

سلسلة كامبردج في الكيمياء



الوحدة الأولى

الاتزان في المحاليل المائية

Equilibria in Aqueous Solutions

مقدمة:

الرقم الهيدروجيني PH

◆ مقياس لتركيز أيونات الهيدروجين في المحاليل

◆ أو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين

أهمية الرقم الهيدروجيني PH :

● استنتاج ما إذا كانت مادة ما حمضية أم قاعدية أم متعادلة حيث أن

مقياس لدرجة الحموضة أو القلوية ويأخذ أرقام من صفر : ١٤ وحالاته .

أ- إذا كانت قيمة {PH} أكبر من 7 يكون المحلول قاعدي علل

لأن تركيز أيون الهيدروجين الموجب أقل من تركيز أيون الهيدروكسيل السالب

ب- إذا كانت قيمة {PH} تساوي 7 يكون المحلول متعادل علل

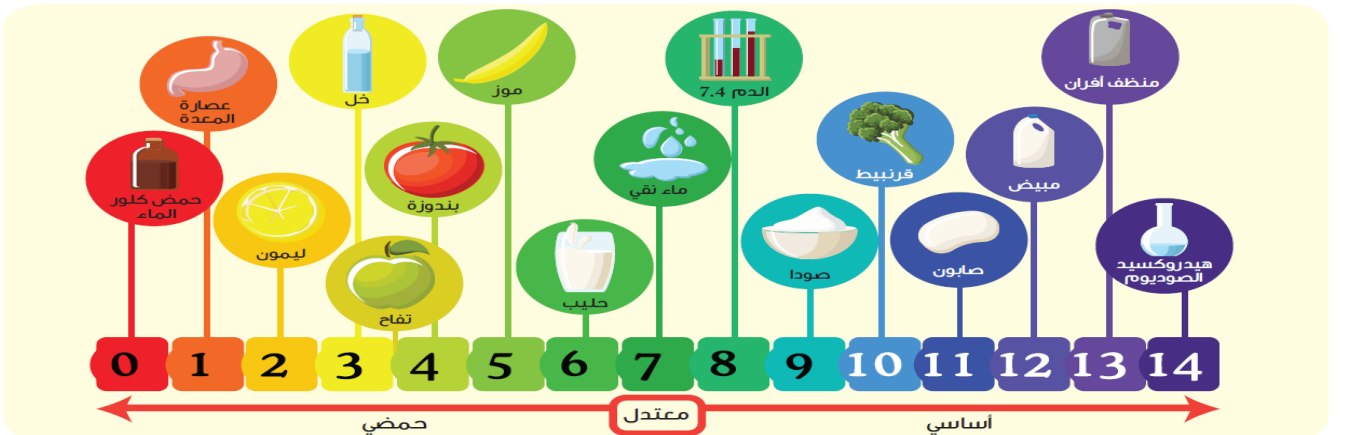
لأن تركيز أيون الهيدروجين الموجب مساوي لتركيز أيون الهيدروكسيل السالب

ج- إذا كانت قيمة {PH} أقل من 7 يكون المحلول حامضي علل

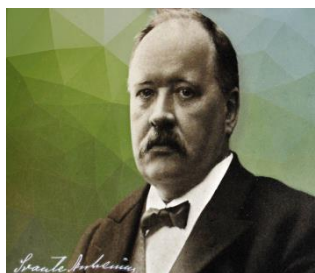
لأن تركيز أيون الهيدروجين الموجب أكبر من تركيز أيون الهيدروكسيل السالب



مقياس PH



دور الكيميائي السويدي سڤانت أرهينيوس : Svante Arrhenius

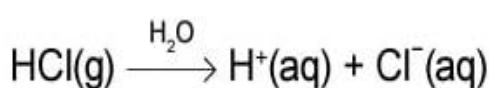


- وضع أول تعريف للحمض والقاعدة
- افترض أن جزيئات الأحماض والقواعد تذوب في الماء لتتأين جزئياً أو كلياً إلى أيونات،
- أطلق على هذه العملية التأين .

حمض أرهينيوس :

المادة التي تذوب في الماء و تتأين لتكوّن أيونات هيدروجين .

معادلة تأين كلوريد الهيدروجين :

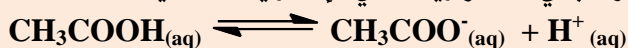


تعريف التأين

هو عملية تحول جزيئات غير متأينة إلى أيونات

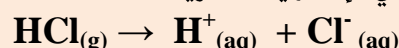
التأين غير التام (الضعيف)

هو عملية تحول جزء ضئيل من الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات ويظل الجزء الباقي كما هو ويحدث في الإلكتروليتات الضعيفة



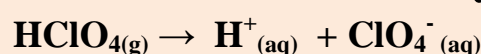
التأين التام

هو عملية تحول كل الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات ويحدث في الإلكتروليتات القوية



التأين للأحماض أحادية البروتون : يحدث في خطوة واحدة :

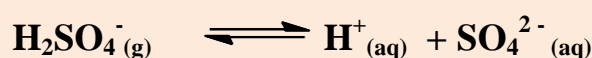
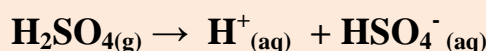
مثال :



