الكيميائي بلال عبد الوهاب الرفاعي ***Chem. Bilal A. Al-Rifaii***
مدرب التقنيات الصباغية في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية وغرفتي صناعة دمشق وحلب
دمشق: هاتف: 011 3440538 ، حلب: 021 2262139 ، جوال: 0944 584316، b.rifatex@hotmail.com

الرابطة الهيدروجينية

تنويه: عندما نشرت الجمعية الكيميائية السورية صورة الرابطة الهيدروجينية كما نشرها موقع التقانة النانوية في سورية، قدرت أن هذه الصورة ستضيع بين مجموعات الصور التي قد يحفظها أو يؤرشفها بعض المهتمين، لذا فكرت في حفظها في بحث قصير عن الرابطة الهيدروجينة، فقد يكون هذا أجدى للحفظ والتنظيم، والله الموفق
بلال الرفاعي

تعريف: تحدث الرابطة الهيدروجينية بين الجزيئات الحاوية على رابطة تساهمية قطبية والحاوية على ذرات عالية الكهرسلبية مثل الفلور والأكسجين أو النتروجين المرتبط بذرة هيدروجين، والتي يمكنها بسبب كهرسلبيتها العالية أن تشكل شحنة سالبة تستقطب الزوج الإلكتروني ما يسبب امتلاك شحنة كهربائية جزئية موجبة جزئية نسبياً بسبب صغر حجمه،وشحنة سالبة جزئية أيضاً على الذرة الأعلى كهرسلبية والأكبر حجماً، وليشكل ما يسمى بالرابطة الهيدروجينية التي تعادل ما يقارب 5-30 كيلو جول/مول.

أنواع الرابطة الهيدروجينية:

1- روابط هيدروجينة داخلية: ونجدها في الجزيئات الحاوية على ذرات هيدروجين وترتبط برابطة تساهمية قطبية مع إحدى الذرات O, F, N، كما هي حال الأغوال والأمينات الأولية والثانوية، والأميدات الأولية والثانوية، والحموض الكربوكسيلية، والماء.

2- روابط هيدروجينية خارجية: ونجدها في المركبات الحاوية على إحدى الذرات O, F, N دون أن ترتبط برابطة تساهمية قطبية مع الهيدروجين، لذا نجدها ترتبط مع المذيب المحيط بها إن حوى على هذا النوع من الروابط كما هو حال الايترات، والأمينات الثالثية، والأميدات الثالثية، والكيتونات، والألدهيدات، والاسترات.

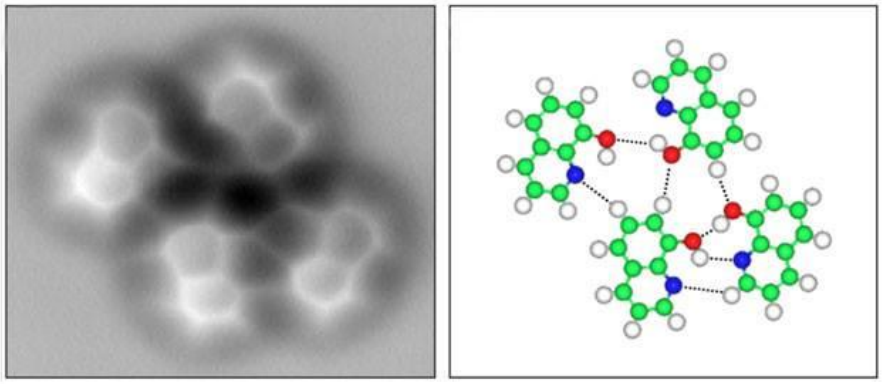
تتشكل الرابطة الهيدروجينية عندما ترتبط ذرة الهيدروجين من جزيء بذرة شديدة الكهرسلبية من جزيء آخر وبذلك يترابط الجزيئان برابطة هيدروجينية.

ولتشكيل هذه الرابطة يجب أن يتحقق شرطان:

1: أن ترتبط ذرة الهيدروجين في الجزيء الأول بذرة شديدة الكهرسلبية في نفس الجزيء

2: أن تمتلك الذرة الشديدة كهرسلبية في الجزيء الثاني زوجاً إلكترونياً حراً.

