- **المجال : المادة و تحولاتها**
- **الوحدة ③ : تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة (تحول كيميائي)**
- **الكفاءات المستهدفة:** ـ يتعرف على طريقة المعايرات اللونية .
ـ يكون قادرًا على تحديد كمية المادة عن طريق قياس الناقليات الكهربائية .
ـ يكون قادرًا على إستغلال النّكافؤ من أجل حساب كمية المادة .

3 ـ 1°] التفاعل بين المحاليل الحمضية و الأساسية :

1°ـ 1] المحاليل الحمضية و الأساسية :

- أ] ـ نشاط ① تصنيف المحاليل الحمضية و المحاليل الأساسية باستعمال كاشف الهليانتين :

خذ بضعة أنابيب إختبار ، وضع في كل أنبوب كمية قليلة من أحد المحاليل التالية : (عصير الليمون ، الخل ، محلول صابون ، بيكاربونات الصوديوم ، ملح الطعام) و أضف لها بضع قطرات من كاشف الهليانتين ... لاحظ الجدول المرفق

ـ ماهو لون كاشف الهليانتين ؟ ..... (برتقالي) .

المواد	اللون الطبيعي	لون الكاشف فيها
ليمون	أصفر	أحمر وردي
خل	شفاف	أحمر وردي
محلول صابون	شفاف	برتقالي
بيكاربونات	عديم اللون	أصفر
ملح الطعام	عديم اللون	برتقالي

ـ ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف الى المحاليل ؟ ..... (أنظر الجدول) .

ـ رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف ..... (يمكن تصنيف المحاليل المدروسة بحسب اللون الذي يأخذه الكاشف الملون الموضوع فيها الى ثلاثة أصناف هي :

◄ محاليل تلون الهليانتين البرتقالي باللون الأحمر الوردي [محلول الليمون ، محلول الخل] .

◄ محاليل تلون الهليانتين البرتقالي باللون الأصفر [محلول البيكاربونات] .

◄ محاليل لا تغير لون الكاشف [محلول الصابون ، محلول ملح الطعام] .

ـ يتميز الليمون بطعم شائع ؟ أذكره ..... (الطعم الحامضي) .

- **نتيجة** : أكمل العبارات التالية :

... نسمي محلولاً حمضيًا كل محلول يأخذ فيه (الهليانتين) اللون (الأحمر) الذي يأخذه مع عصير الليمون .

و نسمي محلولاً أساسيًا كل محلول يأخذ فيه الهليانتين اللون (الأصفر) الذي يأخذه مع البيكربونات .

ـ نشاط ② تصنيف المحاليل الكيميائية الى حمضية و أساسية بواسطة كاشف أزرق البروموثيمول :

ضع محاليل مخففة من : H_2SO_4 ، HCl ، NaOH ، KOH و عصير الليمون في كؤوس وقطر عليها بواسطة الماصة بضع قطرات من كاشف أزرق البروموثيمول .

ـ ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف الى المحاليل ؟ .....(تلون الكاشف بلون معين في كل منها) .

ـ رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف ..... (يمكن تصنيف المحاليل الكيميائية المدروسة بحسب اللون الذي يتلون به الكاشف المستعمل فيها الى صنفين متناظرين هما :

◄ محاليل تلون أزرق البروموثيمول ذو اللون الأخضر باللون الأصفر مثل H_2SO_4 ، HCl و عصير الليمون .

◄ محاليل تلون أزرق البروموثيمول ذو اللون الأخضر باللون الأزرق مثل: NaOH ، KOH .

محاليل كيميائية	لون الكاشف فيها
H_2SO_4	أصفر
HCl	أصفر
NaOH	أزرق
عصير الليمون	أصفر
KOH	أزرق

ـ مالون كاشف أزرق البروموثيمول مع عصير الليمون ؟ ..... (أصفر) ـ لاحظ الجدول المرفق .

ـ صنف المحاليل الكيميائية السابقة الى حمضية و أساسية .

... المحاليل التي تلون أزرق البروموثيمول باللون الأصفر هي محاليل حمضية مثل: H_2SO_4 ، HCl و عصير الليمون .

... المحاليل التي تلون أزرق البروموثيمول باللون الأزرق هي محاليل أساسية مثل: NaOH ، KOH.

- **نتيجة** : أكمل العبارات التالية :

ـ النوع الكيميائي H_2SO_4 محلوله المائي (حمضي) يغير لون الكاشف الملون أزرق البروموثيمول الى (الأصفر) .

ـ النوع الكيميائي HCl محلوله المائي (حمضي) يغير لون الكاشف الملون أزرق البروموثيمول الى (الأصفر) .

ـ النوع الكيميائي NaOH محلوله المائي (أساسي) يغير لون الكاشف الملون أزرق البروموثيمول الى (الأزرق) .

ـ النوع الكيميائي KOH محلوله المائي (أساسي) يغير لون الكاشف الملون أزرق البروموثيمول الى (الأزرق) .

1°ـ 2] مفهوم الحمض و الأساس حسب برونستد ـ لوري (Brönsted – Lorry) :

ـ أ] مفهوم الحمض : الحمض هو كل نوع كيميائي جزيئيًا كان أم شارديًا بإمكانه أن يفقد بروتون H^+ أو أكثر خلال تفاعل كيميائي

أمثلة : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

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

ـ ب] مفهوم الأساس : الأساس هو كل نوع كيميائي جزيئيًا كان أم شاردياً بإمكانه أن يكتسب بروتون H^+ أو أكثر خلال تفاعل كيميائي

أمثلة : $NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

$$CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_3COOH + OH^-$$

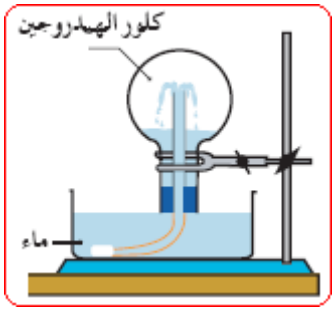
كل من جزيء النشادر NH_3 و شاردة الإيثانوات [الخلات] CH_3COO^- إكتسب H^+ أثناء التفاعل مع الماء ، فهو أساس .

● نشاط : ① مفهوم الحمض بنعلق يفقد H^+ أثناء تفاعله كيميائي :

ـ خذ كمية من غاز كلور الهيدروجين HCl بواسطة حوجلة منكسة على فوهة قارورة محلول تجاري مركز لحمض كلور الماء (روح الملح) حيث يتصاعد غاز HCl الذي يتم إستقباله في الحوجلة .

ـ أنكس الحوجلة فوق حوض مائي . ماذا تلاحظ ؟ ..... (نلاحظ تدفق المحلول المائي بشكل نافورة داخل الحوجلة كما في الشكل المقابل) .

ـ ماهو المحلول الذي حصلت عليه ؟ ..... (المحلول الناتج عن إذابة غاز HCl في الماء هو محلول مائي حمضي مخفف من حمض كلور الماء : $(H_3O^+ + Cl^-)$) .



ـ ما نوع الرابطة الكيميائية الموجودة في جزيئه ؟ ..... (الرابطة H–Cl في الجزيء HCl هي رابطة تكافؤية مستقطبة) .

