تمارين تفاعلات أكسدة – اختزال

تمرين 1:

المزدوجة نصف المعادلة

$$Cu^{2+}{}_{(aq)}/Cu_{(S)} \quad Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2é \rightleftarrows Cu_{(S)}$$

$$C\ell_{2(aq)}/C\ell^{-}{}_{(aq)} \quad C\ell_{2(aq)} + 2é \rightleftarrows 2C\ell^{-}{}_{(aq)}$$

$$O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)} \quad O_{2(aq)} + 4H^{+}_{(aq)} + 4é \rightleftarrows 2H_2O_{(\ell)}$$

$$S_2O^{2-}_{8(aq)}/SO^{2-}_{4(aq)} \quad S_2O^{2-}_{8(aq)} + 2é \rightleftarrows 2SO^{2-}_{4(aq)}$$

$$A\ell^{3+}{}_{(aq)}/A\ell_{(s)} \quad A\ell^{3+}{}_{(aq)} + 3é \rightleftarrows A\ell_{(s)}$$

تمرين 2:

أ- نصف المعادلة المقرونة بالمزدوجة $I_{2(aq)}/I^{-}_{(aq)}$ هي :

$$2I^{-}_{(aq)} \rightleftarrows I_{2(aq)} + 2é$$

نصف المعادلة المقرونة بالمزدوجة $Cr_2O^{2-}_{7(aq)}/Cr^{3+}{}_{(aq)}$ هي :

$$Cr_2O^{2-}_{7(aq)} + 14H^{+}_{(aq)} + 6é \rightleftarrows 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O_{(\ell)}$$

لكتابة معادلة تفاعل أكسدة اختزال ، نجمع نصفي المعادلتين الإلكترونيتين بعد ضرب المعادلة الأولى في العدد 3والثانية في العدد 1:

$$Cr_2O^{2-}_7 + 6I^{-}_{(aq)} + 14H^{+}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3I_{2(aq)} + 7H_2O_{(\ell)}$$

ب-نصف المعادلة المقرونة بالمزدوجة $Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}$ هي:

$$Fe^{2+}_{(aq)} \rightleftarrows Fe^{3+}_{(aq)} + 1é$$

نصف المعادلة المقرونة بالمزدوجة $MnO_4^-/Mn_{(aq)}^{2+}$ هي :

$$MnO_{4(aq)}^- + 8H_{(aq)}^+ + 5é \rightleftarrows Mn_{(aq)}^{2+} + 4H_2O_{(\ell)}$$

معادلة أكسدة – اختزال نحصل عليها بجمع طرفي نصفي المعادلتين 5 ×(1) و 1 ×(2) نحصل على :

$$MnO_{4(aq)}^- + 5Fe_{(aq)}^{2+} + 8H_{(aq)}^+ \rightarrow Mn_{(aq)}^{2+} + 5Fe_{(aq)}^{3+} + 4H_2O_{(\ell)}$$

ب-نصف المعادلة المقرونة بالمزدوجة $Cu^{2+}{}_{(aq)}/Cu_{(S)}$ هي:

$$Cu_{(S)} \rightleftarrows Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2é$$

نصف المعادلة المقرونة بالمزدوجة $NO_{3(aq)}^-/NO_{(g)}$ هي :

$$NO_{3(aq)}^- + 4H_{(aq)}^+ + 3é \rightleftarrows NO_{(g)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

معادلة أكسدة – اختزال نحصل عليها بجمع طرفي نصفي المعادلتين 3 ×(1) و 2 ×(2) نحصل على :

$$2NO_{3(aq)}^- + 3Cu_{(S)} + 8H_{(aq)}^+ \rightarrow 2NO_{(g)} + 4H_2O_{(\ell)} + NO_{(g)}$$

تمرين 3:

1- المزدوجتان Ox/Réd المتفاعلتان هما :

$Fe^{2+}{}_{(aq)}/Fe_{(S)}$ و $H^+{}_{(aq)}/H_{2(S)}$

2- نصف المعادلة الألكترونية المقرونة بالمزدوجة $H^+{}_{(aq)}/H_{2(S)}$:

$$H^+{}_{(aq)} + 2é \rightleftarrows H_{2(S)}$$

نصف المعادلة الألكترونية المقرونة بالمزدوجة $Fe^{2+}{}_{(aq)}/Fe_{(S)}$:

$$Fe_{(S)} \rightleftarrows Fe^{2+}{}_{(aq)} + 2é$$

3- معادلة تفاعل أكسدة – اختزال الحاصل :

$$Fe_{(S)} + 2H^+{}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(S)}$$

لحساب حجم الغاز المتصاعد ننشئ الجدول الوصفي:

معادلة التفاعل			$Fe_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(S)}$		
الحالة	التقدم	كميات المادة بالمول			
البدئية	0	0	0	$n_i(H^+)$	$n_i(Fe)$
الوسيطية	x	x	x	$n_i(H^+) - 2x$	$n_i(Fe) - x$
النهائية	x_{max}	x_{max}	x_{max}	$n_i(H^+) - 2x_{max}$	$n_i(Fe) - x_{max}$

بما أن الحديد اختفى كله فإنه المتفاعل المحد وبالتالي :

$$n_i(Fe) - x_{max} = 0$$

$$n_i(Fe) = \frac{m}{M(Fe)} = x_{max}$$

حسب الجدول الوصفي :

$$n(H_2) = x_{max} = \frac{V_1}{V_m}$$

$$V_1 = x_{max} V_m$$

$$V_1 = \frac{m}{M(Fe)} V_m$$

ت.ع:

$$V_1 = \frac{3}{56} \times 24$$

$$V_1 = 1{,}28L$$

4- حسب الجدول الوصفي كمية مادة الحمض البدئية تساوي :

$$n_i(H^+) = CV = 1 \times 0{,}2 = 0{,}2mo\ell$$

كمية مادة الحديد البدئية :

$$n_i(Fe) = \frac{m}{M(Fe)} = \frac{3}{56} = 5{,}36.10^{-2}mo\ell$$

لنقارن $n_i(Fe)$ و $\frac{n_i(H^+)}{2} = 0{,}1mo\ell$

نلاحظ أن :

$$\frac{n_i(H^+)}{2} > n_i(Fe)$$

ومنه فإن الحمض موجود بوفرة .

5- 6.1- اسم الراسب المتكون هو هيدروكسيد الحديد II صيغته $Fe(OH)_{2(s)}$.

6.2- معادلة التفاعل :

$$Fe^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{2(S)}$$

6.3- حساب كتلة الراسب :

حسب معادلة تفاعل الترسيب: $n(Fe^{2+}) = n(Fe(OH)_2$

حسب الجدول الوصفي :

$$n(Fe^{2+}) = x_{max}$$

من جهة أخرى :

$$n(Fe(OH)_2 = \frac{m((Fe(OH)_2)}{M((Fe(OH)_2)}$$

نحصل على :

$$m((Fe(OH)_2) = x_{max}M(Fe(OH)_2)$$

ت.ع:

$$m((Fe(OH)_2) = 5{,}36.10^{-2}mo\ell \times \left(56 + 2 \times (1 + 16)\right)$$

$$m((Fe(OH)_2) = 8{,}52g$$

تمرين 4 :

1- إمكانية حدوث التفاعل :
يمكن أن يحدث تفاعل أكسدة اختزال بين أيونات ثيوكبريتات $S_2O^{2-}_{3(aq)}$ التي تلعب دور المختزل و ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ التي تلعب دور المؤكسد .

2- نصف المعادلة الإلكترونية :

- بالنسبة للمزدوجة $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$:

$$I_{2(aq)} + 2é \rightleftarrows 2I^-_{(aq)}$$

- بالنسبة للمزدوجة $S_4O^{2-}_{6(aq)}/S_2O^{2-}_{3(aq)}$:

$$2S_2O_{3(aq)}^{2-} \rightleftarrows 2S_4O_{6(aq)}^{2-} + 2é$$

➢ المعادلة الحصيلة :

$$2S_2O_{3(aq)}^{2-} + I_{2(aq)} \rightarrow S_4O_{6(aq)}^{2-} + 2I_{(aq)}^{-}$$

3- تفسير الملاحظة:

يختفي لون المحلول تدريجيا لأن ثنائي اليود I_2الملون للمحلول تستهلك تدريجيا ، حتى يصبح المحلول عديم اللون عند الإستهلاك الكلي ل I_2 .

