

كيمياء الصف الثانى عشر المتقدم

1

مقدمة فى الأحماض والقواعد

إعداد الاستاذ / ميشيل حليب

00201224064691

مقدمة في الأحماس والقواعد

القسم 1

الفكرة الرئيسة تساعد النماذج المختلفة في وصف سلوك الأحماس والقواعد.

مقدمة في الأحماض والقواعد

الاحماض: مواد كيميائية محاليلها لها طعم لاذع، ولها القدرة على تغيير لون عباد الشمس الى اللون الاحمر، كما انها لها القدرة على توصيل الكهرباء
محاليل الاحماض تعطى كاتيونات الهيدروجين التي ترتبط بالماء مكونة ايونات الهيدرونيوم (H_3O^+)

توجد الاحماض في العديد من الاطعمة الطبيعية :

حمض الكربونيك حمض الفوسفوريك	حمض الطرطريك	حمض الاكساليك	حمض الماليك	حمض اللاكتيك	حمض الستريك حمض الاسكوربيك	حمض الاسيتك
المشروبات الغازية	عصير العنب	الطماطم - السبانخ	التفاح - البطيخ	البن الرايب	الليمون - البرتقال	الخل

خصائص الأحماض

يطلقه النمل عندما يشعر بخطر يهدده.

حمض الميثانويك (الفورميك)

تكوين كهوف في الصخور الجيرية وتلف المواقع الأثرية.

المطر الحمضي

تضاف إلى المشروبات الغازية لإعطائها مذاق لاذع.

حمض الكربونيك والفوسفوريك

مسؤولة عن المذاق الحمضي في الليمون والجريب فروت.

حمض السيتريك والإسكوربيك

يجعل مذاق الخل حمضيا.

حمض الأسيتيك (الخليك)

هضم الطعام ويستخدم صناعيا في تنظيف الطوب والخرسانة.

حمض المعدة (المورياتيك) HCl

تطبيقات الحياة لاستخدام الأحماض



حمض الكربونيك
في المشروبات الغازية



حمض الفوسفوريك
في المشروبات الغازية



حمض الكبريتيك
في بطارية السيارة

أحماض
معنوية

حمض الأسكوربيك وحمض الستريك
في البرتقال والليمون والعديد من عصائر الفاكهة

حمض الخليك
 CH_3COOH
يجعل طعم الخل حامضاً

أحماض
عضوية

حمض الميثانويك
(حمض الفورميك)
(HCOOH)

حمض عضوي يطلقه النمل لتحذير (تنبيه) أعضاء المستعمرة من خطر وشيك.

حمض الهيدروكلوريك
(حمض الهيدروكلوريك)
(حمض مورياتيكا)

يحدد الجيولوجيون الصخور على أنها حجر جيرى باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك

إذا كانت بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك تنتج فقاعات من غاز ثانى اكسيد الكربون ، فإن الصخرة تحتوي على الحجر الجيري.



الخصائص القاعدية:

له طعم مر - يحول ورق عباد الشمس إلى اللون الأزرق - يوصل الكهرباء

المحلول القاعدي

تطبيقات الحياة من القواعد

قاعدة قوية

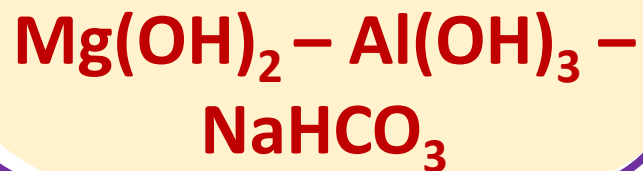
هيدروكسيد الصوديوم
هيدروكسيد الصوديوم
هيدروكسيد الصوديوم

يتم استخدامه في :

- 1- تنظيف المصارف المسدودة
- 2- إنتاج الصابون



قواعد ضعيفة



يتم استخدامها في:

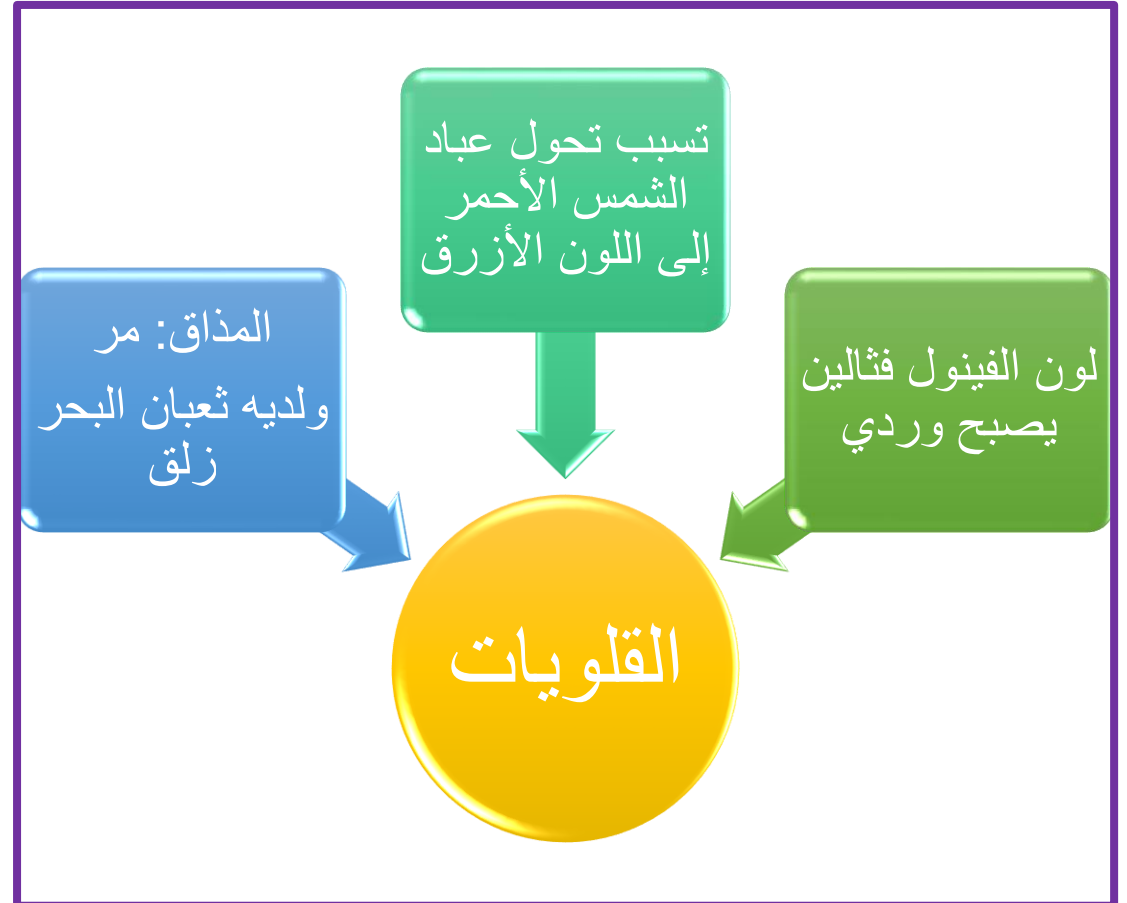
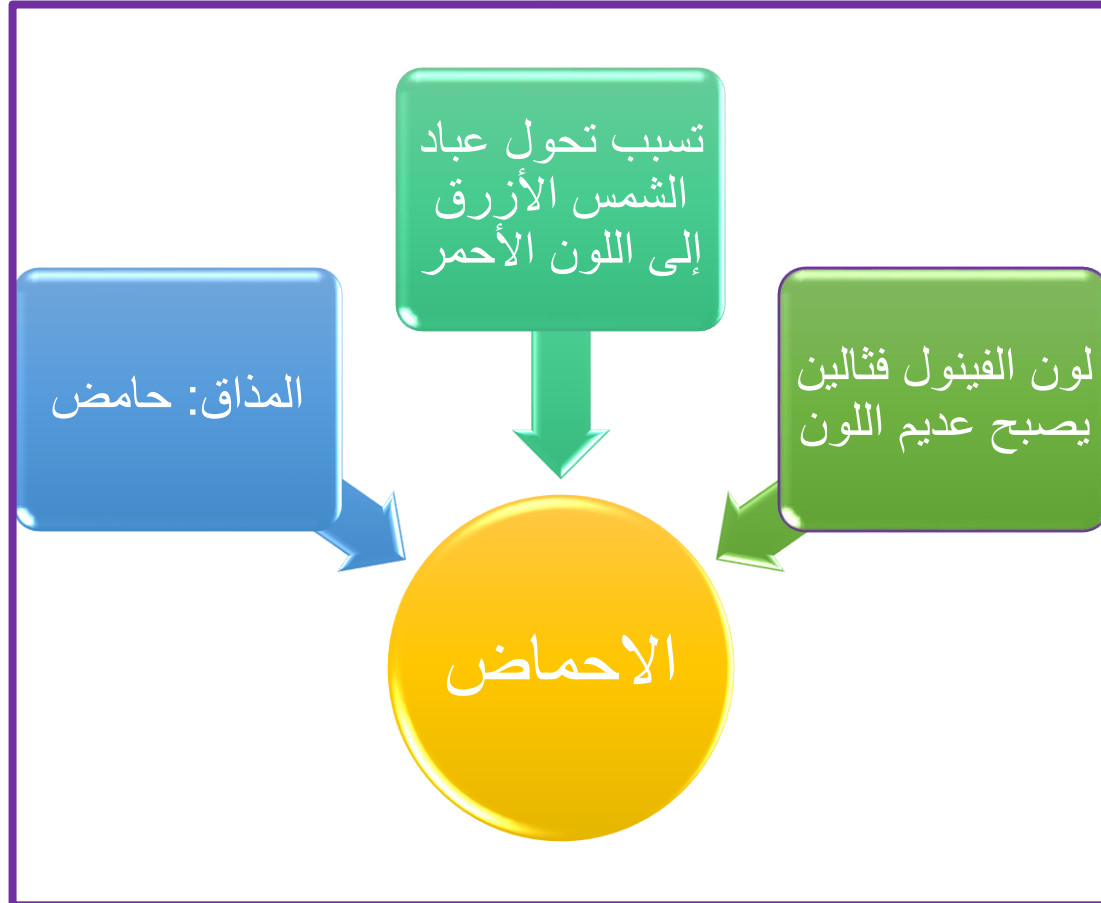
قرص مضاد للحموضة (لاضطراب المعدة)
لإزالة الإفرازات الزائدة من حمض حمض
الهيدروكلوريك في المعدة