ـ كيف نسمي الفرد H^+ الناتج من تفكك جزيء HCl ؟ ..... (ندعوه بروتون هيدروجين لأنه في الأصل ناتج عن ذرة هيدروجين H تخلت عن إلكترونها الوحيد) .

ـ أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين غاز كلور الهيدروجين و الماء .

... (معادلة تفاعل إنحلال HCl في الماء هي : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$) .

ـ إستنتج معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء إنحلال H_2SO_4 في الماء .

... (معادلة تفاعل إنحلال H_2SO_4 في الماء هي : $H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$) .

● نتيجة : الحمض HCl فقد H^+ أثناء تفاعله مع الماء ، بينما الحمض H_2SO_4 فقد $2H^+$ أثناء تفاعله مع الماء .

● نشاط : ② طبيعة الكاشف الملون :

الكاشف الملون مثل كاشف أزرق البروموثيمول هو نوع كيميائي يمكن أن يوجد في المحلول المائي على شكلين بلونين مختلفين يمكن تمثيلهما بالفرد الجزيئي الحمضي HIn الذي يظهر في المحلول بلون أصفر ، والفرد الشاردي الأساسي In^- الذي يبدو في المحلول بلونأزرق ، حيث يأخذ كاشف أزرق البروموثيمول لونه الأصلي عندما يكون نقيًا وهو اللون الناتج من مزج لوني الفردين HIn ، In^- وهو اللون الأخضر أي : أصفر (لون HIn) + أزرق (لون In^-) = أخضر (اللون الأصلي لأزرق البروموثيمول HIn/In^-)

● التجربة : ـ أ) حضر كمية من محلول الكاشف الملون أزرق البروموثيمول في كأس بيشر ، ولاحظ اللون الأخضر للمحلول .

ـ كيف يمكنك شرح ظهور هذا اللون إعتماداً على لون HIn ، ولون In ؟ ..... (أزرق البروموثيمول حمض ضعيف له صيغة كيميائية معقدة يمكن تمثيلها بالشكل المبسط HIn ويمكن له أن يسلك سلوك الحمض أو سلوك الأساس بحسب طبيعة المحلول الذي يوضع فيه لذلك يتوازن في المحلول وفق المعادلة : $HIn \rightleftarrows H^+ + In^-$ ، بالتالي إضافة قطرات من الكاشف الى محلول مائي حمضي يؤدي الى زيادة البروتونات H^+ التي تتفاعل مع الشوارد In^- لإعطاء المزيد من الجزيئات HIn فتنقص بذلك كمية الشوارد In^- ويختفي لونها الأزرق المميز في المحلول بينما تزداد كمية الجزيئات HIn ويغلب لونها الأصفر في المحلول ولذلك يبدو أزرق البروموثيمول في المحلول الحمضي عموماًبلون فرده الحمضي الأصفر ، ويحدث العكس عند إضافة قطرات من الكاشف الى محلول مائي أساسي حيث يظهر فيه الكاشف بلون فرده الأساسي الأزرق) .

ـ ب) ضف قطرات من الكاشف الى حجم معين من محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ الممدد تركيزه المولي C = 0,1 mol/L .

سجل ملاحظاتك ..... (تلون المحلول الحمضي الشفاف باللون الأصفر بعد إضافة قطرات من الكاشف الملون إليه) .

ـ ماهو الفرد الكيميائي من بين (H_3O^+ ، Cl^-) المسبب للتحول المشاهد في هذه التجربة ؟ .....(الفرد الكيميائي الذي يتسبب في تغيير اللون هو شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ لأن اللون الأصفر هو اللون الذي يأخذه كاشف أزرق البروموثيمول في جميع المحاليل الحمضية و الشاردة المشتركة مابين المحاليل الحمضية هي شاردة الهيدرونيوم) .

ـ جـ) أضف قطرات من الكاشف الملون الى كمية من محلول ملح كلور الصوديوم $(Na^+ + Cl^-)$. سجل ملاحظاتك ..... (عند إضافة قطرات من الكاشف الملون الى محلول ملح الطعام العديم اللون فإن هذا الأخير يتلون باللون الأخضر دالة على أن الوسط غير حمضي [وسط معتدل] ولذلك نستنتج أن شاردتي الصوديوم Na^+ و الكلور Cl^- المؤثران في تغير لون أزرق البروموثيمول) .

ـ هل يمكنك الآن تعيين الشاردة المسببة للتغير اللوني المشاهد في التجربة السابقة (ب) من بين الشاردتين H_3O^+ ، Cl^- ؟

..... (شاردة الكلور Cl^- موجودة في محلول حمض كلور الماء رفقة شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ وفي محلول كلور الصوديوم رفقة شاردة الصوديوم Na^+ حيث تأثر لون الكاشف بالمحلول الحمضي ولم يتأثر بالمحلول الملحي وهذا يدل على أن السبب في تغير لون الكاشف هو وجود شوارد الهيدرونيوم الحمضية H_3O^+ وليس شوارد الكلور Cl^-) .

ـ أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول ..... ($H_3O^+ + In^- \rightarrow H_2O + HIn$) .

- أكمل العبارات التالية :

... إن إختفاء اللون الأخضر و ظهور اللون الأصفر يدل على إختفاء شوارد(In^-) و ظهور جزيئات HIn ، حيث فقدت $H_3O^+_{(aq)}$ بروتون H^+ الذي (إكتسبته) In^- لتتحول الى HIn الذي يلون المحلول (بالأصفر) ، ونسمي الشاردة $H_3O^+_{(aq)}$ حمضًا لأنها (بإمكانها) أن تفقد H^+ أثناء تحول كيميائي .

- تمرين تطبيقي : عيّن الحمض في كل تحول كيميائي تنمذجه المعادلات التالية ، وماهو عدد H^+ المفقودة بالنسبة لكل حمض ؟

$$HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$$

$$H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

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

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

- نشاط : ③ مفهوم الأساس :

- التجربة : ضع كمية من محلول NaOH في كأس بيشر ، ثم أضف لها بضعة قطرات من كاشف أزرق البروموثيمول .

ـ أكتب ملاحظاتك بعد الإضافة ..... (يتلون الكاشف باللون الأزرق في محلول NaOH) .

ـ أعد التجربة مع محلول كلور الصوديوم NaCl . هل يحدث تغير في اللون ؟ ..... (لا يحدث تغير في لون الكاشف بعد إضافة قطرات منه الى المحلول الملحي و يظهر فيه بلونه الأصلي الأخضر) .

ـ هل هذا التحول يمكن أن تسببه الشاردة Na^+ ؟ علل ..... (لا يمكن لشاردة الصوديوم Na^+ أن تؤثر على الكاشف و تحدث تغير في لونه لأنها متواجدة في محلولي NaOH ، NaCl حيث تغير لون الكاشف في المحلول الأول لأنه أساسي من الأخضر الى الأزرق بينما المحلول الثاني بقي فيه الكاشف محافظًا على لونه الأصلي الأخضر لأن هذا المحلول ملحيًا) .

ـ ماهو الفرد الكيميائي المسؤول عن هذا التحول ؟ ..... (الفرد الكيميائي في المحلول الأساسي($Na^+ + OH^-$) الذي أدى الى تغيير لون الكاشف من الأخضر الى الأزرق هو شاردة الماءات الأساسية OH^-) .

ـ أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول .....($OH^- + HIn \rightarrow H_2O + In^-$) .

