2022

بوسية شرح توجيهي

الكيمياء

أو كسجين

الصف 2 الثانوي

مدرسة الكيمياء

الحموض و القواعد وتطبيقاتها

منهاجي
متعة التعليم الهادف

إعداد: م. مريم السرطاوي

وزارة 1997-2022

VERSION 15/10/2022

بسم الله نبدأ وبه نستعين وعليه نتوكل

أبث في طيات المقدمة شكرًا وتقديرًا
لعائلتي ولكل من ساندني في هذا العمل ودعا لي بظهر الغيب

شكري وتقديري للطلاب المشرفين على تدقيق الدوسية:
رهف أمين قفيشة ندين النوايسة لينا غسان
منصوره قنديل نور الدينه
سيف الجراح عبد الملك محمد

أشكر الطالبة مرام "غيم غيم" لاقتراحها اسم "ضو اللمبة"
وأشكر الطالب بلال أبو ريان لاقتراحه اسم "كيماشيك"

أشكر أعزائي الفريق العلمي في مدرسة الكيمياء ..
"أسيل" إشراق الشمس "مرام" غيم غيم "محمد عيد"
فلهم السبق والعطاء في نشر حلول بنك أوكسجين

رسالتي لكل طالب استفاد من دوسية أوكسجين ولو في مسألة
أو استطاع بلوغ التفوق من خلال هذه الدوسية: أنت محسوبٌ من طلابي
ولكَ مني: محبة ودعوه ... أن تنفع أمتك بتحقيق أمنياتك
سواء عرفتك بالاسم أم لم أعرفك

شروحات التوجيهي متوفره على قناه كيمياء التوجيهي
https://www.youtube.com/channel/tawjihichem

والتفاعل الطلابي
في مجموعة مدرسة الكيمياء على الفيسبوك
https://web.facebook.com/groups/schoolofchemistry

وأيضا على قناتي التيليجرام ومجموعتها
https://t.me/sartawichem

أهدي هذا العمل إلى أبنائي:

عبد الله وعبد الملك وبثينة وفاطمة

وأهديه إليك يا من وصلت إلى هذه النقطة.

قالوا عنها:

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الحموض والقواعد

قبل بدء مرحلة التوجيهي: عليك تعلم أساسيات الكيمياء إن لم تكن متمكنًا منها:
تأسيس الصفر متوفر في قناتي الأولى "مريم السرطاوي" وفي "كيمياء التوجيهي"

تأسيس الصفر	تأسيس التوجيهي "مبسط ومتقدم"
- الخصائص الفيزيائية والكيميائية - الفرق بين العنصر والمركب - بنية الذرة والتوزيع الإلكتروني - تصنيف العناصر في الجدول الدوري - أنواع الروابط - المجموعات الأيونية - أنواع المركبات - موازنة المعادلة الكيميائية - المول وحساباته	- الخصائص الدورية: السالبية الكهربائية - أشكال الجزيئات - التهجين - المركبات القطبية - الرابطة التناسقية - أنواع القوى بين الجزيئات - أنواع التفاعلات الكيميائية الحرارية - المحاليل والتركيز - الاتزان الكيميائي - تسمية المركبات العضوية - التأسيس الرياضي و (اللوغاريتمات)

مؤشرات الأداء المطلوب من الطالب إتقانها في هذه الوحدة:

- يصف الحموض والقواعد وفق تعريف كل من: أرهينيوس، وبرونستد-لوري ولويس بشكل صحيح
- يكتب معادلات تمثل تفاعل الحمض والقاعدة وفق تعريف برونستد-لوري بشكل صحيح
- يحدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة بشكل صحيح
- يتوصل إلى مفهومي الرقم الهيدروجيني pH وثابت تأين الماء
- يحسب الرقم الهيدروجيني لمحاليل الحموض والقواعد القوية بشكل صحيح
- يستنتج العلاقة بين تركيز H_3O^+ وتركيز OH^- في المحاليل المائية
- يستخدم ثابت تأين الماء ليحسب $[H_3O^+]$, $[OH^-]$, pOH, pH في المحاليل المائية بشكل صحيح
- يوضح مفهوم الملح والتميه والأيون المشترك
- يقارن قوة الحموض والقواعد مستخدمًا مفهوم الاتزان الديناميكي
- يجري حسابات تتعلق بالاتزان في المحاليل المائية للحموض والقواعد الضعيفة بشكل صحيح
- يميز بين الذوبان والتميه بشكل صحيح
- يفسر التأثير الحمضي والقاعدي لمحاليل الأملاح بشكل صحيح
- يصف الخصائص الكيميائية للمحاليل المنظمة وتطبيقاتها
- يفسر آلية عمل المحلول المنظم بشكل صحيح
- يجري تجارب وحسابات متعلقة بمعايرة الحموض مع القواعد بشكل صحيح
- يجري استقصاء عمليًّا لإيجاد قيمة ثابت تأين حمض ضعيف بشكل صحيح

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
التجربة الاستهلالية: خصائص الحمض والقاعدة	8
تهيئة الدرس الأول [بداية مهمة]	9
الخريطة المختصرة لتمييز القوي من الضعيف في الحموض والقواعد	11
ورقة عمل: تهيئة الحموض والقواعد	13
الدرس الأول: الحموض والقواعد	14
تعريفات الدرس الأول	14
خصائص الحموض والقواعد وبعض مصادرها واستخداماتها	14
مفهوم أرهينيوس للحمض	15
مفهوم أرهينيوس للقاعدة	18
أسئلة وزارية: مفهوم أرهينيوس	21
تدريبات خارجية وكيماشيك: مفهوم أرهينيوس	22
ورقة عمل: مفهوم أرهينيوس	23
أيون الهيدرونيوم	24
مفهوم برونستد-لوري للحمض والقاعدة	25
أسئلة وزارية: مفهوم برونستد-لوري	28
تدريبات خارجية وكيماشيك: مفهوم برونستد-لوري	30
ورقة عمل: مفهوم برونستد-لوري	32
الأزواج المترافقة	33
أسئلة وزارية: الأزواج المترافقة	35
تدريبات خارجية وكيماشيك: الأزواج المترافقة	42
ورقة عمل: الأزواج المترافقة	45
قوة الحمض والقاعدة	46
أسئلة وزارية: قوة الحمض والقاعدة	50
تدريبات خارجية وكيماشيك: قوة الحمض والقاعدة	52
ورقة عمل: قوة الحمض والقاعدة	53
المواد الأمفيتورية (المترددة)	54
أسئلة وزارية: المواد الأمفوتيرية	56
تدريبات خارجية وكيماشيك: المواد الأمفيتورية	60
ورقة عمل: المواد الأمفيتورية	62
مفهوم لويس للحمض والقاعدة	63
أسئلة وزارية: مفهوم لويس	68
تدريبات خارجية وكيماشيك: مفهوم لويس	73
ورقة عمل: مفهوم لويس	76
التجربة 1: مقارنة قوة الحموض	77

حل مراجعة الدرس الأول: الحموض والقواعد	78
الدرس الثاني: الرقم الهيدروجيني ومحاليل الحموض والقواعد القوية	80
تعريفات الدرس الثاني	80
التأين الذاتي للماء	80
حسابات تراكيز الأيونات باستخدام ثابت تأين الماء	82
تدريبات خارجية وكيماشيك: حسابات باستخدام التأين الذاتي للماء	84
ورقة عمل: حسابات باستخدام التأين الذاتي للماء	85
حسابات تراكيز الأيونات في محاليل الحموض القوية	86
حسابات تراكيز الأيونات في محاليل القواعد القوية	90
تدريبات خارجية وكيماشيك: حسابات تراكيز أيونات محاليل الحموض والقواعد القوية	93
ورقة عمل: حسابات تراكيز أيونات محاليل الحموض والقواعد القوية	94
الرقم الهيدروجيني	95
أسئلة وزارية: حسابات الرقم الهيدروجيني في المحاليل القوية	99
الرقم الهيدروكسيلي	102
العلاقة بين الرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي	104
تدريبات خارجية وكيماشيك: الرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي	106
ورقة عمل: حسابات الرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي	107
التجربة 2: معايرة حمض قوي بقاعدة قوية	108
معايرة حمض وقاعدة	110
أسئلة وزارية: معايرة حمض وقاعدة	116
تدريبات خارجية وكيماشيك: معايرة حمض وقاعدة	118
ورقة عمل: معايرة حمض وقاعدة	120
الكواشف	121
تدريبات خارجية وكيماشيك: الكواشف	124
ورقة عمل: الكواشف	126
حل مراجعة الدرس الثاني: الرقم الهيدروجيني ومحاليل الحموض والقواعد القوية	127
الدرس الثالث: الحموض والقواعد الضعيفة	130
تعريفات الدرس الثالث	130
الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة وحساباتها	130
أسئلة وزارية: الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة	140
تدريبات خارجية وكيماشيك: الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة	149
ورقة عمل: الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة	151
الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة وحساباتها	153
أسئلة وزارية: الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة	160
تدريبات خارجية وكيماشيك: الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة	167
ورقة عمل: الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة	168
حل مراجعة الدرس الثالث: الحموض والقواعد الضعيفة	170

مريم السرطاوي

الدرس الرابع: الأملاح والمحاليل المنظمة	175
تعريفات الدرس الرابع	175
خصائص الأملاح والتميه	175
التجربة 3: تميه الأملاح	182
أسئلة وزارية: خصائص الأملاح والتميه	183
ورقة عمل: خصائص الأملاح والتميه	193
تأثير الأيون المشترك	194
الأثر القاعدي للأيون المشترك وحساباته	195
أسئلة وزارية: الأثر القاعدي للأيون المشترك	199
ورقة عمل: الأثر القاعدي للأيون المشترك	203
الأثر الحمضي للأيون المشترك وحساباته	204
أسئلة وزارية: الأثر الحمضي للأيون المشترك	208
ورقة عمل: الأثر الحمضي للأيون المشترك	212
المحاليل المنظمة	213
المحاليل المنظمة الحمضية وحساباتها	214
أسئلة وزارية: المحاليل المنظمة الحمضية	218
ورقة عمل: المحاليل المنظمة الحمضية	223
المحاليل المنظمة القاعدية وحساباتها	224
أسئلة وزارية: المحاليل المنظمة القاعدية	228
ورقة عمل: المحاليل المنظمة القاعدية	231
الخريطة الذهنية لحسابات المحاليل المنظمة	232
أسئلة وزارية كوكتيل جداول	233
حل مراجعة الدرس الرابع: الأملاح والمحاليل المنظمة	239
حل مراجعة الوحدة الأولى: الحموض والقواعد وتطبيقاتها	243
حل أسئلة التفكير من كتاب الأنشطة	257

بنك أوكسجين الحموض والقواعد من الأسئلة الخارجية الموضوعية والمقالية

وعصير بنك الحموض والقواعد في ملف منفصل

العصير فيه من اللطف والحيوية بخلاف المكثف

مراجع الدوسية: كتاب الطالب والأنشطة الطبعة (1): 2022-2023، أسئلة الوزارة من 1997-2022، كتب المناهج الدراسية العربية والعالمية، كتب الكيمياء الجامعية العامة والمتخصصة، دليل الكيمياء المنهاج الأردني القديم 2017.

لا يحل لأحد تعديل الملف أو تزوير الاسم أو المتاجرة به

الدوسية لا تتوفر في المكتبات ولا أحلّ لأيّ مكتبةٍ المتاجرة بهذا العمل

فقد أوقفته للعلم، الطالب يسحبه من أي مكتبة بسعر تكلفة الورق والتجليد المعروف

الوحدة الأولى: الحموض والقواعد وتطبيقاتها

التجربة الاستهلالية: خصائص الحمض والقاعدة

محلول حمض الهيدروكلوريك HCl (0.1 M) ومحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH (0.1 M)

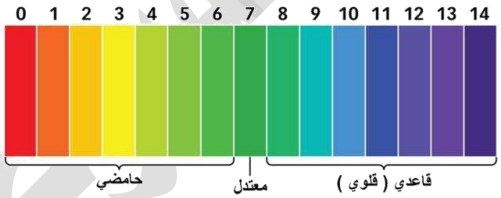
مع أوراق الكاشف العام وميزان حرارة

أحدد التغير الذي يطرأ على لون ورقة الكاشف عند وضعها في محلول كل من حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم

حمض الهيدروكلوريك يغير ورقة الكاشف من الأزرق إلى الأحمر

قاعدة: هيدروكسيد الصوديوم يغير ورقة الكاشف من الأحمر إلى الأزرق

أقدِّر الرقم الهيدروجيني (درجة الحموضة) لكل من المحلولين



الرقم الهيدروجيني لحمض الهيدروكلوريك سيكون أقل من 7 لأنه حمض

الرقم الهيدروجيني لهيدروكسيد الصوديوم سيكون أكبر من 7 لأنه قاعدة

أفسِّر اختلاف درجة حرارة المحلول الناتج من خلط المحلولين عن درجة حرارة كل منهما

لأن تفاعل الحمض مع القاعدة يؤدي إلى تكوّن الملح والماء الذي بدوره يعدّ تفاعلاً طارداً للحرارة، فدرجة حرارة المحلول الناتج أعلى من درجة حرارة كل من المتفاعلين

أقدِّر الرقم الهيدروجيني للمحلول الناتج من خلط المحلولين في الكأس الزجاجية

الحمض القوي والقاعدة القوية يكون تفاعلهما من نوع تفاعل التعادل، درجة الحموضة للمحلول الناتج (الرقم الهيدروجيني) = 7

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تهيئة الدرس الأول: الحموض والقواعد Acids & Bases

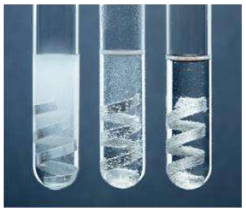
خصائص الحموض كما تعلمناها في الصفوف السابقة:

1- لها مذاق حمضي لاذع، حارقة للجلد، وتسبب تآكل المواد وبعضها سام

2- تغير لون ورقة تباع الشمس من الأزرق إلى الأحمر

3- تتفاعل محاليل الحموض مع معظم الفلزات وينتج غاز الهيدروجين H_2 والملح

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + MgCl_{2(aq)}$$



تفاعلُ فلزّ المغنيسيوم معَ حَمضِ HCl.

4- المركبات ذات الخصائص الحمضية تنتج أيون الهيدروجين H^+ في الماء وهو المسؤول عن الخصائص الحمضية في المحلول

5- قد تحتوي صيغة الحموض على الهيدروجين مثل HCl وقد لا تحتوي عليه كأكاسيد اللافلزات، مثل: CO_2 ، NO_2، SO_2

حيث أن محلول ثاني أكسيد الكربون في الماء هو محلول حمضي H_2CO_3 وعند تأين هذا المحلول في الماء ينتج أيون الهيدروجين

$$HCl_{(aq)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$$

$$H_2CO_{3(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O_{(l)}} H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$

6- تتفاعل محاليل الحموض مع القواعد مثل: أكاسيد الفلزات Na_2O, CaO, MgO وهيدروكسيدات الفلزات، فتتكون الأملاح وغالبًا ينتج الماء، ويُسمى تفاعل التعادل

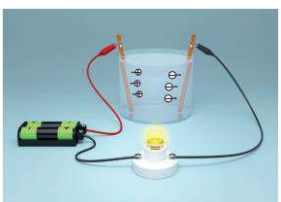
$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$2HCl_{(aq)} + MgO_{(s)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

7- توصف الحموض بأنها قوية أو ضعيفة بناءً على درجة التأين في الماء إلى أيونات موجبة وسالبة، فالقوية تتأين كليًّا إلى أيونات (سهم واحد في التفاعل) والضعيفة تتأين جزئيًّا فيبقى من جزيئات الحمض مع أيوناته في المحلول (سهمين متعاكسين، ونسميه تفاعل منعكس يحدث فيه اتزان ديناميكي

8- محاليلها المائية كهرلية أي قابلة للتوصيل الكهربائي لأنها تتأين في الماء (تنتج أيونات موجبة وسالبة تعمل على توصيل التيار الكهربائي) التأين إما بشكل كلي في الحموض القوية (كهرلي قوي)، أو بشكل جزئي في الحموض الضعيفة (كهرلي ضعيف)

توصيلُ محلولِ HF للتيّارِ الكهربائيّ.



توصيلُ محلولِ HCl للتيّارِ الكهربائيّ.

خصائص القواعد كما تعلمناها في الصفوف السابقة:

1- لها مذاق مر، وملمس زلق كملمس الصابون، كاوية حارقة

2- تغير لون ورقة تباع الشمس من الأحمر إلى الأزرق

3- المركبات ذات الخصائص القاعدية تنتج أيون الهيدروكسيد OH^- في الماء وهو المسؤول عن الخصائص القاعدية في المحلول

4- قد تحتوي صيغة القاعدة على أيون الهيدروكسيد مثل NaOH وقد لا تحتوي عليه كأكاسيد الفلزات، مثل: Na_2O, CaO, MgO وأيضًا المركبات التساهمية كالأمونيا NH_3 ومشتقاتها كالأمينات

فإن أكاسيد الفلزات الذائبة في الماء تُكوِّن هيدروكسيد الفلز وبدوره يتأين منتجًا أيون الهيدروكسيد

$$Na_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)}$$

$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

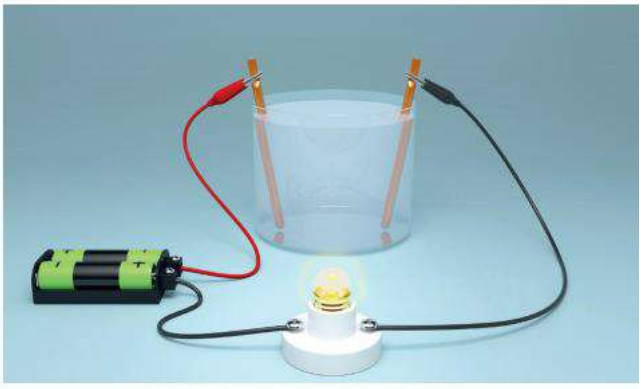
$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

5- تتفاعل القواعد مع أكاسيد اللافلزات مثل: CO_2 ، NO_2، SO_2 فتتكون الأملاح وغالبًا ينتج الماء، ويُسمى تفاعل التعادل

$$SO_{2(g)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

6- توصف القواعد بأنها قوية أو ضعيفة بناءً على درجة التأين في الماء إلى أيونات موجبة وسالبة، فالقوية تتأين كليًّا إلى أيونات (سهم واحد في التفاعل) والضعيفة تتأين جزئيًّا فيبقى من جزيئات القاعدة مع أيوناته في المحلول (سهمين متعاكسين، ونسميه تفاعل منعكس يحدث فيه اتزان ديناميكي

7- محاليلها المائية كهرلية أي قابلة للتوصيل الكهربائي لأنها تتأين في الماء (تنتج أيونات موجبة وسالبة تعمل على توصيل التيار الكهربائي) التأين إما بشكل كلي في القواعد القوية (كهرلي قوي)، أو بشكل جزئي في القواعد الضعيفة (كهرلي ضعيف)



توصيل محلول الأمونيا للتيار الكهربائي

توصيل محلول هيدروكسيد الصوديوم للتيار الكهربائي

وسنتوسع في هذه المرحلة من ناحية مفهوم الحمض، التأين، الحسابات، والأملاح والخ

الحموض والقواعد

مدرسة الكيمياء/فيسبوك — شرح + إجابات المنهاج + وزارة + كيماشيك

تذكر واحفظ أشهر الحموض والقواعد القوية التي قد ترد عليك في المنهاج

الحموض القوية الشائعة		القواعد القوية الشائعة	
حمض الهيدروكلوريك	HCl	هيدروكسيد الليثيوم	$LiOH$
حمض الهيدروبروميك	HBr	هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$
حمض الهيدرويوديك	HI	هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH
حمض البيركلوريك	$HClO_4$	هيدروكسيد الروبيديوم	$RbOH$
حمض الكلوريك	$HClO_3$ [غير مطلوب في المنهاج]	هيدروكسيد السيزيوم	$CsOH$
حمض النيتريك	HNO_3	هيدروكسيد المغنيسيوم	$Mg(OH)_2$
حمض الكبريتيك	H_2SO_4	هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$
تنويه: الوزارة حددت للطالب حفظ ستة حموض قوية فقط		هيدروكسيد السترونشيوم	$Sr(OH)_2$
		هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$

1- أقوى الحموض الشائعة هو حمض البيركلوريك $HClO_4$ ولاحظ أن الحموض عمومًا مركبات تساهمية

2- الحموض الثنائية من المجموعة السابعة كلها قوية ما عدا HF وتزداد قوتها كلما نزلنا لأسفل المجموعة

3- هيدروكسيدات الفلزات القوية هي هيدروكسيدات المجموعة 1 والمجموعة 2 ما عدا البريليوم

4- هيدروكسيدات الفلزات القلوية (1A) أقوى من هيدروكسيدات الفلزات القلوية الأرضية (2A)، وتزداد القاعدية كلما نزلنا إلى أسفل المجموعة، وتذكر أن القواعد القوية هي مركبات أيونية

5- هيدروكسيد المغنيسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم ولو أنهما قويان (يتأينان كليًّا) إلا أن ذائبيتهما قليلة في الماء، هذا القليل الذائب يتأين كليًّا، لذا بعض المصادر لا تذكرهما ضمن القواعد الشائع استخدامها، وبالذات هيدروكسيد المغنيسيوم مختلف فيه هل هو قاعدة قوية أم ضعيفة، والسبب هو ما مفهومنا للقاعدة القوية هل هو التأين الكلي أم الذائبية لها علاقة؟ باختصار هو "مركب مشكلجي"

إذا حفظت أشهر المركبات القوية ستميز الضعيف، أمثلة على الضعيف الشائع:

الحموض الضعيفة الشائعة		القواعد الضعيفة الشائعة	
حمض الفورميك/النمليك (الميثانويك)	$HCOOH$	أمونيا	NH_3
حمض الأسيتيك/الخليك (الإيثانويك)	CH_3COOH	هيدرازين	N_2H_4
حمض الهيدروفلوريك	HF	ميثيل أمين	CH_3NH_2
حمض الهيدروسيانيك	HCN	إيثيل أمين	$C_2H_6NH_2$
حمض الهيدروكبريتيك	H_2S	بيريدين	C_5H_5N [النيتروجين محل CH في حلقة كربونية]
حمض الكربونيك	H_2CO_3	أنيلين	$C_6H_5NH_2$ [حلقة بنزين متصلة بأمين]
حمض الكبريتوز	H_2SO_3		
حمض النيتروز	HNO_2		
حمض الفوسفوريك	H_3PO_4		
حمض البنزويك	C_6H_5COOH		

1- الحموض الكربوكسيلية R-COOH = حموض عضوية ضعيفة، وانتبه الفرق بينها وبين الكحول R-OH

2- حمض الكلوروز $HClO_2$ وحمض الهيبوكلوروز $HClO$ (HOCl) = حموض ضعيفة بخلاف الكلوريك وبيركلوريك

3- الأمينات: مشتقات من الأمونيا: $R\text{-}NH_2$ وبأنواعها الثلاث الأولية والثانوية والثالثية = قواعد عضوية ضعيفة

4- هيدروكسيدات الفلزات الأخرى غير المجموعة الأولى والثانية = قواعد ضعيفة وذائبيتها ضعيفة

الخريطة المختصرة لتمييز القوي من الضعيف

عامة الحموض مركبات تساهمية

الحموض القوية:

1- الحموض الهالوجينية: هالوجين (Cl, Br, I) + هيدروجين، ما عدا الفلور

2- الحموض الأكسجينية التي يزيد عدد الأكسجين فيها عن الهيدروجين بـ2 أو أكثر، وهذا الشائع، مثال: H_2SO_4 و HNO_3 و $HClO_4$ و $HClO_3$

الحموض الضعيفة:

1- حمض الهيدروفلوريك: HF

2- الحموض الأكسجينية التي عدد الأكسجين فيها يزيد عن الهيدروجين بـ1 أو مساوٍ له، مثال: H_2SO_3 و HNO_2 و $HClO_2$ و $HClO$ و H_2CO_3 و H_3PO_4

3- الحموض التي لا يرتبط فيها الهيدروجين بالأكسجين أو الهالوجين، مثل HCN و H_2S

4- الحموض الكربوكسيلية (حموض عضوية): يتأين الهيدروجين المرتبط بالأكسجين وصيغتها الكيميائية RCOOH حيث R تعبِّر عن سلسلة كربونية

القواعد القوية وهي أيونية:

1- القواعد القلوية من المجموعة 1A المتصلة بالهيدروكسيد، مثال: NaOH

2- القواعد القلوية الأرضية من المجموعة 2A المتصلة بالهيدروكسيد، مثال: $Ba(OH)_2$

القواعد الضعيفة وأغلبها تساهمية فيها النيتروجين:

1- الأمونيا NH_3

2- مشتقات الأمونيا من المركبات العضوية :الأمينات" صيغتها الكيميائية RNH_2 و R_2NH و R_3N حيث R تعبِّر عن سلسلة كربونية

3- مركبات فيها نيتروجين وهي غير عضوية مثل: الهيدرازين N_2H_4 وهيدروكسيل أمين NH_2OH [مشتق من الأمونيا]

عزيزي الطالب: احفظ الأقوياء وتعرّف على الضعفاء حتى تقوى معرفتك لفهم المسائل لاحقًا

ورقة عمل: تهيئة الحموض والقواعد

تدريب: من خلال الجدول الآتي صنِّف المواد إلى حموض وقواعد، وبيّن القوة والضعف

المادة	حمض	قاعدة	قوي	ضعيف
HCl				
$HCOOH$				
CH_3NH_2				
CH_3COOH				
$HClO$				
$HClO_4$				
$HClO_3$				
$HClO_2$				
HF				
H_2SO_4				
$NaOH$				
$Ca(OH)_2$				
N_2H_4				
HNO_3				
HNO_2				
$LiOH$				
$Ba(OH)_2$				
H_2SO_3				
HBr				
HI				

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الدرس الأول: الحموض والقواعد

تعريفات الدرس الأول:

- حمض أرهينيوس: مادة تتأين في الماء وتنتج أيون الهيدروجين H^+
- حمض برونستد-لوري: مادة يمكنها منح بروتون واحد في أثناء التفاعل (مانح للبروتون)
- حمض لويس: مادة يمكنها استقبال زوج إلكترونات أو أكثر في التفاعل
- حمض أحادي البروتون: حمض يحتوي على ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين
- حمض ثنائي البروتون: حمض يحتوي على ذرتيّ هيدروجين قابلة للتأين
- حمض ثلاثي البروتون: حمض يحتوي على ثلاث ذرات هيدروجين قابلة للتأين
- قاعدة أرهينيوس: مادة تتأين في الماء وتنتج أيون الهيدروكسيد OH^-
- قاعدة برونستد-لوري: مادة يمكنها استقبال بروتون واحد في أثناء التفاعل (مستقبل للبروتون)
- قاعدة لويس: مادة يمكنها منح زوج إلكترونات في التفاعل
- زوج مترافق: الحمض والقاعدة المرافقة الناتجة عنه في التفاعل، أو القاعدة والحمض المرافق الناتج عنها
- مواد أمفوتيرية أو مترددة: مادة تسلك كحمض في تفاعل وتسلك كقاعدة في تفاعلات أخرى
- أيون الهيدرونيوم H_3O^+: أيون ينتج من ارتباط أيون الهيدروجين بجزيء الماء برابطة تناسقية

خصائص الحموض والقواعد وبعض مصادرها واستخداماتها

اذكر بعض الخصائص التي نستطيع بها تمييز كل من الحموض والقواعد

الحموض: 1- طعمها حمضي أو لاذع 2- تحوِّل ورقة تبّاع الشمس الزرقاء إلى الأحمر

القواعد: 1- طعمها مر وملمسها زلق 2- تحوِّل ورقة تبّاع الشمس الحمراء إلى الأزرق

عدِّد بعض المواد الغذائية التي تحتوي على حمض

1- الليمون، البرتقال والبندورة: تحوي حمض السيتريك

2- المشروبات الغازية: تحوي حمض الكربونيك H_2CO_3

عدِّد بعض المواد الغذائية التي تحتوي على قاعدة

1- الخضراوات، مثل: السبانخ، البروكلي، الخيار والخس

2- الفواكه، مثل: التفاح، المشمش، الفراولة [ملحوظة: عصائر هذه الفواكه حمضية، ولعل الكتاب يقصد من ذكرها في باب القاعدة هو احتواؤها على مواد قاعدية كالكالسيوم والمغنيسيوم أو عند تجفيفها لها وضع آخر]

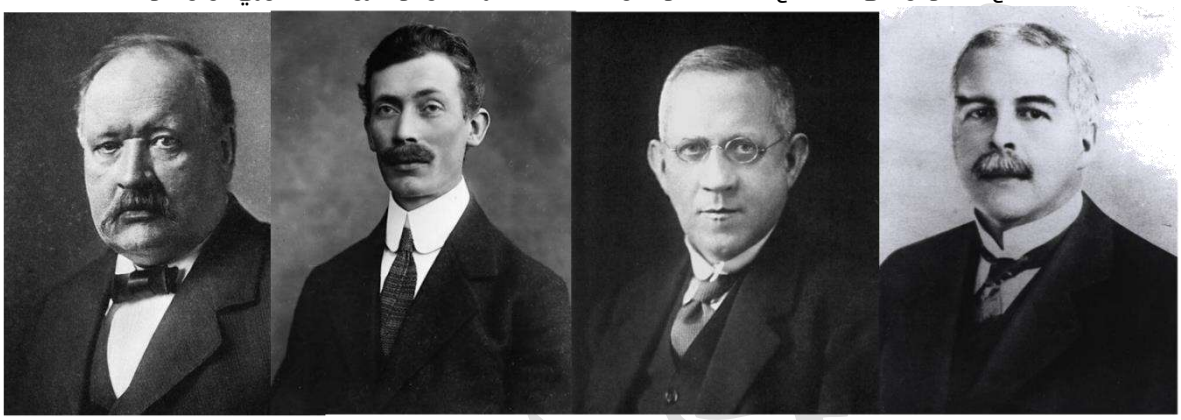
اذكر بعض استخدامات القواعد في الصناعة

تستخدم في صناعة المنظفات المنزلية والصابون، مثل: هيدروكسيد الصوديوم

فائدة: مبيض الملابس ومزيل البقع منظفات مواد قاعدية، لا نمزج تلك المنظفات مع مواد أخرى قد تكون حمضية مثل مزيل التكلسات منعًا لحدوث تفاعل غير مرغوب فيه وتصاعد غازات سامة

تعزيز: قبل نبدا.. خلنا نفهم:

قبل أكثر من مئة سنة حاول العلماء دراسة تلك المواد الحمضية والقاعدية حتى يضعوا لها تعريفًا أو مفهومًا شاملًا لها من خلال تجارب عملية قاموا بها، فينطبق المفهوم الذي استنتجوه على مصطلح حمض وعلى مصطلح قاعدة، من هؤلاء العلماء: أرهينيوس، برونستد، لوري، ولويس



Svante A. Arrhenius	Johannes N. Brønsted	Thomas Martin Lowry	Gilbert N. Lewis
1859-1927	1879-1947	1874-1936	1875-1946
Sweden	Denmark	United Kingdom	United States America
PhD Uppsala University	PhD Univ. Copenhagen	Prof Univ. of London	PhD from Harvard

مفهوم أرهينيوس Arrhenius للحمض والقاعدة

تمكن العالم أرهينيوس عن طريق دراسته التوصيل الكهربائي لمحاليل المواد الأيونية من وضع تصور حول مفهوم كل من الحمض والقاعدة، وكان تفسيرًا مقبولاً لسلوك كثير من الحموض والقواعد لكن فيه جوانب قصور

مفهوم أرهينيوس للحمض:

ما المقصود بحمض أرهينيوس؟

مادة تتأين في الماء وتنتج أيون الهيدروجين H^+

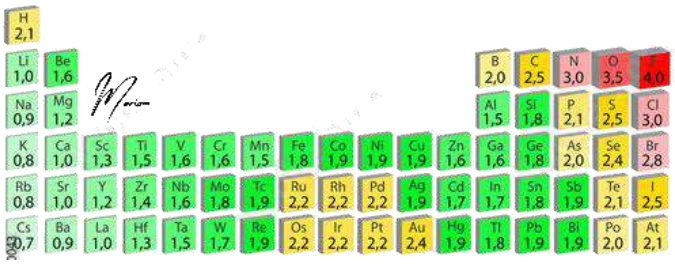
فسر تتأين جميع حموض أرهينيوس في المحلول المائي وتعطي H^+؟ أو ما الصفة المشتركة بين حموض أرهينيوس؟

لأن جميع حموض أرهينيوس تحتوي ذرة هيدروجين أو أكثر، وترتبط برابطة تساهمية قطبية بذرة أخرى ذات سالبية كهربائية عالية نسبيًّا أو مجموعة أيونية؛ مما يسمح لها بالتأين في المحلول المائي

الجدول (1): بعض حموض أرهينيوس.

الحمض	الصيغة الكيميائية
الهيدروكلوريك	HCl
النيتريك	HNO_3
الكبريتيك	H_2SO_4
الفسفوريك	H_3PO_4
الإيثانويك	CH_3COOH
الكربونيك	H_2CO_3

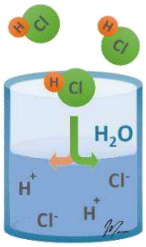
ضوّ اللمبة: السالبية الكهربائية أو الكهروسالبية: هي قدرة الذرة على جذب إلكترونات الرابطة نحوها عند ارتباطها بذرة أخرى، ولها قيمة عددية بمقياس باولنج كما في الجدول التالي، أعلى العناصر في الجدول الدوري من ناحية السالبية الكهربائية: الفلور، الأكسجين، النيتروجين FON



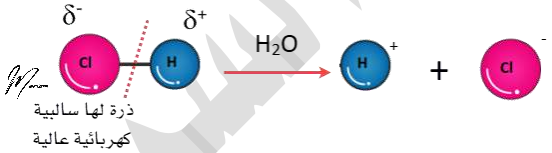
نقول عن الرابطة التساهمية أنها قطبية إذا كان فرق السالبية الكهربائية أكثر من 0.4 فتحمل الذرة الأعلى في السالبية الكهربائية شحنة جزئية سالبة δ^- والأخرى شحنة جزئية موجبة δ^+

مثال توضيحي: الرابطة في HCl نوعها تساهمية لأنها بين لافلز ولافلز، وأيضًا هي قطبية لأن فرق السالبية الكهربائية أكثر من 0.4 [انظر إلى قيم الكهروسالبية للهيدروجين والكلور وجد الفرق بينهما]

مثال الكتاب ص11: عند إذابة غاز كلوريد الهيدروجين HCl في الماء ينتج أيون الهيدروجين H^+ في المحلول:

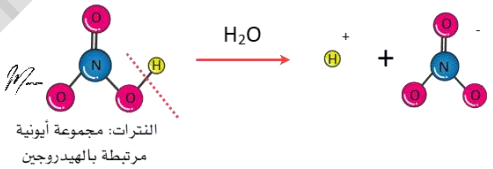


$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$



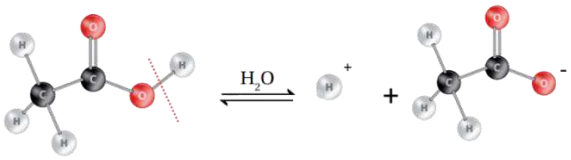
مثال الكتاب ص11: عند إذابة محلول حمض النيتريك HNO_3 يتأين في الماء منتجًا أيون الهيدروجين H^+:

$$HNO_{3(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$



مثال الكتاب ص11: عند إذابة محلول حمض الإيثانويك (واسمه الشائع الأسيتيك أو الخليك) CH_3COOH يتأين في الماء منتجًا أيون الهيدروجين H^+ لكن يتأين بشكل جزئي؛ لأنه حمض ضعيف، أما أيون الهيدروجين الذي انفصل عنه هو المرتبط بالأكسجين وليس بالكربون

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$



أصناف الحموض حسب عدد ذرات الهيدروجين المتأينة:

1. حمض أحادي البروتون: يحتوي ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين، مثال:
الهيدروكلوريك HCl، النيتريك HNO_3، الإيثانويك CH_3COOH وهو حمض كربوكسيلي
2. حمض ثنائي البروتون: يحتوي على ذرتي هيدروجين قابلة للتأين، مثال: الكبريتيك H_2SO_4 الكربونيك H_2CO_3
3. حمض ثلاثي البروتون: يحتوي على ثلاث ذرات هيدروجين قابلة للتأين، مثال:
الفسفوريك H_3PO_4

مراحل التأين	سلوك الحمض وفق مفهوم أرهينيوس	الحمض ونوعه
واحدة لأنه أحادي البروتون	$HCl_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	قوي: HCl
واحدة لأنه أحادي البروتون	$HNO_{3(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$	قوي: HNO_3
واحدة لأنه أحادي البروتون	$CH_3COOH_{(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$	ضعيف: CH_3COOH
اثنتان لأنه ثنائي البروتون والأولى فقط تأين كامل لأنه قوي	$H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + HSO_4^-{}_{(aq)}$ $HSO_4^-{}_{(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$	قوي: H_2SO_4
اثنتان لأنه ثنائي البروتون وكل المراحل تأين جزئي	$H_2CO_{3(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$ $HCO_3^-{}_{(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$	ضعيف: H_2CO_3
ثلاث لأنه ثلاثي البروتون وكل المراحل تأين جزئي لأنه ضعيف بالأصل	$H_3PO_{4(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$ $H_2PO_4^-{}_{(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$ $HPO_4^{2-}{}_{(aq)} \xrightleftharpoons{H_2O} H^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$	ضعيف: H_3PO_4

تذكر تأين الحمض القوي بسهم واحد، تأين الحمض الضعيف بسهمين

تعزيز:

1- يُقصد بالبروتون (أيون الهيدروجين H^+) لأنه فقد إلكترونه الوحيد وبقي في نواته بروتون واحد
2- أيضًا نقول عن الحمض الذي يمنح أكثر من ذرة هيدروجين متأينة بمتعدّد البروتون
3- متعدد البروتون القوي يتأين في المرحلة الأولى تأينًا كليًّا ثم بعد ذلك يتأين في كل مرحلة تأينًا جزئيًّا
4- حموض أرهينيوس كلها تحتوي الهيدروجين في صيغتها الكيميائية من خلال رابطة تساهمية وتكون قابلة للتأين في الماء منتجة البروتون H^+ وطرفها السالب

5- حمض الإيثانويك يُكتب في بعض المصادر العلمية بهذا الشكل $HC_2H_3O_2$ للدلالة على أنه حمض أحادي البروتون، يعني تتأين ذرة هيدروجين واحدة من أصل أربعة

6- هناك فرق بين كلوريد الهيدروجين وحمض الهيدروكلوريك رغم أن كليهما له نفس الصيغة الكيميائية HCl، الأول في حالة الغاز والثاني هو حالة المحلول من إذابة غاز كلوريد الهيدروجين في الماء

فسِّر: يُعد حمض الإيثانويك أحادي البروتون رغم وجود أكثر من ذرة هيدروجين فيه

ذرات الهيدروجين الثلاث المرتبطة بالكربون ليس لها القدرة على التأين؛ لأن الروابط بينها غير قطبية، أما ذرة الهيدروجين المرتبطة بالأكسجين ذات السالبية الكهربائية العالية هي الوحيدة التي تتأين في المحلول لذلك يُصنف الحمض على أنه أحادي البروتون

الربط مع الزراعة حِمض الكبريتيك H_2SO_4

عرف العربُ حِمض الكبريتيك في القرن الثامن الميلادي؛ فقد اكتشفه العالِمُ جابر ابنُ حيّان وأطلق علية اسمَ زيت الزاج. يستخدم حِمضُ الكبريتيك في المجال الزراعي لزيادة حموضة التربة، كما يستخدم لمعالجة ملوحتها، وفي تطهيرها منَ الفطريات.

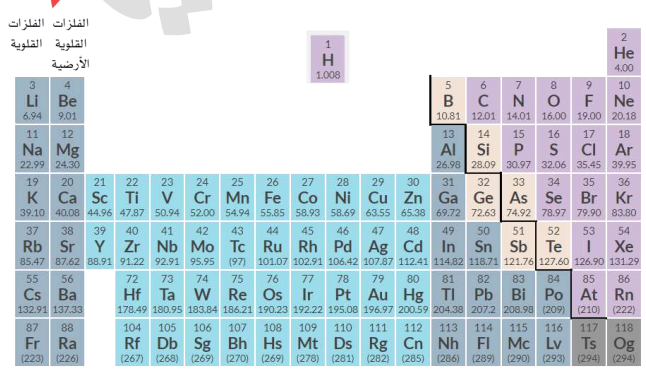
مفهوم أرهينيوس للقاعدة:

ما المقصود بقاعدة أرهينيوس؟

مادة تتأين في الماء وتنتج أيون الهيدروكسيد OH^-

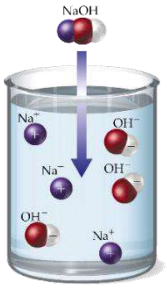
ما الصفة المشتركة بين قواعد أرهينيوس؟

هي القواعد التي تحتوي على أيون الهيدروكسيد، وينطبق ذلك بشكل عام على هيدروكسيدات فلزات المجموعتين الأولى والثانية من الجدول الدوري



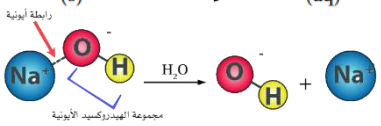
الجدول (2): بعض قواعد أرهينيوس.

القاعدة	الصيغة الكيميائية
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH
هيدروكسيد المغنيسيوم	$Mg(OH)_2$
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$



مثال الكتاب ص12: عند إذابة هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء ينتج أيون الهيدروكسيد OH^-:

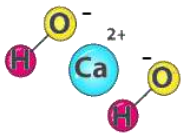
$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$



مثال الكتاب ص12: عند إذابة محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في الماء ينتج أيون الهيدروكسيد OH^-:

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

قواعد أرهينيوس إما تحتوي أيون هيدروكسيد واحد، مثل: هيدروكسيد الصوديوم، أو تحتوي على أيوني هيدروكسيد، مثل: هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$، هذا يعتمد على تكافؤ الطرف الموجب، تكافؤ الصوديوم=1 لأنه من 1A تكافؤ الكالسيوم=2 لأنه من مجموعة 2A



تعزيز مهم:

1- قواعد أرهينيوس مركبات أيونية تنتهي بأيون الهيدروكسيد OH^-

2- القاعدة التي تحتوي على أيوني هيدروكسيد تتفكك إلى 2 من أيونات الهيدروكسيد

قواعد	سلوك القاعدة وفق مفهوم أرهينيوس
LiOH	$LiOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
NaOH	$NaOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
KOH	$KOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
RbOH	$RbOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} Rb^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
CsOH	$CsOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} Cs^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
$Mg(OH)_2$	$Mg(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{H_2O} Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
$Ca(OH)_2$	$Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
$Sr(OH)_2$	$Sr(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{H_2O} Sr^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
$Ba(OH)_2$	$Ba(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

تعزيز: هيدروكسيدات الفلزات الأخرى نعتبرها قواعد أيونية ضعيفة وذائبيتها ضعيفة، لكن لوجود الهيدروكسيد فيها فهي تعتبر من قواعد أرهينيوس الضعيفة، مثال: هيدروكسيد الفضة AgOH لاحظ أن أرهينيوس لم يستطع تفسير سلوك القواعد الضعيفة (التساهمية) التي لا تحوي في صيغتها الكيميائية أيون الهيدروكسيد OH^- مثل الأمونيا NH_3 وغيرها من المركبات القاعدية التساهمية

رغم الإنجاز الذي حققه مفهوم أرهينيوس في مجال الكيمياء، فقد بقي محدودًا لأسباب كثيرة

ما أوجه القصور أو جوانب العجز في مفهوم أرهينيوس؟

1- تناول أرهينيوس الحموض والقواعد في المحاليل المائية فقط، فلم يتمكن من تفسير سلوكها عندما لا تكون مذابة في الماء؛ لذا لا يعدّ غاز HCl حمضًا وكذلك لا يعد غاز NH_3 قاعدة رغم أنهما يتفاعلان في الوسط المائي وأيضًا يتفاعلان في الحالة الغازية ودون أن يتأيّنا، وينتج من تفاعلهما الملح نفسه NH_4Cl كلوريد الأمونيوم

$$NH_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NH_4Cl_{(aq)}$$
$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

2- لم يتمكن من تفسير التأثير القاعدي لقواعد معروفة مثل الأمونيا NH_3 وغيرها كالقواعد العضوية [الأمينات وتوابعها]، فهي لا تحوي أيون الهيدروكسيد في تركيبها، لكنها تتأين في الماء وينتج عنها أيون الهيدروكسيد

3- لم يتمكن من تفسير التأثير الحمضي أو القاعدي للأملاح، مثل كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الحمضي أو كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ القاعدية

أتحقق ص12 (1): أصنف المواد الآتية إلى حموض وقواعد وفق مفهوم أرهينيوس:

$Sr(OH)_2$	$HCOOH$	HNO_3	KOH	$HClO_4$
قاعدة قوية	حمض ضعيف	حمض قوي	قاعدة قوية	حمض قوي
فيها هيدروكسيد وتنتج أيون هيدروكسيد في الماء	فيه هيدروجين وينتج بروتون عند تأينه في الماء	فيه هيدروجين وينتج بروتون عند تأينه في الماء	فيها هيدروكسيد وتنتج أيون هيدروكسيد في الماء	فيه هيدروجين وينتج بروتون عند تأينه في الماء

أتحقق ص12 (2): أكتب معادلة تبين التأثير القاعدي لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

$$KOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

فوائد:

- مفهوم أرهينيوس لا تظهر فيه مشاركة الماء (المذيب) في عملية تفكك أو تأين الحموض والقواعد
- لا فرق كبير إن قلنا تأين أو تفكك فكليهما مستخدمان في كتب الكيمياء ولا مشاحة في الاصطلاح، لكن للدقة العلمية تُستخدم كلمة تفكك أو تحلل للمركبات الأيونية في الماء لأن الرابطة الأيونية في المركب نشأت من تجاذب أيونات، ونستخدم كلمة تأين للمركبات التساهمية قابلة التأين في الماء

أسئلة وزارية: مفهوم أرهينيوس

وزارة 2007 شتوية: يتطلب تعريف الحموض والقواعد حسب مفهوم أرهينيوس شرطًا أساسيًّا هو: [2 علامة]

-1	إيصالها للتيار الكهربائي	-2	ذوبانها في وسط غير مائي
-3	ذوبانها في وسط مائي	-4	استخدام كواشف خاصة

الإجابة (3): لأن أرهينيوس اشترط السلوك الحمضي والقاعدي في المحاليل المائية فقط

وزارة 2013 شتوية: أي الآتية فشل أرهينيوس في تفسير السلوك الحمضي أو القاعدي لمحلوله المائي: [2 علامة]

-1	HF	-2	NaF
-3	NaOH	-4	HCOOH

الإجابة (2): لأنه ملح نتج من تفاعل حمض وقاعدة لم يستطع أرهينيوس تفسير سلوك تلك الأملاح

وزارة 2018 صيفية: أي من الآتية عجز أرهينيوس عن تفسير الخواص الحمضية لمحلوله: [2 علامة]

$NaOH\ ,HCl\ ,NH_4Cl$

الإجابة: NH_4Cl لأنه ملح

وزارة 2020 نظامي: المحلول الذي لا يسلك سلوكًا حمضيًّا وفق مفهوم أرهينيوس هو:

-1	HCN	-2	HClO
-3	NH_4Cl	-4	HI

الإجابة (3): لأنه ملح لم يفسره أرهينيوس، أما الباقي فهي حموض أرهينيوس [5 علامة]

وزارة 2020 خاصة تكميلي: المادة التي تنتج أيون OH^- عند إذابتها في الماء: [4 علامة]

-1	حمض لويس	-2	قاعدة لويس
-3	حمض أرهينيوس	-4	قاعدة أرهينيوس

الإجابة (4)

وزارة 2021: المعادلة التي تفسر السلوك الحمضي وفقًا لمفهوم أرهينيوس: [4 علامة]

-1	$HClO_{4(l)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + ClO_4{}^-_{(aq)}$
-2	$HClO_{4(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + ClO_4{}^-_{(aq)}$
-3	$HF_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons HCN_{(aq)} + F^-_{(aq)}$
-4	$Zn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)} \rightleftharpoons [Zn(H_2O)_4]^{2+}_{(aq)}$

الإجابة (1)

تدريبات خارجية وكيماشيك: مفهوم أرهينيوس

تدريب (1): أي المواد الآتية يعتبر قاعدة أرهينيوس؟

$Ba(OH)_{2(aq)}$	-2	$NaOH_{(s)}$	-1
$N_2H_{4(aq)}$	-4	$H_2O_{(l)}$	-3

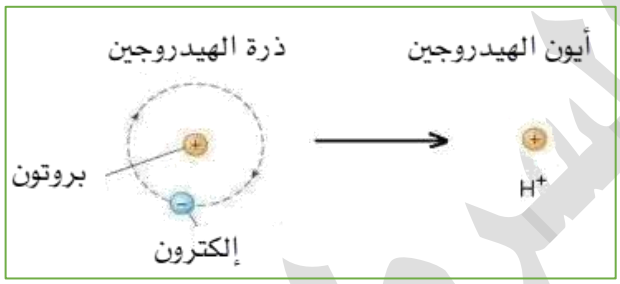
الإجابة (2): قاعدة تتأين وتنتج أيون الهيدروكسيد في المحلول المائي، بينما (1) مادة صلبة ولو افترضنا أنها أنتجت الهيدروكسيد في الماء رغم عدم ذوبانها، إلا أنها في الحالة الصلبة لا نعتبرها قاعدة أرهينيوس، أيضًا (3) الماء ليس بحمض ولا قاعدة عند أرهينيوس، وأخيرًا (4) لا تحتوي هيدروكسيد في صيغتها مثل الأمونيا وقد عجز أرهينيوس عن تفسير سلوكها القاعدي في الماء

تدريب (2): فسر السلوك الحمضي لـ $HClO_2$ في الماء وفق مفهوم أرهينيوس

هذا الحمض ضعيف سيكون تأينه جزئيًّا منتجًا أيون الهيدروجين في محلوله

$$HClO_{2(aq)} \overset{H_2O}{\Longleftrightarrow} H^+_{(aq)} + ClO_2^-{}_{(aq)}$$

تدريب (3): بالنظر إلى الشكل المجاور، فسر سبب تسمية أيون الهيدروجين بالبروتون



لأن الهيدروجين عدده الذري = 1، لديه بروتون واحد في النواة، فإذا فقد إلكترونه الوحيد أصبح موجب الشحنة ببروتون واحد، فسُمي بسبب ذلك بالبروتون

تدريب (4): صنِّف الحموض الآتية إلى أحادية، ثنائية، ثلاثية البروتون، وصنِّف القواعد إلى أحادية وثنائية الهيدروكسيد، وبيِّن القوي منها والضعيف

$Ba(OH)_2$	C_2H_5COOH	H_2S	$RbOH$	H_3PO_4
ثنائي الهيدروكسيد	أحادي البروتون	ثنائي البروتون	أحادي الهيدروكسيد	ثلاثي البروتون
قاعدة قوية	حمض ضعيف	حمض ضعيف	قاعدة قوية	حمض ضعيف

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل: مفهوم أرهينيوس

تدريب (1): أي من المواد الآتية قاعدة لكنه لا يعتبر قاعدة أرهينيوس؟

-1	KOH	-2	HCOOH
-3	HOCl	-4	N_2H_4

تدريب (2): أي من المواد الآتية تعد قاعدة حسب مفهوم أرهينيوس؟

-1	CH_3COONa	-2	NH_3
-3	HNO_3	-4	NaOH

تدريب (3): أي المحاليل المائية للمواد الآتية لا يعد من حموض أو قواعد أرهينيوس؟

-1	HNO_3	-2	HF
-3	NH_3	-4	LiOH

تدريب (4): صنِّف الحموض الآتية إلى أحادية، ثنائية، ثلاثية البروتون، وصنِّف القواعد إلى أحادية وثنائية الهيدروكسيد، وبيِّن القوي منها والضعيف

HNO_3	LiOH	H_2SO_3	$(CH_3)_3CH_2COOH$	$Ca(OH)_2$

تدريب (5): اكتب معادلات التأيّن في الماء، تُظهر فيها أن:

1- HOCl حمض أرهينيوس

2- NaOH قاعدة أرهينيوس

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أيون الهيدرونيوم Hydronium Ion

تعزيز:

تعلمنا سابقًا في الصف التاسع أن الحموض القوية والضعيفة تتأين في المحلول منتجة أيون الهيدروجين، وهذا أيضًا الذي كان يراه أرهينيوس، لكن الحقيقة العلمية الدقيقة أن أيون الهيدروجين لا يمكن أن يبقى منفردًا في المحلول بل سيتحد مع جزيء الماء مكوِّنًا أيون الهيدرونيوم وهذا الذي سنراه لاحقًا في معادلات التأين

ما المقصود بأيون الهيدرونيوم؟

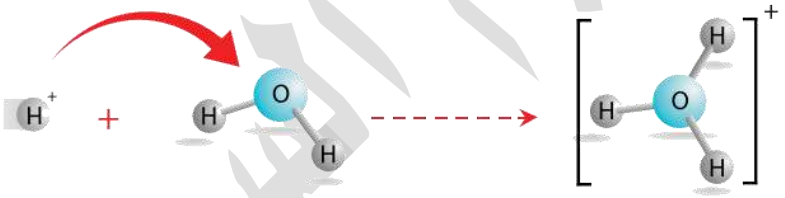
هو جزيء الماء الذي ارتبط بأيون الهيدروجين H^+ في المحلول برابطة تناسقية H_3O^+

فسر: أيون الهيدروجين لا يمكن أن يوجد منفردًا في المحلول

أو فسر: يتكوّن أيون الهيدرونيوم عند تأين الحموض في المحلول

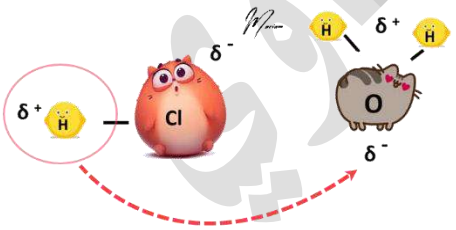
أيون الهيدروجين يتكون من بروتون واحد فقط، وهو جسيم صغير جدًّا، يحمل شحنة كهربائية عالية جدًّا (ذو كثافة كهربائية عالية) فيرتبط بجزيء الماء مكوِّنًا أيون الهيدرونيوم

$$H^+_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)}$$



نزيد في التفسير: ونوع الرابطة بين البروتون وجزيء الماء رابطة تناسقية وسنتعرف عليها في مفهوم لويس

تعزيز:



- كثافة الشحنة الكهربائية العالية على أيون الهيدروجين هي نتيجة حجمه الصغير جدًّا، وفي قوانين الفيزياء: كثافة الشحنة الكهربائية = (مقدار الشحنة المتوزعة على الأيون/حجم الأيون)، فكلما قل الحجم زادت كثافة الشحنة
- سنتفق أن كتابة أيون الهيدروجين في المعادلة هو نوع من العلم السابق ولا إشكال فيه، ومثله كتابة أيون الهيدرونيوم الذي هو أعقد مما نتصوّر في الحقيقة يعني هو ليس H_3O^+ فقط. سندقق بخصوص مكان الماء في المعادلة، إن كان الماء أعلى السهم كما في مفهوم أرهينيوس فإن الماء مذيب لا يشارك في شيء، وإن كان الماء ظاهرًا في المعادلة بجانب السهم فهو مشارك في التفاعل وهذا الذي سنتعلمه في مفهوم برونستد-لوري

مفهوم برونستد-لوري Bronsted-Lowry للحمض والقاعدة

⭐ بسبب قصور مفهوم أرهينيوس وعدم شموله استمر الكيميائيون بتطوير مفهومي الحمض والقاعدة

⭐ تمكّن العالمان برونستد ولوري من وضع تصوّر جديد وأكثر شمولية لمفهومي الحمض والقاعدة بالاعتماد على انتقال البروتون H^+ من الحمض إلى القاعدة أثناء التفاعل

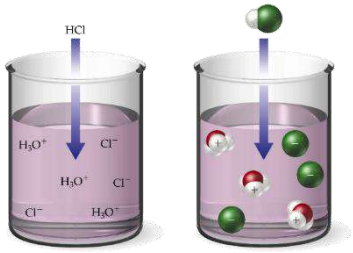
💡 ما المقصود بحمض برونستد-لوري؟

مادة يمكنها منح بروتون واحد في أثناء التفاعل (مانح للبروتون) H^+

💡 ما المقصود بقاعدة برونستد-لوري؟

مادة يمكنها استقبال بروتون واحد في أثناء التفاعل (مستقبل للبروتون) H^+

⭐ مثال الكتاب ص13: عند إذابة غاز كلوريد الهيدروجين HCl في الماء فإنه يمنح البروتون H^+ ويمثل الحمض، بينما يستقبل الماء البروتون H^+ ويمثل القاعدة:



$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

مانح — مستقبل

⭐ مثال الكتاب ص13-14: عند إذابة غاز الأمونيا NH_3 في الماء فإنه يستقبل البروتون H^+ وتمثل القاعدة، بينما يمنح الماء البروتون H^+ ويمثل الحمض:

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

مستقبل — مانح

⭐ مثال الكتاب ص14: عند خلط محلول HCl مع محلول NH_3 ينتقل البروتون H^+ من HCl الذي يمثل الحمض في التفاعل إلى NH_3 التي تمثل القاعدة:

$$NH_{3(aq)} + HCl_{(aq} \longrightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

مستقبل — مانح

⭐ فنقول عن التفاعلات التي يحدث فيها انتقال للبروتون أنها تفاعلات حمض وقاعدة برونستد-لوري

📝 تذكر أن هذا التفاعل لم يستطع أرهينيوس تفسيره ولا تفسير سلوك الملح المتكون NH_4Cl وستتعرف على هذه الأملاح في الدرس الرابع إن شاء الله

تعزيز: سنتعلم سلوك القواعد التي لم توافق مفهوم أرهينيوس، بينما القواعد القوية مثل NaOH التي وافقت مفهوم أرهينيوس لن نفسر سلوكها وفق مفهوم برونستد-لوري، بشكل مختصر تذكّر أنها مركب أيوني من أيون الهيدروكسيد وأيون الفلز، يستقبل الهيدروكسيد البروتون من الماء فيتكون الماء مرة أخرى، جرب عن فهم اكتب المعادلة لتفهم انتقال البروتون واستقباله في القاعدة القوية

المادة	سلوك الحموض والقواعد وفق مفهوم برونستد-لوري
حمض: HCl	$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
حمض: HNO_3	$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$
CH_3COOH حمض كربوكسيلي(عضوي)	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$
الحموض الكربوكسيلية R-COOH	$R-COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + R-COO^-_{(aq)}$
حمض: H_2SO_4	$H_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + HSO_4^-{}_{(aq)}$ $HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$
حمض: H_2CO_3	$H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$ $HCO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$
حمض: H_3PO_4	$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$ $H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$ $HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$
قاعدة: NH_3	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
قاعدة: N_2H_4	$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
CH_3NH_2 أمين (قاعدة)	$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
R-NH2 / R2-NH / R3-N الأمينات (قواعد عضوية)	$R-NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons R-NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ $(R)_2-NH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons (R)_2-NH_2^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ $(R)_3-N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons (R)_3-NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
NH_2OH هيدروكسيل أمين (قاعدة غير عضوية تسلك سلوك الأمينات العضوية)	$NH_2OH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_3OH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ أو يُزاد البروتون جهة الأكسجين وهذا المركب أقل استقرارًا $NH_2OH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_2OH_2^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

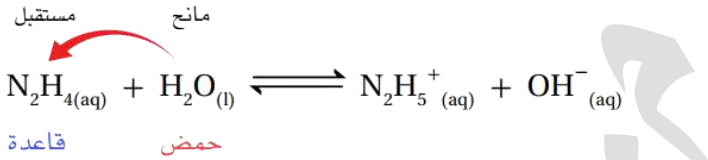
تعزيز: نلاحظ أن برونستد-لوري نجح في تفسير سلوك كثير من الحموض والقواعد وكثير من التفاعلات، خاصة تلك التي فشل أرهينيوس في تفسير سلوكها، لكنه لم يكن شاملاً لكل شيء، فاضطر العلماء لتطوير المفاهيم من خلال التجارب حتى وصل العالم لويس إلى المفهوم الأشمل

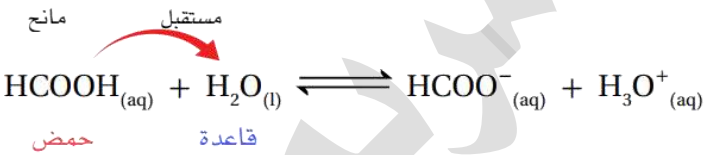
ما أوجه القصور أو جوانب العجز في مفهوم برونستد-لوري؟

1- لم يوضح كيفية ارتباط البروتون بالقاعدة [يعني ماهية الرابطة بينهما]

2- لم يفسر العديد من تفاعلات الحمض والقاعدة التي لا تشتمل على انتقال البروتون، مثل: تفاعل CO_2 مع الماء، وتفاعل الأيونات الفلزية مع الماء أو الأمونيا

أتحقق ص14: أحدد الحمض والقاعدة في التفاعلين الآتيين:





تعزيز:

- نعتمد الربط الذهني لحفظ مفهوم برونستد-لوري للحموض والقواعد

حمض مانح برو -قاعدة مستقبل برو

- إذا تفاعلت الجزيئات: نحدد الحمض والقاعدة على أساس معلوماتنا المحفوظة
- إذا تفاعلت الأيونات المختلفة: نعتبر الأيون الموجب حمض لأنه أقدر على منح البروتون من الأيون السالب، والسالب نعتبره قاعدة
- إذا تفاعلت الجزيئات مع الأيونات: نحدد الجزيء هل هو حمض أم قاعدة، وقد يكون أمفوتيريًّا لذا وقتها ننظر إلى الأيون وقدرته على المنح أو الاستقبال، وكل ذلك سيتضح مع الدروس شيئًا فشيئًا

الربط مع العلوم الطبية

سِرُّ الطعم المُرّ للأدوية

يتكوَّنُ العديد من الأدوية من قواعد تسمّى الأمينات، وهي موادُّ عضويّةٌ تُشتقُّ من الأمونيا NH_3، فالمستخلص المُرُّ من لِحاء الكينا مادّةٌ تسمّى الكينين، وهو من الأمينات، وقد استُخدم في مكافحة الملاريا

في الدروس التالية سنتعلم وفق مفهوم برونستد-لوري:

1- الأزواج المترافقة 2- القوة النسبية للحموض والقواعد 3- المواد الأمفوتيرية

أسئلة وزارية: مفهوم برونستد-لوري

وزارة 1999: اكتب معادلة تأين N_2H_4 مع الماء [2 علامة]

$$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + OH^-$$

وزارة 1999: اكتب معادلة كيميائية تمثل تفاعل CH_3NH_2 كقاعدة في الماء [2 علامة]

$$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$$

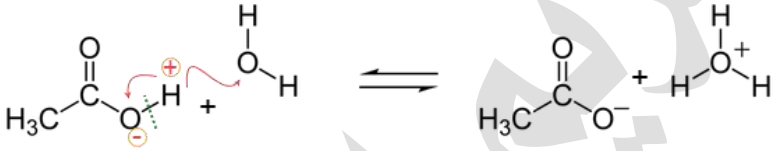
وزارة 2001 شتوية: اكتب معادلة تمثل التفاعل بين الأيون CN^- والحمض HF [2 علامة]

$$HF + CN^- \rightleftharpoons HCN + F^-$$

وزارة 2003 صيفية: فسِّر: السلوك الحمضي لـ CH_3COOH وفق مفهوم برونستد-لوري [2 علامة]

لأن له القدرة على منح بروتون

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$



وزارة 2004 صيفية: فسر: لا يوجد البروتون H^+ منفرداً في الوسط المائي [2 علامة]

لأن أيون الهيدروجين يتكون من بروتون واحد فقط، وهو جسيم صغير جداً، يحمل شحنة كهربائية عالية جداً (ذو كثافة كهربائية عالية) فيرتبط بجزيء الماء من خلال رابطة تناسقية مكوِّنًا أيون الهيدرونيوم

وزارة 2004 صيفية (معادة)/ 2012 شتوية/2013 شتوية:

الحمض حسب مفهوم برونستد-لوري هو مادة قادرة على: [2 علامة]

-1	استقبال بروتون	-2	منح بروتون
-3	استقبال زوج إلكترونات	-4	منح زوج إلكترونات

الإجابة (2)

وزارة 2004 شتوية: أكمل المعادلة الآتية: [2 علامة]

$$C_6H_5NH_2 + NH_4^+ \rightleftharpoons \cdots + \cdots$$

$$C_6H_5NH_2 + NH_4^+ \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + NH_3$$

وزارة 2011 صيفية: اكتب معادلة تفاعل NH_3 مع الماء [2 علامة]

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

وزارة 2013 شتوية: أكمل التفاعل الآتي: [2 علامة]

$$C_6H_5COO^- + HF \rightleftharpoons \cdots + \cdots$$

$$C_6H_5COO^- + HF \rightleftharpoons C_6H_5COOH + F^-$$

وزارة 2019 شتوية: اكتب معادلة تأين القاعدة C مع الماء [2 علامة]

$$C + H_2O \rightleftharpoons CH^+ + OH^-$$

وزارة 2019 صيفية: فسر بمعادلة السلوك القاعدي لمحلول N_2H_4 حسب مفهوم برونستد-لوري: [2 علامة]

$$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + OH^-$$

وزارة 2020 نظامي: تعد الأمونيا قاعدة عند تفاعلها مع الماء وفق برونستد-لوري لأنها:

-1	تستقبل بروتون	-2	تمنح بروتون
-3	تستقبل OH^-	-4	تمنح OH^-

الإجابة (1) [5 علامة]

وزارة 2020 نظامي: أيون يتفاعل مع الماء وينتج أيون الهيدرونيوم H_3O^+ هو: [5 علامة]

-1	Na^+	-2	OCl^-
-3	NO_3^-	-4	NH_4^+

الإجابة (4)

وزارة 2020 نظامي تكميلي: الأيون الذي يتفاعل مع الماء وينتج أيون الهيدرونيوم H_3O^+:

-1	Na^+	-2	Cl^-
-3	F^-	-4	NH_4^+

الإجابة (4) [4 علامة]

وزارة 2021: نواتج تفاعل NH_4^+ مع CH_3NH_2 هي: [4 علامة]

-1	$NH_3 + CH_3NH_3^+$	-2	$NH_3 + CH_3NH^-$
-3	$NH_4^+ + CH_3NH^+$	-4	$NH_4^+ + CH_3NH_3^-$

الإجابة (1)

وزارة 2022: المادة التي لم يستطع مفهوم برونستد-لوري تفسير سلوكها الحمضي:

-1	NH_4^+	-2	HCO_3^-
-3	Co^{2+}	-4	H_2O

الإجابة (3) [4 علامة]

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريبات خارجية وكيماشيك: مفهوم برونستد-لوري

تدريب (1): فسر سلوك $HBrO$ في الماء وفق مفهوم برونستد لوري لتحديد هل هي حمض أم قاعدة؟

$$HBrO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + BrO^-_{(aq)}$$

تكوّن أيون الهيدرونيوم في النواتج دليل على أن $HBrO$ حمض منح البروتون إلى الماء

تدريب (2): اكتب معادلة التأين لحمض H_2SeO_3 في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري

$$H_2SeO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HSeO_3^-{}_{(aq)}$$

تدريب (3): اكتب معادلة التأين H_2S في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري وبيّن سلوكه

$$H_2S_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HS^-_{(aq)}$$

سلوكه حمضي لأنه منح البروتون إلى الماء

تدريب (4): اكتب معادلة التأين لـ CH_3NH_2 في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري وبيّن سلوكه

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

سلوكه قاعدي لأن استقبل البروتون من الماء

تدريب (5) كيماشيك: إذا علمت أن حمض الهيدروكلوريك مانح البروتون إلى الأمونيا فيتكون مركب كلوريد الأمونيوم، من خلال التفاعل الآتي:

$$\underset{\text{مستقبل}}{NH_{3(aq)}} + \underset{\text{مانح}}{HCl_{(aq)}} \longrightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

طبق نفس المبدأ ووضح عملية انتقال البروتون بين الحمض والقاعدة في المعادلة الآتية:

$$\underset{\text{مستقبل}}{KOH_{(aq)}} + \underset{\text{مانح}}{CH_3COOH_{(aq)}} \rightleftharpoons CH_3COOK_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

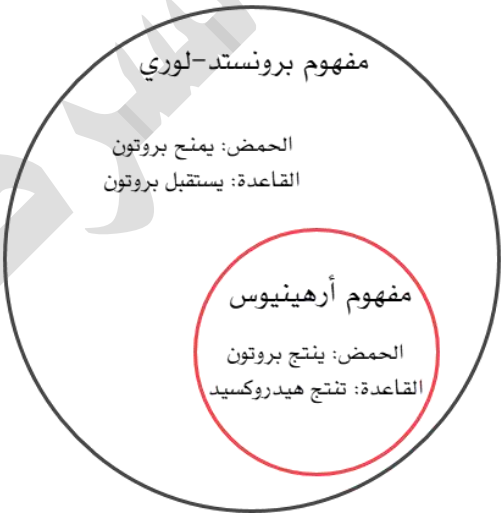
(قدرات عليا): بما أن مركب هيدروكسيد البوتاسيوم أيوني فهو أيونات في المحلول، يستقبل أيون الهيدروكسيد (قاعدة برونستد-لوري) البروتون من حمض الإيثانويك (حمض برونستد-لوري) فيتكون الماء، ثم يتكون ملح أسيتات البوتاسيوم أو إيثانوات البوتاسيوم

تدريب (6): صنِّف المواد الآتية قواعد برونستد لوري فقط، قواعد أرهينيوس فقط، قواعد أرهينيوس أو برونستد-لوري

$Ca(OH)_2$	CH_3NH_2	N_2H_4	$NaOH$	C_5H_5N
قاعدة أرهينيوس أو برونستد-لوري	قاعدة برونستد-لوري فقط	قاعدة برونستد-لوري فقط	قاعدة أرهينيوس أو برونستد لوري	قاعدة برونستد-لوري فقط

تدريب (7) كيماشيك: صح أم خطأ:

1- الأمينات قواعد عضوية ليست من قواعد أرهينيوس (صح)
2- كل قواعد وحموض أرهينيوس هي قواعد وحموض برونستد-لوري، وليس العكس (صح)
3- فسر برونستد-لوري ما عجز عنه أرهينيوس من خلال مفهوم انتقال البروتون، لكنه عجز عن تفسير طريقة ارتباط البروتون بالقاعدة (صح)
4- قواعد أرهينيوس مركبات أيونية بينما قواعد برونستد-لوري مركبات أيونية وتساهمية وأيونات (صح)



منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل: مفهوم برونستد لوري

تذكر الحموض والقواعد القوية الشائعة "في التهيئة" نكتب تأينها بسهم واحد لأنها تتأين كليًّا، فإن ورد عليك غيرها ستتعامل معه بمعادلات تأين جزئي "سهمين"

تدريب (1): اكتب معادلات تأيّن تُظهر فيها أن:

3- $HClO_4$ حمض برونستد-لوري

4- NH_3 قاعدة برونستد-لوري

تدريب (2): اكتب معادلة التأين لحمض H_2AsO_3 في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري

تدريب (3): اكتب معادلة التأين HCN في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري وبيّن عملية انتقال البروتون من ..... وإلى ..... ثم قارن بينها وبين سلوك HCN وفق مفهوم أرهينيوس

تدريب (4): وضح سلوك $C_6H_5NH_2$ في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري من خلال معادلة كيميائية، هل هو سلوك حمضي أم قاعدي ولماذا؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الأزواج المترافقة Conjugated Pairs

بالاعتماد على تفاعلات الحموض والقواعد وفق مفهوم برونستد ولوري يكون لكل حمض في التفاعل قاعدة مرافقة في المواد الناتجة، ولكل قاعدة في التفاعل حمض مرافق في المواد الناتجة، يعني أزواج مترافقة في تفاعلات الحموض والقواعد

ما المقصود بالأزواج المترافقة؟

الحمض والقاعدة المرافقة الناتجة عنه في التفاعل، أو القاعدة والحمض المرافق الناتج عنها في التفاعل

ما المقصود بالقاعدة المرافقة؟

هي المادة الناتجة عن منح الحمض للبروتون

ما المقصود بالحمض المرافق؟

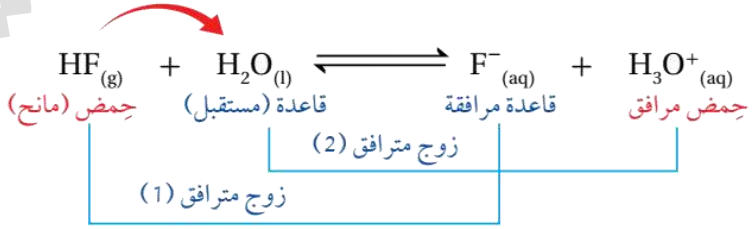
هي المادة الناتجة عن استقبال القاعدة للبروتون

مثال الكتاب ص14: يتفاعل حمض HCl مع محلول القاعدة CH_3NH_2، فالحمض يمنح البروتون H^+ وينتج أيون الكلوريد Cl^- الذي يسمى قاعدة مرافقة، بينما تستقبل القاعدة CH_3NH_2 البروتون H^+ وينتج عن ذلك الأيون $CH_3NH_3^+$ ويسمى الحمض المرافق

زوج مترافق (1) الحمض وقاعدته المرافقة: HCl/Cl^-

زوج مترافق (2) القاعدة وحمضها المرافق: $CH_3NH_2/CH_3NH_3^+$

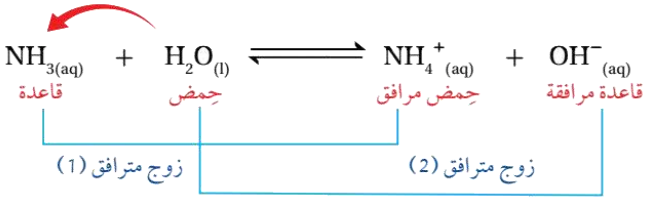
مثال الكتاب ص15: عند إذابة حمض HF في الماء فهو يمنح البروتون لينتج عنه أيون الفلوريد F^- وهو قاعدته المرافقة، يستقبل الماء البروتون فهو القاعدة لينتج عنه أيون الهيدرونيوم وهو حمضه المرافق:



زوج مترافق (1) الحمض وقاعدته المرافقة: HF/F^-

زوج مترافق (2) القاعدة وحمضها المرافق: $H_2O/\ H_3O^+$

مثال الكتاب ص15: عند تفاعل الأمونيا NH_3 مع الماء فإن البروتون ينتقل من الماء إلى الأمونيا لأن الأمونيا قاعدة تستقبل، فنعتبر الماء حمض يمنح البروتون، ينتج أيون الهيدروكسيد القاعدة المرافقة للماء، وأيون الأمونيوم الحمض المرافق للأمونيا:



زوج مترافق (1) القاعدة وحمضها المرافق: NH_3/ NH_4^+

زوج مترافق (2) الحمض وقاعدته المرافقة: H_2O/ OH^-

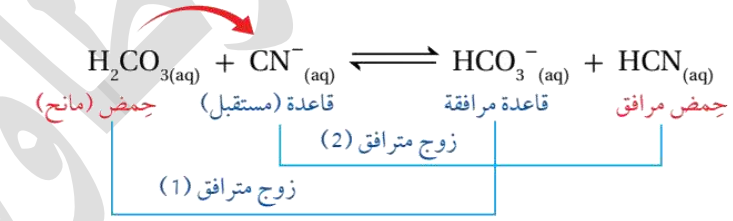
تعزيز:

- لتمييز الأزواج المترافقة: ننظر لنقص وزيادة بروتون واحد H^+، فالذي يزيد فيه البروتون هو الحمض والذي ينقص منه البروتون هو القاعدة

الحمض المرافق = نحطله بروتون وتزيد الشحنة

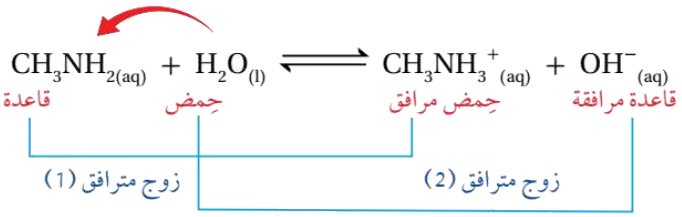
القاعدة المرافقة = نقلع منه بروتون وتقل الشحنة

أتحقق ص15: أحدد الزوجين المترافقين في كل من التفاعلين الآتيين:



زوج مترافق (1) الحمض وقاعدته المرافقة: H_2CO_3/ HCO_3^-

زوج مترافق (2) القاعدة وحمضها المرافق: CN^-/ HCN



زوج مترافق (1) القاعدة وحمضها المرافق: $CH_3NH_2/ CH_3NH_3^+$

زوج مترافق (2) الحمض وقاعدته المرافقة: H_2O/ OH^-

أسئلة وزارية: الأزواج المترافقة

وزارة 1998: حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة: [2 علامة]

$$HF + HCO_3^- \rightleftharpoons F^- + H_2CO_3$$

HF/F^- — قاعدة مرافقة/حمض

HCO_3^-/H_2CO_3 — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2016/2000 شتوية: أكتب معادلة تفاعل NH_2OH مع الماء ثم حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [4 علامة]

$$NH_2OH + H_2O \rightleftharpoons NH_3OH^+ + OH^-$$

H_2O/OH^- — قاعدة مرافقة/حمض

NH_2OH/NH_3OH^+ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2016 شتوية: تكرر السؤال بشكل آخر: صيغة الحمض المرافق للقاعدة NH_2OH

هذا المركب: هيدروكسيل أمين يُصنف من الأمينات: يميل لكونه قاعدة لذا يستقبل البروتون من الماء إما يستقبله على النيتروجين NH_3OH^+ أو على الأكسجين $NH_2OH_2^+$

وزارة 2001: أكتب معادلة تفاعل الحمض HC مع القاعدة NH_3 وفق تعريف برونستد-لوري، وحدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في معادلة التفاعل نفسه: [4 علامة]

$$HC + NH_3 \rightleftharpoons C^- + NH_4^+$$

حمض مرافق — قاعدة مرافقة — قاعدة (مستقبل) — حمض (مانح)

وزارة 2001 تكميلي: حدِّد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة عند تفاعل حمض HD مع الماء: [4 علامة]

$$HD + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + D^-$$

HD/D^- — قاعدة مرافقة/حمض

H_2O/H_3O^+ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2001 شتوية: أكتب معادلة تفاعل Z^- مع الماء، حدد الزوجين المترافقين: [4 علامة]

$$Z^- + H_2O \rightleftharpoons HZ + OH^-$$

H_2O/OH^- — قاعدة مرافقة/حمض

Z^-/HZ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2002 صيفية: أكتب معادلة تفاعل القاعدة A مع الماء، ثم حدد الزوجين المترافقين: [4 علامة]

$$A + H_2O \rightleftharpoons AH^+ + OH^-$$

A/AH^+ — حمض مرافق/قاعدة

H_2O/OH^- — قاعدة مرافقة/حمض

وزارة 2003 شتوية/2003 صيفية/2004 صيفية/2005 صيفية/2012 شتوية/2019 شتوية وتكميلي: أكتب معادلة موزونة تمثل التفاعل بين محلول الحمض HD والأيون C^-، ثم حدد الزوجين المترافقين: [4 علامة]

$$HD + C^- \rightleftharpoons HC + D^-$$

C^-/HC — حمض مرافق/قاعدة

HD/D^- — قاعدة مرافقة/حمض

نمط وزاري متشابه مع تغيير الرموز والشحنات، افهمها بتعرف تحلها

وزارة 2003 صيفية: الحمض المرافق لـ HPO_4^{2-} هو: [2 علامة]

1- PO_4^{3-} 2- $H_2PO_4^-$

3- H_3PO_4 4- H_3O^+

الإجابة (2) في الحمض نزيد بروتون وتقل الشحنة بمقدار واحد

وزارة 2004 صيفية (معادة): حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [2 علامة]

$$NH_2^- + HCO_3^- \rightleftharpoons NH_3 + CO_3^{2-}$$

انظر إلى النواتج، CO_3^{2-} نقصت بروتون يعني HCO_3^- تصرف كحمض و NH_2^- هو القاعدة

NH_2^-/NH_3 — حمض مرافق/قاعدة

HCO_3^-/CO_3^{2-} — قاعدة مرافقة/حمض

وزارة 2004 شتوية: أكتب معادلة تفاعل القاعدة C_5H_5N مع الماء ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في التفاعل: [4 علامة]

$$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$$

$C_5H_5N/C_5H_5NH^+$ — حمض مرافق/قاعدة

H_2O/OH^- — قاعدة مرافقة/حمض

وزارة 2005 شتوية: حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [2 علامة]

$$NH_3 + C_5H_5NH^+ \rightleftharpoons NH_4^+ + C_5H_5N$$

$C_5H_5NH^+/C_5H_5N$ — قاعدة مرافقة/حمض

NH_3/NH_4^+ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2006 صيفية: أكمل الفراغ في المعادلة الآتية ثم حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [2 علامة] $CH_3CH_2O^- + CH_3NH_3^+ \rightleftharpoons \cdots\ldots\ldots\ldots + \cdots\ldots\ldots$

$$CH_3CH_2O^- + CH_3NH_3^+ \rightleftharpoons CH_3CH_2OH + CH_3NH_2$$

$CH_3NH_3^+/CH_3NH_2$ — قاعدة مرافقة/حمض

$CH_3CH_2O^-/CH_3CH_2OH$ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2007 صيفية: أحد المحاليل الآتية ليس (حمض/قاعدة) مترافقان: [2 علامة]

1- H_2SO_4/HSO_4^- 2- H_2CO_3/HCO_3^-

3- H_3PO_4/HPO_4^{2-} 4- NH_3/NH_2^-

الإجابة (3) لأن القاعدة المرافقة هي $H_2PO_4^-$

وزارة 2009 شتوية: أكمل الفراغ في المعادلة الآتية ثم حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [4 علامة] $CN^- + HCO_3^- \rightleftharpoons \cdots\ldots\ldots\ldots + \cdots\ldots\ldots$

$$CN^- + HCO_3^- \rightleftharpoons HCN + CO_3^{2-}$$

HCO_3^-/CO_3^{2-} — قاعدة مرافقة/حمض

CN^-/HCN — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2009 صيفية: أكمل الفراغ في المعادلة الآتية ثم حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [4 علامة] $N_2H_5^+ + H_2O \rightleftharpoons \cdots\ldots\ldots\ldots + \cdots\ldots\ldots$

$$N_2H_5^+ + H_2O \rightleftharpoons N_2H_4 + H_3O^+$$

$N_2H_5^+/N_2H_4$ — قاعدة مرافقة/حمض

H_2O/H_3O^+ — حمض مرافق/قاعدة

منهاجي
متعة التعليم الهادف

وزارة 2011 صيفية: حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة: [2 علامة]

$$CH_3NH_2 + HF \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + F^-$$

قاعدة (مستقبل) حمض (مانح) حمض مرافق قاعدة مرافقة

HF/F^- $CH_3NH_2/CH_3NH_3^+$

قاعدة مرافقة/حمض حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2013 شتوية: حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في التفاعل: [2 علامة]

$$HCOOH + NO_2^- \rightleftharpoons HCOO^- + HNO_2$$

حمض (مانح) قاعدة (مستقبل) قاعدة مرافقة حمض مرافق

$HCOOH/HCOO^-$ NO_2^-/HNO_2

قاعدة مرافقة/حمض حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2013 صيفية: أكمل التفاعل التالي ثم حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة: [3 علامات]

$$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons OH^- + \dots\dots$$

$$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons OH^- + N_2H_5^+$$

H_2O/OH^- $N_2H_4/N_2H_5^+$

قاعدة مرافقة/حمض حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2014 شتوية: أكمل التفاعل التالي ثم حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [4 علامة]

$$CH_3NH_2 + C_5H_5NH^+ \rightleftharpoons \cdots\dots + \dots\dots$$

$$CH_3NH_2 + C_5H_5NH^+ \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + C_5H_5N$$

$C_5H_5NH^+/C_5H_5N$ $CH_3NH_2/CH_3NH_3^+$

قاعدة مرافقة/حمض حمض مرافق/قاعدة

منهاجي
متعة التعليم الهادف

وزارة 2014 صيفية: أكتب معادلة تأين CH_3NH_2 في الماء ثم حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة: [4 علامة]

$$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$$

H_2O / OH^- — قاعدة مرافقة/حمض

$CH_3NH_2 / CH_3NH_3^+$ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2015 شتوية: ما صيغة القاعدة المرافقة للحمض HNO_2؟ [2 علامة]

الحمض يزيد عن القاعدة ببروتون فالقاعدة المرافقة ستكون NO_2^-

وزارة 2015 صيفية: حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في التفاعل: [2 علامة]

$$HBrO + CN^- \rightleftharpoons BrO^- + HCN$$

$HBrO / BrO^-$ — قاعدة مرافقة/حمض

CN^- / HCN — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2016 شتوية/2017 شتوية: حدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في التفاعل: [2 علامة]

$$N_2H_4 + NH_4^+ \rightleftharpoons N_2H_5^+ + NH_3$$

NH_4^+ / NH_3 — قاعدة مرافقة/حمض

$N_2H_4 / N_2H_5^+$ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2018 صيفية/2019 صيفية: حدد الزوجين المترافقين من تفاعل N_2H_4 مع $C_6H_5NH_3^+$: [2 علامة]

$$N_2H_4 + C_6H_5NH_3^+ \rightleftharpoons N_2H_5^+ + C_6H_5NH_2$$

$C_6H_5NH_3^+ / C_6H_5NH_2$ — قاعدة مرافقة/حمض

$N_2H_4 / N_2H_5^+$ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2018 صيفية: ما صيغة الحمض المرافق للقاعدة CH_3NH_2؟ [2 علامة]

الحمض المرافق= $CH_3NH_3^+$

وزارة 2018 صيفية: حدد الزوجين المترافقين من تفاعل H_2SO_3 مع CN^-: [2 علامة]

$$H_2SO_3 + CN^- \rightleftharpoons HSO_3^- + HCN$$

H_2SO_3 / HSO_3^- — قاعدة مرافقة/حمض

CN^- / HCN — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2019 شتوية: ما صيغة الحمض المرافق للقاعدة D؟ [2 علامة]

الحمض المرافق= HD^+ أو DH^+

وزارة 2019 صيفية: أكتب الأزواج المترافقة عند تفاعل NH_4^+ مع CH_3NH_2: [4 علامة]

$$CH_3NH_2 + NH_4^+ \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + NH_3$$

قاعدة (مستقبل) — حمض (مانح) — حمض مرافق — قاعدة مرافقة

NH_4^+/NH_3 — قاعدة مرافقة/حمض

$CH_3NH_2/CH_3NH_3^+$ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2019 تكميلي: أكمل المعادلة الآتية وحدِّد الأزواج المترافقة: [8 علامات]

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

H_2O/OH^- — قاعدة مرافقة/حمض

NH_3/NH_4^+ — حمض مرافق/قاعدة

وزارة 2019 صيفية: ما صيغة الحمض المرافق للقاعدة N_2H_4؟ [2 علامة]

الحمض المرافق= $N_2H_5^+$

وزارة 2020 نظامي: أحد الآتية زوج مترافق ينتج من تفاعل N_2H_4 مع NH_4^+: [5 علامة]

-1	N_2H_4/NH_4^+	-2	$N_2H_5^+/NH_3$
-3	$N_2H_4/N_2H_5^+$	-4	$N_2H_5^+/NH_4^+$

الإجابة (3)

وزارة 2020 خاصة: أحد الآتية زوج مترافق ينتج من تفاعل NH_3 مع HCO_3^-: [5 علامة]

-1	HCO_3^-/H_2CO_3	-2	HCO_3^-/NH_3
-3	HCO_3^-/CO_3^{2-}	-4	HCO_3^-/NH_4^+

الإجابة (3)

2020 نظامي تكميلي: الزوج المترافق من الحمض والقاعدة وفق مفهوم برونستد-لوري ينتج من تفاعل: [4 علامة]

-1	$NH_3 + H_2O$	-2	$NH_4^+ + H_3O^+$
-3	$NH_4^+ + N_2H_5^+$	-4	$NH_3 + OH^-$

الإجابة (1)

وزارة 2020 خاصة تكميلي: في التفاعل $HCN + H_2O$ فإن أحد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة هو: [4 علامة]

-1	HCN/H_2O	-2	HCN/CN^-
-3	HCN/H_3O^+	-4	CN^-/H_3O^+

الإجابة (2)

وزارة 2021 تكميلي: الحمض المرافق للقاعدة OH^- هو: [4 علامة]

-1	H_3O^+	-2	H_2O
-3	O^{2-}	-4	H^+

الإجابة (2)

وزارة 2021 تكميلي: يتفاعل الحمض HOCl مع القاعدة المرافقة للحمض H_2CO_3 فإن أحد نواتج التفاعل هو: [4 علامة]

-1	$HOCl$	-2	CO_3^{2-}
-3	HCO_3^-	-4	H_2CO_3

الإجابة (4): لأن القاعدة المرافقة للحمض هي HCO_3^- تستقبل بروتون من الحمض HOCl

HClO هو نفسه HOCl الهيدروجين مرتبط بالأكسجين

وزارة 2022: المادة التي تسلك سلوكًا قاعديًّا في التفاعل العكسي: [4 علامة]

$$HSO_{3(aq)}^- + NH_{3(aq)} \rightleftharpoons SO_{3(aq)}^{2-} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

-1	HSO_3^-	-2	NH_3
-3	NH_4^+	-4	SO_3^{2-}

الإجابة (4)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريبات خارجية وكيماشيك: الأزواج المترافقة

مهم نتذكر: الحمض المرافق = نحطه بروتون وتزيد الشحنة

القاعدة المرافقة = نقلع منه بروتون وتقل الشحنة

تدريب (1): اكتب القاعدة المرافقة لكل حمض مما يلي:

H_3PO_4	NH_4^+	H_3O^+	C_2H_5COOH	HF
$H_2PO_4^-$	NH_3	H_2O	$C_2H_5COO^-$	F^-

تدريب (2): اكتب الحمض المرافق لكل قاعدة مما يلي:

HSO_3^-	OH^-	CO_3^{2-}	NH_2^-	C_2H_6NH
H_2SO_3	H_2O	HCO_3^-	NH_3	$C_2H_6NH_2^+$

تدريب (3): أكمل المعادلات الآتية ثم حدد الأزواج المترافقة:

$NH_3 + HOCl \rightleftharpoons \cdots + \cdots$

$NH_3 + HOCl \rightleftharpoons NH_4^+ + OCl^-$

ق ح ح.م ق.م

NH_3/NH_4^+

$HOCl/OCl^-$

$CN^- + H_2O \rightleftharpoons \cdots + \cdots$

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

ق ح ح.م ق.م

CN^-/HCN

H_2O/OH^-

$H_2S + H_2O \rightleftharpoons \cdots + \cdots$

$H_2S + H_2O \rightleftharpoons HS^- + H_3O^+$

ح ق ق.م ح.م

H_2S/HS^-

H_2O/H_3O^+

تدريب (4) كيماشيك: حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة:

$O^{2-} + H_2O \rightleftharpoons 2OH^-$

O^{2-}/OH^-

حمض مرافق/قاعدة

H_2O/OH^-

قاعدة مرافقة/حمض

قدرات عليا: ملاحظة أن المعادلة الكاملة هي:

$O^{2-} + H_2O \rightleftharpoons OH^- + OH^-$

فتصبح

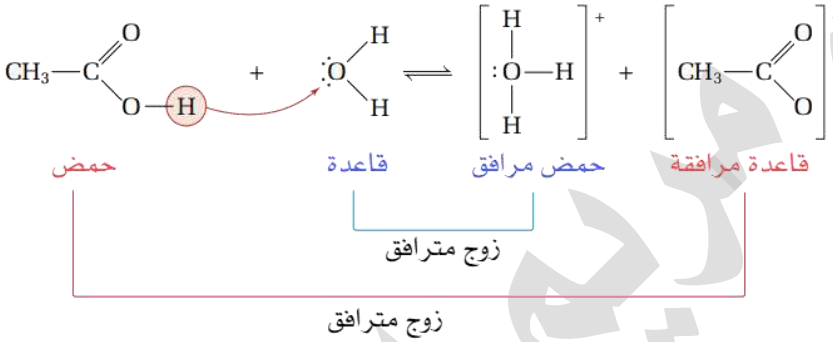
$O^{2-} + H_2O \rightleftharpoons 2OH^-$

أيون الهيدروكسيد مرة حمض مرافق ومرة قاعدة مرافقة، لكن يجب أن نعلم أن OH^- يسلك سلوك القاعدة في التفاعلات وحالات خاصة جدًّا ممكن يفقد بروتونه فيتكون منه O^{2-} كما في هذا التفاعل، أيضًا مهم أن نعلم أنه لم يتم تصنيفه كمادة أمفوتيرية وسنتعلم لاحقًا ماهية المادة الأمفوتيرية

تدريب (5) كيماشيك: وضِّح بالرسم سلوك حمض الخليك في الماء وفق مفهوم برونستد-لوري، ثم حدِّد الأزواج المترافقة من خلال المعادلة الكيميائية

تذكر أن حمض الخليك هو نفسه الأسيتيك وأيضًا نفسه الإيثانويك

مهارات عليا: رسم عملية انتقال البروتون من خلال الصيغ البنائية للمركبات



تدريب (6) كيماشيك: اختر الإجابة الصحيحة بخصوص التفاعل الآتي:

$$HBO_3^{2-} + HSiO_3^- \rightleftharpoons SiO_3^{2-} + H_2BO_3^-$$

-1	$HBO_3^{2-}/HSiO_3^-$ أزواج مترافقة من الحمض والقاعدة
-2	$HSiO_3^-/SiO_3^{2-}$ كلاهما يسلك سلوك الحموض في التفاعل
-3	HBO_3^{2-}/SiO_3^{2-} كلاهما يسلك سلوك القواعد في التفاعل
-4	HBO_3^{2-}/SiO_3^{2-} أزواج مترافقة من الحمض والقاعدة

الإجابة (3)

تدريب (7): اختر الزوج المترافق للتفاعل الآتي:

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

-1	HCl/H_2O	-2	H_3O^+
-3	H_3O^+/H_2O	-4	HCl/H_3O^+

الإجابة (3)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريب (8) كيماشيك: القاعدة المرافقة للأمونيا NH_3:

-1	NH_4^+	-2	NH_2^-
-3	NH_3	-4	NH_2OH

الإجابة (2): سنتعرف لاحقًا في التعزيز والإضافات في درس المواد الأمفوتيرية: أن الأمونيا لها سلوك أمفوتيري، لكن مع الماء والحموض هي تسلك سلوك القاعدة

تدريب (9) كيماشيك: الحمض المرافق لـ Ac^-:

-1	HAc	-2	HAc^-
-3	H_2O	-4	HAc^+

الإجابة (1)

تدريب (10): أي عبارة من العبارات الآتية غير صحيحة؟

-1	القاعدة المرافقة لـ H_2O هي OH^-	-2	القاعدة المرافقة لـ HCO_3^- هي H_2CO_3
-3	الحمض المرافق لـ NH_3 هو NH_4^+	-4	القاعدة المرافقة لـ HCN هي CN^-

الإجابة (2)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل: الأزواج المترافقة

تدريب (1): المواد الآتية هي حموض وقواعد برونستد-لوري، بيّن زوج مترافق واحد من بين تلك المواد

NH_3 , H_2O , NH_4^+ , Cl^- , CO_3^{2-} , HCN

الزوج المترافق من الحمض ..... و القاعدة .....

تدريب (2): ادرس المعادلات المبينة في الجدول التالي وأكمل الفراغات بما يناسبها:

معادلة التفاعل	الحمض	القاعدة المرافقة	القاعدة	الحمض المرافق
$H_2SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_3^-$	H_2SO_3			H_3O^+
$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + OH^-$			N_2H_4	
$HF + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 + F^-$	HF			
$H_2S + F^- \rightleftharpoons HS^- + HF$		HS^-		
$C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$				$C_6H_5NH_3^+$

تدريب (3): اكتب القاعدة المرافقة لكل من حموض برونستد-لوري الآتية:

H_2SO_4	NH_4^+	H_2O	$C_2H_5NH_3^+$	$HOCl$

تدريب (4): اكتب الحمض المرافق لكل من قواعد برونستد-لوري الآتية:

HCO_3^-	O^{2-}	CO_3^{2-}	H_2O	C_5H_5N

تدريب (5): فسر السلوك الحمضي لحمض HCl من خلال معادلات كيميائية وفق مفهومي أرهينيوس، وبرونستد-لوري

تذكر أن أرهينيوس اعتبر الماء وسطًا للمحاليل بخلاف برونستد جعله من ضمن المتفاعلات

قوة الحمض والقاعدة

- انظر الجدول (3): هناك علاقة عكسية بين قوة الحمض والقاعدة المرافقة له، أيضا قوة القاعدة والحمض المرافق لها
فالحمض القوي ينتج عنه قاعدة مرافقة ضعيفة أي ليس لها القدرة على استقبال بروتون من الحمض الذي في جهتها
والحمض الضعيف ينتج عنه قاعدة قوية لها القدرة على استقبال بروتون من الحمض الذي في جهتها

تفاعلات الحموض والقواعد تتجه دائمًا من الجهة الأقوى إلى الجهة الأضعف

القاعدة	الحِمض
ClO_4^-	$HClO_4$
HSO_4^-	H_2SO_4
I^-	HI
Br^-	HBr
Cl^-	HCl
NO_3^-	HNO_3
H_2O	H_3O^+
HSO_3^-	H_2SO_3
$H_2PO_4^-$	H_3PO_4
NO_2^-	HNO_2
F^-	HF
CH_3COO^-	CH_3COOH
HCO_3^-	H_2CO_3
HS^-	H_2S
ClO^-	HClO
BrO^-	HBrO
NH_3	NH_4^+
CN^-	HCN
OH^-	H_2O

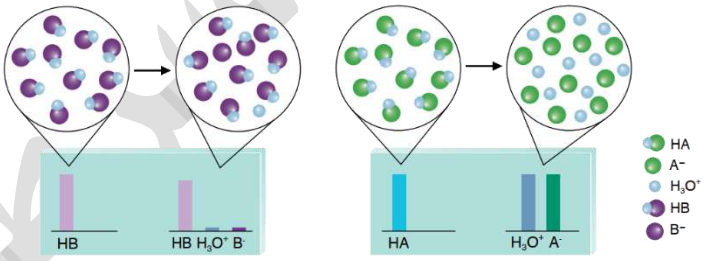
تزايد قوة القاعدة ↓ — تزايد قوة الحمض ↑

تُصنَّف الحموض والقواعد حسب قوتها إلى نوعين:

1- حموض وقواعد ضعيفة: تتأين جزئيًّا، ويكون مرافقها قويًّا

2- حموض وقواعد قوية: تتأيَّن كليًّا، ويكون مرافقها ضعيفًا

العلاقة عكسية من ناحية القوة بين الأزواج المترافقة



أ) حمض قوي.

ب) حمض ضعيف.

الشكل (4): تأيُّنُ الحموض القويّة والحموض الضعيفة في الماء.

تعزيز: شوي نراجع ونربط المعلومات:

درسنا سابقًا أن الحموض والقواعد القوية تتأيّن كليًّا في الماء وتفاعلها بسهم واحد، والناتج أيونات المركب كلها في المحلول، ولذا هي محاليل كهرلية قوية موصلة للتيار الكهربائي، بينما الحموض والقواعد الضعيفة تتأين جزئيًّا وبشكل ضئيل من الأيونات ويبقى جزء كبير من المركب على حاله فالتفاعل بسهمين واسمه تفاعل منعكس يحدث فيه اتزان ديناميكي وموضع الاتزان مُزاح جهة المتفاعلات لأنها تبقى الأكثر تركيزًا، محاليلها كهرلية ضعيفة موصلة بشكل ضعيف للتيار الكهربائي، انظر الشكل (4)

اذكر الأمور التي تعتمد عليها قوة الحمض؟

كلما زادت قدرته على التأين ومنح البروتون زادت قوته، وقلّت قوة قاعدته المرافقة

اذكر الأمور التي تعتمد عليها قوة القاعدة؟

كلما زادت قدرتها على التأين واستقبال البروتون زادت قوتها، وقلّت قوة حمضها المرافق

تفسير التأين الكلي والجزئي وفق مفهوم برونستد لوري:

تعزيز: سننظر إلى تفاعلات الحموض والقواعد وفق مفهوم برونستد-لوري على أنها معركة بين الجانب القوي والضعيف على طرفي التفاعل، فالجانب القوي يغلب ويسير التفاعل منه إلى ناحية الجانب الأضعف، لأن الجانب القوي أقدر على منح واستقبال البروتون

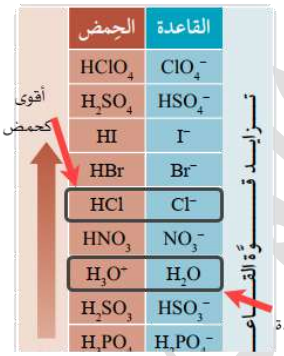
نعتبر الماء في طرف القوي قوي، وفي طرف الضعيف ضعيف

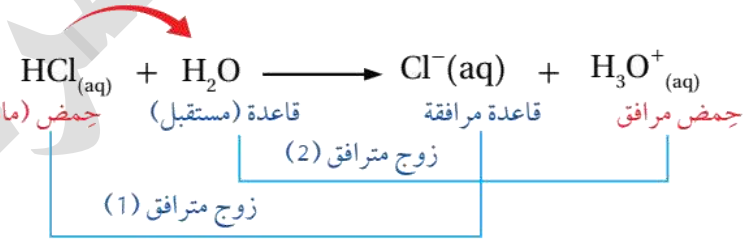
ننظر إلى أي تفاعل من اليسار جهة متفاعلات، والتي على اليمين هي جهة النواتج، ولو كان تفاعلاً منعكسًا، ولا ننس أن التفاعل المنعكس له اتجاهان (أمامي وعكسي)

ونتذكر أيضًا: تفاعلات الحموض والقواعد تتجه من المواد الأقوى إلى تكوين المواد الأضعف

"قاعدة مهمة جدًّا لحل أسئلة الوزارة التي تخص ترجيح موضع الاتزان"

فسِّر: يتأين حمض HCl في الماء، ورغم تكوّن حموض وقواعد مرافقة في النواتج إلا أنه لا يحدث تفاعل عكسي [مثال الكتاب ص15-16]





زوج مترافق (1) الحمض القوي وقاعدته المرافقة الضعيفة: HCl/ Cl^-

زوج مترافق (2) القاعدة القوية وحمضها المرافق الضعيف: H_2O/ H_3O^+

نتذكر: الماء في طرف الحمض القوي هو قاعدة قوية

HCl حمض قوي أكثر قدرة على منح البروتون من الحمض المرافق H_3O^+

Cl^- هي أقل قدرة على استقبال البروتون لتكوين HCl وبالتالي H_2O أقوى كقاعدة من القاعدة المرافقة Cl^-

المتفاعلات: HCl و H_2O أقوى كحمض وقاعدة من الحمض والقاعدة جهة النواتج، لذا التفاعل يتجه نحو تكوين المواد الناتجة بنسبة عالية ويستمر بالاتجاه من المتفاعلات إلى النواتج [اتجاه أمامي] ولن يحدث تفاعل عكسي، لذا نعبر عن التفاعل بسهم واحد [تأين كلي]

فسِّر: يتأين حمض الإيثانويك CH_3COOH في الماء بدرجة ضئيلة، ويكون التفاعل منعكسًا

كما في المعادلة الآتية: [مثال الكتاب ص16]

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

حمض (مانح) — قاعدة (مستقبل) — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

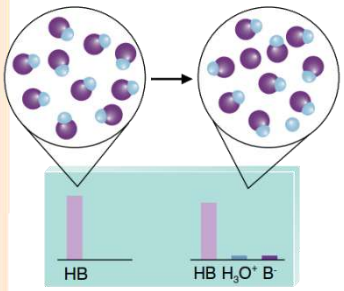
زوج مترافق (2)

زوج مترافق (1)

زوج مترافق (1) الحمض الضعيف وقاعدته المرافقة القوية: $CH_3COOH/\ CH_3COO^-$

زوج مترافق (2) القاعدة الضعيفة وحمضها المرافق القوي: $H_2O/\ H_3O^+$

تتذكر: الماء في طرف الحمض الضعيف هو قاعدة ضعيفة

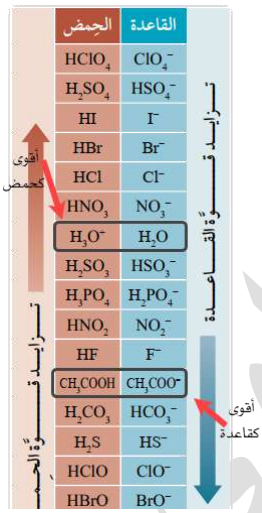


درجة التأين الضئيلة للحمض CH_3COOH في المحلول تعنى أن

تركيزه عالٍ مقارنة بتركيز الحمض H_3O^+ كما في الشكل

وهذا يدل على أن الماء لم يسحب بروتون حمض الإيثانويك بشكل

كاف.



CH_3COOH حمض ضعيف وهو أقل قدرة على منح البروتون من H_3O^+

وبالتالي H_3O^+ أقوى كحمض من CH_3COOH

CH_3COO^- أكثر قدرة على استقبال البروتون من القاعدة H_2O وبالتالي

CH_3COO^- أقوى كقاعدة من H_2O

النواتج: CH_3COO^- و H_3O^+ كحمض وقاعدة أقوى من الحمض والقاعدة

جهة المتفاعلات، لذا التفاعل يتجه نحو تكوين المواد الأضعف أي يُزاح

موضع الاتزان جهة المتفاعلات وسيحدث تفاعل عكسي ونعبر عن

التفاعل بسهمين [تأين جزئي]

ضوِّ اللمبة:

يصل التفاعل المنعكس إلى الاتزان عندما تتساوى سرعة التفاعل العكسي والأمامي.

إزاحة موضع الاتزان معناه أن التركيز أعلى في الموضع المُزاح سواء كان عند المتفاعلات أو النواتج.

- تذكر مرة أخرى: تفاعلات الحموض والقواعد تتجه من الأقوى إلى الأضعف
- يُزاح موضع الاتزان جهة المواد الأضعف في التفاعل، وسنتعلم في الدرس الثالث مفاهيم كثيرة نحدد من خلالها المواد الأقوى والأضعف في التفاعل
- أيون H_3O^+ أقوى من الماء H_2O كحمض، وأيون OH^- أقوى من الماء H_2O كقاعدة

أتحقق ص17: اعتمادًا على الجدول (3) أجيب عن الأسئلة الآتية:

الجدول (3): العلاقة بين قوّة الحموض وقوة قواعدها المرافقة.

الحمض	القاعدة
$HClO_4$	ClO_4^-
H_2SO_4	HSO_4^-
HI	I^-
HBr	Br^-
HCl	Cl^-
HNO_3	NO_3^-
H_3O^+	H_2O
H_2SO_3	HSO_3^-
H_3PO_4	$H_2PO_4^-$
HNO_2	NO_2^-
HF	F^-
CH_3COOH	CH_3COO^-
H_2CO_3	HCO_3^-
H_2S	HS^-
HClO	ClO^-
HBrO	BrO^-
NH_4^+	NH_3
HCN	CN^-
H_2O	OH^-

تزايد قوة الحمض ↑ — تزايد قوة القاعدة ↓

1- أحدد الحمض الأقوى بين الحموض الآتية

HNO_2, HBr, H_2CO_3

HBr هو الأقوى

2- أحدد أي الحموض الآتية تكون قاعدته المرافقة هي الأقوى

HI, H_2S, HF

نبحث عن أضعف حمض لأن الأضعف ستكون قاعدته المرافقة هي الأقوى

أضعف الحموض = H_2S ولها أقوى قاعدة مرافقة = HS^-

أو نحول الصيغ إلى قواعد مرافقة بحذف البروتون والنزول بالشحنة ونقارن بينها في الجدول

I^-, HS^-, F^-

3- أحدد الجهة التي يُزاح نحوها الاتزان في التفاعل الآتي

$$HNO_{2(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + HCN_{(aq)}$$

حمض (مانح) — قاعدة (مستقبل) — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

زوج مترافق (2)

زوج مترافق (1)

نقارن قوة الحمض على الطرفين من خلال الجدول (3)

$HNO_2 > HCN$ بالتالي HNO_2 أقدر على منح البروتون من HCN

وبما أن HCN أضعف كحمض فإن القاعدة المرافقة لها CN^- هي الأقوى

الحمض والقاعدة أقوى في جهة المتفاعلات

يتجه التفاعل من الأقوى إلى الأضعف، إذًا يُزاح موضع الاتزان نحو النواتج

علاقات سريعة

الحمض القوي قاعدته المرافقة ضعيفة والعكس صحيح

القاعدة القوية حمضها المرافق ضعيف والعكس صحيح

ورح نميز بالدرس الثالث هذه الأمور بشكل أكبر من خلال تركيز الأيونات والرقم الهيدروجيني وثابت التأين

أسئلة وزارية: قوة الحموض والقواعد

وزارة 2010 شتوية: المعادلات الآتية تمثل تفاعلات لمحاليل الحموض (HF, HCN, H_2SO_3):
المتساوية في التركيز، إذا كان الاتزان في التفاعلات السابقة يرجح الاتجاه الأمامي (→)
ما صيغة القاعدة المرافقة الأقوى [2 علامة] السؤال الوزاري مذكور في أسئلة الوحدة للمنهاج الجديد

$$H_2SO_3 + CN^- \rightleftharpoons HSO_3^- + HCN$$
$$H_2SO_3 + F^- \rightleftharpoons HSO_3^- + HF$$
$$HF + CN^- \rightleftharpoons F^- + HCN$$

الاتزان مُزاح ناحية الاتجاه الأمامي يعني أن المتفاعلات أقوى نسبيًّا كحموض وقواعد من النواتج
نبحث عن الحموض المعروفة ونقارن بينها
H_2SO_3 أقوى كحمض من HCN
H_2SO_3 أقوى كحمض من HF
HF أقوى كحمض من HCN
ترتيب قوتهم كحموض: $HCN < HF < H_2SO_3$
الأضعف كحمض هو الذي قاعدته المرافقة أقوى، الجواب: CN^-

وزارة 2011 صيفية: الحمض القوي من الآتية هو: [2 علامة]

-1	H_2CO_3	-2	H_2SO_4
-3	HCN	-4	HF

الإجابة (2)، باقي الخيارات حموض ضعيفة

وزارة 2014 صيفية: تمثل المعادلات الآتية تفاعلات لمحاليل الحموض (CH_3NH_2, N_2H_4
NH_3) المتساوية في التركيز، فإذا علمت أن الاتزان في التفاعلات السابقة يرجح الاتجاه العكسي (←)
ما صيغة أضعف حمض مرافق [2 علامة]

$$N_2H_4 + NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + N_2H_5^+$$
$$NH_3 + CH_3NH_3^+ \rightleftharpoons CH_3NH_2 + NH_4^+$$

الاتزان مُزاح ناحية الاتجاه العكسي يعني أن النواتج أقوى نسبيًّا كحموض وقواعد من المتفاعلات
نبحث عن القواعد المعروفة ونقارن بينها
NH_3 أقوى كقاعدة من N_2H_4
CH_3NH_2 أقوى كقاعدة من NH_3
ترتيب قوتهم كقواعد: $CH_3NH_2 > NH_3 > N_2H_4$
الأقوى كقاعدة هو الذي حمضه المرافق أضعف، الجواب: $CH_3NH_3^+$

وزارة 2020 نظامي: الأيون الذي يمثل القاعدة المرافقة الأقوى فيما يلي: [5 علامة]

-1	Cl^-	-2	NO_3^-
-3	CN^-	-4	ClO_4^-

الإجابة (3): لأن حمضه هو الأضعف HCN وباقي الحموض قوية

وزارة 2020 خاصة: الحمض الذي تكون قاعدته المرافقة الأقوى هو: [5 علامة]

-1	$HClO_4$	-2	HBr
-3	HCl	-4	HCN

الإجابة (4): لأنه حمض ضعيف بين البقية فتكون قاعدته المرافقة هي الأقوى

لاحظ أنه نفس السؤال 2020 نظامي لكن بأسلوب عكسي

وزارة 2020 خاصة تكميلي: الحمض الذي تكون قاعدته المرافقة الأضعف من بين الحموض الآتية المتساوية في التركيز هو: [4 علامة]

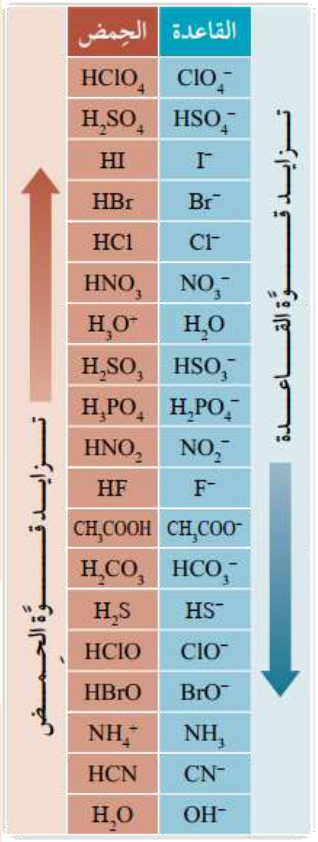
-1	$HClO_4$	-2	HF
-3	HCOOH	-4	HCN

الإجابة (1): لأنه حمض قوي بين البقية فتكون قاعدته المرافقة هي الأضعف

مريم السرطاوي

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريبات خارجية وكيماشيك: قوة الحمض والقاعدة



استخدم الجدول المجاور لحل التدريبات الآتية:

تدريب (1): رتب القواعد حسب قوتها:

$$H_2O \ , \ NO_2^- \ , \ Cl^- \ , \ F^- \ , \ CN^-$$

ترتيبها من ناحية الأضعف إلى الأقوى

$$Cl^- < H_2O < NO_2^- < F^- < CN^-$$

تدريب (2): أي القواعد الآتية حمضها المرافق هو الأقوى، والأضعف:

$$HS^- \ , \ NO_3^- \ , \ OH^- \ , \ H_2O \ , \ ClO_4^-$$

الحمض المرافق نحط بروتون:

$$H_2S \ , \ HNO_3 \ , \ H_2O \ , \ H_3O^+ \ , \ HClO_4$$

القاعدة ClO_4^- حمضها المرافق هو الأقوى $HClO_4$

القاعدة OH^- حمضها المرافق هو الأضعف هو H_2O

تدريب (3): اختر الحمض الأقوى من الأزواج الآتية:

1- HCl , H_2O الجواب: HCl

2- HNO_3 , HNO_2 الجواب: HNO_3

3- HCl , HF الجواب: HCl

4- $HClO$, $HBrO$ الجواب: $HClO$

5- H_2O , H_3O^+ الجواب: H_3O^+

تدريب (4): عيّن الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعلات الآتية:

$$H_2CO_3 + NH_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + NH_4^+$$

الحموض في التفاعل: H_2CO_3 و NH_4^+ الأقوى هو H_2CO_3

القواعد في التفاعل: NH_3 و HCO_3^- الأقوى هو NH_3

يسير التفاعل من الأقوى إلى الأضعف، الاتزان يُزاح ناحية النواتج لأنها الأضعف

تدريب (5): عيّن الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعلات الآتية:

$$H_2O + HS^- \rightleftharpoons OH^- + H_2S$$

الحموض في التفاعل: H_2O و H_2S الأقوى هو H_2S

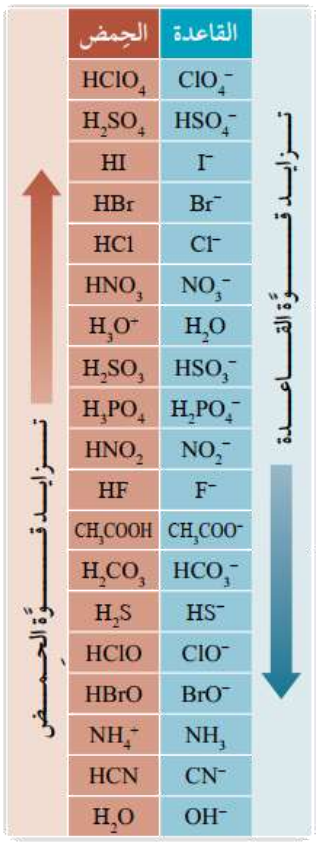
القواعد في التفاعل: HS^- و OH^- الأقوى هو OH^-

يسير التفاعل من الأقوى إلى الأضعف، الاتزان يُزاح ناحية المتفاعلات لأنها الأضعف

مريم السرطاوي

ورقة عمل: قوة الحمض والقاعدة

استخدم الجدول المجاور لحل التدريبات الآتية:



تدريب (1): رتب القواعد حسب قوتها:

CN^- , HSO_3^- , ClO^- , HCO_3^- , BrO^-

تدريب (2): أي القواعد الآتية حمضها المرافق هو الأقوى، والأضعف:

CN^- , $H_2PO_4^-$, I^- , H_2O , HSO_4^-

تدريب (3): اختر الحمض الأقوى من الأزواج الآتية:

1- H_2O , HF

2- HCl , HBr

3- H_2SO_3 , H_2SO_4

4- CH_3COOH , HCN

5- NH_4^+ , H_3O^+

تدريب (4): عيّن الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعلات الآتية:

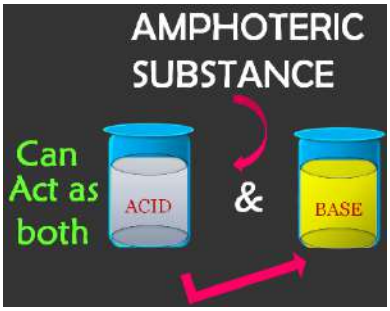
$$F^- + H_2S \rightleftharpoons HS^- + HF$$

تدريب (5): عيّن الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعلات الآتية إذا علمتَ أن المتفاعلات كحموض وقواعد أقوى من النواتج

$$H_2PO_4^- + NH_3 \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + NH_4^+$$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

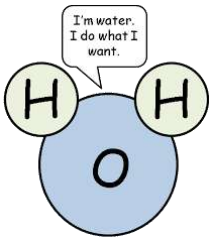
المواد الأمفوتيرية (المترددة) Amphoteric



يتأثر سلوك المادة كحمض أو قاعدة وفق مفهوم برونستد - لوري تبعًا لطبيعة المواد التي تتفاعل معها وقدرتها على منح البروتون أو استقباله

ما المقصود بالمواد الأمفوتيرية أو المترددة؟

مادة تسلك كحمض في تفاعل وتسلك كقاعدة في تفاعلات أخرى، مثال: الماء مع الحمض يسلك سلوك القاعدة، الماء مع القاعدة يسلك سلوك الحمض، إذًا الماء مادة أمفوتيرية



مواد تسلك السلوك الأمفوتيري:

1- الماء H_2O

2- الأيونات السالبة المحتوية على هيدروجين، فهي تقدر على منحه كبروتون وتقدر أيضًا على استقباله، مثل: HSO_3^-, HCO_3^-, $H_2PO_4^-$,HS^-

ويستثنى منها: أيونات الهيدروكسيد OH^- وأيونات الكربوكسيل $R\text{-}COO^-$ مثل: $HCOO^-$ و CH_3COO^- وغيرها من أيونات الحموض الكربوكسيلية

طريقة حل معادلات المواد الأمفوتيرية:

ننظر إلى المواد الأخرى المتفاعلة معها هل هي حمض أم قاعدة وعلى أساس ذلك نقرر سلوكها من ناحية منح أو استقبال البروتون

سلوك المواد الأمفوتيرية وفق مفهوم برونستد-لوري	التفاعل
$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	الماء مع الحمض
$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	الماء مع القاعدة
$HSO_3^-_{(aq)} + HF_{(aq)} \rightleftharpoons H_2SO_{3(aq)} + F^-_{(aq)}$	HSO_3^- مع الحمض
$HSO_3^-_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons SO_3^{2-}_{(aq)} + HCN_{(aq)}$	HSO_3^- مع القاعدة
$HS^-_{(aq)} + HF_{(aq)} \rightleftharpoons H_2S_{(aq)} + F^-_{(aq)}$	HS^- مع الحمض
$HS^-_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons S^{2-}_{(aq)} + HCN_{(aq)}$	HS^- مع القاعدة
$HCO_3^-_{(aq)} + HF_{(aq)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + F^-_{(aq)}$	HCO_3^- مع الحمض
$HCO_3^-_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons CO_3^{2-}_{(aq)} + HCN_{(aq)}$	HCO_3^- مع القاعدة
$H_2PO_4^-_{(aq)} + HF_{(aq)} \rightleftharpoons H_3PO_{4(aq)} + F^-_{(aq)}$	$H_2PO_4^-$ مع الحمض
$H_2PO_4^-_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons HPO_4^{2-}_{(aq)} + HCN_{(aq)}$	$H_2PO_4^-$ مع القاعدة

أتحقق ص17: أكتب معادلتين كيميائيتين أوضح فيهما سلوك الأيون HCO_3^- مع كل من OH^- و HNO_2

يتصرف كقاعدة تستقبل البروتون

$$HCO_{3(aq)}^- + HNO_{2(aq)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + NO_{2(aq)}^-$$

يتصرف كحمض يمنح البروتون

$$HCO_{3(aq)}^- + OH_{(aq)}^- \rightleftharpoons CO_{3(aq)}^{2-} + H_2O_{(l)}$$

إضافات (قدرات عليا) من دليل معلم التوجيهي المنهاج الأردني 2017 وتعزيز بالشرح:

من المواد الأمفوتيرية الأخرى:

1- الأمونيا NH_3

الأمونيا مع الماء، سيواجه البروتون H^+ ويتصرف كقاعدة (يستقبله) ليتكون الأمونيوم

$$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$$

في حالات خاصة "فقط" يتصرف الأمونيا كحمض، مثلاً عندما يتفاعل مع هيدريد الفلز فإنه سيقابل الهيدريد H^- ويمنحه البروتون ليتكون غاز الهيدروجين

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

تذكر: نحن نعامل الأمونيا كقاعدة إذا تفاعلت مع حمض وهذا المطلوب منك في المنهاج

2- هيدروكسيد الألمنيوم $Al(OH)_3$

مع الحمض القوي سيتصرف كقاعدة وسيستقبل أيون الهيدروكسيد البروتون ويتكوّن الماء

$$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al(OH)_3 + 3H^+ \rightleftharpoons Al^{3+} + 3H_2O$$

مع القاعدة القوية سيتصرف كحمض وهذا سنتعلمه في مفهوم لويس لأن برونستد-لوري لم يستطع تفسير سلوك أيونات الفلزات في الماء أو مع القواعد

$$Al(OH)_3 + OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_4^-$$

أسئلة وزارية: المواد الأمفوتيرية

وزارة 1999: أي من الآتية يسلك كحمض وكقاعدة وفق مفهوم برونستد-لوري [3 علامات]

-1	CO_3^{2-}	-2	H_2S
-3	H_2SO_3	-4	HCO_3^-

الإجابة (4): لأنه أيون سالب فيه هيدروجين فهو مادة أمفوتيرية، (1) قاعدة، (2) و (3) حموض

وزارة 2001 شتوية: إحدى الصيغ الآتية تسلك سلوك قاعدة فقط: [2 علامة]

-1	$HCOO^-$	-2	NH_4^+
-3	H_2O	-4	HCO_3^-

الإجابة (1): لأنه لا يمنح فهو قاعدة فقط، أما (2) فهو حمض فقط، (3) و (4) مواد أمفوتيرية

وزارة 2004 صيفية (معادة): أي من المواد الآتية يسلك كحمض ويسلك كقاعدة: [2 علامة]

-1	NH_4^+	-2	$HCOO^-$
-3	$HCrO_4^-$	-4	$CH_3NH_3^+$

الإجابة (3): أيون سالب فيه هيدروجين، بينما (1) و(4) حموض، و(2) مستثنى من القاعدة

وزارة 2006 شتوية: إحدى الصيغ الآتية تسلك كحمض وقاعدة حسب مفهوم برونستد-لوري: [2 علامة]

-1	HCO_3^-	-2	NH_4^+
-3	H_3O^+	-4	CO_3^{2-}

الإجابة (1): أيون سالب فيه هيدروجين، أما (2) و(3) فتسلك سلوك الحمض، و(4) يسلك سلوك القاعدة

وزارة 2008 صيفية: أي من الآتية يمكن أن يسلك كحمض وكقاعدة: [2 علامة]

-1	$CH_3NH_3^+$	-2	$HCOO^-$
-3	HCO_3^-	-4	SO_3^{2-}

الإجابة (3): أيون سالب فيه هيدروجين، بينما (1) حمض، و(2) مستثنى من هذه القاعدة، و(4) قاعدة

وزارة 2009 صيفية: إحدى الصيغ الآتية تسلك كحمض وكقاعدة وفق مفهوم برونستد-لوري: [2 علامة]

-1	$HCOO^-$	-2	H_3O^+
-3	O^{2-}	-4	HSO_4^-

الإجابة (4): أيون سالب فيه هيدروجين، (1) مستثنى، (2) حمض و(3) قاعدة

وزارة 2011 شتوية: أكتب معادلة تأين $H_2PO_4^-$ كحمض في الماء [2 علامة]

كحمض سيكون مانحًا للبروتون

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

2018 صيفية: أكتب المعادلة التي تبين: [2 علامة]

1- سلوك HSO_3^- كحمض في الماء

كحمض سيكون مانحًا للبروتون

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

2- سلوك HSO_3^- كقاعدة في الماء

كقاعدة سيكون مستقبلاً للبروتون

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2SO_3{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

وزارة 2018 شتوية: إحدى الآتية تعد مادة أمفوتيرية [2 علامة]

-1	$HCOO^-$	-2	SO_3^{2-}
-3	HCO_3^-	-4	$CH_3NH_3^+$

الإجابة (3): أيون سالب فيه هيدروجين، (1) مستثنى ويسلك كقاعدة ومثله (2)، (4) حمض فقط

وزارة 2019 شتوية: إحدى المواد الآتية تسلك سلوكًا مترددًا (SO_4^{2-}, H_2O, H_3O^+)

الماء H_2O مادة مترددة أمفوتيرية [2 علامة]

وزارة 2019 صيفية: المادة التي تسلك سلوكًا مترددًا: [3 علامات]

-1	H_3O^+	-2	H_2O
-3	SO_4^{2-}	-4	CO_3^{2-}

الإجابة (2) الماء، أما (1) فهو حمض، و(3) و(4) قاعدة

وزارة 2020 نظامي: المادة التي تسلك سلوكًا أمفوتيريًّا: [5 علامة]

-1	HCO_3^-	-2	$HCOO^-$
-3	Cl^-	-4	NH_4^+

الإجابة (1) أيون سالب فيه هيدروجين، (2) مستثنى، (3) قاعدة، (4) حمض

وزارة 2020 خاصة: المادة التي تسلك سلوكًا أمفوتيريًّا: [5 علامة]

-1	HSO_3^-	-2	H_3O^+
-3	CH_3NH_2	-4	$HCOO^-$

الإجابة (1): أيون سالب فيه هيدروجين، (2) حمض، (3) و(4) قاعدة

وزارة 2020 خاصة: إحدى الآتية تسلك سلوكًا قاعديًّا فقط هي: [4 علامة]

-1	$HCOO^-$	-2	NH_4^+
-3	H_2O	-4	HCO_3^-

الإجابة (1): بينما (2) حمض، و(3) و(4) أمفوتيري

2020 نظامي تكميلي: المادة التي تسلك سلوك حمض في تفاعلات وسلوك قاعدة في تفاعلات أخرى: [4 علامة]

-1	SO_3^{2-}	-2	HSO_3^-
-3	$HCOO^-$	-4	OH^-

الإجابة (2): أيون سالب فيه هيدروجين، بينما الباقي قواعد، و(3) مستثنى

وزارة 2020 خاصة تكميلي: المادة التي تسلك سلوك حمض في تفاعلات وسلوك قاعدة في تفاعلات أخرى: [4 علامة]

-1	$HCOO^-$	-2	HSO_3^-
-3	NH_4^+	-4	H_3O^+

الإجابة (2): أيون سالب فيه هيدروجين، بينما (1) مستثنى، (3) و(4) حموض

وزارة 2021: المادة التي تسلك سلوكًا أمفوتيريًّا: [4 علامة]

-1	H_2CO_3	-2	$HCOO^-$
-3	H_2SO_3	-4	HS^-

الإجابة (4): أيون سالب فيه هيدروجين، بينما (2) مستثنى، و(1) و(3) حموض

وزارة 2021: يسلك الماء H_2O في تفاعله مع ClO^- سلوكًا مماثلاً لسلوك إحدى المواد هي:

-1	C_5H_5N	-2	NH_4^+
-3	OH^-	-4	NH_3

الإجابة (2): يسلك سلوكًا حمضيا بمنح بروتون، بينما الباقي قواعد تستقبل [4 علامة]

وزارة 2021 تكميلي: المادة التي تمنح بروتونًا في بعض تفاعلاتها وتستقبل بروتونًا في تفاعلات أخرى هي: [4 علامة]

-1	$HCOO^-$	-2	H_3O^+
-3	$H_2PO_4^-$	-4	NH_4^+

الإجابة (3): أيون سالب فيه هيدروجين، بينما (1) مستثنى، و(2) و(4) حموض

2021 تكميلي: في التفاعل $HS^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons S^{2-}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ يسلك الماء سلوكًا:

-1	قاعديًّا	-2	حمضيًّا
-3	أمفوتيريًّا	-4	متعادلاً

الإجابة (1): انتبه إلى النواتج من استقبل البروتون ومن منحه لتحدد الحمض والقاعدة لأن كلا المادتان أمفوتيريتان [4 علامة]

وزارة 2022: المادة التي تسلك سلوكًا أمفوتيريًّا في هذا التفاعل

$HSO_3^-{}_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightleftharpoons SO_3^{2-}{}_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$ [4 علامة]

-1	HSO_3^-	-2	NH_3
-3	NH_4^+	-4	SO_3^{2-}

الإجابة (1)

م. مريم السرطاوي

تدريبات خارجية وكيماشيك: المواد الأمفوتيرية

تدريب (1): أي الآتية تعد أمفوتيرية:

-1	HCN	-2	H_2O
-3	CsBr	-4	$HCOO^-$

الإجابة (2)

تدريب (2): أي الآتية لا تعد أمفوتيرية:

-1	H_2O	-2	CN^-
-3	HSO_3^-	-4	$H_2PO_4^-$

الإجابة (2)

تدريب (3) كيماشيك: اختر الزوج المترافق الذي يسلك كل منهما سلوكًا أمفوتيريًّا:

-1	HSO_4^-/H_2SO_4	-2	$HPO_4^{2-}/H_2PO_4^-$
-3	H_3O^+/H_2O	-4	HCl/Cl^-

الإجابة (2): كلاهما يستطيع أن يتصرف بشكل أمفوتيري

تدريب (4): يتأين حمض الفوسفوريك ثلاثي البروتون في الماء على ثلاث مراحل، أي من القواعد أو الحموض عدا الماء في هذه المعادلات نعتبرها بالعادة مواد أمفوتيرية؟

$$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$$

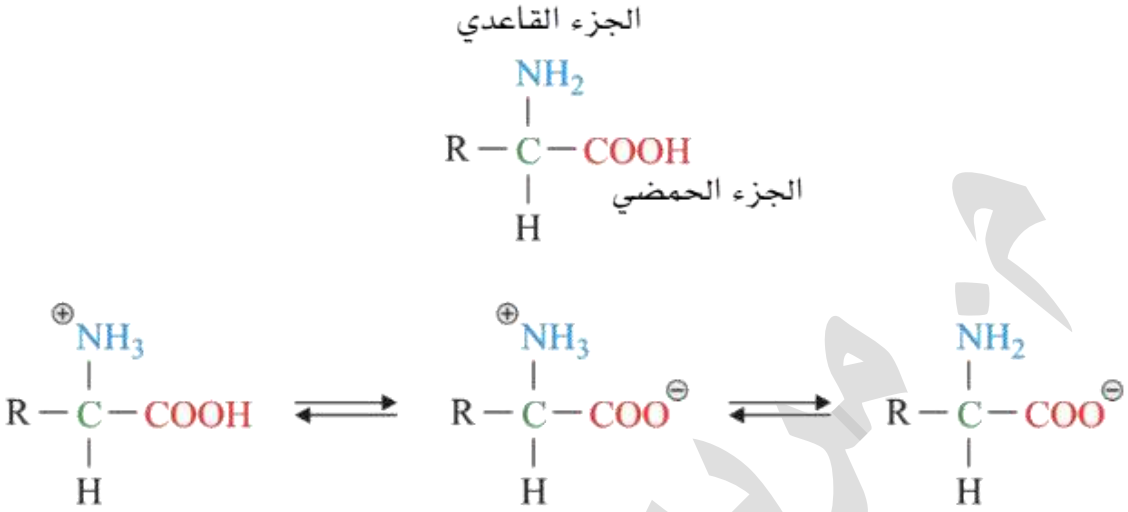
$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

الإجابة: $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-}

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريب (5) كيماشيك: يحوي الحمض الأميني على مجموعة الكربوكسيل الحمضية وعلى مجموعة الأمين القاعدية، بالنظر إلى الشكل الآتي، هل ممكن أن نقول عن الحمض الأميني أنه يسلك سلوك أمفوتيري؟ مع التفسير



نعم يسلك سلوك أمفوتيري، مجموعة الأمين القاعدية تقبل البروتون من حمض مانح، ومجموعة الكربوكسيل تمنح البروتون لقاعدة تستقبلها، نستطيع أن نقول أن الحمض الأميني أمفوتيري.
ويتضح من الصورة ثلاث حالات لسلوك الحمض الأميني

م. مريم السرطاوي

ورقة عمل: المواد الأمفوتيرية

تدريب (1): أي الآتية تعد أمفوتيرية:

-1	$HCOO^-$	-2	CN^-
-3	HSO_3^-	-4	NH_4^+

تدريب (2): أي الآتية لا تعد أمفوتيرية:

-1	HSO_4^-	-2	CO_3^{2-}
-3	HSO_3^-	-4	$H_2PO_4^-$

تدريب (3): وضح سلوك HS^- إذا تفاعلت مع القاعدة N_2H_4 وإذا تفاعلت مع الحمض HNO_2

تدريب (4): وضح سلوك HPO_3^{2-} بوصفها مادة متردة مع HF و NH_3

مريم السرطاوي

مفهوم لويس Lewis للحمض والقاعدة

- درس لويس تفاعلات الحموض والقواعد التي لا تشتمل على انتقال البروتون H^+ من الحمض إلى القاعدة، واعتمد على تصور جديد لمفهوم الحمض والقاعدة بالاعتماد على انتقال أزواج الإلكترونات من القاعدة إلى الحمض
- ساعد مفهوم لويس على تفسير تكوين رابطة في تفاعل الحمض مع القاعدة، وتُسمى بالرابطة التناسقية [هي رابطة تساهمية بين ذرتين شاركت بالإلكترونات ذرة واحدة]

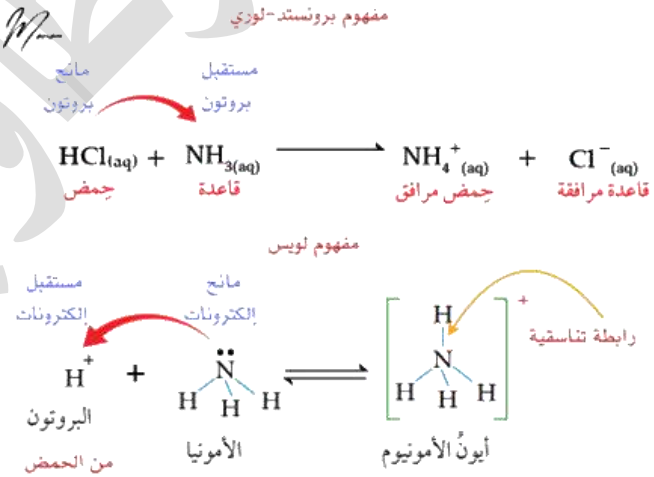
ما المقصود بحمض لويس؟

مادة يمكنها استقبال زوج إلكترونات أو أكثر في التفاعل

ما المقصود بقاعدة لويس؟

مادة يمكنها منح زوج إلكترونات في التفاعل

- مثال الكتاب ص18: عند تفاعل الحمض HCl مع القاعدة NH_3 فأيون الهيدروجين (البروتون) H^+ الناتج من تأين الحمض يمتلك فلكًا فارغًا، بينما تمتلك ذرة النيتروجين في الأمونيا زوجًا غير رابط من الإلكترونات، عند انتقال البروتون إلى الأمونيا فإنه يستقبل زوج إلكترونات غير رابط في ذرة النيتروجين ويرتبط به فتنشأ بينهما رابطة تناسقية ويتكون أيون الأمونيوم NH_4^+ موجب الشحنة



- نستنتج أن حمض برونستد-لوري مانح البروتون هو حمض لويس مستقبل الإلكترونات، وأن قاعدة برونستد-لوري مستقبل البروتون هو قاعدة لويس مانح الإلكترونات

تعزيز:

1- توزيع الهيدروجين الإلكتروني هو $1s^1$ عند فقده إلكترونه في عملية التأين فإن أفلاكه في المستوى الأول تصبح فارغة s^0 وتصبح قابلة لاستقبال إلكترون من أي عنصر غني بالإلكترونات

2- انتقال الإلكترونات وفق مفهوم لويس ليس انتقالاً حقيقيًّا إنما عملية مشاركة ورابطة

3- حمض برونستد-لوري مانح البروتون هو حمض لويس مستقبل الإلكترونات، وقاعدة برونستد-لوري مستقبل البروتون هو قاعدة لويس مانح الإلكترونات [فينا نحفظ علاقتهم العكسية من المنح والاستقبال لكن نتذكر شغلة مهمة أن حموض وقواعد لويس ليست كلها حموض وقواعد برونستد-لوري، لأن مفهوم لويس كان أشمل وأوسع]

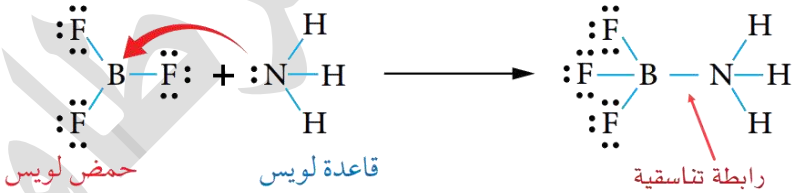
فسِّر: نعتبر حموض وقواعد برونستد-لوري هي حموض وقواعد لويس وليس العكس

لأن مفهوم لويس كان أكثر شمولاً فقد أُستخدم في تفسير تفاعلات حموض وقواعد برونستد-لوري، وأيضًا تفاعلات أخرى لا ينطبق عليها مفهوم برونستد-لوري

اذكر أمثلة على تفاعلات حموض وقواعد لويس لا تنطبق على مفهوم برونستد-لوري

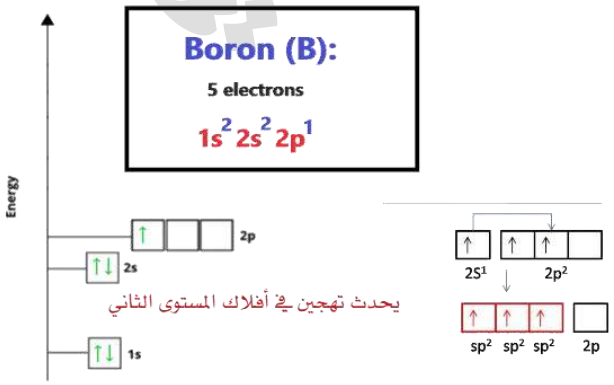
1) تفاعلات لا تعتمد على انتقال البروتون بين حمض وقاعدة، مثال: تفاعل الأمونيا مع ثلاثي فلوريد البورون

مثال الكتاب ص18: تفاعل الأمونيا NH_3 مع ثلاثي فلوريد البورون BF_3، فالنيتروجين في الأمونيا يمتلك زوج إلكترونات غير رابط يمكنه منحه، والبورون في ثلاثي فلوريد البورون يمتلك فلكًا فارغًا يمكنه من استقبال زوج من الإلكترونات، كما في المعادلة الآتية:



تعزيز:

ننظر إلى الذرة المركزية (البورون) وكيفية استقرارها، البورون يستقر بست إلكترونات (البورون مستثنى من قاعدة الثمانية) وحتى تنشأ الروابط لا بد من إلكترون منفرد في الفلك، يتم تهجين الأفلاك يعني توزيع الإلكترونات بشكل منفرد لتكوين الروابط المطلوبة الثلاث، نوع التهجين sp^2 أي ثلاث أفلاك واحد من s و اثنان من p ويبقى فلك فارغ في p يقبل استقبال إلكترونات وتكوين رابطة تناسقية

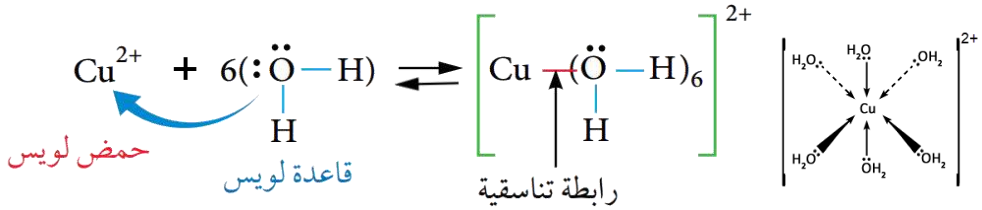


$$BF_3 + NH_3 \rightarrow F_3B - NH_3$$

2) تفاعلات أيونات الفلزات الانتقالية مع جزيئات الماء أو الأمونيا أو أيونات سالبة أخرى

مثل CN^-، فتتكوّن أيونات معقدة Complex Ions

⭐ مثال الكتاب ص19: تفاعل أيون النحاس Cu^{2+} مع الماء H_2O لتكوين الأيون المعقد $Cu(H_2O)_6^{2+}$



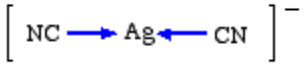
يمتلك أيون النحاس أفلاكًا فارغة فيستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات، فيعتبر حمض لويس، الماء يمتلك أزواجًا غير رابطة على الأكسجين ويمكنه منح أحدها للأيون الفلزي فيعتبر قاعدة لويس، تنشأ روابط تناسقية بين جزيئات الماء وأيون الفلز ليتكوّن الأيون المعقد

ضوء اللمبة: إن كنت تتذكر التوزيع الإلكتروني للعناصر الانتقالية في الصف العاشر، فإنها تبدأ من الدورة الثالثة في الجدول الدوري وعندها يوجد المستوى الفرعي 3d وبالتالي نقول عندها أفلاك فارغة كثيرة ممكن تعبئتها بالإلكترونات

⭐ مثال الكتاب ص19: تفاعل أيون الفضة Ag^+ مع أيون السانيد CN^- لتكوين الأيون المعقد $Ag(CN)_2^-$

يمتلك أيون الفضة أفلاكًا فارغة فيستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات، فيعتبر حمض لويس، بينما يمتلك أيون السيانيد أزواج إلكترونات غير رابطة ويمكنه منح أحدها للأيون الفلزي فيعتبر قاعدة لويس، تنشأ روابط تناسقية بينهما ليتكوّن الأيون المعقد

$$Ag^+_{(aq)} + 2CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons Ag(CN)_2^-{}_{(aq)}$$



تعزيز:

- الروابط تناسقية بين أيون الفلز الانتقالي والمادة الأخرى
- أشهر القواعد في الأيون المعقد: H_2O، NH_3، CN^-
- شحنة الأيون المعقد = شحنة حمض لويس (الفلز الانتقالي) + شحنة قاعدة لويس الكلية

$$\text{Complex Ion Charge} = \text{acid charge} + \text{base charge}$$

مثال: $Cu(H_2O)_6^{2+}$

$$+2 = \text{acid charge} + 6 \times 0$$
$$\text{acid charge} = +2$$

تعزيز مهم: احفظ وافهم حموض وقواعد لويس لتميزها في أسئلة الوزارة الذكية

1- حموض لويس: فقيرة بالإلكترونات لأن أفلاك مستواها الأخير فارغة تقبل الاستقبال:

أ- أي جزيئات حمض تمنح البروتون H^+ هي حمض لويس

ب- أيونات موجبة من الفلزات الانتقالية: Fe^{3+}، Co^{2+}، Ag^+، Cu^{2+}، Zn^{2+} وغيرها كثير

ج- مركبات فيها ذرة مركزية تستقر بقاعدة أقل من الثمانية مثل: البريليوم Be من المجموعة 2A وعناصر المجموعة 3A مثل: البورون B والألمنيوم Al، مثل: BeF_2، BH_3، $AlCl_3$

د- مركبات المجموعة 4A عدا الكربون، مثل: السيليكون Si، يستقر على قاعدة الثمانية بأربع روابط لكن يستقبل إلكترونات في أفلاكه الفارغة في المستوى الأخير، مثال: $SiBr_4$

ه- مركبات فيها رابطة ثنائية بين الأكسجين وذرة مركزية أقل كهروسالبية، لأن المركزية شحنتها الجزئية موجبة فتستقبل الإلكترونات من الخارج، مثل: SO_3 ,SO_2, NO_2 ,CO_2

و- أيون الهيدرونيوم H_3O^+ وأيون الأمونيوم NH_4^+ وأي أيون موجب فيه هيدروجين يمنحه كبروتون: لا يستقبل الإلكترونات لأنه بالأصل ممتلئ الأفلاك، لكن نعتبره المصدر الفعلي لأيون الهيدروجين (البروتون) الذي هو حمض لويس، فنقول ينطبق عليه مفهوم لويس للحموض، ومثل ذلك كل حموض أرهينيوس وبرونستد-لوري

2- قواعد لويس: غنية بالإلكترونات:

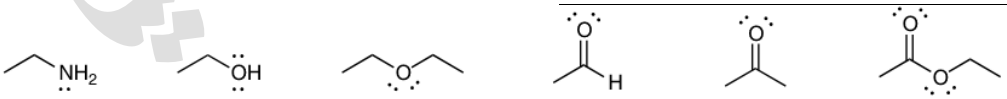
أ- أيونات سالبة، مثل: H^-، OH^-، CN^-، O^{2-}، SO_4^{2-}

ب- جزيئات فيها ذرة مركزية من المجموعات 5A, 6A,7A عليها أزواج إلكترونات غير رابطة، مثل: النيتروجين N، الأكسجين O، الكبريت S، الفسفور P، وغير ذلك [الأشهر NH_3 والماء H_2O]

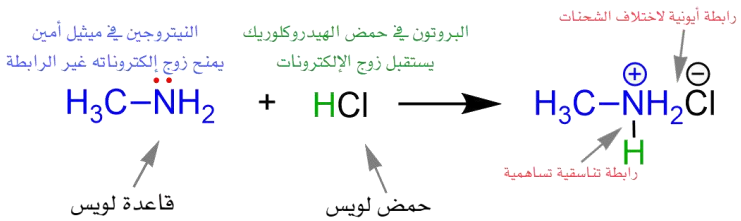
مثال توضيحي: الأمونيا NH_3 فيها N عليه زوج إلكترونات غير رابط، الماء H_2O فيه O عليها أزواج إلكترونات غير رابط، أيضًا PCl_3 الفسفور عليه أزواج غير رابطة ومثل ذلك ClF_3 على الكلور أزواج غير رابطة

ملاحظة: إذا استقرت الذرة المركزية بكل إلكتروناتها [استقرار أكثر من الثمانية] فإنها لن تكون قاعدة لويس لعدم وجود أزواج إلكترونات غير رابطة، مثال: PCl_5

3- المركبات العضوية التي فيها أكسجين ونيتروجين عليها أزواج إلكترونات غير رابطة: فهي قواعد لويس

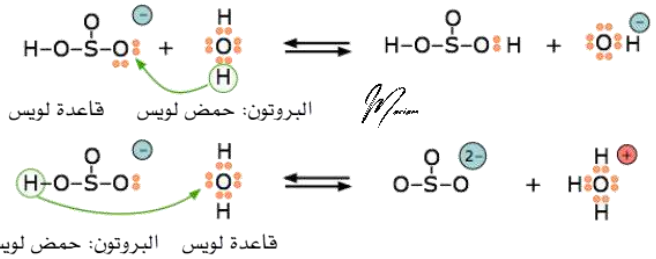


مثال: تفاعل ميثيل أمين مع حمض الهيدروكلوريك



4- سننظر إلى المادة الأمفوتيرية وفق مفهوم لويس بنفس طريقة برونستد-لوري، مرة ستكون حمض لويس ومرة قاعدة لويس، فالماء H_2O حمض وقاعدة لويس

مثال توضيحي: أيون الكبريتيت الهيدروجيني: HSO_3^- مادة أمفوتيرية فهي حمض وقاعدة لويس



أتحقق ص19:

1) أحدِّد الحمض والقاعدة حسب مفهوم لويس في كل من التفاعلات الآتية:

$$Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+{}_{(aq)}$$

قاعدة لويس — حمض لويس

أيون موجب

$$B(OH)_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons B(OH)_4^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

قاعدة لويس — حمض لويس

وجود فلك فارغ

$$Ni^{2+}_{(aq)} + 6H_2O_{(l)} \rightleftharpoons Ni(H_2O)_6^{2+}{}_{(aq)}$$

قاعدة لويس — حمض لويس

أيون موجب

تعزيز: انظر التدريبات الخارجية المحلولة لفهم سلوك $B(OH)_3$

الربط مع الحياة

استخدام القواعد في حياتنا اليوميّة.

