



General and Inorganic Chemistry
Chapter 5

تفاعلات الأكسدة والإرجاع

Oxidation – Reduction Reaction

Oxidation

Reduction



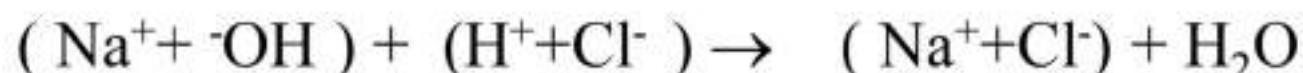
د. زهير فواخرجي / الجامعة السورية الخاصة / كلية الصيدلة
(2020/2021)

Syrian private university / Faculty of Pharmacy

تُقسم التفاعلات الكيميائية إلى قسمين رئيسيين :

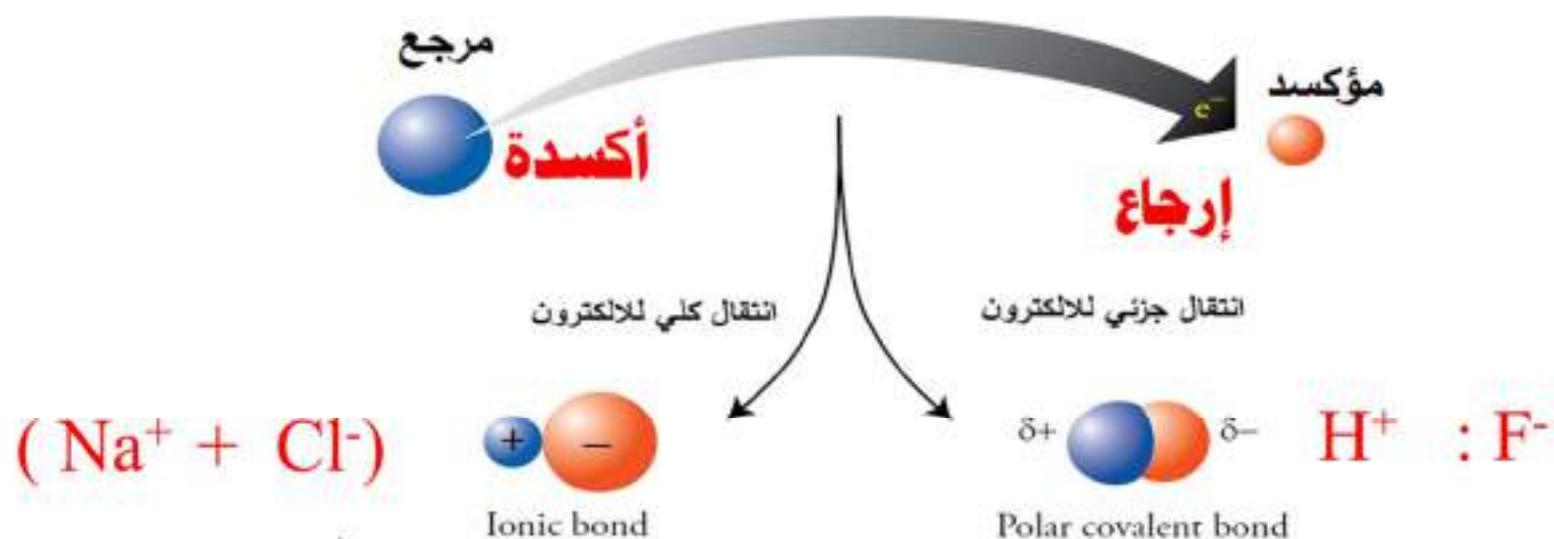
- 1 - تفاعلات لا يتم فيها انتقال الإلكترونات .
- 2 - تفاعلات يتم فيها انتقال الإلكترونات كلياً أو جزئياً.

نلاحظ في القسم الأول لا يتم فيها انتقال الإلكترونات . وتبقى أعداد التأكسد جميعها دون تغيير فمثلاً عند تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع حمض هيدروكلوريك :



أما تفاعلات القسم الثاني

والتي يتم فيها انتقال للإلكترونات جزئياً أو كلياً نتيجة الفرق بالكهرباء المئوية فتدعى بتفاعلات الأكسدة والرجاء . والانتقال الجزئي للإلكترونات يشكل المركبات القطبية ، والانتقال الكلي للإلكترونات يشكل المركبات الأيونية مثل NaCl , HCl , H_2O ... الخ



الأكسدة

oxidation

- **الأكسدة** هي فقد العنصر إلكترونًا أو أكثر ، أو هي الزيادة في عدد أكسدة العنصر

الإرجاع

reduction

- الإرجاع هو اكتساب العنصر إلكترونًا أو أكثر ، أو هو النقص عدد أكسدة العنصر.
- "عملية الأكسدة والإرجاع تحدثان معاً في تفاعل واحد (بشكل متزامن)"**

العامل المؤكسد

oxidizing agent

- هي المادة التي تحدث لها عملية إرجاع و تكتسب إلكترونًا أو أكثر و تؤكسد مادة أخرى تتفاعل معها.