- أكمل العبارات التالية :

اللون (الأخضر) لمحلول أزرق البروموثيمول تحول الى اللون (الأزرق) بعد إضافته الى محلول NaOH ، نستنتج أنه تم ظهور شوارد In^- التي تجعل لون المحلول (أزرقًا) ، وإختفاء الجزيئ HIn الذي فقد (H^+) الذي إكتسبته شاردة OH^- لتصبح جزيء H_2O .

نسمي الشاردة OH^- (أساس) لأنها تستطيع أن (تثبت) $H^+_{(aq)}$ أثناء تحول كيميائي .

- تمرين تطبيقي : إعتمادًا على مفهوم الأساس عند برونستد و لوري ، عيّن الأساس في كل تحول كيميائي تنمذجه المعادلات الآتية ، وماهو عدد البروتونات H^+ المثبتة بالنسبة لكل أساس ؟

$$CO_3^{2-} + 2H_3O^+ \rightarrow H_2CO_3 + 2H_2O$$

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

$$OH^- + H_3O^+ \rightleftarrows H_2O + H_2O$$

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

1° ـ 3] مفهوم الثنائية [حمض\ أساس] (Acide/Base) :

خلال النشاطات السابقة عرفنا الحمض بانه كل جسم يفقد H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي وفق المعادلة : $AH \rightarrow A^- + H^+$

و الأساس هو كل جسم يكتسب H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي وفق المعادلة : $A^- + H^+ \rightarrow AH$

حيث يمكن بحسب الظروف التحول من AH الى A^- أو العكس وفق المعادلة الإجمالية : $AH \rightleftarrows A^- + H^+$

نعرف الثنائية [حمض\ أساس] بانها جملة متكونة من الحمض AH والأساس A^- لنفس النوع الكيميائي [حمض ضعيف أو أساس ضعيف] والذين نربطهما المعادلة المسماة بـ "المعادلة النصفية : حمض – أساس" التالية : $AH \rightleftarrows A^- + H^+$

إصطلاحًا : نكتب الثنائية [حمض\ أساس] بالشكل : AH/A^- حيث دومًا يكتب فردها الحمضي AH الى يسار الخط المائل ، ويكتب فردها الأساسي A^- الى يمين الخط المائل و نتمذج بالمعادلة النصفية حمض – أساس كالتالي : $AH \rightleftarrows A^- + H^+$: (AH/A^-)

● ملاحظة : ـ عندما يفقد الحمض AH بروتون H^+ فإنه يعطي أساسًا A^- ندعوه أساس مرافق [الأساس المشتق] .

ـ عندما يكتسب الأساس A^- بروتون H^+ فإنه يعطي حمضًا AH ندعوه حمض مرافق [الحمض المشتق] .

● أمثلة : CH_3COOH/CH_3COO^- : $CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$

الحمض هو : حمض الإيثانويك [حمض الخل] CH_3COOH و الأساس : شاردة الإيثانوات [الخلات] CH_3COO^- أساسه المرافق .

NH_4^+/NH_3 : $NH_3 + H^+ \rightleftarrows NH_4^+$

الأساس هو : النشادر [غاز الأمونياك] NH_3 و حمضه المرافق هو : شاردة [أيون] الأمونيوم NH_4^+ .

1° ـ 4] تفاعلات : حمض– أساس :

ينفاعل حمض الإيثانويك مع الماء وفق المعادلة : $CH_3COOH + H_2O \rightleftarrows CH_3COO^- + H_3O^+$

ـ جزيء حمض الإيثانويك CH_3COOH فقد H^+ و تحول الى شاردة الإيثانوات CH_3COO^- و الفردان CH_3COOH و CH_3COO^- يشكلان ثنائية [حمض\ أساس] هي : CH_3COOH/CH_3COO^-

ـ جزيء الماء H_2O إكتسب H^+ متحولاً الى شاردة هيدرونيوم H_3O^+ و الفردان H_3O^+ و H_2O يشكلان ثنائية [حمض\ أساس] هي : H_3O^+/H_2O .

بالتالي :

$$\underset{(\text{حمض}_1)}{CH_3COOH} + \underset{(\text{أساس}_2)}{H_2O} \rightleftarrows \underset{(\text{أساس}_1)}{CH_3COO^-} + \underset{(\text{حمض}_2)}{H_3O^+}$$

التفاعل : حمض – أساس السابق حدث بين الثنائيتين [حمض\ أساس] المشاركتين فيه وهما :

ـ الثنائية [حمض$_1$\ أساس$_1$] لحمض الإيثانويك [الحالة أو المذاب] : CH_3COOH/CH_3COO^-

ـ الثنائية [حمض$_2$\ أساس$_2$] للماء [المحلل أو المذيب] : H_3O^+/H_2O

أي أن التفاعل : حمض – أساس السابق حدث بسبب إنتقال بروتون H^+ من الحمض CH_3COOH للثنائية [حمض$_1$\ أساس$_1$] الى الأساس H_2O للثنائية [حمض$_2$\ أساس$_2$] .

● نتيجة : التفاعلات حمض – أساس تنتج من إنتقال بروتون H^+ أو أكثر من الحمض لثنائية [حمض$_1$\ أساس$_1$] الى الأساس لثنائية [حمض$_2$\ أساس$_2$] .

● المعايرة عن طريق قياس الناقلية :

ـ الهدف : معايرة محلول أساسي تجاري لهيدروكسيد الصوديوم (يستعمل لتنظيف الأفران و قنوات صرف المياه)

ـ الأدوات : محلول تجاري لهيدروكسيد الصوديوم (مادة منظفة) ، ماصة ، ماء مقطر ، كأسين بيشر ، سحاحة مدرجة ، آمبيرمتر ، فولطمتر خلية قياس الناقلية ، مولد تواترات منخفضة G.B.F .

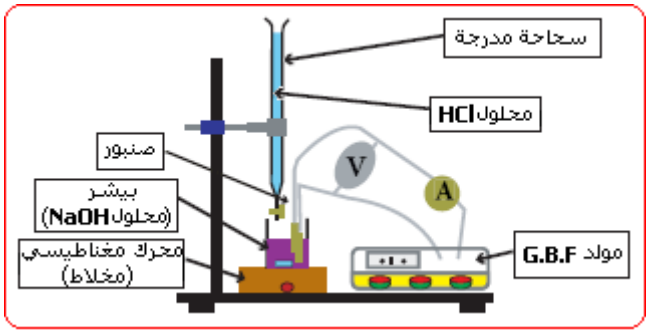
ـ التجربة : خذ 2 mL من المحلول التجاري لهيدروكسيد الصوديوم بواسطة الماصة في حوجلة و أفرغ عليها ماء مقطر الى غاية حصولك على محلول مائي حجمه 500 mL ، ثم خذ من المحلول الناتج (محلول مخفف لهيدروكسيد الصوديوم) 100 mL وأفرغها في بيشر .

ـ أضف الى المحلول قطرتين أو ثلاث من كاشف أزرق البروموثيمول .

ـ أملأ السحاحة بمحلول HCl (محلول حمض كلور الماء : $H_3O^+ + Cl^-$) تركيزه المولي 0,1 mol/L .