ويتم تمثيل الرابطة الهيدروجينية والتي تكون عادة أطول من الرابطة المشتركة بخطٍ منقط، وغالباً ما تزول هذه الرابطة وتضعف بالتسخين:

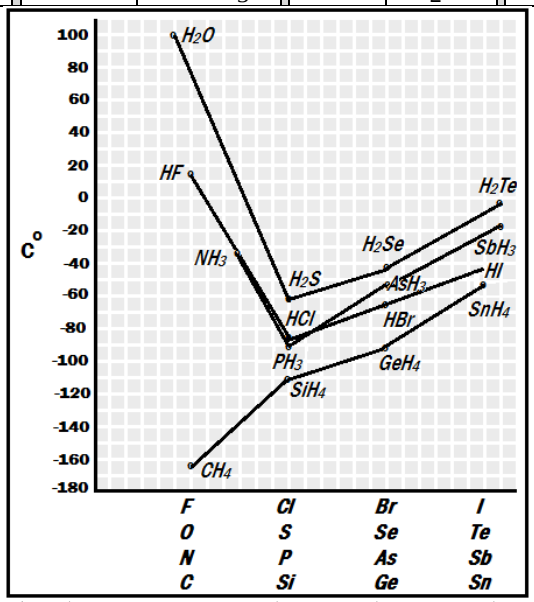


وتمكن مجموعة من الباحثين في الصين وباستخدام مجهر القوى الذرية AFM من الحصول على أول صورة تظهر روابط الهيدروجين، التي تربط الذرات مع بعضها البعض.

تظهر الصورة على اليمين شكل المركب الكيميائي 8- هيدروكسي كينولين 8-hydroxyquinoline بشكلها الافتراضي، بينما تظهر الصورة على اليسار المركب بشكله الحقيقي كما يبدو تحت المجهر، ويمكن تبيان الروابط الهيدروجينية بين الذرات بالخطوط الرمادية الفاتحة.

تأثير الرابطة الهيدروجينية على خواص المادة: تؤثر الروابط الهيدروجينية على الخواص الطبيعية للمادة، فنجد أن درجات غليان وانصهار المواد الحاوية على روابط هيدروجينية أعلى من درجات غليان وانصهار مثيلاتها من المواد، ويظهر هذا التأثير بصورة واضحة على درجة غليان الماء كما يبين الجدول الذي يبين قيم درجات غليان المركبات الهيدروجينية لعناصر بعض الفصائل:

المجموعة: IVA		المجموعة: VA		المجموعة: VIA		المجموعة: VIIA	
المركب	C°	المركب	C°	المركب	C°	المركب	C°
CH_4	-164	NH_3	-33.4	H_2O	+100	HF	+19.5
SiH_4	-112	PH_3	-87.8	H_2S	-61	HCl	-85
GeH_4	-90	AsH_3	-55	H_2Se	-41	HBr	-66.7
SnH_4	-52	SbH_3	-18	H_2Te	-2	HI	-35.6



درجات غليان بعض المركبات الهيدروجينية بحسب الجدول السابق

فللماء صفات خاصة بسبب الروابط الهيدروجينية المميزة التي تربط بين جزيئاته، إذ تبلغ درجة غليانه 100 °م، وتعتبر هذه الدرجة مرتفعة جداً إذا ما قورنت بدرجات غليان مركبات عناصر المجموعة السادسة مع الهيدروجين بالرغم من أن الوزن الجزيء للماء أقل من الوزن الجزيء لهذه المركبات.

كما أن للروابط الهيدروجينية التي تربط بين جزيئات الماء تأثير مباشر في القيمة العليا للكثافة التي يتخذها الماء والتي تساوي 1 غ/سم^3 عند حرارة 4 °م، في حين تكون أقل عند درجات الحرارة الأقل أو الأكثر منها، وهذا ما يجعل الجليد يطفو على سطح الماء عند التجمد.

