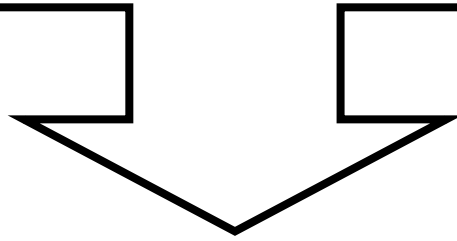


الوحدة الثانية
أعداد التأكسد



أعداد التأكسد

عدد التأكسد :

هو عدد الشحنات الكهربائية السالبة أو الموجبة التي تحملها شطب : ذرة ، أيون ، جزيء ، مجموعة أيونية .

التكافؤ :

عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تساهم بها ذرة العنصر لتصل إلى حالة الثبات الثماني أو الثنائي في حالة الهيليوم .

معطيات عدد التأكسد :

١. عدد تأكسد الهيدروجين في مركباته هو (+1) ماعدا في حالة هيدرات الفلزات مثل:

LiH ، CaH₂ حيث يساوي -١ .

٢. عدد تأكسد الأكسجين في مركباته هو -٢ ما عدا في حالة الأكاسيد الفوقية مثل:

H₂O₂ ، Li₂O₂ حيث يساوي -١ .

٣. عدد تأكسد الهالوجينات : F ، Cl ، Br ، I في الهاليدات هو -١ . أما المركبات

الأوكسجينية للبروم واليود والكلور فإن عدد تأكسدها قد يكون +١ ، +٣ ، +٥ أو +٧ .

٤. لبعض الفلزات أعداد تأكسده ثابتة في مركباتها .

أمثلة :

العنصر	الرمز	عدد التأكسد
الكالسيوم	Ca	٢+
المغنيسيوم	Hg	٢+
الزئبق	Zn	٢+
الألمنيوم	Al	٣+

العنصر	الرمز	عدد التأكسد
الصوديوم	Na	١+
الليثيوم	Li	١+
البوتاسيوم	K	١+
الفضة	Ag	(١+)

قواعد حساب عدد التأكسد :

١. عدد تأكسد الذرة الحرة = صفر S ، Cl₂ ، Zn

٢. مجموع أعداد تأكسد ذرات العناصر الداخلة في تكوين مجموعة أيونية يساوي الشحنة

الظاهرة .

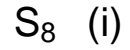
المجموعة الأيونية :

الشحنة	الصيغة	المجموعة
١-	CN	سيانيد
٢-	C ₂ O ₄	أوكسالات
١-	MnO ₄	بيرمنجنات
٢-	Cr ₂ O ₇	ثنائي كرومات
٢-	CrO ₄	كرومات
١-	ClO ₃	كلورات
٢-	S ₂ O ₃	ثيوكبريتات
٣-	PO ₄	فوسفات

الشحنة	الصيغة	المجموعة
١+	NH ₄	الأمونيوم
١-	OH	هيدروكسيد
١-	NO ₂	نتريت
١-	NO ₃	نترات
٢-	SO ₃	كبريتيت
٢-	SO ₄	كبريتات
٢-	CO ₃	كربونات
١-	HCO ₃	بيكربونات

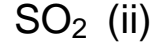
أمثلة :

أحسب عدد تأكسد الكبريت في الآتي :



الحل :

عدد التأكسد للذرة الحرة = صفر

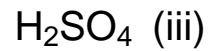


الحل :

نفرض لعدد تأكسد الكبريت = س

عدد تأكسد O × ٢ + عدد تأكسد S = صفر

٢ × ٢- + س = صفر . ∴ س = ٤+



الحل :

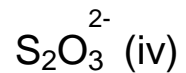
[٤] عدد تأكسد O × ٤ + عدد تأكسد S + [٢] عدد تأكسد H = صفر

٤ × ٢- + س + ٢ × ١+ = صفر .

٨- + س + ٢+ = صفر .

