

## الهيدروجين

### 1- مقدمة

يعتبر الهيدروجين أكثر العناصر خفة وأبسطها بنية إذ تحتوي ذرته على بروتون واحد يدور حوله إلكترون واحد وبذلك تكون البنية الإلكترونية للهيدروجين  $1S^1$ .

يشبه الهيدروجين عناصر الفصيلة الأولى لاحتوائه على إلكترون على الطبقة الأخيرة، يمكن أن تفقده الذرة عند تفاعل الهيدروجين مع العناصر شديدة الكهرسلبية ويتحول إلى بروتون أو شاردة  $H^+$ . ومن ناحية أخرى فهو يشابه عناصر الفصيلة السابعة (الهالوجينات) كونه بحاجة إلى إلكترون واحد للوصول إلى البنية الإلكترونية الخاملة لغاز الهليوم ونحصل على الشاردة الهيدريد وهي  $H^- (1S^2)$

كما يمكن اعتبار ذرة الهيدروجين ذات مدار إلكتروني نصف ممتلئ لأنها تحتوي على إلكترون في مدار امتلاؤه إلكترون ، فتشبه بذلك التركيب الإلكتروني لعناصر الفصيلة الرابعة (فصيلة الكربون). لذلك يدرس الهيدروجين بشكل منفرد ولا يصنف مع فصيلة معينة.

نادرا ما يوجد الهيدروجين حرا في الطبيعة، وقد دلت الدراسات على وجوده بكميات كبيرة في جو الشمس والنجوم، ويوجد متحدا مع الكربون مثلا في الفحم الهيدروجينية المشكلة للبتروكيمياويات وينطلق مع غازات البترول والبراكين، ويعتبر الماء المخزن الكبير للهيدروجين إذ يشكل هذا الأخير ما يعادل 9/1 وزن الماء. كما يدخل الهيدروجين في تركيب الكائنات الحية، النبات وفي تركيب الحجارة والفحم الحجري.

### 2- نظائر الهيدروجين

لهيدروجين ثلاثة نظائر:

الأول  $^1_1H$  الهيدروجين العادي،

الثاني  $^2_1H$  وكتلته تقارب ضعف النظير الأول ويسمى بالديتريوم ويرمز له بـ D وتحتوي نواته على نوترون وبروتون،

الثالث  ${}^3_1\text{H}$  وكتلته تقارب ثلاثة أضعاف النظير الأول ويدعى بالترتيوم ويرمز له بـ T وتحتوي نواته على بروتون ونيوترونين.

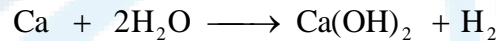
### 3- تحضير الهيدروجين

#### 3 – 1 تحضير الهيدروجين مخبريا

يحضر الهيدروجين مخبريا اعتمادا على إزاحته من مركباته بواسطة العناصر التي تقع فوق السلسلة الكهركيميائية أو بتحليل الماء كهربائيا.

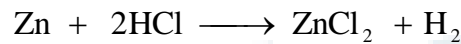
#### 1-تأثير معدن على الماء:

يمكن استخدام المعادن القلوية أو القلوية الترابية وذلك بإرجاع  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) إلى الهيدروجين:



#### 2-تأثير معدن على الحموض الممددة:

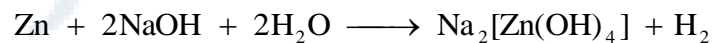
مثل حمض كلور الماء وحمض الكبريت مع التوتياء:



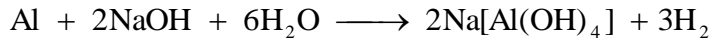
ولا يستعمل حمض الأزوت حتى الممدد جدا لأنه لا يعطي الهيدروجين بل يعطي أحد أكاسيد الأزوت.

#### 3- تأثير المعادن المذبذبة على القلويات:

يتفاعل الألمنيوم والتوتياء مع القلويات مثل تفاعلها مع الحموض لتطلق الهيدروجين لأنها عناصر مذبذبة حسب المعادلات:



زنكات الصوديوم



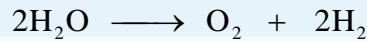
ألومينات الصوديوم

مع العلم أن زنكات الصوديوم يمكن أن تكتب بشكل آخر  $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$  وكذلك ألومينات الصوديوم تكتب بالشكل  $\text{NaAlO}_2$ .