تُستخدَمُ كثيرٌ منَ القواعد في حياتنا اليوميّة، مثل هيدروكسيد الصوديوم، الذي يُستخدَمُ في صناعة المنظفات والصابون ومساحيق الغسيل وسائل الجلي، أمّا هيدروكسيد الكالسيوم فَيُستخدَمُ في صناعة الإسمنت، ومعاجة مياه الصرف الصحي، ومعالجة حموضة التربة الزراعيّة، كما يُضافُ إلى العلف لتحسين تغذية المواشي.

الربطُ مع الصناعة

ثلاثي فلوريد البورون BF_3

يُحَضَّرُ صناعيًّا بعدَّة طرق، منها تسخينُ البورون معَ معدن الفلوريت CaF_2 بوجود حِمض الكبريتيك، ويصنع منه ما بين 2300 إلى 4500 طن سنويًّا، وهو غازٌ سامٌّ عديمُ اللون يُستخدَمُ في تحفيز العديد منَ التفاعلات العضويّة وتحفيز عمليات البلمرة للمركّبات العضويّة غير المشبعة.

أسئلة وزارية: مفهوم لويس

وزارة 1998: وضح المقصود بالقاعدة حسب مفهوم لويس [2 علامة]

مادة يمكنها منح زوج إلكترونات أثناء التفاعل

وزارة 2009/2001/2000 شتوية: المادة التي تعد من حموض لويس من بين المواد الآتية: [2 علامة]

1-	H_2O	2-	Zn^{2+}
3-	NH_3	4-	OH^-

الإجابة (2): لأنه أيون فلز انتقالي، لديه فلك فارغ قادر على استقبال زوج إلكترونات غير رابط

نمط وزاري متشابه، استبدل Zn^{2+} بـ Mn^{2+}

وزارة 2003 شتوية: المادة التي تسلك سلوكًا قاعديًّا وفق مفهوم لويس: [2 علامة]

1-	Ag^+	2-	H_2O
3-	Zn^{2+}	4-	HCl

الإجابة (2): لأنه غني بالإلكترونات على ذرة الأكسجين، باقي الخيارات تعد من حموض لويس

وزارة 2003 صيفية: فسِّر: السلوك الحمضي لـ CH_3COOH وفق مفهوم لويس [2 علامة]

لأن له القدرة على استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات من خلال البروتون H^+ من قاعدة لويس

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

وزارة 2004 صيفية: فسِّر: يُعد الأيون Ni^{2+} حمضًا حسب مفهوم لويس [2 علامة]

لأن أيون Ni^{2+} لديه فلك فارغ قادر على استقبال زوج إلكترونات غير رابط من أي قاعدة

وزارة 2004 شتوية: المادة التي تسلك سلوكًا حمضيًّا وفق مفهوم لويس: [2 علامة]

1-	Cl^-	2-	OH^-
3-	NH_3	4-	Ag^+

الإجابة (4): لأنه أيون فلز انتقالي فيه أفلاك فارغة تستقبل زوج إلكترونات بينما الباقي قواعد لويس

وزارة 2005 شتوية: أحد الآتية يعد قاعدة لويس: [2 علامة]

1-	NH_3	2-	HCl
3-	NH_4^+	4-	Cd^{2+}

الإجابة (1): لأنه غني بالإلكترونات على N زوج غير رابط

وزارة 2005 صيفية: المادة التي تعتبر حمضًا حسب تعريف لويس فقط هي: [2 علامة]

-1	HNO_3	-2	H_2O
-3	$HCOOH$	-4	Mn^{2+}

الإجابة (4): لأنه أيون فلز انتقالي، فيه أفلاك فارغة تستقبل زوج إلكترونات فهو حمض لويس فقط

وزارة 2006 صيفية: الأيون الذي يعتبر قاعدة حسب تعريف لويس هو: [2 علامة]

-1	I^-	-2	Cd^{2+}
-3	Ag^+	-4	$NH_4{}^+$

الإجابة (1): لأنه أيون سالب، فيه أزواج إلكترونات غير رابطة سيمنحها حسب مفهوم لويس

وزارة 2008 شتوية: أحد الآتية يعتبر من حموض لويس: [2 علامة]

-1	Cu^{2+}	-2	NF_3
-3	PH_3	-4	CH_3NH_2

الإجابة (1): لأنه أيون فلز انتقالي، فيه أفلاك فارغة تستقبل زوج إلكترونات من القاعدة

وزارة 2008 صيفية: حدِّد حمض وقاعدة لويس في محلول $[Co(NH_3)_4]^{2+}$: [2 علامة]

نحسب شحنة أيون الفلز

$$0 \times 4 + Co = +2$$

حمض لويس CO^{2+} قاعدة لويس NH_3

وزارة 2010 صيفية: المادة التي تسلك كحمض وفق مفهوم لويس فقط هي: [2 علامة]

-1	$NH_4{}^+$	-2	HCl
-3	BF_3	-4	$HCOOH$

الإجابة (3) لأن فيه B يملك أفلاكًا فارغة يستقبل الإلكترونات لذا هو حمض لويس فقط

وزارة 2011 شتوية: قاعدة لويس فيما يلي هي: [2 علامة]

-1	$B(OH)_3$	-2	NCl_3
-3	$NH_4{}^+$	-4	Fe^{3+}

الإجابة (2): لأنه غني بالإلكترونات فيه N يحمل زوج إلكترونات غير رابط

وزارة 2011 صيفية: المادة التي تعتبر حمضًا حسب مفهوم لويس فقط: [2 علامة]

-1	HCl	-2	CN^-
-3	$HCOOH$	-4	Cu^{2+}

الإجابة (4): أيون فلز يستقبل زوج إلكترونات لوجود فلك فارغ فهو حمض لويس فقط

وزارة 2012 شتوية: أي الآتية تمثل قاعدة لويس: [2 علامة]

-1	Cu^{2+}	-2	CN^-
-3	NH_4^+	-4	HCl

الإجابة (2) لأنه غني بالإلكترونات، يستطيع منح زوج إلكترونات

وزارة 2013 شتوية: أي الآتية تعد قاعدة وفق مفهوم لويس: [2 علامة]

-1	Zn^{2+}	-2	HF
-3	NH_3	-4	Na^+

الإجابة (3) لأنه غني بالإلكترونات، يستطيع النيتروجين منح زوج إلكترونات

وزارة 2013 صيفية: المادة التي تسلك سلوك القاعدة وفق مفهوم لويس: [2 علامة]

-1	BF_3	-2	Fe^{3+}
-3	NH_3	-4	NaOH

الإجابة (3) لأنه غني بالإلكترونات، يستطيع النيتروجين منح زوج إلكترونات

أيضًا تنفع الإجابة (4) لأنه قاعدة من خلال أيون OH^- الذي سيمنح زوج إلكترونات

انتبه: سؤال الوزارة لازم خيار واحد فقط هو الصحيح، في حال تعددت الإجابات الصحيحة فهو سؤال خطأ

وزارة 2014 شتوية/2015 شتوية: ما المقصود بـ (حمض لويس): [2 علامة]

مادة يمكنها استقبال زوج إلكترونات أو أكثر في التفاعل

وزارة 2014 صيفية/2019 تكميلي: حدِّد قاعدة لويس في التفاعل الآتي: [2 علامة]

$$Cu^{2+} + 6H_2O \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_6]^{2+}$$

قاعدة لويس H_2O

2019 تكميلي اختلاف عدد جزيئات الماء المكونة للأيون المعقد بدل 6 =4 وهذا لا يؤثر على الجواب

وزارة 2016 شتوية: حدِّد حمض لويس في المعادلة الآتية: [2 علامة]

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

حمض لويس CO_2

وزارة 2016 صيفية: حدِّد قاعدة لويس في التفاعل الآتي: [2 علامة]

$$Fe^{3+} + 6CN^- \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{3-}$$

قاعدة لويس CN^-

وزارة 2017 شتوية: ادرس المعادلة الآتية ثم أجب عن الأسئلة التي تليها: [4 علامة]

$$BF_3 + NH_3 \rightleftharpoons F_3B - NH_3$$

1- أي المادتين المتفاعلتين تسلك كحمض وفق مفهوم لويس؟ BF_3

2- ما نوع الرابطة المتكونة بين المادتين المتفاعلتين عند تكوين الناتج؟ تناسقية

وزارة 2018 صيفية: أي من الآتية تعد قاعدة لويس (CN^- أم $B(OH)_3$): [2 علامة]

قاعدة لويس= CN^-

وزارة 2018 صيفية: أي من الآتية يعد قاعدة وفق مفهوم لويس (NH_4^+، H_2O، HNO_3): [2 علامة]

قاعدة لويس= H_2O والباقي يعتبر مصدر لاستقبال الإلكترونات من خلال البروتون H^+

وزارة 2018 شتوية: إحدى الآتية تسلك سلوكًا حمضيًّا وفق مفهوم لويس فقط: [2 علامة]

-1	NH_4^+	-2	OH^-
-3	NF_3	-4	Ni^{2+}

الإجابة (4) لأنه أيون فلز انتقالي فيه أفلاك فارغة

وزارة 2019 شتوية: المادة التي تعد من حموض لويس (NF_3 أم BF_3): [2 علامة]

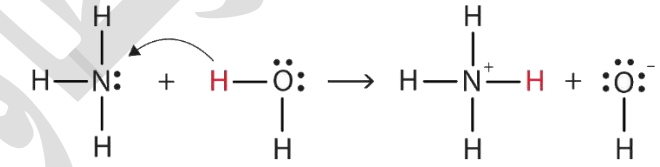
حمض لويس= BF_3

وزارة 2019 شتوية: كيف فسر لويس السلوك الحمضي والقاعدي للمواد المتفاعلة في المعادلة التالية: [3 علامات]

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

أيون Zn^{2+} يحوي أفلاكًا فارغة فيستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات، وأربع جزيئات من الماء تمنح كلاً منها زوجًا من الإلكترونات الموجودة على الأكسجين فتتكوّن أربع روابط تناسقية بين أيون الفلز وجزيئات الماء، فنعتبر Zn^{2+} حمض لويس و H_2O قاعدة لويس

وزارة 2019 صيفية: فسر السلوك القاعدي لـ NH_3 وفق مفهوم لويس: [3 علامات]



ذرة النيتروجين في الأمونيا قاعدة لويس تمتلك زوجًا من الإلكترونات تمنحه إلى البروتون H^+ الذي هو حمض لويس لأن لديه فلك فارغ فيرتبطان برابطة تناسقية

وزارة 2020 خاصة: مادة تستطيع منح زوج أو أكثر من الإلكترونات غير الرابطة لمادة أخرى هي: [5 **علامة**]

-1	حمض لويس	-2	قاعدة لويس
-3	حمض برونستد-لوري	-4	قاعدة برونستد-لوري

الإجابة (2)

وزارة 2020 نظامي تكميلي: يعد H^+ في HCl حمضًا وفق مفهوم لويس لأنه: [5 علامة]

-1	يستقبل بروتون	-2	يمنح بروتون
-3	يستقبل زوجًا من الإلكترونات	-4	يحتوي فلكًا مكتملاً بالإلكترونات

الإجابة (3)

وزارة 2020 خاصة تكميلي: المادة التي تمنح زوجًا أو أكثر من الإلكترونات في تفاعلاتها وفق مفهوم لويس هي: [4 علامة]

-1	HCl	-2	NH_4^+
-3	H_2O	-4	Cu^{2+}

الإجابة (3): لأن على الأكسجين أزواج إلكترونات غير رابطة، (1) و(2) يستقبلان من خلال البروتون H^+ بينما (4) يستقبل من خلال أفلاكه الفارغة لأنه أيون فلز

وزارة 2021 تكميلي: في التفاعل $NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$ يسلك H^+ وفقًا لمفهوم لويس سلوكًا: [4 علامة]

-1	حمضيًّا لأنه يمنح زوجًا من الإلكترونات	-2	قاعديًّا لأنه يمنح زوجًا من الإلكترونات
-3	قاعديًّا لأنه يستقبل زوجًا من الإلكترونات	-4	حمضيًّا لأنه يستقبل زوجًا من الإلكترونات

الإجابة (4)

م. مريم السرطاوي

تدريبات خارجية وكيماشيك: مفهوم لويس

تدريب (1) كيماشيك: صنِّف الآتي إلى حمض لويس وقاعدة لويس:

NH_3	$SiBr_4$	CH_3COO^-	CO_2	OH^-
قاعدة لويس	حمض لويس	قاعدة لويس	حمض لويس	قاعدة لويس

BH_3	AlF_3	HCl	SO_3	$SnCl_5^-$
حمض لويس	حمض لويس	حمض لويس	حمض لويس	قاعدة لويس

تدريب (2) كيماشيك دليل معلم الكيمياء منهاج 2017:

حدِّد سلوك الألمنيوم $Al(OH)_3$ في المعادلتين الآتيتين بوصفه حمضًا أو قاعدة بناء على مفهوم لويس

يتصرف كقاعدة لويس يمنح زوج إلكترونات من خلال أيون الهيدروكسيد ليتحد مع البروتون ويتكون الماء

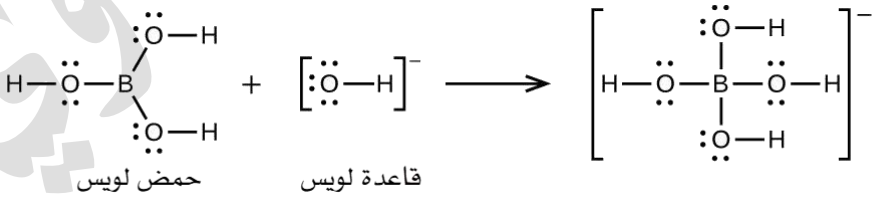
$$Al(OH)_3 + 3H^+ \rightleftharpoons Al^{3+} + 3H_2O$$

يتصرف كحمض فيه أفلاك فارغة تستقبل زوج إلكترونات من القاعدة OH^- من خلال رابطة تناسقية فيتكون الأيون الفلزي

$$Al(OH)_3 + OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_4^-$$

تدريب (3) كيماشيك: حمض البوريك مشهور بهذه الصيغة الكيميائية $B(OH)_3$ أو نكتبه بهذه الصيغة H_3BO_3 ما سلوك هذا الحمض من خلال مفهوم لويس

تعزيز: حمض البوريك حمض ضعيف يتفاعل مع الماء بطريقة مختلفة عن باقي الحموض فهو لا يمنح البروتون وفق مفهوم برونستد-لوري، والسبب ذرة البورون التي تستقر بأقل من قاعدة الثمانية لن تتخلى عن ذرات الهيدروجين المرتبطة بالأكسجين



نستطيع أن نقول أن حمض البوريك يستقبل زوج إلكترونات أيون الهيدروكسيد في فلك البورون الفارغ

وبالتالي نعتبره حمض لويس، بينما أيون الهيدروكسيد من الماء هو قاعدة لويس

$$B(OH)_3 + H_2O \rightleftharpoons B(OH)_4^- + H^+$$

أو نكتب المعادلة الكاملة بهذا الشكل ونلاحظ حمضية المحلول من خلال وجود أيونات الهيدروجين

$$B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons B(OH)_4^- + H_3O^+$$

نستنتج أن مفهوم لويس للحموض والقواعد أوسع وأشمل من مفهومي أرهينيوس، وبرونستد-لوري

تدريب (4) كيماشيك (قدرات عليا):

حدِّد حمض وقاعدة لويس وعملية انتقال أزواج الإلكترونات في تفاعل غاز SO_3 مع المادة الصلبة MgO

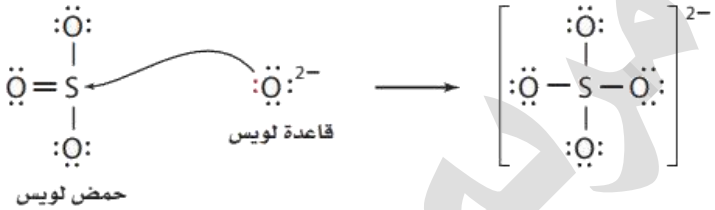
SO_3 ثالث أكسيد الكبريت فيه رابطة ثنائية مع أكسجين سنعتبره حمض لويس يستقبل زوج إلكترونات من قاعدة لويس

MgO أكسيد المغنيسيوم مركب أيوني فيه أيون الأكسيد الذي يعتبر قاعدة لويس مانحة أزواج الإكترونات

$$SO_3 + O^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$$

التفاعل الكامل

$$SO_3 + MgO \rightarrow MgSO_4$$



تدريب (5) كيماشيك (قدرات عليا):

حدِّد حمض وقاعدة لويس خلال عملية ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون في ماء المطر

CO_2 ثاني أكسيد الكربون فيه رابطة ثنائية مع أكسجين سنعتبره حمض لويس يستقبل زوج إلكترونات من قاعدة لويس وهي أيون الهيدروكسيد من الماء فيتكون أيون البيكربونات HCO_3^-

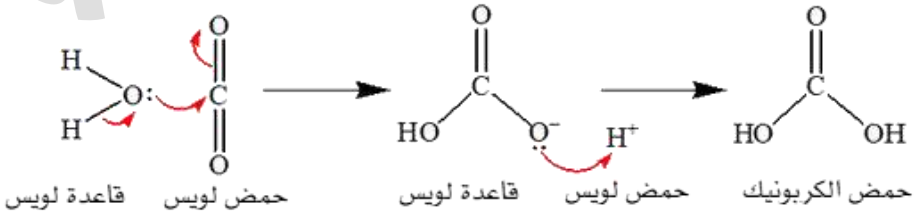
$$CO_2 + OH^- \rightarrow HCO_3^-$$

يتفاعل هذا الأيون كقاعدة لويس مع أيون الهيدروجين من الماء الذي هو حمض لويس فيتكون حمض الكربونيك

$$HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3$$

التفاعل الكامل

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$



تدريب (6): أحدد الحمض والقاعدة اللذين يتكوّن منهما كل من الأيونين:

$Ni(NH_3)_6^{2+}$ $Ag(CN)_2^-$

$Ni(NH_3)_6^{2+}$	$Ag(CN)_2^-$
شحنة الأمونيا = صفر لأنه مركب متعادل شحنة أيون الفلز = $+2 = \text{acid charge} + 6 \times 0$ $\text{acid charge} = +2$	دائمًا شحنة السيانيد = 1- دائمًا شحنة الفضة = 1+
الحمض: Ni^{2+} القاعدة: NH_3	الحمض: Ag^+ القاعدة: CN^-

م. مريم السرطاوي

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل: مفهوم لويس

تدريب (1): حدد حمض لويس وقاعدة لويس في هذه التفاعلات:

$$Cr^{3+} + 6H_2O \rightleftharpoons [Cr(H_2O)_6]^{3+}$$

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

$$OH^- + H^+ \rightleftharpoons H_2O$$

$$SnCl_4 + 2Cl^- \rightleftharpoons [SnCl_6]^{2-}$$

مساعدة: القصدير Sn من مجموعة الكربون وسيكون نفس وضع السيليكون Si فيه أفلاك فارغة ولو استقر على قاعدة الثمانية

تدريب (2): بيِّن حمض وقاعدة لويس في الأيونات المعقدة الآتية

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}$$

$$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$$

$$[Al(H_2O)_6]^{3+}$$

$$[Ag(NH_3)_2]^{+}$$

م. مريم السرطاوي

التجربة 1: مقارنة قوة الحموض

لاحظ أننا نقارن القوة بين حمضين لنفس التركيز

1- محلول حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 0.1 M

2- Cمحلول حمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه 0.1 M

الخطوات:

1- يُقاس 20 مل من كل محلول ويوضع في كأس مخصص،

2- يُقاس الرقم الهيدروجيني لكل محلول من خلال جهاز مقياس الرقم الهيدروجيني pH أو ورق الكاشف العام

3- يوصل كل محلول بأقطاب الجرافيت مع مصدر كهربائي وجهاز الأميتر وتُسجل قراءة الأميتر

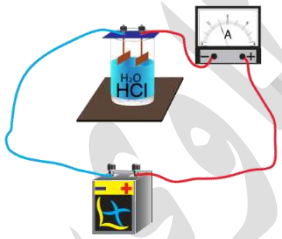
4- يُغمس شريط مغنيسيوم في كل محلول وتُلاحظ سرعة تصاعد غاز الهيدروجين

التحليل والاستنتاج:

1- أحدد الرقم الهيدروجيني لكل من المحلولين

اسم الحمض	باستخدام ورق الكاشف العام	باستخدام جهاز مقياس pH
محلول حمض HCl	2	1.64
محلول حمض CH_3COOH	5	3.02

2- أحدد المحلول الأكثر قدرة على التوصيل الكهربائي



محلول حمض HCl

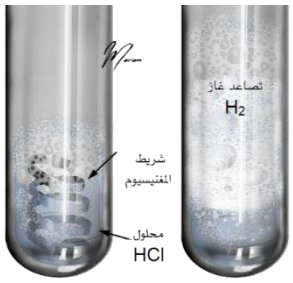
3- أقارن سرعة تصاعد غاز الهيدروجين في كل من المحلولين

يتصاعد الغاز بشكل أسرع وأقوى في محلول حمض HCl

4- أحدد الحمض الأقوى والحمض الأضعف

الأقوى هو HCl والأضعف هو CH_3COOH

5- أستنتج العلاقة بين قوة الحمض وكل من الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي وسرعة تصاعد الغاز



كلما قل الرقم الهيدروجيني كلما زادت قوة الحمض [علاقة عكسية]، كلما زاد التوصيل الكهربائي وسرعة تصاعد الغاز زادت قوة الحمض [علاقة طردية]

مراجعة الدرس الأول: الحموض والقواعد

السؤال الأول: أحدد المفردات التي استخدمت في تعرُّف الحمض والقاعدة

1- أيون الهيدروجين يدل على الحمض 2- أيون الهيدروكسيد يدل على القاعدة

3- الأزواج المترافقة لكليهما 4- أزواج الإلكترونات وانتقالها بينهما

السؤال الثاني: أوضح المقصود بكل مما يأتي: حمض أرهينيوس، حمض برونستد-لوري، قاعدة لويس، مادة أمفوتيرية

مذكور في المحتوى وفي مسرد المصطلحات

السؤال الثالث: أكمل الجدول الآتي باستخدام الأسس التي اعتمد عليها مفهوم الحمض والقاعدة:

المفهوم	الأساس الذي يقوم عليه المفهوم	
	الحمض	القاعدة
أرهينيوس	ينتج أيون H^+ في الماء	تنتج أيون OH^- في الماء
برونستد-لوري	يمنح البروتون	تستقبل البروتون
لويس	يستقبل زوج إلكترونات	تمنح زوج إلكترونات

السؤال الرابع: أفسر:

1- السلوك الحمضي لمحلول حمض $HClO$ حسب مفهوم أرهينيوس

حمض ضعيف يتأين جزئيًّا فينتج أيون الهيدروجين في الماء، والطرف السالب

$$HClO_{(aq)} \overset{H_2O}{\Longleftrightarrow} H^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}$$

2- السلوك القاعدي لمحلول $C_2H_5NH_2$ حسب مفهوم برونستد-لوري

من الأمينات: قاعدة ضعيفة تتأين جزئيًّا وتستقبل البروتون في التفاعل

$$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

3- يعد الحمض HBr حمضًا قويًّا بينما يُعد حمض HNO_2 حمضًا ضعيفًا

لأن حمض HBr يتأين كليًّا في الماء، بينما حمض HNO_2 يتأين جزئيًّا

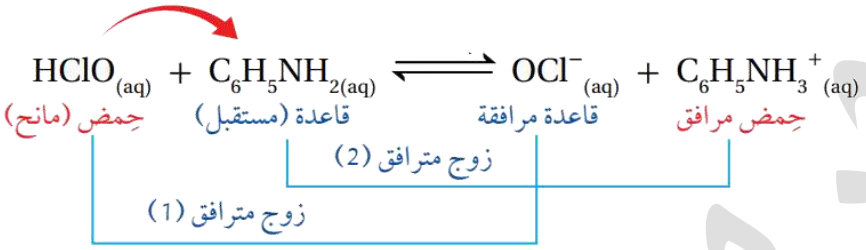
إجابة الوزارة في الحلول: لأن حمض HBr قاعدته المرافقة ضعيفة فلا تستقبل البروتون وبالتالي لا ينعكس التفاعل فيتأين كليًّا، بينما الحمض HNO_2 قاعدته المرافقة قوية نسبيًّا فتستقبل البروتون وبالتالي ينعكس التفاعل والتأين يكون جزئيًّا فنقول عن الأول قوي والثاني ضعيف

السؤال الخامس: أصنف المحاليل الآتية إلى حموض وقواعد قوية أو ضعيفة:

الإجابة تعتمد على مدى حفظك للحموض والقواعد القوية فتميز وقتها الضعيف منها

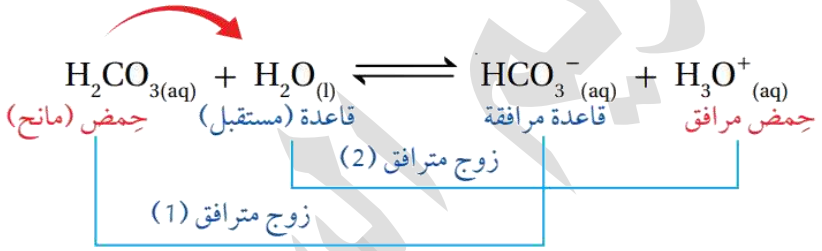
N_2H_4	NH_3	HF	KOH	HI	H_2SO_3
قاعدة ضعيفة	قاعدة ضعيفة	حمض ضعيف	قاعدة قوية	حمض قوي	حمض ضعيف

السؤال السادس: أحدد الأزواج المترافقة في التفاعلين الآتيين:



زوج مترافق (1) الحمض وقاعدته المرافقة: $HClO/\ OCl^-$

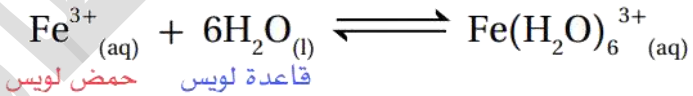
زوج مترافق (2) القاعدة وحمضها المرافق: $C_6H_5NH_2/\ C_6H_5NH_3^+$



زوج مترافق (1) الحمض وقاعدته المرافقة: $H_2CO_3/\ HCO_3^-$

زوج مترافق (2) القاعدة وحمضها المرافق: $H_2O/\ H_3O^+$

السؤال السابع: أحدد الحمض والقاعدة وفق مفهوم لويس في المعادلة الآتية:



السؤال الثامن: أفسر السلوك الأمفوتيري للأيون $H_2PO_4^-$ عند تفاعلة مع كل من HNO_3 و CN^- موضحًا إجابتي بالمعادلات

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + HNO_3{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_3PO_4{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

يتفاعل كقاعدة مع HNO_3

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightleftharpoons HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + HCN_{(aq)}$$

يتفاعل كحمض مع CN^-

الدرس الثاني: الرقم الهيدروجيني ومحاليل الحموض والقواعد القوية

تعريفات الدرس الثاني:

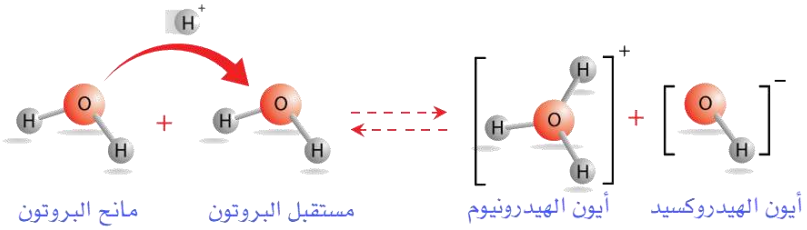
- المحاليل المائية: محاليل تحتوي على أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ وأيونات الهيدروكسيد OH^-
- التأين الذاتي للماء: بعض جزيئات الماء تسلك كحمض وبعضها الآخر يسلك كقاعدة في الماء النقي نفسه
- ثابت تأين الماء K_w: ثابت الاتزان لتأين الماء
- الرقم الهيدروجيني pH: اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول للأساس 10
- الرقم الهيدروكسيلي pOH: اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروكسيد OH^- في المحلول للأساس 10
- الكواشف: حموض عضوية ضعيفة أو قواعد عضوية ضعيفة يتغير لونها في الحالة المتأينة عن الحالة غير المتأينة في مدى معين من الرقم الهيدروجيني
- المعايرة: الإضافة التدريجية لمحلول قاعدة معلومة التركيز إلى محلول حمض مجهول التركيز أو محلول حمض معلوم التركيز إلى محلول قاعدة مجهول التركيز
- نقطة التعادل: نقطة تتعادل عندها تمامًا جميع أيونات الهيدرونيوم وأيونات الهيدروكسيد خلال عملية المعايرة وتكون pH للمحلول تساوي 7
- نقطة التكافؤ: نقطة معينة يصبح عندها عدد مولات أيونات الهيدروكسيد OH^- مكافئًا لعدد مولات أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول
- نقطة النهاية: النقطة التي تُضاف من المحلول القياسي إلى المحلول مجهول التركيز ويتغير عندها لون الكاشف وهي تُحدد انتهاء عملية المعايرة

التأين الذاتي للماء Autoionization of Water

فسر: رغم أن الماء النقي غير موصل للتيار الكهربائي إلا أن القياسات الدقيقة للموصلية الكهربائية تشير إلى أنه يمكن للماء النقي أن يوصل التيار الكهربائي بدرجة ضئيلة جدًّا

لأنه يحتوي على نسبة ضئيلة من الأيونات الناتجة من تفاعل جزيئات الماء في ما بينها، فجزيء الماء حسب مفهوم برونستد-لوري يسلك سلوك الحمض، يمنح البروتون ويتحول إلى أيون الهيدروكسيد OH^-، والجزيء الآخر يسلك سلوك القاعدة فيستقبل البروتون ويتحول إلى أيون الهيدرونيوم H_3O^+، فيحتوي بذلك الماء على تراكيز متساوية من الأيونات

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$



ما المقصود بالتأين الذاتي للماء؟

بعض جزيئات الماء تسلك كحمض وبعضها الآخر يسلك كقاعدة في الماء النقي نفسه

كيف نحسب تراكيز أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد؟

تراكيزها صغيرة جدًّا، نحسبها من خلال ثابت الاتزان للتفاعل

$$K_C = \frac{[H_3O^+]\ [OH^-]}{[H_2O]\ [H_2O]}$$

ضو اللمبة:

- التركيز المستخدم في المحاليل وفي حسابات ثابت الاتزان هو التركيز المولاري أو نقول عنه المولارية، ونعبر عنه بأقواس مربعة، ونحسبه من خلال قانون: $M = \frac{n}{V}$ عدد مولات المذاب/حجم المحلول باللتر
- ثابت الاتزان K_c هو تعبير يمثل نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعًا كل منها إلى قوة تساوي معاملاتها في المعادلة الموزونة للتفاعل المنعكس
- التفاعل المنعكس: تفاعل يحدث بالاتجاهين الأمامي والعكسي في الوقت نفسه، وهو يحدث في أغلب التفاعلات الكيميائية في الأوعية المغلقة فلا تضيع أي كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة ويستمر التفاعل على الجهتين حتى يحدث الاتزان الكيميائي
- الاتزان الديناميكي: حالة يصل فيها التفاعل المنعكس إلى تساوي في سرعة التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي، وليس بالضرورة تساوي التراكيز على الجهتين

تعزيز:

تعلمنا سابقًا في تعبير ثابت الاتزان أننا لا نكتب السوائل النقية لأن تركيزها ثابت بخلاف المحاليل يتغير تركيزها حسب كمية المذاب

لاحظ معادلة التأين الذاتي للماء، المتفاعلات ماء نقي تركيزه ثابت، الأيونات في النواتج بصيغة المحلول المائي (aq)

لأن تأين الماء قليل جدًّا، وتركيز الماء يبقى ثابتًا، ندمج تركيز الماء مع ثابت الاتزان ونعبر عنه بثابت جديد هو ثابت تأين الماء K_w

$$K_C[H_2O]^2 = [H_3O^+][OH^-]$$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

ما المقصود بثابت تأين الماء؟ وما قيمته؟

هو ثابت الاتزان لتأين الماء ويساوي قيمة ثابتة عند درجة حرارة ثابتة

قيمته عند درجة حرارة 25°C يساوي 1×10^{-14}

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1\times10^{-14}$$

تركيز أيونات الهيدرونيوم مساوٍ لتركيز أيونات الهيدروكسيد في الماء النقي

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}\,M$$

أهمية الاتزان السابق لا يختص بالماء النقي فقط، بل في جميع المحاليل المائية الأخرى، فأيون الهيدروكسيد يرتبط بالقاعدة وأيون الهيدرونيوم يرتبط بالحمض، وتبعًا لتركيز هذه الأيونات نستطيع تصنيف المحاليل إلى: حمضية، أو قاعدية، أو متعادلة

تعزيز: وكأن الماء هو الأساس الذي نقارن من خلاله باقي المحاليل المائية، وهذا الأمر طبيعي فالماء هو المذيب لها وفي حالة التعادل له تراكيز ثابتة من الأيونات عند درجة حرارة ثابتة

تصنيف المحاليل تبعًا لتركيز أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد

الجدول (4): تصنيفُ المحاليل تبعًا لتركيز أيونات H_3O^+ و OH^-.

المحلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$
المتعادل	1×10^{-7}	1×10^{-7}
الحمضي	أكبر من 1×10^{-7}	أقلُّ من 1×10^{-7}
القاعدي	أقلُّ من 1×10^{-7}	أكبر من 1×10^{-7}

حسابات المحاليل المائية التي نستخدم فيها ثابت تأين الماء K_W:

- نحسب $[H_3O^+]$ المجهول إذا كان $[OH^-]$ معروفًا
- نحسب $[OH^-]$ المجهول إذا كان $[H_3O^+]$ معروفًا

مثال(1) ص24: أحسب تركيز H_3O^+ في محلول يحتوي على أيونات OH^- تركيزها $1 \times 10^{-3}M$

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-3}M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11}M$$

لاحظ أن المحلول قاعدي بسبب تركيز أيون الهيدروكسيد الأعلى من 1×10^{-7}

مثال(2) ص24: أحسب تركيز OH^- في محلول يحتوي على أيونات H_3O^+ تركيزها $1 \times 10^{-9}M$

$$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9}M$$
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}M$$

لاحظ أن المحلول قاعدي بسبب تركيز أيون الهيدروكسيد أعلى من 1×10^{-7}

تعزيز رياضي: اكتب الأعداد بالصيغة العلمية حتى تختصر الحل بشكل أسرع

أتحقق ص24: يبين الجدول الآتي تراكيز H_3O^+ و OH^- لثلاثة محاليل. أكمل الفراغات في الجدول بما يناسبها:

المحلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	تصنيف المحلول
المحلول الأول	$1 \times 10^{-2}M$	$1 \times 10^{-12}M$	حمضي
المحلول الثاني	$1 \times 10^{-7}M$	$1 \times 10^{-7}M$	متعادل
المحلول الثالث	$1 \times 10^{-10}M$	$1 \times 10^{-4}M$	قاعدي

ثبّت معلوماتك:

سنتعلم في هذا الدرس حساب تراكيز أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد للمحاليل المائية وسنركز على الحموض القوية أحادية البروتون، والقواعد القوية أحادية الهيدروكسيد

وزارة 2019 صيفية: ما المفهوم الدال على: سلوك بعض جزيئات الماء كحمض وبعضها كقاعدة في الماء النقي؟ [2 علامة]

الإجابة: التأين الذاتي للماء

تدريبات خارجية وكيماشيك: حسابات باستخدام التأين الذاتي للماء

تدريب (1) كيماشيك إذا علمت أن ثابت تأين الماء K_w عند درجة حرارة 60°C يساوي 1×10^{-13} فاحسب $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في المحلول المتعادل

$$K_w = [OH^-][H_3O^+] = 1 \times 10^{-13}$$

في المحلول المتعادل تتساوى التراكيز

$$[OH^-] = [H_3O^+]$$

$$[OH^-] = [H_3O^+] = \sqrt{1 \times 10^{-13}} = 3 \times 10^{-7}$$

تدريب (2): احسب $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في المحاليل الآتية عند درجة حرارة 25°C وحدد إذا كانت المحاليل حمضية أم قاعدية أم متعادلة:

1- 1×10^{-5} M OH^-

2- 1×10^{-7} M OH^-

3- 10 M H_3O^+

نتذكر أن ثابت تأين الماء عند هذه الدرجة هو

$$K_w = [OH^-][H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-5} M$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}\ M$$

$$[OH^-] > [H_3O^+]$$

المحلول قاعدي

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-7} M$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{-7}\ M$$

$$[OH^-] = [H_3O^+]$$

المحلول متعادل

$$[H_3O^+] = 10\ M$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{10} = 1 \times 10^{-15}\ M$$

$$[H_3O^+] > [OH^-]$$

المحلول حمضي

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل: حسابات باستخدام التأين الذاتي للماء

تدريب (1): أكمل الفراغات وصنف المحاليل إلى حمضية أو قاعدية أو متعادلة عند درجة حرارة 25°C:

المحلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	سلوك المحلول
1	1×10^{-3}		
2		1×10^{-3}	
3	1×10^{-7}		

تدريب (2): احسب $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في المحاليل الآتية عند درجة حرارة 25°C:

1- 5×10^{-9} M OH^-

2- 4×10^{-8} M H_3O^+

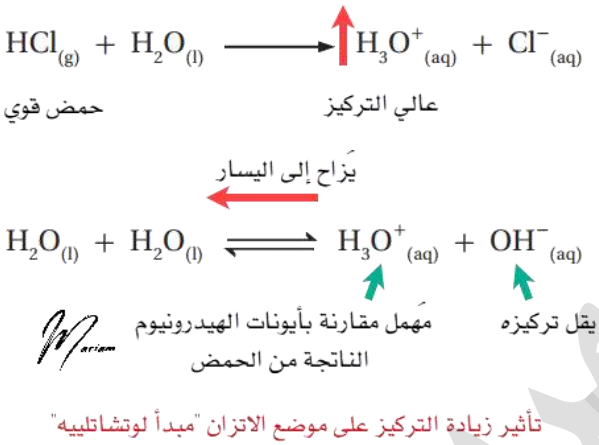
تدريب (3): باحث كيميائي أضاف كمية محددة من غاز HCl إلى ماء نقي عند درجة حرارة 25°C فحصل على محلول بتركيز $[H_3O^+] = 3 \times 10^{-4}$ احسب $[OH^-]$ في المحلول

أ. مريم السرطاوي

حسابات تراكيز الأيونات في محاليل الحموض القوية

تعلمنا أن الحموض القوية تتأين كليًّا في الماء منتجة أيون الهيدرونيوم وأيونها السالب

مثال الكتاب ص25: عند إذابة 0.1 mol من HCl في 1 لتر ماء يزيد تركيز أيونات H_3O^+



تأثير زيادة التركيز على موضع الاتزان "مبدأ لوتشاتلييه"

شرح المثال:

- أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد في حالة اتزان مع جزيئات الماء غير المتأينة ويبقى ثابت تأين الماء K_w ثابتًا
- يزيد تركيز أيونات الهيدرونيوم من تأين الحمض القوي وبالتالي يقل تركيز أيونات الهيدروكسيد وفقًا لمبدأ لوتشاتلييه "يُزاح الاتزان نحو اليسار بسبب زيادة تركيز أحد النواتج"
- نهمل تركيز أيونات الهيدرونيوم الناتجة من تأين الماء لأنه صغير جدًّا مقارنة بتركيز أيونات الهيدرونيوم الناتجة من تأين الحمض القوي
- نعتبر الحمض القوي هو المصدر الرئيس لأيونات الهيدرونيوم وتركيزها مساوٍ لتركيز الحمض؛ لأنه تأين كليًّا فلن يبقى من جزيئات HCl أي شيء، نحسب تركيزها من خلال قانون المولارية

$$[H_3O^+] = [Acid] = [HCl] = 1 \times 10^{-1} M$$

- نحسب تركيز أيونات الهيدروكسيد باستخدام ثابت تأين الماء

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-13} M$$

- الاستنتاج: إضافة حمض قوي إلى الماء يؤدي إلى تكوين محلول حمضي يكون فيه تركيز $[H_3O^+]$ أكبر من تركيز $[OH^-]$

ضوء اللمبة: العوامل المؤثرة على موضع الاتزان هي: التركيز، درجة الحرارة، الضغط في حالة الغازات، بينما قيمة ثابت الاتزان لا تتأثر إلا إذا تغيرت درجة الحرارة

إذا زاد تركيز مادة في جهة ما فإن موضع الاتزان يُزاح بعيدًا عنها

تريكات نتعلم نحل بسرعة وحتفهمها أكثر مع الشغل العملي للحسابات:

1- إذا أعطانا تركيز الحمض، نتأكد هو قوي ولا لأ، إذا قوي رح نعتبر تركيزه = تركيز أيونات الهيدرونيوم عطلول ونطبق معادلة K_w حتى يطلع معنا أيون الهيدروكسيد، وأكيد المحلول حمضي بدون تفكير
2- إذا أعطانا مولات الحمض والحجم، فلازم نحسب التركيز المولاري بعدين نكمل، وانتبه للحجم فهو باللتر
3- إذا أعطانا كتلة الحمض فلازم نحولها لمولات باستخدام الكتلة المولية بعدين نكمل القصة مثل اللي قبل
4- كل ما استخدمت الصيغة العلمية كل ما ارتحت بالاختصارات بين البسط والمقام واشتغلت بسرعة
5- الصيغة العلمية: بتحرك الفاصلة العشرية يمين أو يسار حتى يضل عندك عدد واحد صحيح والباقي بعد الفاصلة، إذا كبرت العدد العشري فلازم تصغر الأس العشري، وإذا صغرت العدد العشري لازم تكبر الأس العشري
6- تريك الحل السريع لتحويل الهيدرونيوم إلى هيدروكسيد والعكس: بناخد مقلوب العدد لتركيز H_3O^+ قبل الأس العشري وبنكمل الأس العشري لـ 14-

مثال(3) ص26: أحسب تركيز H_3O^+ وتركيز OH^- في محلول حمض الهيدروبروميك تركيزه $1 \times 10^{-3}M$

حمض الهيدروبروميك حمض قوي يتأين كليًا في الماء، نطبق تريكات الحل، نحل مباشرة على K_w أو نعمل تريك الحل السريع

$$HBr_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

$$[HBr] = 1 \times 10^{-3}M$$
$$[HBr] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}M$$
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11}M$$

تريك الحل السريع: $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}M$ نقلب الـ 1 ونكمل الأس 3- إلى 14-
مقلوب الـ 1 = 1 وتكملة الأس العشري = 11-

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-11}M$$

مثال(4) ص26: أحسب تركيز H_3O^+ وتركيز OH^- في محلول جرى تحضيره بإذابة 0.02 mol من حمض البيركلوريك $HClO_4$ في 400 mL من الماء

حمض البيركلوريك حمض قوي يتأين كليًا في الماء، نطبق تريكات الحل، نحسب التركيز بعد أن نحول الحجم إلى لتر بالقسمة على 1000، ونجعل الأعداد بالصيغة العلمية، ثم مباشرة على K_w

$$HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$$

$n = 0.02 = 2 \times 10^{-2}$

$V = \frac{400}{1000} = 0.4 = 4 \times 10^{-1}$

$M = \frac{2 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-1}} = 0.5 \times 10^{-1} = 5 \times 10^{-2}M$

$[HClO_4] = 5 \times 10^{-2}M$

$[HClO_4] = [H_3O^+] = 5 \times 10^{-2}M$

$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-2}} = 0.2 \times 10^{-12}M = 2 \times 10^{-13}M$

تريك الحل السريع: $[H_3O^+] = 5 \times 10^{-2}M$ نقلب الـ 5 ونكمل الأس 2- إلى 14-

مقلوب الـ 5 = 0.2 وتكملة الأس العشري = 12-

$[OH^-] = 0.2 \times 10^{-12}M = 2 \times 10^{-13}M$

أتحقق ص26: أحسب تركيز H_3O^+ وتركيز OH^- في محلول حمض النيتريك تركيزه 0.04M

$$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

حمض النيتريك حمض قوي يتأين كليًّا في الماء، نطبق تريكات الحل، نحل مباشرة على K_W أو نعمل تريك الحل السريع

$[HNO_3] = 0.04 = 4 \times 10^{-2}M$

$[HNO_3] = [H_3O^+] = 4 \times 10^{-2}M$

$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-2}} = 0.25 \times 10^{-12} = 2.5 \times 10^{-13}M$

تريك الحل السريع: $[H_3O^+] = 4 \times 10^{-2}M$ نقلب الـ 4 ونكمل الأس 2- إلى 14-

مقلوب الـ 4 = 0.25 وتكملة الأس العشري = 12-

$[OH^-] = 0.25 \times 10^{-12} = 2.5 \times 10^{-13}M$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الجدول (5): أشهر الحموض القويّة.

اسم الحِمض	صيغته الكيميائيّة
البيركلوريك	$HClO_4$
الهيدرويوديك	HI
الهيدروبروميك	HBr
الهيدروكلوريك	HCl
النيتريك	HNO_3

الرَبطُ مع الحياة

يُعَدُّ حِمضُ الهيدروكلوريك (HCl) في المَعِدَة من أهم الإفرازات المعديّة التي تساهم في هضم البروتينات وتنشيط إنزيمات الهضم وقتل الجراثيم التي تدخل إلى المَعِدَة، وقد تجلت عظمة الخالق بتوفير الوسائل الكفيلة بحماية جدار المَعِدَة من تأثير هذا الحِمض ومنع تآكله، وذلك عن طريق الإفراز المستمرّ للغشاء المخاطي المُبَطِّن لجدار المَعِدَة، كما في الشكل، الذي يمنع الحِمض من الوصول إلى النسيج الطلائي المُكَوِّن له، إضافة إلى قدرة هذا النسيج على التجدُّد بشكل مستمر.

وزارة 2021: محلول حمض HNO_3 فيه تركيز أيونات NO_3^- = 5×10^{-2} فإن تركيز المحلول يساوي: [4 علامة]

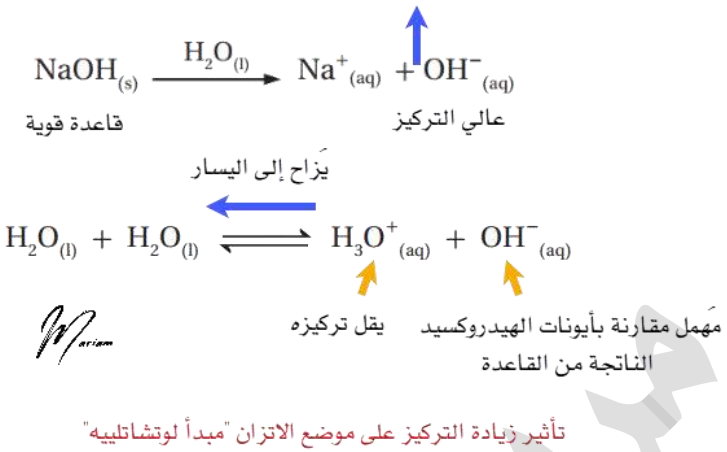
-1	2×10^{-2}	-2	2×10^{-10}
-3	5×10^{-2}	-4	5×10^{-10}

الإجابة (3)

حسابات تراكيز الأيونات في محاليل القواعد القوية

تعلمنا أن القواعد القوية تتأين كليًّا في الماء منتجة أيون الهيدروكسيد وأيونها الموجب

مثال الكتاب ص27: عند إذابة 0.1 mol من NaOH في 1 لتر ماء يزيد تركيز أيونات OH^-



تأثير زيادة التركيز على موضع الاتزان "مبدأ لوتشاتلييه"

شرح المثال:

- أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد في حالة اتزان مع جزيئات الماء غير المتأينة ويبقى ثابت تأين الماء K_w ثابتًا
- يزيد تركيز أيونات الهيدروكسيد من تأين القاعدة القوية وبالتالي يقل تركيز أيونات الهيدرونيوم وفقًا لمبدأ لوتشاتلييه "يُزاح الاتزان نحو اليسار بسبب زيادة تركيز أحد النواتج"
- نهمل تركيز أيونات الهيدروكسيد الناتجة من تأين الماء لأنه صغير جدًّا مقارنة بتركيز أيونات الهيدروكسيد الناتجة من تأين القاعدة القوية
- نعتبر القاعدة القوية هي المصدر الرئيس لأيونات الهيدروكسيد وتركيزها مساوٍ لتركيز القاعدة؛ لأنها تأينت كليًّا فلن يبقى من المركب NaOH أي شيء

$$[OH^-] = [Base] = [NaOH] = 1 \times 10^{-1}M$$

- نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم باستخدام ثابت تأين الماء

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-13}M$$

- الاستنتاج: إضافة قاعدة قوية إلى الماء يؤدي إلى تكوين محلول قاعدي يكون فيه تركيز $[OH^-]$ أكبر من تركيز $[H_3O^+]$

نستخدم نفس تريكات الحل السريع في حسابات الحمض القوي

مثال(5) ص28: أحسب تركيز H_3O^+ وتركيز OH^- في محلول هيدروكسيد الليثيوم تركيزه $0.5 \times 10^{-3}M$

هيدروكسيد الليثيوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا في الماء، نطبق تريكات الحل، نحل مباشرة على K_w أو نعمل تريك الحل السريع

$$LiOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$[LiOH] = 0.5 \times 10^{-3}M$

$[LiOH] = [OH^-] = 0.5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4}M$

$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-4}} = 0.2 \times 10^{-10} = 2 \times 10^{-11}M$$

تريك الحل السريع: $[OH^-] = 5 \times 10^{-4}M$ نقلب الـ 5 ونكمل الأس 4- إلى 14-

مقلوب الـ 5 = 0.2 وتكملة الأس العشري = 10-

$[H_3O^+] = 0.2 \times 10^{-10} = 2 \times 10^{-11}M$

أتحقق ص28: أحسب تركيز H_3O^+ وتركيز OH^- في المحاليل الآتية:

1- محلول القاعدة هيدروكسيد البوتاسيوم KOH الذي تركيزه 0.5 M

هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$[KOH] = 0.5\ M$

$[KOH] = [OH^-] = 0.5 = 5 \times 10^{-1}M$

$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-1}} = 0.2 \times 10^{-13} = 2 \times 10^{-14}M$$

2- محلول جرى تحضيره بإذابة 8 g من بلورات هيدروكسيد الصوديوم NaOH في 200 mL من الماء. علمًا أن $Mr_{(NaOH)} = 40g/mol$

هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{8}{40} = \frac{2}{10} = 0.2 = 2 \times 10^{-1}moles$$

$$V = \frac{200}{1000} = 0.2 = 2 \times 10^{-1}$$

$$M = \frac{2 \times 10^{-1}}{2 \times 10^{-1}} = 1M$$
$$[NaOH] = 1M$$
$$[NaOH] = [OH^-] = 1\ M$$
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1} = 1 \times 10^{-14}M$$

الجدول (6): أشهر القواعد القويّة.

اسم القاعدة	الصيغة الكيميائيّة
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH

الربطُ مع الصناعة الشَّحمة Grease

تُستخدَمُ القواعدُ، مثل هيدروكسيد كلٍّ منَ الصوديوم والليثيوم والألمنيوم بسبب ملمسها الزلق، في صناعة ما يُسَمّى بالشُّحوم الصابونيّة (الشَّحمة)، التي تُستخدَمُ في تشحيم الآلات والسيارات وغيرها للتقليل منَ الاحتكاك؛ حيث تُضاف هذه القواعدُ إلى الدهون النباتيّة أو الحيوانيّة لصناعة أنواع مختلفة من تلك الشُّحوم أو ما يُسَمّى بالصابون الشَّحمي، مثل: الصّابون الليثيومي Lithium Grease، والصّابون الصوديومي Sodium Grease.

وزارة 2020 تكميلي: تم تحضير محلول هيدروكسيد الليثيوم LiOH بإذابة 0.001 mol في الماء لينتج حجم المحلول 100 mL فإن تركيز أيونات H_3O^+ في المحلول: [4 علامة]

-1	1×10^{-3}	-2	1×10^{-10}
-3	1×10^{-11}	-4	1×10^{-12}

الإجابة (4)

تدريبات خارجية وكيماشيك: حسابات تراكيز الأيونات في المحاليل القوية

تدريب (1) كيماشيك: احسب $[OH^-]$ في المحاليل الآتية ووضح الفرق بينها

1- محلول قاعدة KOH بتركيز 1×10^{-3} M

$$KOH \rightarrow K^+ + OH^-$$

$$[KOH] = [OH^-] = 1 \times 10^{-3} M$$

2- محلول قاعدة $Ba(OH)_2$ بتركيز 1×10^{-3} M

$$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^+ + 2OH^-$$

$$[OH^-] = 2[Ba(OH)_2] = 2 \times 10^{-3}$$

ثنائي الهيدروكسيد غير مطلوب في الحسابات وهي مجرد فكرة خارجية، انظر إلى عدد المولات في المعادلة الموزونة وعلى أساسها تحسب التركيز

تدريب (2) كيماشيك: احسب تركيز $[H_3O^+]$ لمحلول مكون من 15 mL من حمض HCl تركيزه 0.1 M ومن 25 mL من حمض HNO_3 تركيزه 0.18 M

$$[H_3O^+]_1 = [HCl] = 0.1 \text{ M}$$
$$n_1 = 0.1 \times 0.015 = 0.0015 \text{ mol}$$

$$[H_3O^+]_2 = [HNO_3] = 0.18 \text{ M}$$
$$n_2 = 0.18 \times 0.025 = 0.0045 \text{ mol}$$
$$n_{total} = 0.0015 + 0.0045 = 0.006 \text{ mol}$$
$$[H_3O^+]_{total} = \frac{n_{total}}{V_{total}} = \frac{0.006}{0.04} = 0.15 \text{ M}$$

تدريب (3) كيماشيك: رتب الحموض الآتية حسب ازدياد حموضتها:

HCl تركيز 0.15 M / HNO_3 تركيز 0.12 M / HBr تركيز 0.10 M / $HClO_4$ تركيز 0.2 M /

جميعها تتأين بشكل كلي، الأعلى في تركيز أيونات الهيدرونيوم هو الأكثر حمضية

$$HBr < HNO_3 < HCl < HClO_4$$

ورقة عمل: حسابات تراكيز الأيونات في محاليل الحموض والقواعد القوية

تدريب (1): احسب $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في المحاليل الآتية عند درجة حرارة 25°C:

1- محلول القاعدة KOH بتركيز 5×10^{-1} M

2- محلول القاعدة NaOH بتركيز 0.01 M

3- محلول حمض HBr بتركيز 5×10^{-4} M

4- محلول حمض HNO_3 بتركيز 0.1 M

تدريب (2): إذا كان تركيز $[H_3O^+]$ في كوب قهوة 1×10^{-5} M عند درجة حرارة 25°C فما تركيز $[OH^-]$ في الكوب؟ وهل القهوة حمضية أم قاعدية؟

[تنويه: مادة القهوة ليست من المحاليل القوية]

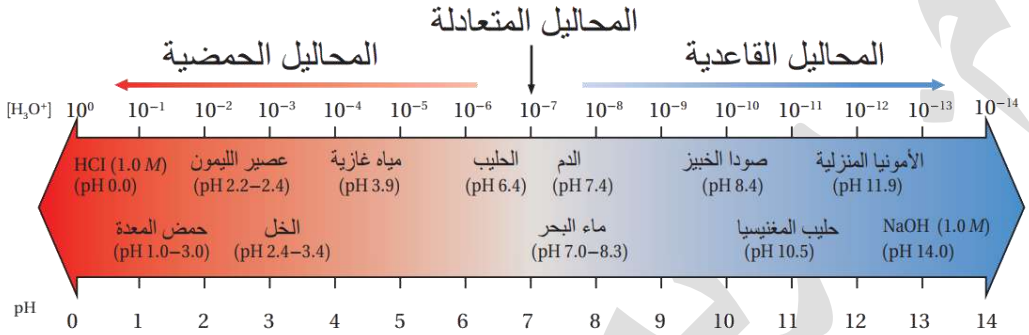
منهاجي
متعة التعليم الهادف

م. مريم السرطاوي

الرقم الهيدروجيني Hydrogen Power pH

⭐ الأيونات ذات تراكيز صغيرة جدًّا ولصعوبة التعبير عن حموضة أو قاعدية المحلول من خلال تركيز تلك الأيونات، استخدم الكيميائيون طرق أسهل مثل الرقم الهيدروجيني والرقم الهيدروكسيلي

⭐ يُستخدم الرقم الهيدروجيني للتعبير عن حموضة المحلول، ويعدّ مقياسًا مدرَّجًا من صفر إلى 14، الرقم الهيدروجيني = درجة الحموضة



الشكلُ (5): العلاقة بين تركيز أيونات الهيدرونيوم في بعض المحاليل وَرَقْمها الهيدروجيني.

