

第1問 解答の過程

(3), (4), (5)

(3) x 方向に $\frac{l_1}{2}$ 進んだとき速度の y 成分が0となるので、

$$v_0 \sin \theta - \frac{eE_1}{m} \cdot \frac{t_1}{2} = 0. \text{ よって, } E_1 = \frac{mv_0^2 \sin 2\theta}{el_1}.$$

(4) 円運動の半径は $ev_0 B_2 = \frac{mv_0^2}{r_2}$ より, $r_2 = \frac{mv_0}{eB_2}$.
 よって, 求める y 座標は, $r_2 - h = \frac{mv_0}{eB_2} - h.$

(5) $l_2 = r_2 \sin \theta$ および (4) の $r_2 = \frac{mv_0}{eB_2}$ より, r_2 を消去
 すると, $B_2 = \frac{mv_0 \sin \theta}{el_2}.$

(6), (7), (8)

(6) x 軸方向から見た等速円運動の半径を r_3 とすると

$$ev_0 \sin \theta \cdot B_3 = \frac{m(v_0 \sin \theta)^2}{r_3} \text{ より } r_3 = \frac{mv_0 \sin \theta}{eB_3}.$$

 よって周期 T は $T = \frac{2\pi r_3}{v_0 \sin \theta} = \frac{2\pi m}{eB_3}.$

(7) C 面で $v_x = v_0 \cos \theta = 0$ となる時刻を t_3 とすると

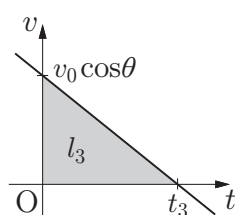
$$v_0 \cos \theta - \frac{eE_3}{m} t_3 = 0 \text{ と書けるので, } t_3 = \frac{mv_0 \cos \theta}{eE_3}.$$

$$N = \frac{2t_3}{T} = \frac{v_0 B_3}{\pi E_3} \cos \theta \text{ より } E_3 = \frac{v_0 B_3}{\pi N} \cos \theta.$$

(8) 右図より, $l_3 = \frac{1}{2} v_0 \cos \theta \cdot t_3$ であり,

(7) より $t_3 = \frac{1}{2} NT$ となるので,

$$l_3 = \frac{1}{4} v_0 NT \cos \theta.$$



(9), (12)

(9) 題意を満たす条件は $\frac{1}{2} mv_0^2 \geq eV$ より,

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

(12) 静電容量 $C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$ であり, 電気量の変化は

$$en\Delta t = \epsilon_0 \frac{S}{d} (V' - V) \text{ より } V' = \frac{den\Delta t}{\epsilon_0 S} + V.$$

よって, コンデンサーに蓄えられるエネルギー変化は

$$\frac{1}{2} CV'^2 - \frac{1}{2} CV^2 = \frac{de^2 n^2 \Delta t^2}{2\epsilon_0 S} + e^2 n^2 R \Delta t = e^2 n^2 \Delta t \left(\frac{d\Delta t}{2\epsilon_0 S} + R \right).$$

解 答 欄

答 (1)	$\frac{l_1}{v_0 \cos \theta}$
----------	-------------------------------

答 (2)	$-\frac{eE_1}{m}$
----------	-------------------

答 (3)	$\frac{mv_0^2 \sin 2\theta}{el_1}$
----------	------------------------------------

答 (4)	$\frac{mv_0}{eB_2} - h$
----------	-------------------------

答 (5)	$\frac{mv_0 \sin \theta}{el_2}$
----------	---------------------------------

答 (6)	$\frac{2\pi m}{eB_3}$
----------	-----------------------

答 (7)	$\frac{v_0 B_3}{\pi N} \cos \theta$
----------	-------------------------------------

答 (8)	$\frac{1}{4} v_0 NT \cos \theta$
----------	----------------------------------

答 (9)	$\sqrt{\frac{2eV}{m}}$
----------	------------------------

答 (10)	enR
-----------	-------

答 (11)	$\frac{\epsilon_0 enRS}{d}$
-----------	-----------------------------

答 (12)	$e^2 n^2 \Delta t \left(\frac{d\Delta t}{2\epsilon_0 S} + R \right)$
-----------	---