∴ س = ٦+

∴ عدد تأكسد الكبريت = ٦+



الحل :

(مجموعة أيونية) $2- = S$ عدد تأكسد $[2] + 3 \times O$ عدد تأكسد $3-$

$$2- = 2 \times 2 + 3 \times 3$$

$$4+ = 2 \times 2 + 6- \quad . \quad 2- = 2 \times 2 + 6-$$

$$2+ = 2 \times 2 + 6-$$

$$\underline{2+} = \text{عدد تأكسد الكبريت}$$

الفرق بين عدد التأكسد والتكافؤ :

1. التكافؤ لا يحمل إشارة ، عدد التأكسد يحمل إشارة (+) .
2. التكافؤ ثابت للعنصر ، عدد التأكسد متغير حسب المركب .
3. التكافؤ عدد صحيح ، عدد التأكسد يمكن أن يكون كسراً .

تسمية الأحماض الأوكسجينية بدلالة عدد تأكسد الذرة المركزية :

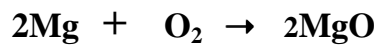
تسمى الأحماض الأوكسجينية بدلالة عدد التأكسد الذرة المركزية كما يلي : تكتب كلمة حامض ثم اسم الذرة المركزية ثم عدد تأكسد الذرة المركزية بالأرقام اللاتينية : I, II, III, IV .

الصيغة	الاسم السابق	الاسم الحديث
H_2SO_3	حامض الكبريتوز	حامض الكبريت (IV)
H_2SO_4	حامض الكبريتيك	حامض الكبريت (VI)
HNO_3	حامض النتريك	حامض النتروجين (V)
H_3PO_4	حامض الفسفوريك	حامض الفسفور (V)

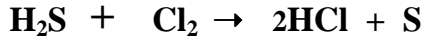
الأكسدة والاختزال

عملية الأكسدة :

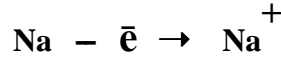
(i) هي عملية الاتحاد مع الأوكسجين . مثلاً الفلزات تتحد مع الأوكسجين - أي تتأكسد - لتكون أكاسيدها .



(ii) هي عملية انتزاع الهيدروجين من مركب . مثلاً الكلور ينتزع الهيدروجين - أي يؤكسد - كبريتيد الهيدروجين إلى كبريت .

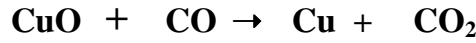


(iii) التعريف الكامل للأكسدة هي عملية فقدان الإلكترونات بواسطة المادة الكيميائية وزيادة عدد تأكسدها . مثلاً معظم الفلزات تفقد إلكتروناتها -أي تتأكسد- إلى أيونات موجبة .

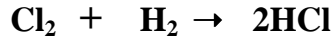


عملية الاختزال :

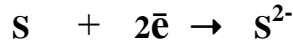
(i) هي عملية انتزاع الأوكسجين من مركب . مثلاً معظم أكاسيد الفلزات يمكن انتزاع الأوكسجين منها -أي تختزل- إلى فلزات .



(ii) هي عملية الاتحاد مع الهيدروجين . مثلاً الكلور قد يتحد مع الهيدروجين -أي يختزل- إلى كلوريد الهيدروجين .



(iii) التعريف الكامل للاختزال ، هي عملية اكتساب الإلكترونات بواسطة المادة الكيميائية ونقصان عدد تأكسدها . مثلاً معظم اللافلزات تكتسب الإلكترونات -أي تختزل- إلى أيونات سالبة .



العامل المؤكسد :

هو المادة الكيميائية التي تحدث لها عملية اختزال أي تكتسب الإلكترونات وينقص عدد تأكسدها .

العامل المختزل :

هو المادة الكيميائية التي تحدث لها عملية أكسدة أي تفقد الإلكترونات ويزيد عدد تأكسدها .

ملاحظة

(١) يتم استخراج العامل المختزل والعامل المؤكسد من شق المواد المتفاعلة في المعادلة

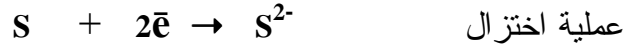
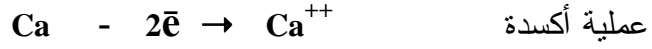
الكيميائية .