جدول التقدم :

معادلة التفاعل	$2S_2O_{3(aq)}^{2-} + I_{2(aq)} \rightarrow S_4O_{6(aq)}^{2-} + 2I_{(aq)}^{-}$				
الحالة	التقدم	كميات المادة بالمول			
البدئية	0	0	0	$n_i(I_2)$	$n_i(S_2O_3^{2-})$
الوسيطية	x	$2x$	x	$n_i(I_2) - x$	$n_i(S_2O_3^{2-}) - 2x$
النهائية	x_{max}	$2x_{max}$	x_{max}	$n_i(I_2) - x_{max}$	$n_i(S_2O_3^{2-}) - 2x_{max}$

عند الإختفاء الكلي ل I_2 نكتب :

$$n_i(I_2) = x_{max} \Leftarrow n_i(I_2) - x_{max} = 0$$

$$n_i(S_2O_3^{2-}) - 2x_{max} = 0$$

$$n_i(S_2O_3^{2-}) = 2x_{max}$$

$$x_{max} = n_i(I_2) = \frac{n_i(S_2O_3^{2-})}{2}$$

$$C_2V_2 = \frac{C_1V_1}{2}$$

$$V_1 = \frac{2C_2V_2}{C_1}$$

ت.ع:

$$V_1 = \frac{2 \times 1{,}85.10^{-3} \times 10}{1{,}48.10^{-3}}$$

$$V_1 = 25mL$$

تمرين 5 :

1- أ- بالنسبة للمزدوجة $MnO_4^-/Mn_{(aq)}^{2+}$:

$$MnO_{4(aq)}^- + 8H_{(aq)}^+ + 5é \rightleftarrows Mn_{(aq)}^{2+} + 4H_2O_{(\ell)} \quad (1)$$

بالنسبة للمزدوجة $CO_{2(g)}/H_2C_2O_{4(aq)}$:

$$H_2C_2O_{4(aq)} \rightleftarrows 2CO_{2(g)} + 2H_{(aq)}^+ + 2é \quad (2)$$

ت-معادلة تفاعل أكسدة اختزال :

نجمع المعادلتين الإلكترونيتين طرفا بطرف بعد ضرب (1) في 2 و (2) في 5 بعد الإختزال نحصل على المعادلة الحصيلة :

$$2MnO_{4(aq)}^- + 5H_2C_2O_{4(aq)} + 6H_{(aq)}^+ \longrightarrow 2Mn_{(aq)}^{2+} + 10CO_{2(g)} + 8H_2O_{(\ell)}$$

2- كمية مادة أيونات $MnO_{4(aq)}^-$ البدئية الموجودة في في الحجم 25mL هي :

$$n_i(MnO_{4(aq)}^-) = C_OV_O$$

$$n_i(MnO_{4(aq)}^-) = 0{,}01 \times 25.10^{-3}$$

$$n_i(MnO_{4(aq)}^-) = 2{,}5.10^{-4} mo\ell$$

-كمية مادة جزيئات حمض الأوكساليك $H_2C_2O_{4(aq)}$ البدئية المتواجدة في الحـــجـــم 20mL هي:

$$n_i(H_2C_2O_{4(aq)}) = C_rV_r$$

$$n_i(H_2C_2O_{4(aq)}) = 0{,}1 \times 2.10^{-3}$$

$$n_i(H_2C_2O_{4(aq)}) = 2.10^{-4} mo\ell$$

3- الجدول الوصفي :

نقتصر على كتابة المتفاعلات فقط :

معادلة التفاعل			$6H^+_{(aq)} \longrightarrow$	$5H_2C_2O_{4(aq)} +$	$2MnO^-_{4(aq)} +$
الحالة	التقدم	كميات المادة بالمول			
البدئية	0	وفير		$n_i(H_2C_2O_{4(aq)})$	$n_i(MnO^-_{4(aq)})$
الوسيطية	x	وفير		$n_i(H_2C_2O_{4(aq)}) - 5x$	$n_i(MnO^-_{4(aq)}) - 2x$
النهائية	x_{max}	وفير		$n_i(H_2C_2O_{4(aq)}) - 5x_{max}$	0 متفاعل محد

لدينا :

$$2{,}5.10^{-4} - 2x_{max} = 0$$

$$x_{max} = 1{,}25.10^{-4} mo\ell$$

4- تركيز أيونات $MnO^-_{4(aq)}$ قبل التفاعل :

$$[MnO_4^-] = \frac{n_i(MnO^-_{4(aq)})}{V}$$

مع V الحجم الكلي للمحلول :

$$V = 25 + 20 + 5 = 50mL$$

$$[MnO_4^-] = \frac{2{,}5.10^{-4} mo\ell}{50.10^{-3} L}$$

$$[MnO_4^-] = 5.10^{-3} mo\ell.L^{-1}$$

تمرين 6:

1- المزدوجة الثانية : $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$

نصف معادلة المزدوجتين :

$$I^-_{(aq)} \rightleftarrows I_{2(aq)}$$
$$2I^-_{(aq)} \rightleftarrows I_{2(aq)}$$
$$2I^-_{(aq)} \rightleftarrows I_{2(aq)} + 2é$$

نصف معادلة المزدوجة : $C\ell O^-{}_{(aq)}/C\ell^-{}_{(aq)}$

$$C\ell O^-{}_{(aq)} \rightleftarrows C\ell^-{}_{(aq)}$$
$$C\ell O^-{}_{(aq)} \rightleftarrows C\ell^-{}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$
$$C\ell O^-{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightleftarrows C\ell^-{}_{(aq)} + H_2O$$
$$C\ell O^-{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2é \rightleftarrows C\ell^-{}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

2- المعادلة الحصيلة :

نصف معادلة الاختزال :

$$C\ell O^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2é \rightleftarrows C\ell^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

نصف معادلة الأكسدة :

$$2I^-_{(aq)} \rightleftarrows I_{2(aq)} + 2é$$

المعادلة الحصيلة:

$$C\ell O^-_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow C\ell^-_{(aq)} + I_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

3- نستعمل حمض الكبريتيك المكز لتوفير لأيةنات H^+ ، لأن التفاعل يستوجب وسط حمضي لكي يتم .

4- الجدول الوصفي للتفاعل :

معادلة التفاعل	$C\ell O^-_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow C\ell^-_{(aq)} + I_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)}$						
المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول					
البدئية	0	وفير	0	0	وفير		6.10^{-2}	4.10^{-2}
الوسيطية	x	وفير	x	x	وفير		$6.10^{-2} - x$	$4.10^{-2} - x$
النهائية	x_{max}	وفير	x_{max}	x_{max}	وفير		$6.10^{-2} - 2x_{max}$	$4.10^{-2} - x_{max}$

حساب التقدم الأقصى :

$$\begin{cases} 4.10^{-2} - x_{max1} = 0 \\ 6.10^{-2} - 2x_{max2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{max1} = 4.10^{-2} mo\ell \\ x_{max2} = 3.10^{-2} mo\ell \end{cases}$$

$$\Rightarrow x_{max2} < x_{max1}$$

المتفاعل المحد هو $I^-_{(aq)}$و التقدم الأقصى هو $x_{max} = 3.10^{-2} mo\ell$

5- الحصيلة الكيميائية لكمية المادة عند نهاية التفاعل :

$$\boldsymbol{n_f(C\ell O^-) = 4.10^{-2} - x_{max} = 10^{-2} mo\ell}$$
$$\boldsymbol{n_f(I^-) = 6.10^{-2} - 2x_{max} = 0}$$
$$\boldsymbol{n_f(C\ell^-) = n_f(I_{2(aq)}) = x_{max} = 3.10^{-2} mo\ell}$$

تمرين 7:

1- المزدوجتان المتفاعلتان هما : $Sn^{2+}_{(aq)}/Sn_{(s)}$ و $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$

2- المعادلتان الإلكترونيتان :
بالنسبة للمزدوجة $Sn^{2+}_{(aq)}/Sn_{(s)}$:

$$Sn_{(s)} \rightleftarrows Sn^{2+}_{(aq)} + 2é$$

بالنسبة للمزدوجة $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$:

$$2H_3O^+_{(aq)} + 2é \rightleftarrows 2H_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

3- المعادلة الحصيلة :

$$Sn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2H_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

4- الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	$Sn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2H_{2(g)} + H_2O_{(l)}$					
حالة المجموعة	التقدم	كميلت المادة ب mol				
البدئية	0	وفير	0	0	$n_i(H_3O^+)$	$n_i(Sn)$
الوسيطية	x	وفير	x	$2x$	$n_i(H_3O^+) - 2x$	$n_i(Sn) - x$
النهائية	x_{max}	وفير	x_{max}	$2x_{max}$	$n_i(H_3O^+) - 2x_{max}$	$n_i(Sn) - x_{max}$

4.1- كتلة الفلز المتوضع :

عند نهاية التفاعل يختفي القصدير كليا ومنه :