ـ ركب الدارة كما في الشكل المقابل ، أدخل خلية القياس في البيشر الذي يحتوي محلول NaOH (100 mL) ، و قس شدة التيار I_{eff} وفرق الكمون U_{eff} ، سجل لون كاشف أزرق البروموثيمول .

ـ أضف حجمًا محددًا V من المحلول الحمضي الموجود في السحاحة (محلول HCl) ، وفي كل مرة قس قيمتي I و U الموافقتين و سجل لون المحلول في البيشر كما في الجدول المرفق أدناه :



V(mL)	0	4	8	12	16	20	22	23	24	25	27	35
U(V)	6.5	6.45	6.48	6.55	6.55	6.56	6.5	6.52	6.48	6.49	6.49	6.45
I(mA)	92.5	82.7	71.7	59.7	49.3	41.4	40.6	42.1	44	45.1	51.3	103
G(mS)												
لون الكاشف												

● **تحليل نتائج القياس :**

1°) أكتب معادلة التفاعل الحادث بعد مزج اللونين . مهو نوع هذا التفاعل ؟

2°) أحسب قيم الناقلية G(mS) للجزء من المحلول المحصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية ، أملأ الجدول ثم أرسم المنحنى : G = f(V) و اشرح البيان المتحصل عليه .

3°) أشرح تغيرات لون الكاشف .

4°) أنشئ جدول تقدم التفاعل من أجل $V < V_{eq}$ حيث : V_{eq} هو الحجم المضاف عند بلوغ نقطة التكافؤ حمض- أساس ، ثم من أجل $V < V_{eq}$.

5°) كيف نميز نقطة التكافؤ في البيان : G = f(V) ؟

6°) عين نقطة التكافؤ ، واحسب $[OH^-_{(aq)}]$ في المحلول المعاير ، ثم $[OH^-_{(aq)}]$ في المحلول التجاري (المنظف : Détergent) .

● **الحل :**

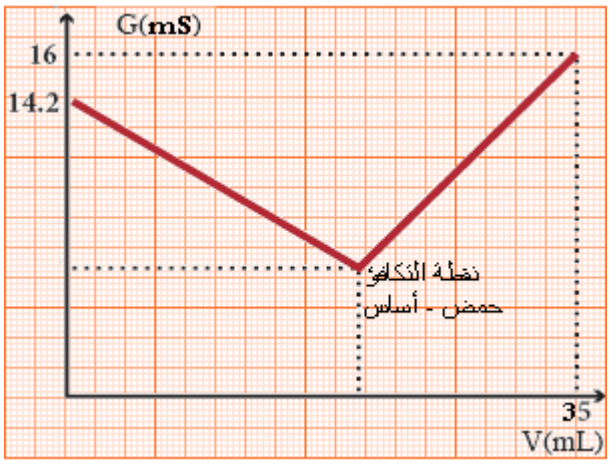
1 ـ °] معادلة التفاعل الحادث : $(H_3O^+ + Cl^-) + (Na^+ + OH^-) \rightarrow (Na^+ + Cl^-) + 2H_2O$

أو إختصارا : $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$ وهو تفاعل : حمض – أساس .

2 ـ °] نعطي نتائج القياس لكل من I و U في كل مرة قيم ناقلية المزيج إعتمادا على العلاقة : G(mS) = I(mA)/U(V)، ومنه جدول القياسات :

G(mS)	14,2	12,8	11,0	9,1	7,5	6,3	6,2	6,5	6,8	6,95	7,9	16
V(mL)	0	4	8	12	16	20	22	23	24	25	27	35
لون الكاشف	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أصفر	أصفر	أصفر

رسم البيان : G = f(V) على الورق الملمتري . [أنظر البيان المرفق]



شرح البيان : نميز في البيان ثلاثة مراحل

أ] قبل التكافؤ : عند إضافة الحمض تتفاعل شوارد الهيدرونيوم مع شوارد الماءات لتعطي الماء ، فيتناقص تركيز شوارد الماءات في البيشر، ومنه تتناقص الناقلية G لجزء المحلول بين لبوسي الخلية و بما أن كمية مادة الشوارد OH^- في البيشر أكبر من كمية مادة الشوارد H_3O^+ المضافة من السحاحة قبل التكافؤ يبقى الوسط أساسيا يلون الكاشف الموضوع فيه أزرقا كما هو موضح بالجدول .

ب] عند التكافؤ : عند بلوغ التكافؤ حمض – أساس تتفاعل كل الشوارد OH^- في البيشر مع الشوارد H_3O^+ المضافة من السحاحة لتشكيل الماء (وسط معتدل) لذلك تصل الناقلية G الى أدنى قيمة لها لأن كمية مادة الشوارد في المحلول تكون أقل ما يمكن تتحدد نقطة التكافؤ بيانيا بـ : "نقطة تقاطع المستقيمين المائلين للبيان G = f(V) قبل التكافؤ و بعده"

جـ] بعد التكافؤ : عند الإستمرار في إضافة المحلول الحمضي من السحاحة الى البيشر بعد بلوغ التكافؤ فإن شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ المضافة تبقى في المحلول دون أن تتفاعل مع شوارد الماءات OH^- التي تلعب دور المتفاعل المحد كونها تفاعلت كلية عند حصول التكافؤ ، فتزداد ناقلية المحلول بعد التكافؤ بسرعة لأن الشوارد H_3O^+ ذات ناقلية مولية نوعية عالية ، وتتغير طبيعة المحلول في البيشر بعد التكافؤ مباشرة ليصبح حمضيا لذلك يؤثر على الكاشف المتواجد فيه الذي يتلون باللون الأصفر كما هو موضح في الجدول .

4 ـ] جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل	$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$	
كمية المادة (mol)	عدد مولات الحمض المضاف $n(H_3O^+_{(aq)})$	عدد مولات المحلول الأساسي المعاير $n(OH^-_{(aq)})$
المرحلة الإبتدائية	0	0,1.C
قبل التكافؤ	0,1.V	0,1.C – 0,1.V
عند التكافؤ	$0,1.V_{eq} = 0,1*0,0245 = 2,45$ mmol	$0,1.C - 0,1.V_{eq} = 0$
بعد التكافؤ	0,1(V – 0,0245) mol	0

5 ـ] عند نقطة التكافؤ تكون كمية مادة الحمض و كمية مادة الأساس متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل) ومنه

$0,1.C = 0,1.V_{eq} = 0,1 \times 0,0245 = 2,45 \times 10^{-3}$mol $\Leftarrow$ $C = 2,45 \times 10^{-2}$ mol .

وهو تركيز المحلول المعاير بالشوارد OH^- المميهة أي $[OH^-_{(aq)}] = C = 2,45 \times 10^{-2}$ mol .

6 ـ] تركيز المحلول التجاري المنظف : بإستخدام دستور التخفيف (التمديد) في المحاليل $C_0.V_0 = C.V$ نجد $C_0 = C.V/V_0$

حيث C_0 ، V_0 هما تركيز و حجم المحلول المركز (المحلول التجاري المنظف) بينما C ، V هما تركيز و حجم المحلول الممدد (المحلول المخفف المعاير) .

