(\sin\theta+\mu\cos\theta\right)}{r\left(\cos\theta-\mu\sin\theta\right)}}}$$

〔C〕

(g)　$\Delta v = \underline{r\cdot\Delta\omega}$

(h)　⑧

(i)　台上から見ると，回転し始めた直後の遠心力の大きさは 0 であるが，大きさ $m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mr\dfrac{\Delta\omega}{\Delta t}$ の慣性力が円の接線方向にはたらく。物体が台から受ける静止摩擦力の大きさを R'，垂直抗力の大きさを N' として，力のつりあいから，

$$R' = \sqrt{\left(mg\sin\theta\right)^2 + \left(mr\frac{\Delta\omega}{\Delta t}\right)^2}\qquad\qquad N' = mg\cos\theta$$

すべり出す条件は，$R' > \mu N'$　なので，

$$\sqrt{\left(mg\sin\theta\right)^2 + \left(mr\frac{\Delta\omega}{\Delta t}\right)^2} > \mu mg\cos\theta\qquad \text{よって，}\quad \underline{\frac{\Delta\omega}{\Delta t} > \frac{g}{r}\sqrt{\mu^2\cos^2\theta - \sin^2\theta}}$$

2

〔A〕

(a) $-\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}V$

(b) $\dfrac{\varepsilon_0 S}{2d}V^2$

〔B〕

(c) $C=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$ とおくと，上の極板と導体円板，下の極板と導体円板で構成されるコンデンサーの電気容量は各々 $C_1=\dfrac{d}{d-y}C$， $C_2=\dfrac{d}{y}C$ となる。

下の極板を電位の基準として，導体円板の電位を x とおくと，電荷保存則より，

$$C_1\left(x-V\right)+C_2\left(x-0\right)=-CV \qquad \text{よって，}\quad x=\frac{y^2}{d^2}V$$

よって，電荷は，

$$\text{上面：}\ Q_1=C_1\left(x-V\right)=-\varepsilon_0 SV\frac{y+d}{d^2} \qquad \text{下面：}\ Q_2=C_2\left(x-0\right)=\varepsilon_0 SV\frac{y}{d^2}$$

(d) 静電エネルギーの和は，

$$U=\frac{1}{2}C_1\left(x-V\right)^2+\frac{1}{2}C_2\left(x-0\right)^2=\frac{1}{2}\cdot\frac{d}{d-y}C\cdot\left(\frac{d^2-y^2}{d^2}V\right)^2+\frac{1}{2}\cdot\frac{d}{y}C\cdot\left(\frac{y^2}{d^2}V\right)^2$$

$$=\frac{1}{2}CV^2\cdot\frac{d^2-y^2+yd}{d^2}=\varepsilon_0 SV^2\frac{\left(d^2-y^2+yd\right)}{2d^3}$$

(e) 直流電源がした仕事は，$W_{\mathrm{E}}=\varepsilon_0 SV^2\dfrac{y}{d^2}$　　静電エネルギーの変化は，$\Delta U=\varepsilon_0 SV^2\dfrac{y}{2d^2}\left(1-\dfrac{y}{d}\right)$

エネルギー保存則より，

$$W_{\mathrm{E}}=\Delta U+\frac{1}{2}mv^2+mgy \qquad \text{よって，}\quad v=\sqrt{y\left\{\frac{\varepsilon_0 SV^2}{md^3}\left(y+d\right)-2g\right\}}$$

(f) 上の極板の電気量の時間変化率を考えて，

$$I=\frac{d\left(-Q_1\right)}{dt}=\frac{d}{dt}\left\{\frac{y+d}{d^2}\varepsilon_0 SV\right\}=\frac{\varepsilon_0 SV}{d^2}\cdot\frac{dy}{dt}=\frac{\varepsilon_0 SV}{d^2}\cdot v=\frac{\varepsilon_0 SV}{d^2}\sqrt{y\left\{\frac{\varepsilon_0 SV^2}{md^3}\left(y+d\right)-2g\right\}}$$

(g) ①

3

〔A〕

(a) $p_1 = \underline{p_0 + \dfrac{mg}{S}}$

(b) $\underline{4T_1}$

(c) 容器内の気体の全物質量を n とする。はじめの状態について，

状態方程式： $p_1 S x_1 = nRT_1$ …①　　力のつりあい： $p_1 S = p_0 S + mg$ …②

この圧縮は断熱過程なので，熱力学第1法則と①②式より，求める仕事 W は

$$W = \frac{3}{2}nR\left(T_2 - T_1\right) = \frac{9}{2}nRT_1 = \frac{9}{2}p_1 S x_1 = \underline{\frac{9}{2}\left(p_0 S + mg\right)x_1}$$

〔B〕

(d) シリンダーA，B内の気体の物質量を各々 n_A， n_B とする。状態方程式は，

A： $p_1 S x_2 = n_A RT_1$ …③　　B： $p_0 S y_2 = n_B RT_2(x_2)$ …④　　(ただし， $n_A + n_B = n$)

③× $T_2(x_2)$ ＋④× T_1 と①より，

$$T_2(x_2)p_1 S x_2 + T_1 p_0 S y_2 = p_1 S x_1 T_1 T_2(x_2) \quad \text{よって，} \quad y_2 = \underline{\frac{p_1}{p_0}\cdot\frac{T_2(x_2)}{T_1}\left(x_1 - x_2\right)}$$

(e) $W_A(x_2) = \underline{p_1 S\left(x_1 - x_2\right)}$　　$W_B(x_2) = \underline{p_0 S y_2}$

(f) (ア) 断熱過程なので，熱力学第1法則より， $U(x_2) - U(x_2) = \underline{W_A(x_2) - W_B(x_2)}$

(イ) (ア)の式から， $\left(\dfrac{3}{2}n_A RT_1 + \dfrac{3}{2}n_B RT_2(x_2)\right) - \dfrac{3}{2}nRT_1 = p_1 S\left(x_1 - x_2\right) - p_0 S y_2$

①③④式を用いて整理すると， $p_1\left(x_1 - x_2\right) = p_0 y_2$ となり， y_2 を代入して， $T_2(x_2) = \underline{T_1}$

(g) (ウ) $\underline{pV}$　　(エ) $\underline{\dfrac{5}{2}RT}$

〔C〕

(h) (オ) $T_2(0) = T_1$ であり， $T_2' = T_1 + \Delta T$ とおくと， H' が一定より，

$$\frac{5}{2}nRT_1 + an^2\frac{T_1 - b}{V_1} = \frac{5}{2}nR\left(T_1 + \Delta T\right) + an^2\frac{\left(T_1 + \Delta T\right) - b}{V_2}$$

$$\Delta T = \underline{\frac{an\left(\dfrac{1}{V_1} - \dfrac{1}{V_2}\right)}{\dfrac{5}{2}R + \dfrac{an}{V_2}}\left(T_1 - b\right)}$$