

القسم الثاني

اللافلزات

## الباب التاسع

### الاييدروجين

د<sub>٣</sub> = ٢,٠١٦

تاريخه

ذكره ( براسلسوس - Paracelsus ) في القرن السادس عشر وعزله فعلا ( كافنديش - Cavendish ) سنة ١٧٦٦ وسماه بالهواء المشتعل ودرس أهم خواصه، وسماه ( لا فوازيير - Lavoisier ) بالأيديروجين .

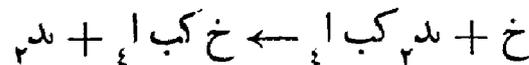
وجوده

يوجد بنسبة صغيرة جدا في الهواء الجوي ( ١ : ١٠٠٠٠ ) ( أرمان جوتير - Armand Gauthier ) ، كما يوجد بكمية قليلة ضمن الغازات التي تتصاعد من بعض البراكين ( يدل التحليل الطيفي أن الجو المحيط بالشمس مكون خصوصا من غاز الأيديروجين ) . ويدخل الأيديروجين في تركيب كثير من المركبات متحدا مع عناصر أخرى كالماء والأيدروجينات المكونة ( البترول والمواد النباتية والحيوانية ) .

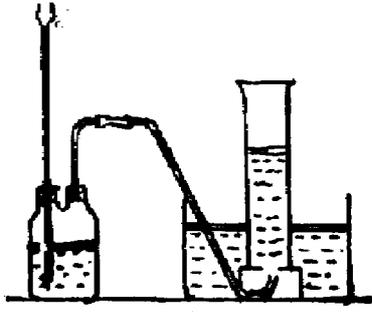
### تحضير الأيديروجين

تحضير الأيديروجين في المعمل

يحضر الأيديروجين في المعمل عادة من معاملة معدن سهل التأكسد بحامض مخفف .



يوضع في زجاجة وولف كمية من خراطة الخارصين ويملا نصف الزجاجة بالماء ثم يصب الحامض في أنبوبة ذات قمع ، فيتصعد الأيديروجين ( شكل ١١ )



( شكل ١١ )

تحضير الايدروجين

ويمكن استعمال جهاز ( ك ب ) ويستعمل في هذه الحالة حامض الأيدروكلوريك لأن كلوريد الخارصين الذي يتكون أكثر ذوباناً من كبريتات الخارصين التي يخشى من تبلورها في سد الجهاز .

يمكن الاستعاضة عن حامض الكبريتيك بحامض الأيدروكلوريك ولكن يكون الأيدروجين المتصاعد في هذه الحالة مختلطاً

بكمية من غاز ( د كل ) فيلزم غسله بأمرارة في زجاجة غسل مملوءة بالماء ، ولا يمكن استعمال حامض النتريك لأنه يفتج من تفاعله مع الخارصين نتروجين وأول أكسيد وثاني أكسيد نتروجين . ويمكن الاستعاضة عن الخارصين بالحديد ، ولكن يحتوي هذا المعدن عادة على شوائب من الكربون تكون أيدروجينات مكرنة غازية يصعب فصلها . وأما المعادن الغير سهلة التأكسد كالنحاس والرصاص والزنبق فأنها لا تعطي أيدروجيناً بمعاملتها بالأحماض المخففة .

ويكون الأيدروجين الناتج من عملية التحضير المذكورة غير نقي وللحصول عليه نقياً يمرر الغاز المتصاعد في سلسلة من الأنايب على شكل ( U ) تحتوي على المواد الآتية :

١ - قطع من الزجاج مبللة بمحلول خلات الرصاص لإزالة ( د ك ب )

د ك ب + ( ك د ب . ك ا ا ) م ← ٢ ك د ب . ك ا ا د + م ك ب

٢ - قطع من الزجاج مبللة بمحلول كبريتات الفضة لإزالة الفوسفين

( فو د ب ) والارسين ( ر د ب ) فتتأكسد إلى حامض فوسفوريك وحامض زرينخوز على التوالي :

فو د ب + ٤ ف ك ب ا + ٣ د ب ا ← ٨ ف + ٤ د ك ب ا + ٤ فو ا

ر ند<sub>٣</sub> + ٣ ف<sub>٣</sub> كب<sub>٤</sub> ا<sub>٤</sub> + ٣ ند<sub>٣</sub> ا<sub>٤</sub> ← ٦ ف + ٣ ند<sub>٣</sub> كب<sub>٤</sub> ا<sub>٤</sub> + ند<sub>٣</sub> ر<sub>٣</sub>  
 ٣ - قطع من حجر الخفاف مبللة بمحلول بوتاسا كاوية تمتص كل من  
 (كب<sub>٣</sub>)، (ك<sub>٣</sub>)، (ن<sub>٣</sub>)

