

1.

熱容量が無視できる断熱容器の中に -20°C の氷を 500 g 入れ、次に 40°C の水を 500 g 加えてしばらくすると、一部の氷がとけて熱平衡になった。ここで、氷と水の比熱をそれぞれ $2.1\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、 $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱を 330 J/g とすると、加えた水から失われた熱量は J であり、残った氷の質量は g である。

(1) 空欄 を埋めるのにふさわしいものを、次の解答群から1つ選べ。

- ① 120 ② 210 ③ 240 ④ 420 ⑤ 480 ⑥ 840
⑦ 12000 ⑧ 21000 ⑨ 24000 ⑩ 42000 ⑪ 48000 ⑫ 84000

(2) 空欄 を埋めるのにふさわしいものを、次の解答群から1つ選べ。

- ① 12 ② 42 ③ 48 ④ 84 ⑤ 95 ⑥ 103
⑦ 109 ⑧ 121 ⑨ 131 ⑩ 309 ⑪ 410 ⑫ 450

解答 (1) ⑫ (2) ⑩

解説

(1)ア) 氷が残っていることから、この熱平衡の温度は、 0°C と考えてよい。よって、熱量の式「 $Q=mc\Delta T$ 」より、求める熱量を Q として

$$Q=500\times 4.2\times (40-0)=20000\times 4.2=84000\text{ J} \quad \dots\dots \text{⑫}$$

(2)イ) 氷はすべて 0°C になったといえる。 -20°C から 0°C になるまでに氷が得た熱量を Q_1 とすると、熱量の式「 $Q=mc\Delta T$ 」より

$$Q_1=500\times 2.1\times \{0-(-20)\}=21000\text{ J}$$

一方、氷の一部はとけている。とけた氷の質量を $m[\text{g}]$ とすると、とけた氷が得た熱 Q_2 は氷の融解熱を用いて

$$Q_2=330m[\text{J}]$$

となる。よって、熱量の保存より

$$21000+330m=84000$$

$$330m=63000$$

$$m=190.9090\dots\text{ g}$$

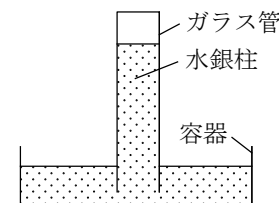
よって、残った氷の質量は

$$500-m=309.0909\dots\approx 309\text{ g} \quad \dots\dots \text{⑩}$$

2.

次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から1つ選べ。

室温 0°C の実験室において、ガラス管に水銀を満らし、水銀の入った容器中でガラス管を鉛直に倒立させたところ、図のように高さ 760 mm の水銀柱が生じた。容器およびガラス管中の水銀の質量は合計で 8.0 kg であった。次に実験装置全体を加熱してガラス管、容器、水銀の温度を一様に 100°C にしたところ、水銀柱の高さは 775 mm となった。高さの基準は容器中の水銀の液面とし、水銀の比熱を $0.14\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、ガラス管と容器の熱容量の合計を 335 J/K 、ガラス管内の水銀が存在しない領域の圧力は温度によって変わらないものとし、ガラスの膨張は無視できるものとして次の問いに答えよ。



(1) 実験装置全体が 100°C になるまでに吸収した熱量は何 J か。最も数値が近いものを選べ。

解答群

- ① 3.4×10^3 ② 3.4×10^4 ③ 1.1×10^5
④ 1.5×10^5 ⑤ 2.7×10^5 ⑥ 2.7×10^8

(2) 以下の文章の ~ の中に入る数字として最も適切なものを解答群の中から1つずつ選べ。

「水銀の密度を、温度 0°C のとき $\rho_1[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、 100°C のとき $\rho_2[\text{kg}/\text{m}^3]$ とする。これら

の比は $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \text{ア}.\text{イ}\text{ウ}$ である。」

解答群

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7 ⑨ 8 ⑩ 9

(3) 温度 0°C で体積 $V[\text{m}^3]$ の水銀が 100°C になったときの体積は何 m^3 か。ただし、体積 $x[\text{m}^3]$ の水銀は、温度が $t[\text{K}]$ 上昇すると体積が $\beta xt[\text{m}^3]$ だけ増加することが知られ、この $\beta[\text{K}^{-1}]$ を水銀の体膨張率とよぶ。

解答群

- ① $V(1+100\beta)$ ② $V(1-100\beta)$ ③ βV ④ $100\beta V$
⑤ V ⑥ $\frac{V}{\beta}$ ⑦ $\frac{V}{1+100\beta}$ ⑧ $\frac{V}{1-100\beta}$

(4) (3) の β はいくらか。

解答群

- ① -0.01 ② 0.01 ③ -2×10^{-3} ④ 2×10^{-3}
 ⑤ -2×10^{-4} ⑥ 2×10^{-4} ⑦ -2×10^{-5} ⑧ 2×10^{-5}

【解答】 (1) ④ (2) (ア) ② (イ) ① (ウ) ③ (3) ① (4) ⑥

【解説】

(1) 求める吸収した熱量を Q_{in} [J] とする。熱量の式「 $Q = mc\Delta T$ 」, 「 $Q = C\Delta T$ 」より

$$\begin{aligned} Q_{\text{in}} &= 8.0 \times 10^3 \times 0.14 \times (100 - 0) + 335 \times (100 - 0) \\ &= 112 \times 10^3 + 335 \times 10^2 = 1.455 \times 10^5 \\ &\approx 1.5 \times 10^5 \text{ J} \quad \dots\dots \text{④} \end{aligned}$$

(2) 水銀の温度が変化しても大気圧で支えることができる水銀の質量は変化しない。ゆえに、断面積を S とすると

$$760\rho_1 S = 775\rho_2 S$$

が成り立つ。したがって

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{775}{760} = 1.0197\dots \approx 1.02$$

(ア) $\dots\dots$ ② (イ) $\dots\dots$ ① (ウ) $\dots\dots$ ③

(3) 水銀が 100°C になったときの体積を V' [m^3] とすると

$$V' = V + \beta V \times 100 = V(1 + 100\beta) \text{ [m}^3\text{]} \quad \dots\dots \text{①}$$

(4) (2) より、水銀柱の体積は高さに比例している。よって $V : V' = 760 : 775$ を満たす。

(3) より

$$V' = V(1 + 100\beta)$$

変形して $\frac{V'}{V} = 1 + 100\beta$

数値を代入して $\frac{775}{760} = 1 + 100\beta$

よって $100\beta = 0.019\dots$

ゆえに $\beta = 1.9\dots \times 10^{-4} \approx 2 \times 10^{-4} \quad \dots\dots \text{⑥}$