#### 4- التحليل الكهربائي للماء

يحضر الهيدروجين مخبريا وصناعيا من التحليل الكهربائي للمحاليل المائية الممددة (الحموض: مثل محلول حمض الكبريت، الأسس: مثل محلول ماءات الصوديوم والبوتاسيوم، الأملاح: مثل كلوريد الصوديوم) وذلك بسبب صعوبة تحضير الهيدروجين من الماء النقي حيث تكون طاقة تحطيم الروابط بين الأكسجين والهيدروجين 70 K.Cal.

والتحليل الكهربائي للمحاليل المائية الممددة يعطي الهيدروجين على المهبط والأكسجين على المصعد كما لو أن الماء هو الذي تحلل حسب المعادلة:

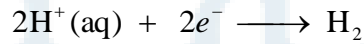


عندما نستخدم محلول حمض الكبريت الممدد يحصل ما يلي:

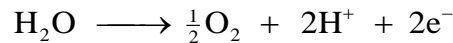
يتشرد حمض الكبريت حسب المعادلة:



تتجه الشوارد الموجبة  $\text{H}^+$  نحو المهبط وتأخذ إلكترونات لترجع إلى الهيدروجين الذي يتحد مع نفسه مطلقا غاز الهيدروجين  $\text{H}_2$ :

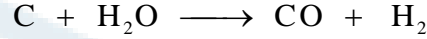


ومن ناحية أخرى يكون انفراغ الماء على المصعد أسهل من انفراغ شاردة الكبريتات لأن أكسدة الماء تتم عند كمون أخفض من كمون أكسدة الكبريتات:

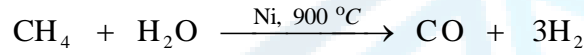


### 3 - 2- تحضير الهيدروجين صناعيا

يحضر الهيدروجين بشكل عام من تأثير بخار الماء على الفحم الكوك أو على فحوم هيدروجينية، ويتم ذلك بامرار بخار الماء على الفحم الكوك المسخن حتى الدرجة 1200°C فيتم التفاعل:



أما في حالة الفحم الهيدروجيني فيمزج بخار الماء مع الفحم الهيدروجيني، غاز الميثان CH<sub>4</sub> مثلا- ويمرر المزيج على الحفاز مثل النيكل عند الدرجة 900°C فيتم التفاعل:



يسمى المزيج الغازي الناتج (CO + H<sub>2</sub>) بغاز الماء.

#### 4- خواص الهيدروجين الفيزيائية

الهيدروجين غاز لا لون له ولا رائحة , لا يذوب في الماء، وهو أخف الجزيئات الغازية،

يتميع بالضغط ودرجات حرارة أقل من (-240°C)، يغلي الهيدروجين السائل بالدرجة (-253°C) تحت الضغط الجوي ويتجمد بالدرجة -259°C

يذوب الهيدروجين بشكل جيد في بعض المعادن الانتقالية مثل Pt، Ni و Ti حيث يشكل معها محاليل صلبة بحيث تدخل ذرات الهيدروجين في الفراغات الموجودة في البنية البلورية لهذه المعادن.

وتعتبر سرعة انتشار الهيدروجين في الأوساط أكبر من سرعة انتشار بقية الغازات وتزداد بزيادة الضغط.

#### 5- الخواص الكيميائية للهيدروجين

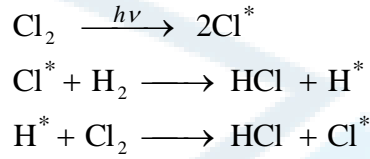
يعتبر الهيدروجين خاملا نسبيا في درجات الحرارة العادية ويرتبط في معظم مركباته برابطة مشتركة مع العناصر الأخرى.

1-تفاعله مع الهالوجينات: يتفاعل الهيدروجين بشكل متباين مع الهالوجينات، حسب شدة التفاعل وكمية الحرارة المنتشرة.