العامل المرجع

reducing agent

- هي المادة التي تحدث لها عملية أكسدة تفقد إلكترونًا أو أكثر و ترجع مادة أخرى تتفاعل معها.

مصطلحات الأكسدة و الإرجاع

المصطلح	التغير في عدد الأكسدة	التغير في عدد الإلكترونات
الأكسدة	يزداد	فقد إلكترونات
الإرجاع	يقل	كسب إلكترونات
عامل مؤكسد	يقل	كسب إلكترونات
العامل المرجع	يزداد	فقد إلكترونات

العنصر الذي يكون ميله أكبر لفقد إلكترونات، ويكون عامل مرجع قوي

Oxidation Number

- 1 - عدد الأكسدة للعنصر الحر يساوي الصفر دوماً سواء وجد على شكل ذرة أم جزيئة بسيطة.
- 2 - عدد الأكسدة للشوارد أحادية الذرة يساوي إلى الشحنة التي تحملها هذه الشوارد . في الشوارد القلوية Na^+ ، Li^+ ... الخ يكون عدد الأكسدة $(+1)$ وفي شوارد المعادن القلوية المترابية Mg^{+2} ،
 Be^{+2} ... الخ يكون عدد الأكسدة $(+2)$. وفي العناصر التي تشكل شوارد متعددة مثل Mn فيكون $(+2)$ في Mn^{+2} و $(+4)$ في Mn^{+4} .
- 3 - عدد الأكسدة للهيدروجين في جميع مركباته يساوي $(+1)$ باستثناء هيدريدات المعادن الملحيه (مع المعادن القلوية والقلوية المترابية) حيث يكون عدد الأكسدة له في هذه المركبات يساوي (-1) .
- 4 - عدد الأكسدة للأكسجين في مركباته يساوي (-2) باستثناء مركبات فوق الأكسيد فيكون عدد الأكسدة له في المركبات السابقة يساوي (-1) .
- 5 - مجموع أعداد الأكسدة لجميع ذرات جزيء معتمل متساوٍ لصفر.
- 6 - مجموع أعداد الأكسدة لجميع ذرات شاردة معقدة متساوٍ لشحنة الشاردة

أمثلة في تحديد عدد الأكسدة:

أحسب عدد أكسدة الكبريت في حمض الكبريت H_2SO_4
مجموع أرقام الأكسدة للذرات في المركب H_2SO_4 يساوي الصفر ومنه:

$$2 \times (+1) + x + 4 \times (-2) = 0$$

$$x = +6$$

عدد أكسدة الكبريت في حمض الكبريت = 6

أحسب عدد أكسدة Mn في شاردة البرمنغمانات MnO_4^-
مجموع أرقام الأكسدة للذرات في الشاردة MnO_4^- يساوي -1 ومنه:

$$x + 4 \times (-2) = -1$$

$$x = +7$$

عدد أكسدة Mn في شاردة البرمنغمانات = 7

• تحديد عدد الأكسدة لكل مما يلي

- 1) N in NO_3^-
- 2) C in CO_3^{2-}
- 3) Cr in CrO_4^{2-}
- 4) Cr in $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

- 5) Fe in Fe_2O_3
- 7) V in VO_2^+
- 8) Mn in MnO_4^-
- 9) Mn in MnO_4^{2-}

موازنة المعادلات الكيميائية في تفاعلات الأكسدة والرجاء:

تعتمد موازنة المعادلات الكيميائية في تفاعلات الأكسدة والرجاء على قاعدة التوازن في عدد الإلكترونات الموكسد والمراجع والتي تنص على: "أن عدد الإلكترونات المزاحمة جزئياً أو كلياً من عنصر ما تساوي عدد الإلكترونات المزاحمة جزئياً أو كلياً إلى عنصر آخر، في التفاعل نفسه" ويمكن موازنة تفاعلات الأكسدة والرجاء بتطبيق قانون **احفاظ الكتلة** وقانون **احفاظ الشحنة** على طرفي المعادلة.
ويجب علينا قبل إجراء الموازنة أن نعرف المواد الناتجة عن التفاعل وكتابه صيغها بشكل صحيح.