$n_i(Sn) - x_{max} = 0$ أي : $n_i(Sn) = x_{max}$
كما أن:

$$n_f(H_2) = 2x_{max}$$

نعلم أن :

$$\begin{cases} n_i(Sn) = \dfrac{m}{M(Sn)} \\ n_f(H_2) = \dfrac{v}{V_m} \end{cases} \Rightarrow \frac{2m}{M(Sn)} = \frac{v}{V_m}$$

$$m = \frac{v.M(Sn)}{2V_m}$$

ت.ع:

$$m = \frac{153.10^{-3} \times 118,7}{2 \times 24}$$

$$m = 0,378g$$

4.2- حساب النسبة المئوية الكتلية للنحاس والبرونز في الأشابة :

$$\%(Sn) = \frac{m(Sn)}{m} = \frac{0,378}{3} = 12,6\%$$

$$\%(Cu) = \frac{m - m(Sn)}{m} = 1 - \frac{m(Sn)}{m} = 87,4\%$$

تمرين 8 :

1- يتم إبراز وجود الألومنيوم في محلول بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ، إذ يتكون راسب أبيض قابل الذوبان في وفرة الصودا (هيدروكسيد الصوديوم).
يتم الكشف عن ثنائي الهيدروجين بكونه يحدث تفرقعا بالقرب من لهب .

2- تفاعل أكسدة اختزال .

3- معادلة تفاعل أكسدة –اختزال :

$$2A\ell_{(S)} + 6H_3O^+_{(aq)} \rightarrow 2A\ell^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

المؤكسد هو H_3O^+ والمختزل هو $A\ell$.

4- حساب كمية المادة لكل من المتفاعلين :

$$n_i(A\ell) = \frac{m}{M(A\ell)} = \frac{0,135}{27} = 5.10^{-3}mo\ell$$
$$n_i(H_3O^+) = C.V = 0,02 \times 0,05 = 10^{-3}mo\ell$$

5- الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	$2A\ell_{(S)} + 6H_3O^+_{(aq)} \rightarrow 2A\ell^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$					
حالة المجموعة	التقدم	كميلت المادة ب $mo\ell$				
البدئية	0	وفير	0	0	$n_i(H_3O^+)$	$n_i(A\ell)$
الوسيطية	x	وفير	$3x$	$2x$	$n_i(H_3O^+) - 6x$	$n_i(A\ell) - 2x$
النهائية	x_{max}	وفير	$3x_{max}$	$2x_{max}$	$n_i(H_3O^+) - 6x_{max}$	$n_i(A\ell) - 2x_{max}$

*إذا كان $A\ell$ هو المتفاعل المحد فإن :

$$n_i(A\ell) - 2x_{max1} = 0$$

$$x_{max1} = \frac{n_i(A\ell)}{2} = \frac{5.10^{-3}mo\ell}{2} = 2{,}5.10^{-3}mo\ell$$

*إذا كان H_3O^+ هو المتفاعل المحد فإن :

$$n_i(H_3O^+) - 6x_{max2} = 0$$

$$x_{max2} = \frac{n_i(H_3O^+)}{6} = \frac{10^{-3}mo\ell}{6} = 1{,}67.10^{-4}mo\ell$$

* نلاحظ أن : $x_{max2} < x_{max1}$

وبالتالي يكون التقدم الأقصى هو $x_{max} = 1{,}67.10^{-4}mo\ell$ والمتفاعل المحد هو H_3O^+ .

6- حصيلة المادة عند نهاية التفاعل :

$$n_f(A\ell) = n_i(A\ell) - 2x_{max} = 5.10^{-3}mo\ell - 2 \times 1{,}67.10^{-4}mo\ell$$

$$n_f(A\ell) = 4{,}67.10^{-3}mo\ell$$

$n_f(H_3O^+) = 0$ لأن H_3O^+ متفاعل محد .

$$n_i(A\ell^{3+}) = 2x_{max} = 2 \times 1{,}67.10^{-4}mo\ell = 3{,}34.10^{-4}mo\ell$$

$$n_f(H_2) = 3x_{max} = 3 \times 1{,}67.10^{-4}mo\ell = 5{,}01.10^{-4}mo\ell$$

7- حساب تركيز أيونات الألومنيوم :

$$[A\ell^{3+}] = \frac{n_f(A\ell^{3+})}{V} = \frac{3{,}34.10^{-4} mo\ell}{0{,}02L} = 1{,}67.10^{-2} mo\ell.L^{-1}$$

8- حساب $V(H_2)$ حجم ثنائي الهيدروجين المتصاعد :

نعتب غاز ثناي الهيدروجين ونطبق معادلة الغازات الكاملة :

$$P.V(H_2) = n_f(H_2).R.T$$

$$V(H_2) = \frac{n_f(H_2).R.T}{P}$$

ت.ع:

$$V(H_2) = \frac{5{,}01.10^{-4} mo\ell \times ,314(273+25)}{10^5}$$

$$V(H_2) = 1{,}24.10^{-5} m^3 = 12{,}4mL$$

تمرين 9:

1- بمأن محلول ممض النتريك مركز ،فيجب تفادي لمسه باليد (أي يجب استعمال القفازين) ، كما أن غاز أحادي اوكسيد الأزوت غاز خانق فيجب تفادي استنشاقه .