(٢) في تفاعلات الفلزات مع اللافلزات . الفلزات هي العوامل المختزلة ، واللافلزات هي

العوامل المؤكسدة .

الأكسدة والاختزال عمليتان متلازمتان . وضح ذلك ؟

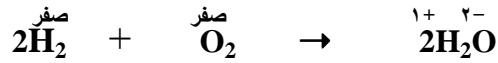
أي متى ما حصلت عملية أكسدة لابد من حدوث عملية اختزال . كما هو موضح أدناه .



أمثلة

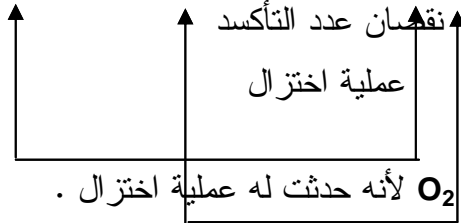
وضح عملية الأكسدة والاختزال ثم استخرج العامل المؤكسد والعامل المؤكسد والعامل

المختزل من التفاعلات التالية .



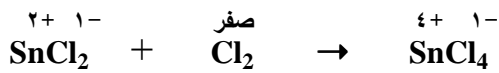
(i)

زيادة عدد التأكسد عملية أكسدة



□ العامل المؤكسد هو O_2 لأنه حدثت له عملية اختزال .

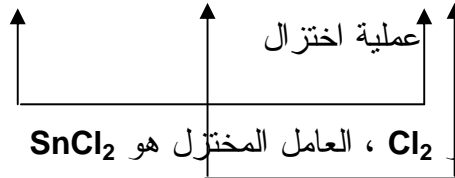
□ العامل المختزل هو H_2 لأنه حدثت له عملية أكسدة .



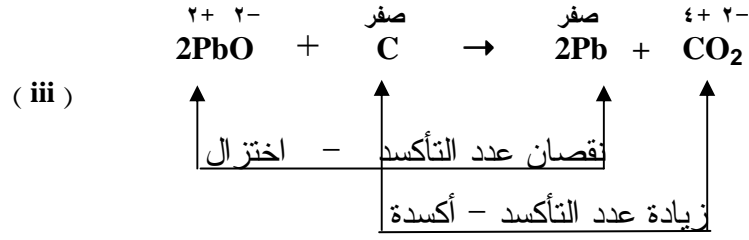
(ii)

زيادة عدد التأكسد عملية أكسدة

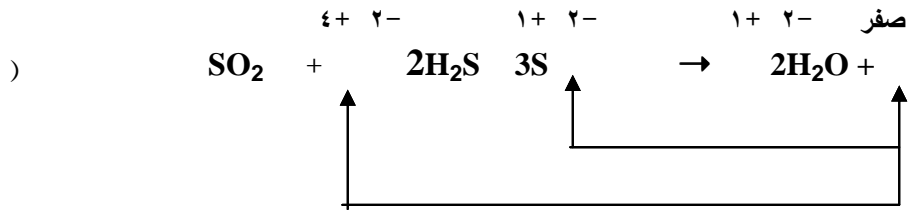
نقصان عدد التأكسد



□ العامل المؤكسد هو Cl_2 ، العامل المختزل هو SnCl_2



□ العامل المؤكسد هو **PbO** ، العامل المختزل هو **C**

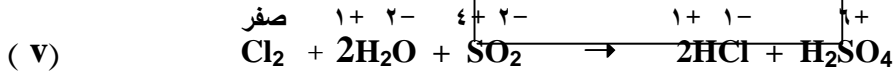


(iv)

زيادة عدد التأكسد - أكسدة

نقصان عدد التأكسد - عملية اختزال

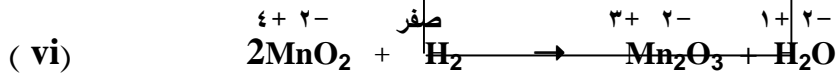
□ العامل المؤكسد هو **SO₂** ، العامل المختزل هو **H₂S**



