

الجزء الثاني  
كيمياء اللافلزات والفلزات

obeikandi.com

## المباب التاسع

الهيدروجين (Hgaroqen)

الرقم الذرى ١      الوزن الذرى ١.٠٠٨      الوزن الجزيئى ٢.٠١٦

يوضع الهيدروجين بسبب وزنه وعدده الذرى أول قائمة العناصر اذارتبت تبعالاحدى هاتين الخاصيتين وهو أول عنصر فى الترتيب الدورى . ولم يلاحظ وجود أية صلة مباشرة بين الهيدروجين وعناصر المجموعات الاخرى من حيث الخواص الكيميائية. ولقد كان موقع الهيدروجين فى الجدول الدورى من الصعوبات التى واجهت العلماء فى أول الامر ، فىمكن مثلا وضع الهيدروجين مع عناصر المجموعة الاولى الرئيسية حيث أنه يتحد مع كثير من اللافلزات ممطيا أيونا موجبا أحادى التكافؤ وبذلك فهو يشبه فلزات الاقلاء . كذلك يتمتع الهيدروجين بخواص اللافلزات ويتحد مع كثير من المعادن مكونا أيونا سالبا أحادى التكافؤ وبذلك يمكن ضم الهيدروجين إلى مجموعة الهالوجينات ( المجموعة السابعة الرئيسية ) .

ونظرا للوضع غير الطبيعى لغاز الهيدروجين فان هذا العنصر يشغل مع الهيليوم صفا واحدا فى النظام الدورى هو الدورة الأولى خلافا للعناصر الأخرى التى تشغل دورات تحتوى على ثمانية عناصر على الأقل .

**وجوده فى الطبيعة :**

قلما يوجد الهيدروجين بالقرب من سطح الارض نظرا لصغر كثافته بالنسبة لمكونات الهواء الجوى الاخرى ولو أنه يوجد مختلطا مع بعض العناصر والمركبات الأخرى التى تتصاعد من من البراكين . كما يوجد العنصر

بكميات قليلة جدا مغلقة في بعض خامات البوتاسيوم . وقد أثبتت التحاليل الطيفية وجود كميات محسوسة من الهيدروجين في كثير من الكواكب وبوفرة حول الشمس . ولما كان للهيدروجين ميل كبير للاتحاد بالعناصر الأخرى فإنه يوجد كأحد مكونات كثير من المركبات العضوية وغير العضوية وأهمها الماء .

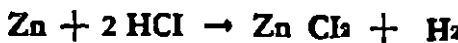
ويرجع الفضل في اكتشاف الهيدروجين إلى كافندش (١٧٦٦) عندما لاحظ تصاعد غاز قابل للاشتعال عند اذابة بعض الفلزات في الأحماض المخففة، كما توصل في عام ١٧٨١ إلى أن الماء يتكون باتحاد هذا العنصر مع الأكسجين . وقد تمكن لافوازيه بعد ذلك بعامين من تحليل الماء إلى مكوناته بامرار بخار الماء على يرادة الحديد الموراه .

### تحضير الهيدروجين :

أم الطرق المتبعة في تحضير الهيدروجين هي

١ - احلال فلز محل هيدروجين الأحماض :

تحل كثير من الفلزات النشطة ( التي تأتي قبل الهيدروجين في سلسلة الجهود الكهربائية ) محل هيدروجين الأحماض في المحاليل المخففة . فمثلا عند ذوبان الحارصين التجاري في حمض الهيدروكلوريك ، محل الفلز محل الهيدروجين الذي يتصاعد من المحلول



ويستخدم هذا التفاعل في العمل لتحضير الهيدوجين بواسطة جهاز كب المعروف، وعند استخدام الحارصين النقي فان تولد الهيدروجين يتوقف بعد فترة قصيرة وذلك لحدوث ظاهرة الاستقطاب مع العنصر شديد النقاوة .

