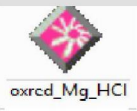
تفاعلات الأكسدة-اختزال.

Les réactions d'oxydo-réduction

الأستاذ: الدلاجي محمد

I) التفاعل أكسدة-اختزال.

1) تجربة.



نصب في أنبوب اختبار $10\,mL$ من محلول حمض الكلوريدريك $(H_3O^+ + Cl^-)$, نضيف صفيحة من المغنيزيوم Mg

ملاحظات:

- تكون غاز قابل للاشتعال هو غاز ثنائي الهيدروجين H_2.
- اختفاء المغنيزيوم و تكون أيونات المغنيزيوم Mg^{2+}

استنتاج:

حدث تفاعل بين أيونات الأوكسونيوم و فلز المغنيزيوم حسب المعادلة:

$$Mg_{(S)} + 2.H^+_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- أثناء التفاعل فقد فلز الحديد إلكترونات نعبر عن هذا التحول بالكتابة:

$$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2.e^-$$

- الإلكترونات لا تكون حرة في المحلول بل تكتسبها البروتونات المميهة و نعبر عن هذا التحول بالكتابة:

$$2.H^+ + 2\,.e^- \longrightarrow H_2$$

ملحوظة: خلال التفاعل يحدث تبادل إلكترونات e^- بين نوعين كيميائيين.

تعريف:

يسمى التفاعل الذي يحدث خلاله انتقال متبادل للإلكترونات بين متفاعلين, تفاعل أكسدة-اختزال

2) أمثلة:

* تفاعل محلول كبريتات النحاس II $(Cu^{2+} + SO_4^{2-})$ مع فلز الزنك Zn :

يفقد الزنك إلكترونات حسب نصف المعادلة: $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2.e^-$

تكتسب أيونات النحاس إلكترونات حسب نصف المعادلة: $Cu^{2+} + 2.e^- \longrightarrow Cu$

المعادلة الحصيلة للتفاعل بذلك هي: $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

الأيونات SO_4^{2-} لا تتفاعل, نقول أنها غير نشيطة أو متفرجة.

* تفاعل فلز النحاس مع محلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$:

يفقد النحاس إلكترونات حسب نصف المعادلة: $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2.e^-$

تكتسب أيونات الفضة إلكترونا حسب نصف المعادلة: $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$

المعادلة الحصيلة للتفاعل بذلك هي: $Cu + 2.Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2.Ag$

* تفاعل محلول ثنائي اليود I_2 مع فلز الحديد:

يفقد الحديد إلكترونات حسب نصف المعادلة: $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2.e^-$

تكتسب جزيئات ثنائي اليود إلكترونات حسب نصف المعادلة: $I_2 + 2.e^- \longrightarrow 2\ .I^-$

المعادلة الحصيلة للتفاعل بذلك هي: $Fe + I_2 \longrightarrow Fe^{2+} + 2.I^-$

II) المزدوجة مختزل/مؤكسد.

1) تعاريف:

* تعريف الأكسدة: *L'oxydation*

الأكسدة هي تفاعل يتم خلاله فقدان الكترونات أو أكثر من طرف نوع كيميائي

* تعريف الاختزال: *La reduction*

الاختزال هي تفاعل يتم خلاله اكتساب الكترونات أو أكثر من طرف نوع كيميائي

* تعريف المختزل: *Réducteur* « Red »

نسمي مختزِل *Red* كل نوع كيميائي (ذرة أو أيون أو جزيئة) بإمكانه منح إلكترون واحد أو أكثر.

* تعريف المؤكسد: *L'oxydant* « Ox »

نسمي مؤكسد *Ox* كل نوع كيميائي (ذرة أو أيون أو جزيئة) بإمكانه اكتساب إلكترون واحد أو أكثر.

طريقة للتذكر: المؤكسد يكتسب إلكترونات المختزل يخسر إلكترونات.