كب<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + ٢ بوا ند ← بوب<sub>٣</sub> كب<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + ند<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub>  
 ك<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + ٢ بوا ند ← بوب<sub>٣</sub> ك<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + بوا<sub>٣</sub> + ند<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub>  
 ن<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + ٢ بوا ند ← بون<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + بون<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + ند<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub>

ويغلى حامض الكبريتيك المستعمل في التحضير قبل استعماله للتخلص  
 بقدر الامكان من نروجين وأكسيجين الهواء الجوى .

ويكتفى عادة لتنقية الأيدروجين بأمراره في عامود من النحاس المسخن  
 للاحمرار، فيحجز هذا المعدن الكبريت والفسفور والزرنيخ والسليكون،  
 أو يغسل الغاز بأمراره في محلول قلووى مركز من فوق منجنات البوتاسيوم  
 ويجفف الغاز في جميع الحالات بأمراره في عامود مملوء بكلوريد الكالسيوم  
 أو بقطع من البوتاسا الكاوية .

#### ب - تحضير الأيدروجين في الصناعة

يحضر الأيدروجين في الصناعة بطرق مختلفة أهمها أستخراجه من الغاز  
 الماء والتحليل الكهربائى :

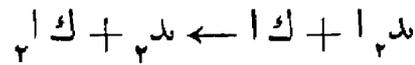
١ - الغاز الماء water gas مخلوط من الأيدروجين وأول أكسيد  
 الكربون وآثار من ثانى أكسيد الكربون، وهو يتكون عند امرار بخار الماء  
 على الفحم المسخن للأحمرار :

(٢٥)

ند<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub> + ك ← ند<sub>٣</sub> + ك<sub>٣</sub> ا<sub>٣</sub>

ففي طريقة ( بوش - Bosch ) يمزج مخلوط الغاز بمقدار آخر من البخار  
 ويمرر على عامل ملامسة ساخن - أكسيد حديدك مختلط بآثار من أكسيد

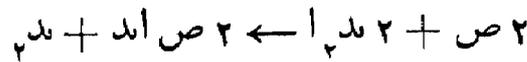
كروميك - فيتفاعل البخار مع أول أكسيد الكربون ويتكون أيدروجين وثاني أكسيد الكربون :



يفصل ثاني أكسيد الكربون بغسل الغاز بالماء تحت ضغط ٢٥ جو ، ثم يعامل المخروط بمحلول فورمات صوديوم ساخن تحت ضغط مرتفع لفصل الآثار الضئيلة الباقية من أول أكسيد الكربون .

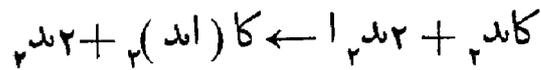
## ٢ - التعميل الكهربائي

تنتج كميات كبيرة جداً من الأيدروجين كنتاج ثانوي في صناعة الصودا الكاوية وصناعة معدن الصوديوم . فيجرى في الطريقة الأولى تحليل محلول مائي من ملح الطعام تحليلاً كهربائياً ، فيتفاعل الصوديوم مع الماء مكوناً صودا كاوية وأيدروجين :



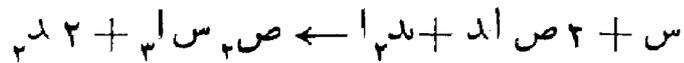
ويعتبر هذا أهم مورد للأيدروجين في الصناعة .