لها رائحة نفاذة
يستخدم في بعض المنظفات المنزلية

قواعد ضعيفة
 NH_3 الأمونيا



التفاعلات الكيميائية :

تفاعلات التعادل :

تتفاعل الأحماض مع القواعد لإنتاج الأملاح والماء.

قاعدة مهمة: حمض + قاعدة $\longrightarrow$ ملح + ماء



تفاعل الأحماض مع الفلزات النشطة :

تتفاعل الفلزات النشطة مع محاليل الأحماض ، وتطلق غاز الهيدروجين H_2



تفاعل الأحماض مع كربونات الفلزات :

يستخدم الجيولوجيون محلول حمض الهيدروكلوريك لتحديد الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) CaCO_3 ، حيث ينتج فقاعات من ثاني أكسيد الكربون.



تفاعل الأحماض مع كربونات الهيدروجين

تتفاعل المحاليل الحمضية مع كربونات الفلزات الهيدروجينية ، وتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون.



تفاعل حمض الخليك المذاب في الماء مع صودا الخبز (بيكربونات الصوديوم الهيدروجينية)

تحتاج النباتات إلى تربة خاصة

نبات المخلدية: ينمو بشكل أفضل ويزدهر في التربة القلوية.



نبات الوردية: ينمو بشكل أفضل في التربة الحمضية.



تطبيق

1. اكتب معادلات موازنة للتفاعلات بين:

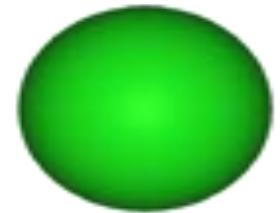
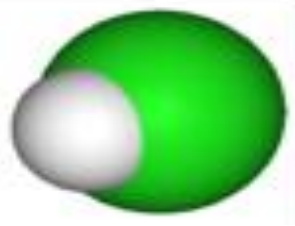
a. الألمنيوم وحمض الكبريتيك

b. كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروبروميك

2. **مسألة للتحدي** اكتب المعادلة الأيونية الصرفة للتفاعل في السؤال 1b.

الأحماض والقواعد في المحاليل المائية

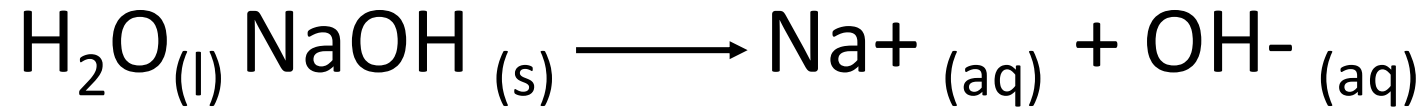
الأحماض والقواعد ومعظم الأملاح هي مركبات تشكل الأيونات عند إذابتها في الماء. تتأين الأحماض في محلول مائي:
التأين : هو إنتاج الأيونات من المذاب بفعل المذيب.
حمض قوي : يتأين تماما في المحلول المائي وينتج وفرة من الأيونات حرة الحركة.



تفكك القاعدة في محلول مائي:

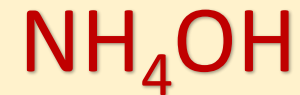
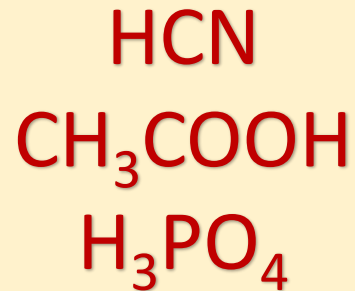
التفكك : فصل أيونات المركب الأيوني

قاعدة قوية: منفصلة كاملة في محلول مائي وتنتج وفرة من الأيونات الحرة.



حمض ضعيف: التآين الجزئي في محلول مائي ،
والذي ينتج القليل من الأيونات حرة الحركة.

قاعدة ضعيفة: تتفكك جزئيا في محلول مائي
وتنتج القليل من الأيونات حرة الحركة.



توصيل المحاليل الحمضية التيار الكهربائي

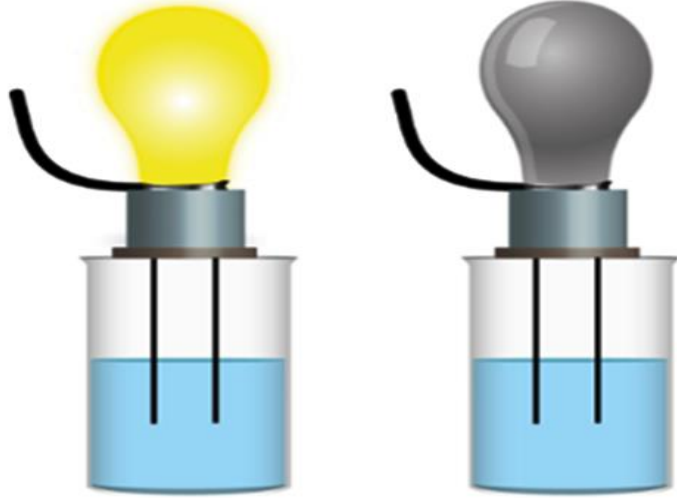
المحاليل الالكتروليتيّة: هي محاليل يمكنها توصيل الكهرباء بسبب وجود أيونات حرة. تتأين الأحماض في محلول مائي ، وتنتج أيونات حرة الحركة ، والأيونات حرة الحركة هي المسؤولة عن توصيل التيار الكهربائي.

