الباب الأول

حسابات مثقالية بسيطة

(وزنية)

تعريف المول: هو كمية مقدرة لأي مادة كيميائية ذات صيغة معلومة (سواء في ذرة، أو جزيء، أو أيون ، أوإلكترون، أو كميات أخرى).

مثلًا: 12 جرامًا من الكربون لنواة نقية تحتوي على كربون C^{12}.

أي: تحتوي على عدد أفوجادرو 6.023×10^{23} جزيئات لكل 12 جرام كربون.

لنفترض حدوث تفاعل بين نترات الفضة وكلوريد الصوديوم على النحو التالي:

$$AgNo_3 + Nacl \rightarrow Agcl + NaNo_3$$

راسب

ويمكن كتابة صورة التفاعل بالمول أو بالجرام على النحو التالي:

واحد مول	+	واحد مول		واحد مول	+	واحد مول	
نترات فضة		كلوريد صوديوم		كلوريد فضة		نترات صوديوم	
1		1		1		1	بالمول
169.87		58.44		143.32		84.99	بالجرام

228.31 جرامًا ≡ 228.31 جرامًا

مسألة:

كم عدد الجرامات التي تتكون من كلوريد الفضة إذا تفاعل 2.0ج. (جرامان) من كلوريد الصوديوم وكمية وفيرة من نترات الفضة؟

نفترض أن χ عدد جرامات كلوريد الفضة الناتجة عن تفاعل 2.0 (جرامين) من كلوريد الصوديوم.

χ جرام من كلوريد الفضة	143.2 جرامًا من كلوريد الفضة
2.0 جرامان من كلوريد الصوديوم	58.44 جرامًا من كلوريد الصوديوم

إذًا قيمة $[\chi]$ لكلوريد الفضة هي: بضرب الطرفين في الوسطين:

4.9 جرامات من كلوريد الفضة.

وبالتالي يكون عدد المولات من المادة لكليهما بدلا من الجرامات.

لنفترض أن :

$$\text{عدد المولات من المادة A} = \frac{\text{عدد الجرامات من A}}{\text{عدد الجرامات للوزن الجزيئي للمادة A}}$$

$$= \frac{X}{143.32} \text{ بالنسبة لكلوريد الفضة}$$

$$= \frac{2.0}{58.44} \text{ بالنسبة لكلوريد الصوديوم}$$

وبالتالي نحصل على المقدار نفسه من الكمية بالجرامات المتكونة من كلوريد الفضة، وهي 4.9 جرامات.

ويكون بالمول = $\frac{4.9}{143.32}$ = 0.0342 مول تقريبًا من كلوريد الفضة.

$\frac{2}{58.44}$ = 0.0342 مول تقريبًا من كلوريد الصوديوم.

وهذا يماثل الحقيقة بالنسبة المولية.

مسألة:

عينة تحتوي على 0.2905 جرام من أكسيد الرصاص تفاعلت مع مادة أخرى، فأعطت 0.3819 جرام من كبريتات الرصاص. عين نقاء العينة.

$$Pb_3O_4 \longrightarrow 3Pb\ SO_4$$

بالمول	(3)	(1)
بالجرام	909.75	685.57

نفترض أن (χ) عدد جرامات أكسيد الرصاص في العينة التي أعطت ترسيبًا قدره: 0.3719 جرام من كبريتات الرصاص.

$$\frac{\text{(} \chi \text{) جرام من أكسيد الرصاص}}{0.3819 \text{ جرام من كبريتات الرصاص}} = \frac{685.57 \text{ جرام أكسيد الرصاص}}{989.75 \text{ جرام كبريتات رصاص}}$$

بضرب الطرفين في الوسطين لتعطي = 0.2878 جرام، وهي فيه (χ).

$$\therefore \text{نسبة النفاد} = \frac{\text{عدد جرامات أكسيد الرصاص}}{\text{وزن العينة الخام}} = \frac{0.2878}{0.2905} \times 100 = 99.07\%$$

التحليل غير المباشر:

للتوضيح نأخذ المثال التالي:

عينة تحللت فأعطت $CaCo_3$, CaO ، ووجدت أنها تحتوي على 50 ٪ وحدة كالسيوم وزنية. فما هي نسبة أكسيد الكالسيوم وكربونات الكالسيوم؟

لنفترض أن:

χ – هي عدد جرامات أكسيد الكالسيوم.

y– هي عدد جرامات كربونات الكالسيوم.

وأن $\chi + y = 1.0\%$

نلاحظ وجود مجهولين، وبالتالي نحتاج إلى معادلة أخرى قبل تناول الحل. ولإيجاد هذه المعادلة الأخرى، لنتذكر أن ألعينة أعطت تحللًا لمواد كربونات الكالسيوم وأكسيد الكالسيوم. وأن جرامًا واحدًا – مثلا– به 50 ٪ من الكالسيوم.

إذًا:

جرامات الكالسيوم لأكسيد الكالسيوم + جرامات الكالسيوم لكربونات الكالسيوم = 0.5 جرام كالسيوم فقط.

وحيث إن المعادلة لا تحتوي على (χ ، y)، فلننظر المخطط التام، والذي يحتوي على كل من(χ ، y):

$$\frac{\text{جرامات الكالسيوم لأكسيد الكالسيوم}}{46.08} = \frac{\text{جرامات أكسيد الكالسيوم}}{56.08}$$

$$\frac{\text{جرامات الكالسيوم من الأكسيد}}{40.08} = \frac{\chi}{56.08}$$

$$\frac{\text{عدد الجرامات للكالسيوم من الكربونات}}{40.08} = \frac{\text{جرامات كربونات الكالسيوم}}{100.9}$$

$$\frac{\text{جرامات الكالسيوم من الكربونات}}{40.08} = \frac{y}{100.09}$$

∴ من المعادلتين السابقتين لإيجاد جرامات الكالسيوم من الأكسيد أو الكربونات نحصل على:

$$\frac{40.08}{56.08}\ \chi + \frac{40.08}{100.09}\ y = 0.5 \text{ جرام من العينة.}$$

وهذه المعادلة تعتبر المعادلة الثانية، وهي المطلوبة.

