

3-1 混合気体の平衡

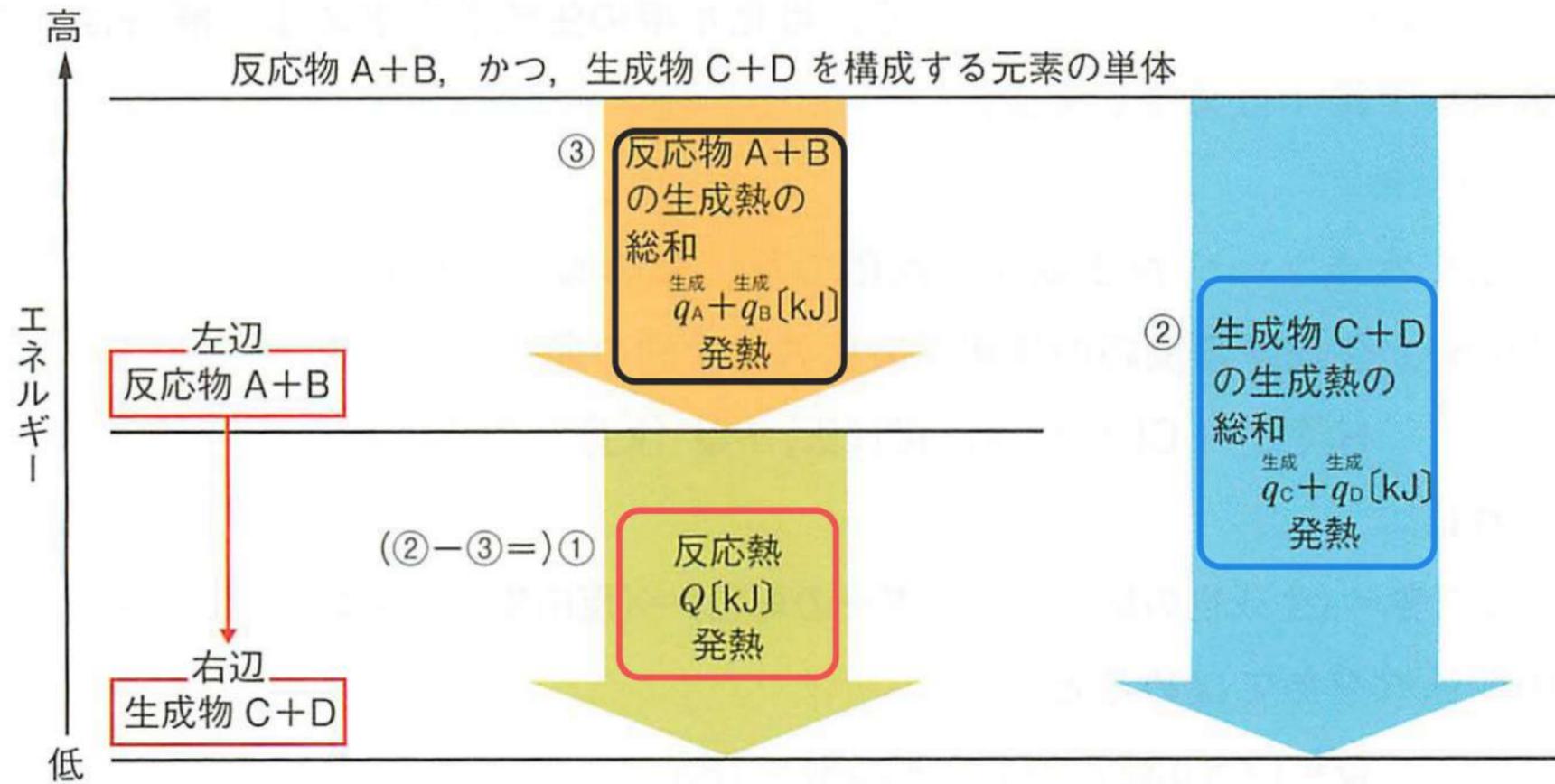
問1【解説】

NO₂ の生成熱を Q [kJ/mol] とすると、②式について

(反応熱) = (生成物の生成熱の総和) - (反応物の生成熱の総和)より、

問1【解答】 -33 kJ/mol

■ 生成熱と反応熱の関係



$$\text{反応熱} = (\text{生成物の生成熱の総和})_{\text{右辺}} - (\text{反応物の生成熱の総和})_{\text{左辺}}$$

ただし、単体の生成熱は 0 とする。

3-1 混合気体の平衡

問1【解説】

NO₂ の生成熱を Q [kJ/mol] とすると、②式について

(反応熱) = (生成物の生成熱の総和) - (反応物の生成熱の総和) より、

$$-57 = 2 \times Q - (-9) \quad \text{よって, } Q = -33 \text{ kJ/mol}$$

問1【解答】 -33 kJ/mol



反応熱

生成熱: Q kJ/mol

生成熱: -9 kJ/mol

問2【解説】

バランスシートの作成

	N_2O_4	\rightleftharpoons	2NO_2	総物質質量
はじめ	n		0	n
変化量	$-n\alpha$		$+2n\alpha$	
平衡時	$n(1-\alpha)$		$2n\alpha$	$n(1+\alpha)$ (単位: mol)

全圧を P [Pa] とすると, NO_2 , N_2O_4 の分圧は,

化学平衡の法則への代入

化学平衡の法則への代入

問2【解答】 $\boxed{\text{ア}}$ $\dots \frac{2\alpha}{1+\alpha} P$ $\boxed{\text{イ}}$ $\dots \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$ $\boxed{\text{ウ}}$ $\dots \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$

問2【解説】

バランスシートの作成

	N_2O_4	\rightleftharpoons	2NO_2	総物質
はじめ	n		0	n
変化量	$-n\alpha$		$+2n\alpha$	
平衡時	$n(1-\alpha)$		$2n\alpha$	$n(1+\alpha)$ (単位: mol)

全圧を P [Pa] とすると, NO_2 , N_2O_4 の分圧は,

$$p_{\text{NO}_2} = \frac{2n\alpha}{n(1+\alpha)} P = \frac{2\alpha}{1+\alpha} P$$

$$p_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} P = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$$

化学平衡の法則への代入

化学平衡の法則への代入

問2【解答】 $\boxed{\text{ア}}$... $\frac{2\alpha}{1+\alpha} P$ $\boxed{\text{イ}}$... $\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$ $\boxed{\text{ウ}}$... $\frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$

問2【解説】

バランスシートの作成

	N_2O_4	\rightleftharpoons	2NO_2	総物質
はじめ	n		0	n
変化量	$-n\alpha$		$+2n\alpha$	
平衡時	$n(1-\alpha)$		$2n\alpha$	$n(1+\alpha)$ (単位: mol)

全圧を P [Pa] とすると, NO_2 , N_2O_4 の分圧は,

$$p_{\text{NO}_2} = \frac{2n\alpha}{n(1+\alpha)} P = \frac{2\alpha}{1+\alpha} P \quad p_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} P = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$$

化学平衡の法則への代入

$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha} P\right)^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$$

化学平衡の法則への代入

問2【解答】 ア $\dots \frac{2\alpha}{1+\alpha} P$ イ $\dots \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$ ウ $\dots \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$

問3【解説】

体積を半分にしたとき、

平衡が移動しなければ？

ボイルの法則により圧力は2倍となる。

平衡はどちらに移動する？

よって、

問3【解答】 (ア)

問3【解説】

体積を半分にしたとき、

平衡が移動しなければ？

ボイルの法則により圧力は2倍となる。

平衡はどちらに移動する？

気体分子の総物質量が減少する方向に移動する。

よって、

問3【解答】 (ア)



← 平衡の移動方向

問3【解説】

体積を半分にしたとき、

平衡が移動しなければ？

ボイルの法則により圧力は2倍となる。

平衡はどちらに移動する？

気体分子の総物質量が減少する方向に移動する。

よって、

混合気体の圧力は2倍よりも小さくなる。

問3【解答】 (ア)