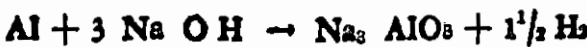
أما إذا أضيف إلى المحلول بضع قطرات من كبريتات النحاس أو وضعت بعض قطع من النحاس ملامسة للخارصين النقي فسرطان ماتزول ظاهرة الاستقطاب ويبدأ القلز في الذوبان ثانية . وعادة يكون الغاز الناتج غير نقي اذ يتكون معه بعض الغازات الأخرى مثل الارزين ( $AsH_3$ ) والفوسفين ( $PH_3$ ) وكبريتيد الهيدروجين ( $H_2S$ ) وهى تجعل الغاز الناتج غير مقبول الرائحة . ولتنقية الغاز تمرر نواتج التفاعل في محلول حامض لبرمنجنات البوتاسيوم ثم محلول هيدروكسيد قلوئى يحتوى على بلمبيد الصوديوم . ولتخليص الغاز مما قد يحتويه من شوائب الاكسجين يمرر في أنبوبة احتراق تحتوى على خراطه نحاس مسخنه الى درجة الاحمرار ثم يجفف الغاز بامراره على انايب كلوريد الكالسيوم أو زجاجات تنقية محتوية على حمض الكبريتيك للركز .

ويمكن إجراء التفاعل بين الخارصين وحمض الكبريتيك إلا أن الغاز للتكون يكون مصحوبا بكبيرة من ثانى اكسيد الكبريت اذا زاد تركيز حمض الكبريتيك عن حد معين وذلك لأن حمض الكبريتيك ذو التركيز المرتفع يسلك مسلك الموامل للأكسدة فيختزل بواسطة بعض الهيدروجين النشط المتصاعد بما للمادة



٢ - إحلل عنصر محل هيدروجين القلويات .

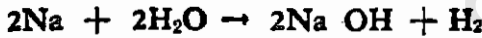
تنوب بعض العناصر ذات الخواص المترددة في محاليل القلويات للركزه ويتصاعد الهيدروجين . فمثلا يتفاعل الالومنيوم مع هيدروكسيد الصوديوم وفقا للمادة



وتتكون الومينات الصوديوم ويتصاعد الهيدروجين . كذلك بتفاعل السليكون والزنك مع الفلزيات حيث تنتج أرنث و سليكات الصوديوم  $(Na_4SiO_4)$  وزنكات الصوديوم  $(Na_2ZnO_2)$  على الترتيب .

٣ — احلال فلز محل هيدروجين الماء :

تتفاعل بعض الفلزات النشطة التي تأتي في قمة سلسلة الجهود الكهربائية وخاصة الاقلاء ( كالصوديوم أو البوتاسيوم ) بشدة مع الماء البارد ويتصاعد غاز الهيدروجين وتولد كمية كبيرة من الحرارة . واذا استخدمت كمية كبيرة من الفلز فان حرارة التفاعل تكون كافية لاشعال الغاز الناتج ولذلك فانه عند إجراء مثل هذه التفاعلات تقطع الفلزات إلى قطع صغيرة أو يقلل نشاطها بتكوين سبيكة مع بعض العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزرنيق . ويمكن جمع الغاز التصاعد في مخبر مملوء بالماء يوضع مقلوبا فوق قطعة الفلز المتفاعله ويكون المحلول الناتج قلوبا نتيجة لتكون هيدروكسيد الفلز . وفي حالة استخدام فلز الصوديوم يتم التفاعل كما يلي :



وبنفس الطريقة تتفاعل فلزات الاقلاء الارضية ( الكالسيوم والبايوم ) ولكن بسرعة أقل ، ويرجع ذلك إلى أن ذوبان هيدروكسيدات الاقلاء الارضية أقل من الاقلاء ، ولما كانت قابلية ذوبان هيدروكسيد المغنسيوم أقل بكثير فان هذا الفلز لا يتفاعل إلا مع الماء الساخن حيث تذوب طبقة الهيدروكسيد في الماء الساخن بسهولة وبذلك يتعرض سطح الفلز باستمرار للماء فيستمر التفاعل .

أما الفلزات الثقيلة مثل الحديد فانه لا يتفاعل مع الماء عند درجات الحرارة

العادية ولا يحدث معها تفاعل ظاهر في الماء المغلي، أما إذا أمر بخار الماء على الحديد المسخن لدرجة الاحمرار يتكون الهيدروجين وا أكسيد الفلز



ويرجع عدم تكوين هيدروكسيد الفلز (الأكسيد الممّاء) إلى أن هذا المركب يفقد كمية من الماء عند درجة الحرارة المرتفعة معطياً الأكسيد. ولا تحمل الفلزت عديمة النشاط والتي تأتي بعد الهيدروجين في سلسلة الجهود الكهربائية كالنحاس والذهب مثلاً محل الهيدروجين حتى في المحاليل الحامضية، ولذوبان هذه المعادن في الأحماض ماهية تختلف تماماً عن ذوبان العناصر النشطة.