مثال :

$Red \longrightarrow Ox + n.e^-$ نصف معادلة الأكسدة (فقدان الكترونات)

$Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

المختزل — المؤكسد

$Ox + n.e^- \longrightarrow Red$ نصف معادلة الاختزال (إكتساب الكترونات)

$I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-(aq)$

المؤكسد — المختزل

2) المزدوجة مختزل / مؤكسد : Ox/Red

* مثـال:

✧ نصف معادلة الاختزال (إكتساب الكترونات) : $Cu^{2+} + 2.e^- \longrightarrow Cu$

✧ نصف معادلة الأكسدة (فقدان الكترونات) : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2.e^-$

يمكن لهذا التحول أن يحدث في الاتجاهين معا, نقول أن النوعين Cu و Cu^{2+} يكونان مزدوجة مختزل / مؤكسد Ox/Red نرمز لها: Cu^{2+}/Cu و نكتب :

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s)$$

* تعميم:

حسب الظروف التجريبية يمكن أن يحدث تفاعل ليتكون النوع المؤكسد Ox : $Red \longrightarrow Ox + n.e^-$ أو

ليتكون النوع المختزل Red : $Ox + n.e^- \longrightarrow Red$.

للتعبير عن إمكانية حدوث التحولين نكتب: $Ox + 2e^- \rightleftharpoons Red$

* تعريف:

يكون النوعان Ox و Red مزدوجة مختزل/مؤكسد نرمز لها: Ox/Red

يتبادل المؤكسد و المختزل المرافق إلكترونات حسب نصف المعادلة: $Ox + n.e^- \longleftrightarrow Red$

* أمثلة:

المؤكسد Ox	المختزل Réd	المزدوجة Ox/Réd	نصف المعادلة الإلكترونية
أيون الحديدII $Fe^{2+}_{(aq)}$	فلز الحديد $Fe_{(S)}$	$Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(S)}$	$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Fe_{(S)}$
أيون النحاسII $Cu^{2+}_{(aq)}$	فلز النحاس $Cu_{(S)}$	$Cu^{2+}_{(aq)}/Cu_{(S)}$	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(S)}$
أيون الزنك $Zn^{2+}_{(aq)}$	فلز الزنك $Zn_{(S)}$	$Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(S)}$	$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn_{(S)}$
أيون الفضة $Ag^{+}_{(aq)}$	فلز الفضة $Ag_{(S)}$	$Ag^{+}_{(aq)}/Ag_{(S)}$	$Ag^{+}_{(aq)} + 1e^- \rightleftharpoons Ag_{(S)}$

* تطبيق 1:

المزدوجة	بنصف المعادلة الإلكترونية
$ClO^-_{(aq)} / Cl^-_{(aq)}$	.....
.....	$2IO^-_{3(aq)} + 12H^+_{(aq)} + 10e^- \rightleftharpoons I_{2(aq)} + 6H_2O_{(l)}$
.....	$O_2(g) + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_{2(aq)}$
$O_{2(aq)} / H_2O_{(l)}$	.....
.....	$NO^-_{3(aq)} + 4H^+_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons NO_{(aq)} + 2H_2O_{(aq)}$
$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} / Cr^{3+}_{(aq)}$	.....
.....	$H_2CO_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons CH_3OH_{(aq)}$
.....	$CH_3CHO_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons C_2H_5OH_{(aq)}$

III) كتابة معادلة تفاعل أكسدة-اختزال.

نعتبر التفاعل الكيميائي الحاصل بين المؤكسد Ox_1 المنتمي إلى المزدوجة $Réd_1/Ox_1$ والمختزل Red_2 المنتمي إلى المزدوجة $Réd_2/Ox_2$.

لكتابة معادلة تفاعل أكسدة – اختزال نتتبع الخطوات التالية :

كتابة المعادلة الإلكترونية المقرونة بالمزدوجة $Ox_1/Réd_1$ $\quad Ox_1 + n_1.e^- \rightleftharpoons Réd_1 \quad (1)$

كتابة المعادلة الإلكترونية المقرونة بالمزدوجة $Ox_2/Réd_2$ $\quad Réd_2 \rightleftharpoons Ox_2 + n_2.e^- \quad (2)$