←
平衡の移動方向

問4(1)【解説】

気体の状態方程式より、

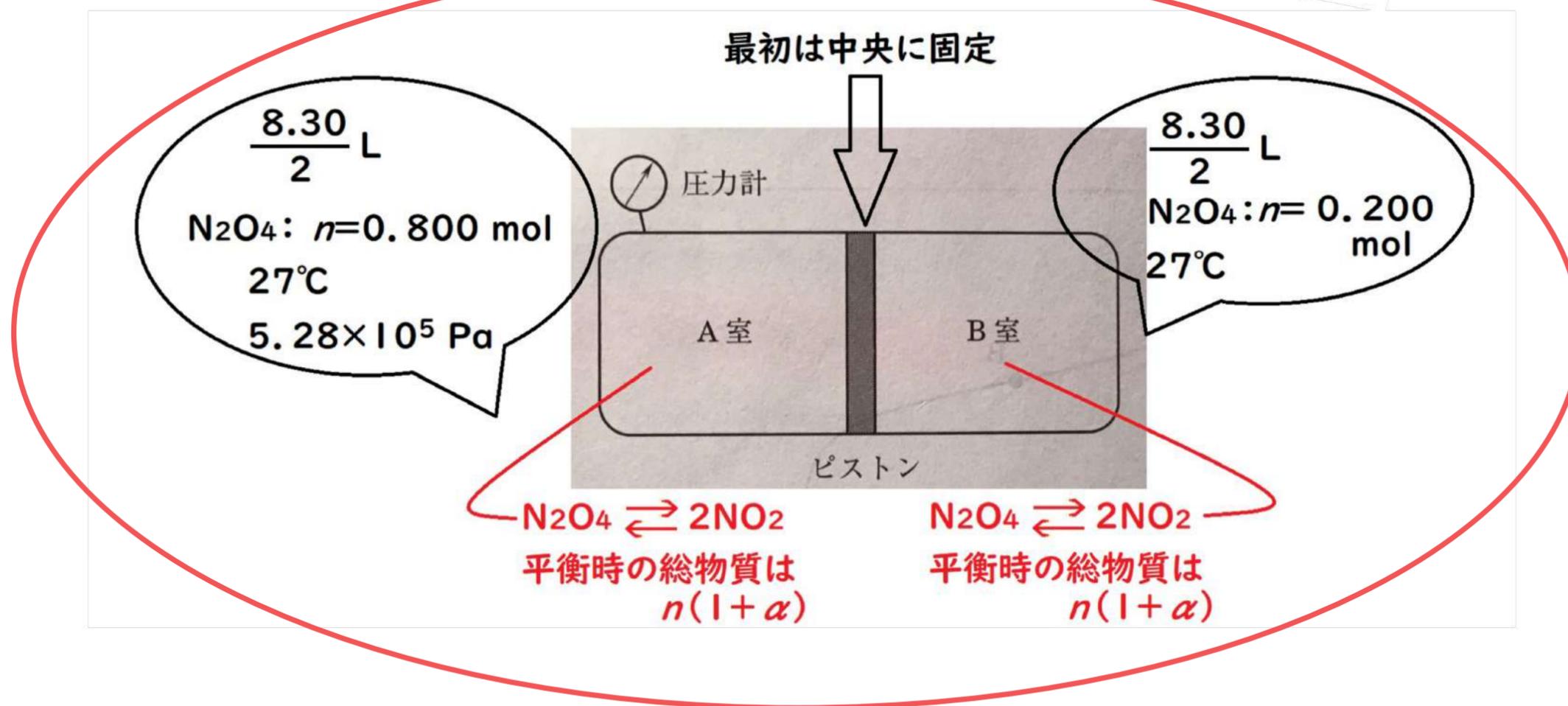
問4 (1)【解答】 0.10

題意の条件下での α を求めよ。

問4(1)【解説】

気体の状態方程式より、

問4(1)【解答】 0.10



問4(1)【解説】

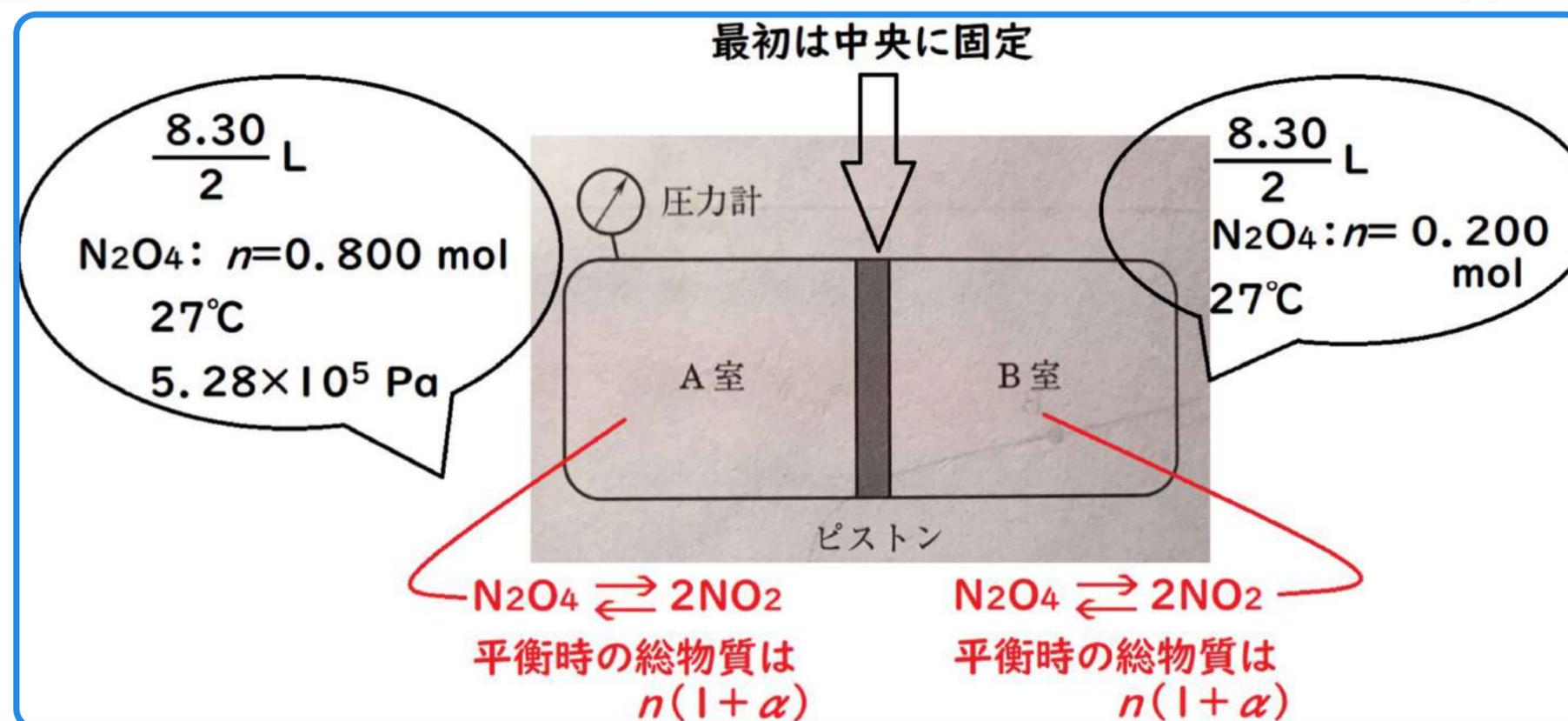
気体の状態方程式より,

A室内の混合気体について

$$5.28 \times 10^5 \times 4.15 = 0.800 \times (1 + \alpha) \times 8.3 \times 10^3 \times 300$$

$$\therefore \alpha = 0.10$$

問4(1)【解答】 0.10



問4 (2)【解説】

問2 (ウ) の結論より、

問4 (2)【解答】 $2.1 \times 10^4 \text{ Pa}$

27°Cでの K_P を求めよ。

問4(2)【解説】

問2(ウ)の結論より、

問4(2)【解答】 $2.1 \times 10^4 \text{ Pa}$

問2 **ウ** の結論; $K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$

問4(1)の題意と結論;

$P = 5.28 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、 $\alpha = 0.10$

問4 (2) 【解説】

問2 (ウ) の結論より、

$$K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P = \frac{4 \times 0.10^2}{1-0.10^2} \times 5.28 \times 10^5 = 2.13 \times 10^4 \approx 2.1 \times 10^4 \text{ Pa}$$

問4 (2) 【解答】 $2.1 \times 10^4 \text{ Pa}$

問2 **ウ** の結論; $K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$

問4(1)の題意と結論;

$$P = 5.28 \times 10^5 \text{ Pa のとき、} \alpha = 0.10$$

解離度の違いを問うている。

問4 (3) 【解説】

問2 (ウ)の結論を変形すると、

ここで、A室、B室で K_p の値は？

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

では、A室、B室で解離度の値は？

問4 (3) 【解答】 (イ)

問4 (3) 【解説】

問2 (ウ)の結論を変形すると、

$$K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P \text{ より, } \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{4P+K_p}}$$

ここで、A室、B室で K_p の値は？

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

では、A室、B室で解離度の値は？

問4 (3) 【解答】 (イ)

問4 (3) 【解説】

問2 (ウ)の結論を変形すると、

$$K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P \text{ より, } \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{4P + K_p}}$$

ここで、A室、B室で K_p の値は？

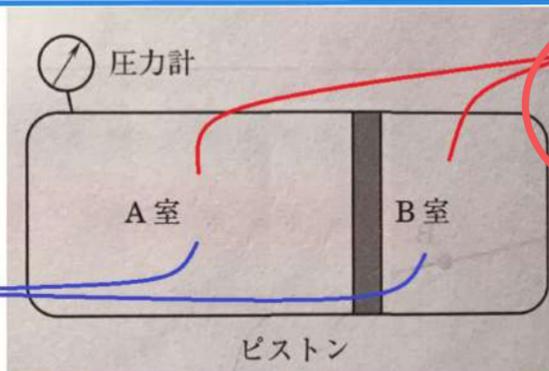
A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

では、A室、B室で解離度の値は？

問4 (3) 【解答】 (イ)

自由に動くピストンが静止しているため同圧
(A室内の圧力=B室内の圧力)



同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度
の関数 (圧力に無関係)

問4 (3) 【解説】

問2 (ウ)の結論を変形すると、

$$K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P \text{ より, } \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{4P + K_p}}$$

ここで、A室、B室で K_p の値は？

A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

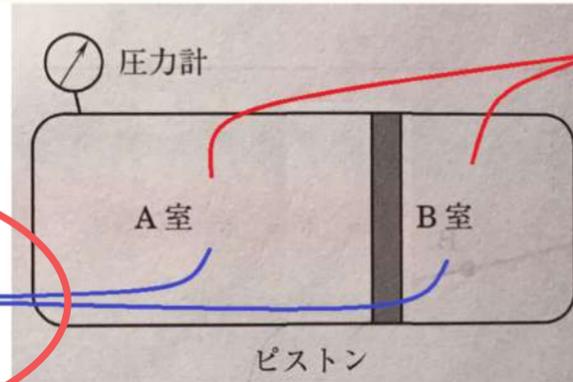
ここで、A室、B室で 圧力の値は？

自由に動くピストンがつりあった状態だから、互いに等しい。

では、A室、B室で解離度の値は？

問4 (3) 【解答】 (イ)

自由に動くピストンが静止しているので 同圧 (A室内の圧力=B室内の圧力)



同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度
の関数 (圧力に無関係)

問4 (3) 【解説】

問2 (ウ)の結論を変形すると、

$$K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P \text{ より, } \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{4P+K_p}}$$

ここで、A室、B室で K_p の値は？

A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

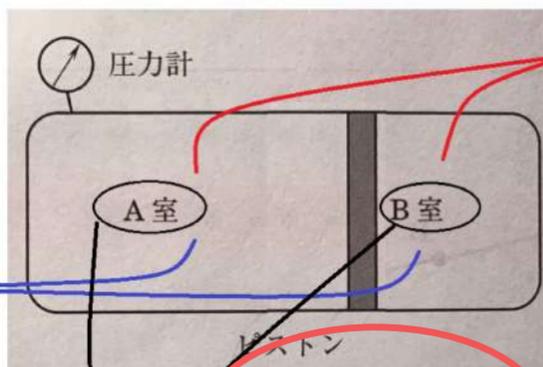
自由に動くピストンがつりあった状態だから、互いに等しい。

では、A室、B室で解離度の値は？

解離度も同じ値となる。

問4 (3) 【解答】 (イ)

自由に動くピストンが静止しているので 同圧 (A室内の圧力=B室内の圧力)



同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度の関数 (圧力に無関係)

同じ解離度 α'

問4(4)【解説】

A室, B室における N_2O_4 の解離度を α' とすると,

ここで、A室、B室で 総物質質量は？

同温, 同圧条件では, 体積比=物質質量比だから, A室の容積は,

問4(4)【解答】 6.6

問4(4)【解説】

A室, B室における N_2O_4 の解離度を α' とすると,

ここで、A室、B室で 総物質量は？

同温, 同圧条件では, 体積比=物質比だから, A室の容積は,

問4(4)【解答】 6.6

同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度のみの関数 (圧力に無関係)

自由に動くピストンが静止しているので 同圧 (A室内の圧力=B室内の圧力)

同じ解離度 α'