الأيونات التي توجد في محلول HCl هي : H^+ , ClO_4^-

التأين في الاحماض ثنائية البروتون : يحدث على خطوتين

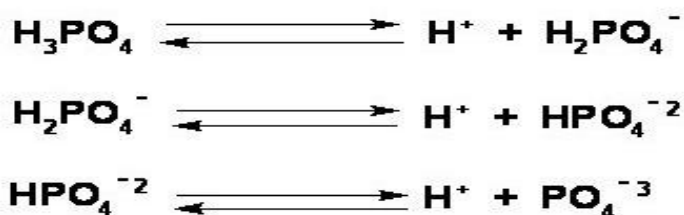
مثال :



الأيونات التي توجد في محلول H_2SO_4 هي : H^+ , HSO_4^- , SO_4^{2-}



التأين في الاحماض ثنائية البروتون يحدث على ٣ خطوات :



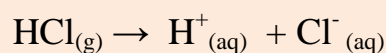
الأيونات التي توجد في محلول H_3PO_4 هي : H^+ , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}

الفرق بين الاحماض القوية والاحماض الضعيفة :

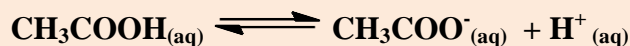
الأحماض الضعيفة	الأحماض القوية
هي الأحماض التي تتأين تأيئاً غير تاماً عند ذوبانها في الماء أي أن جزء ضئيل جداً يتحول إلى أيونات والجزء الأكبر موجود علي هيئة جزيئات غير متأينة	هي الأحماض الذي تتأين تأيئاً تاماً عند ذوبانها في الماء أي أن جميع الجزيئات تتحول إلى أيونات
محاليل الأحماض الضعيفة	محاليل الاحماض المعدنية القوية
CH_3COOH حمض الخليك كل الأحماض العضوية (الكربوكسيلية) HF حمض الهيدروفلوريك H_2CO_3 حمض الكربونيك H_3PO_4 حمض الفوسفوريك HNO_2 حمض النيتروز HCN حمض الهيدروسيانيك	H_2SO_4 حمض الكبريتيك HNO_3 حمض النيتريك HClO_4 حمض البيروكلوريك HCl حمض الهيدروكلوريك HBr حمض الهيدروبروميك HI حمض الهيدرويوديك
<p>قبل التأين 100%</p> <p>بعد التأين 99% CH_3COOH , 1% H^+ , 1% CH_3COO^-</p>	<p>قبل التأين 100%</p> <p>بعد التأين 100% HCl , 0% H^+ , 100% Cl^-</p>

لاحظ ان

■ تمثل معادلة تأين الحمض القوي بسهم واحد فقط في اتجاه النواتج .



■ تمثل معادلة تأين الحمض الضعيف بسهمين في الاتجاه الأمامي والعكسي .



♦ الجدول التالي يوضح الصيغ الكيميائية لبعض الأحماض الشائعة

والأيونات المتكوّنة نتيجة تأيّنهما في الماء.

اسم الحمض	الصيغة الكيميائية	الأيونات الناتجة من تأيّن جزيء واحد من الحمض في الماء
حمض الهيدروكلوريك	HCl	H^+ ، Cl^-
حمض النيتريك	HNO_3	H^+ ، NO_3^-
حمض الكبريتيك	H_2SO_4	H^+ ، HSO_4^- ، SO_4^{2-}
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	CH_3COO^- ، H^+
حمض البنزويك	C_6H_5COOH	$C_6H_5COO^-$ ، H^+

القواعد :

عبارة عن أكاسيد أو هيدروكسيدات الفلزات التي تتفاعل مع الأحماض مكونة ملح وماء .

القلويات :

المادة (القاعدة) التي تذوب في الماء و تتأين (تتفكك) لتكوّن أيونات هيدروكسيد في المحلول .

♦ معادلة تأين هيدروكسيد الصوديوم :



♦ معادلة تأين هيدروكسيد البوتاسيوم :



القلويات الضعيفة	القلويات القوية
هي القواعد التي تتأين تأيئاً غير تاماً عند ذوبانها في الماء أي أن جزء ضئيل جداً يتحول إلي أيونات والجزء الأكبر موجود علي هيئة جزيئات غير متأينة	هي القواعد التي تتأين تأيئاً تاماً عند ذوبانها في الماء أي أن جميع الجزيئات تتحول إلي أيونات
محاليل القلويات الضعيفة	محاليل القلويات القوية
NH_4OH هيدروكسيد الأمونيوم	$NaOH$ هيدروكسيد الصوديوم
$Fe(OH)_2$ هيدروكسيد الحديد II	KOH هيدروكسيد البوتاسيوم
$Fe(OH)_3$ هيدروكسيد الحديد III	$Ba(OH)_2$ هيدروكسيد الباريوم
$Cu(OH)_2$ هيدروكسيد النحاس II	$Ca(OH)_2$ هيدروكسيد الكالسيوم

الجدول التالي يوضح الصيغ الكيميائية لبعض القواعد الشائعة

والأيونات المتكوّنة نتيجة تأيّنهما في الماء :

اسم القاعدة	الصيغة الكيميائية	الأيونات الناتجة من تأين القاعدة في الماء
أكسيد الكالسيوم	CaO	Ca^{2+} ، $2OH^-$
أكسيد البوتاسيوم	K_2O	$2K^+$ ، $2OH^-$
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	Na^+ ، OH^-
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	Ca^{2+} ، $2OH^-$





ب. اكتب معادلة كيميائية توضح ذوبان حمض النيتريك السائل (HNO_3) في الماء.

