



## 1- تطور مجموعة خلال تحول كيميائي :

### 1-1- نشاط :

نجز التركيب التجريبي جانبه حيث نملأ الأنبوب (أ) كلياً بالماء قبل نكسه في الحوض فوق فوهة الأنبوب المغفوف . نضع قليلاً من الزنك مع محلول حمض الكلوريدريك في الأنبوب (ب) قبل غلقه بسدادة يعبرها الأنبوب المغفوف . وبعد امتلاء الأنبوب (أ) بالغاز نخرجه من الماء ونقرب اللهب من فوهته فنلاحظ حدوث فرقة . ثم نأخذ قليلاً من المحلول المحصل عليه في الأنبوب (ب) ، ونضيف إليه قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم فيكون راسب أبيض . أ- حدد الأنواع الكيميائية الموجودة في الأنبوب (ب) قبل انطلاق التحول . تتكون المجموعة الكيميائية في الحالة البدئية من محلول حمض الكلوريدريك  $(H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$  والزنك  $Zn_{(s)}$  .

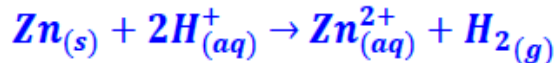
ب- ما هو الغاز الذي أبرزه حدوث الفرقة عند تقريب اللهب ؟

ج- ما هو الأيون الذي تم إبرازه بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم ؟

د- ما هي الأنواع الكيميائية التي تحولت ؟

ه- ما هي الأنواع الكيميائية التي لم تشارك في التحول ؟

و- اكتب المعادلة الكيميائية المقرونة بهذا التحول .



### 1-2- التحول الكيميائي :

➤ أثناء تحول كيميائي ما ، تظهر أنواع كيميائية جديدة تسمى **نواتج** ، في حين تختفي أنواع كيميائية أخرى تسمى **متفاعلات** ، وذلك عند توفر ظروف معينة .

➤ تسمى مجموعة الأنواع الكيميائية المتكونة من المتفاعلات والنواتج والأنواع الكيميائية الأخرى التي لا تشارك ( غير النشيطة ) في التحول : **مجموعة كيميائية** .

➤ توصف حالة مجموعة كيميائية بتحديد :

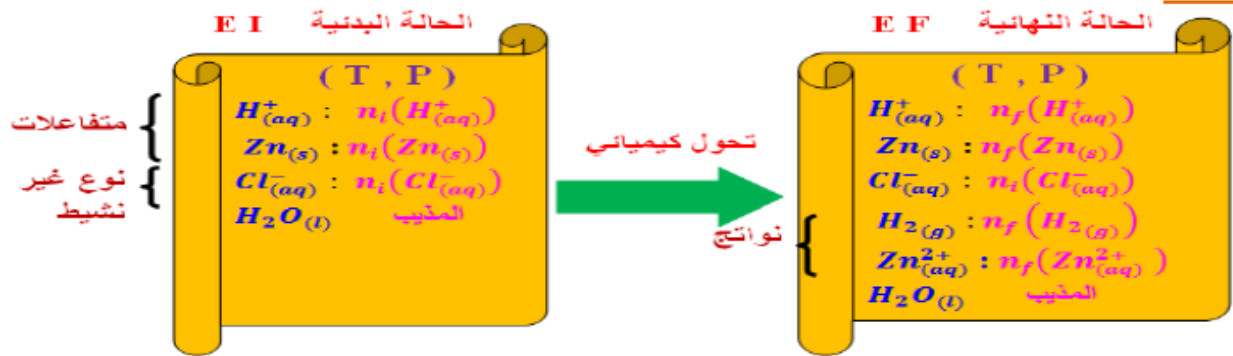
■ الطبيعة والحالة ( صلب - سائل - غاز - مميّه -  $aq$  ) وكميات المادة للأنواع الكيميائية المكونة للمجموعة .

■ درجة الحرارة  $T$  و الضغط  $P$  للمجموعة .