تحضير الهيدروجين في الصناعة :

١ - طريقة بوش ( Bosch process )

يحضر الهيدروجين بطريقة بوش في الصناعة بفرض استخدامه في تحضير النشادر. وتجرى هذه الطريقة بامرار بخار الماء فوق المسخن على فحم الكوك المورى حيث يتكون مخلوطاً من الغازات يعرف بغاز الماء (Water gas) ويتركب هذا المخلوط من أول أكسيد الكربون والهيدروجين كما يحتوى على كمية صغيرة من ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين



والحصول على الهيدروجين النقي من المخلوط الناتج ينقى الغاز من ثانى

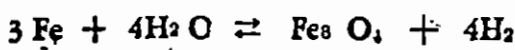
أكسيد الكربون بإذابته في الماء تحت ضغط مرتفع ويمكن التخلص من التروجين وأول أكسيد الكربون بإسالة الغازين أى بتكثيفها عند  $200^{\circ}\text{C}$  بمساعدة الهواء المتبخر. وللتخلص من الآثار الباقية من أول أكسيد الكربون يمرر الغاز فوق الجير الصودي أو كلس الترون حيث يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع أول أكسيد الكربون مكوناً فورمات الصوديوم



وتبلغ نقاوة الغاز درجة عالية بحيث يمكن استخدامه أيضاً في تجميد الزيوت. كذلك يمكن التخلص من أول أكسيد الكربون بأكسده إلى ثاني الأكسيد بواسطة بخار الماء في وجود عامل حافز (أكسيد الحديد المحترق على أكسيد الكروميك كمنشط) عند درجة حرارة لا تزيد عن  $400^{\circ}\text{C}$  ثم يستبعد ثاني أكسيد الكربون بإذابته في الماء تحت ضغط مرتفع. وبعد هذه العملية يتبقى جزء بسيط من أول أكسيد الكربون بدون تفاعل يمكن إزالته بامرار الغاز في محلول كلوريد النحاسوز النشاردى.

## ٢ - طريقة لين (Lane Process)

تعتمد هذه الطريقة على اكتشاف لافوازية بأن للآء ينحل معطياً غاز الهيدروجين عند امرار بخاره على الحديد للسخن لدرجة الاحمرار حيث يتحد الغاز مع أكسجين الماء مكوناً أكسيد الحديد المغناطيسى



وهذا التفاعل إنعكاسى، ولكى يسير التفاعل فى اتجاه تكوين الهيدروجين يمرر تيار مستمر من بخار الماء يعمل على إبعاد غاز الهيدروجين وبذلك تقل فرصة اختزال أكسيد الحديد للتكون بواسطة الهيدروجين.



وقد ازدادت أهمية هذه الطريقة بعد التوصل إلى إمكان اختزال أكسيد الحديد الناتج بواسطة غاز المولد (Generator Gas) وهو عبارة عن مخلوط من أول أكسيد الكربون والهيدروجين والنروجين .



ويتبادل عمليات إمرار بخار الماء وغاز المولد على الحديد وبالتالي على أكسيد الحديد يمكن الحصول على الهيدروجين بصورة مستمرة .

### ٣ - من الهيدروكربونات

يعتبر الميثان من أهم مكونات مخاليط الهيدروكربونات التي تستخدم في الحصول على الهيدروجين . وهناك طريقتان شائعتان، لهذا الغرض . في الحالة الأولى يجلد الغاز بواسطة الحرارة بمزل عن الهواء .



وتحت هذه الظروف يترسب الكربون المتكون على هيئة مسحوق ناعم جدا يسمى أسود الكربون (Carbon black) . أما الطريقة الثانية فيؤكسد الهيدروكربون جزئيا إلى أول أكسيد الكربون وتكون كمية صغيرة من الماء .



ويمكن التخلص من أول أكسيد الكربون كما هو مذكور تحت طريقة بوش . وتعرف عمليات التحلل الحراري المحفوزة بتفاعلات التكسير (Cracking)

٤ - تفاعل الماء مع كريد الكالسيوم :

عند تفاعل كريد الكالسيوم المسخن إلى درجة الاحمرار مع بخار الماء يتكون مخلوط الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون .



٥ - تفاعل هيدريد الكالسيوم مع الماء :

يتفاعل هيدريد الكالسيوم ( $\text{Ca H}_2$ ) الذي ينتج صناعياً تحت اسم الهيدروليت (Hydrolithe) مع الماء ويتكون هيدروكسيد الكالسيوم والهيدروجين .