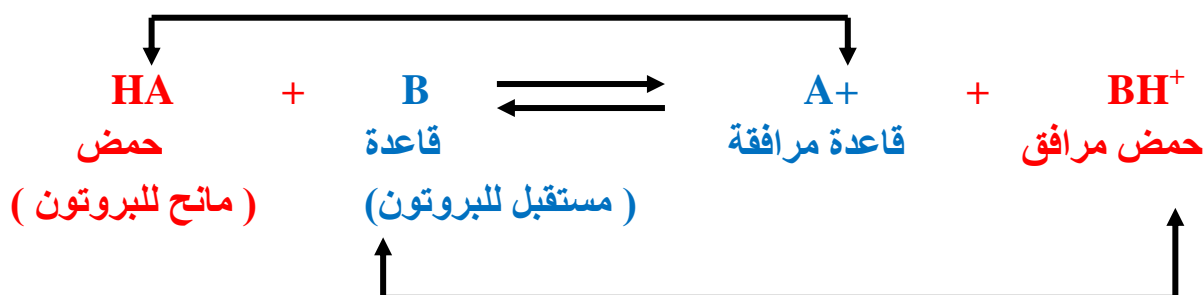
قصور نظرية أرهينيوس :

بالرغم من أن نظرية أرهينوس فسرت سلوك الأحماض والقواعد إلا أنها اقتصرت فقط على المحاليل المائية لهذه المواد

نظریه برونستد- لوری

نظریة برونستد- لوری :

في العام ١٩٢٣ م اقترح كل من الكيميائي الدنماركي برونستد والكيميائي البريطاني لوري تعريفاً أكثر شمولية للأحماض والقواعد ، وهو أنه في تفاعل الأحماض والقواعد، ينتقل بروتون (أيون الهيدروجين + H) من الحمض نحو القاعدة. **تفاعل الحمض مع القاعدة هو انتقال البروتون من الحمض الى القاعدة .**



حمض برونستد- لوری Brønsted-Lowry acid :

مادة تمنح البروتون (أيون H^+)

قاعدة برونستد - لوری Brønsted-Lowry base :

مادة تستقبل البروتون (أيون H^+)

الحمض المرافق :

هو المادة الناتجة عندما تكتسب القاعدة بروتوناً.

القاعدة المرافقة :

هي المادة الناتجة عندما يمنح الحمض بروتوناً.

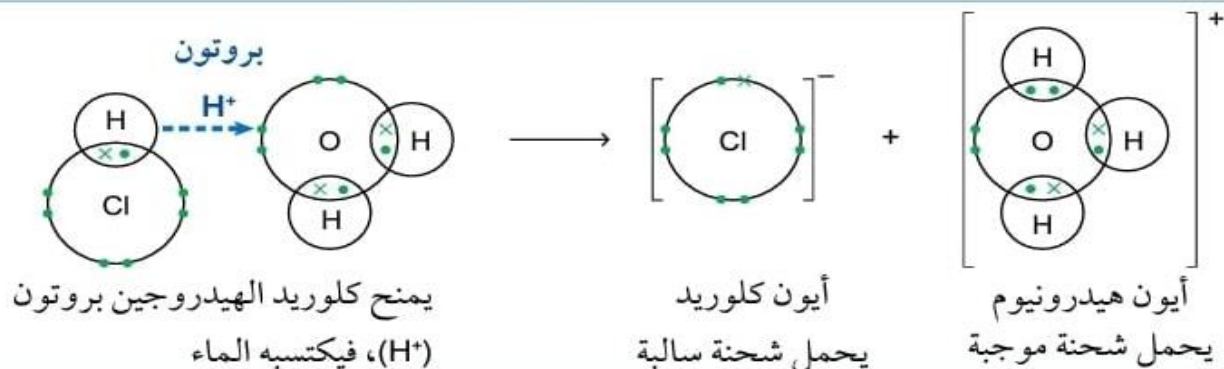
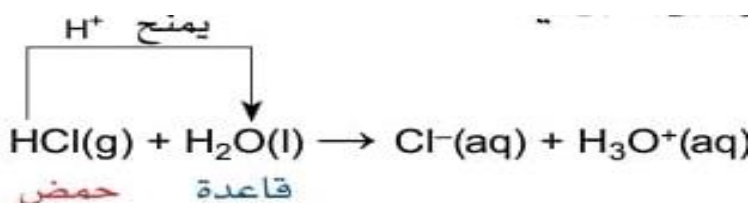
مثال ١ : عند ذوبان غاز كلوريد الهيدروجين (HCl) في الماء :