لنأخذ المثال التالي :



نجمع التفاعلين النصفين الأكسدة والإرجاع فتكون المعادلة الشاردية الموزونة التي تمثل التفاعل الكلي :



ملاحظة: يسمى التفاعل الذي يمثل عملية الأكسدة فقط أو الإرجاع فقط بالتفاعل النصفي.

نستنتج من ذلك ، وحتى نوازن أي تفاعل أكسدة وإرجاع نتبع الخطوات التالية :

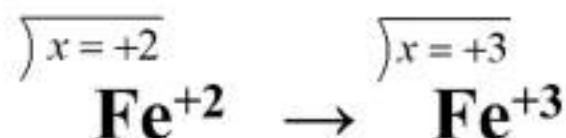
- 1 - نميز العناصر التي تأكست و والتي أرجعت ثم نكتب التفاعلين النصفين الموافقين لعملية الأكسدة والإرجاع .
- 2 - نوازن كل تفاعل نصفي على حدة بتطبيق انحفاظ الكتلة والشحنة .
- 3 - نجعل عدد الإلكترونات واحداً في التفاعلين النصفين بضربهما بالأعداد المناسبة .
- 4 - نجمع التفاعلين النصفين ونحذف أي ازدواج في الطرفين .

مثال 1

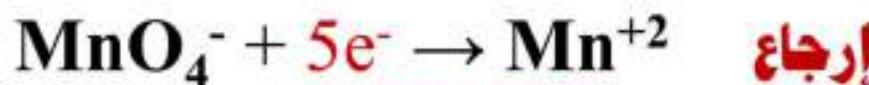
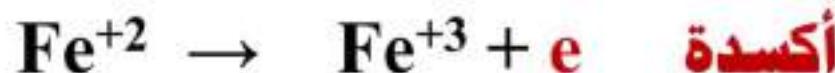
موازنة تفاعلات الأكسدة والرجاء في وسط حامضي:



نكتب التفاعلين النصفين ونحدد الأكسدة والرجاء



نميز العناصر أو الشوارد التي تأكسدت والتي أرجعت ، نجد أن الحديد الثنائي Fe^{2+} قد تأكسد إلى الحديد الثلاثي Fe^{3+} أي أن عدد أكسدة الحديد قد ازداد من (+2) إلى (+3) بينما نجد أن المغنيز قد أرجع وذلك لأن عدد أكسدته قد نقص من (+7) إلى (+2).



نوازن كل تفاعل نصفي على حدة ، نلاحظ بأن تفاعل الأكسدة موازن من حيث الكتلة والشحنة ، أما تفاعل الإرجاع فهو غير موازن من حيث الكتلة والشحنة ، فهناك أربع ذرات أكسجين في الطرف الأيسر وليس هناك أية ذرة في الطرف الأيمن لذلك نضيف إلى **الطرف الأيمين أربع جزيئات ماء** والى الطرف الأيسر ثمان شوارد H^+ فنجد بأن التفاعل النصفي للإرجاع قد توازن من حيث الكتلة والشحنة :

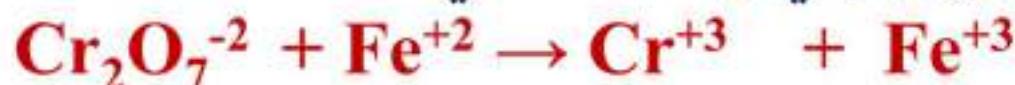
و نجعل عدد الإلكترونات واحداً في التفاعلين النصفين بضربهما بالأعداد المناسبة .



نجمع التفاعلين النصفين الأكسدة والإرجاع فتكون المعادلة الشاردية الموزونة التي تمثل التفاعل الكلي :

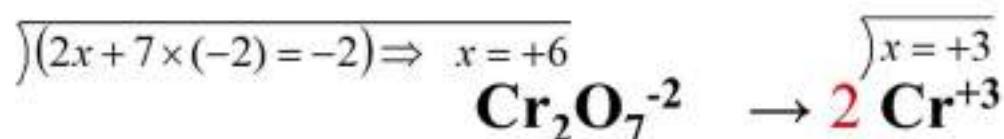


موازنة تفاعلات الأكسدة والرجاء في وسط حامضي :

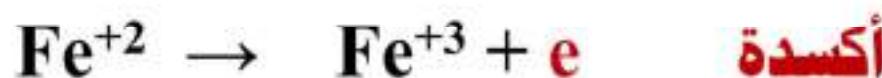


مثال 2

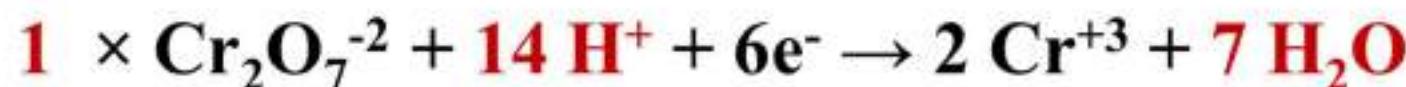
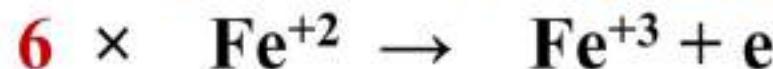
نكتب التفاعلين النصفين ونحدد الأكسدة والرجاء



