

## التفاعلات حمض - قاعدة Les réactions acido-basiques

الأستاذ: الدلاحي محمد ( السنة الأولى علوم تجريبية )

### I- نظرية برونشتد لأحماض والقواعد

#### 1- أمثلة لتفاعلات حمضية قاعدية

أ- تفاعل غاز الأمونياك مع غاز كلورور الهيدروجين.

يؤدي تفاعل غاز الأمونياك  $\text{NH}_3(\text{g})$  مع غاز كلورور الهيدروجين  $\text{HCl}(\text{g})$  إلى تكون مركب صلب أيوني لكلورور الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ ، وفق المعادلة الكيميائية التالية:

$$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \longrightarrow (\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-)_{(\text{s})}$$

ب- تفاعل حمض النتريك السائل مع الماء

ينتج عن تفاعل حمض النتريك  $\text{HNO}_3(\text{l})$  مع الماء، أيونات النترات  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  و أيونات الأوكسونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  وفق المعادلة:

$$\text{HNO}_3(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$$

في المعادلات الكيميائية السابقة، يلاحظ أن هناك نوع كيميائي يفقد بروتونا  $\text{H}^+$  ( $\text{HNO}_3$  ,  $\text{HCl}$ )، في حين يكتسب النوع الكيميائي الآخر هذا البروتون ( $\text{NH}_3$  ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). نقول: إن هناك تبادل بروتوني بين النوعين الكيميائيين المتفاعلين.  
ج- تعريف:

نسمى تفاعل حمض - قاعدة كل تفاعل يتم خلاله تبادل بروتون  $\text{H}^+$ ، بين المتفاعلات.

أمثلة:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$  و  $\text{HCl}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

#### 2- تعريف الحمض والقاعدة حسب برونشتد

♦ الحمض هو كل نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون  $\text{H}^+$

✓ حالة حمض جزيئي:  $\text{HA} \longrightarrow \text{A}^- + \text{H}^+$

✓ حالة حمض أيوني:  $\text{BH}^+ \longrightarrow \text{B} + \text{H}^+$

مثال: ( $\text{HNO}_3$  ,  $\text{HCl}$  ,  $\text{NH}_4^+$ )

♦ القاعدة هي كل نوع كيميائي قادر على كسب بروتون  $\text{H}^+$

✓ حالة قاعدة جزيئية:  $\text{B} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{BH}^+$

✓ حالة قاعدة أيونية:  $\text{A}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HA}$

مثال: ( $\text{NH}_3$  ,  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ )

ملحوظة: لا يمكن لحمض أن يفقد بروتونا إلا بوجود قاعدة لاكتسابه.

### II- مزدوجة قاعدة/حمض

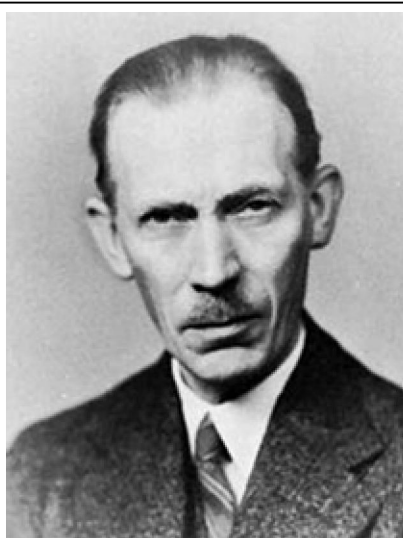
#### 1- تعريف:

بصفة عامة، خلال تفاعل كيميائي، يمكن حسب الظروف التجريبية:

♦ لحمض  $\text{HA}$  (أو  $\text{BH}^+$ ) أن يفقد بروتونا  $\text{H}^+$ :  $\text{HA} \longrightarrow \text{A}^- + \text{H}^+$  (أو  $\text{BH}^+ \longrightarrow \text{B} + \text{H}^+$ )

♦ لقاعدة  $\text{A}^-$  (أو  $\text{B}$ ) أن تكتسب بروتونا  $\text{H}^+$ :  $\text{A}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HA}$  (أو  $\text{B} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{BH}^+$ )

و للتعبير عن إمكانية وجود هذين الظاهرتين بنصف المعادلة:  $\text{HA} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$  (أو  $\text{BH}^+ \rightleftharpoons \text{B} + \text{H}^+$ )



Nicolaus Huhannes Bronsted

يقابل كل حمض HA (أو BH<sup>+</sup>)، قاعدة مرافقة A<sup>-</sup> (أو B)، والعكس. نقول إن النوعين الكيميائيين HA (أو BH<sup>+</sup>) و A<sup>-</sup> (أو B) يكونان مزدوجة قاعدة/حمض، نرملها بـ (BH<sup>+</sup>/B أو) HA/A<sup>-</sup>.