第2問 解答の過程

(4), (5)

(4) (熱機関が外部にした仕事の総和) = (吸収した熱量) - (放出した熱量) = $nC_p(T_3 - T_2) - nC_V(T_4 - T_1)$

(5) $\frac{\text{(熱機関がした仕事)}}{\text{(吸収した熱量)}} = \frac{nC_p(T_3 - T_2) - nC_V(T_4 - T_1)}{nC_p(T_3 - T_2)}$

より, $f = \frac{nC_V(T_4 - T_1)}{nC_p(T_3 - T_2)} = \frac{T_4 - T_1}{\gamma(T_3 - T_2)}$

(7), (8), (9), (10)

(7) ②式より, $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1} = T_2\left(\frac{V_1}{a}\right)^{\gamma-1}$

したがって, $T_2 = T_1 a^{\gamma-1}$

(8) シャルルの法則から, $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \frac{bV_2}{T_3}$

したがって, $T_3 = bT_2 = bT_1 a^{\gamma-1}$

(9) ②式より, $T_3V_3^{\gamma-1} = T_4V_1^{\gamma-1}$. $V_3 = bV_2 = \frac{bV_1}{a}$

および(7)より,

$T_3V_3^{\gamma-1} = (bT_1 a^{\gamma-1}) \left(\frac{bV_1}{a}\right)^{\gamma-1} = b^\gamma T_1 V_1^{\gamma-1}$

したがって, $T_4 = T_1 b^\gamma$

(10) $f = \frac{T_4 - T_1}{\gamma(T_3 - T_2)} = \frac{T_1 b^\gamma - T_1}{\gamma(bT_1 a^{\gamma-1} - T_1 a^{\gamma-1})} = \frac{b^\gamma - 1}{\gamma(b - 1)a^{\gamma-1}}$

(11), (12)

(11) 元のサイクルで $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$, 新しいサイクルで $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2'V_2^{\gamma-1}$. したがって $T_2 = T_2'$.

また, 気体定数を R として, 元のサイクルで $p_2V_2 = nRT_2$, 新しいサイクルで $p_2'V_2 = 1.4nRT_2$. したがって $p_2' = 1.4p_2$

(12) 加える熱量が元の1.4倍なので, 定圧変化後の温度 T_3' も断熱膨張後の T_4' も元のサイクルの T_3 , T_4 と等しい. したがって, 熱機関が外部にする仕事の総和は, 物質が増えた分だけ増えて1.4倍となる.

熱効率は a , b , γ が元と同じなので変わらず1倍.

解答欄

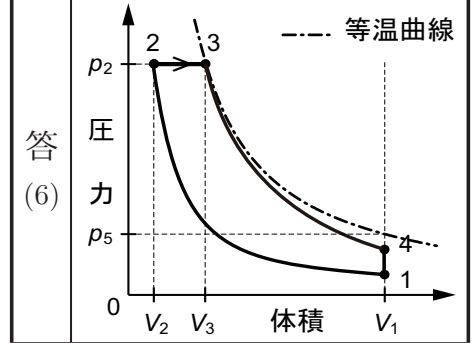
答 (1)	$p_2(V_3 - V_2)$
----------	------------------

答 (2)	$nC_V(T_3 - T_2)$
----------	-------------------

答 (3)	$nC_V(T_4 - T_1)$
----------	-------------------

答 (4)	$nC_p(T_3 - T_2) - nC_V(T_4 - T_1)$
----------	-------------------------------------

答 (5)	$\frac{T_4 - T_1}{\gamma(T_3 - T_2)}$
----------	---------------------------------------



答 (7)	$T_1 a^{\gamma-1}$
----------	--------------------

答 (8)	$bT_1 a^{\gamma-1}$
----------	---------------------

答 (9)	$T_1 b^\gamma$
----------	----------------

答 (10)	$\frac{b^\gamma - 1}{\gamma(b - 1)a^{\gamma-1}}$
-----------	--

答 (11)	T_2' 1倍	p_2' 1.4倍
-----------	--------------	----------------

答 (12)	仕事 1.4倍	熱効率 1倍
-----------	------------	-----------