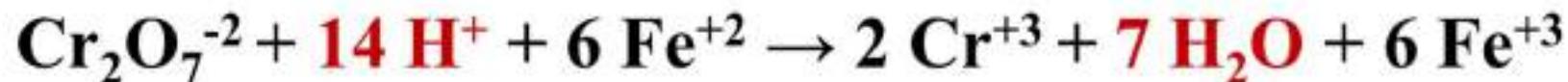
نميز العناصر أو الشوارد التي تأكسدت والتي أرجعت ، نجد أن الحديد الثنائي Fe^{2+} قد تأكسد إلى الحديد الثلاثي Fe^{3+} أي أن عدد أكسدة الحديد قد ازداد من (+2) إلى (+3) بينما نجد أن الكروم قد ارجع وذلك لأن عدد أكسدته قد نقص من أجل ذرة واحدة (+6) إلى (+3).



نوازن كل تفاعل نصفى على حدة ، نلاحظ بأن تفاعل الأكسدة موازن من حيث الكتلة والشحنة ، أما تفاعل الإرجاع فهو غير موازن من حيث الكتلة والشحنة ، فهناك سبع ذرات أكسجين في الطرف الأيسر وليس هناك أية ذرة في الطرف الأيمن لذلك نضيف إلى **الطرف الأيمين سبع جزيئات ماء** والى **الطرف الأيسر $14H^+$** فنجد بأن التفاعل النصفى للإرجاع قد توازن من حيث الكتلة والشحنة : ونجعل عدد الإلكترونات واحداً في التفاعلين النصفيين بضربهما بالأعداد المناسبة .



نجمع التفاعلين النصفيين الأكسدة والإرجاع فتكون المعادلة الشاردية الموزونة التي تمثل التفاعل الكلى

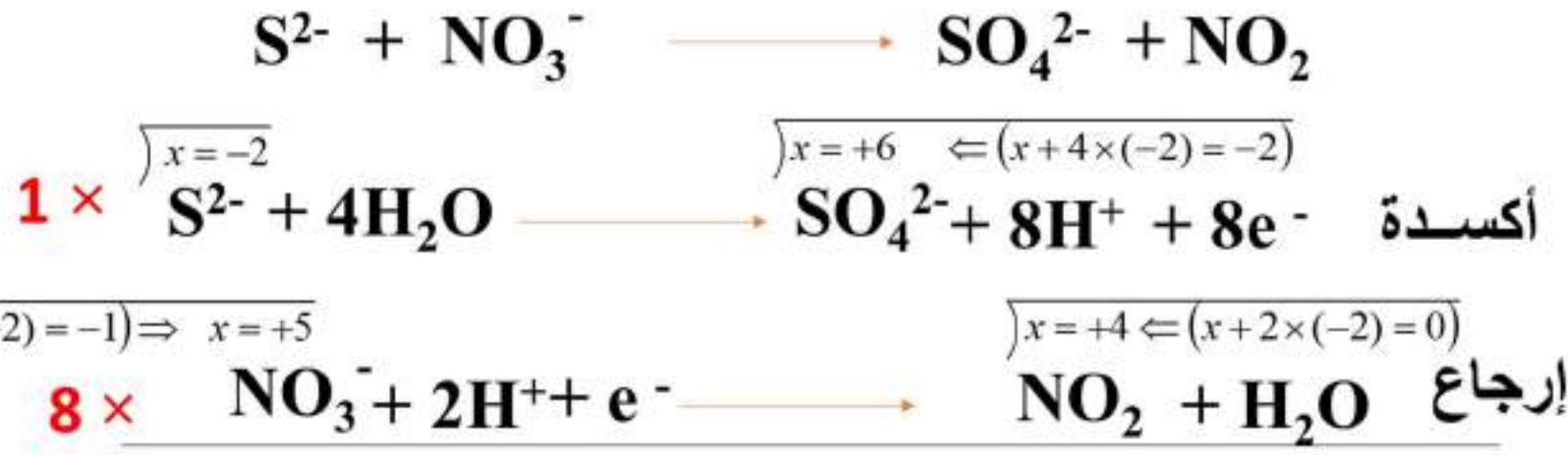


عند موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع في وسط حمضي تتبع الخطوات التالية :

