كيمياء عناصر المجموعة الرئيسة

الهيدروجين

الإعداد

د. حامد الصاعدي أكرم أمير العلي

1441 - 2020

الوجود:

1 – في حالته الحرة : يوجد الهيدروجين بكميات قليلة في الجو و في الغازات البركانية و حول الشمس.

2 – يوجد متحدا مع العناصر الأخرى :

أ – يمثل 0.1 % من وزن H_2O .

ب – يوجد الهيدروجين متحدا مع الأكسجين كأحد المكونات الرئيسة في أنسجة الحيوانات و النباتات.

ج – يوجد الهيدروجين متحدا مع الكربون في النفط و مع الكربون و الأكسجين في الشحوم و الخشب و الكربوهيدرات.

د – يمثل العنصر الرئيس في أغلب الحموض مثل HCl و H_2SO_4 .

التحضير :

1 – طريقة الإزاحة

أ – إزاحة أيونات الهيدروجين H^+: يمكن لعنصر يمتلك شحنة موجبة أعلى من الهيدروجين أن يزيحه من محاليله .

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H\ (atom)\ \ H_2\ (molecule)$$

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

❖ يمكن قياس قابلية ميل الفلز للإزاحة من خلال جهد القطب القياسي ، حيث تم ترتيب الفلزات في سلسة تعرف باسم السلسلة الدافعة الكهربائية حسب موقعها من الهيدروجين .

نصف التفاعل	جهد القطب القياسي
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	2.86
$Au^+ + e^- \rightarrow Au$	1.69
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	1.35
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.79
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	0.34
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0. 0 by definition
$Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$	-0.76
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1.66
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2.37
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2.71
$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2.93
$Li^+ + e \rightarrow Li$	-3.04

❖ السلسلة الدافعة الكهربائية هي قائمة بالفلزات والهيدروجين مرتبة حسب ميلها لفقد الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي.

❖ الفلزات التي يزيد فقدانها الإلكترونات عن الهيدروجين تُرتب قبله في السلسلة.

❖ تُرتب تلك التي يقل ميلها لفقد الإلكترونات عن الهيدروجين بعده في هذه السلسلة.

1 – الفلزات الموجودة **ما بعد الهيدروجين** مثل Na و K و Li تعتبر نشطة جدا ، فهي تتفاعل مع الماء البارد أو حمض الهيدروكلوريك بعنف و ينتج عن تفاعلها مع الحموض انفجارات عنيفة.

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaH + H_2$$
$$2K + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2$$

2– يتفاعل عنصري الباريوم و الكالسيوم مع الماء الساخن أو حمض الهيدروكلوريك الساخن كما يلي :

$$Ba + 2H_2O \rightarrow 2NaH + H_2$$

$$Ca + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2$$

3– يحل الخارصين و الألمنيوم محل الهيدروجين في المحاليل الحمضية و القلوية بسبب كون هيدروكسيدات تلك الفلزات أمفوتيرية.

