



الجمان في الكيمياء

اعداد الأستاذ

محمد الشيخ

الفرع العلمي

جيل
2005

الوحدة الأولى

الحموض والقواعد وتطبيقاتها

الوحدة الثانية

الكيمياء الكهربائية (التأكسد والاختزال)

الكيمياء

هي القلب النابض الذي تحيا

به العلوم الأخرى

كيمياء النجاح

طلبي / طالبتي ...

اعلم أنه إذا كانت الظروف مواتية

فإن النتائج حتمية

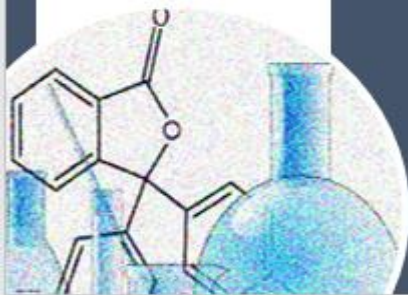
" وفقكم الله "

الجمان في

الفرع العلمي

حسب المنهاج المطور

جيل
2005



scan me

الجُمانُ

في الكيمياء

الوحدة الأولى

الحموض والقواعد

وتطبيقاتها

Acids and Bases and their Applications

لطلبة التوجيهي العلمي

المنهاج المطور

جيل 2005 لعام 2023

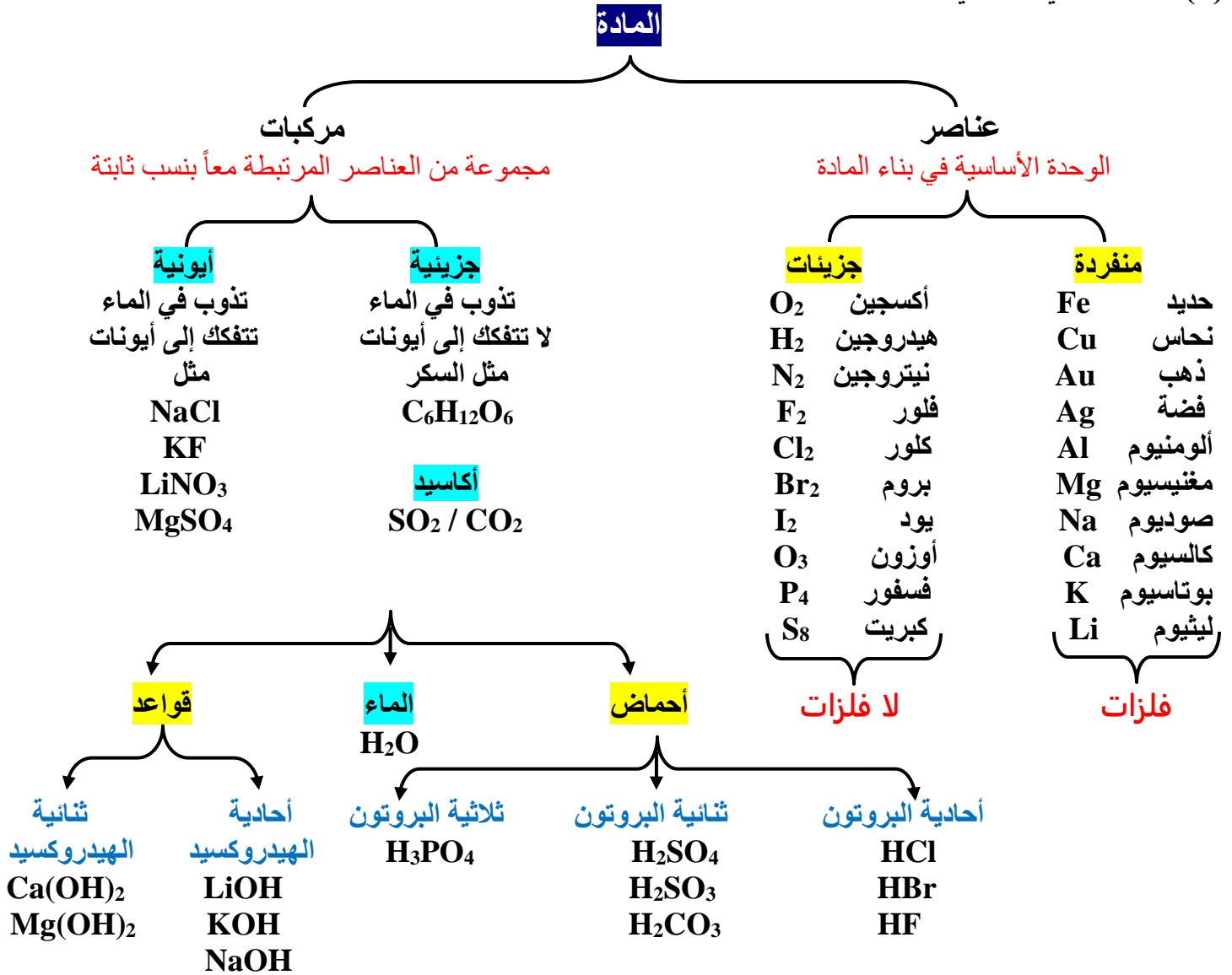
إعداد الأستاذ: محمد الشيخ

موقع الأوائل التعليمي



أساسيات

(1) المادة : هي كل شيء يشغل حيز وله كتلة .



(2) قانون حفظ المادة : المادة لا تفنى ولا تخلق من العدم ولكن

تتحول من شكل إلى آخر .

كيميائياً ((عدد ونوع الذرات الداخلة في تفاعل تساوي
عدد ونوع الذرات الخارجة منه ولكن بشكل آخر))



(3) أيون الهيدروجين (H⁺) أو البروتون

ذرة الهيدروجين هي أبسط ذرة في الجدول الدوري حيث أنها تمتلك الكترونات (-) واحداً وبروتوناً (+) واحداً ، وفي حال تفاعلت هذه الذرة وفقدت الكترونها الوحيد فإنه سيبقى منها البروتون (+) وهنا يمكن تسمية أيون الهيدروجين بـ البروتون .

(4) بعض المصطلحات القياسية ووحدات قياسها

$$1 \text{ Kg} = 1000 \text{ gm}$$

1- **الكتلة (m)** : تقاس بوحدة كيلوغرام (Kg) أو غرام (gm / g)

$$1 \text{ L} = 1000 \text{ ml}$$

2- **الحجم (v)** : يقاس بوحدة لتر (L) أو مليلتر (ml)

مثال ... محلول حجمه 400 ml , كم يساوي حجمه باللتر ؟

$$\text{الحل : } 400 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0.4 \text{ L}$$

3- **عدد المولات (n)** : مصطلح يعبر عن كمية المادة ويقاس بوحدة (mol)

حيث أن المول هو كمية من المادة تساوي عدد أفوجادرو من الذرات (6.022×10^{23} ذرة / جزيء)

مثال : 1) $1 \text{ mol Fe} = 6.022 \times 10^{23} \text{ Fe atoms}$

2) $1 \text{ mol H}_2 = 6.022 \times 10^{23} \text{ H}_2 \text{ molecules}$

4- **الكتلة المولية (Mr)** : هي كتلة 1 mol من أي مادة , وهذه القيمة معلومة بالتجربة لجميع العناصر ومثبتة في الجدول الدوري , وتقاس بوحدة (gm/mol) .

مثال : $1 \text{ mol Fe} = 56 \text{ gm}$

$1 \text{ mol H} = 1 \text{ gm}$ لذلك $1 \text{ mol H}_2 = 2 \text{ gm}$

$1 \text{ mol N} = 14 \text{ gm}$ لذلك $1 \text{ mol N}_2 = 28 \text{ gm}$

سؤال ... إذا علمت أن الكتلة المولية للأكسجين O تساوي 16 gm/mol فاحسب الكتلة المولية للأوزون O₃

الحل : $\text{Mr} (\text{O}_3) = 3 \times 16 = 48 \text{ gm/mol}$

سؤال ... إذا علمت أن الكتل المولية للعناصر (Na = 23 , O = 16 , S = 32 , N=14 , H = 1) فاحسب الكتل المولية للمركبات الآتية



بما أن كمية المادة تقاس بالمول والمول لا يمكن قياسه بأدوات معينة إذ لا بد من ربط المول بكمية يمكن قياسها مثل الكتلة (m) ولذلك فإن :

$$\# \text{ of moles (n)} = \frac{m}{Mr}$$

سؤال : قطعة مغنيسيوم كتلتها 6 gm , احسب عدد مولاتها علماً أن الكتلة المولية للمغنيسيوم تساوي 24 gm/mol
الحل ...

$$n = \frac{6 \text{ gm}}{24 \text{ gm/mol}} = 0.25 \text{ mol}$$

سؤال : عينة تحتوي على 3 mol من الكالسيوم Ca , فإذا كانت الكتلة المولية لـ Ca تساوي 40 gm/mol احسب كتلة العينة .
الحل ...

$$\begin{aligned} m &= n \times Mr \\ &= 3 \text{ mol} \times 40 \text{ gm/mol} \\ &= 120 \text{ gm} \end{aligned}$$

5- التركيز المولاري (M): مصطلح يعبر عن كمية المادة المذابة (عدد مولاتها n) في المذيب . رمزها [] ويقاس بوحدة (mol/L) ولذلك فالتركيز يصف عدد مولات المذاب في 1 L من المذيب . والعلاقة الآتية تستخدم لحساب التركيز :

$$[M] = \frac{n}{v}$$

سؤال : محلول نتج بإذابة 0.4 mol من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في كمية من الماء حتى أصبح حجم المحلول 2 L , احسب تركيز NaOH في المحلول .
الحل

$$[NaOH] = \frac{0.4 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol/L}$$

سؤال : تم إذابة 5.9 gm من ملح الطعام NaCl في 10 L ماء فإذا كانت الكتلة المولية لـ NaCl تساوي 59 gm/mol احسب تركيز ملح الطعام في المحلول .
الحل ...

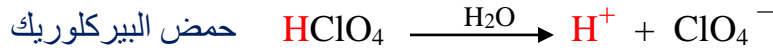
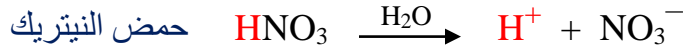
مقدمة شاملة (هذه المقدمة تشمل الدرس الأول والثاني حسب المنهاج)
سندرس في هذه الوحدة ثلاثة أنواع من المواد وهي الحموض والقواعد والأملاح :

الحموض Acids

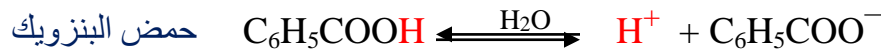
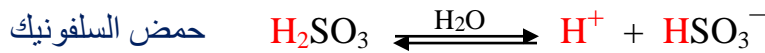
وتتميز بطعمها الحمضي اللاذع وأنها تحوّل ورقة كاشف تباع الشمس **الزرقاء** إلى اللون **الأحمر** , والحموض لها مصادر متعددة منها ما هو طبيعي مثل حمض الاسكوربيك (فيتامين C) في البرتقال وحمض السيتريك في الليمون وحمض الكربونيك في المشروبات الغازية ومنها ما هو صناعي مثل حمض الكبريتيك المستخدم في بطارية السيارة ومبيض الملابس ومزيل البقع.

تقسم الأحماض من حيث سلوكها داخل المحاليل إلى :

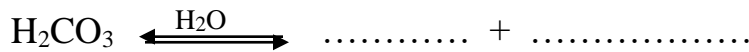
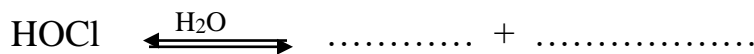
(أ) أحماض قوية (**Strong Acids**) : وهي أحماض تتأين **كلياً** عند إذابتها في الماء , مثل



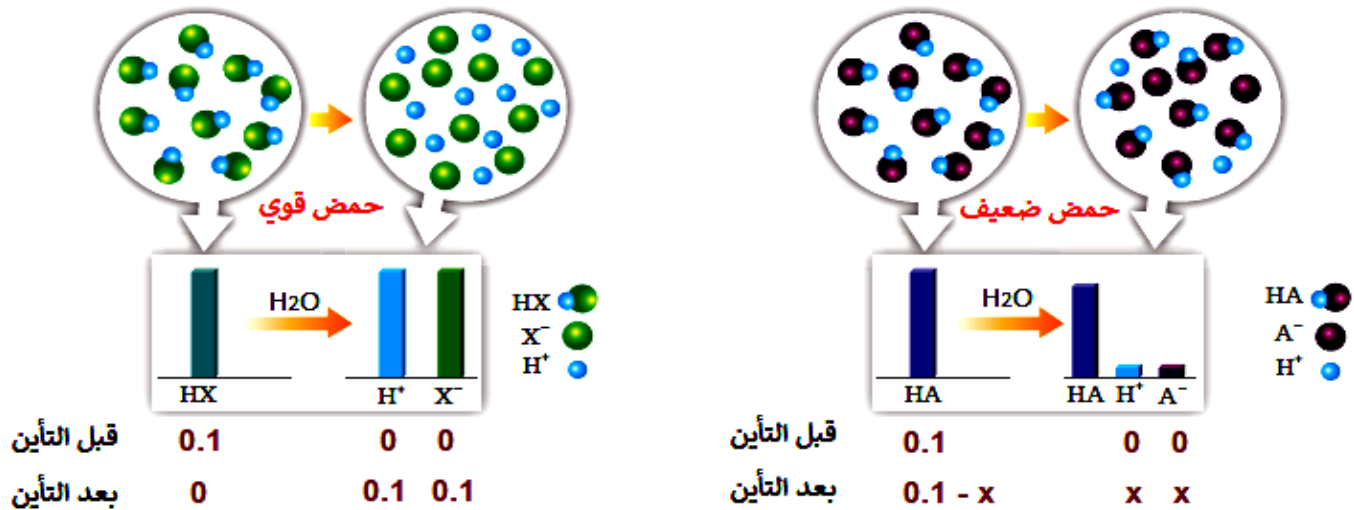
(ب) أحماض ضعيفة (**Weak Acids**) : وهي أحماض تتأين **جزئياً** عند إذابتها في الماء , مثل



سؤال : اكتب نواتج تفكك كل من الأحماض الآتية في الماء



والآن ما الفرق بين الحمض القوي والضعيف من حيث سلوكه داخل المحلول ؟
لمعرفة ذلك سندرس الرسم البياني الآتي :



لا بد أنك لاحظت أن الأيونات الناتجة دائماً متساوية في تركيزها وفي جميع أنواع المحاليل

مثال : يتفكك الحمض الضعيف HCN (0.3 mol/L) في الماء , الجدول الآتي يبين عملية تفككه في الماء مع نسب الأيونات الناتجة عنه في بداية التأيين ونهايته ومقدار ما يتفكك منه

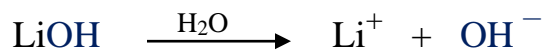
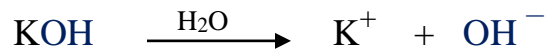
[HCN]	[H ⁺]	[CN ⁻]	H ₂ O	التركيز الحالة
0.3	0	0	-	قبل التأيين (بداية التأيين)
- X	+ X	+ X	-	مقدار التغير
0.3 - X	X	X	-	بعد التأيين (عند الاتزان)

القواعد Bases

هي مواد تتميز بطعمها المر ولمسها الزلق وأنها تُحوّل ورقة تَبَاع الشمس **الحمراء** إلى اللون **الأزرق** ومن أمثلتها الطبيعية السبانخ والخيار والخس والبروكلي والتفاح والشمش والفراولة والصناعية مثل هيدروكسيد المغنيسيوم المستخدمة في صناعة الأدوية مضادة الحموضة وهيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) المستخدمة في صناعة المنظفات المنزلية والصابون , والأمونيا (النشادر) .

تقسم القواعد من حيث سلوكها داخل المحاليل إلى :

(أ) قواعد قوية (Strong Bases) : وهي قواعد تتأين **كلياً** عند إذابتها في الماء , مثل

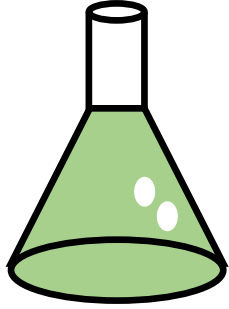


(ب) قواعد ضعيفة (Weak Bases) : وهي قواعد تتأين **جزئياً** عند إذابتها في الماء , مثل

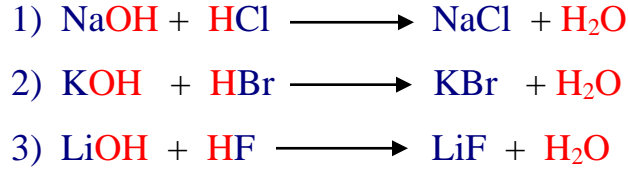


الأملاح Salts

هي مواد يمكن الحصول عليها عند تفاعل حمض مع قاعدة حيث ينتج عنها ملح وماء وتسمى تفاعلات التعادل , وتعطى بالصيغة العامة :



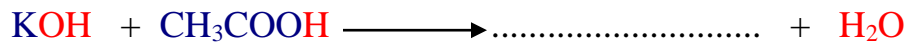
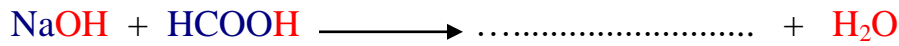
أمثلة



❖ نلاحظ أن :-

- 1- صيغة الملح تكتب بأخذ الطرف الموجب (+) من القاعدة , مع الطرف السالب (-) من الحمض .
- 2- يمكن استخدام أي حمض (قوي / ضعيف) مع أي قاعدة (قوية / ضعيفة) بدون شروط .

سؤال : اكتب صيغة الملح الناتجة عن كل من التفاعلات الآتية :



سؤال : ما صيغة كل من الحمض والقاعدة التي شاركت في إنتاج كلاً من الأملاح الآتية :



تؤثر الأملاح في المحاليل فبعض الأملاح له تأثير حمضي وبعضها تأثيره قاعدي وهناك أملاح لا تؤثر في المحاليل وتوصف بأنها أملاح متعادلة (سندرس هذا لاحقاً بالتفصيل) .

سؤال : علل ... تعتبر القاعدة NaOH قاعدة قوية تامة التآين في الماء .

السبب : بعد التفكك ينتج أيون Na^+ والذي يعتبر ضعيف نسبياً أي ليس لديه القدرة على الارتباط مع OH^- بعد التفكك وذلك لأن قوى التجاذب بينه وبين الماء قوية جداً ولذلك فإنه يفضل البقاء مع جزيئات الماء دون الارتباط مع OH^- وبذلك تبقى NaOH في حالة تفكك دائم وهذا ما يجعلها قوية .

سؤال : علل ... يعتبر الحمض HBr حمضاً قوياً تام التآين في الماء .

السبب : بعد التفكك ينتج أيون Br^- والذي يعتبر ضعيف نسبياً أي ليس لديه القدرة على الارتباط مع H^+ بعد التفكك وذلك لأن قوى التجاذب بينه وبين الماء قوية جداً ولذلك فإنه يفضل البقاء مع جزيئات الماء دون الارتباط مع H^+ وبذلك تبقى HBr في حالة تفكك دائم وهذا ما يجعله قوياً .

مفاهيم (تعريفات) الحموض والقواعد

(1) مفهوم أرهينيوس Arrhenius Concept

عرّف أرهينيوس الحمض والقاعدة كالآتي :

الحمض : مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروجين H^+ عند إذابتها في الماء .

القاعدة : مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروكسيد OH^- عند إذابتها في الماء .

بعض حموض أرهينيوس .

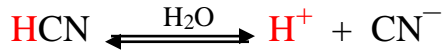
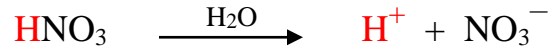
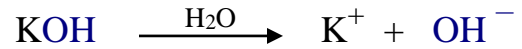
الصيغة الكيميائية	الحمض
HCl	الهيدروكلوريك
HNO ₃	النيتريك
H ₂ SO ₄	الكبريتيك
H ₃ PO ₄	الفسفوريك
CH ₃ COOH	الإيثانويك
H ₂ CO ₃	الكربونيك

بعض قواعد أرهينيوس .

الصيغة الكيميائية	القاعدة
KOH	هيدروكسيد البوتاسيوم
LiOH	هيدروكسيد الليثيوم
NaOH	هيدروكسيد الصوديوم
Mg(OH) ₂	هيدروكسيد المغنيسيوم
Ca(OH) ₂	هيدروكسيد الكالسيوم

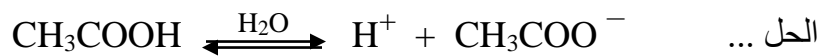


شرط يذوبوا في المي



ملحوظة : من التعريف والأمثلة نلاحظ أن أرهينيوس اشترط وجود (H) في تركيب الحمض ووجود (OH) في تركيب القاعدة ولذلك فإن مفهوم أرهينيوس ينطبق على الأحماض القوية والأحماض الضعيفة والقواعد القوية فقط .

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ CH_3COOH حسب تعريف أرهينيوس



سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ $LiOH$ حسب تعريف أرهينيوس

الحل ...

سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ N_2H_4 حسب تعريف أرهينيوس

الحل ... لا يمكن تفسير ذلك لعدم احتواء N_2H_4 على OH

استطاع أرهينيوس أن يميز بين الحموض القوية والضعيفة من خلال توصيلها للتيار الكهربائي , وذلك من خلال توصيل محلول الحمض بمصباح كهربائي ولاحظ أنه :
 ◀ كلما كان الحمض أقوى تزداد قوة إضاءة المصباح والسبب زيادة كمية الأيونات في المحلول وبالتالي زيادة كمية التيار الكهربائي المار عبر الأسلاك فزيادة توهج المصباح .

على الرغم من نجاح أرهينيوس في وضع تعريف للحمض والقاعدة إلا أنه كان قاصراً (محدوداً) وذلك للأسباب الآتية :

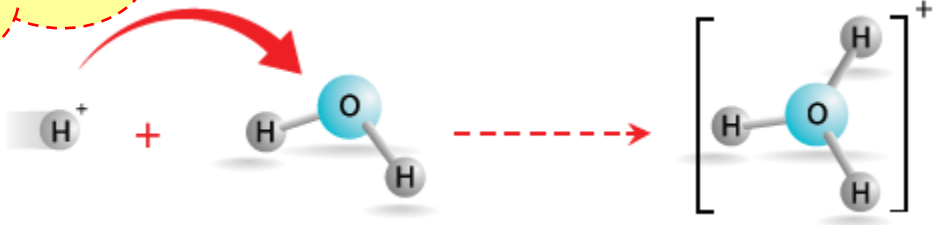
- 1- تناوله الحموض والقواعد في المحاليل المائية فقط .
- 2- لم يتمكن من تفسير السلوك القاعدي لبعض القواعد المعروفة مثل NH_3 .
- 3- لم يتمكن من تفسير تفاعل حمص HCl مع القاعدة NH_3 بغض النظر عن الوسط سائل أو غاز .
- 4- لم يتمكن من تفسير الخواص الحمضية والقاعدية لمحاليل بعض للأحماض مثل NH_4Cl , $NaHCO_3$.

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (8)

(2) مفهوم برونستد – لوري Bronsted-lowry Concept

بدأ برونستد ولوري تعريفهما بالبحث في أصل الأيون H^+ حيث أنه عبارة عن ذرة هيدروجين فقدت إلكتروناتها ولم يبق منها سوى بروتون (+) ولذلك يمكن القول بأن أيون الهيدروجين H^+ هو نفسه البروتون الموجب (P^+)

وما يحدث فعلياً في المحاليل هو أنه عند إذابة أي حمض في الماء ينتج H^+ الذي يرتبط مع الماء مباشرة ليكون أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) حسب المعادلة :

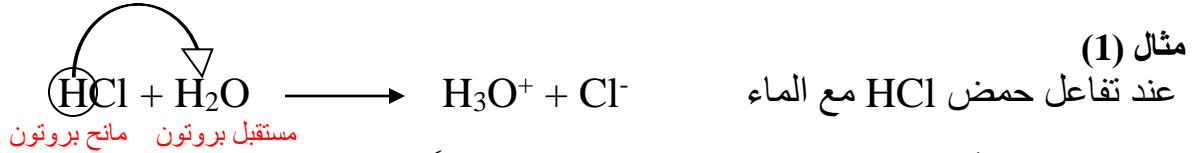


البروتون (H^+)

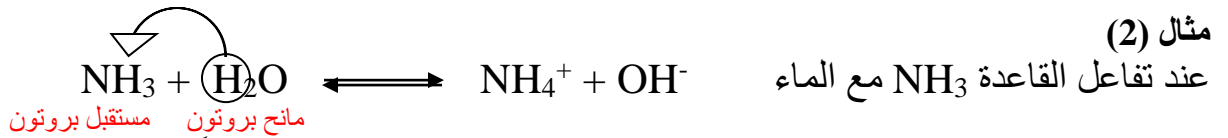
جسيم متناهٍ في الصغر ذو كثافة كهربائية عالية , ولا يكون منفرداً في المحلول وإنما يرتبط مع الماء H_2O ليكوّن أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) .

وبناءً على ذلك كان تعريف برونستد لوري كالتالي :

- 1- الحمض { مانح بروتون } : مادة (جزيئات/أيونات) قادرة على منح بروتون (H^+) لمادة أخرى .
- 2- القاعدة { مستقبل بروتون } : مادة (جزيئات/أيونات) قادرة على استقبال بروتون (H^+) من مادة أخرى .



❖ نلاحظ أن HCl قام بمنح H^+ للماء وبذلك يكون حمضاً والماء قاعدة .



❖ نلاحظ أن NH_3 قامت باستقبال H^+ من الماء وبذلك تكون قاعدة والماء حمضاً .

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ H_2S حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ N_2H_4 حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

Conjugate base

Acid

الأزواج المترافقة

كل حمض بعد أن يمنح يكون في النواتج قاعدة وتسمى القاعدة المترافقة للحمض
وكل قاعدة بعد أن تستقبل تكون في النواتج حمض ويسمى الحمض المترافق للقاعدة

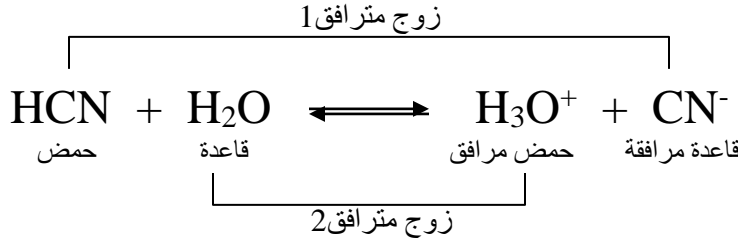
Conjugate acid

Base

Conjugated Pairs

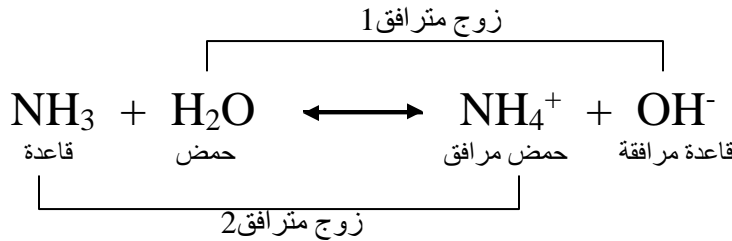
وعليه فان أي تفاعل بين حمض وقاعدة حسب مفهوم برونستد- لوري يشتمل على زوجين مترافقين من الحمض والقاعدة.

مثال (1) ..



❖ أو الأزواج المترافقة هي : $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$, CN^- / HCN

مثال (2) ..



❖ أو الأزواج المترافقة هي : $\text{OH}^- / \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$

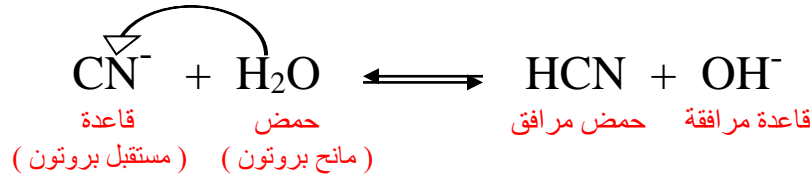
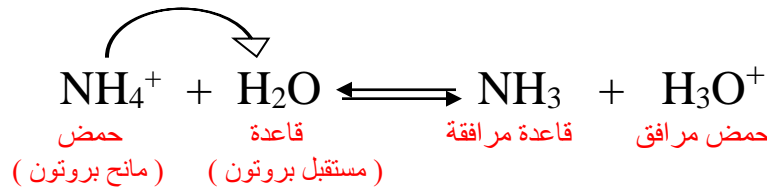
من تعريف برونستد - لوري نلاحظ أن :

1- الحمض والقاعدة لا تقتصر على المركبات المتعادلة مثل NH_3 , HCl , وإنما الأيونات والمركبات الأيونية أيضاً لها سلوك حمضي أو قاعدي فمثلاً :

أ- OH^- , CN^- تعتبر قواعد (في المثالين السابقين) (تستقبل H^+).

ب- H_3O^+ , NH_4^+ تعتبر حموض (في المثالين السابقين) (تمنح H^+).

وعليه يمكن القول بأن :

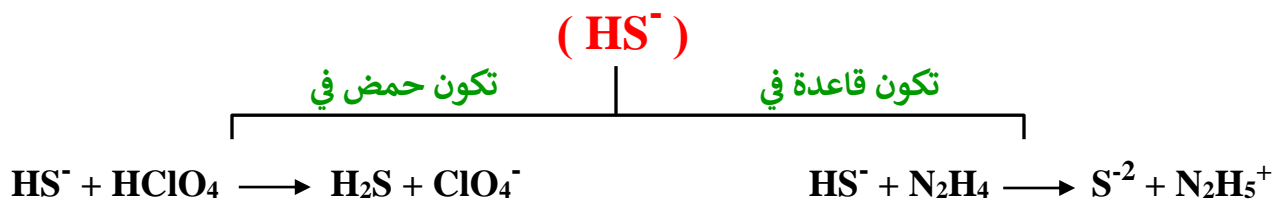


2- كما نلاحظ أن الماء قد يسلك سلوكاً حمضياً أو قاعدياً وذلك يعتمد على سلوك المادة الأخرى .

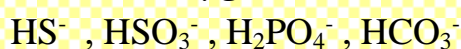
3- يكون الفرق بين الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة دائماً بروتون (H^+) واحد فقط .

مثال : يعتبر ($\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$) زوجاً مترافقاً , بينما ($\text{CO}_3^{2-} / \text{H}_2\text{CO}_3$) لا يعد زوجاً مترافقاً .

4- أيضاً من ميزات تعريف برونستد - لوري أنه صنف بعض المواد على أنها تسلك سلوكين (حمضي / قاعدي) وتسمى هذه المواد المفوتيرية أو المترددة **Amphoteric substance** مثل :



هي المادة التي تسلك سلوكين (حمضي / قاعدي) في محاليلها وتمتاز غالباً عن باقي المواد بامتلاكها شحنة سالبة وهيدروجين يمكن نزعها ومنحها لمادة أخرى
مثل :



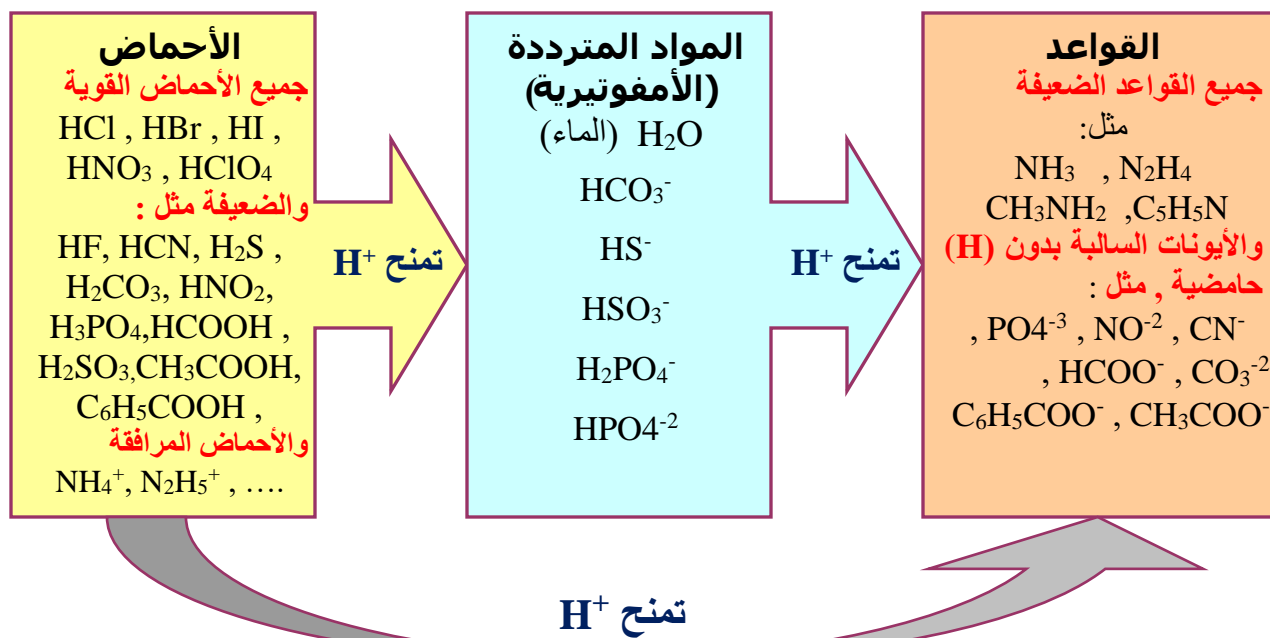
والشروط الواجب توافرها لتكون المادة أمفوتيرية هي أن تمتلك

- 1- إشارة سالبة .
- 2- هيدروجين حامضية يمكن نزعها .
(رابطة قطبية)
- 3- أن لا يكون أصلها عضوياً .

المادة الأمفوتيرية

❖ خلاصة ...

يمكن تصنيف المواد حسب تعريف برونستد - لوري إلى :



❖ نلاحظ أن المواد $C_6H_5COO^-$ CH_3COO^- $HCOO^-$ لا تعتبر مواد أمفوتيرية لأن ذرات الهيدروجين فيها أصلية (ليست حامضية) أي لا يمكن نزعها وذلك لأنها ترتبط بروابط غير قطبية , وبذلك تكون قواعد فقط .

سؤال : أكمل التفاعلات الآتية في الجدول ثم حدد الحمض المرافق والقاعدة المرافقة لكل منها

الرقم	التفاعل	الحمض المرافق Conjugate base	القاعدة المرافقة Conjugate acid
1	$\text{HF} + \text{CN}^- \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
2	$\text{HBr} + \text{S}^{2-} \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
3	$\text{NH}_3 + \text{HSO}_3^- \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
4	$\text{HNO}_2 + \text{CH}_3\text{COO}^- \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
5	$\text{HCO}_3^- + \text{PO}_4^{3-} \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
6	$\text{HCOOH} + \text{C}_5\text{H}_5\text{N} \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
7	$\text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{NH}_2 \leftrightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		

سؤال : أكتب الحمض المرافق لكل من قواعد برونستد- لوري الآتية :

- 1- N_2H_4 الحمض المرافق هو
- 2- CH_3COO^- الحمض المرافق هو
- 3- H_2O الحمض المرافق هو
- 4- CO_3^{2-} الحمض المرافق هو
- 5- HS^- الحمض المرافق هو

الحمض المرافق = القاعدة + H^+

سؤال : أكتب القاعدة المرافقة لكل من حموض برونستد- لوري الآتية :

- 1- N_2H_5^+ القاعدة المرافقة هي
- 2- CH_3COOH القاعدة المرافقة هي
- 3- H_2O القاعدة المرافقة هي
- 4- H_2CO_3 القاعدة المرافقة هي
- 5- HS^- القاعدة المرافقة هي

القاعدة المرافقة = الحمض - H^+

سؤال : اكتب معادلات كيميائية تبين سلوك $\text{HS}^- / \text{H}_2\text{PO}_4^-$ كأحماض عند تفاعلها مع الماء H_2O .

سؤال : اكتب معادلات كيميائية تبين سلوك $\text{HS}^- / \text{H}_2\text{PO}_4^-$ كقواعد عند تفاعلها مع الهيدروكلوريك HCl .

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (12)

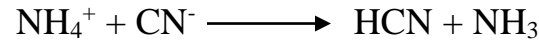
قوة الحموض والقواعد (مبدأ لوتشاتيليه وتحديد جهة الاتزان)

تختلف الحموض والقواعد في قوتها وهذا يعتمد على نسبة تأينها في الماء فعندما تزداد قوة الحمض أو القاعدة فإن المواد المرافقة لها تكون أضعف والعكس صحيح , أما مبدأ لوتشاتيليه فينص على أن :

((التفاعل الكيميائي يفضل أن يتجه نحو تكوين المواد الأضعف)) وبذلك لو سألنا أي الجهات يفضلها التفاعل أو حدد جهة الاتزان للتفاعل أو إلى أين يتجه التفاعل أو حدد الجهة التي يرجحها التفاعل ؟؟؟؟ فالحل سيكون كالتالي :

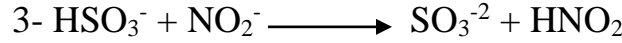
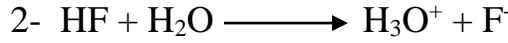
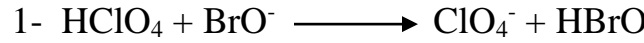
- 1- نحدد الحمض والقاعدة في التفاعل ونحدد قوتها من المخطط المجاور ◀
- 2- نقارن قوة الحمض والقاعدة في المتفاعلات مع النواتج .
- 3- نقرر جهة الاتزان وهي جهة المواد الأضعف .