➤ عند مزج مختلف الأنواع الكيميائية المكونة للمجموعة الكيميائية نقول إن المجموعة في الحالة البدئية ، فينطلق التحول الكيميائي باختفاء المتفاعلات وظهور النواتج ، فنقول إن المجموعة تتطور . وعند توقف تطور المجموعة ، نقول إن المجموعة في الحالة النهائية .

➤ التحول الكيميائي هو مرور المجموعة الكيميائية من الحالة البدئية إلى الحالة النهائية .

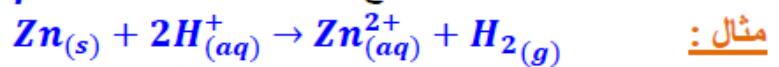
مثال :



### 1-3- التفاعل الكيميائي :

التفاعل الكيميائي هو نموذج وصفي للتحول الكيميائي ، ويتم التعبير عنه بكتابة رمزية تسمى المعادلة الكيميائية .

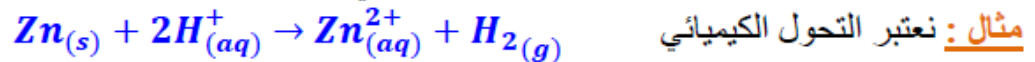
بصفة عامة ، تكتب المعادلة الكيميائية كالتالي :  $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$  حيث  $A$  و  $B$  و  $C$  و  $D$  الأنواع الكيميائية و الأعداد  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  و  $\delta$  المعاملات التناسبية .



### 2- تطور كميات المادة للأنواع الكيميائية أثناء تحول كيميائي :

#### 1-2- تقدم التفاعل :

أثناء تحول ، تتناسب تغيرات كميات المادة للمتفاعلات والنواتج مع مقدار يسمى تقدم التفاعل ونرمز له بالحرف  $x$  ونعبر عنه بالوحدة mol . ثابتة التناسب هي معامل التناسب للمتفاعل أو النواتج .



خلال التحول تستهلك  $x$  mol من  $Zn_{(s)}$  و  $2x$  mol من  $H^+_{(aq)}$  وتتكون  $x$  mol من  $Zn^{2+}_{(aq)}$  و  $x$  mol من  $H_{2(g)}$  .

#### 2-2- الجدول الوصفي للتفاعل :

لنتبع تطور كميات المادة للأنواع الكيميائية المتفاعلة و الناتجة ، نقوم بإنشاء جدول وصفي خاص بالتفاعل ، حيث يتم تحديد كمية المادة لكل نوع كيميائي بدلالة تقدم التفاعل  $x$  .  
تصل المجموعة الكيميائية إلى حالتها النهائية بانقضاء كمية المادة لأحد المتفاعلات على الأقل ، ويسمى هذا المتفاعل المتفاعل المحد . ويأخذ تقدم التفاعل  $x$  قيمته القصوى التي تسمى التقدم الأقصى  $x_{max}$  .

معادلة التفاعل				معادلة التفاعل	
$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$				معادلة التفاعل	
كميات المادة (mol)				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0	0	الحالة البدئية
$n_i(A) - \alpha x$	$n_i(B) - \beta x$	$\gamma x$	$\delta x$	x	خلال التحول
$n_i(A) - \alpha x_{max}$	$n_i(B) - \beta x_{max}$	$\gamma x_{max}$	$\delta x_{max}$	$x_{max}$	الحالة النهائية

مثال :

معادلة التفاعل				معادلة التفاعل	
$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$				معادلة التفاعل	
كميات المادة (mol)				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
2	2	0	0	0	الحالة البدئية
$2 - x$	$2 - 2x$	x	x	x	خلال التحول
$2 - x_{max}$	$2 - 2x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$	الحالة النهائية

❖ إذا كان  $Zn_{(s)}$  هو المتفاعل المحد فإن  $n_f(Zn_{(s)}) = 2 - x_{max}(Zn_{(s)}) = 0$

أي  $x_{max}(Zn_{(s)}) = 2 \text{ mol}$

❖ إذا كان  $H^+_{(aq)}$  هو المتفاعل المحد فإن  $n_f(Zn_{(s)}) = 2 - 2x_{max}(Zn_{(s)}) = 0$