وحيث إن $1 = \chi + y$

ولإيجاد أي من χ ، y ثم بالاستبدال في المعادلة لنحصل على:

$y = 1.0 - \chi$ أو $\chi = 1.0 - y$ لنحصل على المعادلة:

$$0.5 = \frac{40.08}{56.08} (1-y) + \frac{40.08}{100.09} y$$

أو

$$0.5 = \frac{40.08}{56.08} \chi + \frac{40.08}{100.09} (1-\chi)$$

لتحصل على قيمة (χ):

$\chi = 0.32g$

ونكون (y)

$y = 1 - 0.32 = 0.68g.$

وهذه تماثل النسبة المئوية في العينة تماما، وبالضرب في 100سنجد 32٪ ، 68٪ على التوالي.

حلول ومقارنات التفاعلات الكيميائية
(Solutions and coupled chemical reactions):

يسأل الكيميائي عمومًا على نوعية تفاعلات: التعادل، والتخفيف، والترسيب. وتتضمن هذه العمليات معلومات حسابية تقديرية، وغالبًا قياسات الحجوم هي المطلوبة، وقياس الكتلة، وعمومًا كلاهما يجب الربط بينهما لإيجاد إجابات تحليلية، وأبسط الأنواع لحل تلك القياسات هو التخفيف.

أولًا: قانون التخفيف الذي يحكم، وهو صراحة يعتبر قانون البقاء للمادة .

بمعنى أن عدد المولات الابتدائية مساوٍ لعدد مولات المذاب في النهاية.

[أو عدد المولات (1) = عدد المولات (2)]

ولإيجاد عدد مولات المذاب في حجم معلوم من مذيب – نستخدم هذا التقريب:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{لتر}} \quad \text{(عدد اللترات)}.$$

ولتعيين المِلِّيمِول $\frac{1}{1000}$ كما لو كانت بالمول، وبالجرام يمكن تطبيق الآتي:

$$\text{عدد المِلِّيمِول} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{اللتر}} \quad \text{عدد المِلِّيلترات}.$$

$$\text{عدد الجرامات} = \frac{\text{عدد الجرامات}}{\text{اللتر}} \quad \text{عدد اللترات}$$

وفي قانون التخفيف.

عدد المولات (1) = عدد المولات (2).

عدد المِلِّيمِولات (1)= عدد المِلِّيمِولات (2).

أو

$$M_1 \frac{\text{المول}}{\text{اللتر}} \text{ . الحجم } M_2 = V_1 \text{ الحجم } V_2 \frac{\text{المول}}{\text{اللتر}}$$

أو

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

مسألة:

كيف يمكن تحضير 250 ملِّيلتر لمحلول تركيز 6.0 مول (مول/ لتر) من حمض نتريك لمحلول تركيز 15.0 مول (مول / لتر) من الحمض نفسه؟

$$V_1 \times M_1 = M_2 \times V_2$$

$M_1 = 15.0$ M/L
$M_2 = 6.0$ M/L
$V_2 = 250$ ml. liter

$$15 \times V_1 = 6 \times 250$$

$$V_1 = 100 \text{ ml}$$

إذًا يؤخذ 100 مل من محلول حمض النتريك ذي التركيز 15.0 مولًا، ثم نضعه في دورق سعته 250 مل، ثم يكمل بالماء المقطر حتى العلامة .

عمليًّا: يضاف جزء من الماء في كأس أولا ثم يضاف الحمض حجمًا بحجم، ثـم ينقـل إلى الدورق، ويصب الماء عليه حتى العلامة؛ حتى لا يتأثر زجـاج الـدورق بحـرارة التجفيـف، فيتغير حجم القارورة؛ لأنها قارورة قياسية الحجم عند $25C^\circ$؛ حتى لا يحدث تمدد للزجاج.

مسألة:

كيف يمكن تحضير 500 ملِّيلتر لمحلول تركيزه 0.10 مولًا من نترات الفضة من محلـول محضر 50 جرامًا / لتر لنترات الفضة أيضًا؟

$$M_1 = ?$$
$$V_1 = ?$$
$$M_2 = 0.1 \text{ M/L}$$
$$V_2 = 50 \text{ ml.L}$$

أولًا: يجب إيجاد قيمة M_1، وهي:

$$\text{المول} = \frac{\text{الجرامات}}{\text{الوزن الجزيئي}} = \frac{50}{169.7} = 0.294 \text{ مول / لتر}$$

إذًا بالتعويض في قانون التخفيف، وهو:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0.294 \times V_{1=} 0.1 \times 500$$

يكون الحجم اللازم أخذه هو 170 مِلِّيلتر.

يؤخذ 170 مِلِّيلتر من التركيز 0.297 مول (50 جرامًا/ لتر) من نترات الفضة، وينقـل في قارورة قياسية سعتها 500 مل، ثم يضاف الماء المقطر حتى نصل للعلامة.

تحذير: قبل عملية نقل المحلول المركز، سواء من حمض أو قاعدة أو أملاح نضع المحلـول في كأس غير قياسي ثم ينقل حجميا إلى القارورة أو الدورق القياس، ثم يغسل الكأس بالمـاء المقطر، ويضاف الغسول إلى الدورق عدة مرات حتى ينقل التركيز كاملا، لنصل إلى التركيـز المطلوب بالتمام.

