

第1問

【問題文】

水について、いくつかの異なる環境下での実験を行い、水と水蒸気との関係を調べた。問1～問3に答えよ。  
以下の設問では、液体の体積は無視し、気体は理想気体として振る舞うものとせよ。また、容器の内容積の温度変化やピストンの重さは無視できるものとする。気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とせよ。なお、表1に飽和水蒸気圧と温度の関係を示しておく。

表1 水の蒸気圧

温度 (°C)	蒸気圧 (× 10 <sup>5</sup> Pa)
30	0.0418
40	0.0728
50	0.122
60	0.196
70	0.308
80	0.467
90	0.692
100	1.000
110	1.414
120	1.959

- 問1 図1のような、圧力計を備えた内容積 15 L の真空密閉容器に、27°C で水 1.0 mol を入れ、容器を 27°C から 120°C の間の各温度で十分長い時間保持したのち、圧力を読みとった。圧力と温度の関係 (27°C ~ 120°C) を示すグラフを、図2の(a)~(f)から選べ。また、その理由についても 70 字程度で説明せよ。
- 問2 自由に動けるピストンを持つシリンダー容器に、27°C で 1.0 mol の水を入れ、水とピストンの間に隙間がない状態 (気体の体積ゼロ) から出発し (図3)、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで、容器を 27°C から 120°C の間の各温度で十分長い時間保持したのち、気体の体積を読みとった。気体の体積と温度の関係 (27°C ~ 120°C) を示すグラフを、図4の(a)~(f)から選べ。
- 問3 問2と同様の容器に、1.0 mol の水と、27°C、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで 1.0 L の乾燥空気を入れた (図5)。次に、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで、容器を 90°C で十分長い時間保持した場合、気体の体積は何 L になるか、有効数字 2 桁で答えよ。答に至る過程も記せ。なお、乾燥空気は水に溶けないものとする。

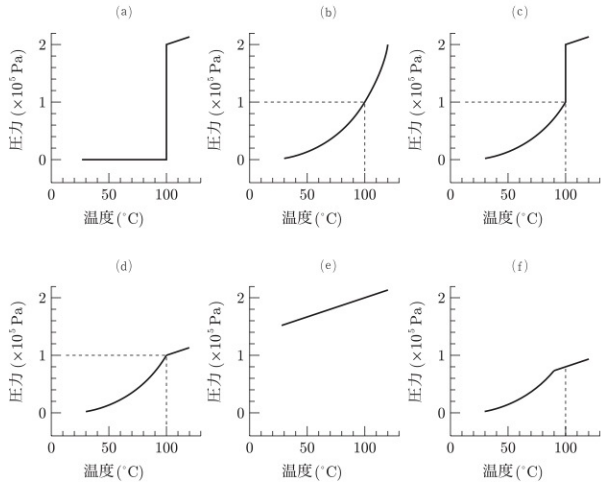
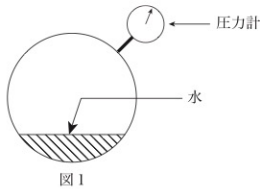


図2

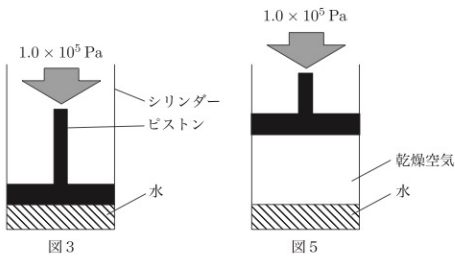


図3

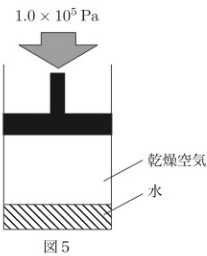


図5

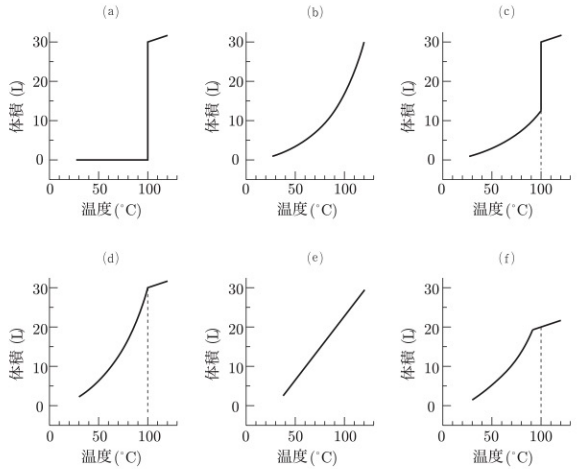


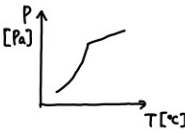
図4

☆ グラフ選択の極意

- ・まずは軸が何か、その単位が何か check!
- ・次に、極端な点に注目 ← 式を求めるときは、特定の点に注目  
「端点、曲がり角、増減、極限、漸近線、傾き、切片」

問1

- ・軸は変れたところなさそう...
- ・グラフの形状：定積 + 凝縮する気体のみ



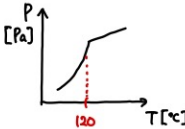
あとは、上図の折れ曲がっている点を知りたい

⇒ 例えば、120°C だとどうだろう...?

