الجُمَانْ
في الكيمياء

الوحدة الأولى
الحموض والقواعد

لطلبة التوجيهي العلمي

جيل ٢٠٠٤ لعام ٢٠٢٢

إعداد الأستاذ: محمد الشيخ

موقع الأوائل التعليمي

أكاديمية العون الثقافية

أساسيات

(١) المادة : هي كل شيء يشغل حيز وله كتلة .

المادة

عناصر
الوحدة الأساسية في بناء المادة

منفردة
- حديد Fe
- نحاس Cu
- ذهب Au
- فضة Ag
- ألومنيوم Al
- مغنيسيوم Mg
- صوديوم Na
- كالسيوم Ca
- بوتاسيوم K
- ليثيوم Li

فلزات

جزيئات
- أكسجين O_2
- هيدروجين H_2
- نيتروجين N_2
- فلور F_2
- كلور Cl_2
- بروم Br_2
- يود I_2
- أوزون O_3
- فسفور P_4
- كبريت S_8

لا فلزات

مركبات
مجموعة من العناصر المرتبطة معاً بنسب ثابتة

جزيئية
تذوب في الماء
لا تتفكك إلى أيونات
مثل السكر
$C_6H_{12}O_6$

أيونية
تذوب في الماء
تتفكك إلى أيونات
مثل ملح الطعام
- NaCl
- KF
- $LiNO_3$
- $MgSO_4$

أحماض
- HCl
- HBr
- H_2SO_4

الماء
H_2O

قواعد
- NaOH
- KOH

(٢) قانون حفظ المادة : المادة لا تفنى ولا تخلق من العدم ولكن تتحول من شكل إلى آخر .

كيميائياً ((عدد ونوع الذرات الداخلة في تفاعل تساوي عدد ونوع الذرات الخارجة منه ولكن بشكل آخر))

(٣) بعض المصطلحات ووحدات قياسها

١- **الكتلة** : تقاس بوحدة كيلوغرام (كغ) أو غرام (غ / غم) — ١ كغ = ١٠٠٠ غم

٢- **الحجم** : يقاس بوحدة (لتر) أو مليلتر (مل) — ١ لتر = ١٠٠٠ مل

مثال ... محلول حجمه ٤٠٠ مل , كم يساوي حجمه باللتر ؟

الحل : $٤٠٠ \text{ مل} \times \frac{١ \text{ لتر}}{١٠٠٠ \text{ مل}} = ٠,٤ \text{ لتر}$

٣- **عدد المولات** : مصطلح يعبر عن كمية المادة ويقاس بوحدة (مول)

حيث أن المول هو كمية من المادة تساوي عدد أفوجادرو من الذرات ($٦,٠٢٢ \times ١٠^{٢٣}$ ذرة / جزيء)

مثال : ١ مول من الحديد Fe = $٦,٠٢٢ \times ١٠^{٢٣}$ ذرة Fe

١ مول من الهيدروجين H_2 = $٦,٠٢٢ \times ١٠^{٢٣}$ جزيء H_2

٤- **الكتلة المولية** : هي كتلة (١) مول من أي مادة , وهذه القيمة معلومة بالتجربة لجميع العناصر ومثبتة في الجدول الدوري , وتقاس بوحدة (غم / مول) .

مثال : ١ مول من الحديد Fe = ٥٦ غم

١ مول من الهيدروجين H = ١ غم لذلك ١ مول من الهيدروجين H_2 = ٢ غم

١ مول من النيتروجين N = ١٤ غم لذلك ١ مول من النيتروجين N_2 = ٢٨ غم

سؤال ... إذا علمت أن الكتلة المولية للأكسجين O تساوي ١٦ غم/مول فاحسب الكتلة المولية للأوزون O_3

سؤال ... إذا علمت أن الكتل المولية للعناصر (H= ١, N = ١٤, S = ٣٢ , O = ١٦, Na = ٢٣) فاحسب الكتل المولية للمركبات الآتية

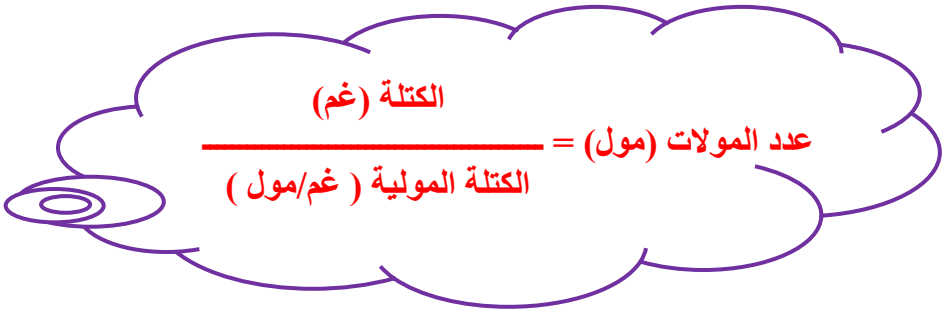
* HNO_3

* H_2SO_4

* H_2S

* NaOH

بما أن كمية المادة تقاس بالمول والمول لا يمكن قياسه بأدوات معينة إذاً لا بد من ربط المول بكمية يمكن قياسها مثل الكتلة ولذلك فإن :



سؤال : قطعة مغنيسيوم كتلتها ٦ غم , احسب عدد مولاتها علماً أن الكتلة المولية للمغنيسيوم تساوي ٢٤ غم/مول

الحل ...

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{٦ غم}}{\text{٢٤ غم/مول}} = \text{٠,٢٥ مول}$$

سؤال : عينة تحتوي على ٣ مول من الكالسيوم Ca , فإذا كانت الكتلة المولية لـ Ca تساوي ٤٠ غم/مول احسب كتلة العينة .

الحل ...

الكتلة = عدد المولات × الكتلة المولية

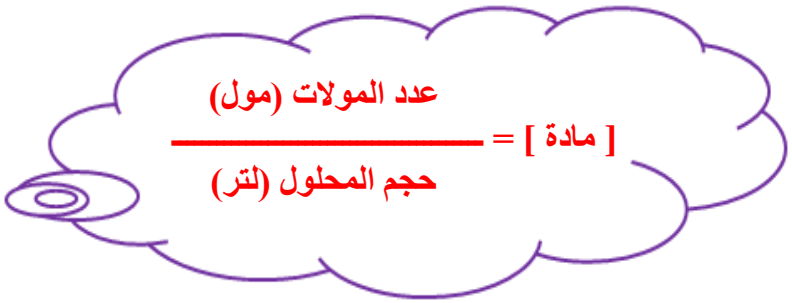
= ٣ مول × ٤٠ غم/مول

= ١٢٠ غم

٥- **التركيز** : مصطلح يعبر عن كمية المادة المذابة في المذيب .

رمزه [ ] ويقاس بوحدة (مول/لتر) ولذلك فالتركيز يصف عدد مولات المذاب في (١) لتر من المذيب .

والعلاقة الآتية تستخدم لحساب التركيز :



سؤال : محلول نتج بإذابة ٠,٤ مول من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في كمية من الماء حتى أصبح حجم المحلول (٢) لتر , احسب تركيز NaOH في المحلول .

الحل ....

$$[\text{ NaOH }] = \frac{\text{٠,٤ مول}}{\text{٢ لتر}} = \text{٠,٢ مول/لتر}$$

سؤال : تم إذابة ٥,٩ غم من ملح الطعام NaCl في (١٠) لتر ماء فإذا كانت الكتلة المولية لـ NaCl تساوي ٥٩ غم/مول احسب تركيز ملح الطعام في المحلول .

الحل ...

مقدمة عامة ...

تقسم المواد الكيميائية بشكل عام حسب تأثيرها على المواد الأخرى وحسب سلوكها في محاليلها إلى ثلاثة أنواع وهي :

(١) الأحماض :

وتتميز بطعمها الحمضي اللاذع وأنها تحوّل ورقة تبّاع الشمس الزرقاء إلى اللون الأحمر, ولها مصادر متعددة منها ما هو طبيعي مثل حمض الاسكوربيك (فيتامين C) وحمض السيتريك (حمض الليمون) .
ومنها ما هو صناعي مثل حمض الكبريتيك المستخدم في بطارية السيارة .

تقسم الأحماض من حيث سلوكها داخل المحاليل إلى :

أ) أحماض قوية : وهي أحماض تتأين كلياً عند إذابتها في الماء , مثل

حمض الهيدروكلوريك $HCl \xrightarrow{H_2O} H^+ + Cl^-$

$HI \xrightarrow{H_2O} H^+ + I^-$

$HBr \xrightarrow{H_2O} H^+ + Br^-$

حمض النيتريك $HNO_3 \xrightarrow{H_2O} H^+ + NO_3^-$

حمض البيركلوريك $HClO_4 \xrightarrow{H_2O} H^+ + ClO_4^-$

ب) أحماض ضعيفة : وهي أحماض تتأين جزئياً عند إذابتها في الماء , مثل

$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$ (فوق H_2O)

$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$ (فوق H_2O)

$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$ (فوق H_2O)

أحماض عضوية

$HCOOH \rightleftharpoons H^+ + HCOO^-$ (فوق H_2O)

$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$ (فوق H_2O)

$C_6H_5COOH \rightleftharpoons H^+ + C_6H_5COO^-$ (فوق H_2O)

سؤال : اكتب نواتج تفكك كل من الأحماض الآتية في الماء

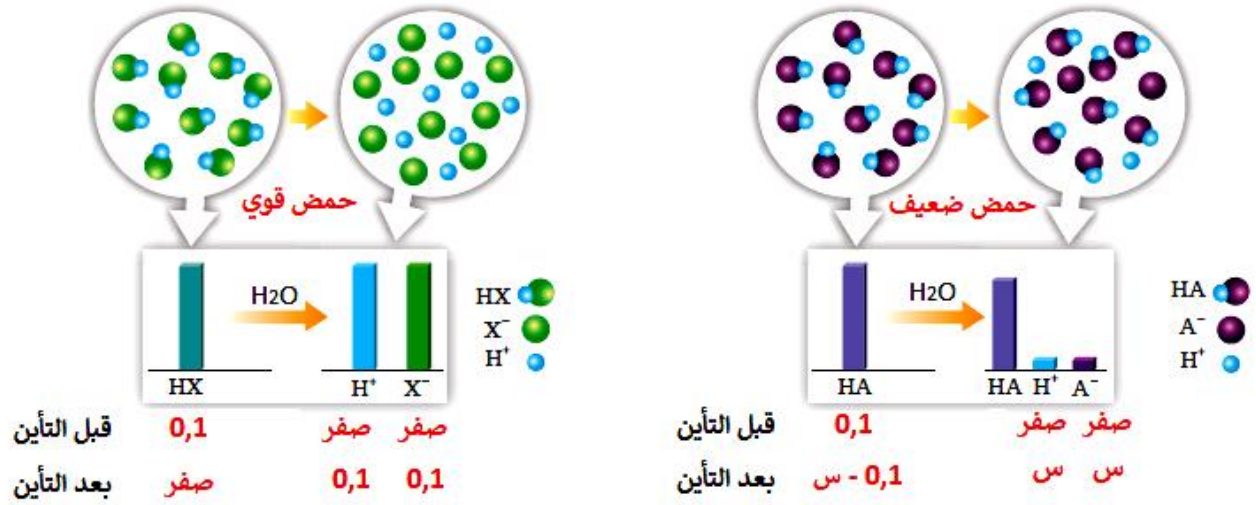
$HOCl \rightleftharpoons$ ..... + ...

$H_2CO_3 \rightleftharpoons$ ..... + ...

$H_3PO_4 \rightleftharpoons$ ..... + ...

والآن ما الفرق بين الحمض القوي والضعيف من حيث سلوكه داخل المحلول ؟

لمعرفة ذلك سندرس الرسم البياني الآتي :



لا بد أنك لاحظت أن الأيونات الناتجة دائماً متساوية في تركيزها وفي جميع أنواع المحاليل

مثال : يتفكك الحمض الضعيف HCN (٠,٣ مول/لتر) في الماء , الجدول الآتي يبين عملية تفككه في الماء مع نسب الأيونات الناتجة عنه في بداية التأين ونهايته ومقدار ما يتفكك منه

التركيز / الحالة	H_2O	$[CN^-]$	$[H^+]$	[HCN]
قبل التأين (بداية التأين)	-	صفر	صفر	٠,٣
مقدار التغير	-	+س	+س	- س
بعد التأين (عند الاتزان)	-	س	س	٠,٣ - س

(١) القواعد :

هي مواد تتميز بطعمها المرّ وأنها تُحوّل ورقة تبّاع الشمس الحمراء إلى اللون الأزرق ومن أمثلتها هيدروكسيد المغنيسيوم المستخدمة في صناعة الأدوية مضادة الحموضة وهيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) المستخدمة في صناعة المنظفات , والأمونيا (النشادر) .

