

14章 問題解答

予習

1.

- (1) 標準状態で気体 1mol は 22.4L である。したがって 0.2mol の気体の体積を v [L] とすると

$$1\text{mol}:22.4\text{L}=0.2\text{mol}:v$$

$$v=4.48\text{L} \quad (\text{答})$$

- (2) 原子量が $\text{Na}=23$, $\text{Cl}=35.5$ より NaCl のモル質量は $23+35.5=58.5\text{g/mol}$

$$0.4\text{mol} \text{ での質量なので, } 0.4\text{mol} \times 58.5\text{g/mol}=23.4\text{g} \quad (\text{答})$$

2.

- (1) $3\text{H}_2+\text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ なのでアンモニアが 2mol できているなら水素は 3mol, 窒素は 1mol 反応したということになる。つまり, アンモニアが 1mol できたのなら, 水素と窒素はそれぞれ $3\text{mol}/2=1.5\text{mol}$, $1\text{mol}/2=0.5\text{mol}$ 反応したことになる。

(答) 水素 1.5mol、窒素 0.5mol

- (2) 最初 1mol の水素が反応後に 0.4mol 残っているので, 反応に使われた水素は $1\text{mol}-0.4\text{mol}=0.6\text{mol}$ である。反応式から, 水素 3mol と窒素 1mol が反応してアンモニアが 2mol できる。窒素の物質量を x [mol] とすると, $\text{H}_2:\text{N}_2=3\text{mol}:1\text{mol}=0.6\text{mol}:x$ [mol]

$$x=0.2\text{mol}$$

アンモニアの物質量を y [mol] とすると, $\text{H}_2:\text{NH}_3=3\text{mol}:2\text{mol}=0.6\text{mol}:y$ [mol]

$$y=0.4\text{mol} \quad (\text{答}) \quad \text{窒素 } 0.2\text{mol} \quad \text{アンモニア } 0.4\text{mol}$$

演習問題 A

14-A1

平衡状態での各物質の濃度を表にまとめる。灰色に網掛けした部分は問題文に示されている数値である。

単位 mol/L	H_2	+	I_2	\rightleftharpoons	2HI
初めの濃度	1.3		1.3		0
反応により減少 または増加した 濃度	$1.6/2=0.8$		$1.6/2=0.8$		1.6
平衡状態での濃 度	$1.3-0.8=0.5$		$1.3-0.8=0.5$		1.6

平衡状態での各物質の濃度から,

$$\text{濃度平衡定数 } K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{1.6^2}{0.5 \times 0.5} = 10.24 \quad (\text{答})$$

14-A2

反応した水素の濃度を x とすると、表のようになる。

単位 mol/L	H ₂	+ I ₂	\rightleftharpoons	2HI
初めの濃度	0.5	0.7		0
反応により減少 または増加した 濃度	x	x		$2x$
平衡状態での濃 度	$0.5-x$	$0.7-x$		$2x$

濃度平衡定数 $K=10.24$ なので、平衡状態での各物質の濃度から、

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(2x)^2}{(0.5-x)(0.7-x)} = 10.24$$

$$\frac{4x^2}{0.35 - 1.2x + x^2} = 10.24$$

$$4x^2 = 3.584 - 12.288x + 10.24x^2$$

$$6.24x^2 - 12.288x + 3.584 = 0$$

$x=0.356\text{mol/L}$ あるいは $x=1.613\text{mol/L}$

$x=1.613\text{mol/L}$ では、平衡状態での水素やヨウ素の濃度が負の値になるので不適である。したがって、 $x=0.356\text{mol/L}$ である。

平衡状態でのヨウ化水素の濃度 $[\text{HI}]=2x=2 \times 0.356\text{mol/L}=0.712\text{mol/L}$ (答)

14-A3

(答) (1) $\frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}$ (2) $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ (3) $\frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}$ (4) $\frac{[\text{N}_2][\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^2}$

14-A4

(1) 左

圧力が低くなったので、圧力が高くなる方向、つまり分子数が増える方向に平衡は移動する。

(2) 左

反応熱が正の値なので発熱反応である。したがって、温度を下げると、発熱側に平衡は移動する

(3) 右

反応容器の体積が小さくなると圧力は増加する。したがって分子数が減る方向に平衡は移動する。

(4) ×

反応容器の体積が大きくなると圧力は減少する。したがって分子数が増える方向に移動するが、この場合左右両辺の分子数は等しいので、平衡は移動しない。

演習問題 B

14-B1

(1) 窒素や水素の圧力を増加させる。

窒素や水素の圧力が増加すれば、圧力が低下する向き、すなわち分子数が減少する向きである右向きに平衡は移動する。

(2) 反応温度を下げる。

正反応は発熱反応であるから、反応温度を下げることで発熱反応側である右向きに平衡は移動する。

14-B2

(答) $653.68 \text{ (mol/L)}^{-1}$ または 653.68 L/mol

最初の濃度と平衡状態での NO の濃度は既知であるので、それを以下の表にまとめる。

単位[mol/L]	NO	H ₂	\rightleftharpoons	N ₂	H ₂ O
最初の濃度	0.100	0.050		0	0.100
反応により増加または減少した濃度					
平衡状態での濃度	0.062				

ここで、平衡状態で NO の濃度が 0.062 mol/L なので、反応で減少した濃度は $0.100 - 0.062 = 0.038 \text{ mol/L}$ である。反応式 $2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ の物質量の関係から、NO が 2 mol/L 反応していれば、H₂ は 2 mol/L 反応しており、N₂ は 1 mol/L 、H₂O は 2 mol/L がそれぞれ生成していることを意味する。したがって、NO が、 0.038 mol/L 反応したということは、H₂ は 0.038 mol/L 反応しており、N₂ は $(0.038 \text{ mol/L})/2 = 0.019 \text{ mol/L}$ 、H₂O

は 0.038mol/L 生成していることを意味する。これらの増加量あるいは減少量を、最初の濃度からの増減として計算すると、平衡状態での濃度になる。このとき、N₂と H₂O は反応式の右辺にあるので、平衡状態では最初の濃度から増加することに注意しなければならない。

単位[mol/L]	NO	H ₂	\rightleftharpoons	N ₂	H ₂ O
最初の濃度	0.100	0.050		0	0.100
反応により増加または減少した濃度	0.100-0.062=0.038	0.038		0.019	0.038
平衡状態での濃度	0.062	0.05-0.038=0.012		0.019	0.1+0.038=0.138

したがって、濃度平衡定数 K_c は

$$K_c = \frac{[N_2][H_2O]^2}{[NO]^2[H_2]^2} = \frac{(0.019\text{mol/L})(0.062\text{mol/L})^2}{(0.062\text{mol/L})^2(0.012\text{mol/L})^2} = 653.68 \text{ (mol/L)}^{-1}$$

※単位が(mol/L)⁻¹あるいは L/mol になっていることにも注意が必要である。

14-B3

(1) ×

ヘリウムは希ガスであり、安定なので反応には関係しない。また体積一定なので気体の濃度は変わらない。したがって平衡は移動しない。

(2) 左

圧力一定のもとでヘリウムを加えているので、体積は増加する。体積が増加するため、反応に関係する物質の分圧は減少する。したがって、圧力が増加する方向（つまり分子数が増える方向）に平衡は移動する。

(3) 右

反応式で水の濃度が増えるので、この変化を妨げる右側に移動する。

(4) 左

塩基は電離して OH⁻を放出する。したがって OH⁻の増加を妨げる左側に移動する。