

「熱力学」 第1章 問題解答

ドリル問題1-1

- 問題1 温度と熱の定義を述べよ。
⇒本文参照。
- 問題2 熱平衡とはどのような状態か、説明せよ。
⇒本文参照。
- 問題3 熱力学における仕事の定義について述べよ。同様にエネルギーの定義について述べよ。
⇒本文参照。
- 問題4 孤立系, 閉じた系, 開いた系の違いについて説明せよ。
⇒本文参照。
- 問題5 学校に来て授業を受け, 家に帰るまでの間, 熱力学に関係したどのような現象を目にし, 熱力学に関係したどのような機械を利用したか, 考えてみよう。
⇒本文参照。

ドリル問題1-2

- 問題1 20°C を絶対温度で表すと何度か。また, 300K は摂氏何度か。
 $20^{\circ}\text{C} + 273.15 = 293.15\text{K}$, $300\text{K} - 273.15 = 26.85^{\circ}\text{C}$
- 問題2 標準気圧の大気により, 面積 1m^2 あたり何 N の力が作用しているか。
 $101.3\text{kPa} = 101.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ より, $101.3\text{kN} \approx 101\text{kN}$
- 問題3 ゲージ圧 500kPa , 大気圧 100kPa のとき, 絶対圧はいくらか。
 $500\text{kPa} + 100\text{kPa} = 600\text{kPa}$
- 問題4 重量 60kgf は何 N か。また, 100N は何 kgf か。
 $60\text{kgf} = 60\text{kg}(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 60 \times 9.8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 588\text{N}$
 $100\text{N} = 100\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 100\text{kg} \frac{9.8 \text{ m}}{9.8 \text{ s}^2} = \frac{100}{9.8} \text{kg}(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 10.2\text{kgf}$
- 問題5 密度 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ の気体が容積 10m^3 のタンクに入っている。この気体の質量を求めよ。
 $1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10\text{m}^3 = 12\text{kg}$
- 問題6 100N の力を加えながら, ある物体を 50m 移動した。この間に行った仕事はいくらか。
 $100\text{N} \times 50\text{m} = 5000\text{N} \cdot \text{m} = 5000\text{J} = 5\text{kJ}$
- 問題7 消費電力 2kW の暖房機を 5 時間連続運転した。この間に消費したエネルギーは何 kWh か。また, 何 J か。
 $2\text{kW} \times 5\text{h} = 10\text{kWh} = 10\text{kW}(60 \times 60\text{s}) = 36000\text{kWs} = 36000\text{kJ} = 36\text{MJ}$

問題 8 浴槽の水 200kg を 10°C から 40°C に加熱するのに必要な熱量を求めよ。水の比熱を 4.186kJ/(kg・K) とする。

$$Q = mc\Delta T = 200\text{kg} \times 4.186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (40 - 10)\text{K} = 25116\text{kJ} = 25.1\text{MJ}$$

問題 9 N, Pa, J, W をそれぞれ SI 基本単位のみを用いて表せ。

⇒表 1-6 参照。

問題 10 10 気圧防水の腕時計は、何 Pa までの圧力に耐えられるか。

$$10 \times 101.3\text{kPa} = 1013\text{kPa} \approx 1.01\text{MPa}$$

第 1 章 演習問題

1. 80°C の鉄材を 20°C の水に入れた。そのまま静置したとき、鉄材の温度が 10°C になり、水の温度が 90°C になるようなことはあり得るか。

⇒熱平衡の状態を超えて、熱が温度の低い物体から高い物体に移ることはあり得ない。

2. 人間の体表面は常に大気圧により押され続けているが、これを体内の圧力により押し返している。いま、宇宙船の壁が破れた場合などを想定し、標準大気圧から真空状態に急に気圧が変化した場合、人間の体表面 1cm² あたりに生じる力は何 kgf となるか。

$$(101.3 - 0)\text{kPa} \times 1\text{cm}^2 = 101.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times (10^{-2}\text{m})^2 = 101.3 \times 10^3 \times 10^{-4}\text{N} = 10.13\text{N} = 1.03\text{kgf}$$

3. 大気圧が 100kPa のとき、ボイラに取りつけてある圧力計が 8kgf/cm² を示している。このとき、ボイラ内部の絶対圧はいくらか。

$$100\text{kPa} + 8 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 100\text{kPa} + 8 \frac{\text{kg}(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{(10^{-2}\text{m})^2} = 100\text{kPa} + 8 \times 9.8 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 884\text{kPa}$$

