1- تطور مجموعة خلال تحول كيميائي :

1-1- نشاط :

ننجز التركيب التجريبي جانبه حيث نملأ الأنبوب (أ) كليا بالماء قبل نكسه في الحوض فوق فوهة الأنبوب المعقوف . نضع قليلا من **الزنك** مع **محلول حمض الكلوريدريك** في الأنبوب (ب) قبل غلقه بسدادة يعبر ها الأنبوب المعقوف . وبعد امتلاء الأنبوب (أ) بالغاز نخرجه من الماء ونقرب **اللهب** من فوهته فنلاحظ حدوث **فرقعة** . ثم نأخذ قليلا من المحلول المحصل عليه في الأنبوب (ب) ، ونضيف إليه قطرات من **محلول هيدروكسيد الصوديوم** فيتكون **راسب أبيض** .

أ- حدد الأنواع الكيميائية الموجودة في الأنبوب (ب) قبل انطلاق التحول .

تتكون المجموعة الكيميائية في الحالة البدئية من **محلول حمض الكلوريدريك** $\left(H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}\right)$ والزنك $Zn_{(s)}$.

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

حدوث فرقعة عند تقريب اللهب مميز وجود غاز ثنائي الهيدروجين $H_{2(g)}$.

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

تكون راسب أبيض هو **هيدروكسيد الزنك** يدل على وجود الأيونات $Zn^{2+}_{(aq)}$.

د- ما هي الأنواع الكيميائية التي تحولت ؟

تحولت المتفاعلات $H^+_{(aq)}$ و $Zn_{(s)}$ إلى النواتج $H_{2(g)}$ و $Zn^{2+}_{(aq)}$.

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

لم تشارك أيونات $Cl^-_{(aq)}$ في التحول لأنها أيونات غير نشيطة .

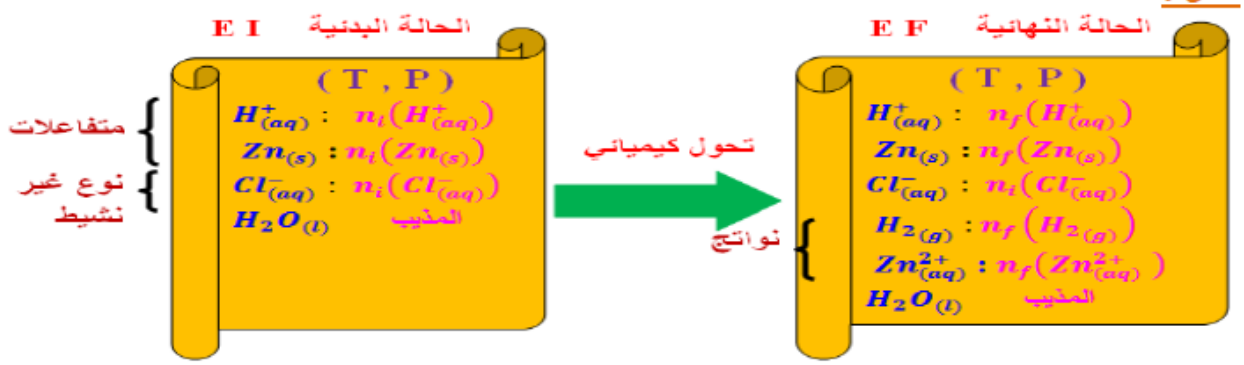
و- اكتب المعادلة الكيميائية المقرونة بهذا التحول .

$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

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 s – سائل *l* – غاز g – مميه 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 α و β و γ و δ المعاملات التناسبية .

مثال : $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

2- تطور كميات المادة للأنواع الكيميائية أثناء تحول كيميائي :

2-1- 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 .

مثال : نعتبر التحول الكيميائي $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

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 :

لتتبع 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	αA	+	βB	→	γC	+	δD
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة (mol)					
الحالة البدئية	0	$n_i(A)$		$n_i(B)$		0	0
خلال التحول	x	$n_i(A) - \alpha x$		$n_i(B) - \beta x$		γx	δx
الحالة النهائية	x_{max}	$n_i(A) - \alpha x_{max}$		$n_i(B) - \beta x_{max}$		γx_{max}	δx_{max}

مثال :

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

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

أي $x_{max}(Zn_{(s)}) = 2\ mol$

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

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

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

ملحوظة :

تمكن معرفة التقدم الأقصى من تحديد كميات المادة لكل المتفاعلات والنواتج في الحالة النهائية ، وهذا ما يسمى **حصيلة المادة** .

فمثلا : حصيلة المادة للتفاعل السابق هي تركيب الخليط عند الحالة النهائية .

