

室温で比重 0.90 の濃アンモニア水 10.0ml を 1l のメスフラスコの中に入れ、全体の体積が 1l になるまで蒸留水を加えた。このうすいアンモニア水 20.0ml を希硫酸で滴定したところ、中和点に達するまでに 15.0ml を要した。別に純粋な無水の炭酸ナトリウム 10.6g を蒸留水に溶かし、全体の体積を 500ml にした。この溶液 20.0ml を同じ希硫酸で滴定したところ、中和点に達するまでに 40.0ml を要した。以下の問いに答えよ。

1. 希硫酸の濃度 [mol/l] を求めよ。
2. うすいアンモニア水の濃度 [mol/l] を求めよ。
3. 濃アンモニア水の濃度 [%] を求めよ。

掲示板ではうっかりと濃アンモニア水における比重の情報を取り間違えてしまい、ちょっと迷走しましたが...、冷静になると普通の問題です。こういう酸・塩基における滴定の問題はもう迷わず物質量の量的関係で答えが即答できます。しっかりと解法を身につけてください。

1. まず問題文の「室温で比重 0.90 の濃アンモニア水 10.0ml」に注目してください。比重に関しては、当ホームページの酸塩基のページにおいても説明していますので、ここでは簡単に説明しておきますと、基本的には比重の基準は水ですので、無次元の比重の値 0.90 に密度の単位 [g/ml] を付加してやることで、比重を単なる比から密度に変換できます。ですから、濃アンモニア水の溶液は $0.90 \times 10g$ ということになります。

さて、溶液の質量が分かって、質量%濃度がわからないと、溶質であるアンモニアの質量がわかりませんので、結果としてアンモニアの物質量が得られません。そこで、まずその下の「別に純粋な無水の炭酸ナトリウム 10.6g を蒸留水に溶かし、全体の体積を 500ml にした。この溶液 20.0ml を同じ希硫酸で滴定したところ、中和点に達するまでに 40.0ml を要した。」という文に注目します。ではこの文を化学反応式にしてみましょう。

	Na_2CO_3	+	H_2SO_4	→	Na_2SO_4	+	H_2O	+	CO_2
反応前	0.004mol								
反応量	-0.004mol		-0.004mol		0.004mol		0.004mol		0.004mol
反応後	0 mol				0.004mol		0.004mol		0.004mol

表 1: 炭酸ナトリウムと硫酸の反応

炭酸ナトリウムの分子量は 106 で現在 10.6g ありますので、 $\frac{10.6}{106}$ でつまり 0.1mol になります。これを 500ml にしてそのうち 20ml を取るので結局割合的に $\frac{20}{500}$ となりまして、20ml となった炭酸ナトリウム水溶液内の炭酸ナトリウムの物質量は $\frac{10.6}{106} \times \frac{20}{500}$ となって、0.004mol と求まります。そこで、まず表 1 のように、反応前、反応量、反応後の各物質の物質量を書いてみます。

そうすると、硫酸も 0.004mol 必要であったことがわかりましたね。そこで、ちょうど Na_2CO_3 を中和するのに硫酸は 40ml 必要でしたから、硫酸のモル濃度を $y \text{ mol/l}$ としますと、

$$\begin{aligned} 0.004 &= y \times \frac{40}{1000} \\ y &= 0.1 [\text{mol/l}] \end{aligned} \quad (1)$$

と求められます。ということで、一番目の答えは 0.1 mol/l となります。

2. 次に、アンモニアのモル濃度を求めます。先ほども言いましたように、問題文「室温で比重 0.90 の濃アンモニア水 10.0ml を 1l のメスフラスコの中に入れ、全体の体積が 1l になるまで蒸留水を加えた。」ではアンモニアのモル濃度どころかアンモニアの物質量も求められません。そこで、アンモニア水溶液のモル濃度を $x \text{ mol/l}$ とします。ではアンモニアと硫酸の化学反応式を書いて、その下に反応量等も書いてみましょう。

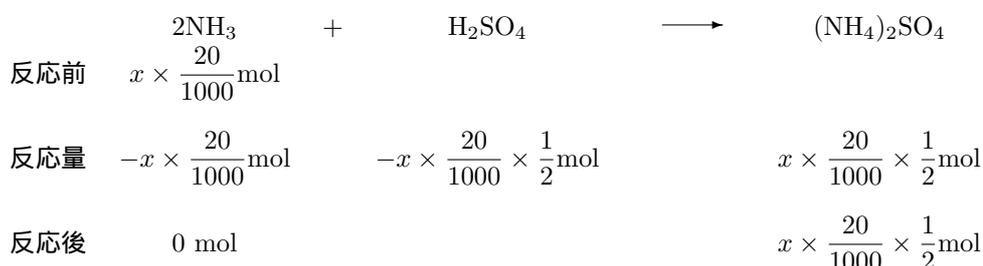


表 2: アンモニアと硫酸の反応

アンモニア水溶液のモル濃度を $x \text{ mol/l}$ とすると、反応に関与したアンモニアの物質量は $x \times \frac{20}{1000}$ となります。ですから、係数の関係より、表 2 に示したようにアンモニア $x \times \frac{20}{1000} \text{ mol}$ と反応する硫酸の物質量は $x \times \frac{20}{1000} \times \frac{1}{2}$ となります。

この硫酸の物質量はどこからやってくるかと言うと、もちろん問題文「このうすいアンモニア水 20.0ml を希硫酸で滴定したところ、中和点に達するまでに 15.0ml を要した。」にもありますように、 0.1 mol/l の硫酸 15.0ml からですね。そこで等式を立てます。

$$\begin{aligned} x \times \frac{20}{1000} \times \frac{1}{2} &= 0.1 \times \frac{15.0}{1000} \\ x &= 0.15 [\text{mol/l}] \end{aligned} \quad (2)$$

したがって、問題 2 の答えであるアンモニア水溶液のモル濃度は 0.15 mol/l となります。

3. 質量パーセント濃度の表し方を図1に示しました。これは実は小学生のときから皆さんが食塩水の濃度などで扱ってきた濃度のことなのです。だから、あまり説明する必要も無いかも知れませんが…。求める式は

$$\text{質量パーセント濃度} = \frac{\text{溶質の質量 [g]}}{\text{溶液の質量 [g]}} \times 100 \quad [\%] \quad (3)$$

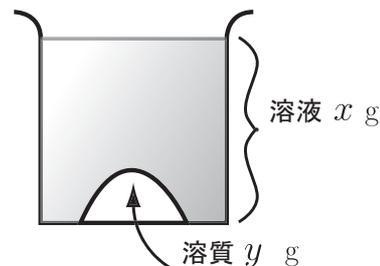


図1: 水溶液の各値の表し方

となりますが、大事なことは

- 分母分子の単位はどちらも [g]
- 分母は溶液の質量

の2つです。しかし一番大事なのは、この式のイメージです。式(3)が言ってるのは「溶質の質量は溶液の質量のどれくらいの割合を占めているのか」です。式が語っているイメージを的確に把握してください。そしてこれだけ解っていれば、あとはちゃんと計算することで間違えることはなくなります。

さて、問題文に「室温で比重 0.90 の濃アンモニア水 10.0ml」とありましたので、濃アンモニア水溶液の溶質は 0.90×10 で 9 g となります。今その濃アンモニア水に純水を加えて 1l にしました。そのときのモル濃度が 0.15mol/l ですよね。ということはその中にあったアンモニアの物質量は 0.15×1 で 0.15g となります。ゆえに、濃アンモニア水溶液の質量%濃度は

$$\frac{0.15}{9} \times 100 \doteq 1.7[\%] \quad (4)$$

したがって、濃アンモニア水溶液の質量%濃度は 1.7% となります。