👉 يتكوّن أيون الهيدرونيوم (H_3O^+)

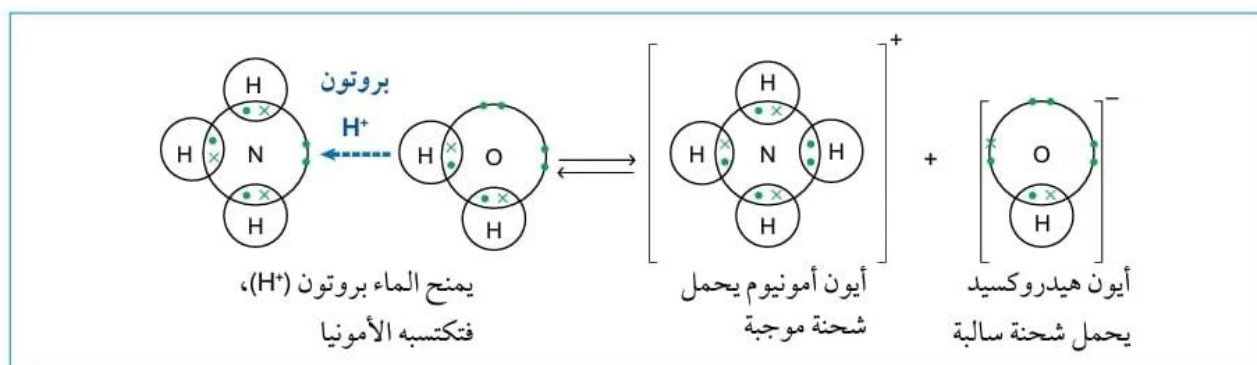
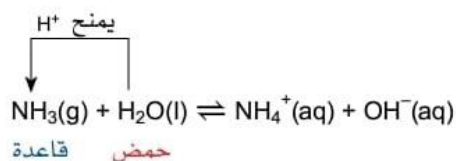
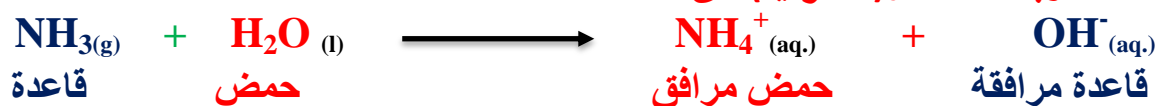
💧 وأيون الكلوريد (Cl^-)

ويلاحظ أن الماء يدخل في التفاعل كقاعدة كما هو موضح في المعادلة الآتية:





مثال ٢ : ذوبان النشادر (الأمونيا) في الماء :



الشكل ١-٢ تفاعل حمض وقاعدة وفق نظرية برونستد-لوري.

الماء يعتبر حمضا :

لأنه يمنح بروتون الى النشادر

النشادر يعتبر قاعدة :

لأنه يكتسب بروتون

و يصبح أيون الأمونيوم حمض مرافق

و أيون الهيدروكسيل قاعدة مرافقة

علل : يعتبر النشادر من القواعد رغم عدم احتوائه على ايون الهيدروكسيل :

ج : لأنها تذوب في الماء مكونه محلول قلوى و كذلك تتعادل مع الأحماض



ملاحظة :

أى أيون سالب ما عدا أيون الهيدروكسيل يعتبر قاعدة برونستد - لوري .

المواد المتذبذبة (amphoteric) أو المواد المترددة.

المواد التي يمكن أن تسلك إما كحمض أو كقاعدة بأنها

مثال : الماء.

لا تقتصر أحماض وقواعد برونستد- لوري على المحاليل المائية فقط.

مثال : عندما يتفاعل حمض الكلوريك (VII) (HClO_4) مع حمض الإيثانويك (CH_3COOH) في (مذيب خامل)

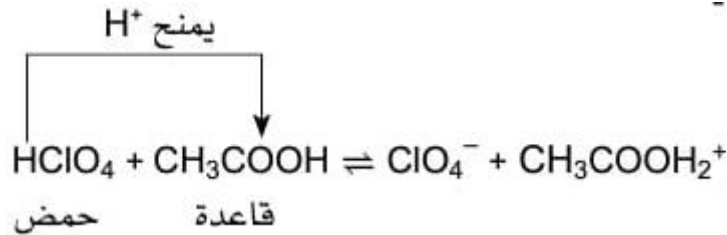
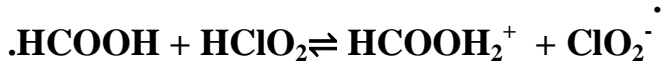
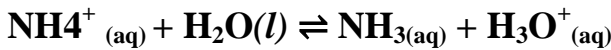
المذيب الخامل :

المذيب الذي لا يشارك في التفاعل الكيميائي

HClO_4 : هو الحمض لأنه يمنح البروتون إلى (CH_3COOH) بينما

CH_3COOH : هو القاعدة لأنها تستقبل البروتون.