كما تعود خاصية التوتر السطحي المميزة للماء إلى ارتباط جزيئات الماء بين بعضها بروابط هيدروجينية.

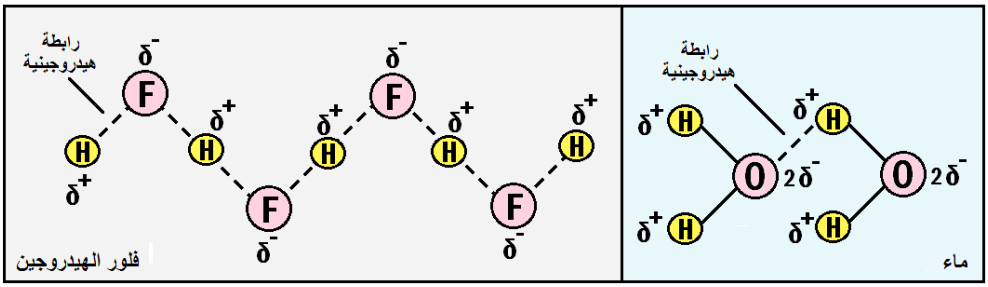
ويبين الجدول التالي مقارنة بين الماء والميثان من حيث درجتي الغليان والانصهار:

الخاصة	الماء H_2O	الميتان CH_4
الوزن الجزيئي	18	16
درجة حرارة الغليان المئوية	+100	-164
درجة حرارة الانصهار المئوية	0	-182

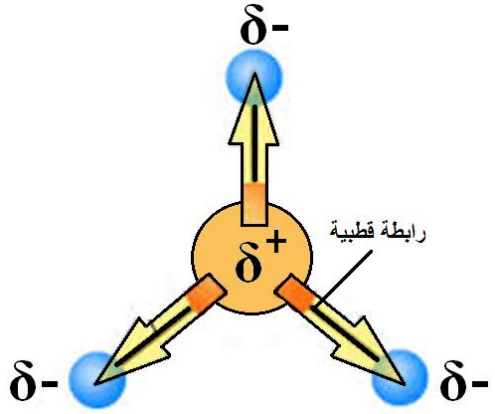
يُلاحظ الفرق الكبير في درجات الغليان والانصهار بين المركبين، فالماء درجة غليانه وانصهاره أعلى بكثير من درجة غليان وانصهار الميثان بالرغم من تقارب وزنيهما الجزيئيين. وبالطبع يعود السبب لقوة الروابط الهيدروجينية التي يتمتع بها جزيء الماء.

الكهرسلبية *Electronegatity*

تُعرَّف الكهرسلبية على أنها مقياس لمقدرة الذرة أو الجزيء على جذب الإلكترونات في الروابط الكيميائية. وتعتمد نوعية الرابطة المتكونة اعتماداً كبيراً على الفروق ما بين قيم كهرسلبية الذرات الداخلة في تفاعل ما لتشكيل مركب ما، وتقوم الذرات المتشابهة في الكهربائية السالبة " بسرقة " الإلكترونات من بعضها البعض والذي يرجع لما يسمى (مشاركة) وتكون رابطة مشتركة، ولكن لو كان هذا الفرق كبير سينتقل الإلكترون إلى أحد الذرات وتتكون رابطة أيونية، إضافة إلى ذلك في حالة أن أحد الذرات تقوم بسحب الإلكترونات بقوة أكبر قليلاً من الأخرى فإنه تتكون رابطة مشتركة قطبية، ويتم استخدام مقياسين مشهورين للكهرسلبية، مقياس باولنج، ومقياس مولكين. كما يوجد اقتراح آخر يسمى مقياس ألفريد- روشو.



