第１問

問１

$$h_1 = h_0 - \frac{mg}{k}$$

問２

$$\sqrt{2g(h_2 - h_1)}$$

問３

$$\frac{M\sqrt{2g(h_2 - h_1)}}{M+m}$$

問４

速さが最大となるときのばねの長さ

$$h_0 - \frac{(M+m)g}{k}$$

導出過程

ばねの長さを y とし，鉛直上向きを正とする。加速度 a とすると，一体となったときの運動方程式

$(M+m)a = k(h_0 - y) - (M+m)g$　　$a = 0$ で一つになった物体の速さは最大となるので，

このときのばねの長さを y_0 とすると，$y_0 = h_0 - \dfrac{(M+m)g}{k}$ ･･･(答)

【別解】

一体となったときにおいて，ばねの長さを y，運動エネルギー K とすると，

力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}(M+m)\left\{\frac{M\sqrt{2g(h_2-h_1)}}{M+m}\right\}^2 + (M+m)gh_1 + \frac{1}{2}k(h_0-h_1)^2 = K + (M+m)gy + \frac{1}{2}k(h_0-y)^2$$

この式から　$K = -\dfrac{1}{2}k\left\{y - \left(h_0 - \dfrac{(M+m)g}{k}\right)\right\}^2 + \cdots$ とまとめられるので，

よって，最大値は，$y_0 = h_0 - \dfrac{(M+m)g}{k}$ ･･･(答)

第２問

問１

(1)　$I_1 = I_2 + I_3$

(2)　$3.0 = 10I_1 + 10I_2$

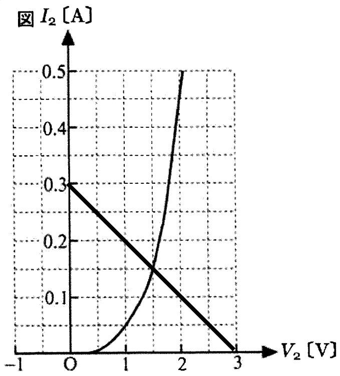
(3)　$3.0 + 2.0 = 10I_1 + 20I_3$

問２

(1) 関係式　$V_2 = 3.0 - 10I_2$

(2)　$I_2 = 0.15$ 〔A〕

(1)



問３

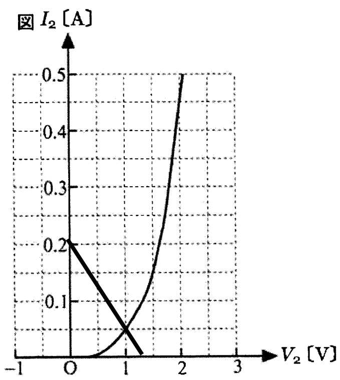
(1) 関係式　$V_2 = \dfrac{4.0 - 20I_2}{3}$

(2)　$I_1 = 0.20$ 〔A〕

$I_2 = 0.05$ 〔A〕

$I_3 = 0.15$ 〔A〕

(1)



第３問

問１

波が進む距離

λ

発生源が進む距離

$\frac{v_S}{V}\lambda$

問２

波の速さ

V

波長

$\left(1-\frac{v_S}{V}\right)\lambda$

問３

振動数

$\frac{V^2}{(V-v_S)\lambda}$

問４

波の速さ

$V-v_0$

波長

λ

問５

振動数

$\frac{V-v_0}{\lambda}$

第４問

問１

$$\frac{3}{2}P_0V_0$$

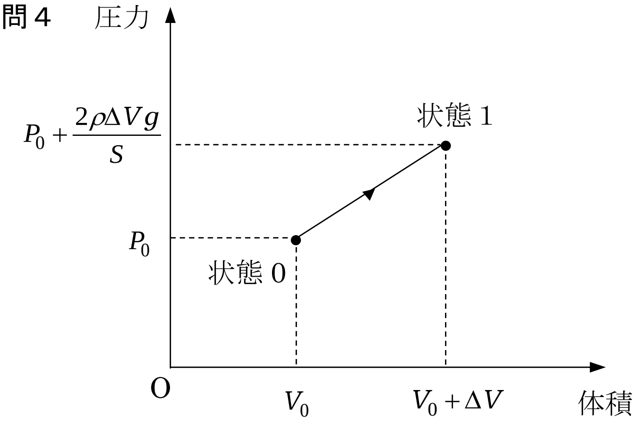
問２

$$\frac{2\Delta V}{S}$$

問３

$$P_0+\frac{2\rho\Delta Vg}{S}$$

問４



問５

$$P_0\Delta V+\frac{\rho g}{S}(\Delta V)^2$$

問６

$$\frac{\rho g}{S}(\Delta V)^2$$

導出過程

気体が押しのけた液体の質量部分 $\rho\Delta V$ に着目すると，この部分の重心の位置は，

$\dfrac{\Delta V}{S}$ だけ高くなっているので，液体の位置エネルギーは増加する。

よって，液体の位置エネルギーの変化量は， $\rho\Delta Vg\times\dfrac{\Delta V}{S}=\dfrac{\rho g}{S}(\Delta V)^2$

問７

容器 B の液面にはたらく大気圧に対しても，容器 A 内の理想気体が仕事をしたから。