الهيدروجين H_2 (Hydrogen)

الهيدروجين

إن اسم الهيدروجين يعني مولد الماء الذي أطلق عليه العالم لافوازيه.

الخواص العامة والفيزيائية للهيدروجين

General and physical properties of hydrogen

1. الهيدروجين هو أبسط العناصر المعروفة حيث يمتلك أوربيتالاً واحداً ويتفاعل مع جميع العناصر الباقية تقريباً حيث يتفاعل من خلال اكتساب أو مشاركة إلكترون آخر وبذلك يعتبر سلوكه بسيط وغير معقد.

2. يمتلك الهيدروجين سالبية كهربائية متوسطة القيمة وهذا يجعل تآصره ذات مدى واسع من القطبية تتراوح من آيون الهيدروجين الموجب (H^+) في هاليدات الهيدروجين مثل HCl و HBr إلى آيون الهيدروجين السالب (H^-) في هيدريدات الفلزات مثل NaH.

3. رمزه الكيميائي ${}^{1}_{1}H$ والترتيب الإلكتروني له هو $1s^1$ لاحتوائه على بروتون واحد وإلكترون واحد وبذلك يعتبر الهيدروجين هو أصغر ذرة في الطبيعة.

4. نظراً لكون الهيدروجين لا يتلائم مع بقية الزمر في الجدول الدوري لذا يمكن اعتباره مقدمة في تصنيف الجدول الدوري للعناصر.

غرابة موقع الهيدروجين في الجدول الدوري

ففي الوقت الذي يعتبر فيه أن غاز الهليوم (He) من أحد الغازات النبيلة، فإن الهيدروجين يمكن أن يظهر تشابه ملحوظ مع ثلاث زمر في الجدول الدوري والتي تستحق الإشارة لها كدليل لكيمياء الهيدروجين.

1. يظهر الهيدروجين ميلاً لاكتساب إلكترون ليكون آيون الهيدريد السالب (H^-) وبذلك يشابه الهالوجينات.

$$H + e^- \rightarrow H:^- \text{ (Hydride ion)}$$

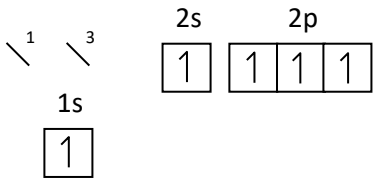
$$F + e^- \rightarrow F:^- \text{ (Flouride ion)}$$

2. قد يفقد الهيدروجين إلكتروناً ليكون آيوناً موجباً (H^+) وبذلك يشابه العناصر القلوية لاحتواءه على إلكترون واحد في الأوربيتال s.

$$H \rightarrow H^+ + e^- \text{ (Hydronium ion)}$$

$$Na \rightarrow Na^+ + e^- \text{ (Sodium ion)}$$

3. يمتلك الهيدروجين غلافاً تكافؤياً نصف مشبع مكوناً أواصر تساهمية مع العديد من العناصر بذلك يشابه زمرة الكاربون.



$_{6}C = 1s^2\ 2s^2\ 2p^2\ \rightarrow$

$_{1}H = 1s^1\ \rightarrow$

وإذا أريد شمول الهيدروجين في أي زمر من الزمر الثلاث أعلاه وجب أن تكون صفاته نموذجية لتلك الزمرة ولكون صفاته مميزة وبسبب تأثرها الشديد بـ (أ) صغر الحجم. (ب) نسبة الشحنة إلى نصف القطر (Z/r). لذا فقد تم وضع الهيدروجين في موقع فريد في الجدول الدوري أي في وسط قمة الجدول الدوري من خلال وضعه على رأس زمرة القلويات أي في بداية الجدول الدوري.

تواجد الهيدروجين

يعد الهيدروجين من أكثر العناصر توفراً في الكون وربما تكونت العناصر الأخرى من الهيدروجين بعمليات انشطار نووية في النجوم وفي الأرض وكذلك يوجد الهيدروجين متحداً مع عناصر أخرى وبصورة خاصة بشكل ماء أو في المركبات العضوية المختلفة مثل الهيدروكاربونات والكاربوهيدرات والأمونيا ومشتقاتها وحامض الكبريتيك وهيدروكسيد الصوديوم وغيرها.

النظير

وهو العنصر الذي يتشابه مع نظيره بالخواص الكيميائية أي لها نفس التركيب الإلكتروني وتختلف في صفاتها الفيزيائية وخاصة بالصفات المتعلقة بالكتلة مثل معدل النفوذ وكالثافة وغيرها من الصفات.

وهناك ثلاث نظائر للهيدروجين

1. الهيدروجين الاعتيادي الخفيف $^{1}_{1}H$:

وعدده الكتلي = 1 وتوفره الطبيعي = 99.98% (تحتوي نواته على بروتون واحد).

2. الديتيريوم (الهيدروجين الثقيل) (Deuterium) $^{2}_{1}D$ or $^{2}_{1}H$:

عدده الكتلي = 2 وتوفره الطبيعي = 0.02% (تحتوي ذراته على بروتون ونيوترون).

3. التريتيوم (Tritium) $^{3}_{1}T$ or $^{3}_{1}H$:

عدده الكتلي = 3 وتوفره الطبيعي = 10^{-7}% وله نشاط إشعاعي. وتحتوي نواته على بروتون وبوزتون (أي إلكترون موجب الشحنة).

طرائق الحصول على نظائر الهيدروجين

يفصل الديتيريوم (الهيدروجين الثقيل) عن الهيدروجين الخفيف بالتحلل الكهربائي حيث يتصاعد النظير الخفيف ويبقى أوكسيد الديتيريوم بشكل نقي تقريباً.

أما بالنسبة للتريتيوم يحضر بشكل ملائم وذلك بوساطة تشعيع الليثيوم بنيترونات بطيئة في المفاعل كما يلي:

$$({}^{6}_{3}\mathrm{Li} \quad {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + \text{أشعة ألفا})$$

أشعة ألفا: وهي دقائق من نوى ذرات الهليوم تتكون من بروتونين ونيوترونين.

ويفصل التريتيوم بأكسدته إلى T_2O (أوكسيد التريتيوم) وبذلك يمكن الحصول على الديتيريوم والتريتيوم بشكل أوكسيد حيث يستعملان بهذه الصيغة:

$$SO_3 + D_2O \rightarrow D_2SO_4^-$$

$$Mg_3N_2 + 3T_2O \rightarrow 2NT_3 + 3MgO$$

من المعروف أن الهيدروجين هي جزيئة ثنائية الذرة فالاحتمالات الموجودة مع النظائر الثلاث هي:

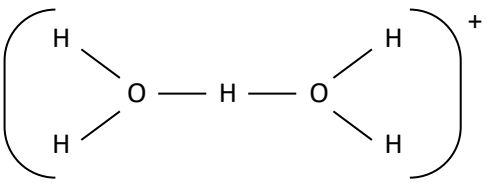
$(H_2, D_2, T_2, HD, HT, DT)$

(أي وجود ستة احتمالات مع النظائر الثلاث)

إن التغير الشديد الذي يحصل عند فقدان الهيدروجين للإلكترون الوحيد ليصبح آيون الهيدروجين (H^+) فبالرغم من صغر حجم آيون الهيدروجين فإن نصف قطره يساوي 1.5×10^{-13} سم مقارنة مع أنصاف أقطار بقية الآيونات كمعدل فإن أقصى حد يساوي 10^{-8} سم.

وإن آيون الهيدروجين لا يوجد بشكل مستقل في أي محيط كيميائي بحيث إذا تفكك أي حامض هيدروجيني فيتكون آيون الهيدرونيوم H_3O^+ وليس H^+ المستخدم للاختصار.

ويوجد البروتون بالماء بشكل نوعيات متذوبة حيث أمكن استخلاص هذه النوعية من محاليل الأحماض المائية. كما تم تشخيص نوعية متمذوبة (متذائبة) مع جزيئتين من الماء $H_5O_2^+$ حيث أن الرابطة $H_2O{-}H^+{-}OH_2$ تكون متماثلة كما يلي:



حيث تم تشخيص هذه النوعية في المعقد الآتي: $[Co(en)_2Cl_2]H_5O_2Cl$

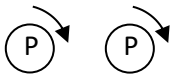
en = ethylene diamine ($NH_2-CH_2-CH_2-NH_2$)

صور الهيدروجين

أ. أورثوهيدروجين (Orthohydrogen)

ويكون فيها برم بروتوني للجزيئة بصورة متوازية (أي بنفس الاتجاه)

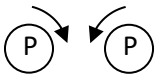
محصلة البرم = مقدار معين



ب. باراهيدروجين (Parahydrogen)

ويكون فيها برم بروتوني للجزيئة بصورة متعاكسة مع بعضها البعض (أي باتجاهين متعاكسين)

محصلة البرم = صفر



يحضر الباراهيدروجين بنسبة 100% بينما أقصى تركيز لأورثوهيدروجين في ظروف التوازن هو 75% والمتبقي باراهيدروجين.

والتحول السريع من البارا إلى الأورثو يحتاج إلى عامل مساعد وإلا فإن نسبة تحول المزيج تكون بطيئة ومن العوامل المساعدة على التحول السريع هي من أصناف البارامغناطيسية مثل أوكسيد الكروم (Cr_2O_3) وأوكسيد الكاديتويوم (Gd_2O_3). بينما تكون أصناف الدايامغناطيسية غير فعالة مثل أوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وهذه الطريقة تستخدم للكشف عن ظاهرة البارامغناطيسية.

طرائق عملية فصل الأورثو عن البارا

ويتم ذلك بطريقتين هما:

1. يكون الباراهيدروجين متسامي أكثر وله ضغط بخاري بحوالي 5% عن الأورثوهيدروجين لذلك يمكن فصله بوساطة التقطير الجزيئي.

2. بوساطة الامتزاز المفضل على الألومينا (أوكسيد الألمنيوم) (Al_2O_3) بحيث يكون التحول إلى مزيج التوازن بطيء جداً بعد فصلهما لكون أن المركب يمتلك صفات دايامغناطيسية.