総物質量 = $0.800(1 + \alpha')$ mol
総物質量 = $0.200(1 + \alpha')$ mol $\therefore n_A : n_B = 4 : 1$

問4(4)【解説】

A室、B室における N_2O_4 の解離度を α' とすると、

ここで、A室、B室で 総物質質量は？

$$\text{A室の総物質質量} : 0.800(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

$$\text{B室の総物質質量} : 0.200(1+\alpha') \text{ mol}$$

同温、同圧条件では、体積比=物質質量比だから、A室の容積は、

問4(4)【解答】 6.6

同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度のみの関数 (圧力に無関係)

自由に動くピストンが静止しているので 同圧
(A室内の圧力=B室内の圧力)

同じ解離度 α'

総物質質量 = $0.800(1+\alpha')$ mol
総物質質量 = $0.200(1+\alpha')$ mol $\therefore n_A : n_B = 4 : 1$

問4 (4) 【解説】

A室, B室における N_2O_4 の解離度を α' とすると,

ここで、A室、B室で 総物質質量は？

$$\text{A室の総物質質量} : 0.800(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

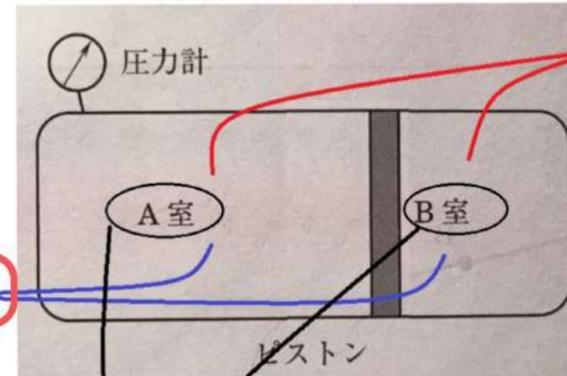
$$\text{B室の総物質質量} : 0.200(1+\alpha') \text{ mol}$$

$PV=nRT$ より、 P と T が一定のとき V は n に比例 $\therefore V_A : V_B = 4 : 1$

同温, 同圧条件では, 体積比=物質質量比だから, A室の容積は,

問4 (4) 【解答】 6.6

自由に動くピストンが静止しているので **同圧**
(A室内の圧力=B室内の圧力)



同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度のみの関数 (圧力に無関係)

同じ解離度 α'

$$\text{総物質質量} = 0.800(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\text{総物質質量} = 0.200(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

問4(4)【解説】

A室, B室における N_2O_4 の解離度を α' とすると,

ここで、A室、B室で 総物質質量は？

$$\text{A室の総物質質量} : 0.800(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

$$\text{B室の総物質質量} : 0.200(1+\alpha') \text{ mol}$$

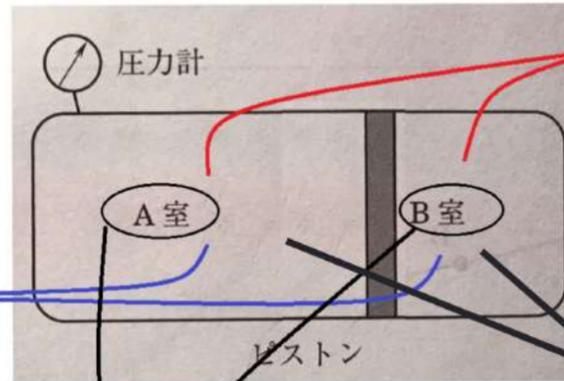
$PV=nRT$ より、 P と T が一定のとき V は n に比例 $\therefore V_A : V_B = 4 : 1$

同温、同圧条件では、体積比=物質質量比だから、A室の容積は、

$$V_A = 8.30 \times \frac{4}{4+1} = 6.64 \text{ (L)}, \quad V_B = 8.30 \times \frac{1}{4+1} = 1.66 \text{ (L)}$$

問4(4)【解答】 6.6

自由に動くピストンが静止しているので 同圧
(A室内の圧力=B室内の圧力)



同温 (27°C)
ちなみに K_p は温度のみの関数 (圧力に無関係)

同じ解離度 α'

$$\text{総物質質量} = 0.800(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\text{総物質質量} = 0.200(1+\alpha') \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

A室とB室の体積の合計は8.30Lである。

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

では、A室、B室で解離度の値は？

ここで、A室、B室で 総物質量は？

同温、同圧条件では、体積比=物質質量比だから、A室の容積は、

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？

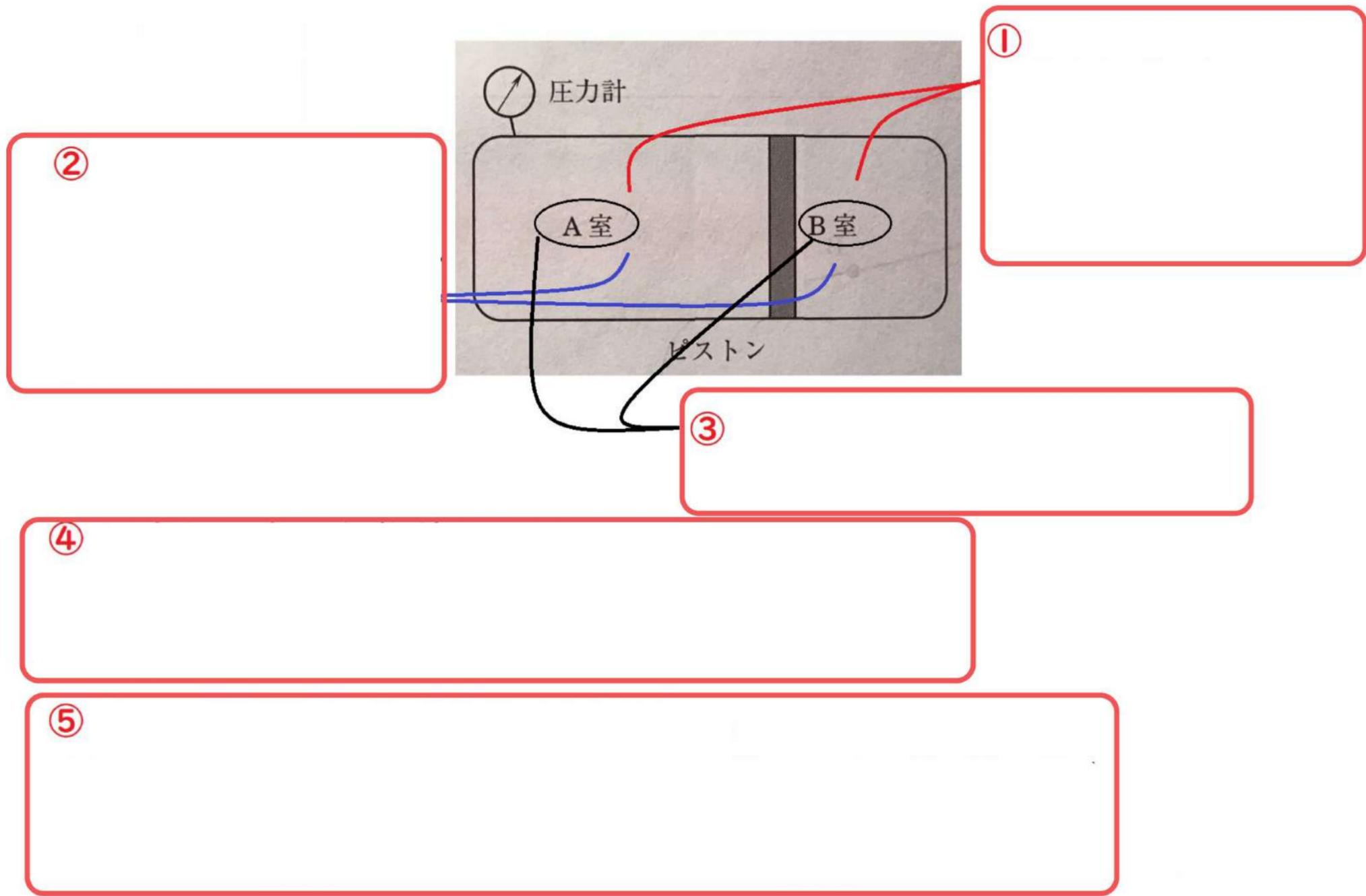
ここで、A室、B室で 圧力の値は？

ここで、A室、B室で 総物質量は？

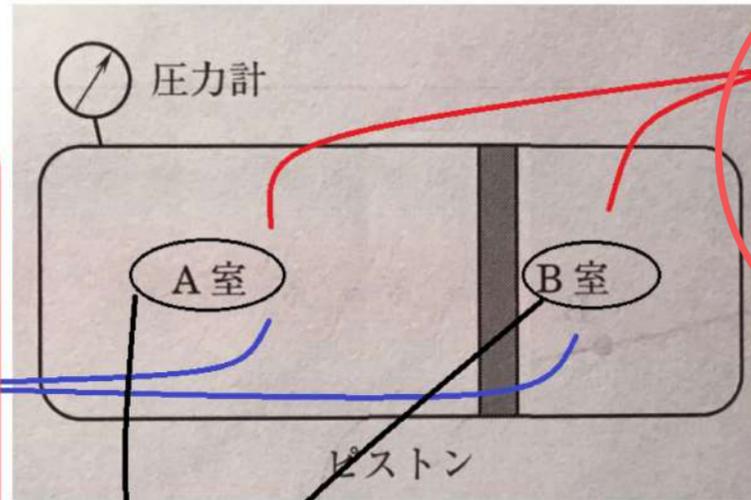
同温，同圧条件では，体積比＝物質質量比だから，A室の容積は，

問4 (5) (1) 【解答】 (イ)

記入前に概略をお話しします。



②



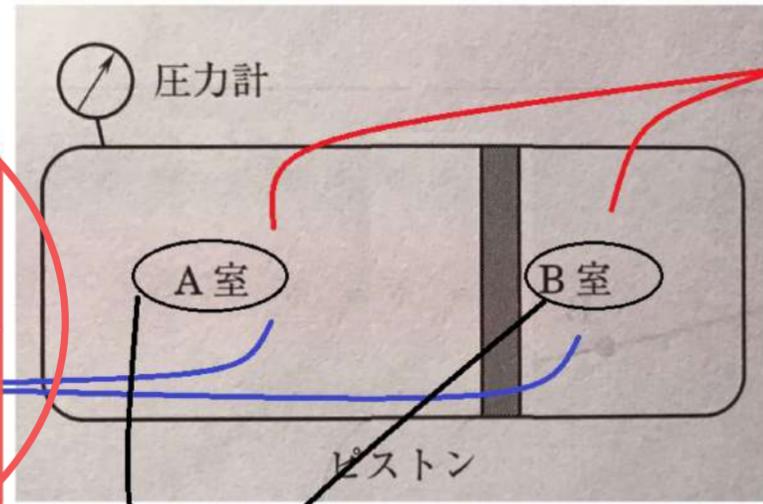
①
温度を上げても
同温であることは同じ。
ちなみに K_p は温度のみの
関数 (圧力に無関係)