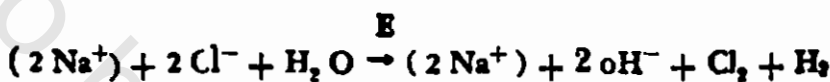


وفي هذا التفاعل تنتج كمية مضاعفة من الهيدروجين بالنسبة لتفاعل العنصر مباشرة مع الماء . ونظراً لارتفاع تكاليف إنتاج الهيدروجين بهذه الطريقة فقد بطل استخدامها في الصناعة إلا أن التفاعل يطبق للحصول على الغاز في ميادين القتال .

٦ - التحليل الكهربائي للماء :-

للماء التي عديم التوصيل للكهرباء تقريباً وذلك لعدم وجود أيونات كافية لملح الشحنات بين القطبين . ولزيادة قدرة الماء على التوصيل يضاف إليه مادة تساعد على التوصيل الكهربائي مثل حمض أو قلوي أو ملح . ويستخدم عادة لهذا الغرض حمض الكبريتيك أو هيدروكسيد البوديوم . ويتساعد الهيدروجين عند للهبط وكمية مكافئة له من الأكسجين عند للصد . والغاز المحضر بهذه الطريقة يكون أكثر نقاوة من الغاز المحضر

بالطرق الأخرى وقد يكون مصحوباً بكمية صغيرة من الأكسجين تستبعد من الخليط بإمراره على حرير صخري مبلتت ساخن . وكذلك يتكون الهيدروجين كنتاج جانبي مع الكلور في عمليات تحضير الصودا الكاوية من محاليل كلوريد الصوديوم للركزة .



وتستخدم أجهزة مختلفة للحصول على الهيدروجين بطريقة التحليل الكهربائي . وأهم الأجهزة المستخدمة في المعمل فولتامتر هوفمان Hofmann ويتركب من ثلاثة أفرع الأوسط متصل من اعلاه بمصدر لاضافة الماء بينما ينتهي كل من الطرفين الخارجيان بصنوبر لاستخلاص الغاز الناتج . ويتصل أحد الطرفين الخارجيين بالمصعد والآخر بالمهبط . وتكون النسبة بين كمية الهيدروجين والأكسجين المتولدة هي ١ : ٢ من حيث الحجم ١ : ٨ من حيث الوزن .

#### خواص الهيدروجين الطبيعية .

الهيدروجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة شحيح الذوبان في الماء (١٧,٥ سم<sup>٣</sup> في اللتر) والهيدروجين أخف من الهواء الجوي إذ تبلغ كثافته  $\frac{1}{14}$  من كثافة الهواء ولذلك استخدم في ملء البالونات وهو أصعب في اسالته من الهواء . ويستخدم الهيدروجين السائل في عمليات التبريد ويمكن بواسطته تحويل كل الغازات الأخرى عدا الهيليوم إلى الحالة الصلبة . وإذا ترك الهيدروجين السائل ليفعل تحت ضغط مخفف فانه يتجمد إلى كتلة صلبة كثافتها ٠,٠٨ جم / سم<sup>٣</sup> .

ويتميز غاز الهيدروجين على سطح بعض الفلزات مثل الذهب والبلاتين

والبالاديوم . وتتوقف كمية الغاز المنزعة بواسطة كمية معينة من الفلز على حالة الفلز ( درجة السحق ) ودرجة الحرارة وكذلك الضغط الذي يحدث عنده الأمتزاز . والذي يحدث عادة هو امتزاج طبيعي بين الغاز والفلز كما في حالة السبائك وليس تفاعلا كيميائيا . ويتميز الهيدروجين الممتز بنشاط كيميائي مرتفع فانه يتفاعل مع الاكسجين بسهولة بينما لا يتفاعل الهيدروجين العادي ، ويعتقد بأن الهيدروجين الممتز يكون متائنا أو منشطا بطريقة ما .

### الخواص الكيميائية للهيدروجين .

يشتمل الهيدروجين بسهولة وينتج عن إحتراقه للساه وبروكسيد الهيدروجين . ولا يدخل الهيدروجين بصورة واضحة في تفاعلات كيميائية عند درجة الحرارة العادية ولكنه ينشط بارتفاع درجة الحرارة حيث يتفاعل مع مركبات وعناصر متعددة . وأم تفاعلات الهيدروجين ما يتصل باستخدام الغاز كعامل مختزل . فهذا الغاز يتخذ مع الاكسجين الفلزي كما يختزل الأكاسيد الفلزية عند درجات الحرارة للترفعة مكوّنا الماء والفلز .

