

- 1
 (1) 領域I では $-y$ 方向に eE_1 の大きさの力を受ける. x 方向は $v_0 \cos \theta$ の等速度.

$$t_1 = \frac{l_1}{v_0 \cos \theta}$$

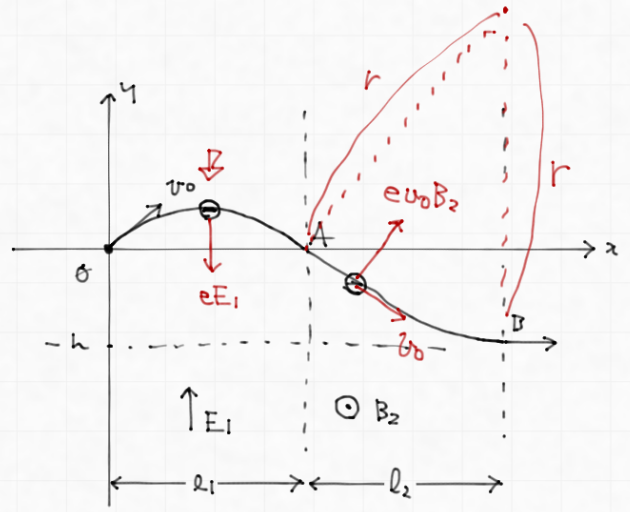
(2) $m a_1 = -eE_1 \quad a_1 = -\frac{eE_1}{m}$

(3) $x = l_1$ のとき $y = 0$

$$0 = v_0 \sin \theta t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \quad t_1, a_1 \text{ を代入}$$

$$0 = \frac{v_0 \sin \theta}{v_0 \cos \theta} l_1 - \frac{1}{2} \frac{eE_1}{m} \cdot \frac{l_1^2}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

$$E_1 = \frac{2 m v_0^2 \cos \theta \sin \theta}{e l_1}$$



- (4) 半径を r とする. A 点は O 点と電位が等しく. したがって領域 II に飛び込んだ電子の速度は v_0

$$m \frac{v_0^2}{r} = e v_0 B_2 \quad \text{より } r = \frac{m v_0}{e B_2}$$

B 点で x 軸と平行に進んでいることから. 上の中心は B 点より $+y$ 方向と分かる. 中心は

$$(x, y) = (l_1 + l_2, -h + \frac{m v_0}{e B_2})$$

- (5) A 点での運動の向きを考慮. (右図) $r \sin \theta = l_2$ より

$$\frac{m v_0 \sin \theta}{e B_2} = l_2 \quad \therefore B_2 = \frac{m v_0 \sin \theta}{e l_2} \quad (T)$$

- (6) x 軸と垂直な方向の速度成分は $v_0 \sin \theta$ で

この成分の大きさは変わらない. 円運動の半径を r として

$$m \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{r} = e v_0 \sin \theta B_3 \quad \text{より } r = \frac{m v_0}{e B_3} \sin \theta$$

$$T = 2\pi r \div (v_0 \sin \theta) = \frac{2\pi m}{e B_3}$$

- (7) x 方向の加速度は $\frac{eE_3}{m}$ で. t 秒後の位置 x は

$$x = -v_0 \cos \theta \cdot t + \frac{1}{2} \frac{eE_3}{m} t^2$$

$t = TN$ のとき $x = 0$ とおくとあとので.

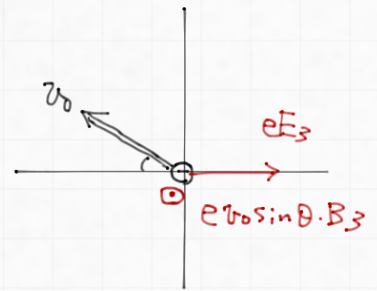
$$0 = -v_0 \cos \theta \cdot \frac{2\pi m}{e B_3} N + \frac{1}{2} \frac{eE_3}{m} \cdot \left(\frac{2\pi m}{e B_3} N \right)^2$$

$$\therefore E_3 = \frac{v_0 B_3 \cos \theta}{\pi N}$$

- (8) $t = \frac{1}{2} TN$ のとき $x = -l_3$ とおける

$$l_3 = v_0 \cos \theta \cdot \frac{\pi m}{e B_3} N - \frac{1}{2m} \times \frac{v_0 B_3 \cos \theta}{\pi N} \times \frac{\pi^2 m^2 N^2}{e^2 B_3^2} = \frac{\pi m v_0 N \cos \theta}{2 e B_3}$$

$$= \frac{1}{4} T v_0 N \cos \theta$$





(9) 飛びこんで来た電子の運動エネルギーが極板 Y にたどりつくのに
 充分であるけれどもいいかな

$$\frac{1}{2} m v_0^2 \geq eV$$

$$v_0 \geq \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

(10) 電流が en (C/s) 流れているので 回路の式より.

