

تمرين 1 - كتابة أنصاف معادلات إلكترونية

أكتب أنصاف المعادلات الإلكترونية للمزدوجات مؤكسد-مختزل التالية:

$Fe^{2+}/Fe$	$Al^{3+}/Al$	$Na^{+}/Na$
$H^{+}/H_2$	$Fe^{3+}/Fe^{2+}$	$I_2/I^{-}$

الحل

$Fe^{2+}(aq) + 2e^{-} = Fe(s)$	$Al^{3+}(aq) + 3e^{-} = Al(s)$	$Na^{+}(aq) + e^{-} = Na(s)$
$2H^{+}(aq) + 2e^{-} = H_2(g)$	$Fe^{3+}(aq) + e^{-} = Fe^{2+}(aq)$	$I_2(aq) + 2e^{-} = 2I^{-}(aq)$

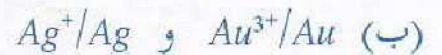
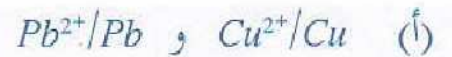
تمرين 2 - تعرف المزدوجات مؤكسد-مختزل

حدد المزدوجتين المتفاعلتين في كل معادلة من معادلات التفاعلات التالية:



الحل

اصطلاحا يكتب المؤكسد على اليسار والمختزل على اليمين.



### تمرين 3 تعرف مزدوجتين أكسدة-اختزال

1- نعتبر المعادلة الكيميائية التالية، غير متوازنة:



وازن هذه المعادلة.

2- حدد المزدوجتين المتفاعلتين واستنتج نصفي المعادلتين الإلكترونييتين الموافقتين.

## الحل

### 1- موازنة المعادلة:

يؤخذ بعين الاعتبار خلال موازنة معادلة كيميائية انحفاظ الذرات والشحن.

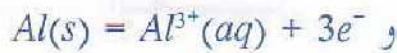


### 2- المزدوجتان ونصفا المعادلتين:

• خلال هذا التفاعل يُختزل الأيون  $Cr^{2+}$  إلى الفلز  $Cr$  وبالتالي تكون المزدوجة الموافقة هي:  $Cr^{2+}/Cr$ .

• يُؤكسد الفلز  $Al$  إلى الأيون  $Al^{3+}$  وبالتالي تكون المزدوجة الموافقة هي:  $Al^{3+}/Al$ .

• إذاً نصفا المعادلتين الموافقتين للمزدوجتين هما:



### تمرين 4 ترتيب مزدوجات مؤكسد-مختزل

نعطي المعادلات الحصيلة، غير متوازنة، لتفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:



وازن هذه المعادلة.

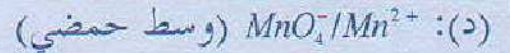
## الحل

موازنة المعادلات:



تمرين 5 - موازنة معادلة تفاعل أكسدة-اختزال في وسط حمضي أو قاعدي

وازن، في وسط حمضي أو قاعدي، أنصاف المعادلات الإلكترونية للمزدوجات مؤكسد-مختزل التالية:

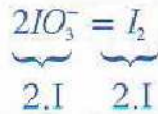


## الحل

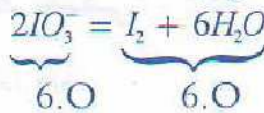
يعتمد مبدأ انحفاظ المادة والشحن لموازنة نصف المعادلة الإلكترونية.