تقسم القواعد من حيث سلوكها داخل المحاليل إلى :

أ) **قواعد قوية : وهي قواعد تتأين كلياً عند إذابتها في الماء , مثل**

$$NaOH \xrightarrow{H_2O} Na^+ + OH^-$$

$$KOH \xrightarrow{H_2O} K^+ + OH^-$$

$$LiOH \xrightarrow{H_2O} Li^+ + OH^-$$

ب) **قواعد ضعيفة : وهي قواعد تتأين جزئياً عند إذابتها في الماء , مثل**

NH_3(أمونيا) N_2H_4 (هيدرازين) C_5H_5N (بيريدين) CH_3NH_2 (ميثل أمين)

(٢) الأملاح :

هي مواد يمكن الحصول عليها عند تفاعل حمض مع قاعدة حيث ينتج عنها ملح وماء وتعطى بالصيغة العامة :

حمض + قاعدة ← ملح + ماء

أمثلة ....

1) $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$

2) $KOH + HBr \longrightarrow KBr + H_2O$

3) $LiOH + HF \longrightarrow LiF + H_2O$

❖ **نلاحظ أن :-**

١- صيغة الملح تكتب بأخذ الطرف الموجب (+) من القاعدة , مع الطرف السالب (-) من الحمض .

٢- يمكن استخدام أي حمض (قوي / ضعيف) مع أي قاعدة (قوية / ضعيفة) بدون شروط .

سؤال : اكتب صيغة الملح الناتجة عن كل من التفاعلات الآتية :

$KOH + HClO_4 \longrightarrow$ ..... $+ H_2O$

$NaOH + HCOOH \longrightarrow$ ..... $+ H_2O$

$KOH + CH_3COOH \longrightarrow$ ..... $+ H_2O$

سؤال : ما صيغة كل من الحمض والقاعدة التي شاركت في إنتاج كلاً من الأملاح الآتية :

١- **KF** الحمض ..... القاعدة .....

٢- **$NaNO_3$** الحمض ..... القاعدة .....

تؤثر الأملاح في المحاليل فبعض الأملاح له تأثير حمضي وبعضها تأثيره قاعدي وهناك أملاح لا تؤثر في المحاليل وتوصف بأنها أملاح متعادلة (سندرس هذا لاحقاً بالتفصيل) .

سؤال : علل ... تعتبر القاعدة NaOH قاعدة قوية تامة التأين في الماء .

السبب : بعد التفكك ينتج أيون Na^+ والذي يعتبر ضعيف نسبياً أي ليس لديه القدرة على الارتباط مع OH^- بعد التفكك وذلك لأن قوى التجاذب بينه وبين الماء قوية جداً ولذلك فإنه يفضل البقاء مع جزيئات الماء دون الارتباط مع OH^- وبذلك تبقى NaOH في حالة تفكك دائم وهذا ما يجعلها قوية .

سؤال : علل ... يعتبر الحمض HBr حمضاً قوياً تام التأين في الماء .

السبب : بعد التفكك ينتج أيون Br^- والذي يعتبر ضعيف نسبياً أي ليس لديه القدرة على الارتباط مع H^+ بعد التفكك وذلك لأن قوى التجاذب بينه وبين الماء قوية جداً ولذلك فإنه يفضل البقاء مع جزيئات الماء دون الارتباط مع H^+ وبذلك تبقى HBr في حالة تفكك دائم وهذا ما يجعله قوياً .

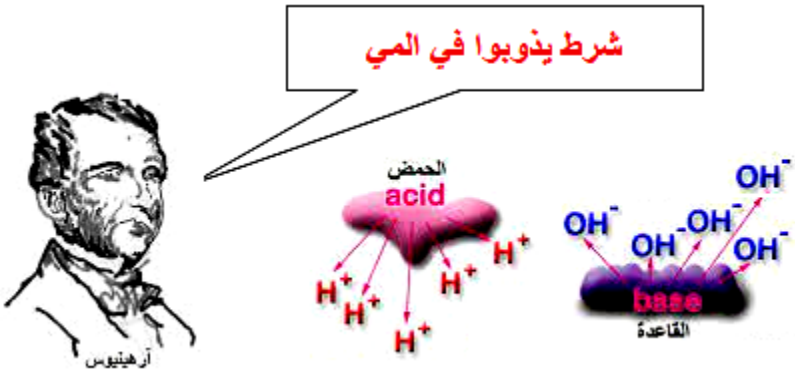
مفاهيم (تعريفات) الحموض والقواعد

(١) مفهوم أرهينيوس

عرّف أرهينيوس الحمض والقاعدة كالآتي :

الحمض : مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروجين H^+ عند إذابتها في الماء .

القاعدة : مادة تزيد من تركيز أيون الهيدروكسيد OH^- عند إذابتها في الماء .



أمثلة .....

$$KOH \xrightarrow{H_2O} K^+ + OH^-$$

$$HNO_3 \xrightarrow{H_2O} H^+ + NO_3^-$$

$$HCN \xrightleftharpoons{H_2O} H^+ + CN^-$$

❖ ملحوظة : من التعريف والأمثلة نلاحظ أن أرهينيوس اشترط وجود (H) في تركيب الحمض ووجود (OH) في تركيب القاعدة ولذلك فإن مفهوم أرهينيوس ينطبق على الأحماض القوية والضعيفة والقواعد القوية فقط .

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ CH_3COOH حسب تعريف أرهينيوس

الحل ... $CH_3COOH \xrightleftharpoons{H_2O} H^+ + CH_3COO^-$

سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ $LiOH$ حسب تعريف أرهينيوس

الحل ...

سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ N_2H_4 حسب تعريف أرهينيوس

الحل ... لا يمكن تفسير ذلك لعدم احتواء N_2H_4 على OH

على الرغم من نجاح أرهينيوس في وضع تعريف للحمض والقاعدة إلا أنه كان قاصراً (فيه ضعف) وذلك للأسباب الآتية :-

١- لم يتمكن من تفسير السلوك القاعدي للقواعد الضعيفة مثل NH_3 .

٢- لم يتمكن من تفسير الخواص الحمضية والقاعدية لمحاليل بعض للأملاح مثل $NaNO_2$, NH_4Cl .

(٢) مفهوم برونستد - لوري

بدأ برونستد ولوري تعريفهما بالبحث في أصل الأيون H^+ حيث أنه عبارة عن ذرة هيدروجين فقدت إلكترونها ولم يبق منها سوى بروتون(+) ولذلك يمكن القول بأن أيون الهيدروجين H^+ هو نفسه البروتون الموجب (P^+)

وما يحدث فعلياً في المحاليل هو أنه عند إذابة أي حمض في الماء ينتج H^+ الذي يرتبط مع الماء مباشرةً ليكون أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) حسب المعادلة :

$$H_2O + H^+ \longrightarrow H_3O^+$$

(أيون الهيدرونيوم)

جسيم متناهٍ في الصغر ذو كثافة كهربائية عالية , ولا يكون منفرداً في المحلول وانما يرتبط مع الماء H_2O ليكوّن أيون الهيدرونيوم (H_3O^+) .

وبناءً على ما سبق قام برونستد ولوري بوضع تعريف للحمض والقاعدة بناءً على انتقال البروتون (H^+) بين المواد كالآتي :

١- **الحمض** { مانح بروتون } : مادة (جزيئات/أيونات) قادرة على منح بروتون (H^+) لمادة أخرى .
٢- **القاعدة** { مستقبل بروتون } : مادة (جزيئات/أيونات) قادرة على استقبال بروتون (H^+) من مادة أخرى .

البروتون (H^+)

مثال (١)

عند تفاعل حمض HCl مع الماء

$$\underset{\text{مانح بروتون}}{HCl} + \underset{\text{مستقبل بروتون}}{H_2O} \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

❖ نلاحظ أن HCl قام بمنح H^+ للماء وبذلك يكون حمضاً والماء قاعدة .

مثال (٢)

عند تفاعل القاعدة NH_3 مع الماء

$$\underset{\text{مستقبل بروتون}}{NH_3} + \underset{\text{مانح بروتون}}{H_2O} \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

❖ نلاحظ أن NH_3 قامت باستقبال H^+ من الماء وبذلك تكون قاعدة والماء حمضاً .

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ HI حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

سؤال: فسّر السلوك الحمضي لـ H_2S حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

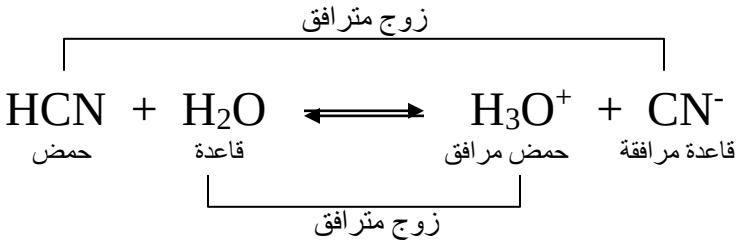
سؤال: فسّر السلوك القاعدي لـ N_2H_4 حسب تعريف برونستد – لوري .
الحل ...

الأزواج المترافقة

كل حمض بعد أن يمنح يكوّن في النواتج قاعدة وتسمى **القاعدة المرافقة** للحمض
وكل قاعدة بعد أن تستقبل تكوّن في النواتج حمض ويسمى **الحمض المرافق** للقاعدة

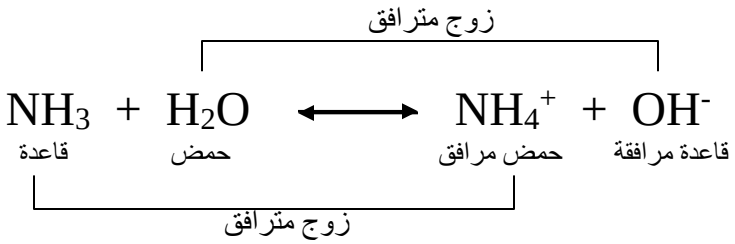
وعليه فان أي تفاعل بين حمض وقاعدة حسب مفهوم برونستد- لوري يشتمل على **زوجين مترافقين** من الحمض والقاعدة .

مثال(١) ..



❖ أو الأزواج المترافقة هي : CN^- / HCN , H_3O^+ / H_2O

مثال(٢) ..



❖ أو الأزواج المترافقة هي : NH_4^+ / NH_3 , OH^- / H_2O

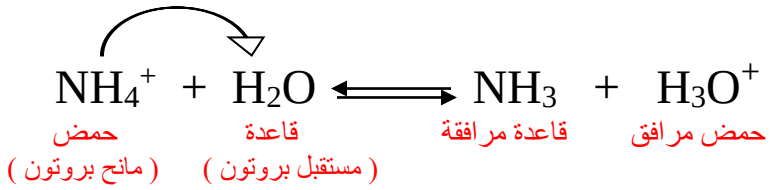
من تعريف برونستد - لوري نلاحظ أن :

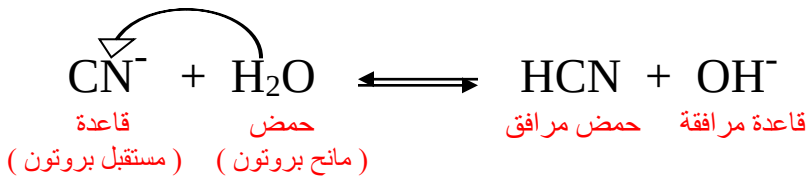
١- الحمض والقاعدة لا تقتصر على المركبات المتعادلة مثل NH_3 , HCl , ... وإنما الأيونات والمركبات الأيونية أيضاً لها سلوك حمضي أو قاعدي فمثلاً :

أ- CN^- , OH^- تعتبر قواعد (في المثالين السابقين) (تستقبل H^+) .

ب- NH_4^+ , H_3O^+ تعتبر حموض (في المثالين السابقين) (تمنح H^+) .