و نعبر عن نصف المعادلة الحمضية - القاعدية المقرونة بها بالكتابة  $HA \rightleftharpoons A^- + H^+$  (أو  $BH^+ \rightleftharpoons B + H^+$ )  
**ملحوظة:** ليست هذه الكتابة معادلة كيميائية، وإنما هي كتابة تعبر عن إمكانية الانتقال من نوع إلى آخر.

**أمثلة:**

| نصف المعادلة   | مزدوجة قاعدة/حمض                       |
|--|--|
| $CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$ | $CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$     |
| $NH_4^+_{(aq)} \rightleftharpoons NH_3_{(aq)} + H^+_{(aq)}$        | $NH_4^+ / NH_3$                        |
| .....  | $H_2S/HS^-$                            |
| .....  | $NH_4^+ / NH_3$                        |
| .....  | $CO_2, H_2O/HCO_3^-$                   |
| .....  | $HNO_2/NO_2^-$                         |
| .....  | $C_6H_5COOH_{(aq)}/C_6H_5COO^-_{(aq)}$ |
| .....  | $H_2SO_4/HSO_4^-$                      |
| .....  | $NH_4^+ / NH_3$                        |
| .....  | $SO_2, H_2O/HSO_3^-$                   |
| .....  | $NH_4^+ / NH_3$                        |
| .....  | $CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2$                |
| .....  | $HF/F^-$                               |

## 2- مزدوجتا الماء

ينتمي الماء إلى مزدوجتين قاعدة/حمض:

.....  $H_3O^+_{aq}/H_2O_{(l)}$  : الماء هو القاعدة المرافقة. ❖

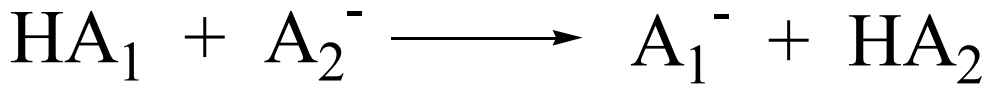
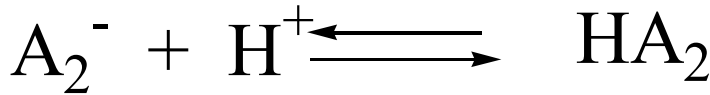
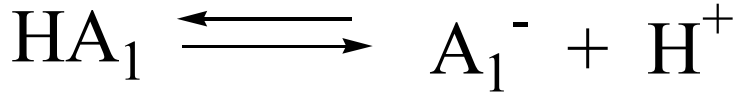
.....  $H_2O_{(l)}/HO^-_{aq}$  : الماء هو الحمض المرافق. ❖

الماء الذي يُكون القاعدة في المزدوجة  $H_3O^+_{aq}/H_2O_{(l)}$  و الحمض في المزدوجة  $H_2O_{(l)}/HO^-_{aq}$  يسمى أمفوليتا ampholyte أو الأمفوتير amphotère.

## II. كتابة معادلة تفاعل حمض – قاعدة :

عموما لا يتم فقدان بروتونا  $H^+$  من طرف نوع كيميائي (حمض) إلا إذا وجد مع نوع كيميائي آخر قادر على اكتساب هذا البروتون (قاعدة) والعكس صحيح.

ففي التفاعل حمض – قاعدة تشارك مزدوجتين  $HA_1/A_1^-$  و  $HA_2/A_2^-$  حيث يتفاعل حمض إحدى المزدوجتين مع قاعدة المزدوجة الأخرى .



**مثال:** نعتبر تفاعل محلول مائي لكلورور الأمونيوم ( $NH_4^+(aq), Cl^-(aq)$ ) مع محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+(aq), HO^-(aq)$ ). لنكتب المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل.

- المزدوجتان المتدخلتان هما:  $H_2O / HO^-$  و  $NH_4^+ / NH_3$

- نصف المعادلة البروتونية:  $NH_4^+ \rightleftharpoons H^+ + NH_3$

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

- معادلة التفاعل هي إذن:  $NH_4^+ + HO^- \rightarrow NH_3 + H_2O$

الأيونات  $Cl^-$  و  $Na^+$  غير نشيطة ولا تتدخل في التفاعل.

