الباب الأول

الهيدروجين

الباب الأول

" الهيدروجيـــــن "

ترتيب العناصر في الجدول الدوري

التركيب الالكتروني للعناصر

Z	العنصر	التركيب الالكتروني	Z	العنصر	التركيب الالكتروني
1	H	$1s$	53	I	$[Kr]4d^{10}5s^25p^5$
2	He	$1s^2$	54	Xe	$[Kr]4d^{10}5s^25p^6$
3	Li	$[He]2s$	55	Cs	$[Xe]6s$
4	Be	$[He]2s^2$	56	Ba	$[Xe]6s^2$
5	B	$[He]2s^22p$	57	La	$[Xe]5d6s^2$
6	C	$[He]2s^22p^2$	58	Ce	$[Xe]4f5d6s^2$
7	N	$[He]2s^22p^3$	59	Pr	$[Xe]4f^36s^2$
8	O	$[He]2s^22p^4$	60	Nd	$[Xe]4f^46s^2$
9	F	$[He]2s^22p^5$	61	Pm	$[Xe]4f^56s^2$
10	Ne	$[He]2s^22p^6$	62	Sm	$[Xe]4f^66s^2$
11	Na	$[Ne]3s$	63	Eu	$[Xe]4f^76s^2$
12	Mg	$[Ne]3s^2$	64	Gd	$[Xe]4f^75d6s^2$
13	Al	$[Ne]3s^23p$	65	Tb	$[Xe]4f^96s^2$
14	Si	$[Ne]3s^23p^2$	66	Dy	$[Xe]4f^{10}6s^2$
15	P	$[Ne]3s^23p^3$	67	Ho	$[Xe]4f^{11}6s^2$
16	S	$[Ne]3s^23p^4$	68	Er	$[Xe]4f^{12}6s^2$
17	Cl	$[Ne]3s^23p^5$	69	Tm	$[Xe]4f^{13}6s^2$
18	Ar	$[Ne]3s^23p^6$	70	Yb	$[Xe]4f^{14}6s^2$
19	K	$[Ar]4s$	71	Lu	$[Xe]4f^{14}5d6s^2$
20	Ca	$[Ar]4s^2$	72	Hf	$[Xe]4f^{14}5d^26s^2$
21	Sc	$[Ar]3d4s^2$	73	Ta	$[Xe]4f^{14}5d^36s^2$
22	Ti	$[Ar]3d^24s^2$	74	W	$[Xe]4f^{14}5d^46s^2$
23	V	$[Ar]3d^34s^2$	75	Re	$[Xe]4f^{14}5d^56s^2$
24	Cr	$[Ar]3d^54s$	76	Os	$[Xe]4f^{14}5d^66s^2$
25	Mn	$[Ar]3d^54s^2$	77	Ir	$[Xe]4f^{14}5d^76s^2$
26	Fe	$[Ar]3d^64s^2$	78	Pt	$[Xe]4f^{14}5d^96s$
27	Co	$[Ar]3d^74s^2$	79	Au	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s$
28	Ni	$[Ar]3d^84s^2$	80	Hg	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2$
29	Cu	$[Ar]3d^{10}4s$	81	Tl	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p$
30	Zn	$[Ar]3d^{10}4s^2$	82	Pb	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$
31	Ga	$[Ar]3d^{10}4s^24p$	83	Bi	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^3$
32	Ge	$[Ar]3d^{10}4s^24p^2$	84	Po	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^4$
33	As	$[Ar]3d^{10}4s^24p^3$	85	At	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^5$
34	Se	$[Ar]3d^{10}4s^24p^4$	86	Rn	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^6$
35	Br	$[Ar]3d^{10}4s^24p^5$	87	Fr	$[Rn]7s$
36	Kr	$[Ar]3d^{10}4s^24p^6$	88	Ra	$[Rn]7s^2$
37	Rb	$[Kr]5s$	89	Ac	$[Rn]6d7s^2$
38	Sr	$[Kr]5s^2$	90	Th	$[Rn]6d^27s^2$
39	Y	$[Kr]4d5s^2$	91	Pa	$[Rn]5f^26d7s^2$
40	Zr	$[Kr]4d^25s^2$	92	U	$[Rn]5f^36d7s^2$
41	Nb	$[Kr]4d^45s$	93	Np	$[Rn]5f^46d7s^2$
42	Mo	$[Kr]4d^55s$	94	Pu	$[Rn]5f^67s^2$
43	Tc	$[Kr]4d^55s^2$	95	Am	$[Rn]5f^77s^2$
44	Ru	$[Kr]4d^75s$	96	Cm	$[Rn]5f^76d7s^2$
45	Rh	$[Kr]4d^85s$	97	Bk	$[Rn]5f^97s^2$
46	Pd	$[Kr]4d^{10}$	98	Cf	$[Rn]5f^{10}7s^2$
47	Ag	$[Kr]4d^{10}5s$	99	Es	$[Rn]5f^{11}7s^2$
48	Cd	$[Kr]4d^{10}5s^2$	100	Fm	$[Rn]5f^{12}7s^2$
49	In	$[Kr]4d^{10}5s^25p$	101	Md	$[Rn]5f^{13}7s^2$
50	Sn	$[Kr]4d^{10}5s^25p^2$	102	No	$[Rn]5f^{14}7s^2$
51	Sb	$[Kr]4d^{10}5s^25p^3$	103	Lr	$[Rn]5f^{14}6d7s^2$
52	Te	$[Kr]4d^{10}5s^25p^4$			