الروابط الهيدروجينية المنقطة في كلٍ من الماء وفلور الهيدروجين



الرابطة القطبية في ثلاثي فلوريد البور Boron Trifluride

لاحظ الفرق بين الرابطة القطبية والرابطة الهيدروجينية

مقياس باولنج: تم اقتراح مقياس باولنج من قبل العالم لينوس باولينج عام 1932. ويكون في هذا المقياس عنصر الفلور هو الأعلى كهرسلبية حيث تبلغ 3.98، بينما أقل العناصر كهرسلبية هو الفرانسيوم وله قيمة تبلغ 0.7، وتتراوح قيمها للعناصر الباقية بين هاتين القيمتين، وتساوي كهرسلبية الهيدروجين 2.1-2.2. وكقاعدة عامة يتم تحديد نوع الرابطة بحسب الجدول التالي:

نوع الرابطة	أيونية	مشتركة قطبية	مشتركة غير قطبية	مشتركة صافية
فرق الكهرسلبية	أكبر أو يساوي (1.7)	1.7-0.4	أصغر من (0.4)	يساوي (0)

مقياس مولكين: تم اقتراح هذا المقياس من قبل روبرت مولكين عام 1934، ويتم احتساب القيم وفقها بالأخذ بمتوسط كمون التشرد والألفة الإلكترونية، وعلى هذا يتم التعبير عن الكهرسلبية مباشرة بوحدات الطاقة، وعادة ما تكون بالإلكترون ڤولت كونها وحدة صغيرة تناسب التعامل مع الذرات .

اتجاه تغير قيم الكهرسلبية: لكل عنصر كيميائي كهرسلبية مميزة تتراوح بين (0-4) على مقياس باولنج. ويحتل الفلور القيمة الأعلى كهرسلبية والفرانسيوم القيمة الأخفض. وتتغير قيم الكهرسلبية على الشكل:

في المجموعة: تتناقص الكهرسلبية بالنزول من الأعلى للأسفل مع ازدياد الحجم الذري، لذلك تتنافر الكترونات مستوى الطاقة الأخير لضعف النواة على جذبها نحوها.
في الدور: تتزايد الكهرسلبية بالاتجاه من اليسار إلى اليمين مع تناقص الحجم الذري، لذلك تقدر النواة على جذب الكترونات غلاف التكافؤ نحوها.

الجدول الدوري وقيم الكهرسلبية بمقياس باولنج

1A	2A	3b	4b	5b	6b	7b	3b	3b	3b	2b	3A	4A	5A	6A	7A	8A	الفصيلة / الدور
H																He	1
2.20																	eV
Li	Be										B	C	N	O	F	Ne	2
0.98	1.57										2.04	2.55	3.04	3.44	3.98		eV
Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	3
0.93	1.31										1.61	1.90	2.19	2.58	3.16		eV
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	4
0.82	1.00	1.36	1.54	1.63	1.66	1.55	1.83	1.88	1.91	1.90	1.65	1.81	2.01	2.18	2.55	2.96	3.00	eV
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	5
0.82	0.95	1.22	1.33	1.60	2.16	1.90	2.20	2.28	2.20	1.93	1.69	1.78	1.96	2.05	2.1	2.66	2.6	eV
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Ti	Pb	Bi	Po	At	Rn	6
0.79	0.89	1.27	1.30	1.50	2.36	1.90	2.20	2.20	2.28	2.54	2.00	1.62	2.33	2.02	2.00	2.20		eV
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo	7
0.70	0.90																	eV

-

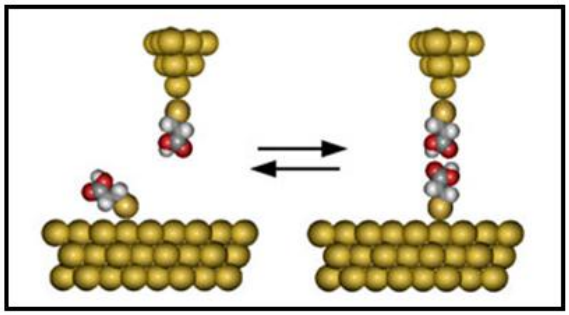
الرابطة الهيدروجينية تحت المجهر

ترجمة بتصرف: ميشيل رحال، الكيمياء العربي

" منقول عن النت "

تمكن علماء يابانيون من تصميم قمة لمجهر المسح النفقي Scanning Tunnelling Microscope، والتي تسمح بقياس انتقال الالكترون عبر الرابطة الهيدروجينية.