( > ) وتستعمل مخاليط كيميائية عديدة سهلة النقل باهظة التكاليف لإنتاج الأيدروجين للأغراض الحربية ، فيستعمل أيدريد الكالسيوم تحت اسم أيدروليت hydrolith فيتصاعد الأيدروجين من تأثير الماء عليه . يعطى الجرام من الأيدروليت أكثر من لتر من غاز الأيدروجين :

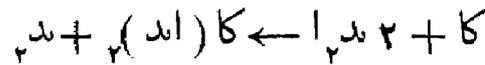
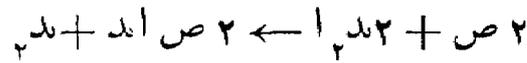


ويستعمل الأيدروجينيت hydrogenite - مخلوط من ٢٥ جزء من السليكون ، ٦٠ جزء من الصودا الكاوية ، ٢٠ جزء من الجير المطفأ - أيضاً لإنتاج الأيدروجين فيشتعل هذا المخلوط عند تسخينه ويتصاعد الأيدروجين ويتحصل على ٢٧٠ إلى ٣٧٠ لتر من غاز الأيدروجين من كيلوجرام من

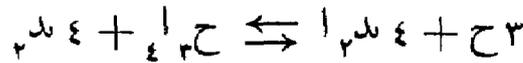
الأيدروجينيت . ففي طريقة السليكول silicol يعامل مزدوج من السليكون والحديد بحلول صودا كاوية قوى :



( د ) يتكون الأيدروجين من تأثير بعض الفلزات على الماء ، فيحلل بعضها الماء على الدرجة الاعتيادية كالصوديوم والبوتاسيوم ( بشدة ) والكالسيوم ( ببطء ) :

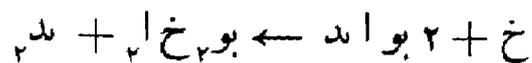
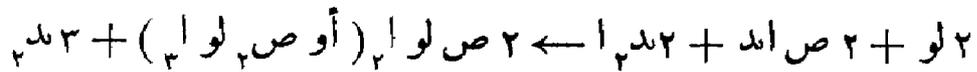


وبعض الفلزات كالحارصين والحديد لا تحلل الماء إلا على درجة حرارة مرتفعة :



توضع أسلاك من الحديد في أنبوبة من الصيني وتسخن لدرجة الاحمرار ثم يمرر فيها تيار من بخار الماء .

يحلل الألومنيوم والحارصين الماء بالتسخين ويشترط إضافة أيدروكسيد قلوى اليه ، مكونا أيدروجين وألومينات أو خارصينات الفلز القلوى :



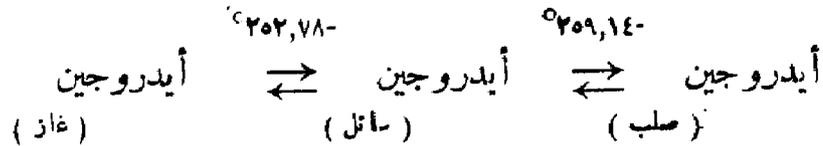
ويكون الأيدروجين المتكون في هذه الحالة نقيا .

ويحلل المغنسيوم الماء بشرط إضافة مقدار من كلوريد المغنسيوم اليه لأذابة أكسيد المغنسيوم الذى يتكون على سطح المعدن ، وأما الفضة والنحاس فلا تأثير لها على الماء .

## خواص الايدروجين

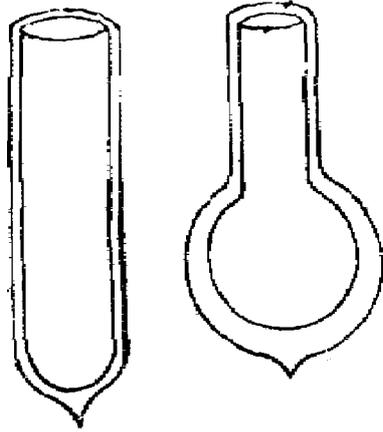
الأيديروجين غاز غير سام ، عديم اللون والطعم والرائحة ، وهو أخف العناصر المعروفة ، تساوى كثافته بالنسبة للهواء الجوى فى معدل الضغط والحرارة ٠,٠٦٩٥ ، ويزن اللتر منه فى نفس الظروف ٠,٠٨٩٨٧ جراما ، قليل الذوبان جدا فى الماء ، يذوب اللتر من الماء ٢١ سم<sup>٣</sup> منه على درجة الصفر ، ولا يختلف ذوبانه كثيرا باختلاف الحرارة . ودرجة حرارة الايدروجين الحرجة - ٢٣٩,٩ ولذا يصعب أسالته عن الهواء وعن غازات أخرى كثيرة ويختلف الايدروجين عن معظم الغازات الأخرى فى أنه يسخن إذا تمدد تحت ضغط خلال ثقب صغير ، ولكنه يسلك مسلك الهواء الجوى إذا كانت درجة حرارته قبل التمدد أقل من - ٢٠٥

