تعيين كمية المادة بالمعايرة

1 ــ التفاعل بين المحاليل الحمضية و الأساسية

مقدمة :

ــ صنف الكيميائيون الأوائل المواد تبعا لصفاتها ، فقد عرفوا أن للخل وعصير الليمون طعما حامضيا (أخذت كلمة acidus اللاتينية التي تعني الحمض) ، كما وجدوا أيضا أن هذه المواد تغير لون بعض الأصبغة الطبيعية ، فمثلا الليمون يغير لون الشاي إلى اللون الأصفر الفاتح .

كما كان يعتقد أن الأحماض جميعها تحتوي الأكسجين في بنيتها (كلمة الأكسجين باللاتينية تعني مولد الحموضة وهي مشتقة بالونانية oxus وتعني الحموضة ، genne و تعني مولد) .

ــ عرف الكيميائيون أن بعض المواد لها طعم مر وملمس زلق مثل الصابون و تغير لون عباد الشمس إلى اللون الأزرق هذه سميت بالأسس، bases أو قلويات . في أواخر القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون بالتساؤل عن الأسباب البنيوية التي تقف الصفات .

حيث اقترح أرهينيوس Arrhenius عام 1887 م مقاربته التي ترجع الصفات الحمضية إلى ذرة الهيدروجين التي يحتويه الحمض و في عام 1923 اقترح الكيميائي جوهان برونشتد Brönsted تعريفا آخرا .

1 ــ المحاليل الحمضية و الأساسية

نشاط ــ1 : تصنيف المحاليل إلى حمضية وأساسية .

الأدوات المستعملة : 5 أنابيب اختبار ، ليمون ، خل ، محلول صابون ، بيكربونات الصوديوم ، ملح الطعام ، كاشف

خطوات العمل :

ضع في كل أنبوب اختبار محلولا مائيا للمواد : (ليمون ، خل ، محلول صابون ، NaCl ، Na_2CO_3) و أضف قطرات من كاشف الهيليانتين .

ــ **ما هو لون كاشف الهيليانتين ؟**

ــ لون الهيليانتين الأصلي هو أحمر برتقالي .

ــ **ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل ؟**

ــ نلاحظ بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل حدوث التغير في لون المحلول .

ــ **املأ الجدول المقابل :**

المواد	اللون الطبيعي	اللون مع الكاشف
ليمون	أصفر	وردي
خل	شفاف	وردي
محلول صابون	أبيض	أصفر
بيكاربونات	أبيض	أصفر

ــ **رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف**

ــ الليمون ، الخل : **وردي** . محلول صابون ، بيكاربونات : **أصفر** .

ــ **يتميز الليمون بطعم شائع ؟ اذكره .**

ــ يتميز الليمون بطعم شائع و هو **الحموضة** .

نتيجة :

نسمي محلولا حمضيا كل محلول يأخذ فيه الهيليانتين اللون الوردي الذي يأخذه مع لون عصير الليمون .

و نسمي محلولا أساسيا كل محلول يأخذ فيه الهيليانتين اللون الأصفر الذي يأخذه مع البيكربونات .

نشاط ــ 2 : تصنيف المحاليل الكيميائية إلى حمضية و أساسية بواسطة كاشف أزرق البروموتيمول (BBT)

الأدوات المستعملة : ماصة ، كؤوس ، مواد : H_2SO_4 ، HCl ، NaOH ، KOH ، أزرق بروموتيمول .

خطوات العمل :

محاليل مخففة من H_2SO_4 ، HCl ، NaOH ، KOH عصير الليمون في كؤوس وقطر بضع قطرات من (BBT) في كل كأس .

رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف .

عصير الليمون ، H_2SO_4 ، HCl : وردي . NaOH ، KOH : **أصفر** .

ما لون كاشف BBT مع عصير الليمون ؟

لون كاشف BBT مع عصير الليمون : أصفر .

املأ الجدول المقابل :

محاليل كيميائية	اللون مع الكاشف BBT
H_2SO_4	أصفر
HCl	أصفر
NaOH	أزرق
عصير الليمون	أصفر
KOH	أزرق

صنف المحاليل السابقة إلى حمضية و أخرى أساسية :

H_2SO_4 ، **HCl** : محاليل حمضية . **NaOH** ، **KOH** : محاليل أساسية .

نستنتج :

- **النوع الكيميائي H_2SO_4 محلوله المائي حمضي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأصفر .**
- **النوع الكيميائي HCl محلوله المائي حمضي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأصفر .**
- **النوع الكيميائي NaOH محلوله المائي أساسي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأزرق .**
- **النوع الكيميائي KOH محلوله المائي أساسي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأزرق .**

مفهوم الحمض و الأساس حسب برونشتد ــ لوري

مفهوم برونشتد – لوري للحمض :

الحمض هو كل فرد كيميائي جزيء كان أو شاردة يفقد بروتون H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي .

مثال :

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

جزيء HCl فقد H^+ أثناء التفاعل الكيميائي ، فهو حمض .

$$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$$

جزيء CH_3COOH فقد H^+ أثناء التفاعل الكيميائي ، فهو حمض .

ملاحظة : بما أن البروتون صغير الحجم ، فإن كثافة الشحنة عالية جدا ، لذلك يوجد البروتون في الوسط المائي مرتبطا برابطة تساهمية بعدد من جزيئات الماء أقلها جزيء واحد و يكتب على الشكل H_3O^+ و يسمى شاردة الهيدرونيوم . كما أن الماء يسلك سلوكا حمضيا و سلوكا أساسيا .

مفهوم برونشتد ــ لوري للأساس :

الأساس هو كل فرد كيميائي جزيء كان أو شاردة يكتسب بروتون H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي .

مثال :

تفاعل غاز النشادر في الماء هو تحول كيميائي تنمذجه بمعادلة التفاعل التالية :

$$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$$

جزيء النشادر NH_3 اكتسب H^+ أثناء التفاعل الكيميائي ، فهو أساس .

$$CH_3COO^- + H_2O = CH_3COOH + HO^-$$

شاردة الإيثانوات أساس لأنها اكتسبت H^+ أثناء تفاعل كيميائي .

نشاط ــ1 : مفهوم الحمض يتعلق بفقد H^+ أثناء تفاعل كيميائي .

التجربة المستعملة : أنبوب تختبار ، HCl ، ماء .

خطوات العمل :

نضع كمية من غاز HCl بواسطة حوجلة تضعها فوق فوهة قارورة محلول مركز لغاز HCl حيث يتصاعد غاز HCl الذي نستقبله في الحوجلة .

نعكس الحوجلة فوق حوض مائي . ــ ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ تصاعد الماء في الحوجلة نحو الأعلى مشكلا نافورة .

ـ ما هو المحلول الذي حصلت عليه ؟
ـ المحلول الذي حصلنا عليه هو حمض كلور الماء .
ـ ما نوع الرابطة الكيميائية الموجودة في جزيئه ؟
ـ نوع الرابطة الكيميائية الموجودة في جزيئه هي رابطة شاردية .
ـ اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين غاز كلور الهيدروجين و الماء .

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

ـ
ـ نستنتج معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء انحلال H_2SO_4 في الماء .

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

النتيجة :
الحمض HCl فقد $1\ H^+$ أثناء تفاعله مع الماء ، بينما الحمض H_2SO_4 فقد $2\ H^+$ أثناء تفاعله مع الماء .

نشاط ـ2 :
(BBT) نوع كيميائي يمكن أن يوجد على شكلين يمثلان هما : HIn و In^- .
عندما يكون له بنية جزيئية HIn تلون المحلول بالأصفر و عندما يكون له بنية شاردية In^- ، تلون المحلول بالأزرق .
الأدوات المستعملة : بيشر ، محلول BBT ، محلول NaCl ، محلول HCl
خطوات العمل :
a ـ حضر كمية من محلول BBT في بيشر و لاحظ اللون الأخضر للمحلول .
ـ كيف يمكنك شرح ظهور هذا اللون اعتمادا على لون HIn و لون In^- ؟
ـ ظهور اللون الأخضر للمحلول يعود إلى : عندما يكون لـ BBT بنية جزيئية HIn تلون المحلول بالأصفر و عندما يكون له بنية شاردية In^- ، تلون المحلول بالأزرق و عندما يكون له بنية مزيج من البنيتين الشاردية In^- ، و الجزيئية HIn تلون المحلول بالأخضر أي عند مزج اللونين الأصفر و الأزرق نحصل على اللون الأخضر .
b ـ ضف حجم من محلول $(H_3O^+ + Cl^-)$ ، تركيزه $C = 0{,}1\ mol/L$ بحذر إلى محلول BBT . ثم اكتب ملاحظاتك و أكمل الرسم مستخدما الألوان المناسبة .
ـ ما هو الفرد الكيميائي من بين $(Cl^-\ ،\ H_3O^+)$ المسبب للتحول المشاهد في هذه التجربة ؟
ـ الفرد الكيميائي من بين $(Cl^-\ ،\ H_3O^+)$ المسبب للتحول المشاهد في هذه التجربة هو شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ لأن اللون الأصفر هو اللون الذي يظهر في كل الأحماض بحضور BBT و الشاردة المشتركة للمحاليل الحمضية هي شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ .
c ـ أضف كمية من ملح كلور الصوديوم $(Cl^-\ ،\ Na^+)$ إلى كأس فيه محلول BBT .
ـ اكتب ملاحظاتك المشاهدة بعد الإضافة و أكمل الرسم مستخدما الألوان المناسبة .
ـ عند إضافة كمية من ملح كلور الصوديوم $(Cl^-\ ،\ Na^+)$ إلى كأس فيه محلول BBT يتلون المحلول باللون الأخضر ، دلالة على أن الوسط غير حمضي . لذالك نقول أن شاردة الصوديوم و شاردة الكلور لا تؤثران في تغير لون BBT .

ـ هل يمكنك الآن تعيين الشاردة المسببة للتغير المشاهد في التجربة الأولى (b) من بين الشاردتين H_3O^+ ، Cl^- .
ـ بما أن شاردة الصوديوم و شاردة الكلور لا تؤثران في تغير لون BBT فيبقى احتمال واحد و هو شاردة الهيدرونيوم و هي التي تسبب في تغير لون BBT أي هي التي تسبب في ظهور اللون الأصفر .
ـ اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول .

$$In^- + H_3O^+ = HIn + H_2O$$

نتيجة :
إن اختفاء اللون الأخضر وظهور اللون الأصفر يدل على اختفاء شوارد In^- و ظهور جزيئات HIn حيث فقدت H_3O^+aq شاردة H^+ التي تكتسبها In^- لتتحول إلى HIn الذي يلون المحلول بالأصفر و نسمي الشاردة H_3O^+aq حمضا لأنها فقدت بروتون H^+ أثناء هذا التحول الكيميائي .

تمرين تطبيقي :
عين الحمض في كل تحول كيميائي تنمذجه المعادلات التالية و ماهو عدد H^+ المفقودة في كل حمض ؟

$$HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$$
$$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow 2\,H_3O^+ + SO_4^{2-}$$
$$NH_4^+ + H_2O = NH_3 + H_3O^+$$
$$H_2O + NH_3 = NH_4^+ + OH^-$$

الحـل :
ـ في التحول الأول الحمض هو : HNO_3 و يدعى حمض الآزوت . فقد بروتون واحد H^+ خلال تفاعله مع الماء .

التحول الثاني الحمض هو : H_2SO_4 و يدعى حمض الكبريت . فقد 2 بروتون $2\ H^+$ خلال تفاعله مع الماء .
التحول الثالث الحمض هو : NH_4^+ و يدعى حمض الأمونيوم . فقد بروتون واحد H^+ خلال تفاعله مع الماء .
التحول الرابع الحمض هو : H_2O و يدعى الماء . فقد بروتون واحد H^+ خلال تفاعله مع الأمونياك .

3 : يتعرف على مفهوم الأساس

المستعملة : كأسين ، محلول BBT ، محلول NaOH .

العمل :

من محلول BBT في بيشر و أضف إليه حجما من محلول NaOH .

ملاحظاتك بعد الإضافة و أكمل الرسم مستخدما الألوان المناسبة .

الأخضر لمحلول أزرق البروموتيمول تحول إلى اللون الأزرق

بعد التجربة مع محلول كلور الصوديوم NaCl .

الأخضر لمحلول أزرق البروموتيمول لم تحول إلى اللون الأزرق .

هذا التحول يمكن أن تسببه الشاردة Na^+ ؟ علل .

إضافة كمية من ملح كلور الصوديوم (Na^+ ، Cl^-) إلى كأس فيه محلول BBT يتلون المحلول باللون الأخضر ، دلالة الوسط غير حمضي . لذالك نقول أن شاردة الصوديوم و شاردة الكلور لا تؤثران في تغير لون BBT .

هو الفرد الكيميائي المسؤول عن هذا التحول ؟

أن شاردة الصوديوم و شاردة الكلور لا تؤثران في تغير لون BBT فيبقى احتمال واحد و هو شاردة الهيدروكسيد و هي تسبب في تغير لون BBT أي هي التي تسبب في ظهور اللون الأزرق .

معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول .

$$HIn + NaOH \rightarrow (Na^+ + In^-) + H_2O$$

الأخضر لمحلول أزرق البروموتيمول تحول إلى اللون الأزرق بعد إضافة محلول NaOH ، نستنتج أنه تم ظهور شوارد التي تجعل لون المحلول أزرقا و اختفاء HIn الذي فقد H^+ الذي اكتسبته شاردة OH^- لتصبح جزيء H_2O .

شاردة OH^- أساس لأنها تستطيع أن تثبت H^+_{aq} أثناء تحول كيميائي .

تطبيقي :

على مفهوم الأساس عند برونشتد ــ لوري ، عين الأساس في كل تحول كيميائي تنمذجه المعادلات الآتية و ما هو عدد H^+ المثبتة في كل أساس .

$$CO_3^{2-} + 2\ H_3O^+ = H_2CO_3 + 2\ H_2O$$
$$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + OH^-$$
$$OH^- + H_3O^+ = H_2O + H_2O$$
$$CH_3NH_2 + H_2O = CH_3NH_3^+ + OH^-$$

التحول الأول الأساس هو : CO_3^{2-} و يدعى شاردة الكربونات . اكتسب 2 بروتون $2\ H^+$ خلال تفاعله مع H_3O^+ .
التحول الثاني الأساس هو : NH_3 و يدعى الأمونياك . اكتسب بروتون واحد H^+ خلال تفاعله مع الماء .
التحول الثالث الأساس هو : OH^- و يدعى شاردة الهيدروكسيد . اكتسب بروتون واحد H^+ خلال تفاعله مع H_3O^+ .
التحول الرابع الأساس هو : CH_3NH_2 و يدعى مثيل أمين . اكتسب بروتون واحد H^+ خلال تفاعله مع الماء .

مفهوم الثنائية : أساس/حمض (Acide/Base)

النشاطات السابقة عرفنا الحمض بأنه كل جسم يفقد H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي وفق المعادلة : $AH = A^- + H^+$
الأساس هو كل جسم يكتسب H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي وفق المعادلة : $H^+ + A^- = AH$
يمكن حسب الشروط التجريبية المرور من AH إلى A^- أو العكس وفق المعادلة .
الثنائية حمض/أساس بأنها جملة متكونة من الحمض AH والأساس A^- الذي تربطهما المعادلة التي نسميها المعادلة
حمض ــ أساس : $AH = A^- + H^+$
الثنائية أساس/حمض بالشكل : AH/A^- ، حيث نكتب الحمض دائما على يسار الخط المائل والأساس على يمين الخط .
عندما يفقد الحمض شارة H^+ فإنه يعطي أساسا نسميه **أساس مرافق** .
يكتسب الأساس شارة H^+ فإنه يعطي حمضا نسميه **حمض مرافق** .