حدد الحمض والقاعدة بناءً على نظرية برونستد - لوري في التفاعلين الآتيين:



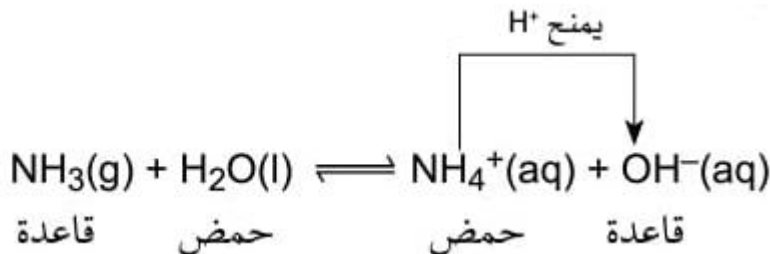
التفاعل المتزن :

تفاعل فيه تتحول المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة بمعدل السرعة نفسه الذي تتحول فيه المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة.

التفاعل العكسي :

تفاعل تتحول فيه المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة

ويمكن أخذ التفاعل العكسي في ضوء نظرية برونستد- لوري للأحماض والقواعد. فإذا كان لديك التفاعل الآتي:



في التفاعل العكسي :

أيون (NH_4^+) يعمل على منح بروتون واحد إلى أيون (OH^-).

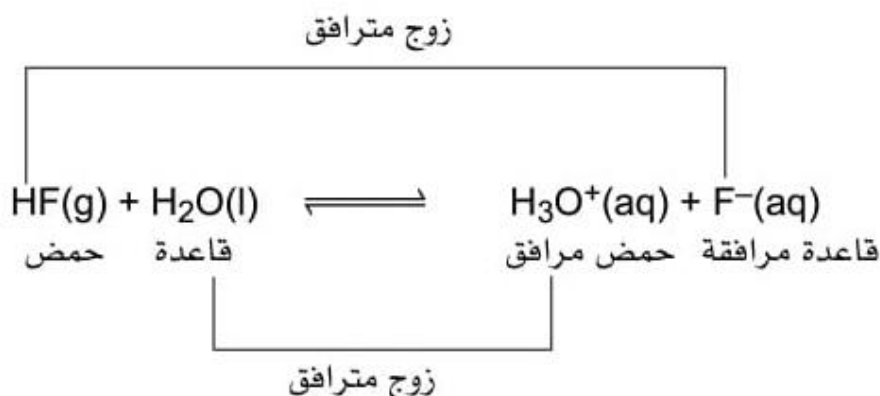
(NH_4^+) يسلك كحمض

OH^- يسلك كقاعدة



الزوج المترافق. Conjugate pair

الزوج الناتج إذا ارتبطت مادة متفاعلة بمادة ناتجة عبر انتقال بروتون واحد



في التفاعل الأمامي يلاحظ ما يلي :

F^- هو القاعدة المترافقة للحمض HF

وأن H_3O^+ هو الحمض المترافق للقاعدة H_2O

وفي التفاعل العكسي يلاحظ ما يلي:

HF هو الحمض المترافق للقاعدة F^-

H_2O هو القاعدة المترافقة للحمض H_3O^+

الزوج المترافق (حمض- قاعدة) :

زوج من حمض وقاعدة يرتبط أحدهما بالآخر عن طريق انتقال بروتون واحد.

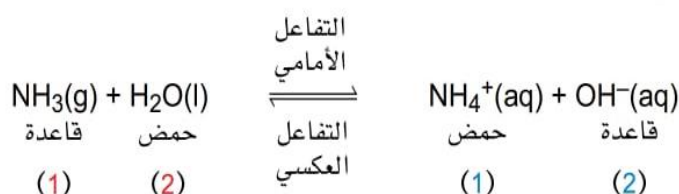
القاعدة المترافقة Conjugate base :

مادة تتكوّن بعد فقد الحمض لبروتون.

الحمض المترافق Conjugate acid :

مادة تتكوّن بعد إكتساب القاعدة لبروتون.

يُرمز إلى الأحماض والقواعد المترافقة أحياناً بالاصطلاح (الحمض 1/ القاعدة 1) و(الحمض 2/ القاعدة 2). كما في الجدول (٣-١) وتوضح المعادلة الآتية الزوجين المترافقين في تفاعل الاتزان بين الأمونيا والماء الذي يكون أيونات الأمونيوم وأيونات الهيدروكسيد :