زرقة المحلول ناتج عن تكون أيونات النحاس II .

2- المزدوجتان المتفاعلتان هما :

$$NO_{3(aq)}^{-}/NO_{(g)} \quad \text{و} \quad {Cu^{2+}}_{(aq)}/Cu_{(S)}$$

نصف المعادلة الالكترونية للمزدوجة : ${Cu^{2+}}_{(aq)}/Cu_{(S)}$

$$Cu_{(S)} \rightleftarrows {Cu^{2+}}_{(aq)} + 2é$$

نصف المعادلة الالكترونية للمزدوجة: $NO_{3(aq)}^{-}/NO_{(g)}$

$$2NO_{3(aq)}^{-} + 3Cu_{(S)} + 8H_{(aq)}^{+} \rightarrow 2NO_{(g)} + 4H_2O_{(\ell)} + NO_{(g)}$$

3- المعادلة الحصيلة :

$$3 \times (Cu_{(S)} \rightleftarrows Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2é)$$

$$2 \times (2NO^-_{3(aq)} + 3Cu_{(S)} + 8H^+_{(aq)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 4H_2O_{(\ell)} + NO_{(g)})$$

$$2NO^-_{3(aq)} + 3Cu_{(S)} + 8H^+_{(aq)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 3Cu^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(\ell)}$$

المؤكسد هو $NO^-_{3(aq)}$ والمختزل هو $Cu_{(S)}$.

4- جدول التقدم :

حساب كميات المادة البدئية للمتفاعلان :

$$n_i(Cu) = \frac{m}{M(Cu)} \frac{6{,}35.10^{-3}}{63{,}5} = 10^{-4} mo\ell$$
$$n_i(NO_3^-) = n_i(H^+) = C.V = 0{,}5 \times 0{,}2 = 0{,}1 mo\ell$$

معادلة التفاعل	$2NO^-_{3(aq)} + 3Cu_{(S)} + 8H^+_{(aq)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 3Cu^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(\ell)}$						
المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول					
البدئية	0	وفير	0	0	$0{,}1$	10^{-4}	$0{,}1$
الوسيطية	x	وفير	$3x$	$2x$	$0{,}1 - 8x$	$10^{-4} - 3x$	$0{,}1 - 2x$
النهائية	x_{max}	وفير	$3x_{max}$	$2x_{max}$	$0{,}1 - 8x_{max}$	$10^{-4} - 3x_{max}$	$0{,}1 - 2x_{max}$

يمثل Cu المتفاعل المحد نكتب :

$$n_f(Cu) = 10^{-4} - 3x_{max} = 0$$
$$x_{max} = \frac{10^{-4}}{3} = 3{,}33.10^{-5} mo\ell$$
$$n_f(NO_3^-) = 0{,}1 - 2x_{max} = 0{,}1 - 6{,}66.10^{-5}$$

$$\boldsymbol{n_f(NO_3^-) = 99{,}93.10^{-3} mo\ell}$$
$$\boldsymbol{n_f(Cu) = 0}$$
$$\boldsymbol{n_f(H^+) = 0{,}1 - 8x_{max} = 9{,}97.10^{-2} mo\ell}$$
$$\boldsymbol{n_f(Cu^{2+}) = 3x_{max} = 9{,}99.10^{-5} mo\ell}$$

$$\boldsymbol{n_f(NO) = 2x_{max} = 6,66.10^{-5} mol}$$

5- حسلب تركيز أيونات النترات :

$$[NO_3^-] = \frac{n_f(NO_3^-)}{V} = \frac{99,93.10^{-3} mol}{0,2L}$$

$$[NO_3^-] = 0,50 mol/L$$

6- حجم الغاز المتصاعد V(NO) :

$$n_f(NO) = \frac{V(NO)}{V_m} \Rightarrow$$

$$V(NO) = n_f(NO).V_m = 6,66.10^{-5} mol \times \frac{24L}{mol}$$

$$V(NO) = 1,60.10^{-3} L = 1,60mL$$