③

④

⑤

② 温度を上げても
自由に動くピストンが静止
しているので同圧である。
(A室内の圧力=B室内の圧力)



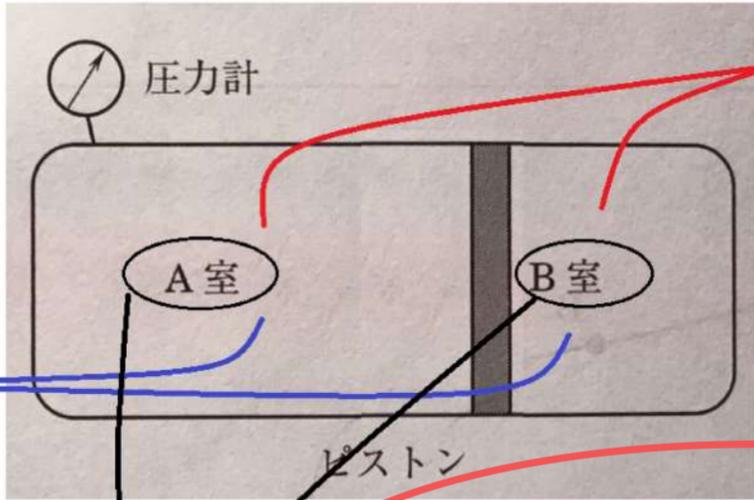
① 温度を上げても
同温であることは同じ。
ちなみに K_p は温度のみ
の関数(圧力に無関係)

③

④

⑤

② 温度を上げても
自由に動くピストンが静止
しているので同圧である。
(A室内の圧力=B室内の圧力)

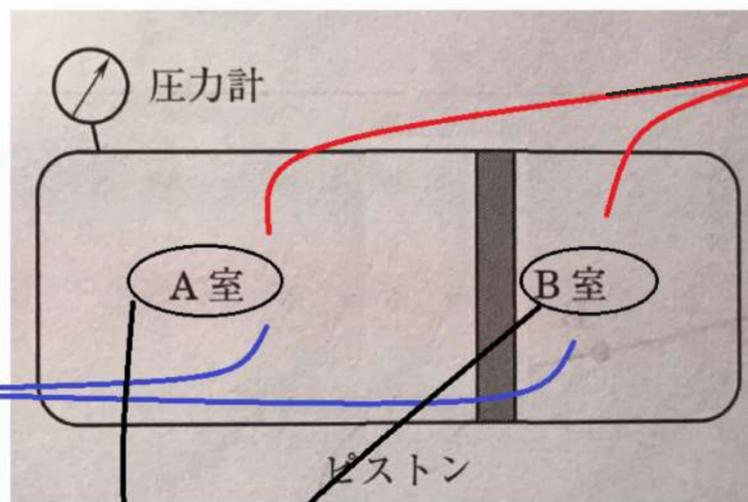


① 温度を上げても
同温であることは同じ。
ちなみに K_p は温度のみ
の関数(圧力に無関係)

③ 温度を上げても
同温、同圧なので同じ解離度 α ”

④

⑤



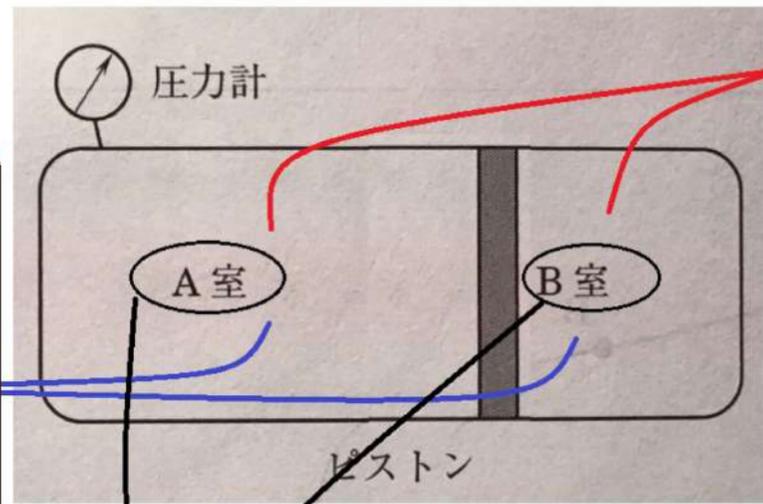
② 温度を上げても
自由に動くピストンが静止
しているので同圧である。
(A室内の圧力=B室内の圧力)

① 温度を上げても
同温であることは同じ。
ちなみに K_p は温度のみ
の関数 (圧力に無関係)

③ 温度を上げても
同温、同圧なので同じ解離度 α ”

④ 温度を上げても総物質量の比も
総物質量 = $0.800(1 + \alpha)$ mol
総物質量 = $0.200(1 + \alpha)$ mol $\therefore n_A : n_B = 4 : 1$

⑤



② 温度を上げても
自由に動くピストンが静止
しているので同圧である。
(A室内の圧力=B室内の圧力)

① 温度を上げても
同温であることは同じ。
ちなみに K_p は温度のみ
の関数 (圧力に無関係)

③ 温度を上げても
同温、同圧なので同じ解離度 α ”

④ 温度を上げても総物質量の比も
総物質量 = $0.800(1 + \alpha)$ mol
総物質量 = $0.200(1 + \alpha)$ mol
 $\therefore n_A : n_B = 4 : 1$

⑤ よって、温度を上げても体積は変わらない。
 $PV = nRT$ より、 P と T が一定のとき V は n に比例 $\therefore V_A : V_B = 4 : 1$
 $V_A = 8.30 \times \frac{4}{4+1} = 6.64$ (L)、 $V_B = 8.30 \times \frac{1}{4+1} = 1.66$ (L)

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？

A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

では、A室、B室で解離度の値は？

ここで、A室、B室で 総物質量は？

同温、同圧条件では、体積比=物質量比だから、A室の容積は、

問4 (5) (i) 【解答】 (イ)

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？

A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

自由に動くピストンがつりあった状態だから、互いに等しい。

では、A室、B室で解離度の値は？

ここで、A室、B室で 総物質量は？

同温、同圧条件では、体積比=物質質量比だから、A室の容積は、

問4 (5) (i) 【解答】 (イ)

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？
A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？
自由に動くピストンがつりあった状態だから、互いに等しい。

では、A室、B室で解離度の値は？
解離度も同じ値となる。

ここで、A室、B室で 総物質量は？

同温、同圧条件では、体積比=物質質量比だから、A室の容積は、
問4 (5) (i) 【解答】 (イ)

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？

A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

自由に動くピストンがつりあった状態だから、互いに等しい。

では、A室、B室で解離度の値は？

解離度も同じ値となる。

ここで、A室、B室で 総物質量は？

$$\text{総物質量} = 0.800(1 + \alpha) \text{ mol}$$

$$\text{総物質量} = 0.200(1 + \alpha) \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

同温、同圧条件では、体積比 = 物質比だから、A室の容積は、

問4 (5) (i) 【解答】 (イ)

問4 (5) (i) 【解説】

温度を上げたとき・・・

ここで、A室、B室で K_p の値は？

A室、B室の温度が等しいため、 K_p の値は同じ。

ここで、A室、B室で 圧力の値は？

自由に動くピストンがつりあった状態だから、互いに等しい。

では、A室、B室で解離度の値は？

解離度も同じ値となる。

ここで、A室、B室で 総物質量は？

$$\text{総物質量} = 0.800(1 + \alpha) \text{ mol}$$

$$\text{総物質量} = 0.200(1 + \alpha) \text{ mol}$$

$$\therefore n_A : n_B = 4 : 1$$

同温、同圧条件では、体積比 = 物質比だから、A室の容積は、

$$\text{変わらずに、} V_A = 8.30 \times \frac{4}{4+1} = 6.64 \text{ (L)}$$

問4 (5) (i) 【解答】 (イ)

問4 (5) (ii) 【解説】

色の変化はA、B室で同じ。

温度を上げたとき・・・

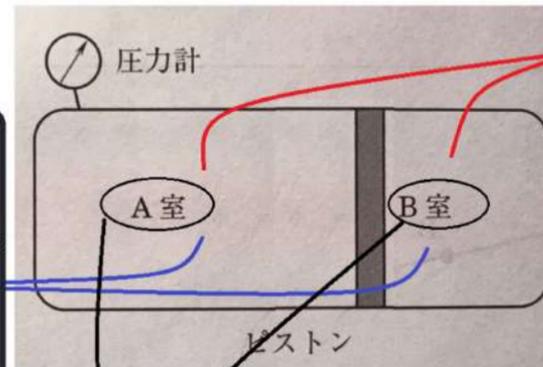
A室、B室で解離度の値は？

解離度も同じ値となる。

解離度の値は大きくなる？小さくなる？

言い換えれば、平衡はどちらに移動する？

② 温度を上げても
自由に動くピストンが静止
しているため同圧である。
(A室内の圧力=B室内の圧力)



① 温度を上げても
同温であることは同じ。
ちなみに K_p は温度のみ
の関数(圧力に無関係)

③ 温度を上げても
同温、同圧なので同じ解離度 α ”

問4 (5) (ii) 【解説】

温度を上げたとき・・・

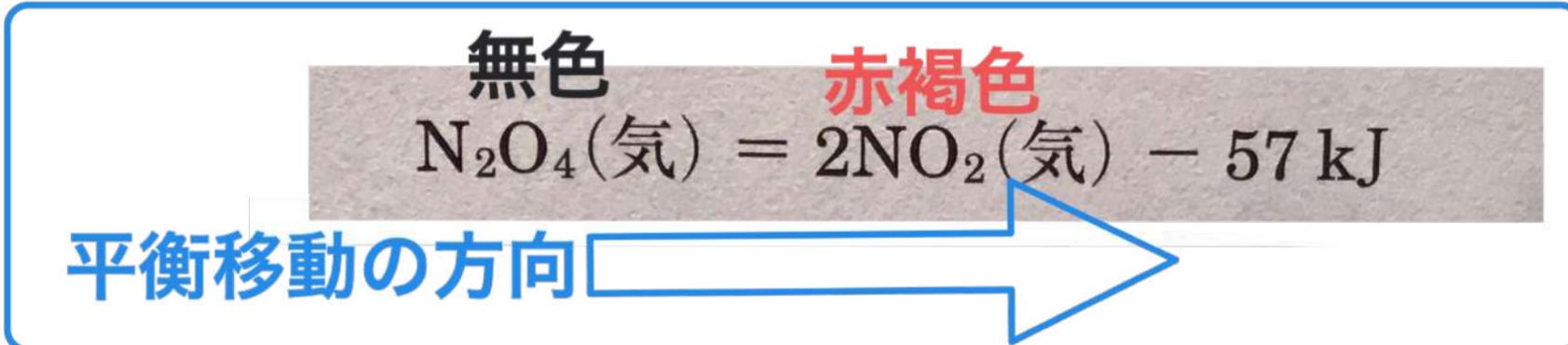
— A室、B室で解離度の値は？ —
解離度も同じ値となる。

解離度の値は大きくなる？小さくなる？

— 言い換えれば、平衡はどちらに移動する？ —
ルシャトリエの原理より、吸熱反応の方向に平衡は移動する。
①式の平衡は右へ移動し、NO₂の物質量は増加する。

— NO₂の濃度は？ —

— 平衡混合気体の色は？ —
問4 (5) (ii) 【解答】 (ア)