### تطبيق :

يتفاعل الامونياك  $NH_3$  مع حمض الإيثانويك  $CH_3COOH$ .

1. حدد المزدوجتين المشاركتين في هذا التفاعل .

2. أكتب نصفي معادلة حمض – قاعدة لكل مزدوجة ثم استنتج معادلة التفاعل حمض – قاعدة .

**الحل :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### III. تفاعل حمض - قاعدة في الحياة اليومية :

- ❖ **خميرة العجين** : تحتوي على هيدروجينوكربونات الصوديوم  $\text{NaHCO}_3$  وحمض التارتريك  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$  مما يؤدي إلى تكون غاز ثنائي اوكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  وبالتالي انتفاخ العجين .
- ❖ **الأسبرين** : يحتوي على حمض الأسيتيل سالسيليك  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$  و  $\text{NaHCO}_3$  ويرجع الفوران عند وضع القرص في الماء إلى حدوث تفاعل حمضي قاعدي مما يؤدي إلى تكون  $\text{CO}_2$ .

### IV. الكواشف الملونة :

#### (1) تجربة:

نضع في ثلاث كؤوس 1, 2, 3 قطرات من أزرق البروموتيمول و نظيف إليها ماء مقطر. نضيف إلى الكأس 2 قليلا من حمض الكلوريدريك, في حين نضيف إلى الكأس 3 قليلا من هيدروكسيد الصوديوم.

ملاحظات:

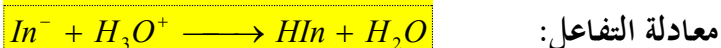
يأخذ المحلول في الكأس 1 لونا أخضرا في حين يأخذ في الكأسين 2 و 3 على التوالي اللونين الأصفر و الأزرق.

| نوعية المحلول                          | محلول قاعدي<br>$\text{pH} > 7$ | محلول محايد<br>$\text{pH} = 7$ | محلول حمضي<br>$\text{pH} < 7$ |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| لون المحلول أزرق<br>البروموتيمول B.B.T | أزرق<br>Bleu                   | أخضر<br>Vert                   | أصفر<br>Jaune                 |

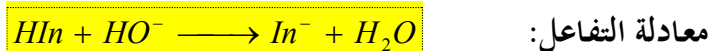
استنتاج:

يحتوي أزرق البروموتيمول على نوعين كيميائيين هما الجزئيات  $\text{HIn}$  و تتميز بلون أصفر و الأيونات  $\text{In}^-$  و تتميز بلون أزرق مما يجعل لونه أخضرا.

- في الكأس 2 : يحتوي محلول حمض الكلوريدريك ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) على أيونات الأوكسونيوم التي تتفاعل مع أيونات أزرق البروموتيمول  $\text{In}^-$  مما ينتج عنه تكون النوع  $\text{HIn}$  فيأخذ المحلول لونا أصفرا:



- في الكأس 3 : يحتوي محلول هيدروكسيد الصوديوم ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) على أيونات الهيدروكسيد التي تتفاعل مع جزئيات أزرق البروموتيمول  $\text{HIn}$  مما ينتج عنه تكون النوع  $\text{In}^-$  فيأخذ المحلول لونا أزرقا:



الكاشف الملون حمض أو قاعدة و هو مزدوجة حمض - قاعدة يرمز لها ب  $\text{HIn}/\text{In}^-$  حيث يكون للحمض و للقاعدة المرافقة لوان مختلفان.

❖ بحضور حمض  $\text{HA}$ ، تتفاعل قاعدة مزدوجة الكاشف  $\text{In}^-$  مع الحمض  $\text{HA}$  فتتحول إلى الحمض المرافق  $\text{HIn}$ ، وفق المعادلة:  $\text{In}^- + \text{HA} \longrightarrow \text{HIn} + \text{A}^-$ ، فيأخذ المحلول (الخليط) لون الشكل الحمضي للكاشف.

❖ بحضور قاعدة  $\text{A}^-$ ، يتفاعل حمض مزدوجة الكاشف الملون  $\text{HIn}$  مع القاعدة  $\text{A}^-$  فيتتحول إلى القاعدة المرافقة  $\text{In}^-$ ، وفق المعادلة:  $\text{HIn} + \text{A}^- \longrightarrow \text{In}^- + \text{HA}$ ، فيأخذ المحلول (الخليط) لون الشكل القاعدي للكاشف.