ويكفى لاسالة الايدروجين - على أقل من درجة حرارته الحرجة مباشرة - ضغط حوالى ٢٠ جو . والايديروجين السائل - أول من حصل عليه ( ديوار - Dewar ) سنة ١٨٩٨ - عديم اللون ، رائق ، يشبه الماء ، كثافته النوعية ٠,٠٧ ، ويغلى على - ٢٥٣,٧° . يتجمد الايدروجين على - ٢٥٩° . والايديروجين الصلب مادة بيضاء اللون ، متبلورة ، تنصهر على - ٢٥٩,١٤° ، وكثافتها النوعية ٠,٠٨ ، ويمكن تمثيل تغيرات حالة الايدروجين كما يأتى :



تحفظ الغازات السائلة فى زجاجات ديوار ( شكل ١٢ ) وهى زجاجات ذات جدارين بينهما فراغ كامل تقريبا لمنع توصيل الحرارة ، وسطحهما الداخلى مفضض .

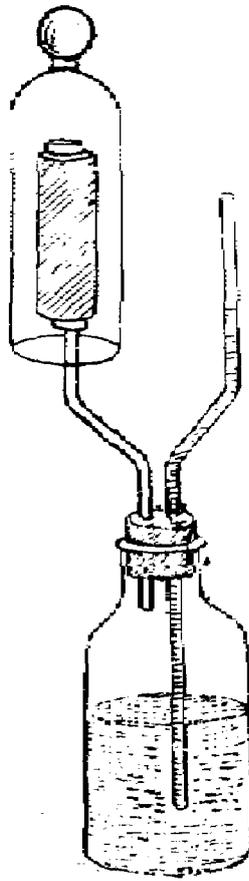
يوصل الايدروجين الحرارة أكثر من الغازات الأخرى ، وقوة توصيله للكهرباء تساوى سبعة أضعاف قوة توصيل الهواء لها .



(شكل ١٢)

ينتشر الايدروجين بسهولة من خلال  
الأجسام المسامية ، ويمكن إثبات ذلك  
بالتجربة الآتية :

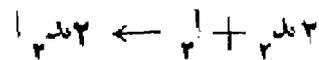
يوضع في زجاجة سائل ملون  
( شكل ١٣ ) وتسد فوهتها بفلينه ذات  
ثقبين ويمرر من أحد الثقبين أنبوبة  
مفتوحة الطرفين بحيث يغمر أحد طرفيها  
في السائل ويمرر من الثقب الآخر أنبوبة  
أخرى موصل طرفها الاعلى باسطوانة



(شكل ١٣)

مسامية . فإذا نكس على هذه الاسطوانة ناقوس مملوء  
بالايدروجين ، ينتشر هذا من مسامها بسرعة أكبر  
من سرعة خروج الهواء منها ، فيضغط على سطح السائل  
ويجعله يرتفع في الانبوبة الثانية .

والايدروجين غاز قابل للاحتراق يشتعل في الهواء  
أو في الأكسجين بلهب يكاد يكون غير ظاهر شديد  
الحرارة مكوناً الماء :



ويكون المخلوط الغازي المكون من الايدروجين  
والأكسجين على حالة إتران غير ثابت على الدرجة  
الاعتيادية ، ويتسخن المخلوط تدريجياً يبدأ إتحداهما  
على ١٨٠° وتزداد سرعةالتفاعل بارتفاع الحرارة، ويحدث  
التفاعل على ٥٥٠° اشتعالاً وانفجاراً ( بشرط وجود  
الرطوبة ) .

ويحدث إتحد الايدروجين والأكسجين حتى على

الدرجة العادية في وجود بعض عوامل الملامسة مثل أسود البلاديوم وأسود البلاتين (البلاتين الدقيق التجزء) وتكفي الحرارة الناشئة لاشتعال الغازين . ويشتعل الايدروجين التام الجفاف بصعوبة جداً (أولاً يشتعل) إذا مزج بأكسيجين جاف تماماً حتى على ٩٠٠° . كما توجد مواد كثيرة قابلة للاشتعال لا تحترق إذا كانت تامة الجفاف .

