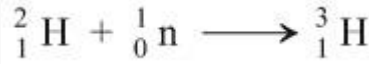


اكتشافه :-

يعود الفضل في اكتشاف الهيدروجين إلى العالم هنري كافيندش عام ١٧٦٦ حيث عرف الهيدروجين لأول مرة كمادة متميزة عن غيرها من الغازات القابلة للاشتعال. سمى كافيندش الغاز المنطلق الناتج عن تفاعل الفلزات مع الأحماض (بالهواء القابل للاشتعال) وفي عام ١٧٨١ اكتشف أنّ هذا الغاز يعطي باحتراقه الماء، لذلك ينسب اكتشاف هذا العنصر له. في عام ١٧٨٣، قام العالم لافوازية بمنح العنصر المكتشف اسم الهيدروجين، وذلك باشتقاق التسمية من الاغريقية ، حيث أن لفظة هيدرو تعني ماء ولفظة جين تعني مكوّن أو مولّد.

يرافق الهيدروجين في مركباته جميعها النظير isotope المسمى ديوتريوم deuterium ، واسمه يعني (الثاني) باليونانية ، ويرمز له بـ D. اكتشف هذا النظير الأميركي اوري عام ١٩٣٢. يستعمل هذا النظير في المفاعلات النووية كمهدئا للنترونات ، يختلف هذا النظير عن الهيدروجين العادي باحتواء نواته على نترون إضافة الى البروتون في الهيدروجين العادي . وهناك نظير آخر للهيدروجين هو التريتيوم tritium ، واسمه يعني (الثالث) باليونانية ويرمز له بالحرف T. تحوي نواته نترونين إضافة إلى البروتون، وقد حضره العالم الفاريز Alvarez بقذف الديوتريوم بواسطة النترونات:



تختلف النظائر الثلاثة عن بعضها في الخواص الكيميائية مثل ثابت الاتزان (Equilibrium Constant) ومعدل التفاعل (Rate of Reaction) فعلى سبيل المثال الهيدروجين العادي ${}^1\text{H}$ اكثر في سرعة الامتصاص على الاسطح واقل في طاقة التنشيط في التفاعلات مع الهلوجينات وبالتالي يتفاعل اسرع .

يحضر الديوتريوم بالتحليل الكهربائي للماء الثقيل D_2O والذي يمكن الحصول عليه من التحلل الكهربائي للماء العادي (عشرين لتر) حتى ينخفض الحجم الى 1.5 سم^٣ ويحتوي الحجم المتبقي على حوالي ٦٦% من الماء الثقيل وباستمرار التحليل الكهربائي يمكن الحصول على ماء ثقيل نقي نحصل منه على الديوتريوم .

لايمكن تميز الديوتريوم عن الهيدروجين كيميائيا غير ان هناك اختلاف في الخواص الفيزيائية منها

| العنصر | درجة الانصهار (K) | درجة الغليان (K) | درجة الانصهار (Kj mol ⁻¹) | ضغط البخار عند درجة الغليان Nm ⁻² |
|------------|-------------------|------------------|---------------------------------------|--|
| الهيدروجين | 13.95 | 20.55 | 0.12 | 101325 |
| الديوتريوم | 18.75 | 23.75 | 0.22 | 333306 |

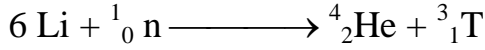
يمكن تحضير مركبات الديوتريوم باستخدام الماء الثقيل D_2O فيمكن الحصول على ND_3 مثلا من تفاعل نتريد المغنسيوم (MgN_2) مع D_2O كما يمكن تحضير D_2SO_4 من تفاعل SO_2 مع D_2O .

يحدث تبادل سريع بين الهيدروجين والديوتريوم القابلين للتاين غير ان الديوتريوم المرتبط تساهميا لايتبادل مع الهيدروجين المرتبط تساهميا الا بوجود عوامل مساعدة للدرجة وبفضل هذه الخواص التبادلية توجد للديوتريوم

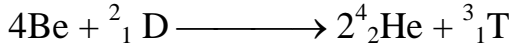
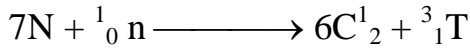
تطبيقات هامة لاسيما في دراسة ميكانيكية التفاعلات كما ويستعمل ايضا كنظير دال على سلوك الهيدروجين في التفاعلات .

يحضر التريتيوم (T) بالتحلل الكهربائي المستمر بكميات كبيرة من الماء الثقيل يتبقى جزء صغير من T_2O ومنه يحضر التريتيوم بواسطة بعض التفاعلات النووية مثل :

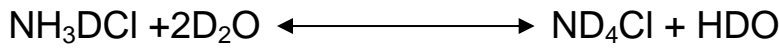
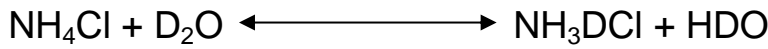
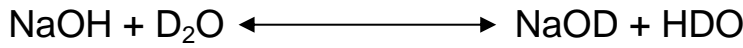
يحدث في المفاعلات النووية :



يحدث في الطبيعة



عنصر التريتيوم عنصر مشع يتحول الى الهليوم ويقدر عمر النصف له بحوالي ١٦,٥ سنة وتحدث تفاعلات استبدال بين النظائر المختلفة للهيدروجين كالآتي



تتكون جزيئة الهيدروجين من بروتونين يدور حول كل منهما الكترونان ، يدور الالكترونان دورانا مغزليا حول نفسيهما اضافة الى دورانهما حول البروتونين ، في نفس الوقت تدور النواة حول نفسها دورانا مغزليا ايضا ، فاذا كان دوران النواتين باتجاه واحد (نفس الاتجاه) يسمى الهيدروجين ب(الاورثوهيدروجين) اما اذا كان دورانهما باتجاهين متعاكسين سمي الهيدروجين (بارا هيدروجين) وجزيئة الهيدروجين الاعتيادية هي عبارة عن مزيج من الاثنين في حالة اتزان .

لا يوجد الهيدروجين في الظروف العادية بحالة الذرية وذلك بسبب اتحاد ذرتي الهيدروجين مع بعضهما بواسطة اصرة تساهمية مكونة جزيئة هيدروجين ونحتاج الى طاقة مقدارها (-103Kcal/mol) لكسر هذه الاصرة والحصول على الهيدروجين الذري . الهيدروجين الجزيئي غاز عديم اللون والرائحة وعديم الذوبان في الماء واقل الغازات كثافة ويمكن تحضيره بعدة طرق منها تفاعل الحوامض المخففة مع الفلزات مثل الخارصين او الحديد ويحضر صناعيا بالتكسير الحراري للهيدروكربونات .

Properties of Hydrogen

خصائص غاز الهيدروجين

Physical Properties

الخواص الفيزيائية:-

- غاز عديم اللون والطعم والرائحة
- قليل الذوبان في الماء (درجة انحلالية في الماء بمقدار ١,٦ مغ/ليتر)
- خفيف (اخف من جميع العناصر)
- ثنائي الذرة عازل للتيار الكهربائي
- يمتلك أكبر قدرة على الانتشار من بين الغازات جميعها.

- يملك أعلى موصلية لدرجة الحرارة، وأكبر قدرة على التدفق.
- درجة لزوجته منخفضة.

| Some Physical Constants بعض الثوابت الفيزيائية | | | |
|--|---------------------|-----------------------------------|---------------|
| 2.20 مقياس بولنغ | سالبية كهربية | Colorless | اللون |
| 1312.0 كج·مول ⁻¹ | طاقات التأين | gas | الطور |
| 31±5 pm | نصف قطر تساهمي | 0 0.08988 g/L | الكثافة |
| 120 pm | نصف قطر فان در فالز | 14.01 k, , -259.14 °C, -434.45 °F | نقطة الانصهار |
| diamagnetic | الترتيب المغناطيسي | 20.28 K, -252.87 °C, -423.17 °F | نقطة الغليان |

Chemical Properties

الخواص الكيميائية:-

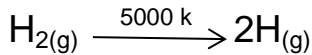
أ- الاحتراق Combustion

الهيدروجين غاز قابل للاشتعال ، يشتعل بلهب أزرق في جو من الاوكسجين ، ومع ذلك فغاز الهيدروجين لا يساعد على الاشتعال ينتج عن اشتعال غاز الهيدروجين الماء وحسب المعادلة التالية

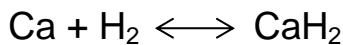
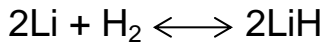


ب- تفاعلات الازدواج Combination reactions

لا يعتبر الهيدروجين من الفلزات شديدة الفعالية فهو لا يتفاعل بشكل مباشر مع العناصر الاخرى . طاقة التفكك للأصرة بين ذرتي الهيدروجين (H-H) تساوي (436Kj mol⁻¹) وهي عالية جدا بالمقارنة مع اي طاقة اصرة بين اي ذرتين فيتفكك ٩٥% منها في درجة ٥٠٠٠ كلفن



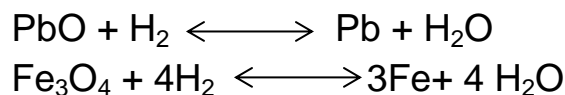
لذلك فان معظم تفاعلات الهيدروجين تحدث في درجات الحرارة العالية في ظروف مناسبة يستطيع الهيدروجين ان يكون مركبات مع الفلزات القلوية والفلزات الترابية القلوية (باستثناء البريليوم) هذه الفلزات تتحد بشكل مباشر مع الهيدروجين عند تسخينها في الظروف العادية . والمركبات الناتجة تسمى بالهيدريدات



هذه الهيدريدات هي مركبات متكافئة الكترونيا ، ومنصهراتها موصلة للكهربائية كما يتفاعل الهيدروجين مع اللافلزات مثل (الهالوجينات ، الاوكسجين ، الكبريت ، النتروجين الخ) بشكل مباشر في الظروف العادية وتنتج هيدريدات تساهمية ثابتة

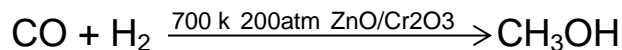
ج- الطبيعة الاختزالية Reducing nature

بما ان للهيدروجين ميل كبير للأوكسجين ، فهو مهم جدا في ازالة الاوكسجين فاكاسيد الفلزات التي لها كهروموجبية عالية مثل (النحاس ، الحديد ، رصاص الخ) تختزال الى الفلزاتها عند تسخينها مع الهيدروجين



د- تفاعل مع احادي اوكسيد الكربون Reaction with carbon monoxide

في درجة حرارة 700 k وتحت ضغط وبوجود العامل المساعد (ZnO/Cr₂O₃) يتفاعل الهيدروجين مع CO وينتج الميثانول



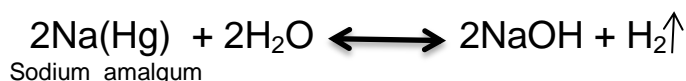
تحضير الهيدروجين :- Preparation of Hydrogen

يمكن تحضير الهيدروجين من ثلاث مصادر رئيسية هي

١- الماء ٢- الحوامض ٣- القواعد

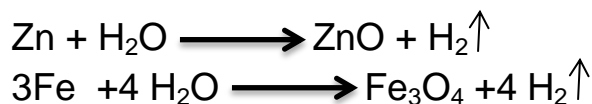
اولا :- تحضير الهيدروجين من الماء Preparation Hydrogen from Water

(أ) يتفاعل الماء البارد (Cold Water) مع الفلزات القلوية والقلوية الترابية لتحرير الهيدروجين ، التفاعل قوي ، ولتقليل حدة التفاعل نستخدم الفلزات القلوية على شكل ملغم



في الملغم يتم استخدام جزء صغير من سطح الفلز وبالتالي يتم ابطاء التفاعل

(ب) الماء الساخن او بخار الماء (Hot Water or Steam) حيث يتم تمريرة فوق سطح المعدن الساخن مثل (Zn , Fe , Mn , Co , Cr , Sn) حيث يتحلل الماء لتحرير الهيدروجين.

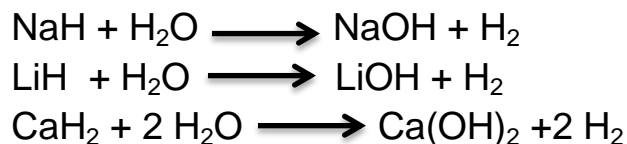


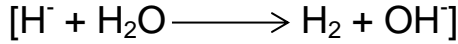
عندما يتم تمرير البخار الساخن للماء فوق فحم الكوك الساخن الابيض يتحرر الهيدروجين المائي



(ج) من تفاعل الماء مع الهيدريدات الايونية (by action of water on ionic hydrides)

تتحلل الهيدريدات الايونية مائيا وتحرر الهيدروجين ، حيث يتأكسد ايون الهيدريد الى الهيدروجين ويمكن اعتبار هذه التفاعلات تفاعلات حامض – قاعدة





يتفاعل بورو هيدريد الصوديوم ايضا مع الماء ويحرر الهيدروجين ايضا



(د) من تفاعل الميثان وبخار الماء
حيث يتفاعل الميثان مع بخار الماء في درجة حرارة عالية بوجود عامل مساعد لينتج غاز الهيدروجين واحادي
او كسيد الكربون



By electrolysis of water

(هـ) من التحلل الكهربائي للماء

الماء موصل رديء للكهربائية ، يصبح موصلا جيد عند اضافة حامض او قاعدة ، يتم تحليل الماء الحاوي على كمية قليلة (٢٠-١٥ %) من الحامض او القاعدة بواسطة خلية التحليل الكهربائي . حيث يتم فصل كاثود وانود الخلية بواسطة حاجز اسبنتوز يصنع الكاثود عادتا من الحديد بينما يصنع الانود من النيكل تستخدم هذه العملية في الاماكن التي يكون الحصول فيها على الماء بشكل سهل ورخيص .

مثلا الماء المحتوي على حامض الكبريتيك (Water containing sulphuric acid) ، الايونات الموجودة في هذا المحلول هي (H^+ , OH^- , SO_4^{2-}) عند امرار التيار الكهربائي تتحرك ايونات H^+ نحو الكاثود بينما تتحرك ايونات (OH^- , SO_4^{2-}) نحو الانود .

في الكاثود (القطب السالب) يتم سحب شحنة ايون الهيدروجين ويتحول الى غاز الهيدروجين

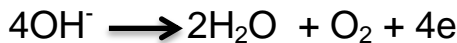


عند الانود (القطب الموجب) يفقد ايون الهيدروكسيل شحنته ويتحول الى غاز الاوكسجين

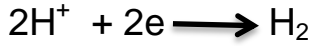


لا يفقد ايون SO_4^{2-} شحنته على الانود كما في ايون OH^- وذلك لان الطاقة اللازمة لفقدان الشحنة اعلى منها لايون OH^-

مثال اخرى الماء الذي يحتوي على هيدروكسيد البوتاسيوم (Water containing potassium hydroxide) الايونات الموجودة في المحلول هي (K^+ , OH^- and H^+) عند امرار التيار في الخلية يتحرك ايون OH^- نحو الانود بينما يتحرك كل من ايون H^+ و K^+ نحو الكاثود عند الانود (At anode) يتم اختزال شحنة ايون OH^- ويتحول الى غاز الاوكسجين كما في التفاعل



عند الكاثود (at cathode) يفقد ايون الهيدروجين شحنته ويتحول الى غاز الهيدروجين كما في المعادلة



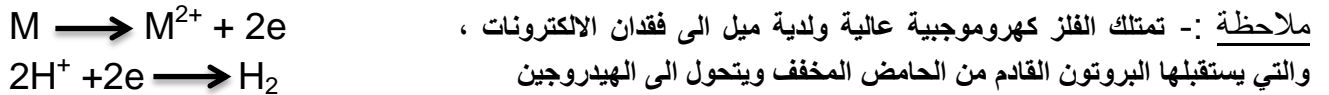
ايضا هنا لايفقد ايون البوتاسيوم (K^+) شحنته وذلك لان الطاقة اللازمة لذلك اعلى من الطاقة اللازمة لفقدان ايون الهيدروجين (H^+) لشحنته

ثانيا :- تحضير الهيدروجين من الحامض Preparation Hydrogen from Acids

يحضر (يتحرر) الهيدروجين بهذه الطريقة من خلال تفاعل الفلزات التي تمتلك فعالية عالية والتي يكون موقعها فوق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية مثل الفلزات القلوية والفلزات الترابية القلوية والزنك والمغنيسيوم والحديد..... الخ مع حامض الهيدروكلوريك المخفف او حامض الكبريتيك المخفف كما في المعادلات التالية



بشكل عام يمكن توضيح التفاعل بالشكل التالي

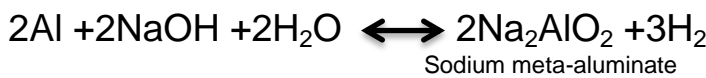
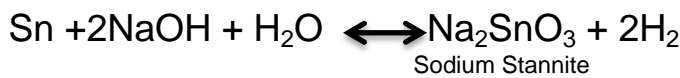
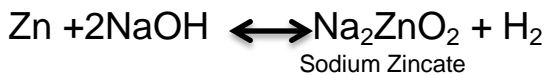


كما تتفاعل فلزات Mg و Mn مع حامض النتريك المخفف (HNO_3) ويتحرر الهيدروجين

Preparation Hydrogen from Alkalis

ثالثا :- تحضير الهيدروجين من القواعد

تتفاعل الفلزات ذات السلوك الامفوتيري (مثل Si , Pb , Sn , Al , Zn) مع المحاليل الساخنة للقواعد (مثلا $NaOH$, KOH) وتحرر الهيدروجين



Uyeno's Method

رابعا :- طريقة أويينو :-

يتم الحصول على الهيدروجين النقي جدا بسرعه من تفاعل هيدروكسيد البوتاسيوم مع الالمنيوم الخردة وقد استخدمت هذه الطريقة في الاغراض العسكرية .



Laboratory Mothed

خامسا :- في المختبر :-

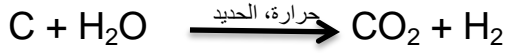
يحضر الهيدروجين مختبريا من تفاعل حامض الكبريتيك المخفف مع الزنك الحبيبي التجاري حيث لا يتفاعل الحامض مع الزنك النقي فيتحرر الهيدروجين الذي يمكن جمعة ودراسته .

سادسا :- الطرق الصناعية لتحضير الهيدروجين

أ- طريقة التحلل الكهربائي :- حيث يحضر الهيدروجين من خلال التحلل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المائي او هيدروكسيد الصوديوم المائي في خلايا التحلل الكهربائي
ب- اختزال بخار الماء بأول اوكسيد الكربون :- حيث يحترق بخار الماء فوق الفحم الحجري وهو ساخن مما ينتج عنه ما يسمى بالغاز المائي وهو عبارة عن مزيج من اول اوكسيد الكربون والهيدروجين بكميات متساوية .



ثم يتم مزج الغاز المائي مع زيادة من بخار الماء ويمرر فوق عامل مساعد (الحديد المنشط) مع كمية من احد القواعد ويسخن المزيج الى درجة (٥٠٠ م) .



يمكن ازالة غاز ثاني اوكسيد الكربون بغسل المزيج بالماء المقطر
ج- طريقة التحلل الحراري للأمونيا :- يتم تعريض الامونيا الى درجة حرارة عالية بوجود عامل مساعد



د- امرار غاز الميثان على عامل مساعد مكون من النيكل المنشط والمسخن الى درجة حرارة (٧٥٠ م)