وعليه يمكن القول بأن :



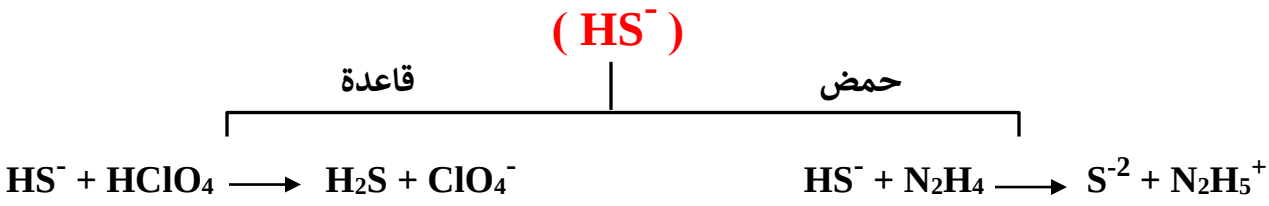


٢- كما نلاحظ أن الماء قد يسلك سلوكاً حمضياً أو قاعدياً وذلك يعتمد على سلوك المادة الأخرى .

٣- يكون الفرق بين الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة دائماً بروتون (H^+) واحد فقط .

مثال : يعتبر (HCO_3^-/H_2CO_3) زوجاً مترافقا , بينما (CO_3^{-2}/ H_2CO_3) لا يعد زوجاً مترافقاً .

٤- أيضاً من ميزات تعريف برونستد – لوري أنه صنّف بعض المواد على أنها تسلك سلوكين (حمضي / قاعدي) وتسمى هذه المواد (المواد الأمفوتيرية أو المترددة) مثل :

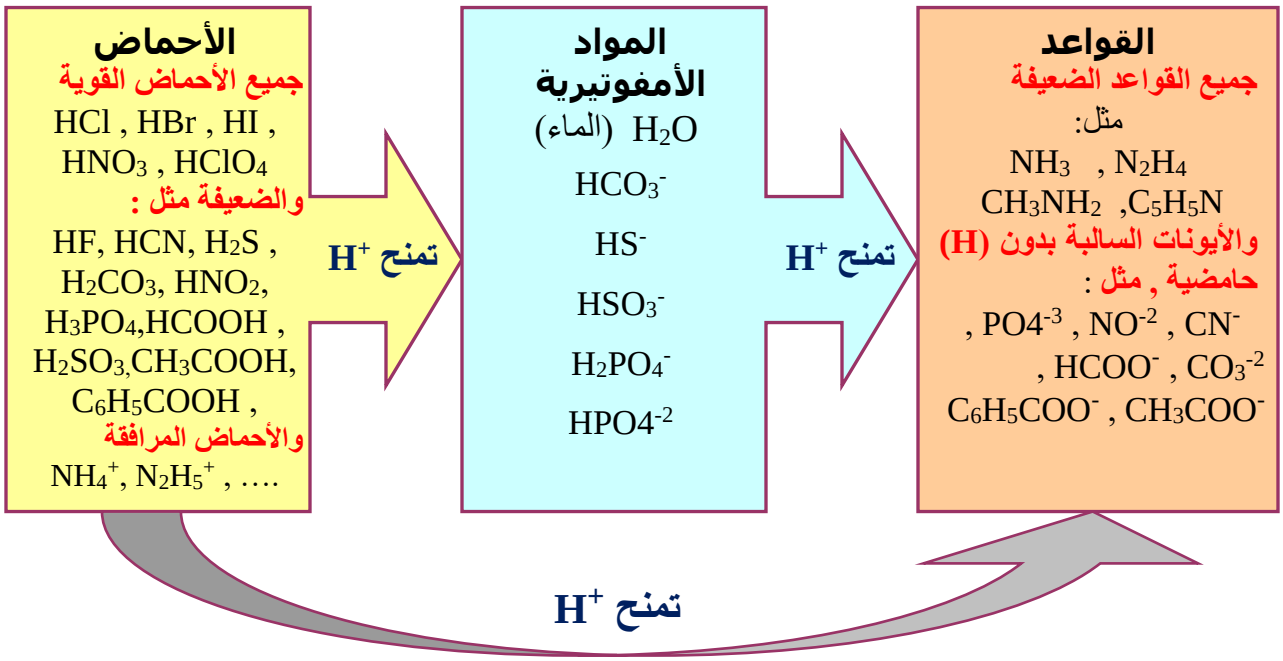


والشروط الواجب توافرها لتكون المادة أمفوتيرية هي أن تمتلك :
١- إشارة سالبة .
٢- هيدروجين حامضية يمكن نزعها .
٣- أن لا يكون أصلها عضوياً .

هي المادة التي تسلك سلوكين (حمضي / قاعدي) في محاليلها وتمتاز غالباً عن باقي المواد بامتلاكها شحنة سالبة وهيدروجين يمكن نزعها ومنحها لمادة أخرى مثل :
HS^- , HSO_3^- , $H_2PO_4^-$, HCO_3^-

المادة الأمفوتيرية

❖ **خلاصة ...**
يمكن تصنيف المواد حسب تعريف برونستد – لوري إلى :



❖ **نلاحظ أن المواد $HCOO^-$ CH_3COO^- $C_6H_5COO^-$ لا تعتبر مواد أمفوتيرية لأن ذرة الهيدروجين فيها أصلية (ليست حامضية) أي لا يمكن نزعها أبداً وبذلك تكون قواعد فقط .**

سؤال : أكمل التفاعلات الآتية في الجدول ثم حدد الحمض المرافق والقاعدة المرافقة لكل منها

الرقم	التـــفاعل	الحمض المرافق	القاعدة المرافقة
1	$HF + CN^- \leftrightarrow$ …… + ……		
2	$HBr + S^{-2} \leftrightarrow$ …… + ……		
3	$NH_3 + HSO_3^- \leftrightarrow$ …… + ……		
4	$HNO_2 + CH_3COO^- \leftrightarrow$…… + ……		
5	$HCO_3^- + PO_4^{-3} \leftrightarrow$ …… + ……		
6	$HCOOH + C_5H_5N \leftrightarrow$ …… + ……		
7	$NH_4^+ + CH_3NH_2 \leftrightarrow$ …… + ……		

سؤال : أكتب الحمض المرافق لكل من قواعد برونستد- لوري الآتية :

١- N_2H_4 الحمض المرافق هو .....

٢- CH_3COO^- الحمض المرافق هو .....

٣- H_2O الحمض المرافق هو .....

٤- CO_3^{-2} الحمض المرافق هو .....

٥- HS^- الحمض المرافق هو .....

الحمض المرافق = القاعدة + H^+

سؤال : أكتب القاعدة المرافقة لكل من حموض برونستد- لوري الآتية :

١- $N_2H_5^+$ القاعدة المرافق هي .....

٢- CH_3COOH القاعدة المرافق هي .....

٣- H_2O القاعدة المرافق هي .....

٤- H_2CO_3 القاعدة المرافق هي .....

٥- HS^- القاعدة المرافق هي .....

القاعدة المرافقة = الحمض - H^+

سؤال : اكتب معادلات كيميائية تبيّن سلوك $HS^- / H_2PO_4^-$ كأحماض عند تفاعلها مع الماء H_2O.

سؤال : اكتب معادلات كيميائية تبيّن سلوك $HS^- / H_2PO_4^-$ كقواعد عند تفاعلها مع الهيدروكلوريك HCl .

مع الوقت تبيّن أن تعريف برونستد-لوري كان قاصراً (فيه ضعف) وذلك بسبب :

١- لم يوضح كيف يرتبط البروتون بالمواد القاعدية .

٢- لم يفسّر سلوك بعض تفاعلات الحمض مع القاعدة التي لا تتضمن انتقال البروتون مثل تفاعل NH_3 مع BF_3 .

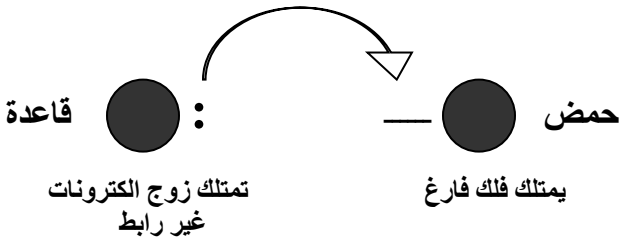
(٣) مفهوم لويس

تمكن العالم لويس من وضع المفهوم الأكثر شمولاً فيما يتعلق بالحمض والقاعدة كالآتي :

الحمض : مادة قادرة على استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة من مادة أخرى , لأن لديه فلك فارغ .

القاعدة : مادة قادرة على منح زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى .

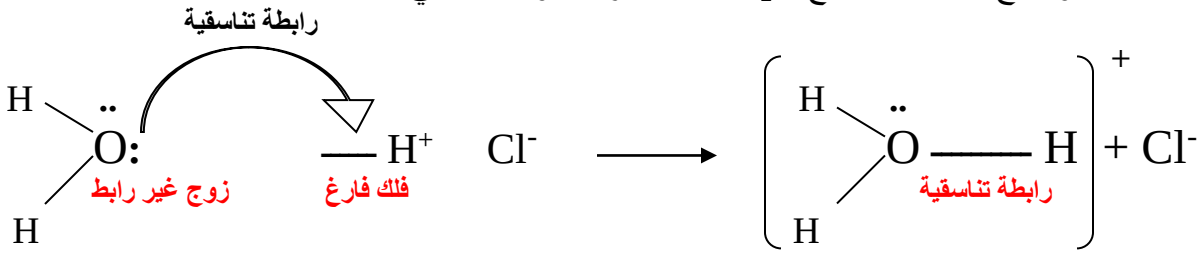
وينتج عن هذا الارتباط ما يعرف **بالرابطة التناسقية**



هي إحدى أشكال الرابطة التساهمية وتحدث عندما تقدم مادة زوج الكترونات غير رابطة وتقدم الأخرى فلك فارغ .

الرابطة التناسقية

والآن يمكن توضيح تفاعل HCl مع H_2O حسب تعريف لويس كالآتي :



- الحمض هو HCl لأن لديه فلك فارغ فيستقبل زوج الكترونات غير رابط من الماء H_2O .
- القاعدة هي الماء H_2O لأن لديها زوج الكترونات غير رابط تمنحها لـ HCl .

سؤال : استخدم تعريف لويس لتوضيح كيف يتفاعل NH_3 مع HNO_3

الحل ....

❖ استطاع تعريف لويس أن يفسر سلوك العديد من المواد كحمض وقاعدة ومن ذلك :-
تسلك جميع أيونات الفلزات الانتقالية سلوكاً **حامضياً** لأنها تمتلك أفلاكاً فارغة مثل :
Ag^{+} Cu^{+2} Zn^{+2} Fe^{+2} Sn^{+4} Cr^{+3} وغيرها.....
ولذلك تستطيع هذه الأيونات أن ترتبط مع بعض القواعد بروابط تناسقية لتكوين مركبات معقّدة كالآتي :

$$4H_2O: + Zn^{+2} \longrightarrow [Zn(H_2O)_4]^{+2}$$

زوج e غير رابط — فلك فارغ

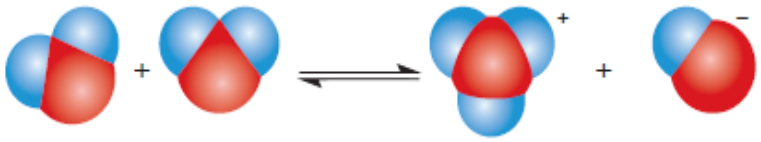
يرتبط Zn مع H_2O بأربع روابط تناسقية

سؤال : حدد حمض وقاعدة لويس وعدد الروابط التناسقية في كل من التفاعلات الآتية

- $Fe^{+3} + 6CN^{-} \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{-3}$ الحمض ..... القاعدة .....عدد الروابط .....
- $Cu^{+2} + 6H_2O \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_6]^{+2}$ الحمض ..... القاعدة ..... عدد الروابط .....
- $Ag^{+} + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^{+}$ الحمض ..... القاعدة ..... عدد الروابط .....
- $Co^{+3} + 6NH_3 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{+3}$ الحمض ..... القاعدة ..... عدد الروابط .....