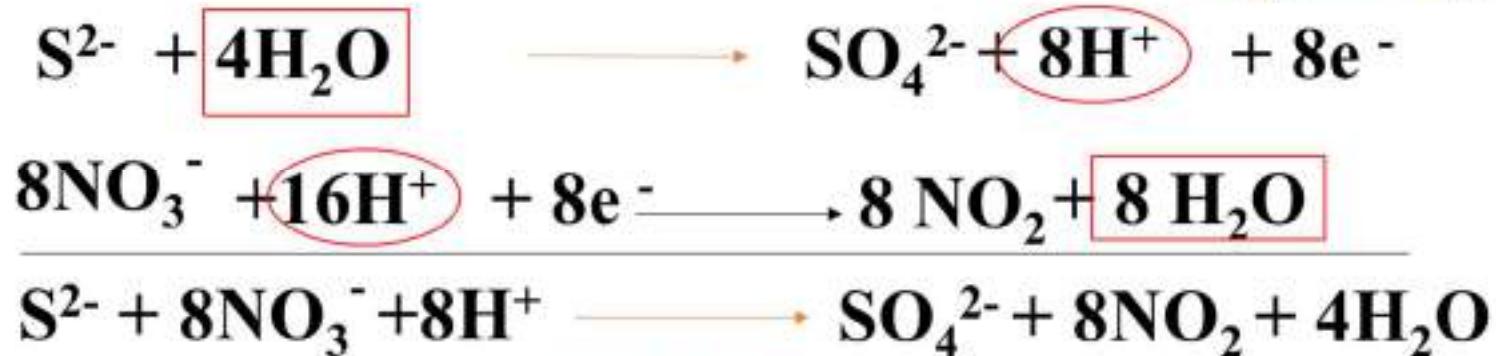
واعتماداً على ذلك وموازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع في وسط حمضي تتبع الخطوات التالية :

- 1 - نفصل التفاعل الكلي إلى تفاعلين نصفيين .**
- 2 - نوازن كل تفاعل نصفي على حدة وفق إنحفاظ الكتلة والشحنة ، لذا تتبع الخطوات التالية :**
 - أ - نضع الأعداد المناسبة لنوازن التفاعل النصفي لتنماذل كافة الذرات عدا الهيدروجين والأكسجين**
 - ب - نضيف جزيئات H_2O بعدد ذرات الأكسجين الناقصة في أحد طرفي المعادلة .**
 - ج - نضيف H^+ إلى الطرف الذي تنقصه ذرات الهيدروجين (نفس العدد) .**
 - د - نضيف الإلكترونات إلى الطرف الذي يعاني نقصاً في الشحنات الكهربائية .**
- 3 - نضرب التفاعلات النصفية بالأعداد المناسبة حتى يتساوى عدد الإلكترونات في التفاعلين النصفيين .**
- 4 - نجمع التفاعلين النصفيين .**
- 5 – نحذف أي ازدواج في طرفي المعادلة .**

مثال 3



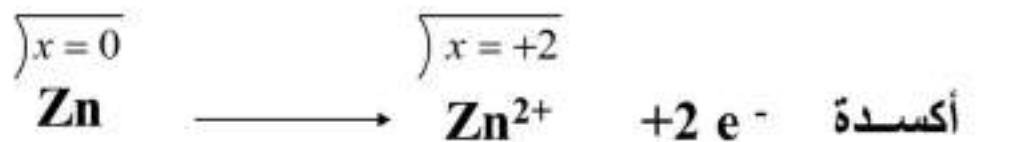
**نضرب التفاعلات النصفية بالأعداد المناسبة حتى يتساوى عدد الإلكترونات في التفاعلين النصفيين . ثم
نجمع التفاعلين النصفيين**



مثال 4



4 ×



$$\overbrace{(x+3 \times (-2) = -1)} \Rightarrow x = +5$$

$$\overbrace{x = -3 \Leftarrow (x+4 \times (+1) = +1)}^{(x+4 \times (+1) = +1)}$$



موازنة تفاعلات الأكسدة والرجاع في وسط قلوي :

مثال 1



نكتب التفاعلين النصفين ونحدد الأكسدة والرجاع



نميز العناصر أو الشوارد التي تأكسدت والتي أرجعت، نجد أن الكبريت في شاردة SO_3^{2-} قد تأكسد إلى SO_4^{2-} أي أن عدد أكسدة الكبريت قد ازداد من (+4) إلى (+6) بينما نجد أن المنغنيز في شاردة MnO_4^- حدث عليه ارجاع متحولاً إلى شاردة MnO_4^{2-} وذلك لأن عدد أكسدته قد نقص من (+7) إلى (+6).



