

公表用解答例

受験番号

氏名

総 得 点

問題1 (35点)

(1) 仮想断面 $X-X$ より上の部分の体積 $V(x)$ は,

$$V(x) = \frac{\pi d^2}{4} x$$

(2) 仮想断面より上の部分の質量 $m(x)$ は,

$$m(x) = \rho V(x) = \frac{1}{4} \pi \rho d^2 x$$

(3) 仮想断面より上の部分による重量 $P(x)$ は,

$$P(x) = m(x)g = \frac{1}{4} \pi \rho g d^2 x$$

従って, $\sigma(x)$ は,

$$\sigma(x) = \frac{P(x)}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{\rho g x}{4}$$

(4) フックの法則より,

$$\varepsilon(x) = \frac{\sigma(x)}{E} = \frac{\rho g x}{E}$$

(5) (1)の仮想断面を基準とする, 微小高さ dx を持つ要素の縮み量 $d\delta$ は,

$$d\delta = \varepsilon(x)dx$$

$d\delta$ を円柱全体に対し積分すれば, 全体の縮み量 δ が得られるから,

$$\delta = \int_L d\delta = \int_0^h \frac{\rho g x}{E} dx = \frac{\rho g}{E} \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^h = \frac{\rho g h^2}{2E}$$

得
点

公表用解答例

受験番号

氏名

問題2（30点）

(1)

得点

容器内のある点から小さな穴の出口への流線に沿ってベルヌーイの定理を適用すると

$$P + \rho \cdot 0^2/2 = 0 + \rho \cdot V^2/2$$

より, $P = \rho V^2/2$ と求まる。

(2)

動力 L は抗力と速さの積として求まるので

$$L = C_D \cdot \rho U^2/2 \cdot \pi d^2/4 \times U$$

より, $L = C_D \pi \rho d^2 U^3/8$ と求まる。

公表用解答例

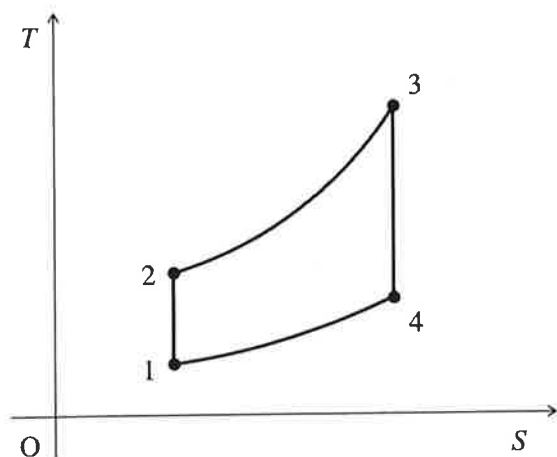
受験番号

氏名

問題3（35点）

(1)

得点



(2)

過程 2→3 における吸熱量を Q_1 とすると、

$$Q_1 = mc_v(T_3 - T_2)$$

過程 4→1 における放熱量を Q_2 とすると、

$$Q_2 = mc_v(T_4 - T_1)$$

となる。熱力学第一法則より、求める仕事 W は

$$W = Q_1 - Q_2$$

で与えられる。ここで、過程 1→2, 3→4 は断熱過程であるから、Poisson の関係式より

$$T_1 V_1^{\kappa-1} = T_2 V_2^{\kappa-1}, \therefore T_2 = \epsilon^{\kappa-1} T_1$$

$$T_3 V_2^{\kappa-1} = T_4 V_1^{\kappa-1}, \therefore T_3 = \epsilon^{\kappa-1} T_4$$

が成り立つ。ここで状態方程式より、 $T_2 = \frac{p_2 V_2}{mR}$, $T_3 = \frac{p_3 V_2}{mR}$ を代入すると

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3}{p_2} = \alpha$$

であるから、

$$T_3 = \alpha T_2 = \alpha \epsilon^{\kappa-1} T_1$$

$$T_4 = \frac{T_3}{\epsilon^{\kappa-1}} = \alpha T_1$$

公表用解答例

受験番号

氏名

と書ける。以上より、求める有効仕事は、

$$\begin{aligned} W &= Q_1 - Q_2 \\ &= mc_v \epsilon^{\kappa-1} (\alpha - 1) T_1 - mc_v (\alpha - 1) T_1 \\ &= mc_v T_1 (\alpha - 1) (\epsilon^{\kappa-1} - 1) \end{aligned}$$

と表すことが出来る。

(3)

(2)の結果より、

$$\begin{aligned} Q_1 &= mc_v \epsilon^{\kappa-1} (\alpha - 1) T_1 \\ Q_2 &= mc_v (\alpha - 1) T_1 \end{aligned}$$

である。求める理論熱効率

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

と表せるので、

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{mc_v (\alpha - 1) T_1}{mc_v \epsilon^{\kappa-1} (\alpha - 1) T_1} \\ &= 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}} \end{aligned}$$

と書ける。