التأين الذاتي للماء

من المعلوم أن الماء النقي غير موصل للتيار الكهربائي ولكن مع التجربة وجد أنه موصل ضعيف جداً للتيار وسبب ذلك أن الماء يتأين **ذاتياً** أي أن جزيئات الماء تتفاعل مع بعضها كحمض وقاعدة حسب المعادلة الآتية :



$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^{+} + OH^{-}$$

❖ وتسمى هذه المعادلة : معادلة التأين الذاتي للماء
❖ تكون كمية [H_3O^{+}] مساوية تماماً لكمية [OH^{-}] في الماء النقي .
❖ يعتبر هذا التفاعل من تفاعلات الاتزان
لذلك يمكن التعبير عنه بـ **ثابت الاتزان Kc** حيث :

محاليل متعادلة : $[OH^{-}]=[H_3O^{+}]$
حيث $[H_3O^{+}] = ١ \times ١٠^{-٧}$ مول/لتر.
$[OH^{-}] = ١ \times ١٠^{-٧}$ مول/لتر

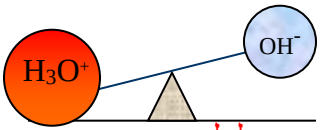
$$\frac{[H_3O^{+}] . [OH^{-}]}{[H_2O]^2} = \frac{[H_3O^{+}] . [OH^{-}]}{[H_2O] . [H_2O]} = Kc$$

$$[H_3O^{+}] . [OH^{-}] = \underbrace{[H_2O]^2 \times Kc}_{Kw}$$

$$[H_3O^{+}] . [OH^{-}] = Kw$$

بالتجربة العملية وجد أن $Kw = ١ \times ١٠^{-١٤}$ ويسمى هذا الثابت بـ ثابت اتزان الماء ,

ولكن ماذا يحدث لقيمة [OH^-] و [H_3O^+] لو أذبنا حمض أو قاعدة في الماء النقي؟

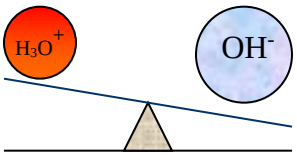


محلول حمضي

$[H_3O^+] > ١ \times ١٠^{-٧}$

❖ في المحلول الحمضي : يزداد [H_3O^+] ويقل [OH^-]

لأن الحمض يزيد من [H_3O^+] في المحلول



محلول قاعدي

$[OH^-] > ١ \times ١٠^{-٧}$

❖ في المحلول القاعدي : يزداد [OH^-] ويقل [H_3O^+]

لأن القاعدة تزيد من [OH^-] في المحلول

سؤال : محلول فيه [H_3O^+] يساوي ١×١٠^{-٩} مول/لتر , احسب [OH^-] في المحلول وبيّن فيما إذا كان المحلول حمضياً أو قاعدياً ؟

الحل .... $[H_3O^+] \cdot [OH^-] = Kw$

$١ \times ١٠^{-١٤} = [OH^-] \times ١ \times ١٠^{-٩}$ ومنه $[OH^-] = ١ \times ١٠^{-٥}$ مول/لتر

نلاحظ أن $[OH^-] > ١ \times ١٠^{-٧}$ إذاً المحلول قاعدي

سؤال : أكمل الفراغات في الجدول الآتي وصنف المحاليل إلى حمضية وقاعدية ومتعادلة

رقم المحلول	$[H_3O^+]$ مول/لتر	$[OH^-]$ مول/لتر	طبيعة المحلول
١	١×١٠^{-٤}		
٢		٢×١٠^{-٢}	
٣			متعادل

سؤال : محلول فيه [H_3O^+] يساوي عشرة أضعاف [OH^-]

١ـ ما هي طبيعة هذا المحلول (حمضي أم قاعدي أم متعادل) ؟

٢ـ احسب [H_3O^+] في المحلول .

الحل ....

حساب [OH^-] و [H_3O^+] في المحاليل المختلفة

الحموض القوية

الحمض عادةً يُنتج أيون الهيدرونيوم H_3O^+
ولأن الحموض القوية تامة التأين في الماء فإن :

[H_3O^+] = [الحمض القوي]

مثال :

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

١×١٠^{-٢} مول/لتر — ١×١٠^{-٢} مول/لتر

ثم من Kw نحسب [OH^-]

القواعد القوية

القاعدة عادة تنتج أيون الهيدروكسيد OH^-
ولأن القواعد القوية تامة التأين في الماء فإن :

[OH^-] = [القاعدة القوية]

مثال :

$$KOH \xrightarrow{H2O} K^+ + OH^-$$

٠,٢ مول/لتر — ٠,٢ مول/لتر

ثم من Kw نحسب [H_3O^+]

سؤال : محلول مكون من حمض HI تركيزه ٠,٠١ مول/لتر احسب [OH^-] و [H_3O^+] في المحلول .

الحل .....

$$HI + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + I^-$$

نفكك HI في الماء

وبما أن HI قوي إذاً [HI] = [H_3O^+] ويساوي ٠,٠١ مول / لتر

أما [OH^-] فيُحسب من Kw

$$[\ OH^-\ ] = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{١ \times ١٠^{-٢}} = ١ \times ١٠^{-١٢}\ \text{مول/لتر}$$

سؤال : محلول مكوّن من NaOH تركيزه ٢×١٠^{-٣} مول/لتر , احسب [OH^-] و [H_3O^+] في المحلول .

الحل ....

$$NaOH \xrightarrow{H_2O} Na^+ + OH^-$$

نفكك NaOH في الماء

وبما أن NaOH قاعدة قوية إذاً [NaOH] = [OH^-] ويساوي ٢×١٠^{-٣} مول/لتر

أما [H_3O^+] فيُحسب من Kw

$$[\ H3O^+\ ] = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٢ \times ١٠^{-٣}} = ٥ \times ١٠^{-١٢}\ \text{مول/لتر}$$

سؤال : محلول مكوّن من حمض النيتريك HNO_3 تركيز NO_3^- فيه (٥×١٠^{-٢} مول/لتر), احسب [OH^-] في المحلول .

الحل ...

سؤال : محلول مكوّن من الحمض $HClO_4$, بالتجربة وجد أن تركيز $[OH^-]$ فيه تساوي ٤×١٠$^{-١٤}$ مول/لتر ,
احسب تركيز الحمض $HClO_4$.

الحل ....

الاجابة ... $[HClO_4]$ = ٠,٢٥ مول/لتر

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة KOH , بالتجربة وجد أن تركيز $[H_3O^+]$ في محلولها يساوي ٠,٥×١٠$^{-١٣}$ مول/لتر ,
احسب تركيز القاعدة KOH .

الحل ....

الإجابة ... $[KOH]$ = ٠,٢ مول/لتر

تذكّر أن ....

عدد المولات (ع.م) = الكتلة (ك) / الكتلة المولية (ك.م)

(للمادة الصلبة)

عدد المولات(ع.م) = الحجم (ح)×التركيز (ت)

(للمحلول السائل)

$$\frac{ك}{ك.م} = ح \times ت$$

سؤال : تم تحضير محلول (KOH) بإذابة ٠,٥٦ غ منه في الماء ليصبح حجم المحلول ٢٠٠ مل , فإذا كانت الكتلة المولية KOH تساوي ٥٦غ/مول , K_w = ١× ١٠$^{-١٤}$ فاحسب تركيز أيون الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ في المحلول .

الحل ...

سؤال : تم إذابة ٣,٦٥ غم من حمض HCl في ٢٠٠ مل ماء , فإذا كانت الكتلة المولية لـ HCl تساوي ٣٦,٥غم/مول فاحسب [OH^-] و [H_3O^+] في المحلول .

الحل ....

$$\frac{\text{٣,٦٥غم}}{\text{٣٦,٥غم/مول}} = \text{٠,٢ لتر} \times \text{ت [HCl]} \qquad \text{ومنه} \quad [\ HCl\ ] = \text{٠,٥ مول/لتر}$$

$$[\ HCl\ ] = [\ H_3O^+\ ] = \text{٠,٥ مول/لتر}$$

$$[\ OH^-\ ] = \frac{\text{١×١٠}^{-14}\text{ مول/لتر}}{\text{٥×١٠}^{-1}\text{ مول/لتر}} = \text{٠,٢ ×١٠}^{-13}\text{ مول/لتر .}$$

سؤال : تم إذابة كمية من القاعدة NaOH في ٥٠٠ مل ماء حتى أصبح [H_3O^+] فيه يساوي ٥×١٠$^{-13}$ مول/لتر,فإذا كانت الكتلة المولية لـ NaOH تساوي ٤٠ غم/مول احسب كتلة NaOH التي أذيبت في المحلول .

الحل ....

الاجابة ... ك NaOH = ٠,٤ غم

سؤال : تم إذابة كمية من حمض $HClO_4$ في الماء حتى أصبح حجم المحلول ٥٠٠ مل وتركيز أيونات ClO_4^- يساوي ٠,٥ مول/لتر , احسب كتلة $HClO_4$ المذابة علماً أن الكتلة المولية لـ $HClO_4$ = ١٠٠ غ/مول .

الاجابة ... ك HClO4 = ٢٥غم

الرقم الهيدروجيني (pH)

الرقم الهيدروجيني (pH) : هو اللوغاريتم السالب للأساس ١٠ لتركيز أيون الهيدرونيوم [H_3O^+] في المحلول .

ويعطى رياضياً بالعلاقة :

$$pH = - \text{لو} [H_3O^+]$$

ومنه

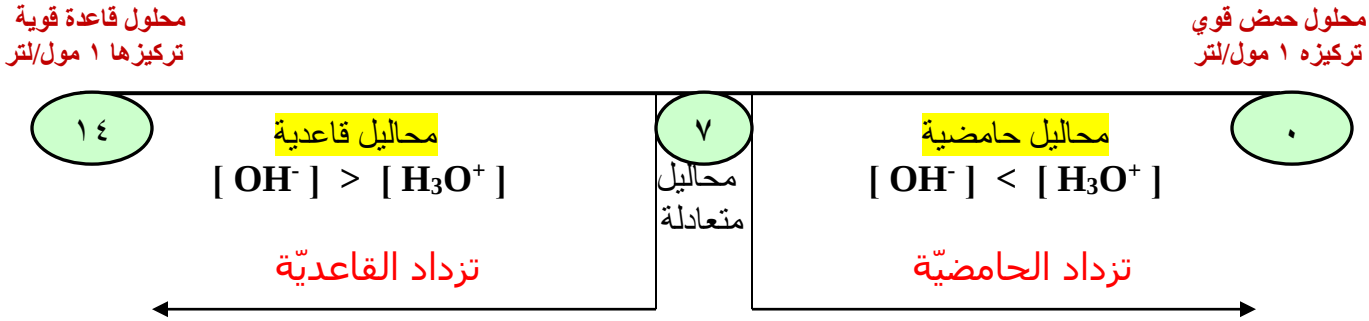
$$[H_3O^+] = ١٠^{-pH}$$

- هو عبارة عن مقياس يستخدم للتعبير عن حامضية المحاليل وذلك بقياس كمية H_3O^+ في المحلول , وبالتجربة وجد أن قيم pH تتراوح بين (٠ ـــ ١٤)
- وهناك جهاز خاص لقياس هذه النسبة يسمى (pH meter) .

- لا يقتصر هذا القياس على المحاليل الحامضية بل للمحاليل القاعدية أيضاً ومحاليل الأملاح

- تم اصطلاح مفهوم pH لأن التعامل مع الأسس السالبة و اجراء الحسابات عليها فيه صعوبة .

عند الحل على القانون السابق ستكون الإجابة دائماً قيمة بين ٠ – ١٤ ولكن تختلف هذه القيم حسب نوع المحلول ويمكن توضيح ذلك حسب مخطط يسمى **مخطط pH** كالآتي : **pH**



سؤال : احسب pH لكل من المحاليل الآتية

١- محلول حمض النيتريك HNO_3 تركيزه ٠,٠٠١ مول/لتر

الحل ... حمض HNO_3 قوي لذلك [H_3O^+] = [HNO_3] = ٠,٠٠١ مول/لتر

pH = - لو ١ × ١٠$^{-٣}$

= ٣ – لو ١

= ٣

تذكّر أن :
لو ١ = ٠
لو ١٠ = ١
لو ١٠٠ = ٢
لو ١٠٠٠ = ٣

٢- محلول حمض HI تركيزه ٢ × ١٠$^{-٤}$ مول/لتر علماً أن لو ٢ = ٠,٣

الحل ... pH = - لو ٢ × ١٠$^{-٤}$

= ٤ – لو ٢

= ٤ – ٠,٣

= ٣,٧

❖ نلاحظ أن قيمة pH قد تكون قيمة صحيحة أو كسرية , المهم أن تكون بين ٠ – ١٤ .

٣- محلول القاعدة NaOH تركيزه ٢×١٠^-٤ مول/لتر علماً أن (لو٥ = ٠,٧)

الحل .... القاعدة NaOH قوية لذلك [OH^-] = [NaOH] = ٢×١٠^-٤ مول/لتر

ولإيجاد [H_3O^+] نستخدم Kw حيث :

$$[H_3O^+] = \frac{١٠\times١^{-١٤}}{٢\times١٠^{-٤}} = ٥\times١٠^{-١١}$$ مول/لتر .

pH = - لو٥×١٠^-١١ = ١١ – لو٥ = ١١ – ٠,٧ = ١٠,٣

سؤال : محلول مكوّن من حمض HBr قيمة pH له تساوي ٢ , احسب [H_3O^+] و [OH^-] في المحلول .

الحل ....

[H_3O^+] = ١٠^-pH

= ١٠^-٢ مول/لتر

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H_3O^+]} = \frac{١٠\times١^{-١٤}}{١٠\times١^{-٢}} = ١\times١٠^{-١٢}$$ مول/لتر

سؤال : عيّنة من عصير البرتقال pH لها تساوي ٥,٨ احسب [H_3O^+] في العينة علماً أن لو١,٥٨ = ٠,٢ .

الحل ...

[H_3O^+] = ١٠^-pH = ١٠^-٥,٨ ^+٦-٦

= ١٠^-٥,٨^+٦ × ١٠^-٦

= ١٠^٠,٢ × ١٠^-٦

= ١,٥٨ × ١٠^-٦ مول/لتر .

سؤال : عيّنة من عصير الفواكه pH لها تساوي ٢,٦٤ احسب [H_3O^+] في العينة علماً أن (لو٢,٣ = ٠,٣٦) .

الحل ...

سؤال : عيّنة من مضادّ الحموضة pH لها تساوي ١١,٣٩ احسب [H_3O^+] في العينة علماً أن (لو٤ = ٠,٦١) .

الحل ...

سؤال : أذيب ١٨,٢٥ غم من حمض HCl في كمية من الماء , فنتج محلول حمضي قيمة pH له تساوي ٠,٦ احسب حجم المحلول علماً أن الكتلة المولّية لـ HCl تساوي ٣٦,٥ غم/مول (لو٢,٥ = ٠,٤).

الحل ....

المطلوب : حجم المحلول (ح) ولذلك $\text{ح} = \frac{\text{ك}}{\text{ك.م}} \times \text{ت}$ ← ت من pH

$[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$= 10^{-0,6+-1}$

$= 2,5 \times 10^{-1}$

$= 0,25$ مول/لتر .

أيضاً $[HCl] = [H_3O^+] = 0,25$ مول/لتر

$\text{ح} = \frac{18,25 \text{ غم}}{36,5 \text{ غم/مول}} \times 0,25$ مول/لتر

$0,5$ مول $= \text{ح} \times 0,25$ مول/لتر

ح = ٢ لتر

سؤال : أذيبت كمية من القاعدة القوية NaOH في ٢لتر ماء فنتج محلول قيمة PH له تساوي ١٤ , فإذا علمت أن : الكتلة المولية لـ NaOH تساوي ٤٠ غم/مول , احسب كتلة NaOH المذابة .

الحل ....

الإجابة : ك = ٨٠ غم

سؤال : أذيبت كمية من القاعدة KOH في (٣) لتر ماء فنتج محلول قيمة PH له تساوي ١٢ , فإذا علمت أن : الكتلة المولية لـ KOH تساوي ٥٦ غم/مول , احسب عدد مولات KOH المذابة .

الحل ....

الإجابة : ع.م = ٠,٠٣ مول

(١) الحموض الضعيفة

ذكرنا سابقاً أن الحموض الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وهذا يعني أن كمية ما يتفكك من الحمض كمية قليلة جداً مقارنةً بكمية الحمض الأصلية وهنا يتبادر الى أذهاننا السؤال التالي : كيف يمكن حساب كمية H_3O^+ الناتجة عن الحمض الضعيف ؟

للإجابة عن ذلك نفترض أن صيغة الحمض الضعيف هي HA ويكون تفككه كالآتي :

$$HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$$

ويجب معرفة أن : $[A^-] = [H_3O^+] << [HA]$.

وعند التعبير عن تفكك الحمض الضعيف باستخدام ثابت الاتزان Kc ينتج :

$$\frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA] \cdot [H_2O]} = Kc$$

$$\frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]} = \underbrace{[H_2O] \times Kc}_{Ka}$$

وبما أن $[A^-] = [H_3O^+]$ فإن :

$$\frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} = Ka$$

وبالضرب التبادلي ينتج

$$[HA] \times Ka = [H_3O^+]^2$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{[HA] \times Ka}$$

حيث Ka : ثابت اتزان (تأين) الحمض .
[HA] : تركيز الحمض الضعيف .

ثوابت التأين لبعض الأحماض الضعيفة

اسم الحمض	الصيغة	Ka
حمض الكبريتيت	H_2SO_3	$١٠ \times ١,٥^{-٢}$
حمض الهيدروفلوريك	HF	$١٠ \times ٧,٢^{-٤}$
حمض النيتريت	HNO_2	١٠×٤^{-٤}
حمض الميثانويك	HCOOH	$١٠ \times ١,٧^{-٤}$
حمض البنزويك	C_6H_5COOH	$١٠ \times ٦,٥^{-٥}$
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	$١٠ \times ١,٨^{-٥}$
حمض الكربونيك	H_2CO_3	$١٠ \times ٤,٣^{-٧}$
حمض الهيبوكلوريت	HOCl	$١٠ \times ٣,٥^{-٨}$
حمض الهيدروسيانيك	HCN	$١٠ \times ٦,٢^{-١٠}$

سؤال : احسب $[H_3O^+]$ لمحلول مكوّن من حمض الكبريتيت H_2SO_3 تركيزه ٠,٠٦ مول/لتر علماً أن : Ka تساوي $١٠ \times ١,٥^{-٢}$.

الحل ...

$$[H_3O^+] = \sqrt{[HA] \times Ka} = \sqrt{٠,٠٦ \times ١٠^{-٢} \times ١,٥ \times ١٠^{-٢}}$$

$$= \sqrt{٩ \times ١٠^{-٤}} = ٣ \times ١٠^{-٢} \text{ مول/لتر .}$$

سؤال : احسب pH لمحلول مكوّن من حمض الخل CH_3COOH تركيزه ٠,٠٢ مول/لتر علماً أن :
Ka تساوي ١,٨×١٠$^{-٥}$, (لو٦ = ٠,٨)

الحل ... وجود Ka في السؤال يدل على أن الحمض ضعيف لذلك :

$$[H_3O^+] = \sqrt{[CH_3COOH] \times Ka}$$

$$= \sqrt{١,٨ \times ١٠^{-٥} \times ٢ \times ١٠^{-٢}} = \sqrt{٣٦ \times ١٠^{-٨}} = ٦ \times ١٠^{-٤}$$ مول/لتر .

$$pH = - \text{لو } ٦ \times ١٠^{-٤} = ٤ - \text{لو } ٦ = ٤ - ٠,٨ = ٣,٢$$

سؤال : محلول مكوّن من حمض النيتريت HNO_2 , تركيز أيونات NO_2^- فيه يساوي ٢×١٠$^{-٣}$ مول/لتر , فإذا كانت Ka تساوي ٤×١٠$^{-٤}$, احسب ١- pH ٢- تركيز الحمض HNO_2 .

الحل ....

$[NO_2^-] = [H_3O^+] = ٢ \times ١٠^{-٣}$ مول/لتر ولذلك فإن :

١- $pH = - \text{لو } ٢ \times ١٠^{-٣} = ٣ - \text{لو } ٢ = ٣ - ٠,٣ = ٢,٧$

٢- $[H_3O^+] = \sqrt{[HNO_2] \times Ka}$

$$٢ \times ١٠^{-٣} = \sqrt{[HNO_2] \times ٤ \times ١٠^{-٤}}$$ بتربيع الطرفين ينتج

$$٤ \times ١٠^{-٦} = [HNO_2] \times ٤ \times ١٠^{-٤}$$ بالقسمة ينتج أن $[HNO_2] = ١ \times ١٠^{-٢}$ مول/لتر .

سؤال : أذيب ١٦,٢ غم من حمض HCN في كمية من الماء , فنتج محلول قيمة pH له تساوي ٥,٢ فإذا علمت أن :
الكتلة المولية لـ HCN تساوي ٢٧ غم/مول و Ka = ٦×١٠$^{-١٠}$ (لو٦ = ٠,٨) احسب حجم المحلول .

الحل ....

المطلوب : حجم المحلول (ح) ولذلك $\text{ح} = \frac{\text{ك}}{\text{ك.م}} \times$ (ت) ← من pH

$[H_3O^+] = ١٠^{-pH}$

$= ١٠^{-٥,٢+٦-٦}$

$= ٦ \times ١٠^{-٦}$ مول/لتر

ولأن الحمض ضعيف فإن :-

$$[H_3O^+] = \sqrt{[HCN] \times Ka}$$

$$٦ \times ١٠^{-٦} = \sqrt{[HCN] \times ٦ \times ١٠^{-١٠}}$$

$$٣٦ \times ١٠^{-١٢} = [HCN] \times ٦ \times ١٠^{-١٠}$$

$[HCN] = ٠,٠٦$ مول/لتر

$$\text{ح} = \frac{\text{١٦,٢ غم}}{\text{٢٧ غم/مول}} \times \text{ح} = ٠,٠٦ \text{ مول/لتر}$$

٠,٦ مول = ح × ٠,٠٦ مول/لتر

ح = ١٠ لتر

مقارنة الأحماض وقوتها النسبية

١- لكل حمض ضعيف قيمة Ka تختلف عن الحمض الآخر ومن القانون نلاحظ أن علاقة Ka مع [H_3O^+] طردية أي أن :

↑ Ka ← قوة الحمض ↑ ← [H_3O^+] ↑ ← [OH^-] ↓ ← pH ↓ ← توصيل التيار الكهربائي ↑

مثال (١) :

الحمض	Ka
HF	$٧,٢ \times ١٠^{-٤}$
HOCl	$٣,٥ \times ١٠^{-٨}$

HF كحمض أقوى من HOCl لأن Ka له أعلى ولذلك فإن F^- كقاعدة أضعف من OCl^- .

٢- في الأحماض بشكل عام : كلّما كان الحمض أقوى فإنه يُنتج قاعدة مرافقة أضعف والعكس صحيح .

مثال (٢) :

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

حمض قوي — قاعدة مرافقة ضعيفة

HCl كحمض أقوى من HCN
ولذلك فإن Cl^- كقاعدة أضعف من CN^-

$$HCN + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CN^-$$

حمض ضعيف — قاعدة مرافقة قوية نسبياً

سؤال : الجدول المجاور يبيّن عدداً من الحموض الضعيفة المتساوية في التركيز وقيم Ka لها .

الرقم	الحمض(٠,١مول/لتر)	Ka
١	HNO_2	٤×١٠^{-٤}
٢	HCOOH	$١,٧ \times ١٠^{-٤}$
٣	CH_3COOH	$١,٨ \times ١٠^{-٥}$
٤	H_2CO_3	$٤,٣ \times ١٠^{-٧}$

١- أي الأحماض في الجدول هو الأقوى ؟
٢- اكتب صيغة القاعدة المرافقة الأقوى ؟
٣- أي محاليل الأحماض فيه [OH^-] هو الأعلى ؟
٤- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض رقم ١ .
٥- أي الأحماض في الجدول بعد أن يمنح يكوّن مادة أمفوتيرية
٦- احسب pH لمحلول الحمض رقم ٢ (لو٤,١٢ = ٠,٦١)
٧- فسّر سلوك الحمض رقم ٣ حسب مفهوم برونستد- لوري .
٨- علل : تسلك المادة HNO_2 كحمض حسب مفهوم لويس .
٩- أكمل التفاعل التالي ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة

$$HNO_2 + HCOO^- \rightleftharpoons \text{.....} + \text{.....}$$

١٠- أي المحاليل في الجدول له أعلى رقم هيدروجيني pH
١١- هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول الحمض رقم ٣ أكبر أم أقل من ١ ؟ ولماذا ؟

سؤال : محلول مكوّن من الحمض HX تركيزه ٠,٠١ مول/لتر , و pH له تساوي ٤ .