مثال ... حدد الجهة التي يفضلها التفاعل

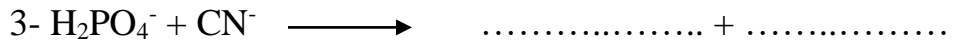
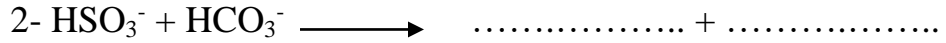
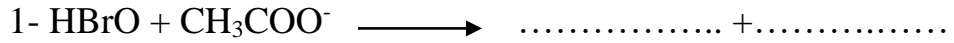


إذاً الجهة التي يفضلها التفاعل هي جهة النواتج (اليمين)

سؤال : حدد جهة الاتزان للتفاعلات الآتية



سؤال : أكمل التفاعلات الآتية ثم حدد الجهة التي يرجحها التفاعل



مع الوقت تبين أن تعريف برونستد-لوري كان قاصراً (فيه ضعف) وذلك بسبب :

- 1- لم يوضح كيف يرتبط البروتون بالمواد القاعدية .
- 2- لم يفسر سلوك بعض تفاعلات الحمض مع القاعدة التي لا تتضمن انتقال البروتون مثل تفاعل NH_3 مع BF_3 .
- 3- لم يفسر تفاعلات الحمض مع القاعدة التي لا تشمل انتقال بروتون , مثل تفاعل CO_2 مع الماء لإنتاج حمض الكربونيك H_2CO_3 .

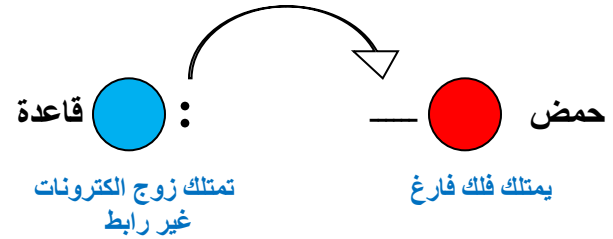
(3) مفهوم لويس Lewis Concept

تمكن العالم لويس من وضع المفهوم الأكثر شمولاً فيما يتعلق بالحمض والقاعدة كالاتي :

الحمض : مادة قادرة على استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة من مادة أخرى , لأن لديه فلك فارغ .
القاعدة : مادة قادرة على منح زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى .

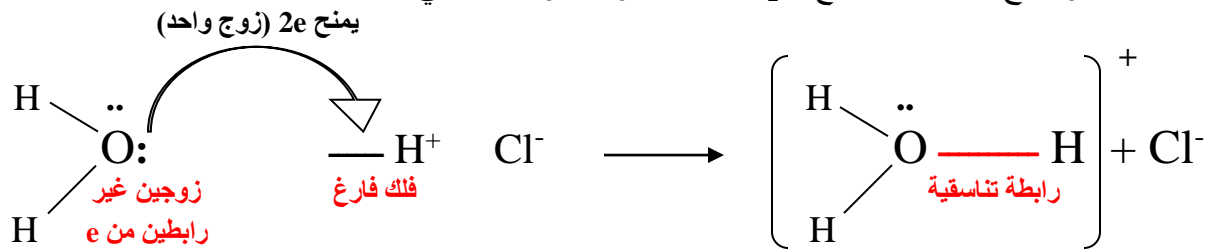
وينتج عن هذا الارتباط ما يعرف **بالرابطة التناسقية**

هي إحدى أشكال الرابطة التساهمية وتحدث عندما تقدم مادة زوج الكترولونات غير رابطة وتقدم الأخرى فلك فارغ .



الرابطة التناسقية

والآن يمكن توضيح تفاعل HCl مع H₂O حسب تعريف لويس كالاتي :

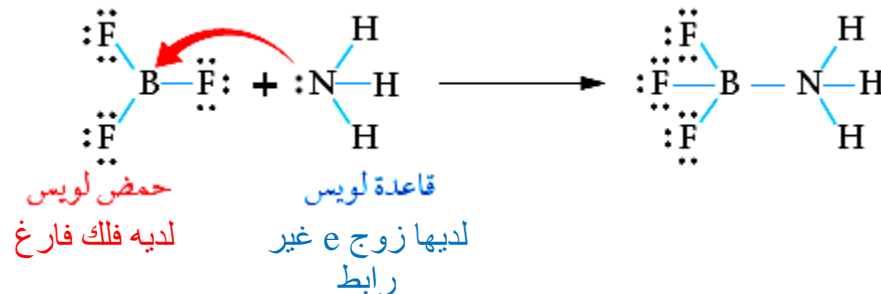


- الحمض هو HCl لأن لديه فلك فارغ فيستقبل زوج الكترولونات غير رابطة من الماء H₂O .
- القاعدة هي الماء H₂O لأن لديها زوجين الكترولونات غير رابطين تمنح أحدها لـ HCl .

سؤال : استخدم تعريف لويس لتوضيح كيف يتفاعل NH₃ مع HNO₃
الحل

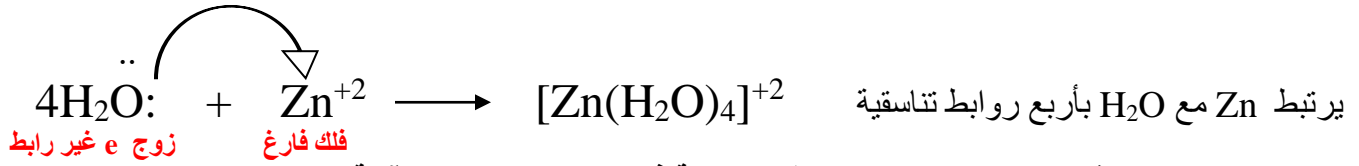
مميزات تعريف لويس :

(1) استطاع تفسير ما عجز عنه برونستد-لوري مثل :



(2) استطاع تعريف لويس أن يفسر سلوك العديد من المواد كحمض وقاعدة ومن ذلك :-
تسلك جميع أيونات الفلزات الانتقالية سلوكاً حامضياً لأنها تمتلك أفلاكاً فارغة مثل :
 Cr^{+3} Sn^{+4} Fe^{+2} Zn^{+2} Cu^{+2} Ag^{+} وغيرها.....

ولذلك تستطيع هذه الأيونات أن ترتبط مع بعض القواعد بروابط تناسقية لتكوين مركبات معقدة كالآتي :



سؤال : حدد حمض وقاعدة لويس وعدد الروابط التناسقية في كل من التفاعلات الآتية

- $Fe^{+3} + 6CN^- \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{-3}$ القاعدة عدد الروابط
- $Cu^{+2} + 6H_2O \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_6]^{+2}$ القاعدة عدد الروابط
- $Ag^{+} + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^{+}$ القاعدة عدد الروابط
- $Co^{+3} + 6NH_3 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{+3}$ القاعدة عدد الروابط
- $Ag^{+} + 2CN^- \rightleftharpoons [Fe(CN)_2]^{-}$ القاعدة عدد الروابط

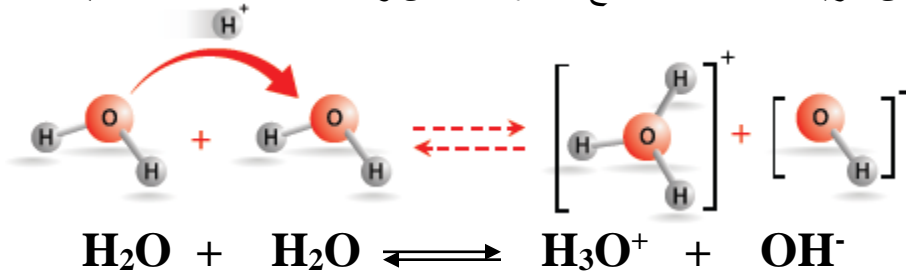
سؤال : حدد الحمض والقاعدة حسب مفهوم لويس في كل من التفاعلات الآتية:

- 1) $Ag^{+}_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^{+}_{(aq)}$ القاعدة
- 2) $B(OH)_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons B(OH)_4^{-}_{(aq)} + H^{+}_{(aq)}$ القاعدة
- 3) $Ni^{2+}_{(aq)} + 6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons Ni(H_2O)_6^{2+}_{(aq)}$ القاعدة

التأين الذاتي للماء

Autoionization of water

من المعلوم أن الماء النقي غير موصل للتيار الكهربائي ولكن مع التجربة وجد أنه موصل ضعيف جداً للتيار وسبب ذلك أن الماء يتأين ذاتياً أي أن جزيئات الماء تتفاعل مع بعضها كحمض وقاعدة حسب المعادلة الآتية :



❖ وتسمى هذه المعادلة : معادلة التأين الذاتي للماء

❖ تكون كمية $[H_3O^{+}]$ مساوية تماماً لكمية $[OH^{-}]$ في الماء النقي .

❖ يعتبر هذا التفاعل من تفاعلات الاتزان

لذلك يمكن التعبير عنه بـ ثابت الاتزان K_c حيث :



محاليل متعادلة: $[OH^{-}] = [H_3O^{+}]$

$$[H_3O^{+}] = 1 \times 10^{-7}$$

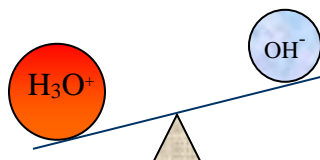
$$[OH^{-}] = 1 \times 10^{-7}$$

$$K_c = \frac{[H_3O^{+}] \cdot [OH^{-}]}{[H_2O] \cdot [H_2O]} = \frac{[H_3O^{+}] \cdot [OH^{-}]}{[H_2O]^2}$$

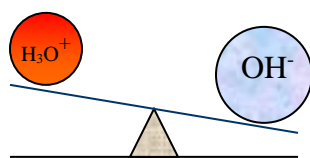
$$K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$$

$$\left[H_3O^+ \right] \cdot \left[OH^- \right] = \underbrace{\left[H_2O \right]^2}_{K_w} \times K_c$$

بالتجربة العملية وجد أن $K_w = 1 \times 10^{-14}$ ويسمى هذا الثابت بـ ثابت اتزان الماء ،
الخلاصة : في الماء النقي كمية H_3O^+ تساوي كمية OH^- حيث أن كل منها يساوي 1×10^{-7}
ولكن ماذا يحدث لقيمة $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ لو أذبنا حمض أو قاعدة في الماء النقي؟ الجدول الآتي يبين ذلك :



محلول حمضي



محلول قاعدي

تصنيف المحاليل تبعاً لتركيز أيونات H_3O^+ و OH^- .

[OH ⁻]	[H ₃ O ⁺]	المحلول
1×10^{-7}	1×10^{-7}	المتعادل
أقل من 1×10^{-7}	أكبر من 1×10^{-7}	الحمضي
أكبر من 1×10^{-7}	أقل من 1×10^{-7}	القاعدي

سؤال : محلول فيه $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ يساوي ، احسب $[OH^-]$ في المحلول وبيّن فيما إذا كان المحلول حمضياً أو قاعدياً ؟

الحل

$$K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$$

$$1 \times 10^{-14} = 1 \times 10^{-9} \times [OH^-] \quad \rightarrow \quad [OH^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$$

نلاحظ أن $[OH^-] > 1 \times 10^{-7}$ إذاً المحلول قاعدي

سؤال : أكمل الفراغات في الجدول الآتي وصنف المحاليل إلى حمضية وقاعدية ومتعادلة

رقم المحلول	[H ₃ O ⁺] mol/L	[OH ⁻] mol/L	طبيعة المحلول
1	1×10^{-4}		
2		2×10^{-2}	
3		1×10^{-7}	

سؤال : محلول فيه $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ يساوي عشرة أضعاف $[OH^-]$
1- ما هي طبيعة هذا المحلول (حمضي أم قاعدي أم متعادل) ؟
2- احسب $[H_3O^+]$ في المحلول .

الحل

سؤال : باستخدام مبدأ لوتشاتيليه حدد موضع الاتزان عند إضافة
1- حمض HCl إلى الماء
2- قاعدة KOH إلى الماء

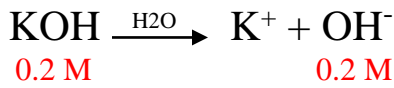
حساب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحاليل المختلفة

Strong bases القواعد القوية

القاعدة عادة تنتج أيون الهيدروكسيد OH⁻ ولأن القواعد القوية تامة التأيين في الماء فإن :

$$[\text{OH}^-] = [\text{القاعدة القوية}]$$

مثال :



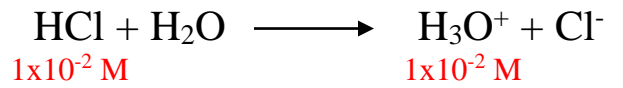
ثم من Kw نحسب [H₃O⁺]

Strong Acids الحموض القوية

الحمض عادة يُنتج أيون الهيدرونيوم H₃O⁺ ولأن الحموض القوية تامة التأيين في الماء فإن :

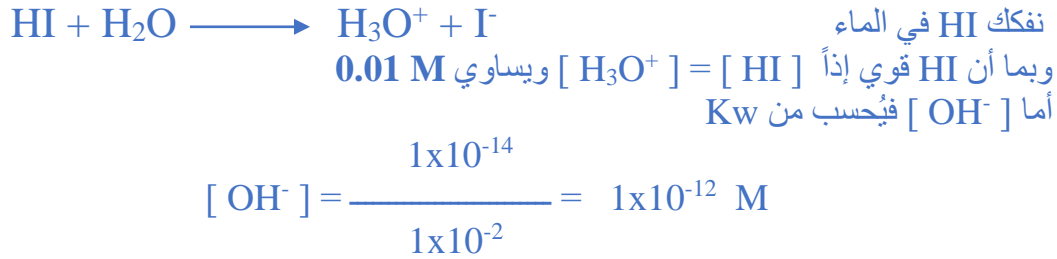
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{الحمض القوي}]$$

مثال :

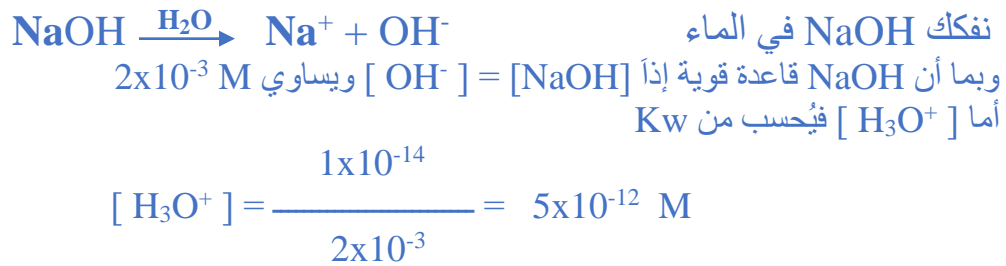


ثم من Kw نحسب [OH⁻]

سؤال : محلول مكون من حمض HI تركيزه 0.01 M احسب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحلول .
الحل



سؤال : محلول مكون من NaOH تركيزه 2x10⁻³ M , احسب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحلول .
الحل



سؤال : محلول مكون من حمض النيتريك HNO₃ فيه تركيز NO₃⁻ يساوي 5x10⁻² M , احسب [OH⁻] في المحلول .
الحل ...

$$[\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-13} \text{ M}$$

سؤال : محلول مكوّن من الحمض HClO_4 , بالتجربة وجد أن تركيز $[\text{OH}^-]$ فيه تساوي $4 \times 10^{-14} \text{ M}$ احسب تركيز الحمض HClO_4 .

الحل

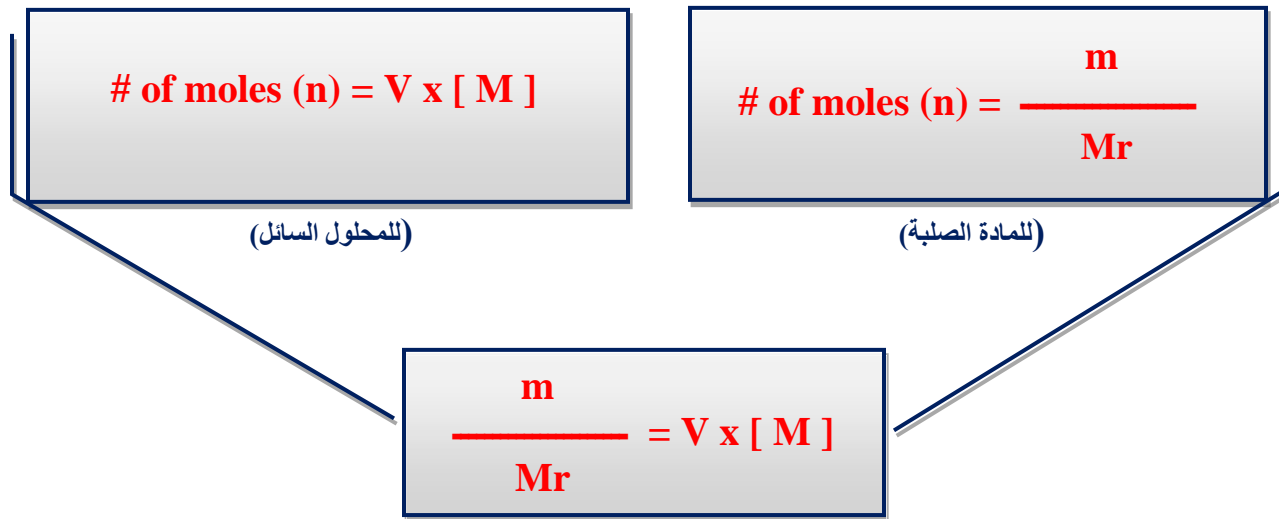
الإجابة: $[\text{HClO}_4] = 0.25 \text{ M}$

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة KOH , بالتجربة وجد أن تركيز $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في محلولها يساوي $0.5 \times 10^{-13} \text{ M}$ احسب تركيز القاعدة KOH .

الحل

الإجابة $[\text{KOH}] = 0.2 \text{ M}$...

تذكّر أن



سؤال : تم تحضير محلول (KOH) بإذابة 0.56 gm منه في الماء ليصبح حجم المحلول 200 ml , فإذا كانت الكتلة المولية KOH تساوي 56 gm/mol , $K_w = 1 \times 10^{-14}$, فاحسب تركيز أيون الهيدرونيوم $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في المحلول .

الحل ...

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-13} \text{ M}$

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (18)

سؤال : تم إذابة 3.65 gm من حمض HCl في كمية من الماء ليصبح حجم المحلول 200 ml, فإذا كانت الكتلة المولية لـ HCl تساوي 36.5 gm/mol . فاحسب [OH⁻] و [H₃O⁺] في المحلول .

الحل

$$\frac{3.65 \text{ gm}}{36.5 \text{ gm/mol}} = 0.2 \text{ L} \times [\text{HCL}] \quad \blacktriangleright \quad [\text{HCL}] = 0.5 \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCL}] = 0.5 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-1}} = 2 \times 10^{-14}$$

سؤال : تم إذابة كمية من القاعدة NaOH في 500 ml ماء حتى أصبح [H₃O⁺] فيه يساوي 5x10⁻¹³ M, فإذا كانت الكتلة المولية لـ NaOH تساوي 40 gm/mol احسب كتلة NaOH التي أذيبت في المحلول .

الحل

الإجابة : m_{NaOH} = 0.4 gm

سؤال : تم إذابة كمية من حمض HClO₄ في الماء حتى أصبح حجم المحلول 500 ml وتركيز أيونات ClO₄⁻ يساوي 0.5 M , احسب كتلة HClO₄ المذابة علماً أن الكتلة المولية لـ HClO₄ تساوي 100 gm/mol .

الحل

الإجابة : m_{HClO4} = 25 gm

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (19)

الرقم الهيدروجيني (pH) : هو اللوغاريتم السالب للأساس 10 لتركيز أيونات الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ في المحلول .

ويعطى رياضياً بالعلاقة :

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

ومنه

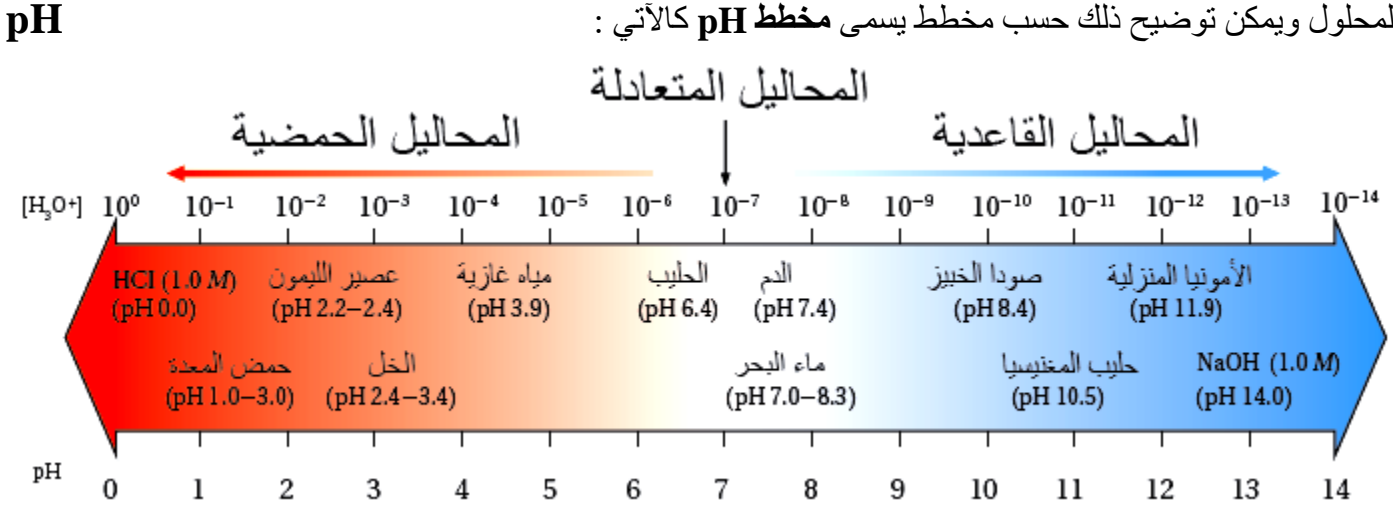
$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

- هو عبارة عن مقياس يستخدم للتعبير عن حموضة المحاليل وذلك بقياس كمية H_3O^+ في المحلول , وبالتجربة وجد أن قيم pH تتراوح بين (0 — 14)
- وهناك جهاز خاص لقياس هذه النسبة يسمى (pH meter) .

- لا يقتصر هذا القياس على المحاليل الحامضية بل للمحاليل القاعدية أيضاً ومحاليل الأملاح

- تم اصطلاح مفهوم pH لأن التعامل مع الأسس السالبة و اجراء الحسابات عليها فيه صعوبة .

عند الحل على القانون السابق ستكون الإجابة دائماً قيمة بين 0 - 14 ولكن تختلف هذه القيم حسب نوع المحلول ويمكن توضيح ذلك حسب مخطط يسمى **مخطط pH** كالآتي :



سؤال : احسب pH لكل من المحاليل الآتية

1- محلول حمض النيتريك HNO_3 تركيزه $0.001 M$

الحل ... حمض HNO_3 قوي لذلك $[HNO_3] = [H_3O^+] = 0.001 M$

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

$$= - \log 1 \times 10^{-3}$$

$$= 3 - 0$$

$$= 3$$

2- محلول حمض HI تركيزه $2 \times 10^{-4} M$ علماً أن $(\log 2 = 0.3)$

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

$$= - \log 2 \times 10^{-4}$$

$$= 4 - \log 2$$

$$= 4 - 0.3 = 3.7$$

تذكر أن :

$$\log 1 = 0$$

$$\log 10 = 1$$

$$\log 100 = 2$$

$$\log 1000 = 3$$

3- محلول القاعدة NaOH تركيزه $2 \times 10^{-4} \text{ M}$ علماً أن $(\log 5 = 0.7)$
الحل القاعدة NaOH قوية لذلك $[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] = 2 \times 10^{-4} \text{ M}$
ولإيجاد $[\text{H}_3\text{O}^+]$ نستخدم Kw حيث :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-11}$$
$$\text{pH} = -\log 5 \times 10^{-11} = 11 - \log 5 = 11 - 0.7 = 10.3$$

سؤال : محلول مكوّن من حمض HBr قيمة pH له تساوي 2 , احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ و $[\text{OH}^-]$ في المحلول .
الحل

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$
$$= 10^{-3} \quad (1 \times 10^{-3}) \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$$

سؤال : عيّنة من عصير البرتقال pH لها تساوي 5.8 احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في العينة علماً أن $(\log 1.58 = 0.2)$.
الحل ...

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$
$$= 10^{-5.8+6}$$
$$= 10^{-5.8+6} \times 10^{-6}$$
$$= 10^{0.2} \times 10^{-6}$$
$$= 1.58 \times 10^{-6} \text{ M}$$

سؤال : عيّنة من عصير الليمون pH لها تساوي 2.3 احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في العينة علماً أن $(\log 5 = 0.7)$.
الحل ...

سؤال : أذيبت كمية من صودا الخبيز في الماء فنتج محلول pH له تساوي 8.4 احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ في العينة علماً أن $(\log 4 = 0.6)$.
الحل ...

سؤال : أذيب 18.25 gm من حمض HCl في كمية من الماء , فنتج محلول حمضي قيمة pH له تساوي 0.6 احسب حجم المحلول علماً أن الكتلة المولية لـ HCl تساوي 36.5 gm/mol (log 2.5 = 0.4) .
الحل

$$\text{المطلوب : حجم المحلول (V) } \quad \text{ولذلك} \quad M \times V = \frac{m}{Mr}$$

← من pH

$$0.25 \text{ M} \times V = \frac{18.25 \text{ gm}}{36.5 \text{ gm/mol}}$$

$$0.25 \text{ M} \times V = 0.5 \text{ mol}$$

$$V = 2 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{O}^+] &= 10^{-\text{pH}} \\ &= 10^{-0.6+1-1} \\ &= 10^{0.4} \times 10^{-1} \\ &= 2.5 \times 10^{-1} \text{ M} \quad (0.25 \text{ M}) \end{aligned}$$

$$[\text{HCl}] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0.25 \text{ M} \quad \text{أيضاً}$$

سؤال : أذيبت كمية من القاعدة القوية NaOH في الماء حتى أصبح حجم المحلول 2L فنتج محلول قيمة PH له تساوي 14 , فإذا علمت أن الكتلة المولية لـ NaOH تساوي 40gm/mol , احسب كتلة المذابة .
الحل

الإجابة : m = 80gm

سؤال : أذيبت كمية من القاعدة KOH في 3 L ماء فنتج محلول قيمة PH له تساوي 12 , فإذا علمت أن :
الكتلة المولية لـ KOH تساوي 56gm/mol , احسب عدد مولات KOH المذابة (أهمل التغير في الحجم)
الحل

الإجابة : n = 0.03 mol

Hydroxyl Power الرقم الهيدروكسي (pOH)

الرقم الهيدروكسي (pOH) : هو اللوغاريتم السالب للأساس 10 لتركيز أيونات الهيدروكسيد [OH⁻] في المحلول .

ويعطى رياضياً بالعلاقة ◀ $pOH = - \log [OH^-]$ ومنه $[OH^-] = 10^{-pOH}$

أيضاً عند الحل على هذا القانون ستكون الإجابة دائماً قيمة بين 0 – 14 ولكن تختلف هذه القيم حسب نوع المحلول وبطريقة معاكسة لـ pH

سؤال : احسب pOH لكل من المحاليل الآتية

1- محلول القاعدة LiOH النيتريك تركيزه 0.001 M

الحل ... القاعدة LiOH قوية لذلك [OH⁻] = [LiOH] = 0.001 M

$$\begin{aligned} pOH &= - \log [OH^-] \\ &= - \log 1 \times 10^{-3} \\ &= 3 - 0 \\ &= 3 \end{aligned}$$

2- محلول القاعدة NaOH تركيزه 7×10^{-3} M علماً أن $(\log 7 = 0.85)$

الحل ...

$$\begin{aligned} pOH &= - \log [H_3O^+] \\ &= - \log 7 \times 10^{-3} \\ &= 3 - \log 7 \\ &= 3 - 0.85 = 2.15 \end{aligned}$$

سؤال : احسب [OH⁻] لكل من

(1) عبوة مكتوب عليها أن الرقم الهيدروكسي يساوي 3.2 $(\log 6.3 = 8)$

(2) عينة من ماء البحر رقمها الهيدروكسي 5.7 $(10^{0.3} = 2)$

سؤال : عبوة لأحد المنظفات المنزلية مكتوب عليها أن الرقم الهيدروكسي 4.1

(1) احسب [H₃O⁺] علماً أن: $(10^{0.9} = 8)$ (2) هل هذا المنظف حمضي أم قاعدي ؟

العلاقة بين pH و pOH

يرتبط الرقْم الهيدروجيني pH بتركيز أيونات الهيدرونيوم في المحلول، في حين يرتبط الرقْم الهيدروكسيلي pOH بتركيز أيونات الهيدروكسيد، وحاصل ضرب تركيز الأيونين في المحلول يعطي قيمة ثابتة، يُعبّر عنها ثابت تأين الماء K_w بالعلاقة الآتية:

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

إذا أخذنا لوغاريتم الطرفين نجد أنّ:

$$\log[H_3O^+] + \log[OH^-] = -14$$

وبضرب المعادلة بإشارة (-) نحصل على:

$$-\log[H_3O^+] + (-\log[OH^-]) = 14$$

وحيث إنّ:

$$pH = -\log[H_3O^+] \quad , \quad pOH = -\log[OH^-]$$

فإنه يمكن التعبير عن العلاقة السابقة على النحو الآتي:

$$pH + pOH = 14$$

من المخطط المجاور نلاحظ أن العلاقة بين pH و pOH علاقة عكسية وأن

(1) زيادة pH تعني أن

$[H_3O^+]$ يقل ، $[OH^-]$ يزداد ، تزداد قاعدية المحلول

(2) زيادة pOH تعني أن

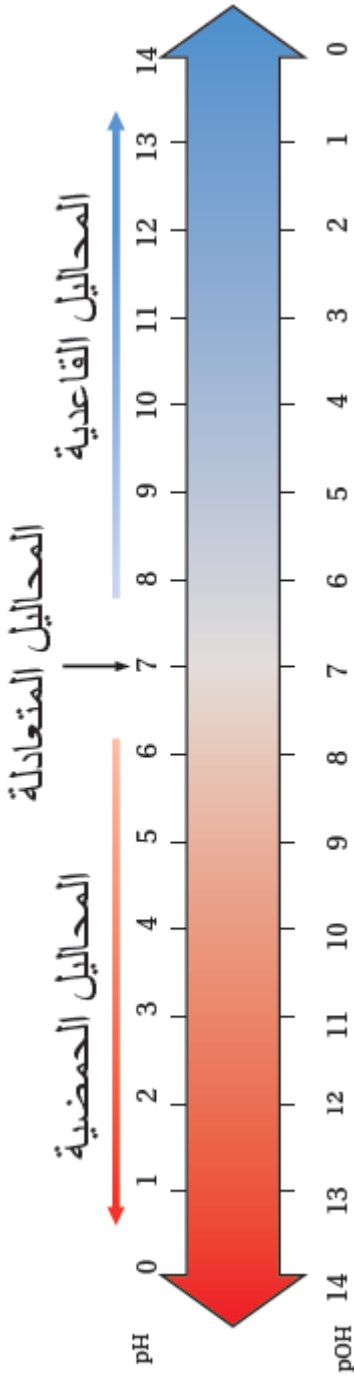
$[H_3O^+]$ يزداد ، $[OH^-]$ يقل ، تزداد حامضية المحلول

سؤال : زجاجة من الخل كتب عليها أن pH تساوي (3) فاحسب

pOH (3

[OH^-] (2

[H_3O^+] (1

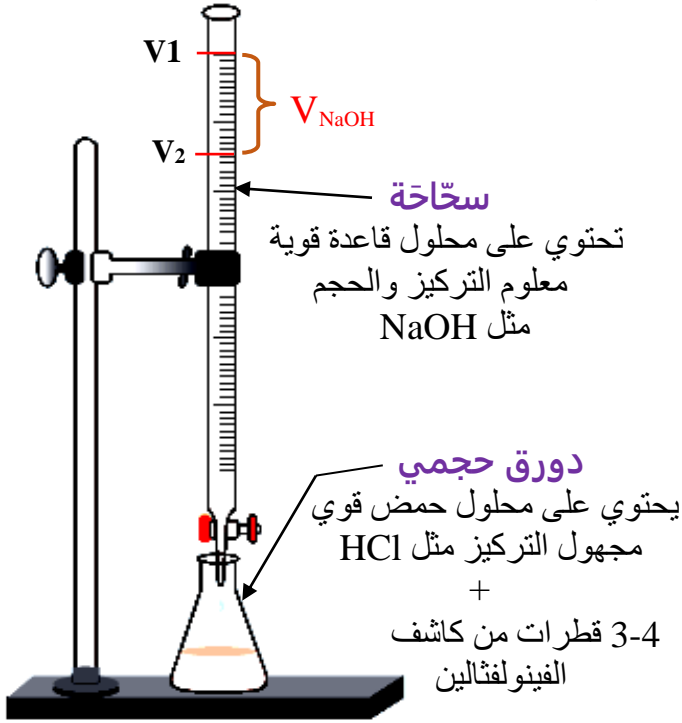


المعايرة Titration

هي طريقة لتحديد (حساب) تركيز مادة (حمض أو قاعدة) مجهولة التركيز باستخدام مادة (حمض أو قاعدة) معلومة التركيز .

- الأصل تطبيق هذه الطريقة عملياً في المختبر
- المطلوب حسب منهاجنا : تطبيق هذه الطريق على أحماض وقواعد قوية أحادية البروتون والهيدروكسيد .
- يلزم لتطبيق هذه الطريقة ما يأتي :

- (1) محلول حمض مجهول التركيز
- (2) محلول قاعدة معلومة التركيز (Standard Solution) : محلول قياسي
- (3) أدوات مختبر كما في الصورة المجاورة
- (4) كاشف (فينولفثالين)



اجراء المعايرة

- تستخدم حجوم معروفة لمحلول كل من الحمض والقاعدة .
- تدريجياً نبدأ بإضافة القاعدة إلى الحمض مع التحريك دائرياً حيث يلاحظ تغير في اللون .
- نتوقف عن الإضافة عندما يتحول لون المحلول في الدورق الحجمي إلى أحمر وردي .
- في هذه المرحلة نكون قد وصلنا إلى أن جميع كمية الحمض تفاعلت تماماً مع القاعدة المضافة والدليل تغير لون المحلول تسمى النقطة التي تغير فيها لون المحلول نقطة النهاية ويسبقها نقطة التكافؤ أو نقطة التعادل .
- عند هذه النقطة يكون (عدد مولات الحمض = عدد مولات القاعدة)

$$n_{HCl} = n_{NaOH}$$

$$M_{HCl} \cdot V_{HCl} = M_{NaOH} \cdot V_{NaOH} \quad \text{إذا}$$

من السحّاحة معلوم معلوم مجهول

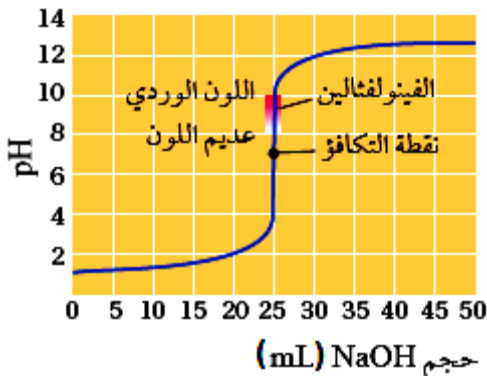
$$V_{NaOH} = V1 - V2$$

سؤال مهم : ما الفرق بين نقطة التكافؤ ونقطة التعادل ونقطة النهاية ؟

الحل : نقطة التكافؤ : هي النقطة التي يكون عندها عدد مولات أيونات OH^- يساوي عدد مولات أيونات H_3O^+ عند معايرة أي حمض مع أي قاعدة .

نقطة التعادل : هي النقطة التي يكون عندها عدد مولات أيونات OH^- يساوي عدد مولات أيونات H_3O^+ عند معايرة حمض قوي مع قاعدة قوية .

نقطة النهاية : هي النقطة التي تحدد انتهاء عملية المعايرة وما يميزها تغيير لون الكاشف عندها .



المنحنى المجاور يبين عملية معايرة حمض HCl مع القاعدة NaOH حيث يلاحظ أن لون الكاشف عند $pH = 8.2$ لم يتغير بعد وأن اللون الأحمر الوردي بدأ ظهوره وأصبح واضحاً ما بين 8.2 - 10 وهنا نستنتج أن :
 (1) كاشف الفينولفثالين يتغير لونه في الوسط القاعدي .
 (2) نقطة النهاية لهذه المعايرة تكون ضمن هذا المعدل .

سؤال : احسب تركيز محلول حمض HCl إذا تعادل 250 ml منه تماماً مع 200 ml من القاعدة NaOH
تركيزها 0.02 M وفق المعادلة : $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

الحل ...

عند التعادل يكون $n_{\text{HCl}} = n_{\text{NaOH}}$

$$M_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = M_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$$

$$M_{\text{HCl}} \cdot 250 \text{ ml} = 0.02 \text{ M} \cdot 200 \text{ ml}$$

$$M_{\text{HCl}} = \frac{0.02 \text{ M} \times 200 \text{ ml}}{250 \text{ ml}} = 0.016 \text{ M}$$

لا داعي لتحويل الحجم من L إلى ml إذا كان متشابهاً في المحلولين ويحول عند الاختلاف

سؤال : احسب حجم محلول حمض HBr تركيزه $2 \times 10^{-3} \text{ M}$ إذا تعادل تماماً مع 0.4 L من القاعدة KOH
تركيزها 0.004 M وفق المعادلة : $\text{KOH} + \text{HBr} \rightarrow \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$

الحل ...

عند التعادل يكون $n_{\text{HBr}} = n_{\text{KOH}}$

$$M_{\text{HBr}} \cdot V_{\text{HBr}} = M_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}}$$

$$1 \times 10^{-3} \text{ M} \cdot V_{\text{HBr}} = 4 \times 10^{-3} \text{ M} \cdot 0.4 \text{ L}$$

$$V_{\text{HBr}} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ M} \cdot 0.4 \text{ L}}{2 \times 10^{-3} \text{ M}} = 0.8 \text{ L}$$

سؤال : تم وضع 600 ml محلول من القاعدة LiOH تركيزه 0.1 M في سحاحة لإجراء معايرة مع محلول حمض HNO_3
تركيزه مجهول وحجمه 200 ml ولوحظ أن التعادل حصل بينهما تماماً عندما أصبح حجم محلول LiOH في
السحاحة يساوي 450 ml , وفق المعادلة : $\text{LiOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{LiNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, احسب تركيز محلول HNO_3 .

