

問1: 温度一定で $3.0 \times 10^5 \text{Pa}$ の下で 1l の体積を占める酸素 A と $2.0 \times 10^5 \text{Pa}$ で 2l の水素 B がある。液体の水の体積および気体の溶解量は無視できる。

内容積一定の容器 C に A、B を入れたところ全圧は $1.4 \times 10^5 \text{Pa}$ になった。またこのとき C の内容積は 5.0l であった。このとき C のすべての水素を酸素と反応させ水に変化させた。すると C に液体の水が生じ気体の全圧は $4.0 \times 10^4 \text{Pa}$ を示した。何%が液体の水になっているか？

答え 問1 75%

さて一見わかりにくい問題ですね。何がわかりにくいかと言いますと、理想気体の状態方程式が使えない！（何故か？それは温度が一定としか書かれておらず与えられてないから）

そうすると「内容積一定の容器 C に A、B を入れたところ全圧は $1.4 \times 10^5 \text{Pa}$ になった。」とか言われても何をヒントに解いたらよいのかがわからない...という状態になってしまいますね。そこで理想気体の状態方程式が使えないタイプの問題を解くときはアボガドロの法則を思い出してみてください。

「同温、同圧のもとで同体積中の気体は同数個の分子を含む（つまり同温・同圧・同体積の気体の物質量は等しい）」でしたね。

これを利用すると「同温で、同圧か同体積かのどちらかが当てはまる場合、物質量はその圧力が体積に比例する」ということが言えます。これは実はとても有用なことなのです！もしわからなかったときのために、以下に説明を付しておきます。

ある2つの気体 A、B に対して理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ が成り立つとします。ここで T が T_1 で一定で、さらにたとえば P が P_1 で一定なら、

$$P_1 V_A = n_A R T_1 \quad (1)$$

$$P_1 V_B = n_B R T_1 \quad (2)$$

よって

$$n_A = \frac{P_1}{R T_1} \cdot V_A \quad (3)$$

$$n_B = \frac{P_1}{R T_1} \cdot V_B \quad (4)$$

という関係が成り立ちますね。つまり、同温という条件で圧力が体積のどちらかが同じになると物質量はその同じでない圧力が体積に比例するのです。

そこで、図1のように、今酸素と水素は体積が異なるために、せっかくの同温という条件が生かせません。物質量もわかりませんし...。しかし、じゃあ水素の方を酸素と同体積にしてやれば、圧力比が物質量比になりますね。そんなことしていいの？もちろんいいですよ。ボイルの法則「一定量の気体において、同温のとき圧力と体積は反比例する」を用いて、水素の体積を酸素と同じ 1l にしちゃいましょう。そうすると、圧力は2倍の $4.0 \times 10^5 \text{Pa}$ となりました。

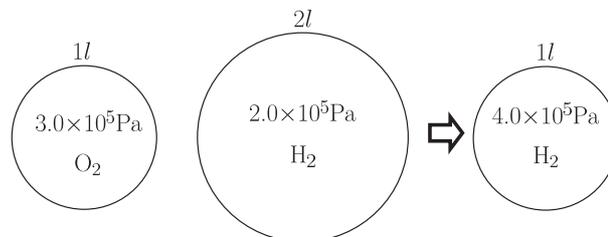


図1: 気体の状態

こうなれば、同温・同体積ですので、それぞれの圧力比はそのまま物質比です。したがって

$$n_{O_2} : n_{H_2} = 3.0 \times 10^5 : 4.0 \times 10^5 = 3 : 4 \quad (5)$$

さて、内容積一定の容器 C に入れたとき全圧が $1.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ になりましたね。もちろんこのときはまだ酸素と水素は反応していません。そこで、酸素と水素の分圧はそれぞれ

$$P_{O_2} = \frac{3}{7} \times 1.4 \times 10^5 = 0.6 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (6)$$

$$P_{H_2} = \frac{4}{7} \times 1.4 \times 10^5 = 0.8 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (7)$$

となります。なぜここでそれぞれの分圧をだすのでしょうか？それは以前から化学方程式の反応量の関係のところには基本的に物質 [mol] しか書いてはいけないと言ってきましたが、今回はその物質量は求まっていないものの、圧力比が物質比として扱えるためです。

そこで、この混合気体中の水素をすべて酸素と反応させてしまったあとのそれぞれの量的関係を見ていきましょう。

	$2H_2$	+	O_2	\longrightarrow	$2H_2O$
反応前	$0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$		$0.6 \times 10^5 \text{ Pa}$		0 Pa
反応量	$-0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$		$-0.4 \times 10^5 \text{ Pa}$		$0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$
反応後	0 Pa		$0.2 \times 10^5 \text{ Pa}$		$0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$

表 1: 水素と酸素の反応の量的関係

H_2O が全て気体となったら $0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ となりますね。ここで問題文を確認すると「C に液体の水が生じ気体の全圧は $4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ を示した」とありますね。残った O_2 の圧力は $0.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ ですから、水蒸気分圧は $0.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ となります。つまり、上の表 1 の反応後の水のところに示してある $0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ は実際に気体になっているのは $0.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 分だけで、あとはすべて液体になっているというわけなのです。そこで、問いにあるようにどれだけの水が液体として存在しているかということ、圧力比はそのまま物質比でしたね。だから

$$\frac{0.6 \times 10^5}{0.8 \times 10^5} \times 100 = \frac{3}{4} \times 100 = 75\% \quad (8)$$

どうでしょうか？わからなかったら、また質問をどうぞ。