أي  $x_{max}(H^+_{(aq)}) = \frac{2}{2} = 1 \text{ mol}$

بما أن  $x_{max}(H^+_{(aq)}) < x_{max}(Zn_{(s)})$  فإن المتفاعل المحد هو  $H^+_{(aq)}$  والتقدم الأقصى هو  $x_{max} = 1 \text{ mol}$

**ملحوظة:**

يمكن معرفة التقدم الأقصى من تحديد كميات المادة لكل المتفاعلات والناتج في الحالة النهائية ، وهذا ما يسمى **حصيلة المادة** .  
فمثلا : حصيلة المادة للتفاعل السابق هي تركيب الخليط عند الحالة النهائية .

معادلة التفاعل				حصيلة المادة
$Zn_{(s)}$	$+ 2H^+_{(aq)}$	$\rightarrow Zn^{2+}_{(aq)}$	$+ H_{2(g)}$	$x_{max} = 1 \text{ mol}$
1 mol	0 mol	1 mol	1 mol	

**2-3- الخليط الستوكيومترى (التناسي) :**

يكون الخليط استوكيومتريا إذا كانت كميات المادة البدنية للمتفاعلات متوفرة حسب المعاملات التناسبية للمتفاعلات في المعادلة فتختفي المتفاعلات كليا في الحالة النهائية .

بالنسبة للتفاعل التالي  $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$  يجب تحقق الشرط التالي لتسمية الخليط استوكيومتريا  $\frac{n_i(A)}{\alpha} = \frac{n_i(B)}{\beta}$

**3- حالة التفاعلات الكيميائية التي تنتج غازات :**

**3-1- توقع الحجم النهائي لغاز :**

نضع كتلة  $m=0,2g$  من مسحوق الزنك في أنبوب اختبار ثم نغلقه مباشرة بعد إضافة  $V=10\text{mL}$  من حمض الكلوريدريك  $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$  .

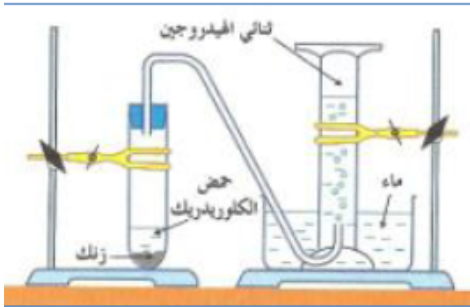
عند انتهاء التفاعل ، نسجل الحجم النهائي لغاز ثنائي الهيدروجين المتكون

$V_f(H_2) = 74 \text{ mL}$  . نعطي :  $V_M = 24 \text{ L.ml}^{-1}$  .

أ- أنشئ الجدول الوصفي لتطور التحول الكيميائي .

لدينا  $n_i(Zn_{(s)}) = \frac{m}{M(Zn_{(s)})} = \frac{0,2}{65,4} = 3.10^{-3} \text{ mol}$

و  $n_i(H^+_{(aq)}) = C.V = 2 \times 10.10^{-3} = 2.10^{-2} \text{ mol}$



معادلة التفاعل				حالة المجموعة	
$Zn_{(s)}$	$+ 2H^+_{(aq)}$	$\rightarrow Zn^{2+}_{(aq)}$	$+ H_{2(g)}$	تقدم التفاعل	حالة المجموعة
كميات المادة (mmol)				0	الحالة البدئية
3	20	0	0	x	خلال التحول
$3 - x$	$20 - 2x$	$x$	$x$	$x_{max}$	الحالة النهائية
$3 - x_{max}$	$20 - 2x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$		

ب- حدد المتفاعل المحد و احسب التقدم الأقصى .