الحل ...

$$V_1 = 600 \text{ ml} \quad , \quad V_2 = 450 \text{ ml} \quad \blacktriangleright \quad V_{\text{LiOH}} = V_1 - V_2$$

$$= 600 \text{ ml} - 450 \text{ ml}$$

$$= 150 \text{ ml}$$

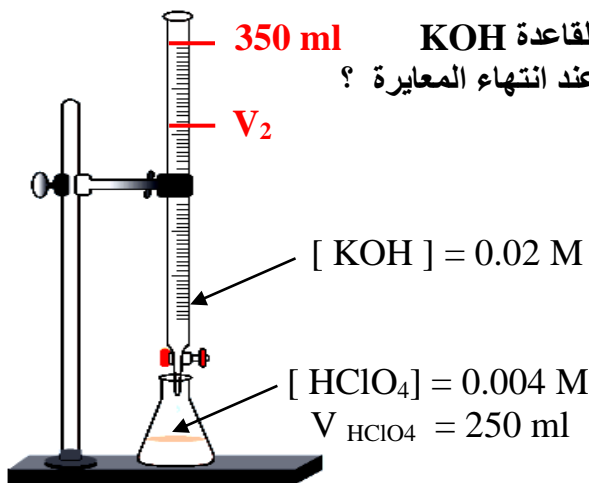
$$n_{\text{HNO}_3} = n_{\text{LiOH}}$$

$$M_{\text{HNO}_3} \cdot V_{\text{HNO}_3} = M_{\text{LiOH}} \cdot V_{\text{LiOH}}$$

$$M_{\text{HNO}_3} \cdot 200 \text{ ml} = 0.1 \text{ M} \cdot 150 \text{ ml}$$

$$M_{\text{HNO}_3} = \frac{150 \text{ ml} \cdot 0.1 \text{ M}}{200 \text{ ml}} = 0.075 \text{ M}$$

سؤال : في الشكل المجاور الذي يمثل معايرة حمض HClO_4 بمحلول القاعدة KOH احسب الحجم V_2 الذي وصل إليه محلول KOH في السحاحة عند انتهاء المعايرة ؟

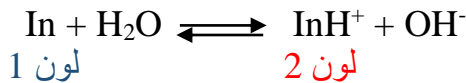


الكواشف Indicators

- ◀ هي حموض أو قواعد عضوية ضعيفة تستخدم لتحديد نقطة التكافؤ أثناء المعايرة ويمكن القول بأنها مواد كيميائية يتغير لونها حسب الرقم الهيدروجيني للوسط الذي تتواجد فيه , **اختصارها (In)**
 - ◀ للكواشف (In) وظيفتين أساسيتين هما :
 - (1) تحديد نقطة التكافؤ في المعايرة .
 - (2) الكشف عن المحاليل المختلفة , حيث أن لكل كاشف لون يعرف به في الوسط الحمضي ولون آخر للوسط القاعدي .
- مثال : الفينولفتالين يكون عديم اللون في الوسط الحمضي وأحمر وردي في الوسط القاعدي .
 مثال : الميثيل الأحمر يكون لونه أصفر في الوسط الحمضي وعديم اللون في الوسط القاعدي .

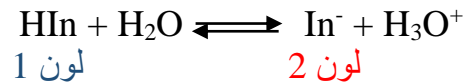
أنواع الكواشف

كاشف قاعدي (In)



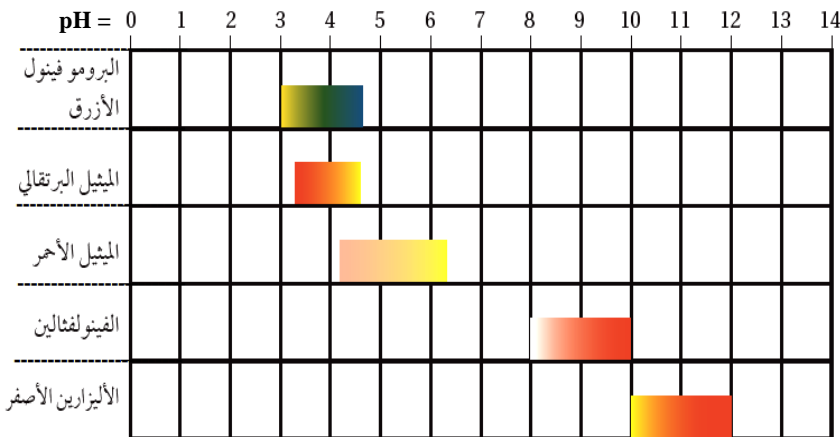
غير مطلوب التوضيح

كاشف حمضي (HIn)



آلية عمله :

- ◀ في الوسط الحمضي (H_3O^+ عالي)
يزداد H_3O^+ , الاتزان نحو اليسار (حسب لوتشاتيليه)
لذلك : يزداد تركيز HIn ويظهر لونه (لون 1)
- ◀ في الوسط القاعدي (OH^- عالي)
يقل H_3O^+ , الاتزان نحو اليمين (حسب لوتشاتيليه)
لذلك : يزداد تركيز In^- ويظهر لونه (لون 2)
مثال : الفينولفتالين



مدى الرّقم الهيدروجيني لتغيّر ألوان بعض الكواشف.

و المخطط المجاور " صفحة 38 كتاب " يبين كيف تتغير ألوان بعض الكواشف في الأوساط المختلفة .

سؤال : ما هو لون كاشف

- الميثيل البرتقالي في الوسط القاعدي ؟
- الأليزارين الأصفر في الوسط القاعدي ؟
- البرومو فينول الأزرق في الوسط الحمضي ؟
- الميثيل الأحمر عندما يكون [H_3O^+] في الوسط يساوي $1 \times 10^{-6} \text{M}$.
- الأليزارين الأصفر عندما يكون pOH للوسط يساوي (2) .

علل : أكثر الكواشف استخدامًا عند معايرة حمض قوي مع قاعدة قوية هما الفينولفتالين والميثيل الأحمر ؟
 السبب ... لأن لونهما يتغير عند نقطة قريبة جداً من نقطة التعادل (pH=7) وهذا يجعل المعايرة أكثر دقة .

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (27)

(1) الحموض الضعيفة Weak Acids

ذكرنا سابقاً أن الحموض الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وهذا يعني أن كمية ما يتفكك من الحمض كمية قليلة جداً مقارنةً بكمية الحمض الأصلية وهنا يتبادر الى أذهاننا السؤال التالي : كيف يمكن حساب كمية H_3O^+ الناتجة عن الحمض الضعيف ؟

للإجابة عن ذلك نفترض أن صيغة الحمض الضعيف هي HX فإن تفككه في الماء سيكون كالآتي :



ويجب معرفة أن : $[HX] \gg [X^-] = [H_3O^+]$.

وبما أن ذوبان الحمض الضعيف في الماء يعتبر من تفاعلات الاتزان الكيميائي إذاً يمكن التعبير عن تفكك الحمض الضعيف باستخدام ثابت الاتزان K_c لتصبح:

$$K_c = \frac{[X^-] \cdot [H_3O^+]}{[HX] \cdot [H_2O]}$$

$$\underbrace{[H_2O] \times K_c}_{K_a} = \frac{[X^-] \cdot [H_3O^+]}{[HX]}$$

وبما أن $[X^-] = [H_3O^+]$ فإن :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{[HX]}$$

وبالضرب التبادلي ينتج

$$[HX] \times K_a = [H_3O^+]^2$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{[HX] \times K_a}$$

حيث K_a : ثابت اتزان (تأين) الحمض .
 $[HX]$: تركيز الحمض الضعيف .

الثابت K_a

فوائد هذا الثابت :

- (1) يدل على أن الحمض ضعيف .
- (2) يعبر عن حالة اتزان محاليل الحموض الضعيفة .
- (3) يعدّ مقياساً لكمية تأين الحمض الضعيف .

وحسب لوتشاتيليه فإن :

الجهة التي يرجحها الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة هي اليسار (المتفاعلات) ← لأنها جهة الأضعف .

سؤال : احسب $[H_3O^+]$ لمحلول مكوّن من حمض الكبريتيت H_2SO_3 تركيزه $0.2 M$ علماً أن : K_a تساوي 1.3×10^{-2} .

الحل ...

$$[H_3O^+] = \sqrt{[H_2SO_3] \times K_a} = \sqrt{0.2 M \times 1.3 \times 10^{-2}} = \sqrt{26 \times 10^{-4}} = 5.1 \times 10^{-2} M$$

◀ الجدول الآتي يبين بعض الحموض الضعيفة وثوابت تأينها في الماء عند درجة حرارة 25°C

ثابتُ تأيُن الحمض K_a	صيغته الكيميائية	اسم الحمض
1.3×10^{-2}	H_2SO_3	حمض الكبريت IV
6.8×10^{-4}	HF	حمض الهيدروفلوريك
4.5×10^{-4}	HNO_2	حمض النيتروجين III
1.7×10^{-4}	HCOOH	حمض الميثانويك (حمض النمل)
6.3×10^{-5}	C_6H_5COOH	حمض البنزويك
1.7×10^{-5}	CH_3COOH	حمض الإيثانويك (حمض الخل)
4.3×10^{-7}	H_2CO_3	حمض الكربونيك
8.9×10^{-8}	H_2S	حمض كبريتيد الهيدروجين
3.5×10^{-8}	HClO	حمض أحادي الهيبو كلوريك
4.9×10^{-10}	HCN	حمض الهيدروسيانيك

من الجدول يتبين أن لكل حمض ضعيف ثابت تأين خاص به ويتغير بتغير نوع الحمض .

يتأثر الثابت K_a وتغير قيمته لنفس الحمض عندما تتغير درجة الحرارة (علاقة طردية) ،

كلما زادت قيمة K_a للحمض زادت قوته ويستفاد من ذلك : (المقارنة بين الأحماض الضعيفة)

سؤال : احسب pH لمحلول مكوّن من حمض الخل CH_3COOH تركيزه 0.02M علماً أن :
 K_a تساوي 1.7×10^{-5} ($\log 5.8 = 0.75$)
 الحل ... وجود K_a في السؤال يدل على أن الحمض ضعيف لذلك :

$$[H_3O^+] = \sqrt{[CH_3COOH] \times K_a} = \sqrt{0.02M \times 1.7 \times 10^{-5}} = \sqrt{34 \times 10^{-8}} = 5.8 \times 10^{-4}M$$

$$pH = -\log 5.8 \times 10^{-4} = 4 - \log 5.8$$

$$= 4 - 0.75 = 3.25$$

سؤال : محلول مكوّن من حمض النيتريت HNO_2 , تركيز أيونات NO_2^- فيه يساوي 2×10^{-3} , فإذا كانت ($\log 2 = 0.3$)
 K_a تساوي 4.5×10^{-4} , احسب pH -1 , pOH -2 , تركيز الحمض HNO_2 .
 الحل

الإجابات : 1) pH = 2.7 2) pOH = 11.3 3) $[HNO_2] = 0.009 M$

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (29)

مقارنة الأحماض وقوتها النسبية

لكل حمض ضعيف قيمة K_a تختلف عن الحمض الآخر ومن القانون نلاحظ أن علاقة K_a مع $[H_3O^+]$ طردية أي أن :

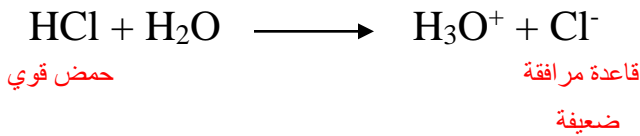
↑ K_a قوة الحمض ↑ $[H_3O^+]$ ↑ pOH ↑ قوة القاعدة المرافقة ↓ $[OH^-]$ ↓ pH ↓ توصيل التيار الكهربائي ↑

الحمض	K_a
HF	6.8×10^{-4}
HOCl	3.5×10^{-8}

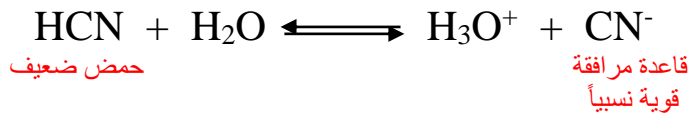
مثال (1) :

HF كحمض أقوى من HOCl لأن K_a له أعلى ولذلك فإن F^- كقاعدة أضعف من OCl^- .

مثال (2) :



HCl كحمض أقوى من HCN ولذلك فإن Cl^- كقاعدة أضعف من CN^-



سؤال : الجدول المجاور يبين عدداً من الحموض الضعيفة المتساوية في التركيز وقيم K_a التقريبية لها .

الرقم	الحمض (0.1 M)	K_a التقريبية
1	H_2SO_3	1×10^{-2}
2	HCOOH	2×10^{-4}
3	CH_3COOH	2×10^{-5}
4	H_2CO_3	4×10^{-7}

- أي الأحماض في الجدول هو الأقوى ؟
- اكتب صيغة القاعدة المرافقة الأقوى ؟
- أي محاليل الأحماض فيه $[OH^-]$ هو الأعلى ؟
- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض رقم 2 .
- أي الأحماض في الجدول بعد أن يمنح يكون مادة أمفوتيرية
- احسب pH لمحلول الحمض رقم 4 ($\log 2 = 0.3$)
- احسب pOH لمحلول الحمض رقم 3 ($\log 1.4 = 0.15$)
- فسّر سلوك الحمض رقم 3 حسب مفهوم برونستد- لوري .
- علل : تسلك المادة H_2SO_3 كحمض حسب مفهوم لوييس .
- أكمل التفاعل التالي ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة والجهة التي يربحها الاتزان ؟



- أي المحاليل في الجدول له أعلى رقم هيدروكسيلي pOH
- هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول الحمض رقم 3 أكبر أم أقل من 1 ؟ ولماذا ؟
- في أي المحاليل تكون كمية الهيدروجين H_2 المتصاعدة أكبر عند غمس شريط من المغنيسيوم Mg طوله 2cm في كل من المحاليل السابقة ؟

سؤال : محلول مكوّن من الحمض HX تركيزه 0.01 M و pH له تساوي 4 .



- اكتب معادلة تأين الحمض في الماء .
 - اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض HX
 - احسب Ka للحمض .
- الحل ...

سؤال : هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول

- (1) HClO₄ تركيزه 1x10⁻² M أكبر أم أقل أم تساوي 2 ؟ ولماذا ؟
- (2) HClO تركيزه 1x10⁻² M أكبر أم أقل أم تساوي 2 ؟ ولماذا ؟



سؤال : لديك مجموعة من الحموض الافتراضية تركيز كل منها (0.01 M) وقيم pOH لها , ادرسها ثم أجب عن الأسئلة
(log2.5 = 0.4) (log4 = 0.6)

الرقم	الحمض	pOH
1	HQ	9
2	HC	12
3	H ₂ M	10
4	HD	8.4

- أي الأحماض في الجدول هو الأضعف ؟
- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للأضعف ؟
- أي محاليل الأحماض في الجدول له أقل pH ؟
- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض رقم 3 .
- احسب pH لمحلول الحمض رقم 4
- أي الأحماض يعتبر ثنائي البروتون
- أي الحمضين HQ أم H₂M في محلوله أعلى [OH⁻]
- أي المحاليل أكثر ايصالاً للتيار الكهربائي
- أكمل التفاعل ثم حدد الأزواج المترافقة وجهة الاتزان



سؤال : تمثّل المعادلات الآتية تفاعلات لمحاليل الحموض (H₂SO₃ · HCN · HF) المتساوية التركيز، التي كان موضع الاتزان مزاخاً فيها جهة المواد الناتجة لجميع التفاعلات. أدرُس التفاعلات، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليها:

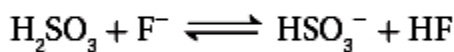
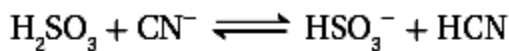
أ - اكتب صيغة القاعدة المرافقة الأقوى بينها.

ب - اكتب صيغة الحمض الذي له أعلى K_a.

ج - أحدد أي المحلولين يكون فيه [OH⁻] الأقل:

محلول HF أم محلول HCN.

د - أحدد أي محاليل الحموض المذكورة له أعلى pH.



ذكرنا سابقاً أن القواعد الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وهذا يعني أن كمية ما يتفكك من القاعدة كمية قليلة جداً مقارنةً بكمية القاعدة الأصلية وهنا يتبادر الى أذهاننا السؤال التالي : كيف يمكن حساب كمية OH^- الناتجة عن القاعدة الضعيفة ؟

للإجابة عن ذلك نفترض أن صيغة القاعدة الضعيفة هي (B) ويكون تفككها كالاتي :



ويجب معرفة أن : $[\text{B}] \gg [\text{BH}^+] = [\text{OH}^-]$.

وبما أن ذوبان القاعدة الضعيفة في الماء يعتبر من تفاعلات الاتزان الكيميائي إذاً يمكن التعبير عن تفكك القاعدة الضعيفة باستخدام ثابت الاتزان K_c لتصبح:

$$K_c = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

$$\underbrace{[\text{H}_2\text{O}] \times K_c}_{K_b} = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

وبما أن $[\text{BH}^+] = [\text{OH}^-]$ فإن :

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{B}]}$$

وبالضرب التبادلي ينتج

$$[\text{B}] \times K_b = [\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{[\text{B}] \times K_b}$$

حيث K_b : ثابت اتزان (تأين) القاعدة الضعيفة .
 $[\text{B}]$: تركيز القاعدة الضعيفة .

ثم بعد ذلك نجد pOH أو نستخدم قانون K_w لإيجاد $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ومن ثم إيجاد قيمة pH .

سؤال : احسب $[\text{OH}^-]$ لمحلول مكوّن من الأمونيا NH_3 تركيزها 0.02 M علماً أن K_b تساوي 1.8×10^{-5} الحل ...

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= \sqrt{[\text{B}] \times K_b} = \sqrt{2 \times 10^{-2} \times 1.8 \times 10^{-5}} \\ &= \sqrt{36 \times 10^{-8}} \\ &= 6 \times 10^{-4} \text{ M} \end{aligned}$$

الثابت K_b

فوائد هذا الثابت :

- (1) يدل على أن القاعدة ضعيفة .
- (2) يعبر عن حالة اتزان محاليل القواعد الضعيفة .
- (3) يعدّ مقياساً لكمية تأين القاعدة الضعيفة .

وحسب لوتشاتيليه فإن :

الجهة التي يرجحها الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة هي اليسار (المتفاعلات) ← لأنها جهة الأضعف .

◀ الجدول الآتي يبين بعض الحموض الضعيفة وثوابت تأينها في الماء عند درجة حرارة 25°C

ثابت تأين القاعدة K_b	صيغة القاعدة	اسم القاعدة
4.7×10^{-4}	$C_2H_5NH_2$	إيثيل أمين
4.4×10^{-4}	CH_3NH_2	ميثيل أمين
1.8×10^{-5}	NH_3	أمونيا
1.7×10^{-6}	N_2H_4	هيدرازين
1.4×10^{-9}	C_5H_5N	بيريدين
2.4×10^{-10}	$C_6H_5NH_2$	أنيلين

من الجدول يتبين أن لكل قاعدة ضعيفة ثابت تأين خاص بها ويتغير بتغير نوع القاعدة .

يتأثر الثابت K_b وتغير قيمته لنفس القاعدة عندما تتغير درجة الحرارة (علاقة طردية) ،

كلما زادت قيمة K_b للقاعدة زادت قوتها ويستفاد من ذلك : (المقارنة بين القواعد الضعيفة)

سؤال : احسب pH و pOH لمحلول مكوّن من الهيدرازين N_2H_4 تركيزه 0.1 M علماً أن : K_b تساوي 1.7×10^{-6} , $(\log 2.42 = 0.38)$, $(\log 4.12 = 0.62)$ الحل ...

الإجابات: 1) pH = 10.62 2) pOH = 3.38

سؤال : محلول مكوّن من البيريدين C_5H_5N , تركيز أيونات $C_5H_5NH^+$ فيه يساوي 0.25 M , فإذا كانت $(\log 4 = 0.6)$, احسب pH للمحلول . الحل

$$[OH^-] = [C_5H_5NH^+] = 0.25 \text{ M}$$

ولذلك فإن :

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.25} = 4 \times 10^{-14} \text{ M}$$

$$pH = -\log 4 \times 10^{-14} = 14 - 0.6 = 13.4$$

سؤال : كم غراماً من الأمونيا NH_3 يلزم إذابتها في 2 L من الماء لتحضير محلول أمونيا pOH له تساوي 2.87
 علماً أن : الكتلة المولية لـ NH_3 تساوي 17 gm/mol و $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$. $(\log 1.34 = 0.13)$.
 الحل

الإجابة : $m = 3.4 \text{ gm}$

مقارنة القواعد وقوتها النسبية

لكل قاعدة ضعيفة قيمة K_b تختلف عن القاعدة الأخرى ومن القانون نلاحظ أن علاقة K_b مع $[\text{OH}^-]$ طردية أي أن :

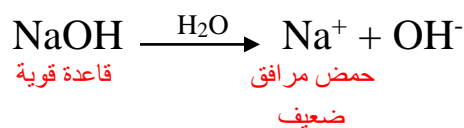
$\uparrow K_b \uparrow$ قوة القاعدة $\uparrow [\text{OH}^-] \uparrow \text{pH} \uparrow [\text{H}_3\text{O}^+] \downarrow \text{pOH} \downarrow$ قوة الحمض المرافق \downarrow توصيل التيار الكهربائي \uparrow

مثال (1)

Kb	القاعدة
4.4×10^{-4}	CH_3NH_2
2.4×10^{-10}	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

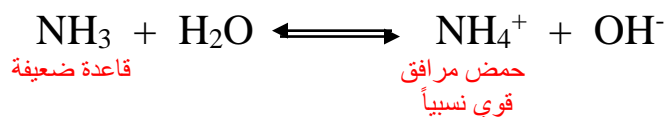
CH_3NH_2 كقاعدة أقوى من $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ لأن K_b لها أعلى ولذلك فإن:
 CH_3NH_3^+ كحمض أضعف من $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$.

مثال (2)



NaOH كقاعدة أقوى من NH_3

ولذلك فإن Na^+ كحمض أضعف من NH_4^+



سؤال : ادرس الجدول المجاور الذي يبيّن عدداً من القواعد الضعيفة المتساوية في التركيز وقيم Kb لها ثم أجب عن الأسئلة

Kb	القاعدة (0.1 M)	الرقم
4.7×10^{-4}	$C_2H_5NH_2$	1
1.7×10^{-6}	N_2H_4	2
1.4×10^{-9}	C_5H_5N	3

- أي القواعد في الجدول هي الأقوى ؟
- اكتب صيغة الحمض المرافق الأقوى ؟
- أي محاليل القواعد فيه $[OH^-]$ هو الأقل ؟
- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة رقم 3 .
- احسب pH لمحلول القاعدة رقم 1 ($\log 1.3 = 0.1$)
- فسّر سلوك القاعدة رقم 3 حسب مفهوم برونستد- لوري .
- علل : تسلك المادة N_2H_4 كقاعدة حسب مفهوم لويس .
- أكمل التفاعل التالي ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة



- أي المحاليل في الجدول له أقل رقم هيدروجيني pH
- حدد الأزواج المترافقة في محلول القاعدة الأقوى .

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة B تركيزها 0.01 M , و pH لها تساوي 11 .

- اكتب معادلة تأين القاعدة في الماء .
- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة B
- احسب Kb للقاعدة .

الحل ...



سؤال : هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول

- (1) KOH تركيزه $1 \times 10^{-2} M$ أكبر أم أقل أم تساوي 12 ؟ ولماذا ؟
- (2) NH_3 تركيزه $1 \times 10^{-2} M$ أكبر أم أقل أم تساوي 12 ؟ ولماذا ؟



سؤال : ادرس الجدول المجاور الذي يبيّن عدداً من محاليل القواعد الافتراضية غير المتساوية في التركيز وقيم OH^- لها ثم أجب عن الأسئلة

[OH^-] (mol/L)	التركيز (mol/L)	القاعدة	الرقم
5×10^{-3}	0.1	C	1
5×10^{-3}	0.01	B	2
2×10^{-5}	1	Z	3

- أي القواعد في الجدول هي الأقوى ؟
- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة Z ؟
- احسب pH لمحلول القاعدة B ($\log 2 = 0.3$)
- رتب الأحماض المرافقة حسب pH تصاعدياً .
- حدد القاعدة التي لحمضها المرافق أقل pH
- حدد القاعدة التي قيمة pOH لها 2.3 وموصلة للتيار الكهربائي بصورة أكبر .

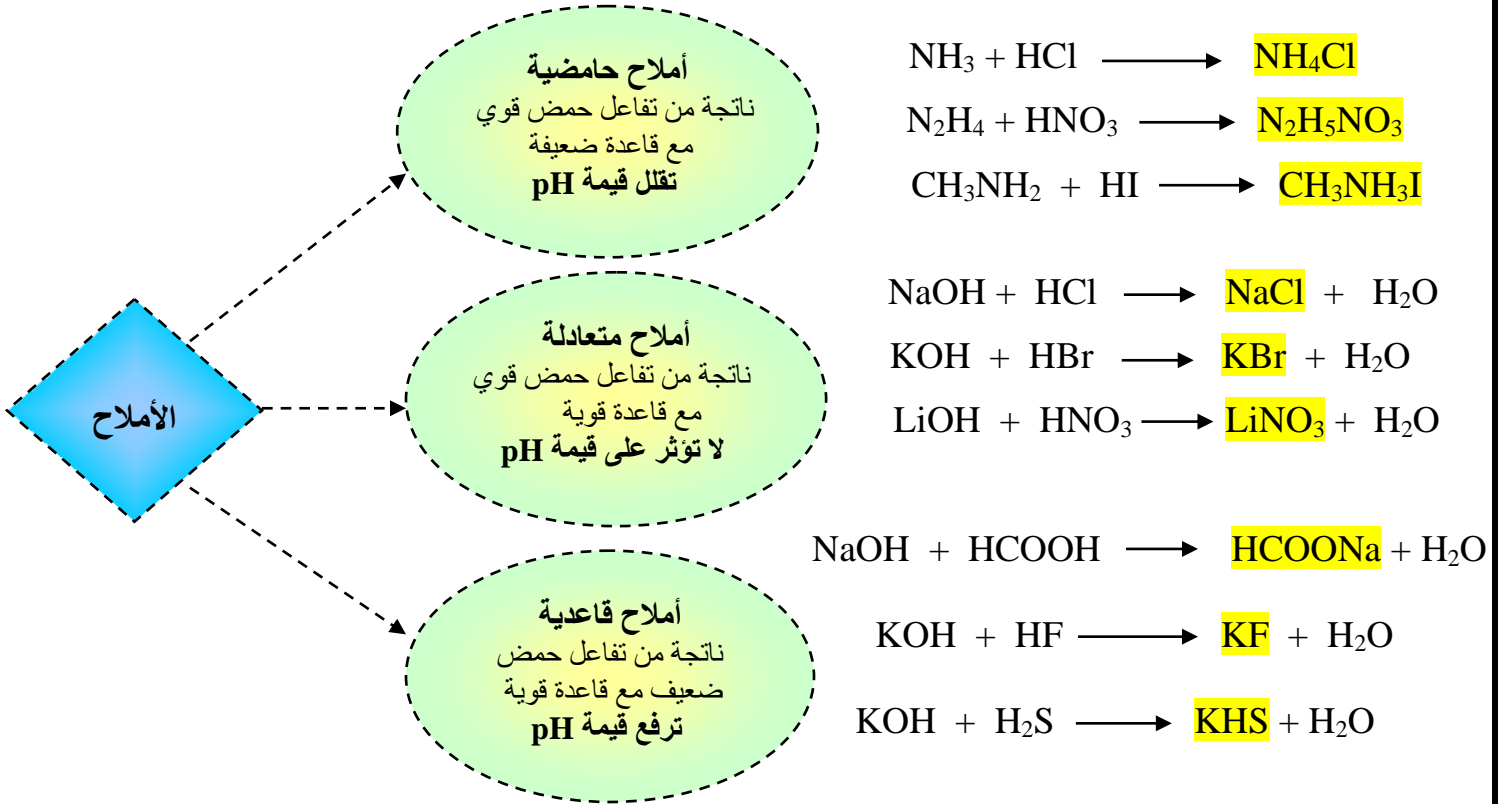
" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (35)

ذكرنا سابقاً أن الأملاح تنتج من تفاعل تعادل الحمض مع القاعدة , وهي من المكونات الأساسية لجسم الإنسان حيث يحصل عليها من الماء والغذاء ولها وظائف حيوية كثيرة ومتنوعة في الجسم فمثلاً :

- (1) أملاح الكالسيوم Ca : تدخل في تركيب العظام والأسنان
- (2) أملاح الصوديوم Na : تحفظ التوازن المائي في الخلية , تحافظ على ضغط الدم .
- (3) أملاح البوتاسيوم K : ضبط وظائف العضلات , توسيع الأوعية الدموية لتسهيل انتقال الدم .

كما تدخل الأملاح المختلفة في صناعة الكثير من الأدوية ومستحضرات التجميل

ولكن هل جميع الأملاح لها نفس السلوك في محاليلها ؟ بالطبع لا , فالأملاح تؤثر في محاليلها حسب تركيبها كالاتي :



يمكن الكشف عن محاليل الأملاح وطبيعة تأثيرها باستخدام كاشف واسع المدى (كاشف عام) مثل **البروموثيمول الأزرق** حيث يتغير لونه كالاتي :

أمثلة :

أزرق (pH > 7) KF

أخضر (pH = 7) NaCl

أصفر (pH < 7) NH₄Cl



هو قدرة أيونات الملح على التفاعل مع الماء H_2O وإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^- .

الفرق بين

الذوبان
Solubility

التميه
Hydrolysis

قدرة الأملاح ذات التأثير المتعادل على التفكك في الماء مع عدم قدرة أيوناتها على التفاعل مع الماء وبذلك لا يتغير تركيز كل من H_3O^+ و OH^- .

مثل
LiBr , $KClO_4$, KI , NaCl

الذوبان لا يزيد من تركيز المادة الأصلية

قدرة أيونات الأملاح ذات التأثير الحمضي أو القاعدي على التفاعل مع الماء وإعادة إنتاج الحمض أو القاعدة الضعيفة.

مثل
 $HCOOK$, NaCN , KF
 N_2H_5Br , NH_4Cl

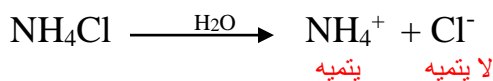
تميه الأملاح يزيد عادةً من تركيز الحمض أو القاعدة الضعيفة الأصلية.

بشكل عام ...

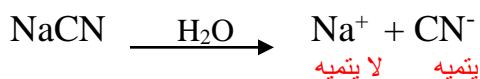
الأيون الناتج عن قوي يعتبر ضعيف أي **لا يتميه** , و الأيون الناتج عن ضعيف يعتبر قوي أي **يتميه**

سؤال : أي الأملاح الآتية يُعد ذوبانه في الماء تميهاً (أي يتميه) ؟

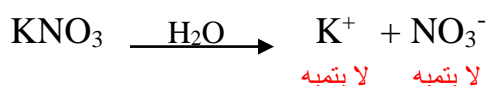
NH_4Cl (1)



$NaCN$ (2)



KNO_3 (3)

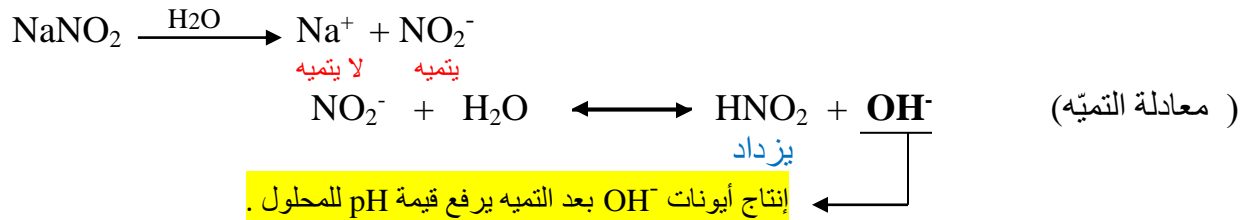


(لا يوجد أيونات تتميه لذلك الملح متعادل)
لذلك هذا الملح يذوب في الماء ولا يتميه

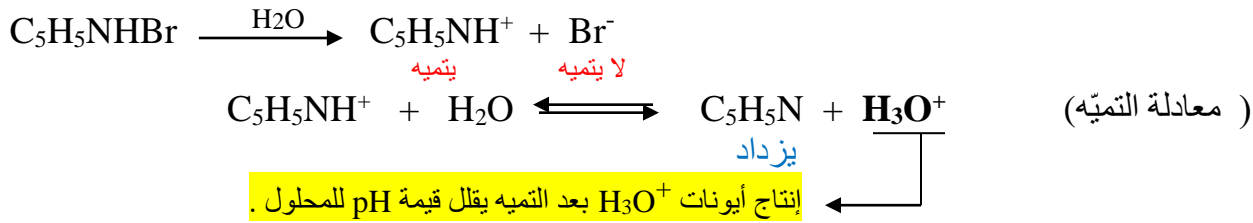
CH_3COOK (4)

LiBr (6)

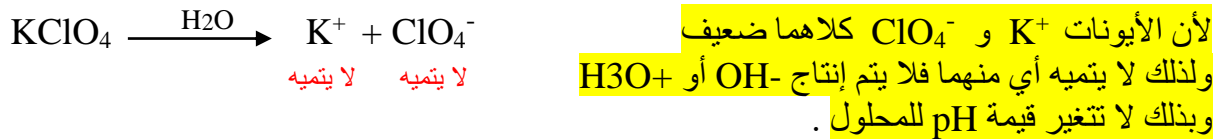
سؤال : علل تزداد قيمة pH عند إذابة الملح NaNO₂ في الماء .
الحل



سؤال : علل تقل قيمة pH عند إذابة الملح C₅H₅NHBr في الماء .
الحل



سؤال : علل لا تتغير قيمة pH عند إذابة الملح KClO₄ في الماء .
الحل



سؤال : فسّر بالمعادلات فقط الأثر القاعدي لمُح NaOCl .
الحل ...

سؤال : فسّر بالمعادلات فقط الأثر الحمضي لمُح N₂H₅Cl .
الحل ...

سؤال : اكتب معادلة موازنة تبيّن الأثر القاعدي لمحلول كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO_3 الحل ...

سؤال : بيّن من خلال المعادلات فقط ماذا يحدث لقيمة pH عند إضافة :

1- الملح Na_2CO_3 إلى الماء .

2- الملح KHS إلى الماء .

سؤال شامل : ادرس الجدول المجاور الذي يبين عدداً من المحاليل المتساوية في التركيز , تركيز كل منها يساوي (0.1 M) وتركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ لكل منها كما هو موضح , ثم أجب عن الأسئلة :

الرقم	المحلول	$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{mol/L}}$
1	الحمض HA	4×10^{-5}
2	الحمض HB	1×10^{-3}
3	القاعدة X	1×10^{-11}
4	القاعدة Y	4×10^{-10}
5	الملح KM	2×10^{-8}
6	الملح KZ	1×10^{-9}

- حدد الحمض المرافق الأقوى .
- أيهما أضعف كقاعدة A^- أم B^- ؟
- أي محاليل القواعد في الجدول فيه $[\text{OH}^-]$ أعلى ؟
- أي الأملاح هو الأكثر تمّيهاً في الماء ؟
- أي محاليل القواعد في الجدول له أقل K_b ؟
- أي الحمضين HM أم HZ له أعلى K_a ؟
- احسب pH لمحلول القاعدة Y .
- احسب K_a لمحلول الحمض HA
- ماذا تتوقع أن يحدث لقيمة pH عند إضافة الملح KZ إلى الماء .
- أكمل التفاعل الآتي ثم حدد الأزواج المترافقة



الحل

سؤال شامل : الجدول المجاور يبين عدداً من المحاليل المائية وتركيز كل منها , اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة :

$$(\log 1.3 = 0.1) (\log 5 = 0.7)$$

التركيز	المعلومات	المحلول	الرقم
0.3	$4.9 \times 10^{-10} = K_a$	HCN	1
0.3	$1.1 \times 10^{-2} = [NO_2^-]$	HNO ₂	2
0.2	$1.9 \times 10^{-3} = [NH_4^+]$	NH ₃	3
0.2	$2 \times 10^{-4} = [OH^-]$	RNH ₂	4
0.5	$4.7 = pH$	N ₂ H ₅ Cl	5
0.5	$1.3 \times 10^{-5} = [H_3O^+]$	NH ₄ Cl	6

- حدد الحمض المرافق الأقوى
- حدد القاعدة المرافقة الأضعف .
- أي محاليل القواعد في الجدول فيه [H₃O⁺] أعلى ؟
- أي الأملاح هو الأكثر تميهاً في الماء ؟
- أي محاليل القواعد في الجدول له أعلى K_b ؟
- أي الحمضين في الجدول له أعلى K_a ؟
- احسب pH لمحلول القاعدة RNH₂ .
- ماذا تتوقع أن يحدث لقيمة pH عند إضافة الملح NH₄Cl إلى محلول NH₃ .
- (تزداد , تقل , تبقى ثابتة)
- أكمل التفاعل الآتي ثم حدد الأزواج المترافقة



سؤال : اعتماداً على الجدول المجاور الذي يبين عدداً من المحاليل المائية الافتراضية وقيمة pH لكل منها , اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة :

$$(\log 2 = 0.3) (\log 3 = 0.5)$$

المحلول	A	B	C	D	E	F
pH	4.5	8.7	0	7	12	1

- أي المحاليل يعتبر القاعدة الأقوى ؟
- أي المحاليل يمثل ملح الطعام NaCl .
- أي المحاليل يمثل قاعدة فيها
- $[OH^-] = 5 \times 10^{-6} M$
- أي المحاليل يمثل حمض فيه
- $[H_3O^+] = 3 \times 10^{-5} M$
- أي المحاليل يمثل حمض HCl تركيزه (1)M .