١- اكتب معادلة تأين الحمض في الماء .
٢- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض HX
٣- احسب Ka للحمض .

الحل ...

سؤال : هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول

١) $HClO_4$ تركيزه 1×10^{-2} مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ٢ ؟ ولماذا ؟
٢) HClO تركيزه 1×10^{-2} مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ٢ ؟ ولماذا ؟

---

(٢) القواعد الضعيفة

ذكرنا سابقاً أن القواعد الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وهذا يعني أن كمية ما يتفكك من القاعدة كمية قليلة جداً مقارنةً بكمية القاعدة الأصلية وهنا يتبادر الى أذهاننا السؤال التالي : كيف يمكن حساب كمية OH^- الناتجة عن القاعدة الضعيفة ؟

للإجابة عن ذلك نفترض أن صيغة القاعدة الضعيفة هي (B) ويكون تفككها كالآتي :

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

ويجب معرفة أن : $[OH^-] = [BH^+] \ll [B]$.

وعند التعبير عن تفكك القاعدة الضعيفة باستخدام ثابت الاتزان Kc ينتج :

$$\frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B] \cdot [H_2O]} = Kc$$

$$\frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B]} = \underbrace{[H_2O] \times Kc}_{Kb}$$

وبما أن $[BH^+] = [OH^-]$

اذاً $\frac{[OH^-]^2}{[B]} = Kb$

وبالضرب التبادلي ينتج $[B] \times Kb = [OH^-]^2$

وبأخذ الجذر للطرفين ينتج

$$[OH^-] = \sqrt{[B] \times Kb}$$

حيث Kb : ثابت اتزان (تأين) القاعدة الضعيفة .
[B] : تركيز القاعدة الضعيفة .

ثم بعد ذلك نستخدم قانون Kw لإيجاد $[H_3O^+]$ ومن ثم إيجاد قيمة pH .

ثوابت الاتزان (التأين) لبعض القواعد الضعيفة

اسم القاعدة	صيغة القاعدة	معادلة التأين	Kb
إيثيل أمين	$C_2H_5NH_2$	$C_2H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+ + OH^-$	$٥,٦ \times ١٠^{-٤}$
ميثيل أمين	CH_3NH_2	$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$	$٤,٤ \times ١٠^{-٤}$
أمونيا	NH_3	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$	$١,٨ \times ١٠^{-٥}$
هيدرازين	N_2H_4	$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + OH^-$	$١,٣ \times ١٠^{-٦}$
بيريدين	C_5H_5N	$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$	$١,٧ \times ١٠^{-٩}$
أنيلين	$C_6H_5NH_2$	$C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$	$٣,٨ \times ١٠^{-١٠}$

سؤال : احسب pH لمحلول مكوّن من الهيدرازين N_2H_4 تركيزها ٠,٠٣ مول/لتر علماً أن :
Kb تساوي ١,٣×١٠$^{-٦}$, لو٥,١ = ٠,٧١

الحل ...

$$[OH^-] = \sqrt{[N_2H_4] \times Kb}$$

$$= \sqrt{٣\times١٠^{-٢} \times ١,٣\times١٠^{-٦}} = \sqrt{٣,٩ \times ١٠^{-٨}} = ١,٩٧\times١٠^{-٤}$$ مول/لتر .

$$[H_3O^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{١\times١٠^{-١٤}}{١,٩٧\times١٠^{-٤}} = ٠,٥١\times١٠^{-١٠}$$ مول/لتر .

pH = - لو ٥,١×١٠$^{-١١}$ = ١١ – لو٥,١ = ١١ – ٠,٧١ = ١٠,٢٩ . لاحظ أن pH < ٧ قاعدي

سؤال : محلول مكوّن من البيريدين C_5H_5N , تركيز أيونات $C_5H_5NH^+$ فيه يساوي ٢×١٠$^{-٣}$ مول/لتر , فإذا كانت
(Kb تساوي ١,٧×١٠$^{-٩}$ لو٥ =٠,٧) , احسب pH للمحلول .

الحل ....

$$[C_5H_5NH^+] = [OH^-] = ٢\times١٠^{-٣}$$ مول/لتر ولذلك فإن :

$$[H_3O^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{١\times١٠^{-١٤}}{٢\times١٠^{-٣}} = ٠,٥\times١٠^{-١١}$$ مول/لتر .

pH = - لو ٥×١٠$^{-١٢}$ = ١٢ – لو٥ = ١٢ – ٠,٧ = ١١,٣

سؤال : كم غراماً من الأمونيا NH_3 يلزم اذابتها في ٤٠٠مل من الماء لتحضير محلول أمونيا pH له تساوي ١١
علماً أن : الكتلة المولية لـ NH_3 تساوي ١٧غم/مول و Kb = ١,٨×١٠$^{-٥}$.

الحل ....

المطلوب : كتلة الأمونيا (ك) ولذلك $\text{ك} = \frac{\text{ك}}{\text{ك.م}} = \text{ح} \times (\text{ت})$ ← من pH

$[H_3O^+] = ١٠^{-pH}$

$= ١٠^{-١١}$ مول/لتر

ثم من Kw ينتج أن $[OH^-] = ١\times١٠^{-٣}$ مول/لتر

$[OH^-] = \sqrt{Kb \times [NH_3]}$

$١\times١٠^{-٣} = \sqrt{١,٨\times١٠^{-٥} \times [NH_3]}$

$١\times١٠^{-٦} = ١,٨\times١٠^{-٥} \times [NH_3]$

$[NH_3] = ٥,٦\times١٠^{-٢}$ مول/لتر .

$$\text{ك} = \frac{\text{ك}}{١٧ \text{ غم/مول}} = ٠,٤ \text{ لتر} \times ٥,٦\times١٠^{-٢}$$ مول/لتر

$ك_{NH3}$ = ٠,٣٨ غم

مقارنة القواعد وقوتها النسبية

١- لكل قاعدة ضعيفة قيمة Kb تختلف عن القاعدة الأخرى ومن القانون نلاحظ أن علاقة Kb مع [OH^-] طردية أي أن :

↑ Kb ← ↑ قوة القاعدة ← ↑ [OH^-] ← ↓ [H_3O^+] ← ↑ pH ← ↑ توصيل التيار الكهربائي

مثال (١)

القاعدة	Kb
CH_3NH_2	$٤,٤ \times ١٠^{-٤}$
$C_6H_5NH_2$	$٣,٨ \times ١٠^{-١٠}$

CH_3NH_2 كقاعدة أقوى من $C_6H_5NH_2$ لأن Kb لها أعلى ولذلك فإن:
$CH_3NH_3^+$ كحمض أضعف من $C_6H_5NH_3^+$.

٢- في القواعد بشكل عام : كلّما كانت القاعدة أقوى فإنه ينتج عنها حمض مرافق أضعف والعكس صحيح .

مثال (٢)

$$NaOH \xrightarrow{H_2O} Na^+ + OH^-$$

قاعدة قوية — حمض مرافق ضعيف

$NaOH$ كقاعدة أقوى من NH_3
ولذلك فإن Na^+ كحمض أضعف من NH_4^+

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

قاعدة ضعيفة — حمض مرافق قوي نسبياً

سؤال : ادرس الجدول المجاور الذي يبيّن عدداً من القواعد الضعيفة المتساوية في التركيز وقيم Kb لها ثم أجب عن الأسئلة

الرقم	القاعدة (٠,١مول/لتر)	Kb
١	$C_2H_5NH_2$	$٥,٦ \times ١٠^{-٤}$
٢	N_2H_4	$١,٣ \times ١٠^{-٦}$
٣	C_5H_5N	$١,٧ \times ١٠^{-٩}$

١- أي القواعد في الجدول هي الأقوى ؟
٢- اكتب صيغة الحمض المرافق الأقوى ؟
٣- أي محاليل القواعد فيه [OH^-] هو الأقل ؟
٤- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة رقم ٣ .
٥- احسب pH لمحلول القاعدة رقم١ (لو١,٣ = ٠,١١)
٦- فسّر سلوك القاعدة رقم ٣ حسب مفهوم برونستد- لوري .
٧- علل : تسلك المادة N_2H_4 كقاعدة حسب مفهوم لويس .
٨- أكمل التفاعل التالي ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة

$$N_2H_5^+ + C_5H_5N \rightleftharpoons \text{.....} + \text{.....}$$

٩- أي المحاليل في الجدول له أقل رقم هيدروجيني pH
١٠- حدد الأزواج المترافقة في محلول القاعدة الأقوى .

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة B تركيزها ٠,٠١ مول/لتر , و pH لها تساوي ١١ .

١- اكتب معادلة تأين القاعدة في الماء .
٢- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة B
٣- احسب Kb للقاعدة .

الحل ...

سؤال : هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول
١) KOH تركيزه ١×١٠$^{-٢}$ مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ١٢ ؟ ولماذا ؟
٢) NH_3 تركيزه ١×١٠$^{-٢}$ مول/لتر أكبر أم أقل أم تساوي ١٢ ؟ ولماذا ؟

سؤال : ادرس الجدول المجاور الذي يبيّن عدداً من محاليل القواعد الافتراضية غير المتساوية في التركيز وقيم OH^- لها ثم أجب عن الأسئلة

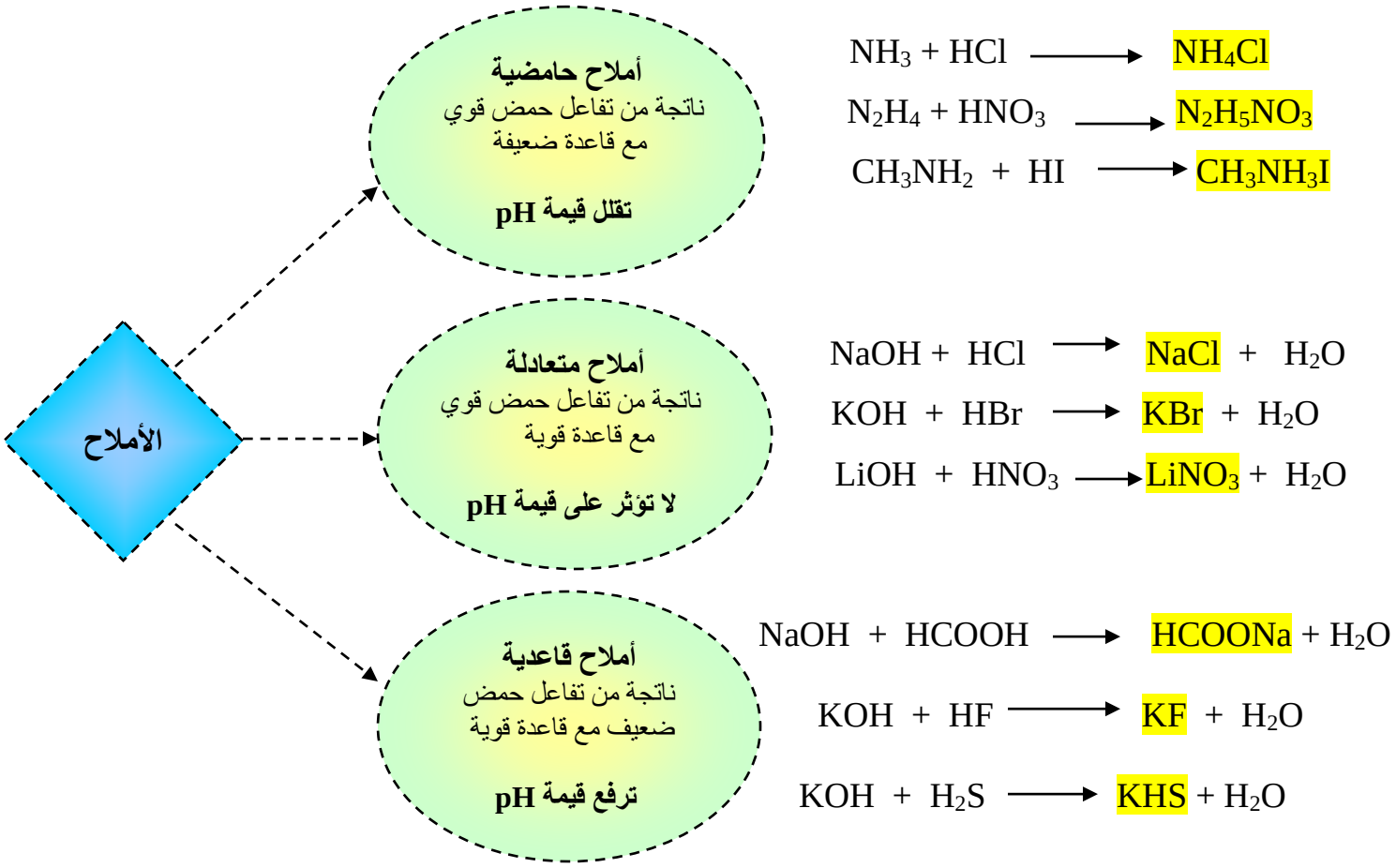
الرقم	القاعدة	التركيز (مول/لتر)	[OH^-] (مول/لتر)
١	C	٠,١	٥×١٠$^{-٣}$
٢	B	٠,٠١	٥×١٠$^{-٣}$
٣	Z	١	٢×١٠$^{-٥}$

١- أي القواعد في الجدول هي الأقوى ؟
٢- اكتب صيغة الحمض المرافق للقاعدة Z ؟
٣- احسب pH لمحلول القاعدة B (لو٢ = ٠,٣)
٤- رتب الأحماض المرافقة حسب pH تصاعدياً .