مثـــال :

	الأساس المرافق	الحمض	
$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	Cl^-	HCl	كلور الهيدروجين
$CH_3COOH = CH_3COO^- + H^+$	CH_3COO^-	CH_3COOH	حمض الإيثانويك
$NH_4^+ = NH_3 + H^+$	NH_3	NH_4^+	شاردة الأمونيوم
$H_3O^+ = H_2O + H^+$	H_2O	H_3O^+	شاردة الهيدرونيوم
$H_2O = OH^- + H+$	OH^-	H_2O	الماء
$HCO_3^- = CO_3^{2-} + H^+$	CO_3^{2-}	HCO_3^-	شاردة الكربونات الهيدروجينية

4 ــ تفاعلات حمض ــ أساس

يتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء وفق المعادلة التالية :

$$CH_3COOH + H_2O = H_3O^+ + CH_3COO^-$$

ــ جزيء CH_3COOH فقد H^+ و تحول إلى شاردة الإيثانوات CH_3COO^- ومنه نقول أن CH_3COOH حمض ونتج منه أساس مرافق هو شاردة الإيثانوات CH_3COO^-

ــ جزيء H_2O اكتسب H^+ و حول إلى شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ و منه نقول أن H_2O أساس ونتج منه حمض مرافق هو شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ .

ــ الجزيء H_2O و الشاردة H_3O^+ يشكلان ثنائية : أساس/حمض . نمثلها : H_3O^+/H_2O و منه يكون التمثيل :

$$\mathbf{CH_3COOH + H_2O = H_3O^+ + CH_3COO^-}$$

حمض1 أساس 2 حمض2 مرافق أساس1مرافق

ــ التفاعل أساس/حمض ناتج من إنتقال شاردة H^+ من الحمض CH_3COOH للثنائية حمض1/أساس1 إلى الأساس H_2O للثنائية حمض2/أساس2 .

ــ التفاعلات أساس/حمض ناتجة عن إنتقال H^+ أو أكثر من الحمض للثنائية أساس1/حمض1 إلى الأساس في الثنائية أساس2/حمض2 .

المعايرة اللونية حمض ــ أساس

المعايرة اللونية حمض ــ أساس

القيام بتجربة المعايرة يهدف إلى البحث عن كمية المادة لنوع كيميائي في محلول مائي . يسمى المحلول المعاير (réactif titré) الذي يحدث له تفاعل كلي وآني مع نوع كيميائي في محلول آخر تركيزه معلوم نسميه محلول معاير (réactif titrant) .

إن استعمال هذه الطريقة في تحديد كمية المادة لا بد أن تتوفر فيها بعض الشروط . مثل الأنية في التفاعل عند مزج المحلولين و أن التفاعل يجب أن يحدث بسرعة بمجرد التقاء المتفاعلين و الشرط الثاني أن يكون التفاعل تام وكلي أي أن كل أفراد المتفاعلات تشارك في التفاعل ولا تبقى كميات أخرى في حالة توازن (غير متفاعلة) .

نشـــاط :

الأهداف :

ــ فهم مبدأ المعايرة حمض – أساس اعتمادا على خاصية تغير لون كاشف .

ــ فهم مدلول نقطة التكافؤ .

ــ حساب تركيز مجهول (C_a) لمحلول HCl بواسطة معايرته بمحلول NaOH تركيزه C_b معلوم .

الأدوات المستعملة : سحاحة مدرجة ، بيشر حجمه 100 mL ، ماصة ، محلول HCl ، محلول NaOH ، كاشف BBT ، مخلط مغناطيسي ، محرك مغناطيسي .

خطوات العمل :

ــ ضع $V_a = 20$ mL من محلول HCl في بيشر سعته 100 mL مع قضيب مغناطيسي وضف قطرتين من محلول (BBT)

ــ قم بتحضير محلول NaOH تركيزه معلوم $C_b = 10^{-2}$ mol . L

ــ املأ السحاحة بالمحلول المحضر من NaOH

ـ ضبط سطح المحلول داخل السحاحة على إشارة الصفر .
ـ شغل المحرك المغناطيسي ، ثم أبدأ في إضافة قطرات من محلول NaOH بواسطة السحاحة .
ـ ما هو لون المحلول في البيشر عند إضافة كاشف BBT ؟ (قبل إضافة المحلول الأساسي من السحاحة)
ـ لون المحلول في البيشر عند إضافة كاشف BBT : أصفر .
ـ عند إضافة الأساس على الحمض فإنه يحدث تفاعل يسمى تفاعل حمض ـ أساس بواسطة الثنائية أساس/حمض لكل محلول
ـ هو سريع و تام .
ـ ما هي الثنائيتين أساس/حمض الداخلتين في التفاعل ؟
ـ الثنائيتين أساس/حمض الداخلتين في التفاعل هي : H_2O/OH^- ، H_3O^+/H_2O
ـ اكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بينهما

$$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq}) + (Na^+_{aq} + OH^-_{aq}) \rightarrow H_2O + (Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$$

ـ بداية المعايرة :
في بداية المعايرة نبدأ بإضافة قطرات من محلول NaOH الموجود في السحاحة على محلول HCl الموجود في البيشر .
ـ هل يحدث تغير في لون المحلول ؟ علل إجابتك .
لا يحدث تغير في لون المحلول في بداية المعايرة .
ـ ما هو المتفاعل المحد للتفاعل حمض – أساس الحادث في بداية المعايرة ؟
المتفاعل المحد للتفاعل حمض – أساس الحادث في بداية المعايرة هو : هيدروكسيد الصوديوم NaOH
المتفاعل الموجود بزيادة و املأ جدول تقدم التفاعل من أجل حجم مضاف من الأساس قدره V_b

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq})$	+ $(Na^+_{aq} + OH^-_{aq})$ →	H_2O	+ $(Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$
الحالة الإبتدائية	0	$n_a = C_a V_a$	$n_b = C_b V_b$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_a V_a - x$	$C_b V_b - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = C_b V_b$	$C_a V_a - x_{max}$	0	بزيادة	x_{max}

ـ C_a تركيز محلول الحمض . C_b : تركيز محلول الأساس . V_b : حجم المحلول الأساسي المضاف من السحاحة إلى البيشر .

ـ نقطة التكافؤ :
أثناء إضافة قطرات من محلول NaOH حتى تلاحظ تغير في اللون و لا يزول بالتحريك ، عندها توقف عن الإضافة .
ـ ما هو اللون الجديد للمحلول في البيشر ؟
اللون الجديد للمحلول في البيشر هو اللون الأخضر . ظهور اللون الأخضر يدل على أن الوسط معتدل أي اختفت شوارد هيدروكسيد المضافة مع شوارد الهيدرونيوم الموجودة في البيشر ليصبح المزيج لا هو حمضي و لا هو أساسي أي معتدل .

$$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq}) + (Na^+_{aq} + OH^-_{aq}) \rightarrow H_2O + (Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$$

ـ احسب التقدم x باستخدام جدول تقدم التفاعل السابق . بدلالة V_a ، C_a ثم بدلالة $C_b V_b$ إذا علمت أنه في هذه الحالة
ـ التفاعلات تفاعلت كلية .
ـ الحل : عندما نلاحظ ظهور اللون الأخضر ، نتوقف عن الإضافة و نقرأ قيمة الحجم المضاف فنجدها : $V_b = 20$ ml

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq})$	+ $(Na^+_{aq} + OH^-_{aq})$ →	H_2O	+ $(Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$
الحالة الإبتدائية	0	$n_a = C_a V_a$	$n_b = C_b . V_{beq}$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_a V_a - x$	$C_b V_b - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = C_b . V_{beq}$	$C_a V_a - C_b . V_{beq} = 0$	0	بزيادة	2.10^{-3}

ـ نرمز لـ V_b بالرمز V_{beq} وأوجد العلاقة بين C_b ، V_{beq} ، V_a ، C_a .

$$C_a V_a = C_b V_{beq}$$

ـ احسب التركيز C_a لمحلول HCl ؟

$$C_a V_a = C_b V_{beq} \Rightarrow C_a = C_b . V_{beq} / V_a$$
$$\Rightarrow C_a = (0,01 . 20) / 20 = 0,01 \text{ mol/L} .$$

ـ احسب النسبة بين كمية مادة المتفاعلين عند نقطة التكافؤ و قارنها مع النسبة بين الأعداد الستوكيومترية .
ـ كمية المواد المتفاعلة تكون بنسب الأعداد الستكيومترية لمعادلة التفاعل الحادث .
ـ عند التكافؤ :
ـ تغير في إضافة الأساس . ـ هل يتغير اللون ؟ علل إجابتك ؟
ـ يتغير اللون إلى اللون الأزرق دلالة على أن الوسط أصبح أساسي أي أن كل شوارد الهيدروكسيد قد اختفت و أصبحت شوارد الهيدرونيوم هي الموجودة بزيادة و هي المسببة في ظهور اللون الأزرق .
ـ ما هو المتفاعل المحد الآن ؟
ـ المتفاعل المحد الآن هو حمض الكلور .

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$(H_{aq}^+ + Cl_{aq}^-)$ +	$(Na_{aq}^+ + OH_{aq}^-)$ →	H_2O +	$(Na_{aq}^+ + Cl_{aq}^-)$
الحالة الابتدائية	0	$n_a = C_a V_a$	$n_b = C_b V_b$	0	0
الحالة الوسيطية	x	$C_a V_a - x$	$C_b V_b - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = C_a V_a$	0	$C_b V_b - C_a . V_a$	بزيادة	$C_a V_a$

نتيجة :

محلول HCl يتلون بالأصفر مع BBT وعند إضافة حجوم من الأساس له ، يتفاعل الحمض و الأساس فتنقص شدة اللون الأصفر الذي يتحول تدريجيا إلى الأخضر وعند نقطة التكافؤ التي تتميز بأن كمية المواد المتفاعلة تكون بنسب الأعداد الستكيومترية لمعادلة التفاعل الحادث . في هذه النقطة تكون المتفاعلات قد تفاعلات كلية . قبل نقطة التكافؤ كان المتفاعل المحد هو هيدروكسيد الصوديوم و بعد نقطة التكافؤ أصبح المتفاعل المحد هو حمض الكلور. إذن نقطة التكافؤ هي النقطة التي يتغير فيها المتفاعل المحد .

المعايرة عن طريق قياس الناقلية في التفاعلات أساس/حمض

الأهداف :

- فهم مبدأ المعايرة حمض ـ أساس اعتمادا على قياس ناقلية محلول .
- فهم مدلول نقطة التكافؤ ،
- تحديد نقطة تكافؤ على البيان $G = F(V)$ و حساب تركيز محلول مجهول .

الأدوات : بيشر ، محلول HCl ، محلول NaOH ، سحاحة ، GBF ، خلية قياس الناقلية ، حامل ، مخلط مغناطيسي

خطوات العمل :

حضر 250 mL من محلول HCl بتركيز $C_a = 1,0 . 10^{-1}$ mol/L ، خذ منه بواسطة ماصة 10 mL وأفرغها في بيشر أخر سعته 500 mL ، ثم ضف إليها ماء مقطر حجمه 180 mL ، و اغمس فيه لبوسي خلية قياس الناقلية المغذاة بواسطة GBF . أملا السحاحة بمحلول NaOH تركيزه $C_b = 1,0 . 10^{-1}$ mol/L ثم اربط على التسلسل مع خلية قياس الناقلية أمبيرمتر و أرض على التفرغ معها فولط متر كما في الشكل .

- أضف الآن حجما V_b من محلول NaOH بواسطة السحاحة ، و بعد الخلط سجل U ، I .
- كرر التجربة بحجوم مختلفة كما في الجدول و في مرة سجل U ، I ثم استنتج قيمة الناقلية G.

V_b (mL)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
G (mS)											
V_b (mL)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	
G (mS)											

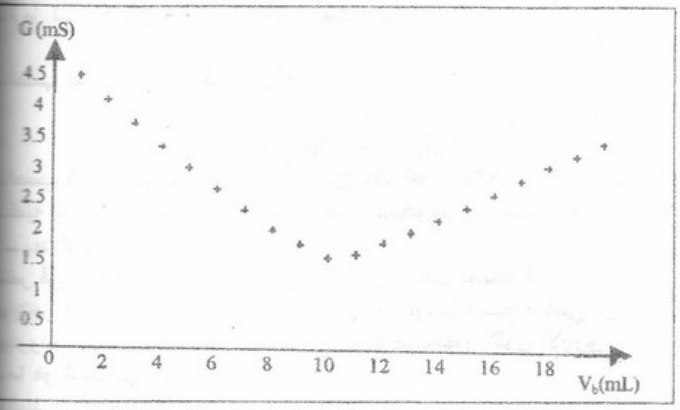
2 ـ إذا ضبطنا $U_{eff} = 1$ V على الفولط متر فما هو مدلول القراءة على الأمبيرمتر ؟

ـ إذا ضبطنا $U_{eff} = 1$ V على الفولط متر ، مدلول القراءة على الأمبيرمتر هو قيمة الناقلية .

3 ـ املأ الجدول .

V_b (mL)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
G (mS)	4,81	4,42	4,03	3,65	3,28	2,94	2,59	2,26	1,94	1,71	1,49
V_b (mL)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	
G (mS)	1,55	1,74	1,92	2,11	2,33	2,55	2,78	3,01	3,20	3,41	

4 ـ ارسم البيان $G = f(V_b)$ و اشرح في فقرة صغيرة تغيرات G بدلالة V_b ؟



المناقشة :

المنحنى $G = f(V_b)$ يحتوي على جزئين أساسيين :

ـ جزء متناقص من أجل $0 \leq V_b < 10$ mL

ـ جزء متزايد من أجل $10 < V_b < 20$ mL

5 ـ عين النقطة التي لها ناقلية أصغر في هذا المنحنى ثم سم $V_b = V_{beq}$

ـ النقطة التي لها ناقلية أصغر في هذا المنحنى هي : (10,0 ، 1,49)

ـ اكتب معادلة التفاعل الكيميائي التي تنمذج هذا التحول الكيميائي .

$$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq}) + (Na^+_{aq} + OH^-_{aq}) \rightarrow H_2O + (Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$$

ـ حدد الثنائيتين أساس/حمض في هذا التفاعل .

الثنائية الأولى أساس/حمض في هذا التفاعل : H_3O^+/H_2O

المعادلة النصفية الموافقة لها هي : $H_3O^+ = H_2O + H^+_{(aq)}$ ...(1)

الثنائية الثانية أساس/حمض في هذا التفاعل : $H_2O / HO^-_{(aq)}$

المعادلة النصفية الموافقة لها هي : $H_2O = HO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$ ...(2) x(-1)

بضرب المعادلة (2) في (–1) ثم بجمع المعادلتين (1) و (2) نحصل على : $H_3O^+ + HO^-_{(aq)} \rightarrow 2\,H_2O$

ـ احسب كمية المادة لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ و شوارد الكلور Cl^- الموجودة في البيشر قبل التحول .

$$nH_3O^+ = nCl^- = C_a\,V_a = 1{,}0\,.\,10^{-1} \times 10{,}0\,.\,10^{-3} = 1{,}0\,.\,10^{-3}\ mol$$

ـ بالإستعانة بجدول تقدم التفاعل احسب كمية المادة للأفراد الكيميائية الموجودة أثناء التحول الكيميائي من أجل $V_b = 13$ mL ، $V_b = 7$ mL وعين العامل (المتفاعل) المحد للتفاعل في كل حالة .