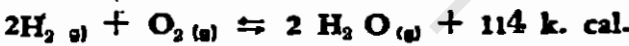


وتسمى هذه التفاعلات بتفاعلات تأكسد - إختزال وذلك لأن أكسيد النحاس أختزل إلى النحاس بينما تأكسد الهيدروجين إلى الماء . وقد وجد عمليا أن قدرة الهيدروجين على أخذ الاكسجين من الأكاسيد يتبع ترتيب العناصر في السلسلة الكيميائية . فبينما تختزل أكاسيد الفلزات النفيسة مثل الزئبق والذهب والبلاتين بمجرد التسخين نجد أن أخذ الاكسجين من أكاسيد الفلزات التي تقع بين الفضة والحديد في السلسلة لا يتم إلا بصعوبة باستخدام الهيدروجين كعامل مختزل . وكلما زاد ميل الفلز للحلال محل أيون الهيدروجين زداد صعوبة إختزال أكسيده بواسطة الهيدروجين .

ويُرجع ذلك إلى أن ميل تلك العناصر لاكتساب الشحنة الموجبة يكون أكبر من ميل الهيدروجين لها . ولهذا السبب فإنه يكون من الصعب استخلاص الفلزات التي تقع فوق الحديد في سلسلة الجهود الكهربائية من أكاسيدها بواسطة الهيدروجين .

#### ١ - الاتحاد بالأكسجين :

عند درجات الحرارة العادية لا يتفاعل الهيدروجين مع الأكسجين ولكن الاتحاد بين الغازين يتم عند درجة حرارة مرتفعة وتزداد سرعة التفاعل بارتفاع درجة الحرارة . كما أنه يمكن إصراع التفاعل في وجود عامل حافز (أكسيد الحديد المختزل) . وعند تسخين مخلوط من الهيدروجين والأكسجين بنسبة وجودهما في الماء فإن المخلوط يشتعل مع حدوث انفجار كما يحدث الانفجار إذا اشتعل الهيدروجين مباشرة في الجو أو بواسطة الشرارة الكهربائية . ولما كان التفاعل طاردا للحرارة .



فانه يستخدم في التهب الأوكسي هيدروجيني للحصول على درجة حرارة تصل إلى ٢٨٠٠° وتفاعل الهيدروجين مع الأكسجين انعكاسي عند درجات الحرارة المرتفعة حيث يتفكك الماء إلى مكوناته الأصلية مرة ثانية .

#### ٢ - التفاعل مع الفلزات :

يتفاعل الهيدروجين تحت ظروف مناسبة مع عدد من اللافلزات مكونا مركبات غازية . غير أن هذه التفاعلات تكون عادة - كما هو الحال مع الأكسجين - بطيئة عند درجات الحرارة المنخفضة وحال غياب عامل حافز . فعند خلط الكلور مع الهيدروجين في الظلام يكون التفاعل بطيئا ولكن

عند تعريض المخلوط لضوء الشمس فان التفاعل يتم بسرعة حيث يتكون كلوريد الهيدروجين .



وتعرف مثل هذه التفاعلات التي تتم في وجود ضوء الشمس أو التي يمكن اسراعها بالاشعاعات الضوئية بالتفاعلات الكيميائية الضوئية (Photochemical Reactions) . أما النيتروجين فلا يتفاعل مع الهيدروجين بدرجة ملحوظة إلا عند درجات الحرارة المرتفعة وفي وجود عامل حافز ويمكن اسراع التفاعل بزيادة الضغط . ويتكون الأرزين ( $AsH_3$ ) والفوسفين ( $PH_3$ ) بتفاعل مركبات الزرنيخ والفسفور مع الهيدروجين النشط (الذي يتكون بتفاعل الغازين مع حمض مخفف) . ويتكون كبريتيد الهيدروجين بتفاعل مماثل أو بتسخين الكبريت مع الهيدروجين الجزئي .

### ٣- التفاعل مع الفلزات .

يتفاعل الهيدروجين مع الفلزات النشطة (الأقلاد والأقلاد الأرضية) مكونا هيدريدات صلبة ملحية للظهر أيونية التركيب إذ أن مصهورها يوصل التيار الكهربائي ويتصاعد الهيدروجين عند اللصعد ، مما يدل على أن الهيدروجين في هذه المركبات يحمل شحنة سالبة أي أنه يكون الايون . وهذه المركبات ثابتة نسبيا لأن تفاعل الهيدروجين مع الفلز تفاعل طارد للحرارة . أما الفلزات غير النشطة فانها لا تكون هيدريدات إلا عند تفاعلها مع الهيدروجين النشط أو الهيدروجين الثري .