مسألة :

كيف يمكن تحضير 500 مل لتر لتركيز 2. OM حمض كبريتيك لكاشف- رتبـة حمـض كبريتيك؟ إذا علم أن: الوزن الجزيئي 98.08 جرام/ مول. النـسبة الوزنيـة 94.0 الكثافـة 1.831جرام/ مل لتر.

$$M_1 = \ ? \ \ , \ V_1 = ? \ , M_2 = 2.oMiL, V_2 = 50ml.\ L$$

أولًا تعيين M_1 = $\frac{\text{عدد جرامات حمض الكبريتيك}}{\text{جرامات المحلول}}$ = 0.94

$$\frac{\text{عدد الجرامات لحمض الكبريتيك}}{\text{مل لتر من المحلول}} = \frac{\text{0.940 جرام حمض الكبريتيك}}{\text{جرامات المحلول}}.$$

$$\frac{\text{1.831 جرام للمحلول}}{\text{مل لتر من المحلول}} = \text{1.721 جرام / مل لتر}$$

$$\frac{\text{1.721 جرام حمض كبريتيك}}{\text{مليلتر للمحلول}} = \frac{\text{1000 مليلتر}}{\text{1 لتر}}$$

= 1.721 جرام حمض كبريتيك / لتر محلول.

$$M_1 = \frac{\text{1720 جرام حمض كبريتيك}}{\text{لتر محلول}} \cdot \frac{\text{واحد مول لحمض كبريتيك}}{\text{98.08 جرامًا حمض كبريتيك}}$$

$M_1 = 17.55$ مول / لتر

$M_1 \times V_1 = M_2\ V_2$

$$V_2 = \frac{M_2\ V_2}{M_1} = \frac{2.0 \times 500}{17.55}$$

$$= 56.98 \cong 57\ ml$$

نأخذ 57 مل من حمض الكبريتيك المركز ثم يخفف إلى 500 مل بالماء المقطر.

مثال:

كم يكون عدد المكافئات لحمض الكبريتيك الموجودة في 2.0 مول من حمض الكبريتيك؟

عدد التكافؤ = عدد المولات . عـدد البروتونـات المانحـة أو المكتـسبة = $2.0 \times 2 = 4.0$ مكافئ.

مثال:

ما هي العيارية (N) لمحلول تركيز 1.8 مول لحمض الكبريتيك؟

العيارية (N)= المولارية M في عدد البروتونات المانحـة أو المكتـسبة = $1.8 \times 2 = 3.6$ عياري.

مثال:

ما عدد المكافئ لبرمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ الموجودة في 0.01 مول برمنجنات؟ لنكتب معادلة تصف التفاعل (أكسدة – اختزال)؟

$$MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

العيارية = المولارية (M) × (عدد الإلكترونات الداخلة في تفاعل النصف (الأكسدة – الاختزال).

= 0.01 × 5 = 0.05 مكافئ.

مثال:

ما هي عيارية محلول تركيزه 0.01667 من $K_2 Cr_2 O_7$ ؟

حيث معادلة الأكسدة – الاختزال هي:

$$CrO^{2-}7 + 6e^- + 14H^+ \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

العيارية = المولارية (M) × (عدد الإلكترونات الداخلة في التفاعل (أكسدة – اختزال).

= 0.01667 × 6 = 0.100 مكافئ/ لتر.

مثال:

ما عدد تكافؤات الكالسيوم الموجودة في 0.025 مول من كلوريد الكالسيوم؟

عدد التكافؤات = عدد المولات × الشحنة الأيونية على الأيون

= 0.025 × 2 = 0.05 مكافئ.

مثال:

– ما هي عيارية الكالسيوم لمحلول 0.032 مول من كلوريد الكالسيوم؟

المولارية (M) × الشحنة الأيونية على الأيون.

= 0.032 × 2 = 0.064 مكافئ/ لتر.

– ما هو قانون التخفيف بناءً على قراءاتك السابقة؟

عدد المكافئات في المحلول الأول = عدد المكافئات في المحلول الثاني

– كيف يمكن إيجاد عدد المليمكافئ لمذاب في محلول معلوم الحجم؟

$$\text{بالقانون. عدد المكافئات} = \frac{\text{عدد المكافئ}}{\text{لتر}} \times \text{عدد اللترات.}$$

مثال: كيف يمكن تحضير 300 مليلتر لمحلول 4.0 مول من حمض الهيدروكلوريك من محلول 12.0 مول للحمض ذاته؟

من قانون التخفيف على النحو التالي:

لنتذكر: $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

وبالتعويض في القانون

$$12 \times V_1 = 4.0 \times 300$$

$$V_1 = 100 \text{ ml}$$

يؤخذ 100 من حمض الهيدروكلوريك ثم يخفف الباقي بالمقطر، حتى نصل إلى 300 ملليمتر، ويجب التحذير مثلما سبق في قانون التخفيف.

مثال:

كيف يمكن تحضير 200 ملليلتر لمحلول تركيزه 2.0 عياري من حمض الكبريتيك 4.0 مول للحمض ذاته.

من قانون التخفيف $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

وبالتعويض:

أولًا: يجب تعيين العيارية من المولارية كما يلي:

العيارية = المولارية (M) × عدد البروتونات المكتسبة أو المانحة

= 4.0 × 2 = 8.0 مكافئ / لتر

ثم بالتعويض:

$$V_1 = \frac{2.0 \times 200}{8.0} = 50 \text{ ML}$$

إذًا: يؤخذ 50 مل من حمض الكبريتيك 4.0 مول، ثم يخفف حتى 200 مل بالماء المقطر مع تتبع التحذير عند تناولك الحمض.