ـ حساب كمية المادة للأفراد الكيميائية الموجودة أثناء التحول الكيميائي من أجل $V_b = 13$ mL ، بالإستعانة بجدول تقدم التفاعل

ـ تعيين العامل (المتفاعل) المحد للتفاعل :

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq})$	+ $(Na^+_{aq} + OH^-_{aq})$ →	H_2O	+ $(Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$
الحالة الابتدائية	0	$n_a = 1{,}0\,.\,10^{-3}$	$n_b = 1{,}3\,.\,10^{-3}$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_a\,V_a - x$	$C_b\,V_b - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = 1{,}0\,.\,10^{-3}$	0	$1{,}0\,.\,10^{-3}$	بزيادة	$1{,}0\,.\,10^{-3}$

ـ المتفاعل المحد هو : حمض الكلور .

ـ حساب كمية المادة للأفراد الكيميائية الموجودة أثناء التحول الكيميائي من أجل $V_b = 7$ mL ، بالإستعانة بجدول تقدم التفاعل و

ـ تعيين العامل (المتفاعل) المحد للتفاعل :

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq})$	+ $(Na^+_{aq} + OH^-_{aq})$ →	H_2O	+ $(Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$
الحالة الابتدائية	0	$n_a = 1{,}0\,.\,10^{-3}$	$n_b = 0{,}7\,.\,10^{-3}$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_a\,V_a - x$	$C_b\,V_b - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = 0{,}7\,.\,10^{-3}$	$0{,}7\,.\,10^{-3}$	0	بزيادة	$0{,}7\,.\,10^{-3}$

ـ المتفاعل المحد هو : هيدروكسيد الصوديوم .

ـ أجب على نفس السؤال السابق من أجل $V = V_{beq}$.

ـ حساب أجل $V = V_{beq} = 9{,}8\ mL \cong 10\ mL$

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$(H^+_{aq} + Cl^-_{aq})$	+ $(Na^+_{aq} + OH^-_{aq})$ →	H_2O	+ $(Na^+_{aq} + Cl^-_{aq})$
الحالة الابتدائية	0	$n_a = 1{,}0\,.\,10^{-3}$	$n_b = 1{,}0\,.\,10^{-3}$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_a\,V_a - x$	$C_b\,V_{beq} - x$	x	x
الحالة النهائية	$x_{max} = 1{,}0\,.\,10^{-3}$	0	0	بزيادة	$1{,}0\,.\,10^{-3}$

ـ ما هي العلاقة بين كميات المادة $n(H_3O^+)$ و $n(OH^-)$ في النقطة الموافقة لـ V_{beq}

$$nH_3O^+ = C_a\,V_a = nOH^- = C_b\,V_{beq}$$

ـ استنتج العلاقة بين V_a ، C_a ، V_{beq} ، C_b و احسب C_a .

$$C_a\,V_a = C_b\,V_{beq} \Rightarrow C_a = C_b\,V_{beq} / V_a$$

ـ حسب رأيك ، ما هي التطبيقات العملية لهذه القياسات ؟

ـ التطبيقات العملية لهذه القياسات : يمكن معايرة دواء أو أي محلول تجاري للتأكد من تركيزه الكتلي أو نسبة نقاوته .

ـ النقطة التي تكون عندما الناقلية أصغر ما يمكن نقطة التكافؤ و فيها يحدث تغير في المتفاعل المحد و تكون النسبة بين المادة للمتفاعلين مساوية للنسبة بين الأعداد الستوكيومترية لهما في معادلة التفاعل .

المعايرة حمض ــ أساس. تجارب .TP

الهدف :

معايرة محلول أساسي تجاري لهيدروكسيد الصوديوم (يستعمل لتنظيف الأفران و قنوات صرف للمياه) .

الأدوات المستعملة : محلول تجاري لهيدروكسيد الصوديوم (منظف) ، ماصة ، ماء مقطر ، بيشرين ، سحاحة ، أمبير متر ، فولط متر ، خلية قياس الناقلية ، مولد GBF .

خطوات العمل :

ــ خذ 2 mL من المحلول التجاري لهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ماصة و أضف إليها ماء مقطر حتى يصبح الحجم 500 mL ثم خذ من المحلول الناتج 100 mL و أفرغها في بيشر .

ــ أضف إلى المحلول قطرتين من أزرق البروموتيمول (BBT) .

ــ املأ السحاحة بمحلول HCl ($H_3O^+ + Cl^-$) تركيزه 0,1 mol/L .

ــ ركب الدارة كما في النشاط السابق ، أدخل خلية القياس في البيشر الذي يحتوي محلول NaOH (100 mL) .

ــ قس شدة التيار I و فرق الكمون بين طرفي الخلية U ، سجل لون كاشف أزرق البروموتيمول .

ــ أضف حجما V من المحلول الحمضي في السحاحة و في كل مرة قس U ، I و سجل لون المحلول في البيشر .

كما في الجدول :

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	6,50	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												

1 ــ اكتب معادلة التفاعل الحادث بعد مزج المحلولين . ما هو نوع هذا التفاعل ؟

2 ــ احسب قيم الناقلية G(m.S) للجزء من المحلول المحصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية ،

املأ الجدول ثم ارسم G = f(V) و اشرح البيان .

3 ــ اشرح تغيرات لون الكاشف (BBT) .

4 ــ أنشئ جدول تقدم التفاعل من أجل V < Veq ، Veq : (الحجم عند نقطة التكافؤ) ، ثم من أجل V > Veq

5 ــ كيف نميز نقطة التكافؤ في البيان G = f(V) .

6 ــ عين نقطة التكافؤ و احسب $[OH^-_{aq}]$ في المحلول المعاير ، ثم $[OH^-_{aq}]$ في المحلول التجاري (المنظف) .

الحـــل :

1 ــ معادلة التفاعل الحادث هي $H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2\,H_2O$ وهو تفاعل حمض – أساس .

2 – كانت نتائج القياس لقيم G(s) من العلاقة G = I / U كما يلي :

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	6,50	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
$G(S) . 10^3$	14,2	12,8	11,0	9,1	7,5	6,3	6,25	6,46	6,8	6,95	7,9	16
لون الكاشف												

3 ــ البيان G = f(V)

ــ شرح البيان : نميز في البيان ثلاثة مراحل :

a ــ قبل التكافؤ : عند إضافة الحمض تتفاعل شوارد الهيدرونيوم مع شوارد الهيدروكسيد لتعطي الماء ، فيتناقص تركيز شوارد الهيدروكسيد ، ومنه تتناقص الناقلية G لجزء من المحلول في البيشر ، وبما أن عدد مولات الهيدروكسيد أكبر من عدد مولات الهيدرونيوم المضافة من السحاحة إذن تبقى شوارد الهيدروكسيد في البيشر بعد تفاعل حمض – أساس ، ولذلك المحلول الناتج أساسي ، فيكون لون الكاشف أزرق في المحلول .

b ــ نقطة التكافؤ : يكون عندما كل شوارد HO^- قد تفاعلت مع شوارد H_3O^+ و ينتج الماء . لذلك الناقلية تكون لها أدنى

يمة لأن عدد الشوارد أقل ما يمكن . تعني نقط التكافؤ نقطة تقاطع المستقيمين الناتجين من البيان G = f(v) قبل التكافؤ و بعد
كافؤ . كما في البيان .

ـ بعد نقطة التكافؤ : نضيف محلول الحمض فتضاف شوارد H_3O^+ في كأس وتبقى في المحلول إلا أنها لا تتفاعل مع HO^-
تي تفاعلت كلية عند نقطة التكافؤ . فتزداد الناقلية للمحلول بسرعة لأن شوارد H_3O^+ ذات ناقلية نوعية مولية عالية . وعليه
كون المحلول في الكأس حمضي و لذلك فإن لون الكاشف أصفر .

ـ جدول تقدم التفاعل :

	عدد مولات الحمض المضافة	عد مولات المحلول الأساسي التجاري
المرحلة الإبتدائية	0	0,1 . C
قبل التكافؤ	0,1 . V	0,1 . C - 0,1 V
نقطة التكافؤ	$0,1\ V_{eq} = 0,1 . 0,0245 = 2,45 . 10^{-3}$ mol	0,1 . C - 0,1 . V_{eq} = 0
بعد نقطة التكافؤ	0,1 (V – 0,0245) mol	0

ـ عند نقطة التكافؤ تكون كمية مادة الحمض و كمية مادة الأساس في المنظف في تناسب مع الأعداد الستوكيومترية

$0,1 . C = 0,1 . V_{eq} = 2,45 . 10^{-3}$ mol و منه : $C = 2,45 . 10^{-2}$ mol/L

ـ حساب تركيز المحلول المنظف :

ـا أنا عايرنا محلول مخفف من المنظف و وجدنا تركيزه المولي $C_1 = 2,45 . 10^{-2}$ mol/L ،

ستخدام قانون التخفيف : $C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow C_2 = C_1 V_1 / V_2 = (2,45 . 500) / 2 = 6,12$ mol/L

2 ـ تفاعلات الأكسدة الإرجاعية

ـ الأكسدة و الإرجاع

نشاط ـ 1 : التعرف على مفهوم المؤكسد و المرجع .

كونات المستعملة : محلول نترات الفضة ، قطعة نحاس ، بيشر .

طوات العمل :

ـ ضع كمية من محلول $AgNO_3$ في كأس وضع فيه قطعة نحاس .

ـ انتظر 10 دقائق وارسم التجهيز التجريبي (الكأس والمحلول وقطعة النحاس) مستعملا الألوان المناسبة في التجربة مبينا
تغيرات التي حدثت في المحلول و قطعة النحاس .

ـ **سجل ملاحظاتك حول : المحلول و قطعة النحاس .**

ـ عند إدخال قطعة النحاس في محلول نترات الفضة ($Ag^+ + NO^{-3}$) ذي اللون الشفاف و بعد 10 دقائق نلاحظ ظهور اللون
الأزرق في المحلول و كذلك ظهور اللون الفضي على قطعة النحاس .

ـ **هل حدث تحول كيميائي ؟ برر إجابتك .**

نعم ، حدث تحول كيميائي ، سبب ظهور اللون الأزرق في المحلول و الفضي على قطعة النحاس هو حدوث تفاعل كيميائي

ـ اكتب معادلة التفاعل الكيميائية التالية : $AgNO_3 + Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 + Ag$

ـ **ما هو اللون الجديد الظاهر في المحلول ؟** ـ اللون الجديد الظاهر في المحلول هو اللون الأزرق .

ـ ما هي الشوارد التي لونت المحلول ؟ ـ الشوارد التي لونت المحلول هي شوارد النحاس Cu^{2+} .

ـ **اكتب معادلة تفاعل تنمذج التحول الكيميائي الذي حدث لذرة النحاس وحولتها إلى Cu^{++} .**

$Cu = Cu^{2+} + 2e$

ـ **هل ظهر جسم جديد ؟ ما لونه ؟ برر إجابتك .**

ـ التفاعل الحادث بين نترات الفضة و النحاس نتج جسم جديد هو الفضة Ag التي ترسبت على قطعة النحاس و اعطت اللون
ـي .

ـ **اكتب معادلة تفاعل كيميائي تنمذج التحول الحاصل لشاردة الفضة Ag^+ إلى Ag .**

$Ag^+ + 1e = Ag$

ـة :

ـ **إدخال قطعة النحاس في محلول نترات الفضة ($Ag^+ + NO^{-3}$) ذي اللون الشفاف و بعد 10 دقائق نلاحظ ظهور اللون**
ـرق في المحلول الذي يدل على وجود شوارد Cu^{++} فيه فنستنتج أن ذرة النحاس Cu تحولت إلى شاردة Cu^{2+}

فقدتها إلكترونين . كما نلاحظ ترسب معدن أبيض هو معدن الفضة Ag ، فنستنتج أن الشاردة Ag^+ تحولت إلى ذرة Ag و ترسبت على قطعة النحاس التي تآكلت .

- نقول عن الجسم الذي فقد إلكترون أو أكثر أنه تأكسد و نسميه مرجع .
- نقول عن الجسم الذي اكتسب إلكترون أو أكثر أنه أرجع و نسميه مؤكسد .

نشاط ــ 2 : تحديد المؤكسد والمرجع خلال تحول كيميائي .

الأدوات المستعملة : محلول كبريتات النحاس ، زنك ، كأس .

خطوات العمل :

ــ ضع في كأس محلول $CuSO_4$ ثم أضف إليه كمية من قطع معدن الزنك Zn . انتظر 10 دقائق .

ــ **ماذا تلاحظ ؟** ــ اختفاء اللون الأزرق و كذلك ظهور اللون الأحمر الآجوري على قطعة الزنك Zn .

ــ **هل حدث تحول كيميائي ؟ برر إجابتك .**

ــ نعم ، حدث تحول كيميائي ، سبب اختفاء اللون الأزرق في المحلول و كذلك ظهور اللون الأحمر الآجوري على قطعة الزنك هو اختفاء شوارد النحاس و تشكل معدن النحاس نتيجة حدوث تفاعل كيميائي وفق معادلة التفاعل الكيميائية التالية :

$$CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

ــ **ما هو اللون المختفي ؟** ــ اللون المختفي في المحلول هو اللون الأزرق .

ــ **ما هو الجسم الجديد الظاهر ؟** ــ الجسم الجديد الظاهر هو معدن النحاس .

ــ **اكتب معادلة تنمذج التحول الذي حدث لشاردة النحاس Cu^{++} إلى Cu ؟**

$$Cu^{2+} + 2e = Cu$$

ــ **اكتب معادلة تنمذج التحول الكيميائي الحادث للزنك Zn و تحولها إلى شاردة الزنك Zn^{++} .**

$$Cu = Cu^{2+} + 2e$$

ــ **حدد المؤكسد و المرجع في هذا التحول الكيميائي .**

ــ تحديد المؤكسد و المرجع في هذا التحول الكيميائي : المؤكسد هو : Cu^{2+} و المرجع هو : Cu

2 ــ الثنائية المؤكسد/مرجع :

الأكسدة : يحدث تفاعل أكسدة عندما يحدث تفاعل كيميائي يتم فيه فقد n e حيث n هو عدد الإلكترونات المفقودة من طرف فرد كيميائي A فيتحول إلى فرد كيميائي آخر A^{n+} وفق المعادلة النصفية الآتية : $A = A^{n+} + ne$

الإرجاع : يستطيع الفرد A^{n+} بتفاعل عكسي وهو **الإرجاع** في شروط مناسبة أن يكتسب نفس العدد من الإلكترونات n e ليصبح A وفق المعادلة النصفية : $A^{n+} + ne^- = A$

نسمي الجملة المتشكلة من الفرد الكيميائي في شكله المرجع A و شكله المؤكسد A^{n+} الثنائية مؤكسد ــ مرجع و نمثلها اصطلاحا كما يلي : مرجع/مؤكسد (Ox/Red) و نكتب : A / A^{n+}

و توافقها المعادلة النصفية : $A = A^{n+} + ne$

ــ المرجع :

هو الفرد الكيميائي الذي يمكن أن يعطي إلكترون أو أكثر .

مثـال :

أكسدة الزنك Zn : $Zn = Zn^{2+} + 2e^-$

أي : $Red = Ox + ne^-$

ــ المؤكسد :

هو الفرد الكيميائي الذي يمكن أن يكسب إلكترون أو أكثر .