ملحوظة :

يمكن ترتيب جميع المواد حسب تزايد قيمة pH لها كالتالي (بشرط أن تكون متساوية في التركيز)

حمض قوي > حمض ضعيف > ملح حمضي > المواد المتعادلة > ملح قاعدي > القاعدة الضعيفة > القاعدة القوية

أعلى pH
أقل pOH

الأملاح المتعادلة H₂O

أقل pH
أعلى pOH

مثال : رتب المواد الآتية حسب تزايد قيمة pH لها علماً أن تركيز كل منها يساوي 0.1 M
NH₄NO₃ , NaF , HClO , LiOH , HBr , N₂H₄ , KI

الحل ...

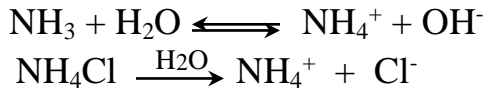


الأيون المشترك : هو أيون (- أو +) يدخل في تركيب مادتين (حمض ضعيف وملحه) أو (قاعدة ضعيفة وملحها) .

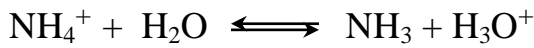


حيث: 1- يكون الأيون المشترك موجب (+)
2- تقل قيمة pH بعد إضافة الملح
لأن تأثيره حمضي .

مثل: محلول ($\text{NH}_4\text{Cl} / \text{NH}_3$)



الأيون المشترك هو NH_4^+ وهو حمض مرافق قوي نسبياً
أي أنه يتميه كالاتي :



تزداد

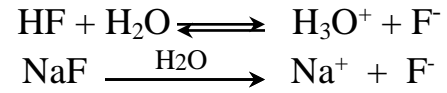
آلية عمل الأيون المشترك (تأثيره) :

بعد إضافة الملح NH_4Cl يزداد تركيز أيونات NH_4^+ فتبدأ بالتهميه وذلك بمنح H^+ للماء فيزداد تركيز $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ويقل تركيز OH^- في المحلول فتقل قيمة pH .

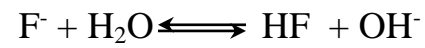
◀ حسب مبدأ لوتشاتيليه : الاتزان نحو اليسار لذلك يزداد تركيز NH_3 ويقل تأينها .

حيث: 1- يكون الأيون المشترك سالب (-)
2- ترتفع قيمة pH بعد إضافة الملح
لأن تأثيره قاعدي .

مثل: محلول (NaF / HF)



الأيون المشترك هو F^- وهو قاعدة مرافقة قوية نسبياً
أي أنها تتميه كالاتي :



يزداد

آلية عمل الأيون المشترك (تأثيره) :

بعد اضافة الملح NaF يزداد تركيز أيونات F^- فتبدأ بالتهميه وذلك بسحب أيونات H^+ من المحلول فيقل تركيز $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ويزداد تركيز أيونات OH^- في المحلول فتزداد pH .

◀ حسب مبدأ لوتشاتيليه : الاتزان نحو اليسار لذلك يزداد تركيز HF ويقل تأينه .

سؤال : أضيف الملح CH_3COONa على محلول الحمض CH_3COOH .

(1) حدد الأيون المشترك

(2) ما أثر إضافة الملح على قيمة PH لمحلول الحمض ؟ وضح ذلك .

الحل ...

(1) الأيون المشترك هو : CH_3COO^-

(2) ترتفع قيمة pH , لأن إضافة الملح تسبب زيادة CH_3COO^- وهو قاعدة مرافقة قوية نسبياً فتبدأ بالتهميه وذلك بسحب أيونات H^+ من المحلول فيقل تركيز H_3O^+ ويزداد تركيز OH^- في المحلول فتزداد قيمة pH .

والآن .. هل يمكن أن نحسب رياضياً قيمة pH بعد إضافة ملح إلى محلول حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة ؟

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (41)

طبعاً يمكن ذلك من خلال القوانين الآتية :

بعد إضافة الملح يتغير تركيز الأيونات كالتالي

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{ثم} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \text{Ka} \frac{[\text{الحمض الضعيف}]}{[\text{الملح}]}$$

في الحمض

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{ثم} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\text{Kw}}{[\text{OH}^-]} \quad \text{ثم} \quad [\text{OH}^-] = \text{Kb} \frac{[\text{القاعدة الضعيفة}]}{[\text{الملح}]}$$

في القاعدة

سؤال : محلول مكوّن من الحمض HX تركيزه 0.01 M والملح NaX تركيزه 0.1 M , فإذا علمت أن :
($\text{Ka} = 4 \times 10^{-6}$ $\log 4 = 0.6$ $\log 2 = 0.3$) فأجب عن الآتي :

- (1) حدد الأيون المشترك
 - (2) ما تتوقع أن يحدث لقيمة pH بعد إضافة الملح NaX إلى المحلول .
 - (3) احسب pH للمحلول قبل إضافة الملح
 - (4) احسب pH للمحلول بعد إضافة الملح
 - (5) احسب ΔpH
- الحل ...

(1) الأيون المشترك هو : X^-

(2) سترتفع قيمة pH للمحلول لأن الملح ذو تأثير قاعدي .

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{[\text{HX}] \times \text{Ka}} = \sqrt{1 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-4} \text{ M} \quad (3)$$

$$\text{pH} = -\log 2 \times 10^{-4} = 4 - \log 2 = 4 - 0.3 = 3.7$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \text{Ka} \frac{[\text{HX}]}{[\text{NaX}]} = 4 \times 10^{-6} \frac{0.01}{0.1} = 4 \times 10^{-7} \text{ M} \quad (4)$$

$$\text{pH} = -\log 4 \times 10^{-7} = 7 - \log 4 = 7 - 0.6 = 6.4$$

$$\Delta\text{pH} = \text{pH الأصغر} - \text{pH الأكبر} \quad (5)$$
$$= 6.4 - 3.7 = 2.7$$

(يزداد pH بمقدار 2.7) لأن تأثير الملح قاعدي "يرفع pH"

❖ من الأجوبة نلاحظ أن إضافة الملح فعلاً سببت زيادة في قيمة pH وبمقدار 2.7 وهذا دليل على أن تأثير الملح قاعدي كما وضّحنا سابقاً من خلال المعادلات والتميّه .

سؤال : لديك 1L (1) من محلول الهيدرازين N_2H_4 تركيزه 0.2 M فإذا كانت $K_b = 1.7 \times 10^{-6}$, أجب عن الآتي :

($\log 1.7 = 0.23$) ($\log 3 = 0.5$)

(1) احسب pH للمحلول .

(2) أضيف للمحلول 0.1 mol من الملح N_2H_5Cl

أ - حدد الأيون المشترك

ب- ما أثر إضافة الملح على قيمة pH (تزداد تقل تبقى ثابتة)

ج- احسب pH للمحلول (أهمل التغير في الحجم) .

الحل ...

$$[OH^-] = \sqrt{[N_2H_4] \times K_b} = \sqrt{2 \times 10^{-1} \times 1.7 \times 10^{-6}} = 5.8 \times 10^{-4} M^{-1}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5.8 \times 10^{-4}} = 1.7 \times 10^{-11} M$$

$$pH = -\log 1.7 \times 10^{-11} = 11 - \log 1.7 = 11 - 0.23 = 10.77$$

2- أ) الأيون المشترك هو : $N_2H_5^+$
ب) تقل

$$[OH^-] = K_a \frac{[N_2H_4]}{[N_2H_5Cl]} \quad (ج)$$

$$= 1.7 \times 10^{-6} \times \frac{0.2}{0.1} = 3.4 \times 10^{-6} M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.4 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^{-9}$$

$$pH = -\log 3 \times 10^{-9} = 9 - \log 3 = 9 - 0.5 = 8.5$$

سؤال : محلول حجمه 1L مكون من الحمض $HOCl$ تركيزه 0.1 M أذيب فيه كمية من الملح $NaOCl$ حتى أصبحت pH للمحلول تساوي 8.15 فإذا علمت أن :

($\log 7 = 0.85$ $Mr = 75 \text{ gm/mol}$ $Ka = 3.5 \times 10^{-8}$)

احسب كتلة الملح $NaOCl$ المضاف .

الحل ...

الإجابة : $m = 37 \text{ gm}$

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (43)

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة B وملحها BHCl لهما نفس التركيز , فإذا كانت pH للمحلول تساوي 9.7
(1 حدد الأيون المشترك (2 ما أثر إضافة الملح على تركيز أيونات OH⁻ في المحلول ؟
(3 احسب قيمة Kb للقاعدة . (log 2 = 0.3)

الحل ...

الإجابات : 3) $K_b = 5 \times 10^{-5}$ 2) نقل 1) BH^+

سؤال : محلول حجمه 1L مكوّن من الحمض H_2SO_3 تركيزه 0.001 M و pH له تساوي 2.4 , وعندما أضيف إليه
الملح $KHSO_3$ كان مقدار التغير في pH يساوي 1.88 فإذا كانت $K_a = 1.3 \times 10^{-2}$ (log 5.2 = 0.72) .
(1 حدد الأيون المشترك
(2 احسب عدد مولات الملح $KHSO_3$ في المحلول .

الحل ...

1) HSO_3^- 2) $n = 0.25 \text{ mol}$

سؤال : محلول حمض الإيثانويك HCOOH حجمه 500 ml وتركيزه 0.5 M أضيفت إليه بلورات من ملح
ميثانوات الصوديوم HCOONa كتلته المولية 68 gm/mol فتغيرت PH بمقدار (2) , فإذا علمت أن K_a
للحمض تساوي تقريباً (2×10^{-4}) , احسب كتلة بلورات الملح المضافة .

الحل

الإجابة : $m = 34 \text{ gm}$

سؤال : إذا علمت أن نسبة قاعدة الأمونيا NH_3 إلى نترات الأمونيوم NH_4NO_3 في المحلول المكون منهما هي (2/3) وأن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ احسب pH و pOH للمحلول ($\log 12 = 1.1$)

الإجابات : $\text{pH} = 8.1$ $\text{pOH} = 5.9$

سؤال : محلول مكون من الحمض الضعيف HA تركيزه 0.1 M وقيمة pH له تساوي 3.7 وعند إضافة بلورات من الملح NaA إليه أصبحت قيمة pH له تساوي 5 , احسب تركيز الملح في المحلول . ($\log 2 = 0.3$)

الإجابة : $[\text{NaA}] = 4 \times 10^{-3} \text{ M}$

سؤال : احسب التغير في الرقم الهيدروجيني لمحلول الحمض H_2SO_3 الذي تركيزه 0.2 M وتركيزه 400 ml , إذا أضيف إليه 0.2 mol من الملح NaHCO_3 ($\log 5.1 = 0.71$, $\log 5.2 = 0.72$)

الإجابة : $\text{pH}_1 = 1.29$ $\text{pH}_2 = 2.28$ $\Delta \text{pH} = 0.99$

سؤال شامل : الجدول المجاور يبين عدداً من المحاليل المائية تركيز كل منها 0.1 M , اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة ($\log 2 = 0.3$) ($\log 5 = 0.7$) ($\log 2.5 = 0.4$) ($K_w = 1 \times 10^{-14}$)

الرقم	المحلول حمض/قاعدة	المعلومات
1	HA	$K_a = 4 \times 10^{-9}$
2	HB	$[\text{B}^-] = 1 \times 10^{-2}$
3	HC	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5}$
4	D	$[\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-3}$
5	Z	$\text{pH} = 11.5$
6	Q	$K_b = 1.6 \times 10^{-6}$

الحمض الأقوى

أ- HA ب- HB

ج- HC د- HW

الحمض المرافق الأقوى

أ- QH^+ ب- WH^+

ج- DH^+ د- ZH^+

المحلول الأقل pH هو

أ- HA ب- HB

ج- Z د- D

أي المحاليل فيه $[\text{OH}^-]$ أعلى ؟

أ- HC ب- HB

ج- D د- Q

أي الأملاح هو الأكثر تميهاً في الماء ؟

أ- NaA ب- NaB

أضافة بلورات من الملح NaB إلى محلول الحمض HB يؤدي إلى :

أ- زيادة $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ب- نقصان $[\text{OH}^-]$

ج- نقصان pH د- زيادة [HB]

قيمة pH لمحلول القاعدة Q يساوي

أ- 9.6 ب- 10.6

ج- 11.6 د- 12.6

أضيفت كمية من الملح ZHCl إلى محلول القاعدة Z فتغيرت pH بمقدار (1.5) , فإن تركيز أيون $[\text{OH}^-]$ في

المحلول بوحدة (M) يساوي :

أ- 1×10^{-4} ب- 2×10^{-4}

ج- 1×10^{-10} د- 2×10^{-10}

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (45)

◀ هي محاليل تقاوم التغير في قيمة pH عند إضافة كمية قليلة من محلول حمض قوي أو قاعدة قوية إليها .
 ◀ يجب معرفة الآتي فيما يتعلق بالمحلول المنظم :

- (1) المحلول المنظم هو بالأصل محلول أيون مشترك لذلك يعد المحلول المنظم من أهم تطبيقات الأيون المشترك .
- (2) يتم اختبار هذا المحلول باستخدام حمض أو قاعدة قوية وبكميات قليلة جداً مع ملاحظة أنه ليس هناك أي تغير على قيمة pH للمحاليل أو تغير غير ملحوظ لا يتعدى 0.5 درجة (زيادة أو نقص) على قيمة pH .

◀ استخدامات المحاليل المنظمة :

- (1) تستخدم في صناعة الأصباغ ومستحضرات التجميل والأدوية .
- (2) يتواجد في أجسام الكائنات الحية وله وظيفة حيوية مهمة وهي الحفاظ على قيمة pH لأماكن الجسم المختلفة مثلاً : في الدم يوجد المحلول المنظم ($\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$) الذي يحافظ على pH في الدم بحدود 7.4

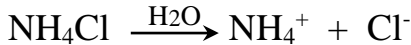
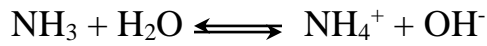
أنواع المحاليل المنظمة

محلول منظم قاعدي

مكوناته :

قاعدة ضعيفة + حمضها المرافق (ملح حمضي)

مثل: محلول ($\text{NH}_4\text{Cl} / \text{NH}_3$)



آلية عمله عند إضافة كمية قليلة من :

(1) حمض قوي مثل HCl

يزداد تركيز H_3O^+ في المحلول فيبدأ بالتفاعل مع NH_3 مما يؤدي إلى زيادة في تركيز NH_4^+ فتصبح نسبة الحمض المرافق إلى القاعدة أعلى فتقل pH بنسبة ضئيلة .

(2) قاعدة قوية مثل NaOH

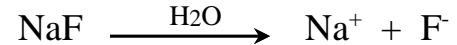
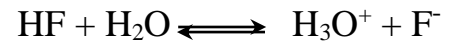
يزداد تركيز OH^- في المحلول فتبدأ بالتفاعل مع NH_4^+ مما يزيد من إنتاج القاعدة NH_3 فتصبح نسبة القاعدة إلى الحمض المرافق أعلى فترتفع pH بنسبة ضئيلة .

محلول منظم حمضي

مكوناته :

حمض ضعيف + قاعدته المرافقة (ملح قاعدي)

مثل: محلول (NaF / HF)



آلية عمله عند إضافة كمية قليلة من :

(1) حمض قوي مثل HCl

يزداد تركيز H_3O^+ في المحلول فيبدأ بالتفاعل مع F^- لانتاج HF فتصبح نسبة الحمض إلى القاعدة المرافقة أعلى فتقل pH بنسبة ضئيلة .

(2) قاعدة قوية مثل NaOH

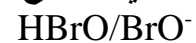
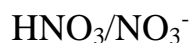
يزداد تركيز OH^- في المحلول فتبدأ بالتفاعل مع HF مما يزيد من تركيز القاعدة المرافقة F^- فتصبح نسبة القاعدة المرافقة إلى الحمض أعلى فترتفع pH بنسبة ضئيلة .

◀ ليكون المحلول منظماً يجب أن تتوافر فيه شروط هي :

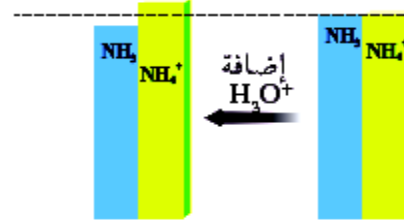
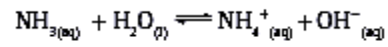
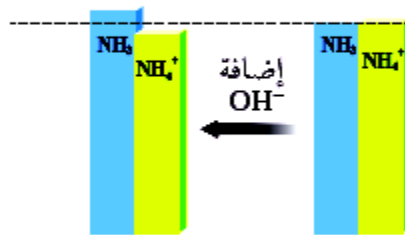
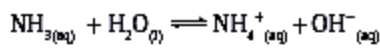
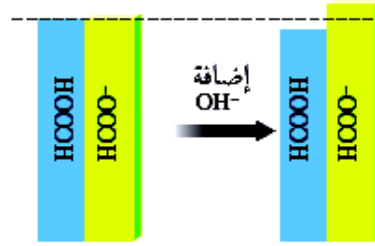
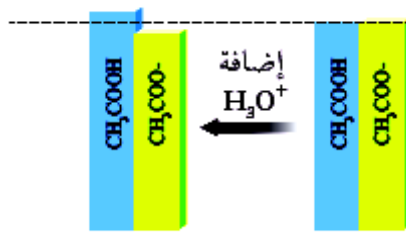
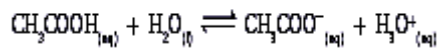
- (1) الحمض أو القاعدة يجب أن تكون ضعيفة .
- (2) يجب أن تكون المادة المرافقة من نفس النوع .
- (3) الفرق بين المادة الضعيفة ومرافقها يكون H^+ فقط

(باختصار أن يكون محلول أيون مشترك)

سؤال : أي الأزواج مما يأتي تصلح كمحلول منظم ؟



سؤال : كل شكل بياني من الآتية يمثل محلولاً منظماً وأثر إضافة حمض أو قاعدة قوية إليه , ادرس الأشكال ثم صف كل منها حسب فهمك لدرس المحاليل المنظمة .



سؤال : وضح أثر إضافة كمية قليلة من كل من الحمض HNO_3 والقاعدة KOH على محلول الحمض HClO

سؤال : باستخدام الرسم البياني وضح أثر إضافة كمية قليلة من الحمض HBr إلى محلول القاعدة CH_3NH_2

◀ والآن هل يمكن إجراء حسابات رياضية على المحاليل المنظمة نثبت من خلالها أن التغير على قيمة pH يكون طفيفاً؟
بالتأكيد يمكن ذلك من خلال العلاقات الآتية :

في المحلول المنظم
الحمضي

(أ) عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{الحمض القوي}] + [\text{الحمض الضعيف}]}{[\text{الحمض القوي}] - [\text{الملح القاعدي}]}$$

(ب) عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{القاعدة القوية}] - [\text{الحمض الضعيف}]}{[\text{القاعدة القوية}] + [\text{الملح القاعدي}]}$$

ثم $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$

في المحلول المنظم
القاعدي

(أ) عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي :

$$[\text{OH}^-] = K_b \frac{[\text{القاعدة الضعيفة}] - [\text{الحمض القوي}]}{[\text{الحمض القوي}] + [\text{الملح الحمضي}]}$$

(ب) عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية :

$$[\text{OH}^-] = K_b \frac{[\text{القاعدة القوية}] + [\text{القاعدة الضعيفة}]}{[\text{القاعدة القوية}] - [\text{الملح الحمضي}]}$$

ثم $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}$

سؤال : محلول مكون من الحمض HD تركيزه 0.2 M والملح KD تركيزه 0.2 M , K_a للحمض تساوي 2×10^{-5}
($\log 2 = 0.3$) ($\log 6 = 0.8$)

- حدد الأيون المشترك .
- احسب pH للمحلول .
- بين أثر إضافة الملح KD على قيمة $[\text{OH}^-]$ في المحلول (تزداد تقل تبقى ثابتة) .
- أضيف للمحلول السابق كمية قليلة من HCl تركيزه 0.1 M , احسب pH للمحلول .

الحل

الإجابات : 1) D^- 2) $\text{pH}_2 = 4.7$ 3) تزداد 4) $\text{pH}_3 = 4.2$

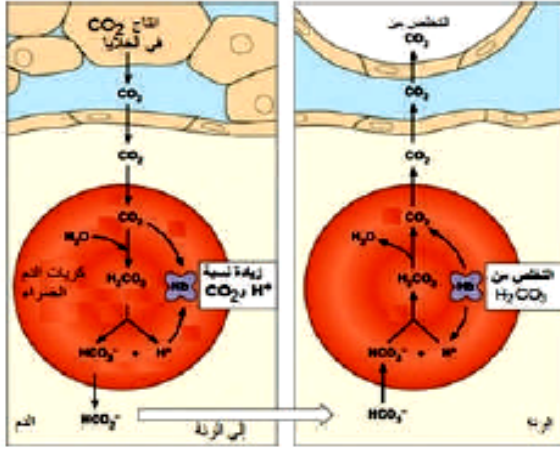
" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (48)

سؤال مهم : محلول حجمه 1 L مكون من الأنيلين $C_6H_5NH_2$ تركيزها 0.3 M و K_b تساوي 2.4×10^{-10}
($\log 9.6 = 0.98$) ($\log 1.6 = 0.2$) ($\log 3.6 = 0.55$) ($\log 8.5 = 0.90$)

- احسب pH للمحلول
- أضيف للمحلول 0.2 mol من الملح $C_6H_5NH_3NO_3$
- (أ) حدد الأيون المشترك (ب) حدد جهة الاتزان (ج) احسب pH للمحلول .
- (د) بين أثر إضافة الملح على قيمة $[OH^-]$ في المحلول (تزداد تقل تبقى ثابتة) .
- أضيف للمحلول الناتج 0.1mol من HCl , احسب pH للمحلول .
- وضح أثر إضافة HCl إلى المحلول .
- أضيف للمحلول الناتج 0.1mol من KOH , احسب pH للمحلول .
- وضح أثر إضافة KOH إلى المحلول .
- أضيف للمحلول السابق 1L من الماء النقي , هل تتغير قيمة pH للمحلول ؟ وضح إجابتك ؟

الحل

المحلول المنظم في الدم



يحتوي الدم على عدد من المحاليل المنظمة، تحافظ على قيم الرقم الهيدروجيني بين (7.35-7.45)، وهذا نطاق ضيق تحدث فيه جميع التغيرات الكيميائية الحيوية في الجسم، وفي حال زيادة الرقم الهيدروجيني أعلى من 7.8 أو انخفاضه إلى أقل من 6.8 يختل النظام الحيوي في الجسم، وقد يؤدي ذلك إلى الوفاة. ويُعدُّ محلولُ حمض الكربونيك وقاعدته المرافقة (H₂CO₃\HCO₃⁻) أحد أهم المحاليل المنظمة في الدم، والمعادلة الآتية تمثل المحلول المنظم في الدم:



تؤدي زيادة ممارسة الأنشطة المتنوعة من قِبَل الشخص إلى زيادة معدل التنفس اللاهوائي في الخلايا وزيادة إنتاج ثاني أكسيد الكربون CO₂، الذي يندفع إلى الدم ويتفاعل مع الماء ويؤدي إلى زيادة تركيز H₂CO₃.



يمكن أن يزداد تركيز أيونات H₃O⁺ في الدم نتيجة العديد من التفاعلات الحيوية في الجسم، فيعمل المحلول المنظم في الدم على التخلص من تلك الزيادة، وذلك عن طريق إزاحة موضع الاتزان إلى جهة اليسار نحو تكوين حمض الكربونيك H₂CO₃، فيزداد تركيزه، ويقل بذلك تركيز HCO₃⁻، ويقل تركيز أيونات H₃O⁺، ويزداد تركيز أيونات OH⁻؛ ما يحفز الكلى على إنتاج أيونات HCO₃⁻ لتعويض النقص في تركيزها؛ وبذلك يزداد تركيز حمض الكربونيك في الدم، وتستقبل أيونات OH⁻ البروتون من حمض الكربونيك H₂CO₃، ويُزاح موضع الاتزان إلى اليمين نحو تكوين HCO₃⁻ مرةً أخرى، ويزداد تركيز أيونات H₃O⁺ من جديد.

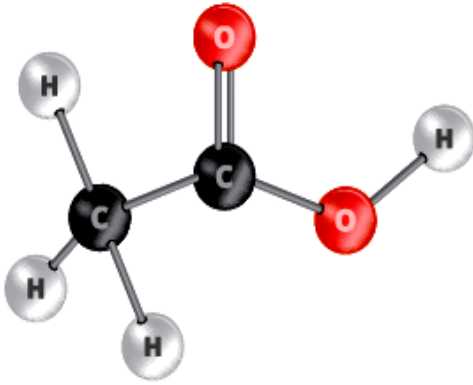
وتستمرُّ إزاحة موضع الاتزان مرةً نحو اليسار ومرةً نحو اليمين؛ ما يساعد على بقاء تركيز أيونات H₃O⁺ ثابتاً نسبياً ويحافظ على مدى ثابت من الرقم الهيدروجيني في الدم.

تعمل الكلى على ضبط تركيز أيونات HCO₃⁻، فتزيد إفرازها إلى الدم عند حدوث نقص في تركيزها، كما تزيد معدل امتصاصها عند حدوث زيادة في تركيزها.

وتعمل الرئة على امتصاص الزيادة في تركيز حمض الكربونيك في الدم؛ ما يسبب استمرار اندفاع ثاني أكسيد الكربون CO₂ من الخلايا إلى الدم؛ حيث يتفكك حمض الكربونيك في الرئة إلى ثاني أكسيد الكربون CO₂ وبخار الماء ويجري التخلص منهما عن طريق التنفس؛ وبهذا فإن الرئة تعمل على ضبط تركيز ثاني أكسيد الكربون في الخلايا وتركيز حمض الكربونيك في الدم.

أسئلة متنوعة

سؤال(1): الشكل المجاور يمثل الشكل البنائي لحمض الايثانويك (حمض الخل) , بالرغم من احتوائه على 4 ذرات هيدروجين إلا أنه يعتبر حمضاً أحاديّ البروتون علل ذلك ؟
الإجابة ... "صفحة 11 كتاب "

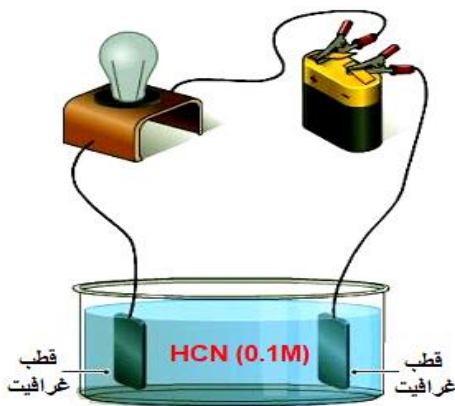


سؤال(3) أكتب معادلتين كيميائيتين أوضح فيهما سلوك الأيون HCO_3^- مع كل من OH^- و HNO_2 .

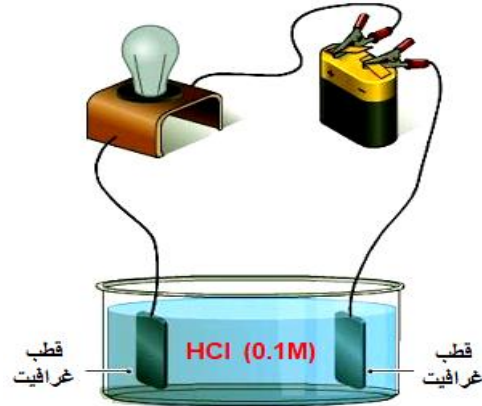
سؤال(2):

1- أصنّف المواد الآتية إلى حموض وقواعد وفق مفهوم أرهينيوس:
 HClO_4 , KOH , HNO_3 , HCOOH , $\text{Sr}(\text{OH})_2$
2- أكتب معادلة تبيّن التأثير القاعدي لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH .

سؤال(4) : ادرس الشكلين الآتيين ثم أجب عما يليهما من أسئلة .



(ب)



(أ)

- 1) أي المصباحين يضيء ؟
- 2) أين تكون شدة الإضاءة أكبر؟ ولماذا ؟
- 3) ما هدف هذه الطريقة ؟
- 4) من أول من استخدمها من العلماء ؟
- 5) ما فائدة البطارية ؟
- 6) هل يجوز استخدام أقطاب فلزية بدل الغرافيت ؟ وضح ؟

سؤال (5) : علل , جميع الحموض والقواعد القوية عند اذابتها في الماء فإنها تفضل جهة اليمين (المتفاعلات) دائماً ولا يمكن أن تعود عكسياً لإنتاج المتفاعلات مرة أخرى؟؟ وضح بأمثلة . "صفحة 16 كتاب "

سؤال (6) : علل , جميع الحموض والقواعد الضعيفة عند اذابتها في الماء فإنها تفضل جهة اليسار (النواتج) دائماً أي تعود عكسياً لإنتاج المتفاعلات مرة أخرى وهذا ما تفضله؟؟ وضح بأمثلة . "صفحة 16 كتاب "

(8) سؤال : متى تكون قيمة pH للمحلول تساوي 14 ؟ وضح ؟

(7) سؤال : متى تكون قيمة pH للمحلول تساوي صفر؟ وضح ؟

سؤال (9) حُطِّطَ 20 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تركيزه 0.6 M مع 20 mL من محلول هيدروكسيد الليثيوم LiOH الذي تركيزه 0.4 M. هل المحلول الناتج حمضي أم قاعدي أم متعادل، ؟ وضح ؟

سؤال (10) أحسب كتلة حمض الكبريت (IV) H_2SO_3 اللازمة لتحضير محلول منه حجمه 0.4 L وَرَقْمُهُ الهيدروجيني يساوي 2 علماً أن $K_a = 1.3 \times 10^{-2}$, $Mr = 82 \text{ g/mol}$

سؤال : أحسب ثابت تأين القاعدة بيوتيل أمين $C_4H_9NH_2$ ، التي تركيزها 0.4 M ورَقْمُها الهيدروجيني يساوي 12 (11)

سؤال :
أحسب الرَقْمَ الهيدروجيني pH
لمحلول القاعدة C_5H_5N الذي
تركيزه 0.2 M عند إضافة 0.2 mol
من الملح C_5H_5NHCl إلى
600 mL من المحلول. علماً أن:
 $\log 1.17 = 0.07 \cdot K_b = 1.4 \times 10^{-9}$

سؤال : ما الحمض والقاعدة اللذان ينتج من تفاعلها معاً
(12) (1) ملح كربونات الليثيوم الهيدروجينية $LiHCO_3$ ؟

(2) ملح $C_5H_5NHCIO_4$

سؤال :
اختر جميع الإجابات الصحيحة فيما
يأتي علماً أن $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
عند إضافة بلورات من الملح KNO_2
إلى محلول الحمض HNO_2 لهما
نفس التركيز , فإن :

- (1) يتكون محلول منظم قاعدي .
- (2) ترتفع قيمة pH للمحلول .
- (3) يقل تركيز $[OH^-]$
- (4) تزداد قيمة K_a
- (5) تزداد مقدرة المحلول على توصيل التيار الكهربائي .
- (6) التفاعل يرجح الاتجاه الأمامي .
- (7) يزداد تركيز الحمض HNO_2 .
- (8) إضافة كمية من الماء النقي إلى المحلول لا تغير قيمة pH له .
- (9) عند وضع قطرات من كاشف الميثيل البرتقالي في المحلول سيتغير لون المحلول للأحمر .
- (10) pH للمحلول $7 >$

سؤال (14)
1- أحسب الرَقْمَ الهيدروجيني لمحلول منظم يتكوّن من كلٍّ من حمض البنزويك C_6H_5COOH وملح بنزوات الصوديوم C_6H_5COONa . تركيز كل منهما 0.2 M علماً أن $K_a = 6.3 \times 10^{-5}$
2- أحسب الرَقْمَ الهيدروجيني للمحلول السابق عند إضافة 0.01 mol من الحمض HBr إلى 1 L من المحلول، أهمل التغير في الحجم.

سؤال (16)
1- أحسب الرَقْمَ الهيدروجيني لمحلول منظم يتكوّن من القاعدة ميثيل أمين CH_3NH_2 تركيزها 0.15 M والملح ميثيل كلوريد الأمونيوم CH_3NH_3Cl تركيزه 0.2 M ($K_b = 4.4 \times 10^{-4}$, $\log 3.03 = 0.48$)
2- أحسب الرَقْمَ الهيدروجيني إذا أُضيف 0.01 mol من حمض الهيدروبروميك HBr إلى 500 mL من المحلول السابق. ($\log 3.8 = 0.58$)

سؤال :
أحسب نسبة الحمض إلى القاعدة في محلول رَقْمُ الهيدروجيني يساوي 10 مكوّن من القاعدة NH_3 والملح NH_4Cl علماً أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

سؤال (22) ممتاز :

محلول منظم حجمه 1L مكون من القاعدة B تركيز H_3O^+ فيه يساوي $1 \times 10^{-11} M$, أضيف إليه الملح BHCl له نفس تركيز القاعدة B فتغيرت pH بمقدار 3 , وعند إضافة كمية قليلة من القاعدة KOH تركيزها 0.1M إلى المحلول تغيرت pH بمقدار 0.3 , فإذا كان $\log 5 = 0.7$ احسب تركيز القاعدة B .

سؤال(18) محلول حجمه 2 L يتكوّن من 0.1 M من حمض RCOOH، وَرَقْمُهُ الهيدروجيني $pH = 4$ ، أُضيفت إليه كمية من الملح RCOONa فتغيّرت قيمة pH بمقدار 1.52 درجة. أحسب عدد مولات الملح المُضاف. علماً أنّ $\log 3 = 0.48$ (أهمل التغير في الحجم)

محلول المنظم يتكوّن من الحمض HNO_2 ، الذي تركيزه 0.3 M، والملح KNO_2 ، الذي تركيزه 0.2 M. علماً أنّ $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
أ - أحسب pH للمحلول.
ب - أحسب pH للمحلول السابق إذا أُضيف 0.1 mol من القاعدة NaOH إلى 1 L منه.

محلول منظم يتكوّن من القاعدة CH_3NH_2 ، التي تركيزها 0.3 M، والملح CH_3NH_3Cl ، الذي تركيزه 0.2 M، أحسب: علماً أنّ $K_b = 4.4 \times 10^{-4}$
كتلة الحمض HCl اللازم إضافتها إلى لتر من المحلول لتصبح $pH = 10$. علماً أنّ $M_{r(HCl)} = 36.5 \text{ g/mol}$

سؤال (21) جيد :

أضيف كمية قليلة من حمض HCl الذي يلزم 100 ml منه للتعاادل تماماً مع 200ml من محلول القاعدة NaOH تركيزها 0.1M إلى محلول منظم حجمه 1L مكون من الحمض HX بتركيز 0.2M والملح KX مجهول التركيز فأصبحت قيمة pH للمحلول تساوي 2 فإذا كانت $K_a = 2.5 \times 10^{-3}$ و $M_r KX = 60 \text{ gm/mol}$ احسب كتلة الملح KX التي أذيت في المحلول ؟

الربط مع الزراعة حمض الكبريتيك H_2SO_4



عرف العربُ حمض الكبريتيك في القرن الثامن الميلادي؛ فقد اكتشفه العالمُ جابر ابنُ حَيَّان وأطلق عليه اسمَ زيت الزاج. يستخدم حمضُ الكبريتيك في المجال الزراعي لزيادة حموضة التربة، كما يستخدم لمعالجة ملوحتها، وفي تطهيرها من الفطريات.



الربط مع الحياة



يُعدُّ حمضُ الهيدروكلوريك (HCl) في المَعِدَّة من أهم الإفرازات المعدية التي تساهم في هضم البروتينات وتنشيط إنزيمات الهضم وقتل الجراثيم التي تدخل إلى المَعِدَّة، وقد تجلت عظمة الخالق بتوفير الوسائل الكفيلة بحماية جدار المَعِدَّة من تأثير هذا الحمض ومنع تأكله، وذلك عن طريق الإفراز المستمر للغشاء المخاطي المُبطِّن لجدار المَعِدَّة، كما في الشكل، الذي يمنع الحمض من الوصول إلى النسيج الطلائي المُكوِّن له، إضافة إلى قدرة هذا النسيج على التجدد بشكل مستمر.



الربط مع الصناعة



ثلاثي فلوريد البورون BF_3 يُحصَرُ صناعيًا بعدة طرق، منها تسخينُ البورون مع معدن الفلوريت CaF_2 بوجود حمض الكبريتيك، ويصنع منه ما بين 2300 إلى 4500 طن سنويًا، وهو غازٌ سامٌ عديم اللون يُستخدم في تحفيز العديد من التفاعلات العضوية وتحفيز عمليات البلمرة للمركبات العضوية غير المشبعة.

الربط مع العلوم الطبية



سِرُّ الطعم المرّ للأدوية يتكوّنُ العديد من الأدوية من قواعد تسمى الأمينات، وهي موادٌ عضوية تُشتق من الأمونيا NH_3 ، فالمستخلص المرّ من لحاء الكينا مادةٌ تسمى الكينين، وهو من الأمينات، وقد استخدم في مكافحة الملاريا.

الربط مع الصناعة الشحمة Grease



تُستخدمُ القواعدُ، مثل هيدروكسيد كل من الصوديوم والليثيوم والألمنيوم بسبب ملمسها الزلق، في صناعة ما يُسمى بالشحوم الصابونية (الشحمة)، التي تُستخدم في تشحيم الآلات والسيارات وغيرها لتقليل من الاحتكاك؛ حيث تُضاف هذه القواعد إلى الدهون النباتية أو الحيوانية لصناعة أنواع مختلفة من تلك الشحوم أو ما يُسمى بالصابون الشحمي، مثل: الصابون الليثومي Lithium Grease، والصابون الصوديومي Sodium Grease.



الرّبط مع الحياة



استخدام القواعد في حياتنا اليومية. تُستخدَم كثيرٌ من القواعد في حياتنا اليومية، مثل هيدروكسيد الصوديوم، الذي يُستخدَم في صناعة المنظفات والصابون ومساحيق الغسيل وسائل الجلي، أمّا هيدروكسيد الكالسيوم فيستخدَم في صناعة الإسمنت، ومعالجة مياه الصرف الصحي، ومعالجة حموضة التربة الزراعية، كما يُضاف إلى العلف لتحسين تغذية المواشي.