المحاليل المائية الحمضية للأحماض القوية توصل الكهرباء بشكل جيد (إلكتروليتي قوي) لأنها تتأين تماما في المحاليل المائية وتنتج وفرة من الأيونات الحرة المتحركة.

المحاليل المائية الحمضية للأحماض الضعيفة لا توصل الكهرباء بشكل جيد

تعتبر الأحماض الضعيفة إلكتروليات ضعيفة؛ لأنها تتأين جزئيا في المحاليل المائية، وتنتج القليل من الأيونات حرة الحركة.

المحاليل المائية من (الهيدروفلوريك وأحماض الخليك وهيدروكسيد الأمونيوم هي إلكتروليات لأنها تحتوي على عدد قليل من الأيونات الحرة (الناتجة عن تفكك القاعدة وتأين الحمض).



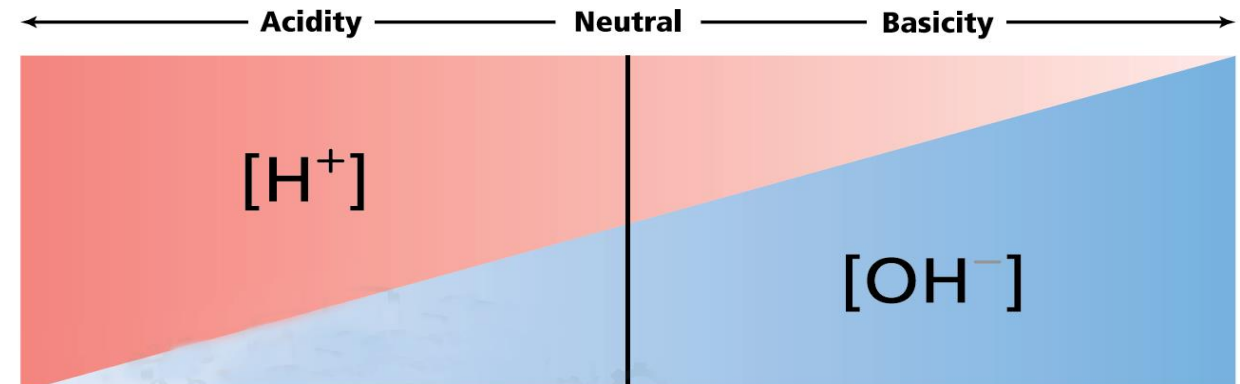
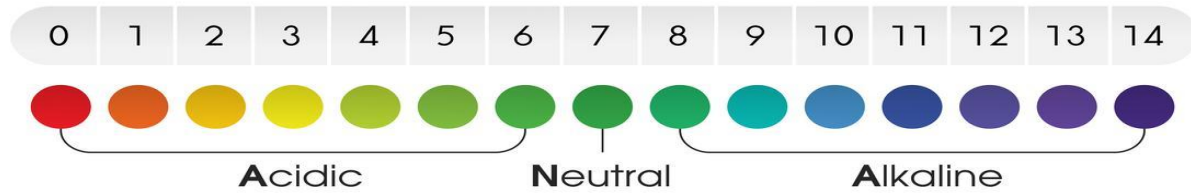
أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد :

جميع محاليل الماء تحتوي على أيونات هيدروجين H^+ وأيونات هيدروكسيد OH^- تحدد الكميات النسبية للأيونين ما إذا كان المحلول المائي حمضي أو قاعدي أو متعادل. المحاليل المتعادلة ليست حمضية ولا قاعدية.

يحتوي المحلول الحمضي على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد. يحتوي المحلول القاعدي على أيونات هيدروكسيد أكثر من أيونات الهيدروجين.

يحتوي المحلول المتعادل على تركيزات متساوية من أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد.

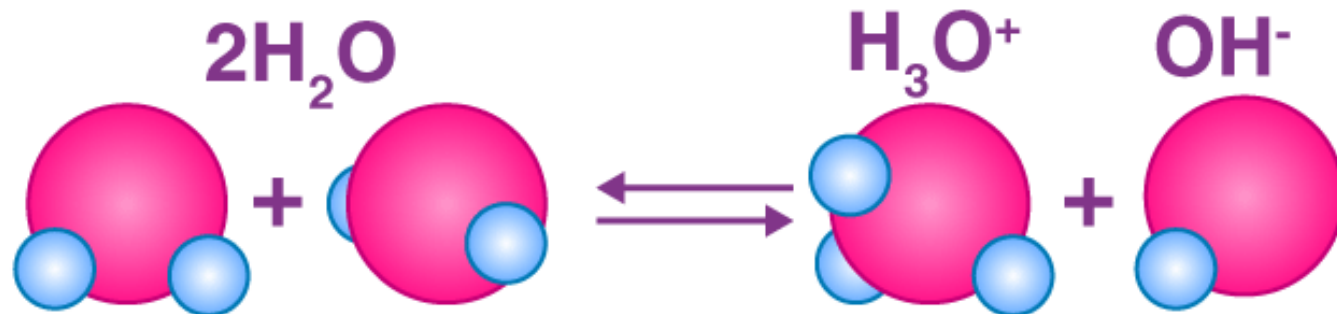
pH Scale



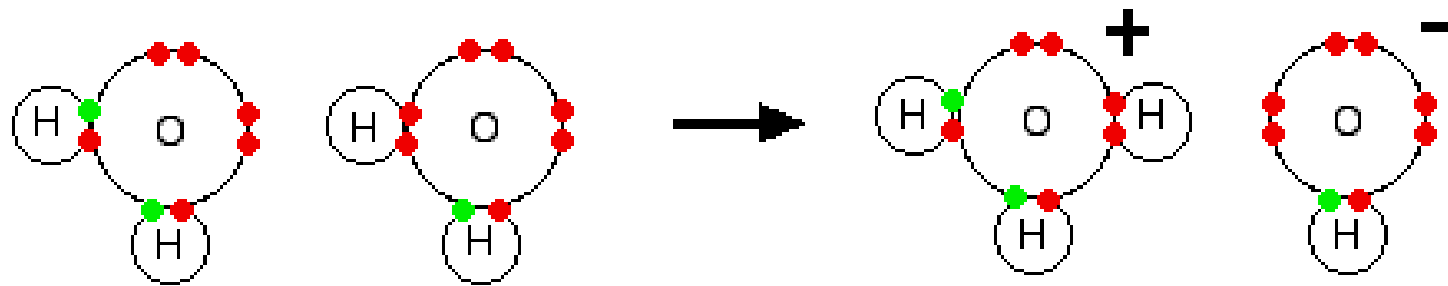
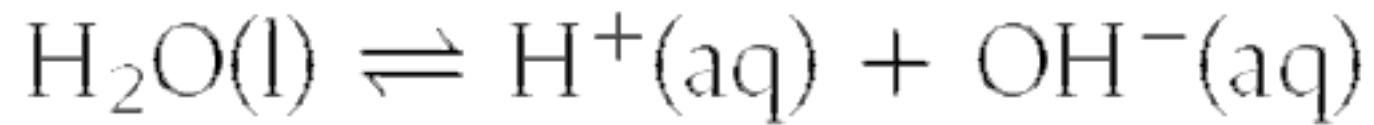
الماء النقي ينتج أعدادًا متساوية من أيونات H^+ وأيونات OH^- في عملية تُعرف باسم التأين الذاتي، تتفاعل فيها جزيئات الماء لتكوّن أيون هيدرونيوم (H_3O^+) وأيون هيدروكسيد.



جزيئات الماء أيون هيدرونيوم أيون هيدروكسيد



أيون الهيدرونيوم عبارة عن أيون هيدروجين مرتبط بجزيء ماء بواسطة رابطة تساهمية. يمكن استخدام الرمزين H^+ و H_3O^+ بشكل متبادل، كما تُظهر هذه المعادلة للتأين الذاتي.