مثـال :

إرجاع شاردة البرمنغنات MnO_4^- : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$

أي : $Ox + ne^- = Red$

أمثلة :

الثنائية Ox/red	المؤكسد	المرجع	المعادلة النصفية
H^+/H_2	H^+	H_2	$2H^+ + 2e^- = H_2$
MnO_4^-/Mn^{2+}	MnO_4^-	Mn^{2+}	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$
Fe^{3+}/Fe^{2+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$
I_2/I^-	I_2	I^-	$I_2 + 2e^- = 2I^-$
$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-}$	$S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-} + 2e^- = 2S_2O_3^{2-}$

تمرين تطبيقي :

حدد الثنائية مرجع/مؤكسد في التحولات المنمذجة بالمعادلات النصفية أكسدة ــ إرجع محددا المؤكسد والمرجع في الجدول التالي :

$$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$$
$$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$$
$$Ag^{2+} + 2e^- = Ag$$
$$2\,H^+_{aq} + 2e^- = H_2$$
$$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$$
$$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4\,H_2O$$
$$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+_{aq} + 6e^- = 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$$

الحـــل :

المؤكسد	المرجع	الثنائية مرجع/مؤكسد	المعادلة النصفية
Cu^{2+}	Cu	Cu^{2+}/Cu	$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$
Zn^{2+}	Zn	Zn^{2}/Zn	$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$
Ag^+	Ag	Ag/Ag	$Ag^+ + e^- = Ag$
H^+_{aq}	H_2	H^+_{aq}/H_2	$2\,H^+_{aq} + 2e^- = H_2$
Fe^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}/Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$
MnO_4^-	Mn^{2+}	MnO_4^-/Mn^{2+}	$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4\,H_2O$
$Cr_2O_7^{2-}$	Cr^{3+}	$Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$	$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+_{aq} + 6e^- = 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$

المعايرة أكسدة ــ إرجاع. تجارب .TP

معايرة محلول ثنائي اليود (I_2) بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$

الهدف :

ــ تحديد تركيز محلول ثنائي اليود بواسطة معايرته بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم معلوم التركيز .

ــ التعرف على نقطة التكافؤ اعتمادا على تغير اللون .

الأدوات المستعملة : محلول ثنائي اليود I_2 مجهول التركيز ، محلول $Na_2S_2O_3$ ، بيشر ، سحاحة ، حامل ، مخلط مغناطيسي ، (قاعدة تحتوي محرك كهربائي) .

خطوات العمل :

ــ ضع $Vo = 20\ mL$ من محلول ثنائي اليود I_2 تركيزه مجهول في بيشر حجمه 100 mL.

ــ املأ السحاحة المدرجة بمحلول $Na_2S_2O_3$ تركيزه $C_r = 5{,}00 \cdot 10^{-2}\ mol/L$

ــ ضع أسفل السحاحة البيشر الذي يحتوي على محلول ثنائي اليود I_2 و ابدأ بإضافة قطرات من محلول $Na_2S_2O_3$ من السحاحة

ــ ما هي الأدوات الزجاجية المستخدمة في أخذ $V_0 = 20\ mL$ من محلول ثنائي اليود ؟ ما هو لون محلول ثنائي اليود ؟

ــ لون محلول ثنائي اليود : بني .

ــ ما هو لون محلول ثيوكبريتات الصوديوم ؟ ــ لون محلول ثيوكبريتات الصوديوم : شفاف .

إن هذا التفاعل تام و سريع حيث الثنائيتين Ox / Red الداخلتين في التفاعل هي : $I_{2\,aq}/I^-_{aq}$ ، $S_4O_6^{2-}{}_{aq}/S_2O_3^{2-}{}_{aq}$

ــ اكتب المعادلة النصفية للأكسدة و المعادلة النصفية للإرجاع و منه الإجمالية .

$$I_{2\,aq} + 2\,e = 2\,I^-_{aq} \quad ...(1)$$
$$S_4O_6^{2-}{}_{aq} + 2\,e = 2\,S_2O_3^{2-}{}_{aq} \quad ....(2) \quad x(-1)$$

بضرب المعادلة (2) في (-1) ثم بجمع المعادلتين (1) و (2) نحصل على :

$$I_{2\,aq} + 2\,S_2O_3^{2-}{}_{aq} \rightarrow 2\,I^-_{aq} + S_4O_6^{2-}{}_{aq}$$

ـ حدد المؤكسد والمرجع في هذا التفاعل مع التعليل ؟
ـ $I_{2\,aq}$ اكتسب إلكترونين فهو : المؤكسد .
ـ $S_2O_3^{2-}$ فقد إلكترونين فهو : المرجع .

a ـ بداية المعايرة

أضف قطرات من محلول $Na_2\,S_2O_3$ من السحاحة إلى المحلول I_2 في البيشر .
لاحظ أن المتفاعل المحد (le réactif limitant) هو شاردة الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ (المتفاعل المعاير) والمتفاعل الموجود بزيادة هو ثنائي اليود I_2 (المتفاعل المعاير) .
نعتبر V_0 : الحجم الإبتدائي لمحلول اليود I_2 و C_0 : تركيز محلول ثنائي اليود .
Vr : حجم المحلول الذي يحتوي الشوارد $S_2O_3^{2-}$

ـ املأ جدول تقدم التفاعل .

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)}$ +	$2\,S_2O_3^{2-}(aq)$ →	$2\,I^-(aq)$ +	$S_4O_6^{2-}(aq)$
الحالة الابتدائية	0	$n_o = C_0V_0$	$n_r = C_r \cdot V_r$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_0\,V_0 - x$	$C_r \cdot V_r - 2\,x$	$2\,x$	x
الحالة النهائية	$x_{max} = C_r\,V_r/2$	$C_0V_0 - C_r\,V_r/2$	0	$C_r\,V_r$	$C_r\,V_r/2$

b ـ نقطة التكافؤ

عند نقطة التكافؤ المتفاعلات تكون كمية مادتها في الجملة الكيميائية بالنسب الستوكيومترية في معادلة التفاعل الحادث في المعايرة و منه الأفراد المتفاعلة تكون قد تفاعلت كلية .
ـ نوقف إضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم من السحاحة عندما نلاحظ ظهور لون جديد ثابت .
ـ ما هو اللون الجديد الظاهر في هذا التجربة ؟
ـ اللون الجديد الظاهر في هذا التجربة هو : الشفاف .
ـ ظهور اللون الجديد على ماذا يدل ؟
ـ ظهور اللون الجديد يدل على كمية محلول ثيوكبريتات الصوديوم المضافة قد تفاعلت كلية مع اليود .
ـ ما هي هذه الحالة المميزة للتفاعل ؟
ـ نقول في هذه الحالة أننا بلغنا نقطة التكافؤ و تكون كمية المادة للمتفاعلات موجودة بنسب الأعداد الستوكيومترية .

نتيجة :

لون محلول ثيوكبريتات في السحاحة شفاف و لون محلول اليود في البيشر بني . بعد إضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم إلى اليود يبدأ اللون البني يتلاشى و بعد إضافة حجم مناسب يظهر لون شفاف في الخليط الموجود في البيشر ولا يزول بالتحريك .
نقول في هذه الحالة أننا بلغنا نقطة التكافؤ و تكون كمية المادة للمتفاعلات موجودة بنسب الأعداد الستوكيومترية .

ـ املأ الجدول الذي يصف الجملة الكيميائية في نقطة التكافؤ .

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)}$ +	$2\,S_2O_3^{2-}(aq)$ →	$2\,I^-(aq)$ +	$S_4O_6^{2-}(aq)$
الحالة الابتدائية	0	$n_o = C_0V_0$	$n_r = C_r \cdot V_r$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_0\,V_0 - x$	$C_r \cdot V_r - 2\,x$	$2\,x$	x
الحالة النهائية	$x_e = C_r\,V_r/2$	$C_0V_0 - C_r\,V_r/2 = 0$	0	$C_r\,V_r$	$C_r\,V_r/2$

ـ ما هو عدد مولات اليود I_2 عند نقطة التكافؤ ؟ ـ عدد مولات اليود I_2 عند نقطة التكافؤ : $n_{I2} = 0$
ـ استنتج x_e التقدم عند نقطة التكافؤ بدلالة C_0 ، V_0

$$C_0V_0 - x_e = 0 \Rightarrow C_0V_0 = x_e$$

ـ ما هو عدد مولات شوارد ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ عند نقطة التكافؤ ؟
ـ عدد مولات شوارد ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ عند نقطة التكافؤ : $n_{S2O32-} = 0$
ـ استنتج x_e التقدم بدلالة V_{re} ، C_r

$$C_r \cdot V_{re} - 2\,x_e = 0 \Rightarrow C_r \cdot V_{re} = 2\,x_e \Rightarrow x_e = C_r\,V_{re}/2$$

ـ استنتج العلاقة $C_0V_0 = C_r\,V_{re}/2$ عند نقطة التكافؤ . ثم احسب C_0 تركيز محلول اليود .
ـ من التجربة وجدنا أن الحجم V_{re} عند نقطة التكافؤ هو : $V_{re} = 13,2$ mL

$$x_e = C_r\,V_{re}/2 = C_0V_0 \Rightarrow C_0 = C_r\,V_{re}/2\,V_0 .$$

$$C_0 = C_r\,V_{re}/2\,V_0 = (5 \cdot 10^{-2} \cdot 13,2)/(2 \cdot 20) = 1,65 \cdot 10\text{-}2 \text{ mol/L} .$$

ـ بعد نقطة التكافؤ إذا أضفنا حجما V_r من محلول ثيوكبريتات الصوديوم . ما هو المتفاعل المحد الآن .
ـ بعد نقطة التكافؤ إذا أضفنا حجما V_r من محلول ثيوكبريتات الصوديوم فإن هذه الأخيرة لا تجد مع من تتفاعل لأن اليود

ـ تفاعل كليا و انتهى عند نقطة التكافؤ فيصبح هو المتفاعل المحد .

نتيجة :

قبل نقطة التكافؤ المتفاعل المحد هو المتفاعل ثيوكبريتات الصوديوم أي المتفاعل المعاير و بعد نقطة التكافؤ ، المتفاعل المحد (limitant) هو المتفاعل المعاير الموجود في البيشر .

تعميم :

ـ حدث تفاعل تام بين متفاعلين A ، B حيث معادلة التفاعل هي : $aA + bB \rightarrow cC + dD$

حيث a ، b ، c ، d هي الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل ،

يكون عند نقطة التكافؤ : $b / n_b = a / n_a$ (n_a : عدد مولات A و n_b : عدد مولات B) .

و بما أن $n = C . V$ ، إذن نكتب : $C_a . V_a / a = C_b . V_b / b$

المعايرة اللونية لتفاعل الأكسدة الإرجاعية. تجارب .TP

الهدف :

ـ معايرة محلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ بواسطة محلول $KMnO_4$.

ـ استعمال خصائص تغير اللون أثناء تفاعل الأكسدة الارجاعية لتعيين نقطة التكافؤ وحساب تركيز و كتلة حمض الأكساليك في عينة .

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

خطوات العمل :

ـ خذ بواسطة ماصة حجما $V_2 = 25\ mL$ من محلول $H_2C_2O_4$ تركيزه C_2 مجهول و ضعها في البيشر .

ـ املأ سحاحة بواسطة محلول $KMnO_4$ تركيزه $C_1 = 0{,}1\ mol/L$.

ـ افرغ من السحاحة بقطرات 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 و أقرأ الحجم منها $V_1 = 10\ mL$

1 ـ اشرح لماذا يزول لون البرمنغنات عند إضافة محلول حمض الأكساليك قبل التكافؤ .

2 ـ ماذا يعني إضافة قطرة من محلول $KMnO_4$ وعدم زوال اللون البنفسجي .

3 ـ اكتب معادلة التفاعل الحادث .

- المعادلة النصفية للأكسدة .
- المعادلة النصفية للإرجاع .
- المعادلة للأكسدة الإرجاعية .

4 ـ علما أن الثنائيتين مرجع/مؤكسد هما : MnO_4^- / Mn^{+2} و $CO_2 , H_2O / H_2C_2O_4$

كيف تحدد حجم محلول البرمنغنات عند نقطة التكافؤ ؟

5 ـ اكتب جدول يوضح تقدم التفاعل عند التكافؤ . احسب كمية المادة للحمض في البيشر .

6 ـ ماهو تركيز محول حمض الأكساليك في البيشر قبل التفاعل .

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

الحل :

1 ـ عند إضافة قطرات من محلول $KMnO_4$ المميز باللون البنفسجي للشاردة MnO_4^- نلاحظ زوال اللون بعد المزج مع محلول $H_2C_2O_4$ ، نستنتج أنه حدث تفاعل أدى إلى اختفاء شاردة MnO_4^- و لذلك زال اللون المميز لها .

2 ـ عند إضافة حجم كاف من محلول البرمنغنات بزيادة حوالي قطرة ، نلاحظ عدم زوال اللون البنفسجي وهذا يدل أن شوارد البرمنغنات MnO_4^- لم تتفاعل مع محلول حمض الأكساليك الذي تفاعل كليا عند نقطة التكافؤ و هكذا نقول أننا وصلنا إلى نقطه التكافؤ و المتفاعلات كمية مادتهما متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية .

3 ـ معادلة التفاعل الحادث تتمثل في :

- المعادلة النصفية للإرجاع :

$$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- = Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

$$MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5\,e^- = Mn^{2+} + 12\,H_2O$$

* المعادلة النصفية للأكسدة .

$$H_2C_2O_4 = 2\,CO_2 + 2\,H^+ + 2\,e$$
$$H_2C_2O_4 + 2\,H_2O = 2\,CO_2 + 2\,H_3O^+ + 2\,e$$

ومنه يكون : * المعادلة للأكسدة الإرجاعية .

$$(MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5\,e^- = Mn^{2+} + 12\,H_2O).....(1) \times 2$$
$$(H_2C_2O_4 + 2\,H_2O = 2\,CO_2 + 2\,H_3O^+ + 2\,e)...(2) \times 5$$

بضرب المعادلة (1) في 2 و المعادلة (2) في 5 ثم بجمع المعادلتين (1) و (2) نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية :

$$2\,MnO_4^- + 5\,H_2C_2O_4 + 6\,H_3O^+ \rightarrow 2\,Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 14\,H_2O$$

4 ــ عند تغير اللون من الشفاف الدائم إلى أول ظهور للون البنفسجي الذي لا يزول بالتحريك ، نستنتج أن البرمنغنات لم تعد تتفاعل ، إذن حمض الأكساليك تفاعل كليا وهنا هي نقطة التكافؤ لأن كمية مادة المتفاعلين متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل $n(MnO_4^-)/2 = n(H_2C_2O_4)/5$ و منه نحدد حجم محلول البرمنغنات عند نقطة التكافؤ :

$V_{(MnO4-)} = 10\ mL$.

و بما أن $n = C \cdot V$ ، إذن نكتب : $\mathbf{C_{(MnO4-)} \cdot V_{(MnO4-)} / 2 = C_{(H2C2O4)} \cdot V_{(H2C2O4)} / 5}$

5 ــ جدول تقدم التفاعل عند نقطة التكافؤ .

