ثانيا : تحضير محاليل قياسية بالعيارية

1 الأساس النظري:

يستعمل هذا النوع من التركيز (العيارية) عادة في معايرات التحليل الحجمي و تعبر العيارية Normality، التي يرمز لها بـ N، عن الأعداد الأوزان المكافئة no. of equivalent weights المذابة في لتر واحد من المحلول.

$$N = \frac{\text{no. of equivalent weights}}{\text{Volume (L)}} \qquad (1)$$

1 ـ 1 الوزن المكافئ:

الوزن المكافئ يساوي الوزن الجزيئي MW للمركب الكيميائي مقسوما على عدد الوحدات المتفاعلة في ذلك الجزيء no. of reacting units.

$$\text{no. equivalents} = \frac{MW}{\text{no. of reacting units}} \qquad (2)$$

1 ـ 2 عدد الوحدات المتفاعلة reacting units:

يختلف تعريف عدد الوحدات المتفاعلة حسب نوع المعايرات:

1 ـ 2 ـ 1 معايرات الأحماض و القواعد:

عدد الوحدات المتفاعلة في هذه الحالة تساوي عدد البروتونات H^+ التي يوفرها الحمض أو التي تتفاعل مع القاعدة.

1 ـ 2 ـ 2 معايرات الأكسدة و الاختزال:

عدد الوحدات المتفاعلة في هذه الحالة تساوي عدد الإلكترونات التي يوفرها العامل المختزل أو يكسبها العامل المؤكسد.

1 ـ 3 أمثلة عن طريقة حساب الوزن المكافئ:

1 ـ 3 ـ 1 الأحماض:

مثال1:

$$CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$$

الوزن المكافئ لـ CH_3COOH يساوي وزنه الجزيئي لأن الحمض يوفر 1 بروتون.

مثال 2:

$$H_2SO_4 \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$$

من القانون (2) نجد بأن الوزن المكافئ يساوي 49 (الوزن الجزيئي للحمض = 98).

1 ـ 3 ـ 2 القواعد:

الوزن المكافئ لقاعدة يساوي وزنها الجزيئي مقسوما على عدد H^+ التي تتفاعل مع جزيء واحد من القاعدة

$$NaOH + H^+ \rightarrow H_2O + Na^+$$

الوزن المكافئ لـ NaOH يساوي وزنه الجزيئي لأن القاعدة تتفاعل مع بروتون واحد.

$$Na_2CO_3 + 2H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2CO_3$$

من القانون (2) نجد بأن الوزن المكافئ لـ Na_2CO_3 يساوي 53 (الوزن الجزيئي للكربونات يساوي 106).

4 ـ 1 طريقة حساب الوزن عند تحضير محلول عياري من مادة صلبة:

$$\text{no. equivalents} = \frac{\text{MW}}{\text{equivalent weights}} \qquad (3)$$

من القانون (1) نستخرج عدد الأوزان المكافئة no. of equivalents:

$$\text{no. of equivalents(eq)} = \text{N(eq/L)} \times \text{Volume (L)} \qquad (4)$$

و من القانون (2) و (4) نستخرج معادلة لحساب الوزن:

$$\text{Weight (g)} = \text{N} \times \text{equivalent weight} \times \frac{\text{V (mL)}}{1000} \qquad (5)$$

مثال:

احسب وزن هيدروكسيد الصوديوم NaOH لتحضير 100 مل محلول قياسي تركيزه 0.1N علما بأن NaOH يتفاعل حمض الهيدروكلوريك HCl.

الحل:

من الملحق (1) نجد بأن الأوزان الذرية للصوديوم و الأكسيجين و الهيدروجين تساوي 23، 16 و 1 على التوالي. الوزن الجزيئي لـ NaOH يساوي 40.

الوزن المكافئ يساوي 40 لأن عدد الوحدات المتفاعلة تساوي 1.

تحسب وزن NaOH من القانون (5):

$$\text{Weight} = 0.1 \times 40 \times \frac{100}{1000} = 0.4 \text{ g}$$

1 ـ 5 طريقة حساب الحجم عند تحضير محلول عياري من محلول مركز:

القوانين المستخدمة لحساب حجم المحلول المركز تتشابه مع تلك الخاصة بالمولارية:

$$N = \frac{\% \times d \times 10}{\text{equivalent weight}} \qquad (6)$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \qquad (7)$$

1 ـ 6 العلاقة بين المولارية و العيارية:

يمكن التعبير بين المولارية و العيارية بالمعادلة التالية:

$$N = M \times \text{no. of reacting units}$$

Example 2.2

A concentrated solution of ammonia is 28.0% w/w NH_3 and has a density of 0.899 g/mL. What is the molar concentration of NH_3 in this solution?