مسألة:

كم عدد المليلترات من نترات الفضة تركيزها 0.1 M المطلوبة لترسيب 4.0 جرام من كلوريد الصوديوم

$$AgNo_3 + NaCl \longrightarrow Ag\,CL\downarrow + NaNo_3$$

$$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow Ag\,CL\downarrow$$

عدد المولات لكلوريد الصوديوم	عد المولات لنترات الفضة
1	1
2	2
3	3

عدد المولات لكلوريد الصديوم = عدد المولات لكلوريد الفضة

$$\text{عدد مولات كلوريد الصوديوم} = \frac{\frac{4 \text{ جرام لكلوريد الصوديوم}}{58.44 \text{ جرام لكلوريد الصوديوم}}}{\text{مولات كلوريد الصوديوم}}$$

ولتكن (χ) = مولات نترات الفضة

$$\text{عدد مولات لنترات الفضة} = (\chi \text{ مل}) \left(\frac{0.100 \text{ مول}}{\text{لتر}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ لتر}}{1000 \text{ml}}\right)$$

$$\frac{4.0}{58.44} = \left(\frac{0.100}{1000}\right)$$

$$\therefore \chi = \frac{4}{58.44} \cdot \frac{1000}{0.10} = 684.462 \text{ ml . liter}$$

مسألة:

كم عدد المليلترات من نترات الفضة حيث تركيزها 0.1 مول، مطلوبة لترسيب كل البروميد في 2.0 مول لبروميد الباريوم؟

$$2\ AgNO_3 + BaBr_2 \longrightarrow 2AgBr + Ba(NO_3)_2$$

$$2Ag^+ + 2Br \longrightarrow 2AgBr$$
$$Ag^+ + Br \longrightarrow AgBr$$
$$BaBr_2 + /H_2O \longrightarrow Ba^{2+} + 2Br^-$$

عدد مولات نترات الفضة	عدد مولات بروميد الباريوم
2	1
4	2
6	3

عدد مولات نترات الفضة = (2) عدد مولات بروميد الباريوم

$$\text{عدد مولات بروميد الباريوم} = \frac{\text{2.0 جرام لبروميد الباريوم}}{\frac{\text{16.297 جرام بروميد الباريوم}}{\text{مولات بروميد الباريوم}}}$$

$$\text{عدد مولات نترات الفضة} = (\chi \text{ مليلتر})\ (0.1 \frac{\text{مول}}{\text{لتر}})\ (\frac{\text{1 لتر}}{\text{1000 مليلتر}})$$

$$\text{إذًا } (\chi)\ (\frac{0.100}{1000}) = (\frac{2.6}{297.16}) (2)$$

$$\text{أي أن } \chi = (\frac{(2)(2.0)}{(297.16)}) . (\frac{1000}{0.01}) = 135 \text{ مليلتر}$$

مسألة:

المطلوب لترسيب كل الكلوريد في عينة لمخلوط من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم على هيئة كلوريد الفضة. أضيف 16٪ مولار زيادة لنترات الفضة لكل العينة لتأكيد الترسيب. وكان تركيز محلول نترات الفضة هو 0.30 مول / لتر . ووزن العينة 0.70 جرام، فكم إذًا الكمية التي يجب أن تضاف من نترات الفضة؟

لاحظ:

نفترض أن العينة كلها على هيئة كلوريد صوديوم

$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl\downarrow + Na\,NO_3$$

وبدون زيادة لنترات الفضة

عدد مولات نترات الفضة = عدد مولات كلوريد الصوديوم.

وعند زيادة نترات الفضة 10٪

عدد مولات نترات الفضة = (عدد مولات كلوريد الصوديوم) (1.1)

$$\text{عدد مولات كلوريد الصوديوم} = \frac{\text{0.70 جرام كلوريد صوديوم}}{\frac{\text{58.44 جرام كلوريد الصوديوم}}{\text{مولات كلوريد الصوديوم}}}$$

نفترض (χ) = ملليترات من نترات الفضة

$$\text{وعدد مولات نترات الفضة} = (\chi \text{ مل})\,(0.30\ \frac{\text{مول}}{\text{لتر}})\,(\frac{\text{1 لتر}}{\text{1000 مل}})$$

$$(\chi)\,(0.30)\,(\frac{1}{1000}) = (1.1)\,(\frac{0.76}{58.44})$$

$$\therefore \chi = (1.1)\,(\frac{0.76}{58.44})\,(\frac{1000}{0.30}) = 44 \text{ ملليتر.}$$

مسألة:

ما هو تركيز محلول لحمض الكبريتيك ، إذا علـم أن 25.0 مليلـتر هـي المطلوبـة لمعـايرة 38.08 مليلتر من هيدروكسيد الصوديوم للتركيز 0.1286 مولار؟

$$H_2 So_4 + 2Na\ OH \rightleftharpoons Na_2SO_4 + 2H_2O$$

عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم	عدد مولات حمض الكبريتيك
2	1
4	2
6	3

عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = (2) (عدد مولات حمض الكبريتيك)

عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = (36.08 مل) (.12860 $\frac{\text{مول}}{\text{لتر}}$) ($\frac{1 \text{ لتر}}{1000 \text{ مل}}$)

نفترض (χ) = تركيز حمض الكبريتيك.

عدد مولات حمض الكبريتيك = (χ $\frac{\text{مول}}{\text{لتر}}$) (25 مل) ($\frac{1 \text{ لتر}}{1000 \text{ مل}}$)

$$(\frac{0.1286}{1000})(36.08) = (\frac{25}{1000})(\chi)(2)$$

$$\therefore \chi = \frac{0.1286 \times 36.08}{(25.0)(2)} = 0.0928 \text{ مول / لتر}$$

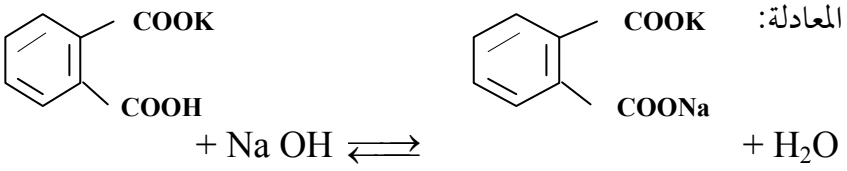
مسألة:

عينة قدرها 0.8512 جرام من KHp – عويرت مـع 42.16 مليلـتر مـن هيدروكـسيد الصوديوم مجهول العيارية، فما هي عيارية محلول هيدروكسيد الصديوم؟

ملاحظة:

KHP = potassium hudrogen phthalate
Or pot. b: phthalate.