يتحد الايدروجين مع كثير من اللافلزات ولكنه لا يتفاعل مع الفلزات، فيتحد مثلاً مع الهالوجينات (يتحد الايدروجين مع الفلور بفرقة حتى في الظلام) ومع السكرت والنتروجين . ويعرف عدد قليل من أيديدرات فلزية مثل أيديريد الصوديوم (ص د) وأيديريد الكالسيوم (كالد) . وعند تحليل الأيديدرات الفلزية كهربائياً (مثل أيديريد الليثيوم المنصهر) يتصاعد الأيدروجين عند القطب الموجب ؛ بينما يتصاعد عند القطب السالب عند تحليل الماء والأحماض وأغلب المواد الأخرى كهربائياً .

#### التجميع الطبعي occlusion للهيدروجين

يتحد الأيدروجين كيميائياً مع فلزات قليلة ، غير أنه توجد بعض الفلزات - وخاصة البلاتين والبلاديوم - تمتص تحت ظروف خاصة حجوماً كبيرة نسبياً من الأيدروجين ، فيمتص الحجم الواحد من البلاديوم ما يوازي حجمه ٩٣٥ مرة من الأيدروجين عند تبريده من درجة حرارة الاحمرار . أما على درجات الحرارة العادية فإنه يمتص ٢٧٦ حجماً (توماس جراهام - Thomas Graham) سنة ١٨٦٧ - ٦٩ . وتتوقف كمية الأيدروجين الممتصة الحالة الطبيعية للفلز . ويمتص الحجم الواحد من الفلزات الآتية الدقيقة التجزئة على الحجم الآتية من الأيدروجين (ج . نيومان ، ف . سترينتز

- : ( G. Neumann & F. Streintz

١٥,٦	النكل	٥٠٢,٣	أسود البلاديوم
٤,٥	النحاس	٤٩,٣	البلاتين الأسفنجي
٢,٧	الالومنيوم	٤٦,٣	الذهب
٠,١	الرصاص	١٩,٢	الحديد

والفلزات الناتجة من هذه العملية يتصاعد منها الايدروجين ثانياً بالتسخين خصوصاً تحت ضغط منخفض . ويمكن بذلك معرفة وزن غاز الايدروجين . واستعمل ( مورلي - Morely ) هذه الطريقة في بحثه على الاوزان المكافئة للاكسجين والايديروجين مستعيناً بمعدن البلاديوم . ويزداد حجم البلاديوم أثناء امتصاصه للايدروجين ولكن لا يتغير شكله ولا خواصه كثيراً . وتتصاعد كمية كبيرة من الحرارة أثناء الامتصاص . وسمى ( جراهام - Graham ) هذه الظاهرة بالتجمع السطحي adsorption ويقال أن الفلز يمتص الغاز سطحياً ، أى أن الغاز يلتصق بالفلز بطريقة غير معروفة . وكان يظن أنه يتكون من الغاز والفلز مركب كيميائي ولكن أصبح من المحقق الآن أن هذا لا يحدث . ويكون الايدروجين المتجمع سطحياً أكثر نشاطاً من الايدروجين العادي ويعزى هذا النشاط إلى أن الايدروجين والفلز يكونان بطارية وذلك راجع إلى أن الايدروجين أقوى في شحنته الكهربائية الموجبة من فلزات مثل البلاديوم والبلاتين ، كما ينسب النشاط أيضاً إلى درجة التركيز العالية للايدروجين الموجود ، ومن المعروف أن الايدروجين الجزئي وهو تحت ضغط يخترق كبريتات النحاس تحت ضغط عالي وقد يعزى النشاط أيضاً إلى أن الايدروجين يمتص سطحياً في الحالة الذرية وعلى العموم فإن العلاقة بين الايدروجين الممتص سطحياً والفلز الذي يمتصه ليست واضحة تماماً .

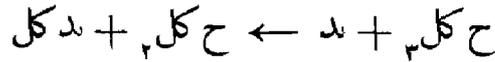
#### عمل الايدروجين في الاختزال

إن السهولة التي يتحد بها الايدروجين مع الأكسجين وبعض فلزات أخرى تجعله قادراً على سلب الأكسجين والكلور من مركباتهما . فيتحد الايدروجين ، عند أمراره على أكاسيد الحديد والرصاص والنحاس والنيكل وغيرها المسخنة ، مع أكسجين الأكسيد وينفرد الفلز . ويقال أن الايدروجين تأكسد والأكسيد أخترل ويحتاج الاختزال في هذه الحالة إلى درجة حرارة

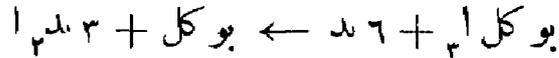
عالية . يختزل الأيدروجين حديث التولد السائل المراد أختراله ؛ بينما لا يختزله الأيدروجين العادى عند أمراره فيه .