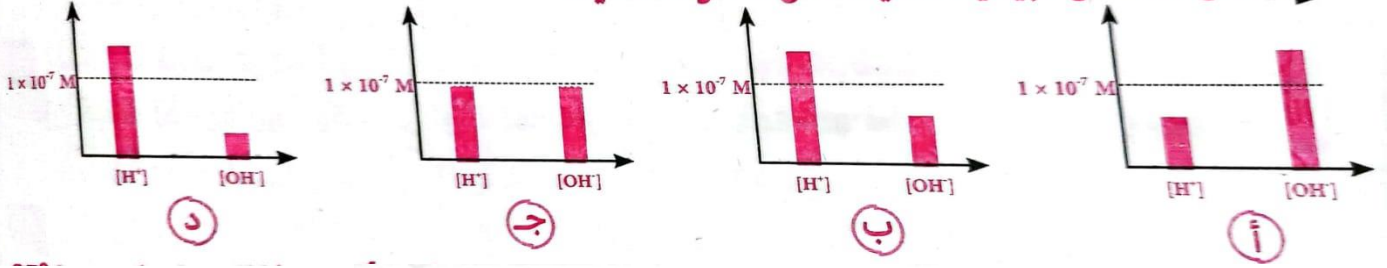


التفاعل	الحمض	القاعدة	الحمض المترافق	القاعدة المترافقة
التفاعل الأمامي	حمض (2)	قاعدة (1)	حمض (1)	قاعدة (2)
التفاعل العكسي	حمض (1)	قاعدة (2)	حمض (2)	قاعدة (1)

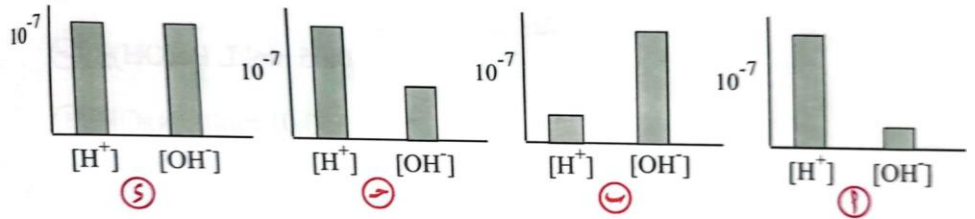


تدريبات الدرس الأول

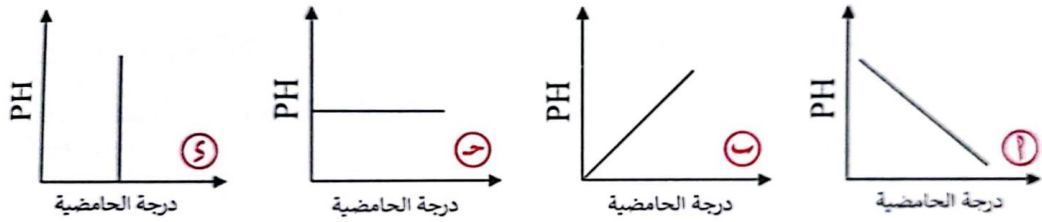
88 أيًا من الأشكال البيانية التالية تمثل محلولاً قاعدياً؟



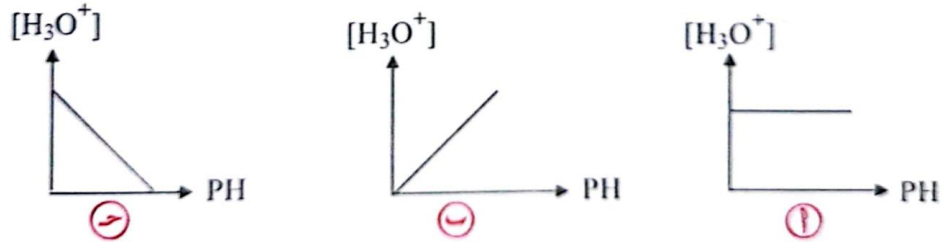
أي الأشكال البيانية الآتية تمثل المحلول القاعدي؟



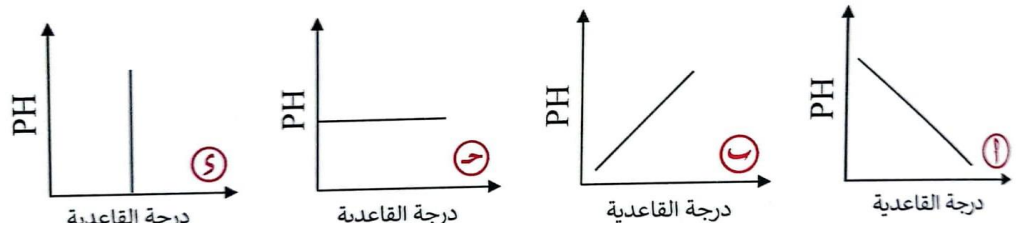
(٤٤) الشكل البياني الذي يمثل العلاقة بين قيمة pH ودرجة الحموضة للمحلول :



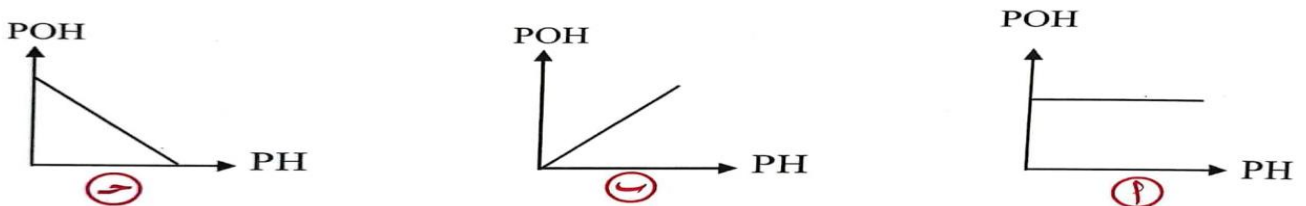
(٤٥) أي الأشكال البيانية الآتية يمثل العلاقة بين تركيز أيون الهيدرونيوم وقيمة pH لمحلول ؟