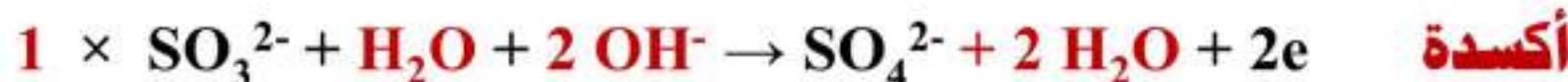
إرجاع



أكسدة

توازن كل تفاعل نصفي على حدة ، نلاحظ بأن تفاعل الإرجاء موازن من حيث الكتلة والشحنة ، أما تفاعل الأكسدة فهو غير موازن من حيث الكتلة والشحنة ، فهناك ثلات ذرات أكسجين في الطرف الأيسر وأربع ذرات أكسجين في الطرف الأيمن لذلك نضيف إلى الطرف الأيسر جزيئة ماء وإلى الطرف الأيسر بحسب عدد الهيدروجينيات الزائدة شوارد هيدروكسيد OH^- ونضيف إلى الطرف الأيمن جزيئتين ماء فنجد بأن التفاعل النصفي للإرجاء قد توازن من حيث الكتلة والشحنة :

ونجعل عدد الإلكترونات واحداً في التفاعلين النصفين بضربهما بالأعداد المناسبة .



نجمع التفاعلين النصفين الأكسدة والإرجاء فتكون المعادلة الشاردية الموزونة التي تمثل التفاعل الكلي :

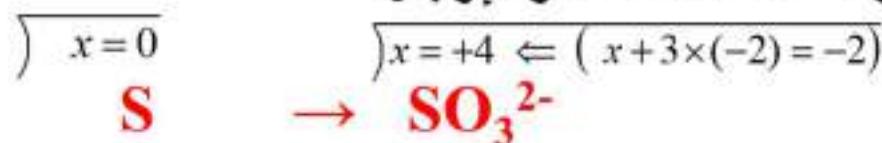


مثال 2

موازنة تفاعلات الأكسدة والارجاع في وسط قلوي :



نكتب التفاعلين النصفين ونحدد الأكسدة والرجوع



نلاحظ أن الكبريت S قد تأكسد إلى SO_3^{2-} أي أن عدد أكسدة الكبريت قد ازداد من (0) إلى (+4) بينما نجد أن الكبريت S قد حدث عليه ارجاع متحولاً إلى شاردة S^{2-} وذلك لأن عدده أكسدته قد نقص من (0) إلى (-2).



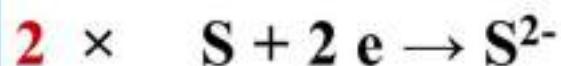
ارجاع



أكسدة

نوازن كل تفاعل نصفي على حدة ، نلاحظ بأن تفاعل الإرجاع موازن من حيث الكتلة والشحنة ، أما تفاعل الأكسدة فهو غير موازن من حيث الكتلة والشحنة ، فهناك ثلات ذرات أكسجين في الطرف الأيمن وليس هناك أية ذرة في الطرف الأيسر لذلك نضيف إلى الطرف الأيسر ثلات جزيئات ماء وإلى الطرف الأيسر بحسب عدد الهيدروجينيات الزائدة شوارد هيدروكسيد OH^- ونضيف إلى الطرف الأيمن $6 \text{H}_2\text{O}$ فنجد بأن التفاعل النصفي للإرجاع قد توازن من حيث الكتلة والشحنة :

و نجعل عدد الإلكترونات واحداً في التفاعلين النصفين بضربهما بالأعداد المناسبة .



إرجاع



أكسدة

نجمع التفاعلين النصفين الأكسدة والإرجاع فتكون المعادلة الشاردية الموزونة التي تمثل التفاعل الكلي :



موازنة تفاعل الأكسدة والرجاء في وسط قلوي ، تتبع نفس الخطوات التي اتبعناها في موازنة الأكسدة والرجاء في وسط حمضي ، مع فارق واحد وهو في المرحلة (2) الفقرة ج :

- 1 - نفصل التفاعل الكلي إلى تفاعلين نصفيين .
- 2 - نوازن كل تفاعل نصفي على حدة وفق إنحفاظ الكتلة والشحنة ، لذا تتبع الخطوات التالية :
 - أ - نضع الأعداد المناسبة لنوازن التفاعل النصفي لتناسب كافية الذرات عدا الهيدروجين والأكسجين
 - ب - نضيف جزيئات H_2O بعدد ذرات الأكسجين الناقصة في أحد طرفي المعادلة .
- ج- **نضيف جزيئات H_2O إلى الطرف الناقص بالهيدروجين بنفس عدد ذرات الهيدروجين المطلوبة ونضيف إلى الطرف الثاني شوارد OH^- بعدد جزيئات H_2O المضافة إلى الطرف الآخر .**
- د - نضيف إلكترونات إلى الطرف الذي يعاني نقصاً في الشحنات الكهربائية .
- 3 - نضرب التفاعلات النصفية بالأعداد المناسبة حتى يتساوى عدد الإلكترونات في التفاعلين النصفيين .
- 4 - نجمع التفاعلين النصفيين .
- 5 - نحذف أي ازدواج في طرفي المعادلة .