الرّبط مع علوم الأحياء



حمض الميثانويك $HCOOH$ أو حمض الفورميك
سَخَّرَ اللهُ -عَزَّ وَجَلَّ- هذا الجِمْصَ للنمل كي يستخدِمُهُ في كثير من المجالات، من مثل الدفاع عن نفسه، فيقذفه في وجه أعدائه، ويفرزه من الفك السفلي عند عَضِّ فرائسه (لسعات النمل)، ويستخدمه مُطَهِّراً للحفاظ على أعشاشه نظيفة ولتنظيف صغاره، ويفرزه من المسام الجِمْصِيَّة في بطونه؛ ليرشده في أثناء العودة إلى مساكنه.



الرّبط بالصّحة



حليب المغنيسيا: محلولٌ معلقٌ من هيدروكسيد المغنيسيوم بنسبة 8% بالكتلة، يُستخدَم في علاج الإمساك وعسر الهضم وحرقة المَعِدَة، وهو متوفّر في الصيدليات على شكل حُبوب أو سائل.



الرّبط مع علوم الأرض والبيئة



معالجة المياه

المناطق التي توجد فيها الصخور الجيرية، تحتوي المياه فيها على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم، ولتقليل هذه النسبة يضاف ملح كربونات الصوديوم الذي يتفكك كلياً ويزيد من تركيز أيونات الكربونات في الماء، فيندفع التفاعل في محلول كربونات الكالسيوم، بالاتجاه العكسي ويزداد بذلك تركيز كربونات الكالسيوم ويسبب ترسبها.

الرّبط مع الصناعة



تُعَدُّ شركةٌ مناجم الفوسفات الأردنيّة رائدةً في إنتاج حمض الفوسفوريك H_3PO_4 وحمض الكبريتيك H_2SO_4 بتقنيّة عالية في منطقة الشبيّة في جنوبي الأردن؛ حيث تبلغ كميّة الإنتاج من حمض الفوسفوريك نحو 224 ألف طن سنويّاً، وقُرابة 660 ألف طن متري من حمض الكبريتيك تُخزَّن في منشأة خاصّة بمدينة العقبة؛ وبهذا تُعَدُّ الشركة لبنةً أساسيّةً في بناء الاقتصاد الوطني؛ لما لها من إسهامات كبيرة في تطوير صناعة التعدين في الأردن.

الجُمَانُ

فِي الكيمياء

الوحدة الثانية

الكيمياء الكهربائية

Electrochemistry



لطلبة التوجيهي العلمي



المنهاج المطور

جيل 2005 لعام 2023

إعداد الأستاذ: محمد الشيخ

موقع الأوائل التعليمي



مقدمة عامة ...

الكيمياء الكهربائية **Electrochemistry**: هي أحد فروع الكيمياء التي تهتم بدراسة تحولات الطاقة الكيميائية والكهربائية الناتجة عن تفاعلات التأكسد والاختزال .

اقرأ الفقرة الآتية لتتعرف على أحد أمثلة هذه التفاعلات :

طوّرت وكالة ناسا الفضائية وقودًا صلبًا مكوّنًا من فوق كلورات الأمونيوم NH_4ClO_4 ومسحوق الألمنيوم Al ؛ إذ تعمل فوق الكلورات على أكسدة الألمنيوم فينتج أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 وكلوريد الألمنيوم AlCl_3 وبخار الماء H_2O وغاز النيتروجين N_2 ، ويصل التفاعل إلى درجة حرارة 2760°C ، فتتمدّد الغازات بسرعة؛ ممّا يؤدّي إلى دفع الصاروخ وانطلاقه من منصّة الإطلاق بفضل تفاعلات التأكسد والاختزال.

خصّصت هذه الوحدة للحديث بشكل أساسي عن نوع من الأنواع الرئيسية والهامة للتفاعلات الكيميائية وهي : "تفاعلات التأكسد والاختزال **Oxidation Reduction Reaction**" واختصارها **Redox** , فما المقصود بالتأكسد والاختزال ؟ تعد تفاعلات التأكسد والاختزال من التفاعلات المهمة في حياتنا اليومية فهي الأساس في :
(1) عملية البناء الضوئي في النبات (2) عملية التنفس الحيوي (3) تحرير الطاقة من الغذاء لاستمرار الوظائف الحيوية في الجسم (4) احتراق الوقود في السيارات (5) صدأ الحديد عند تعرضه للهواء الرطب .

الدرس الأول : التأكسد والاختزال (مفهوم التأكسد والاختزال) .

قديمًا استخدم الكيميائيون مصطلح التأكسد لوصف عملية تفاعل المواد مع الأكسجين مثل عملية تكوين صدأ الحديد كالاتي :



وإستخدام أيضاً مفهوم الاختزال لوصف عملية نزع الأكسجين من المواد مثل عمليات استخلاص الفلزات من خاماتها مثل :



ولكن ...

مع التّقدم في العلوم والاكتشافات تبين أن عمليتي التأكسد والاختزال قد تحدث كل منهما في تفاعلات لا تحتوي على أكسجين أصلاً , بل تعتمد في حدوثها على انتقال الإلكترونات بين المواد , فكان التعريف الأكثر شمولاً كالاتي :-

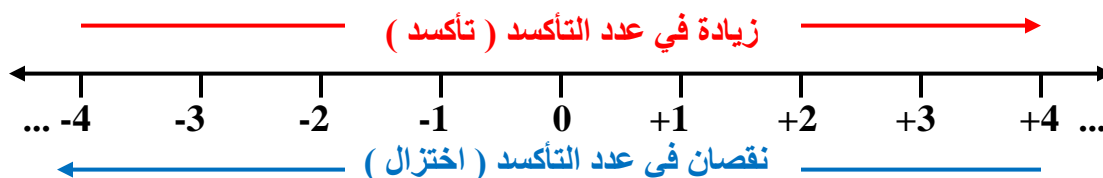
- ❖ التأكسد **Oxidation** : عملية فقد المادة للإلكترونات خلال التفاعل الكيميائي .
- ❖ الاختزال **Reduction** : عملية كسب المادة للإلكترونات خلال التفاعل الكيميائي .

أيضاً يجب معرفة أن :

- ❖ التأكسد ليس مقتصرًا على الفلزات فقط وكذلك الاختزال ليس مقتصرًا على اللافلزات فقط , وإنما قد تحدث عملية اختزال للفلزات وقد تحدث عملية تأكسد للفلزات .
- ❖ عمليات التأكسد والاختزال ليست مقتصرة على ذرات العناصر المتعادلة (التي لا تحمل شحنة) وإنما قد يحدث للمواد الأيونية (التي تحمل شحنة) .
- ❖ التأكسد والاختزال عمليتان مترافقان تحدثان معاً , فمقابل كل مادة تأكسدت (فقدت) هناك مادة اختزلت (اكتسبت) .
- ❖ عمليات التأكسد والاختزال تتضمن تغييراً في شحنة العناصر والمواد وقد تكون - أو + أو 0 .

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (58)

ولتحديد التأكسد والاختزال بدقة وعدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة للمواد , نستخدم خط الأعداد كالتالي :-



عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة = الشحنة الكبرى للعنصر - الشحنة الصغرى

مثال : تأكسد البروم Br فتحوّلت شحنته من (-1) إلى (+5) , احسب عدد الإلكترونات التي فقدها البروم
الحل ... = +5 - (-1) = 6e عدد الإلكترونات المفقودة

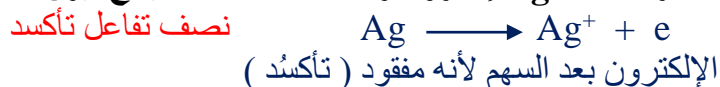
سؤال : الجدول الآتي يبين بعض التحولات لبعض العناصر قبل وبعد تفاعلها , املا الجدول بما يناسبه

الرقم	التحوّل	العملية (تأكسد / اختزال)	عدد الإلكترونات (المفقودة / المكتسبة)
١	$\text{Cu}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{+2}$		
٢	$\text{Al}^{+3} \longrightarrow \text{Al}$		
٣	$\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}^{+9}$		
٤	$\text{C}^{+2} \longrightarrow \text{C}^{-4}$		

عندما نعبّر عن تفاعلات التأكسد والاختزال لا يكفي كتابة التحوّل الذي حدث للذرة بل يجب توضيح عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة وكتابة كل ذلك في تفاعل واحد ويسمى عندها :

نصف التفاعل **Half Reaction** كالتالي :-

مثال : تفقد ذرة الفضة Ag إلكترون واحد عند التفاعل فينتج أيون الفضة Ag^+ وإلكترون (e)



مثال : تكتسب ذرة النيتروجين N (3) إلكترونات عند التفاعل فينتج أيون النيتروجين N^{-3}



عند كتابة تفاعلات التأكسد والاختزال :

إذا ظهرت الإلكترونات بعد السهم فإن التفاعل يعتبر نصف تفاعل تأكسد, Oxidation Half Reaction
وإذا ظهرت الإلكترونات قبل السهم فإن التفاعل يعتبر نصف تفاعل اختزال, Reduction Half Reaction.

سؤال : في أحد التفاعلات تأكسد الكربون C فتحوّلت شحنته من (-2) إلى (+2).

1- أكتب نصف تفاعل يعبر عن ذلك وما نوعه ؟

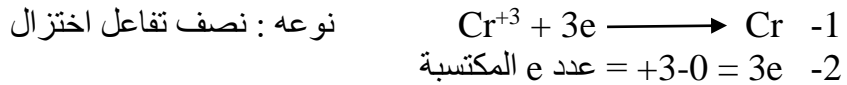
2- كم عدد الإلكترونات التي فقدها الكربون في التفاعل ؟

سؤال : في أحد التفاعلات اختزل الكروم Cr فتغيرت شحنته من (+3) إلى (صفر).

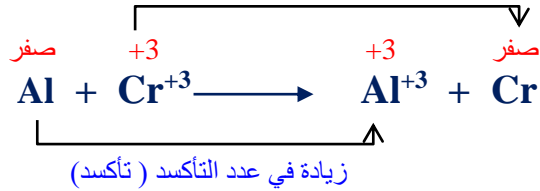
1- أكتب نصف تفاعل يعبر عن ذلك وما نوعه ؟

2- كم عدد الإلكترونات التي اكتسبها الكربون في التفاعل ؟

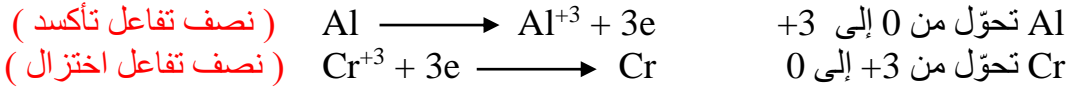
الحل :



مثال : أدرس تفاعل التأكسد والاختزال الكلي الآتي :
نقصان في عدد التأكسد (اختزال)



نلاحظ أن :

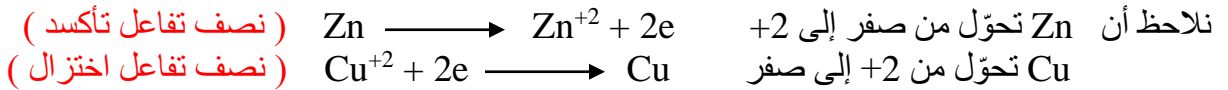


نلاحظ أن عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة وتساوي 3

سؤال : ادرس تفاعل التأكسد والاختزال الآتي ثم اكتب أنصاف التفاعلات



الحل ...



نلاحظ أن عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة وتساوي 2

سؤال : ادرس تفاعل التأكسد والاختزال الكلي الآتي ثم أجب عما يليه :

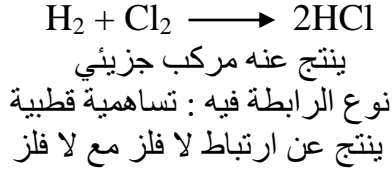


عدد الإلكترونات
المفقودة بالتأكسد
يساوي عدد
الإلكترونات المكتسبة
بالاختزال وتسمى هذه
الإلكترونات
الإلكترونات الكلية
المفقودة أو المكتسبة
أو المتنتقلة

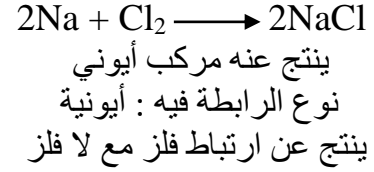
- حدد المادة التي تأكسدت
- حدد المادة التي اختزلت
- اكتب نصف تفاعل تأكسد
- اكتب نصف تفاعل اختزال
- ما عدد الإلكترونات المفقودة ؟
- ما عدد الإلكترونات المكتسبة ؟
- ما عدد الإلكترونات المتنتقلة ؟

عمليات التأكسد والاختزال لها نوعين

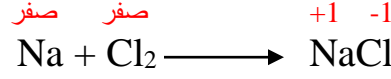
تأكسد واختزال جزئي
(فقد وكسب غير كامل للإلكترونات)
مثال :



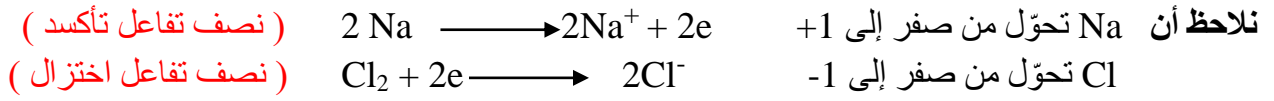
تأكسد واختزال كلي
(فقد وكسب كامل للإلكترونات)
مثال :



سؤال : حدد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت واكتب أنصاف تفاعلات موزونة في التفاعل الآتي :

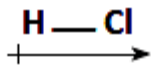
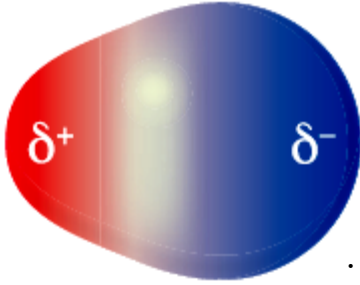


(مركب أيوني)



تذكر أن Na فلز (يفقد e) و Cl لا فلز (يكسب e) وبالتالي هذا أحد أشكال تفاعلات التأكسد والاختزال .

سؤال : هل يعتبر تفاعل H_2 مع Cl_2 لإنتاج HCl مثالاً على تفاعلات التأكسد والاختزال ؟ وضح ذلك .



الحل ...

الفكرة من السؤال أن الهيدروجين H والكلور Cl كلاهما لا فلز أي أنهما يرتبطان برابطة تساهمية قطبية , وهذا يعني أنه لا يوجد فقد كامل أو كسب كامل للإلكترونات وإنما هي عملية مشاركة **ولكن ...** لا ننسى هنا أن كهروسالبية الكلور أعلى من الهيدروجين لذلك فإن إلكترونات الرابطة تنزاح نحو الكلور أكثر من الهيدروجين , وبالتالي يمكن اعتبار H فقد , و Cl كسب الإلكترونات وبالتالي يمكن اعتباره تأكسد واختزال .

وكذلك الحال بالنسبة لتفاعل H_2 مع كل من I_2 , Br_2 , F_2 .

من المثال السابق يتبين أن هناك قصوراً في تعريف التأكسد والاختزال حيث أنه لم يشمل التفاعلات التي لا يحدث فيها انتقال كلي للإلكترونات, لذلك تم البحث عن مفهوم أكثر شمولاً فكان :

وله تعريفان حسب نوع المركب :-

عدد التأكسد

Oxidation Number (n_{oxid})

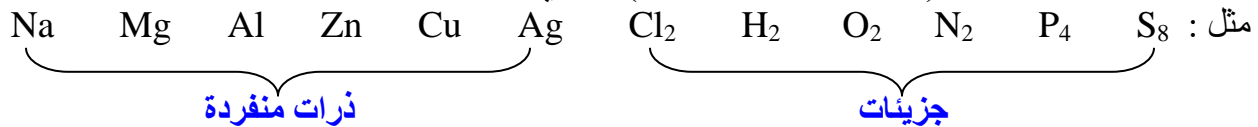


هو الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية فيما لو انتقلت إلكترونات الرابطة كلياً إلى الذرة الأعلى سالبية كهربائية .

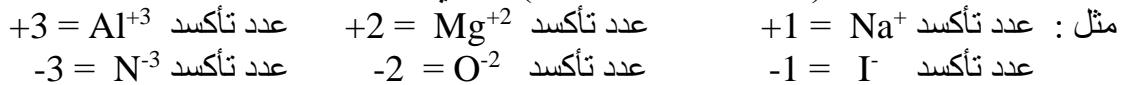
هو الشحنة الفعلية لأيون الذرة في المركبات الأيونية .

ولحساب عدد التأكسد للعناصر وخاصة إذا كانت ضمن مركبات تتبع القواعد الآتية .

1- عدد تأكسد العناصر الحرة (ذرات منفردة / جزيئات) يساوي **صفر** مثل :-



2- عدد تأكسد الأيون البسيط (ذرة واحدة تحمل شحنة) يساوي **الشحنة الظاهرة** عليه .



3- عدد تأكسد القلويات (عناصر المجموعة الأولى A) يساوي **(+1)** دائماً , مثل : K Na Li

4- عدد تأكسد القلويات الترابية (عناصر المجموعة الثانية A) يساوي **(+2)** دائماً , مثل : Ba Ca Mg

5- عدد تأكسد الألومنيوم Al دائماً يساوي **+3** .

6- عدد تأكسد الهيدروجين (H) في جميع مركباته يساوي **(+1)** عدا :

هيدريدات الفلزات مثل : LiH / NaH / CaH₂ / BaH₂ / AlH₃ يساوي (-1)

7- عدد تأكسد الأكسجين (O) في جميع مركباته يساوي **(-2)** عدا :

أ- فوق الأكاسيد : فوق أكسيد الهيدروجين H₂O₂ يساوي دائماً **(-1)**
 فوق أكسيد الباريوم BaO₂ يساوي
 فوق أكسيد الصوديوم Na₂O₂ يساوي

ب- فلوريد الأكسجين : OF₂ يساوي **(+2)** و O₂F₂ يساوي **(+1)**

ج- كلوريد الأكسجين : OCl₂ يساوي **(+2)**

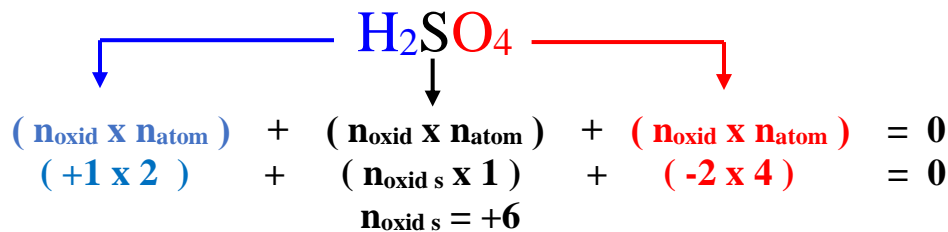
8- عدد تأكسد الفلور F في جميع مركباته دائماً يساوي **(-1)** لأنه الذرة الأعلى كهروسالبية من بين العناصر .

9- عدد تأكسد الهالوجينات (عناصر المجموعة السابعة: I Br Cl) عندما تكون ضمن المركبات الأيونية تساوي **(-1)**

مثل : NH₄Cl KF MgBr₂ AlCl₃
 ويكون غالباً عدد تأكسد الهالوجينات موجب إذا كان ضمن مركبات فيها أكسجين , مثل : HClO / KClO₃

10- مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب يساوي الشحنة الظاهرة على المركب .

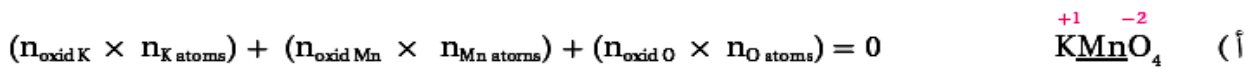
مثال ... لحساب عدد تأكسد الكبريت (S) في حمض الكبريتيك H₂SO₄



سؤال : احسب عدد تأكسد العناصر التي تحتها خط في المركبات الآتية :

أ) KMnO₄ ب) Cr₂O₇²⁻ ج) NH₄⁺ د) CaO₂

الحل :

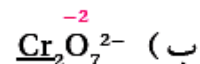


$$(+1 \times 1) + (\text{n}_{\text{oxid Mn}} \times 1) + (-2 \times 4) = 0$$

$$\text{n}_{\text{oxid Mn}} = +7$$

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (62)

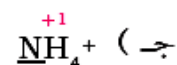
$$(n_{\text{oxid O}} \times n_{\text{O atoms}}) + (n_{\text{oxid Cr}} \times n_{\text{Cr atoms}}) = -2$$



$$(-2 \times 7) + (n_{\text{oxid Cr}} \times 2) = -2$$

$$n_{\text{oxid Cr}} = +6$$

$$(n_{\text{oxid H}} \times n_{\text{H atoms}}) + (n_{\text{oxid N}} \times n_{\text{N atoms}}) = +1$$



$$(+1 \times 4) + (n_{\text{oxid N}} \times 1) = +1$$

$$n_{\text{oxid N}} = -3$$

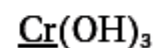
$$(n_{\text{oxid Ca}} \times n_{\text{Ca atoms}}) + (n_{\text{oxid O}} \times n_{\text{O atoms}}) = 0$$



$$(+2 \times 1) + (n_{\text{oxid O}} \times 2) = 0$$

$$n_{\text{oxid O}} = -1$$

سؤال : احسب عدد تأكسد كل من ذرات العناصر التي تحتها خط فيما يأتي :



سؤال : أكبر عدد تأكسد لذرة الكبريت S يكون في المركب



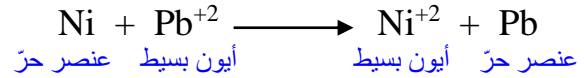
Oxidizing Agent & Reducing Agent

العامل المؤكسد والعامل المختزل

العامل المؤكسد Oxidizing Agent : هو كل مادة يحدث لها اختزال في التفاعل وتتسبب في أكسدة غيرها .
العامل المختزل Reducing Agent : هو كل مادة يحدث لها أكسدة في التفاعل وتتسبب في اختزال غيرها .

أشهر العوامل المختزلة	أشهر العوامل المؤكسدة
CO	O ₂ F ₂
NaBH ₄	KMnO ₄
LiAlH ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇

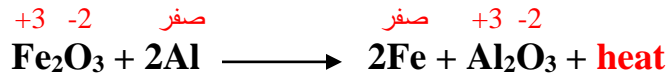
مثال : لتحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي يجب معرفة **التغير** الذي حدث لشحنات العناصر .



Ni تأكسد لأن شحنته **تغيرت** من صفر إلى +2 (زادت بمقدار 2)
 إذاً هو **عامل مختزل** أي تسبب في اختزال أيون الرصاص Pb⁺²

Pb⁺² اختزل لأن شحنته **تغيرت** من +2 إلى صفر (قلت بمقدار 2)
 إذاً هو **عامل مؤكسد** أي تسبب في أكسدة النيكل Ni

مثال : حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي



نلاحظ أن :-

تغيرت شحنة الحديد Fe من +3 إلى صفر (اختزل) لذلك:

Fe₂O₃ : عامل مؤكسد (تسبب في أكسدة Al) .

تغيرت شحنة الألومنيوم Al من صفر إلى +3 (تأكسد) لذلك:

Al : عامل مختزل (تسبب في اختزال Fe₂O₃) .

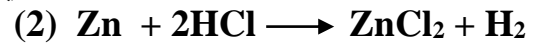
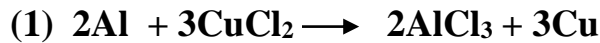
نلاحظ أن :-

الحديد Fe هو فقط من تغيّرت شحنته ولم تتغير شحنة الأكسجين O ومع ذلك فقد تم تحديد المركب كاملاً كعامل مؤكسد وهذا الصحيح .

يسمى هذا التفاعل تفاعل الثيرمايت حيث ينتج عنه كمية من الطاقة الحرارية "heat"
 تكفي لصهر الحديد الناتج وذلك من أجل عملية اللحام

عند تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل لا نختار العنصر الذي جرى عليه التغير في الشحنة فقط ، بل نختار المركب كاملاً الذي يكون ضمنه ذلك العنصر .
 لأن المركب الذي تتأكسد إحدى ذراته يعتبر عاملاً مختزلاً والمركب الذي تختزل إحدى ذراته يعتبر عاملاً مؤكسداً

سؤال: حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعلات الآتية

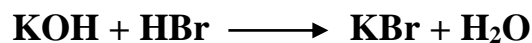


انتبه



لا تعتبر جميع التفاعلات من نوع تأكسد واختزال , فما المقياس لذلك ؟
لكي نعتبر أن التفاعل من نوع تأكسد واختزال لا بد من حدوث **تغير** في شحنات العناصر .

مثال : هل يعتبر التفاعل الآتي تفاعل تأكسد واختزال ؟ علل ؟



نلاحظ أنه لا تغيير على شحنات العناصر قبل وبعد التفاعل لذلك لا يعتبر تفاعل تأكسد واختزال

سؤال : أي التفاعلات الآتية يعد تأكسد واختزال وأيها لا ؟

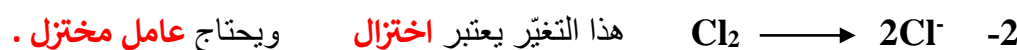
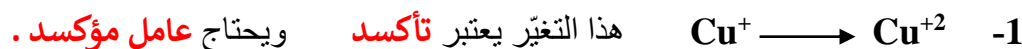


حتى تتأكسد المادة فإنها **تحتاج** عامل مؤكسد & حتى تختزل فإنها **تحتاج** عامل مختزل

انتبه



مثال : حدد أي التغيرات الآتية يحتاج عامل مؤكسد وأيها يحتاج عامل مختزل .



سؤال : حدد أي التغيرات الآتية يحتاج عامل مؤكسد وأيها يحتاج عامل مختزل .



سؤال : في التفاعل $2\text{FeCl}_3 + \text{SnCl}_2 \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{SnCl}_4$, أجب عن الآتي :

(أ) حدد العامل المؤكسد ----- (ب) حدد العامل المختزل -----

(ج) حدد الذرة التي تأكسدت ----- (د) حدد الذرة التي اختزلت -----

(هـ) أي المواد تحتاج عامل مؤكسد ؟ ----- (و) أي المواد تحتاج عامل مختزل ؟ -----

(ز) كيف تغيرت شحنة (عدد تأكسد) الحديد Fe -----

(ح) كيف تغيرت شحنة (عدد تأكسد) القصدير Sn -----

هي العملية التي تسلك فيها إحدى المواد كعامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس التفاعل .

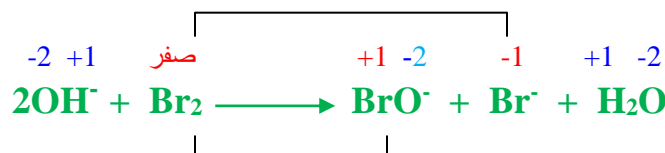
مثال : يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 حسب المعادلة الآتية



نلاحظ أن ... تغيرت شحنة الأكسجين من -1 إلى -2 أي قلت بمقدار 1 (اختزال) إذاً H_2O_2 عامل مؤكسد .
تغيرت شحنة الأكسجين من -1 إلى صفر أي زادت بمقدار 1 (تأكسد) إذاً H_2O_2 عامل مختزل .

النتيجة النهائية : H_2O_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس الوقت .

مثال : بين سلوك البروم Br_2 كعامل مؤكسد وعامل مختزل في التفاعل الآتي



نلاحظ أن ... تغيرت شحنة البروم من صفر إلى -1 أي قلت بمقدار 1 (اختزال) إذاً Br_2 عامل مؤكسد .
تغيرت شحنة البروم من صفر إلى +1 أي زادت بمقدار 1 (تأكسد) إذاً Br_2 عامل مختزل .

النتيجة النهائية : Br_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس الوقت .

سؤال : هل يعتبر اليود I_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في التفاعل الآتي , وضح ذلك .



سؤال : هل تعتبر التفاعلات الآتية مثلاً على تفاعلات تأكسد واختزال ذاتي , وضح ذلك .



موازنة معادلات التأكسد والاختزال

Balancing Redox Equations

المعادلة الكيميائية الموزونة : هي تعبير بالرموز والأرقام يعطي وصفاً لتفاعل كيميائي موزون .

- حتى تكون المعادلة الكيميائية (التفاعل الكيميائي) موزون لابد من تحقق شرطين هما :
1- مبدأ حفظ المادة (الكتلة) : ويتحقق عندما تتساوى أعداد الذرات وأنواعها في طرفي المعادلة الكيميائية .
2- مبدأ حفظ الشحنة : ويتحقق عندما تتساوى الإلكترونات المفقودة بالتأكسد مع الإلكترونات المكتسبة بالاختزال في طرفي المعادلة .

- موازنة معادلات التأكسد والاختزال لها طرق متعددة منها :-

1- طريقة المحاولة والخطأ Trial and error method

وهي طريقة تعتمد على التجريب حيث نجعل عدد الذرات ومجموع الشحنات في طرفي المعادلة متساويين عن طريق الضرب بأرقام على يسار العناصر والمركبات .

سؤال : وزن المعادلات الآتية بطريقة المحاولة والخطأ

- 1) $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Na} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{O}$
- 3) $\text{KClO}_3 \longrightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$
- 4) $\text{Al} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{AlCl}_3$

يوجد الكثير من تفاعلات التأكسد والاختزال لا يمكن موازنتها بطريقة المحاولة والخطأ , لذلك ظهرت :

2- طريقة نصف التفاعل Half-Reaction method

- هذه الطريقة خاصة بتفاعلات التأكسد والاختزال البسيطة (عناصر حرة – أيونات)
- تعتمد هذه الطريقة على
1) تجزئة التفاعل إلى نصفين (نصف تأكسد و نصف اختزال) ثم موازنة كل نصف لوحده بتطبيق مبدأي حفظ الكتلة والشحنة .
2) جعل الإلكترونات في الطرفين متساوية .
3) جمع النصفين في تفاعل واحد للحصول على تفاعل كلي موزون .

مثال : زن التفاعلات الآتية بطريقة نصف التفاعل



تحدث معظم تفاعلات التأكسد والاختزال إما في وسط حمضي أو في وسط قاعدي , لذلك ظهرت :

3- الموازنة في الوسطين الحمضي والقاعدي

أولاً : الموازنة في الوسط الحمضي **Balancing in acidic media**

عندما يحدث تفاعل تأكسد واختزال في وسط حمضي فإن الدور الأكبر في ذلك يكون لأيونات الهيدروجين H^+ والماء H_2O , ولكتابة تفاعل تأكسد واختزال موزون في وسط حمضي نتبع الخطوات الآتية :-

- (1) **نجزئ** التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل التأكسد ونصف الاختزال .
- (2) نطبق على كل نصف مبدأ حفظ المادة(الكتلة) كالاتي :-
 - أ- نزن جميع الذرات بطريقة **المحاولة والخطأ** ما عدا الأكسجين O والهيدروجين H .
 - ب- نزن ذرات الأكسجين O بإضافة جزيء ماء H_2O واحد مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة .
 - ج- نزن ذرات الهيدروجين H بإضافة H^+ واحدة مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة .
- (3) نطبق مبدأ حفظ الشحنة على كل نصف وذلك **بإضافة إلكترونات (e)** إلى الطرف المناسب حتى يصبح المجموع الجبري للشحنات في الطرفين متساوي .
- (4) نجعل عدد الإلكترونات في النصفين متساوي (عدد e المفقودة = عدد e المكتسبة)
- (5) **نجمع** نصفي التفاعل بحذف المتشابه في الطرفين , عندها نحصل على تفاعل تأكسد واختزال موزون في وسط حمضي .
- (6) **نتحقق** من صحة الحل من خلال تساوي مجموع الشحنات في الطرفين مع التأكد من عدم ظهور الإلكترونات e في المعادلة النهائية.

مثال : زن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي



الحل ...

نجزئ التفاعل

عدد ذرات النحاس Cu متساوية



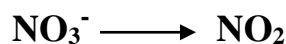
في الطرفين .

لا يوجد O ولا يوجد H

يوجد اختلاف بالشحنة لذلك نضيف إلكترونات



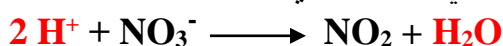
عدد ذرات النيتروجين N متساوية



في الطرفين .

هناك اختلاف في عدد ذرات الأكسجين لذلك نضيف ماء H_2O

الآن أصبح هناك اختلاف في عدد ذرات الهيدروجين لذلك نضيف H^+ في الطرف الذي ينقصه



الآن أصبح هناك اختلاف في الشحنات لذلك نضيف $2e$ الى الطرف الأيسر ليصبح المجموع الجبري للشحنات متساوي .

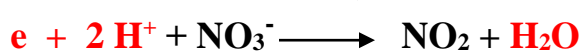


الآن أصبح لدينا :

(نصف تفاعل تأكسد موزون في وسط حمضي)

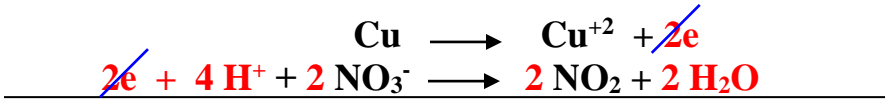
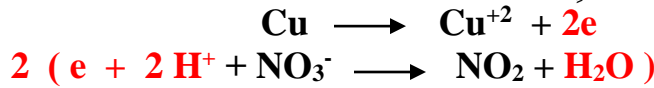


(نصف تفاعل اختزال موزون في وسط حمضي)

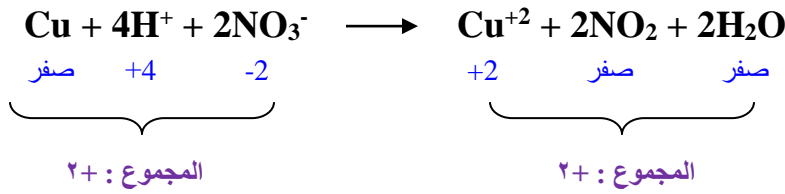


" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (68)

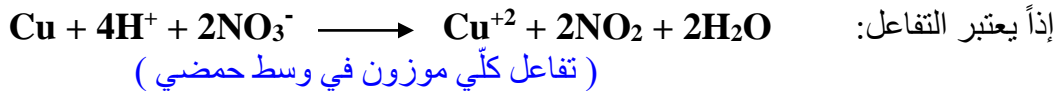
لاحظ أن عدد الإلكترونات في الطرفين غير متساوٍ لذلك نجعلها متساوية



نحذف المتشابه



نجمع النصفين
نتحقق

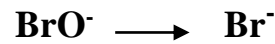
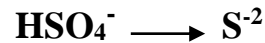
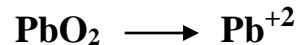
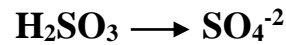


إذاً يعتبر التفاعل:

سؤال : زن المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي .

- (1) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{Mn}^{+2}$
- (2) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2} + \text{C}_2\text{H}_6\text{O} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}$.
- (3) $\text{Zn} + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Zn}^{+2} + \text{NH}_4^+$.
- (4) $\text{CrO}_2^- + \text{HO}_2^- \longrightarrow \text{CrO}_4^{-2} + \text{OH}^-$.
- (5) $\text{CrO}_4^- + \text{S}^{-2} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{SO}_4^{-2}$.
- (6) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2} + \text{CH}_3\text{OH} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{HCOOH}$.
- (7) $\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
- (8) $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{MnO}_2 + \text{O}_2$.
- (9) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{BrO}_3^- \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{Br}^-$.
- (10) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2} + \text{C}_2\text{H}_6\text{O} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{CO}_2$.
- (11) $\text{MnO}_4^- + \text{ClO}_3^- \longrightarrow \text{Mn}^{+2} + \text{ClO}_4^-$.
- (12) $\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{AsO}_3 + \text{NO}$.
- (13) $\text{H}_2\text{S} + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{S}_8$.
- (14) $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{ClO}_3^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{NO}_2$.
- (15) $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{PbSO}_4$.
- (16) $\text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Sb}_2\text{O}_5 + \text{S} + \text{NO}$.
- (17) $\text{CH}_3\text{OH} + \text{SO}_4^{-2} \longrightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{-2} + \text{HCOOH}$.
- (18) $\text{As}_4\text{O}_6 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{HCl}$.
- (19) $\text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{Bi}^{+3} + \text{S}$.
- (20) $\text{As} + \text{ClO}_3^- \longrightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{HClO}$.
- (21) $\text{C}_2\text{O}_4^{-2} + \text{BrO}_3^- \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{Br}^-$.
- (22) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2} + \text{HNO}_2 \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{NO}_3^-$.
- (23) $\text{TiO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{C} \longrightarrow \text{TiCl}_4 + \text{CO}_2$.