الحل ...

الخواص الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح

ذكرنا سابقاً أن الأملاح تنتج من تفاعل الحمض مع القاعدة , ولكن هل جميع الأملاح لها نفس السلوك في محاليلها ؟
بالطبع لا , فالأملاح تؤثر في محاليلها حسب تركيبها كالآتي :



التميّه : هو قدرة أيونات الملح على التفاعل مع الماء H_2O وإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^- أو كليهما .

الفرق بين **التميّه** & **الذوبان**

قدرة أيونات الأملاح ذات **التأثير الحمضي أو القاعدي** على التفاعل مع الماء وإعادة إنتاج الحمض أو القاعدة الضعيفة .
مثل
HCOOK , NaCN , KF
N_2H_5Br , NH_4Cl

قدرة الأملاح ذات **التأثير المتعادل** على التفكك في الماء مع عدم قدرة أيوناتها على التفاعل مع الماء وبذلك لا يتغير تركيز كل من H_3O^+ و OH^- .
مثل
LiBr , $KClO_4$, KI , NaCl

تميّه الأملاح يزيد عادةً من تركيز الحمض أو القاعدة الضعيفة الأصلية .

بشكل عام ...

الأيون الناتج عن قوي يعتبر ضعيف أي **لا يتميّه** , و الأيون الناتج عن ضعيف يعتبر قوي أي **يتميّه**

سؤال : أي الأملاح الآتية يُعد ذوبانه في الماء تميّهاً (أي يتميّه) ؟

١- NH_4Cl

$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$

يتميه لا يتميه

$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + \mathbf{H_3O^+}$ (معادلة التميّه)

يزداد

٢- $NaCN$

$NaCN \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CN^-$

لا يتميه يتميه

$CN^- + H_2O \rightleftharpoons HCN + \mathbf{OH^-}$ (معادلة التميّه)

يزداد

٣- KNO_3

$KNO_3 \xrightarrow{H_2O} K^+ + NO_3^-$

لا يتميه لا يتميه

(لا يوجد أيونات تتميه لذلك الملح متعادل)

لذلك هذا الملح يذوب في الماء و**لا** يتميّه

٤- CH_3COOK

٥- $CH_3NH_3NO_3$

٦- $LiBr$

سؤال : علل تزداد قيمة pH عند اذابة الملح $NaNO_2$ في الماء .

الحل .....

$$NaNO_2 \xrightarrow{H_2O} Na^+ + NO_2^-$$

لا يتميه — يتميه

$$NO_2^- + H_2O \longleftrightarrow HNO_2 + \underline{OH^-}$$ (معادلة التميّه)

يزداد

إنتاج أيونات OH^- بعد التميه يرفع قيمة pH للمحلول .

سؤال : علل تقل قيمة pH عند إذابة الملح C_5H_5NHBr في الماء .

الحل .....

$$C_5H_5NHBr \xrightarrow{H_2O} C_5H_5NH^+ + Br^-$$

يتميه — لا يتميه

$$C_5H_5NH^+ + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5N + \underline{H_3O^+}$$ (معادلة التميّه)

يزداد

إنتاج أيونات H_3O^+ بعد التميه يقلل قيمة pH للمحلول .

سؤال : علل لا تتغير قيمة pH عند إذابة الملح $KClO_4$ في الماء .

الحل .....

$$KClO_4 \xrightarrow{H_2O} K^+ + ClO_4^-$$

لا يتميه — لا يتميه

لأن الأيونات K^+ و ClO_4^- كلاهما ضعيف
ولذلك لا يتميه أي منهما فلا يتم إنتاج -OH أو +H3O
وبذلك لا تتغير قيمة pH للمحلول .

سؤال : فسّر بالمعادلات فقط الأثر القاعدي لملح NaOCl .

الحل ...

سؤال : فسر بالمعادلات فقط الأثر الحمضي لملح N_2H_5Cl .

الحل ...

سؤال : اكتب معادلة موزونة تبيّن الأثر القاعدي لمحلول $NaHCO_3$

الحل ...

سؤال : بيّن من خلال المعادلات فقط ماذا يحدث لقيمة pH عند إضافة ...

١- الملح Na_2CO_3 إلى الماء .

٢- الملح KHS إلى الماء .

سؤال : ادرس الجدول المجاور الذي يبين عدداً من المحاليل المتساوية في التركيز , تركيز كل منها يساوي (٠,١مول/لتر) وتركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ لكل منها كما هو موضّح , ثم أجب عن الأسئلة :

الرقم	المحلول (٠,١مول/لتر)	$[H_3O^+]$
١	الحمض HA	٤×١٠^{-٥}
٢	الحمض HB	١×١٠^{-٣}
٣	القاعدة X	١×١٠^{-١١}
٤	القاعدة Y	١×١٠^{-١٠}
٥	الملح KM	٢×١٠^{-٨}
٦	الملح KZ	١×١٠^{-٩}

١) حدد الحمض المرافق الأقوى .
٢) أيهما أضعف كقاعدة A^- أم B^- ؟
٣) أي محاليل القواعد في الجدول فيه [OH^-] أعلى ؟
٤) أي الأملاح هو الأكثر تميّهاً في الماء ؟
٥) أي محاليل القواعد في الجدول له أقل Kb ؟
٦) أي الحمضين HM أم HZ له أعلى Ka ؟
٧) احسب pH لمحلول القاعدة Y .
٨) احسب Ka لمحلول الحمض HA
٩) ماذا تتوقع أن يحدث لقيمة pH عند إضافة الملح KZ إلى الماء .
١٠) أكمل التفاعل الآتي ثم حدد الأزواج المترافقة

$$HA + KB \longleftrightarrow \text{.....} + \text{.....}$$

الحل .....

سؤال : الجدول المجاور يبين عدداً من المحاليل المائية وتركيز كل منها , اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن عن الأسئلة (لو٥ = ٠,٧) (لو١,٣ = ٠,١)

الرقم	المحلول	المعلومات	التركيز
١	HCN	$Ka = ٦,٢ \times ١٠^{-١٠}$	٠,٣
٢	HNO_2	$[NO_2^-] = ١,١ \times ١٠^{-٢}$	٠,٣
٣	NH_3	$[NH_4^+] = ١,٩ \times ١٠^{-٣}$	٠,٢
٤	RNH_2	$[OH^-] = ٢ \times ١٠^{-٤}$	٠,٢
٥	N_2H_5Cl	pH = ٤,٧	٠,٥
٦	NH_4Cl	$[H_3O^+] = ١,٣ \times ١٠^{-٥}$	٠,٥

١) حدد الحمض المرافق الأقوى
٢) حدد القاعدة المرافقة الأضعف .
٣) أي محاليل القواعد في الجدول فيه [H_3O^+] أعلى ؟
٤) أي الأملاح هو الأكثر تميّهاً في الماء ؟
٥) أي محاليل القواعد في الجدول له أعلى Kb ؟
٦) أي الحمضين في الجدول له أعلى Ka ؟
٧) احسب pH لمحلول القاعدة RNH_2 .
٨) ماذا تتوقع أن يحدث لقيمة pH عند إضافة الملح NH_4Cl إلى محلول NH_3 .
(تزداد , تقل , تبقى ثابتة)
٩) أكمل التفاعل الآتي ثم حدد الأزواج المترافقة

$HNO_2 + RNH_2 \rightleftharpoons$ ..... + ...

سؤال :اعتماداً على الجدول المجاور الذي يبين عدداً من المحاليل المائية الافتراضية وقيمة pH لكل منها , اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة : (لو ٢ = ٠,٣) (لو ٣ = ٠,٥)

المحلول	A	B	C	D	E	F
pH	٤,٥	٨,٧	٠	٧	١٢	١

١- أي المحاليل يعتبر القاعدة الأقوى ؟
٢- أي المحاليل يمثل ملح الطعام NaCl .
٣- أي المحاليل يمثل قاعدة فيها
[OH^-] = ٥×١٠^{-٦} مول/لتر .
٤- أي المحاليل يمثل حمض فيه
[H_3O^+] = ٣×١٠^{-٥} مول/لتر .
٥- أي المحاليل يمثل حمض HCl تركيزه (١) مول/لتر .

ملحوظة :
يمكن ترتيب جميع المواد حسب تزايد قيمة pH لها كالآتي (بشرط أن تكون متساوية في التركيز)

حمض قوي > حمض ضعيف > ملح حمضي > المواد المتعادلة > ملح قاعدي > القاعدة الضعيفة > القاعدة القوية

أعلى pH ← **الأملاح المتعادلة** , **H_2O** → **أقل pH**

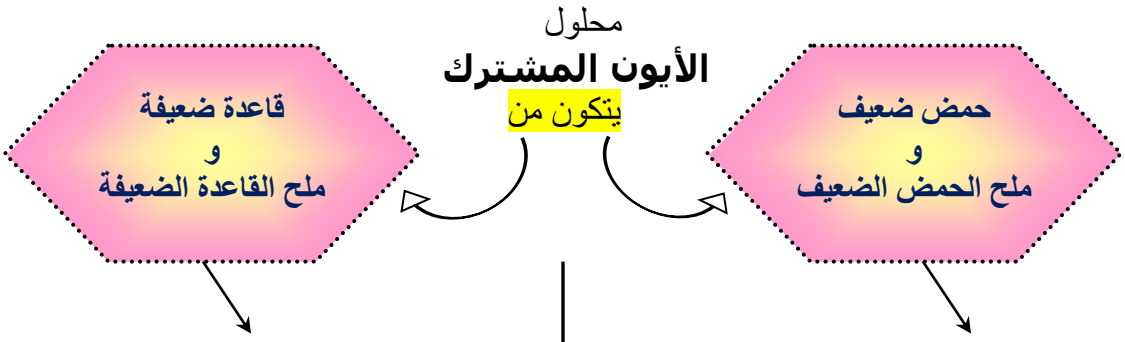
مثال : رتب المواد الآتية حسب تزايد قيمة pH لها علماً أن تركيز كل منها يساوي ٠,١ مول/لتر
NH_4NO_3 , NaF , HClO , LiOH , HBr , N_2H_4 , KI

الحل ...

$LiOH > N_2H_4 > NaF > KI > NH_4NO_3 > HClO > HBr$

تأثير الأيون المشترك

الأيون المشترك :
هو أيون(- أو +) يشترك في إنتاجه داخل المحاليل مادتين , وله حالتان :-



حيث: ١- يكون الأيون المشترك سالب (-)
٢- ترتفع قيمة pH بعد إضافة الملح
لأن تأثيره قاعدي .

مثل: محلول (NaF / HF)

$$HF + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + F^-$$
$$NaF \xrightarrow{H_2O} Na^+ + F^-$$

الأيون المشترك هو F^- وهو قاعدة مرافقة قوية
أي أنها تتميه كالآتي :

$$F^- + H_2O \rightleftharpoons HF + OH^-$$

يزداد

آلية عمل الأيون المشترك :
بعد اضافة الملح NaF يزداد تركيز أيونات F^- فتبدأ بالتميّه وذلك بسحب أيونات H^+ من المحلول فيقل تركيز [H_3O^+] ويزداد تركيز أيونات OH^- في المحلول فتزداد pH .