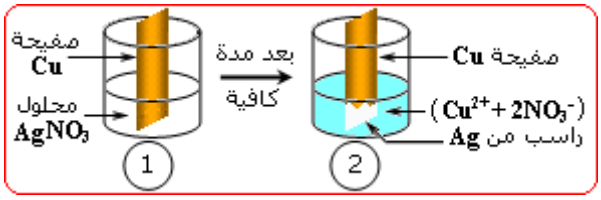
ت.عددي : $C_0 = 2,45 \times 10^{-2} \times 500/2 = 6,125\ mol/L$ $\Rightarrow$ $C_0 = 6,125\ mol/L$.

3 ـ 2°] نفاعلات الأكسدة الإرجاعية :

2°ـ 1] الأكسدة و الإرجاع :

● **نشاط ①** : التعرف على مفهوم المؤكسد و المرجد

● **التجربة** : نضع كمية من محلول $AgNO_3$ في كأس و نضع فيه قطعة نحاس **Cu** .



ـ إنتظر 10 دقائق ، واسم التجهيز التجريبي (الكأس و المحلول و قطعة النحاس) مستعملاً الألوان المناسبة في التجربة مبينًا التغيرات التي حدثت في المحلول و قطعة النحاس .

ـ سجل ملاحظاتك حول المحلول و قطعة النحاس. . (**الملاحظة كما هو موضح بالشكل المرفق نلاحظ ظهور لون جديد في المحلول وهو اللون الأزرق بعد أن كان المحلول شفافًا وكذلك ظهور راسب أبيض على قطعة النحاس ذات اللون الأحمر المصفر**

ـ هل حدث تحول كيميائي ؟ برّر إجابتك . . (**سبب ظهور اللون الأزرق في المحلول و تشكل الراسب الفضي على صفيحة النحاس هو حدوث تفاعل كيميائي يترجم بالمعادلة النمذجة التالية :** $Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag\downarrow$) .

ـ ماهو اللون الجديد الظاهر في المحلول ؟ . (**اللون الجديد الظاهر في المحلول هو اللون الأزرق ، وهو ناجم لوجود شوارد النحاس الثنائي Cu^{2+} في المحلول**) .

ـ ماهي الشاردة التي لونت المحلول ؟ . (**شوارد النحاس الثنائي** Cu^{2+}) .

ـ أكتب معادلة تفاعل تنمذج التحول الكيميائي الذي حدث لذرة النحاس **Cu** وحولها الى شاردة نحاس ثنائي Cu^{2+} ..... **Cu**) . ($Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

ـ هل ظهر جسم جديد ؟ ما لونه ؟ برّر إجابتك . . (**من التفاعل الحاصل بين محلول نترات الفضة و معدن النحاس نتج جسم جديد هو معدن الفضة التي ترسبت على صفيحة النحاس بشكل راسب أبيض براق**.

ـ أكتب معادلة تفاعل كيميائي تنمذج التحول الحاصل لشاردة الفضة Ag^+ و يحولها الى معدن الفضة **Ag** .....) . ($Ag^+ + e^- \rightarrow Ag\downarrow$

● **أكمل العبارات التالية :**

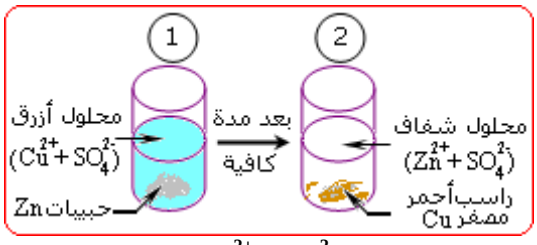
عند إدخال قطعة النحاس في محلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$ ذي اللون (**الشفاف**) ، وبعد 10 دقائق نلاحظ ظهور اللون (**الأزرق**) في المحلول الذي يدل على وجود (**شوارد** Cu^{2+} فيه ، فنستنتج أن ذرة (**النحاس Cu**) تحولت الى (**شاردة نحاس** Cu^{2+}) بفقدها (**إلكترونين**) كما نلاحظ ترسب معدن أبيض هو معدن (**الفضة**) فنستنتج أن الشاردة Ag^+ تحولت الى ذرة (**Ag**) و ترسبت على قطعة (**النحاس**) التي تأكلت .

ـ نقول عن الجسم الذي فقد إلكترون أو أكثر أنه **تأكسد** و نسميه **مرجد** (مثل معدن النحاس **Cu**) .

ـ نقول عن الجسم الذي إكتسب إلكترون أو أكثر أنه **أرجد** (أو **أختزل**) و نسميه **مؤكسد** (مثل شوارد الفضة Ag^+) .

● **نشاط ②** : تحديد المؤكسد و المرجد خلال تحول كيميائي

● **التجربة** : نضع في كأس محلول $CuSO_4$ ، ثم أضف إليه كمية من قطع (حبيبات) معدن الزنك **Zn** ، إنتظر 10 دقائق .



ـ . . . ماذا تلاحظ ؟ . . (**نلاحظ زوال اللون الأزرق للمحلول تدريجيًا ، وتشكل راسب أحمر مصفر على حبيبات الزنك التي يختفي جزء مهم منها**

ـ أكمل الرسم مستعملاً الألوان المناسبة عند إنتهاء التفاعل (**لاحظ الشكل المقابل**)

ـ هل حدث تحول كيميائي ؟ برّر إجابتك . . (**سبب زوال اللون الأزرق للمحلول و تشكل الراسب الأحمر على حبيبات الزنك المتبقية في قعر الكأس هو حدوث تفاعل كيميائي يترجم بالمعادلة الكيميائية التالية** $Zn + (Cu^{2+} + SO_4^{2-}) \rightarrow Cu\downarrow + (Zn^{2+} + SO_4^{2-})$) .

ـ ماهو اللون المختفي ؟ إشرح سبب هذه الظاهرة . . (**اللون المختفي هو اللون الأزرق لشوارد النحاس الثنائي المتفاعلة و إستبدالها بشوارد الزنك عديمة اللون**.

ـ ماهو الجسم الجديد الذي ظهر ؟ . . (**الجسم الجديد الذي ظهر هو معدن النحاس الأحمر والمترسب على حبيبات معدن الزنك المتبقية من التفاعل الحادث**

ـ أكتب معادلة تفاعل تنمذج التحول الكيميائي الذي حدث لشاردة النحاس الثنائي Cu^{2+} و حولها الى ذرة نحاس **Cu** .....) . ($Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

ـ أكتب معادلة تفاعل تنمذج التحول الكيميائي الذي حدث للزنك **Zn** و حوله الى شاردة زنك Zn^{2+} .....) . ($Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

ـ حدد المؤكسد و المرجد في هذا التحول الكيميائي. . (**مما سبق يتبين أن معدن الزنك تمت أكسدته بشوارد النحاس الثنائي بتخليه عن الإلكترونات لها ، وهو بذلك لعب دور الجسم المرجد في التفاعل الحادث ، بينما شوارد النحاس أرجعت بمعدن الزنك بإكتسابها للإلكترونات منه ، فهي بذلك لعبت دور الجسم المؤكسد في التفاعل الحاصل**

2°ـ 2] الثنائية [مؤكسد\مرجع] :

عندما يحدث تفاعل كيميائي و هو **الأكسدة** يتم فيه فقد $n\ e^-$ حيث n هو عدد الإلكترونات المفقودة من طرف فرد كيميائي A ، فيتحول الى فرد كيميائي آخر A^{n+}

وفق **المعادلة النصفية للأكسدة** $A \rightarrow A^{n+} + ne^-$.

يستطيع الفرد A^{n+} بتفاعل عكسي وهو **الإرجاع** في شروط مناسبة أخرى أن يكتسب نفس العدد $n\ e^-$ من الإلكترونات ليتحول الى A

وفق **المعادلة النصفية للإرجاع** $A^{n+} + ne^- \rightarrow A$.

نسمي الجملة المتشكلة من الفرد الكيميائي في شكله **المرجع** A و شكله **المؤكسد** A^{n+} الثنائية **(مؤكسد\مرجع) (ox/red)** ، ونمثلها إصطلاحًا كما يلي **(A^{n+}/A)** و تميزها

المعادلة النصفية: $A \rightleftarrows A^{n+} + ne^-$: (A^{n+}/A) .

(مؤكسد) (مرجع) (مؤ\مر)

ـ **المرجع** هو الفرد الكيميائي الذي بإمكانه منح إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي **الأكسدة** مثل أكسدة الزنك

$(Zn^{2+}/Zn) : Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e^-$.

ـ **المؤكسد** : " " " " " جلب " " " " " " **الإرجاع** مثل إرجاع النحاس

$(Cu^{2+}/Cu) : Cu^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$.

● أمثلة عن الثنائيات (مؤ\مر) **(ox/red)** . . (أنظر الجدول الموالي)

الثنائية (A^{n+}/A) : (ox/red)	المؤكسد A^{n+}	المرجع A	المعادلة النصفية $A \rightleftarrows A^{n+} + ne^-$
H^+/H_2	H^+	H_2	$2H^+ + 2e^- \rightleftarrows H_2$
MnO_4^-/Mn^{2+}	MnO_4^-	Mn^{2+}	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$
Fe^{3+}/Fe^{2+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- \rightleftarrows Fe^{2+}$
I_2/I^-	I_2	I^-	$I_2 + 2e^- \rightleftarrows 2I^-$
$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-}$	$S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-} + 2e^- \rightleftarrows 2S_2O_3^{2-}$

● تمرين تطبيقي حدد الثنائية (مؤ\مر) **(ox/red)** في التحولات المنمذجة بالمعادلات النصفية أكسدة–إرجاع محددًا المؤكسد و المرجع كما في الجدول السابق

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$$

$$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Zn$$

$$Ag^+ + e^- \rightleftarrows Ag$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftarrows 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

● **المعايرة اللونية لتفاعل الأكسدة الإرجاعية :**

ـ **الهدف** : ـ معايرة محلول حمض الأكساليك بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم

ـ إستعمال خصائص تغير اللون أثناء تفاعل الأكسدة الإرجاعية لتعيين نقطة التكافؤ و حساب تركيز و كتلة حمض الأكساليك في عينة .

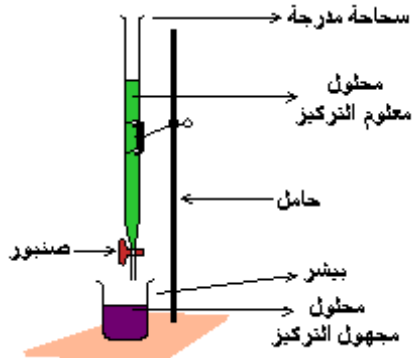
ـ **الأدوات** : محلول $H_2C_2O_4$ ، محلول $KMnO_4$ محمض بحمض الكبريت ، كأس ، سحاحة ، ماصة .

ـ **التجربة** : ـ خذ بواسطة الماصة حجمًا $V_1 = 25\ mL$ من محلول $H_2C_2O_4$ تركيزه مجهول $C_1(mol/L)$ ، وضعها في بيشر .

ـ أملأ السحاحة بواسطة محلول $KMnO_4$ تركيزه $C_2 = 0,1\ mol/L$.

ـ أفرغ من السحاحة بشكل قطرات محلول $KMnO_4$ على محلول $H_2C_2O_4$ مع التحريك .

ـ لاحظ زوال اللون البنفسجي المميز للبرمنغنات ، واصل الإضافة حتى تحصل على لون بنفسجي لا يزول مع التحريك ، حينها أوقف سكب محلول البرمنغنات من السحاحة واقرأ الحجم المضاف منها $V_2 = 10\ mL$.



1ـ إشرح لماذا يزول لون البرمنغنات عند إضافة محلول حمض الأكساليك قبل التكافؤ ؟

2ـ ماذا يعني إضافة قطرة من محلول $KMnO_4$ و عدم زوال اللون البنفسجي ؟

3ـ أكتب معادلة التفاعل الحادث : • المعادلة النصفية للأكسدة .

• المعادلة النصفية للإرجاع .

• المعادلة الإجمالية للأكسدة و الإرجاع .

4ـ علمًا أن الثنائيتين (مؤ\مر) هما : MnO_4^-/Mn^{2+} ، $H_2O/H_2C_2O_4$, CO_2
كيف نحدد حجم محلول البرمنغنات عند نقطة التكافؤ ؟

5ـ أكتب جدول يوضح تقدم التفاعل عند التكافؤ . أحسب كمية المادة للحمض في البيشر .

6ـ ماهو تركيز محلول حمض الأكساليك في البيشر قبل التفاعل ؟

7ـ إن محلول حمض الأكساليك حصلنا عليه بإذابة كتلة m منه في 100 mL من الماء المقطر . أحسب m .

● **الحل :**

1°) عند إضافة قطرات من محلول $KMnO_4$ البنفسجي اللون نلاحظ زوال اللون مباشرة بعد سقوط القطرات وإمتزاجها مع محلول $H_2C_2O_4$ في البيشر ، نستنتج أنه حدث تفاعل كيميائي أدى الى إختفاء شاردة MnO_4^- البنفسجية بدليل إختفاء لونها البنفسجي المميز .

2°) بعد إستمرار إضافة محلول البرمنغنات من السحاحة الى البيشر قطرة قطرة ، و عند إضافة حجم كاف منه **بزيادة قطرة واحدة** من الحجم اللازم لحدوث التكافؤ **أكسدة–إرجاع** ، نلاحظ عدم زوال اللون البنفسجي المميز للشوارد MnO_4^- مما يعني أن كمية مادة هذه الشوارد التي أضيفت قبل ذلك تفاعلت كليًا وإضافة أي كمية منها بعد ذلك تعتبر زائدة عن المطلوب ولا تتفاعل مع محلول الحمض لأن هذا الأخير قد تفاعلت كل كمية مادته الموضوعة في البيشر من البداية ، نقول عندئذٍ أننا وصلنا الى **نقطة التكافؤ ، و أن كمية مادة المتفاعلات متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية**

3°) معادلة التفاعل الحادث

ـ نصف معادلة الإرجاع (MnO_4^-/Mn^{2+}) : $5 \times [\ MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 12H_2O]$

ـ نصف معادلة الأكسدة $(CO_2,H_2O/C_2H_2O_4)$: $2 \times [C_2H_2O_4 + 2H_2O \rightarrow 2CO_2 + 2\ H_3O^+ + 2\ e^-\ ]$

ـ المعادلة الحصيلة أكسدة إرجاع $2\ MnO_4^- + 5\ C_2H_2O_4 + 6\ H_3O^+ \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 14\ H_2O$