مثال ٣

في وسط قلوي

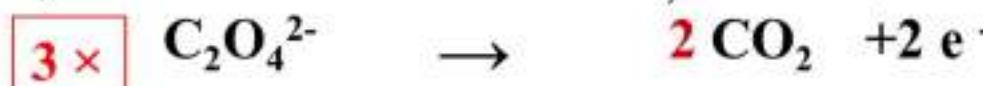


$$\overline{(x+4\times(-2)=-1)} \Rightarrow x=+7$$



ارجاع

$$\overline{(2x+4\times(-2)=-2)} \Rightarrow x=+3$$



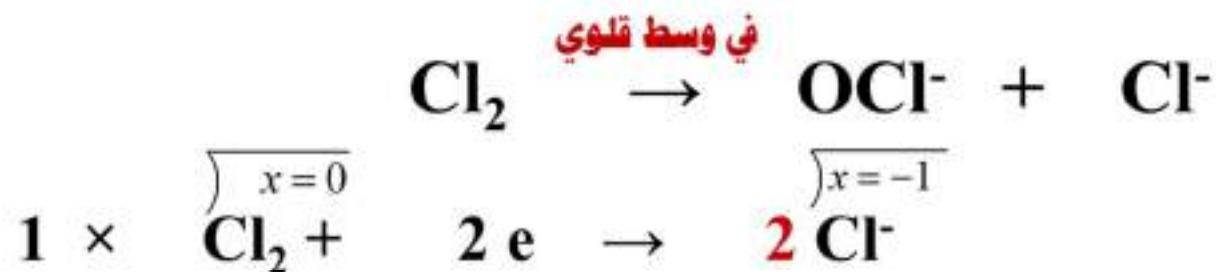
أكسدة

نضرب التفاعلات النصفية بالأعداد المناسبة حتى يتساوى عدد الإلكترونات في التفاعلين النصفيين ثم نجمع التفاعلين النصفيين.

في وسط قلوي



مثال 4



إرجاع

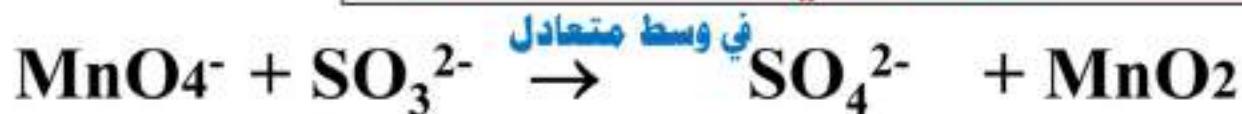


أكسدة

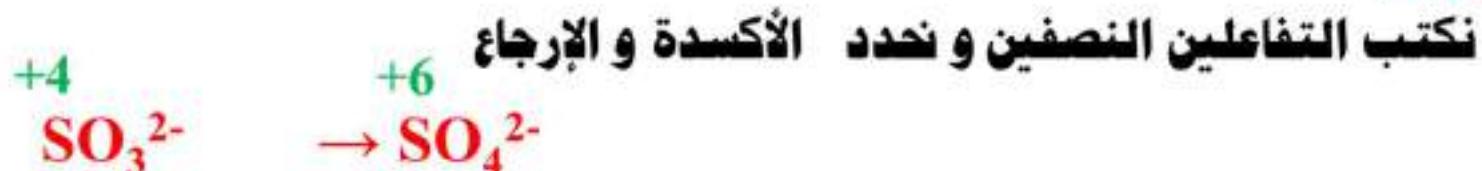
نضرب التفاعلات النصفية بالأعداد المناسبة حتى يتساوى عدد الإلكترونات في التفاعلين النصفيين. ثم نجمع التفاعلين النصفيين



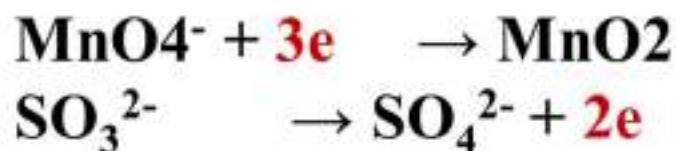
موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع في وسط متعادل :