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$2\,MnO_4^- + 5\,H_2C_2O_4 + 6\,H_3O^+ \rightarrow 2\,Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 14\,H_2O$		
الحالة الابتدائية	0	$n(MnO_4^-) = C_1V_1$	$n(H_2C_2O_4) = C_2 \cdot V_2$	
الحالة الوسطية	x	$C_1V_1 - 2x$	$C_2 \cdot V_2 - 5x$	
الحالة النهائية	$x_e = C_2 \cdot V_2 / 5$	$C_1V_1/2 - C_2 \cdot V_2/5 = 0$	0	

6 ــ تركيز حمض الأكساليك قبل التفاعل : لدينا عند نقطة التكافؤ من الجدول $C_1V_1/2 - C_2 \cdot V_2/5 = 0$

و منه : $C_2 = 0.1\ mol/L$

7 ــ حساب كتلة حمض الأكساليك m :

$$C = m/(M \cdot V) \Rightarrow m = C \cdot M \cdot V = 0{,}1 \cdot 90 \cdot 0{,}1 = 0{,}9\ g .$$

ملاحظة : الكتلة المولية لحمض الأكساليك تساوي $M = 90\ g/mol$

المعايرة أكسدة ــ إرجاع. تجارب .TP

معايرة محلول اليود I_2 (aq) بواسطة محلول $Na_2S_2O_3$ بواسطة قياس الناقلية

الهدف :

ــ التعرف على نقطة التكافؤ في تفاعل الأكسدة ــ إرجاع عن طريق قياس الناقلية .

ــ حساب تركيز محلول I_2 بواسطة معايرة بمحلول $Na_2S_2O_3$ معلوم التركيز .

الأدوات المستعملة : بيشر ، ماصة ، سحاحة ، خلية قياس الناقلية ، GBF ، آمبيرمتر ، فولط متر ، محلول اليود مخفف ، محلول $Na_2S_2O_3$ مخفف .

خطوات العمل :

ــ خذ حجما $V_0 = 20\ mL$ من محلول ثنائي اليود I_2 (aq) تركيزه مجهول ، ضعه في بيشر سعته 100 mL .

ــ املأ السحاحة المدرجة بمحلول $Na_2S_2O_3$ تركيزه $C_r = 5{,}00 \cdot 10^{-2}\ mol/L$.

ــ ضع أسفل السحاحة البيشر الذي يحتوي على محلول I_2 و اسكب تدريجيا من السحاحة محلول $Na_2S_2O_3$ بقطرات مع التحريك و في كل إضافة أقرأ شدة التيار I المار في الدارة . أجعل فرق الكمون U = 1V بين طرفي الخلية و سجل الحجم V_r المسكوب من السحاحة .

ــ املأ الجدول التالي :

V_r (mL)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
I (mA)											
G (mS)											
V_r (mL)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	
I (mA)											
G (mS)											

- **اكمل بيانيا الرسم .** ـــ انظر الشكل .
- ملأ الجدول :

V_r (mL)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
G (mS)	4,81	4,42	4,03	3,65	3,28	2,94	2,59	2,26	1,94	1,71	1,49
V_r (mL)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	
G (mS)	1,55	1,74	1,92	2,11	2,33	2,55	2,78	3,01	3,20	3,41	

- ما هو لون محلول اليود قبل المعايرة ؟ ـــ لون محلول ثنائي اليود : بني .
- ما هو لون محلول ثيوكبريتات الصوديوم ؟ ـــ لون محلول ثيوكبريتات الصوديوم : شفاف .
- علما أن الثنائيتين مرجع/مؤكسد الداخلة في التفاعل هي : $S_2O_3^{2-} / S_4O_6^{2-}$ ، I_2 / I^-
- اكتب المعادلة النصفية للأكسدة و المعادلة النصفية للإرجاع و منه المعادلة للأكسدة الإرجاعية .

المعادلة النصفية للإرجاع $I_{2\,aq} + 2\,e = 2\,I^-_{aq}$ ...(1)

المعادلة النصفية للأكسدة $2\,S_2O_3^{2-}{}_{aq} = S_4O_6^{2-}{}_{aq} + 2\,e$ ....(2)

جمع المعادلتين (1) و (2) نحصل على :

المعادلة للأكسدة الإرجاعية $I_{2\,aq} + 2\,S_2O_3^{2-}{}_{aq} \rightarrow 2\,I^-_{aq} + S_4O_6^{2-}{}_{aq}$

- اكتب المعادلة الإجمالية للأكسدة الإرجاعية .

$$I_{2\,aq} + 2\,(2\,Na^+ + S_2O_3^{2-}{}_{aq}) \rightarrow 2\,(Na^+ + I^-)_{aq} + (2\,Na^+ + S_4O_6^{2-})_{aq}$$

- حدد المؤكسد و المرجع في هذا التفاعل .
- $I_{2\,aq}$ اكتسب إلكترونين فهو : المؤكسد .
- $S_2O_3^{2-}$ فقد إلكترونين فهو : المرجع .
- احسب كمية المادة لثنائي اليود قبل المعايرة
- حساب كمية المادة لثنائي اليود قبل المعايرة : $n_o = C_0V_0$
- باستعانتك بجدول تقدم التفاعل ، احسب كمية المادة للأجسام الداخلة في التفاعل و الناتجة منه لكل حجم V_r مضاف من محلول $Na_2S_2O_3$ بواسطة السحاحة عندما V_r يأخذ القيم التالية : $V_r = 5\ mL$ ، $V_r = 12\ mL$

- أولا : من أجل $V_r = 5\ ml$

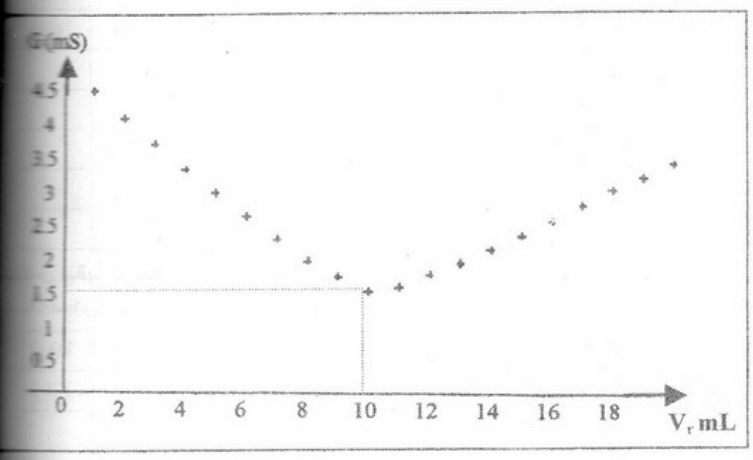
معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)} + 2\,S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$	$2\,I^-(aq)$	$+\ S_4O_6^{2-}(aq)$
الحالة الابتدائية	0	$n_o = C_0V_0$	$n_r = C_r \cdot V_r$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_0\,V_0 - x$	$C_r \cdot V_r - 2\,x$	$2\,x$	x
الحالة النهائية	$x_e = C_r\,V_r/2$	$C_0V_0 - C_r\,V_r/2$	0	$C_r\,V_r$	$C_r\,V_r/2$

- ما هو المتفاعل المحد للتفاعل ؟
- المتفاعل المحد للتفاعل هو محلول ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$.
- ثانيا : من أجل $V_r = 12\ ml$

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	$I_{2(aq)} + 2\,S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$	$2\,I^-(aq)$	$+\ S_4O_6^{2-}(aq)$
الحالة الابتدائية	0	$n_o = C_0V_0$	$n_r = C_r \cdot V_r$	0	0
الحالة الوسطية	x	$C_0\,V_0 - x$	$C_r \cdot V_r - 2\,x$	$2\,x$	x
الحالة النهائية	$x_e = C_0V_0$	0	$C_r \cdot V_r - 2\,C_0V_0$	$2\,C_0V_0$	C_0V_0

- ما هو المتفاعل المحد في هذه الحالة ؟ هل تغير المتفاعل المحد ؟
- المتفاعل المحد للتفاعل هو محلول اليود . نعم ، تغير المتفاعل المحد .

ـ ارسم البيان $G = f(V_r)$ و حدد فيه النقطة التي حدث فيها انقلاب إشارة تغير الناقلية .



ـ اشرح البيان في فقرة صغيرة .

المنحنى $G = f(V_r)$ يحتوي على جزئين أساسيين :

ـ جزء متناقص من أجل $0 \leq V_r < 10$ mL

ـ جزء متزايد من أجل $10 < V_r < 20$ mL

ـ نقطة مميزة محددة من أجل $V_r = V_{re} = 10$ mL تأخذ الناقلية عندها أصغر قيمة و فيها يحدث تغير للمتفاعل المحد للتفاعل ندعوها نقطة التكافؤ .

ـ املأ الجدول عند $V_r = V_{re}$ أي في نقطة التكافؤ .

التقدم (x) مول	$I_{2(aq)}$ + $2\,S_2O_3^{2-}(aq)$ →	$2\,I(aq)$ +	$S_4O_6^{2-}(aq)$
0	$n_o = C_0V_0$	$n_r = C_r \cdot V_r$	0	0
x	$C_0\,V_0 - x$	$C_r \cdot V_r - 2\,x$	$2\,x$	x
$x_e = C_r\,V_r/2$	$C_0V_0 - C_r\,V_r/2 = 0$	0	$C_r\,V_r$	$C_r\,V_r/2$

ـ ما هي كمية المادة $I_{2(aq)}$ في نقطة التكافؤ .

ـ عدد مولات اليود I_2 عند نقطة التكافؤ : $n = C_r \cdot V_r - 2\,C_0V_0 = 0$

ـ ما هي كمية المادة $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$ في نقطة التكافؤ . ـ كمية المادة $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$ في نقطة التكافؤ هي : 0

ـ احسب التقدم x_e بدلالة V_{re} ، C_r .

$$C_r \cdot V_r/2 - x_e = 0 \quad \Rightarrow \quad x_e = C_r\,V_r/2$$

ـ احسب التقدم x_e بدلالة V_0 ، C_0 .

$$C_0\,V_0 - x_e = 0 \quad \Rightarrow \quad x_e = C_0\,V_0$$

ـ استنتج العلاقة $C_0V_0 = CrV_{re}/2$ عند نقطة التكافؤ و احسب C_0 تركيز محلول اليود $I_{2(aq)}$.

ـ من التجربة وجدنا أن الحجم V_{re} عند نقطة التكافؤ هو : $V_{re} = 10$ mL .

$$x_e = C_r\,V_{re}/2 = C_0V_0 \quad \Rightarrow \quad C_0 = C_r\,V_{re}/2\,V_0 .$$

$$C_0 = C_r\,V_{re}/2\,V_0 = (5 \cdot 10^{-2} \cdot 10)/(2 \cdot 20) = 1{,}25 \cdot 10^{-2}\ \text{mol/L} .$$

ـ هل يمكن استخدام قياس الناقلية لتحديد كمية مادة في محلول ؟

ـ نعم ، يمكن استخدام قياس الناقلية لتحديد كمية مادة في محلول .

الخلاصة

الأحماض والأسس

هناك ثلاث نظريات لتعريف الحمض والأساس ، هي نظرية أرهينيوس و نظرية برونشتد ـ لوري و نظرية لوريس .

يمكن المقارنة بين النظريات الثلاث لتعريف الأحماض و الأسس في الجدول التالي :

	تعريف الأساس	تعريف الحمض
أرهينيوس	مادة تذوب في الماء و تتفكك معطية أيون هيدروكسيد	مادة تذوب في الماء وتعطي أيون الهيدروجين (بروتون)
برونشتد – لوري	مادة تستقبل بروتون أو أكثر	مادة تمنح بروتون أو أكثر
لويس	مادة تمنح زوج أو أكثر من الإلكترونات	مادة تستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات

خواص الأحماض والأسس :

- معظم الأحماض خصوصا المركزة مثل حمض الكبريتيك تؤثر على جلد الإنسان .
- تتفاعل الأحماض مع المعادن و ينتج ملح الحمض و يتصاعد غاز الهيدروجين .
- تتفاعل الأحماض مع الأسس في الماء و ينتج ملح الحمض و الماء .
- تتفاعل محاليل الأحماض مع أملاح الكربونات والكربونات الهيدروجينية وينتج ملح الحمض وماء وغاز ثاني أكسيد الكربون
- تتفاعل محاليل الأسس القوية مع ملح الأمونيوم و ينتج ملح و ماء وغاز الأمونيا ذو الرائحة المميزة .
- تتفاعل محاليل الأسس مع الأملاح و ينتج هيدروكسيد المعدن و ملح .

ـ مفهوم برونشتد – لوري للأحماض والأسس Lowry –Bronsted

ـا أن البروتون صغير الحجم ، فإن كثافة الشحنة عالية جدا ، لذلك يوجد البروتون في الوسط المائي مرتبطا برابطة تساندية بعدد ـن جزيئات الماء أقلها جزيء واحد و يكتب على الشكل H_3O^+ و يسمى شاردة الهيدرونيوم . كما أن الماء يسلك سلوكا حمضيا ـ سلوكا قاعديا .

ـ الحمض :

ـادة لها القدرة على منح بروتون (proton) لمادة أخرى و يجب أن يحتوي الحمض على هيدروجين (بروتون) حسب تعريف ـرونستد – لوري .

$$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$$
$$HCN + H_2O \rightarrow H_3O^+ + CN^-$$
$$NH_4^+ + H_2O = H_3O^+ + NH_3$$
$$HSO_4^- + H_2O = H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

ـ الأساس :

ـادة لها القابلية على اكتساب بروتون (proton) من مادة أخرى .

$$NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$
$$OH^- + H_3O^+ = 2\,H_2O$$
$$NH_3 + H_2O = OH^- + NH_4^+$$

ـل : $NaOH$ ، KOH .

ـ جزيئات متعادلة (NH_3 ، CH_3NH_2 ، $C_6H_5NH_2$)

ـ أيونات سالبة (S_2^- ، HS^- ، HSO_4^- ، OH^- ، CH_3COO^-) .

ـن تعريف برونستد – لوري للأحماض و الأسس هي نفس التي فسرها أرهينيوس ، فحمض وأساس أرهينيوس هي أيضا ـمض وأسس برونشتد – لوري .

ـتعريف برونشتد – لوري تمكن من تفسير الأسس التي لاتحتوي على OH^- مثل الأمونياك NH_3 ، أو الشوارد CO_3^{2-} ، HS^-

ـ لا يشترط التعريف توفر الوسط المائي في قاعدة برونشتد – لوري .

يمكن لتعريف برونشتد – لوري أن يفسر الخواص الحمضية والأساسية للأملاح بعد تفككها في الماء .

ـدة الإرجاعية

ـدة : هي عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الإلكترونات من ذرة أو من مجموعة من الذرات .

ـ عن الجسم الذي فقد إلكترون أو أكثر أنه تأكسد و نسميه مرجع .

ـرجاع : هو عبارة عن تغير كيميائي يصحبه اكتساب للإلكترونات من طرف ذرات أو مجموعات من الذرات .

ـ عن الجسم الذي اكتسب إلكترون أو أكثر أنه أرجع و نسميه مؤكسد .

ـ المؤكسدات :

ـ أفراد كيميائية تتشكل من الذرات أو الجزيئات أو من الشوارد مثل : MnO_4^- ، SO_4^{2-} ، H_2O ، O_2 ، S ، C ، Fe^{2+}

فالمؤكسد هو الفرد الكيميائي (ذرة – شاردة – جزيء) الذي يمكن أن يكتسب إلكترون أو أكثر .

مثـــل : $MnO_4^- + 8\,H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4\,H_2O$

$Ox + n\,e^- = red$

ـ المرجعات :

هي أفراد كيميائية تتشكل من الذرات أو الجزيئات أو من الشوارد

مثـــل : Cu^+ ، SO_2 ، H_2O ، H_2 ، S ، C ، Fe^{2+} .

فالمرجع هو الفرد الكيميائي (ذرة – شاردة – جزيء) الذي يمكن أن يعطي إلكترون أو أكثر .

مثـــل : $Zn = Zn^{2+} + 2\,e^-$

$Red = Ox + ne^-$

ملاحظة :

بعض الأفراد الكيميائية تلعب دور المؤكسد في بعض التفاعلات الكيميائية و دور المرجع في تفاعلات كيميائية أخرى وهذا يتوقف على قوة المؤكسد أو المرجع لكل من الفردين الكيميائيين المتفاعلين .

ـ الثنائية مرجع/مؤكسد :

عندما يحدث تفاعل كيميائي أكسدة يتم فقد $n\,e^-$ حيث n عدد الإلكترونات المفقودة من طرف فرد كيميائي A فيتحول إلى فرد كيميائي آخر A^{n+} وفق المعادلة النصفية $A = A^{n+} + n\,e^-$.

يستطيع الفرد A^{n+} بتفاعل عكسي و هو الإرجاع في شروط مناسبة أن يكتسب نفس العدد من الإلكترونات $n\,e$ ليصبح A وفق المعادلة النصفية : $A^{n+} + n\,e^- = A$

نسمي الجملة المتشكلة من الفرد الكيميائي في شكله المرجع A و شكله المؤكسد A^{n+} الثنائية **مرجع/مؤكسد**

و نمثلها اصطلاحا كما يلي : **مرجع/مؤكسد** (Ox / Red)

و نكتب : A^{n+}/A للمعادلة النصفية : $A = A^{n+} + n\,e^-$

تمـــاريـــن

التمرين ـ 1

أكمل العبارات التالية :

1ـ البروتون (H^+) لا يوجد ..... في الطبيعة ، بل يتواجد .. .. مع جزيئات..... مشكلا .....

2ـ في غاز HCl الهيدروجين ..... برابطة ..... مع الكلور .

3ـ شاردة الهيدروجين تشترك ..... إلكتروني مع أكسجين جزيئة .... مشكلا شاردة الهيدرونيوم .....

4ـ التفاعل حمض ـ أساس يستلزم ..... البروتون من الحمض إلى .....

5ـ الأسس هي ..... أو شوارد التي ..... بروتونات .

6ـ الحمض هو فرد كيميائي ..... أو شاردي يمكن أن ..... بروتون H^+

7ـ التعديل هو تفاعل بين ..... قوي و ..... قوي ، مشكلا محلولا .....

8ـ نقول أنه حدث تعديل عندما نحصل على .....

9ـ المعايرة هي طريقة تسمح بمعرفة ..... جسم في محلول ، فهي طريقة ..... تستعمل في محاليل معلومة التركيز (محلول شاهد) لتوصل لتركيز محلول .....

الحـل ـ 1

1ـ البروتون (H^+) لا يوجد **حر** في الطبيعة ، بل يتواجد **مرتبطا** مع جزيئات **الماء** مشكلا شوارد **الهيدرونيوم** .

2ـ في غاز HCl الهيدروجين **مرتبط** برابطة **تكافئية** مع الكلور .

3ـ شارد الهيدروجين تشترك **بزوج** إلكتروني مع أكسجين جزيئة **الماء** مشكلا شاردة الهيرونيوم H_3O^+

4ـ تفاعل حمض ـ أساس يستلزم **انتقال** البروتون من الحمض إلى **الأساس**

5ـ الأسس هي **الجزيئات** أو الشوارد التي **تكتسب** البروتونات .

6ـ الحمض هو فرد كيميائي **جزيئي** أو شاردي يمكن أن **يفقد** بروتون H^+

7ـ التعديل هو تفاعل بين **حمض** قوي و **أساس** قوي ، مشكلا محلولا **معتدلا**

8ـ نقول أنه حدث تعديل عندما نحصل على **نقطة التكافؤ**

9ـ المعايرة **هي** طريقة تسمح بمعرفة **تركيز** جسم في محلول : فهي طريقة **تحليلية** تستعمل في محاليل معلومة التركيز (محلول شاهد) لتوصل لتركيز محلول مجهول .

التمرين ــ 2

اختر الإجابة الصحيحة

ـ الحمض المرافق للأيون HPO_4^{2-} هو : PO_4^{3-} ، H_3PO_4 ، $H_2PO_4^-$ ، $H_2PO_2^-$

ـ الأساس المرافق للحمض NH_4^+ هي : NH_2^- ، NH_5^+ ، N_2 ، NH_3

الحل ــ 2

ـ الحمض المرافق للأيون HPO_4^{2-} هو : $H_2PO_4^-$

ـ الأساس المرافق للحمض NH_4^+ هي : NH_3

التمرين ــ 3

اختر الإجابة الصحيحة .

ـ أحد الأنواع التالية يسلك سلوك الأساس فقط هو : CO_3^{2-} ، Al^{3+} ، NH_4^+ ، H_3O^+

ـ أحد الأنواع التالية يسلك كحمض وكقاعدة هو : NH_4^+ ، CO_3^{2-} ، HSO_3^- ، PO_4^{3-}

ـ تقاس قوة الأساس وفق مفهوم برونشتد – لوري بقدرتها على :

استقبال زوج أو أكثر من الالكترونات ، إعطاء البروتونات بسهولة ، إعطاء زوج أو أكثر من الالكترونات ، استقبال البروتونات بسهولة .

الحل ــ 3

ـ أحد الأنواع التالية يسلك سلوك الأساس فقط هو : CO_3^{2-}

ـ أحد الأنواع التالية يسلك كحمض و كأساس هو : HSO_3^-

ـ تقاس قوة الأساس وفق مفهوم برونشتد – لوري بقدرتها على : استقبال البرونونات بسهولة .

التمرين ــ 4

في التفاعل : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$ يعتبر أيون الهيدرونيوم H_3O^+ :

قاعدة مرافقة H_2O ، حمضا مرافقا لـ HCl ، حمضا مرافقا لـ H_2O ، أساس مرافقة لـ HCl .

الحل ــ 4

في التفاعل : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$ يعتبر أيون الهيدرونيوم H_3O^+ : حمضا مرافقا لـ H_2O .

التمرين ــ 5

المعادلة التي تمثل تفاعل أساس مع حمض لتكوين الملح و الماء هي :

$$Na_2CO_3 + 2\,HCl \rightarrow 2\,NaCl + CO_2 + H_2O$$

$$NH_4Cl + KOH \rightarrow KCl + NH_3 + H_2O$$

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

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

الحل ــ 5

المعادلة التي تمثل تفاعل أساس مع حمض لتكوين الملح و الماء هي : $NH_4Cl + KOH \rightarrow KCl + NH_3 + H_2O$

التمرين ــ 6

اكتب صيغة الحمض المرافق لكل من أسس برونشتد – لوري الآتية :

أساس	OH^-	NH_3	SO_4^{2-}	CH_3COO^-	PO_4^{3-}
حمض مرافق					

الحل ــ 6

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 ــ 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								

الحل ــ 7

حمض	HNO_3	$HCOOH$	CH_3CH_2OH	$CH_3-NH_3^+$	HSO_4^-	$H_2PO_4^-$	NH_3	OH^-
أساس مرافق	NO_3^-	$HCOO^-$	$CH_3CH_2O^-$	CH_3-NH_2	SO_4^{2-}	$H_2PO_4^-$	NH_3	OH^-

التمرين ــ 8

عين التفاعلات حمض – أساس ضمن التفاعلات التالية :

الماء حمض أم أساس ؟	ما هو الحمض ؟	نعم أم لا	التفاعل
		نعم	$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + OH^-$
			$HCl\,(g) + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
			$H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$
			$C_2H_5OH + Na \rightarrow C_2H_5O^- + Na^+ + 1/2\ H_2$

أجب بنعم إذا كان التفاعل حمض ــ أساس .

*** إذا كان التفاعل حمض – أساس ، عين الحمض المرافق .**

*** الماء له دور (مذيب حمض أو أساس) .**

الحـــل ــ 8

تعيين التفاعلات حمض – أساس ضمن التفاعلات التالية :

الماء حمض أم أساس ؟	ما هو الحمض ؟	نعم أم لا	التفاعل
المذيب يلعب دور حمض	H_2O	نعم	$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + OH^-$
المذيب يلعب دور أساس	HCl	نعم	$HCl\,(g) + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
المذيب يلعب دور حمض و أساس	H_2O	نعم	$H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$
		لا	$C_2H_5OH + Na \rightarrow C_2H_5O^- + Na^+ + 1/2\ H_2$

التمرين ــ 9

عين العبارة الصحيحة في العبارات التالية :

a ــ H_2O/H_3O^+ هي الثنائية (أساس / حمض) . (Acide / Base)

b ــ H_2O/OH^- هي الثنائية (حمض / أساس) . (Base / Acide)

c ــ H_3O^+/OH^- هي الثنائية (أساس / حمض) . (Acide / Base)

d ــ OH^-/H_3O^+ هي الثنائية (حمض / أساس) . (Base / Acide)

الحـــل ــ 9

لا توجد أي عبارة صحيحة توافق الثنائية (أساس/حمض) (Acide / Base)

التمرين ــ 10

نسكب في بيشر 100 mL من محلول مائي لـــ HCl تركيزه 0,2 mol/L و نضيف 0,5 g من NaOH الصلب .

1ــ ما هي الثنائيات أساس/حمض (Acide / Base) الموجودة ؟

2ــ اكتب معادلة التفاعل .

3ــ ما هي كمية المادة لكل الشوارد الموجودة في المحلول في الحالة الأصلية ؟

4ــ حدد الخاصية الحمضية أو الأساسية للمحلول .

5ــ ما هو لون المحلول عندما نضيف بضع قطرات من كاشف البروموتيمول ؟

المعطيات : الكتل الذرية المولية : H = 1 (g/mol) ; Na = 23 (g/mol) ; O = 16 (g/mol) ; Cl = 35,5 (g/mol)

الحـــل ــ 10

1ــ الثنائيات أساس/حمض (Acide / Base) الموجودة :

عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم NaOH إلى المحلول مائي لـــ HCl ، يحدث تفاعل بين حمض وأساس ، لذلك يجب التعرف على خواص تفاعل الأحماض و الأساس ، أي نحصل على ملح مع الماء . ولكن في حالة وجود كلور الهيدروجين في الماء يتم التفاعل حسب المعادلة الكيميائية التالية : $HCl\,(g) + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

ــ الثنائية أساس/حمض الموجودة هي : H_2O/H_3O^+ (محلول حمض كلور الماء)

بينما في حالة هيدروكسيد الصوديوم يحدث التفاعل مع الماء وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$NaOH + H_2O \rightarrow H_2O + Na^+ + OH^-$$

فالثنائية حمض أساس الموجودة هي : H_2O/OH^- (ماءات الصوديوم)

2ــ كتابة معادلة التفاعل :

معادلة التفاعل حمض أساس الكاملة هي : $HCl + NaOH \rightarrow Na\,Cl + H_2O$

و منه معادلة التفاعل حمض أساس ما هي إلا تفاعل البروتونات التي تفقدها الأحماض مع شوارد الهيدروكسيد المحررة من الأسس معطيا : $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2\,H_2O$

ـ كمية المادة لكل شاردة الموجودة في المحلول في الحالة الأصلية :

ن المعادلة الكيميائية : $HCl\,(g) + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

جد أن كمية المادة في الحالة الإبتدائية لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ مساوية لشوارد الكلور Cl^-

ذلك وفق المعادلة الكيميائية السابقة أي أن : كمية المادة لشوارد الهيدرونيوم و شوارد الكلور مساوية لـ :

$$n\,HCl = n\,H_3O^+ = n\,Cl^- = n_1 = 0,1 \times 0,2 = 0,02\ mol$$

ـ كمية المادة لشوارد الهيدروكسيد OH^- مساوية لشوارد الصوديوم Na^+ و ذلك وفق المعادلة الكيميائية :

$$NaOH + H_2O \rightarrow H_2O + Na^+ + OH^-$$

و تحسب بالشكل التالي :

الكتلة المولية لـ NaOH تساوي : $M = 23 + 16 + 1 = 40\ g/mol$

و كون عدد المولات لشوارد الهيدروكسيد تساوي عدد المولات لشوارد الصوديوم و منه يكون :

$$n\,NaOH = n\,Na^+ = n\,OH^- = n_2 = m/M = 0,5 / 40 = 0,0125\ mol$$

و يمكن تلخيص ذلك في جدول التالي :

كمية المادة n	H_3O^+	OH^-
في البداية	0,02 mol	0,0125 mol
الوسطية	0,02 - x	0,0125 - x
النهائية	0,02 - 0,0125 = 0,0075 mol	0

التقدم الأعظمي : $0,0125 - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 0,0125\ mol$

ـ الحمض بزيادة فلذلك المحلول في الحالة النهائية هو حمض أي أزرق البروموتيمول يأخذ اللون الأصفر .

تمرين ـ 11

علمت أن 30 mL من محلول H_2SO_4 تركيزه 0,5 mol/L . أحسب تركيز NaOH اللازم لكي يتعادل تماما مع الحمض علما أن حجم NaOH يساوي 60 mL .

الحل ـ 11

كتابة معادلة التفاعل : $H_2SO_4 + 2\,NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O$

معادلة التفاعل حمض أساس ما هي إلا تفاعل البروتونات التي تفقدها الأحماض مع شوارد الهيدروكسيد المحررة من الأسس

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2\,H_2O$$

ـ كمية المادة لكل شاردة موجودة في المحلول الحمضي :

ن المعادلة الكيميائية : $H_2SO_4 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,H_3O^+ + SO_4^{2-}$

جد أن كمية المادة في الحالة الإبتدائية لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ مساوية ضعف كمية المادة لشوارد الكبريتات SO_4^{2-}

ذلك وفق المعادلة الكيميائية السابقة أي أن : $n\,H_2SO_4 = n\,SO_4^{2-} = n_1 = 0,5 \times 0,03 = 0,015\ mol$

ـ كمية المادة في الحالة الإبتدائية لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ مساوية ضعف كمية المادة لشوارد الكبريتات SO_4^{2-} :

$$n\,H_3O^+ = 2 \cdot n\,SO_4^{2-} = 2\,n_1 = 2 \times 0,015 = 0,03\ mol$$

ـ عدد المولات لشوارد الهيدروكسيد تساوي عدد المولات لشوارد الصوديوم و منه يكون :

$$n\,NaOH = n\,Na^+ = n\,OH^- = n_2 = C_b \cdot V_b\ mol$$

يمكن تلخيص ذلك في الجدول التالي :

كمية المادة n	H_3O^+	OH^-
في البداية	0,03 mol	$C \cdot V_b$ mol
الوسطية	0,03 - x	$C \cdot V_b - x$
النهائية	0	0

التقدم الأعظمي : $0,03 - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 0,03\ mol$

تركيز NaOH اللازم لكي يتعادل تماما مع الحمض ، علما أن حجم NaOH يساوي 60 mL :

$$C_b \cdot V_b - x_{max} = 0 \Rightarrow C_b = x_{max} / V_b = 0,03 / 0,06 = 0,5\ mol/L$$

تمرين ـ 12

المعادلة الكيميائية التالية : $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2\,HCl$

ـ احسب كمية مادة H_2 و كمية مادة Cl_2 الموافقة لـ 3 mol من HCl .

ـ احسب كمية مادة H_2 و كمية مادة HCl الموافقة لـ 6 mol من Cl_2 .

ـ احسب كمية مادة HCl و كمية مادة Cl_2 الموافقة لـ 5 mol من H_2 .

الحـل ــ 12

1ــ حساب كمية مادة H_2 الموافقة لـــ 3 mol من HCl :

نعتمد طريقة القاعدة الثلاثية :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ moL\ (H_2) \rightarrow 2\ moL\ (HCl) \\ n\ moL\ (H_2) \rightarrow 3\ moL\ (HCl) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (H_2) = (3 \cdot 1)/2 = 3/2\ moL$$

ــ حساب كمية مادة Cl_2 الموافقة لـــ 3 mol من HCl :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ moL\ (Cl_2) \rightarrow 2\ moL\ (HCl) \\ n\ moL\ (Cl_2) \rightarrow 3\ moL\ (HCl) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (Cl_2) = (3 \cdot 1)/2 = 3/2\ moL$$

2ــ حساب كمية مادة H_2 الموافقة لـــ 6 mol من Cl_2 :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ moL\ (H_2) \rightarrow 1\ moL\ (Cl_2) \\ n\ moL\ (H_2) \rightarrow 6\ moL\ (Cl_2) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (H_2) = (6 \cdot 1)/1 = 6\ moL$$

ــ حساب كمية مادة HCl الموافقة لـــ 6 mol من Cl_2 :

$$\left.\begin{array}{l} 2\ moL\ (HCl) \rightarrow 1\ moL\ (Cl_2) \\ n\ moL\ (HCl) \rightarrow 6\ moL\ (Cl_2) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (HCl) = (6 \cdot 2)/1 = 12\ moL$$

3ــ حساب كمية مادة HCl الموافقة لـــ 5 mol من H_2 :

$$\left.\begin{array}{l} 2\ moL\ (HCl) \rightarrow 1\ moL\ (H_2) \\ n\ moL\ (HCl) \rightarrow 5\ moL\ (H_2) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (HCl) = (5 \cdot 2)/1 = 10\ moL$$

ــ حساب كمية مادة Cl_2 الموافقة لـــ 5 mol من H_2 :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ moL\ (Cl_2) \rightarrow 1\ moL\ (H_2) \\ n\ moL\ (Cl_2) \rightarrow 5\ moL\ (H_2) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (Cl_2) = (5 \cdot 1)/1 = 5\ moL$$

التمرين ــ 13

لدينا المعادلة الكيميائية التالية : $3\ Fe + 2\ O_2 \rightarrow Fe_3O_4$

1ــ احسب كمية مادة Fe و كمية مادة O_2 في 5 mol من Fe_3O_4 .

2ــ احسب كمية مادة Fe_3O_4 و كمية مادة O_2 في 3 mol من Fe .

3ــ أحسب كمية مادة Fe و كمية مادة Fe_3O_4 في 2 mol من O_2 .

الحـل ــ 13

لدينا المعادلة الكيميائية التالية : $3\ Fe + 2\ O_2 \rightarrow Fe_3O_4$

1ــ حساب كمية مادة Fe الموافقة لـــ 5 mol من Fe_3O_4 :

نعتمد طريقة القاعدة الثلاثية :

$$\left.\begin{array}{l} 3\ moL\ (Fe) \rightarrow 1\ moL\ (Fe_3O_4) \\ n\ moL\ (Fe) \rightarrow 5\ moL\ (Fe_3O_4) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (Fe) = (3 \cdot 5)/1 = 15\ moL$$

ــ حساب كمية مادة O_2 الموافقة لـــ 5 mol من Fe_3O_4 :

$$\left.\begin{array}{l} 2\ moL\ (O_2) \rightarrow 1\ moL\ (Fe_3O_4) \\ n\ moL\ (O_2) \rightarrow 5\ moL\ (Fe_3O_4) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (O_2) = (2 \cdot 5)/1 = 10\ moL$$

2ــ حساب كمية مادة Fe_3O_4 الموافقة لـــ 3 mol من Fe :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ moL\ (Fe_3O_4) \rightarrow 3\ moL\ (Fe) \\ n\ moL\ (Fe_3O_4) \rightarrow 3\ moL\ (Fe) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (Fe_3O_4) = (3 \cdot 1)/3 = 1\ moL$$

ــ حساب كمية مادة O_2 الموافقة لـــ 3 mol من Fe :

$$\left.\begin{array}{l} 2\ moL\ (O_2) \rightarrow 3\ moL\ (Fe) \\ n\ moL\ (O_2) \rightarrow 3\ moL\ (Fe) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (O_2) = (3 \cdot 2)/3 = 2\ moL$$

3ــ حساب كمية مادة Fe الموافقة لـــ 2 mol من O_2 :

$$\left.\begin{array}{l} 3\ moL\ (Fe) \rightarrow 2\ moL\ (O_2) \\ n\ moL\ (Fe) \rightarrow 2\ moL\ (O_2) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (Fe) = (3 \cdot 2)/2 = 3\ moL$$

ــ حساب كمية مادة Fe_3O_4 الموافقة لـــ 2 mol من O_2 :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ moL\ (Fe_3O_4) \rightarrow 2\ moL\ (O_2) \\ n\ moL\ (Fe_3O_4) \rightarrow 2\ moL\ (O_2) \end{array}\right\} \Rightarrow n\ moL\ (Fe_3O_4) = (1 \cdot 2)/2 = 1\ moL$$

التمرين ــ 14

تتفاعل المعادن النشطة مثل (Mg) مع محاليل الأحماض المخففة و ينطلق غاز الهيدروجين وفق المعادلة الآتية :

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

ـ حدد أي الذرات (أو الشوارد) التي تأكسدت و أيها أرجعت ؟
ـ اكتب نصفي معادلة التفاعل للأكسدة الإرجاعية .

الحل ـ 14

من المعادلتين السابقتين نجد أن Mg فقد إلكترونين أي حدثت له عملية أكسدة : $Mg = Mg^{2+} + 2\,e^-$
بينما الشاردتين H^+ كسبتا إلكترونين أي حدثت لهما عملية الإرجاع : $2\,H^+ + 2\,e^- = H_2$

التمرين ـ 15

وضع في قارورة سعتها 50 mL كتلة من كربونات الهيدروجين الصلبة ($NaHCO_3$) مقدارها $m = 0,5\ g$.
نضيف حجم $V = 45\ mL$ من حمض كلور الماء ($H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) ذو التركيز المولي $[H_3O^+] = 0,6\ mol/L$.
ـ من معادلة التفاعل ، استنتج الثنائيات أساس/حمض .
ـ عين كمية المادة في الحالة الإبتدائية : $n(HCO^-_3)$ ، $n(H_3O^+_{(aq)})$.
ـ ضع الحالات الثلاثة (الإبتدائية و الوسطية و النهائية) في جدول . ما هو المتفاعل المحد ؟ عين التقدم الأعظمي .
ـ ما هو حجم الغاز المتحصل عليه من التفاعل ؟ $M_{(NaHCO3)} = 84,0\ g/mol$ ، الحجم المولي $V_M = 24,0\ L/mol$

الحل ـ 15

ـ من معادلة التفاعل ، نستنتج الثنائيات أساس/حمض .
معادلة التفاعل : $H_3O^+ + HCO^-_3 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$
الثنائيات أساس/حمض الموجودة وفق المعادلة تتمثل في : $CO_2\,,H_2O\,/\,HCO^-_3$ ، H_3O^+/H_2O
ـ تعيين كمية المادة في الحالة الإبتدائية : $n(HCO^-_3)$ ، $n(H_3O^+_{(aq)})$.
ـ كمية المادة الإبتدائية لـ HCO^-_3 :
الكتلة المولية لـ $NaHCO_3$ تساوي : $23 + 1 + 12 + 16 \times 3 = 84\ g$
$n(HCO^-_3) = n(NaHCO_3) = m/M = 0,5\,/84 = 5,95 \times 10^{-3}\ mol$.
ـ كمية المادة الإبتدائية لـ H_3O^+ : $n\,HCl = n\,H_3O^+ = n\,Cl^- = [H_3O^+] \times V = 0,6 \times 0,045 = 27 \times 10^{-3}\ mol$
ـ وضع الحالات الثلاثة (الإبتدائية و الوسطية و النهائية) في جدول :

معادلة التفاعل	التقدم (x) مول	HCO_3^-	H_3O^+	CO_2
الحالة الابتدائية	0	$n_b = 5,95 \times 10^{-3}$	$n_a = 27 \times 10^{-3}$	0
الحالة الوسطية	x	$n_b - x$	$n_a - x$	x
الحالة النهائية	$x_{max} = 5,95 \times 10^{-3}$	0	$(27 - 5,95) \times 10^{-3}$	$5,95 \times 10^{-3}$

التقدم الأعظمي : $5,95 \times 10^{-3} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 5,95 \times 10^{-3}\ mol$
أو $27 \times 10^{-3} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 27 \times 10^{-3}\ mol$ إذن : $x_{max} = 5,95 \times 10^{-3}$
الشاردة HCO^-_3 هي المتفاعل المحد .
ـ حجم الغاز المتحصل عليه من التفاعل : الغاز المتحصل عليه من التفاعل هو غاز الفحم حجمه :
$n(CO_2) = V/V_M \Rightarrow V = n(CO_2) \times V_M = 5,95 \times 10^{-3} \times 24 = 142,8 \times 10^{-3}\ L$.

التمرين ـ 16

ـ محلول تجاري من حمض البروم HBr بنسبة كتلية % 47 (درجة نقاوة HBr في المحلول % P = 47)
الكثافة d = 1,47 ، و حضر هذا المحلول بإذابة حمض البروم HBr (حمض قوي) في كمية من الماء .
ـ كيف يمكنك تحضير محلول (S_1) حجمه $V = 200\ ml$ من حمض البروم بتركيز $C = 0,2\ mol/L$ انطلاقا من المحلول التجاري .

الحل ـ 16

ـ حساب التركيز المولي لـ HBr في المحلول :
ـ اسم المحلول : حمض بروم الماء ، الكثافة : d = 1,47 ، النسبة المئوية للنقاوة : P = 47 % .
الكتلة المولية الجزيئية لـ HBr : $81\ g.mol^{-1}$ ؛ التركيز المولي : $C = n / V$ ؛
كمية المادة : $n = m / M$ ، الكتلة النقية المنحلة : m ؛ الحجم : $V = 200\ mL$ ،
كثافة السائل = الكتلة الحجمية للسائل ρ تقسيم الكتلة الحجمية للماء ρ_0 أي : $d = \rho/\rho_0$
النسبة النقاوة P هي كتلة HBr النقية الموجودة في 100 g من المحلول التجاري .

$$\left.\begin{array}{l} 100\ g\ (\text{التجارية}) \rightarrow P\ (g)\ \text{النقية} \\ m'\ (\text{التجارية}) \rightarrow \text{نقية}\ (m)\ g \end{array}\right\} \Rightarrow m = (P \times m')/100 \ldots\ldots\ldots (1).$$

كتلة المحلول التجاري m' الذي حجمه V_1 هي : $m' = \rho \times V_1$ .....(2)

ـ $d = \rho/\rho_0 \Rightarrow \rho = d \cdot \rho_0$ .....(3)

ـ من العلاقتين (1) و (2) نستنتج أن : $m' = d \cdot \rho_0 \cdot V_1$ ..... (4)

ـ من العلاقتين (1) و (4) نستنتج أن : $m = (P \cdot d \cdot \rho_0 \cdot V_1)/100$

ـ و منه نجد كمية المادة : $n = m/M = (P \cdot d \cdot \rho_0 \cdot V_1)/(100M)$ .....(5)

ـ من أجل : $V_1 = 1\ L$ و $\rho_0 = 1000 g/L$ نعوض في العلاقة (5) فنحصل على :

$$n = m/M = (P \cdot d \cdot 10 \cdot V_1)/(M)$$

ـ التركيز المولي : $C_1 = n/V_1 = (10 \cdot P \cdot d)/(M)$

التطبيق العددي : : $C_1 = (10 \cdot P \cdot d)/(M) = (10 \cdot 47 \cdot 1,47)/81 = 8,53\ mol/L$.

2ـ كيفية التصرف لتحضير المحلول (S_1)

ـ من قانون التخفيف نحسب حجم المحلول التجاري الواجب أخذه : $C \cdot V = C_1 \cdot V_1 \Rightarrow V_1 = (C \cdot V)/C_1$

$\Rightarrow V_1 = (0,2 \times 0,200)/8,53 = 0,0088\ L$. $\mathbf{V_1 = 4,69\ mL}$

ـ نأخذ الحجم $V_1 = 4,69\ mL$ للمحلول التجاري بواسطة ماصة مزودة بإجاصة المص .

ـ نضع الحجم V_1 داخل دورق عياري سعته $100\ mL$

ـ نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى غاية خط العيار .

ـ نسد الدورق ثم نرج المحلول للحصول على محلول متجانس .

تمـــاريـــن على الأحماض و الأسس

التمرين ـ 1

1ـ اكتب نصف المعادلة الموافقة لحمض النمل HCO_2H

2ـ اكتب نصف المعادلة الموافقة للأمونياك NH_3.

3ـ استنتج معادلة التفاعل التي يمكن أن تحدث بين هذين الفردين الكيميائيين .

الحـل ـ 1

1ـ كتابة نصف المعادلة الموافقة لحمض النمل HCO_2H : $HCO_2H = HCO_2^- + H^+$

2ـ كتابة نصف المعادلة الموافقة للأمونياك NH_3 : $NH_3 + H^+ = NH_4^+$

3ـ استنتاج معادلة التفاعل التي يمكن أن تحدث بينهما : $HCO_2H + NH_3 \rightarrow HCO_2^- + NH_4^+$

التمرين ـ 2

HCN Acide cyanhydrique هو سم شديد الفعالية .

1ـ ما هو الأساس المرافق لهذا الحمض ؟

2ـ ما هو المركب الذي يمكن أن يتفاعل مع هذا الحمض ؟

aـ محلول حمض الكلور الذي يحتوي H_3O^+ و Cl^- . **b**ـ محلول الصودا الذي يحتوي Na^+ و HO^-

cـ الماء : H_2O . **d**ـ محلول حمض الكبريت الذي يحتوي H_3O^+ و SO_4^{2-}

3ـ اكتب معادلة التفاعل الموافقة .

الحـل ـ 2

1ـ الأساس المرافق لهذا الحمض صيغته : CN^-

2ـ المركب الذي يمكن أن يتفاعل مع هذا الحمض هو الماء أو الصودا .

3ـ كتابة معادلات التفاعل :

تفاعل الحمض مع الماء :

$$HCN = CN^- + H^+$$
$$H_2O + H^+ = H_3O^+$$
$$\text{بالجمع} \quad HCN + H_2O \rightarrow H_3O^+ + CN^-$$

تفاعل الحمض مع الصودا :

$$HCN = CN^- + H^+$$
$$HO^- + H^+ = H_2O$$
$$\text{بالجمع} \quad HCN + HO^- \rightarrow H_2O + CN^-$$

التمرين ــ 3

على قارورة ماء معدني غازي بطاقة كتب عليها :

hydrogénocarbonate ــ 250 mg/L . ــ sodium : 11 mg/L

1ــ اعط الصيغة الكيميائية لكل الشوارد ، ثم حدد الحمض أو الأساس المرافق .

2ــ اشرح وجود فقاعات غازية في هذا الماء ، ثم حدد طبيعتها .

الحـل ــ 3

1ــ اعطاء الصيغ الكيميائية لكل الشوارد : شاردة hydrogénocarbonate صيغتها HCO_3^- وهي الأساس المرافق لمحلول مائي أكسيد الكربون : $(CO_2 \, , H_2O)$ أو H_2CO_3

شاردة الصوديوم صيغتها Na^+ : ليس ليس لها أي خاصية حمض ــ أساس .