لكتابة معادلة تفاعل أكسدة – اختزال الحاصل بين Ox_1 و $Réd_2$ نجمع نصفي المعادلتين الإلكترونيتين (1) و (2) طرفاً بطرف ، مع الحرص على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة من طرف المختزِل $Réd_2$ مُسَاولعدد الإلكترونات المكتسبة من طرف المؤكسِد Ox_1 ويتحقق ذلك بضرب المعاملات التناسبية لنصف المعادلة (1) بالعدد n_2 والمعاملات التناسبيةلنصف المعادلة (2) بالعدد n_1 ، وبعد الجمع يختزل العدد $n_2.n_1.e^-$.

$$n_2.(Ox_1 + n_1.e^- \rightleftharpoons Réd_1)$$
$$n_1.(Réd_2 \rightleftharpoons Ox_2 + n_2.e^-)$$
$$n_2 . Ox_1 + n_1 Réd_2 \rightleftharpoons n_2.Réd_1 + n_1.Ox_2$$

ملحوظة :

الالكترونات لا توجد في المحلول : بمجرد ما تنتج تتفاعل « *الالكترونات لا تحب الماء* »

IV) علاقة جدول الترتيب الدوري بخاصية المؤكسد أو المختزل لبعض العناصر الكيميائية :

تمكن معرفة مواضع العناصر الكيميائية في جدول الترتيب الدوري للعناصر الكيميائية من تحديد الخاصية: المؤكسد أو المختزل لبعض العناصر الكيميائية.

بصفة عامة تعتبر جميع الفلزات ($Cu(s)$; $Al(s)$; $Zn(s)$; $Fe(s)$; .....) مختزلات Reducteur، و تنتج عنها الكاتيونات .($Cu^{2+}(aq)$; $Al^{3+}(aq)$; $Zn^{2+}(aq)$; $Fe^{2+}(aq)$; .....)

و تعتبر جميع اللافلزات (ثنائي الهالوجينات Br_2 ; Cl_2 و ثنائي الأوكسيجين O_2) مؤكسدات Oxydants

*** تطبيق2:**

نعتبر المزدوجات (مختزل/مؤكسد) التالية: $Cr_2O_7^{2-}(aq)/Cr^{3+}(aq)$ و $I_2(aq)/I^-(aq)$

: $MnO_4^-(aq)/Mn^{2+}(aq)$ و $Fe^{3+}(aq)/Fe^{2+}(aq)$

أكتب بالنسبة لكل زوج معادلة تفاعل أكسدة – اختزال في حال تفاعل مؤكسد المزدوجة الأولى مع مختزل المزدوجة الثانية

جواب :

نصف معادلة الأكسدة (فقدان الكترونات) .....

نصف معادلة الاختزال (إكتساب الكترونات) .....

المعادل الحصيلة :

.....

نصف معادلة الأكسدة (فقدان الكترونات) .....

نصف معادلة الاختزال (إكتساب الكترونات) .....

المعادل الحصيلة :

.....