### نظائر الهيدروجين .

للبيدروجين ثلاث نظائر أمكن معرفتها بواسطة مطياف الكتلة وهي

الهيدروجين العادي والديوتيريوم والتريتيوم . وتكون نسبة النظائر هي  $٧١٠ : ٢ \times ١٠ : ١$  وهي تتميز بنفس الخواص الكيميائية نظرا لتشابهها في التركيب الالكتروني . ولا يؤثر اختلاف الوزن الذري الاعلى الخواص الفيزيائية . فالضغط البخاري للنظيرين الثقيلين أصغر من الضغط البخاري للهيدروجين ، بحيث يتركز النظيران في الأجزاء الأخيرة عند تبخير الهيدروجين السائل .

#### ١ - الديوتيريوم (الهيدروجين الثقيل) Deuterium

يوجد هذا النظير مع الهيدروجين العادي بنسبة تبلغ حوالي  $٠,٢\%$  حجما على وجه التقريب . ولا تؤثر هذه النسبة الضئيلة على الخواص العامة للهيدروجين . وبينما تتركب ذرة الهيدروجين من اليكترون يدور حول بروتون نجد أن نواة ذرة الديوتيريوم تتركب من بروتون ونيوترون يدور حولها اليكترون واحد أيضا . ويفصل الديوتيريوم عن الهيدروجين بواسطة عمليات متتالية من التقطير التجزيئي كما يحضر بالتحليل الكهربائي للماء الثقيل . ويمكن الحصول على الماء الثقيل من الماء العادي بالتحليل الكهربائي لكمية كبيرة من الماء (حوالي ٢٠ لترا) حتى ينخفض الحجم إلى ١٥ سم<sup>٣</sup> تقريبا حيث تحتوي هذه الكمية للتبقية على حوالي  $٦٥\%$  من اكسيد الديوتيريوم ( $D_2O$ ) . ويمكن باستمرار التحليل الكهربائي لهذه الكمية من الحصول على الماء الثقيل بدرجة عالية من النقاوة ومنه يحضر الديوتيريوم النقي .

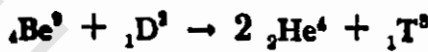
#### ٢ - التريتيوم . Tritium

التريتيوم نظير آخر للهيدروجين وزنه الذري ٣ . وتكون ذرة التريتيوم من اليكترون واحد أيضا يدور حول نواة تحتوي على بروتون

وينوزونين . وبالتحليل الكهربائي المستمر لكميات كبيرة من الماء الثقيل تبقى كمية من أكسيد التريتيوم ( $T_2O$ ) الذي يستخدم في تحضير التريتيوم . كذلك يحضر التريتيوم بواسطة بعض التفاعلات النووية ( Nuclear Reactions ) مثل قذف الليثيوم بالنيوترونات .



أو البريليوم بالديوترونات ( نواة ذرة الديوتيريوم )



والتريتيوم ذو نشاط إشعاعي ملحوظ ويستخدم في تجهيز القنابل الهيدروجينية .

### أنواع الهيدروجين :

#### ١ - الهيدروجين النشط ( Nacent hydrogen )

عند بدء تكون الهيدروجين عقب اتحاد أيونات الهيدروجين مع الأليكترونات فإنه يكون أكثر نشاطا من الهيدروجين العادي . فإذا مررنا تيار من الهيدروجين في محلول كلوريد الحديدك الحمض بمحضر الهيدروكلوريك فإن المحلول لا يظهر تغيرا في اللون أى أن الهيدروجين الجزيئى لا يختزل أيون الحديدك . أما إذا عولج محلول كلوريد الحديدك الحمض بقطع من الخارصين فإن اللون الأصفر الخاص بكلوريد الحديدك يختفى تدريجيا ويصبح المحلول أخضر اللون أى يكتسب لون أيون الحديدوز . وتفسر هذه الظاهرة بأن الهيدروجين الناتج عن تفاعل الزنك مع الحمض يتولد في صورة نشطه يمكنها اختزال أيون الحديدك . وقد ذكرت عدة آراء لشرح الاختلاف بين الهيدروجين النشط والهيدروجين الجزيئى منها أن الهيدروجين النشط يكون



في حالة ذرية وأن الذرات تكون أكثر نشاطا في التفاعلات الكيميائية . ويرجع ذلك إلى أن الجزيئات تتمتع كمية كبيرة من الطاقة لكي تتحول إلى الذرات التي يمكنها الدخول في التفاعلات الكيميائية . ورأى آخر يعتمد على أن الهيدروجين العادي يزداد نشاطه في التفاعلات الكيميائية تحت الضغوط العالية ، ويعتقد أن الهيدروجين النشط يتولد في المحلول تحت ضغط مرتفع جدا ومن ثم فانه يكون أكثر قدرة على الدخول في التفاعلات الكيميائية .