مثال 2



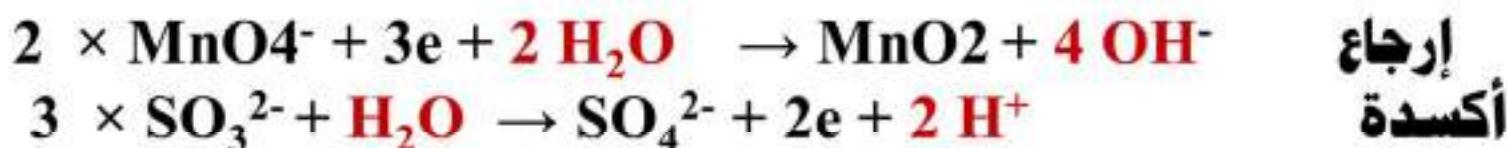
نلاحظ أن الكبريت SO_3^{2-} قد تأكسد إلى SO_4^{2-} أي أن عدد أكسدة الكبريت قد ازداد من 4+ إلى 6+ (بينما نجد أن الكبريت MnO_4^- قد حدث عليه ارجاع مت悔ولة إلى شاردة MnO_2 وذلك لأن عدد أксديته قد نقص من (+7) إلى (+4) .)



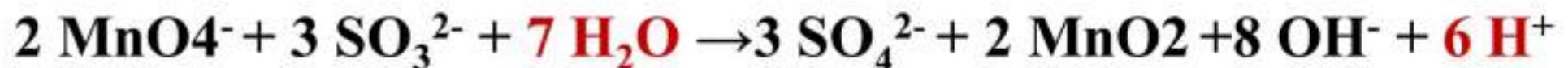
إرجاع
أكسدة

نوازن كل تفاعل نصفي على حدة . نلاحظ بأن تفاعل الإرجاء غير موازن من حيث الكتلة والشحنة ، فهناك أربع ذرات أكسجين في الطرف الأيسر و ذراتان أكسجين في الطرف الأيمن لذاك نضيف إلى الطرف الأيسر جزيئين ماء حيث في الوسط المتعادل يكون إضافة الماء إلى اليسار فقط (المتفاعلات) وبحسب عدد الهيدروجينيات الزائدة نضيف شوارد هيدروكسيد OH^- إلى الطرف الأيمن فنجد بأن التفاعل النصفي للإرجاء قد توازن أما تفاعل الأكسدة فهو غير موازن من حيث الكتلة والشحنة ، فهناك ثلات ذرات أكسجين في الطرف الأيسر و أربع ذرات أكسجين في الطرف الأيمن لذاك نضيف إلى الطرف الأيسر جزيئة ماء وبحسب عدد الهيدروجينيات الزائدة نضيف شوارد هيدروجين H^+ إلى الطرف الأيمن

و نجعل عدد الإلكترونات واحداً في التفاعلين النصفين بضربيهما بالأعداد المناسبة .



نجمع التفاعلين النصفين الأكسدة والإرجاء فتكون المعادلة الشاردية الموزونة التي تمثل التفاعل الكلي :



لوازنة تفاعل الأكسدة والرجاء في وسط متعادل ، تتبع نفس الخطوات التالية

- 1 - **نفصل التفاعل الكلي إلى تفاعلين نصفين .**
- 2 - **نوازن كل تفاعل نصفي على حدة وفق إنحفاظ الكتلة والشحنة ، لذا تتبع الخطوات التالية :**
 - أ - نضع الأعداد المناسبة لنوازن التفاعل النصفي لتماثل كافة الذرات عدا الهيدروجين والأكسجين**
 - ب - نضيف جزيئات H_2O بحسب عدد ذرات الأكسجين الناقصة إلى الطرف اليساري للمعادلة .**
- 1- **في حال أضفنا الماء إلى الطرف اليساري وهو الأقل أكسجين نوزن الهيدروجين بالإضافة شوارد هيدروجين إلى الطرف الآخر بنفس عدد ذرات الهيدروجين المطلوبة**
- 2- **وفي حال أضفنا الماء إلى الطرف اليساري وهو الأكثر أكسجين فإننا نضيف إلى الطرف الثاني شوارد $-OH$ بحسب عدد ذرات H في الطرف اليساري .**
- د - نضيف الإلكترونات إلى الطرف الذي يعاني نقصاً في الشحنات الكهربائية .**
- 3 - **نضرب التفاعلات النصفية بالأعداد المناسبة حتى يتساوى عدد الإلكترونات في التفاعلين النصفين .**
- 4 - **نجمع التفاعلين النصفين .**
- 5 - نحذف أي ازدواج في طرفي المعادلة .**