المعادلة:



عدد مولات NaoH = عدد مولات KHP

$$\text{عدد مولات KHP} = \frac{0.8512}{204.23}$$

نفترض أن (χ) عيارية هيدروكسيد الصوديوم.

$$\therefore \text{عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم} = (\chi \frac{\text{مول}}{\text{لتر}})(42.16 \frac{\text{ملليتر}}{})$$

$$(\frac{\text{واحد لتر}}{1000\text{مل}})$$

أي أن:

$$(\chi)(\frac{42.16}{1000}) = (\frac{0.8512}{204.23})$$

$(\chi) = 0.09886$ مول/ لتر.

مسألة:

زنة لعينة قدرها 0.6 جرام تحتوي غالبًا على كربونات كالسيوم وأكسيد السيليكون الخامل أوذيبت كربونات الكالسيوم في حمض الهيدروكلوريك، ثم رسب الكالسيوم، على هيئة أكسالات كالسيوم أذيت أكسالات الكالسيوم CaC_2O_4 وتكون $H_2C_2O_4$ حمض أكساليك. هذا الحمض عوير مع برمنجنات البوتاسيوم 0.03 مولار، وصلت إلى نقطة النهاية بعد 35 مل من برمنجنات البوتاسيوم ، فما هي النسبة المئوية للكالسيوم في العينة؟

عدد مولات الكالسيوم = $\left(\frac{5}{2}\right)$ (عدد مولات برمنجنات البوتاسيوم)

نفترض أن (χ) = عدد جرامات الكالسيوم

$$\text{عدد مولات الكالسيوم} = \frac{\text{(} \chi \text{) جرام كالسيوم}}{\frac{\text{40.08 جرام كالسيوم}}{\text{مولات كالسيوم}}}$$

(عدد مولات البرمنجنات) = (35 مل للبرمنجنات) (0.03 $\frac{\text{مول برمنجنات}}{\text{لتر}}$)

$$\left(\frac{\text{لتر}}{\text{1000مل}}\right)$$

أي أن $\frac{\chi}{40.08} = \left(\frac{5}{2}\right)(35.0)(0.03) \times \left(\frac{1}{1000}\right)$

$\therefore \chi = \left(\frac{5}{2}\right)(35)(0.03)\left(\frac{1}{1000}\right) \times 40.08$

= 0.1052 جرام كالسيوم

$\therefore$ النسبة المئوية للكالسيوم = $\frac{\text{0.1052 كالسيوم}}{\text{0.600 جرام عينة}} \times 100 = 17.53\ ٪$

مسألة:

1- ما هي عدد الجرامات لكبريتات الباريوم التي يمكن أن تنتج من 1.354 جرام كليوريد الباريوم، وزيادة من كبريتات الصوديوم؟

$$BaCl_2 + Na_2So_4 \longrightarrow BaSo_4 \downarrow + Nacl$$

بالمول	1	1	1	1
بالجرام	208.25	142.04	233.4	116.88

نفترض أن (χ) عدد جرامات كبريتات الباريوم، أمكن إنتاجها بواسطة 1.354 جرام من كلوريد الباريوم.

$$\frac{\text{(} \chi \text{) جرام كبريتات باريوم}}{\text{1.354 جرام كلوريد باريوم}} = \frac{\text{233.4 جرام كبريتات باريوم}}{\text{208.25 جرام كلوريد باريوم}}$$

$\therefore \chi$ = 1.518 جرام كبريتات باريوم.

حل آخر:

$$Bacl_2 + Na_2So_4 \longrightarrow BaSo_4 \downarrow + Na_2So_4$$

عدد مولات كلوريد الباريوم	عدد مولات كبريتات الباريوم
1	1
2	2
3	3

عدد مولات كبريتات الباريوم = عدد مولات كلوريد الباريوم

$$\text{عدد مولات كلوريد الباريوم} = \frac{1.354}{208.25}$$

$$\text{عدد مولات كبريتات الباريوم} = \frac{(\chi)}{233.4}$$

$\therefore (\chi)$ = 1.518 جرام كبريتات باريوم.

2- عينة تزن 0.25 جرام بها كلوريد ، ثم رسب على هيئة كلوريد فضة، وكان وزن الراسب 0.7476 جرام. فما هي نسبة الكلور في العينة؟

انظر تفاعل الترسيب التالي:

$$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow agcl \downarrow$$

بالمول	1	1	1
بالجرام	107.87	35.453	143.32

علمًا بأننا لا نحتاج إلى مصدر الكلوريد من أي نوع كايتون. فما هي نسبة الكلوريد المئوية؟

$$\text{أيون الكوريد} = \frac{\text{جرام الكلوريد (المجهول)}}{\text{العينة بالجرام}} \times 100$$

نفترض أن (χ) = عدد جرامات الكلور التي تنتج 0.7476 جرام لكلوريد الفضة على هيئة راسب.

$$\frac{\text{(} \chi \text{) جرام كلوريد}}{\text{0.7476 جرام كلوريد فضة}} = \frac{\text{35.453 جرام كلوريد}}{\text{143.32 جرام كلوريد فضة}}$$

∴ (χ) = 0.1849 جرام كلور

حل آخر:

عدد مولات الكلور	عدد مولات كلوريد الفضة
1	1
2	2
3	3

عدد مولات الكلور = عدد مولات كلوريد الفضة.

$$\text{عدد مولات الكلور} = \frac{(\chi)}{35.453} = \text{عدد مولات كلوريد الفضة}$$

$$= \frac{0.7476}{143.32}$$

إذًا: (χ) = 0.1849 جرام.

$$\text{النسبة المئوية في العينة} = \frac{0.1849}{0.250} \times 100 = 73.96\%$$

3- عينة تحتوي على بوتاسيوم وتزن 0.5742 جرام . رسب البوتاسيوم على هيئة فوق الكلورات $Kclo_4$. وكانت الزنة المترسبة بالجرام 0.424. فما هي النسبة المئوية للبوتاسيوم في العينة.