#### ٢ - الارثو والبارا هيدروجين ( Ortho - and para-hydrogen )

تركب ذرة الهيدروجين من اليكرون واحد يدور حول بروتون . ونظرا لعدم ثبات مثل هذا التركيب فان ذرة الهيدروجين تتحد مع ذرة أخرى مكونه جزيء الهيدروجين حتى تكتسب كل ذرة الترتيب الاليكتروني لأقرب غاز خامل وهو الهيليوم الذي يحتوي على اليكترونين في مستوى الطاقة الأول ( 1s ) وهو العدد اللازم لتشبع أول مستوى من مستويات الطاقة .

وكما أن جزيئات الغاز في حركة مستمرة وكما يدور الاليكترون دورانا مغزليا حول نفسه فان الذرات (وعلى وجه التحديد النواة) تدور أيضا حول نفسها دورانا مغزليا . فاذا كان دوران النواتين في اتجاه واحد فان الهيدروجين يصرف بالارثو هيدروجين (Orthohydrogen) . أما إذا كان دوران الذرتين في اتجاهين مختلفين سمى بالبارا هيدروجين (Parahydrogen) والهيدروجين المعروف خليط من الارثو والبارا هيدروجين في حالة اتزان بنسبة ٧٥٪ / أرثو و ٢٥٪ / بارا تقريبا . وتزداد نسبة البارا هيدروجين بانخفاض درجة الحرارة وتصل إلى ١٠٠٪ عند تبريد الخليط إلى درجة حرارة الهواء السائل لمدة طويلة تحت

ضغط . ولم تنجح التجارب التي اجريت حتى الآن في الحصول على الارثو هيدروجين بنسبة ١٠٠٪ .

## ٢ - الهيدروجين الثري

عند احداث تفرغ كهربائي خلال غاز الهيدروجين تحت ضغط منخفض (١.٠م) أو تسخين سلك من التنجستن أو البلاتين أو البالاديوم في غاز الهيدروجين تحت ضغط منخفض ، تتكون صورة نشطه للهيدروجين . ويكون ثبات الهيدروجين الثري تحت الضغوط المذكورة صغيرا لا يتعدى تلك الدقيقة ، الا أن هذا الوقت يكفي لاسرار نواتج التفكك إلى المواد التي ستتفاعل معها . والهيدروجين الثري سريع التفاعل مع بعض العناصر كالرصاص أو الكبريت مكونا هيدريدات هذه العناصر ، وعند اصطدام الهيدروجين الثري مع جسم صلب فإنه يتخلص من الطاقة الممتصة في عملية التفكك على هيئة حرارة قد تصل إلى ٥٠٠٠°م . وتستغل هذه الظاهرة في صهر المعادن ذات درجات الانصهار العالية ولحام تلك المعادن .

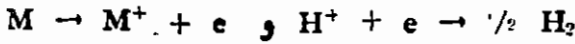
## استخدامات الهيدروجين :

بالاضافة إلى ما سبق ذكره من استخدامات الهيدروجين فالغاز يستخدم في كثير من الصناعات مثل تحويل الزيوت إلى دهون وفي تحضير النشادر وكلوريد الهيدروجين . ومن أهم استخدامات هذا الغاز تحويل الكربون حفزيا إلى هيدروكربونات سائلة وهي تعتبر بدلا للبتروول ، كذلك في تحضير الكحول الميثيلي باختزال أول أكسيد الكربون واستخلاص بعض الفلزات باختزال اكاسيدها .