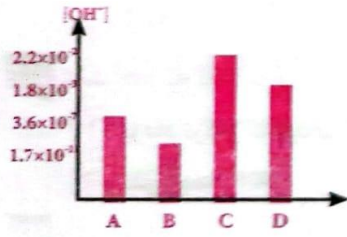


الشكل البياني الذي يمثل العلاقة بين قيمة pH ودرجة القاعدية للمحلول :



الشكل البياني الذي يمثل العلاقة بين قيمة الأس الهيدروكسيلي والأس الهيدروجيني :





الشكل المقابل يوضح تركيز أيون الهيدروكسيل [OH⁻] لبعض القواعد الافتراضية الضعيفة A, B, C, D ما هو الترتيب الصحيح لهذه لقواعد حسب قيمة pH ؟

B > A > D > C (ب)

C > D > A > B (أ)

A > B > D > C (د)

D > C > A > B (ج)

الجدول المقابل يوضح قيم PH لأربعة محاليل .

رمز المحلول	pH
A	1
B	13
C	8.4
D	3.5

الترتيب الصحيح حسب تزايد [H⁺] :

D ← A ← C ← B (١)

B ← C ← D ← A (٢)

C ← A ← B ← D (٣)

A ← D ← C ← B (٤)

(٥٧) تربة زراعية خضعت للتحليل الكيميائي فأظهر التحليل أن التربة تحتوي على تركيز عالي جداً من أيونات H⁺ .

أي المواد التالية تستخدم في معالجة هذه التربة ؟

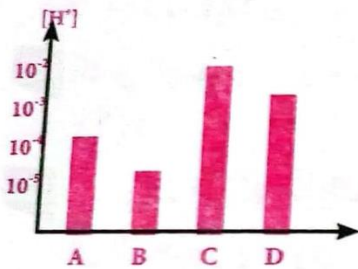
المادة	A	B	C	D
pH	12	7	3	0

B (٢)

A (١)

D (٤)

C (٣)



الشكل المقابل يُعبّر عن تركيز أيونات الهيدروجين لبعض الأحماض الافتراضية متساوية التركيز، ما هو الترتيب الصحيح لهذه الاحماض حسب قيمة pH ؟

B > A > D > C (ب)

C > D > A > B (أ)

A > B > D > C (د)

D > C > A > B (ج)

الجدول التالي يوضح قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لأربعة محاليل :

المحلول	pH
A	1
B	13
C	8.4
D	3.5

الترتيب الصحيح لهذه المحاليل حسب تزايد تركيز أيونات الهيدرونيوم فيها هو

A > D > C > B (د)

C > A > B > D (ج)

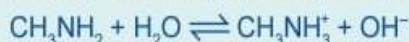
B > C > D > A (ب)

D > B > A > C (أ)

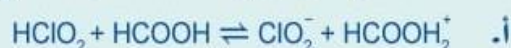
أ. حدد الحمض والقاعدة الموجودين على الطرف الأيمن لتفاعلي الاتزان الآتيين:



ب. حدد الحمض المرافق الموجود على الطرف الأيمن للمعادلة الآتية، وقاعدته الموجودة على طرفها الأيسر:



ج. حدد الحمض المرافق والقاعدة المرافقة في التفاعل الأمامي في كل من تفاعلي الاتزان الآتيين:



ظلل الإجابة الصحيحة من بين البدائل المعطاة :

أولاً نظرية برونستد - لوري للأحماض والقواعد

(١) في التفاعل الآتي : $\text{HSO}_4^-(\text{aq}) + \text{HSO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

ووفقاً لنظرية برونستد - لوري ، فإن الحمضين الموجودين في هذا التفاعل هما :



(٢) توصف القاعدة حسب نظرية برونستد - لوري بأنها :

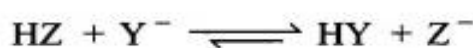


(٣) في التفاعل الآتي : $\text{H}_3\text{AsO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{AsO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

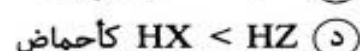
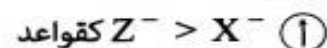
القاعدة المرافقة للحمض في هذا التفاعل هي :



(٤) اعتماداً على التفاعلين التاليين :



جميع الاستنتاجات التالية صحيحة ما عدا :



(٥) في ضوء نظرية برونستد - لوري يطلق مصطلح القاعدة المرافقة على :

- Ⓐ الحمض بعد فقدته البروتون .
Ⓑ القاعدة بعد فقدتها البروتون .
Ⓒ الحمض بعد اكتسابه البروتون
Ⓓ القاعدة بعد اكتسابها البروتون .