نظريات الأحماض والقواعد

لويس

برونشتد - لوري

أرهينيوس

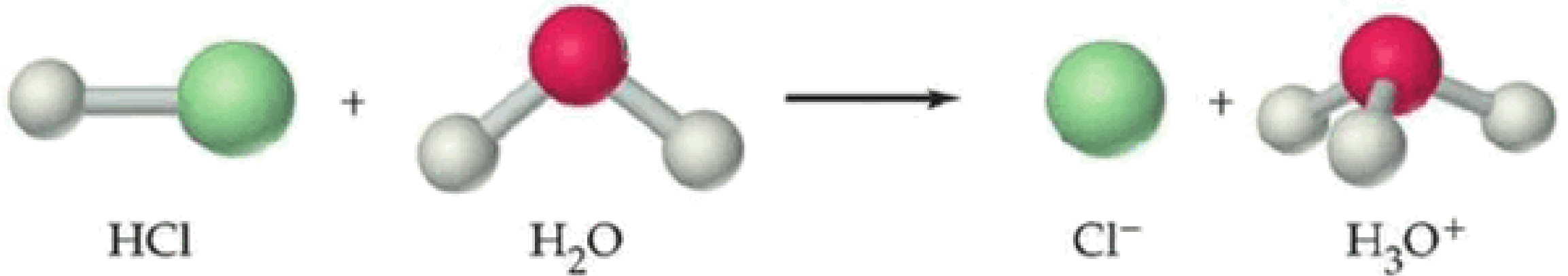
1 نموذج أرهينيوس

حمض أرهينيوس: هو مادة تحتوي على الهيدروجين وتتأين لإنتاج أيونات الهيدروجين في محلول مائي.

تنتج الأحماض القوية وفرة من أيونات الهيدروجين (أيونات الهيدرونيوم) ، وتوصل التيار الكهربائي بشكل جيد ، والمحلول الحمضي هو إلكتروليت قوي.

تنتج الأحماض الضعيفة عددا أقل من أيونات الهيدروجين (أيونات الهيدرونيوم) ، وتوصل الكهرباء بشكل سيئ ، والمحلول الحمضي ضعيف المنحل بالكهرباء.

يمثل محلول حمض الهيدروكلوريك في الماء حمض أرهينوس
- لأنه يحتوي على الهيدروجين وينتج وفرة من البروتونات (أيونات الهيدرونيوم) في المحلول المائي.



غاز حمض الهيدروكلوريك النقي ، حمض الهيدروكلوريك الجاف ، وحمض الهيدروكلوريك المذاب في المذيبات غير القطبية ، لا يمثل حمض ارهينيوس.
-لأن الحمض في الحالة النقية أو إذا ذاب في مذيب غير قطبي ، فلن يتأين (مثل يذوب مثل) ، وبالتالي لن يعطي أيونات الهيدروجين الموجبة (الهيدرونيوم).

تقل فرصة وجود أيون الهيدروجين H^+ بشكل فردي في المحاليل المائية (أيون الهيدروجين غير موجود تماما في المحلول المائي).
نظرا لأن H^+ ينجذب إلى زوج الإلكترونات الحر من ذرة الأكسجين في جزيء الماء ، يتكون أيون الهيدرونيوم.



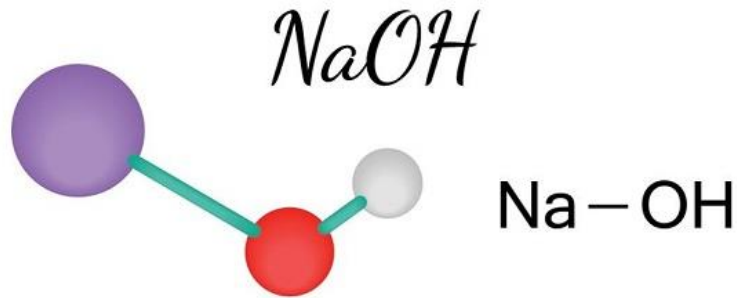
قاعدة أرهينيوس: مادة تحتوي على مجموعة هيدروكسيد وتتفصل لإنتاج أيون هيدروكسيد في محلول مائي.

تذوب القاعدة في الماء لإنتاج أيونات الهيدروكسيد والكاتيون.

القاعدة القوية تتأين تماما



يمثل محلول هيدروكسيد الصوديوم في الماء قاعدة أرهينيوس قوية لأنه يحتوي على مجموعة (OH^-) وينتج وفرة من أيونات الهيدروكسيد في المحلول المائي.



تتأين القاعدة الضعيفة جزئياً



يمثل محلول هيدروكسيد الأمونيوم في الماء قاعدة أرهينيوس ضعيفة ، لأنه يحتوي على مجموعة OH^- وينتج عددا قليلا من أيونات الهيدروكسيد في المحلول المائي.

عيب نموذج أرهينيوس:

- لا يمكن تفسير حموضة بعض المركبات مثل ثاني أكسيد الكربون CO_2
- لا يمكن تفسير أساسية بعض القواعد مثل الأمونيا NH_3 وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 ، كل مادة لا تحتوي على مجموعة هيدروكسيد ولكنها تنتج أيون الهيدروكسيد في المحلول.



بحيرة النطرون في وادي الصدع الشرق أفريقي
بأفريقيا عبارة عن بحيرة قاعدية طبيعياً. تدخل المياه المحملة
بكربونات الصوديوم المذابة من الصخور البركانية المحيطة إلى
البحيرة ولكنها لا تجد لها مخرج منها. تقوم عملية التبخر بتركيز
المعادن تاركة قشرة بيضاء على السطح ومياه عالية القلوية.

التوصيل الكهربائي للمحاليل القاعدية:

تنتج **القواعد القوية** وفرة من أيونات الهيدروكسيد ، وتوصيل التيار الكهربائي جيداً ،
مما يخلق محلولاً كتروليتية قوية.

تنتج **القواعد الضعيفة** عدداً قليلاً من أيونات الهيدروكسيد ، وتوصيل التيار
الكهربائي بصورة ضعيفة ، وتكون محلول الإلكتروليت الضعيف.

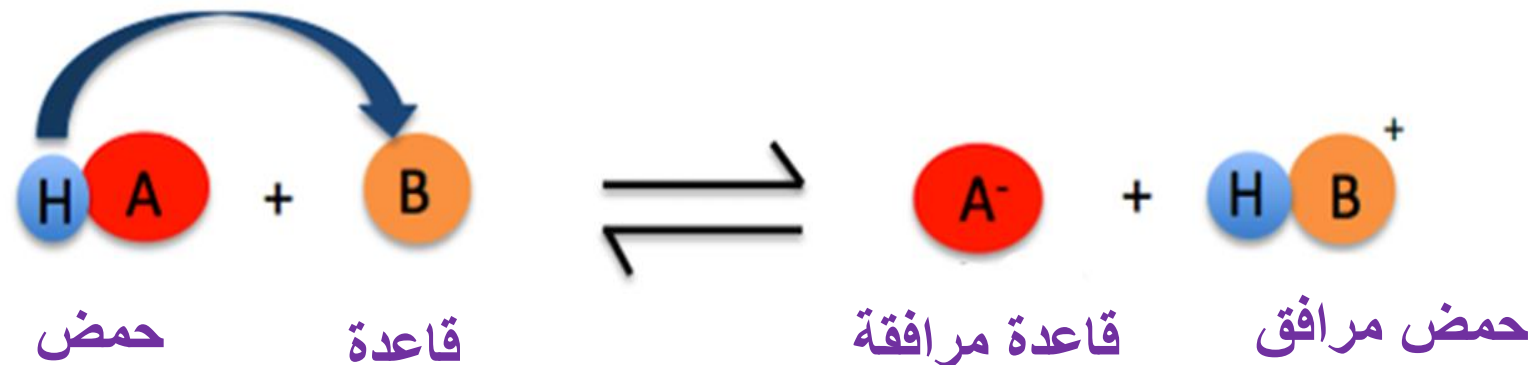
2 نموذج برونشتد ولوري

اقترح الكيميائي الدنماركي يوهانس برونشتد والإنجليزي توماس لوري نموذجاً أكثر شمولاً للأحماض والقواعد. هذا النموذج الذي يركز على أيون الهيدروجين H^+