## سلسلة الجهود الكهربائية :

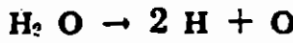
حيث أن عملية إحلال فلز محل أيون الهيدروجين عملية كهربائية تتم على

الوجه التالي



فقد لوحظ كما سبق ذكره أن ميل الفلز للحلال محل أيون الهيدروجين يتمشى تبعاً لسلسلة الجهود الكهربائية. وقد ترتبت العناصر في هذه السلسلة تبعاً لقيم الجهود الكهربائية للفلزات. ونبدأ هذه السلسلة بالاقلاء والاقلاء الأرضية وتنتهى بالذهب واللاتين ويقع الهيدروجين وسط هذه الفلزات. ويستطيع كل فلز في هذه السلسلة أن يحل محل العنصر الذى يليه كما أن الفلزات التى تأتى قبل الهيدروجين فى هذا الترتيب والمعروفة بالفلزات الموجبة للتكهرب تستطيع أن تحل محل أيون الهيدروجين فى الماء والأحماض. أما الفلزات التى تأتى بعد الهيدروجين فى هذه السلسلة فلا تحل محل هيدروجين للماء أو الأحماض. ويتضح ضعف نشاط العنصر كلما اتجهنا إلى أسفل فى السلسلة من ضعف ميله إلى تكوين الأيونات الموجبة فى المحلول. ويقبل ميل العنصر إلى الاتحاد مع اللافلزات كلما مررنا خلال السلسلة من أعلاها إلى أسفلها كما أن حرارة تكوين المركبات وثباتها يقل فى نفس الاتجاه. ومن ذلك يتضح أهمية هذه السلسلة من حيث أنها توضح إمكان تفاعل الفلز مع الماء أو الأحماض أو القلويات أو اللافلزات. ومن الواضح أنه لو رتبت الفلزات تبعاً لميلها الكيميائى فإنا سنحصل على سلسلة تشبه سلسلة الجهود الكهربائية غير أنه لإختلاف ظروف التفاعل فى هذه الحالة فإن السلسلة الكيميائية تختلف عنها إلى حد ما. فنشاط الفلزات بالنسبة لايوناتها فى المحلول تختلف قليلاً عن نشاطها عند درجات الحرارة المرتفعة وفى غياب المذيب. ولا تنطبق هذه السلسلة على التفاعلات التى تحدث فى مدييات أخرى كالأملاح المصهورة أو فى الحالة الغازية إلا من الناحية العامة وبمكسر النظر لتفاعلات الفلزات الشطة مع الماء أو الأحماض على أنها إحلال للفلز محل

أيون الهيدروجين ، أما تفاعل الفلزات مع بخار الماء عند درجات الحرارة المرتفعة فهو إحلال الفلز محل ذرة الهيدروجين ، حيث أن بخار الماء ينحل جزئياً عند درجات الحرارة المرتفعة إلى الهيدروجين والأكسجين .



وفيما يلي ملخص لسلسلة الجهود الكهربائية :

|  |                |     |   |
|--|----------------|-----|---|
| تحلل محل الهيدروجين في الماء               | ٢,٩٢ — K       | بو  |   |
| على البارد وتتفاعل بشدة مع الأحماض         | ٢,٩ — Ba       | با  |   |
|  | ٢,٧٦ — Ca      | كا  |   |
|  | ٢,٧١ — Na      | ص   | تتحد مع الاكسجين                                  |
|  | ٢,٣٤ — Mg      | مغ  | مغطية اوكاسيد لا تخترل                            |
|  | ١,٦٧ — Al      | لو  | بواسطة الهيدروجين                                 |
| تحلل محل الهيدروجين في الأحماض وبخار الماء | ١,٠٥ — Mn      | م   |   |
|  | ٠,٧٦ — Zn      | خ   |   |
|  | ٠,٦٥ — Cr      | كر  |   |
|  | ٠,٤ — Ca       | كد  |   |
|  | ٠,٤٤ — Fe      | ح   |   |
|  | ٠,٢٨ — Co      | كو  |   |
|  | ٠,٢٥ — Ni      | ني  |   |
| تحلل محل هيدروجين الأحماض                  | ٠,١٤ — Sn      | ق   | تتفاعل مع الاكسجين                                |
|  | ٠,١٣ — Pb      | د   | مغطية اوكاسيد تخترل                               |
|  | H <sub>2</sub> | يد  | بواسطة الهيدروجين                                 |
|  | Cu             | نح  |   |
|  | Bi             | بز  |   |
| تتفاعل مع الأحماض المؤكسدة مثل حمض النتريك | Sb             | نت  |   |
|  | ٠,٨٥ Hg        | بق  |   |
|  | ٠,٨ Aq         |     | تعطى اوكاسيد بطريقه غير افي مباشرة وهذه الاوكاسيد |
|  | ١,٢ Pt         | بلا | واوكاسيد الزئبق تفقد اوكسجينها بالتسخين           |
|  | ١,٦٨ Au        | ذ   |   |