سؤال : مثل التحولات الآتية
بأنصاف تفاعلات موزونة في وسط
حمضي ثم حدد نوعه :
(نصف تأكسد/نصف اختزال) ؟



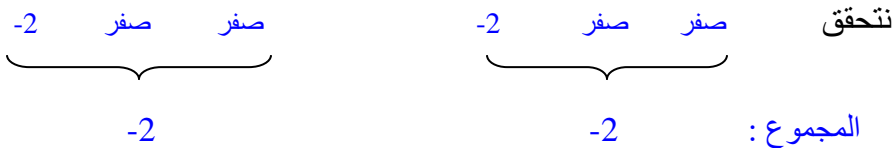
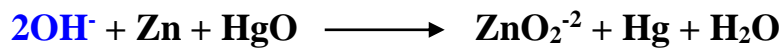
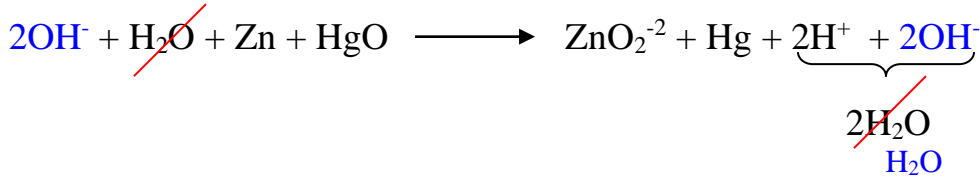
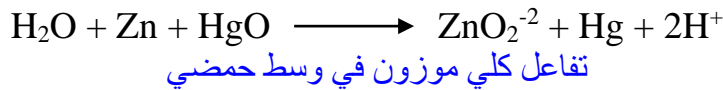
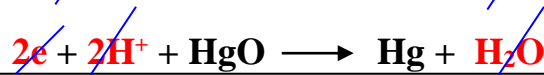
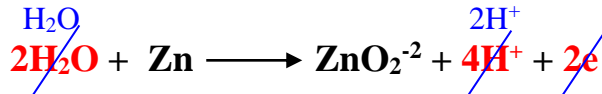
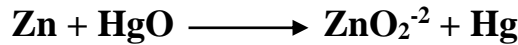
ثانياً : الموازنة في الوسط القاعدي Balancing in basic media

عندما يحدث تفاعل تأكسد واختزال في وسط قاعدي فإن الدور الأكبر يكون لأيونات الهيدروكسيد OH^- , ولكتابة تفاعل تأكسد واختزال موزون في وسط قاعدي نتبع الخطوات الآتية :-

- (1) **نطبق** جميع الخطوات المتبعة في الموازنة في **الوسط الحمضي** حتى آخر مرحلة (مرحلة التحقق) .
- (2) **نضيف** أيونات OH^- بنفس عدد أيونات H^+ الموجود في أحد طرفي المعادلة ونضاف للطرفين .
- (3) **نجمع** أيونات OH^- مع H^+ على شكل ماء H_2O .
- (4) **نحذف المتشابه** من الطرفين .
- (5) **نتحقق** من المجموع الجبري للشحنات في الطرفين .

مثال : زن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي ثم

- 1- احسب عدد تأكسد Zn في ZnO_2^{-2}
- 2- حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل .
- 3- كم عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة في التفاعل ؟
- 4- ما مقدار التغير في عدد تأكسد الخارصين Zn .
- 5- ما مقدار التغير في عدد تأكسد الزئبق Hg .



$$1- \text{ عدد تأكسد Zn} : \text{Zn} \text{ إلى } +2 \text{ في } \text{ZnO}_2^{-2} \text{ (زادت بمقدار 2) .}$$

$$2- \text{ العامل المؤكسد : HgO} / \text{ العامل المختزل : Zn}$$

$$3- \text{ عدد الإلكترونات يساوي 2}$$

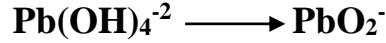
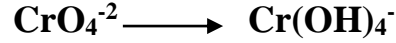
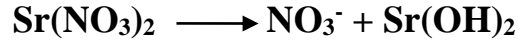
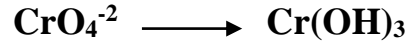
$$4- \text{ تغيرت شحنة Zn من صفر في Zn إلى +2 في } \text{ZnO}_2^{-2} \text{ , (زادت بمقدار 2) .}$$

$$5- \text{ تغيرت شحنة Hg من +2 في HgO إلى صفر في HgO , (قلّت بمقدار 2) .}$$

سؤال : زن المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي

- (1) $\text{BiO}_3^- + \text{Mn}^{2+} \longrightarrow \text{MnO}_4^- + \text{Bi}^{3+}$.
- (2) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{ClO}^- \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$.
- (3) $\text{MnO}_4^- + \text{ClO}_2^- \longrightarrow \text{MnO}_2 + \text{ClO}_4^-$.
- (4) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{NO}_2^-$.
- (5) $\text{I}_2 + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{I}^- + \text{SO}_4^{2-}$.
- (6) $\text{CN}^- + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{CNO}^- + \text{MnO}_2$.
- (7) $\text{Al} + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{AlO}_2^- + \text{NH}_3$.
- (8) $\text{Zn} + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Zn(OH)}_4^{2-} + \text{NH}_3$.
- (9) $\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{OCl}^-$.
- (10) $\text{Br}_2 \longrightarrow \text{Br}^- + \text{BrO}_3^-$.
- (11) $\text{I}_2 \longrightarrow \text{I}^- + \text{IO}_3^-$.
- (12) $\text{CN}^- + \text{AsO}_4^- \longrightarrow \text{OCN}^- + \text{AsO}_2^{2-}$.
- (13) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{NiO}_2 \longrightarrow \text{Ni(OH)}_2 + \text{SO}_3^{2-}$.
- (14) $\text{Cu(NH}_3)_4^{2+} + \text{S}_2\text{O}_4^{2-} \longrightarrow \text{SO}_3^- + \text{Cu} + \text{NH}_3$.

سؤال : مثل التحويلات الآتية بأنصاف تفاعلات موزونة في وسط قاعدي :



سؤال : زن المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل

- 1- $\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{g})$
- 2- $\text{Zn}(\text{s}) + \text{HgO}(\text{s}) \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{ZnO}_2^{2-}(\text{aq}) + \text{Hg}(\text{l})$
- 3- $\text{BiO}_3^-(\text{aq}) + \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}^+} \text{Bi}^{3+}(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$
- 4- $\text{Pb(OH)}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{PbO}_2^-(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
- 5- $\text{ICl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}^+} \text{IO}_3^-(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
- 6- $\text{Sb}_2\text{S}_3(\text{s}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}^+} \text{Sb}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{S}(\text{s}) + \text{NO}(\text{g})$

صحيح أن العامل المؤكسد والعامل المختزل يحدد من التفاعل عن طريق تحديد مقدار التغير في الشحنات , ولكن هناك مواد عرفت بسلوكها كعامل مؤكسد أو عامل مختزل بشكل دائم مثل المواد المذكورة في صفحة 7 من الدوسية .

أيضاً هناك مواد تسلك عادة كعامل مؤكسد أو عامل مختزل بسبب امتلاكها إحدى الخصائص العامة التي تؤهلها لذلك مثل : **أيون النحاس Cu^{+2}** يكتسب الإلكترونات أي يختزل أي هو عامل مؤكسد دائماً وذلك لأنه موجب الشحنة , وبذلك يمكن القول بأن أي أيون بسيط أحادي الذرة موجب **يمكن** أن يسلك كعامل مؤكسد , ومن هنا يمكن التعميم والقول بأن :

هناك مواد يمكن أن تسلك كعامل مختزل عادة :

(1) ذرات الفلزات المتعادلة مثل :
Mn Cr V Sn Al Pb Na

(2) جزيء الهيدروجين H_2 وأيونه السالب H^-

(3) أيونات اللافلزات السالبة مثل :

O^{2-} I^- Br^- Cl^-

مع ملاحظة أن :

أيون الفلور السالب F^- لا يمكنه ذلك لأن له أعلى سالبية كهربائية من بين العناصر فلا يتأكسد

هناك مواد يمكن أن تسلك كعامل مؤكسد عادة :

(1) أيونات الفلزات الموجبة مثل :
Mn⁺⁷ Cr⁺⁶ V⁺⁵ Sn⁺⁴ Al⁺³ Pb⁺² Na⁺

(2) أيون الهيدروجين الموجب H^+

(3) عناصر جزيئية مثل :

O_3 O_2 I_2 Br_2 Cl_2 F_2

(4) مجموعات أيونية مثل :

البيرمنغنات MnO_4^- الدايكرومات $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

مقدمة :

في الكيمياء الكهربائية مصطلح "الخلايا" يطلق على الأدوات التي يحدث بداخلها تفاعل تأكسد واختزال ويرافقها كمية من الطاقة المستهلكة بداخلها أو الناتجة عنها، وتسمى هذه الأدوات عادة **الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical Cells**. والخلايا الكهروكيميائية نوعان (١) الخلايا الجلفانية (٢) خلايا التحليل الكهربائي وفي هذا الدرس سنتناول النوع الأول :

الخلية الجلفانية : هي أداة أو جهاز يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال **تلقائي** لإنتاج تيار كهربائي . من أهم التطبيقات العملية على الخلايا الجلفانية هي **البطاريات** خاصة النوع القابل لإعادة الشحن مثل البطارية السائلة (بطارية السيارة) وبطارية الليثيوم (بطارية الهاتف المحمول وبطارية الحواسيب المحمولة) .

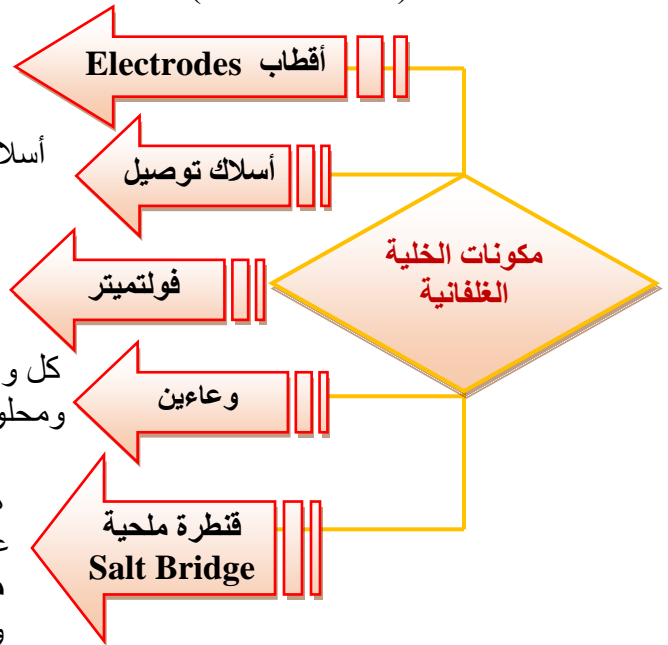
قطبان فلزيان أو لا فلزيان ولكنهما مختلفان في النوع .

أسلاك من مادة موصلة للتيار الكهربائي .

يستخدم لقياس فرق الجهد المتولد بين القطبين (جهد الخلية)

كل وعاء يسمى **Half Cell** ويحتوي على صفيحة فلزية (قطب فلزي) ومحلول لمادة كهربية (موصلة للتيار) أيوناتها من نفس نوع الفلز (القطب)

هي وصلة زجاجية على شكل حرف U تصل بين الوعاءين وتحتوي على محلول مشبع من ملح متعادل التأثير مثل : ملح كلوريد الصوديوم **NaCl** أو **KCl** أو **NaNO₃** . وهي مسؤولة عن الحفاظ على توازن الخلية الجلفانية .

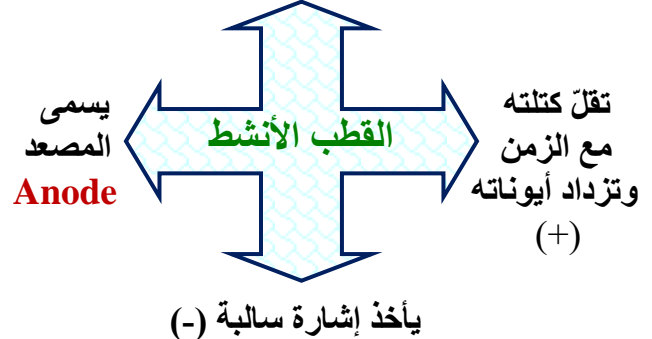


مبدأ عمل الخلية الجلفانية (كيمياء الخلية الجلفانية) :

1- بما أن القطبان الفلزيان مختلفان في النوع هذا يعني أنهما مختلفان في النشاط الكيميائي ولذلك فإن :

يختزل (يكسب e)
ويحدث عنده نصف تفاعل الاختزال

يتأكسد (يفقد e)
ويحدث عنده نصف تفاعل التأكسد



2- اتجاه سريان التيار (حركة e) في الدارة (الخلية) :

تتحرك الإلكترونات دائماً من القطب الأنشط (المصعد) إلى القطب الأقل نشاطاً (المهبط) عبر الأسلاك.

3- عندما يمر التيار الكهربائي بالفولتميتر (V) فإنه يقرأ ذلك التيار على شكل فرق جهد ويسمى جهد الخلية الغلفانية (E).

4- يتجه مؤشر الفولتميتر دائماً نحو المهبط وذلك بسبب مرور تيار كهربائي من المصعد إلى المهبط .

5- لكل قطب في الخلية وعاء خاص فيه محلول كهربي خاص به ويكون من نفس نوعه , حيث :

(أ) القطب الأنشط + محلوله الكهربي = نصف خلية التأكسد . (ويحدث فيها نصف تفاعل التأكسد)
(ب) القطب الأقل نشاطاً + محلوله الكهربي = نصف خلية الاختزال . (ويحدث فيها نصف تفاعل الاختزال)

6- القنطرة الملحية Salt bridge : مسؤولة عن الحفاظ على التوازن الكهربائي في الخلية كالاتي :

(أ) الأيونات الموجبة في القنطرة تتحرك نحو وعاء الاختزال وذلك لتعادل الزيادة في الأيونات السالبة هناك .
(ب) الأيونات السالبة في القنطرة تتحرك نحو وعاء التأكسد وذلك لتعادل الزيادة في الأيونات الموجبة هناك .

مثال : خلية غلفانية تتكون من النحاس Cu والنikkel Ni , فإذا علمت أن النikkel أنشط من النحاس فهذا يعني أن :

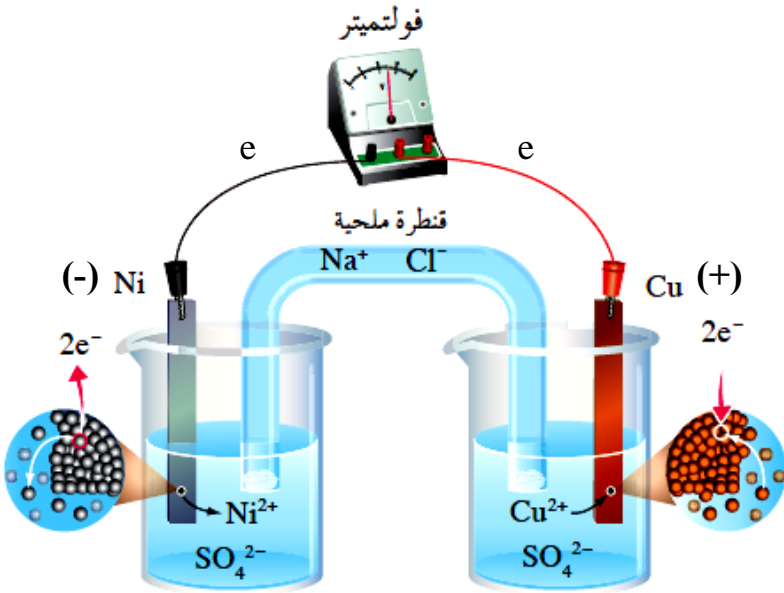
- النikkel Ni

هو المصعد (-) , تقل كتلته مع الوقت (يتآكل)
تزداد أيونات Ni^{2+} في المحلول ,
محلوله الكهربي هو : $NiSO_4$,
يحدث عنده التفاعل :



- النحاس Cu

هو المهبط (+) , تزداد كتلته مع الوقت (يكبر حجمه) .
تقل أيونات Cu^{2+} في المحلول .
محلوله الكهربي هو : $CuSO_4$,
يحدث عنده التفاعل :



Half Cell

نصف خلية التأكسد

(نصف خلية النikkel)



Half Cell

نصف خلية الاختزال

(نصف خلية النحاس)



1- تتحرك أيونات Na^+ نحو نصف خلية النحاس لتعادل الزيادة في أيونات الكبريتات SO_4^{2-} هناك .
2- تتحرك أيونات Cl^- نحو نصف خلية النikkel لتعادل الزيادة في أيونات النikkel Ni^{2+} هناك .

انتبه :

أيونات النikkel Ni^{2+} تزداد في وعاء التأكسد بسبب تأكسد قطب النikkel Ni .
أيونات الكبريتات SO_4^{2-} تزداد في وعاء الاختزال بسبب اختزال أيونات النحاس Cu^{2+} .

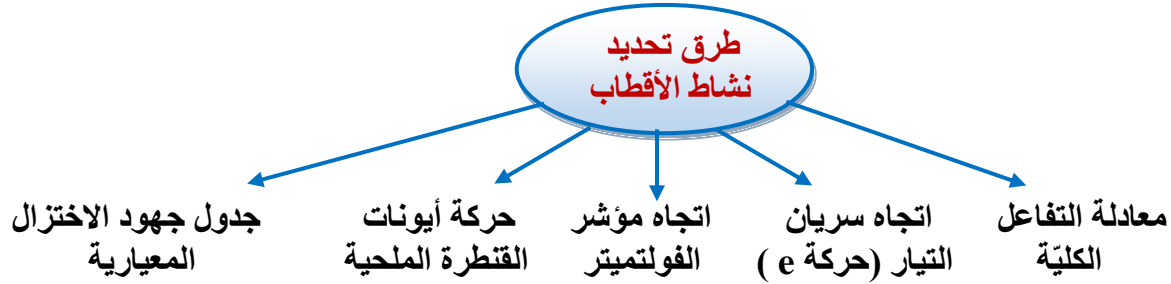


يمكن التعبير عن الخلية الغلفانية بالكتابة بشكل مختصر دون رسم
ويسمى رمز الخلية الغلفانية حيث نبدأ من اليسار كالاتي :

المهبط | أيونات المهبط || أيونات المصعد | المصعد (بالرموز)

◀ الخطان المتوازيان (||) يرمزان للقنطرة الملحية .

والسؤال الآن... كيف يتم تحديد العنصر الأنشط والعنصر الأقل نشاطاً ؟



سؤال : ادرس معادلة التفاعل الآتية التي تحدث في خلية غلفانية ثم أجب عن الأسئلة التي تليها

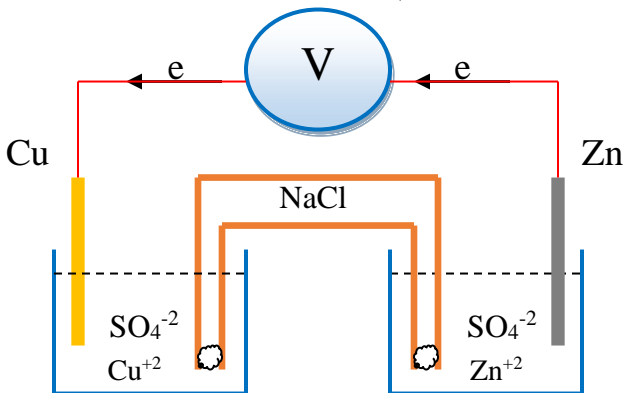


- 1- حدد المصعد وإشارته .
- 2- حدد المهبط وإشارته .
- 3- ماذا يحدث لكثافة قطب الكادميوم Cd مع الزمن .
- 4- ماذا يحدث لكثافة قطب الرصاص Pb مع الزمن .
- 5- أكتب نصف تفاعل التأكسد / التفاعل الحادث عند المصعد .
- 6- أكتب نصف تفاعل الاختزال / التفاعل الحادث عند المهبط .
- 7- أي الأيونات تزداد كميتها في الوعاء بمرور الوقت ؟
- 8- أي الأيونات تقل كميتها في الوعاء بمرور الوقت ؟
- 9- حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة .
- 10- اكتب اختصاراً يعبر عن الخلية الغلفانية السابقة (اكتب رمز الخلية الغلفانية)

الحل ...

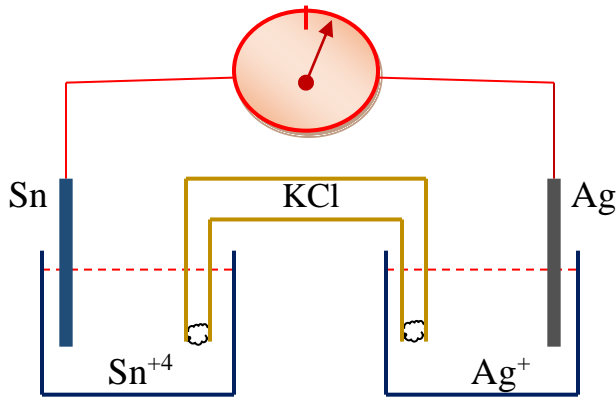
- 1 Cd وإشارته (-) 2 Pb وإشارته (+) 3 نقل 4 تزداد
- 5 $\text{Cd} \longrightarrow \text{Cd}^{+2} + 2\text{e}$
- 6 $\text{Pb}^{+2} + 2\text{e} \longrightarrow \text{Pb}$
- 7 Cd^{+2}
- 8 Pb^{+2}
- 9 من قطب Cd إلى قطب Pb
- 10 $\text{Cd} | \text{Cd}^{+2} || \text{Pb}^{+2} | \text{Pb}$

سؤال : الرسم الآتي يمثل خلية غلفانية يحدث بداخلها تفاعل تأكسد واختزال أدرسه ثم أجب عما يليه من أسئلة



- 1- حدد المصعد وإشارته .
- 2- حدد المهبط وإشارته .
- 3- أي الأقطاب تقل كتلته مع الزمن .
- 4- أي الأقطاب تزداد كتلته مع الزمن .
- 5- أكتب نصف تفاعل التأكسد / التفاعل الحادث عند المصعد .
- 6- أكتب نصف تفاعل الاختزال / التفاعل الحادث عند المهبط .
- 7- ماذا يحدث لتركيز أيونات Zn^{+2} بمرور الوقت ؟
- 8- ماذا يحدث لتركيز أيونات Cu^{+2} بمرور الوقت ؟
- 9- حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر .
- 10- ما دور أيونات الملح NaCl في الفنترة الملحية .
- 11- عبّر عن الخلية الغلفانية بطريقة مختصرة (رمز الخلية)

سؤال : الرسم الآتي يمثل خلية غلفانية يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال أدرسها ثم أجب عما يليها



- 1- حدد المصعد وإشارته .
- 2- حدد المهبط وإشارته .
- 3- حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة .
- 4- أكتب نصف تفاعل التأكسد
- 5- أكتب نصف تفاعل الاختزال
- 6- أكتب التفاعل الكلي موزون .
- 7- كم عدد الإلكترونات المتحركة في التفاعل ؟
- 8- ما دور أيونات Cl^- في القنطرة الملحية .

الحل ...

سؤال : خلية غلفانية رمزها هو : $Ni | NiSO_4 || PbSO_4 | Pb$, أجب عن الأسئلة الآتية :

الحل ...

- 1- حدد المصعد والمهبط
- 2- حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية
- 3- حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر .
- 4- اكتب التفاعل الحادث عند قطب المهبط
- 5- أي الأيونات يزداد تركيزه في الخلية .
- 6- حدد العامل المؤكسد في الخلية .
- 7- حدد العامل المؤكسد في الخلية .

كل خلية غلفانية تُعطي قراءة للفولتميتر وهذه القراءة تمثل جهد الخلية وتختلف من خلية لأخرى نظراً لاختلاف نوع الأقطاب وقراءة الفولتميتر ناتجة عن حركة الإلكترونات في الدارة لذلك يمكن تليخيص ما يجري كالآتي :

- 1- المصعد أكثر ميلاً للتأكسد لذلك تتولد قوة تدفع الإلكترونات للانتقال من المصعد (-) إلى المهبط (+) عبر الأسلاك .
- 2- تسمى القوة التي تسبب حركة الإلكترونات عبر الأسلاك بالقوة الدافعة الكهربائية أو " جهد الخلية " ويرمز لها بالرمز **E** وهي مقياس للقوة التي تدفع التفاعل للحدوث أيضاً مقياس لقدرة الخلية على إنتاج التيار الكهربائي .
- 3- لوحظ أن قيمة الجهد (E) للخلية الواحدة يتغير بتغير عدة عوامل هي :

(أ) تركيز المحلول الكهربي في الوعاء (ب) الحرارة (ج) الضغط
ولذلك يتم عادة قياس جهد الخلية عند قيم مرجعية ثابتة وتسمى (القيم المعيارية) وهي :

(أ) تركيز المحلول الكهربي في الوعاء = 1 M (ب) الحرارة = 25°C (ج) الضغط = 1 atm

ويسمى الجهد المُقاس عندها "بالجهد المعياري **Standard Cell Potential**" ورمزه (E°_{cell}) ووحدة قياسه **الفولت v**

- 4- جهد الخلية الغلفانية دائماً قيمة موجبة $E^{\circ}_{cell} = (+)$ وعندها يكون التفاعل تلقائياً (أي يحدث لوحده) .
- 5- يعتمد جهد الخلية الغلفانية على ميل نصف تفاعل التأكسد (المصعد) وللحدوث وكذلك ميل نصف تفاعل الاختزال (المهبط) للحدوث وكلما كان المصعد أنشط والمهبط أقل نشاطاً يزداد جهد الخلية الغلفانية , ولذلك يمكن القول بأن :

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{oxidation} (anode) + E^{\circ}_{reduction} (cathode)$$

كل مادة (قطب) تستخدم في الخلية الغلفانية لها جهد خاص بها على شكل جهد اختزال وجميع هذه العناصر والمواد مدونة في جدول يسمى **جدول جهود الاختزال المعيارية** , حيث تم ترتيب المواد فيه على شكل أنصاف تفاعلات اختزال من الأقل إلى الأعلى جهد اختزال وبهذه الطريقة تكون العناصر مرتبة حسب نشاطها الكيميائي لنستطيع تحديد المصعد والمهبط .

◀ وبشكل عام : كلما قلّ جهد الاختزال المعياري للقطب فإنه يكون أنشط كيميائياً (مصعد) ▶

أيضاً بالتجربة وُجد أنه لأي مادة :

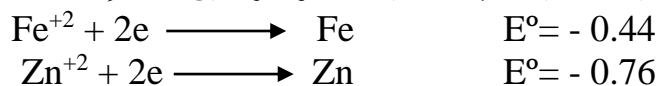
$$E^{\circ}_{reduction} = - E^{\circ}_{oxidation}$$

مثال (1) من المعلوم أن E° اختزال الخارصين Zn = - 0.76 فولت وبهذا يكون E° تأكسد الخارصين Zn = + 0.76 فولت
مثال (2) من المعلوم أن E° اختزال النحاس Cu = + 0.34 فولت وبهذا يكون E° تأكسد النحاس Cu = - 0.34 فولت

ولهذا يمكن حساب جهد الخلية الغلفانية اعتماداً على جهود الاختزال فقط كالآتي :

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{reduction} (cathode) - E^{\circ}_{reduction} (Anode)$$

مثال : خلية غلفانية قطباها حديد Fe وخارصين Zn فإذا علمت أن :

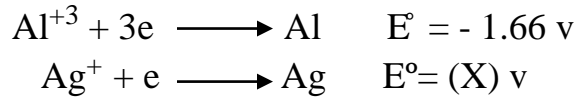
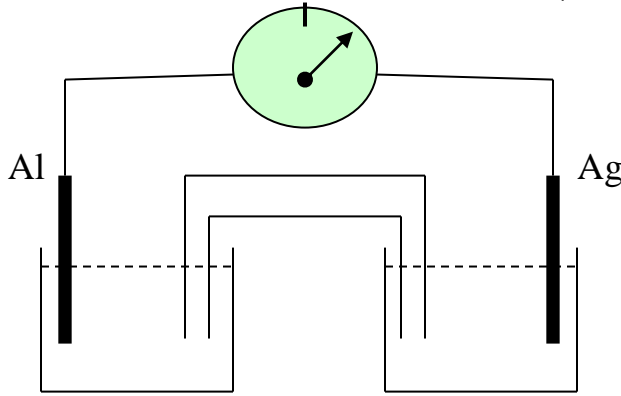


احسب الجهد المعياري لهذه الخلية .

الحل : نلاحظ أن جهد Zn > Fe ولذلك فإن Zn مصعد و Fe مهبط ولذلك ,

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{cell} &= E^{\circ}_{reduction} (cathode) - E^{\circ}_{reduction} (Anode) \\ &= -0.44 - (- 0.76) \\ &= +0.32 \text{ v} \end{aligned}$$

سؤال: احسب جهد اختزال الفضة Ag إذا كانت قراءة الفولتميتر تساوي 2.46 v



الحل

نلاحظ أن مؤشر الفولتميتر يتجه نحو Ag مما يعني أنه مهبط

$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{reduction (cathode)}} - E^\circ_{\text{reduction (Anode)}}$$

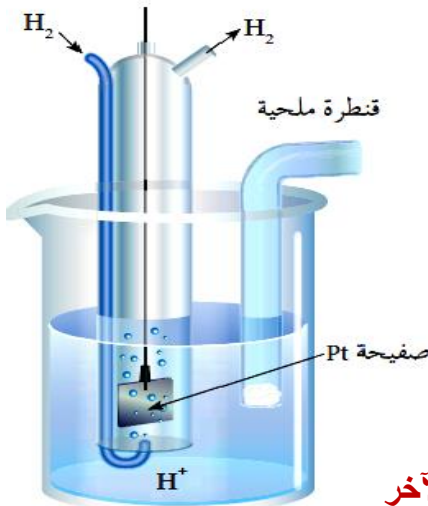
$$2.46 = X - (-1.66)$$

$$X = 2.46 - 1.66$$

$$= +0.80 \text{ v}$$

والسؤال الآن ... كيف تم تحديد ومعرفة جهد كل مادة (قطب) لوحدها ؟

من المعلوم أن جهد الخلية يعتمد على وجود قطبين أحدهما يتأكسد والآخر يختزل وأن الفولتميتر لا يستطيع قياس جهد الأقطاب منفردة، ولذلك كان من الضروري إيجاد طريقة لقياس جهد الأقطاب منفردة لذلك تم التوصل إلى طريقة هي: استخدام قطب مرجعي (أي جهده معروف وثابت) وهذه المزية تتوفر في الهيدروجين H₂ فتم ابتكار قطب الهيدروجين المعياري Standard Hydrogen Electrode حيث أن جهده = صفر



قطب الهيدروجين المعياري
رمزه: Pt|H₂(g)|2H⁺(aq)

الهيدروجين H₂ عنصر متوسط النشاط لذلك قد يكون مصعداً أو مهبطاً

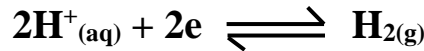
ميزاته:

(1) وعاء يحتوي على صفيحة بلاتين (Pt) مغموسة في محلول

حمض HCl تركيزه 1 M .

(2) مصدر لغاز الهيدروجين H₂ ضغطه 1 atm .

التفاعل الذي يحدث بداخله:



آلية استخدامه:

تصمم الخلية الغلفانية بحيث يكون أحد أقطابها هو قطب الهيدروجين المعياري

وحيث أن E^o هيدروجين = صفر إذا ستكون قراءة الفولتميتر هي جهد القطب الآخر

وبالتجربة تم قياس جهد معظم العناصر والمواد المختلفة بهذه الطريقة .

مثال:



يراد حساب جهد الاختزال المعياري

لعنصر الخارصين Zn؟؟

من الشكل المجاور تم ربط قطب Zn مع

قطب الهيدروجين المعياري في خلية غلفانية .

قراءة الفولتميتر تمثل جهد قطب Zn .

ومن اتجاه حركة الإلكترونات نحدد المصعد والمهبط .

و بتطبيق العلاقة:

$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{reduction (cathode)}} - E^\circ_{\text{reduction (Anode)}}$$

$$0.76 = 0 - E^\circ_{\text{zn}}$$

$$E^\circ_{\text{zn}} = -0.76$$

الإشارة السالبة دليل على أن: أيونات الخارصين Zn²⁺ أقل ميلاً للاختزال من أيونات الهيدروجين H⁺ (Zn أنشط من H₂)

" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (77)

- ◀ تم تطبيق هذه العملية على معظم العناصر الكيميائية وتم الحصول على جهد اختزالها جميعها ولو حظ أن
 (1) جهد الاختزال يمكن أن يكون سالباً أو موجباً أو صفر (للهيدروجين فقط).
 (2) تم ترتيب العناصر وفقاً لجهود اختزالها المعيارية **Standard Reduction Potential** في جدول خاص
 يرتب العناصر حسب جهودها تصاعدياً (من أعلى لأسفل) كالآتي :

نصف تفاعل الاختزال				E° (V)
$Li^{+}_{(aq)}$	+	e^{-}	\rightleftharpoons	$Li_{(s)}$ -3.05
$K^{+}_{(aq)}$	+	e^{-}	\rightleftharpoons	$K_{(s)}$ -2.92
$Ca^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Ca_{(s)}$ -2.76
$Na^{+}_{(aq)}$	+	e^{-}	\rightleftharpoons	$Na_{(s)}$ -2.71
$Mg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Mg_{(s)}$ -2.37
$Al^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	\rightleftharpoons	$Al_{(s)}$ -1.66
$Mn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Mn_{(s)}$ -1.18
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$2OH^{-} + H_{2(g)}$ -0.83
$Zn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Zn_{(s)}$ -0.76
$Cr^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	\rightleftharpoons	$Cr_{(s)}$ -0.73
$Fe^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Fe_{(s)}$ -0.44
$Cd^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Cd_{(s)}$ -0.40
$Co^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Co_{(s)}$ -0.28
$Ni^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Ni_{(s)}$ -0.23
$Sn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Sn_{(s)}$ -0.14
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Pb_{(s)}$ -0.13
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	\rightleftharpoons	$Fe_{(s)}$ -0.04
$2H^{+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$H_{2(g)}$ 0.00
$Cu^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Cu_{(s)}$ 0.34
$I_{2(s)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$2I^{-}_{(aq)}$ 0.54
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+	e^{-}	\rightleftharpoons	$Fe^{2+}_{(aq)}$ 0.77
$Ag^{+}_{(aq)}$	+	e^{-}	\rightleftharpoons	$Ag_{(s)}$ 0.80
$Hg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$Hg_{(l)}$ 0.85
$Br_{2(l)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$2Br^{-}_{(aq)}$ 1.07
$O_{2(g)}$	+	$4e^{-}$	\rightleftharpoons	$2H_2O_{(l)}$ 1.23
$Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$	+	$6e^{-}$	\rightleftharpoons	$7H_2O_{(l)} + 2Cr^{3+}_{(aq)}$ 1.33
$Cl_{2(g)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$2Cl^{-}_{(aq)}$ 1.36
$Au^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	\rightleftharpoons	$Au_{(s)}$ 1.5
$MnO_4^{-}_{(aq)}$	+	$5e^{-}$	\rightleftharpoons	$4H_2O_{(l)} + Mn^{2+}_{(aq)}$ 1.51
$F_{2(g)}$	+	$2e^{-}$	\rightleftharpoons	$2F^{-}_{(aq)}$ 2.87

تزداد قوة العوامل المؤكسدة

تزداد قوة العوامل المختزلة

عوامل مؤكسدة

عوامل مختزلة

- يستفاد من جدول جهود الاختزال المعيارية الآتي :
 (1) حساب جهد الخلية المعياري لأي قطبين من هذا الجدول
 (2) التنبؤ بتلقائية حدوث التفاعل
 (3) مقارنة قوة العوامل المختزلة والمؤكسدة مع بعضها .

ملاحظات على جدول جهود الاختزال المعيارية (مهم جداً)

- (١) يُعتبر الفلور F_2 أقوى عامل مؤكسد بين المواد حيث يستطيع أكسدة جميع العناصر (العوامل المختزلة).
- (٢) يُعتبر الليثيوم Li أقوى عامل مختزل بين المواد حيث يستطيع اختزال جميع العناصر (العوامل المؤكسدة).
- (٤) كلما كان جهد الاختزال للعنصر أقل (فوق) يكون العنصر أنشط كيميائياً (مصعد) والجهد الأعلى (مهبط).
- (٥) كلما كانت العناصر (الأقطاب) المكونة للخلية الغلفانية أبعد عن بعضها يزداد جهد الخلية الغلفانية.

التنبؤ بحدوث التفاعلات وتلقائية التفاعل

ماذا نعي بقولنا أن التفاعل تلقائي؟ وهل لهذا علاقة بحدوث التفاعل من عدمه؟ وهل يساعدنا جدول جهود الاختزال المعيارية بتحديد ذلك؟ وهل يفيد ذلك بعملية التنبؤ بإمكانية حدوث التفاعل من عدمه؟

التفاعل التلقائي **Spontaneity of reaction**: هو تفاعل يحدث ويكوّن نواتج دون الحاجة إلى طاقة كهربائية لإحداثه. ويتم ذلك بحساب جهد الخلية الغلفانية فإذا كان الجهد موجباً (+) يكون التفاعل تلقائياً، وإذا كان الجهد سالباً (-) يكون التفاعل غير تلقائي (أي لا يحدث في خلية غلفانية).

مثال: مستعيناً بجدول جهود الاختزال المعيارية، توقع هل تحدث التفاعلات الآتية بشكل تلقائي؟



من الجدول: $E^{\circ}_{\text{red}}(\text{Co}) = -0.28$
 $E^{\circ}_{\text{red}}(\text{Cd}) = -0.40$

ومن التفاعل: Cd يختزل (مهبط) و Co يتأكسد (مصعد) ولذلك فإن:

$$E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{reduction}}(\text{Cd}) - E^{\circ}_{\text{reduction}}(\text{Co})$$

$$= -0.40 - (-0.28)$$

$$= -0.12 \text{ v}$$

النتيجة:

بما أن جهد الخلية سالب إذاً التفاعل غير تلقائي



من الجدول: $E^{\circ}_{\text{red}}(\text{Ag}) = +0.80$
 $E^{\circ}_{\text{red}}(\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^{2+}) = +0.77$

ومن التفاعل: Ag يختزل (مهبط) و Fe^{2+} يتأكسد (مصعد) ولذلك فإن:

$$E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{reduction}}(\text{Ag}) - E^{\circ}_{\text{reduction}}(\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^{2+})$$

$$= 0.80 - 0.77$$

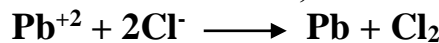
$$= +0.03 \text{ v}$$

النتيجة:

بما أن جهد الخلية موجب إذاً التفاعل تلقائي

بعد حساب جهد الخلية، إذا كان سالباً (-) أي غير تلقائي فهذا يعني أنه لا يحدث داخل خلية غلفانية بصورته تلك والسبب أن الأقطاب فيه معكوسة. ولجعل التفاعل تلقائياً نقوم بعكس الأقطاب (نعكس التفاعل).