4°) نحدد حجم محلول البرمنغنات عند نقطة التكافؤ بقراءة الحجم المضاف من السحاحة بعد إضافة آخر قطرة من المحلول الى البيشر والتي لايزول لونها بالتحريك حيث يصل في هذه الحالة المزيج المتفاعل الى نقطة التكافؤ و التي عندها تتناسب كمية مادة المتفاعلين وهما المؤكسد و المرجع مع الأعداد الستوكيومترية [أنظر المعادلة الحصيلة]

$$n\ (MnO_4^-)/2 = n(C_2H_2O_4)/5$$

5°) **جدول تقدم التفاعل عند بلوغ التكافؤ**

معادلة التفاعل	$2\ MnO_4^- + 5\ C_2H_2O_4 + 6\ H_3O^+ \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 14\ H_2O$	
كمية المادة (mol)	عدد مولات شاردة البرمنغنات المضافة $n(MnO_4^-)$	عدد مولات حمض الأكساليك المعاير $n(C_2H_2O_4)$
المرحلة الإبتدائية	0	0,025.C
قبل التكافؤ	0,1.V	0,025.C – 0,1.V.5/2
عند التكافؤ	$0,1.V_{eq} = 0,1*0,01 = 1$ mmol	$0,025.C – 0,25.V_{eq} = 0$
بعد التكافؤ	0,1(V – 0,01) mol	0

كمية المادة للحمض في البيشر : في البداية قبل التفاعل $n(C_2H_2O_4) = C_1.V_1 = 0,025.C = 0,025\ .\ 0,1 = 2,5$ mmol

ـ في النهاية بعد التكافؤ $n(C_2H_2O_4) = 0$ mol وهو المتفاعل المحد .

6°) **تركيز محلول حمض الأكساليك** ـ عند التكافؤ لدينا من الجدول أعلاه :

$$0,025.C – 0,25.V_{eq} = 0 \Rightarrow C = 0,1\ mol/L = C_1 = C_2$$

7°) **حساب كتلة حمض الأكساليك المذابة** لدينا بالتعريف $C = n/V = m/M.V \Rightarrow m = C.M.V$

و لدينا $M(C_2H_2O_4) = 90\ g/mol$ بالتعويض نجد $m = 0,1 \times 90 \times 0,1 = 0,9\ g \Rightarrow m = 9\ mg$.

● **تطبيقات : التمارين** ت1 ، ت2 ، ت3 ، ت4 ، ت5 **ص** 308

التمارين ت6 ، ت7 ، ت8 ، ت9 ، ت10 **ص** 309

التمارين ت11 ، ت12 ، ت13 ، ت14 ، ت15 ، ت16 **ص** 310 .

● **حلول التمارين :**

● **التمرين 1°) : أكمل العبارات التالية :**

ـ البروتون H^+ لايوجد (**حر**) في الطبيعة ، بل يتواجد مع (**شوارد**) و (**جزيئات**) .

ـ في غاز HCl الهيدروجين (**مرتبط**) برابطة (**تكافؤية**) مع الكلور .

ـ شاردة الهيدروجين تشترك (**بزوج**) إلكتروني مع ذرة أكسجين جزيئة (**الماء**) مشكلاً شاردة الهيدرونيوم (H_3O^+) .

ـ تفاعل : حمض ـ أساس يستلزم (**إنتقال**) البروتون من الحمض الى (**الأساس**) .

ـ الأسس هي (**جزيئات**) أو شوارد التي (**تستقبل**) البروتونات .

ـ الحمض هو فرد كيميائي (**جزيئي**) أو شاردي يمكن أن (**يفقد**) بروتون H^+ .

ـ التعديل هو تفاعل بين (**حمض**) قوي و (**أساس**) قوي ، مشكلاً محلولاً (**معتدلاً**) .

ـ نقول أنه حدث تعديل عندما نحصل على (**نتائج ، الملح ، الماء**) .

ـ المعايرة هي طريقة تسمح بمعرفة (**تركيز**) جسم في محلول ، فهي طريقة (**تحليلية**) تستعمل في محاليل معلومة التركيز (محلول شاهد) لتوصل لتركيز محلول (**مجهول**) .

● **التمرين 2°) : عيّن الإجابة الصحيحة**
ـ الحمض المرافق للأيون HPO_4^{2-} هو : $H_2PO_4^-$.
ـ الأساس المرافق للحمض NH_4^+ هو : NH_3 .

● **التمرين 3°) : عيّن الإجابة الصحيحة**
ـ أحد الأنواع الكيميائية التالية يسلك سلوك القاعدة (الأساس) فقط ، هو : CO_3^{2-} ، Al^{3+} ، NH_4^+ ، H_3O^+ ..... (CO_3^{2-}) .
ـ أحد الأنواع الكيميائية التالية يتصرف كحمض و كقاعدة ، هو : NH_4^+ ، CO_3^{2-} ، PO_4^{3-} ، HSO_3^- ..... (CO_3^{2-} ، HSO_3^-) .
ـ تقاس قوة الأساس وفق مفهوم برونستد ـ لوري بقدرتها على : **(استقبال البروتونات بسهولة)** .

● **التمرين 4°) :** في التفاعل : $HCl + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + Cl^-$ يعتبر أيون الهيدرونيوم H_3O^+ : **(حمضًا مرافقًا لـ H_2O)** .

● **التمرين 5°) :** المعادلة التي تمثل تفاعل حمض مع قاعدة لتكوين ملح و ماء هي :

$$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$$

● **التمرين 6°) :** أكتب صيغة الحمض المرافق لكل من أسس برونستد ـ لوري التالية :

أساس	OH^-	NH_3	SO_4^{2-}	CH_3COO^-	PO_4^{3-}
حمض مرافق	H_2O	NH_4^+	HSO_4^-	CH_3COOH	HPO_4^{2-}

● **التمرين 7°) :** أكمل الجدول التالي :

حمض	HNO_3	$HCOOH$	CH_3CH_2OH	$CH_3NH_3^+$	HSO_4^-	H_3PO_4	NH_4^+	H_2O
أساس مرافق	NO_3^-	$HCOO^-$	$CH_3CH_2O^-$	CH_3NH_3	H_2SO_4	$H_2PO_4^-$	NH_3	OH^-

● **التمرين 8°) :** عيّن التفاعلات حمض ـ أساس ضمن التفاعلات التالية :

الماء حمض أم أساس ؟	ماهو الحمض ؟	نعم أم لا ؟	معادلة التفاعل
المذيب يلعب دور حمض	H_2O	نعم	$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$
المذيب يلعب دور أساس	HCl	نعم	$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
الماء يلعب دور حمض و أساس	H_2O	نعم	$H_2O + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$
		لا	$C_2H_5OH + Na \rightarrow C_2H_5O^- + Na^+ + ½\ H_2$

● **التمرين 9°) :** العبارة جـ) هي العبارة الصحيحة إصطلاحًا : H_3O^+/OH^- هي الثنائية (**أساس/حمض**) . **(Acide/Base)**
● **التمرين 10°) :** عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** للحمض **HCl** يحدث تفاعل بين نوع كيميائي **أساسي** و نوع كيميائي **حمضي** .
للتعرف أكثر على خواص تفاعل **الأحماض** مع **الأسس** للحصول على **ملح** و **ماء** أي حدوث ما يسمى بتفاعل **المعايرة** (**التعديل**) فإن :
ـ في حالة وجود حمض كلور الهيدروجين في الماء يتم التفاعل بينهما وفق المعادلة الكيميائية التالية :

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

نحصل على محلول مائي حمضي يدعى **حمض كلور الماء** (حمض قوي) والثنائية (أساس/حمض) للماء هي : H_3O^+/H_2O .
ـ بينما في حالة هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** (أساس قوي) يشارك الماء بالثنائية (أساس/حمض) : H_2O/OH^- .
و منه معادلة التفاعل : حمض ـ أساس (التعديل أو المعايرة) إجمالاً هي :

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

يتضح مما سبق أن التفاعل حمض ـ أساس ماهو إلا تفاعل تبادل بروتوني بين الفرد الحمضي لثنائية (**أساس$_1$/حمض$_1$**) و الفرد الأساسي لثنائية أخرى (**أساس$_2$/حمض$_2$**) أي : الثنائية H_3O^+/H_2O للمحلول الحامضي تتفاعل مع الثنائية H_2O/OH^- للمحلول القاعدي كالتالي :

$$H_3O^+/H_2O \ \&\ H_2O/OH^- \Rightarrow H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

ملاحظة : في التفاعل السابق نقول عن الشوارد Na^+ ، Cl^- أنها **شوارد متفرجة** .
كمية المادة الإبتدائية لشوارد الهيدرونيوم و لشوارد الهيدروكسيد هي :
ـ بالنسبة للشوارد H_3O^+ و حسب المعادلة : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$ فإن : $n_{H3O+} = n_{Cl-} = n_1 = C_1.V_1$
بالتالي : $n_1 = 0,2 \times 0,1 = 0,02\ mol$.
ـ بالنسبة للشوارد OH^- كذلك لدينا : $n_{OH-} = n_{Na+} = n_2 = m/M$ بالتالي : $n_2 = 0,5/40 = 0,0125\ mol$.
حيث : $M(NaOH) = 40\ g.mol^{-1}$ ... (الكتلة المولية الجزيئية للأساس **NaOH**) .
ـ يمكن تلخيص النتائج أثناء التعديل في جدول تقدم التفاعل كالتالي :

كمية المادة n(mol)	H_3O^+	OH^-
في البداية	0,02	0,0125
أثناء التعديل	0,02 - x	0,0125 - x
في النهاية	0,02 – 0,0125 = 0,0075	0

واضح أن التقدم الأعظمي : $x_{max} = 0{,}0125\ mol$ ⇒ $0{,}0125 - x_{max} = 0$ ، و المتفاعل المحد هو OH^- .
الحمض متواجد بزيادة بالتالي المزيج في النهاية هو **حمضي** يتلون فيه كاشف أزرق البروموثيمول باللون **الأصفر** .

● **التمرين 11° :** عند التكافؤ حمض ـ أساس فإن :

عدد مكافئات الحمض تساوي عدد مكافئات الأساس بالتالي : $n_A = n_B \Rightarrow C_A.V_A = C_B.V_B \Rightarrow C_B = C_A.V_A/V_B$

∴ $C_B = 0{,}5\ mol/L$.

● **التمرين 12° :** بالعودة الى الأعداد الستوكيومترية في معادلة التحول الكيميائي :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$

ـ لأجل تشكل **3 mol** من **HCl** : يتطلب تفاعل كمية مادة **1,5 mol** لكل من المتفاعلين H_2 ، Cl_2 .
ـ لأجل تفاعل **6 mol** من Cl_2 : تتفاعل نفس كمية المادة أي **6 mol** من H_2 لتشكيل **12 mol** من **HCl** .
ـ لأجل تفاعل **5 mol** من H_2 : تتفاعل نفس كمية المادة أي **5 mol** من Cl_2 لتشكيل **10 mol** من **HCl** .

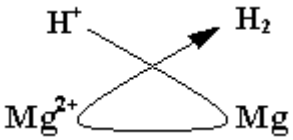
● **التمرين 13° :** بنفس الطريقة كما في التمرين السابق نجد بالنسبة للتحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية :

$$3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4$$

المتفاعلات و النواتج	Fe	O_2	Fe_3O_4
الأعداد الستوكيومترية	3	2	1
كمية المادة n (mol)	15	10	5
	3	2	1
	3	2	1

● **التمرين 14° :** التفاعل $Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}\uparrow$ هو تفاعل تبادل إلكتروني أي :
تفاعل أكسدة ـ إرجاعية يتم فيه : **أكسدة Mg (مرجع)** بشوارد H^+ للحمض **(مؤكسد)** أي **إرجاع** H^+ بـ **Mg** .

▪ نصف معادلة الأكسدة : (Mg^{2+}/Mg): $Mg \rightarrow 2e^- + Mg^{2+}$
▪ نصف معادلة الإرجاع : (H^+/H_2): $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
▪ المعادلة الإجمالية : $Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2\uparrow$



● **التمرين 15° :**
الثنائيتين (أساس$_1$\حمض$_1$) ؛ (أساس$_2$\حمض$_2$) المشاركتين في التفاعل الحادث بين حمض كلور الماء و كربونات الصوديوم الهيدروجينية هما : (H_3O^+/H_2O) & $(CO_2,H_2O/HCO_3^-)$ حيث :

تفاعل الطرفين يعطي الوسطين $H_3O^+ + HCO_3^- \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ ⇔

ـ كمية المادة الإبتدائية في الحالة الإبتدائية للمتفاعلات هي :

▪ بالنسبة لـ HCO_3^- : $n = m/M \Leftrightarrow n = 0{,}5/84 = 6 \times 10^{-3}\ mol \Leftrightarrow n = 6\ mmol$
حيث : $m = 0{,}5\ g$ (كتلة المركب) ، $M = 23 + 1 + 12 + (16 \times 3) = 84\ g/mol$ (الكتلة المولية الجزيئية للمركب) .

▪ بالنسبة لـ H_3O^+ : $n = C.V \Leftrightarrow n = 0{,}6 \times 0{,}050 = 0{,}03\ mol \Leftrightarrow n = 30\ mmol$

ـ جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل	$H_3O^+ + HCO_3^- \rightarrow CO_2 + 2H_2O$		
كمية المادة n(mmol)	HCO_3^-	H_3O^+	CO_2
ح . الإبتدائية	6 mmol	30 mmol	0
أثناء التفاعل	6 - x	30 - x	x (mmol)
ح . النهائية	0	30 – 6 = 24	6 mmol

واضح من الجدول أن :

ـ التقدم الأعظمي هو : $6 - x_{max} = 0 \Leftarrow x_{max} = 6\ mmol$ أو $30 - x_{max} = 0 \Leftarrow x_{max} = 30\ mmol$

∴ $x_{max} = 6\ mmol$ [الأصغر] ⇐ المتفاعل المحد هو : الشاردة HCO_3^- .

ـ حجم الغاز CO_2 المتحصل عليه : بالتعريف $n_{CO2} = V/V_m = x \Leftarrow V_{CO2} = n_{CO2}.V_m = x.V_m$
بالتالي : $V_{CO2} = 6 \times 10^{-3} \times 24 = 0{,}144\ L \Leftarrow V_{CO2} = 144\ mL$.

● **التمرين 16° :**