فمع الفلور يكون تفاعله انفجاريا حتى في الظلام:



أما مع الكلور فلا يتم إلا بالتسخين أو بفعل أشعة ضوئية ويكون التفاعل سلسليا حيث يجري التفاعل حسب التفاعلات التالية:



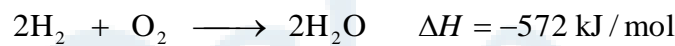
بينما تفاعله مع البروم أكثر تعقيدا ويحتاج إلى تسخين:



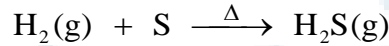
في حين لا يكون التفاعل مع اليود تاما:



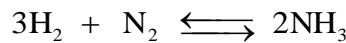
2- احتراقه بالأكسجين: يحتاج تفاعل الاحتراق إلى طاقة تنشيط كحصول شرارة أو اشتعال عود ثقاب، حيث يحترق الهيدروجين مع الهواء بلهب أزرق بتفاعل ناشر للحرارة ومشكلا الماء، تبلغ درجة حرارة اللهب  $2800^\circ\text{C}$ :



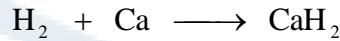
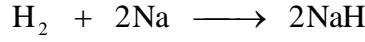
3- تفاعله مع الكبريت: يتفاعل الهيدروجين مع مصهور الكبريت أو بخاره لإعطاء غاز كبريت الهيدروجين:



4- تفاعله مع الآزوت: يتفاعل الهيدروجين مع الآزوت بشروط مناسبة من الضغط والحرارة ووجود حفاز مناسب لإعطاء النشادر:

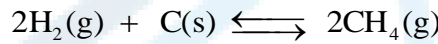


5-تفاعله مع المعادن: يتفاعل الهيدروجين مع المعادن العالية الكهربية مثل المعادن القلوية والقلوية الترابية ويشكل مركبات تدعى الهيدريدات وهي مركبات بلورية ذات بنية شاردية تحتوي على شاردة الهيدروجين السالبة  $H^-$



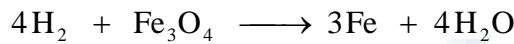
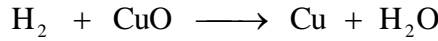
ويكون الهيدروجين في هذه الحالة جسيما مؤكسدا.

6-تفاعله مع الكربون: يحتاج حدوث التفاعل بين الهيدروجين والكربون إلى درجات حرارة مرتفعة ووجود حفاز مناسب حيث يتشكل غاز الميثان:

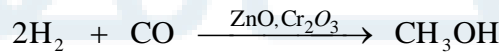


7-الخاصة المرجعة للهيدروجين: من أهم خواص الهيدروجين الخاصة الإرجاعية، فهو يرجع أكاسيد المعادن إلى المعادن

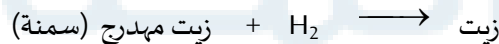
مثلا إرجاع أكسيد النحاس إلى النحاس وأكسيد الحديد إلى حديد:



8-تفاعله مع أول أكسيد الكربون حسب الشروط لإعطاء مركبات عديدة أهمها الميثانول:



9-يتفاعل الهيدروجين مع الفحوم الهيدروجينية غير المشبعة لإعطاء فحوم هيدروجينية مشبعة وتسمى العملية بالهدرجة، مثال:



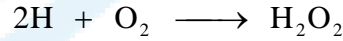
## 6- الهيدروجين الذري

ينفصم جزيء H<sub>2</sub> إلى ذرات بالحرارة أو بواسطة أشعة ذات أطوال موجة محددة أو بالانفراج الكهربائي في ضغط منخفض:

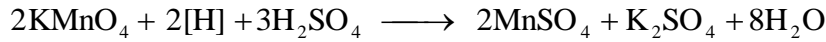


وعمر هذه الذرات قصير (نصف حياته 0.3 sec) بسبب إعادة تشكل الجزيء حتى في الضغوط المنخفضة. والهيدروجين الذري عامل مرجع أقوى من الهيدروجين الجزيئي وأكثر فعالية حيث يرتبط مع معظم عناصر الجدول الدوري دون الحاجة إلى طاقة تنشيط.