اختزال - نقصان عدد التأكسد

زيادة عدد التأكسد - أكسدة

□ العامل المؤكسد هو **Cl₂** ، العامل المختزل هو **SO₂**



اختزال - نقصان عدد التأكسد

زيادة عدد التأكسد - أكسدة

□ العامل المؤكسد هو **MnO₂** ، العامل المختزل هو **H₂**

الأوزان المكافئة

المكافئ الجرامي لعنصر (ي) :

عدد جرامات العنصر التي تتحد مع أو تزيح [١] غرام من غاز الهيدروجين أو [٨] غم من غاز الأوكسجين .

$$\frac{\text{الوزن الذري (ذ)}}{\text{التكافؤ (ف)}} = \text{الوزن المكافئ الجرامي (ي)}$$

الأوزان الذرية لبعض العناصر :

H	١	S	٣٢	Na	٢٣	Ag	١٠٨
C	١٢	P	٣١	K	٣٩	Zn	٦٥
O	١٦	N	١٤	Ca	٤٠	Al	٢٧
Cl	٣٥,٥	Br	٨٠	Cu	٦٤	Mn	٥٥

أمثلة

أحسب المكافئ الجرامي لكل من العناصر التالية :
Al (i) الألمنيوم ، S (ii) الكبريت

الحل :

$$(i) \text{ ي} = \frac{\text{ذ}}{\text{ف}} = \frac{٢٧}{٣} = \frac{٩}{١} \text{ غم}$$

$$(ii) \text{ ي} = \frac{\text{ذ}}{\text{ف}} = \frac{٣٢}{٢} = \frac{١٦}{١} \text{ غم}$$

الوزن المكافئ للحامض :

الحامض هو المادة التي تذوب في الماء وتطلق أيونات الهيدروجين الموجبة . قاعدية الحمض هي عدد ذرات الهيدروجين فيه .

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{قاعدية الحمض}} = \text{المكافئ الجرامي للحمض}$$

أمثلة

أحسب الوزن المكافئ للأحماض التالية :

(i) الكبريتيك H_2SO_4 ، (ii) الهيدروكلوريك HCl

الحل :

$$(i) \text{ مكافئ الحمض } \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{1 \times 2 + 32 + 16 \times 4}{2} = \frac{98}{2} = 49 \text{ غم}$$

$$(ii) \text{ مكافئ الحمض } \text{HCl} = \frac{1 + 35,5}{1} = 36,5 \text{ غم}$$

مكافئ القاعدة :

القاعدة هي المادة التي تذوب في الماء وتحرر مجموعات الهيدروكسيد السالبة (OH^-) حمضية القاعدة أي عدد مجموعات (OH) بها .

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{حمضية القاعدة}} = \text{مكافئ القاعدة}$$

أمثلة

أحسب الوزن المكافئ الجرامي للقواعد التالية :

(i) هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، (ii) هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2

الحل :

$$(i) \text{ مكافئ } \text{NaOH} = \frac{23 + 16 + 1}{1} = 40 \text{ غم}$$

$$(ii) \text{ مكافئ } \text{Ca(OH)}_2 = \frac{40 + 16 \times 2 + 1 \times 2}{2} = \frac{74}{2} = 37 \text{ غم}$$

الوزن المكافئ لملح :

$$\text{مكافئ الملح} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للملح}}{\text{عدد ذرات الشق الموجب} \times \text{تكافؤه}}$$

أمثلة

أحسب الوزن المكافئ الجرامي للأملاح التالية :

(i) بروميد الكالسيوم CaBr_2 ، (ii) كبريتيد الألمنيوم Al_2S_3

الحل :

$$\text{مكافئ } \text{CaBr}_2 \text{ (i)} = \frac{40 + 80 \times 2}{2 \times 1} = \frac{200}{2} = 100 \text{ غم}$$

$$\text{مكافئ } \text{Al}_2\text{S}_3 \text{ (ii)} = \frac{27 \times 2 + 32 \times 3}{3 \times 2} = \frac{150}{6} = 25 \text{ غم}$$