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2\uparrow$$

$$Zn + 2OH^- \rightarrow ZnO_2^{2-} + H_2\uparrow$$

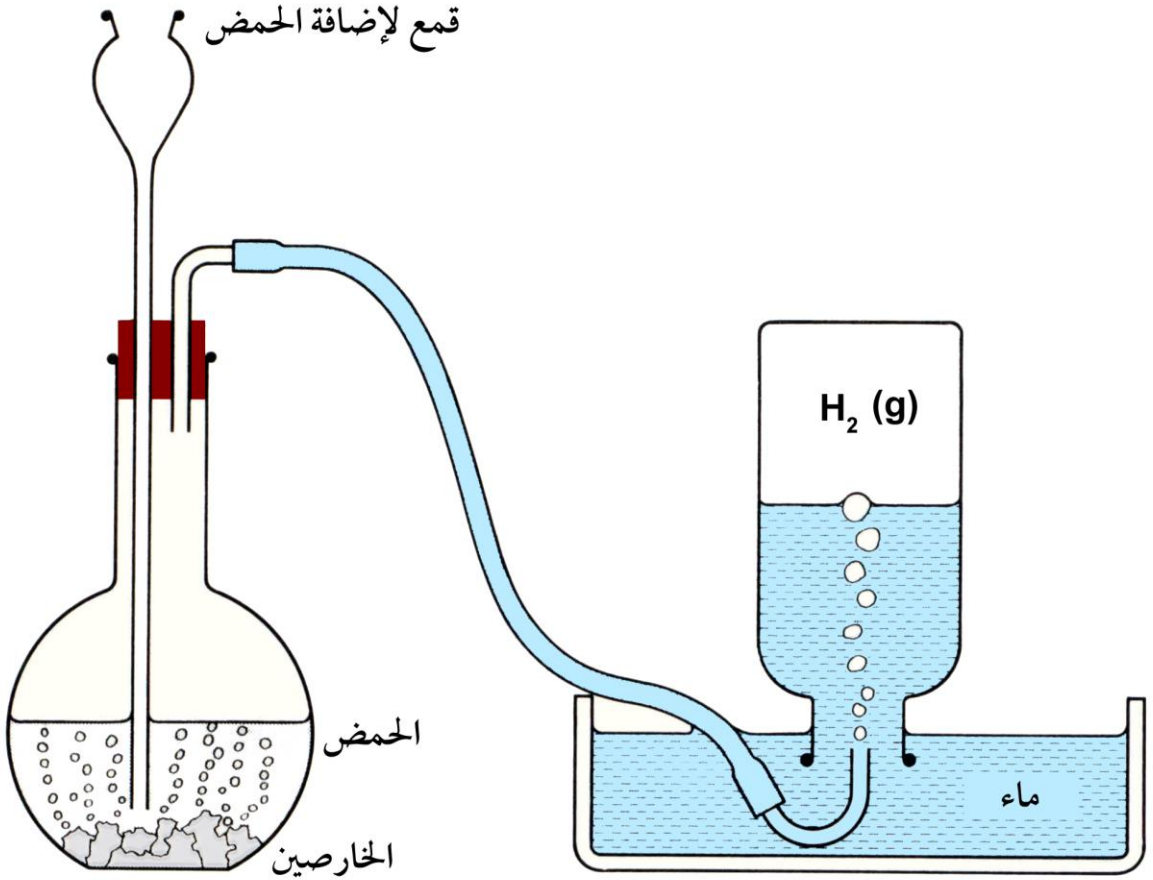
$$2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2\uparrow$$

$$Al + OH^- \rightarrow AlO_2^- + 3H_2\uparrow$$

4 – العناصر ما فوق الهيدروجين تتفاعل مع بخار الماء و تفاعلاتها عكسية

$$3Fe_{(red\ hot)} + 4H_2O \leftrightharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$$

5 – العناصر ذات القيمة الموجبة لا يمكن أن تحل محل الهيدروجين مباشرة من البخار أو الحموض المخففة ، و تعرف بالفلزات الخاملة ، مثال النحاس , الذهب و الفضة .



يمكن تحضير الهيدروجين في المختبر من خلال تفاعل أحد الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك :

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

يمكن تنقية غاز الهيدروجين الناتج من خلال إمراره في محلول قوي من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ لإزالة الشوائب الحمضية و كذلك إمرار الغاز الناتج فوق نحاس ساخن لإزالة AsH_3 و فوق كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لإزالة الرطوبة .

2 – طريقة استبدال ذرات الهيدروجين

يمكن استبدال ذرات الهيدروجين بتفاعل بخار الماء مع الحديد الساخن لدرجة الاحمرار عند درجة حرارة 800 درجة سيليزية و هذه الطريقة تستخدم لتحضير غاز الهيدروجين على النطاق التجاري.

$$3Fe_{(red\ hot)} + 4H_2O \leftrightharpoons Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$$

و في حالة الكربون فإن التفاعل يحدث عند درجة حرارة 1000 درجة سيليزية :

$$C_{(red\ hot)} + H_2O \leftrightharpoons CO + H_2\uparrow$$

يمكن إزالة أول أكسيد الكربون عن غاز الهيدروجين بالإسالة أي بتخفيض درجة الحرارة حيث يتم تسييل أول أكسيد الكربون أولا. أو يمكن لكلا الغازين أ، يتفاعلا مع بخار الماء بوجود عامل مساعد و هو أكسيد الحديد III و من ثم إمرار الغازات الناتجة بماء الجير فيتم إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون .

$$CO + H_2 + H_2O_{(steam)} \rightarrow CO_2 + H_2\uparrow$$

3 – طريقة تفكيك مركبات الهيدروجين

يمكن تفكيك مركبات مثل يوديد الهيدروجين HI و الأرسين AsH_3 و الأسيتيلين $HC{\equiv}CH$ و الأمونيا NH_3 و كبريتيد الهيدروجين H_2S ، للحصول على غاز الهيدروجين .

$$2HI + Heat \leftrightharpoons H_2\uparrow + I_2$$

$$3NH_3 + Heat \leftrightharpoons 3H_2\uparrow + 2N_2$$

4 – طريقة التحليل الكهربائي

تستخدم هذه الطريقة لتحضير غاز الهيدروجين بنقاوة عالية جدا .

أ – التحليل الكهربائي للماء H_2O بوجود حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl أو الكبريتيك المخفف H_2SO_4 كإلكتروليتات و استخدام قطب من البلاتين .

$$4H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

ب – يمكن استخدام التحليل الكهربائي الصودا الكاوية للتحضير غاز الهيدروجين بكميات تجارية باستخدام محلول كلوريد الصوديوم و الحديد كقطب كاثود و النيكل كقطب أنود .

$$2NaCl \rightarrow 2Na^{+} + 2Cl^{-}\uparrow$$

$$2Na+ + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$$

الخصائص الفيزيائية للهيدروجين :

1 – أخف غاز معروف لحد الآن ، فهو عديم اللون و الرائحة و الطعم .

2 – لغاز الهيدروجين خاصية الذوبان في الفلزات الصلبة بطريقة تعرف بالإطباق أو الإغلاق . فمثلا يمكن للبالاديوم أو النيكل تذويب لغز الهيدروجين 900 مرة أكبر من حجمها عند الضغط الجوي العادي ، لذلك في الكيمياء العضوية يستخدم النيكل المطحون عند درجة حرارة 300 درجة سيليزية لامتصاص غاز الهيدروجين و بالتالي يعمل النيكل كعامل مختزل .

$$H_2C=CH_2 \rightarrow H_3C-CH_3$$

3 – للهيدروجين ثلاثة نظائر و هي :

أ – الهيدروجين العادي ^{1}H

ب – الديوتيريوم ^{2}H

ج – التريتيوم ^{3}H

جميع تلك النظائر متشابهة في عددا الذري و لكنها تختلف في عددها الكتلي . و نسبة وجودها في الطبيعة هي 10^{7} و 10^{3} و 1 .

الخصائص الكيميائية للهيدروجين :

1 – التفاعل مع الفلزات :

يتحد الهيدروجين بشدة مع بعض العناصر مثل الصوديوم Na ، البوتاسيوم K ، و الكالسيوم Ca لتكون الهيدريدات .

$$2Na + H_2 \rightarrow 2NaH$$

$$Ca + H_2 \rightarrow CaH_2$$

عند تفاعل تلك الهيدريدات مع الماء H_2O فإنه يتشكل الهيدروكسيد و يتصاعد غاز الهيدروجين .

$$CaH_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

كما أنه يمكن للهيدروجين أن يتحد مع الفلزات الأدنى كهروموجبية مثل الزرنيخ As ناتجا عن ذلك هيدريدات غازية .

$$2As + 3H_2 \rightarrow 2AsH_3$$

عناصر المجموعة العاشرة مثل النيكل Ni ، البالاديوم Pd و البلاتين Pt تعمل على امتصاص الهيدروجين.

2 – التفاعل مع اللافلزات:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$H_2 + S \rightarrow H_2S$$

$$3H_2 + N_2 \leftrightharpoons 2NH_3$$

$$H_2 + F_2 \leftrightharpoons 2HF$$

$$2H_2 + C \leftrightharpoons CH_4$$

3 - غاز الهيدروجين كعامل مختزل

حيث أنم الهيدروجين يتفاعل مع الأكسجين بسهولة مكونا الماء ، لذلك يمكن له أن يستعمل كعامل مختزل لإزالة الأكسجين من أكاسيد الفلزات التي هي أقل كهرموجبية من الهيدروجين .

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

4 – الهيدروجين الوليد

هو الهيدروجين المولد في لحظته و يعتبر أكثر نشاطا كيميائيا من الهيدروجين العادي. فمثلا لا يمكن اختزال كلوريد الحديديك $FeCl_3$ بالهيدروجين العادي , و لكن الهيدروجين الوليد الناتج من تفاعل الخارصين مع حمض الكبريتيك سوف يعمل على اختزال $FeCl_3$ بسرعة إلى كلوريد الحديدوز $FeCl_2$.

$$FeCl_3 + H \rightarrow FeCl_2 + HCl$$

$$KClO_3 + 6H \rightarrow + 3H_2O$$

الهيدريدات

- تعرف المركبات التي تنتج من اتحاد الهيدروجين مع أي عنصر باسم الهيدريدات.
- عند اتحاد الهيدروجين مع عناصر القطاع p تتكون الهيدريدات التساهمية
- عند اتحاد الهيدروجين مع عناصر القطاع s (ما عدا البيريليوم و المغنيسيوم) تتكون الهيدريدات الأيونية
- عند اتحاد الهيدروجين مع الفلزات الإنتقالية و اللانثنيدات تتكون الهيدريدات الفلزية ، حيث مظهرها يكون مشابها للفلزات و موصلة للتيار الكهربائي و لكنها تختلف عن الفلزات في كونها هشة .

استخدامات الهيدروجين :

1 – تكوين غاز الامونيا NH_3 .

2– تكوين الميثانول CH_3OH .

3 – هدرجة الزيوت باستخدام قطع النيكل للحصول على الدهون .

4 – الدخول في عملية التلحيم .

5 – يستخدم في وقود الصواريخ .