- مهم حفظ المحاليل في الصورة مع مداها في مقياس الرقم الهيدروجيني
- المحلول الحمضي الذي $[H_3O^+]$ فيه أكبر من 10^{-7} يكون الرقم الهيدروجيني أقل من 7
- المحلول المتعادل الذي $[H_3O^+]$ فيه يساوي 10^{-7} يكون الرقم الهيدروجيني يساوي 7
- المحلول القاعدي الذي $[H_3O^+]$ فيه أقل من 10^{-7} يكون الرقم الهيدروجيني أكبر من 7

أتحقق ص29:

1- أحدد بالاعتماد على الشكل(5) الرقم الهيدروجيني للمحاليل الآتية:

(أ) محلول تركيز H_3O^+ فيه يساوي $10^{-3}M$

$pH = 3$

(ب) محلول تركيز H_3O^+ فيه يساوي $10^{-12}M$

$pH = 12$

2- أستنتج أي المحلولين السابقين حمضي وأيهما قاعدي

الأول حمضي والثاني قاعدي

أفكر ص30: أستنتج تركيز المحلول إذا كان رقمه الهيدروجيني يساوي صفرًا (pH=0)

سيكون محلولاً حمضيًّا تركيز H_3O^+ فيه يساوي 1M

والسبب لتلك العلاقة العكسية بين التركيز والرقم الهيدروجيني هو العلاقة الرياضية المستخدمة لحساب الرقم الهيدروجيني من خلال تراكيز أيونات الهيدرونيوم

ما المقصود بالرقم الهيدروجيني؟

هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول للأساس 10 وعلاقته الرياضية:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

تعزيز: اللوغاريتم في الرياضيات هو العلاقة العكسية للقوة الأسية، فإذا كانت $(10)^9$= 1000000000

فإن اللوغاريتم سيكون للناتج المضاعف والجواب = 9 $\log_{10} 1000000000 = 9$

نستخدم في الحموض والقواعد اللوغاريتمات الاعتيادية ذات الأساس 10

تعزيز مهم حتى نحل اللوغاريتمات ذات الأساس 10 لازم نتذكر قوانينها:

قانون الضرب داخل اللوغاريتم

نوزعه عن طريق الجمع

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$
$$\log(3 \times 4) = \log 3 + \log 4$$

قانون القسمة داخل اللوغاريتم

نوزعه عن طريق الطرح

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$$
$$\log\left(\frac{1}{10}\right) = \log 1 - \log 10$$

قانون القوة داخل اللوغاريتم

نطلع القوة أمام اللوغاريتم

$$\log(a)^b = b \times \log a$$
$$\log(10)^4 = 4 \times \log 10$$

علاقات مهمة لا ننساها

$$\log 10 = 1$$
$$\log 1 = 0$$

معكوس اللوغاريتم هو العلاقة الأسية

$$a^x = y \Leftrightarrow \log_a y = x$$

$2^5 = 32$ $\log_2 32 = 5$

لحسابات الـ pH سيعطينا غالبًا معطيات لوغاريتمات تفيدنا في حل السؤال، وممكن ما نحتاج يلزمنا التركيز إما يكون مُعطى أو نحسبه من خلال المعطيات سواء كانت عدد مولات أو كتلة

مثال(6) ص30: أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول حمض النيتريك HNO_3 تركيزه $0.25\ M$ علمًا أن $\log 2.5 = 0.4$

حمض النيتريك حمض قوي يتأين كليًّا في الماء

$$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

$$[HNO_3] = 0.25 = 2.5 \times 10^{-1} M$$
$$[HNO_3] = [H_3O^+] = 2.5 \times 10^{-1} M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(2.5 \times 10^{-1}) = -\log 2.5 + -\log 10^{-1}$$
$$= -\log 2.5 + 1 \log 10 = 1 - \log 2.5$$

يعني حتى نحل بسرعة وبدون هذا التفصيل: ننزل القوة الأسية ونحولها موجبة ثم نطرح منها اللوغاريتم اللي جاء قبله، ونتذكر أن لوغاريتم الـ10=1

$$pH = 1 - \log 2.5 = 1 - 0.4 = 0.6$$

مثال(7) ص30: أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول حمض البيركلوريك $HClO_4$ تركيزه $0.04\ M$ علمًا أن $\log 4 = 0.6$

حمض البيركلوريك حمض قوي يتأين كليًّا في الماء

$$HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$$

$$[HClO_4] = 0.04 = 4 \times 10^{-2} M$$
$$[HClO_4] = [H_3O^+] = 4 \times 10^{-2} M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(4 \times 10^{-2}) = 2 - \log 4 = 2 - 0.6 = 1.4$$

مثال(10) ص31: أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول القاعدة هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه $0.02\ M$ علمًا أن $\log 5 = 0.7$

هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا في الماء

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$[NaOH] = 0.02\ M$$
$$[NaOH] = [OH^-] = 0.02 = 2 \times 10^{-2}\ M$$
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-2}} = 0.5 \times 10^{-12} = 5 \times 10^{-13} M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(5 \times 10^{-13}) = 13 - \log 5 = 13 - 0.7 = 12.3$$

يُكتب أحيانًا على عبوات الأغذية والعصير الرقم الهيدروجيني للمادة التي تحتويها، يمكن من خلال pH حساب تركيز أيونات H_3O^+ من خلال العلاقة العكسية للوغاريتم وهي العلاقة الأسية $pH = -\log_{10}[H_3O^+] \rightleftharpoons [H_3O^+] = 10^{-pH}$

مثال(8) ص31: أحسب $[H_3O^+]$ لعبوة من الخل مكتوب عليها أن الرقم الهيدروجيني pH يساوي 4

$[H_3O^+] = 10^{-pH}$
$[H_3O^+] = 10^{-4} = 1 \times 10^{-4} M$

مثال(9) ص31: أحسب $[H_3O^+]$ لعبوة من عصير الليمون مكتوب عليها أن الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.2 علمًا أن $\log 6.3 = 0.8$

قبل نبدأ بالحل وطالما حنستخدم العلاقة العكسية للوغاريتم وهي الأسية، خلينا نحول المعطيات تاعت اللوغاريتم إلى علاقة أسية

$\log 6.3 = 0.8 \quad \rightleftharpoons \quad 6.3 = 10^{0.8}$

$[H_3O^+] = 10^{-pH}$
$[H_3O^+] = 10^{-2.2}$

ما بيصير نعتمد الجواب والأس غير صحيح، حتى نحوله لصحيح بنجمع وبنطرح عدد أكبر منه وبنحاول بتريك بسيطة نرجع الأسس من حالة الجمع إلى الضرب بأساس 10 المشترك بينهم، والأساس اللي بيضل أسه غير صحيح لازم يكون له معطى بالسؤال حتى نعوض مكانه

$[H_3O^+] = 10^{(-2.2+3)-3} = 10^{0.8+-3} = 10^{0.8} \times 10^{-3} = 6.3 \times 10^{-3} M$

أتحقق ص32:

1- أحسب pH لمحلول حمض الهيدرويوديك HI تركيزه 0.03 M علمًا أن $\log 3 = 0.48$

$HI_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$ حمض الهيدرويوديك حمض قوي يتأين كليًا

$[HI] = 0.03 = 3 \times 10^{-2} M \qquad [HI] = [H_3O^+] = 3 \times 10^{-2} M$
$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(3 \times 10^{-2}) = 2 - \log 3 = 2 - 0.48 = 1.52$

2- أحسب $[H_3O^+]$ لعينة من عصير البندورة رقمها الهيدروجيني يساوي 4.3 علمًا أن $\log 5 = 0.7$

$\log 5 = 0.7 \quad \rightleftharpoons \quad 5 = 10^{0.7}$

$[H_3O^+] = 10^{-pH} \qquad [H_3O^+] = 10^{-4.3}$
$[H_3O^+] = 10^{(-4.3+5)-5} = 10^{0.7+-5} = 10^{0.7} \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-5} M$

3- أحسب pH لمحلول القاعدة هيدروكسيد الليثيوم LiOH تركيزه 0.004 M علمًا أن $\log 2.5 = 0.4$

$LiOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ هيدروكسيد الليثيوم قاعدة قوية تتفكك كليًا

$[LiOH] = 0.004\ M \qquad [LiOH] = [OH^-] = 0.004 = 4 \times 10^{-3}\ M$
$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-3}} = 0.25 \times 10^{-11} = 2.5 \times 10^{-12} M$$

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(2.5 \times 10^{-12}) = 12 - \log 2.5 = 12 - 0.4 = 11.6$

أسئلة وزارية: حسابات الرقم الهيدروجيني في المحاليل القوية

وزارة 2006 صيفية: احسب كتلة KOH المذابة في 500 mL من المحلول إذا كانت قيمة pH=13 علمًا أن الكتلة المولية (K=39, O=16, H=1) و $K_W = 1 \times 10^{-14}$ [5 علامة]

هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-13} M$

$[KOH] = [OH^-]$

$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-13}} = 1 \times 10^{-1} = 0.1M$

$[KOH] = 1 \times 10^{-1} M$

$M = \frac{n}{V}$ $\quad n = M \times V = 0.1 \times 0.5 = 0.05\ mol$

$Mr = 39 + 16 + 1 = 56\ g/mol$

$n = \frac{m}{Mr}$ $\quad m = Mr \times n = 56 \times 0.05 = 2.8\ g$

انتبه لخطوات الحل لتحصل على العلامة الكاملة، مثلا تركيز أيونات الهيدرونيوم علامة، تركيز أيونات الهيدروكسيد علامة، تركيز القاعدة القوية علامة، حساب المولات علامة، حساب الكتلة علامة

وزارة 2008 شتوية/2018 صيفية: لديك المحلولين اللذين يحملان الرقمين 1 و 2، المحلول 1 هو محلول KOH تركيزه $1 \times 10^{-4} M$ احسب pH للمحلول رقم 1 [3 علامات]

هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

$[KOH] = [OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$

$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10} M$

$pH = -\log 1 \times 10^{-10} = 10 - \log 1 = 10$

يتكرر نمط السؤال الوزاري مع تغيير القيم أو المواد

وزارة 2010 صيفية: احسب عدد مولات $Ba(OH)_2$ اللازم إذابتها في الماء النقي لتكوين محلول حجمه 5 L وقيمة pH=10 علمًا أن $K_W = 1 \times 10^{-14}$ [4 علامة]

هيدروكسيد الباريوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا، لكن انتبه لمولات أيونات الهيدروكسيد

$$Ba(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} 2OH^-_{(aq)} + Ba^+_{(aq)}$$

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

$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^{-4}\ M$

$$[Ba(OH)_2] = \frac{1 \times 10^{-4}}{2} = 0.5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-5}\ M$$

$$n = M \times V = 5 \times 10^{-5} \times 5 = 25 \times 10^{-5} = 2.5 \times 10^{-4}\ mol$$

$$Ba(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} 2OH^-_{(aq)} + Ba^+_{(aq)}$$

1 مول — 2 مول

العلاقة بينهما 1:2

أسئلة الوزارة الخاصة بقواعد ثنائية الهيدروكسيد مطلوبة في المناهج القديمة، وغير مطلوبة في منهاجنا

وزارة 2014 شتوية/2019 صيفية: احسب pH لمحلول حمضي HBr تركيزه 0.01 M [2 علامة]

حمض قوي يتأين كليًّا

$$HBr_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

$$[HBr] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}\ M$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 1 \times 10^{-2} = 2$$

وزارة 2014 صيفية: احسب pH لمحلول حمضي HCl تركيزه 0.001 M [2 علامة]

حمض قوي يتأين كليًّا

$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$[HCl] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}\ M$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 1 \times 10^{-3} = 3$$

وزارة 2016 صيفية: احسب عدد غرامات NaOH اللازم إذابتها في 2 L من الماء لتصبح pH=12 علمًا أن الكتلة المولية (Mr=40 g/mol) و $K_W = 1 \times 10^{-14}$ [4 علامة]

هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-12} M$$

$$[NaOH] = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-12}} = 1 \times 10^{-2} = 0.01 M$$

$$[NaOH] = 0.01\ M$$

$$M = \frac{n}{V} \qquad n = M \times V = 0.01 \times 2 = 0.02\ mol$$

$$n = \frac{m}{Mr} \qquad m = Mr \times n = 40 \times 0.02 = 0.80\ g$$

وزارة 2019 تكميلي/2019 شتوية/2019 صيفية: احسب قيمة pH لمحلول KOH **تركيزه** 1×10^{-3} M [3 علامات]

هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} OH^-_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

$$[KOH] = [OH^-] = 1 \times 10^{-3}\ M$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11} M$$

$$pH = -\log 1 \times 10^{-11} = 11$$

وزارة 2020 خاصة: محلول HCl تركيزه 1 M فإن قيمة pH له تساوي: [5 علامة]

-1	3	-2	2
-3	1	-4	0

الإجابة (4)

وزارة 2020 تكميلي: محلول القاعدة KOH قيمة pH=12 فإن تركيز المحلول: [4 علامة]

-1	1×10^{-2}	-2	1×10^{-12}
-3	2×10^{-2}	-4	2×10^{-12}

الإجابة (1)

وزارة 2020 تكميلي: الرقم الهيدروجيني pH لمحلول القاعدة KOH تركيزه 0.01 M يساوي:

-1	2	-2	4
-3	10	-4	12

الإجابة (4) [4 علامة]

وزارة 2021 تكميلي: محلول المادة (X) يتأين كليًّا في الماء فإذا علمت أن قيمة الرقم الهيدروجيني pH له تساوي 9 فإن تركيزه يساوي: [4 علامة]

-1	1×10^{-10}	-2	1×10^{-9}
-3	1×10^{-5}	-4	1×10^{-4}

الإجابة (3)

وزارة 2022: محلول (Z) يتأين كليًّا في الماء فإذا علمت أن $[H_3O^+] = 1\ M$ فإنّ :

-1	$pH = 1$	-2	$[Z] = 1 \times 10^{-1} M$
-3	$[OH^-] = 1 \times 10^{-14} M$	-4	$[OH^-] = 1 \times 10^{-1} M$

الإجابة (3) [4 علامة]

الرقم الهيدروكسيلي Hydroxyl Power pOH

نفس التطبيقات التي تعلمناها في الرقم الهيدروجيني سنطبقها في الرقم الهيدروكسيلي مع فرق أن الأول يختص بتركيز الهيدرونيوم، والثاني بتركيز الهيدروكسيد

يُستخدم الرقم الهيدروكسيلي للتعبير عن قاعدية المحلول، ويعدّ مقياسًا مدرَّجًا من صفر إلى 14 لكن بشكل معاكس للرقم الهيدروجيني، أي إذا كان pH=1 فهو حمضي وليس قاعدي، بينما pOH=1 فهو قاعدي وليس حمضي، متعاكسان ومتممان لبعضهما وسنفهم ذلك من خلال الحسابات

ما المقصود بالرقم الهيدروكسيلي؟

هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروكسيد OH^- في المحلول للأساس 10 وعلاقته الرياضية:

$$pOH = -\log[OH^-]$$

مثال(11) ص32: أحسب الرقم الهيدروكسيلي pOH لمحلول القاعدة KOH تركيزه 0.01 M

قاعدة هيدروكسيد البوتاسيوم قوية تتفكك كليًّا

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$[KOH] = 0.01 = 1 \times 10^{-2}M$$
$$[KOH] = [OH^-] = 1 \times 10^{-2}M$$
$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(1 \times 10^{-2}) = 2 - \log 1 = 2 - 0 = 2$$

ويمكن من خلال pOH حساب تركيز أيونات OH^- من خلال العلاقة العكسية للوغاريتم وهي العلاقة الأسية $pOH = -\log_{10}[OH^-] \quad \rightleftharpoons \quad [OH^-] = 10^{-pOH}$

مثال(12) ص33: أحسب $[OH^-]$ لعبوة من حليب المغنيسيا مكتوب عليها أن الرقم الهيدروكسيلي pOH يساوي 4

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$
$$[OH^-] = 10^{-4} = 1 \times 10^{-4}M$$

أتحقق ص33:

1- أحسب الرقم الهيدروكسيلي pOH لمحلول هيدروكسيد الليثيوم LiOH تركيزه 0.004 M علمًا أن $\log 4 = 0.6$

قاعدة هيدروكسيد الليثيوم قوية تتفكك كليًّا

$$LiOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$[LiOH] = 0.004 = 4 \times 10^{-3}M$ $[LiOH] = [OH^-] = 4 \times 10^{-3}M$

$pOH = -\log[OH^-] = -\log(4 \times 10^{-3}) = 3 - \log 4 = 3 - 0.6 = 2.4$

2- أحسب $[OH^-]$ لعينة مكتوب عليها أن الرقم الهيدروكسيلي pOH يساوي 3.2 علمًا أن $\log 6.3 = 0.8$

$\log 6.3 = 0.8 \quad \rightleftharpoons \quad 6.3 = 10^{0.8}$

$[OH^-] = 10^{-pOH}$ $[OH^-] = 10^{-3.2}$

$[OH^-] = 10^{(-3.2+4)-4} = 10^{0.8+-4} = 10^{0.8} \times 10^{-4} = 6.3 \times 10^{-4}M$

الربطُ بالصّحةِ

حليب المغنيسيا: محلولٌ معلَّقٌ من هيدروكسيد المغنيسيوم بنسبة 8% بالكتلة، يُستخدَمُ في علاج الإمساك وعسر الهضم وحرقة المَعِدة، وهو متوفِّرٌ في الصيدليات على شكل حُبوب أو سائل.

العلاقة بين الرقم الهيدروجيني pH والرقم الهيدروكسيلي pOH

حاصل ضرب تركيز أيونات OH^- بتركيز أيونات H_3O^+ يعطي قيمة ثابتة وهي ثابت تأين الماء K_w

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

بأخذ لوغاريتم الطرفين:

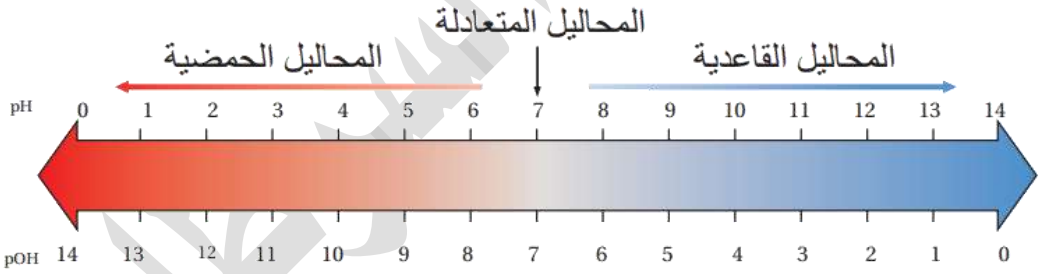
$$\log([H_3O^+][OH^-]) = \log(1 \times 10^{-14})$$
$$\log[H_3O^+] + \log[OH^-] = -14 - \log 1$$

نضرب طرفي المعادلة بالسالب

$$-\log[H_3O^+] + -\log[OH^-] = +14$$

نعوض مكان اللوغاريتم بالعلاقات الرياضية للرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي

$$pH + pOH = 14$$



الشكلُ (6): العلاقة بين الرَّقْم الهيدروجيني والرَّقْم الهيدروكسيلي.

من الشكل (6): استنتج العلاقة بين حمضية المحلول والرقم الهيدروكسيلي

كلما ازدادت حمضية المحلول كان الرقم الهيدروكسيلي أعلى من 7

بينما في الرقم الهيدروجيني كلما ازدادت حمضية المحلول يكون أقل من 7

ونلاحظ أن القيم المتقابلة مجموعها = 14 وبالتالي نستطيع معرفة قيمة أي منها بمعرفة الآخر، عندما تكون pH تساوي 2 وهو محلول حمضي فإن قيمة pOH تساوي 12

تعزيز: تركيز الأيونات يكمل بعضه من خلال علاقة الضرب الحاصلة في قانون ثابت تأين الماء، ومثله قيم الرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي يكمل بعضه من خلال الجمع

مثال(13) ص34: أحسب الرقم الهيدروجيني pH والرقم الهيدروكسيلي pOH لمحلول حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه $1 \times 10^{-3}M$

حمض الهيدروكلوريك قوي يتأين كليًّا في الماء

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1 \times 10^{-3}) = 3 - \log 1 = 3 - 0 = 3$$

$$pH + pOH = 14$$
$$3 + pOH = 14$$
$$pOH = 11$$

أتحقق ص33: أحسب كلاً من pH و pOH لكل من المحاليل الآتية:

1- محلول تركيز أيونات H_3O^+ فيه يساوي $1 \times 10^{-5}M$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1 = 5 - 0 = 5$$

$$pH + pOH = 14$$
$$5 + pOH = 14$$
$$pOH = 9$$

2- محلول تركيز أيونات OH^- فيه يساوي $1 \times 10^{-4}M$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(1 \times 10^{-4}) = 4 - \log 1 = 4 - 0 = 4$$
$$pH + pOH = 14$$
$$pH + 4 = 14$$
$$pH = 10$$

تعزيز:

- لتتمكن من تمييز حموضة أو قاعدية المحلول من خلال pH أو pOH، ركّز على الرقم الهيدروجيني pH دائمًا فهو الشائع استخدامه عند الكيميائيين وأننا نبدأ من الحمض القوي وننتهي عند القاعدة القوية وبينهما الضعفاء والمتعادل، وسنتعرف على الضعفاء في الدرس الثالث
- تذكّر أننا نقرأ pH من اليسار مثل الحسابات والمعادلات الكيميائية، بينما pOH معاكس في الاتجاه مثلا جاء السؤال: ما نوع المحلول إذا كان pOH=12؟

  لا تبدأ المقارنة على المقياس، فقط جد pH وتساوي 2
- الرقم الهيدروجيني الأقل من 7 يعني حمضي والأعلى من 7 يعني قاعدي، إذًا هو محلول حمضي

تدريبات خارجية وكيماشيك: الرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي

تدريب (1) كيماشيك: محلول حجمه 2 L يحتوي على حمض HCl وحمض HBr إذا كانت pH للمحلول هي 1 فاحسب:

1- عدد مولات الحمض في المحلول

تركيز أيونات الهيدرونيوم يساوي تركيز الحمض الكامل

عدد مولات أيونات الهيدرونيوم يساوي عدد مولات حمض HCl وحمض HBr

$$[H_3O^+]_{total} = 10^{-pH} = 10^{-1} = 0.1\ M$$

$$n_{total} = M \times V$$

$$n_{total} = 0.1 \times 2 = 0.2\ mol$$

2- إذا علمت أن مولات حمض HCl هي ربع عدد المولات الكلية، وكتلته المولية هي 36.5 فكم كتلة حمض HCl الذائبة في المحلول

$$n_{HCl} = \frac{1}{4} \times 0.2 = 0.05\ mol$$

$$m_{HCl} = 36.5 \times 0.05 = 1.8\ g$$

تدريب (2) كيماشيك: من خلال pH حدد الأعلى قاعدية والأعلى حمضية للمواد الآتية:

المحلول	حليب	حليب المغنيسيا	عصير ليمون	منظف الأفران
pH	6.5	10.5	2.4	11.9
قاعدي/ حمضي	حمضي	قاعدي	حمضي	قاعدي

الأكثر حمضية هو عصير الليمون، والأكثر قاعدية هو منظف الأفران

تدريب (3) كيماشيك: احسب $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في عينة من ماء البحر حيث $pOH = 5.6$ علمًا أن $\log 2.5 = 0.4$

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$[OH^-] = 10^{-5.6} = 10^{(-5.6+6)-6} = 10^{0.4} \times 10^{-6} = 2.5 \times 10^{-6}\ M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2.5 \times 10^{-6}} = 0.4 \times 10^{-8} = 4 \times 10^{-9} M$$

ورقة عمل: العلاقة بين الرقم الهيدروجيني والهيدروكسيلي

تدريب (1): احسب pH في كل مما يأتي:

1- ماء مقطر عند درجة حرارة 25 °C

انتبه أيها الكيميائي فالماء المقطر هو المستخدم في التفاعلات وبالتأكيد هو نقي ليس به أملاح، ولو كان به أملاح فلن يكن الرقم الهيدروجيني نفسه الذي نعرفه، بل حسب نوع الملح في ذلك الماء، وهذا سنتعلمه في الدرس الرابع إن شاء الله تعالى

2- محلول حمض HNO_3 تركيزه 2×10^{-3} M علمًا أن log 2=0.3

3- محلول القاعدة NaOH الذي قيمة $pOH = 1$

تدريب (2): جد تركيز $[H_3O^+]$ في عينة من عصير التفاح إذا كان $pH = 4.6$ علمًا أن log 2.5=0.4

تدريب (3): عينة من مضاد الحموضة تستخدم لعلاج قرحة المعدة لها $pH = 10$ احسب قيمة $[OH^-]$

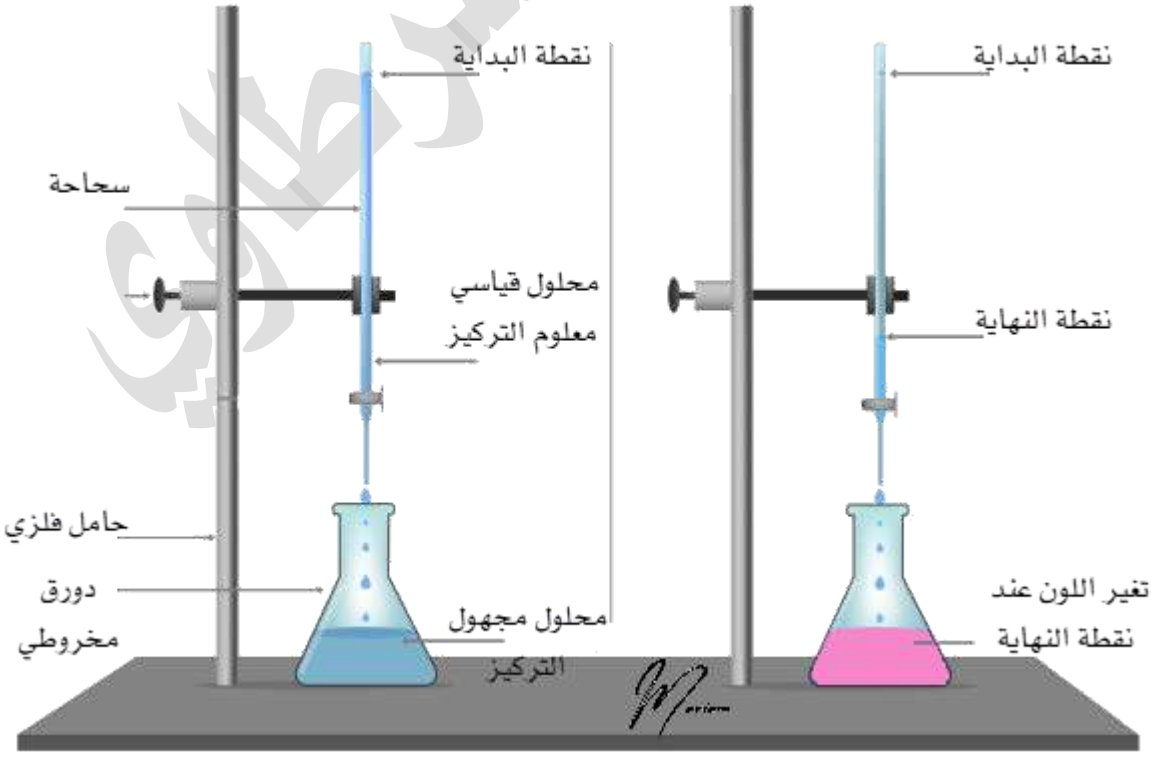
منهاجي
متعة التعليم الهادف

التجربة 2: معايرة حمض قوي بقاعدة قوية

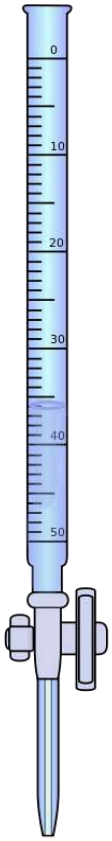
1- محلول حمض الهيدروكلوريك HCl مجهول التركيز
2- محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه 0.2 M [محلول قياسي]
3- كاشف الفينولفثالين
4- أدوات المختبر: دورق مخروطي، سحاحة، مخبار مدرج، قطارة، حامل فلزي، قمع زجاجي

الخطوات:

1- تُثبت السحاحة على الحامل وتُملأ باستخدام القمع بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (معلوم التركيز) إلى مستوى الصفر
2- نضع في الدورق المخروطي 20 مل من محلول حمض HCl (مجهول التركيز) باستخدام المخبار المدرج
3- تُضاف 3-4 قطرات من كاشف الفينولفثالين باستخدام القطارة إلى محلول الحمض
4- نُضيف محلول القاعدة من السحاحة تدريجيًّا وببطء إلى محلول الحمض ونحرك الدورق ونلاحظ تغير اللون من شفاف إلى وردي
5- نتوقف عن إضافة محلول القاعدة عند النقطة التي يثبت عندها ظهور لون أحمر وردي في محلول الحمض، نسجل وقتها حجم محلول القاعدة المُضاف



التحليل والاستنتاج:



1- ماذا أسمي النقطة التي يحدث عندها تغير لون المحلول؟

نقطة التعادل لأنها بين حمض قوي وقاعدة قوية

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2- أحسب عدد مولات القاعدة المضافة

عدد المولات نحسبه من تركيز القاعدة والحجم المستخدم في المعايرة من خلال قانون المولارية

قراءة الحجم من السحاحة عند نقطة النهاية= 35 mL

تركيز محلول القاعدة معلوم التركيز = 0.2 M

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = M \times V = 0.2 \times 0.035 = 0.0070 \text{ mol}$$

3- أستنتج عدد مولات الحمض المستخدمة

عند نقطة النهاية (التعادل) عدد مولات الحمض = عدد مولات القاعدة

ووفق المعادلة الكيميائية يتم التفاعل بنسبة مولات 1:1 بين الحمض والقاعدة، لذا نقول مباشرة

عدد مولات الحمض = 0.007 mol

4- أحسب تركيز الحمض HCl

$$M = \frac{0.007}{0.02} = 0.35 \text{ M}$$

5- أتوقع الرقم الهيدروجيني للمحلول الناتج من عملية المعايرة

الرقم الهيدروجيني = 7 لأن التفاعل بين حمض قوي وقاعدة قوية، حيث تعادلت كل أيونات الهيدرونيوم مع أيونات الهيدروكسيد وتكوّن الماء

6- أصنف التفاعل الحادث بين الحمض والقاعدة

تفاعل إحلال مزدوج من نوع التعادل

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة

$$Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية بعد حذف الأيونات المتفرجة المتكررة على الطرفين

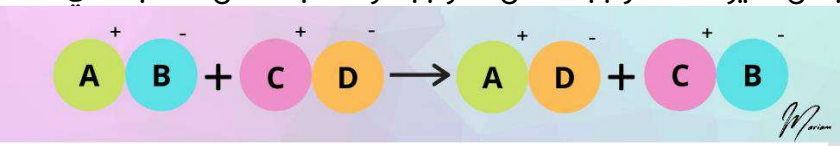
$$OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

م. مريم السرطاوي

معايرة حمض وقاعدة Acid Base Titration

ضو اللمبة:

تعلمنا في مرحلة سابقة عن تفاعلات الإحلال المزدوج حيث تتم أغلب هذه التفاعلات في المحاليل المائية فيحدث تبادل للأيونات الموجبة محل الموجبة والسالبة محل السالبة في المتفاعلات،



من أنواع تفاعلات الإحلال المزدوج تفاعل التعادل: حيث تتفاعل كميات متكافئة من القاعدة والحمض لإنتاج ملح وعادةً يتكوّن الماء

فإذا تفاعل الحمض القوي مع القاعدة القوي فالمحلول الملحي الناتج متعادل تمامًا حيث تعادلت كل كمية أيونات الهيدروجين [ولو قلنا أيونات الهيدرونيوم أيضا صحيح] مع كل كمية أيونات الهيدروكسيد وتكوّن الماء، ومقياس الرقم الهيدروجيني pH = 7

ونطبق المعادلة الرمزية الآتية بغض النظر عن نوع الحمض والقاعدة من ناحية القوة والضعف

$$aA + bB \rightarrow cC + dH_2O$$

الماء + الملح ← القاعدة + الحمض

عدد مولات OH^- من القاعدة = عدد مولات H_3O^+ من الحمض

$$\frac{n_{acid}}{a} = \frac{n_{base}}{b}$$

$$\frac{M_a \times V_a}{a} = \frac{M_b \times V_b}{b}$$

حيث M التركيز و V الحجم وفي المقام نعوّض مولات المعادلة

في حال كان الحمض أحادي البروتون والقاعدة أحادية الهيدروكسيد فإن نسبة المولات في معادلة التفاعل هي 1:1، مثال:

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

مطلوب منا في درس المعايرة: دراسة تفاعل التعادل بين الحمض القوي والقاعدة القوية، ومطلوب فقط حسابات التعادل "المعايرة" لأحادي البروتون مع أحادي الهيدروكسيد

ما المقصود بتفاعل التعادل؟

تفاعل يحدث بين محلول حمض ومحلول قاعدة

فسر: يسمى تفاعل محلول الحمض والقاعدة بالتعادل

لأنه تتعادل أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ والهيدروكسيد OH^- في المحلول وينتج عن ذلك الماء

$$H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

ماذا نستفيد من تفاعل التعادل؟

- تعيين تركيز مجهول من حمض باستخدام قاعدة من خلال عملية المعايرة
- تعيين تركيز مجهول من قاعدة باستخدام حمض من خلال عملية المعايرة

خطوات عملية المعايرة؟ [انظر التجربة أو الرسم في الصفحة 108]

- تحضير حجم معين من محلول معلوم التركيز من حمض أو قاعدة "المحلول القياسي"
- يضاف المحلول القياسي تدريجيًّا نقطة بعد نقطة إلى المحلول مجهول التركيز المراد تعيين تركيزه
- تستمر عملية الإضافة إلى حين الوصول إلى نقطة معينة وهي التكافؤ، وقتها يكون عدد مولات أيونات الهيدروكسيد OH^- مكافئًا لعدد مولات أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول، فإن كانت بين حمض قوي وقاعدة قوية سنسميها نقطة التعادل
- نحدد نهاية عملية المعايرة باستخدام كاشف مناسب يتغير لونه عند وصول المعايرة إلى نقطة التكافؤ ونسميها أيضًا نقطة النهاية "عند تغير لون الكاشف في المحلول مجهول التركيز"

قارن بين نقطة التكافؤ، نقطة التعادل، ونقطة النهاية

نقطة التكافؤ	التعريف: نقطة معينة يصبح عندها عدد مولات أيونات الهيدروكسيد OH^- مكافئًا لعدد مولات أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلول مقياس الرقم الهيدروجيني عندها: إما حمضي أو قاعدي أو متعادل
نقطة التعادل	التعريف: نقطة تتعادل عندها تمامًا جميع أيونات الهيدرونيوم وأيونات الهيدروكسيد خلال عملية المعايرة وتكون pH للمحلول تساوي 7 لأن المعايرة تمت بين حمض قوي وقاعدة قوية
نقطة النهاية	التعريف: النقطة التي تُضاف من المحلول القياسي إلى المحلول مجهول التركيز ويتغير عندها لون الكاشف وهي تُحدد انتهاء عملية المعايرة وهذه نحددها عند ثبات لون الكاشف فور الوصول إلى نقطة التكافؤ

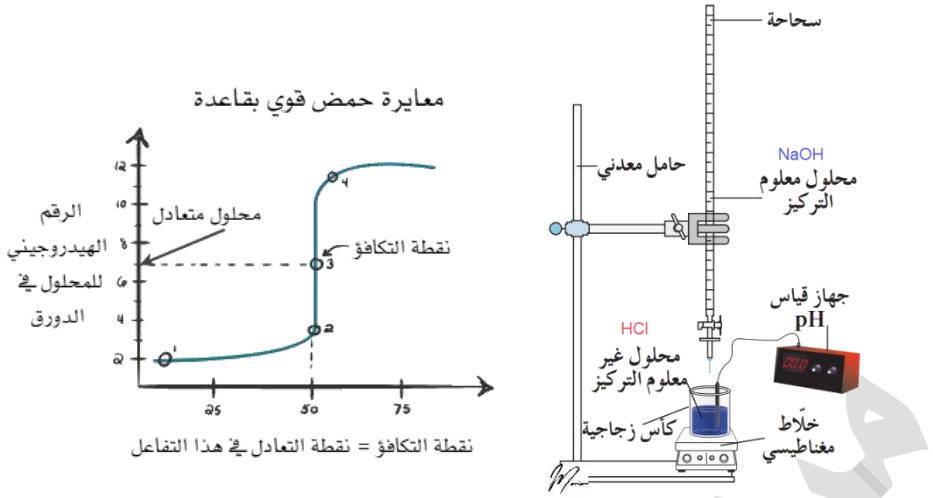
تعزيز:

نقطة التكافؤ تكون للمعايرة بين الحموض والقواعد سواء كانت قوية أو ضعيفة، فإن كانت المعايرة مع الأقوياء نسمي نقطة التكافؤ نقطة التعادل لأن عندها pH=7

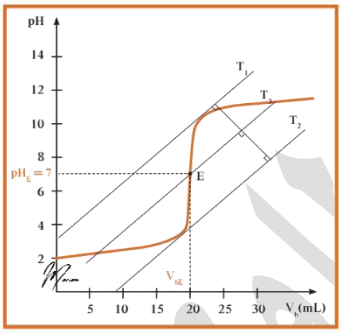
نقطة النهاية تأتي فورًا بعد نقطة التكافؤ، حيث نقطة التكافؤ هي التي يحدث عندها التعادل الكيميائي وهي النقطة الحقيقية لانتهاء التفاعل، أما نقطة النهاية هي المؤشر على انتهاء عملية المعايرة بسبب ظهور لون الكاشف

كيف نرسم منحنى المعايرة ثم نحدد نقطة التكافؤ من خلاله؟

مثال: معايرة حمض HCl مجهول التركيز مع القاعدة NaOH معلومة التركيز



- نحدد حجم المحلول المضاف من السحاحة على محور السينات، وقياس الرقم الهيدروجيني باستخدام جهاز قياس pH على محور الصادات
- نقيس الرقم الهيدروجيني للمحلول مجهول التركيز (الحمض) ونسجل القراءة (1)
- نضيف القاعدة تدريجيًّا نقطة نقطة إلى محلول الحمض ونسجل حجم الإضافة مع قياس الرقم الهيدروجيني كل مرة ثم عند نقطة (3) نلاحظ يتغير لون الكاشف في محلول الحمض

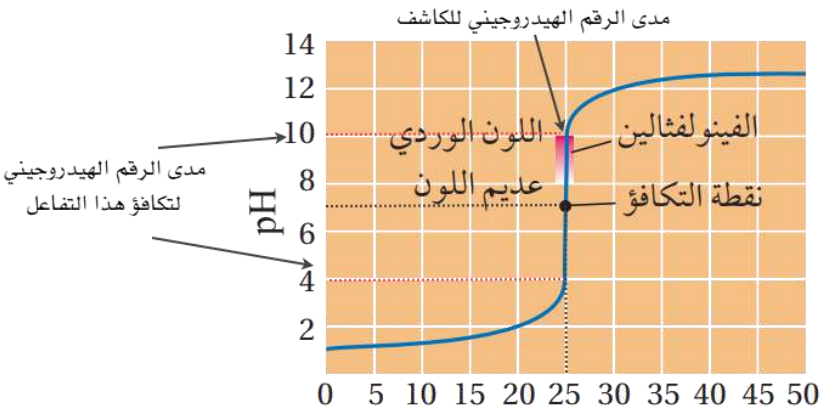


- عند رسم المنحنى نلاحظ ارتفاعًا حادًّا، المماسان المتوازيان سيحددان نقطة التكافؤ على المنحنى، وحجم القاعدة المضافة والرقم الهيدروجيني، الذي يساوي 7 وممكن معرفة ذلك من جهاز قياس الرقم الهيدروجيني
- يظهر لون الكاشف الذي مدى الرقم الهيدروجيني له قريب جدًّا من نقطة التكافؤ أو يقع في مدى التكافؤ للتفاعل [أي عند التغير الحاد في قيمة pH]

ما الكاشف المفضل استخدامه في معايرة حمض قوي بقاعدة قوية؟

كاشف الفينولفثالين والسبب: لأن مدى الرقم الهيدروجيني له (8.2-10) يقع في مدى الرقم الهيدروجيني لمرحلة التكافؤ (4-10) لهذا التفاعل

- لون الفينولفثالين في الحمض: عديم اللون، وفي القاعدة: أحمر وردي
- نقطة البداية: محلول الحمض مجهول التركيز عديم اللون [مُضاف له فينولفثالين]
- نقطة النهاية: يظهر لون أحمر وردي



تعزيز:

قبل البدء بالحسابات: نستطيع استخدام طريقة الكتاب خطوة خطوة أو نعتمد مباشرة على العلاقة المذكورة في كتاب الأنشطة ص8

أيونات الهيدرونيوم تتعلق بالحمض، وأيونات الهيدروكسيد تتعلق بالقاعدة

عدد مولات الحمض القوي = عدد مولات القاعدة القوية

$$n_{acid} = n_{base}$$

$$M_a \times V_a = M_b \times V_b$$

M تدل على التركيز المولاري، V تدل على الحجم

لحساب التركيز المجهول نعوض الحجم مباشرة ولو كان بالميليلتر، المهم أن يتساوى على الطرفين

تذكر: كل حساباتنا هي للحموض القوية أحادية البروتون والقواعد القوية أحادية الهيدروكسيد فقط يعني بنسبة مولات 1:1 ويختلف الأمر لو كان الحمض ثنائي البروتون مثل H_2SO_4 أو القاعدة ثنائية الهيدروكسيد مثل $Ca(OH)_2$

مثال(14) ص36: أحسب تركيز محلول الحمض HCl إذا تعادل 250 mL منه تمامًا مع 200 mL من محلول القاعدة NaOH تركيزها 0.02 M وفق المعادلة الآتية:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعل حمض قوي وقاعدة قوية

عند التعادل خلال عملية المعايرة عدد مولات الحمض يكافئ عدد مولات القاعدة

$$n_{NaOH} = n_{HCl}$$

قانون التركيز المولاري $M = \frac{n}{V}$

$$n_{NaOH} = M_{NaOH} \times V_{NaOH} = \frac{0.02\ mol}{1\ L} \times 0.2\ L = 0.004\ mol$$

$$n_{HCl} = 0.004\ mol$$

$$M_{HCl} = \frac{n_{HCl}}{V_{HCl}} = \frac{0.004\ mol}{0.25\ L}$$

فينا نحل المسألة بسرعة، اللي متعود عالرياضيات رح يختصر المنازل العشرية بسط ومقام ويحول المقام إلى عشري، فإذا ما نفع التحويل رح يقسم قسمة طويلة

$$= \frac{0.4}{25} = \frac{4}{250} = \frac{16}{1000} = 0.016\ M$$

وفينا نبسطها بطريقة ثانية للي بتخربط باختصار المنازل العشرية، نحول القسمة إلى ضرب ونقلب الثاني ونبدأ نختصر بسط ومقام

$$= \frac{4}{1000} \div \frac{25}{100} = \frac{4}{1000} \times \frac{100}{25} = \frac{4}{1000} \times \frac{4}{1} = 0.016\ M$$

الطريقة السريعة للحل وحتى تختصر هذه الخطوات الطويلة إنك تستخدم قانون التخفيف مباشرة وخاصة أن نسبة المولات بينهما في المعادلة الكيميائية هي 1:1

$$M_{NaOH} \times V_{NaOH} = M_{HCl} \times V_{HCl}$$
$$0.02 \times 200 = M_{HCl} \times 250$$
$$M_{HCl} = \frac{0.02 \times 200}{250} = \frac{4}{250} = \frac{16}{1000} = 0.016\ M$$

مثال(15) ص36: أحسب حجم محلول الحمض HNO_3 الذي تركيزه 0.4 M إذا تعادل تمامًا مع 20 mL من محلول القاعدة LiOH تركيزه 0.2 M وفق المعادلة الآتية:

$$HNO_{3(aq)} + LiOH_{(aq)} \longrightarrow LiNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعل حمض قوي وقاعدة قوية

عند التعادل خلال عملية المعايرة عدد مولات الحمض يكافئ عدد مولات القاعدة

$$n_{LiOH} = n_{HNO_3}$$

نحل ع طريقة الكتاب بالتسلسل نحسب مولات القاعدة ومنها، مولات الحمض ثم نحسب الحجم

أو نستخدم الطريقة السريعة "قانون التخفيف" مع نسبة المولات بينهما 1:1

$$M_{LiOH} \times V_{LiOH} = M_{HNO_3} \times V_{HNO_3}$$
$$0.2 \times 20 = 0.4 \times V_{HNO_3}$$
$$V_{HNO_3} = \frac{0.2 \times 20}{0.4} = \frac{40}{4} = 10\ mL = 0.01\ L$$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أتحقق ص37: أحسب تركيز محلول القاعدة KOH إذا تعادل 20 mL منه تمامًا مع 30 mL من محلول الحمض HBr تركيزها 0.2 M وفق المعادلة الآتية:

$$HBr_{(aq)} + KOH_{(aq)} \longrightarrow KBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعل حمض قوي وقاعدة قوية

عند التعادل خلال عملية المعايرة عدد مولات الحمض يكافئ عدد مولات القاعدة

$$n_{KOH} = n_{HBr}$$

نستخدم الطريقة السريعة "قانون التخفيف" مع نسبة المولات بينهما 1:1

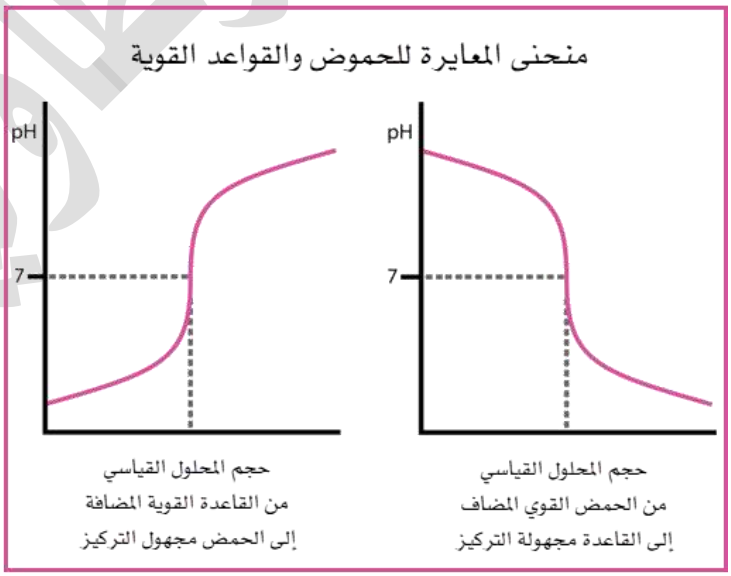
$$M_{KOH} \times V_{KOH} = M_{HBr} \times V_{HBr}$$

$$M_{KOH} \times 20 = 0.2 \times 30$$

$$M_{KOH} = \frac{0.2 \times 30}{20} = \frac{0.2 \times 3}{2} = \frac{0.6}{2} = 0.3\ M$$

تعزيز خارجي:

- لمن يتساءل لو عكسنا أنواع المحاليل في الدورق والسحاحة فانظر الفرق في شكل منحنى المعايرة
- لمن يتساءل لو كانت المعايرة من خلال حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة مع قوي، فبالتأكيد عند التعادل لن يكون الرقم الهيدروجيني عند نقطة التكافؤ = 7 لأن أحدهما سيغلب الآخر في تركيز أيونات الهيدرونيوم



أسئلة وزارية: المعايرة

وزارة 2009 صيفية: يتعادل 80 mL من محلول KOH تركيزه 0.2 M مع 50 mL من محلول HCl وعليه فإن تركيز HCl يساوي: [2 علامة]

في المعادلة تفاعلهم 1:1

$$n_{KOH} = n_{HCl}$$
$$M_{KOH} \times V_{KOH} = M_{HCl} \times V_{HCl}$$
$$0.2 \times 80 = M_{HCl} \times 50$$
$$M_{HCl} = \frac{0.2 \times 80}{50} = \frac{1.6}{5} = 0.32\ M$$

1-	32	2-	3.2
3-	0.32	4-	0.032

الإجابة (3)

وزارة 2010 شتوية: أذيبت كمية من $Ba(OH)_2$ حتى أصبح حجم المحلول 180 mL فإذا لزمت هذه الكمية لمعادلة 1 L من محلول H_2SO_4 تركيزه 0.09 M احسب تركيز $Ba(OH)_2$ [2 علامة]

هذا السؤال كان مقررًا في المناهج القديمة قبل 2016 لكنه غير معتمد في منهاجنا الجديد لأن منهاج كولنز يعتمد في الحسابات الحمض أحادي البروتون والقاعدة أحادية الهيدروكسيد

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

في المعادلة الموزونة تفاعلهم 1:1

$$n_b = n_a$$
$$M_b \times V_b = M_a \times V_a$$
$$M_b \times 180 = 0.09 \times 1000$$
$$M_b = \frac{0.09 \times 1000}{180} = \frac{9}{18} = 0.5\ M$$

وزارة 2011 شتوية: عند معايرة حمض وقاعدة قويين تكون قيمة pH عند نقطة التكافؤ: [2 علامة]

1-	5	2-	9
3-	1	4-	7

الإجابة (4)

وزارة 2011 صيفية: إذا علمت أن 50 mL من محلول HCl تلزم للتعادل تمامًا مع 50 mL من محلول $Ba(OH)_2$ تركيزه 0.2 M احسب تركيز HCl

[3 علامات]

هذا النمط غير مطلوب في منهاجنا

$$Ba(OH)_2 + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + 2H_2O$$

في المعادلة الموزونة تفاعلهم 1:2 فنقسم على مولات كل طرف من أجل التعادل

$$\frac{n_b}{1} = \frac{n_a}{2}$$

$$\frac{M_b \times V_b}{1} = \frac{M_a \times V_a}{2}$$

$$2(0.2 \times 50) = M_a \times 50$$

$$M_a = \frac{0.4 \times 50}{50} = 0.4\ M$$

وزارة 2012 شتوية: ما حجم محلول KOH تركيزه 0.1 M اللازم للتعادل تمامًا مع 100 mL من محلول HCl تركيزه 0.2 M ؟ [2 علامة]

$$n_{KOH} = n_{HCl}$$

$$M_b \times V_b = M_a \times V_a$$

$$0.1 \times V_b = 0.2 \times 100$$

$$V_b = \frac{0.2 \times 100}{0.1} = 200\ mL$$

1-	5 mL	2-	20 mL
3-	50 mL	4-	200 mL

الإجابة (4)

م. مريم السرطاوي

تدريبات خارجية وكيماشيك: معايرة حمض قوي وقاعدة قوية

تدريب (1) كيماشيك: كم تتغير قيمة pH الابتدائية لمحلول حمض HCl تركيزه 0.1 M حجمه في الدورق 25 mL إذا أضيف له 5 mL بالسحاحة من محلول القاعدة NaOH تركيزها 0.1 M علمًا أن $\log 6.7 = 0.83$

تركيز أيونات الهيدرونيوم في الدورق قبل إضافة القاعدة

$$[H_3O^+]_1 = [HCl] = 0.1 = 1 \times 10^{-1}\ M$$
$$pH = -\log 1 \times 10^{-1} = 1$$

عدد مولات H_3O^+ في الدورق قبل الإضافة:

$$n = M \times V = 1 \times 10^{-1} \times 25 \times 10^{-3} = 25 \times 10^{-4}\ mol$$

عدد مولات OH^- المضافة من السحاحة:

$$n = M \times V = 1 \times 10^{-1} \times 5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4}\ mol$$

عدد مولات H_3O^+ المتبقية في الدورق بعد الإضافة وتفاعل القاعدة مع الحمض:

$$n_{Final} = 25 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-4} = 20 \times 10^{-4}\ mol$$

الحجم الكلي من الحمض والقاعدة في التفاعل:

$$V_{Final} = 25 + 5 = 30\ mL$$

تركيز H_3O^+ بعد التفاعل:

$$[H_3O^+]_2 = \frac{20 \times 10^{-4}}{30 \times 10^{-3}} = 0.67 \times 10^{-1} = 6.7 \times 10^{-2}\ M$$
$$pH = -\log 6.7 \times 10^{-2} = 2 - \log 6.7 = 2 - 0.83 = 1.17$$
$$\Delta pH = 1.17 - 1 = 0.17$$

يرتفع الرقم الهيدروجيني بمقدار 0.17 ولم يحدث التعادل التام

تدريب (2): من السؤال السابق كم الحجم اللازم إضافته من محلول القاعدة ليصبح الرقم الهيدروجيني بعد التفاعل = 7

$$n_b = n_a$$
$$M_b \times V_b = M_a \times V_a$$
$$0.1 \times V_b = 0.1 \times 25$$
$$V_b = 25\ mL$$

كيماشيك: إذا كان سؤال دائرة فإننا لا نحسب لأن الحمض والقاعدة يتعادلان بنسبة 1:1 وبالتالي إذا تشابه التركيز فالحجم نفسه

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريب (3) كيماشيك: احسب الرقم الهيدروجيني في المحلول الناتج من إضافة 300 mL من حمض HCl (0.1 M) إلى 200 mL من محلول NaOH (0.1 M)

علمًا أن log 2= 0.3

عدد مولات H_3O^+ من الحمض:

$$n_a = M \times V = 0.1 \times 0.3 = 0.03 \text{ mol}$$

عدد مولات OH^- من القاعدة:

$$n_b = M \times V = 0.1 \times 0.2 = 0.02 \text{ mol}$$

عدد المولات الزائدة سيكون من H_3O^+

$$n_{Final} = 0.03 - 0.02 = 0.01 \text{ mol}$$

الحجم الكلي

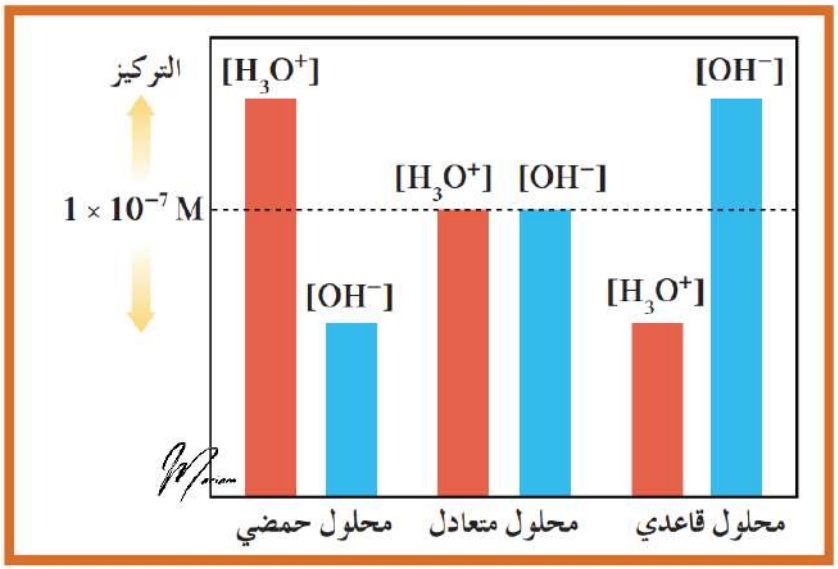
$$300 + 200 = 500 \text{ mL} = 0.5 \text{ L}$$

$$[H_3O^+]_{Plus} = \frac{0.01}{0.5} = 0.02 \text{ M}$$

$$pH = -\log 2 \times 10^{-2} = 2 - \log 2 = 2 - 0.3 = 1.7$$

الرقم الهيدروجيني أقل من 7 وهذا دليل على أن المحلول وصل إلى التعادل لكن الحمض زاد فأصبح حمضيًّا

كيماشيك: أما إذا كان الفائض من أيونات الهيدروكسيد فإننا نحسب تركيز تلك الأيونات ثم نحولها إلى تركيز أيونات الهيدرونيوم باستخدام ثابت تأين الماء ثم نحسب الرقم الهيدروجيني وبالتأكيد سيكون أكبر من 7



ورقة عمل: معايرة حمض قوي وقاعدة قوية

تدريب (1): إذا علمت أن 250 mL من محلول KOH تلزم للتعادل تمامًا مع 400 mL من محلول HNO_3 تركيزه 0.18 M احسب تركيز KOH

تحد: تدريب (2): ادرس البيانات الآتية لقاعدة NaOH تركيزها 0.1 M تم إضافتها إلى حمض HCl تركيزه 0.2 M وتم التعادل التام، فاحسب:

1- حجم محلول حمض HCl

Volume of NaOH added (mL)	pH
00.00	1.00
10.00	1.22
20.00	1.48
30.00	1.85
35.00	2.18
39.00	2.89
39.50	3.20
39.75	3.50
39.90	3.90
39.95	4.20
39.99	4.90
40.00	7.00
40.01	9.10
40.05	9.80
40.10	10.10
40.25	10.50
40.50	10.79
41.00	11.09
45.00	11.76
50.00	12.05
60.00	12.30
70.00	12.43
80.00	12.52

2- تركيز أيونات $[H_3O^+]$ عندما يكون حجم المحلول من الحمض والقاعدة 100 mL علمًا أن log 3 = 0.48

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الكواشف Indicators

ما المقصود بالكواشف؟

هي حموض عضوية ضعيفة أو قواعد عضوية ضعيفة يتغير لونها في الحالة المتأينة عن الحالة غير المتأينة في مدى معين من الرقم الهيدروجيني

ما الفائدة من استخدام الكواشف في المعايرة؟

- لتحديد نقطة التكافؤ أثناء عملية المعايرة ومن ثم معرفة انتهاء العملية
- للكشف عن نوع المحلول حمضي أم قاعدي

وكل ذلك عن طريق تغير لون الكاشف حسب الرقم الهيدروجيني للوسط الذي يوجد فيه

معادلة الكاشف الحمضي الضعيف الذي رمزه HIn يتأين جزئيًّا "التفاعل منعكس"

$$HIn_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons In^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

لون1 — لون 2

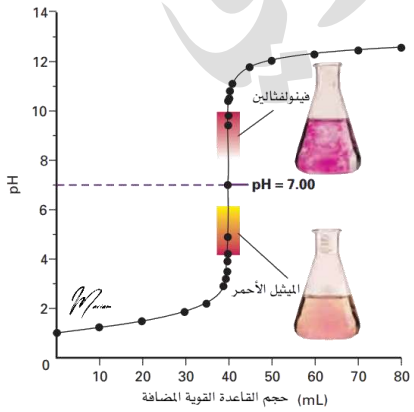
وضح آلية عمل الكاشف في الوسط الحمضي والقاعدي؟

الوسط الحمضي يحتوي على تركيز مرتفع من أيونات H_3O^+ مقارنة بمحلول الكاشف، وحسب مبدأ لوتشاتليه فسوف يندفع التفاعل بالاتجاه العكسي في محلول الكاشف ليقلل من تركيز H_3O^+ وتركيز In^- فيختفي اللون2 وبالمقابل يزداد تركيز الكاشف HIn غير المتأين ويظهر اللون1

الوسط القاعدي يحتوي على تركيز مرتفع من أيونات OH^-، وبالتالي فإن أيونات H_3O^+ ستستهلك في محلول الكاشف ووفقًا لمبدأ لوتشاتلييه سيندفع التفاعل بالاتجاه الأمامي لتعويض النقص في تركيز H_3O^+ مما يزيد من تركيز In^- ويظهر اللون2 وبالمقابل يقل تركيز الكاشف HIn غير المتأين ويختفي اللون1

فسر: يتغير لون الكاشف في مدى معين من الرقم الهيدروجيني

لأن تغير لون الكاشف يعتمد على النسبة بين تركيز ما يتأين منه إلى نسبته الأصلية $\frac{[In^-]}{[HIn]}$



كيف نختار الكاشف المناسب لعملية المعايرة ؟

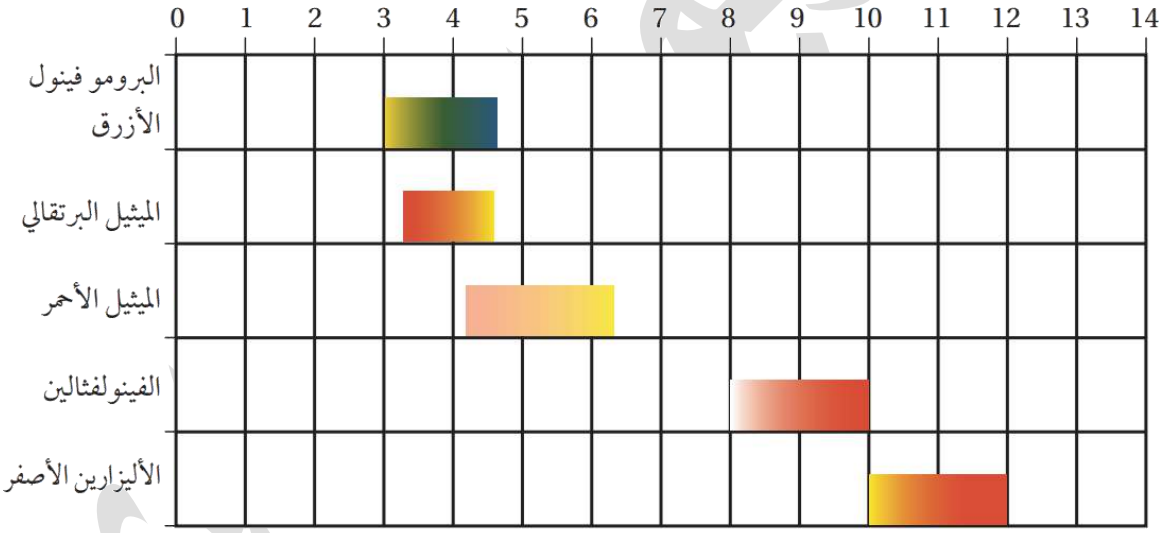
يجب أن يكون مدى الرقم الهيدروجيني للكاشف قريب جدًّا من نقطة التعادل أو التكافؤ

أو يقع مداه في مدى التكافؤ للتفاعل

- مدى التكافؤ لهذا التفاعل كما يظهر من منحنى المعايرة من 4-10
- مدى الرقم الهيدروجيني للفينولفثالين من 8.2-10 إذا هو كاشف مناسب للمعايرة
- مدى الرقم الهيدروجيني للميثيل الأحمر من 4.3-6.2 إذًا هو كاشف مناسب للمعايرة كلاهما يقعان في مدى التكافؤ لتفاعل التعادل
- ويفضل الكيميائيون في تفاعلات الحمض القوي والقاعدة القوية استخدام الفينولفثالين لسهولة تمييز تغير لونه من عديم اللون في الوسط الحمضي إلى وردي اللون في الوسط القاعدي
- بينما او استخدمنا البرومو فينول الأزرق، أو الميثيل البرتقالي، أو الأليزارين الأصفر فإن مداها بعيد نوعًا ما عن مدى تكافؤ هذا التفاعل فلا نستخدمهم

انظر الكواشف وميز لونها في الوسط الحمضي عن القاعدي من خلال الأقل في الرقم الهيدروجيني فهو في الوسط الحمضي، والأعلى هو في الوسط القاعدي

الجدول (7): مدى الرَّقْم الهيدروجيني لتغيُّر ألوان بعض الكواشف.



اسم الكاشف	الوسط الحمضي	الوسط القاعدي	مدى الـ pH
البرومو فينول الأزرق	أصفر	أزرق	3 – 4.6
الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر	3 – 4.4
الميثيل الأحمر	أحمر	أصفر	4.3 – 6.2
الفينولفثالين	عديم اللون	وردي	8.2 – 10
الأليزارين الأصفر	أصفر	أحمر	10.2 – 12

مهم حفظ المدى واللون للفينولفثالين والميثيل الأحمر لأنهما المناسبان لمعايرتنا

أتحقق ص38:

أحدد باستخدام الجدول (7) لون الكاشف في كل من المحاليل الآتية:

1- الميثيل الأحمر في محلول قاعدي

الجواب: أصفر

2- الأليزارين الأصفر في محلول حمضي

الجواب: أصفر

ملاحظات:

- لو قلنا عن لون الفينولفثالين في الوسط القاعدي وردي، أو أحمر وردي فلا إشكال
- خلال المعايرة وعند الاقتراب من نقطة التكافؤ فإن لون الكاشف يبدأ يظهر لكن لا يثبت إلا عند نقطة النهاية، فعند ثبات اللون نقول أن المعايرة انتهت

مثال توضيحي: الفينولفثالين عديم اللون، يبدأ يظهر اللون الوردي ويختفي ليرجع المحلول عديم اللون، عندما يثبت اللون الوردي معناه انتهت المعايرة

وزارة 2010 شتوية: يتأين الكاشف الحمضي HIn حسب المعادلة

$$HIn + H_2O \rightarrow In^- + H_3O^+$$

لون(2) $\rightarrow$ لون(1)

وعند إضافة هذا الكاشف لمحلول قاعدي: [2 علامة]

1-	يسود في المحلول لون (2)	2-	يسود في المحلول لون (1)
3-	يقل تركيز In^-	4-	يزداد تركيز HIn

الإجابة (1)

تدريبات خارجية وكيماشيك: الكواشف

تدريب (1) كيماشيك: تم إضافة قطرتين من الكاشف الحمضي HIn إلى 100 mL من محلول حمض HCl تركيزه 0.1 M إذا علمت أن HIn لونه أصفر، ولون قاعدته المرافقة In^- أزرق، فأجب عما يلي:

1- ما هو لون المحلول بعد إضافة الكاشف؟

لون المحلول أصفر لأن الوسط حمضي ويظهر لون الكاشف الحمضي HIn

2- ما لون المحلول بعد إضافة 200 mL من محلول القاعدة NaOH تركيزه 0.1 M؟

ننظر إلى المحلول هل هو حمضي أم متعادل أم قاعدي

عدد مولات H_3O^+:

$$n_a = M \times V = 0.1 \times 0.1 = 0.01 \text{ mol}$$

عدد مولات OH^- المضافة:

$$n_b = M \times V = 0.1 \times 0.2 = 0.02 \text{ mol}$$

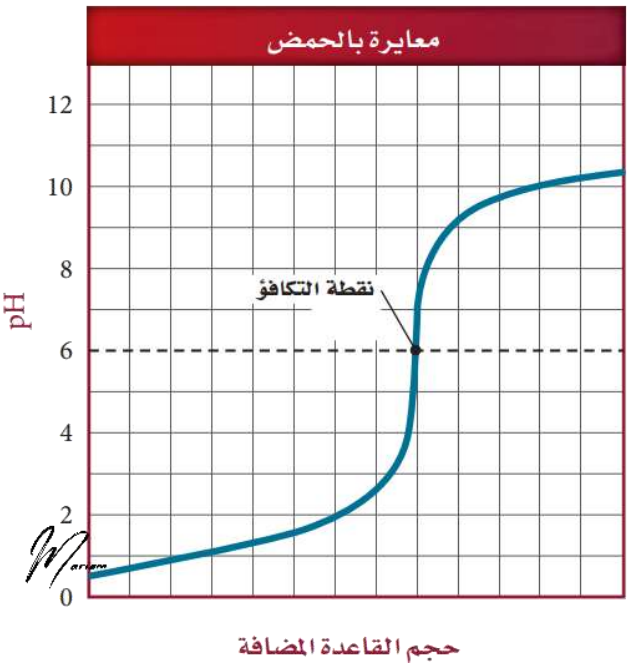
عدد مولات OH^- فائض وبالتالي المحلول قاعدي ولون المحلول يتحول إلى الأزرق

تدريب (2) كيماشيك: ادرس المخطط الآتي لمدى الرقم الهيدروجيني لكواشف مختلفة ثم أجب عما يلي:

1- عند إضافة الميثيل الأحمر إلى محلول مائي ينتج لون وردي وعند إضافة الميثيل البرتقالي إلى المحلول نفسه ينتج لون أصفر، ما مدى pH تقريبًا للمحلول؟

انظر مكان اللون في كل كاشف وستكون نقطة المشاركة تقريبا 4.5

2- اذكر كواشف مناسب استخدامها في تفاعل التعادل المبين في منحنى المعايرة المجاور، علمًا أن المعايرة تمت بين حمض قوي وقاعدة ضعيفة؟



ننظر إلى مدى الرقم الهيدروجيني حول نقطة التكافؤ أو قريبًا منها، تقريبًا مدى التكافؤ يقع بين 5-7 ويناسبه هذه الكواشف:

1- الكريسول الأحمر
2- الثيمول الأزرق
3- الميثيل الأحمر
4- البروموكريسول البنفسجي
5- البروموثيمول الأزرق
6- الكاشف العالمي

تدريب (3): أضيفت قطرات من كاشف الفينولفثالين إلى وعاء يحتوي محلولاً قاعديًّا، فأي المواد الآتية يمكن إضافتها إلى الوعاء حتى يتغير لون الكاشف

1-	NaOH	2-	HCl

الإجابة (2): لأن الحمض سيتفاعل مع المحلول القاعدي ويتغير لون الكاشف في المحلول

تدريب (4): إذا علمت أن كاشف الميثيل البرتقالي لونه في الوسط الحمضي أحمر وفي الوسط القاعدي أصفر، فإن محلول .....يحوّل لون الميثيل البرتقالي إلى اللون الأصفر

1-	NaOH	2-	HCl

الإجابة (1): لأنه وسط قاعدي

ورقة عمل: الكواشف

تدريب (1): تم إضافة قطرتين من الكاشف الحمضي HIn إلى محلول فيه pH=4 إذا علمت أن لون الكاشف غير المتأين أحمر، ولونه المتأين أصفر فما هو لون المحلول، مع كتابة معادلة تأين الكاشف التي توضح ذلك

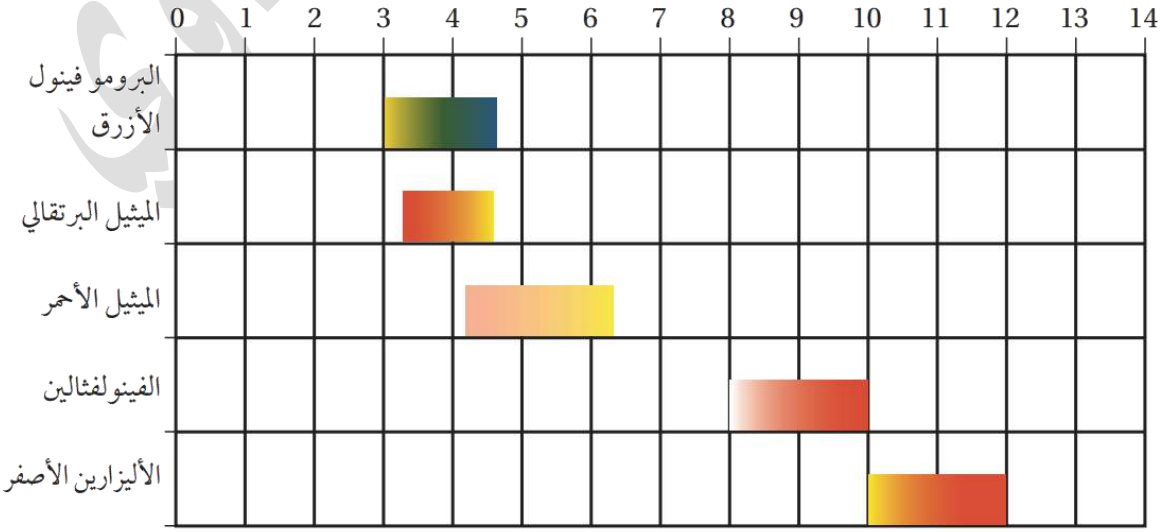
مساعدة: اكتب معادلة تأين الكاشف وابدأ تحديد الألوان على المعادلة الكيميائية حسب الرقم الهيدروجيني للوسط

تدريب (2): من خلال المخطط الآتي، أجب عما يلي:

1- لون الميثيل البرتقالي في الحمض

2- لون الفينولفثالين في الحمض

3- لون البرومو فينول الأزرق في القاعدة



مراجعة الدرس الثاني: الرقم الهيدروجيني ومحاليل الحموض والقواعد القوية

السؤال الأول: بماذا يُعبَّر عن حمضية المحاليل أو قاعديتها؟

من خلال تركيز أيونات الهيدرونيوم، وتركيز أيونات الهيدروكسيد

وذلك بحساب أو قياس الرقم الهيدروجيني أو الرقم الهيدروكسيلي للمحلول

الرقم الهيدروجيني هو سالب لوغاريتم تركيز أيونات H_3O^+

الرقم الهيدروكسيلي هو سالب لوغاريتم تركيز أيونات OH^-

كلما قلت قيمتهما دل على القيمة العالية لتركيز تلك الأيونات

وكلما زادت قيمتهما دل على القيمة المنخفضة لتركيز تلك الأيونات

السؤال الثاني: أوضح المقصود بكل مما يأتي:

التأين الذاتي للماء الرقم الهيدروجيني المعايرة نقطة النهاية

مذكور كل ذلك في المحتوى وفي مسرد المصطلحات وفي أول الدرس في الدوسية

السؤال الثالث: أحسب تركيز H_3O^+ و OH^- في كل من المحاليل الآتية:

1- HNO_3 تركيزه 0.02 M

HNO_3 حمض قوي يتأين كليًّا في الماء

$$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

$$[HNO_3] = 2 \times 10^{-2}M$$
$$[HNO_3] = [H_3O^+] = 2 \times 10^{-2}M$$
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-2}} = 0.5 \times 10^{-12}M = 5 \times 10^{-13}M$$

2- $LiOH$ تركيزه 0.01 M

هيدروكسيد الليثيوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا في الماء

$$LiOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$[LiOH] = 1 \times 10^{-2}M$$
$$[LiOH] = [OH^-] = 1 \times 10^{-2}M$$
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12}M$$

السؤال الرابع: أصنف المحاليل المبينة في الجدول إلى محاليل حمضية أو قاعدية أو متعادلة:

تعزيز: لتكن سريعًا وبلا تشتت، اعتمد دائمًا الرقم الهيدروجيني، تحت الـ7 حمضي وفوق الـ7 قاعدي

الصفة المميزة للمحلول	$pH = 3$	$[H_3O^+] = 10^{-9}\ M$	$pOH = 4$	$[OH^-] = 10^{-11}\ M$	$pH = 9$
تصنيف المحلول	حمضي	pH=9 قاعدي	pH=10 قاعدي	pOH=11 pH=3 حمضي	قاعدي

السؤال الخامس: أفسر: يقل تركيز OH^- في الماء عند تحضير محلول حمضي

لأن الماء يتأين ذاتيًّا إلى أيونات الهيدروكسيد وأيونات الهيدرونيوم

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

عند إضافة الحمض إلى الماء فإن أيونات الهيدرونيوم تزداد في المحلول ووفقًا لمبدأ لوتشاتلييه فإن التفاعل يُزاح ناحية اليسار "المتفاعلات" فيقل تركيز أيون الهيدروكسيد

السؤال السادس: أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول حمض HI تركيزه 0.0005 M

علمًا أن $\log 5 = 0.7$

حمض قوي يتأين كليًّا في الماء

$$HI_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

$[HI] = 0.0005 = 5 \times 10^{-4} M$

$[HI] = [H_3O^+] = 5 \times 10^{-4} M$

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(5 \times 10^{-4}) = 4 - \log 5 = 4 - 0.7 = 3.3$

السؤال السابع: أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول حمض HBr حضِّر بإذابة 0.81 g منه في 400 mL من الماء.

علمًا أن الكتلة المولية للحمض HBr = 81 g/mol ، $\log 2.5 = 0.4$

حمض قوي يتأين كليًّا في الماء

$$HBr_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

$$n = \frac{m}{Mr} \qquad M = \frac{n}{V}$$

$$n = \frac{0.81}{81} = 0.01\ mol \qquad M = \frac{0.01}{0.4} = \frac{1}{40} = \frac{25}{1000} = 0.025\ M$$

$[HBr] = 0.025 = 2.5 \times 10^{-2} M$

$[HBr] = [H_3O^+] = 2.5 \times 10^{-2} M$

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(2.5 \times 10^{-2}) = 2 - \log 2.5 = 2 - 0.4 = 1.6$

السؤال الثامن: أحسب الرقم الهيدروكسيلي والرقم الهيدروجيني لمحلول $HClO_4$ تركيزه 0.008 M علمًا أن log 8 = 0.9

حمض قوي يتأين كليًّا في الماء

$$HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$$

$[HClO_4] = 0.008 = 8 \times 10^{-3} M$
$[HClO_4] = [H_3O^+] = 8 \times 10^{-3} M$
$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(8 \times 10^{-3}) = 3 - \log 8 = 3 - 0.9 = 2.1$
$pOH = 14 - 2.1 = 11.9$

السؤال التاسع: يلزم 40 mL من محلول حمض الهيدرويوديك HI الذي تركيزه 0.3 M لتتعادل تمامًا مع 60 mL من محلول KOH مجهول التركيز. أحسب تركيز KOH

$$HI_{(aq)} + KOH_{(aq)} \longrightarrow KI_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعل حمض قوي وقاعدة قوية

عند التعادل خلال عملية المعايرة عدد مولات الحمض يكافئ عدد مولات القاعدة

$$n_{KOH} = n_{HI}$$

نستخدم الطريقة السريعة "قانون التخفيف" مع نسبة المولات بينهما 1:1

$$M_{KOH} \times V_{KOH} = M_{HI} \times V_{HI}$$
$$M_{KOH} \times 60 = 0.3 \times 40$$
$$M_{KOH} = \frac{0.3 \times 40}{60} = \frac{0.3 \times 4}{6} = \frac{0.3 \times 2}{3} = \frac{0.1 \times 2}{1} = 0.2\ M$$

السؤال العاشر: أتوقع: خُلط 20 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تركيزه 0.6 M مع 20 mL من محلول LiOH الذي تركيزه 0.4 M

هل المحلول الناتج حمضي أم قاعدي أم متعادل, أبرر إجابتي

نميز الحمض والقاعدة: كلاهما قويان ويتعادلان في التفاعل بنسبة 1:1

وبما أن الحجم نفسه فيفترض عند التعادل التام لهما نفس التركيز لكن في السؤال الحمض أعلى في التركيز وبالتالي المحلول سيكون حمضيًّا

بالحسابات: نعتبر القاعدة أو الحمض أحدهما غير متوفر ونحسبه من خلال الآخر

$$M_{LiOH} \times V_{LiOH} = M_{HCl} \times V_{HCl}$$
$$M_{LiOH} \times 20 = 0.6 \times 20$$
$$M_{LiOH} = \frac{0.6 \times 20}{20} = 0.6\ M$$

لا بد من تركيز قاعدة يساوي 0.6 M أو زيادة حجم القاعدة المضافة حتى يحدث التعادل التام، لذا سنقول عن المحلول: أنه ما زال حمضيًّا

الدرس الثالث: الحموض والقواعد الضعيفة

تعريفات الدرس الثالث:

- ثابت تأين الحمض K_a: ثابت الاتزان لتأين الحمض الضعيف
- ثابت تأين القاعدة K_b: ثابت الاتزان لتأين القاعدة الضعيف

الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة

ضو اللمبة:

تعلمنا سابقًا أن الحموض الضعيفة تتأين جزئيًّا ويحدث في عملية ذوبانها في الماء اتزانًا ديناميكيًّا، ونعبر عن حالة الاتزان للحمض الضعيف باستخدام ثابت تأين الحمض K_a هذا الثابت هو المقياس الكمي لتأين الحمض الضعيف

تعزيز: تعلمنا من خلال الدرس الثاني أن الحمض القوي يتأين كليًّا في الماء وتفاعله غير منعكس بينما الحمض الضعيف سيتأين جزئيًّا وتفاعله منعكس حيث تبقى جزيئات في الماء مع أيونات ناتجة من التأين

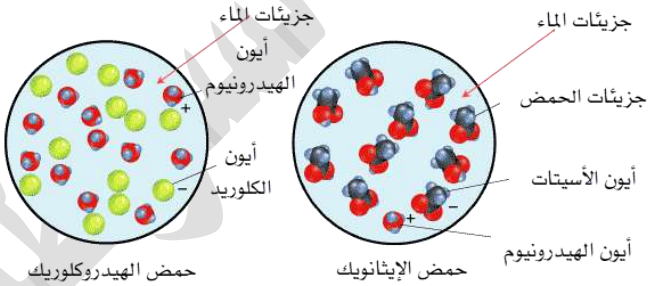
نقارن الآن بين تأين حمض الهيدروكلوريك وتأين حمض الإيثانويك

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

تأين جزئي

$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Cl^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

تأين كلي



المعادلة العامة لتأين الحمض الضعيف:

$$HX_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons X^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

فسر: تركيز الحمض الضعيف عالٍ مقارنة بتركيز الأيونات الناتجة من تأينه في الماء؟

جزيئات الحمض غير المتأينة HX في حالة اتزان مع الأيونات الناتجة في نفس الوعاء، موضع الاتزان مزاح جهة اليسار (المتفاعلات) حيث أن القاعدة المرافقة X^- أقوى من القاعدة H_2O، وبالتالي ترتبط بالبروتون وتعيد تكوين الحمض بصورة مستمرة فيزداد تركيز الحمض، ونتذكر أن التفاعل في الحموض يسير من الأقوى كحمض إلى تكوين الأضعف كحمض ... تذكر: $[HX] > [H_3O^+]$ وموضع الاتزان جهة جزيئات الحمض الضعيف

نعبِّر عن تركيز الأيونات الناتجة إلى تركيز الحمض من خلال ثابت تأين الحمض

ما المقصود بثابت تأين الحمض؟

هو ثابت الاتزان لتأين الحمض الضعيف ويُرمز له بـ K_a

$$K_a = \frac{[H_3O^+][X^-]}{[HX]}$$

ضو اللمبة: تعلمنا سابقًا أننا لا نكتب الماء في تعبير ثابت الاتزان

كيف يُعبر ثابت تأين الحمض عن قوة الحمض وقدرته على التأين؟

كلما ازدادت قيمة ثابت تأين الحمض معناها زيادة في تركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+، وبالتالي زيادة في قوة الحمض وقدرته على التأين

ماذا نستفيد من معرفة ثابت تأين الحمض؟

- نقارن من خلاله قوة الحموض الضعيفة ببعضها
- نحسب من خلاله تركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+
- نحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول الحمض الضعيف

الربط مع علوم الأحياء

حِمض الميثانويك HCOOH أو حِمض الفورميك

سَخَّرَ الله -عزَّ وجلَّ- هذا الحِمضَ للنمل كي يستخدِمَهُ في كثير منَ المجالات، من مثل الدفاع عن نفسه، فيقذفه في وجه أعدائه، ويفرزه من الفك السُّفلي عند عضِّ فرائسه (لسعات النمل)، ويستخدمه مُطَهِّرًا للحفاظ على أعشاشه نظيفة ولتنظيف صغاره، ويفرزه من المسامِّ الحِمضيّة في بطونه؛ ليرشده في أثناء العودة الى مساكنه.