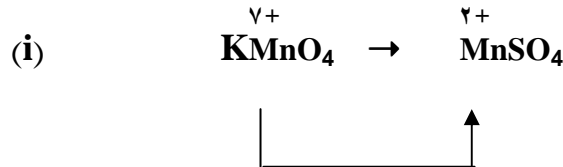
الوزن المكافئ للعامل المؤكسد أو المختزل :

$$\text{مكافئ العامل المؤكسد أو المختزل} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للعامل}}{\text{التغيير في عدد التأكسد}}$$

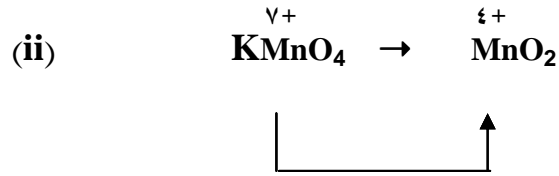
أمثلة

- بيرمنجنات البوتاسيم KMnO_4 عامل مؤكسد يمكن اختزاله إلى MnSO_4 أو MnO_2 .
أحسب الوزن المكافئ في كل حالة .

الحل :



$$\text{مكافئ } \text{KMnO}_4 = \frac{39 + 55 + 16 \times 4}{7 - 2} = \frac{158}{5} = 31,6 \text{ غم}$$



$$\underline{\underline{52,67 \text{ غم}}} = \frac{158}{3} = \frac{39+55+16 \times 4}{4-7} = \text{مكافئ } \text{KMnO}_4$$

تجارب على الأكسدة والاختزال :

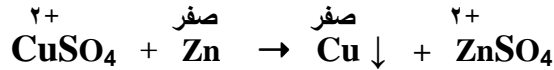
(١) ماذا تشاهد عند إضافة قطع خارصين إلى محلول كبريتات النحاس (ii) ؟

الحل :

(i) يترسب النحاس البني المحمر .

(ii) يختفي لون كبريتات النحاس [ii] الأزرق بعد فترة تدريجياً .

المعادلة :

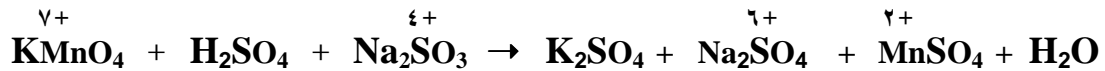


(٢) ماذا تشاهد عند إضافة محلول كبريتات الصوديوم إلى محلول بيرمنجنات البوتاسيم المحمضة بحمض الكبريتيك ؟

الحل :

يختفي لون بيرمنجنات البوتاسيم البنفسجي نتيجة لتغيير عدد تأكسد (Mn) من 7+ إلى 2+ .

المعادلة :



(٣) ماذا تشاهد عند وضع قطع نحاس في حامض نتريك ؟

الحل :

(i) يذوب النحاس .

(ii) ويتحرر غاز (NO₂) ذو اللون البني .

المعادلة :



الطاقة الكهربائية من تفاعلات الأكسدة والاختزال

الضغط الإلكتروليتي للإذابة :

ميل الفلزات والهيدروجين للذوبان - التأكسد - عندما توضع في الماء أو في محاليل مخففة من أملاحها .

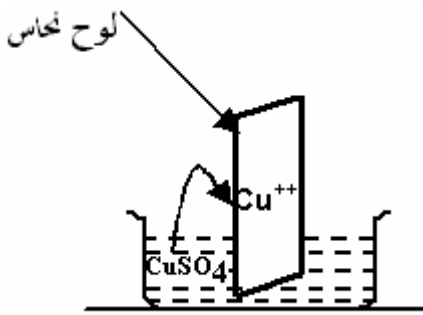
الضغط الأزموزي :

هو ترسيب أيونات الفلز صعبة التأكسد على اللوح .