حيث: ١- يكون الأيون المشترك موجب (+)
٢- تقل قيمة pH بعد إضافة الملح
لأن تأثيره حمضي

مثل: محلول (NH_4Cl / NH_3)

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
$$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$$

الأيون المشترك هو NH_4^+ وهو حمض مرافق قوي نسبياً
أي أنه يتميّه كالآتي :

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$$

تزداد

آلية عمل الأيون المشترك :
بعد إضافة الملح NH_4Cl يزداد تركيز أيونات NH_4^+ فتبدأ بالتميّه وذلك بمنح H^+ للماء فيزداد تركيز [H_3O^+] ويقل تركيز -OH في المحلول فتقل قيمة pH .

سؤال : أضيف الملح CH_3COONa على محلول الحمض CH_3COOH .
١- حدد الأيون المشترك
٢- ما أثر إضافة الملح على قيمة PH لمحلول الحمض ؟ وضح ذلك .

الحل ...
١- الأيون المشترك هو : CH_3COO^-
٢- ترتفع قيمة pH , لأن إضافة الملح تسبب زيادة CH_3COO^- وهو قاعدة مرافقة قوية نسبياً فتبدأ بالتميّه وذلك بسحب أيونات H^+ من المحلول فيقل تركيز H_3O^+ ويزداد تركيز OH^- في المحلول فتزداد قيمة pH .

والآن .. هل يمكن أن نحسب رياضياً قيمة pH بعد إضافة **ملح** إلى محلول **حمض ضعيف** أو **قاعدة ضعيفة** ؟

طبعاً يمكن ذلك من خلال القوانين الآتية :

بعد إضافة الملح يتغير تركيز الأيونات كالآتي

في الحمض $Ka = \frac{[\text{الحمض الضعيف}]}{[\text{الملح}]}$ ثم $[H_3O^+] = \sqrt{Ka \times [\text{الحمض الضعيف}]}$ ثم $pH = -\log [H_3O^+]$

في القاعدة $Kb = \frac{[\text{القاعدة الضعيفة}]}{[\text{الملح}]}$ ثم $[OH^-] = \frac{Kw}{[H_3O^+]}$ ثم $pH = -\log [H_3O^+]$

سؤال : محلول مكوّن من الحمض HX تركيزه ٠,٠١ مول/لتر والملح NaX تركيزه ٠,١ مول/لتر, فإذا علمت أن :
(Ka = ٤×١٠$^{-٦}$ لو٢ = ٠,٣ لو٤ = ٠,٦) فأجب عن الآتي :

١) حدد الأيون المشترك
٢) ما تتوقع أن يحدث لقيمة pH بعد إضافة الملح NaX إلى المحلول .
٣) احسب pH للمحلول **قبل** إضافة الملح
٤) احسب pH للمحلول **بعد** إضافة الملح
٥) احسب ΔpH

الحل ...

١- الأيون المشترك هو : X^-

٢- سترتفع قيمة pH للمحلول لأن الملح ذو تأثير قاعدي .

٣- $[H_3O^+] = \sqrt{Ka \times [HX]} = \sqrt{٤\times١٠^{-٦} \times ١\times١٠^{-٢}} = ٢\times١٠^{-٤}$ مول/لتر .

$pH = -\log ٢\times١٠^{-٤} = ٤ - \log ٢ = ٤ - ٠,٣ = \boxed{٣,٧}$

٣- $Ka = [H_3O^+] = ٤\times١٠^{-٦} \times \frac{[HX]}{[NaX]} = ٤\times١٠^{-٧} \times \frac{٠,٠١}{٠,١}$ مول/لتر

$pH = -\log ٤\times١٠^{-٧} = ٧ - \log ٤ = ٧ - ٠,٦ = \boxed{٦,٤}$

٤- $\Delta pH = pH_{\text{الأكبر}} - pH_{\text{الأصغر}}$
$= ٦,٤ - ٣,٧$
$= \boxed{٢,٧}$ **(يزداد pH بمقدار ٢,٧)**

❖ من الأجوبة نلاحظ أن إضافة الملح فعلاً سببت زيادة في قيمة pH وبمقدار ٢,٧ وهذا دليل على أن تأثير الملح قاعدي كما وضّحنا سابقاً من خلال المعادلات والتميّه .

سؤال : لديك (١) لتر من محلول الهيدرازين N_2H_4 تركيزه ٠,٢ مول/لتر فإذا كانت Kb = ١,٢٥×١٠$^{-٦}$, أجب عن الآتي :

١) احسب pH للمحلول . **(لو٢ = ٠,٣ لو٤ = ٠,٦)**

٢) أضيف للمحلول ٠,١ مول من الملح N_2H_5Cl

أ – حدد الأيون المشترك

ب- ما أثر إضافة الملح على قيمة pH (تزداد تقل تبقى ثابتة)

ج- احسب pH للمحلول .

الحل ...

١- $[OH^-] = \sqrt{[N_2H_4] \times Kb} = \sqrt{٠,٢ \times ١,٢٥ \times ١٠^{-٦}} = ٥ \times ١٠^{-٤}$ مول/لتر .

$$[H_3O^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٥ \times ١٠^{-٤}} = ٢ \times ١٠^{-١١}$$ مول/لتر .

$pH = -$ لو$(٢ \times ١٠^{-١١}) = ١١ -$ لو٢ = ١١ - ٠,٣ = **١٠,٧**

٢- أ) الأيون المشترك هو : $N_2H_5^+$

ب) تقل

ج) $Ka = [OH^-] \frac{[N_2H_4]}{[N_2H_5Cl]}$

$$= ١,٢٥ \times ١٠^{-٦} \times \frac{٠,٢}{٠,١} = ٢,٥ \times ١٠^{-٦}$$ مول/لتر .

$$[H_3O^+] = \frac{١ \times ١٠^{-١٤}}{٠,٢٥ \times ١٠^{-٥}} = ٤ \times ١٠^{-٩}$$ مول/لتر .

$pH = -$ لو$(٤ \times ١٠^{-٩}) = ٩ -$ لو٤ = ٩ – ٠,٦ = **٨,٤**

سؤال : محلول حجمه ١ لترمكون من الحمض HOCl تركيزه ٠,١ مول/لتر أذيب فيه كمية من الملح NaOCl حتى أصبحت pH للمحلول تساوي ٨,١٥ فإذا علمت أن :

(Ka = ٣,٥×١٠$^{-٨}$ ك.م NaOCl = ٧٤غم/مول لو٧ = ٠,٨٥)

احسب كتلة الملح NaOCl المضاف .

الحل ...

الإجابة : ٣٧ غم

سؤال : محلول مكوّن من القاعدة B وملحها BHCl لهما نفس التركيز , فإذا كانت pH للمحلول تساوي ٩,٧

١) حدد الأيون المشترك ٢) ما أثر إضافة الملح على تركيز أيونات OH^- في المحلول ؟

٣) احسب قيمة Kb للقاعدة . (لو٢ = ٠,٣)

الحل ...

الإجابات : ١- BH^+ ٢- تقل ٣- $Kb = ٥ \times ١٠^{-٥}$

سؤال : محلول حجمه (١) لتر مكوّن من الحمض H_2SO_3 تركيزه ٠,٠٠١ مول/لتر وpH له تساوي ٢,٤ , وعندما أضيف إليه الملح $KHSO_3$ كان مقدار التغير في pH يساوي ١,٨ . فإذا كانت $Ka = ١,٥ \times ١٠^{-٢}$ (لو٦=٠,٨) .

١) حدد الأيون المشترك ٢) احسب عدد مولات الملح $KHSO_3$ في المحلول .

الحل ...

الإجابات : ١- HSO_3^- ٢- ع.م = ٠,٢٥ مول .

سؤال : محلول حمض الإيثانويك HCOOH حجمه (٥٠٠) مل وتركيزه ٠,٥ مول/لتر أضيفت إليه بلورات من ملح ميثانوات الصوديوم HCOONa كتلته المولية (٦٨) غم/مول فتغيّرت PH بمقدار (٢) , فإذا علمت أن Ka للحمض (٢ ×١٠$^{-٤}$) , احسب كتلة بلورات الملح المضافة .

الحل ....

الإجابة : ٣٤ غم

سؤال شامل : الجدول المجاور يبين عدداً من المحاليل المائية تركيز كل منها (٠,١ مول/لتر) , اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة (لو٢ = ٠,٣) (لو٥ = ٠,٧) (لو٢,٥ = ٠,٤) ($K_w = ١\times١٠^{-١٤}$)

الرقم	المحلول حمض/قاعدة	المعلومات
١	HA	$Ka = ٤\times١٠^{-٩}$
٢	HB	$[B^-] = ١\times١٠^{-٢}$
٣	HC	$[H_3O^+] = ١\times١٠^{-٥}$
٤	D	$[OH^-] = ٢\times١٠^{-٣}$
٥	Z	pH = ١١,٥
٦	Q	$Kb = ١,٦\times١٠^{-٦}$

١) الحمض الأقوى
أ- HA ب- HB
ج- HC د- HW

٢) الحمض المرافق الأقوى
أ- QH^+ ب- WH^+
ج- DH^+ د- ZH^+

٣) المحلول الأقل pH هو
أ- HA ب- HB
ج- Z د- D

٤) أي المحاليل فيه [OH^-] أعلى ؟
أ- HC ب- HB
ج- D د- Q

٥) أي الأملاح هو الأكثر تميّهاً في الماء ؟
أ- NaA ب- NaB ج- NaC د- NaW

٦) أضافة بلورات من الملح NaB إلى محلول الحمض HB يؤدي إلى :
أ- زيادة $[H_3O^+]$ ب- نقصان $[OH^-]$ ج- نقصان pH د- زيادة [HB]

٧) قيمة pH لمحلول القاعدة Q يساوي
أ- ٩,٦ ب- ١٠,٦ ج- ١١,٦ د- ١٢,٦

٨) أضيفت كمية من الملح ZHCl إلى محلول القاعدة Z فتغيرت pH بمقدار (١,٥) , فإن تركيز أيون [OH^-] في المحلول
أ- ١×١٠^{-٤} ب- ٢×١٠^{-٤} ج- ١×١٠^{-١٠} د- ٢×١٠^{-١٠}

قائمةُ المصطلحاتِ

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	المدلول
الأزواج المترافقة	Conjugate Acid-Base pair	الحمض والقاعدة المتكوّنان نتيجة استقبال البروتونات ومنحها في التفاعل.
الأيون المشترك	Common ion	أيون ينتج من تأين مادتين مختلفتين في محلول واحد (حمض ضعيف وملحه أو قاعدة ضعيفة وملحها).
التأين الذاتي للماء	Autoionization of Water	سلوك بعض جزيئات الماء كحمض وبعضها كقاعدة في الماء النقي.
تميّه	Hydrolysis	تفاعل أيونات الملح مع الماء؛ لإنتاج OH^- أو H_3O^+ أو كلاهما.
حمض أرهينيوس	Arrhenius acid	مادة تُنتج أيون الهيدروجين H^+ عند إذابتها في الماء.

حمض برونستد – لوري	Bronsted-Lowry acid	مادة (جزيئات أو أيونات) قادرة على منح البروتون (مانح للبروتون) لمادة أخرى في التفاعل.
حمض لويس	Lewis Acid	مادة تستطيع أن تستقبل زوجًا أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة من مادة أخرى، لاحتوائها على أفلاك فارغة.
حمض مرافق	Conjugate Acid	مادة تنتج عن استقبال القاعدة للبروتون.
رقم هيدروجيني	Hydrogen Number .	اللوغاريتم السالب للأساس ١٠ لتركيز أيون الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول.

قاعدة أرهينيوس	Arrhenius Base	مادة تنتج أيون الهيدروكسيد OH^- عند إذابتها في الماء.
قاعدة برونستد – لوري	Bronsted-Lowry Base	مادة (جزيئات أو أيونات) قادرة على استقبال البروتون (مستقبل للبروتون).
قاعدة لويس	Lewis Base	مادة تمنح زوجًا أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى.
قاعدة مرافقة	Conjugate Base	مادة تنتج عن منح الحمض للبروتون.
ملح	Salt	مادة أيونية تنتج من تفاعل الحمض مع القاعدة.