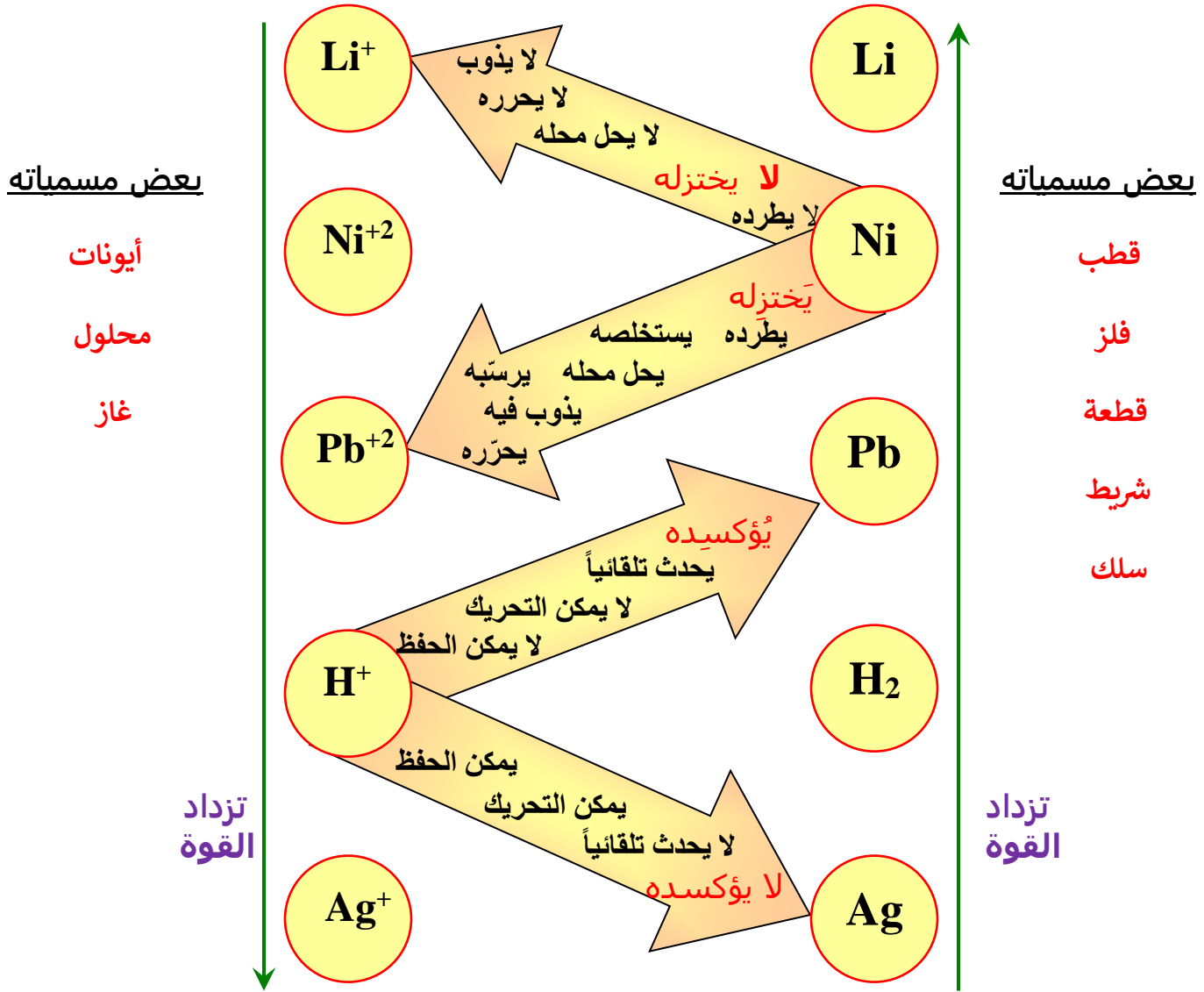
سؤال: مستعيناً بجدول جهود الاختزال المعيارية، تنبأ هل يحدث التفاعل الآتي في خلية غلفانية تلقائياً؟



التنبؤ مسبقاً بإمكانية حدوث التفاعل لا يقتصر على حساب الجهد رياضياً أيضاً هناك الكثير من المفاهيم العلمية التي تصف عملية التنبؤ بحدوث التفاعلات والمخطط الآتي يبين هذه المصطلحات وكيفية التنبؤ دون حساب :

العوامل المؤكسدة

العوامل المختزلة



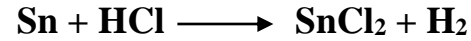
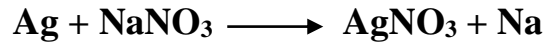
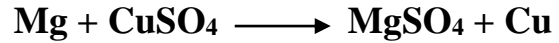
جميع العمليات الكيميائية التي تطبق على العناصر من طرد واستخلاص وتحرير وتحضير وترسيب تعني ضمناً تحويل هذه العناصر من صورة الأيون إلى صورة العنصر الحر ويمكن اختصار ذلك بحالتين :

(1) اختزال أيون (+) ليصبح متعادلاً (الفلزات) (2) تأكسد أيون سالب (-) ليصبح متعادلاً (اللافلزات)

سؤال : اعتماداً على جدول جهود الاختزال المعيارية تنبأ بإمكانية ما يأتي دون حساب :

- (1) هل يستطيع Pb^{+2} أكسدة فلز النيكل Ni ؟
- (2) هل يستطيع Ni أن يختزل أيونات الليثيوم Li^+ ؟
- (3) هل يستطيع Li أن يطرد Ag^+ من مركب $AgNO_3$ ويحل محله ؟
- (4) هل يستطيع Ni أن يحزر الهيدروجين من HCl على شكل غاز H_2 ؟

(5) هل تحدث التفاعلات الآتية تلقائياً ؟



(6) هل يمكن حفظ محلول من حمض HCl في وعاء من الرصاص Pb ؟

(7) هل يمكن تحريك محلول حمض HBr بملعقة مصنوعة من النيكل Ni ؟

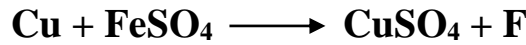
(8) هل يمكن تحريك محلول القاعدة LiOH بملعقة مصنوعة من الفضة Ag ؟

(9) إذا علمت أن الزئبق Hg يكون المهبط في الخلية المكونة من Ag/Hg فأجب عن الآتي :

(أ) هل يستطيع الزئبق Hg أن يختزل أيونات الفضة Ag^+ ؟

(ب) هل يستطيع الزئبق أن يحرر الهيدروجين من حمض HCl على شكل H_2 ؟

(10) هل يكون جهد الخلية موجباً (+) في الخلية الغلفانية الممثلة بالتفاعل الآتي :



سؤال : مستعيناً بجدول جهود الاختزال المعيارية تنبأ بإمكانية تحضير البروم Br_2 من محلول بروميد البوتاسيوم KBr باستخدام اليود I_2 ؟

سؤال : مستخدماً جدول جهود الاختزال المعيارية تنبأ هل يمكن أن يتصاعد غاز الكلور Cl_2 ذو اللون الأصفر المخضّر عند إذابة كمية محددة من محلول البيرومنغنات MnO_4^- في كأس تحتوي على محلول ملح الطعام NaCl ؟

أفكار الأسئلة المطروحة على الخلية الغلفانية وجدول جهود الاختزال

الفكرة الأولى : يُعطي السؤال أنصاف تفاعلات اختزال بشكل مباشر .

مثال : يبين الجدول المجاور جهود الاختزال المعيارية لعددٍ من أنصاف التفاعلات , أدرسه ثم أجب عما يليه :

نصف تفاعل الاختزال Half reaction	E°_{red} (v)
$Mn^{+2} + 2e \longrightarrow Mn$	- 1.18
$Zn^{+2} + 2e \longrightarrow Zn$	- 0.76
$Cr^{+3} + 3e \longrightarrow Cr$	- 0.73
$I_2 + 2e \longrightarrow 2I^{-}$	+ 0.54
$Au^{+3} + 3e \longrightarrow Au$	+ 1.50

الإجابات :

Cr -3 Mn -2 Au⁺³ -1
 -4 من Mn إلى Cr نعم -5 لا -6
 -7 نعم يمكن لا -8 لا -9 $E^{\circ} = 2.26 v$
 Au/Mn -10 نعم -11 لا -12 نحو Au

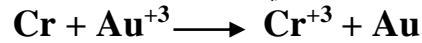
(1) حدد أقوى عامل مؤكسد

(2) حدد أقوى عامل مختزل

(3) حدد المهبط في الخلية المكونة من Cr/Zn

(4) حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الخلية المكونة من Cr/Mn .

(5) هل يحدث التفاعل الآتي تلقائياً :



(6) هل يمكن تحريك محلول $ZnSO_4$ بملعقة مصنوعة

من المنغيز Mn .

(7) هل يمكن حفظ اليود I_2 في وعاء مصنوع من الذهب Au .

(8) هل يستطيع الكروم Cr أن يختزل أيونات المنغيز Mn^{+2} ؟

(9) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من Au/Zn ؟

(10) حدد العنصرين اللذان يكونان خلية غلفانية بأعلى فرق جهد .

(11) هل يستطيع المنغيز Mn أن يحل محل Zn^{+2} في مركباته ؟

(12) حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Au/Cr

سؤال : يبين الجدول المجاور جهود الاختزال المعيارية لعددٍ من أنصاف التفاعلات , أدرسه ثم أجب عما يليه :

نصف تفاعل الاختزال Half reaction	E°_{red} (v)
$Ni^{+2} + 2e \longrightarrow Ni$	- 0.23
$Fe^{+2} + 2e \longrightarrow Fe$	- 0.44
$2H^{+} + 2e \longrightarrow H_2$	0.00
$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^{-}$	+ 1.36
$Cu^{+2} + 2e \longrightarrow Cu$	+ 0.34

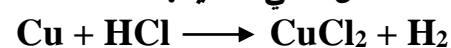
(1) رتب العوامل المختزلة حسب قوتها تصاعدياً

(2) احسب جهد الخلية المكونة من H_2/Fe

(3) أي الأقطاب تزداد كتلته في الخلية المكونة من Fe/Ni

(4) حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الخلية المكونة من Cu/Fe .

(5) هل يحدث التفاعل الآتي تلقائياً :



(6) هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء مصنوع من النيكل Ni .

(7) هل يمكن حفظ غاز الكلور Cl_2 في وعاء من الحديد Fe ؟

(8) هل يستطيع Cl_2 أكسدة النيكل Ni ؟

(9) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من Cu/Fe ؟

(10) حدد العنصرين اللذان يكونان خلية غلفانية بأقل فرق جهد .

(11) حدد العناصر التي تستطيع تحرير الهيدروجين على شكل H_2

(12) ما دور أيونات NO_3^{-} في القنطرة الملحية في الخلية المكونة من H_2/Cu

(13) هل يستطيع Cl^{-} أن يختزل Cu^{+2} .

(14) تنبأ بإمكانية تحضير غاز الكلور Cl_2 عن طريق إضافة كمية مناسبة من $CuSO_4$ إلى محلول الملح KCl .

(15) إذا كان جهد الخلية الغلفانية التي رمزها : $Sc|Sc^{+3} || Ni^{+2}|Ni$ يساوي 1.85 v فاحسب جهد الاختزال

المعياري لقطب السكندنيوم Sc .

الحل :

الفكرة الثانية : يعطي العناصر على شكل (عامل مؤكسد/عامل مختزل) وجهدها بشكل مباشر

مثال : الجدول المجاور يبين عدداً من العوامل المختزلة وجهود اختزالها المعيارية , أدرسه ثم أجب عما يليه .

العامل المختزل	Mn	Fe	Pb	Cu	Au	F ⁻
E_{red}° (v)	- 1.18	- 0.44	- 0.13	+ 0.34	+ 1.50	+ 2.87

(1) حدد أقوى عامل مختزل

(2) أي العوامل المختزلة في الجدول له أقل ميل للتأكسد ؟

(3) احسب جهد الخلية المكونة من Pb/Mn

(4) رتب العوامل المؤكسدة

F_2 Au^{+3} Cu^{+2} Pb^{+2} Fe^{+2} Mn^{+2} حسب قوتها تصاعدياً .

(5) أي الفلزات يذوب في حمض HCl محرراً غاز الهيدروجين H_2 .

(6) إذا علمت أن جهد اختزال الماء يساوي $v - 0.83$, فأَي العناصر يتأكسد عند وضعه في الماء ؟

(7) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .

(8) هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح الرصاص (Pb) في وعاء مصنوع من النحاس Cu .

(9) هل يمكن تحريك محلول $CuSO_4$ بملعقة من الحديد Fe .

(10) هل يمكن حفظ حمض HBr في وعاء مصنوع من الذهب Au ؟

(11) إذا علمت أن جهد اختزال الزئبق هو $v + 0.85$, فأَي الفلزات يكون معه خلية غلفانية بأقل فرق جهد ؟

(12) حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Au/Pb

(13) إذا علمت أن جهد الخلية المكونة من قطب Fe والقطب X يساوي $v + 1.24$, وأن أيونات Na^+ في القنطرة الملحية تذهب إلى وعاء القطب X , احسب جهد اختزال العنصر X .

(14) هل تستطيع أيونات الذهب Au^{+3} أكسدة F^- ؟

الإجابات :

1.05 v -3 F^- -2 Mn -1
 F_2 Au^{+3} Cu^{+2} Pb^{+2} Fe^{+2} Mn^{+2} -4
 Mn -6 Mn,Fe,Pb -5
 لا نعم -8 Au مع Mn -7
 Au نحو -12 Cu -11 نعم -10
 لا تستطيع -14 $E^{\circ}_X = +0.80$ -13

سؤال : الجدول الآتي يبين عدداً من العوامل المؤكسدة وجهود اختزالها المعيارية , أدرسها ثم أجب عما يليها من أسئلة .

العامل المؤكسد	Ag ⁺	Cr ⁺³	Cu ⁺²	Ni ⁺²	Br ₂	Al ⁺³	Cr ₂ O ₇ ⁻²	O ₂	I ₂
E_{red}° (v)	+0.80	-0.73	+0.34	-0.23	+1.07	-1.66	+1.33	+1.23	+0.54

(1) حدد أقوى عامل مؤكسد .

(2) في خلية غلفانية قطباها Ni/Fe أيهما يمثل المهبط ؟

(3) حدد فلزتين لعمل خلية غلفانية لها أكبر فرق جهد .

(4) ما قيمة الجهد المعياري للخلية المكونة من Cu/Al .

(5) ما دور أيونات Cl^- في القنطرة الملحية في الخلية المكونة من Ag/Cr .

(6) هل يمكن تحضير الكلور Cl_2 بأكسدة أيونات Cl^- بواسطة O_2 ؟

(7) أيهما لا يحرر الهيدروجين من مركباته Ni أم Ag ؟

(8) أكتب التفاعل الكلي موزون في الخلية التي قطباها Fe / Al

(9) حدد أيون يسبب التأكسد لـ Fe ولا يسبب التأكسد لـ Ag

(10) هل يحدث التفاعل الآتي تلقائياً $Cr + O_2 \rightarrow Cr_2O_3$

(11) هل يمكن حفظ اليود I_2 في وعاء مصنوع من النحاس Cu ؟

(12) هل يمكن تحريك البروم Br_2 بملعقة مصنوعة من الفضة Ag ؟

(13) هل يستطيع أيون الدايكرومات $Cr_2O_7^{-2}$ أكسدة فلز الفضة ؟ بين ذلك حسابياً .

الفكرة الثالثة : يعطي السؤال معلومات كلامية نترجمها إلى ترتيب حسب جدول جهود الاختزال

مثال : تم إجراء سلسلة من التجارب على الفلزات A Q X D ولوحظ الآتي :-

- 1- ترسبت ذرات A عند وضع قطعة من D في محلول A^{+2} .
 - 2- يتصاعد غاز H_2 عند وضع سلك من Q في محلول HCl المخفف .
 - 3- عند تحريك محلول يحتوي Q^{+2} بملعقة من A ترسبت ذرات Q
 - 4- لا يتفاعل سلك من X في محلول HCl المخفف .
- اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة الآتية :
- (1) في خلية قطباها A وD أي القطبين تزداد كتلته مع الوقت
 - (2) هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح Q في وعاء مصنوع من مادة D ؟
 - (3) هل تستطيع أيونات X^{+2} أكسدة ذرات العنصر A ؟
 - (4) في خلية غلفانية قطباها X وQ ما اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك .
 - (5) في خلية غلفانية قطباها Q وA أيهما يمثل المهبط ؟
 - (6) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .

الإجابات : A-1 لا -2 نعم -3 من Q إلى X -4 Q-5 D-6 و X

مثال : تم دراسة الفلزات ذات الرموز الافتراضية A D R G M والتي تشكل أيونات ثنائية موجبة في محاليلها , ونتج ما يلي :-

- (1) عند وضع قطعة من الفلز A في محلول يحتوي حمض HCl المخفف تصاعد غاز H_2 .
 - (2) تتحرك الإلكترونات من D إلى A في الدارة الخارجية في الخلية المكونة من D و A .
 - (3) تتجه الأيونات السالبة في القطرة الملحية إلى وعاء M في خلية مكونة من الفلزين M و G .
 - (4) يمكن حفظ محلول أحد أملاح العنصر A في وعاء مصنوع من العنصر M .
 - (5) تقل كتلة القطب R عند تكوين خلية غلفانية من القطبين R و D .
- بناءً على المعلومات الواردة أعلاه أجب عن الأسئلة الآتية :-

- (1) حدد أقوى عامل مختزل
- (2) في الخلية المكونة من القطبين G و D , (أ) حدد المصعد وإشارته (ب) اكتب معادلة التفاعل الكلي .
- (3) هل يمكن تحريك محلول أحد أملاح الفلز M بملعقة مصنوعة من الفلز R .
- (4) حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية للخلية المكونة من A و G
- (5) حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من M و R
- (6) أي القطبين تقل كتلته في الخلية المكونة من الفلزين M و D
- (7) هل يحدث التفاعل $R + 2H^+ \longrightarrow R^{+2} + H_2$ تلقائياً ؟
- (8) حدد فلزاً يستطيع اختزال أيونات G^{+2} ولا يستطيع اختزال أيونات A^{+2}
- (9) هل تترسب ذرات العنصر R عند وضع شريط من الفلز D في وعاء يحتوي أيونات R^{+2} ؟
- (10) هل يستطيع العنصر G أن يحل محل العنصر M في مركباته ؟

الإجابات :

(1) R (2) أ- D وإشارته (-) ب- $D + G^{+2} \longrightarrow D^{+2} + G$ (3) لا
(4) من A إلى G (5) نحو M (6) D (7) نعم (8) M (9) لا (10) لا

سؤال : لديك الفلزات A B C D X Y والتي تشكل أيونات ثنائية موجبة في مركباتها , فإذا علمت أن :

- العنصر A يختزل أيونات X^{+2} ولا يختزل أيونات C^{+2} .
- يمكن حفظ محاليل كل من D و B في وعاء مصنوع من Y .
- يمكن استخلاص الفلز D من مركباته باستخدام العنصر B .
- العنصر B لا يحرر الهيدروجين من محاليله الحمضية , ولكن العنصر X يذوب في محلول HCl المخفف .

بالاعتماد على المعلومات الواردة أجب عما يلي :-

- (1) ما الفلز الذي لا يُحرر غاز H_2 من حمض HCl المخفف ولا يختزل أيونات D ؟
- (2) ماذا يحدث لكتلة قطب X في الخلية الغلفانية التي قطباها X و D
- (3) ماذا يحدث لتركيز أيونات C^{+2} في خلية قطباها C و B
- (4) هل يمكن حفظ محلول نترات A في وعاء مصنوع من الفلز B
- (5) هل يمكن استخلاص العنصر D من المركب DSO_4 باستخدام العنصر X ؟
- (6) حدد الفلزين المستخدمين لعمل خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .
- (7) أكتب التفاعل الحادث عند المهبط في الخلية المكونة من B و Y .

الحل ...

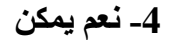
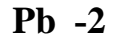
الفكرة الرابعة : أن يُعطى السؤال معادلات كيميائية بينها علاقة ونستنتج منها ترتيب العناصر

سؤال : لديك التفاعلات الآتية يحدث كل منها في خلية غلفانية تلقائياً , ادرسها ثم أجب عما يليها من أسئلة



- 1) رتب العناصر Cr Ni Pb H_2 حسب قوتها كعوامل مختزلة
- 2) أي القطبين يمثل المهبط في الخلية المكونة من Cr و Pb
- 3) حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية في الخلية المكونة من Ni و H_2
- 4) هل يمكن تحريك محلول NiSO_4 بملعقة مصنوعة من الرصاص Pb ؟
- 5) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .

الحل ...



سؤال : إذا علمت أن التفاعلات الآتية يميلان للحدوث بشكل تلقائي , فأجب عما يليهما



- 1- رتب الأيونات الواردة حسب قوتها كعوامل مؤكسدة تنازلياً .
 - 2- حدد أقوى عامل مختزل .
 - 3- هل يذوب شريط من Mg في محلول من CaSO_4
 - 4- هل يمكن استخلاص الكالسيوم Ca من أملاحه باستخدام الألومنيوم Al .
- الحل ...

الفكرة الخامسة : أن يُعطي السؤال خلايا أقطابها وجهودها معطاة, ومعلومة عن كل خلية

مثال : الجدول المجاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلزات , ادرس المعلومات الواردة في الجدول ثم أجب عن الأسئلة

رقم الخلية	الأقطاب	اتجاه حركة Cl^- في القنطرة الملحية	E°_{cell} (v)
1	Cd / Mn	نحو وعاء Mn^{+2} / Mn	0.78
2	Cr / Sn	نحو وعاء Cr^{+3} / Cr	0.59
3	Co / Ni	نحو وعاء Co^{+2} / Co	0.05
4	Cu / Pb	نحو وعاء Pb^{+2} / Pb	0.47
5	H_2 / Mn	نحو وعاء Mn^{+2} / Mn	1.18

- حدد المهبط في الخلية رقم (2) .
- حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك في الخلية رقم (3) .
- أي الأقطاب تقل كتلته في الخلية رقم (4) .
- احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Cd و H_2 .
- هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء مصنوع من المنغنيز Mn ؟
- هل يمكن تحريك محلول كبريتات النحاس بملعقة مصنوعة من الرصاص Pb ؟
- اكتب التفاعل الذي يحدث عند المهبط في الخلية رقم (5) .
- أي الخلايا في الجدول هي الأعلى تلقائية عند الحدوث ؟

الإجابات :

- 1) Sn (2) من Co إلى Ni (3) Pb (4) $E^{\circ} = +0.40 v$ (5) لا يمكن
6) لا يمكن (7) $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$ (8) الخلية رقم 5

سؤال : الجدول المجاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلزات , ادرس المعلومات الواردة في الجدول ثم أجب عن الأسئلة

رقم الخلية	الأقطاب	العامل المؤكسد	E°_{cell} (v)
1	Zn / Cu	Cu^{+2}	1.1
2	Zn / Sn	Sn^{+2}	0.62
3	Ni / Sn	Sn^{+2}	0.11
4	Ag / Cu	Ag^+	0.46
5	H_2 / Sn	H^+	0.14

- حدد المصعد في الخلية رقم (2) .
- اكتب التفاعل الكلي في الخلية رقم (5) .
- ما رقم الخلية التي تقل فيها كتلة قطب النحاس Cu
- احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Cu و Ni .
- هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء مصنوع من القصدير Sn ؟
- هل يمكن تحريك محلول كبريتات النحاس بملعقة مصنوعة من الفضة Ag ؟
- أين يتجه مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Ag/Zn
- أيهما أقوى كعامل مختزل Zn أم Ni .
- ما اتجاه سريان التيار في الأسلاك في الخلية رقم (3) .
- أي الخلايا في الجدول هي الأعلى تلقائية عند الحدوث ؟

الحل ...

سؤال (مهم) : الجدول المجاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلزات الافتراضية : A B C D E والتي تتواجد في محاليلها على شكل أيونات ثنائية موجبة , ادرس الجدول ثم أجب عما يليه من أسئلة .

رقم الخلية	قطبا الخلية	المهبط	E°_{cell}
1	B/A	A	1.1
2	B/C	C	2.0
3	C/D	D	0.25
4	E/B	B	2.5

(1) اي الفلزات له أعلى جهد اختزال E أم A ؟

(2) حدد العامل المؤكسد الأقوى ؟

(3) هل يمكن تحريك محلول نترات D بملعقة مصنوعة من الفلز A .

(4) حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية التي قطباها (A و C) .

(5) هل يتأكسد العنصر B بواسطة A^{+2} ؟

(6) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من القطبين (A/C)

(7) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من القطبين (E/C)

الحل ...

سؤال : يبين الجدول المجاور جهود الاختزال المعيارية لعددٍ من أنصاف التفاعلات , أدرسه ثم أجب عما يليه :

نصف تفاعل الاختزال Half reaction	E°_{cell} المتوقع
$A^{+2} + B \longrightarrow B^{+2} + A$	+ 0.27
$C^{+2} + A \longrightarrow A^{+2} + C$	+ 0.98
$2H^{+} + C \longrightarrow C^{+2} + H_2$	- 0.85

(1) حدد أضعف عامل مؤكسد

(2) حدد أضعف عامل مختزل

(3) حدد المهبط في الخلية المكونة من H_2/A

(4) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من C/B ؟

(5) إذا علمت أن قيمة جهد اختزال (Y^{+2}) يساوي

$- 0.23$ v , مع أي العناصر من الجدول يكون

القطب Y هو المهبط ؟

الحل ...

سؤال : أدرس المعادلات والمعلومات المبيّنة في الجدول

ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

أ - حدّد أقوى عامل مؤكسد.

ب- رتّب العوامل المختزلة تصاعدياً حسب قوتها.

ج- هل تؤكسد أيونات الكاديوم Cd^{2+} أيونات البروم Br^{-} ؟

د - ما العنصران اللذان يكونان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟

المعلومات	المعادلة
تفاعل تلقائي	$Ca + Cd^{2+} \rightarrow Ca^{2+} + Cd$
تفاعل غير تلقائي	$2Br^{-} + Sn^{2+} \rightarrow Br_2 + Sn$
تفاعل تلقائي	$Cd + Sn^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Sn$

الفكرة السادسة : يعطى تفاعلات كليّة مع E° لها وقطب ثابت ,ولكن لها طريقتين :-

(أ) أن يكون المصعد ثابتاً في جميع الخلايا ... حيث

((كلما كان جهد الخلية أكبر فإن ميل فلز المهبط للاختزال يكون أكبر))

سؤال : ادرس التفاعلات الآتية والتي يحدث كل منها في خلية غلفانية ثم أجب عما يليها من أسئلة



1- أيهما أقوى كعامل مختزل Ni أم H_2 ؟

2- ما قيمة جهد نصف التفاعل $\text{Ni} \longrightarrow \text{Ni}^{+2} + 2e$

3- ماذا يحدث لكتلة Ag في الخلية المكونة من Ni و Ag .

4- اكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية المكونة من H_2 و Ni

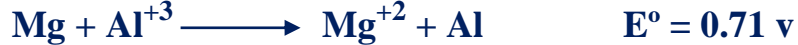
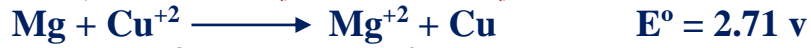
5- هل يمكن حفظ محلول ZnSO_4 في وعاء مصنوع من النيكل Ni

6- هل يذوب Ag في حمض HCl المخفف محرراً غاز H_2 ؟

الإجابات:

1 Ni (1) $E^\circ_{\text{oxi}} = +0.23$ (2) تزداد (3) $\text{Ni} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Ni}^{+2} + \text{H}_2$ (4)
5) نعم يمكن . (6) لا يذوب .

سؤال : ادرس التفاعلات الآتية والتي يحدث كل منها في خلية غلفانية ثم أجب عما يليها من أسئلة



1- حدد أقوى عامل مؤكسد

2- في الخلية المكونة من Cu و Al حدد اتجاه حركة أيونات Na^+ في القنطرة الملحية .

3- هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس CuSO_4 في وعاء مصنوع من الألومنيوم Al

4- احسب (E°_{cell}) للخلية المكونة من Cu و Al .

الحل ...

(ب) أن يكون المهبط ثابتاً في جميع الخلايا ... حيث
 ((كلما كان جهد الخلية أكبر فإن ميل فلز المهبط للاختزال يكون أكبر))

سؤال : ادرس التفاعلات الآتية والتي يحدث كل منها في خلية غلفانية بصورة تلقائية ثم أجب عما يليها من أسئلة



- 1- حدد أضعف عامل مختزل .
 - 2- رتب العوامل المؤكسدة حسب قوتها تصاعدياً
 - 3- هل يمكن حفظ محلول NiSO_4 في وعاء مصنوع من النحاس Cu .
 - 4- احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من Zn و Pb .
 - 5- حدد اتجاه انحراف مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Mg و Pb
 - 6- هل يستطيع Mg اختزال أيونات Ni^{+2} ؟
 - 7- في خلية غلفانية قطباها Ni و Zn ما دور أيونات Cl^- الموجودة في الفتحة الملحقة .
- الحل ...

سؤال يجمع بين حالتين الفكرة السادسة ...

تم استخدام كل فلز من الآتية A B C D G مع محلول أحد أملاحه المائية بتركيز (1 M) لعمل خلية غلفانية مع النيكل Ni ومحلول أحد أملاحه المائية بتركيز (1 M) وكانت النتائج حسب الجدول .
 اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة :-

اتجاه سريان e في الدارة الخارجية		E°_{cell} (v)	قطبا الخلية الغلفانية
من	إلى		
Ni	A	+1.40	A - Ni
B	Ni	+1.05	B - Ni
Ni	C	+0.50	C - Ni
D	Ni	+0.60	D - Ni
Ni	G	+0.95	G - Ni

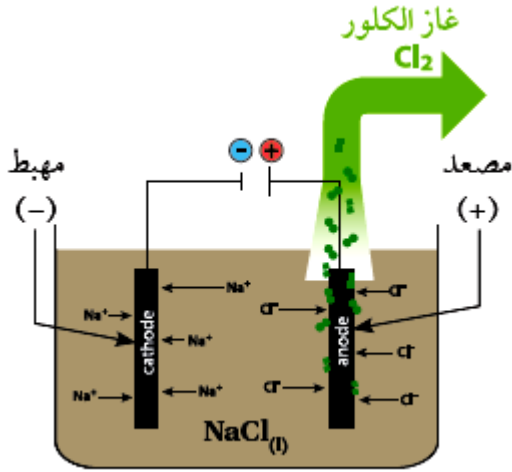
- 1- رتب الفلزات السابقة متضمنة فلز النيكل Ni في سلسلة كهروكيميائية حسب قوتها كعوامل مختزلة تنازلياً .
- 2- هل يمكن حفظ أحد أملاح الفلز C في وعاء مصنوع من الفلز D .
- 3- احسب E° للخلية الغلفانية التي قطباها D و B ثم حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية للخلية .
- 4- حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية بأعلى فرق جهد
- 5- هل يمكن تحريك محلول أحد أملاح الفلز G بملعقة مصنوعة من الفلز A .

الحل ...

أولاً : التحليل الكهربائي لمصهور مادة كهربيّة Electrolysis of Molten Electrolyte

- المصهور = مادة + حرارة
- نواتج التحليل الكهربائي للمصهور هي نواتج عمليتي التأكسد والاختزال في الخلية لأيونات المادة الكهربية .
- تستخدم هذه الطريقة عادةً لاستخلاص الفلزات النشطة من مصاهيرها والتي تتواجد غالباً على شكل هاليد الفلز (كلوريد الفلز) مثل : $\text{NaCl}/\text{KCl}/\text{LiCl}/\text{CaBr}_2/\text{MgCl}_2/\text{BaCl}_2/\text{AlCl}_3$.

مثال : التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم $\text{NaCl}_{(l)}$



- يحتوي مصهور NaCl على أيونات Na^+ و Cl^- فقط .
- عند غلق الدارة ومرور التيار الكهربائي تتجه الأيونات إلى الأقطاب المخالفة لها بالشحنة ويحدث الآتي :
- (أ) عند المصعد (+) : تتأكسد أيونات Cl^- كالتالي

$$2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$$
- (ب) عند المهبط (-) : تختزل أيونات Na^+ كالتالي

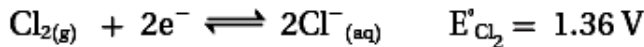
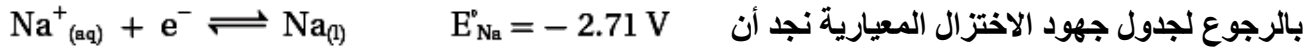
$$\text{Na}^+ + e^- \longrightarrow \text{Na}$$

التفاعل الكلي في الخلية :



بعد مساواة الإلكترونات في النصفين إذاً نواتج التحليل الكهربائي هي : غاز الكلور Cl_2 & فلز الصوديوم Na السائل

حساب جهد الخلية :



ولذلك فإن :

$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{Na}(\text{cathode})} - E^\circ_{\text{Cl}_2(\text{anode})}$$

$$E^\circ_{\text{cell}} = -2.71 - 1.36 = -4.07 \text{ V}$$

- نلاحظ أن جهد الخلية سالب (-) أي أن التفاعل غير تلقائي بسبب تزويد الخلية بفرق جهد خارجي .
- مهم : حتى يحدث التفاعل السابق بجميع تفاصيله يجب تزويد الخلية بفرق جهد أعلى من 4.07 V .
- تعتبر هذه الطريقة طريقة عملية لاستخلاص الصوديوم Na من أملاحه
- ومثل ذلك استخلاص البوتاسيوم K من KCl واستخلاص الليثيوم Li من LiCl .

سؤال : خلية تحليل كهربائي لمصهور CaBr_2

- اكتب أنصاف التفاعلات والتفاعل الكلي في الخلية
- ما هي نواتج التحليل الكهربائي لهذا المصهور ؟
- ما مقدار الجهد اللازم لإحداث تفاعل التحليل الكهربائي في الخلية ؟

الحل :

ثانياً : التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهربيّة Electrolysis of an Electrolyte Solution

- المحلول = مادة + ماء
- المحلول يحتوي على أيونات المادة الكهربية إضافة للماء H_2O الذي يؤثر في عملية التحليل , لذلك تتأثر نواتج التحليل الكهربائي للمحلول بطبيعة المادة وقدرتها على التأكسد أو الاختزال مقارنة بالماء .

مثال (1) : التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الصوديوم NaBr



يحتوي محلول NaBr على أيونات Na^+ و Br^- والماء H_2O .

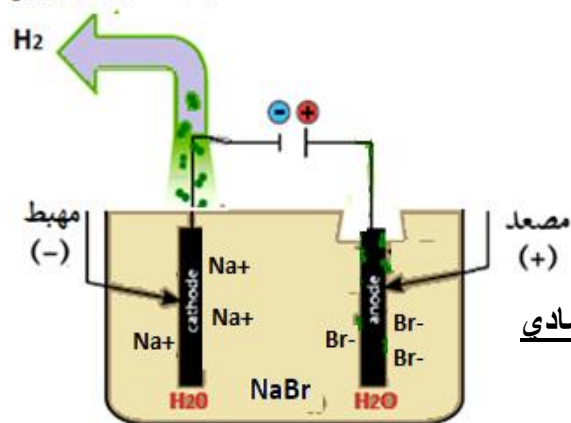
عند غلق الدارة ومرور التيار الكهربائي تتجه الأيونات إلى الأقطاب المخالفة لها بالشحنة ويتواجد الماء عند القطبين , لذلك :
(أ) عند المصعد (+) : يوجد Br^- والماء H_2O .



(ب) عند المهبط (-) : يوجد Na^+ والماء H_2O .



يتصاعد غاز الهيدروجين



يجب معرفة أن التأكسد عند المصعد يحدث لمادة واحدة فقط وهي المادة التي لها أعلى جهد تأكسد وأن الاختزال عند المهبط كذلك الأمر يحدث للمادة التي لها أعلى جهد اختزال وبناء على ذلك نحدد نواتج التحليل الكهربائي .

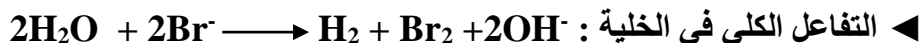
نواتج التحليل :

عند المصعد : يتأكسد Br^- منتجاً البروم Br_2 ذو اللون البني المحمر (لأن له أعلى جهد تأكسد فهو الأسهل تأكسداً)

عند المهبط : يختزل الماء أيضاً منتجاً الهيدروجين H_2 على شكل غاز رمادي (لأن له أعلى جهد اختزال فهو الأسهل اختزالاً)

في الوعاء : عند ارتباط Na^+ مع OH^- ينتج القاعدة $NaOH$

الدليل على تكون القاعدة $NaOH$ في الوعاء هو :
عند وضع قطرات من كاشف الفينولفثالين تغير لون المحلول داخل الخلية إلى اللون الأحمر الوردي



نلاحظ أنه لا يمكن استخلاص الصوديوم Na من محاليله بالتحليل الكهربائي

حساب جهد الخلية :

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{oxidation} (anode) + E^{\circ}_{reduction} (cathode)$$

$$= - 1.07 + (-0.83)$$

$$= - 1.90 \text{ v}$$

ولذلك حتى يحدث التفاعل السابق يجب تزويد الخلية بفرق جهد أعلى من 1.90 V .

سؤال : عند إجراء عملية تحليل كهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم KI ؟

(أ) ما هي نواتج التحليل ؟ الإجابة : عند المصعد : I_2 بني اللون/ وعند المهبط : H_2 الرمادي/ ومحلول KOH

(ب) ما الدليل على تكون القاعدة KOH ؟ الإجابة : تغير لون المحلول للأحمر الوردي بسبب إضافة الفينولفثالين .