أخذت عن C. E. Moore, "Ionization Potentials and Ionization Limits Derived from the Analyses of Optical Spectra," NSRDS-NBS 34, National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1970

ما عدا الميانات المتعلقة بالاكتنيات والتي أخذت عن:
G. T. Seaborg, *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, **18**, 53 (1968) and references therein.

مقدمـــــة :

تعتبر ذرة الهيدروجين أبسط ذرات العناصر من حيث تركيبها ، وتتألف من نواة تحتوي على بروتون واحد وإلكترون واحد ، ويعتبر الهيدروجين من أوسع العناصر انتشارًا في الكون، لأن ذراته تدخل في مركبات الماء وكذا أغلب المركبات العضوية، والهيدروجين كعنصر عديم اللون والرائحة، وغير قابل للذوبان في الماء، ونظرًا للتركيب الذري للهيدروجين وحجمه الصغير وقلة السالبية الكهربية كل هذه الصفات تضع بعض الصعوبات في وضع الهيدروجين في الجدول الدوري لاختلاف خواصه عن خواص عناصر المجموعة الأولى والسابعة .

وللهيدروجين ثلاثة نظائر وهي :

1- البروتيوم (H_1^1) .

2- الديترويوم (**D**) .

3- الترينيوم (**T**) .

وهذه النظائر الثلاثة تحتوي على برتون واحد وعلى صفر، واحد، واثنين من النيوترونات ولها نفس الخواص الكيميائية عدا ثابت الإتزان وسرعة التفاعل فعند التحليل الكهربي للماء، فإن الهيدروجين ينطلق بسرعة أضعاف سرعة انطلاق الديتريوم ، وعلى ذلك فإنه يمكن الحصول على كميات كبيرة جدًا من الديتريوم بواسطة عمليات التحليل الكهربي المتكررة للماء. حيث يصبح غنيًا بالماء الثقيل (الديتريوم) .

كما يمكن تحضير الديتريوم عند ظروف معينة بواسطة استبدال الهيدروجين في مركباته كما في المعادلات الآتية :

$$NaOH + D_2O \longrightarrow NaOD + HDO$$

$$NH_4Cl + D_2O \longrightarrow NH_3DCl + HDO$$

ويحضر الترينيوم بواسطة التحولات النووية سواء في الطبيعة أو في المفاعل النووي كما يلي:

$$_3Li^6 + _0N^1 \longrightarrow {}_1T^3 + {}_2He^4$$

$$_7N^{14} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_1T^3 + {}_6C^{12}$$

إنتاجه وتحضيره :

يتم الحصول على الهيدروجين من سحق الهيدروكربونات ، ومن التحلل الكهربي لمحلول مائي، وكذلك أثناء صناعة هيدروكسيد الصوديوم من كلور كلوريد الصوديوم، وأيضًا من الغاز الطبيعي كما في التفاعل الثاني

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow[750\,C^{\circ}]{Ni-Cr} CO + 3\,H_2 \qquad \Delta H = 205\ KJmol$$

ويتم تحضيره معمليًا بواسطة تفاعل الأحماض مع الفلزات كما يلي :

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow Zn\,SO_4 + H_2$$

أو بالإزاحة من مركباته المحتوية على أيوناته الموجبة كما يلي :

$$Mg + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} Mg(OH)_2 + H_2$$

$$Al + NaOH \xrightarrow{H_2O} NaAlO_2 + {}^3/_2\,H_2$$

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

نشاطـــه :

الهيدروجين عنصر نشط إلى حد ما ويحترق في الهواء مكونا ماء وتحـت ظروف خاصة ينفجر مع الأكسجين والهالوجينات وتستخدم كميات كبيرة لإنتـاج الأمونيا كما يلي:

$$N_2 + 3\,H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

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

$$Cl_2 + H_2 \longrightarrow 2\,HCl$$

ويستخدم الهيدروجين صناعيًا في اختزال أكاسيد الفلزات إلى مكوناتها كما يلعب دورًا هامًا في عملية تحول الأحماض الدهنية الغير شبعه إلى مركبات مشبعة والتي لها درجات انصهار عالية. كما في حالة عملية تصنيع الزبد الصناعي. كما يستخدم الهيدروجين في اختزال النيتروبنزين إلى الأنيلين ، وفي اختزال البنزين في وجود عوامل مساعدة. كما أنه يتفاعل مع أول أكسيد الكربـون ليكـون الكحـول الميثيلي ، ومع بعض العناصر لتكوين الهيدرات .

الهيدروجيـن الذري :

عند وضع سلك من التنجستن المسخن بتيار كهربي ومحـاط بجـو مـن الهيدروجين عند ضغط منخفض، أو بواسطة إشعاع كهرومغناطيسـي ذو طـول موجي مناسب أو بواسطة إمرار الهيدروجين عند ضغط منخفض خـلال قـوس كهربائي بين قطبين من التنجستن يحصل على الهيدروجين الذري .

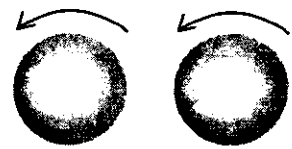
كذلك يمكن الحصول على الهيدروجين الذري من خلال إمرار تيـار مـن الهيدروجين خلال قوس كهربائي بين قطبين من التنجستن المبردين بالماء .

والهيدروجين الدري عامل مختزل قوي كما يلي :

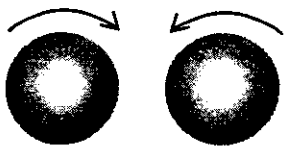
$$BaSO_4 + 8H \longrightarrow BaS + 4\ H_2O$$

الهيدروجين أرثو وبارا :

يحدث عند الظروف العادية وبنسبة **75%** من جزيئات الهيدروجين أن يبرم بورتونا الجزيء الواحد بنفس الاتجاه ويسمى هذا بالأرثوهيدروجين ويحدث بنسبة **25%** من جزيئات الهيدروجين أن يبرم بروتونا الجزيء باتجاهين متعاكسين، ويسمى هذا بالبار هيدروجين كما يلي :



الأرثو هيدروجين
(برم البروتونين متوازيين)



البار هيدروجين
(برم البروتونين متعاكسين)

والصفات الكيميائية لصورتا الهيدروجين متشابهة على الرغم من الاختلاف البسيط في الخواص الفيزيائية مثل درجة الانصهار ودرجة الغليان كما يلي :

نوع الهيدروجين	درجة الانصهار	درجة الغليان
الهيدروجين العادي	- 259.23 °	- 252.77 °
الهيدروجين الأرثو	- 259.22 °	- 252.74 °
الهيدروجين البارا	- 259.27 °	252.86 °

ومن المعلوم أن الهيدروجين العادي هو مزيج من الصورتان ، علمًا بأن البارا هيدروجين أكثر استقرارا من الأرثو. ويوجد بنسبة عالية عند درجات الحرارة المنخفضة بحيث أننا نجد الهيدروجين الأرثو لا يوجد عند درجة الصفر المطلق .

موضع الهيدروجين في الجدول الدوري :

أن للهيدروجين صفات تشابه العناصر القلوية بالمجموعة الأولى وصفات أخرى تشابه صفات الهالوجينات بالمجموعة السابعة. وكما سبق وذكرنا فإنه من الصعب وضعه في أي من المجموعتين ولذا فهو يشغل موقعًا فريدًا في قمة الجدول الدوري .

ونظرًا تصغر حجه فإن صفاته تتأثر بذلك. ونجد أن قيمته السالبية الكهربية لا تتفق مع أي من المجموعتين الأولى والسابعة كما يلي :

نعلم أن عناصر المجموعة الأولى لها إلكترون خارجي منفرد واحد. وعلى ذلك يمكن أن تكون أيونات موجبة بسهولة أثناء التفاعلات .

المجموعة الأولى	نصف قطر الدائرة	السالبية الكهربية	المجموعة السابعة	نصف قطر الذرة	السالبية الكهربية
الهيدروجين	0.037	2.1	الهيدروجين	0.037	2.0
الليثيوم	0.123	1.0	الفلور	0.072	4.0
الصوديوم	0.157	0.9	الفلور	0.099	3.0
الكالسيوم	0.203	0.8	البروم	0.144	2.8
الروبيديوم	0.244	0.8	اليود	0.133	2.5
السينزيوم	0.262	0.7	–	–	–

نعلم أن عناصر المجموعة الأولي لها إلكترون خـــارجي منفـــرد واحـــد . وعلي ذلك يمكن أن تكون أيونات موجبة بسهولة أثناء التفاعلات .

ونجد أن الهيدروجين له صفة السلوك وينتج عن تحوله إلى أيون موجـــب كمية عالية من طاقة التأين تساوي 1315 + كيلو جول/مول . وهذه الطاقة العاليـــة سببها صغر حجم الهيدروجين مما ينتج عنه قوة التجاذب الشديدة بـــين البروتـــون والإلكترون .

مركبـــــات الهيدروجين :

1- الهيدريدات الأيونية (شبيهة الأملاح) :

الهيدريدات شبيهة الأملاح تتكون بواسطة العناصر الموجودة في المجموعة الأولى والثانية والتي تملك أقل قيمة للسالبية الكهربية . وهذه المواد مركبات صلبة بلورية بيضاء لها درجات انصهار عالية ، وهي عوامل مختزلة قوية عند درجات الحرارة العالية كما يلي :

$$NaH + 2CO \longrightarrow HCOONa + C$$

$$2\,NaH + SiCl_4 \longrightarrow SiH_4 + 4NaCl$$

$$2\,CaH_2 + PbSO_4 \longrightarrow PbS + 2Ca(OH)_2$$

وصفات هذه الهيدريدات الاختزالية مرتبطة بقدرتها على تحرير الهيدروجين مـــن الماء. مما يدل على أن أيون H^+ في المحلول المائي هو قاعدة أقوى من OH^- .

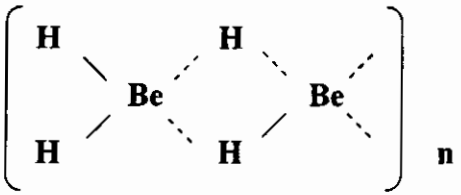
$$H^+ + H_2O \longrightarrow OH^- + H_2$$

ويسلك الأيون الموجب H^+ في سائل الأمونيا كقاعدة أقوى من NH_2^-

$$H^+ + NH_3 \longrightarrow NH_2^- + H_2$$

2- الهيدريدات شبيهة البوليمرات :

إن هايدريدات البريليوم والماغنسيوم عبارة عن مركبات تساهمية ذات تراكيب جسرية شبيهة بالبوليمر كما يلي :



وهي مركبات بسيط بين الهيدريدات الأيونية والتساهمية ولها بعض الصفات الاختزالية .

3- الهيدريدات التساهمية:

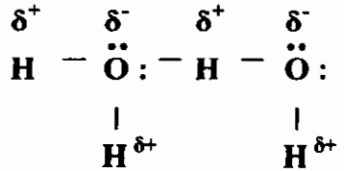
أن أغلب مركبات الهيدروجين تساهمية ولها تراكيب جزيئية ذات قوى تجاذب داخلية متبادلة ضعيفة. ويكون الهيدروجين مركبات مع العناصر ذات السالبية الكهربية القليلة وكذا غير الفلزية في المجموعات الرابعة والخامسة والسادسة والسابعة . وهذه المركبات عبارة عن غازات عند الظروف العادية كما يلي :

المجموعة الرابعة	المجموعة الخامسة	المجموعة السادسة	المجموعة السابعة
CH_4	NH_3	H_2O	HF
SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
GeH_4	AsH_3	H_2Se	HBr
SnH_4	SbH_3	H_2Te	HI

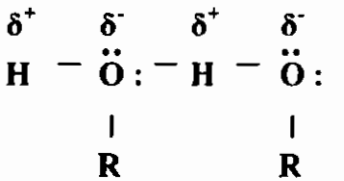
ونلاحظ أن هناك استثناءات هما الماء (درجة غليانه 155 مئوية) وفلوريد الهيدروجين (درجة غليانه 19 مئوية) وهذا الاختلاف الواضح بين الماء وفلوريد الهيدروجين وأيضًا سهولة تسييل الأمونيا هي صفات تغرى إلى السالبية الكهربية العالية للأوكسجين **(3.5)** والفلور **(4.0)** والنتروجين **(3.0)** ولتوفر زوج منفرد من الالكترونات على هذه الذرات تمكنها من تكوين روابط هيدروجنية .

وعندما يرتبط الهيدروجين مع الأوكسجين أو مع أي عنصرًا آخر ذو سالبية كهربية عالية. فهذا يفيد في تكوين جسر بين ذرتي الأوكسجين الجزيئين مختلفين مكونًا رابطة تساهمية مع أحدهما مرتبطًا مع الأخرى بواسطة قوى تجاذب كهروستاتيكي. وهذه هي الرابطة الهيدروجنية كما في الماء والكحولات وهي كما يلي :

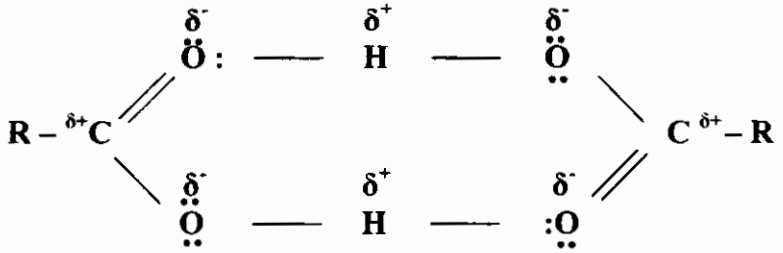
الماء



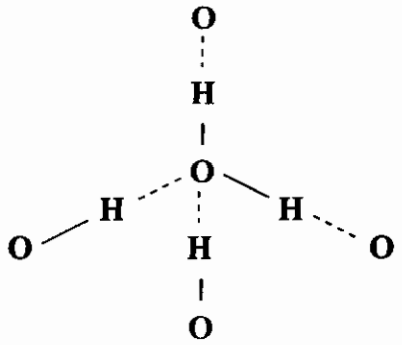
الكحولات



وهذا التأثير (ثنائي قطب – ثنائي قطب قوي جدًا) يفسر درجات الغليان العالية بصورة استثنائية لمركبات الماء وفلوريد الهيدروجين وأيضًا الكحولات والأحماض الكربوكسيلية كما يلي :



ونجد في الجليد ، أن كل جزئ ماء محاط بأربعة جزئيات أخـرى بشـكل رباعي السطوح. ويكون الجزئ المركزي مرتبطاً بواسطته روابط هيدروجنية مع الأربعة الأخرى كما يلي :



4- الهيدريـدات المعقـدة :

نجد أن عناصر المجموعة الثالثة مثل البورون والألمنيـوم والجالسـيوم . تكون هيدريرات معقدة $Al(BH_4)_3$ و$Li(GaH_4)$ و$Na(BH_4)$ و$Li(ALH_4)$ ، وفي كل حالة يكون للأيون $[MH_4]$ تركيب رباعي السطوح. وهذه المركبات عوامـل مختزلة، وتستخدم في الكيمياء العضـوية وبـالأخص فـي اختـزال الأحمـاض الكربوكسيلية إلى الكحولات مثل ليثيوم رباعي هايدريدو ألومينـات ، وصـوديوم هايدريدو بورات الخ ...

5- الهيدريـدات الفلزيـــة :

تكـــون العناصـــر الانتقاليـــة وعنصـــري البريليـــوم والماغنســـيوم عنـــد الإتحـــاد بالهيـــدريرات مـــا يعـــرف بالهيـــدريرات الفلزيـــة وهـــي أقـــل كثافة من العنصر نفسه .

" الأسئلـــــــــة "

1- تكلم عن نظائر الهيدروجين وبين كيف يمكن الحصول عليها ؟

2- وضح كيف يمكن الحصول على الهيدروجين من الغاز الطبيعي ؟

3- بين بالمعادلات فقط كيف يمكن تحضير الهيدروجين بالإزاحة من مركباته ؟

4- وضح بالتفصيل نشاط الهيدروجين ؟

5- تكلم عن الهيدروجين الذري .

6- اشرح مع الرسم ماهية الهيدروجين الأرثو والبارا ؟

7- بين موقع الهيدروجين في الجدول الدوري ؟

8- أكتب مذكرات عن ما يأتي:

1- الهيدريرات الأيونية .

2- الهيدريرات الشبيهة بالبوليمرات .

3- الهيدريرات التساهمية .

4- الهيدريرات المعقدة .

5- الهيدريرات الفلزية .