端点

(E.O.S)  $P_{\text{飽}} \times 15 \text{ L} = 1 \text{ mol} \times (8.3 \times 10^3) \times (273 + 120) \text{ K}$   
∴  $P_{\text{飽}} > 2.0 \times 10^5 > P_{\text{飽}}$  より、ここでも液体の水あり

つまりこういうこと



これを満たすのは、(d)

(理由)

120°C においても、水が全て気体と仮定すると飽和蒸気圧を超えているので、27~120°C の全範囲で液体の水が存在。よって飽和蒸気圧に従う。

問2

- ・軸は変れたところなさそう...
- ・グラフの形状：定圧 + 凝縮する気体のみ ⇒ (a)

問3

入れた空気:  $n [\text{mol}]$  とする。E.O.S より

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 1.0 \text{ L} = n \cdot R \cdot 300 \text{ K}$   
∴  $n = \frac{10^5}{300R}$

水が全て気体と仮定した時の分圧:  $P_{\text{H}_2\text{O, 飽}} [\text{Pa}]$  とする。

$P_{\text{H}_2\text{O, 飽}} = 1.0 \times 10^5 \cdot \frac{1}{1+n} > P_{\text{飽}} 90^\circ \text{C}$

であり、仮定はあやまり。液体の水が存在。

求める体積  $V_L$  とする。空気について、E.O.S より

$(1 - 0.692) \times 10^5 \text{ Pa} \cdot V_L = n \cdot R \cdot 363 \text{ K}$   
∴  $V_L = 3.9 \text{ L}$

第2問

【問題文】

E君は標高3800mの高地にかけた。当地の気圧は0.630atmである。この地で行った以下〔1〕～〔2〕の実験について答えよ。  
必要があれば次の数値を使うこと：

水銀の密度 = 13.6 g/cm<sup>3</sup>, 水の密度 = 1.00 g/cm<sup>3</sup>, 1.00 atmの水銀柱の高さ = 76.0 cm  
 $\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73$

はじめに指示あるパターン

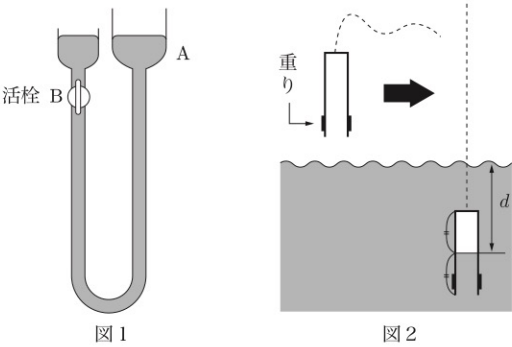
なお、解答の数値は有効数字2桁で表せ。

〔1〕 図1のような、内部を水銀で満たした柔軟なU字状チューブがある。左側の部分は固定され、途中に活栓Bがついている。右側の水銀だめAは手でもって上下に動かすことができる。活栓Bを閉じて水銀だめAを下げていくと、ある位置からB下部に空間が生じて次第に広がった。この間、左側の活栓下の液面と右側の液面の高さは一定の差hを示した。

問1 このときの水銀の位置を解答用紙の図中に黒く塗りつぶして描き込み、hを明示せよ。  
問2 hを求めよ。

〔2〕 図2のように、上端が閉じ下端に開口部のある長さ20cmのパイプを水中に沈めた。水圧のために、ある深さでパイプのちょうど半分まで水が入り込んだ。内部の空気は、はじめ大気の水温度である27.0℃であったが、水中ではその深さでの水温7.0℃と平衡になっている。

問3 このときの水面からの深度dを求めよ。計算過程も記述すること。気体の溶解および水の蒸気圧は無視できるものとする。

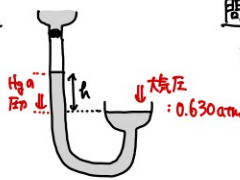


☆ 標高・水深が絡むとき

まずは大気圧を確定 (沸点⑤や、そもそも大気圧⑤がある)

今回は、"気圧: 0.630 atm" とある

問1



問2

$h = 76.0 \times 0.630 \div 4.8 \times 10 \text{ cm}$

問3

☆ n一定: ボイル・シャルルの法則も活用!

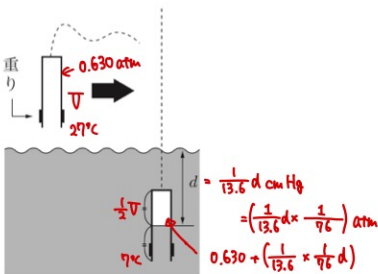


図2

パイプの体積をVとする。ボイル・シャルルの法則より、

$$\frac{0.630 \text{ atm} \cdot V}{300 \text{ K}} = \frac{\left\{ 0.630 + \left( \frac{1}{13.6} \times \frac{1}{96} d \right) \right\} \text{ atm} \cdot \frac{1}{2} V}{280 \text{ K}}$$
  
$$\therefore d = 5.6 \times 10^2 \text{ cm}$$