(أ):  $IO_3^-/I_2$  في وسط حمضي:

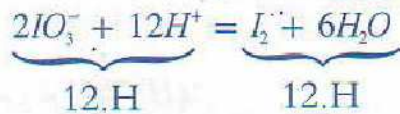
- انحفاظ عنصر اليود:



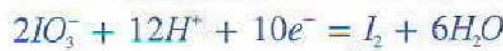
- انحفاظ عنصر الأوكسيجين (بالماء  $H_2O$ ):



- انحفاظ عنصر الهيدروجين (بالبروتونات  $H^+$ ):

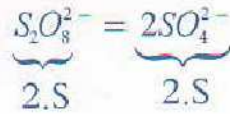


- انحفاظ الشحن (بالإلكترونات  $e^-$ ):

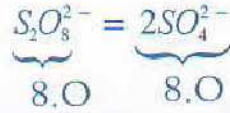


(ب): المزدوجة  $S_4O_8^{2-}/SO_4^{2-}$  في وسط حمضي:

- انحفاظ عنصر الكبريت:



- انحفاظ عنصر الأوكسيجين:

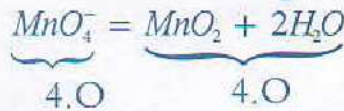


- انحفاظ الشحن (بالإلكترونات  $e^-$ ):

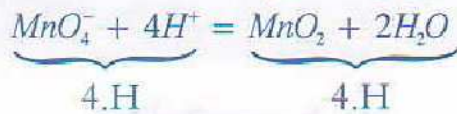


(ج): المزدوجة  $MnO_4^-/MnO_2$  في وسط قاعدي:

- انحفاظ عنصر الأوكسيجين (بالماء  $H_2O$ ):



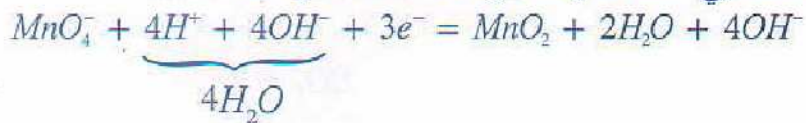
- انحفاظ عنصر الهيدروجين (بالبروتونات  $H^+$ ):



- انحفاظ الشحن (بالإلكترونات  $e^-$ ):

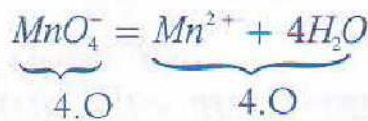


- الحياد الحمضي-القاعدي للأيونات  $H^+$  بالأيونات  $OH^-$ .



(د): المزدوجة  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  في وسط حمضي:

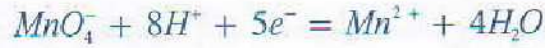
- انحفاظ عنصر الأوكسيجين (بالماء  $H_2O$ ):



- انحفاظ عنصر الهيدروجين (بالبروتونات  $H^+$ ):



- انحفاظ الشحنة (بالإلكترونات  $e^-$ ):



### تمرين 6 - تفضيض النحاس

نغمر قطعة نحاسية في محلول نترات الفضة، فنلاحظ أن قطعة النحاس تُكسى تدريجياً بقشرة فلزية رمادية ويأخذ المحلول لوناً أزرق.

1- أعط الصيغة الكيميائية لمحلول نترات الفضة.

2- حدد متفاعلات ونواتج هذا التفاعل.

3- ما المزدوجتان مؤكسد-مختزل الداخلتان في هذا التفاعل؟

4- اكتب نصفي المعادلتين، ثم المعادلة الحاصلة لهذا التفاعل.

### الحل

1- الصيغة الكيميائية لمحلول نترات الفضة:

يحتوي محلول نترات الفضة على أيونات  $Ag^+$  و  $NO_3^-$  إذن صيغته:  $(Ag^+ + NO_3^-)$ .

2- المتفاعلات والنواتج:

- المتفاعلات: أيون الفضة  $Ag^+$  وفلز النحاس  $Cu$ .

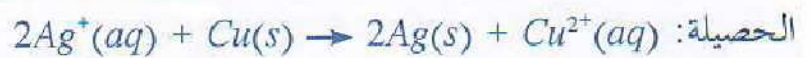
- الناتجان: فلز الفضة المتوضع  $Ag$  وأيون النحاس  $Cu^{2+}$ .