4. 台風の中心気圧 950hPa は、何気圧 (atm) か。

$$\frac{950\text{hPa}}{101.3\text{kPa}} = \frac{950 \times 10^2\text{Pa}}{101.3 \times 10^3\text{Pa}} = 0.938\text{atm}$$

5. 比重 0.8 の灯油 20L の質量は何 kg か。

$$0.8 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 20\text{L} = 0.8 \times 1000 \times 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \frac{1}{1000}\text{m}^3 = 16\text{kg}$$

6. 10kg の物体を 10cm ゆっくりと (≡加速度 0) 持ち上げるときに要するエネルギーは何 J か。

$$10\text{kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 10\text{cm} = 9.8\text{N} \cdot \text{m} = 9.8\text{J}$$

7. 人間が食物から摂取するエネルギーは1日 2000kcal 程度である。これは平均何 W に相当するか。

$$2000 \frac{\text{kcal}}{\text{day}} = 2000 \frac{4.186\text{kJ}}{24 \times 60 \times 60\text{s}} = 96.9\text{W} \quad \text{約}100\text{W}$$

8. 焼入れのため、質量 5kg, 温度 800°C の鋼材を、質量 100kg, 温度 20°C の油槽に投入する。鋼材の平均比熱を 0.528kJ/(kg・K), 油の平均比熱を 2.336 kJ/(kg・K) とするとき、油の温度は何°C になるか。

$$\begin{aligned} & \text{鋼が失う熱 } Q_{\text{鋼}} + \text{油が得る熱 } Q_{\text{油}} = 0 \\ & m_{\text{鋼}}c_{\text{鋼}}(T_2 - T_{\text{鋼1}}) + m_{\text{油}}c_{\text{油}}(T_2 - T_{\text{油1}}) = 0 \\ & T_x = \frac{m_{\text{鋼}}c_{\text{鋼}}T_{\text{鋼1}} + m_{\text{油}}c_{\text{油}}T_{\text{油1}}}{m_{\text{鋼}}c_{\text{鋼}} + m_{\text{油}}c_{\text{油}}} \\ & = \frac{5\text{kg} \times 0.528 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (800 + 273)\text{K} + 100\text{kg} \times 2.336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (20 + 273)\text{K}}{5\text{kg} \times 0.528 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} + 100\text{kg} \times 2.336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}}} \\ & = 301.7\text{K} = (301.7 - 273)^\circ\text{C} = 28.7^\circ\text{C} \end{aligned}$$

9. 容積 5L の携帯用酸素ボンベに、質量 1.0kg の酸素が入っている。ゲージ圧力が 14.7MPa のとき、酸素の絶対圧力、密度、比体積を求めよ。ただし、大気圧を 100kPa とする。

$$\text{絶対圧力 } p_A = p_G + p_O = 14.7 + 0.1 = 14.8\text{MPa}$$

$$\text{密度 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{1.0 \text{ kg}}{0.0005 \text{ m}^3} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{比体積 } v = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{2000 \text{ kg/m}^3} = 0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}$$

10. 浴槽の水 (200L) を、はじめの温度 20°C からおわりの温度 40°C まで加熱した。

- (1) はじめの温度とおわりの温度をそれぞれ絶対温度 K で表せ。
- (2) 必要な熱量 J を求めよ。
- (3) (2) と同じだけのエネルギーを使い、100kgf の力で物体を移動させるとすると、何 m 移動させることが可能か。

$$(1) 20^\circ\text{C} + 273.15 = 293.15\text{K}, \quad 40^\circ\text{C} + 273.15 = 313.15\text{K}$$

$$(2) \text{熱量 } Q = mc\Delta T = 200\text{kg} \times 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (40 - 20) = 16.76\text{MJ}$$

$$(3) \text{仕事 } W = \text{力 } F \times \text{距離 } L$$

$$\text{距離 } L = \frac{W}{F} = \frac{16.76\text{MJ}}{100\text{kgf}} = \frac{16.76 \times 10^6 \text{J}}{100\text{kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 17.1\text{km}$$

11. 電圧の単位 V を SI 基本単位のみで表せ。ただし、電流 $I \times$ 電圧 $V =$ 仕事率 (パワー) P である。

$$V = \frac{W}{A} = \frac{\text{N} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{A}} = \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{A}} = \frac{\text{kg} \times \text{m}^2}{\text{A} \times \text{s}^3}$$