

第 1 問

図 1 のように、断面積 S [m²] の細長い円筒型容器が鉛直に置かれている。この容器内に、質量が無視できなめらかに動くことのできるピストンで、質量が m [g] の水が隙間なく閉じ込められている。容器内には温度調節器があり、容器内の物質を一様に加熱または冷却できるようになっている。ピストンや容器は熱容量の無視できる断熱材でできており、外部との熱のやり取りはない。次の問いに答えよ。

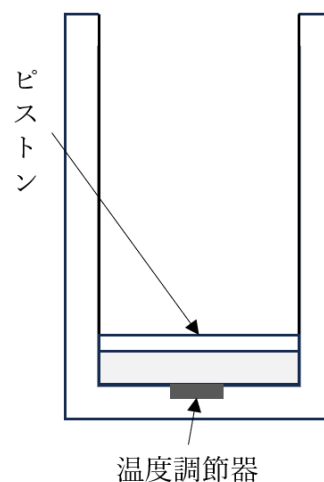


図 1

容器内の水を冷却して凍らせ、 $-T_1$ [°C] で一定にした後、温度調節器の電力を一定にして、1 気圧の大気圧のもとで加熱を続けた。加熱し始めた時刻を 0 s として、容器内の温度の変化を観測したところ図 2 のようになった。すなわち、 t_1 [s] 後には 0 °C となりしばらく温度は一定となった。加熱開始 t_2 [s] 後には氷は完全にとけて水になり、その後再び温度が上昇し始め、加熱開始 t_B [s] 後には T_B [°C] に、また t_3 [s] 後には 100 °C となり、加熱開始 t_4 [s] 後には 100 °C の温度が保たれた。

- (1) 水の比熱を C_w [J/(g·K)] として、氷が完全にとけた直後の m [g] の水が、 0 °C から T_B [°C] まで上昇する間に与えられた熱量を求めよ。
- (2) 加熱している間の一定電力 P [W] を、 m , C_w , T_B , t_B , t_2 を用いて表せ。
- (3) 氷の融解熱 [J/g] を、 C_w , T_B , t_1 , t_B , t_2 を用いて表せ。
- (4) 氷の比熱は、水の比熱の何倍か。 T_1 , T_B , t_1 , t_B , t_2 を用いて表せ。
- (5) 加熱開始 t_A [s] 後に、この容器内に残っている氷の質量は、とけて水となっている部分の氷の質量の何倍か。 t_1 , t_A , t_2 を用いて表せ。ただし、 $t_1 < t_A < t_2$ である。
- (6) 氷の蒸発熱 [J/g] と氷の融解熱の比を、 t_1 , t_2 , t_3 , t_4 を用いて表せ。

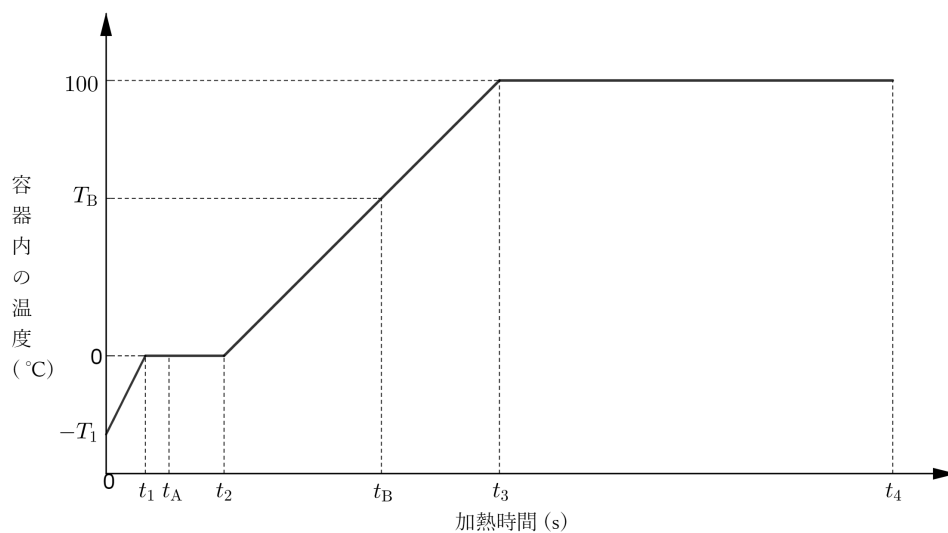


図 2

【解答】

(1) 熱量について, $Q = mC_w T_B$ [J].

(2) 水の温度を 0°C から T_B [$^\circ\text{C}$] まで上昇させるのに一定電力 P [W] で時間 $(t_B - t_2)$ [s] だけ加熱したので

$$P(t_B - t_2) = mC_w T_B$$

$$\therefore P = \frac{mC_w T_B}{t_B - t_2} \text{ [W]}$$

(3) 氷の融解熱を q_m [J/g] とする. 融解には時間が $t_2 - t_1$ [s] だけかかったので

$$mq_m = P(t_2 - t_1)$$

$$\therefore q_m = \frac{t_2 - t_1}{t_B - t_2} C_w T_B \text{ [J/g]}$$

(4) 氷の比熱を C_i [J/(g·K)] とすると, 氷が $-T_1$ [$^\circ\text{C}$] から 0°C までに必要な熱量は $mC_i T_1$ [$^\circ\text{C}$] であり, 電力 P [W] で時間 t_1 [s] の間に与えた熱量なので

$$mC_i T_1 = Pt_1$$

$$mC_i T_1 = \frac{mC_w T_B}{t_B - t_2} t_1$$

$$\therefore \frac{C_i}{C_w} = \frac{T_B}{T_1} \frac{t_1}{t_B - t_2}$$

(5) 時刻 t_A [s] において, すでに融けて水になっている部分 (質量 m_w) は, $(t_A - t_1)$ [s] の間に融けており, まだ融けていない部分 (質量 m_i) は, $(t_2 - t_A)$ [s] の間に融ける. 一定電力で熱

しているので、融解の過程において単位時間あたりに融ける氷の質量は一定である．水と氷の質量の比は時間の比に等しく、

$$\frac{m_i}{m_w} = \frac{t_2 - t_A}{t_A - t_1}$$

- (6) 蒸発熱を q_v [J/g] とする．蒸発に要した熱量は $P(t_4 - t_3)$ [J] より $mq_v = P(t_4 - t_3)$ が成り立つ．また、 $mq_m = P(t_2 - t_1)$ より

$$\frac{q_v}{q_m} = \frac{t_4 - t_3}{t_2 - t_1}$$