3- المزدوجتان مؤكسد-مختزل:



4- نصفا المعادلتين والمعادلة الحاصلة:

يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة من طرف المختزل مساوي لعدد الإلكترونات التي يكتسبها المؤكسد.



مختزل مؤكسد

## تمرين 7 - تأثير حمض الكلوريدريك على فلز

نضع حبيبات الزنك في أنبوب اختبار ونضيف إليها محلول حمض الكلوريدريك، فنلاحظ تصاعد غاز يعطي فرقعة عند تقريب عود ثقاب مشتعل من فوهة الأنبوب.

- 1- ما اسم الغاز المتصاعد؟
- 2- حدّد المزدوجتين اللتين تدخلان في هذا التفاعل.
- 3- اكتب نصفي المعادلتين الإلكترونية والمعادلة الحصيلة لهذا التفاعل.

## الحل

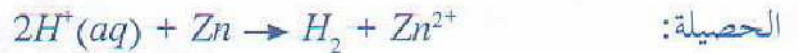
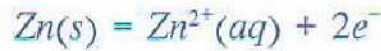
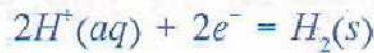
1- الغاز المتصاعد:

هو غاز ثنائي الهيدروجين  $H_2$ .

2- المزدوجتان مؤكسد-مختزل:



3- نصفا المعادلتين والمعادلة الحصيلة:



## تمرين 8 - صفيحة الرصاص داخل محلول كبريتات النحاس

1- لتحضير محلول مائي لملح كبريتات النحاس، نقيس  $5,150g$  من بلورات كبريتات النحاس المميّه ذي الصيغة  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  وذو كتلة مولية  $M=249,5g \cdot mol^{-1}$ ، ونذيه في الماء المقطر للحصول على حجم  $V=500mL$  من المحلول.

ما التركيز المولي  $C$  لهذا المحلول؟

2- نأخذ حجما  $V_1=50mL$  من هذا المحلول ونغمر فيه صفيحة من الرصاص  $Pb$  كتلتها البدئية  $m_0=23,246g$ . عند نهاية التفاعل، بعد مرور مدة زمنية معينة، نلاحظ توضع فلز واختفاء اللون الأزرق للمحلول المحضر كليا.

2.1- اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث.

2.2- حدّد الكتلة  $m$  للرصاص المستهلك خلال هذا التفاعل.

2.3- ما الكتلة  $m'$  للفلز المتكون؟

2.4- استنتج الكتلة  $m_r$  للجزء المتبقي من صفيحة الرصاص.  
نعطي:  $M(Pb)=207,2g.mol^{-1}$  و  $M(Cu)=63,5g.mol^{-1}$

## الحل

### 1- التركيز المولي C:

تحتوي الكتلة  $m_{sel}=5,150g$  لبلورات كبريتات النحاس ذات الكتلة المولية  $M=249,5g.mol^{-1}$  على كمية المادة  $n_{sel} = \frac{m_{sel}}{M}$

وبالتالي يكون تركيز المحلول المحضر هو:  $C = \frac{n_{sel}}{V} = \frac{m_{sel}}{V.M}$

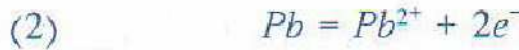
تطبيق عددي:  $C = \frac{5,15}{0,5 \times 249,5}$  أي  $C=0,041mol.l^{-1}$

### 2.1- معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال:

• الأيون  $Cu^{2+}$  هو المؤكسد للمزدوجة  $Cu^{2+}/Cu$  الذي يوافق نصف المعادلة:



• فلز الرصاص  $Pb$  هو المختزل للمزدوجة  $Pb^{2+}/Pb$  الذي يوافق نصف المعادلة:



نستنتج من نصفي المعادلتين (1) و (2) المعادلة الحصيلة للأكسدة والاختزال:



### 2.2- الكتلة m للرصاص المستهلك:

- لنحدد كمية مادة الرصاص البدئية :

لتكن  $n_0$  كمية المادة البدئية لصفيحة الرصاص ذات الكتلة  $m_0=23,240g$

$$n_0 = \frac{m_0}{M(Pb)} = \frac{23,246}{207,2} \approx 0,112mol$$

- لنحدد كمية مادة أيونات  $Cu^{2+}$  البدئية :

في الحجم  $V_1=50mL=0,05L$  من المحلول السابق نجد:

$n_1=C.V_1=0,041 \times 0,05=2.10^{-3}mol$  من الملح  $5H_2O, CuSO_4$  التي تذوب حسب الحصيلة:

الحصيلة	$CuSO_4, 5H_2O \rightarrow Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 5H_2O$			
الحالة البدئية	$n_1$	0	0	-
الحالة النهائية	0	$n_1$	$n_1$	-

إذا يحتوي المحلول على  $n_1 = 2.10^{-3} \text{ mol}$  من الأيونات  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ .  
- الجدول الوصفي لتفاعل الأكسدة والإختزال:

معادلة التفاعل		$\text{Cu}^{2+} + \text{Pb} \rightarrow \text{Cu} + \text{Pb}^{2+}$			
	التقدم	$n(\text{Cu}^{2+})(\text{mol})$	$n(\text{Pb})(\text{mol})$	$n(\text{Cu})(\text{mol})$	$n(\text{Pb}^{2+})(\text{mol})$
الحالة البدئية	0	$2.10^{-3}$	0,112	0	0
خلال التطور	$x$	$2.10^{-3} - x$	$0,112 - x$	$x$	$x$
الحالة النهائية	$x_{\text{max}}$	$2.10^{-3} - x_{\text{max}}$	$0,112 - x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$

لدينا:  $m(\text{Pb}) = n(\text{Pb}) \times M(\text{Pb})$  مع كمية مادة الرصاص المستهلكة.

وحسب الجدول  $n(\text{Pb}) = x_{\text{max}}$  وبالتالي  $m(\text{Pb}) = x_{\text{max}} \cdot M(\text{Pb})$

• لنحدد  $x_{\text{max}}$ :

الاختفاء الكلي للون الأزرق للمحلول عند نهاية التفاعل يعني اختفاء كلياً للأيونات  $\text{Cu}^{2+}$ ، إذا  $\text{Cu}^{2+}$

هو المتفاعل المحدد، حيث نكتب:  $2.10^{-3} - x_{\text{max}} = 0$  ومنه  $x_{\text{max}} = 2.10^{-3} \text{ mol}$

• وبالتالي كتلة الرصاص المستهلكة هي:  $m(\text{Pb}) = 2.10^{-3} \times 207,2$  ;  $m(\text{Pb}) = 0,414 \text{ g}$ .

2.3- الكتلة  $m'$  للفلز المتكون:

الفلز المتكون هو النحاس، كمية المادة المتكونة من هذا الفلز هي:  $n(\text{Cu}) = x_{\text{max}}$

وكتلته  $m(\text{Cu}) = x_{\text{max}} \times M(\text{Cu})$

أي  $m(\text{Cu}) = 2.10^{-3} \times 63,5$  ;  $m(\text{Cu}) \approx 0,127 \text{ g}$

2.4- الكتلة  $m_r$  للرصاص المتبقي:

• الكتلة البدئية لصفحة الرصاص هي:  $m_0 = 23,246 \text{ g}$ .

• كتلة الرصاص  $\text{Pb}$  التي تحولت إلى أيونات  $\text{Pb}^{2+}$  هي:  $m = 0,414 \text{ g}$

إذاً الكتلة المتبقية هي:  $m_r = m_0 - m$

أي:  $m_r = 23,246 - 0,414 \text{ g}$  ;  $m_r = 22,832 \text{ g}$