問4 (5) (ii) 【解説】

温度を上げたとき・・・

— A室、B室で解離度の値は？ —

解離度も同じ値となる。

解離度の値は大きくなる？小さくなる？

— 言い換えれば、平衡はどちらに移動する？ —

ルシャトリエの原理より、吸熱反応の方向に平衡は移動する。

①式の平衡は右へ移動し、 NO_2 の物質量は増加する。

— NO_2 の濃度は？ —

体積は変化しないため、 NO_2 の濃度は大きくなる。

— 平衡混合気体の色は？ —

問4 (5) (ii) 【解答】 (ア) —

問4 (5) (ii)【解説】

温度を上げたとき・・・

A室、B室で解離度の値は？

解離度も同じ値となる。

解離度の値は大きくなる？小さくなる？

言い換えれば、平衡はどちらに移動する？

ルシャトリエの原理より、吸熱反応の方向に平衡は移動する。

①式の平衡は右へ移動し、NO₂の物質量は増加する。

NO₂の濃度は？

体積は変化しないため、NO₂の濃度は大きくなる。

平衡混合気体の色は？

色は濃くなる。

問4 (5) (ii)【解答】(ア)

無色

赤褐色



平衡移動の方向



3-2 中和滴定と電離平衡

問1【解答】 ①

●中和滴定で用いる器具

ガラス器具

	メスフラスコ	コニカルビーカー
形状		
用途	<p>液体を一定の体積だけ、正確に量るための器具である。 <small>100 mL とか 200 mL とか決まった体積だけ</small></p> <p>具体的には、一定の濃度の標準溶液を調製するときや、溶液を一定の割合に希釈するときなどに用いる。</p>	<p>その中に酸（または塩基）の水溶液を入れ、そこにビュレットから塩基（または酸）の水溶液を加え、その中で中和反応を行わせるための器具として用いる。</p>
洗浄方法	<p>純水で洗ったのち、そのまま用いてよい。メスフラスコには後から純水が加えられるので、純水が残っていても、溶液の調製には影響しないからである。また、コニカルビーカーには一定量の溶質が量り取られるので、たとえ濃度が薄まっても、滴下量が変わらず滴定の結果には影響しないからである。</p>	
乾燥方法	<p>加熱乾燥してはいけない。</p>	<p>体積を正確に量るガラス器具ではないので、加熱乾燥してよい。</p>
補足	<p>メスシリンダーは、液体の体積を簡便に量るための器具で、メスフラスコより標線の読み取り誤差も大きく、メスフラスコの代用品として用いることはできない。</p>	<p>形状は円錐（コーン）台形であり、振り混ぜても液体がこぼれにくい。よって、同様の利点をもつトールビーカー（背の高いビーカー）や三角フラスコを代用品として用いることができる。</p>

●中和滴定で用いる器具 ガラス器具

	ホールピペット	ビュレット
形状		
用途	<p>少量の液体を一定の体積だけ、<small>10 mLとか、20 mLとか決まった体積だけ</small>正確に量り取るための器具である。</p> <p>ホールピペットに液体を吸い込ませるときには、口で吸い上げることもできるが、有毒な液体の場合には、必ず安全ピペッターを用いる。</p>	<p>液体を少しずつ滴下し、滴下した液体の体積を、正確に量るための器具である。</p> <p>滴下前と滴下後の液面の目盛り ($V_{\text{滴下前}}$ (mL) と $V_{\text{滴下後}}$ (mL)) を読み取り、両者の差から溶液の滴下量を量る。目盛りは滴下後の方が滴下前より大きな値に読み取れるように振ってあるので、溶液の滴下量 $V_{\text{滴下量}}$ は、$V_{\text{滴下量}} = V_{\text{滴下後}} - V_{\text{滴下前}}$ で求まる。</p>
洗浄方法	<p>純水で洗ったのち、残った純水によって使用する水溶液の濃度が薄<small>ないへき</small>まることを避けるために、これから使用する水溶液で内部（内壁）を数回洗<small>ともあ</small>ってから用いる。これを共洗いという。共洗い後は、ぬれたまま用いてよい。</p>	
乾燥方法	<p>加熱乾燥してはいけない。体積を正確に量るガラス器具は、熱膨張による変形を避けるために、加熱乾燥しない。</p>	
補足	<p>標線が全容（ホール）を示す1本しか付いていないことから、この名称が与えられている。</p>	<p>滴下前の液面の目盛りを読み取る前に、活栓<small>コック</small>の下の空気を追い出すために、ビュレットに入れた水溶液を少量だけ流し出す。また、液面の目盛りは、最小目盛りの $\frac{1}{10}$ まで読み取る。</p>

問2【解説】・・・単純な、pHから $[\text{OH}^-]$ の導入、 $[\text{OH}^-] = Ca$ への代入です。

pH=11.3 より、

水のイオン積より、

NH_3 の電離度を α とすると、 $[\text{OH}^-] = Ca$ より、

問2【解答】 1.0×10^{-2}

問2【解説】...単純な、pHから $[OH^-]$ の導出、 $[OH^-] = Ca$ への代入です。

pH=11.3 より、

$$[H^+] = 10^{-11.3} = 5.0 \times 10^{-12} \text{ (mol/L)}$$

水のイオン積より、

NH_3 の電離度を α とすると、 $[OH^-] = Ca$ より、

問2【解答】 1.0×10^{-2}

$\log_{10} 2.0 = 0.30$ より、 $10^{0.30} = 2.0$ なので、

$$\begin{aligned} 10^{-11.3} &= 10^{-11} \times 10^{-0.3} = \frac{10^{-11}}{10^{0.3}} \\ &= \frac{10 \times 10^{-12}}{2.0} = 5.0 \times 10^{-12} \end{aligned}$$

問2【解説】・・・単純な、pHから $[\text{OH}^-]$ の導入、 $[\text{OH}^-] = C\alpha$ への代入です。

pH=11.3 より、

$$[\text{H}^+] = 10^{-11.3} = 5.0 \times 10^{-12} \text{ (mol/L)}$$

水のイオン積より、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{5.0 \times 10^{-12}} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

NH_3 の電離度を α とすると、 $[\text{OH}^-] = C\alpha$ より、

問2【解答】 1.0×10^{-2}

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$\therefore [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[\text{H}^+]}$$

問2【解説】…単純な、pHから $[\text{OH}^-]$ の導入、 $[\text{OH}^-] = C\alpha$ への代入です。

pH=11.3より、

$$[\text{H}^+] = 10^{-11.3} = 5.0 \times 10^{-12} \text{ (mol/L)}$$

水のイオン積より、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{5.0 \times 10^{-12}} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

NH_3 の電離度を α とすると、 $[\text{OH}^-] = C\alpha$ より、

$$2.0 \times 10^{-3} = 0.200 \times \alpha \quad \therefore \alpha = 1.0 \times 10^{-2}$$

問2【解答】 1.0×10^{-2}

バランスシートを作成する。

	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$		
電離前	$C \text{ (mol/L)}$	0	0
電離	$-C\alpha$	$+C\alpha$	$+C\alpha$
平衡時	$C(1-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha \text{ (mol/L)}$

問3【解説】

アンモニア水の濃度を C [mol/L], NH_3 の電離度を α とすると、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} =$$

上式に数値を代入すると、

なお、 $1 - 1.0 \times 10^{-2} \approx 1$ と近似せずに計算しても、

$$K_b = 2.02 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \approx 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

問3【解答】 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

問3【解説】

アンモニア水の濃度を C (mol/L), NH_3 の電離度を α とすると,

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2$$

上式に数値を代入すると,

なお, $1 - 1.0 \times 10^{-2} \doteq 1$ と近似せずに計算しても,

$$K_b = 2.02 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \doteq 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

問3【解答】 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

問3【解説】

確認しましょう。

アンモニア水の濃度を C (mol/L), NH_3 の電離度を α とすると、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2$$

上式に数値を代入すると、

なお、 $1 - 1.0 \times 10^{-2} \doteq 1$ と近似せずに計算しても、

$$K_b = 2.02 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \doteq 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

問3【解答】 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

バランスシートを作成する。

	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$		
電離前	$C(\text{mol/L})$	0	0
電離	$-C\alpha$	$+C\alpha$	$+C\alpha$
平衡時	$C(1-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha (\text{mol/L})$

バランスシートの結果（平衡時の値）を化学平衡の法則に代入する。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

さらに、アンモニアの電離度は1に比べて十分に小さい ($1 \gg \alpha$) と考えて、 $1-\alpha \doteq 1$ とみなす。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2$$

バランスシートを作成する。

	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$		
電離前	$C(\text{mol/L})$	0	0
電離	$-C\alpha$	$+C\alpha$	$+C\alpha$
平衡時	$C(1-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha (\text{mol/L})$

バランスシートの結果（平衡時の値）を化学平衡の法則に代入する。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

さらに、アンモニアの電離度は1に比べて十分に小さい ($1 \gg \alpha$) と考えて、 $1-\alpha \doteq 1$ とみなす。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2$$

バランスシートを作成する。

	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$		
電離前	$C(\text{mol/L})$	0	0
電離	$-C\alpha$	$+C\alpha$	$+C\alpha$
平衡時	$C(1-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha (\text{mol/L})$

バランスシートの結果（平衡時の値）を化学平衡の法則に代入する。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

さらに、アンモニアの電離度は1に比べて十分に小さい ($1 \gg \alpha$) と考えて、 $1-\alpha \doteq 1$ とみなす。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2$$

問3【解説】

アンモニア水の濃度を C (mol/L), NH_3 の電離度を α とすると,

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \approx C\alpha^2$$

上式に数値を代入すると、

$$K_b \approx C\alpha^2 = 0.200 \times (1.0 \times 10^{-2})^2 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

なお, $1 - 1.0 \times 10^{-2} \approx 1$ と近似せずに計算しても、

$$K_b = 2.02 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \approx 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

問3【解答】 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

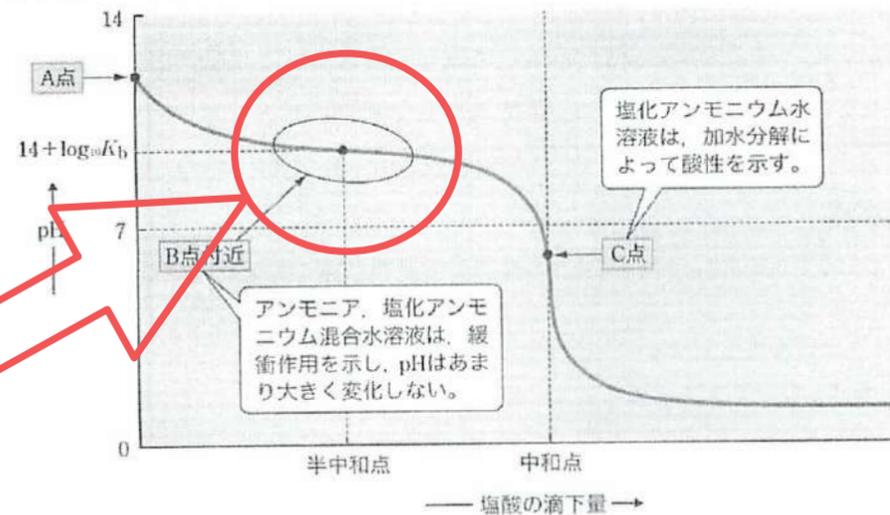
アンモニア-塩酸滴定曲線

B点付近：アンモニア、塩化アンモニウム混合水溶液

アンモニアの濃度を C_b mol/L とし、塩化アンモニウムの濃度を C_a mol/L とすると、この混合水溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ および pH (25°C) は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_a} K_b, \quad \text{pH} = 14 + \log_{10} \left(\frac{C_b}{C_a} K_b \right)$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。



問4の題材

A点：アンモニア水

濃度を C mol/L とすると、このアンモニア水の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$

すなわち pH (25°C) は、

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

によって求められる。

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

ちなみに、アンモニア水の電離度は、次のように表される。

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}}$$

C点：塩化アンモニウム水溶液

濃度を C_a' mol/L とすると、この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度は次のように表される (ただし、水溶液の液性は酸性)。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_a'}}$$

すなわち pH (25°C) は、

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_a'}}$$

によって求められる。

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数、 K_w は水のイオン積である。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

問4【解説】

化学平衡の法則より、 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

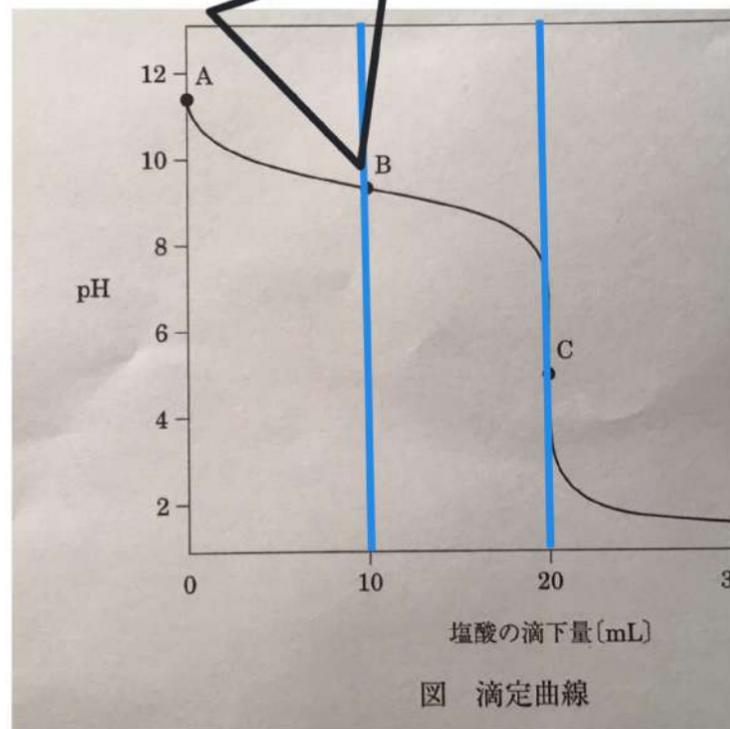
B点での量的関係は？

すなわち $[\text{OH}^-]$ は、

よって、 $[\text{H}^+]$ は、水のイオン積より、

pHを求めると、

半中和点



問4【解説】

化学平衡の法則より、 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

B点での量的関係は？

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$$

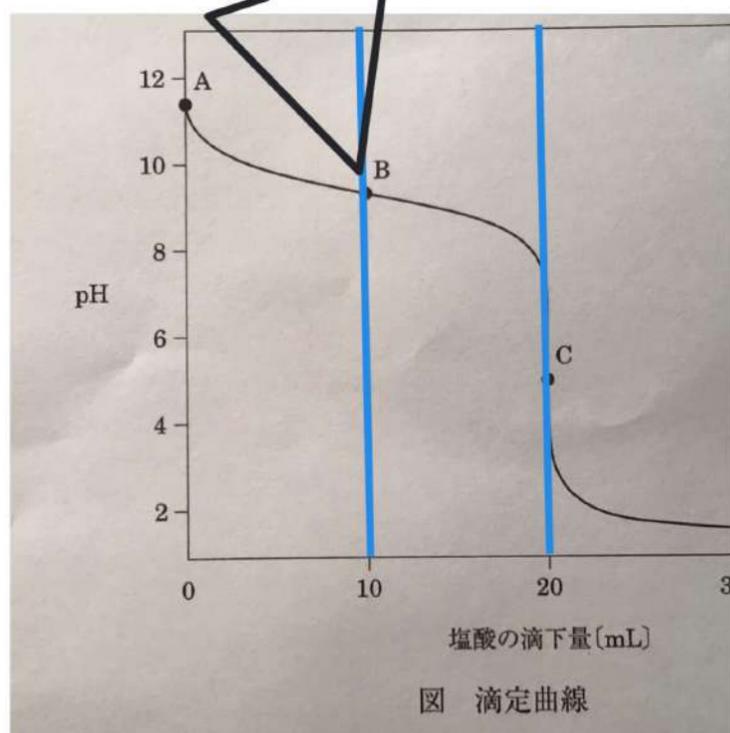
すなわち $[\text{OH}^-]$ は、

よって、 $[\text{H}^+]$ は、水のイオン積より、

pHを求めると、

問4【解答】 9.3

半中和点



問4【解説】

化学平衡の法則より、 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

B点での量的関係は？

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$$

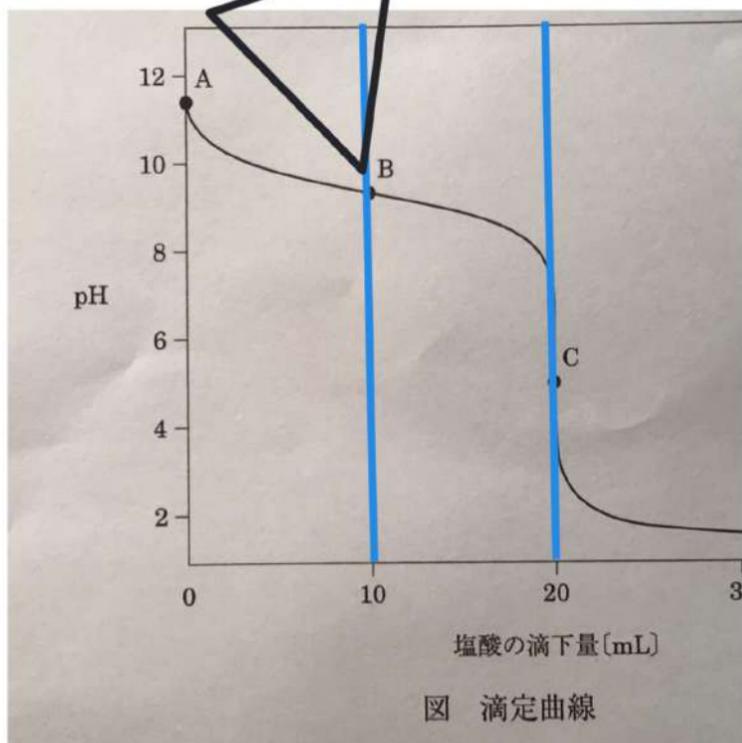
すなわち $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

よって、 $[\text{H}^+]$ は、水のイオン積より、

pHを求めると、

半中和点



問4【解説】

化学平衡の法則より、 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

B点での量的関係は？

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$$

すなわち $[\text{OH}^-]$ は、

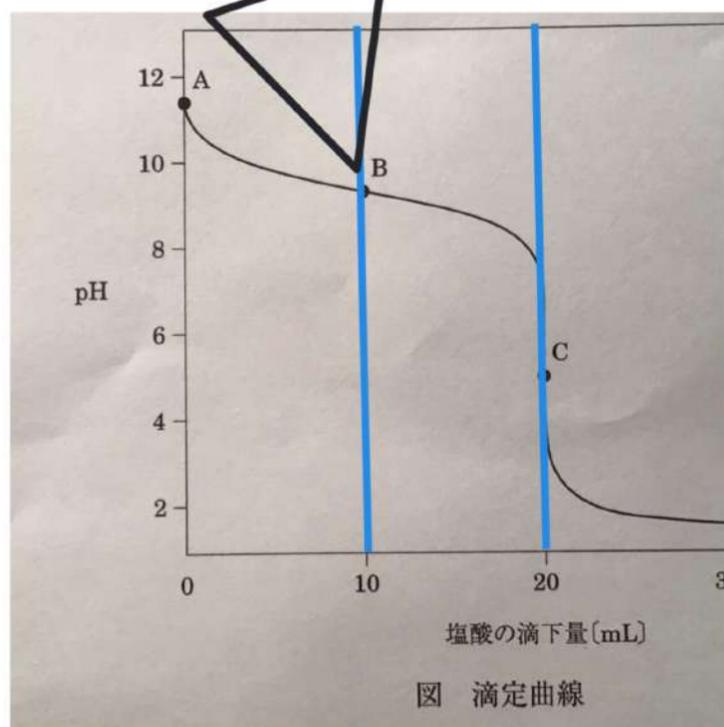
$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

よって、 $[\text{H}^+]$ は、水のイオン積より、

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \text{ (mol/L)}$$

pHを求めると、

半中和点



問4【解説】

化学平衡の法則より、 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

B点での量的関係は？

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$$

すなわち $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

よって、 $[\text{H}^+]$ は、水のイオン積より、

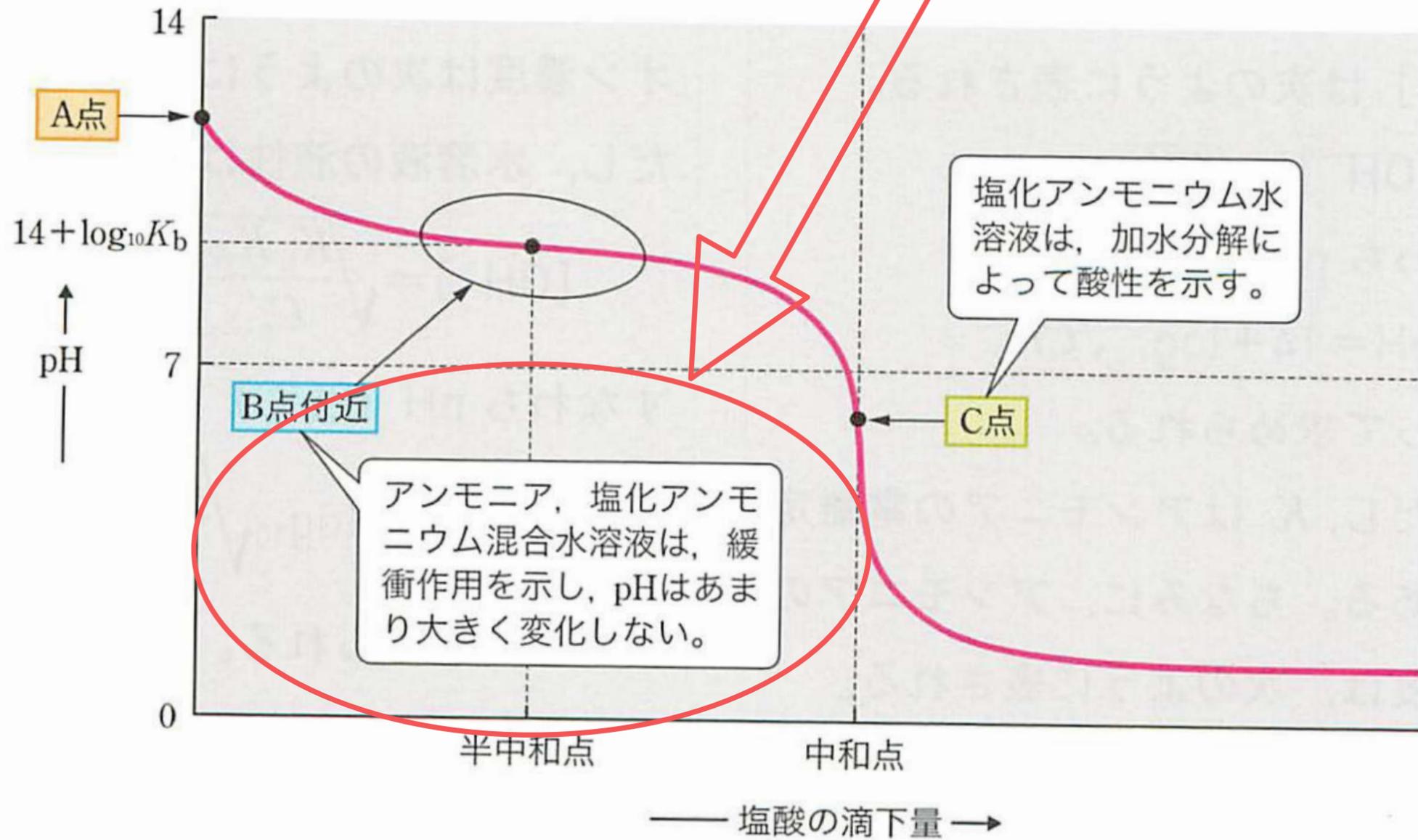
$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \text{ (mol/L)}$$

pHを求めると、

$$\text{pH} = -\log_{10}(2.0^{-1} \times 10^{-9}) = 9.30$$

問5【解説】

問5の題材



問5【解説】

B点での、 NH_3 と NH_4^+ の物質量は、それぞれ、

$$0.200 \times \frac{10.0}{1000} \times \frac{1}{2} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

ここに、 HCl を $0.10 \times \frac{1.0}{1000} = 0.10 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$ 加えると、

$\text{NH}_3 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+$ の反応が進行するため、

それぞれの物質量は、

したがって、水溶液の体積を $V \text{ (L)}$ とすると、

問5【解説】

B点での、 NH_3 と NH_4^+ の物質量は、それぞれ、

$$0.200 \times \frac{10.0}{1000} \times \frac{1}{2} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

ここに、 HCl を $0.10 \times \frac{1.0}{1000} = 0.10 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$ 加えると、

$\text{NH}_3 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+$ の反応が進行するため、

それぞれの物質量は、

したがって、水溶液の体積を $V \text{ (L)}$ とすると、

問5【解説】

B点での、 NH_3 と NH_4^+ の物質量は、それぞれ、

$$0.200 \times \frac{10.0}{1000} \times \frac{1}{2} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

ここに、 HCl を $0.10 \times \frac{1.0}{1000} = 0.10 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$ 加えると、

$\text{NH}_3 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+$ の反応が進行するため、

それぞれの物質量は、

$$\text{NH}_3 : 1.00 \times 10^{-3} - 0.10 \times 10^{-3} = 0.90 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

$$\text{NH}_4^+ : 1.00 \times 10^{-3} + 0.10 \times 10^{-3} = 1.10 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

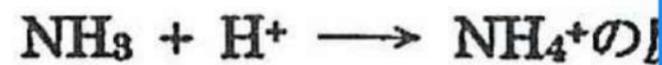
したがって、水溶液の体積を $V \text{ (L)}$ とすると、

問5【解説】

B点での、 NH_3 と NH_4^+ の物質量は、それぞれ、

$$0.200 \times \frac{10.0}{1000} \times \frac{1}{2} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

ここに、 HCl を $0.10 \times \frac{1.0}{1000} = 0.10 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$ 加



それぞれの物質量は、

$$\text{NH}_3 : 1.00 \times 10^{-3} - 0.10 \times 10^{-3} = 0.90 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

$$\text{NH}_4^+ : 1.00 \times 10^{-3} + 0.10 \times 10^{-3} = 1.10 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

したがって、水溶液の体積を $V \text{ (L)}$ とすると、

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{\frac{0.90 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{1.10 \times 10^{-3}}{V}} = \frac{9}{11}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

を用いることを念頭に。

したがって、水溶液の体積を V [L] とすると、

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{\frac{0.90 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{1.10 \times 10^{-3}}{V}} = \frac{9}{11}$$

よって、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 2.0 \times 10^{-5} \times \frac{9}{11} \text{ (mol/L)}$$

したがって、水のイオン積より、 $[\text{H}^+]$ は、

したがって、水溶液の体積を V [L] とすると、

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{\frac{0.90 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{1.10 \times 10^{-3}}{V}} = \frac{9}{11}$$

K_b より、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 2.0 \times 10^{-5} \times \frac{9}{11} \text{ (mol/L)}$$

したがって、水のイオン積より、 $[\text{H}^+]$ は、

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5} \times \frac{9}{11}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \times \frac{11}{9} \text{ (mol/L)}$$

したがって、水溶液の体積を V [L] とすると、

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{\frac{0.90 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{1.10 \times 10^{-3}}{V}} = \frac{9}{11}$$

K_b より、

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 2.0 \times 10^{-5} \times \frac{9}{11} \text{ (mol/L)}$$

したがって、水のイオン積より、 $[\text{H}^+]$ は、

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5} \times \frac{9}{11}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \times \frac{11}{9} \text{ (mol/L)}$$

ここでこの水溶液のpHを計算すると9.22となり、
 $9.22 - 9.3 = 0.08 \div 0.1$

👉 0.1減少することが分かるが...

B点 $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} (\text{mol/L})$

したがって、水のイオン積より、 $[H^+]$ は、

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5} \times \frac{9}{11}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \times \frac{11}{9} (\text{mol/L})$$

B点に比べて $[H^+]$ が、 $\frac{11}{9} = 1.22 \approx 1.2$ 倍大きくなるから、

B 点

$$[\text{H}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \text{ (mol/L)}$$

したがって、水のイオン積より、 $[\text{H}^+]$ は、

$$[\text{H}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.0 \times 10^{-5} \times \frac{11}{9}} = 2.0^{-1} \times 10^{-9} \times \frac{11}{9} \text{ (mol/L)}$$

B 点に比べて $[\text{H}^+]$ が、 $\frac{11}{9} = 1.22 \approx 1.2$ 倍大きくなるから、

濃度が $[\text{H}^+]$ のとき、

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

濃度が $[\text{H}^+] \times a$ のとき、

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] - \log_{10} a$$

すなわち、 $[\text{H}^+]$ が a 倍大きくなると、
pHは $-\log_{10} a$ だけ小さくなる。

B 点に比べて $[H^+]$ が, $\frac{11}{9} = 1.22 \approx 1.2$ 倍大きくなるから,

濃度が $[H^+]$ のとき、

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

濃度が $[H^+] \times a$ のとき、

$$pH = -\log_{10}[H^+] - \log_{10}a$$

すなわち、 $[H^+]$ が a 倍大きくなると、
pH は $-\log_{10}a$ だけ小さくなる。

減少する pH の大きさは、

$$\log_{10}1.2 = \log_{10}(2^2 \times 3 \times 10^{-1}) = 0.08 \div 0.1$$

* $\log_{10}11 = 1.04$ を用いたとき

$$\log_{10}\frac{11}{9} = \log_{10}11 - 2\log_{10}3 = 0.08 \div 0.1$$

問5【解答】 0.1

B 点に比べて $[H^+]$ が, $\frac{11}{9} = 1.22 \approx 1.2$ 倍大きくなるから,

減少する pH の大きさは, _____

$$\log_{10} 1.2 = \log_{10} (2^2 \times 3 \times 10^{-1}) = 0.08 \doteq 0.1 \quad 1$$

* $\log_{10} 11 = 1.04$ を用いたとき

$$\log_{10} \frac{11}{9} = \log_{10} 11 - 2 \log_{10} 3 = 0.08 = 0.1$$

問5【解答】 0.1

B 点に比べて $[H^+]$ が, $\frac{11}{9} = 1.22 \approx 1.2$ 倍大きくなるから,

減少する pH の大きさは, _____

$$\log_{10} 1.2 = \log_{10} (2^2 \times 3 \times 10^{-1}) = 0.08 \div 0.1 = 0.1$$

* $\log_{10} 11 = 1.04$ を用いたとき

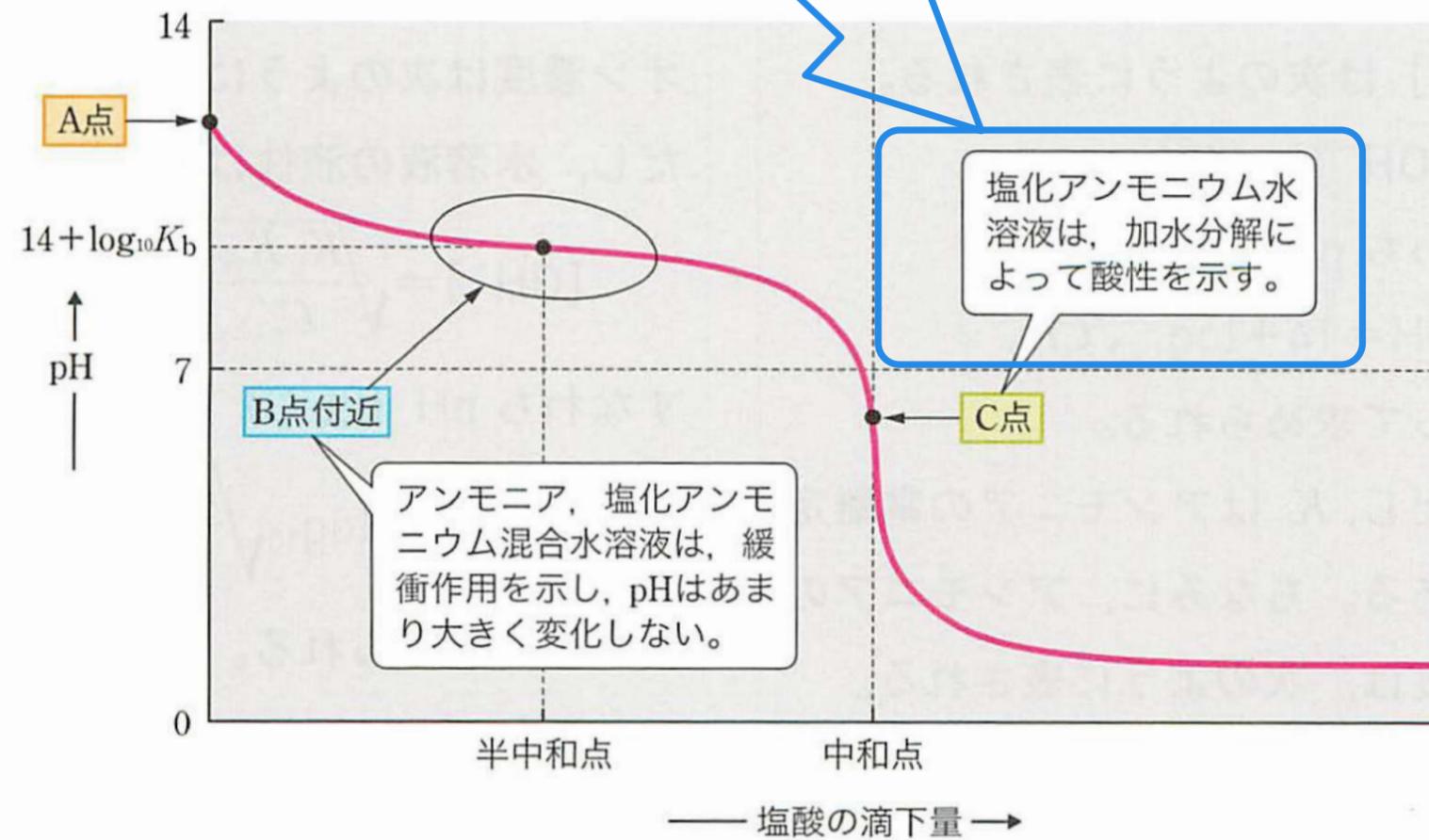
$$\log_{10} \frac{11}{9} = \log_{10} 11 - 2\log_{10} 3 = 0.08 = 0.1$$

問5【解答】 0.1

この変化の小ささは、B点における水溶液の『緩衝作用』を示している。

記入済

問6【解答】 C点は塩化アンモニウムの水溶液となっており、アンモニウムイオンが次式のように加水分解し、オキシニウムイオンが生じるから。
$$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$$



日々の努力を
忘れないでね。

Chemistry



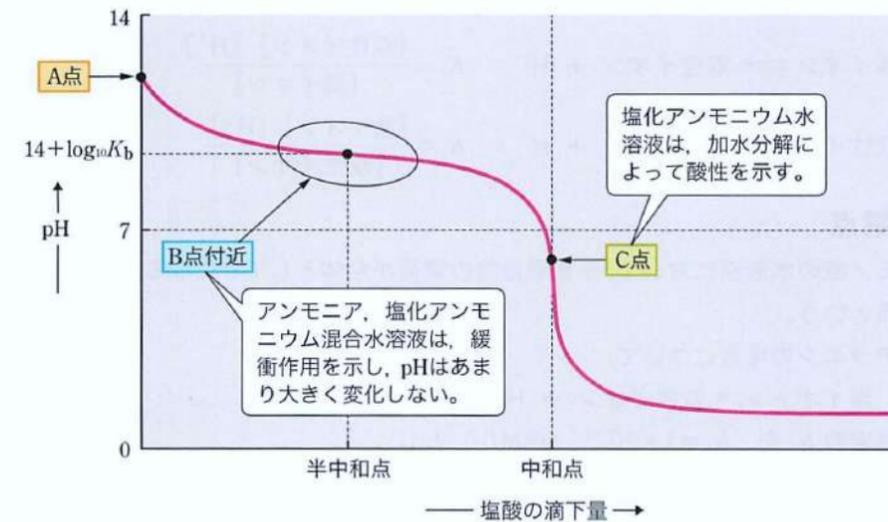
アンモニア-塩酸滴定曲線

B点付近：アンモニア，塩化アンモニウム混合水溶液

アンモニアの濃度を C_b mol/L とし，塩化アンモニウムの濃度を C_s mol/L とすると，この混合水溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ および pH (25°C) は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_s} K_b, \quad \text{pH} = 14 + \log_{10} \left(\frac{C_b}{C_s} K_b \right)$$

ただし， K_b はアンモニアの電離定数である。



A点：アンモニア水

濃度を C mol/L とすると，このアンモニア水の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$

すなわち pH (25°C) は，

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

によって求められる。

ただし， K_b はアンモニアの電離定数である。

ちなみに，アンモニア水の電離度は，次のように表される。

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}}$$

C点：塩化アンモニウム水溶液

濃度を C_s' mol/L とすると，この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度は次のように表される（ただし，水溶液の液性は酸性）。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s'}}$$

すなわち pH (25°C) は，

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s'}}$$

によって求められる。

ただし， K_b はアンモニアの電離定数， K_w は水のイオン積である。

●NH₄Claqの[OH⁻]

1価の陽イオンの塩の水溶液

C_s' (mol/L) の塩化アンモニウム水溶液の [OH⁻] (この水溶液は酸性です!) は、次式で求めることができます。

C_s' (mol/L) の塩化アンモニウム水溶液の [OH⁻] は?

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s'}}$$

K_b (mol/L) : アンモニアの電離定数

K_w (mol/L)² : 水のイオン積

塩化アンモニウム水溶液は、加水分解により、酸性を示す!

塩化アンモニウム水溶液 (C_s' mol/L) は、^{hydrolysis of salt}塩の加水分解によって、酸性を示します。より具体的には、塩化アンモニウムの完全電離によってアンモニウムイオンが生じ、



生じたアンモニウムイオン (C_s' mol/L) が^{hydrolysis}加水分解を起こして、オキソニウムイオン (水素イオン) が生成するからです。



そこで、アンモニウムイオンの加水分解に関する平衡をベースに、上式を誘導してみましょう。ただし、アンモニウムイオンの加水分解定数を K_h (mol/L) とおきます。ちなみに、K_h と K_b、K_w の間には、次の関係があります。

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

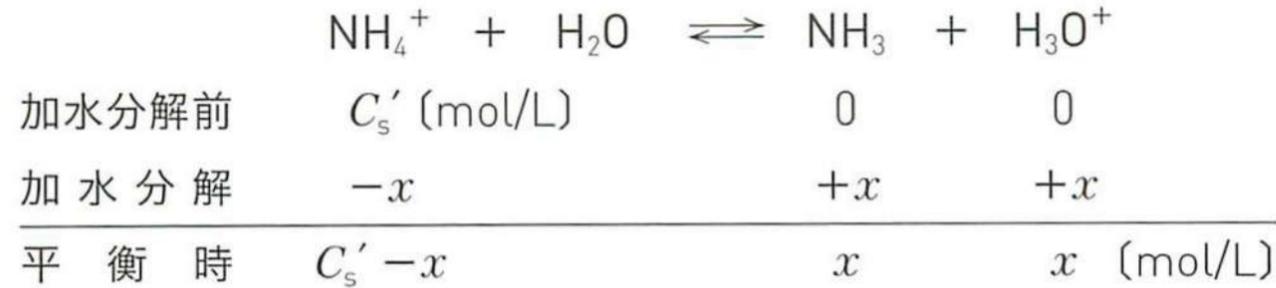
$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \\ &= \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b} \end{aligned}$$

生徒 『ちなみに、NH₄Cl の完全電離によって生じた Cl⁻ は?』

先生 『強酸の陰イオン (Cl⁻ など) は加水分解しないんだ。だから、Cl⁻ は、水溶液の液性にはかかわらないんだよ』

では、誘導を始めましょう。

step 1 バランスシートを作成する。



step 2 バランスシートの結果（平衡時の値）を化学平衡の法則に代入する。

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{x \times x}{C_s' - x} \doteq \frac{x^2}{C_s'}$$

step 3 上式を x について整理し、 $[\text{H}^+]$ を求める。

$$K_h = \frac{x^2}{C_s'} \quad \text{ただし, } x \text{ は正の値} \quad \therefore x = \sqrt{C_s' K_h}$$

$$\text{よって, } [\text{H}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+] = x = \sqrt{C_s' K_h}$$

step 4 K_b を用いた式に変換し、さらに、 $[\text{OH}^-]$ を求める。

$$[\text{H}^+] = \sqrt{C_s' K_h} \quad \text{および} \quad K_h = \frac{K_w}{K_b} \quad \text{より,} \quad [\text{H}^+] = \sqrt{C_s' \times \frac{K_w}{K_b}}$$

$$\text{また, } [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{\sqrt{C_s' \times \frac{K_w}{K_b}}} = \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s'}}$$