(ج) ما مقدار فرق الجهد اللازم تزويده للخلية لإحداث التفاعل ؟ الإجابة : أعلى من 1.37 v

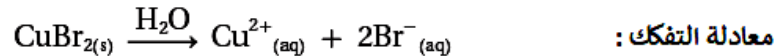
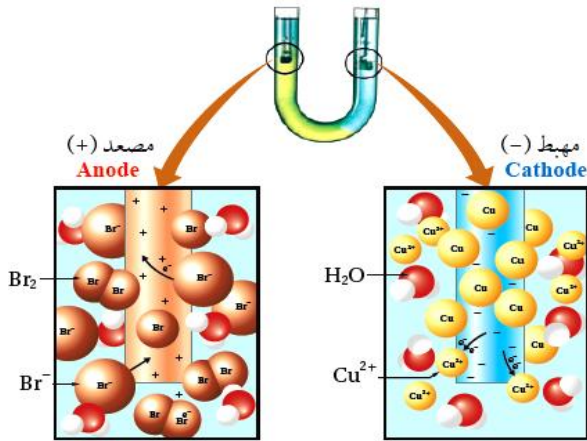
سؤال : هل نستطيع إنتاج القاعدة $LiOH$ عند إجراء تحليل كهربائي لمحلول $LiBr$ ؟ الإجابة : نعم

سؤال : هل نستطيع إنتاج القاعدة $Ca(OH)_2$ عند إجراء تحليل كهربائي لمحلول $CaBr_2$ ؟ الإجابة : نعم

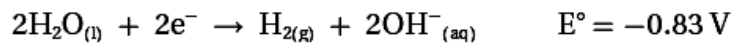
" من أراد الدنيا والآخرة فعليه بالعلم " أ. محمد الشيخ 0788525326 الكيمياء هي القلب النابض للعلم (93)

سؤال : عند إجراء عملية تحليل كهربائي لمحلول نترات البوتاسيوم KNO_3 باستخدام أقطاب غرافيت ؟
 (1) ما هي نواتج التحليل الكهربائي ؟ عند المصعد : O_2 (فقاعات) / عند المهبط : H_2 (غاز رمادي)
 (2) ما دور نترات البوتاسيوم في عملية التحليل ؟

مثال (3) : التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس CuBr_2

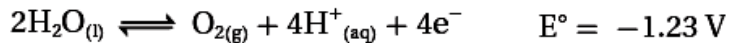


عند المهبط يوجد :



جهد اختزال النحاس أعلى منه للماء؛ Cu^{2+} أسهل اختزالاً عند المهبط

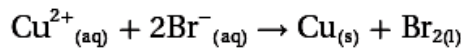
عند المصعد يوجد :



جهد تأكسد البروم أعلى منه للماء، البروميد Br^{-} أسهل تأكسداً



أما التفاعل الكيميائي الكلي فهو:



جهد الخلية المعياري للتفاعل الكلي :

$E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{Cu(cathode)}} - E^{\circ}_{\text{Br}_2(\text{anode})}$

$E^{\circ}_{\text{cell}} = 0.34 - 1.07 = -0.73 \text{ V}$

أي أن جهد البطارية اللازم لإحداث التفاعل يزيدُ على (0.73 V).

سؤال : عند إجراء عملية تحليل كهربائي لمحلول يوديد القصدير(II) SnI_2 باستخدام أقطاب بلاتين ؟
 (أ) ما هي نواتج التحليل ؟ **الإجابة : القصدير Sn ، اليود I_2**
 (ب) ما مقدار فرق الجهد اللازم تزويده للخلية لإحداث التفاعل ؟ **الإجابة : أعلى من 0.68 v**

سؤال : عند إجراء عملية تحليل كهربائي لمحلول بروميد النيكل NiBr_2 باستخدام أقطاب غرافيت ؟
 (أ) أكتب التفاعل الكلي في الخلية ؟ **الإجابة : $\text{Ni}^{+2} + 2\text{Br}^- \longrightarrow \text{Ni} + \text{Br}_2$**
 (ب) ما مقدار فرق الجهد اللازم تزويده للخلية لإحداث التفاعل ؟ **الإجابة : أعلى من 1.35 v**

مثال (4) : التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس CuSO_4

سؤال : كيف يمكن الاستفادة من خلية التحليل الكهربائي لانتاج حمض النيتريك HNO_3 ؟
الإجابة : عن طريق إجراء تحليل كهربائي لمحلول نترات الفضة مثلاً AgNO_3

التطبيقات العملية للخلايا الغلفانية Applications of the Galvanic Cell

أولاً: البطاريات Batterise

❖ البطاريات يحدث بداخلها تفاعل تأكسد واختزال تلقائي منتجاً تيار كهربائي .

أنواع البطاريات

ثانوية

قابلة لإعادة الشحن (استخدام مرات عديدة)
تحولات الطاقة فيها : من كيميائية إلى كهربائية (عند الاستخدام)
من كهربائية إلى كيميائية (عند الشحن) .

أمثلة :

- (1) المرمم الرصاصي (بطارية الرصاص الحمضية) والمعروفة ببطارية السيارة .
- (2) بطارية أيون الليثيوم (الموبايل / الحواسيب المحمولة)



أولية

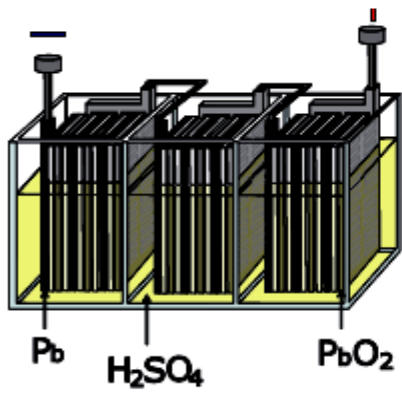
غير قابلة لإعادة للشحن (استخدام مرة واحدة)
تحولات الطاقة فيها : من كيميائية إلى كهربائية

أمثلة :

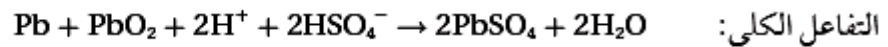
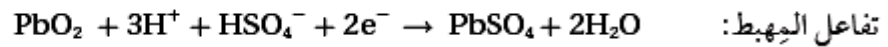
- (1) البطاريات الجافة
- (2) البطاريات القلوية الجافة



بطارية الرصاص للتخزين Lead Storage Battery



تُعدُّ بطارية الرصاص الحِمضية مثالاً على البطاريات الثانوية؛ أي يمكن إعادة شحنها، وتتكوّن من ستّ خلايا جلفانية تتكوّن كلّ منها من ألواح من الرصاص تمثل فيها المِصعد، وألواح من الرصاص المغلّف بأكسيد الرصاص PbO₂ IV تمثل المِهبط. تُرتّب هذه الأقطاب (الخلايا) بوعاء بلاستيكي مقوى بطريقة متبادلة تفصل بينها صفائح عازلة، وتُغمّر في محلول حمض الكبريتيك الذي كثافته 1.28g/cm³، وتوصّل ببعضها على التوالي، كما يوضّح الشكل (9)، أما أنصاف التفاعلات التي تحدث فيها فهي:



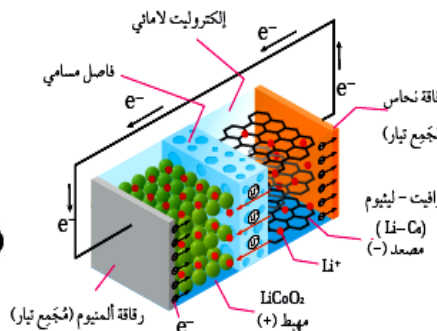
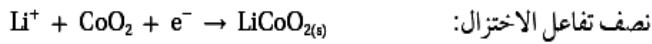
جهد الخلية الواحدة يساوي 2 V تقريباً؛ أي أن البطارية تعطي فرق جهد يساوي 12 V.

ملاحظات عامة على بطارية الرصاص:

- 1) كفاءة البطارية من كفاءة الحمض بداخلها، لضمان كفاءتها نراقب كثافة ذلك الحمض باستمرار.
- 2) عند استخدامها: يحدث تفاعل تأكسد واختزال أمامي (تلقائي) وتكون الخلية هنا غلفانية.
- 3) وعند شحنها: يحدث تفاعل تأكسد واختزال عكسي (غير تلقائي) وتكون الخلية هنا خلية تحليل.
- 4) في السيارات يتم شحن هذه البطارية باستمرار من خلال جزء يسمى مولد التيار (الدينامو).
- 5) يتراوح عمر هذه البطارية من 3 - 5 سنوات تقريباً ثم تتلف.
- 6) سبب تلف هذه البطارية هو فقدان أجزاء منها مثل PbSO₄ الذي يتراكم على ألواح الرصاص فيمنع حدوث التفاعل العكسي في البطارية (وهذا يعني عدم القدرة على الشحن) فيتلفها.

بطارية أيون الليثيوم Lithium - Ion Battery

ومذيب عضوي يذوب فيه الملح، وعادةً يُستخدم LiPF₆ مذاباً في كربونات الإيثيلين وCH₂CH₂CO₂، وتولّد خلايا أيون الليثيوم الكهرباء من خلال تفاعل التأكسد والاختزال الآتي:



تُعدُّ بطارية أيون الليثيوم من أكثر أنواع البطاريات استخداماً في الوقت الحاضر، وقد استُخدمت للمرّة الأولى عام 1991، أما اليوم فإنها تُعدُّ مصدر الطاقة الرئيس للعديد من وسائل التكنولوجيا وأدواتها في المجالات المختلفة؛ حيث تُستخدم في السيارات الكهربائية والحواسيب والهواتف المحمولة والعديد من الأجهزة الكهربائية الاستهلاكية الأخرى. مِمّ تتكوّن بطارية أيون الليثيوم؟ وما التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها؟ وما ميزاتها؟ تتكوّن بطارية أيون الليثيوم من عدّة خلايا مُتصلة ببعضها، تتكوّن كلّ منها من ثلاثة مكونات رئيسة، هي:

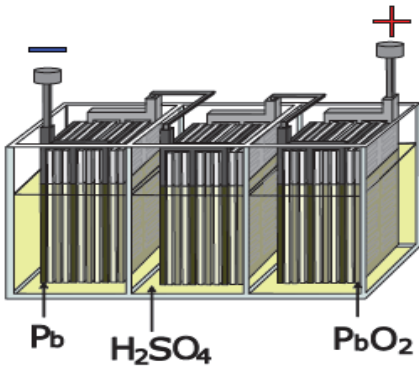
- المِصعد (القطب السالب): يتكوّن عادةً من الجرافيت، الذي يتميز بقدرته على تخزين (استيعاب) ذرات الليثيوم وأيوناته دون التأثير فيها.
- المِهبط (القطب الموجب): يتكوّن من بلورات لأكسيد عنصر انتقالي، مثل أكسيد الكوبلت IV، (CoO₂)، الذي يمكنه أيضاً تخزين (استيعاب) أيونات الليثيوم، مثل الجرافيت، أنظر الشكل المجاور
- المحلول الإلكتروليتي: يتكوّن من محلول لامائي لأحد أملاح الليثيوم

إعادة تدوير البطاريات Recycling Batteries

- تحتوي البطاريات على : مواد كيميائية سامة وفلزات ثقيلة، ينتج عن تراكمها ودفنها مخاطر بيئية؛ فقد تسبب تلوث المياه والتربة، ومن هنا جاءت فكرة إعادة تدوير البطاريات.
- تدوير البطاريات يعني : معالجة نفاياتها بهدف التقليل منها بوصفها نفايات صلبة، وإعادة استخدام مكوناتها مرة أخرى.

- إعادة تدوير بطارية الرصاص الحمضية

يمثل الرصاص المُعاد استخدامه نحو 47% من إجمالي الرصاص المُستخدم عالمياً. وتشمل عملية إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية المُستخدمة عدة مراحل، هي:



التجميع: وهي تجميع بطاريات الرصاص المُستخدمة، وغالباً ما يتم ذلك لدى باعة البطاريات؛ حيث تجمعها الشركات التي تُعيد تدويرها. التكسير: إذ تُفكك البطارية في منشأة إعادة التدوير، وتُسحق مكوناتها باستخدام أدوات خاصة، فتتحول إلى شظايا.

الفرز: تتضمن هذه العملية فصل أجزاء بطارية الرصاص الحمضية بفرز المكونات البلاستيكية والورقية عن الرصاص والفلزات الثقيلة،

وسحب السائل الموجود فيها، يلي ذلك بدء كل مادة برحلة تدوير خاصة بها؛ إذ تُغسل القطع البلاستيكية وتُجفف ثم تُرسل إلى وحدة تدوير البلاستيك؛ حيث تُصهر وتُشكّل آلياً على شكل كرات من مادة البولي بروبيلين، وتُستخدم مرة أخرى لإنتاج صناديق بطاريات الرصاص الحمضية، ويمكن استخدامها في صناعة منتجات أخرى. أما ألواح الرصاص وأكسيده ومركباته الأخرى فتصهر معاً في أفران الصهر، ثم تُصب في قوالب وتُزال من على سطح مصهور الرصاص الشوائب المعروفة باسم الحَبث، وتترك السبائك لتبرد وتتصلب، ثم تُرسل إلى الشركات المُصنعة للبطاريات؛ حيث تُستخدم في إنتاج ألواح جديدة من الرصاص وأكسيد الرصاص.

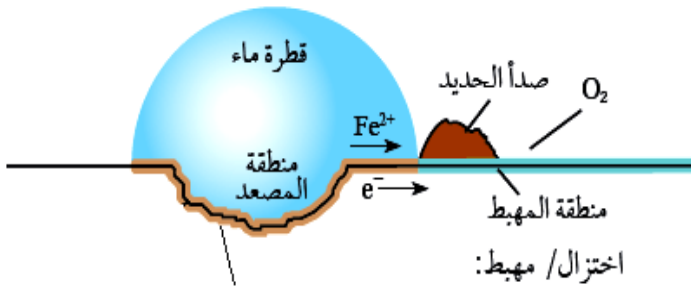
أما حمض الكبريتيك، وهو المُكوّن السائل في البطارية، فيجري التعامل معه بطريقتين، أولاًهما: مفاعلة الحمض مع مركب كيميائي قاعدي، فينتج ملح وماء، ثم يجري تجميع المياه الناتجة ومعالجتها والتأكد من مطابقتها لمواصفات المياه والتخلص منها في شبكة الصرف الصحي، أما الطريقة الثانية فيجري فيها تحويل الحمض إلى كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، ثم استخدامه في صناعة منظفات الغسيل والزجاج والمنسوجات.

ثانياً: تآكل الفلزات Corrosion of Metals

يُعرَّف **تآكل الفلزات** Corrosion of Metals بأنه تفاعلها مع الهواء الجوي والمواد في البيئة المحيطة، فتفقد العديد من خصائصها وتتحول إلى مواد جديدة أكثر ثباتاً كيميائياً، كأكاسيد الفلزات وهيدروكسيدات وكبريتيدات وكربوناتها. ولهذه العملية أضرار اقتصادية كبيرة؛ فمثلاً يتآكل الحديد بفعل الهواء الجوي الرطب وينتج صدأ الحديد الصلب الهش، الذي يحتاج تعويض خسائره إلى خمس كمية الحديد المُستخرج سنوياً.

يُصنع من الحديد الهياكل الرئيسة للجسور والمباني والسيارات؛ لذلك فإن منع تآكله يعدُّ أمراً بالغ الأهمية، ولتحقيق ذلك لا بدُّ أولاً من معرفة آلية تآكل الحديد؛ فالحديد يتآكل بفعل تفاعل كهروكيميائي يحدث بوجود الأكسجين والماء معاً؛ إذ يتأكسد الحديد عند تكشُّف سطحه بفعل شق أو كشط أو كسر إلى أيونات الحديد Fe^{2+} ، فيصبح هذا الجزء مصعداً الخلية، وتتحرك الإلكترونات الناتجة عن تأكسده من منطقة الحديد المُغطاة بقطرة الماء إلى حافتها حيث يوجد

الهواء والقليل من الماء، وهناك يُختزل أكسجين الهواء مكوناً أيونات الهيدروكسيد OH^- ، وتمثل هذه المنطقة مهبط الخلية، تتحرك أيونات الحديد Fe^{2+} من مركز القطرة باتجاه حافتها، وتتحرك أيونات الهيدروكسيد OH^- بالاتجاه المعاكس، وتتفاعل عند التقائهما وينتج هيدروكسيد الحديد II $Fe(OH)_2$ ، الذي سرعان ما يتأكسد مكوناً الصدأ، حسب المعادلة الكيميائية: $4Fe(OH)_2(s) + O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot H_2O(s) + 2H_2O(l)$



خلية تآكل الحديد الغلفانية

صدأ الحديد: مادة صلبة هشة بنية اللون تتكون على سطح الحديد وتتقشر بسهولة معرضة سطح الحديد أسفل منها للتآكل من جديد.

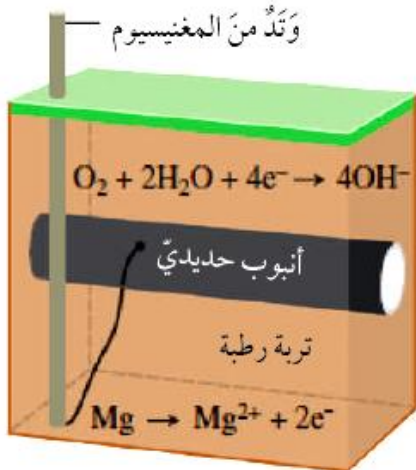
سؤال: هل يمكن حماية الفلزات من التآكل؟ وضح؟

- طبعاً يمكن ذلك وهناك العديد من الطرق منها **الحماية المهبطية Cathodic Protection** وهدفها:
- 1) حماية خطوط أنابيب النفط والغاز الحديدية المدفونة في الأرض.
 - 2) حماية أجسام السفن.

الطريقة:

يتم تشكيل خلية غلفانية يكون فيها الحديد Fe هو المهبط وأحد الفلزات النشطة مثل المغنيسيوم Mg أو الخارصين Zn هو المصعد والتربة أو ماء البحر هو المحلول الإلكتروليتي (المحلول الكهربي).

والشكل المجاور يبين ذلك:



عند وصل الأنابيب الحديدية أو أجسام السفن بوتد من المغنيسيوم Mg سيبدأ المغنيسيوم بالتأكسد وستنتقل الإلكترونات الناتجة إلى أنبوب الحديد أو جسم السفينة وعندها تبدأ جزيئات الأكسجين O_2 بالاختزال مما يعني أن الأكسجين لن يقوم بأكسدة الحديد. وهكذا يتم حماية الحديد من التآكل

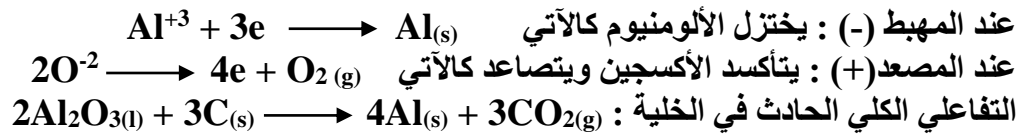
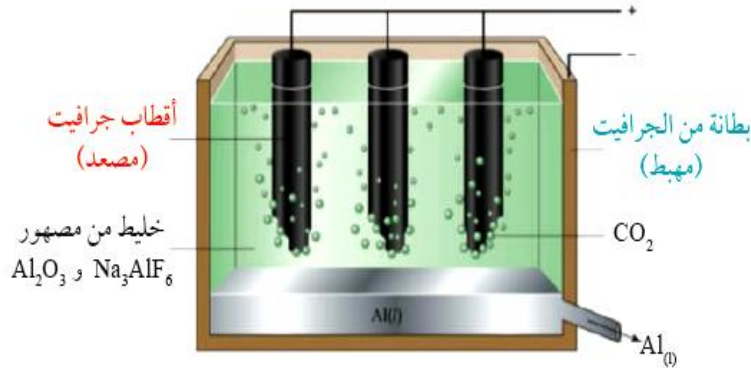
يتم استبدال وتد المغنيسيوم بشكل دوري بسبب تآكله

سؤال: هل يمكن استخدام الفضة Ag لعمل حماية مهبطية لأنابيب الحديد؟

الإجابة: لا، وذلك لأن الفضة أقل نشاطاً من الحديد حسب سلسلة النشاط الكيميائي (جدول جهود الاختزال) والحماية المهبطية للحديد تحتاج فلزاً أنشط منه.

أولاً: استخراج الألومنيوم (Al) Aluminum Extraction (Al)

- ❖ الألومنيوم من أكثر الفلزات انتشاراً في القشرة الأرضية وهو من الفلزات النشطة .
- ❖ يتواجد على شكل خام يسمى البوكسيت $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$.
- ❖ آلية الاستخلاص :
 - (1) يتم معالجة الخام بطرق متعددة لتخليصه من الشوائب .
 - (2) يتم تسخين الخام فيتحول إلى أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 .
 - (3) يُذاب Al_2O_3 في مصهور مادة الكريوليت Na_3AlF_6
 - ويستفاد من ذلك خفض درجة انصهار Al_2O_3 نحو $1000^\circ C$.
 - (4) يتم إجراء تحليل كهربائي لمصهور Al_2O_3 في خلية تحليل كهربائي خاصة تسمى خلية هول-هيروليت :



- ❖ بفعل تصاعد الأكسجين O_2 عند المصعد بشكل مستمر يؤدي ذلك مع الوقت إلى تآكل مادة الغرافيت (C) المكونة للأقطاب وتصاعدها على شكل ثاني أكسيد الكربون حسب المعادلة: $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ أي أن الأقطاب تتآكل مما يعني أنه يجب تبديلها بشكل دوري .

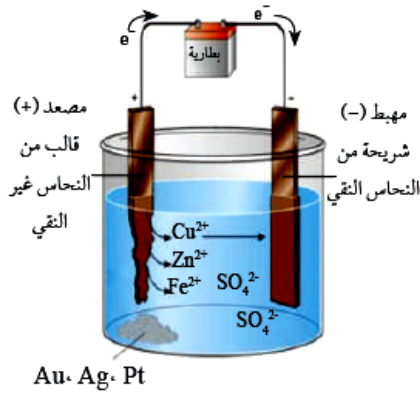
- ❖ عملية استخراج الألومنيوم عملية مكلفة لأنها تحتاج كميات كبيرة من الطاقة لذلك يتم مراعاة أمور تقلل من تكلفة الاستخلاص مثل:

- (1) انشاء مصانع انتاج الألومنيوم بالقرب من محطات توليد الطاقة الكهربائية (تخفيض كلفة نقل الطاقة) .
- (2) التركيز على إعادة تدوير الألومنيوم أكثر من انتاجه لأن إعادة التدوير تحتاج 5% فقط من الطاقة اللازمة لانتاج الألومنيوم .

مثال: لو كانت كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لانتاج 1 طن من الألومنيوم الجديد تساوي 14000 كيلوواط من الكهرباء, فإننا نحتاج لإعادة تدوير 1 طن من الألومنيوم إلى 5% من القيمة السابقة أي :

$$14000 \text{ كيلو واط} \times \frac{5}{100} = 700 \text{ كيلو واط فقط}$$

ثانياً: تنقية الفلزات Purification of Metals



تحتاج بعض استخدامات الفلزات إلى أن تكون نقيّة تماماً. فمثلاً، يجب أن يكون النحاس المُستخدَم في التمديدات الكهربائية نقيّاً؛ لذا تُستخدَم عملية التحليل الكهربائي في تنقية الفلزّات، مثل النحاس، بعد عمليات استخلاصه من خاماته؛ إذ يحتوي على شوائب، مثل الخارصين والحديد والذهب والفضّة والبلاتين. وحتى تتم تنقيته، يُشكّل النحاس غير النقي على شكل قوالب تمثل المصعد في خلية التحليل الكهربائي، ويوصّل المهبط بشريحة رقيقة من النحاس النقي، ثم يُغمران في محلول كبريتات النحاس CuSO_4 .

وعند تمرير تيار كهربائي في الخلية تحدث التفاعلات الآتية:



ومع استمرار تأكسد النحاس واختزاله تنتقل ذراته من المصعد إلى المهبط، وتتأكسد ذرات الفلزّات (الشوائب) التي لها جهد اختزال أقل من النحاس، كالخارصين والحديد، مُكوّنة أيونات Zn^{2+} و Fe^{2+} على الترتيب، وتبقى هذه الأيونات ذائبة في المحلول، أمّا الذهب والفضّة والبلاتين فإنّ جهد اختزالها أعلى من جهد الخلية المستخدم؛ لذلك لا تتأكسد ذراتها، وتتجمّع في قاع الخلية، وتكون درجة نقاوة النحاس الناتج نحو 99.9%.

سؤال : يُراد تنقية قوالب من النيكل Ni باستخدام التحليل الكهربائي ،

- (1) ما القطب الذي يجب أن تمثله القوالب غير النقية ؟
- (2) ما المادة التي يجب استخدامها في القطب الآخر ؟
- (3) اقترح محلولاً يمكن استخدامه في هذه الخلية ؟

الربط مع الحياة



خلايا الوقود

هي خلايا جلفانية تنتج الطاقة الكهربائية من تفاعل غازي الأكسجين والهيدروجين وفق المعادلة الآتية: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ ، وتتميز عن البطاريات بأنها لا تنضب ولا تحتاج إلى شحن، وقد استخدمت هذه الخلايا في تزويد المركبات الفضائية بالطاقة، وتستخدمها المستشفيات في توليد الطاقة حال انقطاع التيار الكهربائي، وتستخدم في عدة دول في تشغيل بعض الحافلات والسيارات.



الربط مع الحياة



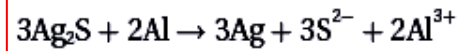
يحدث أحيانا انتفاخ لعلب الأغذية؛ أحد أسباب حدوثه تفاعل الأغذية الحامضية مع الفلز المكون للعلبة المحفوظة فيها، وينتج عن ذلك غاز الهيدروجين؛ مما يتسبب في انتفاخ العلبة، وغالباً ما تكون هذه التفاعلات جزءاً من العوامل التي تُحدِّد مدة صلاحية هذه المنتجات.



الربط مع الحياة



تعرّض القطع الفضية للسواد مع الزمن بسبب تكوّن مادة كبريتيد الفضة Ag_2S على سطحها الخارجي. ويمكن إزالة هذه الطبقة بوضع هذه القطع الفضية بورق من الألمنيوم في وعاء يحتوي على محلول كربونات الصوديوم وملح الطعام وتسخينه، فتأكسد ذرات الألمنيوم وتختزل أيونات الفضة حسب المعادلة:



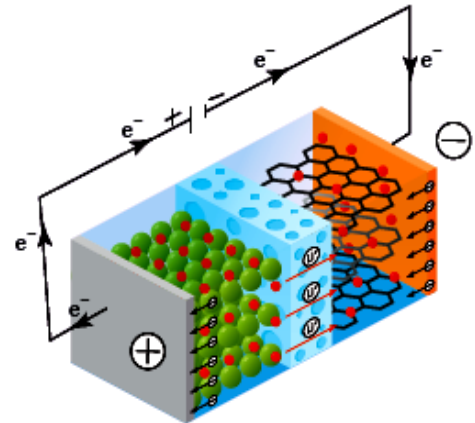
فتستعيد القطع الفضية لمعانها وبريقها.

الربط مع الحياة



شحن البطارية

تجمّع البطاريات القابلة لإعادة الشحن بين كيميائ كل من الخلايا الجلفانية وخلايا التحليل الكهربائي. فعند استخدام الأجهزة المحتوية عليها، كالهاتف الخليوي أو السيارة الكهربائية، تُحوّل الطاقة الكيميائية إلى كهربائية؛ أي تعمل كخلية جلفانية، أما عند شحن البطارية فإنها تعمل كخلية تحليل كهربائي تُحوّل الطاقة الكهربائية، التي تزود بها، إلى كيميائية؛ حيث ينعكس اتجاه حركة الإلكترونات فيها، ويحدث التفاعل العكسي للتفاعل المنتج للتيار الكهربائي في البطارية.



أسئلة متنوعة

سؤال (1)

أدرس الجدول الآتي، الذي يتضمّن جهود الاختزال المعيارية لبعض المواد، ثمّ أجب عن الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	E° (V)
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1.33
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	- 0.14
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Au}$	1.5

1- أحرّد أقوى عامل مؤكسد وأقوى عامل مختزل.

2- أستنتج أي الفلزّات تختزل أيونات $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ولا تختزل أيونات Sn^{2+} ؟

سؤال (2)

أفكر: أرتب الفلزّات ذوات الرموز الافتراضية Z، Y، X وفق قوتها كعوامل مختزلة إذا علمت أن: الفلز X يختزل أيونات Z^{2+} ولا يختزل أيونات Y^{2+} .

سؤال (4)

أفكر: أفسّر استخدام المغنسيوم أو الخارصين في الحماية المهبّطية للحديد.

سؤال (3)

1- أكتب معادلة التفاعل الكلي الذي يحدث في بطارية الرصاص الحمضية خلال شحنها.

2- أفسّر: يُعدّ تآكل الحديد خلية جلفانية.

سؤال (5)

أدرس الجدول الآتي، الذي يوضّح جهد الخلية المعياري لعدد من الخلايا الجلفانية المكوّنة من الفلزّات ذوات الرموز الافتراضية (A, B, C, D, E)، وجميعها تكون أيونات ثنائية موجبة، ثمّ أجب عن الأسئلة الآتية:

E°_{cell} (V)	المصدر	قطبا الخلية
1.3	D	D-B
1.5	E	E-B
0.4	C	C-E
0.3	B	A-B

أ. أحرّد الفلزّ الذي له أعلى جهد اختزال معياري: D أم C.

ب. أحرّد أقوى عامل مؤكسد.

ج. أتنبأ. هل يمكن تحريك محلول نترات E بمعلقة من A؟ أفسر إجابتي.

د. أحرّد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك في الخلية الجلفانية المكوّنة من نصف خلية $E^{2+}|E$ ونصف خلية $D^{2+}|D$.

هـ. أحسب جهد الخلية المعياري للخلية الجلفانية المكوّنة من نصف خلية $C^{2+}|C$ ونصف خلية $B^{2+}|B$.

سؤال (6)

- 1- أفسر. لا تُختزَلُ أيونات Zn^{2+} و Fe^{2+} ، التي توجد ذراتها على شكل شوائب مع النحاس، خلال عملية تنقيته بالتحليل الكهربائي.
- 2- أفسر، مستعيناً بمعادلات كيميائية، استبدال أقطاب الجرافيت المُستخدمة في خلية هول - هيروليت بشكل دوري.

سؤال (7)

أفكر: أفسر: دور كبريتات الصوديوم في عملية التحليل الكهربائي للماء.

سؤال (8)

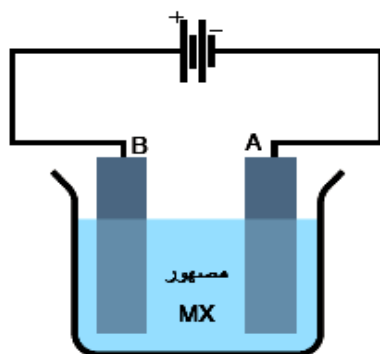
- أ . لا يمكن تحضير غاز الفلور بالتحليل الكهربائي لمحلول NaF.
- ب. تكون الكلفة الاقتصادية لإعادة تدوير الألمنيوم أقل من كلفة استخراجها من خام البوكسيت.

سؤال (9)

- أتوقع. بالرَّجوع إلى جدول جهود الاختزال المعيارية، أتوقع نتائج التحليل الكهربائي لمحاليل الأملاح الآتية:
- أ . يوديد المغنيسيوم MgI_2 . ب. نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$. ج. كبريتات الكوبلت $CoSO_4$.

سؤال (10)

أدرس الشكل المجاور، الذي يمثل خلية تحليل كهربائي لمصهور المركب الأيوني MX باستخدام أقطاب من الجرافيت أُعطيت الرموز A و B، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:



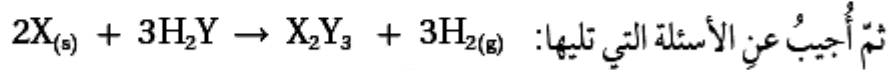
- أ . أحدد المصعد والمهبط في الخلية.
- ب. أحدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك، واتجاه حركة الأيونات الموجبة والسالبة داخل المحلول باستخدام الأسهم.
- ج. أحدد القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد.
- د . أحدد القطب الذي تتكوّن عنده ذرات العنصر M.

سؤال (11) : قارن بين الخلية الغلفانية و خلية التحليل الكهربائي حسب الجدول الآتي

الخلية من حيث	الخلية الغلفانية	خلية التحليل الكهربائي
تحوّلات الطاقة		
شحنة المصعد وما يحدث عليه		
شحنة المهبط وما يحدث عليه		
تلقائية التفاعل		
إشارة E°_{cell}		

سؤال (12)

أدرُسُ معادلةَ التفاعل الكيميائي، التي تتضمن رموزاً افتراضيةً للفلز X واللافلز Y وعنصر الهيدروجين:



أ - حدد التغير في عدد تأكسد X ب - حدد التغير في عدد تأكسد Y ج - حدّد العامل المؤكسد.

سؤال (13)

نصف تفاعل الاختزال	E° V
$A^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons A_{(s)}$	0.80
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons B_{(s)}$	1.66
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons C_{(s)}$	1.5
$D^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons D_{(s)}$	2.71
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons M_{(s)}$	0.28

يبيّن الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود الاختزال المعيارية E° للعناصر (A, B, C, D, M). إذا عَلِمْتُ أَنَّ ترتيبَ العناصر حَسَبَ قُوَّتِهَا كعوامل مختزلة، هو: $D > B > M > A > C$ ، وأنه عند وصل القطب M بقطب الهيدروجين المعياري تتحرّك الإلكترونات من M إلى قطب الهيدروجين، فأجيب - مُستعيناً بالمعلومات السابقة - عن الأسئلة الآتية:
أ - أكتب إشارة قيم جهود الاختزال المعيارية E° للعناصر A, B, C, D, M.

ب - أستنتج. ما العنصر الذي يمكن استخدامه وعاء مصنوع منه لحفظ محلول يحتوي على أيونات A^+ ؟

ج - أستنتج. ما العامل المؤكسد الذي يؤكسد D ولا يؤكسد M؟

سؤال (14) : استُخدمت أنصافُ الخلايا المعيارية للفلزات ذات الرموز الافتراضية الآتية:

المصعد	E°_{cell} V	الخلية الجلفانية
E	0.16	E-D
E	0.78	E-L
T	1.93	T-E
E	0.30	E-M
R	0.32	R-E

T, R, D, M, L مع نصف خلية الفلز E المعيارية لتكوين خلايا جلفانية، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي. أدرُسُه جيّداً، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ - أرْتبُ الفلزات متضمّنة الفلز E حَسَبَ قُوَّتِهَا كعوامل مختزلة.

ب - أحسبُ جهدَ الخلية المعياري E°_{cell} للخلية المكوّنة من الفلزين T, R.

ج - ما الفلزان اللذان يُشكّلان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟

د - هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح الفلز D في وعاء من الفلز R؟ أفسر إجابتي.

سؤال (15)

E°_{cell} V	القطب الذي يُشكّله الفلز X	قطب الخلية
0.78	مهبط	M-X
0.15	مصعد	X-N
0.74	مصعد	X-L

يتضمّن الجدول المجاور ثلاث خلايا جلفانية يُشكّل الفلز X أحد أقطابها مع أحد الفلزات ذات الرموز الافتراضية M, N, L ومعلومات عنها. أدرُسُه جيّداً، ثم أجب عن الأسئلة:

1) رتب الفلزات السابقة حسب قوتها كعوامل مختزلة

2) احسب الجهد المعياري للخلية المكوّنة من الفلزين M - N

3) الفلز الذي يمكن حفظ محلول أحد أملاحه في وعاء مصنوع من أي من الفلزات الثلاث المتبقية هو

سؤال (16)

عند استخدام آلة تصوير ذات بطارية قابلة لإعادة الشحن، أُجيبُ عن الأسئلة الآتية :
أ. قارن تحولات الطاقة خلال عمليتي الاستخدام والشحن.
ب. فسّر. تعمل هذه البطارية كخلية جلفانية وخلية تحليل كهربائي.

سؤال (17) : وضح أهم ميزات وآلية حدوث التفاعلات داخل بطارية أيون الليثيوم الإجابة :

تتأكسد ذرات الليثيوم Li عند المصعد متحوّلة إلى أيونات Li^+ ، ثم تنتقل عبر المحلول الإلكتروليتي باتجاه المهبط، بينما تتحرّك الإلكترونات عبر الدارة الخارجية من المصعد إلى المهبط؛ حيث تختزل أيونات الكوبلت من Co^{4+} في أكسيد الكوبلت CoO_2 إلى Co^{3+} في $LiCoO_2$ ، وهي عملية يعكس مسارها خلال شحن البطارية، فيتأكسد $LiCoO_2$ وتحرّك أيونات الليثيوم Li^+ عبر المحلول الإلكتروليتي باتجاه نصف خلية الجرافيت؛ حيث تُختزل. تستمد بطارية أيون الليثيوم ميزات من أن لليثيوم أقل جهد اختزال معياري؛ أي أنه أقوى عامل مختزل، وكذلك فإنه أخفّ عنصر فلزي؛ حيث إن 6.941 g منه (كتلته المولية) كافية لإنتاج 1 مول من الإلكترونات؛ أي أن البطارية خفيفة الوزن، وكثافة طاقتها عالية، ويمكن إعادة شحنها مئات المرات.

سؤال (18)

خلية جلفانية مكوّنة من نصف خلية الرصاص $Pb^{2+}|Pb$ ونصف خلية الكروم $Cr^{3+}|Cr$. إذا علّمت أن تركيز أيونات Cr^{3+} يزداد عند تشغيل الخلية، فأجب عما يأتي:
أ - حدّد المصعد والمهبط في الخلية الجلفانية.
ب - توقع التغيّر على كتلة قطب الرصاص مع استمرار تشغيل الخلية.
ج- أكتب معادلة موزونة تمثل التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية.
د - أحسب، مُستعيناً بجدول جهود الاختزال المعيارية، جهد الخلية المعياري (E_{cell}°).

سؤال (19) : التفاعل الذي يسلك فيه الهيدروجين كعامل مؤكسد هو:

