

【理工学研究科物理学専攻（専門）解答例と出題意図】

熱力学

【解答例】

$$(1) \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{303.15}{573.15} = 0.47108 \quad 47.11\%$$

$$(2) \quad \eta = \frac{L}{Q_{in}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \text{よ　　り} \quad L = Q_{in} \left(1 - \frac{T_L}{T_H} \right) = 200 \times 0.47108 = 94.216$$

$$94.22[\text{kJ}]$$

$$(3) \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = \frac{T_L}{T_H} \quad \text{よ　り,} \quad Q_{out} = Q_{in} \frac{T_L}{T_H} = 200 \times \frac{303.15}{573.15} = 105.78 \quad 105.8[\text{kJ}]$$

$$(4) \Delta S = \frac{-Q_L}{T_L} = \frac{-105.78}{303.15} = -0.34893 \quad -0.3489[\text{kJ/K}]$$

【出題意図】

カルノーサイクルは熱機関の限界を示している意味で非常に重要です。どの現実のサイクルにおいてもカルノーサイクルの熱効率を超えることは有りません。ですので、確認の意味でもカルノーサイクルの熱効率を求められるようにしておかなければなりません。また、エントロピーは非常に難しい概念であり、人類はそれを理解するのに150年もの時間を掛けています。とはいえ、現代の大

学生は熱力学で学習する範囲であり，簡単な計算は出来なければいけません．

その確認ための問題とします．

流体力学

【解答例】

(問 1)

流線とは、任意の各点における接線の方向が、その点の流速ベクトルの方向と一致するような曲線で、流跡線とは、任意の 1 つの粒子が移動する軌跡を辿った線である。流れが定常であれば、流線と流跡線は一致する。

(配点 10 点)

(問 2)

19,208,000 Pa あるいは 19.208 MPa

(配点 10 点)

(問 3)

(0, 0, 0) あるいは 0

(配点 10 点)

(問 4)

(1) 40 m

(配点 10 点)

(2) 4 倍

(配点 10 点)

【出題意図】

(問 2) は、流体の流れを表す流線と流跡線の定義や理解を問う問題。(問 2) は流体の静力学の基礎知識を問う問題。(問 3) と (問 4) は渦に関する基礎知識を問う問題となっている。

機械力学

【解答例】

$$(1) \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{m}} \quad (\text{m})$$

$$(2) \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(k_1 + k_2) * k_3}{k_1 + k_2 + k_3}} \quad (\text{m})$$

$$(3) 3000 \text{ (N/(m/s))}$$

$$(4) c = \zeta 2 \sqrt{mk} = 0.6 \sqrt{mk} \quad (\text{N}/(\text{m}/\text{s})) \text{ or } (\text{N s}/\text{m})$$

$$(5) k = \frac{mg}{mgL^3/(3EI)} = \frac{3EI}{L^3} \quad (\text{N}/\text{m}) \quad f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{L^3 m}} \quad (\text{Hz}) \text{ or } (1/\text{s})$$

【出題意図】

調和振動および固有振動に関する基礎知識の確認と、公式・数式の理解を確認している。また、単位を問うことで物理的意味についての知識を確認している。

材料力学

【解答例】

上下方向の力のつり合い

$$R_A + R_B = P$$

A点でのモーメントのつり合い

$$0 = R_B l - 3Pl$$

これより、 $R_B = 3P, R_A = -2P$ となる。

各区間での曲げモーメントの式は

$$\begin{aligned}
0 \leq x \leq l & \quad M_x = R_A x = -2Px \\
l \leq x \leq 3l & \quad M_x = R_A x + R_B(x - l) = -2Px + 3P(x - l) = Px - 3Pl \\
\frac{d^2 y}{dx^2} &= -\frac{M}{EI}
\end{aligned}$$

であることから

たわみ角 θ

$$\begin{aligned}
0 \leq x \leq l & \quad \theta_1 = -\frac{1}{EI}(-Px^2 + C_1) \\
l \leq x \leq 3l & \quad \theta_2 = -\frac{1}{EI}\left(\frac{1}{2}Px^2 - 3Plx + C_2\right)
\end{aligned}$$

たわみ y

$$\begin{aligned}
0 \leq x \leq l & \quad y_1 = -\frac{1}{EI}\left(-\frac{1}{3}Px^3 + C_1x + C_3\right) \\
l \leq x \leq 3l & \quad y_2 = -\frac{1}{EI}\left(\frac{1}{6}Px^3 - \frac{3}{2}Plx^2 + C_2x + C_4\right)
\end{aligned}$$

境界条件として

$$x = 0, y_1 = 0 \quad (1)$$

$$x = l, \theta_1 = \theta_2 \quad (2), y_1 = y_2 = 0 \quad (3)$$

が成り立つことから、これより

$$C_1 = \frac{1}{3}Pl^2, C_2 = \frac{3}{2}Pl^2, C_3 = 0, C_4 = -\frac{1}{6}Pl^3$$

これらを式に代入したものが求めるたわみ角、たわみとなる。

$$\text{最大たわみ } y_{\max} = \frac{14l^3}{3EI} \text{ となる。}$$

【出題意図】

本設問は機械工学における重要な科目の一つである材料力学の中で、構造に荷重が加わった際の変形について、はりの曲げの理論に対して受験者が理解し、その計算方法を修得しているかを測ることを目的としている。はりの曲げのたわみ角、たわみに対する計算においては、はりに加わる力とそれに伴う反力のイメージをする基礎的な力学の理解とともに、それら力によって発生するモーメントの算出およびそこから導き出された数式をもとに支点反力を算出する基礎的な数学の学力を測る。加えて、得られたモーメントを用いて、微分・積分を利用して、たわみ角、たわみを算出する過程における数学の学力を測る。計算過程における積分定数の算出のために必要となる境界条件等については、はりの変形におけるイメージをもとにした力学的な思考を必要とすることから、本設問によって力学および数学に関する受験者の大学での修得状況を測ることが本質的な意図である。