### الأيدروجين الناشئ

يكون للأيدروجين فى وقت تكويته نشاط كيميائى أكثر من الأيدروجين العادى . فيمكن أمرار أيدروجين عادى فى محلول كلوريد حديدك محض بدون حدوث تغيير يذكر ، ولكن إذا وضع فلز الحارصين فى المحلول يتصاعد الأيدروجين بقوة ويختزل كلوريد الحديدك إلى كلوريد حديدوز :



ويمكن اختزال كلورات البوتاسيوم أيضاً إلى كلوريد بوتاسيوم :



ويسمى الأيدروجين المتكون فى هذه الحالة بالأيدروجين الناشئ nascent hydrogen أى حديث التولد .

كان يعتقد أولاً أن نشاط الأيدروجين الناشئ راجع إلى وجوده وقت تكويته على الحالة الذرية ، فى حين أنه فى حالة الأيدروجين العادى تتحد الذرات مكونة جزيئات (بد<sub>٢</sub>) . تحتاج جزيئات الأيدروجين إلى مجهود لأنقسامها إلى ذرات قبل تفاعلها ، بينما لا تحتاج ذرات الأيدروجين الناشئ إلى مجهود قبل التفاعل .

ويرى لأول وهلة أن هذه النظرية مقبولة ، ولكنها لا تتضمن جميع الحقائق ، وبالأخص اختلاف درجات نشاط الأيدروجين الناشئ الناتج من المصادر المختلفة . فمثلاً يختزل الأيدروجين حديث التولد الناتج من الحارصين وحامض الكبريتك المخفف الكلورات إلى كلوريد بينما لا يختزلها الأيدروجين الناشئ الناتج من تأثير الماء على ملغم الصوديوم كذلك لوحظ اختلاف فى قدرة اختزال الأيدروجين الناتج من التحليل الكهربائى عند استعمال فلزات مختلفة كأقطاب سالبة .

ويعزى الاختلاف بين الايدروجين الناشئ المتكون في التفاعلات المختلفة إلى الاختلاف في تغيرات الجهود التي تتضمنها هذه التفاعلات . لا يظهر كل الجهد الناتج من التفاعلات المكونة للايدروجين دائماً في صورة حرارة وربما يتجمع هذا الجهد مع الايدروجين المتكون ولذلك يكون أقوى نشاطاً من الايدروجين العادى .

وهناك تفسير آخر لسلوك الأيدروجين حديث التولد وهو أن الغاز يكون في بدء تكوينه في صورة فقاعات صغيرة جداً ذات ضغط داخلى كبير جداً بالنسبة لصغر حجمها وأظهر ( أباتيف - Ipatiev ) أن نشاط الايدروجين العادى يزداد بزيادة الضغط ويرتبط هذا بسلوك الايدروجين الناشئ . وعلى العموم فان هذه النظريات غير محققة كما أن النظرية القائلة بأن الايدروجين حديث التولد أقوى نشاطاً من الايدروجين في الحالة الجزيئية لأنه في الحالة الذرية لا تلتقى قبولا كما كان في الماضى .

#### الايدروجين النشط العادى

بتعريض الأيدروجين لفعل تفريغ كهربائى صامت على درجات الحرارة العادية وضغط كهربائى يزيد على ٣٠,٠٠٠ فولت ، يتحصل على نوع من الايدروجين له نشاط كيميائى كبير ، فيتحد مثلاً مع الرصاص والكبريت مباشرة على الدرجات العادية كما يختزل أكاسيد النحاسيك والحديديك بدون تسخين .

وكان يظن أن هذا الايدروجين النشط active hydrogen يتكون من جزيئات ( بدب ) ، أو من ذرات أحادية ولكن لم يقبل أحد التعليلين ، ويعتبر عموماً كنوع نشط من الايدروجين العادى ( بدب ) .

#### الايدروجين الذرى

أمكن الحصول على أيدروجين ذرى atomic hydrogen بتعريض

الايديروجين لدرجات حرارة عالية جدا ( القوس الكهربائي ) ( لانجموير - Langmuir ) سنة ١٩١٢ . وأظهر لانجموير أيضا أن هذا الانحلال يحدث عند ملامسة الايديروجين لسلك تنجستين ساخن . يصحب اتحاد ذرتي الايديروجين لتكوين جزيئه تصاعد كمية كبيرة جداً من الحرارة . وعلى ذلك فالحرارة الناتجة من احتراق الايديروجين الذري كبيرة جداً ، لأن المجموع السكلي للحرارة المتصاعدة من احتراق الايديروجين الذري تساوى الحرارة العادية لأحراق الايديروجين الجزيئي مضافا اليها الجهد الحرارى لتكوين جزيء أيديروجين من ذراته . واستخدمت هذه الحقيقة في استعمال هب الايديروجين الذري .

#### المشابهات الذرية للعديد من

تمتد المشابهات الذرية فى الخواص ( شحنتها الكهربائية فى النواة متماثلة ) وتختلف فى أوزانها الذرية . تحتوى ذرة الأيديروجين العادى على نواة بها بروتون واحد يدور حوله أليكترون واحد . ويكون أبسط مشابه ذرى لهذه الذرة له نواة كتلتها = ٢ وشحنة واحدة واليكترون واحد . تختلف المشبهات الذرية عموما لعنصر ما أختلافا بسيطا جدا فى خواصها العادية لأن فرق وحده أو وحدتين عبارة عن كسر بسيط جداً من وزن الذرة السكلى ولكن ينتظر فى حالة الأيديروجين أن تكون الفروق كبيرة بالنسبة للفرق الكبير نسبيا فى أوزان ذرات المشابهين الذريين .

كان اكتشاف المشابه الذرى الثقيل للايديروجين ، المعروف الآن ( بالديوتيريم - deuterium ) ويرمز له ( D - د ) ، نتيجة للاختلاف بين قيمة الوزن الذرى للايديروجين ( المقدرة بالطرق الطبيعية والكيميائية ) . وكان المقدار المتحصل عليه بطريقة التحليل الطبقي ( لأستون - Aston ) هو ١,٠٠٧٨ ، باعتبار أن الأكسجين = ١٦ ، والمقدار المتحصل عليه كيميائيا يساوى ١,٠٠٧٨ ، وكان المعتقد فى ذلك الوقت أن الأكسجين عنصرا نقيا ( ي ليست له مشابهات ذرية ) . وفى سنة ١٩٢٩ ظهر أن الأكسجين العادى يحتوى

على مشابهن ذريين كتلتها ١٧، ١٨ على التوالي . ولذلك عزي وزن الأيدروجين إلى وجود كمية صغيرة من مشابه ذرى ثقيل فى الأيدروجين ، وابتدىء فى البحث عن هذا المشابه الذرى ولم يمض وقت طويل حتى تحقق وجوده .

وفى سنة ١٩٣٢ أكتشف ( يورى - Urey ) مشابه ذرى للأيديروجين كتلته = ٢ ، واختبر ( وشبورن - Washburn ) ويورى فى نفس الوقت ماء من بعض البطاريات الكهربية التى كانت تعمل لعدة سنين فوجد أنه يحتوى على أيديروجين ثقيل بنسبة أكبر مما يحتويه الماء العادى . وقد أدت هذه الملاحظة إلى إيجاد طريقة لتحضير كميات من ماء ثقيل وأيديروجين ثقيل .

ونسب إلى ( ج . ن . لويس - G. N. Lewis ) طريقة تحضير ماء ثقيل نقي تقريبا . فقد قام بتحليل عشرين لترًا من الماء تحليلا كهربائيا واستمر فى التحليل حتى لم يبق من السائل إلا ١,٥ سم<sup>٣</sup> ؛ فوجد أن هذه العينة احتوت على ٦٦٪ من ماء ثقيل . ونتج من تحليلات كهربائية عديدة كالسابقة ١,٣ سم<sup>٣</sup> من ( د<sub>٢</sub>٠ - D<sub>2</sub>O ) نقي تقريبا .

ويمكن الحصول على أيديروجين ثقيل من ماء ثقيل نقي تقريبا وينقى فى النهاية بالانتشار .

ويختلف الماء الثقيل عن الماء العادى اختلافا ظاهرا فى الخواص الطبيعية ويبين الجدول الآتى المقارنة لبعض هذه الخواص . وعلاوة على هذه الخواص فإن أذابة بعض المواد تقل بدرجة كبيرة فى الماء الثقيل عنها فى الماء العادى .

بحثت الفروق الكيميائية بين ( د<sub>٢</sub>١ ) ، ( د<sub>٢</sub>١ ) وبين ( د<sub>٢</sub>٠ ) ، ( د<sub>٢</sub>٠ ) فوجد أن هناك سهولة فى تبادل ذرات الأيديروجين التى تدل عليه ، فمثلا عند تبخير محلول كلوريد أمونيوم فى ماء ثقيل تنتج مادة صلبة تحتوى على نفس نسبة الأيديروجين الثقيل التى توجد فى الماء المستعمل . وكذلك إذا أذيب السكر فى ماء ثقيل تستبدل نصف ذرات أيديروجين السكر بأيديروجين ثقيل

## جدول يبين خواص الماء

الماء الثقيل	الماء العادى	
٣,٨°	صفر	درجة الانصهار
١٠١,٤٢°	١٠٠°	درجة الغليان
١,٠٥٦	١	الكثافة
١١,٦°	٤°	درجات حرارة الكثافة العظمى
٦٧,٨ دايـن	٧٥-٧٢ دايـن	الجذب السطحي على ٢٠°
١,٣٢٨١	١,٣٣٢٩	عامل الانكسار
١٢,٦	١٠,٩	اللزوجة

وعرف مشابه ذرى ثالث للايدروجين كتلته = ٣ وقدر ما يوجد منه في الماء العادى بسبعة أجزاء في ١٠ جزء .

### استعماره

يستخدم الايدروجين في العمليات الصناعية الحديثة فيستعمل بكثرة في الوقت الحاضر في صناعة الأمونيا وفي عملية تجميد الزيوت . كما يستعمل لإنتاج الزيت من الفحم في وجود عامل ملامسة كأكسيد الحديدك بمزجاً مع الأمونيا وقليل من أكسيد التتانيوم . ويستخدم الايدروجين في البالونات والمناطيد لأنه أخف غاز معروف وله قوة رفع كبيرة .

ويشتمل الايدروجين بسهولة ، ويعطى عند استعماله في لهب الأكسى . ايدروجين لهباً ساخناً جداً ( ٢٨٠٠° تقريباً ) . وكان يستعمل هذا اللهب قديماً بكثرة ولكن استعيز عنه الآن بلهب الاكسى- أسيتيلين . ويستخدم لهب الاكسى - ايدروجين الآن في صهر الكوارتز والسليكا والبلاتين .

ويستخدم لهب آخر يعرف بلهب الايدروجين الذرى في بعض عمليات اللحام . ويتكون الايدروجين الذرى عند اشعال قوس من أقطاب تنجستين في

جو من الايدروجين وبأمرار أيدروجين عادى خلال قوس كهذا يتحول إلى أيدروجين ذرى يمكن تسليطه على أى موضع . ولهذا اللهب القدرة على صهر التنجستين (الذى يحتاج إلى ٣٤٠٠) . وبالنسبة لخاصية هذا اللهب المختزلة يمكن صهر الحديد أو المزدوجات (السياتك) بدون أكسيتها وبدون وجود شوائب مثل الكربون (الذى يحدث أحيانا مع هب الأوكسى - أسيتيلين) .

#### موضع الايدروجين فى الترتيب الدورى

الآن لم يمكن تعيين موضع الايدروجين فى الترتيب الدورى . فقد وضع فى قمة المجموعة الأولى من الجدول (الفلزات القلوية) بالنسبة لكهربائيتها الموجبة ولشبهه لها فى تألفه الشديد للاتحاد بالالفلزات مكونا معها اليكتروليات (أحماضا) تشبه أملاح الفلزات القلوية المائلة ولو أنه ليس بفلز . ويتصاعد الايدروجين عند التحليل الكهربائى لأيدريد الليثيوم على القطب الموجب ويشبه فى ذلك الكلور الناتج عند تحليل الكلوريدات المنصهرة كهربائيا . ويشبه الايدروجين فى هذه الحالة الهالوجينات ولو أنه أيضا ليس بهالوجين . والتركيب الذرى للايدروجين (نواة تحمل شحنة موجبة واحدة وأليكترون واحد) يختلف اختلافا واضحا عن أى عنصر آخر، ولذا لا يوضع الايدروجين مع أية مجموعة وإنما يوضع فى موضع خاص فى الجدول الدورى .