SOLUTION

$$\frac{28.0\ \text{g NH}_3}{100\ \text{g solution}} \times \frac{0.899\ \text{g solution}}{\text{mL solution}} \times \frac{1\ \text{mol NH}_3}{17.04\ \text{g NH}_3} \times \frac{1000\ \text{mL}}{\text{L}} = 14.8\ \text{M}$$

Example 2.8

Describe how to prepare the following three solutions: (a) 500 mL of approximately 0.20 M NaOH using solid NaOH; (b) 1 L of 150.0 ppm Cu^{2+} using Cu metal; and (c) 2 L of 4% v/v acetic acid using concentrated glacial acetic acid (99.8% w/w acetic acid).

SOLUTION

(a) Since the concentration is known to two significant figures the mass of NaOH and the volume of solution do not need to be measured exactly. The desired mass of NaOH is

$$\frac{0.20 \text{ mol NaOH}}{\text{L}} \times \frac{40.0 \text{ g NaOH}}{\text{mol NaOH}} \times 0.50 \text{ L} = 4.0 \text{ g}$$

To prepare the solution, place 4.0 grams of NaOH, weighed to the nearest tenth of a gram, in a bottle or beaker and add approximately 500 mL of water.

(b) Since the concentration of Cu^{2+} has four significant figures, the mass of Cu metal and the final solution volume must be measured exactly. The desired mass of Cu metal is

$$\frac{150.0 \text{ mg Cu}}{\text{L}} \times 1.000 \text{ L} = 150.0 \text{ mg Cu} = 0.1500 \text{ g Cu}$$

To prepare the solution we measure out exactly 0.1500 g of Cu into a small beaker and dissolve using small portion of concentrated HNO_3. The resulting solution is transferred into a 1-L volumetric flask. Rinse the beaker several times with small portions of water, adding each rinse to the volumetric flask. This process, which is called a QUANTITATIVE TRANSFER, ensures that the complete transfer of Cu^{2+} to the volumetric flask. Finally, additional water is added to the volumetric flask's calibration mark.

(c) The concentration of this solution is only approximate so it is not necessary to measure the volumes exactly, nor is it necessary to account for the fact that glacial acetic acid is slightly less than 100% w/w acetic acid (it is approximately 99.8% w/w). The necessary volume of glacial acetic acid is

$$\frac{4 \text{ mL } CH_3COOH}{100 \text{ mL}} \times 2000 \text{ mL} = 80 \text{ mL } CH_3COOH$$

To prepare the solution, use a graduated cylinder to transfer 80 mL of glacial acetic acid to a container that holds approximately 2 L and add sufficient water to bring the solution to the desired volume.

Examples

. Calculate the molar concentration of NaCl, to the correct number of significant figures, if 1.917 g of NaCl is placed in a beaker and dissolved in 50 mL of water measured with a graduated cylinder. If this solution is quantitatively transferred to a 250-mL volumetric flask and diluted to volume, what is its concentration to the correct number of significant figures?

. What is the molar concentration of NO_3^- in a solution prepared by mixing 50.0 mL of 0.050 M KNO_3 with 40.0 mL of 0.075 M $NaNO_3$? What is pNO_3 for the mixture?

. What is the molar concentration of Cl^- in a solution prepared by mixing 25.0 mL of 0.025 M NaCl with 35.0 mL of 0.050 M $BaCl_2$? What is pCl for the mixture?

. To determine the concentration of ethanol in cognac a 5.00 mL sample of cognac is diluted to 0.500 L. Analysis of the diluted cognac gives an ethanol concentration of 0.0844 M. What is the molar concentration of ethanol in the undiluted cognac?

. Calculate the molarity of a potassium dichromate solution prepared by placing 9.67 grams of $K_2Cr_2O_7$ in a 100-mL volumetric flask, dissolving, and diluting to the calibration mark.

. For each of the following explain how you would prepare 1.0 L of a solution that is 0.10 M in K^+. Repeat for concentrations of 1.0×10^2 ppm K^+ and 1.0% w/v K^+.

a. KCl b. K_2SO_4 c. $K_3Fe(CN)_6$

. A 250.0 mL aqueous solution contains 45.1 μg of a pesticide. Express the pesticide's concentration in weight percent, in parts per million, and in parts per billion.

. Commercially available concentrated hydrochloric acid is 37.0% w/w HCl. Its density is 1.18 g/mL. Using this information calculate (a) the molarity of concentrated HCl, and (b) the mass and volume (in mL) of solution containing 0.315 moles of HCl.

. The density of concentrated ammonia, which is 28.0% w/w NH_3, is 0.899 g/mL. What volume of this reagent should be diluted to 1.0×10^3 mL to make a solution that is 0.036 M in NH_3?

'. An analyst wishes to add 256 mg of Cl^- to a reaction mixture. How many mL of 0.217 M $BaCl_2$ is this?

. The concentration of lead in an industrial waste stream is 0.28 ppm. What is its molar concentration?

. What is the pH of a solution for which the concentration of H^+ is 6.92×10^{-6} M? What is the $[H^+]$ in a solution whose pH is 8.923?