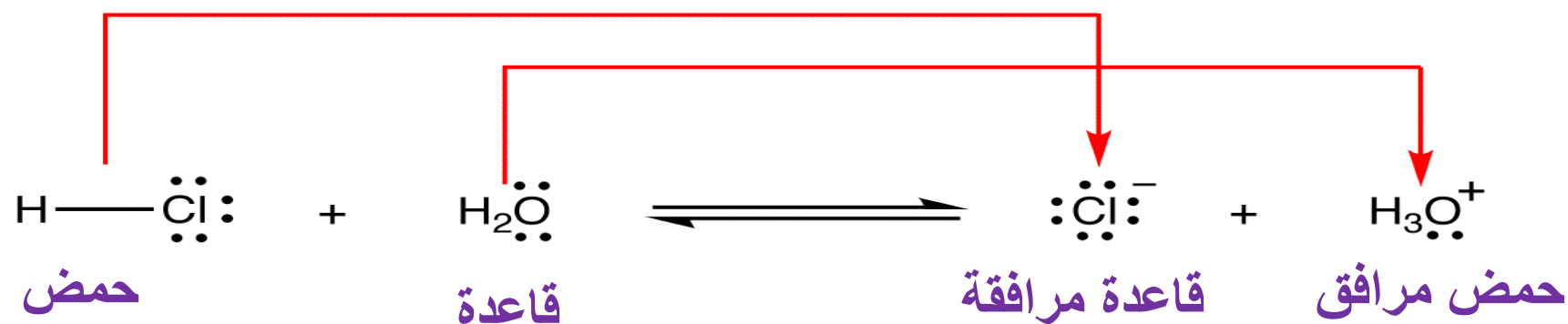
حمض برونشتد ولوري: هو مانح لأيون الهيدروجين H^+

قاعدة برونشتد ولوري: هي مستقبلة لأيون الهيدروجين H^+

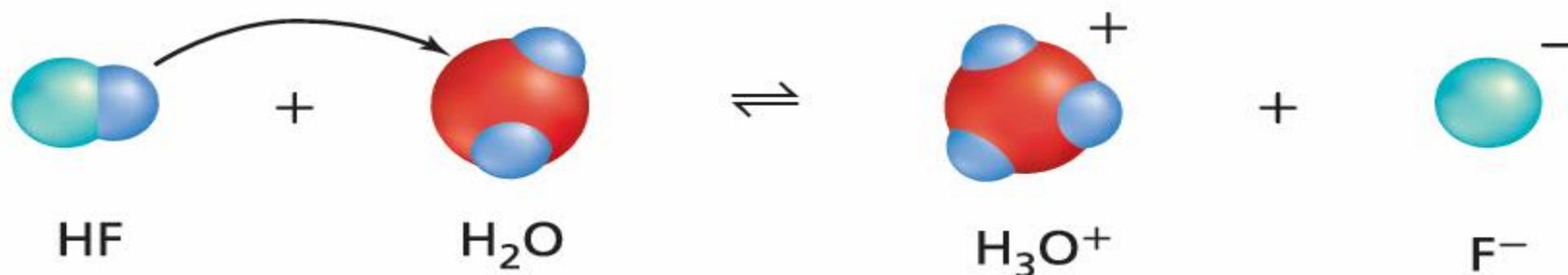
زوج الحمض القاعدة هو زوج من مادتين مرتبطتين معا نتيجة منح واستقبال ايون هيدروجين واحد.

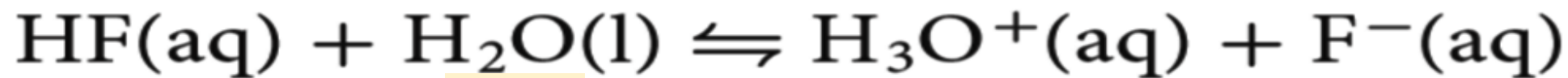


قاعدة لوري هي مستقبل أيون الهيدروجين.



الحمض المرافق: هو المادة التي تنتج عندما تقبل القاعدة أيون الهيدروجين.
القاعدة المترافقة: هي المادة الناتجة عندما يمنح الحمض أيون الهيدروجين