مقارنة قوة الحموض الضعيفة من خلال ثابت التأين:

الجدول (8): قِيَم ثابت تأيُّن بعض الحموض الضعيفة عند درجة حرارة 25 °C.

اسم الحِمض	صيغته الكيميائيّة	ثابتُ تأيُّن الحِمض K_a
حِمض الكبريت IV	H_2SO_3	1.3×10^{-2}
حِمض الهيدروفلوريك	HF	6.8×10^{-4}
حِمض النيتروجين III	HNO_2	4.5×10^{-4}
حِمض الميثانويك	HCOOH	1.7×10^{-4}
حِمض البنزويك	C_6H_5COOH	6.3×10^{-5}
حِمض الإيثانويك	CH_3COOH	1.7×10^{-5}
حِمض الكربونيك	H_2CO_3	4.3×10^{-7}
حِمض كبريتيد الهيدروجين	H_2S	8.9×10^{-8}
حِمض أحادي الهيبو كلوريك	HClO	3.5×10^{-8}
حِمض الهيدروسيانيك	HCN	4.9×10^{-10}

أتحقق ص42: أدرس الجدول (8) ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1- أحدد الحمض الأقوى: $HCOOH$ أم H_2CO_3

$HCOOH$ لأن ثابت تأينه أكبر

2- أتوقع أيها له أقل رقم هيدروجيني: محلول الحمض HNO_2 أم محلول الحمض $HClO$ علمًا أن لهما التركيز نفسه

الأقل في الرقم الهيدروجيني هو الأعلى في تركيز أيونات الهيدرونيوم، أي الأقوى من ناحية القدرة على التأين وبالتالي نختار الأكبر في قيمة ثابت التأين وهو HNO_2

3- أتوقع أي محاليل الحموض الآتية يحتوي أعلى تركيز من أيونات OH^-:

$HF,\ HClO, CH_3COOH$

الأعلى في تركيز أيونات الهيدروكسيد هو الأقل في تركيز أيونات الهيدرونيوم، أي الأضعف في قدرته على التأين، وبالتالي نختار الأقل في قيمة ثابت التأين وهو $HClO$

حسابات محاليل الحموض الضعيفة:

تعزيز:

- نمط الحسابات في الكتاب يركّز فقط على الحمض الضعيف أحادي البروتون مثل CH_3COOH و HF، وكما تعلمنا في الدرس الأول أن أنواع الحموض أحادية، ثنائية وثلاثية البروتون، الأول يتأين بمرحلة واحدة، بينما الثاني في مرحلتين، والثالث في ثلاث مراحل
- اعلم أننا نهتم بالمرحلة الأولى لأنها مرحلة التأين الأقوى حيث ينتج فيها أكبر قدر من أيونات الهيدرونيوم وبالتالي قيمة ثابت التأين لها الأعلى والمراحل التالية تكون مهملة، فلو جاءك سؤال وزاري فيه ثنائي أو ثلاثي البروتون فلا تحتار؛ لأنه سيزودنا بقيمة ثابت التأين لأول مرحلة تأين ومن خلالها نحسب باقي حساباتنا

مثال: H_3PO_4

$$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$$

الحسابات التي سنتعلمها في محاليل الحموض الضعيفة:

1- حساب تركيز أيونات H_3O^+ من خلال معطيات تخص الحمض نفسه: مثل: التركيز M أو عدد المولات n أو كتلته m والكتلة المولية Mr وحجم المحلول V، وثابت التأين K_a

2- حساب pH من خلال نفس المعطيات السابقة

3- حساب كمية الحمض أو تركيزه من خلال معطيات: pH و K_a ومعطيات مساعدة

4- حساب ثابت التأين K_a: من خلال معطيات: pH و **معطيات عن الحمض كتركيز والخ**

استراتيجيات الحل:

Step 1: حلل المعطيات والمطلوب

Step 2: أكتب معادلة تأين الحمض الضعيف في الماء

Step 3: إذا مطلوب حساب تركيز H_3O^+ أو الـ pH أنشئ تحت المعادلة جدول تقدم التفاعل والذي فيه التركيز الابتدائي، التغير أثناء التفاعل، عند الاتزان، واستخدم الرمز x للتعبير عن التغير

المعادلة/التراكيز	$HX_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons X^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$		
عند البداية	التركيز الابتدائي	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	التركيز الابتدائي $- x$	x	x

Step 4: في منهاجنا سنهمل النقص في تركيز الحمض عند الوصول إلى الاتزان، يعني نعتبر تركيزه الابتدائي= تركيزه عند الاتزان

[والسبب: لأن تركيز الحمض الضعيف خلال التفاعل المنعكس المتزن عالٍ مقارنة بتركيز أيوناته، فنهمل النقص الحاصل في تركيزه النهائي]

Step 5: نعتبر الأيونات الناتجة لها نفس التركيز عند الاتزان لأننا نتعامل في معادلات التأين بنسب مولات 1:1 بين أيون الهيدرونيوم H_3O^+ والأيون السالب X^-

Step 6: أكتب قانون ثابت التأين وبدون الماء [لأن الماء هو المذيب وتركيزه ثابت كونه سائل نقي كما تعلمنا]

عوض المعطيات ثم احسب المطلوب

$$K_a = \frac{[H_3O^+][X^-]}{[HX]}$$

- إذا المطلوب حساب pH استخدم قانون اللوغاريتم $pH = -\log[H_3O^+]$ بعد الخطوات السابقة

- إذا المطلوب حساب كمية الحمض وتوفر لدينا الـpH وثابت التأين، نكتب معادلة التأين، ثم نستخدم هذا القانون لحساب تركيز الأيونات $[H_3O^+] = 10^{-pH}$
نعوض المعطيات في قانون ثابت التأين لنحسب تركيز الحمض، وبعدها نحسب كتلته

- إذا المطلوب حساب ثابت التأين وتوفر لدينا الـpH ومعطيات عن الحمض، نكتب معادلة التأين ثم هذا القانون لحساب تركيز الأيونات $[H_3O^+] = 10^{-pH}$
ثم نعوض ذلك في قانون ثابت التأين لنحسبه

بدون كل هذه الدوخة، إذا تعودت على حل مسائل كثيرة ستحسبها في ذهنك بسرعة وبدون خطوات

حساب تركيز أيون الهيدرونيوم لمحلول الحمض الضعيف:

مثال(16) ص43: أحسب تركيز أيونات H_3O^+ محلول حمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه $0.1\ M$ علمًا أن $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$

عطول إذا شفت ثابت تأين الحمض اعرف إنه حمض ضعيف، ليش؟

لأنه الحمض القوي مالوش ثابت تأين، ليش؟ لأنه تفاعله غير منعكس

	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$		
المعادلة/التراكيز			
عند البداية	0.1	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.1 - x \approx 0.1$ 1×10^{-1}	X	x

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.7 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{1 \times 10^{-1}}$$

$$x^2 = 1.7 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-1} = 1.7 \times 10^{-6}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{1.7} \times \sqrt{10^{-6}} = \sqrt{1.7} \times 10^{-3}$$

تريكات الحسابات اليدوية لجذور الأعداد غير المربعة وللأسس العشرية:

- نفصل جذر الأس العشري عن جذر العدد
- لحساب جذور الأسس العشرية: نقسم على 2 ونراعي أن نجعل الأس عددًا يقبل القسمة على 2
- إذا العدد عُشري نحوّله بسط ومقام، ونحسب الجذر للبسط لوحده، والمقام لوحده بعدين نقسمهم على بعض
- نستخدم تريك يدوية لحساب الجذر والناتج قريب جدًا من الآلة الحاسبة، b أقرب مربع لـ a

$$\sqrt{a} = \frac{a + b}{2\sqrt{b}}$$

نطبّق

$$\sqrt{1.7} = \frac{\sqrt{17}}{\sqrt{10}}$$

$$\sqrt{17} = \frac{17 + 16}{2\sqrt{16}} = \frac{33}{8} = 4.1$$

$$\sqrt{10} = \frac{10 + 9}{2\sqrt{9}} = \frac{19}{6} = 3.2$$

$$\frac{\sqrt{17}}{\sqrt{10}} = \frac{4.1}{3.2} = \frac{41}{32} = 1.3$$

$$x = [H_3O^+] = \sqrt{1.7} \times 10^{-6} = 1.3 \times 10^{-3}\ M$$

م. مريم السرطاوي

أتحقق ص43: أحسب تركيز أيونات H_3O^+ محلول حمض النيتروجين (III) HNO_2 تركيزه $0.03\ M$ علمًا أن $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$

المعادلة/التراكيز	$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$		
عند البداية	0.03	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.03 - x \approx 0.03$ 3×10^{-2}	x	x

$$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]}$$

$$4.5 \times 10^{-4} = \frac{x^2}{3 \times 10^{-2}}$$

$$x^2 = 4.5 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^{-2}$$

$$x^2 = 13.5 \times 10^{-6}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{13.5} \times \sqrt{10^{-6}} = \frac{\sqrt{135}}{\sqrt{10}} \times 10^{-3}$$

نستخدم تريك يدوية لحساب الجذر والناتج قريب جدًا من الآلة الحاسبة، b أقرب مربع كامل لـ a

$$\sqrt{a} = \frac{a+b}{2\sqrt{b}}$$

$$\sqrt{135} = \frac{135+121}{2\sqrt{121}} = \frac{256}{22} = 11.6$$

$$\sqrt{10} = \frac{10+9}{2\sqrt{9}} = \frac{19}{6} = 3.2$$

$$\frac{\sqrt{135}}{\sqrt{10}} = \frac{11.6}{3.2} = 3.6$$

$$x = [H_3O^+] = \sqrt{13.5} \times 10^{-3} = 3.6 \times 10^{-3} M$$

عزيزي الطالب في امتحان الوزارة الحسابات يسيرة ومباشرة وقليل جدًا ورود حسابات كهذه

حساب الرقم الهيدروجيني لمحلول الحمض الضعيف:

مثال(17) ص44: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول حمض البنزويك C_6H_5COOH تركيزه $2\ M$ علمًا أن $K_a = 6.3 \times 10^{-5}$ $\log 1.12 = 0.05$

المعادلة/التراكيز	$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$		
عند البداية	2	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	$2 - x \approx 2$	x	X

$$K_a = \frac{[C_6H_5COO^-][H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]}$$
$$6.3 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{2}$$
$$x^2 = 6.3 \times 10^{-5} \times 2$$
$$x^2 = 12.6 \times 10^{-5} = 1.26 \times 10^{-4}$$
$$\sqrt{x^2} = \sqrt{1.26} \times \sqrt{10^{-4}} = \sqrt{1.26} \times 10^{-2}$$

نستخدم تريك يدوية لحساب الجذر والناتج قريب جدًّا من الآلة الحاسبة، b أقرب مربع لـ a

$$\sqrt{a} = \frac{a+b}{2\sqrt{b}}$$

نطبّق

$$\sqrt{1.26} = \frac{\sqrt{126}}{\sqrt{100}}$$
$$\sqrt{126} = \frac{126+121}{2\sqrt{121}} = \frac{247}{22} = 11.2$$
$$\sqrt{100} = 10$$
$$\frac{\sqrt{126}}{\sqrt{100}} = \frac{11.2}{10} = 1.12$$
$$x = [H_3O^+] = \sqrt{1.26} \times 10^{-2} = 1.12 \times 10^{-2}\ M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1.12 \times 10^{-2}) = 2 - \log 1.12 = 2 - 0.05 = 1.95$$

أتحقق ص44: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول حمض الهيدروسيانيك HCN تركيزه 0.02 M علمًا أن $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$ $\log 3.1 = 0.5$

المعادلة/التراكيز	$HCN_{(aq)}$	+ $H_2O_{(l)}$ ⇌	$CN^-_{(aq)}$	+ $H_3O^+_{(aq)}$
عند البداية	0.02		0	0
التغير	$-x$		$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.02 - x \approx 0.02$ 2×10^{-2}		x	x

$$K_a = \frac{[C_6H_5COO^-][H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]}$$
$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-2}}$$
$$x^2 = 4.9 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^{-2}$$
$$x^2 = 9.8 \times 10^{-12}$$
$$\sqrt{x^2} = \sqrt{9.8} \times \sqrt{10^{-12}} = \sqrt{9.8} \times 10^{-6}$$
$$\sqrt{9.8} = \frac{\sqrt{98}}{\sqrt{10}}$$

$$\sqrt{98} = \frac{98+100}{2\sqrt{100}} = \frac{198}{20} = \frac{99}{10} = 9.9$$
$$\sqrt{10} = \frac{10+9}{2\sqrt{9}} = \frac{19}{6} = 3.2$$
$$\frac{\sqrt{98}}{\sqrt{10}} = \frac{9.9}{3.2} = \frac{99}{32} = 3.1$$
$$x = [H_3O^+] = \sqrt{9.8 \times 10^{-6}} = 3.1 \times 10^{-6}\ M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(3.1 \times 10^{-6}) = 6 - \log 3.1 = 6 - 0.5 = 5.5$$

حساب كمية الحمض أو ثابت التأين لمحلول الحمض الضعيف:

مثال(18) ص45: أحسب كتلة حمض الميثانويك HCOOH اللازمة لتحضير محلول منه حجمه 1 L ورقمه الهيدروجيني 2.7 علمًا أن $K_a = 1.7 \times 10^{-4}$ $\log 2 = 0.3$
$Mr = 46\ g/mol$

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$
$$K_a = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$
$$[HCOO^-] = [H_3O^+]$$

نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم عن طريق الـ pH

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$
$$[H_3O^+] = 10^{-2.7} = 10^{(-2.7+3)-3} = 10^{0.3} \times 10^{-3}$$
$$\log 2 = 0.3$$

العلاقة العكسية للوغاريتم

$$2 = 10^{0.3}$$

نعوضها في الناتج

$$[H_3O^+] = 10^{0.3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$$

نعوض في قانون ثابت التأين

$$K_a = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$
$$[HCOOH] = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{K_a} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}{1.7 \times 10^{-4}} = \frac{40 \times 10^{-6}}{17 \times 10^{-4}}$$
$$= 2.35 \times 10^{-2}\ M$$

نحسب المولات عن طريق قانون التركيز المولاري

$$M = \frac{n}{V} \quad \Rightarrow$$
$$n = M \times V = 2.35 \times 10^{-2}\ \frac{mol}{L} \times 1\ L = 2.35 \times 10^{-2}\ mol$$

نحسب الكتلة عن طريق قانون الكتلة المولية

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow$$

$$m = Mr \times n = 46\frac{g}{mol} \times 2.35 \times 10^{-2}\ mol = 108.1 \times 10^{-2} \Rightarrow 1.08\ g$$

مثال(19) ص46: أحسب ثابت تأين حمض ضعيف HA رقمه الهيدروجيني 3 حضِّر بإذابة 0.1 mol منه في 500 mL من الماء

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

$$[A^-] = [H_3O^+]$$

نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم عن طريق الـ pH

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

$$[H_3O^+] = 10^{-3}$$

نحسب تركيز الحمض من قانون المولارية

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.1}{0.5} = \frac{1}{5} = 0.2 = 2 \times 10^{-1}$$

نعوض في قانون ثابت التأين

$$K_a = \frac{1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-1}} = \frac{1 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-1}} = 0.5 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-6}$$

الربطُ مع الصناعة

تُعَدُّ شركةُ مناجم الفوسفات الأردنيّة رائدةً في إنتاج حِمض الفوسفوريك H_3PO_4 وحِمض الكبريتيك H_2SO_4 بتقنيّة عالية في منطقة الشيديّة في جنوبي الأردن؛ حيث تبلغ كميّة الإنتاج من حِمض الفوسفوريك نحوَ 224 ألف طن سنويًّا، وَقُرابة 660 ألف طن متري من حِمض الكبريتيك تُخَزَّنُ في منشأة خاصَّة بمدينة العقبة؛ وبهذا تُعَدُّ الشركة لبنة أساسيّة في بناء الاقتصاد الوطني؛ لِما لها من إسهامات كبيرة في تطوير صناعة التعدين في الأردن.

أتحقق ص46: أحسب كتلة حمض الكبريت (IV) H_2SO_3 اللازمة لتحضير محلول منه حجمه 0.4 L ورقمه الهيدروجيني 2 علمًا أن $K_a = 1.3 \times 10^{-2}$

$$Mr = 82\ g/mol$$

$$H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[HSO_3^-][H_3O^+]}{[H_2SO_3]}$$

$$[HCOO^-] = [H_3O^+]$$

نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم عن طريق الـ pH

$$[H_3O^+] = 10^{-2}$$

نعوض في قانون ثابت التأين لنحسب تركيز الحمض

$$K_a = \frac{[HSO_3^-][H_3O^+]}{[H_2SO_3]}$$

$$[H_2SO_3] = \frac{[HSO_3^-][H_3O^+]}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-2}}{1.3 \times 10^{-2}} = \frac{10 \times 10^{-4}}{13 \times 10^{-2}}$$

$$= \frac{100 \times 10^{-5}}{13 \times 10^{-2}} = 7.7 \times 10^{-3}$$

نحسب المولات عن طريق قانون التركيز المولاري

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow$$

$$n = M \times V = 7.7 \times 10^{-3}\ \frac{mol}{L} \times 0.4\ L = 3.1 \times 10^{-3}\ mol$$

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow$$

$$m = Mr \times n = 82 \frac{g}{mol} \times 3.1 \times 10^{-3}\ mol = 254.2 \times 10^{-3} \Rightarrow 0.25\ g$$

تذكر علاقات سريعة:

- ثابت تأين الحمض وتركيز أيونات الهيدرونيوم [علاقة طردية]
- ثابت تأين الحمض والرقم الهيدروجيني [علاقة عكسية]
- كلما زاد ثابت تأين الحمض كلما كان الحمض أقوى وكانت القاعدة المرافقة له أضعف
- كلما قل الرقم الهيدروجيني أو زاد تركيز أيون الهيدرونيوم معناه الحمضية تزداد
- كلما قل تركيز أيون الهيدروكسيد معناه الحمضية تزداد
- إذا تشابه تركيز حمض قوي وضعيف فالرقم الهيدروجيني الأقل للأقوى

أسئلة وزارية: الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة

وزارة 1997: يبين الجدول المجاور ثوابت التأين K_a لبعض الحموض:

الحمض	K_a
HF	7.2×10^{-4}
HCN	4×10^{-10}
CH_3COOH	1.8×10^{-5}

1- ما القاعدة المرافقة لكل من الحموض المذكورة [3 علامة]

الحمض	القاعدة المرافقة
HF	F^-
HCN	CN^-
CH_3COOH	CH_3COO^-

2- اكتب صيغة الحمض الأقوى [3 علامة]

الحمض الأقوى أعلى K_a وبالتالي هو HF

3- اكتب صيغة الحمض الذي قاعدته المرافقة هي الأقوى [3 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى يعني الحمض الأضعف الذي له أقل K_a بالتالي هو HCN

وزارة 1998: إذا كانت قيمة pH تساوي 3 لمحلول من الحمض الضعيف HA تركيزه 0.1 M فإن قيمة K_a لهذا الحمض تساوي: [2 علامة]

-1	1×10^{-5}	-2	1×10^{-7}
-3	1×10^{-6}	-4	1×10^{-8}

الإجابة (1)

وزارة 1999: ادرس الجدول المجاور والذي يبين قيم K_a لبعض الحموض:

الحمض	K_a
HB	5×10^{-10}
HX	2×10^{-5}
HZ	4×10^{-7}

1- اكتب صيغة الحمض الأضعف [2 علامة]

الأضعف هو الذي له أقل K_a وبالتالي هو HB

2- احسب $[H_3O^+]$ لمحلول من HZ تركيزه 1×10^{-3} M [4 علامة]

$$HZ + H_2O \rightleftharpoons Z^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[Z^-][H_3O^+]}{[HZ]}$$

$$[H_3O^+] = [Z^-] = x$$

$$K_a[HZ] = x^2$$

$$x = \sqrt{K_a[HZ]} = \sqrt{4 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-3}} = \sqrt{4 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5} M$$

وزارة 2001 تكميلي: ادرس الجدول المجاور والذي يبين قيم K_a لبعض الحموض:

الحمض	K_a
HA	3.2×10^{-8}
HB	7.5×10^{-3}
HC	4×10^{-10}
HD	6.3×10^{-5}

1- أي من محاليل هذه الحموض له أقل قيمة pH [2 علامة]

الأقل pH يعني الأقوى وبالتالي الأعلى K_a وهو HB

2- احسب قيمة pH لمحلول الحمض HC تركيزه 0.25 M [4 علامة]

$$HC + H_2O \rightleftharpoons C^- + H_3O^+$$
$$K_a = \frac{[C^-][H_3O^+]}{[HC]}$$
$$[H_3O^+] = [C^-] = x$$
$$K_a[HC] = x^2$$
$$x = \sqrt{K_a[HC]} = \sqrt{4 \times 10^{-10} \times 25 \times 10^{-2}} = \sqrt{100 \times 10^{-12}} = 10 \times 10^{-6} = 10^{-5}M$$
$$pH = -\log 10^{-5} = 5$$

وزارة 2005/2001 صيفية: لديك أربعة محاليل مائية لبعض الحموض الضعيفة بتراكيز متساوية 0.1 M ادرس الجدول المجاور ثم أجب عما يأتي:

الحمض	المعلومات
HA	$[A^-] = 7 \times 10^{-6}M$
HB	$pH = 4$
HC	$K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
HD	$K_a = 6.4 \times 10^{-5}$

1- احسب قيمة K_a لكل من الحمضين HB و HA [4 علامة]

$$HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$$
$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{7 \times 10^{-6} \times 7 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-1}} = 4.9 \times 10^{-10}$$

$$HB + H_2O \rightleftharpoons B^- + H_3O^+$$
$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}$$
$$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-7}$$

2- أي القاعدتين المرافقتين أقوى C^- أم D^- [2 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى تكون للحمض الأضعف يعني الأقل K_a وهو HD وبالتالي الجواب D^-

3- ماذا يحدث لقيمة pH لحمض HB إذا خففنا التركيز إلى 0.05 M [2 علامة]

الجواب: تزداد

تخفيف التركيز يعني إضافة الماء، الماء متعادل (pH=7) **والحمض أقل من 7 ومع التخفيف ستخف الحموضة وتزداد درجة الحموضة التي هي الرقم الهيدروجيني**

يتكرر نمط السؤال الوزاري مع الاختلاف في الرموز والأرقام وصيغة الأسئلة لكنها متشابهة

وزارة 2002 صيفية: في محلول HF تركيزه 0.1 M كان تركيز $[H_3O^+] = 8 \times 10^{-3}\ M$، احسب قيمة K_a للحمض [5 علامة]

$$HF + H_2O \rightleftharpoons F^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[F^-][H_3O^+]}{[HF]} = \frac{8 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-1}} = 64 \times 10^{-5} = 6.4 \times 10^{-4}$$

وزارة 2004 صيفية: إذا كان ترتيب القواعد حسب قوتها $X^- < A^- < Y^-$ والحمض HZ أضعف من الحمض HX فإن الحمض الذي له ثابت تأين K_a أكبر هو: [2 علامة]

-1	HA	-2	HX
-3	HY	-4	HZ

الإجابة (3): لأن القاعدة المرافقة الأضعف هي Y^- وبالتالي حمضها HY هو الأقوى والأعلى تأين وخاصة أن الحمض الأضعف HX هناك الأضعف منه وهو HZ ، فكله ملغي من الخيارات إلا HY

وزارة 2004 صيفية: إذا كانت قيمة $pH = 5$ لمحلول HCN، احسب تركيز الحمض علمًا أن ثابت تأين الحمض $K_a = 5 \times 10^{-10}$ [5 علامة]

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

$$K_a = \frac{[CN^-][H_3O^+]}{[HCN]}$$

$$[H_3O^+] = [C^-]$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-5}$$

$$[HCN] = \frac{[CN^-][H_3O^+]}{K_a} = \frac{10^{-5} \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-10}} = \frac{1}{5} = 0.2\ M$$

وزارة 2004 شتوية: إذا علمت أن $K_a = 2.8 \times 10^{-8}$ لمحلول الحمض HOCl، وتركيزه 0.25 M فاحسب $[H_3O^+]$ في محلول الحمض [8 علامة]

$$HOCl + H_2O \rightleftharpoons OCl^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[OCl^-][H_3O^+]}{[HOCl]}$$

$$[H_3O^+] = [OCl^-] = x$$

$$K_a[HOCl] = x^2$$

$$x = \sqrt{K_a[HOCl]} = \sqrt{2.8 \times 10^{-8} \times 25 \times 10^{-2}} = \sqrt{70 \times 10^{-10}}$$

$$\sqrt{70} = \frac{70 + 64}{2\sqrt{64}} = \frac{134}{16} = 8.4$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{70 \times 10^{-10}} = 8.4 \times 10^{-5} M$$

وزارة 2003 صيفية/2006/ 2007/ 2008/ 2013 شتوية: لديك أربعة محاليل مائية لبعض الحموض الضعيفة متساوية التركيز 0.1 M معتمدًا على المعلومات أجب:

الحمض	K_a
HClO	3×10^{-8}
H_2S	1×10^{-7}
CH_3COOH	1.8×10^{-5}
HCN	4.9×10^{-10}

1- أي المحاليل له أعلى قيمة pH؟ [3 علامة]

الأعلى pH يعني الأضعف كحمض أي الأقل K_a وهو HCN

انتبه أنها متساوية في التركيز لذا نقارن من خلال ثابت التأين

2- أي القاعدتين HS^- أم CH_3COO^- الأقوى؟ [3 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى هي التي حمضها أضعف يعني أقل K_a وهو H_2S بالتالي القاعدة الأقوى هي HS^-

3- احسب تركيز أيون الهيدرونيوم في محلول الحمض H_2S [3 علامة]

$$H_2S + H_2O \rightleftharpoons HS^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[HS^-][H_3O^+]}{[H_2S]}$$

$$[H_3O^+] = [HS^-] = x$$

$$K_a[H_2S] = x^2$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a[H_2S]} = \sqrt{1 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-1}} = \sqrt{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-4} M$$

يتكرر نمط السؤال أو بعض أفكاره من بدون تطابق حرفي

وزارة 2007 صيفية: إذا كان لديك الجدول الآتي الذي يحتوي على معلومات متعلقة بالحمضين الضعيفين:

الرقم	الحمض	التركيز	معلومات
1	CH_3COOH	0.1 M	$K_a = 1.74 \times 10^{-5}$
2	$ClCH_2COOH$	1 M	$[H_3O^+] = 3.8 \times 10^{-2}$

1- اكتب معادلة تفكك الحمض 2 [2 علامة]

$$ClCH_2COOH + H_2O \rightleftharpoons ClCH_2COO^- + H_3O^+$$

2- احسب $[OH^-]$ في الحمض رقم 1 [3 علامة]

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$[H_3O^+] = [CH_3COO^-]$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a[CH_3COOH]} = \sqrt{1.74 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-1}} = \sqrt{174 \times 10^{-8}}$$

$$\sqrt{174} = \frac{174 + 169}{2\sqrt{169}} = \frac{343}{26} = 13.1$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{174 \times 10^{-8}} = 1.3 \times 10^{-3} M$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.3 \times 10^{-3}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{13 \times 10^{-4}} = 7.6 \times 10^{-12} M$$

3- احسب قيمة K_a للحمض 2 [3 علامة]

$$ClCH_2COOH + H_2O \rightleftharpoons ClCH_2COO^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[ClCH_2COO^-][H_3O^+]}{[ClCH_2COOH]} = \frac{3.8 \times 10^{-2} \times 3.8 \times 10^{-2}}{1} = 14.4 \times 10^{-4} = 1.44 \times 10^{-3}$$

4- أيهما أقوى كقاعدة $ClCH_2COO^-$ أم CH_3COO^-؟ فسر ذلك [2 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى هي التي حمضها أضعف يعني أقل K_a وهو CH_3COOH بالتالي القاعدة الأقوى هي CH_3COO^-

---

وزارة 2011 شتوية/2012 شتوية: في الجدول محاليل حموض ضعيفة متساوية التركيز 0.01 M:

الحمض	$[H_3O^+]$
HX	1×10^{-10}
HY	1×10^{-6}
HZ	1×10^{-8}

1- ما صيغة القاعدة المرافقة الأقوى؟ [2 علامة]

القاعدة الأقوى للحمض الأضعف أي الذي له أقل K_a وبما أنها لها نفس التركيز فهو نفسه الأقل $[H_3O^+]$ وبالتالي هو HX

إذًا القاعدة المرافقة الأقوى هي X^-

2- ما صيغة الحمض الذي في محلوله $[OH^-]$ الأقل؟ [2 علامة]

الأقل $[OH^-]$ هو الأعلى $[H_3O^+]$ وهو HY

3- ما قيمة K_a للحمض HY؟ [2 علامة]

$$HY + H_2O \rightleftharpoons Y^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[Y^-][H_3O^+]}{[HY]}$$

$$[H_3O^+] = [Y^-]$$

$$K_a = \frac{[Y^-][H_3O^+]}{[HY]} = \frac{1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-10}$$

4- عند تفاعل HX مع Z^- حدد الجهة التي يرجحها الاتزان [2 علامة]

$$HX + Z^- \rightleftharpoons X^- + HZ$$

نقارن بين قوة الحمضين على الطرفين $HZ > HX$ وبالتالي يسير التفاعل من الأقوى إلى الأضعف [الاتجاه العكسي]

يتكرر النمط الوزاري مع اختلاف صيغة الأسئلة والمعلومات

وزارة 2015 شتوية/2018 شتوية: يبين الجدول عددًا من محاليل الحموض الضعيفة بتراكيز متساوية 0.01 M ادرس الجدول المجاور ثم أجب عما يأتي:

1- أيهما أقوى كحمض HBrO أم HF ؟ [2 علامة]

بما أن كل المحاليل نفس التركيز، هذان الحمضان نفس المعلومات لذا نقارن بشكل سريع بينهما، الأقوى كحمض هو الأعلى ثابت تأين، الأعلى $[H_3O^+]$ وبالتالي الأقل $[OH^-]$ وهو HF

الحمض	المعلومات
C_6H_5COOH	$K_a = 6 \times 10^{-5}$
HOCN	$K_a = 1 \times 10^{-4}$
HNO_2	pH = 2.7
HCN	pH = 5.7
HF	$[OH^-] = 3.8 \times 10^{-11} M$
HBrO	$[OH^-] = 2.2 \times 10^{-8} M$

2- ما صيغة القاعدة المرافقة للحمض HNO_2 ؟ [2 علامة]

جواب السؤال مذكور في درس الأزواج المترافقة أسئلة وزارية NO_2^-

3- أي المحلولين يكون فيه $[OH^-]$ أعلى HNO_2 أم HCN ؟ [2 علامة]

كلاهما له نفس المعلومات، لذا نقارن مباشرة، الأعلى $[OH^-]$ هو الأعلى pH وهو HCN

4- أيهما أقوى كقاعدة CN^- أم OCN^- ؟ [2 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى هي التي حمضها أضعف، نوجد المعلومات لنحكم

HOCN ⇨ $K_a = 1 \times 10^{-4}$

HCN ⇨ pH = 5.7

معلومات لوغاريتم لا تتوفر لتحويل الرقم الهيدروجيني لـHCN إلى تركيز أيونات هيدرونيوم ثم نحسب ثابت تأين، وبالتالي نحسب الرقم الهيدروجيني HOCN

$$[H_3O^+] = \sqrt{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-3}$$

$$pH = 3$$

الحمض الأضعف هو الأعلى pH وهو HCN وبالتالي القاعدة الأقوى هي CN^-

5- حدد الجهة التي يرجحها الاتزان عند تفاعل HOCN مع $C_6H_5COO^-$ [2 علامة]

$$HOCN + C_6H_5COO^- \rightleftharpoons OCN^- + C_6H_5COOH$$

نقارن بين قوة الحمضين على الطرفين من خلال المعلومات المتوفرة وهو ثابت التأين

$HOCN > C_6H_5COOH$ وبالتالي يسير التفاعل من الأقوى إلى الأضعف [الاتجاه الأمامي] إلى اليمين

هناك أسئلة أخرى على الجدول مثل حساب أيونات الهيدروكسيد لحمض، أو تحديد أزواج مترافقة، وكله مكرر في الأسئلة الوزارية المحلولة في الدوسية والنمط الوزاري يتكرر مع اختلافات كل أفكارها مكررة سابقًا

وزارة 2018 صيفية/2020 نظامي: لديك أربعة محاليل مائية لبعض الحموض الضعيفة متساوية التركيز 0.01 M معتمدًا على المعلومات أجب:

الحمض	K_a
HCOOH	1×10^{-4}
HCN	6×10^{-10}
H_2SO_3	1×10^{-2}
CH_3COOH	2×10^{-5}
HF	7×10^{-4}

1- ما صيغة الحمض الأقوى؟ [2 علامة]

أعلى K_a وهو H_2SO_3

2- ما صيغة الحمض الذي له أقوى قاعدة مرافقة؟ [2 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى هي التي حمضها أضعف يعني أقل K_a وهو HCN

3- ما صيغة القاعدة المرافقة التي لحمضها أعلى pH؟ [2 علامة]

الحمض الأعلى pH يعني أقل تركيز هيدرونيوم وبالتالي هو الأقل K_a ، انتبه: عند تساوي التراكيز، وهو HCN قاعدته المرافقة هي CN^-

4- أي من المحلولين HF أم HCOOH يكون فيه تركيز OH^- أعلى؟ [2 علامة]

الحمض الأعلى **في تركيز الهيدروكسيد هو الأقل في تركيز الهيدرونيوم وبالتالي أقل** K_a ، انتبه: عند تساوي التراكيز، وهو HCOOH

5- هل تكون قيمة pH لمحلول حمض HCOOH أكبر أم أقل من 2 ؟ [2 علامة]

$$K_a = 1 \times 10^{-4}$$
$$[H_3O^+] = [HCOO^-] = x$$
$$K_a[HCOOH] = x^2$$
$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a[HCOOH]} = \sqrt{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-2}} = \sqrt{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-3}M$$
$$pH = 3$$

أكبر من 2

وزارة 2020 نظامي تكميلي: محلول حمض ضعيف HZ تركيزه 0.2 M ورقمه الهيدروجيني يساوي 4 فإن قيمة K_a: [4 علامة]

-1	5×10^{-8}	-2	5×10^{-7}
-3	5×10^{-4}	-4	5×10^{-3}

الإجابة (1)

$$pH = 4$$
$$[H_3O^+] = 10^{-4}M$$
$$K_a = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-1}} = 0.5 \times 10^{-7} = 5 \times 10^{-8}$$

وزارة 2020 نظامي تكميلي: محلولان لحمضيان افتراضيان HY و HX لهما التركيز نفسه، تركيز أيونات H_3O^+ في محلول الحمض HX يساوي 0.01 M وقيمة pH في محلول الحمض HY يساوي 3 فإن العبارة الصحيحة هي: [4 علامة]

-1	قيمة K_a للحمض HX أقل من قيمة K_a للحمض HY
-2	القاعدة المرافقة X^- أقوى من القاعدة المرافقة Y^-
-3	تركيز أيونات OH^- في محلول HX أعلى منها في محلول HY
-4	تركيز أيونات X^- في محلول HX أعلى من تركيز أيونات Y^- في محلول HY

الإجابة (4): ما دامت التراكيز متساوية فلا داعي لحساب ثابت التأين، نقارن من خلال أسرع المعلومات المتوفرة وسيعطينا مؤشرًا على باقي المعلومات من ناحية التراكيز والقوة

$pH = 2$ ⇨ HX

$pH = 3$ ⇨ HY

من ناحية القوة $HX > HY$

وزارة 2020 خاصة تكميلي: محلول حمض ضعيف HX تركيزه 1×10^{-3} M فإن تركيز أيونات H_3O^+ في المحلول يساوي: [4 علامة]

-1	تساوي 1×10^{-3}	-2	أكبر من 1×10^{-3}
-3	أقل من 1×10^{-3}	-4	تساوي 1×10^{-2}

الإجابة (3): الحمض الضعيف أيوناته أقل بكثير من تركيز جزيئات الحمض

وزارة 2021: تترتب القواعد المرافقة لمحاليل الحموض الضعيفة الافتراضية (HA/HX/HY/HZ) المتساوية في التراكيز تبعًا لقوتها كالآتي $A^- < Z^- < X^- < Y^-$ فإن الحمض الذي له أعلى قيمة K_a: [4 علامة]

-1	HZ	-2	HY
-3	HX	-4	HA

الإجابة (4): لأن القاعدة المرافقة الأضعف هي A^- وبالتالي حمضها HA هو الأقوى والأعلى ثابت تأين

وزارة 2021 تكميلي: حمض ضعيف يرمز له بالرمز HA تركيزه 0.1 M فإن العبارة الصحيحة: [4 علامة]

-1	$[A^-]$ أكبر من 0.1	-2	$[H_3O^+]$ أقل من 0.1
-3	pH أقل من 1	-4	$[H_3O^+]$ أكبر من 0.1

الإجابة (2): تركيز أيونات الحمض الضعيف أقل بكثير من تركيز الحمض، وقيمة pH لو افترضنا حسابها على أساس أنه حمض قوي وتركيز الهيدرونيوم نفس تركيز الحمض سيكون الرقم الهيدروجيني =1، لكن الحمض الضعيف بنفس هذا التركيز أيوناته أقل بكثير من 0.1 وبالتالي الرقم الهيدروجيني أكبر من 1

وزارة 2021 تكميلي: محلول الحمض الذي له أعلى قيمة pH من بين المحاليل الآتية متساوية التركيز هو: [4 علامة]

-1	HNO_3	-2	$HClO_3$
-3	HI	-4	HBr

الإجابة (2): لأنه أقل قوة من الحموض القوية، والوزارة لا تطالب به كحمض قوي فالطالب سيعتبره ضعيف والباقي أقوياء، [السؤال غير نموذجي كسؤال وزارة]

وزارة 2022: إذا علمت أن قيمة pH لمحلول الحمض تركيزه HOCl تساوي قيمة pH لمحلول الحمض HCl عندما يكون تركيزه $4 \times 10^{-5}M$ فإن تركيز HOCl يساوي:

إذا علمت أن ثابت التأين للحمض الضعيف يساوي $K_a = 4 \times 10^{-8}$ [4 علامة]

-1	0.01 M	-2	0.1 M
-3	0.04 M	-4	0.4 M

الإجابة (3): نحسب تركيز الهيدرونيوم للقوي وهو نفسه للضعيف بسبب تشابه الرقم الهيدروجيني، ثم نحسب تركيز الحمض الضعيف من خلال ثابت التأين

$$[H_3O^+] = [HCl] = 4 \times 10^{-5}M$$

$$K_{a_{HOCl}} = \frac{4 \times 10^{-5} \times 4 \times 10^{-5}}{[HOCl]} = 4 \times 10^{-8}$$

$$[HOCl] = 4 \times 10^{-2} = 0.04\ M$$

م. مريم السرطاوي

تدريبات خارجية وكيماشيك: حسابات محاليل الحموض الضعيفة

تدريب (1): اكتب تعابير ثابت التأين للحموض الآتية:

انتبه: أول ما تشوف كلمة ثابت تأين أو رمزه فهو بالتأكيد حمض ضعيف لأن تفاعل تأينه في الماء منعكس، نكتب معادلة تأينه في الماء لنكتب تعبير ثابت التأين بشكل صحيح، ونهتم بثابت التأين الأول في حال كان الحمض ثنائي أو ثلاثي البروتون

$$HCOOH$$
$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$
$$K_a = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

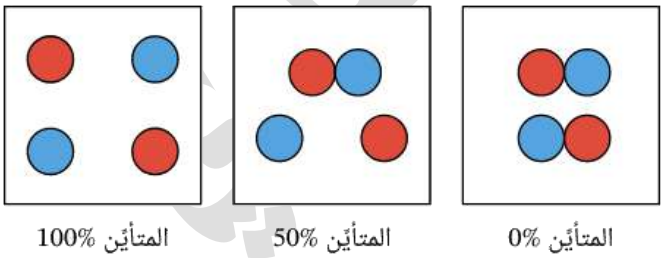
$$H_2S$$
$$H_2S + H_2O \rightleftharpoons HS^- + H_3O^+$$
$$K_a = \frac{[HS^-][H_3O^+]}{[H_2S]}$$

تدريب (2) كيماشيك: أذيب 0.46 g من حمض HCOOH في 100 mL من الماء، فإن $[H_3O^+]$ في المحلول يساوي ..... إذا كانت نسبة تأين هذا الحمض 1% علمًا أن (C=12, O=16, H=1)

-1	4.6×10^{-5} M	-2	1×10^{-4} M
-3	1×10^{-5} M	-4	1×10^{-3} M

الإجابة (4)

نسبة التأين للحمض يعني نسبة تركيز المتأين من الحمض إلى تركيز الحمض في المحلول، فالحمض القوي يتأين بنسبة 100% بينما الحموض الضعيفة تتأين بنسبة قليلة جدًّا، انظر الشكل المجاور لتفهم معنى نسبة التأين



$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{0.46}{46} = 0.01\ mol \qquad M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{0.1} = 0.1\ M$$

$$[HCOOH] = 0.1\ M$$

$$[H_3O^+] = 1\% \times 0.1 = 1 \times 10^{-3}\ M$$

تدريب (3) كيماشيك: يلزم إذابة .... في الماء لتكوين محلول حجمه 100 mL من حمض CH_3COOH وله قيمة $pOH = 10$ ، علمًا أن $K_a = 1 \times 10^{-7}$ $(C=12, O=16, H=1)$

-1	0.3 g	-2	0.4 g
-3	0.2 g	-4	0.6 g

الإجابة (4)

$$pH = 14 - 10 = 4$$

$$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}\ M$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \qquad 1 \times 10^{-7} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{[CH_3COOH]}$$

$$[CH_3COOH] = 0.1\ M \qquad n = 0.1 \times 0.1 = 0.01\ mol$$

$$m = 0.01 \times 60 = 0.6\ g$$

تدريب (4) كيماشيك: إذا كان تركيز الحمض الضعيف الافتراضي HX يساوي $1 \times 10^{-5}\ M$ فإن pH للمحلول ستكون تقريبًا تساوي:

-1	8	-2	7
-3	6	-4	5

الإجابة (3)

احسب pH للمحلول على أساس أنه قوي ويتأين كليًّا، ستكون مساوية لـ5 لكن الحقيقة أنه ضعيف وتأينه جزئي لذا أيونات الهيدرونيوم أقل بكثير من هذا التركيز وبالتالي يرتفع الرقم الهيدروجيني، فنختار الأعلى من 5 وأقل من 7 وهو 6

م. مريم السرطاوي

ورقة عمل: حسابات محاليل الحموض الضعيفة

تدريب (1): اكتب تعابير ثابت التأين للحموض الآتية:

CH_3CH_2COOH

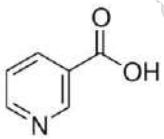
HNO_2

H_2CO_3

H_3PO_4

تدريب (2): إذا كان ثابت تأين حمض HNO_2 يساوي 4.5×10^{-4}، جد تركيز H_3O^+ علمًا أن تركيز الحمض $0.9\ M$ $\sqrt{4.05} = 2.01$

تدريب (3): حمض النيكوتين $HC_6H_4NO_2$ الذي هو نفسه فيتامين B عبارة عن حمض ضعيف بثابت تأين يساوي 1.4×10^{-5}، احسب تركيز H_3O^+ وقيمة pH علمًا أن تركيز المحلول $0.01\ M$ $\log 3.74 = 0.57$



م. مريم السرطاوي

تدريب (4): احسب قيمة ثابت التأين لمحلول الحمض $HOCl$ الذي تركيزه $0.31\ M$ وتركيز OCl^- يساوي $1.0 \times 10^{-4}\ M$

تدريب (5): تركيز محلول حمض HCN $0.001\ M$ وثابت تأينه 6.2×10^{-10}، احسب تركيز OH^- في المحلول

تدريب (6): الرقم الهيدروجيني لمحلول $HClO$ تركيزه $0.001\ M$ يساوي:

-1	3	-2	أكبر من 3
-3	أقل من 3	-4	1

تدريب (7): في محلول الحمض الضعيف H_2S الذي تركيزه $1\ M$ يكون:

-1	$[HS^-] < [H_3O^+]$	-2	$[HS^-] = [H_3O^+]$
-3	$[HS^-] > [H_3O^+]$	-4	$pH = 0$

م. مريم السرطاوي

الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة

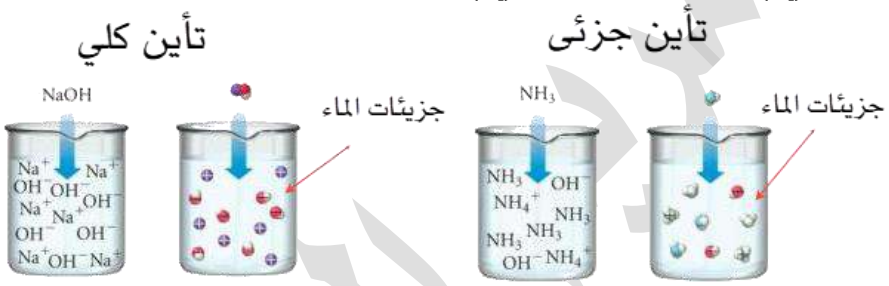
ضو اللمبة:

تعلمنا سابقًا أن القواعد الضعيفة تتأين جزئيًّا ويحدث في عملية ذوبانها في الماء اتزانًا ديناميكيًّا، ونعبر عن حالة الاتزان للقاعدة الضعيفة باستخدام ثابت تأين القاعدة K_b هذا الثابت هو المقياس الكمي لتأين القاعدة الضعيفة

تعزيز: تعلمنا من خلال الدرس الثاني أن القاعدة القوية يتأين كليًّا في الماء وتفاعله غير منعكس بينما القاعدة الضعيفة ستتأين جزئيًّا وتفاعلها منعكس حيث تبقى منها جزيئات في الماء مع أيونات ناتجة من التأين

نقارن الآن بين تأين هيدروكسيد الصوديوم وتأين حمض الأمونيوم

$$NaOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \qquad NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4{}^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$



المعادلة العامة لتأين القاعدة الضعيفة:

فسر: تركيز القاعدة الضعيفة عالٍ مقارنة بتركيز الأيونات الناتجة من تأينه في الماء؟

جزيئات القاعدة غير المتأينة B في حالة اتزان مع الأيونات الناتجة في نفس الوعاء، موضع الاتزان مزاح جهة اليسار (المتفاعلات) حيث أن الحمض المرافق BH^+ أقوى من الحمض H_2O، وبالتالي يمنح البروتون ويُعاد تكوين القاعدة B بصورة مستمرة فيزداد تركيزه، ونتذكر أن التفاعلات في الحموض والقواعد تسير من الأقوى إلى الأضعف تذكر: وموضع الاتزان جهة جزيئات القاعدة لأنها أضعف نسبيًّا [وتركيزها أعلى]

نعبِّر عن تركيز الأيونات الناتجة إلى تركيز القاعدة من خلال ثابت تأين القاعدة

ما المقصود بثابت تأين القاعدة؟

هو ثابت الاتزان لتأين القاعدة الضعيفة ويُرمز له بـ K_b

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

ضو اللمبة: تعلمنا سابقًا أننا لا نكتب الماء في تعبير ثابت الاتزان

كيف يُعبر ثابت تأين القاعدة عن قوة القاعدة وقدرتها على التأين؟

كلما ازدادت قيمة ثابت تأين القاعدة معناها زيادة في تركيز أيونات الهيدروكسيد OH^-، وبالتالي زيادة في قوة القاعدة وقدرتها على التأين

ماذا نستفيد من معرفة ثابت تأين القاعدة؟

- نقارن من خلاله قوة القواعد الضعيفة ببعضها
- نحسب من خلاله تركيز أيونات الهيدروكسيد OH^-
- نحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول القاعدة الضعيفة

مقارنة قوة القواعد الضعيفة من خلال ثابت التأين:

الجدول (9): قِيَمُ ثابت التأيُّن لبعض القواعد الضعيفة عند درجة حرارة 25 °C.

اسم القاعدة	صيغة القاعدة	ثابت تأيُّن القاعدة K_b
إيثيل أمين	$C_2H_5NH_2$	4.7×10^{-4}
ميثيل أمين	CH_3NH_2	4.4×10^{-4}
أمونيا	NH_3	1.8×10^{-5}
هيدرازين	N_2H_4	1.7×10^{-6}
بيريدين	C_5H_5N	1.4×10^{-9}
أنيلين	$C_6H_5NH_2$	2.4×10^{-10}

أتحقق ص47: أدرس الجدول (9) ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1- أتوقع المحلول الذي له أقل رقم هيدروجيني: NH_3 أم C_5H_5N علمًا لهما التركيز نفسه

أقل رقم هيدروجيني يعني قاعديته ضعيفة C_5H_5N لأن ثابت تأينه أقل

2- أحدد القاعدة الأقوى في الجدول

إيثيل أمين $C_2H_5NH_2$

3- أحدد القاعدة التي يكون حمضها المرافق له أقل رقم هيدروجيني CH_3NH_2 أم N_2H_4

الأقل في الرقم الهيدروجيني أي الأقل قاعدية والأقل في $[OH^-]$ وبالتالي الأقل في قيمة ثابت التأين وهو N_2H_4

حسابات محاليل القاعدة الضعيفة:

الحسابات التي سنتعلمها في محاليل القواعد الضعيفة:

5- حساب تركيز أيونات OH^- من خلال معطيات تخص القاعدة نفسها: مثل: التركيز M أو عدد المولات n أو كتلتها m والكتلة المولية Mr وحجم المحلول V، وثابت التأين K_b

6- حساب pH من خلال نفس المعطيات السابقة

7- حساب كمية القاعدة أو تركيزها من خلال معطيات: pH و K_b ومعطيات مساعدة

8- حساب ثابت التأين K_b: من خلال معطيات: pH و**معطيات عن القاعدة كتركيز والخ**

استراتيجيات الحل:

نفس استراتيجيات الحل في حسابات محاليل الحموض الضعيفة، بفارق أننا من أجل حسابات الـ pH سنحسب أيونات الهيدرونيوم من خلال ثابت تأين الماء K_w

حساب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول قاعدة ضعيفة:

مثال(20) ص48: أحسب تركيز OH^- في محلول الأمونيا NH_3 الذي تركيزه 0.2 M علمًا أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

عطول إذا شفت ثابت تأين القاعدة اعرف إنه قاعدة ضعيفة، ليش؟

لأنه القاعدة القوية مالهاش ثابت تأين، ليش؟ لأنه تفاعل القوية غير منعكس

المعادلة/التراكيز	$NH_{3(aq)}$	+ $H_2O_{(l)}$ ⇌	$OH^-{}_{(aq)}$	+ $NH_4{}^+{}_{(aq)}$
عند البداية	0.2		0	0
التغير	$-x$		$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.2 - x \approx 0.2$ 2×10^{-1}		x	x

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-1}}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-1} = 3.6 \times 10^{-6}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{3.6} \times \sqrt{10^{-6}} = \sqrt{3.6 \times 10^{-3}}$$

$$\sqrt{3.6} = \frac{\sqrt{36}}{\sqrt{10}}$$

$$\sqrt{36} = 6$$

$$\sqrt{10} = \frac{10+9}{2\sqrt{9}} = \frac{19}{6} = 3.2$$

$$\frac{\sqrt{36}}{\sqrt{10}} = \frac{6}{3.2} = \frac{60}{32} = 1.9$$
$$x = [OH^-] = \sqrt{3.6 \times 10^{-3}} = 1.9 \times 10^{-3}\ M$$

أتحقق ص48: تتأين الهيدرازين N_2H_4 ذات التركيز 0.04 M وفق المعادلة الآتية:

$$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + {N_2H_5}^+_{(aq)}$$

أحسب تركيز أيونات OH^- في المحلول. علمًا أن ثابت تأين الهيدرازين $K_b = 1.7 \times 10^{-6}$

المعادلة/التراكيز	$N_2H_{4(aq)}$	$+ \quad H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$	$OH^-_{(aq)}$	$+ {N_2H_5}^+_{(aq)}$
عند البداية	0.04		0	0
التغير	$-x$		$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.04 - x \approx 0.04$ 4×10^{-2}		x	x

$$K_b = \frac{[{N_2H_5}^+][OH^-]}{[N_2H_4]}$$
$$1.7 \times 10^{-6} = \frac{x^2}{4 \times 10^{-2}}$$
$$x^2 = 1.7 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-2} = 6.8 \times 10^{-8}$$
$$\sqrt{6.8} = \frac{\sqrt{68}}{\sqrt{10}}$$
$$\sqrt{68} = \frac{68 + 64}{2\sqrt{64}} = \frac{132}{16} = 8.3$$
$$\sqrt{10} = \frac{10 + 9}{2\sqrt{9}} = \frac{19}{6} = 3.2$$
$$\frac{\sqrt{68}}{\sqrt{10}} = \frac{8.3}{3.2} = \frac{83}{32} = 2.6$$
$$x = [OH^-] = \sqrt{6.8 \times 10^{-4}} = 2.6 \times 10^{-4}\ M$$

حساب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول قاعدة ضعيفة:

مثال(21) ص49: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول البيريدين C_5H_5N الذي تركيزه 2 M علمًا أن $K_b = 1.4 \times 10^{-9}$ ، $\log 1.9 = 0.28$

المعادلة/التراكيز	$C_5H_5N_{(aq)}$	$+ \quad H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$	$OH^-_{(aq)}$	$+ C_5H_5NH^+_{(aq)}$
عند البداية	2		0	0
التغير	$-x$		$+x$	$+x$
عند الاتزان	$2 - x \approx 2$		x	x

$$K_b = \frac{[C_5H_5NH^+][OH^-]}{[C_5H_5N]}$$
$$1.4 \times 10^{-9} = \frac{x^2}{2}$$
$$x^2 = 1.4 \times 10^{-9} \times 2 = 2.8 \times 10^{-9} = 28 \times 10^{-10}$$
$$\sqrt{x^2} = \sqrt{28} \times \sqrt{10^{-10}} = \sqrt{28} \times 10^{-5}$$
$$\sqrt{28} = \frac{28+25}{2\sqrt{25}} = \frac{53}{10} = 5.3$$
$$x = [OH^-] = \sqrt{28} \times 10^{-5} = 5.3 \times 10^{-5}\ M$$

نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم من خلال ثابت تأين الماء

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5.3 \times 10^{-5}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{53 \times 10^{-6}} = 1.9 \times 10^{-10} M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1.9 \times 10^{-10}) = 10 - \log 1.9 = 10 - 0.28 = 9.72$$

أتحقق ص49: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول الأمونيا NH_3 الذي تركيزه 0.02 M علمًا أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ ، $\log 1.66 = 0.22$

المعادلة/التراكيز	$NH_{3(aq)}$	+ $H_2O_{(l)}$	⇌ $OH^-_{(aq)}$	+ $NH_4^+{}_{(aq)}$
عند البداية	0.02		0	0
التغير	$-x$		$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.02 - x \approx 0.02$ 2×10^{-2}		x	x

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$
$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-2}}$$
$$x^2 = 1.8 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-2} = 3.6 \times 10^{-7} = 36 \times 10^{-8}$$
$$\sqrt{x^2} = \sqrt{36} \times \sqrt{10^{-8}} = 6 \times 10^{-4}$$
$$x = [OH^-] = 6 \times 10^{-4}\ M$$

نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم من خلال ثابت تأين الماء

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-4}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{6 \times 10^{-4}} = 1.66 \times 10^{-11} M$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1.66 \times 10^{-11}) = 11 - \log 1.66 = 11 - 0.22 = 10.78$$

حساب كمية القاعدة أو ثابت التأين لمحلول القاعدة الضعيفة:

مثال(22) ص50: الأنيلين قاعدة تستخدم في صناعة الأصباغ، تتأين في الماء كما في المعادلة:

$$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-{}_{(aq)} + C_6H_5NH_3{}^+{}_{(aq)}$$

أحسب ثابت تأين الأنيلين لمحلول منها تركيزه 4 M يحتوي على أيونات OH^- تركيزها $4.15 \times 10^{-5}M$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_6H_5NH_3{}^+]}{[C_6H_5NH_2]}$$

$$[OH^-] = [C_6H_5NH_3{}^+]$$

نعوض في قانون ثابت التأين

$$K_b = \frac{[OH^-][C_6H_5NH_3{}^+]}{[C_6H_5NH_2]} = \frac{4.15 \times 10^{-5} \times 4.15 \times 10^{-5}}{4} = 4.3 \times 10^{-10}$$

مثال(23) ص50: تتأين القاعدة إيثيل أمين وفق المعادلة الآتية:

$$CH_3CH_2NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-{}_{(aq)} + CH_3CH_2NH_3{}^+{}_{(aq)}$$

أحسب تركيز القاعدة في محلول منها رقمه الهيدروجيني 10 علمًا أن ثابت تأين القاعدة $K_b = 4.7 \times 10^{-4}$

طريقة 1: نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم من الرقم الهيدروجيني، ثم نحسب تركيز أيونات الهيدروكسيد من خلال ثابت تأين الماء، نعوض في قانون ثابت تأين القاعدة لنجد تركيز القاعدة

طريقة 2: نحسب الرقم الهيدروكسيلي ومن خلاله نحسب تركيز أيونات الهيدروكسيد ونعوض مباشرة في قانون ثابت تأين القاعدة

طريقة 1

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

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

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^{-4}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][CH_3CH_2NH_3{}^+]}{[CH_3CH_2NH_2]}$$

$$[OH^-] = [CH_3CH_2NH_3{}^+]$$

$$[CH_3CH_2NH_2] = \frac{[OH^-][CH_3CH_2NH_3{}^+]}{K_b}$$

$$[CH_3CH_2NH_2] = \frac{10^{-4} \times 10^{-4}}{4.7 \times 10^{-4}} = \frac{1 \times 10^{-8}}{4.7 \times 10^{-4}}$$

$$[CH_3CH_2NH_2] = \frac{100 \times 10^{-10}}{47 \times 10^{-5}} = 2.1 \times 10^{-5}$$

طريقة 2

$$pH + pOH = 14$$

$$pOH = 14 - 10 = 4$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$[OH^-] = 10^{-4}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][CH_3CH_2NH_3{}^+]}{[CH_3CH_2NH_2]}$$

$$[OH^-] = [CH_3CH_2NH_3{}^+]$$

$$[CH_3CH_2NH_2] = \frac{[OH^-][CH_3CH_2NH_3{}^+]}{K_b}$$

$$[CH_3CH_2NH_2] = \frac{10^{-4} \times 10^{-4}}{4.7 \times 10^{-4}} = \frac{1 \times 10^{-8}}{4.7 \times 10^{-4}}$$

$$[CH_3CH_2NH_2] = \frac{100 \times 10^{-10}}{47 \times 10^{-5}} = 2.1 \times 10^{-5}$$

أتحقق ص50: أحسب ثابت تأين القاعدة بيوتيل أمين $C_4H_9NH_2$ التي تركيزها 0.4 M ورقمها الهيدروجيني يساوي 12

$$C_4H_9NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + C_4H_9NH_3{}^+_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_4H_9NH_3{}^+]}{[C_4H_9NH_2]}$$

$$[OH^-] = [C_6H_5NH_3{}^+]$$

نحسب تركيز أيونات الهيدروكسيد من خلال pOH

$$pH + pOH = 14$$

$$pOH = 14 - 12 = 2$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$[OH^-] = 10^{-2}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_6H_5NH_3{}^+]}{[C_6H_5NH_2]} = \frac{10^{-2} \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-1}} = \frac{1 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-1}} = 0.25 \times 10^{-3} = 2.5 \times 10^{-4}$$

تذكر علاقات سريعة:

- ثابت تأين القاعدة وتركيز أيونات الهيدروكسيد [علاقة طردية]
- ثابت تأين القاعدة والرقم الهيدروكسيلي [علاقة عكسية]
- ثابت تأين القاعدة والرقم الهيدروجيني [علاقة طردية]
- كلما زاد ثابت تأين القاعدة كلما كانت أقوى وكان الحمض المرافق لها أضعف
- كلما زاد الرقم الهيدروجيني معناه تزداد القاعدية
- كلما زاد تركيز أيون الهيدروكسيد معناه تزداد القاعدية
- إذا تشابه تركيز قاعدة قوية وضعيفة فإن الرقم الهيدروجيني للقوية أكبر

م. مريم السرطاوي

أسئلة وزارية: الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة

وزارة 2005/2004/2000 شتوية/2018 صيفية: يبين الجدول المجاور ثوابت التأين K_b لبعض القواعد:

القاعدة	K_b
NH_2OH	1×10^{-8}
CH_3NH_2	4×10^{-4}
$C_6H_5NH_2$	4×10^{-10}
N_2H_4	1×10^{-6}

1- اكتب صيغة الحمض المرافق الأقوى [2 علامة]

الحمض المرافق الأقوى يعني القاعدة الأضعف يعني لها أقل K_b بالتالي هي $C_6H_5NH_2$ وصيغة حمضها المرافق $C_6H_5NH_3^+$

2- أيهما أكبر قيمة pH لمحلول CH_3NH_2 أم لمحلول $C_6H_5NH_2$؟ [2 علامة]

القاعدة الأعلى K_b أعلى في تركيز الهيدروكسيد وأعلى في الـpH وهي CH_3NH_2

انتبه: هذه المقارنة والتراكيز متساوية

3- احسب pH لمحلول N_2H_4 تركيزه 0.01 M مستعينًا بالمعادلة الآتية [4 علامة]

$$N_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2H_5^+ + OH^-$$

$$K_b = \frac{[N_2H_5^+][OH^-]}{[N_2H_4]}$$

$$[N_2H_5^+] = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b[N_2H_4]} = \sqrt{1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-2}} = \sqrt{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-4}M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10}M$$

$$pH = -\log 1 \times 10^{-10} = 10$$

يتكرر النمط الوزاري من ناحية الأفكار مع اختلاف القيم وصيغ الأسئلة، وأسئلة مثل حدد الأزواج المترافقة، أو حدد الجهة التي يرجحها الاتزان والخ

وزارة 2001 تكميلي: في محلول مائي N_2H_4 تركيزه 0.01 M فإن قيمة pH للمحلول تساوي، علمًا أن ثابت تأين $K_b = 1 \times 10^{-6}$: [2 علامة]

-1	4	-2	8
-3	10	-4	12

الإجابة (3): نفس طريقة الحل في السؤال السابق فرع (3)

وزارة 2001: محلول مائي لقاعدة ضعيفة B تركيزه 0.01 M، وكان $K_b = 1.6 \times 10^{-9}$ فإن $[H_3O^+]$ للمحلول تساوي: [2 علامة]

-1	4×10^{-5}	-2	4×10^{-6}
-3	2.5×10^{-9}	-4	2.5×10^{-10}

الإجابة (3): نفس طريقة الحل في السؤال السابق فرع (3)

وزارة 2001 شتوية/2005 شتوية: إذا كانت قيمة pH لمحلول تركيزه 0.01 M من القاعدة B يساوي 9 احسب قيمة K_b للقاعدة [4 علامة]

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$
$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$
$$[BH^+] = [OH^-]$$
$$pH = 9 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-9}\ M$$
$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} M$$
$$K_b = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-8}$$

وزارة 2002 صيفية: يبين الجدول المجاور قيم لمحاليل بعض القواعد الضعيفة متساوية التركيز ادرس الجدول المجاور ثم أجب عما يأتي:

القاعدة	K_b
A	1.5×10^{-9}
B	3.7×10^{-4}
C	1×10^{-8}

1- أي من المحاليل له أقل قيمة pH؟ [2 علامة]

لأن التراكيز متساوية نقارن من خلال المعلومات نفسها، الأقل في الـpH هو الأقل تأينًا K_b وهو A

2- أي من محاليل القواعد يتفاعل بدرجة أكبر مع الماء؟ [2 علامة]

أي الأكثر تأينًا وهو الأعلى في قيمة K_b وهو B

3- احسب pH في محلول تركيزه 0.01 M من القاعدة C [4 علامة]

$$C + H_2O \rightleftharpoons CH^+ + OH^-$$
$$K_b = \frac{[CH^+][OH^-]}{[C]}$$
$$[CH^+] = [OH^-]$$
$$[OH^-] = \sqrt{K_b[C]} = \sqrt{1 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^{-2}} = \sqrt{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^{-5} M$$
$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9} M$$
$$pH = -\log 1 \times 10^{-9} = 9$$

4- رتب الحموض المرافقة للقواعد حسب تزايد قوتها [2 علامة]

$$B > C > A$$
$$BH^+ < CH^+ < AH^+$$

وزارة 2003 صيفية: تم إذابة 0.015 mol من قاعدة ضعيفة B في 500 mL ماء فكانت قيمة $pH = 11$ احسب K_b للقاعدة [5 علامة]

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$
$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$
$$[BH^+] = [OH^-]$$
$$pH = 11 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-11}\ M$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-11}} = 1 \times 10^{-3} M$$
$$[B] = \frac{n}{V} = \frac{15 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-1}} = 3 \times 10^{-2} M$$
$$K_b = \frac{1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}} = 0.33 \times 10^{-4} = 3.3 \times 10^{-5}$$

وزارة 2010 صيفية/2011 صيفية: يبين الجدول المجاور ثوابت التأين K_b لبعض القواعد متساوية التركيز (0.1 M) أجب عما يأتي:

القاعدة	K_b
NH_3	2×10^{-5}
CH_3NH_2	4×10^{-4}
$C_6H_5NH_2$	4×10^{-10}
N_2H_4	1×10^{-6}

1- اكتب صيغة الحمض المرافق الأقوى [2 علامة]

الحمض المرافق الأقوى يعني القاعدة الأضعف يعني لها أقل K_b بالتالي هي $C_6H_5NH_2$ وصيغة حمضها المرافق $C_6H_5NH_3^+$

سؤال مكرر في الوزارة 2000

2- أي محاليل القواعد المذكورة فيه $[H_3O^+]$ الأقل؟ [2 علامة]

لأنها كلها نفس التركيز فالقاعدة الأقل $[H_3O^+]$ أعلى في تركيز الهيدروكسيد وأعلى في الـK_b وهي CH_3NH_2

3- اكتب معادلة تفاعل N_2H_4 مع NH_4^+ ثم حدد الجهة التي يرجحها الاتزان [3 علامة]

$$N_2H_4 + NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + N_2H_5^+$$

نقارن بين قوة القواعد على الطرفين $NH_3 > N_2H_4$ وبالتالي يسير التفاعل من الأقوى إلى الأضعف [الاتجاه العكسي] نحو اليسار أو نقول نحو المتفاعلات

تكرر نمط السؤال (3) مع تغيير المتفاعلات في وزارة 2011

وزارة 2014 صيفية: تمثل المعادلات الآتية تفاعلات لمحاليل القواعد الضعيفة المتساوية في التركيز، فإذا علمت أن الاتزان في التفاعلات السابقة يرجح الاتجاه العكسي أجب عن الأسئلة الآتية:

$$N_2H_4 + NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + N_2H_5^+$$
$$NH_3 + CH_3NH_3^+ \rightleftharpoons CH_3NH_2 + NH_4^+$$

1- ما صيغة القاعدة التي لها أقل K_b؟ [2 علامة]

نرتب القواعد حسب القوة بما أن التفاعل يسير بالاتجاه العكسي
$CH_3NH_2 > NH_3 > N_2H_4$

القاعدة ذات الأقل K_b هي الأضعف N_2H_4

2- ما صيغة أضعف حمض مرافق؟ [2 علامة]

أضعف حمض مرافق يكون للقاعدة الأقوى وهي CH_3NH_2 وصيغة حمضه المرافق $CH_3NH_3^+$

3- أي من محاليل القواعد له أقل pH (NH_3 أم CH_3NH_2) [2 علامة]

القاعدة الأقل pH هي الأقل قاعدية NH_3

4- أي من محاليل القواعد يكون فيه تركيز OH^- هو الأعلى (NH_3 أم N_2H_4) ؟ [2 علامة]

القاعدة الأعلى OH^- هي الأعلى قاعدية NH_3

5- حدد الجهة التي يرجحها الاتزان عند تفاعل CH_3NH_2 مع $N_2H_5^+$ [2 علامة]

$$CH_3NH_2 + N_2H_5^+ \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + N_2H_4$$

نقارن بين قوة القواعد على الطرفين $CH_3NH_2 > N_2H_4$ وبالتالي يسير التفاعل من الأقوى إلى الأضعف [الاتجاه الأمامي] نحو اليمين أو نقول نحو النواتج

وزارة 2019 صيفية/2020 نظامي تكميلي: يبين الجدول عدداً من محاليل القواعد الضعيفة بتراكيز متساوية 1 M عند درجة حرارة 25°C ادرس الجدول المجاور ثم أجب:

المحلول	المعلومات
NH_3	$[NH_4^+] = 0.4 \times 10^{-2}$
$C_6H_5NH_2$	$K_b = 3.8 \times 10^{-10}$
CH_3NH_2	$[H_3O^+] \approx 5 \times 10^{-13}$
N_2H_4	$K_b = 1.3 \times 10^{-6}$
$C_2H_5NH_2$	$K_b = 5.6 \times 10^{-4}$

1- ما صيغة القاعدة الأضعف؟ [3 علامة]

بما أن المعلومات مختلفة نرتبها على أساس K_b

المحلول	K_b
NH_3	1.6×10^{-5}
$C_6H_5NH_2$	3.8×10^{-10}
CH_3NH_2	4×10^{-4}
N_2H_4	1.3×10^{-6}
$C_2H_5NH_2$	5.6×10^{-4}

نرتبهم حسب القوة $C_2H_5NH_2 > CH_3NH_2 > NH_3 > N_2H_4 > C_6H_5NH_2$

القاعدة ذات الأقل K_b هي الأضعف $C_6H_5NH_2$

2- ما صيغة الحمض المرافق للقاعدة التي لها أعلى pH؟ [3 علامة]

القاعدة الأعلى pH يعني أعلى قاعدية وبما أن التراكيز متساوية فسنقول هي الأقوى يعني أعلى K_b وهي $C_2H_5NH_2$ وصيغة حمضها المرافق $C_2H_5NH_3^+$

3- أي المحلولين له أعلى $[OH^-]$ (N_2H_4 أم CH_3NH_2)؟ [3 علامة]

الأعلى $[OH^-]$ هي الأعلى قاعدية CH_3NH_2

4- أي من القواعد يكون لحمضها المرافق أقل pH؟ [3 علامة]

الحمض الأقل pH يعني الأكثر حمضية وأقوى وبالتالي قاعدته الأضعف وهي $C_6H_5NH_2$

هناك أسئلة أخرى على الجدول حسابات أو معادلات تأين، وكله مكرر في الأسئلة الوزارية المحلولة

في وزارة 2020 تكميلي: كانت الخيارات موضوعية مع تغيير المركبات وصيغ الأسئلة، ويتكرر نمط الأسئلة: أقل أو أعلى pH أقل أو أعلى تركيز هيدرونيوم أو هيدروكسيد، زوج مترافق من حمض وقاعدة، حسابات الخ

وزارة 2019 تكميلي: ما عدد مولات الأمونيا NH_3 التي تلزم لتحضير محلول حجمه 0.2 L ورقمه الهيدروجيني $pH = 10$ علمًا أن $K_b = 2 \times 10^{-5}$ [5 علامة]

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

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$[NH_4^+] = [OH^-]$$

$$pH = 10$$

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

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^{-4}M$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \quad \Rightarrow$$

$$[NH_3] = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-4}M$$

$$n = M \times V = 5 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-1} = 10 \times 10^{-5} = 10^{-4}\ mol$$

وزارة 2020 نظامي: محلول قاعدة ضعيفة تركيزها 0.1 M وقيمة pH تساوي 9 فإن قيمة K_b: [5 علامة]

-1	1×10^{-10}	-2	1×10^{-9}
-3	1×10^{-8}	-4	1×10^{-4}

الإجابة (2)

$$pH = 9$$

$$[H_3O^+] = 10^{-9}M$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}M$$

$$K_b = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-9}$$

وزارة 2020 خاصة تكميلي: محلول الهيدرازين N_2H_4 قيمة pH تساوي 10 علمًا أن $K_b = 1 \times 10^{-6}$ فإن تركيزه يساوي: [4 علامة]

-1	1×10^{-2}	-2	1×10^{-4}
-3	1×10^{-6}	-4	1×10^{-12}

الإجابة (1): نفس طريقة حل السؤال السابق مع اختلاف طريقة التعويض في قانون ثابت التأين

وزارة 2021: إذا علمت أن قيمة K_b لمحلول ميثيل أمين CH_3NH_2 أكبر من قيمة K_b لمحلول الهيدرازين N_2H_4 ولهما التركيز نفسه فإن العبارة الصحيحة هي: [4 علامة]

-1	قيمة pH لمحلول CH_3NH_2 أقل من قيمة pH لمحلول N_2H_4
-2	$[N_2H_5^+]$ أكبر من $[CH_3NH_3^+]$
-3	الحمض المرافق لمحلول N_2H_4 أقوى من الحمض المرافق لمحلول CH_3NH_2
-4	$[OH^-]$ متساوٍ في المحلولين

الإجابة (3): ميثيل أمين قاعدة أقوى من الهيدرازين وبالتالي تركيز أيونات ميثيل أمين أعلى، والرقم الهيدروجيني أعلى وحمضها المرافق أضعف

وزارة 2021 تكميلي: في محاليل قواعد متساوية التركيز يكون تركيز $[H_3O^+]$ لمحلول القاعدة الأقل تأيّنًا في الماء يساوي: [4 علامة]

-1	2×10^{-8}	-2	1×10^{-8}
-3	1×10^{-11}	-4	2×10^{-11}

الإجابة (1): فالقاعدة الأقل تأيّنًا يعني الأضعف وأقل K_b أي تركيز أيونات الهيدروكسيد أقل وبالتالي تركيز أيون الهيدرونيوم هو الأعلى من بين الخيارات

وزارة 2021 تكميلي: يبين الجدول ثلاثة لقواعد افتراضية ضعيفة بتراكيز مختلفة، علمًا أن $\log 5 = 0.7$ فأجب عما يلي:

القاعدة	$[OH^-]$	التركيز M
Z	1×10^{-5}	0.1
Y	2×10^{-3}	0.01
X	2×10^{-5}	1

1- الترتيب الصحيح لمحاليل القواعد الضعيفة وفقًا لقيمة K_b؟ [4 علامة]

-1	$Z < Y < X$	-2	$Z < X < Y$
-3	$X < Y < Z$	-4	$X < Z < Y$

الإجابة (4): احسب ثابت التأين لكل قاعدة ورتبهم حسب القوة

2- قيمة pH لمحلول القاعدة Y تساوي: [4 علامة]

-1	11.3	-2	11.5
-3	3.7	-4	3.5

الإجابة (1)

الفرع الثالث من الأسئلة يأتي في درس الأملاح إن شاء الله تعالى

وزارة 2022: يبين الجدول محاليل لقواعد ضعيفة تركيز كل منها 1 M فأجب عما يلي،

علمًا أن log 2=0.3:

المعلومات	المحلول	K_b
$K_b = 5.6 \times 10^{-4}$	$C_2H_5NH_2$	5.6×10^{-4}
$pH = 11$	N_2H_4	1×10^{-6}
$[CH_3NH_3^+] = 2 \times 10^{-2}$	CH_3NH_2	4×10^{-4}
$K_b = 2 \times 10^{-5}$	NH_3	2×10^{-5}

1- المحلول الذي يكون فيه تركيز $[H_3O^+]$ الأعلى؟ [4 علامة]

-1	$C_2H_5NH_2$	-2	N_2H_4
-3	CH_3NH_2	-4	NH_3

الإجابة (2): احسب ثابت التأين لكل منها ورتبهم حسب القوة، الأضعف فيهم هو الأعلى تركيز هيدرونيوم

2- أحد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في محلول القاعدة الأقوى: [4 علامة]

-1	$C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$	-2	$N_2H_5^+/N_2H_4$
-3	$CH_3NH_3^+/CH_3NH_2$	-4	NH_3^+/NH_3

الإجابة (1): القاعدة الأقوى هي الأعلى ثابت تأين

3- محلول القاعدة NH_3 تركيزه 0.25 M فإن قيمة pH للمحلول تساوي: [4 علامة]

-1	9.7	-2	10.7
-3	11.7	-4	12.7

الإجابة (2): احسبها وتأكد ع نفس الطريقة اللي تعلمناها وكررناها مرارًا

تدريبات خارجية وكيماشيك: حسابات محاليل القواعد الضعيفة

تدريب (1) كيماشيك: اكتب معادلات تأين القواعد الآتية:

$$NH_2OH$$

هيدروكسيل أمين له متصاوغان في التأين أكثرها استقرارًا هو البروتون المتصل بالنيتروجين لأن لديه زوج إلكترونات غير رابط واحد يستطيع منحه بشكل أسهل من الأكسجين لأن السالبية الكهربائية للنيتروجين أقل

$$NH_2OH + H_2O \rightleftharpoons NH_2OH_2^+ + OH^-$$

$$NH_2OH + H_2O \rightleftharpoons NH_3OH^+ + OH^-$$

$$N(CH_3)_3$$

ثلاثي ميثيل أمين، سيرتبط البروتون بالنيتروجين،إما نضع الشحنة فوق البروتون أو على كل المركب

$$N(CH_3)_3 + H_2O \rightleftharpoons NH^+(CH_3)_3 + OH^-$$

تدريب (2): وُجد أن الرقم الهيدروجيني لقاعدة ضعيفة مجهولة يساوي 9، فإذا علمت أن تركيزها يساوي 0.23 M عيِّن تلك القاعدة بالرجوع إلى الجدول المجاور

اسم القاعدة	صيغة القاعدة	ثابت تأيُّن القاعدة K_b
إيثيل أمين	$C_2H_5NH_2$	4.7×10^{-4}
ميثيل أمين	CH_3NH_2	4.4×10^{-4}
أمونيا	NH_3	1.8×10^{-5}
هيدرازين	N_2H_4	1.7×10^{-6}
بيريدين	C_5H_5N	1.4×10^{-9}
أنيلين	$C_6H_5NH_2$	4.3×10^{-10}

نفترض الرمز B على أساس القاعدة الضعيفة

$$pH = 9$$
$$[H_3O^+] = 10^{-9}M$$
$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}M$$
$$K_b = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{0.23} = 4.3 \times 10^{-10}$$

القاعدة هي الأنيلين

ورقة عمل: حسابات محاليل القواعد الضعيفة

تدريب (1): اكتب تعابير ثابت التأين للقواعد الآتية:

$CH_3CH_2NH_2$

NH_2OH

C_5H_5N

$N(CH_3)_3$

N_2H_4

تدريب (2): إذا كانت قيمة $pOH = 4$ لمحلول القاعدة الضعيفة B، جد تركيز H_3O^+ ثم تركيز B علمًا أن ثابت تأين القاعدة يساوي 4×10^{-5}

م. مريم السرطاوي

تدريب (3): احسب ثابت التأين لمحلول الأمونيا NH_3 الذي تركيزه $0.1\ M$، وقيمة pOH=2.87 $\log 7.4 = 0.87$

تدريب (4): محلول من ميثيل أمين CH_3NH_2 قيمة (pH=10.45) احسب التركيز الابتدائي لميثيل أمين في المحلول ($K_b = 6.4 \times 10^{-4}$) $\log 3.5 = 0.55$

تدريب (5): كم كتلة الهيدرازين N_2H_4 يلزم لتحضير محلول حجمه $2\ L$ و pH يساوي 10.8 علمًا أن: ($K_b = 1.3 \times 10^{-6}$) و $Mr = 32\ g/mol$ $\log 1.6 = 0.2$

مراجعة الدرس الثالث: الحموض والقواعد الضعيفة

السؤال الأول: أوضح العلاقة بين ثابت تأين الحمض الضعيف ورقمه الهيدروجيني

كلما زاد ثابت تأين الحمض الضعيف معناه تركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ أكبر فالرقم الهيدروجيني أقل، إذًا العلاقة عكسية

السؤال الثاني: أحسب تركيز H_3O^+ و OH^- في كل من المحاليل الآتية:

أ- محلول HNO_2 تركيزه $0.02\ M$

من الجدول (8) ص42: ثابت تأين حمض النيتروجين (III) يساوي $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$

المعادلة/التراكيز	$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$		
عند البداية	0.02	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.02 - x \approx 0.02$ 2×10^{-2}	x	x

$[OH^-]$	$[H_3O^+]$
$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ $[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-3}}$ $= \frac{10 \times 10^{-15}}{3 \times 10^{-3}}$ $= 3.3 \times 10^{-12}$	$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]}$ $4.5 \times 10^{-4} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-2}}$ $x^2 = 4.5 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-2}$ $x^2 = 9 \times 10^{-6}$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{9} \times \sqrt{10^{-6}} = 3 \times 10^{-3}$ $x = [H_3O^+] = 3 \times 10^{-3} M$

ب- محلول NH_3 تركيزه $0.01\ M$

من الجدول (9) ص47: ثابت تأين الأمونيا يساوي $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

المعادلة/التراكيز	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-{}_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$		
عند البداية	0.01	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.01 - x \approx 0.01$ 1×10^{-2}	x	x

$[H_3O^+]$	$[OH^-]$
$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ $[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4.3 \times 10^{-4}}$ $= \frac{100 \times 10^{-16}}{43 \times 10^{-5}}$ $= 2.3 \times 10^{-11}$	$K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]}$ $1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{1 \times 10^{-2}}$ $x^2 = 1.8 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-2}$ $x^2 = 1.8 \times 10^{-7} = 18 \times 10^{-8}$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{18} \times \sqrt{10^{-8}} = \sqrt{18} \times 10^{-4}$ $\sqrt{18} = \frac{18+16}{2\sqrt{16}} = \frac{34}{8} = 4.25$ $x = [OH^-] = \sqrt{18} \times 10^{-4}$ $= 4.3 \times 10^{-4}\ M$

السؤال الثالث: أفسر: بزيادة ثابت التأين يزداد تركيز OH^- في محلول القاعدة الضعيفة

ازدياد قيمة ثابت تأين القاعدة معناه ازدياد قدرته على التأين أي يقل تركيز جزيئات القاعدة في المتفاعلات ويزداد تركيز الأيونات الناتجة منها، أي يزداد تركيز أيونات OH^- في النواتج

السؤال الرابع: يبين الجدول المجاور قيم ثابت تأين عدد من الحموض الضعيفة. أدرس هذه القيم، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

الحمض	K_a
C_6H_5COOH	6.3×10^{-5}
HNO_2	4.5×10^{-4}
CH_3COOH	1.7×10^{-5}
HCN	4.9×10^{-10}

أ- أكتب صيغة القاعدة المرافقة التي لها أعلى قيمة pH

القاعدة التي لها أعلى pH أي صفاتها القاعدية أقوى

وبالتالي سيكون حمضها هو الأضعف

الحمض الأضعف هو الأقل ثابت تأين: HCN

قاعدته المرافقة هي: CN^-

ب- أحدد أي محلول الحموض له أقل رقم هيدروجيني HNO_2 أم HCN

أقل رقم هيدروجيني يعني أكثر في تركيز أيونات الهيدرونيوم، أي أنه أقوى كحمض من ناحية القدرة على التأين وبالتالي له أعلى ثابت تأين وهو HNO_2

ج- أستنتج الحمض الذي يكون تركيز H_3O^+ فيه أقل ما يمكن

تركيز أيونات الهيدرونيوم هو الأقل معناه الأقل في ثابت التأين وهو HCN

د- أتوقع الحمض الذي يحتوي محلوله على أقل تركيز من أيونات OH^-

أقل تركيز من أيون الهيدروكسيد يعني أعلى تركيز من أيون الهيدرونيوم وبالتالي أعلى في ثابت التأين وهو HNO_2

ه- أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول CH_3COOH حضِّر بإذابة 12 g منه في 400 mL من الماء. علمًا أن الكتلة المولية للحمض = 60 g/mol و $\log 2.9 = 0.46$

قيمة ثابت التأين من الجدول: $K = 1.7 \times 10^{-5}$

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

لحساب الرقم الهيدروجيني نحتاج تركيز أيونات الهيدرونيوم، وتركيز الحمض

نحسب تركيز الحمض من المعطيات في السؤال ونحسب تركيز الأيونات من ثابت التأين

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{12}{60} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{0.4} = \frac{1}{2} = 0.5 = 5 \times 10^{-1} \text{ M}$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$[CH_3COO^-] = [H_3O^+]$$

نرسم جدول تقدم التفاعل

المعادلة/التراكيز	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$		
عند البداية	0.5	0	0
التغير	$-x$	$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.5 - x \approx 0.5$ 5×10^{-1}	x	x

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.7 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{5 \times 10^{-1}}$$

$$x^2 = 1.7 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-1}$$

$$x^2 = 8.5 \times 10^{-6}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{8.5} \times \sqrt{10}^{-6} = \sqrt{8.5} \times 10^{-3}$$

$$\sqrt{8.5} = \frac{\sqrt{85}}{\sqrt{10}}$$

$$\sqrt{85} = \frac{85 + 81}{2\sqrt{81}} = \frac{166}{18} = 9.2$$

$$\sqrt{10} = \frac{10 + 9}{2\sqrt{9}} = \frac{19}{6} = 3.2$$

$$\frac{\sqrt{85}}{\sqrt{10}} = \frac{9.2}{3.2} = \frac{92}{32} = 2.9$$

$$x = [H_3O^+] = \sqrt{8.5} \times 10^{-3}$$

$$= 2.9 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$= -\log(2.9 \times 10^{-3})$$

$$= 3 - \log 2.9$$

$$= 3 - 0.46 = 2.54$$

السؤال الخامس: يبين الجدول قيم K_b لعدد من القواعد الضعيفة، أدرسها، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

القاعدة	K_b
CH_3NH_2	4.4×10^{-4}
NH_3	1.8×10^{-5}
N_2H_4	1.7×10^{-6}
C_5H_5N	1.4×10^{-9}

أ- أكتب صيغة الحمض المرافق التي له أقل قيمة pH

أقل pH معناه أقوى حمض مرافق، وبالتالي أضعف قاعدة، الأضعف كقاعدة يعني أقل ثابت تأين قاعدة وهو C_5H_5N

صيغة حمضه المرافق: $C_5H_5NH^+$

ب- أحدد أي القواعد يحتوي محلولها على أقل تركيز من H_3O^+

أقل تركيز من أيون الهيدرونيوم معناه أعلى تركيز من أيون الهيدروكسيد، فهو أقوى قاعدة وأعلى ثابت تأين وهو: CH_3NH_2

ج- أستنتج أي القواعد أكثر تأينًا في الماء

هو الأعلى في ثابت التأين وهو: CH_3NH_2

د- أكمل المعادلة الآتية، ثم أعين الزوجين المترافقين:

$$NH_{3(aq)} + C_6H_5NH_3{}^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons \cdots + \cdots$$

الأمونيا تسلك سلوك القاعدة تستقبل بروتون، والآخر يسلك سلوك الحمض يمنحه

$$NH_{3(aq)} + C_6H_5NH_3{}^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons NH_4{}^+{}_{(aq)} + C_6H_5NH_{2\ (aq)}$$

الأزواج المترافقة: $NH_3/NH_4{}^+$ و $C_6H_5NH_3{}^+/C_6H_5NH_2$

هـ- أحسب كتلة القاعدة N_2H_4 اللازم إضافتها إلى 400 mL من الماء لتحضير محلول منها رقمه الهيدروجيني يساوي 9.4

علمًا أن الكتلة المولية للقاعدة = 32 g/mol و $\log 3.9 = 0.6$

قيمة ثابت التأين من الجدول: $K_b = 1.7 \times 10^{-6}$

$$N_2N_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-{}_{(aq)} + N_2H_5{}^+{}_{(aq)}$$

لحساب الكتلة يلزمنا عدد المولات ونحسبه من تركيز القاعدة، تركيز القاعدة من قانون ثابت التأين، باستخدام الرقم الهيدروجيني نحسب الرقم الهيدروكسيلي ثم تركيز OH^-

$$pH + pOH = 14$$
$$pOH = 14 - 9.4 = 4.6$$
$$[OH^-] = 10^{-4.6} = 10^{(-4.6+5)-5} = 10^{0.4} \times 10^{-5} =$$

معطيات السؤال لا تكفي للحل باستخدام هذه الطريقة، وبالتالي نستمر باستخدام الرقم الهيدروجيني وحساب تركيز أيونات الهيدرونيوم ثم تركيز أيونات الهيدروكسيد باستخدام ثابت تأين الماء

$$[H_3O^+] = 10^{-9.4} = 10^{(-9.4+10)-10} = 10^{0.6} \times 10^{-10} = 3.9 \times 10^{-10}\ M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.9 \times 10^{-10}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{39 \times 10^{-11}} = 2.6 \times 10^{-5} M$$

$$K_b = \frac{[OH^-][N_2H_5^+]}{[N_2H_4]} \Rightarrow [N_2H_4] = \frac{[OH^-][N_2H_5^+]}{K_b}$$

$$[N_2H_4] = \frac{2.6 \times 10^{-5} \times 2.6 \times 10^{-5}}{1.7 \times 10^{-6}} = \frac{6.8 \times 10^{-10}}{1.7 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{-4} M$$

نحسب المولات عن طريق قانون التركيز المولاري

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow$$

$$n = M \times V = 4 \times 10^{-4} \times 0.4 = 1.6 \times 10^{-4}\ mol$$

نحسب الكتلة عن طريق قانون الكتلة المولية

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow$$

$$m = Mr \times n = 32 \times 1.6 \times 10^{-4} = 51.2 \times 10^{-4} \Rightarrow 0.005\ g$$

م. مريم السرطاوي

الدرس الرابع: الأملاح والمحاليل المنظمة

تعريفات الدرس الرابع:

- الأملاح: مركبات أيونية تنتج من تفاعل محلول حمض مع محلول قاعدة
- التميّه: تفاعل أيونات الملح مع الماء، وإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^-
- الذوبان: ذوبان الملح في الماء وتفككه إلى أيونات سالبة وموجبة وتنتشر بين جزيئات الماء دون أن يتفاعل معها
- الأيون المشترك: أيون يدخل في تركيب مادتين مختلفتين (حمض ضعيف وملحه، أو قاعدة ضعيفة وملحها)
- المحاليل المنظمة: محاليل تقاوم التغير في الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي أو قاعدة قوية إليها

خصائص محاليل الأملاح: أهميتها وأنواعها

ما المقصود بالأملاح؟

مركبات أيونية تنتج من تفاعل محلول حمض مع محلول قاعدة

كيف يحصل جسم الإنسان على الأملاح؟

عن طريق الغذاء والماء

للأملاح دور مهم في حياة الإنسان، وضح ذلك

1- لها دور مهم في تنظيم الكثير من العمليات الحيوية التي تحدث في الجسم:

أ- أملاح الكالسيوم تدخل في تركيب العظام والأسنان

ب-أملاح الصوديوم تساعد على حفظ التوازن المائي داخل الخلية وخارجها

ت-أملاح البوتاسيوم تساعد على ضبط وظائف العضلات وتوسيع الأوعية الدموية لتسهيل انتقال الدم

2- لها دور مهم في الصناعة:

أ- الأدوية

ب-مستحضرات التجميل

أمثلة على الأملاح المستخدمة في الصناعة:

$NaMnO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $NiCl_2$, $CoSO_4$, $Ca(NO_3)_2$, KNO_3 , NH_4NO_3

⭐ تتفاوت الأملاح في قدرتها على التفكك في الماء، وسنفترض في دراستنا أنها تتفكك كليًّا في الماء إلى أيونات سالبة وموجبة (نرسم سهم واحد في معادلة تفكك الملح)

$$AB \xrightarrow{H_2O} A^+ + B^-$$

⭐ قد تتفاعل الأيونات مع الماء وقد لا تتفاعل، فإذا تفاعلت سنسمي تلك العملية بالتميّه وإذا لم تتفاعل فسنعتبر العملية مجرد ذوبان

💡 ما المقصود بالتميه؟

تفاعل أيونات الملح مع الماء، وإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^-

أتحقق ص54: (1) أوضح الفرق بين الذوبان والتميه

ذوبان الملح هو تفككه في الماء إلى أيونات سالبة وموجبة وانتشاره بين جزيئات الماء دون أن يتفاعل معها، فيبقى المحلول متعادلاً و الـ pH = 7، مثال: كلوريد الصوديوم NaCl

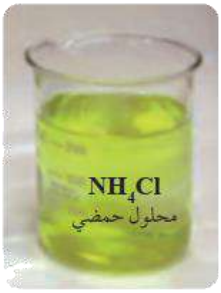
بينما التميّه معناه تفكك الملح إلى أيوناته ثم تتفاعل تلك الأيونات مع الماء بإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^-

فإذا أنتجت H_3O^+ فالمحلول حمضي و الـ pH أقل من 7، مثال: كلوريد الأمونيوم NH_4Cl

وإذا أنتجت OH^- فالمحلول قاعدي و الـ pH أكبر من 7، مثال: فلوريد البوتاسيوم KF

💡 حدِّد لون كاشف برومو ثيمول الأزرق في محاليل الأملاح الثلاثة، وفسِّر ذلك

إذا علمتَ أن تدرج ألوانه حسب الرقم الهيدروجيني من أصفر- أخضر- أزرق كما في الشكل



لون الكاشف في محلول NaCl أخضر اللون لأنه محلول متعادل، تكون من تفاعل حمض قوي وقاعدة قوية

لون الكاشف في محلول NH_4Cl أصفر اللون لأنه محلول حمضي،تكون من تفاعل حمض قوي وقاعدة ضعيفة

لون الكاشف في محلول KF أزرق اللون لأنه محلول قاعدي، تكون من تفاعل حمض ضعيف وقاعدة قوية

⭐ تختلف طبيعة الملح وسلوكه في الماء تبعًا لمصدر أيوناته من الحمض والقاعدة وقدرتها على التفاعل مع الماء إلى ثلاثة أنواع:

1- أملاح متعادلة 2- أملاح حمضية 3- أملاح قاعدية

وقد درسنا سابقًا أن مفهوم أرهينيوس فشل في تفسير السلوك الحمضي أو القاعدي للأملاح، فجاء مفهوم برونستد-لوري وفسر سلوك كثير من الخصائص الحمضية والقاعدية للأملاح تبعًا لقدرة أيوناتها على منح البروتون أو استقباله في التفاعل

تعزيز: قبل نبدا.. خلنا نشوف أصل الأملاح:

الملح عبارة عن طرف موجب وطرف سالب، الطرف الموجب هو أيون القاعدة الموجب، والطرف السالب أيون الحمض السالب، لمعرفة صيغ الحمض والقاعدة: نضيف الماء للملح، يتكون الماء من أيون الهيدروجين الموجب وأيون الهيدروكسيد السالب، نعمل عملية استبدال مكان الأيونات لنتعرف على الحمض والقاعدة المكونان للملح

مثال: كلوريد الصوديوم + الماء

$Na^+ Cl^- + H^+ OH^- \rightarrow NaOH \quad , \quad HCl$

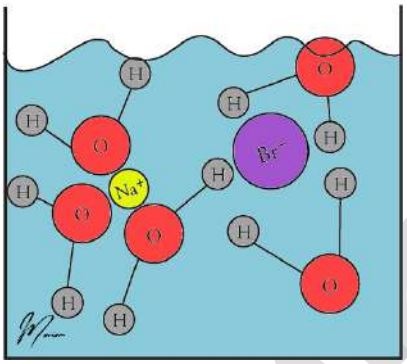
قارن بين الأملاح المتعادلة والحمضية والقاعدية

نوع المحلول الملحي	تعريفه أو كيف ينتج؟	هل يتفاعل مع الماء، هل يتميه؟	pH	مثال
متعادل	ينتج الملح المتعادل عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية	الحمض القوي تكون قاعدته المرافقة ضعيفة فلا تستقبل بروتون من الماء أي لا تتفاعل القاعدة القوية يكون أيونها الموجب ضعيفًا فلا يتفاعل مع الماء ويبقى تركيز أيونات H_3O^+ و OH^- على حالها	7	$NaCl$ يتكون من تفاعل $NaOH + HCl$ $NaBr$ يتكون من تفاعل $NaOH + HBr$ KCl يتكون من تفاعل $KOH + HCl$
حمضي	ينتج الملح الحمضي من تفاعل حمض قوي مع قاعدة ضعيفة	الحمض القوي تكون قاعدته المرافقة ضعيفة فلا تستقبل بروتون من الماء أي لا تتفاعل القاعدة الضعيفة يكون حمضها المرافق قويًا فيمنح بروتونه إلى الماء يعني يتفاعل منتجًا أيون H_3O^+ وبذلك يزداد تركيز أيونات H_3O^+ ويقل الرقم الهيدروجيني فيكون المحلول حمضيًا	أقل من 7	NH_4Cl يتكون من تفاعل $NH_3 + HCl$ $Al(NO_3)_3$ يتكون من تفاعل $Al(OH)_3 + HNO_3$ NH_4NO_3 يتكون من تفاعل $NH_3 + HNO_3$

قاعدي	ينتج الملح القاعدي من تفاعل قاعدة قوية مع حمض ضعيف	القاعدة القوية يكون أيونها الموجب ضعيفًا فلا يتفاعل مع الماء الحمض الضعيف تكون قاعدته المرافقة قوية تستقبل البروتون من الماء أي يتفاعل منتجة أيون OH^- وبذلك يزداد تركيز أيونات OH^- ويرتفع الرقم الهيدروجيني فيكون المحلول قاعديًّا	أكبر من 7	CH_3COONa يتكون من تفاعل $NaOH + CH_3COOH$ NaF يتكون من تفاعل $NaOH + HF$ KNO_2 يتكون من تفاعل $KOH + HNO_2$

الجدول (10): سلوك الملح تبعا لمصدر أيوناته.

مصدر أيونات الملح منَ الحِمض والقاعدة		تأثير محلول الملح
حِمض قوي	قاعدة قويّة	متعادل
حِمض قوي	قاعدة ضعيفة	حِمضي
حِمض ضعيف	قاعدة قويّة	قاعدي



فسِّر سلوك محلول ملح NaBr المتعادل [مثال ص53]

ينتج هذا الملح من تفاعل قاعدة قوية هيدروكسيد الصوديوم NaOH وحمض قوي حمض الهيدروبروميك HBr من خلال المعادلة الآتية [معادلة تكوين الملح]:

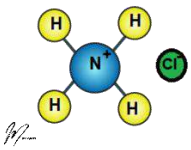
$$HBr_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وهذا الملح الأيوني منتشر بين جزيئات الماء على شكل أيونات سالبة Br^- وموجبة Na^+ [معادلة تفكك أو تأين الملح]:

$$NaBr_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

حمض HBr قوي عندما يتأين في الماء تكون قاعدته المرافقة Br^- ضعيفة فلا تستقبل البروتون في المحلول وبالتالي لا يتفاعل مع الماء ولا يؤثر في تركيز أيونات H_3O^+ و OH^- والقاعدة القوية NaOH عندما تتفكك في الماء يكون أيونها الموجب Na^+ ضعيفًا ولا يستطيع التفاعل مع الماء وبالتالي لا يؤثر في تركيز أيونات H_3O^+ و OH^- فيبقى تركيز أيونات H_3O^+ و OH^- يبقى ثابتًا في المحلول ونعتبر المحلول متعادلاً pH=7

ونقول لا يوجد معادلة تميه لهذا الملح، لأن أيوناته لا تتفاعل



فسِّر سلوك محلول ملح NH_4Cl الحمضي [مثال ص53]

ينتج هذا الملح من تفاعل قاعدة ضعيفة الأمونيا NH_3 وحمض قوي حمض الهيدروكلوريك HCl من خلال المعادلة الآتية [معادلة تكوين الملح]:

$$HCl_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4Cl_{(aq)}$$

هذا الملح الأيوني منتشر بين جزيئات الماء على شكل أيونات سالبة Cl^- وموجبة NH_4^+ من خلال المعادلة الآتية [معادلة تفكك أو تأين الملح]:

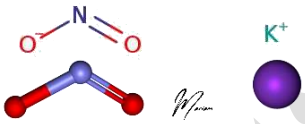
$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

حمض HCl قوي عندما يتأين في الماء تكون قاعدته المرافقة Cl^- ضعيفة فلا تستقبل البروتون في المحلول وبالتالي لا تتفاعل مع الماء ولا تؤثر في تركيز أيونات H_3O^+ و OH^-

أما القاعدة الضعيفة NH_3 عندما تتأين في الماء يكون حمضها المرافق NH_4^+ قويًّا وبالتالي يمنح NH_4^+ بروتونه في المحلول أي يتفاعل مع جزيئات الماء ويؤثر في تركيز أيونات H_3O^+ من خلال المعادلة الآتية [معادلة تميه الملح]:

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

فيزداد تركيز أيونات H_3O^+ ونعتبر المحلول حمضيًّا، $pH < 7$ ونقول عنه يتميه



فسِّر سلوك محلول ملح KNO_2 القاعدي [مثال ص54]

ينتج هذا الملح من تفاعل قاعدة قوية هيدروكسيد البوتاسيوم KOH وحمض ضعيف وهو حمض النيتروجين (III) HNO_2 من خلال المعادلة الآتية [معادلة تكوين الملح]:

$$HNO_{2(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وهذا الملح الأيوني منتشر بين جزيئات الماء على شكل أيونات سالبة NO_2^- وموجبة K^+ من خلال المعادلة الآتية [معادلة تفكك أو تأين الملح]:

$$KNO_{2(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} K^+{}_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$$

القاعدة القوية KOH عندما تتأين في الماء يكون أيونها الموجب K^+ ضعيفًا لا يتفاعل مع الماء ولا يؤثر، بينما حمض HNO_2 ضعيف عندما يتأين في الماء تكون قاعدته المرافقة أيون النيتريت NO_2^- قاعدة قوية تستقبل البروتون في المحلول من خلال المعادلة الآتية [معادلة تميه الملح]:

$$NO_2^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HNO_{2(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

الملح يتفاعل مع الماء ويؤثر في تركيز أيونات OH^- والمحلول قاعدي، $pH > 7$ أي أنه يتميه

تعزيز:

أيون الأمونيوم NH_4^+ في مركبات الأملاح هو الحمض المرافق للقاعدة NH_3

ومثله الأمينات إذا كونت الأملاح الحمضية، فملح CH_3NH_3Cl طرفه الموجب هو $CH_3NH_3^+$ وهو الحمض المرافق للقاعدة CH_3NH_2

ولنعيد تلك الأيونات لأصلها القاعدي فإننا نحذف البروتون

أفكر ص54: ما الحمض والقاعدة اللذان ينتج عن تفاعلهما ملح كربونات الليثيوم الهيدروجينية $LiHCO_3$؟

هذا الملح يتفكك إلى أيوناته بالشكل التالي:

$$LiHCO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Li^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$

نضيف لكل منهما أيونات الماء [عكس الشحنة] لنحدد الحمض والقاعدة المكونة للملح

$$Li^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \quad + H^+_{(aq)} \quad + OH^-_{(aq)}$$

القاعدة: هيدروكسيد الليثيوم $LiOH$ الحمض: حمض الكربونيك H_2CO_3

أتحقق ص54: (2) أحدد الخصائص الحمضية والقاعدية والمتعادلة لمحاليل الأملاح الآتية:

KNO_3 , $NaOCl$, CH_3NH_3Cl , $N_2H_5NO_3$

اسم الملح	KNO_3	$NaOCl$	CH_3NH_3Cl	$N_2H_5NO_3$
حمضه وقاعدته المكونان له	HNO_3 KOH	$HOCl$ $NaOH$	HCl CH_3NH_2	HNO_3 N_2H_4
سلوكه	متعادل	قاعدي	حمضي	حمضي

أتحقق ص54: (3) أفسر التأثير القاعدي لمحلول الملح $NaOCl$

يتفكك الملح في الماء على النحو التالي:

$$NaOCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + OCl^-_{(aq)}$$

الحمض والقاعدة المكونان له هما: القاعدة القوية $NaOH$ التي أيونها الموجب Na^+ ضعيف لن يتفاعل مع الماء، والمكوّن الثاني هو حمض $HOCl$ وهو ضعيف، قاعدته المرافقة قوية وهي أيون OCl^- ستتفاعل مع الماء وتستقبل البروتون فينتج أيون الهيدروكسيد ليرتفع بذلك التركيز القاعدي في المحلول.

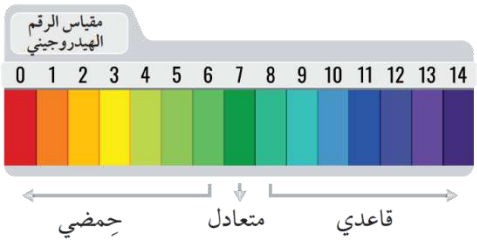
تعزيزات:

- الأيون الموجب في الملح إذا كان من المجموعة الأولى أو المجموعة الثانية فإنه لا يتفاعل مع الماء $Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba$
- الأيون السالب في الملح إذا كان من المجموعة السابعة ما عدا الفلور، فإنه لا يتفاعل مع الماء Cl, Br, I
- المجموعات الأيونية التالية إذا كانت في الملح فهي لا تتفاعل مع الماء NO_3 ، SO_4 ، ClO_4 ، ClO_3
- نقارن بين قوة الأملاح بدون بيانات من تركيز أو رقم هيدروجيني، حسب نوعه والمكوّن الأقوى له، فالملح القاعدي الأقوى هو الذي له رقم هيدروجيني أعلى، والقاعدة التي كونته تكون الأقوى، مثلا قواعد المجموعة الأولى أقوى من الثانية، وكلما نزلنا بالمجموعة إلى أسفل ازدادت القاعدية، ملح KF أقوى كقاعدية من ملح NaF
- أما الأملاح الحمضية، فالأقوى بين الحموض هو $HClO_4$ ، وعند المقارنة بين الحموض القوية من المجموعة السابعة، فكلما نزلنا لأسفل ازدادت قوة الحمض، HBr أقوى من HCl وبالتالي NH_4Br أقوى كحمضية من NH_4Cl
- نفرق بين الحموضة ودرجة الحموضة، فالحموضة معناها تركيز أيونات الهيدرونيوم، ودرجة الحموضة معناها الرقم الهيدروجيني
- إذا قارنا بين قوة الأملاح الحمضية أو القاعدية متساوية التركيز فإننا ننظر إلى قيمة رقمها الهيدروجيني فالملح الحمضي الأقل هو الأقوى حمضية، والملح القاعدي الأكبر هو الأقوى قاعدية
- تذكر: معادلات التميه بسهمين
- تذكر: معادلات تفكك الملح بشكل كلي (سهم واحد)
- إذا رتبنا القواعد أو الحموض متساوية التركيز حسب زيادة الرقم الهيدروجيني فأملاحها تكون على نفس الترتيب
- عند المقارنة بين تميه الأملاح، الملح الأعلى قدرة على التميه ⇦ يكون حمضه الضعيف أو قاعدته الضعيفة هو/هي الأضعف
- ترتيب المحاليل المختلفة من ناحية الرقم الهيدروجيني

التجربة 3: تميه الأملاح

1- أملاح: كلوريد الصوديوم $NaCl$، كلوريد الأمونيوم NH_4Cl، كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ ، إيثانوات الصوديوم CH_3COONa

2- محلول الكاشف العام



الخطوات:

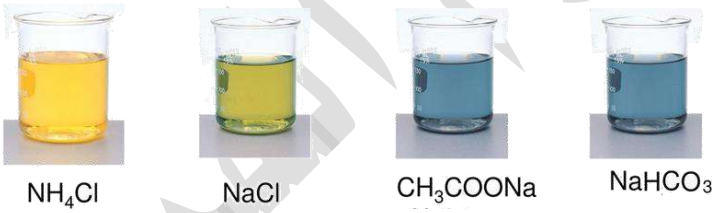
1- يوزن 3 g من كل ملح ويوضع في 20 mL من الماء المقطر ويحرّك

2- باستخدام القطارة يُضاف محلول الكاشف العام ويسجل لون المحلول

التحليل والاستنتاج:

1- أصف ألوان المحاليل في التجربة بعد إضافة الكاشف لكل منها

$NaCl$	NH_4Cl	$NaHCO_3$	CH_3COONa
أخضر	أصفر	أزرق	أزرق



2- أفسر تشابه لون محلول كلوريد الصوديوم بعد إضافة الكاشف إليه ولون محلول الكاشف في الماء المقطر

لأن كليهما متعادل والرقم الهيدروجيني = 7

3- أصنف محاليل الأملاح في التجربة إلى حمضية أو قاعدية أو متعادلة

$NaCl$	NH_4Cl	$NaHCO_3$	CH_3COONa
متعادل	حمضي	قاعدي	قاعدي

4- أتوقع قيمة pH لكل محلول بالتجربة بالاعتماد على الألوان المعيارية للكاشف العام في المحاليل المختلفة [الإجابات حسب الوزارة]

$NaCl$	NH_4Cl	$NaHCO_3$	CH_3COONa
7	3-4	9-10	9-10

5- أكتب معادلة كيميائية أفسر بواسطتها السلوك الحمضي أو القاعدي لكل محلول

ارجع إلى الدوسية ص179 وطبق نفس المعادلات مع تغيير الملح وأيوناته

أسئلة وزارية: التميه وخصائص الأملاح

وزارة 1998: أي من المحاليل الآتية له أقل رقم هيدروجيني pH: [2 علامة]

-1	$NaNO_3$	-2	KCN
-3	Na_2CO_3	-4	NH_4Cl

الإجابة (4): لأنه ملح حمضي بخلاف الباقي أملاح قاعدية

وزارة 1999: فسر: تزداد قيمة pH عند إذابة الملح NaF في الماء [2 علامة]

الإجابة: لأنه ملح قاعدي يتكون من الحمض الضعيف HF والقاعدة القوية NaOH

عند إذابته في الماء يتفكك كليًّا

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

يتأين إلى أيون الصوديوم الذي لن يتفاعل مع الماء (لن يتميه) فهو أيون ضعيف لا يتفاعل وغير مؤثر

بينما أيون الفلوريد قاعدة مرافقة قوية نسبيا ستتفاعل مع الماء (يتميه) ويستقبل البروتون

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

فيزيد تركيز أيونات الهيدروكسيد في المحلول ويقل تركيز أيونات الهيدرونيوم وبالتالي تزداد قيمة pH في المحلول

وزارة 1999: ادرس الجدول المجاور والذي يبين قيم K_a لبعض الحموض:

الحمض	K_a
HB	5×10^{-10}
HX	2×10^{-5}
HZ	4×10^{-7}

رتب محاليل الأملاح NaX/NaZ/NaB المتساوية في التركيز تصاعديًّا حسب زيادة الرقم الهيدروجيني [2 علامة]

نرتب الأملاح حسب ترتيب حموضها، فالحمض الأعلى تأينًا K_a سيكون أعلى في تركيز أيوناته وأقل في الرقم الهيدروجيني

الترتيب حسب زيادة الرقم الهيدروجيني

$$HX < HZ < HB$$
$$NaX < NaZ < NaB$$

وزارة 2001 تكميلي: أحد المحاليل الآتية المتساوية في التركيز له أقل pH: [2 علامة]

-1	KCl	-2	NaCN
-3	$NaNO_3$	-4	NH_4NO_3

الإجابة (4): لأنه ملح حمضي بينما 1 و3 ملح متعادل، و2 ملح قاعدي

وزارة 2001 شتوية: في الجدول المجاور محاليل الأملاح متساوية في التركيز (0.1 M):

محلول الملح	pH
KX	10
KY	7
KZ	9

1- رتب الحموض تصاعديًّا حسب قوتها HX/HY/HZ [3 علامة]

أقوى حمض هو HY لأنه بالأصل حمض قوي

نقارن بين الحموض الضعيفة HZ و HX الذي ملحه أقل في الرقم الهيدروجيني هو الأقوى حيث فيه أعلى تركيز لأيونات الهيدرونيوم وهو HZ، إذا ترتيب الحموض تصاعديًّا من الأضعف إلى الأقوى $HX < HZ < HY$

المكونان له	نوع الملح	محلول الملح	pH
حمض ضعيف وقاعدة قوية	قاعدي	KX	10
حمض قوي وقاعدة قوية	متعادل	KY	7
حمض ضعيف وقاعدة قوية	قاعدي	KZ	9

2- بيِّن ماذا يحدث لقيمة pH لمحلول الملح KY إذا خفف تركيزه إلى 0.01 M [3 علامة]

هو ملح متعادل فلن يتغير شيء على الرقم الهيدروجيني مهما خففنا بالماء فالماء متعادل أيضًا

وزارة 2002 صيفية: اكتب معادلة تبين التأثير القاعدي لمحلول الملح Na_2CO_3 [2 علامة]

$$Na_2CO_3 \xrightarrow{H_2O} 2Na^+ + {CO_3}^{2-}$$
$${CO_3}^{2-} + H_2O \rightleftharpoons {HCO_3}^- + OH^-$$

وزارة 2002 صيفية: المحلول الذي له أقل pH بين المحاليل متساوية التركيز [2 علامة]

-1	KNO_2	-2	NH_4NO_3
-3	NaCl	-4	KCN

الإجابة (2): لأنه ملح حمضي، بينما 1 و 4 قاعدي و 3 متعادل

وزارة 2003 شتوية: أحد المحاليل الآتية المتساوية في التركيز له أعلى pH [2 علامة]

-1	KCl	-2	NH_4NO_3
-3	NaF	-4	NH_4Cl

الإجابة (3): لأنه ملح قاعدي، بينما 1 متعادل و2 و4 حمضي

وزارة 2003 صيفية: إذا كانت محاليل الأملاح $NH_4NO_3/NaHCO_3/NaNO_3$ متساوية في التركيز فإن ترتيبها حسب قيم pH لمحاليلها هو: [2 علامة]

-1	$NH_4NO_3 < NaNO_3 < NaHCO_3$
-2	$NH_4NO_3 < NaHCO_3 < NaNO_3$
-3	$NaNO_3 < NaHCO_3 < NH_4NO_3$
-4	$NaHCO_3 < NaNO_3 < NH_4NO_3$

الإجابة (1): لأن الأول حمضي فهو الأقل، ثم المتعادل ثم القاعدي

وزارة 2004 صيفية: ما طبيعة تأثير محلول كل من الملحين [2 علامة]

-1	NH_4I	-2	$NaNO_3$
	حمضي		متعادل

وزارة 2004 شتوية: أحد المحاليل الآتية (تركيز كل منها 1 M) له أقل pH: [2 علامة]

-1	Na_2CO_3	-2	NaBr
-3	NaHS	-4	$NaHCO_3$

الإجابة (2): لأنه ملح متعادل، بينما الباقي أملاح قاعدية

وزارة 2005 شتوية: أحد محاليل الأملاح الآتية المتساوية في التركيز له أقل pH [2 علامة]

-1	NaCN	-2	NH_4Cl
-3	CH_3COONa	-4	NaCl

الإجابة (2): لأنه ملح حمضي، بينما 1 و 3 قاعدي و 4 متعادل

وزارة 2005 صيفية: أحد محاليل الأملاح الآتية متساوية التركيز له أعلى pH [2 علامة]

-1	NaCl	-2	KCl
-3	KNO_3	-4	CH_3COONa

الإجابة (4): لأنه ملح قاعدي، بينما 1 و 2 و3 متعادل

وزارة 2006 صيفية: أي من المحاليل الآتية يعتبر حمضي التأثير [2 علامة]

-1	NH_4Cl	-2	NaCl
-3	CH_3COONa	-4	KCl

الإجابة (1): لأنه ملح حمضي، بينما 2 و 4 متعادل و 3 قاعدي

وزارة 2007 شتوية: الملح الذي إذا أذيب في الماء فإن قيمة pH لمحلوله تكون أقل من 7

-1	$NaNO_3$	-2	KCN
-3	Na_2CO_3	-4	NH_4Cl

الإجابة (4): لأنه ملح حمضي، بينما 1 متعادل و 2و3 قاعدي [2 علامة]

وزارة 2007 صيفية: المحلول الذي له أعلى قيمة pH من بين المحاليل متساوية التركيز:

-1	HNO_3	-2	H_2SO_4
-3	HCOOH	-4	NaCl

الإجابة (4): لأنه ملح متعادل، بينما الباقي حموض قوية وضعيفة أقل منه في الرقم الهيدروجيني [2]

وزارة 2008 شتوية: أحد الأملاح الآتية حمضي التأثير: [2 علامة]

-1	$HCOONa$	-2	KBr
-3	CH_3NH_3Cl	-4	$NaNO_3$

الإجابة (3): لأنه ملح حمضي، بينما 1 قاعدي و 2 و4 متعادل

وزارة 2008 صيفية/2010 /صيفية 2017/2014/2011 شتوية: ما طبيعة تأثير الملح $RCOOK$ في الماء؟ (حمضي، قاعدي، متعادل) [2 علامة]

الإجابة: قاعدي

وتكرر في أسئلة الوزارة مع تغيير نوع الملح إلى $RCOONa$

وزارة 2010 صيفية: المحلول الذي له أقل pH من بين المحاليل متساوية التركيز [2 علامة]

-1	$BaCl_2$	-2	KCN
-3	Na_2CO_3	-4	NH_4Cl

الإجابة (4): لأنه ملح حمضي، بينما 1 متعادل، و2و3 قاعدي

وزارة 2012 شتوية: أي محاليل الأملاح الآتية قاعدي التأثير [2 علامة]

-1	$HCOONa$	-2	$NaCl$
-3	NH_4Cl	-4	$NaNO_3$

الإجابة (1): لأنه ملح قاعدي، بينما 2 و4 متعادل، و3 حمضي

وزارة 2013 شتوية: فسر بالمعادلات فقط الأثر القاعدي لمحلول الملح $NaNO_2$ [2 علامة]

$$NaNO_2 \xrightarrow{H_2O} Na^+ + NO_2^-$$
$$NO_2^- + H_2O \rightleftharpoons HNO_2 + OH^-$$

وزارة 2015 / 2018 صيفية: ما المقصود بالتميه "أو تميه الأملاح"؟ [2 علامة]

الإجابة: تفاعل أيونات الملح مع الماء، وإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^-

وزارة 2015 صيفية: ما طبيعة تأثير محلول الملح $KHCO_3$؟ (حمضي، قاعدي، متعادل)

الإجابة: قاعدي [2 علامة]

وزارة 2018 صيفية: ما طبيعة تأثير محلول الملح N_2H_5Cl؟ (حمضي، قاعدي، متعادل)

الإجابة: حمضي [2 علامة]

وزارة 2018 صيفية/2014 صيفية: ما طبيعة محلول CH_3COONa؟ [2 علامة]

الإجابة: قاعدي

وزارة 2018 صيفية: ما نوع الملح الناتج من تفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية؟ [2 علامة]

الإجابة: ملح متعادل

وزارة 2018 شتوية: فسر: التأثير القاعدي لمحلول الملح NaCN [4 علامة]

الإجابة: لأنه ملح قاعدي يتكون من الحمض الضعيف HCN والقاعدة القوية NaOH

عند إذابته في الماء يتفكك كليًّا

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

يتأين إلى أيون الصوديوم الذي لن يتفاعل مع الماء (لن يتميه) فهو حمض ضعيف جدًّا بينما أيون السيانيد قاعدة قوية سيتفاعل مع الماء (يتميه) ويستقبل البروتون من الماء

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

فيزيد تركيز أيونات الهيدروكسيد في المحلول ويقل تركيز أيونات الهيدرونيوم وبالتالي تزداد قيمة pH في المحلول

وزارة 2018 شتوية: ما المفهوم العلمي لـ: قدرة أيونات الملح على التفاعل مع الماء وإنتاج أيونات H_3O^+ أو OH^-؟ [2 علامة]

الإجابة: التميه

وزارة 2019 صيفية: يبين الجدول عددًا من محاليل القواعد الضعيفة بتراكيز متساوية 1 M عند درجة حرارة 25°C:

أي من المحلولين الملحين N_2H_5Cl أم NH_4Cl أقل قدرة على التميه؟ [3 علامة]

نحسب K_b لمحلول الأمونيا

المحلول	K_b
NH_3	1.6×10^{-5}
N_2H_4	1.3×10^{-6}

المحلول	المعلومات
NH_3	$[NH_4^+] = 0.4 \times 10^{-2}$
N_2H_4	$K_b = 1.3 \times 10^{-6}$

نقارن بين القواعد الضعيفة من ناحية القوة $NH_3 > N_2H_4$

الملح الحمضي الأقل قدرة على التميه تكون قاعدته أقوى إذا الجواب: NH_4Cl

وزارة 2019 صيفية: الملح الذي يعد ذوبانه في الماء تميّهًا هو؟ [3 علامة]

1-	KClO	2-	KCl
3-	NaCl	4-	NaI

الإجابة (1): لأنه ملح قاعدي، بينما الباقي أملاح متعادلة لا تتميه

وزارة 2019 تكميلي: ما طبيعة محلول ملح NH_4Cl؟ (حمضي، قاعدي، متعادل) [2 علامة]

الإجابة: حمضي

وزارة 2019 تكميلي: الملح الذي يعد ذوبانه في الماء تميّهًا هو؟ [2 علامة]

-1	NH_4Cl	-2	$LiCl$
-3	KCl	-4	$NaCl$

الإجابة (1): لأنه ملح حمضي، بينما الباقي أملاح متعادلة لا تتميه

وزارة 2019 تكميلي:المحلول الذي له أقل $[H_3O^+]$ من المحاليل متساوية التركيز: [2 علامة]

-1	KBr	-2	KNO_2
-3	HBr	-4	HNO_2

الإجابة (2): لأنه ملح قاعدي، بينما 1 ملح متعادل، و3 حمض قوي و 4 حمض ضعيف

دائمًا ارسم مخطط الرقم الهيدروجيني وترتيب المحاليل من الأملاح والقواعد والحموض على المخطط

وزارة 2019 شتوية: ما طبيعة تأثير محلول الملح $NaNO_2$؟ (حمضي، قاعدي، متعادل)

الإجابة: قاعدي [2 علامة]

وزارة 2019 شتوية: ما المفهوم العلمي لـ: عملية تتضمن تفكك الملح إلى أيونات ليس لها القدرة على التفاعل مع الماء؟ [2 علامة]

الإجابة: الذوبان

وزارة 2019 تكميلي: ما طبيعة محلول ملح $NaCN$؟ (حمضي، قاعدي، متعادل)

الإجابة: قاعدي [2 علامة]

وزارة 2019 تكميلي: ما طبيعة تأثير الملح CH_3NH_3Cl؟ (حمضي، قاعدي، متعادل)

الإجابة: حمضي [2 علامة]

وزارة 2020 نظامي: محلولان لحمضين افتراضيين:

الحمض	K_a
HX	2×10^{-4}
HY	1×10^{-4}

فإن العبارة الصحيحة التي تتعلق بخصائص أملاحهما NaX و NaY لهما التركيز نفسه [5 علامة]

-1	محلول ملح NaX تركيز OH^- فيه الأعلى
-2	محلول ملح NaY تركيز OH^- فيه الأعلى
-3	محلول ملح NaX قيمة pH فيه الأعلى
-4	محلول ملح NaY قيمة pH فيه الأقل

الإجابة (2): **لأن الحمض HX أقوى من HY** وبالتالي ملحه أقل قدرة على التميه، يعني الملح الذي يتميه أكثر هو NaY **وكونه ملح قاعدي فمعناه أيونات الهيدروكسيد ستكون أكثر [التفسير العلمي]**

وممكن نفهمها بطريقة مختصرة: الحمض الأقوى له رقم هيدروجيني أقل وتركيز أيونات هيدروكسيد أقل، وملحه نفس الشيء

وزارة 2020 خاصة: نواتج تفكك الملح KHS في الماء هي: [5 علامة]

-1	$KH^+ + S^-$	-2	$KOH + HS^-$
-3	$K^+ + HS^-$	-4	$KOH + S^{2-}$

الإجابة (3): لأن فيه البوتاسيوم قاعدة قوية فيتأين منه البوتاسيوم الموجب، والطرف السالب

وزارة 2020 خاصة: الملح الذي يعد ذوبانه في الماء تميّهًا هو: [5 علامة]

-1	KI	-2	KBr
-3	KF	-4	KCl

الإجابة (3): لأنه ملح قاعدي، بينما الباقي أملاح متعادلة لا تتميه

وزارة 2020 خاصة: أحد المحاليل الآتية متساوية التركيز يكون فيها تركيز $[H_3O^+]$ الأقل هو: [5 علامة]

-1	NH_4NO_3	-2	KOH
-3	KNO_3	-4	$HClO_4$

الإجابة (2): لأنه قاعدة قوية، بينما 1 ملح حمضي، و3 ملح متعادل و 4 حمض قوي

وزارة 2020 تكميلي نظامي: محلول الملح الذي له أقل قيمة pH من بين المحاليل الآتية المتساوية في التركيز هو الناتج عن تعادل: [4 علامة]

-1	NH_3/HCl	-2	HCN/NaOH
-3	HF/KOH	-4	HNO_3/KOH

الإجابة (1): لأنه ملح حمضي، بينما 2 و3 ملح قاعدي و 4 ملح متعادل

وزارة 2020 تكميلي نظامي: الترتيب الصحيح للمحاليل المائية الآتية KCN/KCl/KOH/ NH_4Cl متساوية في التركيز وفق قيم pH: [4 علامة]

-1	$KOH > KCN > KCl > NH_4Cl$
-2	$KOH > KCN > NH_4Cl > KCl$
-3	$NH_4Cl > KCl > KCN > KOH$
-4	$KCN > NH_4Cl > KCl > KOH$

الإجابة (1): لأن الترتيب الصحيح لازدياد الرقم الهيدروجيني هو: حمض قوي-حمض ضعيف-ملح حمضي-ملح متعادل-ملح قاعدي- قاعدة ضعيفة- قاعدة قوية

وزارة 2020 تكميلي نظامي: يبين الجدول عددًا من محاليل أملاح الصوديوم متساوية التركيز وقيمة K_a للحموض المكونة لها عند التركيز نفسه:

محلول الملح	K_a للحمض
CH_3COONa	2×10^{-5}
$HCOONa$	2×10^{-4}
$NaNO_2$	4×10^{-4}
$NaCN$	6×10^{-10}

1- الملح الأكثر تميهًا هو: [4 علامة]

-1	CH_3COONa	-2	$HCOONa$
-3	$NaNO_2$	-4	$NaCN$

الإجابة (4): الحمض الأضعف يعني أقل ثابت تأين، هو الذي ملحه أكثر تميّهًا

2- ينتج الملح $NaNO_2$ من تفاعل $NaOH$ مع: [4 علامة]

-1	HNO_2	-2	HCl
-3	HNO_3	-4	HCN

الإجابة (1)

وزارة 2020 تكميلي خاصة: الملح الذي يعد ذوبانه في الماء تميّهًا هو: [4 علامة]

-1	$KClO_4$	-2	KCl
-3	KCN	-4	KBr

الإجابة (3): لأنه ملح قاعدي، بينما الباقي متعادل لا يتميه

وزارة 2020 تكميلي خاصة: أحد المحاليل الآتية متساوية التركيز يكون فيها تركيز $[OH^-]$ الأعلى هو: [4 علامة]

-1	NH_4NO_3	-2	KOH
-3	KNO_3	-4	KCN

الإجابة (2): لأنه قاعدة قوية، بينما 1 ملح حمضي، و3 ملح متعادل و4 ملح قاعدي

وزارة 2020 تكميلي خاصة: ينتج من معادلة تفكك الملح NH_4Br في الماء: [4 علامة]

-1	$NH_3 + Br^-$	-2	$NH_3 + HBr$
-3	$NH_4^+ + HBr$	-4	$Br^- + NH_4^+$

الإجابة (4): ينتج أيونات من تفكك الملح

وزارة 2021: المحلول الذي له أقل pH في المحاليل الآتية متساوية التركيز: [4 علامة]

-1	NH_4Cl	-2	$NaCN$
-3	H_2SO_3	-4	$KClO_4$

الإجابة (3): لأنه حمض ضعيف بينما 1 ملح حمضي، و2 ملح قاعدي و4 ملح متعادل

وزارة 2021: الحمض والقاعدة المكونان للملح NaOCl هما: [4 علامة]

-1	NaO/HCl	-2	NaOH/HCl
-3	Na/HOCl	-4	NaOH/HOCl

الإجابة (4)

وزارة 2021 تكميلي: ينتج المركب C من تفاعل الحمض A مع القاعدة B ، وجد أن قيمة pH لمحلول C أقل من 7 فإن العبارة التي تصف C, B, A هي: [4 علامة]

-1	A حمض ضعيف B قاعدة قوية و C ملح حمضي التأثير
-2	A حمض ضعيف B قاعدة قوية و C ملح قاعدي التأثير
-3	A حمض قوي B قاعدة ضعيفة و C ملح متعادل التأثير
-4	A حمض قوي B قاعدة ضعيفة و C ملح حمضي التأثير

الإجابة (4): لأن الملح الحمضي ينتج من حمض قوي وقاعدة ضعيفة ورقمه الهيدروجيني أقل من 7

وزارة 2022: محاليل الأملاح الآتية NaY, NaX, NaB, NaA المتساوية في التركيز تترتب وفقًا لقيم pH كالآتي $NaX < NaB < NaY < NaA$ فإن الحمض الأعلى تأينًا في الماء:

[4 علامة]

-1	HA	-2	HB
-3	HX	-4	HY

الإجابة (3): الأعلى تأينًا يعني الأقوى كحمض، وملحه القاعدي أقل قدرة على التميه وأقل pH

وزارة 2022: المعادلة الصحيحة التي تفسر السلوك القاعدي لمحلول الملح HCOONa:

[4 علامة]

-1	$HCOO^- + H_3O^+ \rightleftharpoons HCOOH + H_2O$	-2	$HCOO^- + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + OH^-$
-3	$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$	-4	$HCOOH + OH^- \rightleftharpoons HCOO^- + H_2O$

الإجابة (2): معادلة التميه هي التي تفسر سلوك الملح

وزارة 2022: الملح الذي يعد ذوبانه في الماء تميّهًا هو: [4 علامة]

-1	KI	-2	NH_4Cl
-3	LiCl	-4	$NaClO_4$

الإجابة (2): لأنه ملح حمضي، بينما الباقي متعادل لا يتميه

وزارة 2022: المحلول الذي له أقل تركيز $[OH^-]$ من بين المحاليل المتساوية في التركيز: [4 علامة]

-1	KBr	-2	$NaNO_2$
-3	HNO_2	-4	HBr

الإجابة (4): لأنه حمض قوي بينما 1 ملح متعادل، و2 ملح قاعدي و3 حمض ضعيف

م. مريم السرطاوي

ورقة عمل: التميه وخصائص الأملاح

تدريب (1): اكتب معادلات موزونة لتأين الأملاح الآتية في الماء ثم عيِّن الأيون الذي يتميه

مساعدة: انتبه لمولات كل أيون عند تفكيك الملح

NaI

$(NH_4)_2SO_4$

$BaCl_2$

NH_4NO_3

$NaSO_3$

تدريب (2): ما الحمض والقاعدة المكونان للأملاح الآتية؟ مع تحديد طبيعة الملح

NaF $LiSO_3$ NH_4Br $CH_3NH_3SO_4$ KCl

م. مريم السرطاوي

تأثير الأيون المشترك Common Ion Effect

تعزيز: تعلمنا سابقًا أن التفاعل المنعكس يصل إلى مرحلة الاتزان الديناميكي، وأنّ هناك عوامل تؤثر على موضع الاتزان فممكن إزاحته إلى المتفاعلات أو النواتج وبالتالي يزداد تركيز تلك الجهة، من تلك العوامل: إضافة مادة مؤثرة في التفاعل يعني زيادة تركيز تلك المادة، وهذا الذي سندرسه من خلال إضافة ملح إلى محلول قاعدة ضعيفة أو حمض ضعيف، بشرط وجود أيون مشترك بين الملح والمحلول

ما المقصود بالأيون المشترك؟

أيون يدخل في تركيب مادتين مختلفتين (حمض ضعيف وملحه، أو قاعدة ضعيفة وملحها)

مثال ص56:

يتأين حمض الإيثانويك إلى أيون الإيثانوات السالب وأيون الهيدرونيوم وتكون الأيونات وجزيئات الحمض في حالة اتزان ديناميكي [حمض ضعيف يتأين جزئيًّا]

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{أيون الإيثانوات}}{CH_3COO^-_{(aq)}} + H_3O^+_{(aq)}$$

نضيف ملح إيثانوات الصوديوم الذي سيتفكك كليًّا في المحلول منتجًا أيون الإيثانوات وأيون الصوديوم

$$CH_3COONa_{(S)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} \underset{\text{أيون الإيثانوات}}{CH_3COO^-_{(aq)}} + Na^+_{(aq)}$$

أيون الإيثانوات مشترك بين الملح والحمض الضعيف، يزداد تركيزه في المحلول وبالتالي يُزاح موضع الاتزان وفق مبدأ لوتشاتلييه نحو اليسار (نحو حمض الإيثانويك) فيزداد تركيزه ويقل تركيز أيوناته ومنها الهيدرونيوم H_3O^+، وبالتالي يزداد تركيز OH^- في المحلول ويرتفع الرقم الهيدروجيني

إضافة $CH_3COO^-_{(aq)}$

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + \underset{\text{أيون الإيثانوات}}{CH_3COO^-_{(aq)}}$$

$[H_3O^+]$ ↓↑ pH

$[OH^-]$

CH_3COOH

تعزيز: تذكر عملية الاتزان بين أيونات الهيدرونيوم وأيونات الهيدروكسيد في المحلول بسبب ثابت اتزان الماء K_w

الربط مع علوم الأرض والبيئة معالجة المياه

المناطق التي توجد فيها الصخور الجيرية، تحتوي المياه فيها على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم، ولتقليل هذه النسبة يضاف ملح كربونات الصوديوم الذي يتفكك كلياً ويزيد من تركيز أيونات الكربونات في الماء، فيندفع التفاعل في محلول كربونات الكالسيوم، بالاتجاه العكسي ويزداد بذلك تركيز كربونات الكالسيوم ويسبب ترسبها.

الأثر القاعدي للأيون المشترك وحساباته

- التأثير القاعدي للأيون المشترك يكون من خلال حمض ضعيف مع ملحه، أي أن الملح يتكون من ذلك الحمض الضعيف وقاعدة قوية، يعني الملح قاعدي
- صيغة الأيون المشترك ذو التأثير القاعدي = صيغة القاعدة المرافقة للحمض الضعيف
- شحنة الأيون المشترك ذو التأثير القاعدي = سالبة

اسم الملح القاعدي	NaF	KF	$LiHCO_3$	CH_3COONa
حمضه الضعيف وقاعدته القوية	يتكون من HF و NaOH	يتكون من HF و KOH	يتكون من H_2CO_3 و LiOH	يتكون من CH_3COOH و NaOH
صيغة الأيون المشترك = القاعدة المرافقة للحمض	F^-	F^-	HCO_3^-	CH_3COO^-

مثال ص56:

يتأين حمض الهيدروفلوريك إلى أيون الفلور السالب وأيون الهيدرونيوم وتكون الأيونات وجزيئات الحمض في حالة اتزان ديناميكي [حمض ضعيف يتأين جزئيًّا]

$$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons F^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

نضيف ملح فلوريد الصوديوم NaF الذي سيتفكك كليًّا في المحلول منتجًا أيون الفلوريد وأيون الصوديوم

$$NaF_{(S)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} F^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

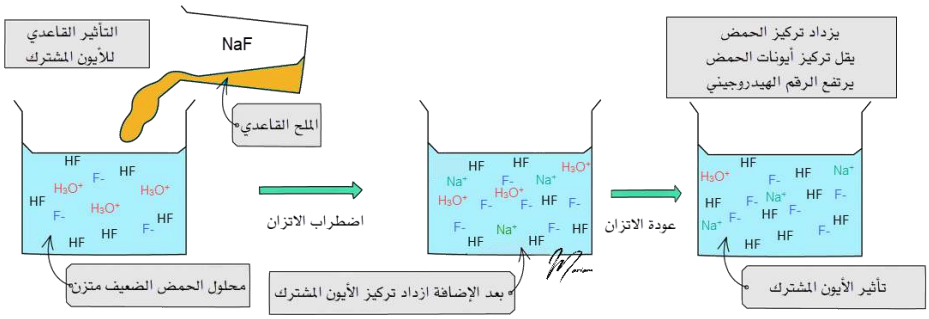
ما أثر إضافة ملح فلوريد الصوديوم إلى محلول حمض الهيدروفلوريك؟

أيون الفلوريد مشترك بين الملح والحمض الضعيف، يزداد تركيزه في المحلول وبالتالي يُزاح موضع الاتزان وفق مبدأ لوتشاتلييه نحو اليسار (نحو حمض الهيدروفلوريك) فيزداد تركيزه ويقل تركيز أيوناته [يعني يقل تأينه]، يقل تركيز الهيدرونيوم H_3O^+، وبالتالي يزداد تركيز OH^- في المحلول ويرتفع الرقم الهيدروجيني

إضافة F^-

$$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

$[H_3O^+]$ ↓ ↑ pH
$[OH^-]$
HF



خطوات حساب تأثير الأيون المشترك [التغير في الرقم الهيدروجيني ΔpH]:

1- نكتب معادلة تأين الحمض الضعيف، ومعادلة تفكك الملح، ونحدد الأيون المشترك

2- الأيون المشترك له تركيزان: أ- تركيز ناتج من تأين الحمض ب- وتركيز ناتج من تفكك الملح الكامل
تركيزه الناتج من تأين الحمض تركيز صغير جدًّا مقارنة بالتركيز الناتج من الملح وبالتالي يمكن إهماله
ونعتبر الملح هو المصدر الرئيس لتركيز الأيون المشترك، ومساويًا له لأنه تفكك كامل

3- نستخدم ثابت تأين الحمض لحساب تركيز $[H_3O^+]$ الجديد، ثم نحسب الرقم الهيدروجيني الجديد

4- إذا طلب الفرق في الرقم الهيدروجيني، نطبق ΔpH قبل وبعد إضافة الملح

مثال(24) ص57: أحسب التغير في الرقم الهيدروجيني لمحلول الحمض الضعيف CH_3COOH الذي تركيزه $0.1\ M$ ورقمه الهيدروجيني $pH = 2.9$ إذا أضيف إلى لتر منه $0.2\ mol$ من ملح إيثانوات الصوديوم CH_3COONa علمًا أن $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$
$\log 8.5 = 0.93$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} CH_3COO^-{}_{(aq)} + Na^+{}_{(aq)}$$

الأيون المشترك: أيون الإيثانوات وتركيزه نفس تركيز الملح، نحسب تركيز الملح من معطيات السؤال:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{1} = 0.2\ M$$

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = 0.2\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[H_3O^+]$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow \frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{1.7 \times 10^{-5} \times 0.1}{0.2} = \frac{17 \times 10^{-6}}{2} = 8.5 \times 10^{-6}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(8.5 \times 10^{-6}) = 6 - \log 8.5 = 6 - 0.93 = 5.07$$

$$\Delta pH = pH_{with\ salt} - pH_{acid} = 5.07 - 2.9 = 2.17$$

يزداد الرقم الهيدروجيني بمقدار 2.17 بسبب إضافة الأيون المشترك إلى محلول الحمض

مثال(25) ص58: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول مكوّن من الحمض HNO_2 الذي تركيزه $0.085\ M$ والملح KNO_2 تركيزه $0.1\ M$ علمًا أن $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
$\log 3.825 = 0.58$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {NO_2}^-_{(aq)} + {H_3O}^+_{(aq)}$$

$$KNO_{2(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {NO_2}^-_{(aq)} + {K}^+_{(aq)}$$

الأيون المشترك: أيون النيتريت وتركيزه نفس تركيز الملح

$$[KNO_2] = [{NO_2}^-] = 0.1\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[{H_3O}^+]$

$$K_a = \frac{[{NO_2}^-][{H_3O}^+]}{[HNO_2]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_a \times [HNO_2]}{[{NO_2}^-]} = [{H_3O}^+]$$

$$[{H_3O}^+] = \frac{4.5 \times 10^{-4} \times 0.085}{0.1} = \frac{4.5 \times 10^{-4} \times 8.5 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-1}}$$

$$= \frac{38.25 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-1}} = 38.25 \times 10^{-5} = 3.825 \times 10^{-4}$$

انظر في النتيجة النهائية إلى معطيات السؤال ومعلومات اللوغاريتم، لذلك نترك النتيجة ولا نقربها

$$pH = -\log[{H_3O}^+] = -\log(3.825 \times 10^{-4}) = 4 - \log 3.825 = 4 - 0.58 = 3.42$$

نستطيع حساب الرقم الهيدروجيني لمحلول الحمض كما تعلمنا سابقًا في الدرس الثالث، لنميز الفرق في تغير الرقم الهيدروجيني

أتحقق ص58: أحسب التغير في الرقم الهيدروجيني لمحلول الحمض H_2SO_3 الذي تركيزه $0.2\ M$ وحجمه $400\ mL$ إذا أضيف إليه $0.2\ mol$ من الملح $NaHSO_3$ علمًا أن
$K_a = 1.3 \times 10^{-2}$ $\log 5.2 = 0.72$ $\log 5.1 = 0.71$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {HSO_3}^-_{(aq)} + {H_3O}^+_{(aq)}$$

$$NaHSO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {HSO_3}^-_{(aq)} + {Na}^+_{(aq)}$$

الأيون المشترك: أيون الكبريتيت الهيدروجيني وتركيزه نفس تركيز الملح، نحسب تركيز الملح من معطيات السؤال:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{0.4} = 0.5\ M$$

$$[{HSO_3}^-] = [NaHSO_3] = 0.5\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[{H_3O}^+]$

$$K_a = \frac{[{HSO_3}^-][{H_3O}^+]}{[H_2SO_3]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_a \times [H_2SO_3]}{[{HSO_3}^-]} = [{H_3O}^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{1.3 \times 10^{-2} \times 0.2}{0.5} = \frac{2.6 \times 10^{-2}}{5} = \frac{26 \times 10^{-3}}{5} = 5.2 \times 10^{-3}$$

$$pH_{with\ salt} = -\log[H_3O^+] = -\log(5.2 \times 10^{-3}) = 3 - \log 5.2 = 3 - 0.72 = 2.28$$

نحسب pH_{acid} من خلال تركيز أيونات الهيدرونيوم بالطريقة التي تعلمناها في الدرس الثالث

المعادلة/التراكيز	$H_2SO_{3(aq)}$	+ $H_2O_{(l)}$	⇌ $HSO_3^-{}_{(aq)}$	+ $H_3O^+{}_{(aq)}$
عند البداية	0.2		0	0
التغير	$-x$		$+x$	$+x$
عند الاتزان	$0.2 - x \approx 0.2$ 2×10^{-1}		x	x

$$K_a = \frac{[HSO_3^-][H_3O^+]}{[H_2SO_3]}$$

$$1.3 \times 10^{-2} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-1}}$$

$$x^2 = 1.3 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-1} = 2.6 \times 10^{-3} = 26 \times 10^{-4}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{26} \times \sqrt{10^{-4}} = \sqrt{26} \times 10^{-2}$$

$$\sqrt{26} = \frac{26 + 25}{2\sqrt{25}} = \frac{51}{10} = 5.1$$

$$x = [H_3O^+] = \sqrt{26} \times 10^{-2} = 5.1 \times 10^{-2}\ M$$

$$pH_{acid} = -\log[H_3O^+] = -\log(5.1 \times 10^{-2}) = 2 - \log 5.1 = 2 - 0.71 = 1.29$$

$$\Delta pH = pH_{with\ salt} - pH_{acid} = 2.28 - 1.29 = 0.99$$

يزداد الرقم الهيدروجيني بمقدار 0.99 بسبب إضافة الأيون المشترك إلى محلول الحمض

أسئلة وزارية: الأثر القاعدي للأيون المشترك

وزارة 2002 صيفية: في محلول HF تركيزه 0.1 M كان تركيز $[H_3O^+] = 8 \times 10^{-3}$ M، إذا أضيف إلى لتر من المحلول السابق 0.64 mol من ملح NaF احسب قيمة pH للمحلول الناتج مع إهمال التغير في الحجم

بعد حساب قيمة ثابت التأين:

$$K_a = \frac{[F^-][H_3O^+]}{[HF]} = \frac{8 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-1}} = 6.4 \times 10^{-4}$$

$$[NaF] = [F^-] = \frac{0.64}{1} = 0.64\ M$$

$$K_a = \frac{[F^-][H_3O^+]}{[HF]} \quad \Rightarrow \quad [H_3O^+] = \frac{6.4 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-1}}{6.4 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-4} M$$

$$pH = -\log\ 1 \times 10^{-4} = 4$$

وزارة 2003 صيفية: أضيف 0.09 mol من الملح KZ إلى 250 mL من محلول الحمض HZ الذي تركيزه 0.1 M علمًا أن $K_a = 3.6 \times 10^{-6}$

1- احسب قيمة pH للمحلول الناتج [3 علامة]

$$[KZ] = [Z^-] = \frac{0.09}{0.25} = 0.36\ M$$

$$K_a = \frac{[Z^-][H_3O^+]}{[HZ]} \quad \Rightarrow \quad [H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-1} \times 3.6 \times 10^{-6}}{3.6 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-6} M$$

$$pH = -\log\ 1 \times 10^{-6} = 6$$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك [2 علامة]

القاعدة المرافقة للحمض الضعيف Z^-

وزارة 2004 شتوية/2017 شتوية: إذا علمت K_a للحمض HOCl يساوي 2.8×10^{-8} وتركيزه 0.25 M

1- احسب $[H_3O^+]$ في محلول الحمض [3 علامة]

$$K_a = \frac{[OCl^-][H_3O^+]}{[HOCl]} \Rightarrow [H_3O^+] = \sqrt{2.8 \times 10^{-8} \times 25 \times 10^{-2}} = \sqrt{70 \times 10^{-10}}$$

$$\sqrt{70} = \frac{70 + 64}{2\sqrt{64}} = \frac{134}{16} = 8.4$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{70 \times 10^{-10}} = 8.4 \times 10^{-5}\ M$$

2- احسب عدد مولات الملح NaOCl التي يجب إضافتها إلى 200 mL من محلول الحمض لتصبح قيمة pH = 7 [3 علامة]

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-7} M$$

$$K_a = \frac{[OCl^-][H_3O^+]}{[HOCl]} \Rightarrow$$

$$[OCl^-] = \frac{25 \times 10^{-2} \times 2.8 \times 10^{-8}}{10^{-7}} = 70 \times 10^{-3} = 7 \times 10^{-2}\ M$$

$$M = \frac{n}{V} \quad \Rightarrow \quad n = M \times V = 0.07 \times 0.2 = 0.014\ mol$$

3- ما هو الأيون المشترك في المحلول؟ [2 علامة]

القاعدة المرافقة للحمض الضعيف OCl^-

وزارة 2006 شتوية: الأيون المشترك في المحلول المكون من حمض HCOOH والملح HCOONa هو: [2 علامة]

-1	$COONa^-$	-2	$HCOO^-$
-3	HCO^+	-4	$COOH_3^+$

الإجابة (2)

وزارة 2008 صيفية/2013 صيفية: إن إضافة الملح RCOONa للحمض RCOOH يؤدي إلى: [2 علامة]

-1	زيادة pH	-2	تقليل K_a
-3	تقليل pH	-4	تقليل $[H_3O^+]$

الإجابة (1) **لأنه ملح قاعدي**

وزارة 2011 صيفية/2018 صيفية/2019 شتوية/2020 تكميلي: محلول 0.1 M من الحمض HX حجمه 2 L وقيمة pH تساوي 3 أضيفت له بلورات من ملح NaX فتغيرت قيمة pH بمقدار 2 علمًا أن: $K_a = 1 \times 10^{-5}$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك [2 علامة]

هو القاعدة المرافقة للحمض الضعيف X^-

2- احسب عدد مولات NaX التي أضيفت للمحلول [5 علامة]

إضافة الملح القاعدي يرفع قيمة pH وبالتالي القيمة النهائية من pH تساوي

$$pH = 3 + 2 = 5$$

$$[H_3O^+] = 10^{-5}$$

$$[X^-] = [NaX]$$

$$K_a = \frac{[X^-][H_3O^+]}{[HX]} \quad \Rightarrow \quad [X^-] = \frac{1 \times 10^{-5} \times 0.1}{10^{-5}} = 0.1\ M$$

$$M = \frac{n}{V} \quad \Rightarrow \quad n = M \times V = 0.1 \times 2 = 0.2\ mol$$

سؤال الوزرة 2019 شتوية: تكررت الفكرة مع إضافات معلومة وتغيير في سؤال 2 إلى احسب pH عند إضافة حمض قوي ....وفي وزارة 2020 تكميلي خاصة دوائر: لهما التركيز نفسه والرقم الهيدروجيني 5 فاحسب ثابت تأين الحمض

وزارة 2019 صيفية/2020 خاصة: إذا كانت قيمة pH=4 لمحلول مكون من الحمض HA والملح KA لهما التركيز نفسه فإن قيمة K_a للحمض تساوي:
[3 علامة]

-1	10^{-2}	-2	10^{-4}
-3	10^{-8}	-4	10^{-16}

الإجابة (2): في 2020 تكرر السؤال حرفياً

وزارة 2019 تكميلي: عند إضافة بلورات الملح $NaNO_2$ إلى محلول HNO_2 فإن ذلك يؤدي إلى:
[2 علامة]

-1	زيادة $[H_3O^+]$	-2	نقصان $[H_3O^+]$
-3	نقصان قيمة pH	-4	نقصان $[HNO_2]$

الإجابة (2)

وزارة 2019 شتوية: محلول مكون من حمض HNO_2 وملحه $NaNO_2$ ما صيغة الأيون المشترك؟
[1 علامة]

هو القاعدة المرافقة للحمض الضعيف NO_2^-

وزارة 2019 تكميلي: ماذا يحدث لقيمة pH عند إضافة بلورات NaF إلى الحمض HF ؟
[2 علامة]

تزداد

وزارة 2020 نظامي: عند إضافة بلورات الملح NaF إلى حمض HF فإن ذلك يؤدي إلى:
[5 علامة]

-1	زيادة pH	-2	نقصان pH
-3	زيادة K_a	-4	نقصان K_a

الإجابة (1)

وزارة 2020 نظامي/2020 خاصة: محلول من حمض HNO_2 تركيزه 0.1 M أضيفت إليه بلورات ملح $NaNO_2$ فأصبحت قيمة pH=4 فإن تركيز الملح: $K_a = 4 \times 10^{-4}$
[5 علامة]

-1	4×10^{-9}	-2	4×10^{-8}
-3	4×10^{-1}	-4	4

الإجابة (3): تكرر نمط الفكرة في 2020 خاصة

وزارة 2020 تكميلي خاصة: عند إضافة بلورات الملح NaCN إلى حمض HCN فإن ذلك يؤدي إلى نقصان: [4 علامة]

-1	$[H_3O^+]$	-2	K_a
-3	pH	-4	$[OH^-]$

الإجابة (1)

وزارة 2022: ادرس المعلومات الآتية للحموض الافتراضية HC, HB, HA المتساوية في التركيز:

- تركيز $[H_3O^+]$ في محلول HA أعلى منه في محلول HB HA > HB
- قيمة K_a للحمض HB أقل من قيمة K_a للحمض HC HC > HB
- محلول الملح KC أكثر قدرة على التميه من محلول الملح KA عند التركيز نفسه HA > HC

ترتيب الحموض حسب قوتها: HA > HC > HB

1- الترتيب الصحيح للقواعد المرافقة للحموض HC, HB, HA وفقًا لقوتها: [4 علامة]

-1	$C^- < B^- < A^-$	-2	$B^- < C^- < A^-$
-3	$B^- < A^- < C^-$	-4	$A^- < C^- < B^-$

الإجابة (4): القواعد المرافقة قوتها عكس قوة حموضها

2- تؤدي إضافة بلورات الملح KC إلى محلول الحمض HC إلى: [4 علامة]

-1	نقصان $[H_3O^+]$ في المحلول
-2	زيادة تأين الحمض HC
-3	نقصان قيمة pH للمحلول
-4	زيادة قيمة K_a للحمض HC

الإجابة (1): لأنه ملح قاعدي التأثير

ورقة عمل: الأثر القاعدي للأيون المشترك

تدريب (1): احسب الرقم الهيدروجيني لمحلول مكون من محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH الذي تركيزه 0.2 M ومحلول بنزوات الصوديوم C_6H_5COONa الذي له نفس التركيز، علمًا أن: $\log 6.3 = 0.8$ $K_a = 6.3 \times 10^{-5}$

تدريب (2): ماذا يحدث عند إضافة ملح ميثانوات الصوديوم HCOONa إلى محلول حمض الميثانويك HCOOH (تزداد، تقل، تبقى ثابتة):

- الرقم الهيدروجيني:
- أيونات الهيدروكسيد:
- أيونات الهيدرونيوم:

م. مريم السرطاوي

الأثر الحمضي للأيون المشترك وحساباته

⭐ التأثير الحمضي للأيون المشترك يكون من خلال قاعدة ضعيفة مع ملحها، أي أن الملح يتكون من تلك القاعدة الضعيفة وحمض قوي، يعني الملح حمضي

⭐ صيغة الأيون المشترك ذو التأثير الحمضي = صيغة الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة

⭐ شحنة الأيون المشترك ذو التأثير الحمضي = موجبة

اسم الملح الحمضي	C_5H_5NHI	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4Cl	CH_3NH_3Br
قاعدته الضعيفة وحمضه القوي	يتكون من C_5H_5N و HI	يتكون من NH_3 و H_2SO_4	يتكون من NH_3 و HCl	يتكون من CH_3NH_2 و HBr
صيغة الأيون المشترك = الحمض المرافق للقاعدة	$C_5H_5NH^+$	NH_4^+	NH_4^+	$CH_3NH_3^+$

⭐ مثال ص59:

يتأين حمض الأمونيا إلى أيون الأمونيوم الموجب وأيون الهيدروكسيد وتكون الأيونات وجزيئات القاعدة في حالة اتزان ديناميكي [قاعدة ضعيفة تتأين جزئيًّا]

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

نضيف ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الذي سيتفكك كليًّا في المحلول منتجًا أيون الأمونيوم وأيون الكلوريد

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ما أثر إضافة ملح كلوريد الأمونيوم إلى محلول الأمونيا القاعدي؟

أيون الأمونيوم مشترك بين الملح والقاعدة الضعيفة، يزداد تركيزه في المحلول وبالتالي يُزاح موضع الاتزان وفق مبدأ لوتشاتلييه نحو اليسار (نحو تكوين الأمونيا) فيزداد تركيزها ويقل تركيز أيونات الأمونيا [يعني يقل التأين]، يقل تركيز الهيدروكسيد OH^- ، وبالتالي يزداد تركيز H_3O^+ في المحلول ويقل الرقم الهيدروجيني

إضافة NH_4^+

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

$[OH^-]$ ↓ ↑ $[H_3O^+]$

pH

$[NH_3]$

خطوات حساب التأثير الحمضي للأيون المشترك نفس التي تعلمناها في تأثيره القاعدي، لكن بعد حساب أيونات الهيدروكسيد نستخدم ثابت تأين الماء لحساب أيونات الهيدرونيوم ثم الرقم الهيدروجيني

مثال(26) ص59: أحسب التغير في الرقم الهيدروجيني لمحلول الأمونيا NH_3 الذي حجمه $1\ L$ وتركيزه $0.1\ M$ ورقمه الهيدروجيني $pH = 11$ إذا أضيف إليه $0.2\ mol$ من ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl علمًا أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ $\log 1.1 = 0.04$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {NH_4}^+_{(aq)} + {OH}^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {NH_4}^+_{(aq)} + {Cl}^-_{(aq)}$$

الأيون المشترك: أيون الأمونيوم وتركيزه نفس تركيز الملح، نحسب تركيز الملح من معطيات السؤال:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{1} = 0.2\ M$$

$$[NH_4^+] = [NH_4Cl] = 0.2\ M$$

نعوض تركيز القاعدة وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[OH^-]$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow \frac{K_b \times [NH_3]}{[NH_4^+]} = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.1}{0.2} = \frac{18 \times 10^{-6}}{2} = 9 \times 10^{-6}\ M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{9 \times 10^{-6}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{9 \times 10^{-6}} = 1.1 \times 10^{-9} M$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1.1 \times 10^{-9}) = 9 - \log 1.1 = 9 - 0.04 = 8.96$$

$$\Delta pH = pH_{with\ salt} - pH_{base} = 8.96 - 11 = -2.04$$

يقل الرقم الهيدروجيني بمقدار 2.04 بسبب إضافة الأيون المشترك إلى محلول القاعدة

مثال(27) ص60: عدد مولات الملح CH_3NH_3Br اللازم إضافتها إلى $400\ mL$ من محلول القاعدة CH_3NH_2 تركيزها $0.1\ M$ ليصبح رقمها الهيدروجيني $pH = 10.5$ علمًا أن $K_b = 4.4 \times 10^{-4}$ $\log 3.2 = 0.5$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {CH_3NH_3}^+_{(aq)} + {OH}^-_{(aq)}$$

$$CH_3NH_3Br_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {CH_3NH_3}^+_{(aq)} + {Br}^-_{(aq)}$$

الأيون المشترك: ${CH_3NH_3}^+$ وتركيزه نفس تركيز الملح

$$[CH_3NH_3Br] = [CH_3NH_3{}^+] = ?\ M$$

باستخدام الرقم الهيدروجيني لمحلول القاعدة بعد إضافة الملح، نستخرج تركيز الأيون المشترك وهو نفسه تركيز الملح لنحسب عدد مولات الملح المطلوبة في السؤال

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-10.5} = 10^{(-10.5+11)-11} = 10^{0.5} \times 10^{-11} = 3.2 \times 10^{-11} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.2 \times 10^{-11}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{32 \times 10^{-12}} = 3.1 \times 10^{-4} M$$

$$K_b = \frac{[CH_3NH_3{}^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_b \times [CH_3NH_2]}{[OH^-]} = [CH_3NH_3{}^+]$$

$$[CH_3NH_3{}^+] = \frac{4.4 \times 10^{-4} \times 0.1}{3.1 \times 10^{-4}} = \frac{4.4 \times 10^{-5}}{3.1 \times 10^{-4}} = 1.42 \times 10^{-1} = 0.142\ M$$

عدد مولات الملح من قانون المولارية

$$M = \frac{n}{V} \quad \Rightarrow \quad n = M \times V$$

$$n = 0.142 \times 0.4 = 0.057\ mol$$

أتحقق ص60: أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول القاعدة C_5H_5N الذي تركيزه 0.2 M عند إضافة 0.2 mol من الملح C_5H_5NHCl إلى 600 mL من المحلول،

علمًا أن $K_b = 1.4 \times 10^{-9}$ $\log 1.17 = 0.07$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$C_5H_5N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$C_5H_5NHCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} C_5H_5NH^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

الأيون المشترك: $C_5H_5NH^+$ وتركيزه نفس تركيز الملح

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{0.6} = 0.33\ M$$

$$[C_5H_5NH^+] = [C_5H_5NHCl] = 0.33\ M$$

نعوض تركيز القاعدة وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[OH^-]$

$$K_b = \frac{[C_5H_5NH^+][OH^-]}{[C_5H_5N]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_b \times [C_5H_5N]}{[C_5H_5NH^+]} = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{1.4 \times 10^{-9} \times 0.2}{0.33} = \frac{280 \times 10^{-12}}{33 \times 10^{-2}} = 8.5 \times 10^{-10}\ M$$

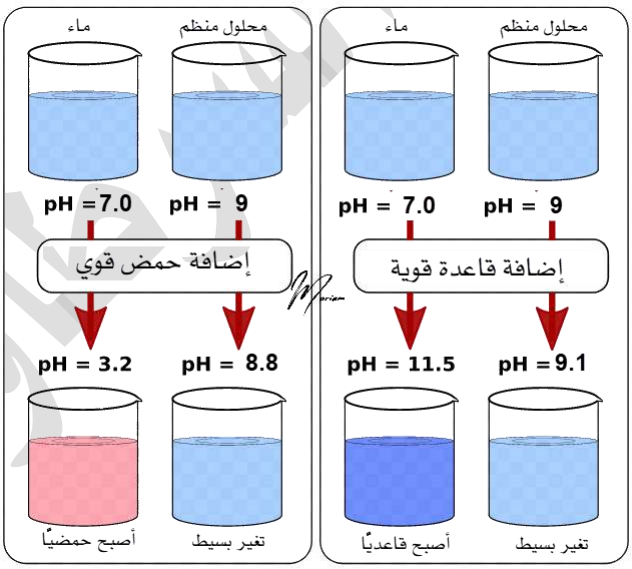
$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{8.5 \times 10^{-10}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{85 \times 10^{-11}} = 1.17 \times 10^{-5} M$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1.17 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1.17 = 5 - 0.07 = 4.93$$

تذكر علاقات سريعة:

- إضافة الملح الحمضي لأي محلول: يقل الرقم الهيدروجيني
- إضافة الملح القاعدي لأي محلول: يزداد الرقم الهيدروجيني
- إذا خففنا المحلول الحمضي بالماء فإن الرقم الهيدروجيني يزداد
- إذا خففنا المحلول القاعدي بالماء فإن الرقم الهيدروجيني يقل
- إذا كان المحلول متعادلاً فإنه لا يتأثر بإضافة الماء



في الدرس التالي سنتعلم كيف أن هذه المحاليل الحمضية أو القاعدية الضعيفة التي تحوي أملاحها عبارة عن محاليل منظمة وتختلف عن لو كان المحلول لوحده لا يحتوي الملح
فالمحلول المنظم لا يتغير فيه الرقم الهيدروجيني بشكل كبير، بخلاف غيره

أسئلة وزارية: الأثر الحمضي للأيون المشترك

وزارة 1998: بين ماذا يحدث لقيمة pH (تقل، تزداد، تبقى ثابتة) ثم فسر إجابتك:

1- عند إضافة بلورات $NaNO_3$ إلى محلول HNO_3

تبقى ثابتة لأن الملح متعادل يتكون من قاعدة قوية NaOH وحمض قوي HCl فلن يتميه في المحلول وبالتالي لن تتغير قيمة pH

2- عند إضافة محلول NH_4Cl إلى محلول NH_3

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

تقل، والسبب أن هذا الملح حمضي وبالتالي سيتميه في المحلول ذلك الأيون المشترك NH_4^+ ويزداد تركيزه فيدفع الاتزان نحو اليسار نحو جزيئات القاعدة NH_3 فيقل التأين يعني تركيز أيونات $[OH^-]$ ويرتفع تركيز أيونات $[H_3O^+]$ وبالتالي تقل pH

أيضًا نلاحظ أن المضاف هو محلول وليس بلورات، وإضافة المحلول الحمضي إلى محلول قاعدي هو نوع من التخفيف، وتخفيف محلول القاعدة معناه تقليل الـpH

وزارة 2004 صيفية: محلول مائي مكون من $C_6H_5NH_2$ تركيزها 0.25 M والملح $C_6H_5NH_3Br$ تركيزه 0.2 M قيست pH فكانت 4.7 علمًا أن:

$$\log 2 = 0.3 \quad \log 3 = 0.5 \quad \log 4 = 0.6 \quad \log 7 = 0.84$$

1- حدد الأيون المشترك

هو الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة $C_6H_5NH_3^+$

2- احسب K_b لـ $C_6H_5NH_2$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_6H_5NH_3^+]}{[C_6H_5NH_2]}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{(-4.7+5)-5} = 10^{0.3} \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-5}\ M$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 0.5 \times 10^{-9} = 5 \times 10^{-10}\ M$$

$$K_b = \frac{5 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^{-1}}{25 \times 10^{-2}} = 0.4 \times 10^{-9} = 4 \times 10^{-10}$$

وزارة 2005 شتوية: إذا أضيف 0.18 mol من ملح NH_4Cl إلى لتر واحد من محلول تركيزه 0.01 M من القاعدة NH_3 علمًا أن: $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك [2 علامة]

هو الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة NH_4^+

2- احسب قيمة pH للمحلول الناتج [أهمل التغير في الحجم] [4 علامة]

$$[NH_4Cl] = [NH_4^+] = \frac{0.18}{1} = 0.18\ M$$

$$K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]} \quad \Rightarrow [OH^-] = \frac{1\times10^{-2}\times1.8\times10^{-5}}{1.8\times10^{-1}} = 1\times10^{-6}M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-6}} = 1\times10^{-8}\ M$$

$$pH = -\log 1\times10^{-8} = 8$$

3- ما أثر إضافة الملح NH_4Cl على قيمة pH لمحلول القاعدة؟ [تبقى ثابتة، تزداد، تقل] [2 علامة]

ملح حمضي وبالتالي تقل pH

فرع (3) جاء في دوائر وزارة 2020 خاصة: أثر إضافة هذا الملح إلى الأمونيا

وزارة 2005 صيفية/2006 شتوية: محلول مكون من القاعدة N_2H_4 تركيزها 0.1 M والملح N_2H_5Cl بتركيز 0.2 M، ثابت تأين القاعدة $K_b = 1\times10^{-6}$ و $\log 2 = 0.3$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك في المحلول [2 علامة]

الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة $N_2H_5^+$ [مكرر في أسئلة لاحقًا مع اختلاف الملح]

2- احسب قيمة pH للمحلول [6 علامة]

$$K_b = \frac{[N_2H_5^+][OH^-]}{[N_2H_4]} \quad \Rightarrow [OH^-] = \frac{0.1\times1\times10^{-6}}{0.2} = 0.5\times10^{-6} = 5\times10^{-7}M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-7}} = 0.2\times10^{-7} = 2\times10^{-8}M \quad \Rightarrow$$

$$pH = -\log 2\times10^{-8} = 8 - \log 2 = 8 - 0.3 = 7.7$$

يتكرر النمط الوزاري مع تغيير الصيغ الكيميائية

وزارة 2007 شتوية: محلول مكون من القاعدة NH_2OH تركيزها 0.2 M ومحلول الملح NH_2OH_2Cl بتركيز 0.3 M، ثابت تأين القاعدة $K_b = 1.1\times10^{-8}$ و

1- اكتب صيغة الأيون المشترك في المحلول [2 علامة]

الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة $NH_2OH_2^+$ [نتأكد من ذلك بالنظر إلى الملح]

2- احسب تركيز $[OH^-]$ [5 علامة]

$$K_b = \frac{[NH_2OH_2^+][OH^-]}{[NH_2OH]} \quad \Rightarrow [OH^-] = \frac{0.2\times1.1\times10^{-8}}{0.3} = 7.3\times10^{-9}M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-7}} = 0.2\times10^{-7} = 2\times10^{-8}M \quad \Rightarrow$$

وزارة 2007 صيفية: إذا أضيفت كمية من الملح NH_4Cl إلى 500 mL من محلول تركيزه 0.1 M من NH_3 حتى أصبح $[H_3O^+] = 1\times10^{-9}\ M$ يساوي احسب عدد مولات NH_4Cl التي أضيفت إلى المحلول، علمًا أن: $K_b = 1.8\times10^{-5}$ [6 علامة]

$$[NH_4Cl] = [NH_4^+] = x$$

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-9}} = 1\times10^{-5}\ M$$

$$K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]} \quad \Rightarrow [NH_4^+] = \frac{1\times10^{-1}\times1.8\times10^{-5}}{1\times10^{-5}} = 1.8\times10^{-1}M$$

$$[NH_4Cl] = [NH_4^+] = 0.18\ M$$

$$n = M\times V = 0.18\times0.5 = 0.09\ mol$$

وزارة 2008 صيفية: محلول مكون من RNH_2 تركيزه 0.04 M و RNH_3Cl بتركيز 0.04 M، log 5=0.7

1- اكتب معادلة تفكك كل منهما [2 علامة]

$$RNH_2 + H_2O \rightleftharpoons RNH_3^+ + OH^-$$

$$RNH_3Cl \rightarrow RNH_3^+ + Cl^-$$

2- حدد صيغة الأيون المشترك [2 علامة]

RNH_3^+

3- إذا كان pH للمحلول يساوي 8.3 فاحسب K_b للقاعدة RNH_2 [3 علامة]

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{(-8.3+9)-9} = 10^{0.7}\times10^{-9} = 5\times10^{-9}M$$

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-9}} = 0.2\times10^{-5} = 2\times10^{-6}M$$

$$K_b = \frac{[RNH_3^+][OH^-]}{[RNH_2]} = \frac{0.04\times2\times10^{-6}}{0.04} = 2\times10^{-6}$$

وزارة 2019 صيفية: ماذا يحدث لـ $[H_3O^+]$ عند إضافة بلورات الملح N_2H_5Cl إلى محلول N_2H_4 (تقل/تزداد) [2 علامة]

تزداد لأنه ملح حمضي

وزارة 2019 صيفية: ماذا يحدث لـ $[H_3O^+]$ عند إضافة بلورات الملح CH_3NH_3Cl إلى محلول CH_3NH_2 (تقل/تزداد) [2 علامة]

تزداد لأنه ملح حمضي

وزارة 2020 نظامي: صيغة الأيون المشترك لمحلول يتكون من CH_3NH_3Cl والقاعدة CH_3NH_2 هو: [2 علامة]

1-	$CH_3NH_2^+$	2-	$CH_3NH_3^+$
3-	CH_3NH_2	4-	CH_3NH^-

الإجابة (2)

وزارة 2020 تكميلي: أضيفت بلورات ملح N_2H_5Cl إلى N_2H_4 فإن العبارة الصحيحة فيما يتعلق بالمحلول الناتج: [4 علامة]

1-	زيادة pH	2-	زيادة تأين N_2H_4
3-	زيادة $[OH^-]$	4-	تقل pH

الإجابة (4)

القاعدة	$[OH^-]$	التركيز M
Y	2×10^{-3}	0.01
X	2×10^{-5}	1

وزارة 2021 تكميلي: يبين الجدول قواعد افتراضية ضعيفة بتراكيز مختلفة، علمًا أن: $\log 5=0.7$ فأجب عما يلي:

العبارة الصحيحة المتعلقة بمحلولي الملحين XHCl و YHCl لهما التركيز نفسه 1M [4 علامة]

-1	طبيعة محلول XHCl حمضية وطبيعة محلول YHCl قاعدية
-2	تركيز أيونات OH^- في محلول XHCl أعلى منها في محلول YHCl
-3	محلول XHCl أعلى قدرة على التميه من محلول YHCl
-4	صيغة الأيون المشترك في محلول يتكون من القاعدة X والملح XHCl هي X^-

الإجابة (3)

وزارة 2022: ادرس المعلومات الآتية للحموض الافتراضية HC, HB, HA المتساوية في التركيز:

- تركيز $[H_3O^+]$ في محلول HA أعلى منه في محلول HB $HA > HB$
- قيمة K_a للحمض HB أقل من قيمة K_a للحمض HC $HC > HB$
- محلول الملح KC أكثر قدرة على التميه من محلول الملح KA عند التركيز نفسه $HA > HC$

ترتيب الحموض حسب قوتها: $HA > HC > HB$

1- الترتيب الصحيح للقواعد المرافقة للحموض HC, HB, HA وفقًا لقوتها: [4 علامة]

-1	$C^- < B^- < A^-$	-2	$B^- < C^- < A^-$
-3	$B^- < A^- < C^-$	-4	$A^- < C^- < B^-$

الإجابة (4): القواعد المرافقة قوتها عكس قوة حموضها

2- تؤدي إضافة بلورات الملح KC إلى محلول الحمض HC إلى: [4 علامة]

-1	نقصان $[H_3O^+]$ في المحلول
-2	زيادة تأين الحمض HC
-3	نقصان قيمة pH للمحلول
-4	زيادة قيمة K_a للحمض HC

الإجابة (1): لأنه ملح قاعدي التأثير

ورقة عمل: الأثر الحمضي للأيون المشترك

تدريب (1): محلول منظم مكون من قاعدة ضعيفة C_5H_5N تركيزها 0.3 M وملح C_5H_5NHBr الذي له نفس التركيز، علمًا أن: $K_b = 1.7 \times 10^{-9}$

- ما صيغة الأيون المشترك؟

- احسب pH للمحلول

تدريب (2): ماذا يحدث عند إضافة ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl إلى محلول الأمونيا NH_3 (تزداد، تقل، تبقى ثابتة):

- الرقم الهيدروجيني:
- أيونات الهيدروكسيد:
- أيونات الهيدرونيوم:

م. مريم السرطاوي

المحاليل المنظمة Buffered Solutions

تعد المحاليل المنظِّمة من أهم تطبيقات الأيون المشترك

ما المقصود بالمحاليل المنظِّمة؟

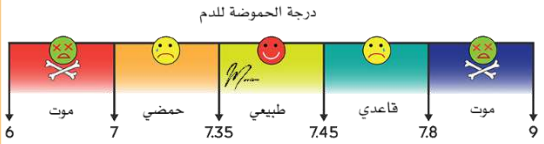
محاليل تقاوم التغير في الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي أو قاعدة قوية إليها

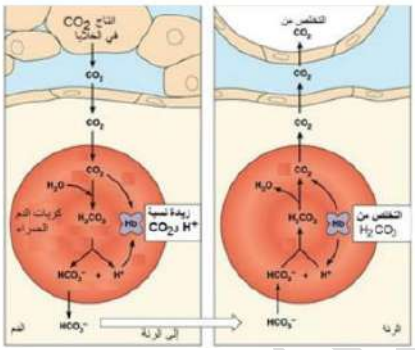
اذكر أهمية المحاليل المنظمة في المجالات الصناعية، والأنظمة الحيوية

1- المجالات الصناعية: أ- الأصباغ ب- مستحضرات التجميل ج- الأدوية

2- الأنظمة الحيوية: أجسام الكائنات الحية تحتوي العديد من المحاليل المنظمة من أهمها المحلول المنظِّم في الدم

وضِّح كيف يعمل المحلول المنظم في الدم [الآلية والأجهزة الحيوية من الإثراء والتوسع ص69]





يتكون المحلول المنظم من حمض الكربونيك H_2CO_3 وقاعدته المرافقة HCO_3^-، ويعمل على الحفاظ على الرقم الهيدروجيني للدم عند نحو، فالدم يحمل المواد المختلفة ذات الطبيعة الحمضية والقاعدية التي تدخل إلى الجسم دون أن يتغير رقمه الهيدروجيني

الآلية: من خلال الاتزان الديناميكي لمعادلة تأين حمض الكربونيك، وهذا الحمض ينتج من خلال ممارسة الأنشطة وزيادة معدل التنفس اللاهوائي في الخلايا فيذوب ثاني أكسيد الكربون في الماء داخل خلايا الدم

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$$

$$H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

- إذا ازداد تركيز أيونات H_3O^+ في الدم، فإن المحلول المنظم يتخلص من الزيادة بإزاحة موضع الاتزان إلى جهة اليسار لتكوين حمض H_2CO_3 فيقل تركيز أيونات الناتج HCO_3^- وH_3O^+ وبالتالي يرتفع تركيز أيونات OH^-
- فتتحفز الكلى لتعويض النقص في أيونات HCO_3^- عن طريق إنتاجها فيزداد تركيز حمض الكربونيك H_2CO_3 وتستقبل أيونات OH^- البروتون من الحمض فيزاح موضع الاتزان إلى اليمين لتكوين HCO_3^- مرة أخرى ويزداد تركيز H_3O^+ من جديد
- تستمر الإزاحة يسار ويمين فيبقى تركيز أيونات H_3O^+ ثابتًا في الدم

الأجهزة الحيوية التي تساهم في ذلك:

- الكلى: تضبط تركيز أيونات HCO_3^-، تزيد إفرازها إلى الدم لو نقصت، وتزيد معدل امتصاصها لو زادت
- الرئة: تمتص الزيادة من تركيز حمض الكربونيك في الدم فيندفع CO_2 من الخلايا إلى الدم، ويتفكك الحمض في الرئة إلى CO_2 وبخار الماء ويتخلص منهما عن طريق التنفس، فالرئة تضبط تركيز CO_2 في الخلايا وتركيز حمض الكربونيك في الدم.

وزارة 2018 شتوية: فسر: آلية عمل الدم كمحلول منظم عند زيادة تركيز أيونات H_3O^+

يزداد H_3O^+ فيتفاعل مع HCO_3^- فيتكون H_2CO_3 ثم يتفكك في الرئة ليكوِّن بخار الماء وثاني أكسيد الكربون لنتخلص منه من خلال عملية التنفس

عدِّد أنواع المحاليل المنظمة

1- محاليل منظمة حمضية 2- محاليل منظمة قاعدية

المحاليل المنظمة الحمضية

ممَّ يتكون المحلول المنظم الحمضي؟

1- حمض ضعيف 2- القاعدة المرافقة للحمض الضعيف

مثال ص61 وعلى نمط مثال ص63

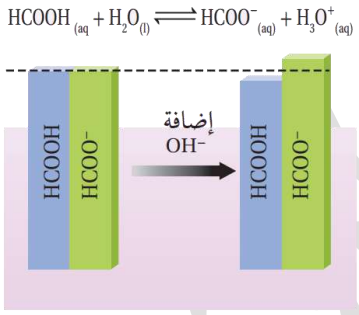
(1) يحتوي محلول حمض الميثانويك HCOOH وملحه HCOONa على:

1- نسبة عالية من جزيئات الحمض غير المتأينة HCOOH
2- نسبة عالية من أيونات القاعدة المرافقة $HCOO^-$ الناتجة من تأين الملح
3- نسبة منخفضة من أيونات H_3O^+

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HCOONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} HCOO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

(2) عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية مثل NaOH تتأين وتنتج أيونات OH^- التي يستهلك معظمها عن طريق تفاعلها مع الحمض HCOOH وبالتالي:

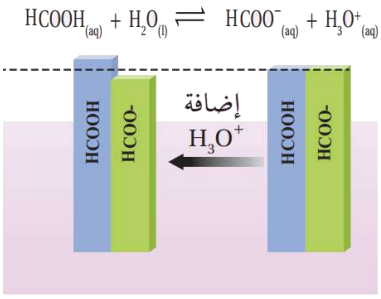


الشكلُ (11): أثَرُ إضافة قاعدة إلى محلول منظم حِمضي.

1- تتكون القاعدة المرافقة $HCOO^-$
2- تركيز الحمض يقل بمقدار تركيز أيونات OH^- المضافة [القاعدة المضافة]
3- يزداد تركيز الأيون المشترك $HCOO^-$ بالمقدار نفسه
4- تتغير النسبة بين تركيز الحمض وقاعدته المرافقة بدرجة قليلة
5- يتغير تركيز H_3O^+ بنسبة صغيرة جدًّا
6- يتغير الرقم الهيدروجيني pH للمحلول تغيرًا صغيرًا جدًّا

(3) عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي مثل HCl تتأين وتنتج أيونات H_3O^+ التي يستهلك معظمها عن طريق تفاعلها مع القاعدة المرافقة $HCOO^-$ وبالتالي:

1- يتكون الحمض HCOOH
2- يقل تركيز القاعدة المرافقة بمقدار تركيز أيونات H_3O^+ المضافة [الحمض المضاف]
3- ويزداد تركيز الحمض HCOOH بالمقدار نفسه
4- تتغير النسبة بين تركيز الحمض وقاعدته المرافقة بدرجة قليلة
5- يتغير تركيز H_3O^+ بنسبة صغيرة جدًّا
6- يتغير الرقم الهيدروجيني pH للمحلول تغيرًا صغيرًا جدًّا



الشكلُ (12): أثَرُ إضافة حِمض إلى محلول منظِّم حِمضي.

مثال(28) ص62: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول يتكون من حمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه 0.5 M والملح إيثانوات الصوديوم CH_3COONa تركيزه 0.5 M ثم أقارنه بالرقم الهيدروجيني للمحلول بعد إضافة 0.01 mol من القاعدة القوية NaOH إلى 1 L من المحلول علمًا أن $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$ $\log 1.7 = 0.23$ $\log 1.63 = 0.21$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} CH_3COO^-{}_{(aq)} + Na^+{}_{(aq)}$$

نطبق نفس حسابات الأيون المشترك قبل إضافة القاعدة القوية

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = 0.5\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[H_3O^+]$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow \frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{1.7 \times 10^{-5} \times 0.5}{0.5} = 1.7 \times 10^{-5} M$$

$$pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(1.7 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1.7 = 5 - 0.23 = 4.77$$

القاعدة القوية تتأين كليًّا وتركيز أيوناتها نفس تركيزها

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{1} = 0.01\ M$$

$$[NaOH] = [OH^-] = 0.01\ M$$

يقل تركيز الحمض CH_3COOH بنفس مقدار تركيز OH^- لأنها تفاعل معها

$$[CH_3COOH] = 0.5 - 0.01 = 0.49\ M$$

يزداد تركيز القاعدة المرافقة CH_3COO^- بنفس المقدار لأنها تكونت:

$$[CH_3COO^-] = 0.5 + 0.01 = 0.51\ M$$

نحسب تركيز H_3O^+ الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$\frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{1.7 \times 10^{-5} \times 0.49}{0.51} = 1.63 \times 10^{-5} M$$
$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(1.63 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1.63 = 5 - 0.21 = 4.79$$

$$\Delta pH = pH_2 - pH_1 = 4.79 - 4.77 = 0.02$$

ارتفاع قليل جدًّا في الرقم الهيدروجيني والسبب أننا أضفنا قاعدة فسيرتفع pH

مثال(29) ص63: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول يتكون من حمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه 0.5 M والملح إيثانوات الصوديوم CH_3COONa تركيزه 0.5 M ثم أقارنه بالرقم الهيدروجيني للمحلول بعد إضافة 0.01 mol من الحمض القوي HCl إلى 1 L من المحلول علمًا أن $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$ $\log 1.77 = 0.25$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$
$$CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} CH_3COO^-{}_{(aq)} + Na^+{}_{(aq)}$$

نطبق نفس حسابات الأيون المشترك قبل إضافة القاعدة القوية

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = 0.5\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[H_3O^+]$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow \frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = [H_3O^+]$$
$$[H_3O^+] = \frac{1.7 \times 10^{-5} \times 0.5}{0.5} = 1.7 \times 10^{-5} M$$
$$pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(1.7 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1.7 = 5 - 0.23 = 4.77$$

الحمض القوي يتأين كليًّا وتركيز أيوناته نفس تركيزه

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{1} = 0.01\ M$$
$$[HCl] = [H_3O^+] = 0.01\ M$$

يقل تركيز القاعدة المرافقة CH_3COO^- بنفس مقدار تركيز H_3O^+ لأنها تفاعلت معه

$$[CH_3COO^-] = 0.5 - 0.01 = 0.49\ M$$

يزداد تركيز الحمض CH_3COOH بنفس المقدار لأنه تكونت:

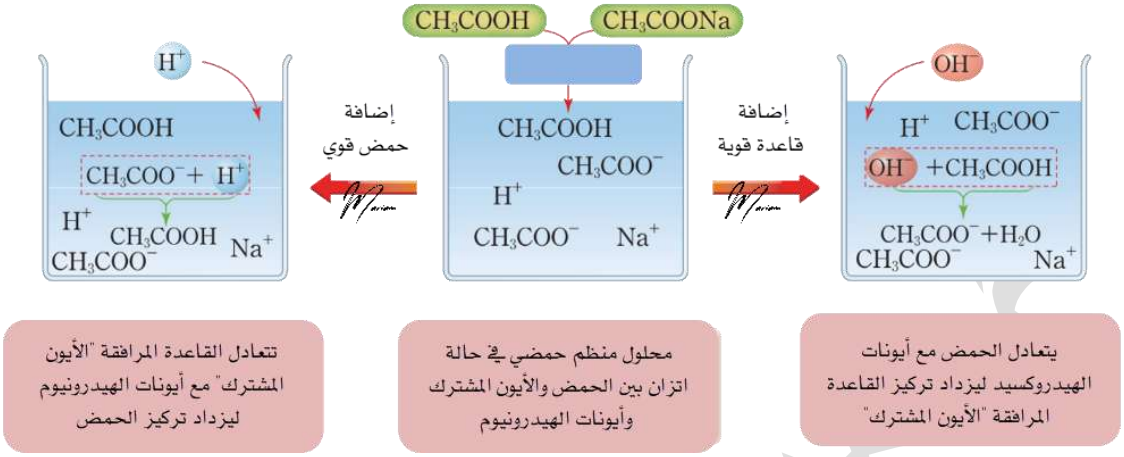
$$[CH_3COOH] = 0.5 + 0.01 = 0.51\ M$$

نحسب تركيز H_3O^+ الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$\frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = [H_3O^+]$$
$$[H_3O^+] = \frac{1.7 \times 10^{-5} \times 0.51}{0.49} = 1.77 \times 10^{-5} M$$

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(1.77 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1.77 = 5 - 0.25 = 4.75$$
$$\Delta pH = pH_2 - pH_1 = 4.75 - 4.77 = -0.02$$

انخفاض قليل جدًّا في الرقم الهيدروجيني، والسبب أننا أضفنا حمض فسينخفض pH



أتحقق ص64: (1) أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول منظم يتكون من كل من حمض البنزويك C_6H_5COOH وملح بنزوات الصوديوم C_6H_5COONa تركيز كل منهما $0.2\ M$

علمًا أن $K_a = 6.3 \times 10^{-5}$ $\log 6.96 = 0.84$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$
$$C_6H_5COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + Na^+{}_{(aq)}$$
$$[C_6H_5COO^-] = [C_6H_5COONa] = 0.2\ M$$
$$K_a = \frac{[C_6H_5COO^-][H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]} \Rightarrow \frac{K_a \times [C_6H_5COOH]}{[C_6H_5COO^-]} = [H_3O^+]$$
$$[H_3O^+] = \frac{6.3 \times 10^{-5} \times 0.2}{0.2} = 6.3 \times 10^{-5} M$$
$$pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(6.3 \times 10^{-5}) = 5 - \log 6.3 = 5 - 0.8 = 4.2$$

(2) أحسب الرقم الهيدروجيني للمحلول السابق عند إضافة $0.01\ mol$ من الحمض HBr إلى $1\ L$ من المحلول، أهمل التغير في الحجم $\log 6.3 = 0.8$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{1} = 0.01\ M$$
$$[HBr] = [H_3O^+] = 0.01\ M$$
$$[C_6H_5COO^-] = 0.2 - 0.01 = 0.19\ M$$
$$[C_6H_5COOH] = 0.2 + 0.01 = 0.21\ M$$
$$[H_3O^+] = \frac{6.3 \times 10^{-5} \times 0.21}{0.19} = 6.96 \times 10^{-5} M$$
$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(6.96 \times 10^{-5}) = 5 - \log 6.96 = 5 - 0.84 = 4.16$$

أسئلة وزارية: المحاليل المنظمة الحمضية

وزارة 2009/2000 شتوية/2013 شتوية/2013 صيفية: محلول منظم مكون من حمض CH_3COOH تركيزه 0.4 M وملح CH_3COONa تركيزه 0.5 M علمًا أن: $K_a = 2 \times 10^{-5}$

$Mr(NaOH) = 40\ g/mol$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك [2 علامة]

هو القاعدة المرافقة للحمض الضعيف CH_3COO^-

2- احسب $[H_3O^+]$ في المحلول [2 علامة]

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$CH_3COONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = 0.5\ M$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{2 \times 10^{-5} \times 0.4}{0.5} = 1.6 \times 10^{-5} M$$

3- كم كتلة NaOH الصلب يجب إذابتها في لتر من المحلول المنظم لتصبح قيمة pH للمحلول النهائي = 5 [4 علامة]

$$[NaOH] = [OH^-] = x$$

$$[CH_3COO^-] = 0.5 + x \qquad [CH_3COOH] = 0.4 - x$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-5} M$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = \frac{0.5 + x \times 1 \times 10^{-5}}{0.4 - x}$$

$$2 \times (0.4 - x) = 0.5 + x \Rightarrow 0.8 - 2x = 0.5 + x \Rightarrow x = \frac{0.3}{3} = 0.1$$

$$[NaOH] = [OH^-] = 0.1$$

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow n = M \times V = 0.1 \times 1 = 0.1\ mol \Rightarrow m = n \times Mr = 0.1 \times 40 = 4\ g$$

تتكرر فكرة الوزارة مع تغيير الحمض الضعيف وملحه، أو تغيير القاعدة القوية المضافة، فكرة فرع (4)

وزارة 2001 شتوية/2014 شتوية: تم تحضير محلول منظم من حمض CH_3COOH تركيزه 0.2 M والملح CH_3COONa فكانت قيمة pH للمحلول = 5، علمًا أن: $K_a = 2 \times 10^{-5}$

1- احسب $[CH_3COONa]$ في المحلول المنظم [2 علامة]

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = x$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-5} M$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow [CH_3COO^-] = \frac{2 \times 10^{-5} \times 0.2}{1 \times 10^{-5}} = 0.4\ M$$

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = 0.4\ M$$

2- احسب $[H_3O^+]$ في المحلول المنظم إذا أضيف إلى لتر واحد منه 0.1 mol من حمض HCl [4 علامة]

$$[HCl] = [H_3O^+] = \frac{0.1}{1} = 0.1\ M$$

$$[CH_3COO^-] = 0.4 - 0.1 = 0.3 \qquad [CH_3COOH] = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = \frac{0.3 \times [H_3O^+]}{0.3}$$

$$[H_3O^+] = 2 \times 10^{-5}\ M$$

وزارة 2010 شتوية/2011 شتوية/2014 صيفية: محلول منظم يتكون من RCOOH و RCOONa تركيز كل منهما 0.5 M

1- ما صيغة الأيون المشترك؟ [2 علامة]

$RCOO^-$

2- احسب pH للمحلول علمًا أن $K_a = 1 \times 10^{-6}$ [2 علامة]

$$K_a = \frac{[RCOO^-][H_3O^+]}{[RCOOH]} \Rightarrow 1 \times 10^{-6} = \frac{0.5 \times [H_3O^+]}{0.5}$$

$$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} M$$

$$pH = -\log 1 \times 10^{-6} = 6$$

3- احسب $[H_3O^+]$ بعد إضافة 0.3 mol من HCl إلى لتر من المحلول (إهمال تغير الحجم) [3 علامة]

$[HCl] = 0.3\ M \qquad [RCOO^-] = 0.5 - 0.3 = 0.2\ M \qquad [RCOOH] = 0.5 + 0.3 = 0.8\ M$

$$K_a = 1 \times 10^{-6} = \frac{0.2[H_3O^+]}{0.8}$$

$$[H_3O^+] = 4 \times 10^{-6} M$$

يتكرر نمط السؤال مع تغيير الصيغ والمادة القوية المضافة حمض أو قاعدة في فرع 3

وزارة 2010 صيفية: محلول مكون من الحمض HOCl تركيزه 0.3 M والملح NaOCl فإذا علمت أن $K_a = 3 \times 10^{-8}$

4- ما صيغة الأيون المشترك؟ [2 علامة]

OCl^- أو ClO^-

5- احسب تركيز الملح إذا كانت pH = 8 [4 علامة]

$$[H_3O^+] = 10^{-8} M$$

$$K_a = \frac{[OCl^-][H_3O^+]}{[HOCl]} \Rightarrow 3 \times 10^{-8} = \frac{[OCl^-] \times 10^{-8}}{0.3}$$

$$[OCl^-] = 0.9$$

6- احسب $[H_3O^+]$ بعد إذابة 0.1 M من HCl في المحلول (إهمال تغير الحجم)[4 علامة]

$[HCl] = 0.1\ M \qquad [OCl^-] = 0.9 - 0.1 = 0.8\ M \qquad [HOCl] = 0.3 + 0.1 = 0.4\ M$

$$K_a = 3 \times 10^{-8} = \frac{0.8[H_3O^+]}{0.4}$$
$$[H_3O^+] = 1.5 \times 10^{-8} M$$

وزارة 2011 صيفية: المحلول الذي يصلح كمحلول منظم هو: [2 علامة]

-1	HCN/NO_2^-	-2	HNO_3/NO_3^-
-3	H_2CO_3/HCO_3^-	-4	$HClO_4/ClO_4^-$

الإجابة (3): المحلول المنظم حمض ضعيف وقاعدته المرافقة أو قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق

وزارة 2013 شتوية: أي الآتية يصلح كمحلول منظم [2 علامة]

-1	$HNO_3/NaNO_2$	-2	$HNO_2/NaNO_3$
-3	$H_2SO_4/NaHSO_4$	-4	$H_2SO_3/NaHSO_3$

الإجابة (4): أيضًا نفهمها هكذا: المحلول المنظم حمض ضعيف وملحه أو قاعدة ضعيفة وملحها

وزارة 2015 شتوية: محلول منظم حجمه 1 L يتكون من الحمض HX وملحه KX لهما نفس التركيز فإذا كانت قيمة pH للمحلول تساوي 5 وعند إضافة 0.1 mol من HCl إلى لتر من المحلول أصبحت قيمة $pH = 4.85$ $(\log 1.4 = 0.15)$

1- احسب K_a للحمض [2 علامة]

$$pH = 5$$
$$[H_3O^+] = 10^{-5}$$
$$[X^-] = [HX]$$
$$K_a = \frac{[X^-][H_3O^+]}{[HX]} = \frac{[X^-] \times 10^{-5}}{[HX]} = 10^{-5}$$

2- التركيز الابتدائي للملح KX مع إهمال تغير الحجم [6 علامة]

$$pH = 4.85$$
$$[H_3O^+] = 10^{(-4.85+5)-5} = 10^{0.15} \times 10^{-5} = 1.4 \times 10^{-5} M$$
$$[HCl] = 0.1M \qquad [X^-] = [HX] = x$$
$$[X^-] = x - 0.1 \qquad [HX] = x + 0.1$$

$$K_a = \frac{[X^-][H_3O^+]}{[HX]}$$
$$10^{-5} = \frac{(x - 0.1)1.4 \times 10^{-5}}{(x + 0.1)} \quad \Rightarrow \quad x = 0.6\ M$$

3- ما طبيعة تأثير محلول الملح KX [2 علامة]

قاعدي

وزارة 2015 صيفية/2019 صيفية: محلول منظم مكون من حمض H_2CO_3 تركيزه 0.3 M وملح $KHCO_3$ تركيزه 0.3 M علمًا أن: $K_a = 4 \times 10^{-7}$

$\log 2 = 0.3 \quad \log 4 = 0.6$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك [2 علامة]

هو القاعدة المرافقة للحمض الضعيف HCO_3^-

2- احسب pH في المحلول [3 علامة]

$$[HCO_3^-] = 0.3\ M$$

$$K_a = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3]} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{4 \times 10^{-7} \times 0.3}{0.3} = 4 \times 10^{-7} M$$

$$pH = -\log 4 \times 10^{-7} = 7 - 0.6 = 6.4$$

3- احسب pH في المحلول بعد إضافة محلول القاعدة $Ba(OH)_2$ بتركيز 0.05 M إلى لتر من المحلول السابق [أهمل التغير في الحجم] [5 علامة]

$$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{2+} + 2OH^-$$

$$2[Ba(OH)_2] = [OH^-] = 0.1\ M$$

$$[HCO_3^-] = 0.3 + 0.1 = 0.4 \qquad [H_2CO_3] = 0.3 - 0.1 = 0.2$$

$$K_a = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3]} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{4 \times 10^{-7} \times 0.2}{0.4} = 2 \times 10^{-7} M$$

$$pH = -\log 2 \times 10^{-7} = 7 - 0.3 = 6.7$$

القاعدة ثنائية الهيدروكسيد غير مطلوبة في منهاجنا، كانت في المناهج القديمة قبل 2017، تكرر نمط السؤال في وزارة 2019 مع تعديل الفرع 3 إلى قاعدة NaOH

وزارة 2016 صيفية: محلول مكون من حمض HX تركيزه 0.4 M وملحه BaX_2 تركيزه 0.2 M علمًا أن: $K_a = 1 \times 10^{-5} \quad \log \frac{5}{3} = 0.2$

1- احسب pH في المحلول [3 علامة]

انتبه: هنا معادلة تفكك الملح مهمة في الحسابات

$$BaX_2 \rightarrow Ba^{2+} + 2X^-$$

$$0.2 \rightarrow 0.2 + 0.4$$

$$[X^-] = 0.4 \quad [HX] = 0.4$$

$$K_a = \frac{[X^-][H_3O^+]}{[HX]} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-5} \times 0.4}{0.4} = 1 \times 10^{-5} M$$

$$pH = -\log 1 \times 10^{-5} = 5$$

2- احسب pH في المحلول بعد إضافة محلول القاعدة HCl بتركيز 0.1 M [5 علامة]

$$[X^-] = 0.4 - 0.1 = 0.3 \qquad [HX] = 0.4 + 0.1 = 0.5$$

$$K_a = \frac{[X^-][H_3O^+]}{[HX]} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-5} \times 0.5}{0.3} = \frac{5}{3} \times 10^{-5} M$$

$$pH = -\log\frac{5}{3}\times 10^{-5} = 5 - \log\frac{5}{3} = 5 - 0.2 = 4.8$$

القاعدة ثنائية الهيدروكسيد غير مطلوبة في منهاجنا، كانت في المناهج القديمة

وزارة 2018 شتوية: ما المفهوم العلمي لـ: المحلول الذي يحتوي على حمض ضعيف وأحد أملاحه من قاعدة قوية [2 علامة]

محلول منظم حمضي

وزارة 2019 شتوية: ما نوع المحلول المنظم المكون من HNO_2 و $NaNO_2$؟ [2 علامة]

محلول منظم حمضي

وزارة 2019 صيفية: ما نوع المحلول المنظم المكون من HCN و NaCN؟ [2 علامة]

محلول منظم حمضي

وزارة 2019 تكميلي: أي الآتية لا يصلح كمحلول منظم؟ [2 علامة]

-1	CH_3COOH/CH_3COONa	-2	HNO_2/NO_3^-

الإجابة (2)

ورقة عمل: المحاليل المنظمة الحمضية

تدريب: محلول منظم يتكون من RCOOH و RCOONa تركيز كل منهما 0.6 M

1- ما صيغة الأيون المشترك؟

2- احسب pH للمحلول علمًا أن $K_a = 1 \times 10^{-6}$

3- احسب $[H_3O^+]$ بعد إضافة 0.3 mol من HCl إلى لتر من المحلول (إهمال تغير الحجم)

4- احسب $[H_3O^+]$ بعد إضافة 0.3 mol من KOH إلى لتر من المحلول (إهمال تغير الحجم)

م. مريم السرطاوي

المحاليل المنظمة القاعدية

ممَّ يتكون المحلول المنظم القاعدي؟

2- قاعدة ضعيفة 2- الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة

مثال ص64 وص66

(1) يحتوي محلول القاعدة NH_3 وملحها NH_4Cl على:

1- نسبة عالية من جزيئات القاعدة غير المتأينة NH_3

2- نسبة عالية من أيونات الحمض المرافق NH_4^+ الناتج من تأين الملح

3- نسبة منخفضة من أيونات OH^-

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

(2) عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية مثل NaOH تتأين وتنتج أيونات OH^- التي يستهلك معظمها عن طريق تفاعلها مع الحمض المرافق NH_4^+ وبالتالي:

1- تتكون القاعدة NH_3

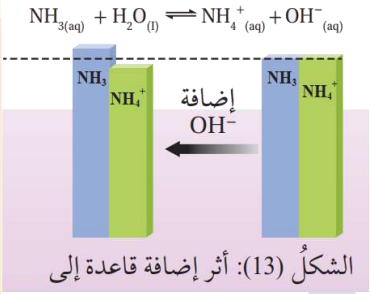
2- يزداد تركيز القاعدة بمقدار تركيز أيونات OH^- المضافة [القاعدة المضافة]

3- يقل تركيز الأيون المشترك NH_4^+ بالمقدار نفسه

4- تتغير النسبة بين تركيز القاعدة وحمضها المرافق بدرجة قليلة

5- يتغير تركيز OH^- بنسبة صغيرة جدًّا

6- يتغير الرقم الهيدروجيني pH للمحلول تغيرًا صغيرًا جدًّا



الشكلُ (13): أثر إضافة قاعدة إلى محلول منظم قاعدي.

(3) عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي مثل HCl تتأين وتنتج أيونات H_3O^+ التي يستهلك معظمها عن طريق تفاعلها مع القاعدة NH_3 وبالتالي:

1- يتكون الحمض المرافق "الأيون المشترك" NH_4^+

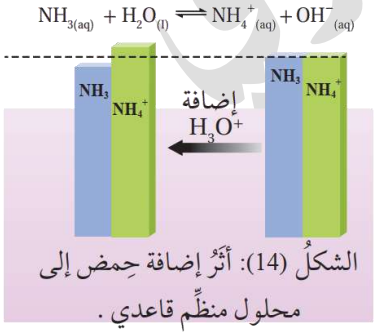
2- يقل تركيز القاعدة NH_3 بمقدار تركيز أيونات H_3O^+ المضافة [الحمض المضاف]

3- ويزداد تركيز الحمض المرافق "الأيون المشترك" NH_4^+ بالمقدار نفسه

4- تتغير النسبة بين تركيز القاعدة وحمضها المرافق بدرجة قليلة

5- يتغير تركيز H_3O^+ بنسبة صغيرة جدًّا

6- يتغير الرقم الهيدروجيني pH للمحلول تغيرًا صغيرًا جدًّا



الشكلُ (14): أثَرُ إضافة حِمض إلى محلول منظِّم قاعدي .