(٦) في التفاعل الآتي : $H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_{3(aq)}^- + H_3O_{(aq)}^+$ القاعدة المرافقة للحمض هي :

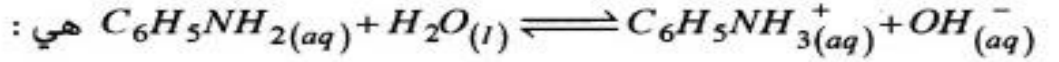


(٧) في التفاعل الآتي : $HSO_{4(aq)}^- + HSO_{3(aq)}^- \rightleftharpoons H_2SO_{3(aq)} + SO_{4(aq)}^{2-}$

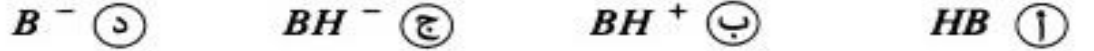
القاعدتين الموجودتين في التفاعل حسب نظرية لوري - برونستد هما :



(٨) القاعدة المرافقة في التفاعل:



(٩) الحمض المرافق للقاعدة الافتراضية (B) وفق نظرية برونستد - لوري هي :



(١٠) أحد المواد الآتية يسلك سلوك الحمض والقاعدة معاً :



(١١) عندما تفقد المادة بروتوناً بصعوبة فإنها تنتج :

- Ⓐ حمضاً مرافقاً قوياً
Ⓑ حمضاً مرافقاً ضعيفاً
Ⓒ قاعدة مرافقة قوية
Ⓓ قاعدة مرافقة ضعيفة

(١٢) ما المادة التي تمثل حمضاً مرافقاً في التفاعل:



(١٣) ✱ العبارة التي ينطبق عليها مفهوم لوري - بونستد للأحماض والقواعد هي :

- ① الحمض هو المادة التي تستقبل بروتوناً .
 ② الحمض القوي ينتج قاعدة مرافقة ضعيفة .
 ③ القاعدة هي التي تستقبل أيونات هيدروكسيد سالبة .
 ④ القاعدة هي المادة التي تمنح أيونات هيدروجين موجبة .

(١٤) ✱ في التفاعل الآتي: $HCN_{(aq)} + CH_3NH_{2(aq)} \rightleftharpoons CN^{-}_{(aq)} + CH_3NH_3^{+}_{(aq)}$

أي من الأزواج التالية يمثل زوج الحمض والقاعدة المرافقة للتفاعل :

الحمض	القاعدة	
HCN	CN^{-}	①
CN^{-}	$CH_3NH_3^{+}$	②
$CH_3NH_3^{+}$	HCN	③
CH_3NH_2	$CH_3NH_3^{+}$	④

(١٥) ✱ في التفاعل: $H_3AsO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2AsO_4^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$

يُعد $H_2AsO_4^{-}$:

- ① حمضاً مرافقاً ضعيفاً
 ② حمضاً مرافقاً قوياً
 ③ قاعدة مرافقة ضعيفة
 ④ قاعدة مرافقة قوية

أولاً نظرية برونستد - لوري للأحماض والقواعد

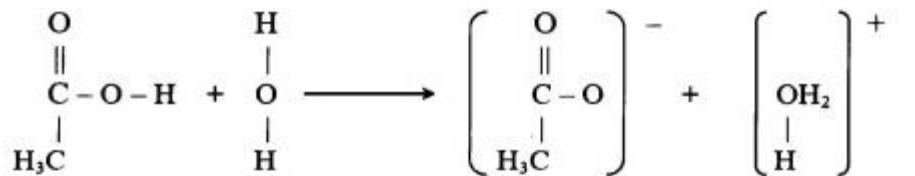
١ اكتب معادلات رمزية للتفاعلات التالية ثم وضع ، في ضوء نظرية برونستد - لوري أزواج

الأحماض والقواعد المرافقة :

① التفاعل بين حمض (HF) والماء .

② التفاعل بين أيون الخلات CH_3COO^{-} وحمض HCN .

٢ ادرس التفاعل الآتي ، ثم أجب عما يليه من أسئلة وفقاً لنظرية برونستد - لوري :



① حدد الحمض والقاعدة .

② حدد الحمض المرافق والقاعدة المرافقة .

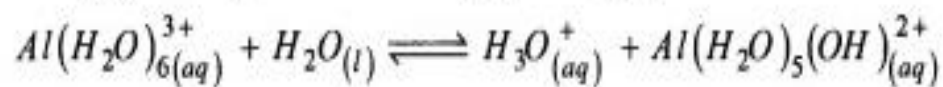
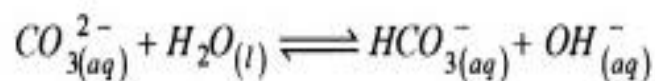
٣ فسر : يمكن اعتبار الأيون (HSO_4^{-}) حمضاً ، وكذلك يمكن اعتباره قاعدة .

٤ وضح المقصود بالعبارة التالية :

(يمكن للماء أن يكون حمضاً في بعض المحاليل ، وقاعدة في محاليل أخرى)



في التفاعلين التاليين حدد كلاً من الزوجين المرافقين من الحمض والقاعدة :



سلسلة كامبردج

اعداد الأستاذ /

مهاب عثمان السقا

ماجستير في الكيمياء العضويه

مؤلف كتابي مندليف وزويل في الكيمياء

92594064