جهد القطب الأساسي لعنصر :

هو فرق الجهد الناشئ عندما يغمر العنصر في محلول أحد أملاحه في الظروف القياسية .

كيف ينشأ جهد قطب النحاس :



□ عند غمر لوح نحاس في محلول كبريتات النحاس [ii] يحدث الآتي :

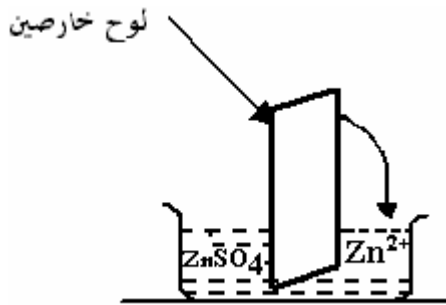
(i) النحاس فلز صعب الأكسدة لذلك يعمل الضغط الأزموزي على ترسيب أيونات النحاس [ii] الموجبة على لوح النحاس فيكسب اللوح شحنة موجبة .

(ii) ينشأ فرق جهد بين لوح النحاس الموجب والحلول السالب يعرف هذا الفرق في الجهد بجهد قطب النحاس . لكن سرعان ما يصل النظام إلى حالة الاتزان بفعل الضغط الإلكتروليتي للإذابة .

□ الفلزات صعبة الأكسدة ، جهود أقطابها موجبة .

مثلاً : Ag ، Cu ، Au ، Hg ،

كيف ينشأ جهد قطب الخارصين :



□ عند غمر لوح خارصين في محلول كبريتات الخارصين يحدث الآتي :

(i) الخارصين فلز سهل الأكسدة يعمل

الضغط الإلكتروليتي على إذابة ذرات

خارصين من اللوح فتذهب في شكل

أيونات إلى المحلول وتبقى الإلكترونات

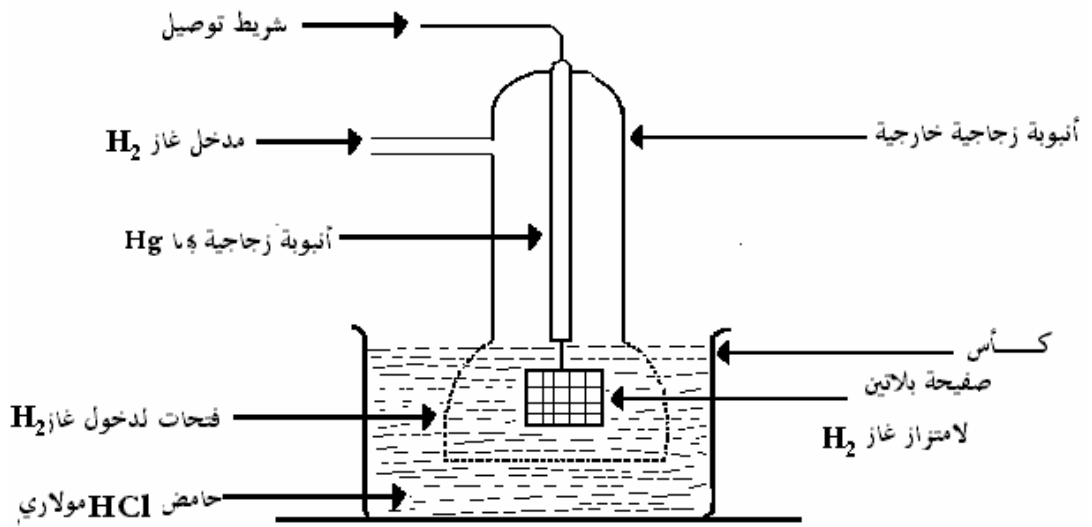
على اللوح فيكتسب اللوح شحنة سالبة والمحلول شحنة موجبة .

(ii) ينشأ من ذلك فرق جهد يعرف بجهد قطب الخارصين لكن سرعان ما يصل النظام إلى حلة الاتزان بفعل الضغط الأزموزي .

□ الفلزات سهلة الأكسدة ، جهود أقطابها سالبة .

قطب الهيدروجين الأساسي :

عبارة عن غاز هيدروجين مرر بضغط جوي واحد عند 25°C في حامض هيدروكلوريك تركيزه [1] مول/دسم³ قد اصطلح على أن جهد قطب الهيدروجين الأساسي = صفراً من ثم يستخدم في قياس جهود الأقطاب القياسية للعناصر .



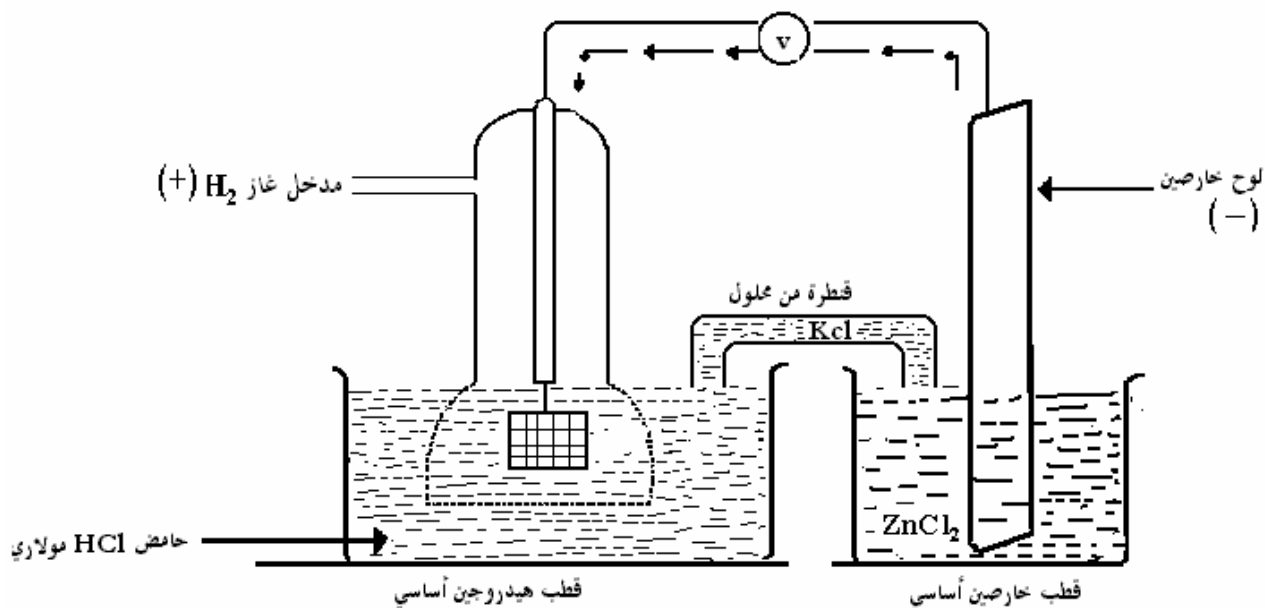
قطب الهيدروجين الأساسي

القوة الدافعة الكهربائية :

فرق الجهد عندما لا يمر تيار . أو هي فرق الجهد عندما تكون الدائرة الكهربائية مفتوحة .

كيفية قياس جهد قطب الخارصين الأساسي :

- 1- تكون خلية كهربائية من قطب الخارصين وقطب الهيدروجين الأساسي . في الظروف القياسية .
- 2- توصل الخلية بفولتметр . قراءة الفولتметр تمثل جهد قطب الخارصين الأساسي .



خلية كهربية لقياس جهد قطب الخارصين الأساسي

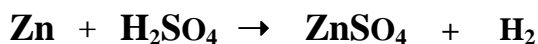
السلسلة الكهروكيميائية :

ترتيب للعناصر حسب جهود أقطابها الأساسية . من أكبر جهد يحمل إشارة سالبة مروراً بالصفر عند قطب الهيدروجين إلى أكبر جهد يحمل إشارة موجبة .

فوائد السلسلة الكهروكيميائية :

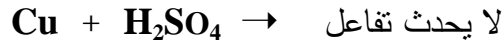
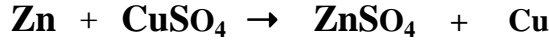
- ١- العناصر في أعلى السلسلة عوامل مختزلة قوية . أي تتأكسد بسهولة . بينما العناصر في أسفل السلسلة عوامل مؤكسدة قوية - أي تختزل بسهولة -
- ٢- الفلزات أعلى السلسلة نشطة لذلك توجد في شكل مركبات . يقل النشاط بالاتجاه إلى أسفل . حيث نجد الفضة والذهب والنحاس في صورة حرة .
- ٣- يزداد ثبات المركبات كلما زاد البعد بين العناصر المكونة لها .
- ٤- الفلزات أعلى الهيدروجين تزيحه من الأحماض المخففة مثلاً :

خارصين + حامض كبريتيك مخفف ← كبريتات خارصين + هيدروجين



القطب/ عنصر مغمور في أيوناته	فرق الجهد
Li , Li ⁺	٣,٠٢-
K , K ⁺	٢,٩٢-
Na , Na ⁺	٢,٧١-
Mg , Mg ²⁺	٢,٣٧-
Al , Al ³⁺	١,٦٦-
Zn , Zn ²⁺	٠,٧٦-
Fe , Fe ²⁺	٠,٤٤-
Cd , Cd ²⁺	٠,٤٠-
Sn , Sn ²⁺	٠,١٤-
Pb , Pb ²⁺	٠,١٢-
H ₂ , 2H ⁺	صفر
Cu , Cu ⁺⁺	٠,٣٤+
Ag , Ag ⁺	٠,٨٠+
Cl ₂ , 2Cl ⁻	١,٣٦+

٥- العناصر أعلى السلسلة تستطيع أن تزيح العناصر التي تليها من محاليل أملاحها .



٦- يمكن تكوين خلية كهربية من أي عنصرين في السلسلة بحيث :

- (i) العنصر الأعلى موقعاً يمثل قطباً سالباً .
- (ii) العنصر الأسفل موقعاً يمثل قطباً موجباً .
- (iii) معادلة التفاعل عند القطب السالب معادلة أكسدة - إنتاج إلكترونات - .
- (iv) معادلة التفاعل عند القطب الموجب معادلة اختزال - استهلاك إلكترونات - .
- (v) اتجاه التيار دائماً من القطب السالب إلى القطب الموجب عبر الموصل الخارجي .
و داخل المحلول تتحرك الأيونات .
- (vi) القوة الدافعة الكهربية = الفرق بين جهدي القطبين .

مثال :

الجدول إلى اليسار يحوى جهود الأقطاب الأساسية لبعض العناصر .
من الجدول أجب على الآتي :

(i) أشد الفلزات $A \leftarrow F$ فعالية كعامل مختزل ؟

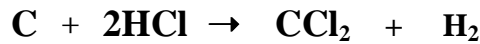
هو F .

(ii) أشد الأيونات $A^{++} \leftarrow F^{++}$ فعالية كعامل مؤكسد؟ هو F

:

(iii) أي الفلزين A ، C يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك ؟
أكتب معادلة التفاعل .

الفلز هو **C** لأن يقع أعلى الهيدروجين . والمعادلة هي :



(iv) الفلزين من الفلزات من $A \leftarrow F$ الذين تولد الخلية المصممة من قطبيهما

الأساسين أكبر فرق جهد هما ؟ F و E .

□ القطب السالب في الخلية هو : F والقطب الموجب هو : E

□ التفاعل عند القطب السالب : $F \rightarrow F^{2+} + 2\bar{e}$

□ التفاعل عند القطب الموجب : $E^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow E$

□ التفاعل الشامل للخلية : $F + E^{2+} \rightarrow F^{2+} + E$