مثال(30) ص65: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول منظم يتكون من الأمونيا NH_3 تركيزها 0.5 M والملح NH_4Cl تركيزه 0.5 M ثم أقارنه بالرقم الهيدروجيني للمحلول بعد إضافة 0.01 mol من القاعدة القوية NaOH إلى 1 L من المحلول [أهمل التغير في الحجم]

علمًا أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ $\log 5.3 = 0.72$ $\log 5.5 = 0.74$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {NH_4}^+_{(aq)} + {OH}^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {NH_4}^+_{(aq)} + {Cl}^-_{(aq)}$$

نطبق نفس حسابات الأيون المشترك قبل إضافة القاعدة القوية

$$[NH_4^+] = [NH_4Cl] = 0.5\ M$$

نعوض تركيز القاعدة وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[OH^-]$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_b \times [NH_3]}{[NH_4^+]} = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.5}{0.5} = 1.8 \times 10^{-5} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{18 \times 10^{-6}} = 5.5 \times 10^{-10} M$$

$$pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(5.5 \times 10^{-10}) = 10 - \log 5.5 = 10 - 0.74 = 9.26$$

إضافة القاعدة القوية: تتأين كليًّا وتركيز أيوناتها نفس تركيزها

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{1} = 0.01\ M$$

$$[NaOH] = [OH^-] = 0.01\ M$$

يقل تركيز الحمض المرافق ${NH_4}^+$ بنفس مقدار تركيز OH^- لأنها تفاعل معها

$$[NH_4^+] = 0.5 - 0.01 = 0.49\ M$$

يزداد تركيز القاعدة NH_3 بنفس المقدار لأنها تكونت:

$$[NH_3] = 0.5 + 0.01 = 0.51\ M$$

نحسب تركيز OH^- الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$[OH^-] = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.51}{0.49} = 1.87 \times 10^{-5} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.87 \times 10^{-5}} = \frac{1000 \times 10^{-17}}{187 \times 10^{-7}} = 5.3 \times 10^{-10} M$$

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(5.3 \times 10^{-10}) = 10 - \log 5.3 = 10 - 0.72 = 9.28$$

ارتفاع قليل جدًّا في الرقم الهيدروجيني بمقدار (0.02)

مثال(31) ص66: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول منظم يتكون من الأمونيا NH_3 تركيزها 0.5 M والملح NH_4Cl تركيزه 0.5 M ثم أقارنه بالرقم الهيدروجيني للمحلول بعد إضافة 0.01 mol من الحمض القوي HCl إلى 1 L من المحلول [أهمل التغير في الحجم]

علمًا أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ $\log 5.8 = 0.76$

معادلات التأين والتفكك للمحلول السابق في مثال (30)

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {NH_4}^+_{(aq)} + {OH}^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {NH_4}^+_{(aq)} + {Cl}^-_{(aq)}$$

قيمة الرقم الهيدروجيني للمحلول السابق

$$[pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(5.5 \times 10^{-10}) = 10 - \log 5.5 = 10 - 0.74 = 9.26$$

الحمض القوي يتأين كليًّا وتركيز أيوناته نفس تركيزه

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{1} = 0.01\ M$$

$$[HCl] = [H_3O^+] = 0.01\ M$$

يقل تركيز القاعدة NH_3 بنفس مقدار تركيز H_3O^+ لأنها تفاعلت معه

$$[NH_3] = 0.5 - 0.01 = 0.49\ M$$

يزداد تركيز الحمض المرافق ${NH_4}^+$ بنفس المقدار لأنه تكونت:

$$[{NH_4}^+] = 0.5 + 0.01 = 0.51\ M$$

نحسب تركيز OH^- الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$[OH^-] = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.49}{0.51} = 1.73 \times 10^{-5} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.73 \times 10^{-5}} = \frac{1000 \times 10^{-17}}{173 \times 10^{-7}} = 5.8 \times 10^{-10} M$$

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(5.8 \times 10^{-10}) = 10 - \log 5.8 = 10 - 0.76 = 9.24$$

انخفاض قليل جدًّا في الرقم الهيدروجيني بمقدار (0.02)

أتحقق ص67: (1) أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول منظم يتكون من القاعدة ميثيل أمين CH_3NH_2 تركيزها 0.15 M والملح ميثيل كلوريد الأمونيوم CH_3NH_3Cl تركيزه 0.2 M

علمًا أن $K_b = 4.4 \times 10^{-4}$ $\log 3.03 = 0.48$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {CH_3NH_3}^+_{(aq)} + {OH}^-_{(aq)}$$

$$CH_3NH_3Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {CH_3NH_3}^+_{(aq)} + {Cl}^-_{(aq)}$$

$$[{CH_3NH_3}^+] = [CH_3NH_3Cl] = 0.2\ M$$

نعوض تركيز القاعدة وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[OH^-]$

$$K_b = \frac{[{CH_3NH_3}^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]} \Rightarrow \frac{K_b \times [CH_3NH_2]}{[{CH_3NH_3}^+]} = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{4.4 \times 10^{-4} \times 0.15}{0.2} = 3.3 \times 10^{-4} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.3 \times 10^{-4}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{33 \times 10^{-5}} = 3.03 \times 10^{-11} M$$

$$pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(3.03 \times 10^{-11}) = 11 - \log 3.03 = 11 - 0.48 = 10.52$$

(2) أحسب الرقم الهيدروجيني للمحلول السابق إذا أضيف 0.01 mol من حمض الهيدروبروميك HBr إلى 500 mL من المحلول، أهمل التغير في الحجم $\log 3.8 = 0.58$

الحمض القوي يتأين كليًّا وتركيز أيوناته نفس تركيزه

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.01}{0.50} = 0.02\ M$$

$$[HCl] = [H_3O^+] = 0.02\ M$$

يقل تركيز القاعدة CH_3NH_2 بنفس مقدار تركيز H_3O^+ لأنها تفاعلت معه

$$[CH_3NH_2] = 0.15 - 0.02 = 0.13\ M$$

يزداد تركيز الحمض المرافق ${CH_3NH_3}^+$ بنفس المقدار لأنه تكونت:

$$[{CH_3NH_3}^+] = 0.2 + 0.02 = 0.22\ M$$

نحسب تركيز OH^- الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$[OH^-] = \frac{4.4 \times 10^{-4} \times 0.13}{0.22} = 2.6 \times 10^{-4} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2.6 \times 10^{-4}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{26 \times 10^{-5}} = 3.8 \times 10^{-11} M$$

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(3.8 \times 10^{-11}) = 11 - \log 3.8 = 11 - 0.58 = 10.42$$

انخفاض قليل جدًّا في الرقم الهيدروجيني بمقدار (0.1)

أسئلة وزارية: المحاليل المنظمة القاعدية

وزارة 1997: محلول منظم حجمه 1 L مكون من القاعدة NH_3 تركيزها 0.4 M والملح NH_4Cl مجهول التركيز فإذا علمت أن pH للمحلول تساوي 9 و ثابت تأين القاعدة $K_b = 2 \times 10^{-5}$:

1- اكتب صيغة الأيون المشترك في المحلول [3 علامة]

هو الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة NH_4^+

2- احسب تركيز الملح في المحلول [3 علامة]

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

مطلوب $[NH_4Cl]$ وتركيزها يساوي تركيز أيوناتها $[NH_4Cl] = [NH_4^+]$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow [NH_4^+] = \frac{[NH_3]K_b}{[OH^-]}$$
$$pOH = 14 - pH = 14 - 9 = 5$$
$$[OH^-] = 10^{-5}M$$
$$[NH_4^+] = \frac{4 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-5}} = 8 \times 10^{-1} = 0.8\ M$$
$$[NH_4Cl] = 0.8\ M$$

3- ماذا يصبح $[OH^-]$ في المحلول المنظم إذا أضيف إليه 0.2 mol من HCl؟ (أهمل تغير الحجم) [3 علامة]

$$[HCl] = [H_3O^+] = \frac{0.02\ mol}{1\ L} = 0.2\ M$$
$$[NH_3] = 0.4 - 0.2 = 0.2\ M$$
$$[NH_4^+] = 0.8 + 0.2 = 1\ M$$
$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{[NH_3]K_b}{[NH_4^+]}$$
$$[OH^-] = \frac{2 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-5}}{1} = 4 \times 10^{-6}M$$

وزارة 2009/1999 صيفية/2012 شتوية: محلول منظم حجمه 1 L مكون من القاعدة N_2H_4 تركيزها 0.1 M والملح N_2H_5Br بتركيز 0.2 M، ثابت تأين القاعدة $K_b = 1 \times 10^{-6}$:

3- اكتب معادلة تأين N_2H_4 في الماء محلول في أسئلة وزارية: مفهوم برونستد

4- اكتب صيغة الأيون المشترك في المحلول [2 علامة]

هو الحمض المرافق للقاعدة الضعيفة $N_2H_5^+$

5- احسب قيمة pH بعد إضافة 2 g من NaOH الصلب إلى المحلول المنظم (أهمل التغير في الحجم) علمًا أن الكتلة المولية $(Mr_{NaOH} = 40\ g/mol)$ [4 علامة]

$$[NaOH] = [OH^-]$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{2}{40} = 0.05\ mol \Rightarrow M = \frac{n}{V} = \frac{0.05}{1} = 0.05\ M$$

إضافة قاعدة قوية: نجمعها مع القاعدة مثلها ونطرحها من الحمض لأنه تفاعل معها، واكتب معادلة تأين القاعدة وتفكك الملح لتحدد ذلك إذا نسيت

$$[N_2H_5^+] = 0.2 - 0.05 = 0.15\ M$$
$$[N_2H_4] = 0.1 + 0.05 = 0.15\ M$$
$$K_b = \frac{[N_2H_5^+][OH^-]}{[N_2H_4]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{0.15 \times 1 \times 10^{-6}}{0.15} = 1 \times 10^{-6} M$$
$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8} M \Rightarrow pH = -\log 1 \times 10^{-8} = 8$$

تشابه قريب لأفكار السؤال في وزارة 2009 مع تغيير القاعدة وملحها إلى C_5H_5N و C_5H_5NHBr

وزارة 2008 شتوية: محلول مكون من CH_3NH_2 تركيزه 0.5 M و CH_3NH_3Cl بتركيز 0.4 M، ثابت تأين القاعدة $K_b = 4 \times 10^{-4}$ log 5=0.7 log 2=0.3

4- احسب قيمة pH للمحلول [3 علامة]

$$K_b = \frac{[CH_3NH_3^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{0.5 \times 4 \times 10^{-4}}{0.4} = 5 \times 10^{-4} M$$
$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-4}} = 0.2 \times 10^{-10} = 2 \times 10^{-11} M \Rightarrow$$
$$pH = -\log 2 \times 10^{-11} = 11 - 0.3 = 10.7$$

5- إذا أضيف 0.2 M من HBr احسب pH بعد الإضافة [3 علامة]

$$[CH_3NH_3^+] = 0.4 + 0.2 = 0.6\ M$$
$$[CH_3NH_2] = 0.5 - 0.2 = 0.3\ M$$
$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{0.3 \times 4 \times 10^{-4}}{0.6} = 2 \times 10^{-4} M$$
$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 0.5 \times 10^{-10} = 5 \times 10^{-11} M \Rightarrow$$
$$pH = -\log 5 \times 10^{-11} = 11 - 0.7 = 10.3$$

وزارة 2013 صيفية: المحلول الذي يصلح كمحلول منظم هو: [2 علامة]

-1	$KClO_4/HClO_4$	-2	$NaNO_3/HNO_2$
-3	$NaCl/HCl$	-4	CH_3NH_2/CH_3NH_2Br

الإجابة (4): المحلول المنظم حمض ضعيف وملحه أو قاعدة ضعيفة وملحها

وزارة 2018 صيفية: أي الآتية يصلح كمحلول منظم قاعدي؟ [2 علامة]

-1	$HOCl/OCl^-$	-2	NH_3/NH_4^+

الإجابة (2)

وزارة 2018 صيفية: أي الآتية يصلح لعمل محلول منظم؟ [2 علامة]

-1	HNO_2/NO_3^-	-2	NH_3/NH_4^+

الإجابة (2)

وزارة 2018 شتوية/2019 تكميلي/2021: محلول منظم حجمه 1 L مكون من C_5H_5N وملحها C_5H_5NHBr لهما نفس التركيز 0.3 M، ثابت تأين القاعدة $K_b = 2 \times 10^{-9}$

1- ما صيغة الأيون المشترك؟ [2 علامة]

$C_5H_5NH^+$

2- إذا أضيف 0.2 M من HCl احسب تركيز $[H_3O^+]$ بعد الإضافة [5 علامة]

$$[C_5H_5NH^+] = 0.3 + 0.2 = 0.5\ M$$

$$[C_5H_5N] = 0.3 - 0.2 = 0.1\ M$$

$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{0.1 \times 2 \times 10^{-9}}{0.5} = 4 \times 10^{-10} M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-10}} = 0.25 \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-5} M$$

في سؤال الوزارة 2019 تكميلي تطابق السؤال لكن المطلوب هو قيمة pH لمحلول الحمض والملح قبل الإضافة، في سؤال وزارة 2021: ما الأيون المشترك لهما مع تغيير صيغة الملح إلى C_5H_5NHCl

وزارة 2019 شتوية: ما نوع المحلول المنظم المكون من NH_3 و NH_4Cl؟ [2 علامة]

محلول منظم قاعدي

م. مريم السرطاوي

ورقة عمل: المحاليل المنظمة القاعدية

تدريب: محلول منظم حجمه 1 L مكون من القاعدة NH_3 تركيزها 0.4 M والملح NH_4Br تركيزه 0.8 M علمًا أن $K_b = 2 \times 10^{-5}$

1- اكتب صيغة الأيون المشترك في المحلول

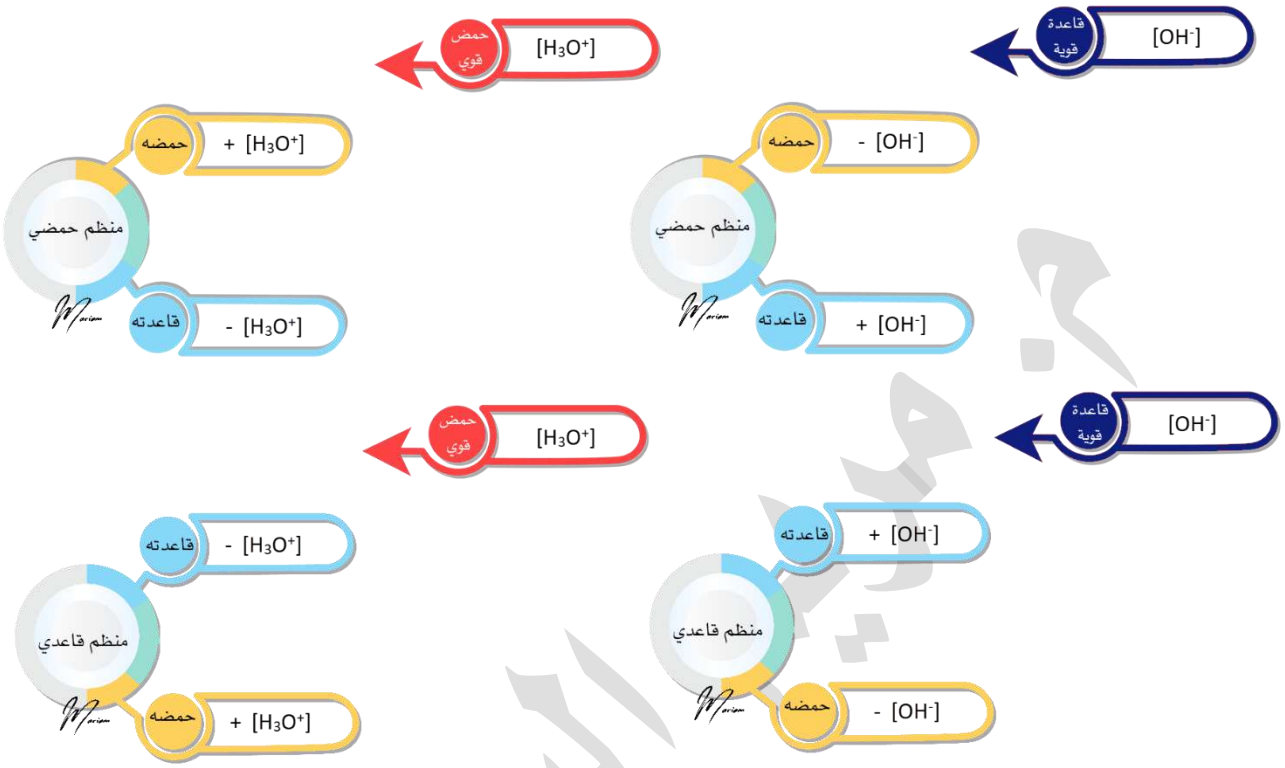
2- احسب الرقم الهيدروجيني في المحلول

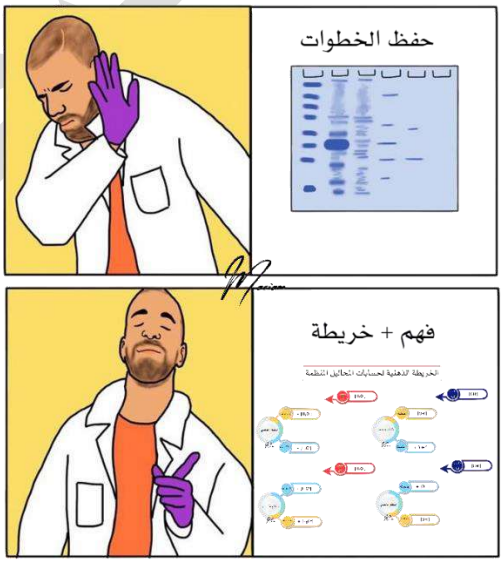
3- ماذا يصبح $[OH^-]$ في المحلول المنظم إذا أضيف إليه 0.2 M من HCl؟

4- ماذا يصبح $[OH^-]$ في المحلول المنظم إذا أضيف إليه 0.2 M من NaOH؟

م. مريم السرطاوي

الخريطة الذهنية لحسابات المحاليل المنظمة





مختلفين **بنطرح** الخلاف

متشابهين **بنجمع** التشابه

أسئلة وزارية: جداول الكوكتيل

وزارة 2004 / 2006 صيفية/2019 شتوية:

في الجدول المجاور خمسة محاليل تركيز كل منها 1 M وبعض المعلومات المتعلقة بها، أدرس المعلومات ثم أجب عما يأتي:

عند النظر إلى الأسئلة عمومًا يتضح أهمية تصنيف المعلومات بالبداية إلى ثوابت تأين

المحلول	المعلومات
حمض HA	$[A^-] = 8 \times 10^{-3} M$
قاعدة B	$[H_3O^+] = 2.5 \times 10^{-10} M$
حمض HX	$K_a = 5 \times 10^{-7}$
قاعدة C	$K_b = 1 \times 10^{-7}$
حمض HD	$pH = 3$

المحلول	K_a / K_b
حمض HA	6.4×10^{-5}
قاعدة B	1.6×10^{-9}
حمض HX	5×10^{-7}
قاعدة C	1×10^{-7}
حمض HD	1×10^{-6}

1- حدد أقوى حمض وأضعف حمض [2 علامة]

أقوى حمض أعلى K_a وهو HA

أضعف حمض أقل K_a وهو HX

2- احسب K_b للقاعدة B [4 علامة]

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2.5 \times 10^{-10}} = 4 \times 10^{-5}\ M$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{4 \times 10^{-5} \times 4 \times 10^{-5}}{1} = 16 \times 10^{-10}$$

$$K_b = 1.6 \times 10^{-9}$$

3- أي القاعدتين أقوى B أم C؟ [2 علامة]

أقوى قاعدة لها أعلى K_b وهي C

4- ما أثر إضافة ملح NaX إلى محلول حمض HX على قيمة pH للحمض؟ [2 علامة]

ملح قاعدي فتزداد قيمة pH

يتكرر النمط الوزاري مع تغيير القيم وصيغ بعض الأسئلة، لذا مهم أن تفهم الأفكار بشكل عام وتتعلم مهارات هذه الأسئلة المتنوعة

وزارة 2013/2008 صيفية: يبين الجدول الآتي الرقم الهيدروجيني لعدد من المحاليل الافتراضية

(log 3=0.5) (log 2=0.3)

المحلول	A	B	C	D	E	F
pH	4.5	8.7	0	7	12	1

1- فأي المحاليل القاعدة الأقوى؟ [2 علامة]

القاعدة أعلى من 7، فالأقوى هي E

2- محلول NaCl [2 علامة]

هذا الملح متعادل pH = 7 فهو D

3- محلول HNO_3 تركيزه 0.1 M [2 علامة]

حمض قوي يتأين كليًا فهو F

$$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-1}M \quad pH = -\log 1 \times 10^{-1} = 1 - 0 = 1$$

4- قاعدة يكون فيها $[OH^-] = 5 \times 10^{-6}M$ [2 علامة]

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-9}M$$
$$pH = -\log 2 \times 10^{-9} = 9 - \log 2 = 9 - 0.3 = 8.7$$
B

5- حمض فيه $[H_3O^+] = 3 \times 10^{-5}M$ [2 علامة]

$$pH = -\log 3 \times 10^{-5} = 5 - \log 3 = 5 - 0.5 = 4.5$$
A

يتكرر النمط الوزاري مع تعديلات

وزارة 2009 صيفية/2016 شتوية: لديك خمسة محاليل مائية بتراكيز محددة معتمدًا على المعلومات الواردة في الجدول، علمًا أن: $\sqrt{1.47} = 1.2$ $\log 2 = 0.3$ $\log 1.2 = 0.08$

المحلول	المعلومات	التركيز M
HCN	$K_a = 4.9 \times 10^{-10}$	0.3
HNO_2	$[NO_2^-] = 2.1 \times 10^{-2}$	0.3
N_2H_4	$K_b = 1 \times 10^{-6}$	0.2
NH_3	$[NH_4^+] = 1.9 \times 10^{-3}$	0.2
N_2H_5Cl	$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$	0.5

1- احسب قيمة الرقم الهيدروجيني لمحلول HCN [3 علامة]

$$[H_3O^+] = \sqrt{4.9 \times 10^{-10} \times 3 \times 10^{-1}} = \sqrt{1.47 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-5}\ M$$
$$pH = -\log 1.2 \times 10^{-5} = 5 - 0.08 = 4.92$$

2- احسب K_b لمحلول NH_3 [2 علامة]

$$K_b = \frac{1.9 \times 10^{-3} \times 1.9 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-1}} = 1.8 \times 10^{-5}$$

3- ما صيغة الحمض المرافق الأقوى؟ [1 علامة]

الحمض المرافق الأقوى يكون للقاعدة الأضعف والأقل K_b وهي N_2H_4 وصيغتها $N_2H_5^+$

4- أي الحمضين له أعلى K_a (HNO_2 أم HCN)؟ [1 علامة]

نحسب K_a للحمض HNO_2

$$K_a = \frac{2.1 \times 10^{-2} \times 2.1 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-1}} = 1.47 \times 10^{-3}$$

$$HNO_2 > HCN$$

تتكرر فكرة السؤال مع تعديلات، الطالب المتمكن من المفاهيم سيحل أي سؤال كوكتيل بإذن الله تعالى

وزارة 2014 شتوية: في الجدول المجاور محاليل قواعد وحموض ضعيفة متساوية التركيز وبعض المعلومات المتعلقة بها، أدرس المعلومات ثم أجب عما يأتي:

المحلول	K_a / K_b
HNO_2	4×10^{-4}
CH_3COOH	1×10^{-5}
H_2CO_3	4×10^{-7}
CH_3NH_2	4×10^{-4}
C_5H_5N	1×10^{-9}

1- ما صيغة الحمض الأقوى؟ [2 علامة]

أقوى حمض أعلى K_a وهو HNO_2

2- اكتب صيغة القاعدة المرافقة التي لحمضها أعلى pH [2 علامة]

أعلى pH لأضعف حمض يعني أقل K_a وهو H_2CO_3 وقاعدته المرافقة = HCO_3^-

3- أي من الحموض يتأين بدرجة ضئيلة جداً؟ [2 علامة]

H_2CO_3

4- أي من المحلولين CH_3COOH أم H_2CO_3 يكون تركيز OH^- الأقل؟ [2 علامة]

أقل يعني أقل pH والتالي أقوى حمض وهو CH_3COOH

5- حدد الجهة التي يرجحها الاتزان عند تفاعل HNO_2 مع CH_3COO^- [2 علامة]

$$HNO_2 + CH_3COO^- \rightleftharpoons CH_3COOH + NO_2^-$$

$$HNO_2 > CH_3COOH$$

الاتزان يتجه نحو اليمين (تفاعل أمامي)

وزارة 2015 صيفية/2017 صيفية: في الجدول المجاور محاليل قواعد وحموض ضعيفة وأملاح متساوية التركيز (0.1 M) وبعض المعلومات المتعلقة بها، أدرس المعلومات ثم أجب عما يأتي:

	المحلول	$[H_3O^+]$
حمض	HA	4×10^{-5}
حمض	HB	2×10^{-2}
قاعدة	X	1×10^{-11}
قاعدة	Y	1×10^{-10}
ملح	KM	2×10^{-8}
ملح	KZ	1×10^{-9}

1- أي الحمض المرافق هو الأقوى YH^+ أم XH^+ ؟ [2 علامة]

الحمض المرافق الأقوى للقاعدة الأضعف والأقل تركيز

OH^- يعني أعلى تركيز H_3O^+ وهو Y وبالتالي

الحمض المرافق الأقوى هو YH^+

2- أيها أضعف كقاعدة A^- أم B^-؟ [2 علامة]

القاعدة المرافقة الأضعف للحمض الأقوى، الذي له

أعلى تركيز H_3O^+ وهو HB وبالتالي القاعدة الأضعف هي B^-

3- أي محاليل القواعد له أعلى $[OH^-]$؟ [2 علامة]

الأعلى تركيز OH^- يعني أقل تركيز H_3O^+ وهو X

4- اكتب معادلة تفاعل الحمض HA مع الملح KB ثم حدد الجهة التي يرجحها الاتزان [4 علامة]

$$HA + KB \rightleftharpoons HB + KA$$

$$HB > HA$$

الاتزان يتجه نحو اليسار (تفاعل عكسي)

أقل يعني أقل pH والتالي أقوى حمض وهو CH_3COOH

5- أي الحمضين HM أم HZ له أعلى قيمة K_a [2 علامة]

الحمض الأعلى ثابت تأين هو الأقوى يكون ملحه القاعدي أقل قدرة على التميه وبالتالي تركيز أيونات الهيدروكسيد أقل وتركيز أيونات الهيدرونيوم أعلى في ذلك الملح، هو KM وبالتالي الحمض هو HM

وزارة 2016 صيفية: يبين الجدول الآتي الرقم الهيدروجيني لعدد من محاليل الحموض الافتراضية متساوية التركيز (0.1 M)

المحلول	XH^+	HY	H_2A	HQ	HZ	HB
pH	5	4	3	4.5	6	2

1- أي الحمضين أقوى HY أم HB؟ [2 علامة]

الحمض الأقوى هو الأقل pH وهو HB

2- أي القاعدتين المرافقتين أقوى Q^- أم HA^-؟ [2 علامة]

القاعدة المرافقة الأقوى تكون للحمض الأضعف، الأضعف هو أعلى pH وهو HQ إذًا الجواب: Q^-

3- حدد الأزواج المترافقة عند تفاعل مع HY مع KQ [2 علامة]

تفاعل حمض وملح أو ملح وملح، نفكك الأطراف إلى موجب وسالب ويتم تفاعل الإحلال المزدوج

$$KQ + HY \rightleftharpoons HQ + KY$$

ولتحديد الأزواج المترافقة نضع في المعادلة فقط الأيون الذي يتميه من الملح

$$Q^- + HY \rightleftharpoons HQ + Y^-$$

سهل الآن تحديد الأزواج المترافقة، أليس كذلك؟ حاول

4- حدد الجهة التي يرجحها الاتزان عند تفاعل Z^- مع HB [2 علامة]

$$HB + Z^- \rightleftharpoons HZ + B^-$$

ترتيب القوة في الحموض $HB > HZ$ وبالتالي الاتزان يتجه ناحية اليمين (تفاعل أمامي)

5- اكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض XH^+ [2 علامة]

X

6- أي الملحين لمحلوله أقل pH KY أم KZ عند تساوي التركيز؟ [2 علامة]

الملح القاعدي الأقل pH معناه أقل قدرة على التميه وإعطاء أيونات الهيدروكسيد، وهذا يكون لحمضه الأقوى الذي له أقل pH وهو HY وبالتالي الملح هو KY

انتبه: العلاقة عكسية بين قدرة الملح على التميه والحمض أو القاعدة الضعيفة المكونة له

وزارة 2017 شتوية/2019 شتوية/2019 صيفية: في الجدول المجاور محاليل قواعد وحموض ضعيفة وأملاح متساوية التركيز (1 M) وبعض المعلومات المتعلقة بها، أدرس المعلومات ثم أجب عما يأتي:

	المحلول	K_a / K_b
$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$	CH_3COOH	1.8×10^{-5}
$[H_3O^+] = 2 \times 10^{-5}$	HCN	4×10^{-10}
$[[NO_2^-] = 2.2 \times 10^{-2}$	HNO_2	4.8×10^{-4}
$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$	NH_3	1.8×10^{-5}
$[OH^-] = 1 \times 10^{-3}$	N_2H_4	1×10^{-6}
pH = 8.3	NaX	-
pH = 9.2	NaY	-

1- أي الحمضين أقوى HX أم HY؟ [2 علامة]

نقارن بين تميه أملاحهما القاعدية، الأقل تميهًا ملحه أقوى وهو HX

2- أيها أضعف CH_3COOH أم HNO_2؟ [2 علامة]

CH_3COOH

3- أي المحلولين يكون فيه $[OH^-]$ أعلى HCN أم HNO_2؟ [2 علامة]

HCN

4- أي القاعدتين المرافقتين أقوى CH_3COO^- أم CN^-؟ [2 علامة]

CN^-

5- أي المحلولين له أقل pH (NH_3 أم N_2H_4)؟ [2 علامة]

N_2H_4

6- حدد اتجاه الاتزان عند تفاعل X^- مع HY [2 علامة]

$HY + X^- \rightleftharpoons HX + X^-$

الملح القاعدي الأكثر تميهًا هو الأعلى pH وحمضه أضعف $NaX < NaY$

بالتالي HX أقوى والاتزان يتجه نحو اليسار (تفاعل عكسي)

أقل يعني أقل pH والتالي أقوى حمض وهو CH_3COOH

نمط فكرة الكوكتيل يتكرر مع تغيير القيم وصيغ الأسئلة

م. مريم السرطاوي

مراجعة الدرس الرابع: الأملاح والمحاليل المنظمة

السؤال الأول: أوضح مكونات المحلول المنظم الحمضي

1- حمض ضعيف 2- قاعدته المرافقه [ملح قاعدي]

السؤال الثاني: أوضح المقصود بكل مما يأتي: التميه - الأيون المشترك

مذكور في المحتوى

السؤال الثالث: أحدد مصدر الأيونات لكل من الأملاح الآتية:

اسم الملح	KNO_3	CH_3NH_3Br	CH_3COONa	LiF
حمضه وقاعدته المكونان له	HNO_3 KOH	HBr CH_3NH_2	CH_3COOH $NaOH$	HF $LiOH$

السؤال الرابع: أحدد الملح الذي يتميه في الماء من الأملاح الآتية:

اسم الملح	KCN	$LiBr$	C_5H_5NHI	$HCOONa$	$NaClO_4$
حمضه وقاعدته المكونان له	HCN KOH	HBr $LiOH$	C_5H_5N HI	$HCOOH$ $NaOH$	$HClO_4$ $NaOH$
هل يتميه؟	نعم	لا	نعم	نعم	لا

السؤال الخامس: أصنف محاليل الأملاح الآتية إلى حمضية وقاعدية ومتعادلة:

اسم الملح	KNO_2	NH_4NO_3	$LiCl$	$NaHCO_3$	$C_6H_5NH_3Br$
حمضه وقاعدته المكونان له	HNO_2 KOH	HNO_3 NH_3	HCl $LiOH$	H_2CO_3 $NaOH$	HBr $C_6H_5NH_2$
نوع الملح	قاعدي	حمضي	متعادل	قاعدي	حمضي

السؤال السادس: أوضح أثر إضافة كمية قليلة من بلورات الملح الصلب NaHS في قيمة pH لمحلول حمض H_2S

$$H_2S_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HS^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$NaHS_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} HS^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

يتأين الملح إلى أيونه Na^+ وأيونه HS^- وهو الأيون المشترك في المحلول يزداد تركيزه ووفق مبدأ لوتشاتلييه: يُزاح موضع الاتزان إلى تكوين جزيئات الحمض غير المتأينة فيزداد تركيزها، وأيضًا يقل على اليمين تركيز H_3O^+ وبالتالي يرتفع الرقم الهيدروجيني للمحلول

السؤال السابع: أحسب كتلة الملح KNO_2 اللازم إضافتها إلى 400 mL من محلول HNO_2 تركيزه 0.02 M لتصبح قيمة $pH = 3.52$ للمحلول علمًا أن $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$ الكتلة المولية للملح 85 g/mol $\log 3 = 0.48$

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$KNO_{2(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} NO_2^-{}_{(aq)} + K^+{}_{(aq)}$$

نبدأ حساباتنا من الرقم الهيدروجيني، يساعدنا لمعرفة تركيز الأيون المشترك NO_2^- الذي هو مساو لتركيز الملح، فإذا عرفنا تركيز الملح نستطيع معرفة عدد المولات ثم نحسب الكتلة

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.52} = 10^{(-3.52+4)-4} = 10^{0.48} \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-4}M$$

نطبق على قانون ثابت التأين لنحسب تركيز الأيون المشترك

$$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} \Rightarrow \frac{K_a \times [HNO_2]}{[H_3O^+]} = [NO_2^-]$$

$$[NO_2^-] = \frac{4.5 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^{-2}M$$

$$[NO_2^-] = [KNO_2] = 3 \times 10^{-2}M$$

نستخدم قانون المولارية لنحسب عدد المولات

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow n = M \times V = 3 \times 10^{-2} \times 0.4 = 0.12 \times 10^{-2} = 0.012 \text{ mol}$$

نستخدم علاقة المولات بالكتلة المولية لحساب الكتلة

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow m = n \times Mr = 0.012 \times 85 = 1.2 \text{ g}$$

السؤال الثامن: أحسب نسبة الحمض إلى القاعدة في محلول رقمه الهيدروجيني يساوي 10 مكونٌ من القاعدة NH_3 والملح NH_4Cl علمًا أن $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

نبدأ حساباتنا من الرقم الهيدروجيني لكن ننتبه أن ثابت التأين معنا هو لقاعدة وبالتالي علينا تحويل الرقم الهيدروجيني إلى هيدروكسيلي لمعرفة تركيز أيونات الهيدروكسيد وتعويضها في قانون ثابت التأين، من خلال ذلك سنعرف النسبة بين جزيئات القاعدة والأيون المشترك

ولأن هذا الأيون المشترك يمثل تركيز الملح فهكذا نعرف النسبة بين القاعدة والملح

$$pH + pOH = 14 \quad pOH = 14 - 10 = 4$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-4}M$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = \frac{K_b}{[OH^-]}$$

$$\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-4}} = 0.18$$

السؤال التاسع: محلول منظم حجمه 0.5 L مكون من $C_2H_5NH_2$ تركيزها 0.2 M والملح $C_2H_5NH_3Cl$ تركيزه 0.4 M علمًا أن $K_b = 4.7 \times 10^{-4}$ $\log 2 = 0.3$
$\log 4.3 = 0.63$ $\log 1.1 = 0.04$ [أهمل تغيير الحجم]

(1) أحسب الرقم الهيدروجيني للمحلول

$$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {C_2H_5NH_3}^+_{(aq)} + {OH^-}_{(aq)}$$

$$C_2H_5NH_3Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {C_2H_5NH_3}^+_{(aq)} + {Cl^-}_{(aq)}$$

$$[{C_2H_5NH_3}^+] = [C_2H_5NH_3Cl] = 0.4\ M$$

$$K_b = \frac{[{C_2H_5NH_3}^+][OH^-]}{[C_2H_5NH_2]} \Rightarrow \frac{K_b \times [C_2H_5NH_2]}{[{C_2H_5NH_3}^+]} = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{4.7 \times 10^{-4} \times 0.2}{0.4} = \frac{4.7 \times 10^{-4}}{2} = 2.35 \times 10^{-4} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2.35 \times 10^{-4}} = \frac{1000 \times 10^{-17}}{235 \times 10^{-6}} = 4.3 \times 10^{-11} M$$

$$pH_1 = -\log[H_3O^+] = -\log(4.3 \times 10^{-11}) = 11 - \log 4.3 = 11 - 0.63 = 10.37$$

(2) أحسب الرقم الهيدروجيني للمحلول فيما لو أضيف إليه 0.05 mol من الحمض HCl

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.05}{0.5} = 0.1\ M$$

$$[HCl] = [H_3O^+] = 0.1\ M$$

يقل تركيز القاعدة $C_2H_5NH_2$ بنفس مقدار تركيز H_3O^+ لأنها تفاعلت معه

$$[C_2H_5NH_2] = 0.2 - 0.1 = 0.1\ M$$

يزداد تركيز الحمض المرافق ${CH_3NH_3}^+$ بنفس المقدار لأنه تكونت:

$$[{C_2H_5NH_3}^+] = 0.4 + 0.1 = 0.5\ M$$

نحسب تركيز OH^- الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$[OH^-] = \frac{4.7 \times 10^{-4} \times 0.1}{0.5} = \frac{47 \times 10^{-5}}{5} = 9.4 \times 10^{-5} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{9.4 \times 10^{-5}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{94 \times 10^{-6}} = 1.1 \times 10^{-10} M$$

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(1.1 \times 10^{-10}) = 10 - \log 1.1 = 10 - 0.04 = 9.96$$

(3) أحسب الرقم الهيدروجيني للمحلول فيما لو أضيف إليه 0.05 mol من القاعدة KOH

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.05}{0.5} = 0.1\ M$$
$$[NaOH] = [OH^-] = 0.1\ M$$

يقل تركيز الحمض المرافق $CH_3NH_3^+$ بنفس مقدار تركيز OH^- لأنها تفاعل معها

$$[CH_3NH_3^+] = 0.4 - 0.1 = 0.3\ M$$

يزداد تركيز القاعدة $C_2H_5NH_2$ بنفس المقدار لأنها تكونت:

$$[C_2H_5NH_2] = 0.2 + 0.1 = 0.3\ M$$

نحسب تركيز OH^- الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$[OH^-] = \frac{4.7 \times 10^{-4} \times 0.3}{0.3} = 4.7 \times 10^{-4} M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4.7 \times 10^{-4}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{47 \times 10^{-5}} = 2.1 \times 10^{-11} M$$

حسب معطيات السؤال نقرب القيمة إلى 2

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(2 \times 10^{-11}) = 11 - \log 2 = 11 - 0.3 = 10.7$$

مراجعة الوحدة الأولى: الحموض والقواعد وتطبيقاتها

السؤال الأول: أوضح المقصود بكل مما يأتي:

قاعدة أرهينيوس، حمض لويس، مادة أمفوتيرية، المحلول المنظم

مذكور في المحتوى وفي مسرد المصطلحات

السؤال الثاني: أفسر:

أ- السلوك الحمضي لمحلول HNO_2 حسب مفهوم برونستد-لوري

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

HNO_2 يتصرف حمض برونستد-لوري لأنه يمنح البروتون في المحلول

ب-السلوك الأمفوتيري للأيون HS^- عند تفاعله مع كل من HCl و NO_2^-

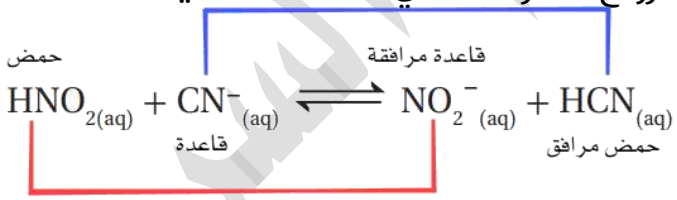
$$HS^-{}_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons S^-{}_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$$

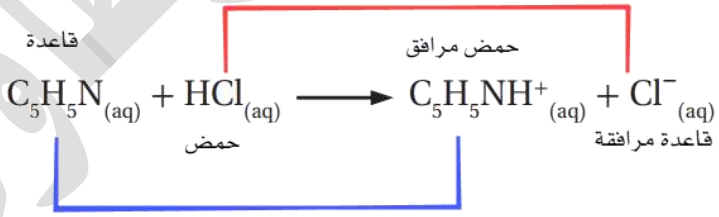
HS^- يتصرف حمض ويمنح البروتون في المحلول إلى القاعدة NO_2^-

$$HS^-{}_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightleftharpoons Cl^-{}_{(aq)} + H_2S_{(aq)}$$

HS^- يتصرف كقاعدة ويستقبل البروتون في المحلول من الحمض القوي HCl

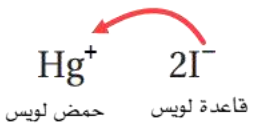
السؤال الثالث: أحدد الأزواج المترافقة في التفاعلات الآتية:





السؤال الرابع: أحدد حمض لويس وقاعدته في التفاعل الآتي:

$$HgI_{2(s)} + 2I^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons HgI_4^{2-}{}_{(aq)}$$



أو نقول حمض لويس : HgI_2 أيضًا صحيح [إجابة الوزارة]

السؤال الخامس: أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH مكوّن من إذابة 4 g منه في 200 mL من الماء. علمًا أن الكتلة المولية للقاعدة NaOH = 40 g/mol log 2= 0.3

هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية تتفكك كليًّا

$$NaOH_{(aq)} \rightleftharpoons Na^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$

لأنها تتفكك كليًّا فإن تركيز هيدروكسيد الصوديوم هو نفسه تركيز OH^-

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{4}{40} = 0.1\ mol \qquad M = \frac{n}{V} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5\ M$$

$$[OH^-] = 0.5\ M \quad [H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-1}} = 0.2 \times 10^{-13} = 2 \times 10^{-14}\ M$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = \log 2 \times 10^{-14} = 14 - \log 2 = 14 - 0.3 = 13.7$$

السؤال السادس: جرت معايرة 10 mL من محلول LiOH فتعادلت مع 20 mL من محلول HBr تركيزه 0.01 M ، احسب تركيز المحلول LiOH

عند التعادل تتساوى مولات القاعدة القوية والحمض القوي

$$HBr_{(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightleftharpoons LiBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$M_{LiOH} \times V_{LiOH} = M_{HBr} \times V_{HBr}$$

$$M_{LiOH} \times 10 = 0.01 \times 20$$

$$M_{LiOH} = \frac{0.01 \times 20}{10} = 0.01 \times 2 = 0.02\ M$$

السؤال السابع: أضيف 40 mL من محلول KOH تركيزه 0.4 M إلى 20 mL من محلول HBr تركيزه 0.5 M أحسب قيمة pH للمحلول الناتج

بما أن الحمض والقاعدة يتعادلان عند تساوي المولات فإننا نحسب مولات كل منهما لنرى الزيادة

$$M_{HBr} = \frac{n_{HBr}}{V_{HBr}} \Rightarrow \quad n_{HBr} = M_{HBr} \times V_{HBr} = 0.5 \times 0.02 = 0.01\ mol$$

$$M_{KOH} = \frac{n_{KOH}}{V_{KOH}} \Rightarrow \quad n_{KOH} = M_{KOH} \times V_{KOH} = 0.4 \times 0.04 = 0.016\ mol$$

الكمية المتساوية تعادلت وكونت الماء أما الزائد فإنه يؤثر في المحلول

الفرق في المولات = 0.006 وهو زيادة في مولات أيونات الهيدروكسيد، نحسب تركيزها في المحلول

$$[OH^-] = \frac{0.006\ mol}{0.02\ L + 0.04\ L} = \frac{6 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-1} M$$

$$pOH = -\log 1 \times 10^{-1} = 1 \qquad pH = 14 - 1 = 13$$

السؤال الثامن: تمثل المعادلات الآتية تفاعلات لمحاليل الحموض (H_2SO_3 , HCN , HF) المتساوية التركيز، التي كان موضع الاتزان مُزاحًا فيها جهة المواد الناتجة لجميع التفاعلات. أدرس التفاعلات، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

$$H_2SO_3 + CN^- \rightleftharpoons HSO_3^- + HCN$$
$$H_2SO_3 + F^- \rightleftharpoons HSO_3^- + HF$$
$$HF + CN^- \rightleftharpoons F^- + HCN$$

انتبه: (هذا سؤال وزارة 2010 شتوية للمنهاج القديم 2007)

أ- أكتب صيغة القاعدة المرافقة الأقوى بينها

الاتزان مُزاح ناحية النواتج يعني أن المتفاعلات أقوى نسبيًّا كحموض وقواعد من النواتج

نبحث عن الحموض المعروفة ونقارن بينها

H_2SO_3 أقوى كحمض من HCN

H_2SO_3 أقوى كحمض من HF

HF أقوى كحمض من HCN

ترتيب قوتهم كحموض: $HCN < HF < H_2SO_3$

الأضعف كحمض هو HCN قاعدته المرافقة هي أقوى، وصيغتها: CN^-

ب-أكتب صيغة الحمض الذي له أعلى K_a

الأقوى كحمض هو H_2SO_3 وبالتالي هو الأعلى K_a

ج- أحدد أي المحلولين يكون فيه $[OH^-]$ الأقل: محلول HF أم محلول HCN

أقل تركيز $[OH^-]$ يكون في الحمض الأعلى تركيز $[H_3O^+]$ وبالتالي نبحث عن الأقوى بينهما HF

د- أحدد أي محاليل الحموض المذكورة له أعلى pH

أعلى pH يكون في الحمض الأضعف حيث فيه أقل تركيز $[H_3O^+]$ وبالتالي هو HCN

إضافة في سؤال الوزارة 2010: أي الحموض المذكورة أكثر تأينًا في الماء؟

هو الأقوى كحمض وهو H_2SO_3

السؤال التاسع: محلول حجمه 2 L يتكون من 0.1 M من حمض RCOOH ورقمه الهيدروجيني pH=4 أضيفت إليه كمية من الملح RCOONa فتغيرت قيمة pH بمقدار 1.52 درجة. احسب عدد مولات الملح المضاف. علمًا أن $\log 3 = 0.48$ (أهمل التغير في الحجم)

نكتب معادلات التأين والتفكك

$$RCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons RCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$RCOONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} RCOO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

- نبدأ حساباتنا من الرقم الهيدروجيني لنحسب ثابت تأين الحمض
- إضافة الملح القاعدي يرفع الرقم الهيدروجيني للمحلول، نحسب الرقم الهيدروجيني للمحلول بعد إضافة الملح، ومنه نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم
- نعوض في ثابت التأين حتى نعرف تركيز الأيون المشترك $RCOO^-$ الذي هو مساو لتركيز الملح، فإذا عرفنا تركيز الملح نستطيع معرفة عدد المولات

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}M$$

$$K_a = \frac{[RCOO^-][H_3O^+]}{[RCOOH]} = \frac{(1\times10^{-4})^2}{1\times10^{-1}} = \frac{1\times10^{-8}}{1\times10^{-1}} = 1\times10^{-7}$$

$$\Delta pH = pH_{\text{with salt}} - pH_{\text{acid}} = 1.52$$
$$pH_{\text{with salt}} - 4 = 1.52$$
$$pH_{\text{with salt}} = 4 + 1.52 = 5.52$$
$$[H_3O^+]_{\text{with salt}} = 10^{-5.52} = 10^{(-5.52+6)-6} = 10^{0.48}\times10^{-6} = 3\times10^{-6}M$$

نطبق على قانون ثابت التأين لنحسب تركيز الأيون المشترك

$$K_a = \frac{[RCOO^-][H_3O^+]}{[RCOOH]} \Rightarrow \frac{K_a\times[RCOOH]}{[H_3O^+]} = [RCOO^-]$$

$$[RCOO^-] = \frac{1\times10^{-7}\times1\times10^{-1}}{3\times10^{-6}} = 0.33\times10^{-2}M$$
$$[RCOO^-] = [RCOONa] = 0.33\times10^{-2}M$$

نستخدم قانون المولارية لنحسب عدد المولات

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow n = M\times V = 0.33\times10^{-2}\times2 = 0.66\times10^{-2} = 0.0066\ mol$$

السؤال 9 نفس فكرة وزارة 2019 صيغية لكن باستخدام الرموز وتغيير القيم، والرموز كانت حمض HZ وملح NaZ، أيضًا السؤال نفس فكرة وزارة 2021 والمطلوب: كتلة الملح

السؤال 10: محلول المنظم يتكون من الحمض HNO_2 الذي تركيزه 0.3 M والملح KNO_2 الذي تركيزه 0.2 M علمًا أن: $K_a = 4.5\times10^{-4}$ $\log 6.75 = 0.83$ $\log 3 = 0.48$

أ- أحسب pH للمحلول

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$KNO_{2(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} NO_2^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

$$[KNO_2] = [NO_2^-] = 0.2\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[H_3O^+]$

$$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_a \times [HNO_2]}{[NO_2^-]} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{4.5 \times 10^{-4} \times 0.3}{0.2} = \frac{4.5 \times 10^{-4} \times 3}{2} = 6.75 \times 10^{-4}\ M$$

$$pH = -\log 6.75 \times 10^{-4} = 4 - \log 6.75 = 4 - 0.83 = 3.17$$

ب-أحسب pH للمحلول السابق إذا أضيف 0.1 mol من القاعدة NaOH إلى 1 L منه

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0.1}{1} = 0.1\ M$$

$$[NaOH] = [OH^-] = 0.1\ M$$

يقل تركيز الحمض HNO_2 بنفس مقدار تركيز OH^- لأنها تفاعل معها

$$[HNO_2] = 0.3 - 0.1 = 0.2\ M$$

يزداد تركيز القاعدة المرافقة NO_2^- بنفس المقدار لأنها تكونت:

$$[NO_2^-] = 0.2 + 0.1 = 0.3\ M$$

نحسب تركيز H_3O^+ الجديد مع المعطيات الجديدة:

$$\frac{K_a \times [HNO_2]}{[NO_2^-]} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{4.5 \times 10^{-4} \times 0.2}{0.3} = 3 \times 10^{-4} M$$

$$pH_2 = -\log[H_3O^+] = -\log(3 \times 10^{-4}) = 4 - \log 3 = 4 - 0.48 = 3.52$$

السؤال 11: محلول منظم يتكون من القاعدة CH_3NH_2 التي تركيزها 0.3 M والملح CH_3NH_3Cl الذي تركيزه 0.2 M أحسب كتلة الحمض HCl اللازم إضافتها إلى لتر من المحلول لتصبح pH=10 علمًا أن $M_{r(HCl)} = 36.5\ g/mol$ $K_b = 4.4 \times 10^{-4}$

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$CH_3NH_3Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

الأيون المشترك: $CH_3NH_3^+$ وتركيزه نفس تركيز الملح

$$[CH_3NH_3Cl] = [CH_3NH_3^+] = 0.2\ M$$

$$[CH_3NH_2] = 0.3\ M$$

بعد إضافة الحمض القوي: $[CH_3NH_2] = 0.3 - x$ $[CH_3NH_3^+]_{new} = 0.2 + x$

- من خلال الرقم الهيدروجيني للمحلول النهائي، نحسب تركيز أيونات $[OH^-]$ في المحلول

$$[OH^-] = 10^{-4} M \qquad [H_3O^+] = 10^{-10} M$$

- نستطيع حساب كتلة الحمض من مولاته التي نحسبها من تركيزه، وتركيزه نستخرجه من قانون ثابت التأين

$$K_b = \frac{[CH_3NH_3^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]} \Rightarrow 4.4 \times 10^{-4} = \frac{(0.2+x) \times 10^{-4}}{(0.3-x)}$$

$$4.4 \times (0.3-x) = (0.2+x) \Rightarrow 1.32 - 4.4x = 0.2 + x$$

$$5.4x = 1.32 - 0.2$$

$$x = 0.2\ M$$

عدد مولات الحمض من قانون المولارية

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow n = M \times V$$

$$n = 0.2 \times 1 = 0.2\ mol$$

$$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow m = n \times Mr = 0.2 \times 36.5 = 7.3\ g$$

السؤال 12: يبين الجدول الآتي الرقم الهيدروجيني لعدد من المحاليل المختلفة المتساوية التراكيز، أدرسها ثم أختار منها المحلول الذي تنطبق عليه فقرة من الفقرات الآتية:

المحلول	A	B	C	D	E	F
قيمة pH	9	7	12	5	0	1

أ- قاعدة يكون فيها $[OH^-] = 1 \times 10^{-5} M$

$$pH = 9 \quad pOH = 5$$

المحلول A

ب- المحلول الذي يمثل الملح KBr

ملح متعادل من القاعدة KOH والحمض القوي HBr، $pH = 7$ **المحلول** B

ج- محلول حمض HNO_3 تركيزه 1 M

$$pH = -\log 1 = 0 \quad [H_3O^+] = 1\ M$$

المحلول E

د- محلول قاعدي تركيز $[H_3O^+]$ فيه أقل ما يمكن

المحلول C

ه- محلول أيوناته لا تتفاعل مع الماء

المحلول B

تنويه: سؤال 12 تكررت فكرته في الوزارة 2008 صيفية/2019 تكميلي مع تغيير قيم الجدول وصيغة بعض الأسئلة

سؤال وزاري: أي محلول يمثل الحمض الأضعف؟ وأي محلول يمثل القاعدة الأقوى؟

الحمض أقل من 7، الأضعف هو أعلى pH وهو D

القاعدة الأقوى أعلى من 7، الأقوى هي الأعلى pH وهي C

السؤال 13: يحتوي الجدول الآتي على معلومات تتعلق ببعض الحموض والقواعد الضعيفة. أدرس هذه المعلومات ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

المحلول	معلومات متعلّقة بالمحلول	تركيز المحلول
HNO_2	$[OH^-]=1\times10^{-12}$ M	0.2 M
HCOOH	$[HCOO^-]=2\times10^{-3}$ M	0.03 M
HClO	$K_a=3.5\times10^{-8}$	0.1 M
N_2H_4	$K_b=1.7\times10^{-6}$	0.1 M
C_5H_5N	pH = 9	0.05 M
$C_2H_5NH_2$	$[OH^-]=3\times10^{-3}$ M	0.03 M

أ- أحسب تركيز $[H_3O^+]$ في محلول HClO

$$HClO + H_2O \rightleftharpoons ClO^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[ClO^-][H_3O^+]}{[HClO]}$$

$$[ClO^-] = [H_3O^+] = x$$

$$K_a = \frac{[ClO^-][H_3O^+]}{[HClO]} \Rightarrow 3.5\times10^{-8} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x^2 = 35\times10^{-10}$$

$$x = \sqrt{35\times10^{-10}} \Rightarrow \sqrt{35} = \frac{35+36}{2\sqrt{36}} = \frac{71}{12} = 5.9$$

$$x = [H_3O^+] = \sqrt{35\times10^{-10}} = 5.9\times10^{-5}\ M$$

ب-أحدد أي المحلولين يحتوي على تركيز أعلى من $[OH^-]$: محلول HClO أم محلول HNO_2

الأعلى في $[OH^-]$ هو الأقل في $[H_3O^+]$ يعني الأضعف تأيّنًا والأقل K_a

نحسب K_a لمحلول HNO_2 لنقارن

$$[OH^-] = 1\times10^{-12}\ M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-12}} = 1\times10^{-2}\ M$$

$$K_{a(HNO_2)} = \frac{1\times10^{-2}\times1\times10^{-2}}{0.2} = 0.5\times10^{-3} = 5\times10^{-4}$$

الأقل K_a هو HClO وهو الأعلى في تركيز $[OH^-]$

ج- أحدد أي الملحين أكثر قدرة على التميه: KNO_2 أم HCOOK

الملح القاعدي الأكثر قدرة على التميه هو الذي حمضه أضعف حيث تكون القاعدة المرافقة أقوى وتتفاعل مع الماء، الحمض الأضعف له أقل K_a

$$K_{a(HCOOH)} = \frac{2\times10^{-3}\times2\times10^{-3}}{0.03} = \frac{4\times10^{-6}}{3\times10^{-2}} = 1.33\times10^{-4}$$

$$K_{a(HNO_2)} = 5\times10^{-4}$$

الأضعف هو HCOOH وبالتالي ملحه هو الأقدر على التميه HCOOK

د- أقرر أيها أقوى: الحمض المرافق للقاعدة C_5H_5N أم الحمض المرافق للقاعدة $C_2H_5NH_2$

ننظر إلى قوة القاعدة من خلال K_b [انتبه لا نقارن من خلال pH لأن تراكيز المحاليل مختلفة]

$$pH_{(C_5H_5N)} = 9 \qquad pOH_{(C_5H_5N)} = 5$$

$$[OH^-]_{(C_5H_5N)} = 1 \times 10^{-5}\ M$$

$$K_{b(C_5H_5N)} = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-2}} = 0.2 \times 10^{-8} = 2 \times 10^{-9}$$

$$[OH^-]_{(C_2H_5NH_2)} = 3 \times 10^{-3}\ M$$

$$K_{b(C_2H_5NH_2)} = \frac{3 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-4}$$

$$K_{b(C_2H_5NH_2)} > K_{b(C_5H_5N)}$$

C_5H_5N أضعف كقاعدة من $C_2H_5NH_2$ وبالتالي الحمض المرافق لـ C_5H_5N هو الأقوى وصيغته $C_5H_5NH^+$

ه- أحدد أي المحلولين يحتوي على تركيز أعلى من $[H_3O^+]$: محلول C_5H_5N أم محلول $C_2H_5NH_2$

بما أن C_5H_5N أضعف كقاعدة من $C_2H_5NH_2$ بالتالي C_5H_5N الأقل في تركيز $[OH^-]$ والأعلى في تركيز $[H_3O^+]$

و- أحدد أي المحلولين له أعلى رقم هيدروجيني pH محلول N_2H_5Cl أم $C_2H_5NH_3Cl$

كلاهما محلول ملح حمضي، الأعلى في الرقم الهيدروجيني يعني الأضعف كملح حمضي أي الأقل قدرة على التميه كملح حمضي، يعني حمضه المرافق أضعف، وبالتالي القاعدة الأقوى ونحددها من خلال K_b

$$K_{b(N_2H_4)} = 1.7 \times 10^{-6}$$

$$K_{b(C_2H_5NH_2)} = 3 \times 10^{-4}$$

$$K_{b(C_2H_5NH_2)} > K_{b(N_2H_4)}$$

إذًا المحلول $C_2H_5NH_3Cl$ له أعلى رقم هيدروجيني

ز- أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول HCOOH عند إضافة 0.01 mol من الملح HCOONa إلى لتر من المحلول، علمًا أن log 4 = 0.6

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HCOONa_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} HCOO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

نحسب ثابت التأين من معلومات الجدول

$$[HCOO^-] = 2 \times 10^{-3}\ M \qquad [HCOOH] = 3 \times 10^{-2}\ M$$

$$K_a = \frac{2 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}} = 1.33 \times 10^{-4}$$

$$[HCOO^-] = [HCOONa] = 0.01 = 1 \times 10^{-2}\ M$$

نعوض تركيز الحمض وتركيز الأيون المشترك وقيمة ثابت التأين لنستخرج قيمة $[H_3O^+]$

$$K_a = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_a \times [HCOOH]}{[HCOO^-]} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{1.33 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-4} M$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(4 \times 10^{-4}) = 4 - \log 4 = 4 - 0.6 = 3.4$$

تنويه: سؤال 13 فكرته شبيهة بسؤال الوزارة 2016 شتوية، انظر جداول الكوكتيل

السؤال 14: أحسب pH لمحلول يتكون من الحمض HNO_2 ومحلول الملح KNO_2 لهما التركيز نفسه، $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$ $\log 4.5 = 0.65$

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons {NO_2}^-_{(aq)} + {H_3O}^+_{(aq)}$$

$$KNO_{2(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} {NO_2}^-_{(aq)} + {K}^+_{(aq)}$$

$$[KNO_2] = [NO_2^-] = [HNO_2] = x$$

$$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_a \times x}{x} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = 4.5 \times 10^{-4}\ M$$

$$pH = -\log 4.5 \times 10^{-4} = 4 - \log 4.5 = 4 - 0.65 = 3.35$$

السؤال 15: أتوقع ما يحدث لقيمة pH في الحالات الآتية (تقل، تزداد، تبقى ثابتة): (أهمل التغير في الحجم):

أ- إضافة كمية قليلة من بلورات الملح $NaHCO_3$ إلى 500 mL من محلول الحمض H_2CO_3

ملح قاعدي: تزداد pH

ب-إضافة كمية قليلة من بلورات الملح $N_2H_5NO_3$ إلى 500 mL من محلول القاعدة N_2H_4

ملح حمضي: تقل pH

ج- إضافة كمية قليلة من بلورات الملح LiCl إلى 500 mL من محلول القاعدة HCl

ملح متعادل: pH تبقى ثابتة

السؤال 16: يحتوي الجدول الآتي على عدد من المحاليل تركيز كل منها 1 M وبعض المعلومات المتعلقة بها، أدرس المعلومات ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

المحلول	معلومات تتعلّق بالمحلول
الحِمض HC	$[H_3O^+] = 8 \times 10^{-3}$ M
الحِمض HD	$K_a = 4.9 \times 10^{-10}$
القاعدة B	$K_b = 1 \times 10^{-6}$
الملح KX	pH = 9
الملح KZ	$[OH^-] = 1 \times 10^{-3}$ M

أ- أيهما أضعف الحمض HX أم الحمض HZ؟

بما أن أملاحهما قاعدية ومشتركة في الأصل وهو البوتاسيوم، ولها نفس التركيز، الملح القاعدي الأكثر تميهًا، له أعلى رقم هيدروجيني، وبالتالي حمضه هو الأضعف

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-3}M \quad pOH = 3 \quad pH_{(KZ)} = 11$$
$$pH_{(KX)} = 9$$
$$KZ > KX$$

HZ هو الأضعف كحمض

أو نحلها بالاستنتاج السريع من ناحية قيمة pH حيث الحمض الأضعف له أعلى pH، نبحث عن الملح الذي له أعلى pH وهو KZ إذًا الحمض الأضعف هو HZ

ب-أكتب معادلة لتفاعل محلول الحمض HD والأيون C^- ثم:

$$C^- + HD \rightleftharpoons HC + D^-$$

أحدد الزوجين المترافقين في المحلول

$$C^-/HC \qquad HD/D^-$$

أتوقع الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعل

نحدد الحمض الأقوى لأن التفاعل يسير من الأقوى إلى الأضعف

$$K_{a(HD)} = 4.9 \times 10^{-10}$$
$$K_{a(HC)} = \frac{8 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-3}}{1} = 6.4 \times 10^{-5}$$
$$K_{a(HC)} > K_{a(HD)}$$

أي أن HC أقوى كحمض من HD والتفاعل يسير من النواتج إلى تكوين المتفاعلات الأضعف، موضع الاتزان يُزاح جهة المتفاعلات

ج- أستنتج القاعدة المرافقة الأضعف: D^- أم C^-

القاعدة المرافقة الأضعف تكون للحمض الأقوى، HC أقوى كحمض وبالتالي قاعدته المرافقة C^- هي الأضعف

د- أحسب تركيز $[H_3O^+]$ في محلول مكوّن من القاعدة B التي تركيزها 1 M والملح BHCl الذي تركيزه 0.5 M

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$BHCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} BH^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$[BH^+] = [BHCl] = 0.5\ M$$

$$K_b = 1 \times 10^{-6}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} \quad \Rightarrow \quad \frac{K_b \times [B]}{[BH^+]} = [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-6} \times 1}{5 \times 10^{-1}} = 0.2 \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-6}\ M$$

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-6}} = 0.5 \times 10^{-8} = 5 \times 10^{-9} M$$

تنويه: سؤال 16: سؤال وزارة 2003 شتوية، والفرع (د) مكرر وزارة 2016 مع تغيير الملح إلى $BHNO_3$ والسؤال بالعكس، احسب K_b من خلال قيمة معطاة من تركيز أيونات الهيدرونيوم في المحلول، ثم احسب النسبة بين القاعدة والملح عند قيمة pH معينة ومكرر وزارة 2017 شتوية: بإضافة حمض قوي ثم حساب pH

السؤال 17: أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة في ما يأتي:

1- يكون تركيز الأيونات الناتجة عن تأين أحد المحاليل الآتية في الماء عند الظروف نفسها أعلى ما يمكن:

(أ) NH_3

(ب) NaOH

(ج) HCOOH

(د) HClO

الإجابة الصحيحة: ب

2- العبارة الصحيحة في المعادلة $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ هي::

(أ) يتأين الحمض HA كليًّا

(ب) الحمض HA يختفي من المحلول

(ج) الحمض HA ضعيف

(د) لا يوجد أزواج مترافقة في المعادلة

الإجابة الصحيحة: ج

3- القاعدة المرافقة الأضعف في ما يأتي هي:

(أ) NO_3^-

(ب) OCl^-

(ج) F^-

(د) CN^-

الإجابة الصحيحة: أ

4- المحلول الذي لم يتمكن مفهوم أرهينيوس من تفسير سلوكه هو:

(أ) HCl

(ب) NaCN

(ج) HCOOH

(د) NaOH

الإجابة الصحيحة: ب

5- أحد الأيونات الآتية لا يعد أمفوتيريًّا:

(أ) $H_2PO_4^-$

(ب) HS^-

(ج) HCO_3^-

(د) $HCOO^-$

الإجابة الصحيحة: د

م. مريم السرطاوي

6- المادة التي تتأين في الماء وتنتج أيون الهيدروكسيد OH^- هي:

(أ) حمض أرهينيوس

(ب) قاعدة لويس

(ج) قاعدة أرهينيوس

(د) قاعدة برونستد-لوري

الإجابة الصحيحة: ج

7- المادة التي تستطيع استقبال زوج من الإلكترونات غير الرابط من مادة أخرى هي:

(أ) F^-

(ب) Cu^{2+}

(ج) BF_4^-

(د) CO_3^{2-}

الإجابة الصحيحة: ب

8- إذا كان $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-2}\ M$ في محلول ما، فإن $[OH^-]$ هو::

(أ) $1 \times 10^{-2}\ M$

(ب) $1 \times 10^{-10}\ M$

(ج) $2 \times 10^{-12}\ M$

(د) $5 \times 10^{-13}\ M$

الإجابة الصحيحة: د

9- محلول حمض HBr:

(أ) عدد مولات H_3O^+ تساوي فيه عدد مولات OH^-

(ب) عدد مولات H_3O^+ أقل فيه من عدد مولات OH^-

(ج) عدد مولات H_3O^+ تساوي فيه عدد مولات HBr المذابة

(د) عدد مولات Br^- تساوي فيه عدد مولات OH^-

الإجابة الصحيحة: ج

م. مريم السرطاوي

10- المحلول الذي له أعلى pH في المحاليل الآتية التي لها التركيز نفسه، هو:

(أ) NH_4Cl

(ب) HBr

(ج) $NaCl$

(د) NH_3

الإجابة الصحيحة: د

11- المحلول الذي له أقل pH في المحاليل الآتية التي لها التركيز نفسه، هو:

(أ) KNO_3

(ب) $NaOH$

(ج) HNO_2

(د) HNO_3

الإجابة الصحيحة: د

12- المحلول الذي له أقل تركيز H_3O^+ من المحاليل الآتية المتساوية في التركيز هو:

(أ) HCl

(ب) N_2H_5Br

(ج) KNO_2

(د) NH_4Cl

الإجابة الصحيحة: ج

13- ترتيب المحاليل المائية للمركبات الآتية ($LiOH, N_2H_5Cl, KNO_2, NaCl$) المتساوية في التركيز حسب رقمها الهيدروجيني pH هو:

(أ) $KNO_2 > N_2H_5Cl > NaCl > LiOH$

(ب) $LiOH > KNO_2 > N_2H_5Cl > NaCl$

(ج) $N_2H_5Cl > NaCl > KNO_2 > LiOH$

(د) $LiOH > KNO_2 > NaCl > N_2H_5Cl$

الإجابة الصحيحة: د

م. مريم السرطاوي

14- ينتج الأيون المشترك $N_2H_4^+$ من المحلول المكون من:

(أ) N_2H_4/HNO_3

(ب) N_2H_5Br/HBr

(ج) N_2H_4/H_2O

(د) $N_2H_5NO_3/N_2H_4$

الإجابة الصحيحة: د

تم بحمد الله وتوفيقه شرح محتوى الكتاب

وحل أسئلته مع الإضافات الوزارية والتدريبات الخارجية

وكل ذلك لتنتفع منها في الدراسة الذاتية، جرب نفسك أولاً ثم قارن حلك لتحصل على التمكن

يُلحق بأسئلة التفكير من كتاب الأنشطة

أسئلة تفكير: كتاب الأنشطة

القاعدة	$[OH^-]$	تركيز المحلول
A	$1 \times 10^{-5} M$	0.1 M
B	$1 \times 10^{-3} M$	0.01 M
C	$1 \times 10^{-5} M$	1 M

السؤال الأول: يبين الجدول المجاور ثلاثة محاليل لقواعد ضعيفة مختلفة التركيز، أدرسها ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- أرتب القواعد حسب قيم ثابت تأينها K_b

$$K_{b(A)} = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-9}$$

$$K_{b(B)} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-4}$$

$$K_{b(C)} = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{1} = 1 \times 10^{-10}$$

$$B > A > C$$

ب- أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول القاعدة A

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-5}\ M \quad pOH = 5 \quad pH = 9$$

ج- أحدد الملح الذي له أقل رقم هيدروجيني AHCl أم BHCl

$$[OH^-]_A = 1 \times 10^{-5}\ M \quad pOH = 5 \quad pH = 9$$

$$[OH^-]_B = 1 \times 10^{-3}\ M \quad pOH = 3 \quad pH = 11$$

بما أن الحمض A هو الأقل فملحه AHCl أقل في الرقم الهيدروجيني

د- أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول مكون من القاعدة C والملح CHCl ، تركيز كل منهما 0.2 M، عند إضافة 0.01 mol من الحمض HCl إلى 0.5 L من المحلول

$$K_b = 1 \times 10^{-10}$$

$$[HCl] = [H_3O^+] = \frac{0.01}{0.5} = 0.02$$

$$[CH^+] = 0.2 + 0.02 = 0.22\ M$$

$$[C] = 0.2 - 0.02 = 0.18\ M$$

$$K_b = \frac{[OH^-][CH^+]}{[C]} \quad \Rightarrow \quad 1 \times 10^{-10} = \frac{[OH^-] \times 0.22}{0.18}$$

$$[OH^-] = 8.2 \times 10^{-11} M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{8.2 \times 10^{-11}} = \frac{100 \times 10^{-16}}{82 \times 10^{-12}} = 1.2 \times 10^{-4}$$

$$pH = -\log 1.2 \times 10^{-4} = 4 - \log 1.2 = 4 - 0.08 = 3.92$$

تنويه: هذا السؤال هو فكرة سؤال وزارة 2021 تكميلي مع إضافات

السؤال الثاني: محلول منظم يتكون من القاعدة CH_3NH_2 تركيزها 0.2 M والملح CH_3NH_3Cl تركيزه 0.4 M علمًا أن:

$K_b = 4.5 \times 10^{-4}$ $Mr = 128 g/mol$ $\log 4.4 = 0.64$ (أهمل التغير في الحجم)

أ- قيمة pH للمحلول

$$K_b = \frac{[OH^-][CH_3NH_3^+]}{[CH_3NH_2]} \quad \Rightarrow \quad 4.5 \times 10^{-4} = \frac{[OH^-] \times 0.4}{0.2}$$

$$[OH^-] = 2.25 \times 10^{-4} M$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2.25 \times 10^{-4}} = \frac{1000 \times 10^{-17}}{225 \times 10^{-6}} = 4.4 \times 10^{-11}$$

$$pH = -\log 4.4 \times 10^{-11} = 11 - \log 4.4 = 11 - 0.64 = 10.36$$

ب-كتلة الحمض HI اللازم إضافتها إلى 800 mL من المحلول لتصبح pH = 10

$K_b = 4.5 \times 10^{-4}$ $pH = 10$ $pOH = 4$ $[OH^-] = 1 \times 10^{-4}\ M$

$$[HI] = [H_3O^+] = x$$

$$[CH_3NH_3^+] = 0.4 + x$$

$$[CH_3NH_2] = 0.2 - x$$

$$K_b = \frac{[OH^-][CH_3NH_3^+]}{[CH_3NH_2]} \quad \Rightarrow \quad 4.5 \times 10^{-4} = \frac{1 \times 10^{-4} \times (0.4 + x)}{(0.2 - x)}$$

$$4.5(0.2 - x) = 0.4 + x$$

$$0.9 - 4.5x = 0.4 + x$$

$$x = [HCl] = 0.09\ M$$

$$n = M \times V = 0.09 \times 0.8 = 0.072\ mol$$

$$m = n \times Mr = 0.072 \times 128 = 9.2\ g$$

السؤال الثالث: محلول منظم يتكون من الحمض HNO_2 تركيزه 0.3 M والملح KNO_2 تركيزه 0.2 M علمًا أن: $K_a = 4.4 \times 10^{-4}$ (أهمل التغير في الحجم) $\log 6.6 = 0.82$

أ- قيمة pH للمحلول

$$K_a = \frac{[NO_3^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} \Rightarrow 4.4 \times 10^{-4} = \frac{[H_3O^+] \times 0.2}{0.3}$$

$$[H_3O^+] = 6.6 \times 10^{-4}$$

$$pH = -\log 6.6 \times 10^{-4} = 4 - \log 6.6 = 4 - 0.82 = 3.18$$

ب-قيمة pH للمحلول السابق إذا أضيف 0.1 mol من الحمض HCl إلى لتر منه

$$[HCl] = 0.1\ M$$

$$[NO_2^-] = 0.2 - 0.1 = 0.1\ M \qquad [HNO_2] = 0.3 + 0.1 = 0.4\ M$$

$$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} \Rightarrow 4.4 \times 10^{-4} = \frac{[H_3O^+] \times 0.1}{0.4}$$

$$[H_3O^+] = 1.8 \times 10^{-3}$$

$$pH = -\log 1.8 \times 10^{-3} = 3 - \log 1.8 = 3 - 0.26 = 2.74$$

ج- عدد مولات NaOH اللازم إضافتها إلى 1 L من المحلول لتصبح pH تساوي 4

$$pH = 4 \quad [H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}\ M$$

$$[NaOH] = [OH^-] = x$$

$$[NO_2^-] = 0.2 + x$$

$$[HNO_2] = 0.3 - x$$

$$K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} \Rightarrow 4.4 \times 10^{-4} = \frac{1 \times 10^{-4} \times (0.2 + x)}{(0.3 - x)}$$

$$4.4(0.3 - x) = 0.2 + x$$

$$1.32 - 4.4x = 0.2 + x$$

$$x = [NaOH] = 0.21\ M$$

$$n = M \times V = 0.21 \times 1 = 0.21\ mol$$

السؤال الرابع: جرى تحضير محلول منظم من الحمض H_2CO_3 والملح $NaHCO_3$ بالتركيز نفسه، فكان $[H_3O^+] = 4.3 \times 10^{-7}$ أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- أحسب قيمة ثابت التأين K_a للحمض H_2CO_3

$$[HCO_3^-] = [H_2CO_3]$$

$$K_a = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3]} = 4.3 \times 10^{-7}$$

ب-أكتب صيغة الأيون المشترك

$$H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons \overset{HCO_3^-}{\boxed{HCO_3^-}}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} \overset{HCO_3^-}{\boxed{HCO_3^-}}_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

ج- أحسب النسبة $\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$ لتكون قيمة pH للمحلول تساوي 7.45 وهي القيمة المناسبة ليؤدي الدم وظيفته في الجسم (علمًا أن $\log 3.55 = 0.55$)

$$pH = 7.45 \quad [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{(-7.45+8)-8} = 10^{0.55} \times 10^{-8} = 3.55 \times 10^{-8}\ M$$

$$K_a = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3]} \Rightarrow 4.3 \times 10^{-7} = \frac{[HCO_3^-]3.55 \times 10^{-8}}{[H_2CO_3]}$$

$$\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = \frac{4.3 \times 10^{-7}}{3.55 \times 10^{-8}} = 12$$

تنويه: سؤال 4 هو سؤال وزارة 2001 مع تعديلات بسيطة

السؤال الخامس: أذيب 1.12 g من القاعدة KOH في كمية من الماء حتى أصبح حجم المحلول 1 L فإذا لزم 14 mL من هذا المحلول للتعادل مع 20 mL من محلول الحمض HCl أحسب تركيز محلول HCl علمًا أن الكتلة المولية للقاعدة KOH $Mr = 56g/mol$

$$n_{acid} = n_{base}$$

$$M_a \times V_a = M_b \times V_b$$

$$M_{HCl} \times V_{HCl} = M_{KOH} \times V_{KOH}$$

$$n_{KOH} = \frac{1.12}{56} = 0.02\ mol \qquad M_{KOH} = \frac{0.02}{1} = 0.02\ M$$

$$M_{HCl} \times 20 = 0.02 \times 14$$

$$M_{HCl} = \frac{0.02 \times 14}{20} = 0.014\ M$$

السؤال السادس: اعتمادًا على الجدول المجاور الذي يبين قيم ثابت التأين K_a لعدد من الحموض الضعيفة بالتركيز نفسه 0.25 M أجيب عن الأسئلة الآتية:

صيغة الحمض	قيمة K_a
HA	3.2×10^{-8}
HB	7.5×10^{-3}
HC	4.0×10^{-10}
HD	6.3×10^{-5}

1- أي من محاليل هذه الحموض له أقل قيمة pH؟

الحمض الأقوى صاحب أعلى قيمة K_a هو الأقل pH وهو HB

2- أحدد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة عند تأين حمض HD في الماء

$$HD + H_2O \rightleftharpoons D^- + H_3O^+$$

$$HD/D^- \quad H_2O/H_3O^+$$

3- أي من محاليل أملاح البوتاسيوم لهذه الحموض له أقل قيمة pH؟

الملح الأقل pH يكون حمضه هو الأقل pH وهو HB وبالتالي سيكون ملح KB

4- أتوقع الجهة التي يرجحها الاتزان في التفاعل الآتي:

$$HA + D^- \rightleftharpoons HD + A^-$$

بما أن HD هو أعلى في قيمة K_a وبالتالي هو أقوى من HA فالتفاعل يسير من النواتج إلى تكوين الأضعف أي إلى جهة اليسار

5- أحسب قيمة pH لمحلول الحمض HC

$$[H_3O^+] = [C^-] = x$$
$$[HC] = 0.25\ M \qquad K_a = 4 \times 10^{-10}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][C^-]}{[HC]} \Rightarrow 4 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{25 \times 10^{-2}}$$
$$x^2 = 100 \times 10^{-12}$$
$$x = 10 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-5}\ M$$
$$pH = -\log 1 \times 10^{-5} = 5$$

تنويه: السؤال السادس: سؤال وزارة 2001 تكميلي

السؤال السابع: جرى تحضير محلول منظم من القاعدة الضعيفة B التي تركيزها 0.3 M والملح BHCl بالتركيز نفسه

علمًا أن $K_b = 2 \times 10^{-4}$ $\log 5 = 0.7$ $\log 2 = 0.3$ (أهمل تغير الحجم)

1- أحسب قيمة pH للمحلول المنظم الناتج

$$K_b = \frac{[OH^-][BH^+]}{[B]} \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = \frac{[OH^-] \times 0.3}{0.3}$$
$$[OH^-] = 2 \times 10^{-4} M$$
$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 0.5 \times 10^{-10} = 5 \times 10^{-11}$$
$$pH = -\log 5 \times 10^{-11} = 11 - \log 5 = 11 - 0.7 = 10.3$$

2- أحسب قيمة pH عند إضافة 0.1 mol من الحمض HCl إلى لتر من المحلول المنظم السابق.

$$[HCl] = [H_3O^+] = 0.1\ M$$
$$[BH^+] = 0.3 + 0.1 = 0.4\ M$$
$$[B] = 0.3 - 0.1 = 0.2\ M$$

$$K_b = \frac{[OH^-][BH^+]}{[B]} \quad \Rightarrow \quad 2 \times 10^{-4} = \frac{[OH^-] \times 0.4}{0.2}$$
$$[OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$$
$$pOH = -\log 1 \times 10^{-4} = 4$$
$$pH = 14 - 4 = 10$$

تنويه: السؤال السابع: سؤال وزارة 2001 تكميلي

تم بحمد الله وشكره وتوفيقه
فما كان من صواب فالحمد لله ومن فضل الله وتوفيقه
وما كان من خطأ فمن نفسي وتقصيري

أسأل الله أن ينفع بهذا العمل
ويتقبله قبولًا مباركًا كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه

مع كل الحب لطلابي
مريم السرطاوي

لا يحل لأحد تعديل الملف أو تزوير الاسم أو المتاجرة به
الدوسية لا تتوفر في المكتبات ولا أحلّ لأيّ مكتبةٍ المتاجرة بهذا العمل
فقد أوقفته للعلم، الطالب يسحبه من أي مكتبة بسعر تكلفة الورق والتجليد المعروف