Les couples Ox/Red مزدوجات مختزل / مؤكسد

couple المزدوجة ox / réd	demi-équation نصف المعادلة	اسم المزدوجة	nom du couple
F_2 / F^-	$F_2 + 2\,e^- \rightleftarrows 2\,F^-$	إيون فلورور / فلور	fluor / ion fluorure
H_2O_2/H_2O	$H_2O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows 2\,H2O$	مـاء / ماء مؤكسـجـن	eau oxygénée / eau
ClO^-Cl^-	$ClO^- + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows Cl^- + H_2O$	إيون كلورور/إيون تحت كلوريت	ion hypochlorite / ion chlorure
MnO_4^- / Mn^{2+}	$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4\,H_2O$	إيون منغنيز II / إيون برمنغنات	ion permanganate/ ion manganèse II
Au^{3+} / Au	$Au^{3+} + 3\,e^- \rightleftarrows Au$	ذهـب / إيـون ذهـب III	ion or III / or
Cl_2/Cl^-	$Cl_2 + 2\,e^- \rightleftarrows 2\,Cl^-$	إيـون كلـورور / كلـور	chlorure / ion chlorure
$Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$	$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \rightleftarrows 2\,Cr^{3+} + 7H_2O$	إيون كروم III / إيون ثانيب كرومات	ion dicromate / ion chrome III
O_2 / H_2O	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftarrows 2H_2O$	مـاء / أوكسـيـجـيـن	oxygéne / eau
IO_3^- / I_2	$2\,IO_3^- + 12\,H^+ + 10e^- \rightleftarrows I_2 + 6\,H_2O$	يـود / إيـون يـودات	ion iodate / iode
NO_3^- / NO	$NO_3^- + 4\,H^+ + 3e^- \rightleftarrows NO + 2H_2O$	أول أوكسيد الأزوت / إيون نترات	ion nitrate / monoxyde d'azote
Ag^+ / Ag	$Ag^+ + e \rightleftarrows Ag$	فـضـة / إيـون فضـة I	ion argent I / argent
Fe^{3+} / Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- \rightleftarrows Fe^+$	إيـون حديـد II / إيون حديد III	ion fer III / ion fer II
I_2 / I^-	$I_2 + 2e^- \rightleftarrows 2\,I^-$	إيـون يـودور / يـود	iode / ion iodure
Cu^{2+} / Cu	$Cu^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Cu$	نحـاس / إيون نحـاس II	ion cuivre II / cuivre
CH_3CHO/C_2H_5OH	$CH_3CHO + 2H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows C_2H_5OH$	إيـثـانـول / إيثانال	éthanal / éthanol
SO_4^{2-} / SO_2	$SO_4^{2-} + 4\,H^+ + 2e^- \rightleftarrows SO_2 + 2H_2O$	ثاني أوكسيد الكبريت / إيون كبريتات	ion sulfate / dioxyde de soufre
Sn^{4+} / Sn^{2+}	$Sn^{4+} + 2\,e^- \rightleftarrows Sn^{2-}$	إيون قصـديـر II / إيون قصديـر IV	ion étain IV / ion éthan II
$S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-} + 2e^- \rightleftarrows 2\,S_2O_3^{2-}$	إيون ثيوكبريتات / إيون رابع ثيونات	ion tétrathionate / ion thiosulfate
CH_3CO_2H/C_2H_5OH	$CH_3CO_2H + 4H^+ + 4e^- \rightleftarrows C_2H_5OH+H_2O$	إيثانول / حامض الإيثانويك	acide éthanoïque / éthanol
H^+ / H_2	$2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows H_2$	هيدروجين / إيون هيدرونيوم	ion hydronium / hydrogène
CH_3CO_2H/CH_3CHO	$CH_3CO_2H+2H^+ + 2e^- \rightleftarrows CH_3CHO+H_2O$	إيثانال / حامض الإيثانويك	acide éthanoïque / éthanal
Pb^{2+} / Pb	$Pb^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Pb$	رصـاص / إيـون رصـاص II	ion plomb II / plomb
Sn^{2+} / Sn	$Sn^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Sn$	قصـديـر / إيـون قصـديـر II	ion étain II / étain
Fe^{2+} / Fe	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Fe$	حـديـد / إيـون حديـد II	ion fer II / fer
Zn^{2+} / Zn	$Zn^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Zn$	زنـك / إيـون زنـك II	ion zinc II / zinc
Al^{3+} / Al	$Al^{3+} + 3\,e^- \rightleftarrows Al$	ألومنيـوم / إيون ألومنيوم III	ion aluminium III / aluminium
Mg^{2+} / Mg	$Mg^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Mg$	مغنيزيوم / إيون مغنيزيوم II	ion magnésium II / magnésium
Na^+ / Na	$Na^+ + e^- \rightleftarrows Na$	صوديوم / إيون صوديـوم I	ion sodium I / sodium
Ca^{2+} / Ca	$Ca^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Ca$	كالسيوم / إيون كالسيوم II	ion calcium II / calcium
Ba^{2+} / Ba	$Ba^{2+} + 2\,e^- \rightleftarrows Ba$	باريـوم / إيـون باريـوم II	ion baryum II / baryum
K^+ / K	$K^+ + e^- \rightleftarrows K$	بوتاسيوم / إيون بوتاسيوم I	ion potassium I / potassium
Li^+ / Li	$Li^+ + e^- \rightleftarrows Li$	ليثـيـوم / إيـون ليثيوم I	ion lithium I / lithium