أكمل الباحثون على عدة سنوات، رصد أجهزة مكونة من جزيئة وحيدة تسلك سلوك تجهيزات الكترونية لكن ضمن حدود أصغر، كالأسلاك، الديودات، القوابس، الترانزستورات، وحتى البوابات المنطقية المعقدة. لكن بين العدد الضخم من الأوراق العلمية، فإنّ قلة منها أظهرت التقنيات الضرورية لتحقيق انتقال الالكترون خلال هذه الكيانات وحيدة الوظيفة، على الرغم من أن هذا سيساهم في تصميم وحدات متطورة، وتجمعات غير مشتركة (تساهمية). فقاموا بتعديل رأس مجهر المسح النفقي، الذي قد يستطيع تشكيل رابطة هيدروجينية.



إنّ المعلومات عن الانتقال الالكتروني للروابط غير المشتركة للجزئيات الضخمة المنتظمة ليست بكثيرة وذلك حسب توموياكي نيشينو Tomoaki Nishino وزملاؤه من جامعة اوساكا Osaka Prefecture University، إذ أشاروا بأنّ الرابطة الهيدروجينية تبدو أكثر شيوعاً من خلال التأثيرات غير المشتركة، لذا فقد قاموا بالتركيز على كشف خواصها الالكترونية.

وللقيام بهذه العملية، قام الفريق بالتوجه لمجهر المسح النفقي وطوروا رؤوس جزيئية جديدة له باستخدام الامتزاز الكيميائي للمركبات العضوية الحاوية على الكبريت لتعديل الرأس المعدني للمجهر. ويسمح هذا التعديل بالتعرف الكيميائي للمطلوب وعلى المستوى الجزيئي، بالإضافة إلى قياسات المجهر الاعتيادية.

يشرح الفريق كيف استخدموا مقاربة أبسط من التعديلات التي استخدم فيها الحمض النووي في أعمال أخرى، وذلك بإضافة ألكان تيول كربوكسيلي carboxylated alkanethiol لرأس المجهر، ما سمح لهم بالتحقق مباشرة إلى الرابطة الهيدروجينية بين هذه المجموعة وحمض كربوكسيلي مرتبط بسطح من الذهب.

اكتشف الباحثون بأن الرابطة الهيدروجينية بين الجزيئة على رأس المجهر وبين الجزيئة على السطح، تقوم بنقل الالكترونات بشكل أفضل من روابط سيغما قصيرة المدى الموجودة بين الذرات المرتبطة تشاركياً. أظهرت الروابط الهيدروجينية الطويلة نقل الكتروني أضعف. يشرح الفريق بأنّ حضور الترابط الهيدروجيني ضمن وصلة جزيئية، يؤثر بشكل مميز على خواص النقل وقد يمكن ضبط ذلك بالتحكم بطول الروابط الهيدروجينية.

يقول ماركوس لاكينغر Markus Lackinger، من جامعة لودفيغ ماكسيميليان Ludwig Maximilians University، ميونيخ - ألمانيا Munich-Germany: (لم يتعرف تعريف التجربة بشكل كاف لكن النتائج مميزة وقد تظهر أن التحكم بالتجارب قد تم تنفيذها بعناية. كما هو متوقع فإنّ الناقلية منخفضة تماماً، لكنها ليست معدومة).

على أية حال، كان له بعض الاعتراضات على مضامين التجربة حيث قال: (حسابات البنية الالكترونية ضمن الاستخدام المحدود، لأنه لا يمكن المقارنة بشكل مباشر مع التجارب من أجل ذلك، وقد تكون حسابات الناقلية المبنية على أساس حسابات البنية الالكترونية ضرورية. كخلاصة، هو جدير بالاهتمام، لكن أنا أشك بأن هذه الورقة العلمية تضع قاعدة أساس الالكترونيات الجزيئية المعتمدة على الروابط الهيدروجينية).

المرجع: تمت الترجمة من موقع Royal Society of Chemistry