لنأخذ التفاعل التالي :

$$K^{+} + Clo^{-}_{4} \longrightarrow Kclo_4$$

بالمول	1	1	1
بالجرام	39.1	99.45	138.55

أيضا لا نحتاج إلى مصدر للكلور

$$\text{إذًا: البوتاسيوم ٪} = \frac{\text{جرامات البوتاسيوم (مجهول)}}{\text{جرامات العينة (معلومة)}} \times 100$$

نفترض أن (χ) عدد الجرامات التي تنتج 0.4240 جرام من فوق الكلورات

إذًا:

$$\frac{\text{(X) جرامات البوتاسيوم}}{\text{0.424 جرامات فوق الكلورات}} = \frac{\text{39.1 جرام بوتاسيوم}}{\text{138.58 جرام فوق الكلورات}}$$

∴ (χ) = 0.1196 جرام بوتاسيوم.

$$\text{إذًا: النسبة المئوية للبوتاسيوم في العينة} = \frac{0.1196}{0.5742} \times 100 = ٪20.83$$

حل آخر:

عدد المولات البوتاسيوم	عدد مولات الكلورات
1	1
2	2
3	3

عدد مولات البوتاسيوم = عدد مولات الكلورات ($Kclo_4$).

نفترض أن (χ) = عدد مولات البوتاسيوم في العينة

$$\text{عدد مولات البوتاسيوم} = \frac{\text{(X)}}{39.1}$$

$$\text{عدد مولات الكلورات} = \frac{0.424}{138.58}$$

إذًا: (χ) = 0.1196 جرام بوتاسيوم

$$\text{النسبة المئوية في العينة} = \frac{0.11960}{0.5742} \times 100 = 20.83\,\%$$

4- يمكن تعيين الماغنسيوم على هيئة ماغنسيوم أمونيوم فوسفات ست جزيئات ماء $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_26$ ، الذي تم حرقه ليعطي ماغنسيوم بيروفوسفات $Mg_2P_2O_7$ بيرو فوسفات الماغنسيوم. وزنت العينة لتعطي 0.6004 جرام التي بها ماغنسيوم، وهذه العينة عولجت بالطريقة السابقة لتعطي من بيروفوسفات الماغنسيوم 0.4250 جرام. فما هي نسبة الماغنسيوم في العينة؟

من المعادلة

$$2Mg \longrightarrow Mg_2P_2O_7$$

بالمول	1	1
بالجرام	48.62	229.57

لنفترض أن (χ) = عدد الجرامات للماغنسيوم التي تنتج 0.425 لبيروفوسفات الماغنسيوم

$$\frac{(\chi)\text{ جرام ماغنسيوم}}{0.425\text{ جرام من } Mg_2P_2O_7} = \frac{48.62\text{ جرام من الماغنسيوم}}{229.57\text{ جرام من } Mg_2P_2O_7}$$

$$(\chi) = \frac{48.62 \times 0.425}{229.57} = 0.09284\text{ جرام}$$

$$\text{النسبة المئوية في العينة} = \frac{0.09284}{0.6004} \times 100 = 15.46\,\%$$

5- كم عدد الجرامات من Fe_2O_3 التي يمكن تحضيرها من 1.0 جرام لمركب أكسيد الحديديك المغناطيسي ، مفترضا لا حدود لمصدر الأكسجين.

نفترض أن:

$$2Fe_3O_4 \longrightarrow 3Fe_2O_3$$

بالمول	2	3
بالجرام	463.08	479.09

نفترض أن (χ) = عدد الجرامات لأكسيد الحديد Fe_2O_3 ، التي يمكن تحضيرها من 1.0 جرام لأكسيد الحديديك المغناطيسي Fe_3O_4

$$\frac{\text{جرام لأكسيد الحديدك } Fe_2O_3 \ (\chi)}{\text{1 جرام من } Fe_3O_4} = \frac{\text{من } Fe_2O_3 \ 479.07}{\text{من } Fe_3O_4 \ 463.08}$$

$$\therefore (\chi) = \frac{479.07 \times 1}{463.08} \quad \text{1.0345 جرام من } Fe_2O_3$$

حل (2)

$$2Fe_3O_3 \longrightarrow 3Fe_3O_4$$

عدد جرامات Fe_2O_3 = عدد جرامات Fe_3O_4

3	2
6	4
9	6

عدد مولات Fe_2O_3 = ($\frac{3}{2}$) عدد مولات أكسيد الحديديك المغناطيسي

وتكون عدد مولات $Fe_2O_3 = \frac{\chi}{159.69}$

وتكون عدد مولات $Fe_2O_4 = \frac{1.00}{234.54}$

يتساوى الطرفان عند ضرب المعامل للاتزان $\frac{\chi}{159.69} = \frac{3}{2}\left(\frac{1}{231.54}\right)$

∴ (χ) = 1.0345 من Fe_2O_3

6 – عينة تزن 0.117 جرام، تحتوي فقط على NaCl ، Kcl . رسب الكلوريد على هيئة Agll ليعطي وزن 0.25 جرام، فما هي نسبة NaCl KCl في العينة؟

نفترض أن (χ)= جرام كلوريد الصوديوم، Y= جرام كلوريد البوتاسيوم

وأن $Y + \chi = 0.117$ معادلة بمجهولين.