❖ إذا كان  $Zn_{(s)}$  هو المتفاعل المحد فإن  $n_f(Zn_{(s)}) = 3 - x_{max}(Zn_{(s)}) = 0$

أي  $x_{max}(Zn_{(s)}) = 3 \text{ mmol}$

❖ إذا كان  $H^+_{(aq)}$  هو المتفاعل المحد فإن  $n_f(Zn_{(s)}) = 20 - 2x_{max}(Zn_{(s)}) = 0$

أي  $x_{max}(H^+_{(aq)}) = \frac{20}{2} = 10 \text{ mmol}$

بما أن  $x_{max}(Zn_{(s)}) < x_{max}(H^+_{(aq)})$  فإن المتفاعل المحد هو  $Zn_{(s)}$  والتقدم الأقصى هو  $x_{max} = 3 \text{ mmol}$ .

ج- استنتج الحجم النهائي المتوقع لغاز ثنائي الهيدروجين وقارنها مع القيمة المحصل عليها تجريبيا .  
لدينا  $V_f(H_2) = n_f(H_2) \cdot V_M = x_{max} \cdot V_M = 3 \cdot 10^{-3} \times 24 = 72 \text{ mL}$   
نلاحظ أن القيمة المتوقعة توافقت تقريبا القيمة التجريبية .

يمكن تحديد حجم غاز ، انطلاقا من حسيلة التفاعل ، بكميات المادة عند الحالة النهائية للمجموعة الكيميائية .

### 2-3- توقع الضغط النهائي لغاز :

نضع كتلة  $m=1\text{g}$  من مسحوق الزنك في حوالة حجمها  $V=1\text{L}$  ثم نغلقها مباشرة بعد إضافة  $V'=20\text{mL}$  من حمض الكلوريدريك  $C = 2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ونسجل ضغط الغاز داخل الحوالة  $P_i = 1000\text{hPa}$  مع  $\theta = 20^\circ\text{C}$  . عند انتهاء التفاعل ، ننتظر قليلا حتى تتعادل درجة الحرارة مع قيمتها البدئية ، ثم نسجل ضغط الغاز داخل الحوالة  $P_f = 1360\text{hPa}$  .  
أ- ما سبب تغير الضغط خلال التفاعل ؟

قبل التفاعل ، يوجد الهواء داخل الحوالة أي  $P_i = P(\text{الهواء})$  . ويؤدي التفاعل بين الزنك وحمض الكلوريدريك إلى تكون غاز ثنائي الهيدروجين فيصبح الضغط داخل الحوالة هو  $P = P(H_2) + P(\text{الهواء})$  .  
ب- احسب كمية المادة للمتفاعلات في الحالة البدئية .

$$n_i(Zn_{(s)}) = \frac{m}{M(Zn_{(s)})} = \frac{1}{65,4} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_i(H^+_{(aq)}) = C \cdot V' = 2 \times 20 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

ج- اعط حسيلة المادة للتفاعل الحاصل .

بما أن  $x_{max}(Zn_{(s)}) < x_{max}(H^+_{(aq)})$  فإن المتفاعل المحد هو  $Zn_{(s)}$  والتقدم الأقصى هو  $x_{max} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  وبالتالي حسيلة المادة هي :  $n_f(Zn) = 0 \text{ mol}$  و

$$n_f(H^+) = 0,01 \text{ mol} \quad \text{و} \quad n_f(Zn^{2+}) = 0,015 \text{ mol} \quad \text{و} \quad n_f(H_2) = 0,015 \text{ mol}$$

د- احسب الضغط النهائي المتوقع باستعمال معادلة الحالة للغازات الكاملة . مع  $R = 8,314 \text{ (SI)}$

$$P_f(H_2) = \frac{n_f(H_2)RT}{V} = \frac{0,015 \times 8,314 \times (20+273,15)}{1 \cdot 10^{-3}} = 365,6 \text{ hPa}$$

$$P_f = P_f(H_2) + P(\text{الهواء})$$

$$P_f = 365,6 + 1000 = 1365,6 \text{ hPa}$$

نلاحظ أن القيمة المتوقعة توافقت تقريبا القيمة التجريبية .

يمكن تحديد ضغط غاز ، انطلاقا من حسيلة التفاعل ، بكميات المادة عند الحالة النهائية للمجموعة الكيميائية .