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

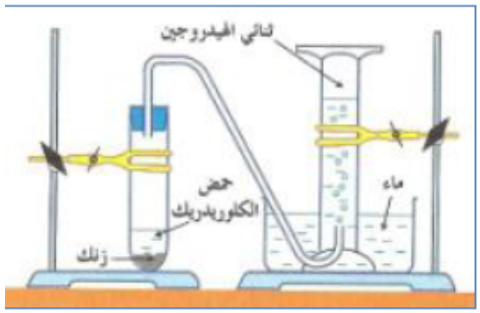
2-3- الخليط الستوكيومتري (التناسبي) :

يكون **الخليط استوكيومتريا** إذا كانت **كميات المادة البدئية 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 $V=10mL$ من **حمض الكلوريدريك** $C = 2mol.L^{-1}$.

عند انتهاء التفاعل ، نسجل الحجم النهائي **لغاز ثنائي الهيدروجين** المتكون . $V_f(H_2) = 74mL$: **نعطي** . $V_M = 24\ L.ml^{-1}$

أ- أنشئ الجدول الوصفي لتطور التحول الكيميائي .

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

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

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

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

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

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

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

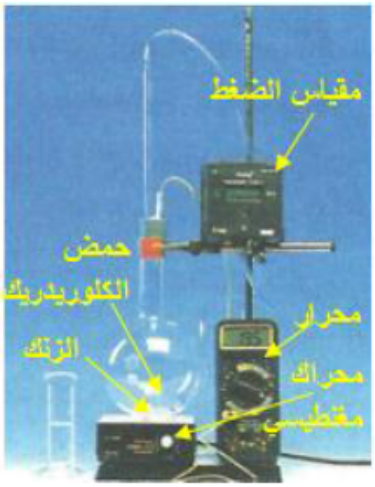
ج- استنتج الحجم النهائي المتوقع لغاز ثنائي الهيدروجين وقارنها مع القيمة المحصل عليها تجريبيا .

لدينا $V_f(H_2) = n_f(H_2).V_M = x_{max}.V_M = 3.10^{-3} \times 24 = 72mL$

نلاحظ أن القيمة المتوقعة توافق تقريبا القيمة التجريبية .

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

3-2- توقع الضغط النهائي لغاز :



نضع كتلة m=1g من مسحوق الزنك في حوجلة حجمها V=1L ثم نغلقها مباشرة بعد إضافة V'=20mL من حمض الكلوريدريك $C = 2mol.L^{-1}$ ونسجل ضغط الغاز داخل الحوجلة $P_i = 1000hPa$ مع $\theta = 20°C$.

عند انتهاء التفاعل ، ننتظر قليلا حتى تتعادل درجة الحرارة مع قيمتها البدئية ، ثم نسجل ضغط الغاز داخل الحوجلة $P_f = 1360hPa$.

أ- ما سبب تغير الضغط خلال التفاعل ؟

قبل التفاعل ، يوجد الهواء داخل الحوجلة أي $P_i = P(\text{الهواء})$. ويؤدي التفاعل بين الزنك وحمض الكلوريدريك إلى تكون غاز ثنائي الهيدروجين فيصبح الضغط داخل الحوجلة هو $P = P(H_2) + P(\text{الهواء})$.

ب- احسب كمية المادة للمتفاعلات في الحالة البدئية .

لدينا $n_i(Zn_{(s)}) = \frac{m}{M(Zn_{(s)})} = \frac{1}{65,4} = 1,5.10^{-2}mol$

و $n_i(H^+_{(aq)}) = C.V' = 2 \times 20.10^{-3} = 4.10^{-2}mol$

ج- اعط حصيلة المادة للتفاعل الحاصل .

بما أن $x_{max}(Zn_{(s)}) < x_{max}(H^+_{(aq)})$ فإن المتفاعل المحد هو $Zn_{(s)}$ والتقدم الأقصى هو $x_{max} = 1,5.10^{-2}mol$. وبالتالي حصيلة المادة هي : $n_f(Zn) = 0mol$ و $n_f(H^+) = 0,01mol$ و $n_f(Zn^{2+}) = 0,015mol$ و $n_f(H_2) = 0,015mol$

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

لدينا $P_f(H_2) = \frac{n_f(H_2)RT}{V} = \frac{0,015 \times 8,314 \times (20+273,15)}{1.10^{-3}} = 365,6hPa$

إذن الضغط النهائي المتوقع داخل الحوجلة هو $P_f = P_f(H_2) + P(\text{الهواء})$

$P_f = 365,6 + 1000 = 1365,6hPa$

نلاحظ أن القيمة المتوقعة توافق تقريبا القيمة التجريبية .

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