يتفاعل الهيدروجين الذري مع الأكسجين لإعطاء الماء الأكسجيني:



كما يرجع الهيدروجين الذري محلول برمنغنات البوتاسيوم KMnO<sub>4</sub> في حين أن الهيدروجين الجزيئي لا يقوم بهذا العمل:



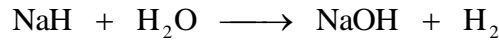
نحصل على الهيدروجين الذري لحظة تحضيره ثم يتحول إلى الشكل الجزيئي H<sub>2</sub> لذلك يمكن استخدامه في نفس وعاء تحضيره بحيث يتفاعل (بتفاعل إرجاع) قبل ارتباطه مع ذرة أخرى لتشكيل الشكل الجزيئي

## 7- مركبات الهيدروجين

يمكن تصنيف المركبات الهيدروجينية في قسمين بحسب درجة الأكسدة للهيدروجين وهي: (+1) لـ H<sup>+</sup> و (-1) لـ H<sup>-</sup> لكن من الأفضل تصنيفها بحسب طبيعة الروابط التي تتشكل بين الهيدروجين والعناصر، وبحسب هذا التصنيف تقسم المركبات الهيدروجينية إلى أربعة أنواع هي:

### 1- النوع الأول: مركبات ملحية (شاردية):

وهي مركبات شبيهة بالأملاح، الروابط فيها بشكل عام شاردية وتكون مع العناصر الكهربية (فصيلة أولى وثانية رئيسة) وتسمى بالهيدريدات وتحتوي على الشاردة H<sup>-</sup> مثل KH، NaH و CaH<sub>2</sub>. وهي مركبات بلورية صلبة تحتفظ بمعزل عن الهواء حتى لا تتأكسد. وتتحلمه هذه الهيدريدات بالماء مشكلة أساسا:



2-النوع الثاني: مركبات معدنية أو شبه معدنية:

وهي مركبات شبيهة بالمعادن، ناقلة للكهرباء أو نصف ناقلة، الروابط فيها بشكل عام معدنية أو شاردية وتتشكل مع العناصر الانتقالية بدخول ذرات الهيدروجين في الفراغات الموجودة في بنية المعدن البلورية فتسمى بالهيدريدات البينية (دخول ذرات الهيدروجين بين ذرات المعدن). في أكثر الأحيان لا تخضع هذه المركبات لقوانين التكافؤ الكيميائي.

3-النوع الثالث: الممتزجات أو ثنائية الجزيء أو على شكل سلاسل:

وهي مواد صلبة أو سائلة أو غازية، غير ناقلة للتيار الكهربائي، تتشكل مع العناصر المذبذبة والعناصر المحيطة بالعناصر المذبذبة، أي الموجود بشكل قطري من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوري، الروابط بشكل عام مشتركة.

4-النوع الرابع: مركبات جزيئية غازية أو سائلة سريعة التطاير على شكل جزيء واحد روابطها مشتركة مثل:  $\text{H}_2\text{S}$ ،  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{NH}_3$  و  $\text{HX}$  حيث  $\text{X}$  هالوجين.

### 8-استعمالات الهيدروجين

يستخدم الهيدروجين في صناعة الميثانول والنشادر المستخدم في صناعة الأزوت و نترات الأمونيوم وكذلك يستخدم في صناعة اليوريا المستخدم كسماد. بالإضافة إلى استخدامه في صناعة  $\text{HCL}$ . من ناحية أخرى يستخدم الهيدروجين في هدرجة المواد الدسمة.

أما في تفاعلات الأكسدة والإرجاع فيمكن استخدام الهيدروجين لإرجاع الأكاسيد بهدف الحصول على المعادن النقية.

ويعتبر الهيدروجين السائل ذو أهمية خاصة حيث يستخدم كوقود للصواريخ وكذلك تستعمل نظائر الهيدروجين  $\text{D}$  و  $\text{T}$  في التفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الهيدروجينية: