كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : كيمياء عامة٢

المحاضرة : السابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الفصل السابع

الهيدروجين
Hydrogen

7 – 1 مقدّمة

يوجد الهيدروجين بشكل واسع في المركبات الكيميائية، فهو يوجد في الماء، والبترول، والمواد الحية بمختلف أنواعها. فالمركبات الهيدروجينية عديدة، على الرغم من أن نسبته في القشرة الأرضية قليلة (0.081%)، أما نسبة الهيدروجين الحر في الجو الأرضي فتبلغ 0.01%، وذلك بسبب وزنه الجزيئي الصغير. يعدّ العالم الإنكليزي كافانديش أول من اكتشف الهيدروجين في عام 1781، إذ استحصله من تأثير حمض كلور الماء الممدد على المعادن. وقد أطلق العالم لافوازييه اسم الهيدروجين على هذا الغاز؛ لأنه يولّد الماء عند احتراقه.

تملك ذرة الهيدروجين أبسط بنية إلكترونية $1S^1$، فهي تتألف من نواة ذات بروتون واحد، وإلكترون واحد على المدار S في السوية الطاقية الأولى. وبما أن هذا المدار يتسع لإلكترونين، فهو يسعى إلى الثبات بإكمال مداره بالاشتراك مع ذرة أخرى، ولذلك يوجد الهيدروجين بشكل جزيء ثنائي الذرة H_2.

وبناء على ذلك يمكن تصنيف الهيدروجين في عدة مجموعات، فهو يشبه عناصر الفصيلة الأولى (المعادن القلوية) في احتواءه على إلكترون واحد في الطبقة السطحية، إذ يستطيع أن يفقد هذا الإلكترون متحولا إلى الشاردة الموجبة H^+ أحادية التكافؤ بدرجة أكسدة (+1) ، وهو يتشابه مع عناصر الفصيلة السابعة (الهالوجينات)

مكتبة A 2 Z
قرطاسية . محاضرات كلية العلوم
طرطوس . جانب كلية السياحة
0931497960-0935078669

كونه بحاجة إلى إلكترون واحد للوصول إلى البنية الإلكترونية الخاملة لغاز الهيليوم مشكلا شاردة الهيدريد السالبة (H^-)، ويكون عندئذ أحادي التكافؤ، ودرجة أكسدته (-1)، كما يمكن عدُّ ذرة الهيدروجين ذات مدار إلكتروني نصف ممتلئ؛ لأنها تحتوي على إلكترون في مدار يتسع لإلكترونين، فيشبه بذلك التركيب الإلكتروني لعناصر الفصيلة الرابعة (فصيلة الكربون). لذلك يدرس الهيدروجين بشكل منفرد، ولا يصنف مع فصيلة معينة.

7 – 2 نظائر الهيدروجين

يعرف للهيدروجين ثلاثة نظائر: الأول وهو الهيدروجين نفسه ${}_1^1H$، والثاني يسمى الديتيريوم D (${}_1^2H$)، وتحتوي نواته على نترون وبروتون، وتبلغ كتلته ضعف كتلة النظير الأول، وينضم إلى المركبات نفسها التي ينضم إليها الهيدروجين العادي:

مركبات الديتيريوم	مركبات الهيدروجين العادي
D_2O	H_2O
$Mg(OD)_2$	$Mg(OH)_2$
D_2SO_4	H_2SO_4

ويستخدم الديتيريوم وسم التفاعلات الكيميائية، ومن خلال تتبع هذا المركب خلال التفاعل يستفاد في دراسة حركية التفاعلات الكيميائية، وتحديد آلياتها.

أما النظير الثالث فهو التريتيوم T (${}_1^3H$)، إذ تحتوي نواته على بروتون ونترونين، وتعادل كتلته ثلاثة أضعاف كتلة النظير الأول.

7 – 3 الخواص الفيزيائية للهيدروجين

إن الهيدروجين غاز عديم اللون، والطعم، والرائحة، ضعيف الانحلال في الماء، وهو أخف الجزيئات الغازية على الإطلاق، وأخف من الهواء بأربع عشرة مرة ونصف، ولهذا السبب كانت المناطيد تملأ به، إلا أن قابليته للاشتعال أدت إلى تفضيل غاز الهليوم عليه، وكل ليتر واحد منه يزن 0.09 g.

تتمتع جزيئات الهيدروجين بثبات كبير، وتبلغ درجة حرارة انصهارها -259.1°C، ودرجة غليانها -252.6°C، مما يدل على أن قوى فان ندر فالس التي تربط بين جزيئاته ضعيفة للغاية، ويمكن أن يتفكك جزيء الهيدروجين إلى ذرات عندما تصل الحرارة إلى أكثر من 2000°C. تعد سرعة انتشاره في الأوساط الأخرى كبيرة مُقارنة ببقية الغازات، ويمكن زيادة سرعة الانتشار بزيادة الضغط. ينحل في بعض المعادن الانتقالية، مثل البلاتين، والنيكل، والتيتانيوم؛ إذ يشكل معها محاليلاً صلبة، فتدخل ذرات الهيدروجين في الفراغات الموجودة في البنية البلورية للمعدن.

7 – 4 تحضير الهيدروجين مخبرياً

يتم تحضيره مخبرياً اعتماداً على إزاحته من مركباته بوساطة العناصر التي تقع فوقه في السلسلة الكهركيميائية أو بالتحليل الكهربائي للماء.

7 – 4 – 1 من تأثير الحموض الممدة في المعادن

تتفاعل الحموض الممدة مع المعادن التي تقع فوق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية، باستثناء الرصاص؛ إذ تتشكل على سطحه طبقة تمنع استمرار التفاعل، وفي هذا المجال لا يستعمل حمض الآزوت الممدد، لأنه يعطي أحد أكاسيد الآزوت بدلاً من الهيدروجين.

فعند تأثير كل من حمض كلور الماء، وحمض الكبريت الممددين في التوتياء نحصل على التفاعلين الآتيين:

$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$$

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

وكذلك عند تأثير حمض الكبريت الممدد في الحديد نحصل على التفاعل الآتي:

$$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2$$

أما المعادن التي تقع تحت الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية، مثل الفضة، والنحاس، والذهب فلا تستطيع أن تزيح الهيدروجين، ولا تطلقه؛ لأنها أقل فعالية منه.

مكتبة A 2 Z
قرطاسية . محاضرات كلية العلوم
طرطوس . جانب كلية السياحة
0931497960-0935078669

مكتبة A 2 Z
قرطاسية . محاضرات كلية العلوم
طرطوس . جانب كلية السياحة
0931497960-0935078669

7 – 4 – 2 تأثير القلويات في المعادن المذبذبة

تتأثر المعادن المذبذبة، مثل الألمنيوم، والتوتياء بالقلويات، وتتفاعل معها مطلقة الهيدروجين:

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \longrightarrow 2\ Na[Al(OH)_4] + 3H_2$$

ألومينات الصوديوم

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O \longrightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2$$

زنكات الصوديوم

7 – 4 – 3 تأثير المعادن القلوية، والقلوية الترابية في الماء

تستطيع المعادن القلوية، والقلوية الترابية، عدا المغنيزيوم، التأثير في الماء؛ إذ يتم في هذه التفاعلات إرجاع الشاردة H^+ إلى الهيدروجين الحر وفقاً للمعادلات الآتية:

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2\,NaOH + H_2$$

$$Ca + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2$$

7 – 4 – 4 من التحليل الكهربائي للماء

يتم تحضير الهيدروجين بالتحليل الكهربائي لبعض المحاليل الممددة (حموض ممددة أو أسس ممددة أو أملاح مائية ممددة)، وذلك بسبب صعوبة تحضير الهيدروجين من الماء النقي؛ إذ تبلغ طاقة تحطيم الروابط بين الأكسجين والهيدروجين 70 kcal.

يعطي التحليل الكهربائي لهذه المحاليل الهيدروجين على المهبط، والأكسجين على المصعد، كما لو أن الماء يتحلل في حد ذاته:

$$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$$

7 – 5 تحضير الهيدروجين صناعياً

7 – 5 – 1 من تأثير بخار الماء في الفحوم الهيدروجينية

يتم مزج بخار الماء مع الفحم الهيدروجيني بوجود وسيط من النيكل عند درجة حرارة حوالي 800^oC، إذ يتم التفاعل الآتي:

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow{Ni} CO + 3H_2$$

يدعى المزيج الغازي الناتج غاز الماء. يتم تحويل CO إلى CO_2، وذلك لفصله عن غاز الهيدروجين، ويتم ذلك بإمرار المزيج بعد تبريده إلى الدرجة 450^oC، على بخار الماء بوجود وسيط مناسب، فتتم أكسدة CO إلى CO_2، ونحصل على التفاعل الآتي:

$$CO + H_2O + H_2 \xrightarrow{\text{وسيط}} CO_2 + 2H_2$$

ويمرر الغاز الناتج على محلول مائي للإيتانول أمين للتخلص من CO_2.

7 – 5 – 2 من تحطيم البترول الخام

يرافق عملية التكسير، للحصول على الغازولين، تشكل كميات كبيرة من الهيدروجين، ويمكن الحصول على الهيدروجين بوساطة احتراق جزيء الميتان جزئيا، وذلك في مناطق وجود الغاز الطبيعي بكثرة:

$$2CH_4 + O_2 \longrightarrow 2CO + 4H_2$$

7 – 6 الخواص الكيميائية للهيدروجين

يعد الهيدروجين مستقراً نسبياً في درجات الحرارة العادية، ويرتبط في معظم مركباته برابطة مشتركة مع العناصر الأخرى.

7 – 6 – 1 تفاعله مع الهالوجينات

يتفاعل الهيدروجين بشكل متباين مع كل من الفلور، والكلور، والبروم، واليود حسب شدة التفاعل، وكمية الحرارة المنتشرة، فمع الفلور يكون تفاعله انفجاريا فوريا حتى في الظلام:

$$F_2 + H_2 \longrightarrow 2HF + 128\,kcal/mol$$

أما مع الكلور فيتطلب حدوث التفاعل تأثير الأشعة الضوئية أو التسخين، ويحصل التفاعل بشكل سلسلي، إذ يتم تنشيط التفاعل حسب ما يأتي:

$$Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2Cl^*$$

$$Cl^* + H_2 \longrightarrow HCl + H^*$$
$$H^* + Cl_2 \longrightarrow HCl + Cl^*$$

ويكتب التفاعل الحاصل الإجمالي بالشكل الآتي:

$$Cl_2 + H_2 \longrightarrow 2HCl + 44.12\,kcal/mol$$

بينما يحتاج تفاعل الهيدروجين مع البروم إلى التسخين:

$$Br_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HBr + 17.3\,kcal/mol$$

في حين لا يكون التفاعل مع اليود تاماً:

$$I_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HI + 3.7\,kcal/mol$$

7 – 6 – 2 احتراقه بالأكسجين

يحتاج تفاعل احتراق الهيدروجين مع الأكسجين إلى طاقة تنشيط، مثل شرارة كهربائية أو إشعال عود ثقاب؛ إذ يحترق الهيدروجين مع الهواء بلهب أزرق مشكلاً الماء حسب التفاعل الناشر للحرارة الآتي:

$$O_2 + 2H_2 \rightleftharpoons 2H_2O + 136.74\,kcal/mol$$

ويكون هذا التفاعل انفجارياً إذا كان مزيج الهيدروجين والأكسجين بنسب التفاعل.

7 – 6 – 3 تفاعله مع الكبريت

يتفاعل الهيدروجين مع مصهور الكبريت أو مع بخار الكبريت معطياً غاز كبريت الهيدروجين:

$$S + H_2 \longrightarrow H_2S$$

7 – 6 – 4 تفاعله مع الآزوت

يتفاعل الهيدروجين مع الآزوت، ويتشكل نتيجة ذلك غاز النشادر، ويتطلب حدوث هذا الاتحاد شروطاً خاصة. فمن أجل الحصول على مردود أفضل يجب أن

يكون ضغط المزيج الغازي المتفاعل 300-1000 atm، ودرجة حرارة 400-500°C، بوجود وسيط مناسب. تكتب معادلة التفاعل الحاصل بالشكل الآتي:

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

7 – 6 – 5 تفاعله مع الكربون

يتطلب حدوث التفاعل بين الهيدروجين والكربون درجات حرارة مرتفعة، ووجود وسيط مناسب، مؤدياً إلى تشكل غاز الميتان:

$$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4$$

7 – 6 – 6 تفاعله مع المعادن

يشكل الهيدروجين في هذه الحالة مركبات تدعى الهيدريدات، وهي مركبات بلورية ذات بنية شاردية تحوي على شاردة الهيدروجين السالبة H^-، ويشكل الهيدروجين الهيدريدات مع عناصر مجموعة المعادن القلوية، والقلوية الترابية (عناصر شديدة الكهرجابية):

$$2Na + H_2 \longrightarrow 2NaH$$
$$Ca + H_2 \longrightarrow CaH_2$$

ويكون الهيدروجين في هذه الحالة جسماً مؤكسداً.

7 – 6 – 7 الخاصة المرجعة للهيدروجين

يؤدي الهيدروجين دوراً مرجعاً عند تفاعله مع الأكاسيد، إذ يرجع أكسيد النحاس إلى النحاس، كما يرجع أكسيد الحديد المغناطيسي إلى الحديد وفقاً للتفاعلات الآتية:

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$$
$$Fe_3O_4 + 4H_2 \xrightarrow{\Delta} 3Fe + 4H_2O$$

7 – 6 – 8 الخاصة المرجعة للهيدروجين الذري

إن ذرة الهيدروجين أكثر فعالية من جزيء الهيدروجين، ويمكن أن ينفصم

الجزيء H_2 إلى ذرات الهيدروجين تحت تأثير أشعة ذات أطوال موجة محددة أو بتأثير الحرارة:

$$H_2 \rightleftharpoons 2H \qquad \Delta H = -104.5 \text{ kcal}$$

إن عمر هذه الذرات صغير جداً (0.3 sec)، كونها تعود، وتشكل الجزيء H_2 من جديد. يعد الهيدروجين الذري عاملا مرجعا أقوى من الهيدروجين الجزيئي، فهو يتفاعل مع الأكسجين لإعطاء الماء الأكسجيني:

$$2H + O_2 \longrightarrow H_2O_2$$

ويرجع البرمنغنات إلى أملاح المنغنيز الثنائي:

$$10H + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

كما يتفاعل الهيدروجين الذري مع معظم عناصر الجدول الدوري لإعطاء مركبات معها دون الحاجة إلى طاقة تنشيط.

7 – 7 مركبات الهيدروجين

يمكن تصنيف مركبات الهيدروجين تبعا لدرجة أكسدته:

7 – 7 – 1 مركبات الهيدروجين H^+

وتصادف في المركبات التي يرتبط فيها الهيدروجين مع ذرات أشد كهرسلبية منه، مثل O، و X (الهالوجينات)، والتي تعد مركبات مشتركة، ويصادف قسم منها بشكل غاز، مثل NH_3، و H_2S، و HX، وقسم ثان بشكل سائل، مثل HNO_3، و HF، وH_2O، وقسم ثالث بشكل صلب H_3PO_4، و H_2SiO_3.

7 – 7 – 2 مركبات الهيدروجين H^-

يسلك الهيدروجين في التفاعلات الكيميائية للحصول على مركبات الهيدروجين (-1) سلوكا مؤكسدا مشكلا مركبات مشابهة للمركبات الهالوجينية تدعى الهيدريدات، وتكون الروابط في الهيدريدات شاردية أو مشتركة، ويتوقف هذا على كهرسلبية

العنصر المشكل للهيدريد. فمع العناصر الكهرجابية (المعادن القلوية، والقلوية الترابية) تتشكل هيدريدات ذات روابط شاردية، مثل KH، و NaH، و CaH_2، وتتميز بكونها مركبات بلورية صلبة، وتتحلمه هذه الهيدريدات في الماء مشكلة أساسا (قلويا):

$$NaH + H_2O \longrightarrow NaOH + H_2$$

أما مع العناصر الأقل كهرسلبية من الهيدروجين فإنه يشكل هيدريدات مشتركة مثل SiH_4، و PH_3، إذ تتحلمه هذه الهيدريدات مشكلة الحموض:

$$SiH_4 + 4H_2O \longrightarrow H_4SiO_4 + 4H_2$$

7 – 7 – 3 مركبات الهيدروجين مع العناصر الانتقالية

تتشكل هذه المركبات بدخول ذرات الهيدروجين الفراغات الموجودة في البنية البلورية للمعدن الانتقالي، وتسمى هذه المركبات الهيدريدات البينية؛ لأنها ناتجة عن دخول الهيدروجين بين ذرات المعدن، وفي أغلب الأحيان لا تخضع هذه المركبات لقوانين التكافؤ الكيميائي، وليس لها تركيب كيميائي، وتكون الروابط فيها بشكل عام معدنية، مثل هيدريدات البلاتين، والزركونيوم، والكروم، والتيتانيوم.

7 – 8 استعمالات الهيدروجين

للهيدروجين استعمالات عديدة، نذكر منها:

1. في صناعة الميتانول من غاز الماء:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[ZnO,\,Cr_2O_3]{400^\circ C,\,300\,bar} CH_3OH$$

2. في صناعة النشادر بطريقة هاربر المستخدمة في صناعة حمض الآزوت، وبعض الأسمدة، مثل نترات الأمونيوم NH_4NO_3، وسماد اليوريا NH_2CONH_2.
3. في هدرجة المواد الدسمة غير المشبعة للحصول على مركبات مشبعة (السمنة):

زيت + H_2 ← زيت مهدرج (السمنة)

مكتبة A 2 Z
قرطاسية . محاضرات كلية العلوم
طرطوس . جانب كلية السياحة
0931497960-0935078669

مكتبة A 2 Z
قرطاسية . محاضرات كلية العلوم
طرطوس . جانب كلية السياحة
0931497960-0935078

4. في إرجاع الأكاسيد المعدنية بهدف الحصول على المعادن النقية.
5. تستخدم نظائر الهيدروجين، الديتيريوم D، والترينيوم T، في التفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الهيدروجينية:

$$T + D \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17.5\ keV$$

6. الهيدروجين السائل يستخدم كوقود للصواريخ .

أسئلة وتمارين

1. عند تحضير الهيدروجين من تأثير الحموض الممددة في المعادن علل ما يلي:

أ- لا يمكن استعمال حمض الآزوت كحمض في هذا التفاعل.

ب-لا يمكن استعمال الرصاص كمعدن في هذا التفاعل.

2. ماذا نعني بغاز الماء، وكيف يمكن الحصول عليه، وما أهم استخدامته.
3. عرف الهيدريدات، مع ذكر أمثلة، وما أهم خواصها؟
4. اذكر أهم استخدامات الهيدروجين.

مكتبة A 2 Z قرطاسية. محاضرات كلية العلوم
طرطوس. جانب كلية السياحة
0931497960-0935078669

مكتبة A to Z