وأن جرام كلوريد الفضة من كلوريد الصوديوم + جرام كلوريد الفضة من كلوريد البوتاسيوم = 0.25 جرام.

$$\text{وبما أن} = \frac{\text{جرام كلوريد الفضة من كلوريد الصوديوم}}{143.32} = \frac{\text{جرام كلوريد الصوديوم}}{58.44}$$

$$\text{ولنذكر} \quad \frac{(\chi)\ \text{كلوريد الصوديوم}}{58.44} = \frac{\text{جرام Agcl من Nacl}}{143.32}$$

$$\therefore \text{جرام Agcl من Nalc} = (\chi)\ (\frac{143.32}{58.44}) \begin{matrix} \leftarrow \text{الوزن الجزيئي} \\ \leftarrow \text{الوزن الجزيئي} \end{matrix}$$

وبالمثل:

$$\text{جرام Agcl من KCl} = (Y)\ \frac{143.32}{74.56} \begin{matrix} \leftarrow \text{الوزن الجزيئي Agcl} \\ \leftarrow \text{الوزن الجزيئي KCl} \end{matrix}$$

وبأخذ المعادلتين الحسابيتين على النحو:

$$\frac{143.32}{58.44} \quad (\chi) + \frac{143.32}{74.56} \quad (Y) = 0.25 \text{ جرام وزن Agcl}$$

وإذا علم أن العينة من المعادلة الأولى من كوريد الصوديوم والبوتاسيوم هي:

$$Y + \chi = 0.1170$$

إذًا (Y) = (χ - 0.1170)

لنأخذ من χ أو Y وبالاستبدال كما يلي:

$$\frac{143.32}{58.44}(\chi) + \frac{143.32}{74.56}(0.117-\chi) = 0.25 \text{ grame}$$

ويحل المعادلة نحصل على قيمة χ = 0.0473 (Nacl)

وفيه Y = 0.117–0.0473 = 0.0697 من كلوريد البوتاسيوم.

ويمكن إيجاد النسبة المئوية = $\frac{0.0473}{0.117} \times 100$ = 40.43 ٪ كلوريد صوديوم

100–40.43 = 59.57 ٪ كلوريد بوتاسيوم.

7- كيف نستطيع تحضير 250 مل من حمض HCl تركيز 12 مول ليصبح 1.0 مول؟

من قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

M_1 = 12 M1L , M_2= 1.0M1L , V_2= 250 ML, V_1=?

$$V_1 = \frac{1 \times 250}{12} = 21\text{ml}$$

وبالتالي يؤخذ 21 مل من محلول 12 مول الحمض، ثم يضاف ماء مقطر حتى الوصول إلى العلامة لدورق قياس 250 مل.

8- كيف يمكن تحضير 100 مل من n_6 مليجرام / لتر كلوريد صوديوم من 50 مليجرام/ لتر كلوريد صوديوم

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$50 \times V_1 = 1.0 \times 100$$

$$\therefore V_1 = \frac{1 \times 100}{50} = 2.0 \text{ mel}$$

9- احسب كيف يمكن تحضير 500 مل لتر تركيز 0.1 مول من كلوريد الباريوم من محلول يحتوي 42.0 جرام لنفس الملح.

أولًا: لابد من إيجاد التركيز (M_1) لكلوريد الباريوم

$$\text{مول كلوريد الباريوم} = \frac{\text{عدد جرامات } Bacl_2}{\text{الوزن الجزيئي } Bacl_2} = \frac{42}{208.25} = 0.26$$

بالتعويض في قانون التخفيف:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{(0.1)(500)}{0.2} = 250 \text{ me}$$

يؤخذ 250 مل للتركيز 0.2 ثم يخفف حتى 500 مل للتركيز 0.1 M

10- كيف يمكن تحضير 250 مل لمحلول 1000 مليجرام / لتر في صوديوم من Macl صلب في ماء؟

أولًا: لماذا نستخدم كلوريد الصوديوم لعمل محلول 1000 مليجرام لكل لتر أو (1.0 جرام/ لتر- صوديوم) ؟ توجد عدة أسباب:

أ- معدن الصوديوم عنصر نفي ويمكن وزنه في تلك الحالة.

ب- معدن الصوديوم يتفاعل بشدة مع الماء.

ج- نقاء ووزن كلوريد الصوديوم يجعل من السهل الحصول عليه.

مول Nacl = مول Na

$$\text{عدد مولات Nacl} = \frac{X}{58.44}$$

مولات الصوديوم = $\frac{0.2500}{22.9898}$ ← الكمية المأخوذة في 1000 مل

∴ (χ) = $\frac{0.25\times58.44}{22.9898}$ = 0.6355 جرام كلوريد صوديوم

إذًا: يؤخذ 0.6355 جرام كلوريد صوديوم ثم يخفف إلى 250 مل لقارورة قياسية بالماء المقطر حتى العلامة.

11- حمض فوسفوريك تجاري H_3PO_4 ، بنسبة وزنية ٪ 85 وكثافة 1.689 جرام/ لتر. كيف يمكن تحضير 1000 مليلتر بالتركيز 1.0مول من نفس الحمض.

من معادلة التخفيف:

$$M_1 \quad V_1 = M_2 \; V_2$$

$$\frac{\text{عدد جرامات } H_3PO_4}{\text{جرامات المحلول}} = 0.85 \; \frac{\text{جرامات } H_3PO_4}{\text{جرام المحلول}}$$

= 0.85 × 1.689 (الكثافة)

= 1.44 جرام × $\frac{1000 \text{ مل}}{\text{لتر}}$

= 1440 جرام H_3PO_4/ لتر

= 1440 جرام × $\frac{1 \text{ مول } H_3PO_4}{98.0 \text{ جرام } H_3PO_4}$ = 14.7 مول / لتر

$M_1 = 14.7$, $V_1 = ?$, $M_2 = 1.0$, $V_2 = 1000$

إذًا:

$$V1 = \frac{1 \times 1000}{14.7} = 68.mL$$

يؤخذ 68 مل من الحمض H_3PO_4 التجاري ثم يخفف حتى 1000 مل بالماء المقطر في قارورة قياسية حتى العلامة.

12- كيف يمكن تحضير 100 مل من حمض الأكساليك 0.12 مول من 0.5 مول؟ علما بأن حمض الأكساليك ثنائي البروتون.

العيارية (N) = (المولارية M) × عدد البروتونات المكتسبة أو المانحة

$$N=(0.5)\times(2)=1.0Equiu.1L$$

$$N_1 =1,\ V_1 = ?\ ,\ N_2 = 0.12\ ,\ V_2 = 100\ mL$$

$$V_1 = \frac{0.12\times100}{1} = 12\ mL$$

يؤخذ 12 مل من الحمض ذي التركيز 0.5M، ثم يخفف حتى 100 مل ماء مقطر.