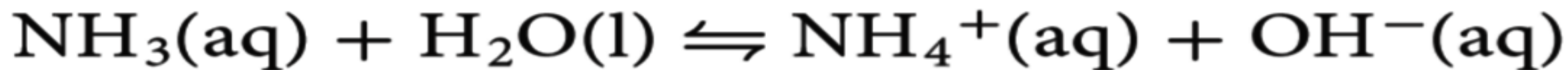
حمض

قاعدة

حمض مرافق

قاعدة مرافقة

يعتبر الماء مادة أمفوتيرية
لأنه يتفاعل مع الأحماض كقاعدة
ويتفاعل مع القواعد كحمض



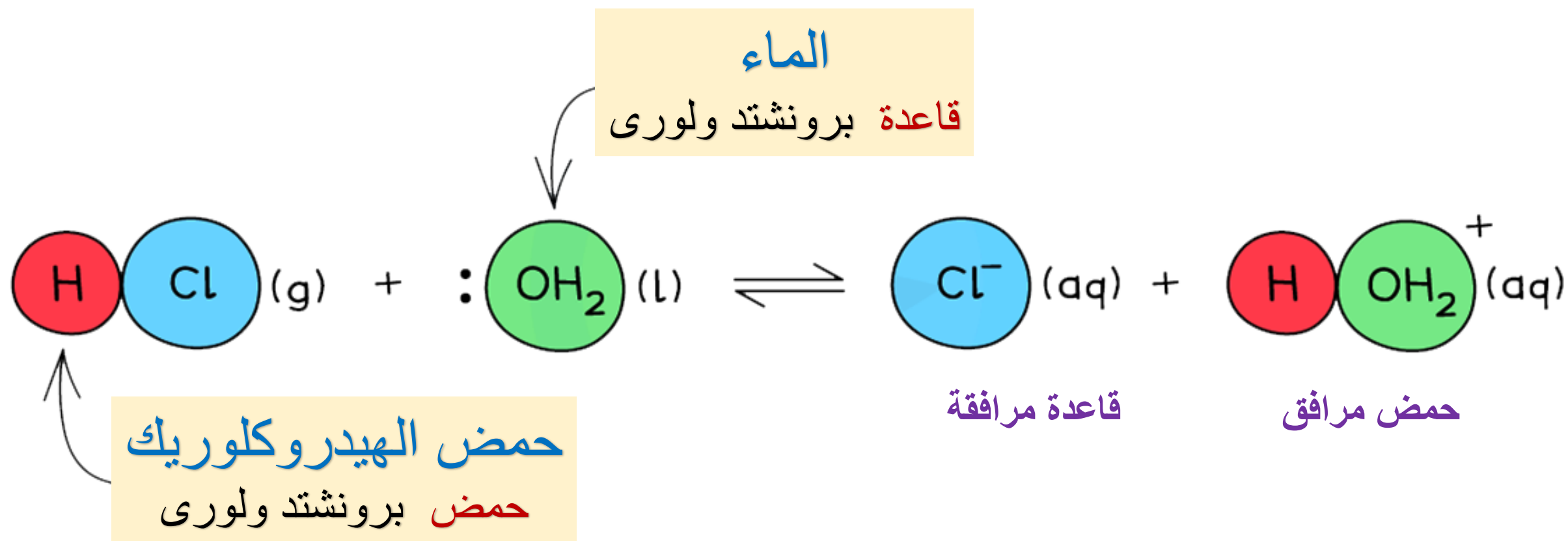
قاعدة

حمض

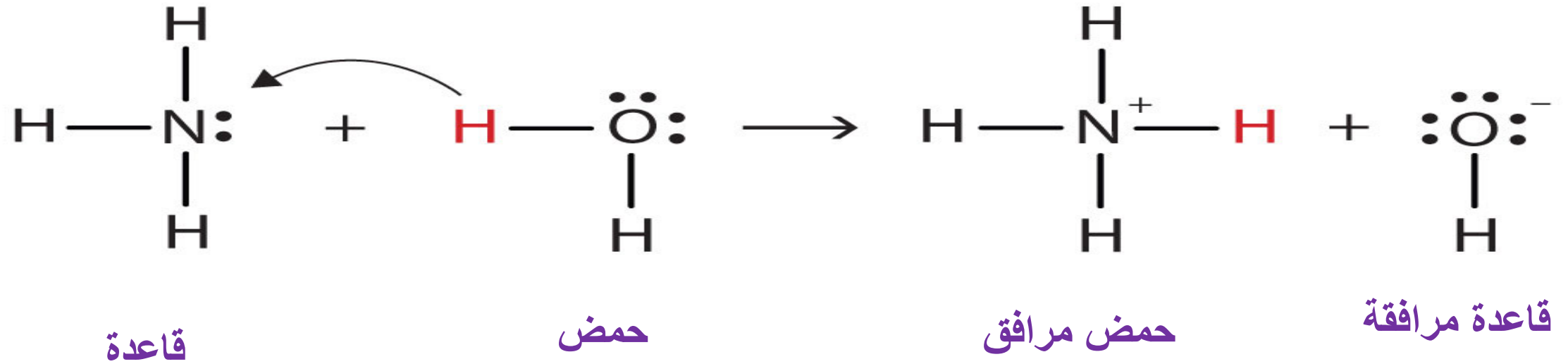
حمض مرافق

قاعدة مرافقة

المادة الأمفوتيرية (المتردة): هي مادة يمكن أن تعمل كحمض أو قاعدة حسب الوسط.



يمثل الماء حمض برونشتد ولورى

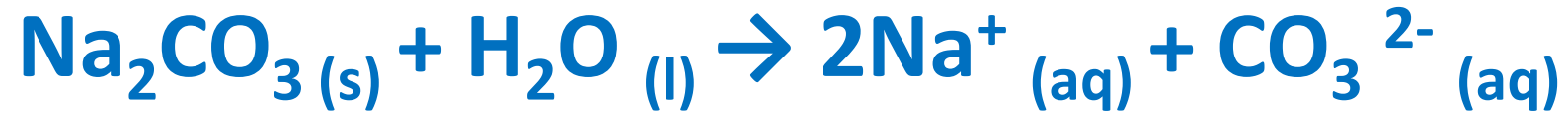


يعتبر الماء مادة أمفوتيرية

لعمل ذلك السطح الناعم غير
اللاصق لأدوات المطبخ هذه، يتفاعل فلوريد
الهيدروجين مع المركبات العضوية التي تسمى
الهيدروكربونات لإحلال ذرات الفلور محل
ذرات الهيدروجين.



مناقشة: كربونات الصوديوم (الملح القاعدي) من وجهة نظر برونشتد ولوري:
تتفاعل العديد من مركبات الأيونات الذائبة كقواعد



على النحو التالي :

1 - يتفاعل أيون الكربونات كقاعدة في الماء :

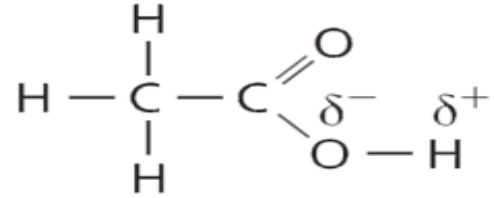


2 - يتفاعل أيون الكربونات مع الأحماض الأخرى :



يعتبر حمض الخليك حمض برونشتد و لوري.

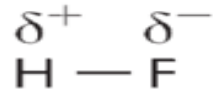
الرابطه O-H قطبية ، حيث أن الأكسجين أكثر سالبية كهربية من الهيدروجين ، لذلك يمكن تأين ذرة الهيدروجين في المحلول



Acetic acid

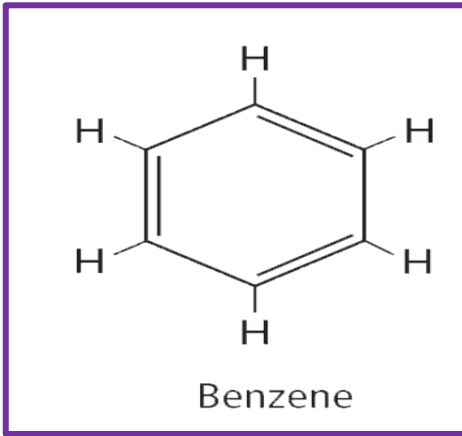
يعتبر فلوريد الهيدروجين حمض برونشتد و لوري.

الرابطه H-F قطبية ، حيث أن الفلور شديد سالبية كهربية من الهيدروجين ، لذلك يمكن لذرة الهيدروجين أن تتأين في المحلول



Hydrogen fluoride

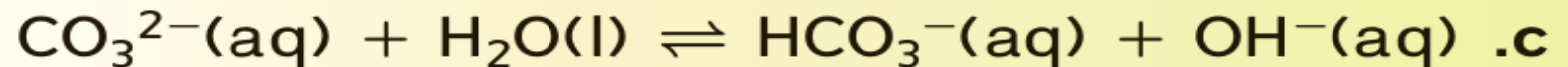
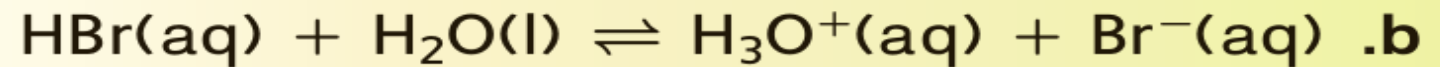
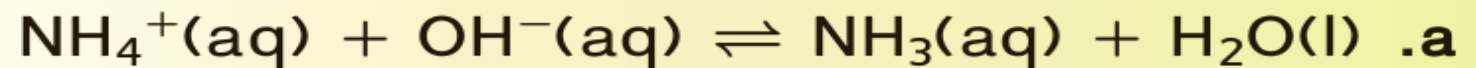
لا يعتبر البنزين حمض برونشتد و لوري.



الرابطة C-H ليست قطبية ، وهناك فرق ضئيل في الكهربية بين الكربون والهيدروجين ، لذلك لا يمكن لذرة الهيدروجين أن تتأين في المحلول

تطبيق

3. حدد زوج الحمض - القاعدة المرافق في كل تفاعل مما يلي:



4. مسألة للتحدي نواتج التفاعل بين حمض وقاعدة هي H_3O^+ و SO_4^{2-} .
اكتب معادلة موازنة للتفاعل وحدد أزواج الحمض القاعدة المرافقة.

بعض الأحماض الشائعة وقاعدتها المرافقة

القاعدة المرافقة		الحمض	
الصيغة	الاسم	الصيغة	الاسم
Cl^-	أيون الكلوريد	HCl	حمض الهيدروكلوريك
NO_3^-	أيون النترات	HNO_3	حمض النيتريك
HSO_4^-	أيون الكبريتات الهيدروجينية	H_2SO_4	حمض الكبريتيك
SO_4^{2-}	أيون الكبريتات	HSO_4^-	أيون الكبريتات الهيدروجينية
F^-	أيون الفلوريد	HF	حمض الهيدروفلوريك
CN^-	السيانيد	HCN	حمض الهيدروسيانيك
$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$	أيون الأسيتات	$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	حمض الأسيتيك (الخليك)
H_2PO_4^-	أيون فوسفات ثنائي الهيدروجين	H_3PO_4	حمض الفوسفوريك
HPO_4^{2-}	أيون الفوسفات الهيدروجينية	H_2PO_4^-	أيون فوسفات ثنائي الهيدروجين
PO_4^{3-}	أيون الفوسفات	HPO_4^{2-}	أيون الفوسفات الهيدروجينية
HCO_3^-	أيون الكربونات الهيدروجينية	H_2CO_3	حمض الكربونيك
CO_3^{2-}	أيون الكربونات	HCO_3^-	أيون الكربونات الهيدروجينية

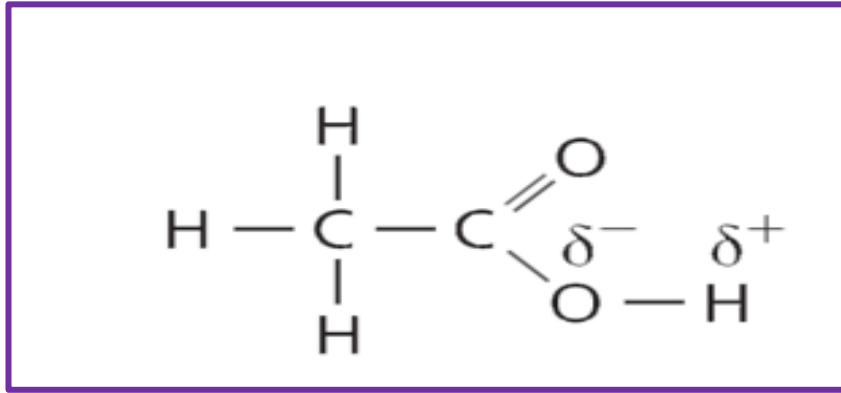
أحماض أحادية البروتون ومتعددة البروتونات

1 - حمض أحادي البروتون:

حمض يمكنه منح أيون هيدروجين واحد فقط.



أمثلة على حمض أحادي البروتون:

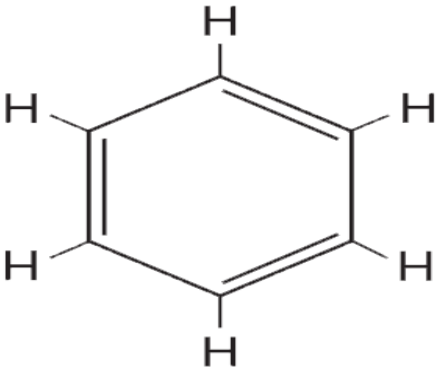


يحتوي حمض الإيثانويك (الخليك) على 4 ذرات هيدروجين ، تتأين ذرة هيدروجين واحدة فقط: نظرا لوجود ذرة هيدروجين واحدة مرتبطة بذرة أكسجين ، وهناك اختلاف في السالبية الكهربائية (حيث تكون ذرة الأكسجين أكثر سالبية كهربائية من ذرة الهيدروجين وهذا يجعل الرابطة التساهمية (O-δ) (H + δ) قطبية ، لذلك تتأين ذرة هيدروجين واحدة.



يمكن لحمض HF منح بروتون: نظرا لأن ذرة الهيدروجين مرتبطة بذرة فلور ذات سالبية كهربية عالية ، فهناك فرق كبير في السالبية الكهربية (أكبر من 0.4) ، وبالتالي فإن الرابطة تساهمية قطبية.

يحتوي البنزين C_6H_6 على 6 ذرات هيدروجين ، وهو ليس حمضيا:



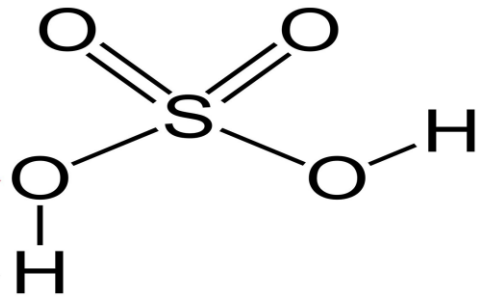
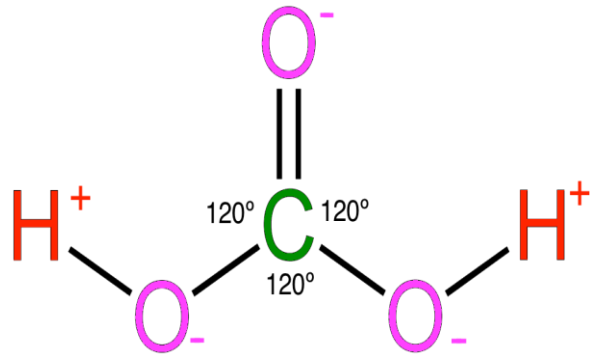
لأن ذرات الهيدروجين مرتبطة بذرات الكربون ، والفرق في السالبية الكهربية بينهما منخفض (أقل من 0.4) ، وبالتالي فإن الرابطة عبارة عن رابطة تساهمية غير قطبية ، وبالتالي فإن ذرة الهيدروجين لا تتأين.

2 - الأحماض متعددة البروتونات

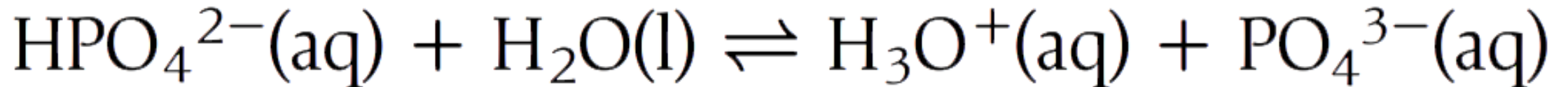
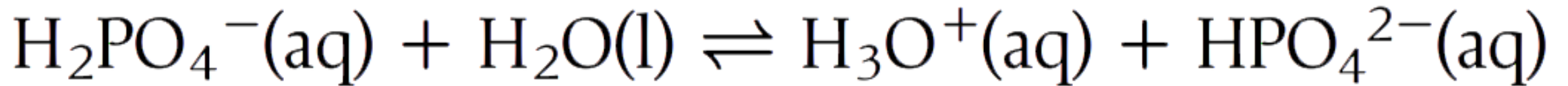
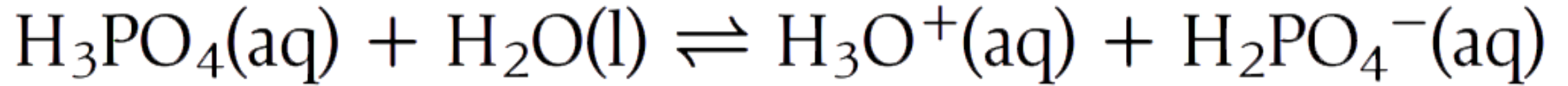
حمض يمكنه منح بأكثر من أيون هيدروجين.

حمض ثنائية البرتون: حمض يمكنه منح بأيونين الهيدروجين.

H_2CO_3 و حمض الكربونيك H_2SO_4 حمض الكبريتيك
ثنائي البروتون: لأن كلاهما يحتوي على ذرتين من
الهيدروجين القابل للتأين ، فإن كل منهما مرتبط بذرة
الأكسجين ذات الروابط التساهمية القطبية.



3- حمض ثلاثي البرتونات : حمض يمكنه منح ثلاثة أيونات هيدروجين.
حمض الفوسفوريك H_3PO_3 وحمض البوريك H_3PO_3 هي أحماض ثلاثية البرتونات، لأن كلاهما يحتوي على 3 ذرات هيدروجين قابلة للتأين ، ترتبط ذرات الهيدروجين بذرة أكسجين ذات روابط تساهمية قطبية.



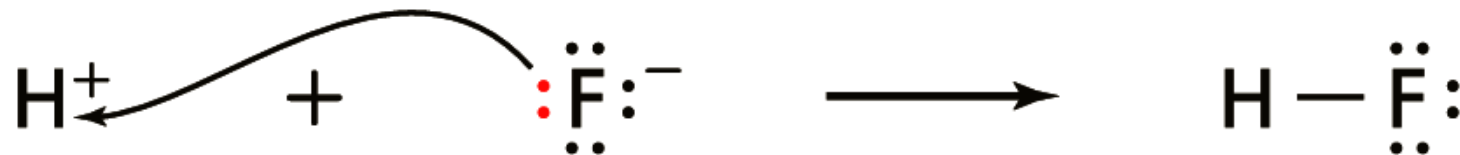
نموذج لويس

طبق لويس نظرية زوج الالكترونات الارتباط الكيميائي في تفسير تفاعلات الاحماض والقواعد.