$$V = enR$$

(11) コンデンサの電気容量は $\epsilon_0 \frac{S}{d}$ だから

$$Q = \epsilon_0 \frac{S}{d} V = \frac{\epsilon_0 enSR}{d}$$

(12) Δt 秒間で $en\Delta t$ (C) だけ電荷が増えた。

$$\frac{(Q+\Delta Q)^2}{2C} - \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2C} (2Q\Delta Q + \Delta Q^2)$$

$$= \frac{d}{2\epsilon_0 S} \left(2 \cdot \frac{\epsilon_0 enSR}{d} \times en\Delta t + e^2 n^2 \Delta t^2 \right)$$

$$= \frac{e^2 n^2 \Delta t}{2\epsilon_0 S} (2\epsilon_0 SR + d\Delta t)$$

2

(1) $W_{23} = p_2(V_3 - V_2)$

(2) $\Delta U_{23} = n C_V(T_3 - T_2)$

(3) $-Q_{41} = -n C_V(T_1 - T_4) = n C_V(T_4 - T_1)$

(4) $\Sigma Q = \Sigma W + \underbrace{\Sigma \Delta U}_{=0}$

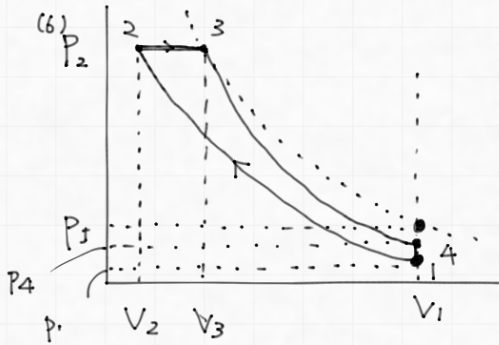
$\Sigma W = Q_{23} + Q_{41}$

$= n C_p(T_3 - T_2) + n C_V(T_1 - T_4)$

(5) $e = \frac{\Sigma W}{Q_{23}} = \frac{n C_p(T_3 - T_2) + n C_V(T_1 - T_4)}{n C_p(T_3 - T_2)}$

$= 1 + \frac{T_1 - T_4}{\gamma(T_3 - T_2)}$

$f = 1 - e = \frac{T_4 - T_1}{\gamma(T_3 - T_2)}$



状態1 $p_1 V_1 = n R T_1$

断熱圧縮 $0 = W_{12} + n C_V(T_2 - T_1)$

$p_1 V_1^\gamma = p_2 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma$

状態2 $p_2 \frac{V_1}{a} = n R T_2$

定圧 $Q_{23} = p_2 (b-1) \frac{V_1}{a} + n C_V(T_3 - T_2) = n C_p(T_3 - T_2)$

状態3 $p_2 b \cdot \frac{V_1}{a} = n R T_3$

断熱膨張 $0 = W_{34} + n C_V(T_4 - T_3)$

状態4 $p_4 V_1 = n R T_4$

定積 $Q_{41} = 0 + n C_V(T_1 - T_4)$

(7) $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 \left(\frac{V_1}{a}\right)^{\gamma-1}$ より $T_2 = T_1 a^{\gamma-1}$

(8) 状態2,3の状態方程式より $T_3 = b T_2 = b a^{\gamma-1} T_1$

(9) $T_3 \left(\frac{b}{a} V_1\right)^{\gamma-1} = T_4 V_1^{\gamma-1}$ より

$T_4 = T_3 \left(\frac{b}{a}\right)^{\gamma-1} = b a^{\gamma-1} \left(\frac{b}{a}\right)^{\gamma-1} T_1 = b^\gamma T_1$

(10) $f = \frac{b^\gamma T_1 - T_1}{\gamma (b a^{\gamma-1} - a^{\gamma-1}) T_1} = \frac{b^\gamma - 1}{\gamma a^{\gamma-1} (b - 1)}$

(11) V_1, T_1 を保って $n \rightarrow 1.4n$ としたので $p_1 \rightarrow 1.4 p_1$

その後、断熱変化で $(1.4 p_1) V_1^\gamma = p_2' V_2'^\gamma$ とあるので、 $p_2 \rightarrow 1.4 p_2$

状態方程式 $p_2' V_2 = (1.4n) R T_2'$ より T_2' は変化せず。

T_2' は 1 倍、 p_2' は 1.4 倍

(12) 体積、温度は変化せず、圧力が常に 1.4 倍と仮定して。

(6) のグラフで、仕事の総和は熱サイクルの囲む図形の面積に相当するが、

グラフが縦軸方向(圧力)に 1.4 倍されたため仕事の総和は 1.4 倍になる

しかし、温度が変わっていないことから熱効率は変化していないと分かる。(1 倍)