تحذير: حمض الأكساليك سام.

13- كم عدد المليلترات التي تؤخذ لتر لتر 0.1 مول كبريتات الصوديوم، المطلوبة لترسيب كل الباريوم في 0.22 جرام لعينة نترات باريوم إلى كبريتات ياريوم.

$$Ba(No_3)_2 + Na_2So_4 \longrightarrow Baso_4 + 2NaNo_3$$

عدد مولات كبريتات الصوديوم	عدد مولات كبريتات الباريوم
1	1
2	2
3	3

عدد مولات Na_2So_4 = عدد مولات كبريتات الباريوم

نفترض أن (χ) = عدد مولات كبريتات الصوديوم المطلوبة

عدد مولات كبريتات الصوديوم = (χ) (مليلتر) (0.1 مول/ لتر) ($\frac{\text{لتر}}{\text{1000مل}}$)

عدد مولات الباريوم = $\frac{0.22}{263.30}$ $\frac{\text{جرام نترات باريوم}}{\text{مولات نترات الباريوم}}$

إذًا: $\frac{0.22}{261.38} = \frac{1}{1000} \times (0.1)(\chi)$

إذًا: (χ) = 8.4 ملليلتر

14- كم عدد المليلترات من 60 جرام/ لتر محلول لنترات الفضة المطلوبة لترسيب كل اليود في 0.126 جرام لعينة من KI على هيئة Agi

$$AgNo_3 + KI \rightleftharpoons AgI\downarrow + KNO_3$$

$$Ag^+ + I^- \longrightarrow AgI\downarrow$$

عدد مولات نترات الفضة	عدد مولات يوديد البوتاسيوم
1	1
2	2
3	3

عدد مولات نترات الفضة = عدد مولات يوديد الباتاسيوم

نفترض أن (χ) = عدد المليلترات لنترات الفضة المطلوبة

عدد مولات نترات الفضة = (χ) مليلتر $\times \frac{\text{عدد المولات}}{\text{لتر}} \times \frac{\text{لتر}}{\text{1000مل}}$

$$\frac{60}{169.87} \times \frac{\text{جرام / لتر}}{\text{جرام / مول}} = 0.35 \text{ مول/ لتر}$$

$$\text{عدد مولات نترات الفضة} = (\chi) \text{ ملليلتر.} \quad 0.35 \times \frac{\text{مول}}{\text{لتر}} \times \frac{\text{لتر}}{1000\text{مل}}$$

$$\text{عدد مولات يوديد البوتاسيوم} = \frac{0.4126 \text{ جرام KI}}{166.01 \text{ جرام KI/ مول KI}}$$

$$\frac{0.4126}{166.01} = \frac{1}{1000} \times (0.35)(\chi)$$

$$\therefore \chi = \frac{1000 \times 0.4126}{166.01 \times 0.35} = 7.1 \text{ مل. لتر.}$$

15- يعين الحديد عادة حجميا، وإذا كانت عينة لحديد أذيبت كاملة وحولت إلى Fe^{2+}. ثم عويرت بواسطة محلول $K_2Cr_2O_7$، فما هي نسبة الحديد في العينة التي تزن 0.5285 جرام . حيث العينة تطلبت 26.89 من كرومات البوتاسيوم تركيزها 0.01524 مول قبل الوصول إلى نقطة التعادل؟

$$\text{النسبة المئوية للحديد} = \frac{\text{جرام الحديد (المجهول)}}{\text{العينة}} \times 100 =$$

$$Cr_2O7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14\ H^{+} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$$

عدد مولات الحديد = عدد مولات ثاني كرومات البوتاسيوم

1	6
2	12
3	18

عدد المولات للحديد = (6) عدد مولات $K_2Cr_2O_7$

نفترض أن (χ) = عدد جرامات الحديد في العينة

$$\text{عدد مولات الحديد} = \frac{\text{عدد الجرامات للحديد}}{\text{عدد جرامات الحديد الوزن الجزيئي / لتر}} = \frac{\text{جرام } (\chi)}{\frac{55.847 \text{ / جرام}}{\text{مول}}}$$

$$\text{عدد مولات } K_2Cr_2O_7 = \frac{1}{\text{1000 مل}} \times 0.01524 \times 26.87$$

$$\therefore \frac{\chi}{55.897} = 6\,(26.87)\,(0.01524) \times \frac{1}{1000}$$

$$\therefore \chi = 0.1372 \text{ Fe}$$

$$\text{إذا: نسبة الحديد في العينة} = \frac{0.1372}{0.5285} \times 100 = 25.96\%$$

16- يعين النحاس بواسطة تفاعلات ازدواجيه. أذيبت عينة تحتوي نحاس ثم عوملت بزيادة من اليود

$$4\ I^- + 2Cu^{2+} \longrightarrow 2CuI + I_2$$

تم عوير اليود الصاعد لمحلول قياسي من ثيو كبريتات

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-} + 2I^-$$

فما هي نسبة النحـاس في العينـة التـي تـزن 0.7627 جـرام التـي أذيبـت، والتـي عـويرت 40.740 مل من ثيوكبريتات الصوديوم بالتركيز 0.1034 مول.

$$4I^- + 2Cn^{2+} \longrightarrow 2CnI + I_2$$

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_2O_6^{2-} + 2I^-$$

عدد مولات النحاس = عدد مولات الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ نفترض أن (χ) = عدد

جرامات النحاس في العينة

$$\text{عدد مولات النحاس} = \frac{\text{عدد الجرامات}}{\text{عدد الجرامات } 63.54 \text{ جرام}}$$

$$\text{عدد مولات الثيو كبريتات} = (1.1034)\,(0.1034) \times \frac{1}{1000}$$

$$\therefore \frac{\chi}{63.54} = (0.1034)\,(40.74)\,\frac{1}{1000}$$

$$\therefore \chi = 0.2677$$

$$\therefore \text{نسبة النحاس في العينة} = \frac{0.2677}{0.7627} \times 100 = 35.10\,\%$$