حمض لويس : عبارة عن جزيء او ايون به فلك خال من الالكترونات يمكن ان يستقبل او يشارك زوج الالكترونات (اى ان الحمض مستقبل لزوج الالكترونات)

قاعدة لويس : عبارة عن جزيء او ايون به زوج من الالكترونات غير مرتبط يمكن ان يمنحه او يشارك به. (اى ان القاعدة مانحة لزوج الالكترونات)

يشمل نموذج لويس كل المواد المصنفة كأحماض وقواعد حسب نموذج برونشتد - لوري وغيرها



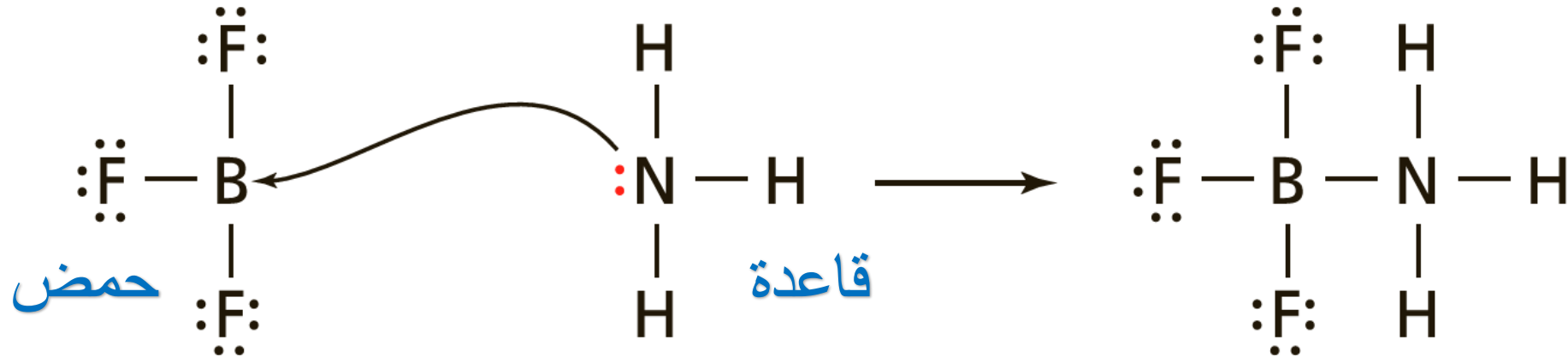
يتوافق مع نموذج
برونشتد ولوري

ايون الهيدروجين (**حمض**)
لديه فلك خال من الالكترونات

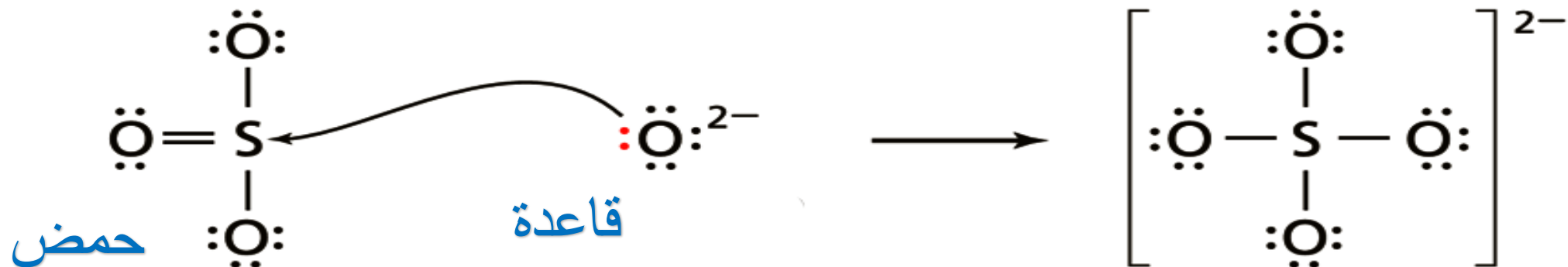
ايون الفلوريد (**قاعدة**)
يمنح زوج من الالكترونات
غير مرتبط

تتكون رابطة بين
الهيدروجين والفلور

يعتبر تفاعل غاز الامونيا NH_3 مع ثلاثي فلوريد البورون BF_3 لتكوين BF_3NH_3 تفاعل حمض- قاعدة حسب نموذج لويس



يعتبر تفاعل ثالث اكسيد الكبريت مع اكسيد الماغنسيوم لتكوين كبريتات الماغنسيوم تفاعل حمض- قاعدة حسب نموذج لويس

$$\text{SO}_3 + \text{MgO} \longrightarrow \text{MgSO}_4$$


ثلاثة نماذج للأحماض والقواعد

النموذج	تعريف الحمض	تعريف القاعدة
أرهنْيُوس	مُنْتَج H^+	مُنْتَج OH^-
برونشتد - لوري	مانح H^+	مستقبل H^+
لويس	مستقبل زوج إلكترونات	مانح زوج إلكترونات

تفاعل SO_3 و MgO مهم لأنه يُنتج كبريتات المغنسيوم، وهي ملح يُكوّن سباعي الهيدرات المعروف باسم ملح إبسوم ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). ملح إبسوم له استخدامات كثيرة، بما فيها تخفيف آلام العضلات والعمل كمغذي للنباتات. كما أن التفاعل الذي يُكوّن كبريتات المغنسيوم له استخدامات بيئية. عندما يتم حقن MgO في غازات أنبوبة المدخنة لمصانع الطاقة التي تُدار بالفحم، مثل تلك الموضحة في فإنها تتفاعل مع SO_3 وتزيله. في حالة السماح بدخول SO_3 إلى الغلاف الجوي، فيمكن أن يتحد مع الماء في الجو لتكوين حمض الكبريتيك، الذي يسقط على الأرض كمطر حمضي.



ملح إبسوم

كبريتات الماغنسيوم سباعي الهيدرات

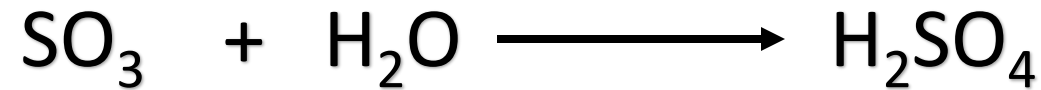




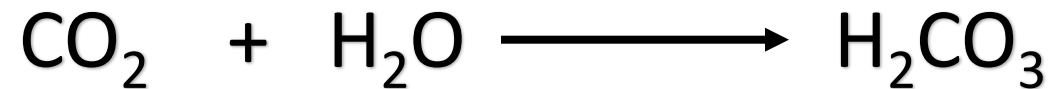
ثالث أكسيد الكبريت، SO_3 عبارة عن غاز ملوث ينتج من احتراق الكحول، ويمكن إزالته من غازات المدخنة عن طريق اتحاده مع أكسيد المغنسيوم في تفاعل حمض-قاعدة لويس. لاحظ أنه بينما يكون هناك قدر كبير من البخار يأتي من أبراج التبريد، إلا أن هناك القليل من الدخان المرئي يأتي من المدخنة.

انهيدريد الحمض: أكسيد لافلز عند ذوبانه في الماء يكون حمض

غاز ثالث أكسيد الكبريت يعتبر انهيدريد حمض الكبريتيك



غاز ثاني أكسيد الكربون يعتبر انهيدريد حمض الكربونيك



تذوب الاكاسيد الفلزية مثل اكسيد الكالسيوم فى الماء وتكون قاعدة (هيدروكسيد كالسيوم)



يذوب ثانى اكسيد الكربون فى ماء الامطار مكونا حمض الكربونيك، وعند سقوط الامطار تنساب المياه الى الحجر الجيرى الذى يتفاعل معه مؤديا الى تكوين الكهوف.

وتنشأ بعض الظواهر داخل هذه الكهوف مثل الصواعد والهوابط



لمزيد من الملفات
الرجاء زيارة قناة التلجرام

<https://t.me/chemistry4uae>