معادلة تفاعل شاردة hydrogénocarbonate مع الماء تكتب : $HCO_3^- + H^+ = (CO_2 \, , H_2O)$

$$H_2O = H^+ + HO^-$$

$$HCO_3^- + H_2O \rightarrow (CO_2 \, , H_2O)$$

2ــ عند فتح القارورة الغازية يصاحبها صوت (pschitt) مميزة ، عندها يحدث انفصال الماء عن ثاني أكسيد الكربون ومنه : الغاز المشكل للفقاعات الغازية هو ثاني أكسيد الكربون CO_2 .

التمرين ــ 4

أقراص الفوارة لفيتامين C تحتوي على $C_6H_8O_6$ acide ascorbique و hydrogénocarbonate de sodium . $NaHCO_3$

1ــ إلى ماذا ترجع صفة ascorbique .

2ــ ما هو التفاعل الحادث خلال انحلال قرص فيتامين C في الماء ؟ اكتب معادلة هذا التفاعل .

3ــ نذيب في الماء قرص يحتوي على 500 mg من حمض الأسكوربيك . ما هو الغاز المنطلق علما أن الحمض هو المتفاعل المحد . يعطى الحجم المولي $V_m = 24,0 \, L/mol$

الحـل ــ 4

1ــ ترجع صفة **ascorbique** إلى مرض يدعى scorbut

2ــ التفاعل الحادث خلال انحلال قرص فيتامين C في الماء هو : $NaH\,CO_{3\,(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$

عند انحلال قرص من فيتامين C في الماء ، المحلول الناتج يحتوي على :

acide ascorbique $C_6H_8O_6$ ، حمض الثنائية $C_6H_8O_6/C_6H_7O^-_6$

شوارد hydrogénocarbonate HCO^-_3 أساس الثنائية : $(CO_2 \, , H_2O)/HCO^-_3$.

شوارد الصوديوم Na^+ التي ليس لها خاصية حمض أساس .

نتج تفاعل حمض ــ أساس بين الحمض و شاردة hydrogénocarbonate حسب المعادلة التالية :

$$C_6H_8O_6 + HCO_3^- \rightarrow C_6H_7O_6^- + CO_2(g) + H_2O$$.

أقراص يحتوي على : $n_{C6H8O6} = m/M = 2,84 \, . \, 10^{-3} \, mol$

معادلة التفاعل : 1 mol من الحمض ينتج 1 mol من ثاني أكسيد الكربون أي : $n_{CO2} = n_{C6H8O6}$ ومنه حجم الغاز

المنتج : $V = n_{Co2} \, . \, V_m = 68,2 \, mL$.

التمرين ــ 5

صنف الأفراد حمض – أساس التالية :

$HCOO^-$	$CH_3NH_3O^+$	HSO_3^-	ClO^-
SO_3^{2-}	$HClO$	$HCOOH$	CH_3NH_2

1ــ ما هي الأفراد حمض– أساس المرافقة . 2ــ حدد الحمض و الأساس في كل ثنائية .

3ــ اكتب الثنائيات أساس /حمض الموافقة ، و كذلك أنصاف المعادلات الموافقة لها .

4ــ تفاعل الأفراد $HCOOH$ و CH_3NH_2 في الماء .

5ــ المعادلة الإجمالية للتحول الكيميائي الحادث . هل هو تفاعل حمض – أساس ؟ لماذا ؟

الحـل ــ 5

1ــ الأفراد حمض – أساس المرافقة تختلف فيما بينها فقط بـــ : بروتون H^+ عند كتابة صيغها المجملة .

الأفراد حمض – أساس المرافقة	الأفراد حمض – أساس المرافقة
$CH_3NH^+_3$, CH_3NH_2	$HClO$, ClO^-
$HCOOH$, $HCOO^-$	HSO_3^- , SO_3^{2-}

2ـ حسب برونشتد ، الحمض هو الذي يعطي بروتون H^+ و يتحول إلى أساسه المرافق .

الأساس المرافق	الحمض المرافق
شاردة $HCOO^-$ méthanoate	HCOOH Acide méthanoique
CH_3NH_2 méthylamine	شاردة $CH_3NH_3^+$ méthylamonium
شاردة SO_3^{2-} sulfite	شاردة HSO_3^- hydrogénosulfite
شاردة ClO^- hypochlorite	HClO Acide hypochlorique

3ـ نصف المعادلة حمض – أساس الموافقة للثنائية أساس/ حمض تكتب على النحو التالي : H^+ + أساس = حمض .

نصف المعادلة حمض – أساس	الثنائية : أساس/حمض
$HCOOH = HCOO^- + H^+$	$HCOOH/HCOO^-$
$CH_3NH_3+ = CH_3NH_2 + H^+$	$CH_3NH_3^+/CH_3NH_2$
$HSO_3- = SO_3^{2-} + H^+$	HSO_3^-/SO_32-
$HClO = ClO^- + H^+$	$HClO/ClO^-$

4ـ معادلة التفاعل بين HCOOH و CH_3NH_2 في الماء :

$$HCOOH_{(aq)} + CH_3NH_{2(aq)} \rightarrow HCOO^-_{(aq)} + CH_3NH_3^+{}_{(aq)}$$

ـ هذا التحول الكيميائي هو تفاعل حمض – أساس لأنه حدث فيه انتقال بروتون H^+ من الحمض HCOOH إلى الأساس CH_3NH_2 .

التمرين ـ 6

الخل المطبخي محلول لحمض الخل CH_3COOH .

1ـ a ـ ما هو الأساس المرافق لهذا الحمض ؟

b ـ درجة الحموضة لهذا الخل توافق كتلة الحمض النقية الموجودة في 100 g من الخل المطبخي . حدد التركيز المولي C للحمض في الخل المطبخي التجاري درجته $8,0^0$ علما أن الكتلة الحجمية للخل المطبخ تساوي 1,0 Kg/L .

2ـ ماذا يمكن القول عن قيمة pH محلول حمض الخل ؟

3ـ نضيف إلى 100 mL من محلول حمض الخل السابق ، 10 mL من محلول الصود تركيزه المولي $C_b = 1 mol/L$

a ـ ماذا يمكن القول عن الشوارد Na^+ ؟

b ـ اكتب معادلة تفاعل حمض ـ أساس الحادث عند المزج .

c ـ احسب كمية المادة للأفراد الكيميائية (عدا الماء) الموجودة عند نهاية التفاعل .

ماذا يمكن القول عن pH المحلول النهائي ؟

الحـل ـ 6

1ـ a ـ نستنتج صيغة الأساس المرافق لحمض الخل CH_3COOH بحذف بروتون H^+ : CH_3COO^- .

b ـ لدينا ، 100 g من الخل الخل المطبخي تحتوي على m = 8 g من حمض الخل ، حيث : $n = m/M = 0,13 mol$

باعتبار الكتلة الحجمية ρ للخل ، 100 g من الخل تشغل حجم : $V = m/\rho = 0,100/1,0 = 0,10 L$

نستنتج إذن تركيز خل المائدة من حمض الخل : $C = n/V = 0,13/0,10 = 1,3 mol/L$

2ـ محلول حمض الخل هو (حمض) إذن قيمة pH تكون أقل من 7

3ـ a ـ شوارد Na^+ ، التي لا تملك أي خصائص حمض ـ أساس ، هي شوارد محايدة .

b ـ نمزج : ـ حمض CH_3COOH (حمض ذو الثنائية CH_3COOH/CH_3COO^-) .

ـ الأساس HO^- (أساس ذو الثنائية H_2O/HO^-)

تفاعل حمض ـ أساس بين هذين المركبين حسب المعادلة : $CH_3COOH + HO^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

c ـ الكمية الإبتدائية للمتفاعلات : ـ من أجل حمض الخل : $n_{CH3COOH} = 0,13 mol$

ـ من أجل شوارد HO^- : $n_{HO^-} = C_b . V_b = 1 . 10 . 10^{-3} = 0,01 mol$

جدول تقدم التفاعل يكتب :

معادلة التفاعل	$CH_3COOH + HO^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$			
كمية المادة الإبتدائية (mol)	0,13	0,01	0	بزيادة
كمية المادة أثناء التفاعل (mol)	x – 0,13	x – 0,01	X	بزيادة
كمية المادة النهائية (mol)	x_{max} – 0,13	x_{max} – 0,01	x_{max}	بزيادة

ينتهي التفاعل عندما يكون x يكون أعظميا . يمكن تحديد قيمة x_{max} . علما أن كمية مادة المتفاعلات تنعدم في الحالة النهائية :

$0,13 - x_{CH3COOH} = 0$ و $0,01 - x_{HO^-} = 0 \Rightarrow x_{max} = x_{HO^-} = 0,01$

شوارد HO^- تمثل إذن المتفاعل المحد ، حيث تختفي عند نهاية التفاعل

ـ الحالة النهائية :

ـ يبقى : $0,13 - x_{max} = 0,12$ mol من حمض الخل CH_3COOH

ـ يتشكل : $x_{max} = 0,01$ mol من شوارد الإيثانوات .

العنصر المتواجد بأكبر كمية في الحالة النهائية حمضي ، أي : pH أقل من 7

تمرين ـ 7

L'acide sulfamique NH_2SO_3H ، مركب يستخدم في المطبخ لتنظيف غلاية القهوة ، حيث يباع في أكياس ،

كل كيس يحتوي على 15 g منه .

ـ اكتب معادلة تفاعله مع شاردة الهيدروكسيد HO^- (أساس) في الماء .

ـ اكتب جدول تقدم التفاعل لتحديد حصيلة المادة ، ثم احسب كمية المادة لشوارد الهيدروكسيد اللازمة للتفاعل الكلي مع كمية الحمض في الكيس .

ـ ما هي كتلة هيدروكسيد الصوديوم الصلب NaOH الواجب أخذها للحصول على كمية المادة السابقة لـ HO^- ؟

الحل ـ 7

ـ معادلة التفاعل بين الحمض و الأساس في الماء هي :

$$NH_2SO_3H_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow NH_2SO_3^-{}_{(aq)} + H_2O$$

ـ كتابة جدول تقدم التفاعل لتحديد حصيلة المادة :

المعادلة	NH_2SO_3H	+	HO^-	$\rightarrow$	$NH_2SO_3^-$	+	H_2O
قبل التفاعل	$(n_{NH2SO3H})i$		$(n_{HO^-})i$		0		بزيادة
بعد التفاعل	$(n_{NH2SO3H})i - X_{max}$		$(n_{HO^-})i - X_{max}$		X_{max}		بزيادة

ـ أن تنتهي كمية الحمض الإبتدائية خلال التفاعل إذن : $(n_{NH2SO3H})i - X_{éq} = 0$. ومنه : $(n_{NH2SO3H})i = X_{éq}$

كمية شوارد الهيدروكسيد اللازمة لذلك هي : $(n_{HO^-})i - X_{éq}$ و منه : $(n_{HO^-})i = X_{max}$ متفاعل محد

في النهاية : $(n_{NH2SO3H})i = (n_{HO^-})i = (m_{NH2SO3H})i / (M_{NH2SO3H})i = 1,5 . 10^{-1}$ mol .

ـ كتلة هيدروكسيد الصوديوم اللازمة : $M_{(NaOH)} = 6,0$ g . $(n_{HO^-})i$ = (m_{NaOH}) .

تمرين ـ 8

ـ في كل حالة الإجابة أو الإجابات الصحيحة .

ـ من خلال المعايرة نريد تحديد : a ـ التركيز المولي للمعاير (بكسر الياء) . b ـ التركيز المولي للمعاير (بفتح الياء) .

ـ التركيز المولي للمعاير (بكسر الياء) و للمعاير (بفتح الياء) .

ـ خلال المعايرة : a ـ وجود كاشف ملون شرط و أساسي . b ـ دور الكاشف خلال المعايرة هو تحديد تكافؤ المعايرة .

ـ كل الكواشف الملونة ملائمة .

ـ خلال المعايرة بطريقة الناقلية : a ـ نقطة التكافؤ توافق القيمة الصغرى لناقلية المزيج .

ـ نقطة التكافؤ هي النقطة أين تنعدم الناقلية . c ـ ناقلية المزيج في تناقص دائم .

الحل ـ 8

ـ a ـ 3. ـ b ـ 2 . ـ b ـ

تمرين ـ 9

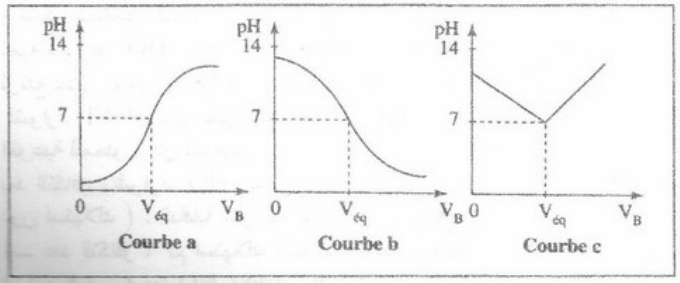
محلول حمض الكلور (H_3O^+ , Cl^-)

محلول الصود (Na^+ , HO^-) .

ـ اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل المعايرة .

ـ حصلنا تجريبياعلى المنحنى الممثل لتطور pH المحلول المزيج بدلالة الحجم V_B لمحلول الصود المضاف . اختر المنحنى المناسب لذلك من المنحنيات الثلاثة التالية :

ـ ماهو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة من الكواشف التالية .



الكاشف	لونه في الوسط الحمضي	مجال تغير لونه pH	لونه في الوسط الأساسي
Hélianthine	أحمر	3,1 - 4,4	أصفر
BBT	أصفر	6,0 - 7,6	أزرق
Phénolphtaléine	شفاف	8,2 - 10,0	وردي ـ بنفسجي

الحـل ـ 9

1 ـ تفاعل المعايرة هو تفاعل حمض ـ أساس معادلته : $H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2\,H_2O$

2 ـ قبل إضافة الصودا حجم ($V_B = 0$) ، البيشر يحتوي فقط على حمض الكلوريدريك : pH المحلول هو إذن أقل من 7 . المنحنى المناسب هو المنحنى a .

3ـ نقرأ على المنحنى : $pH_{éq} = 7$. حسب مجالات التغير المعطاة ، BBT هو الكاشف اللوني الأكثر ملائمة ، حيث نقطة التكافؤ للمعايرة موجودة داخل مجال التغير اللوني له .

التمرين ـ 10

نريد تحديد تركيز محلول الصود بطريقة المعايرة بقياس الناقلية . نعاير حجم $V_B = 100\ mL$ من هذا المحلول بواسطة محلول حمض الكلور تركيزه $C_A = 1,0 . 10^{-1}\ mol/L$.

الجدول التالي يعطي قيم الناقلية G من أجل قيم مختلفة لحجم الحمض V_A المضاف .

G (mS)	8,0	6,8	5,6	4,4	3,2	2,0	2,8	3,6	4,6	5,5
V_A (mL)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18

1 ـ اكتب المعادلة المنمذجة للتفاعل الحادث .

2 ـ ارسم المنحنى $G = f(V_A)$. استنتج احداثيات نقطة التكافؤ E مع تحديدها على المنحنى .

3 ـ اشرح تطور الناقلية G للمحلول ، خلال المعايرة .

4 ـ حدد التركيز المولي C_B لمحلول الصود . تعطى الناقليات النوعية المولية الشاردية بـ : ($mS.m^2.mol^{-1}$) :

$H_3O^+ : 35$, $HO^- : 20$, $Na^+ : 5,0$, $Cl^- : 7,5$

الحـل ـ 10

1ـ تفاعل المعايرة هو تفاعل حمض ـ أساس ذو المعادلة : $HO^- + H_3O^+ \rightarrow 2\,H_2O$

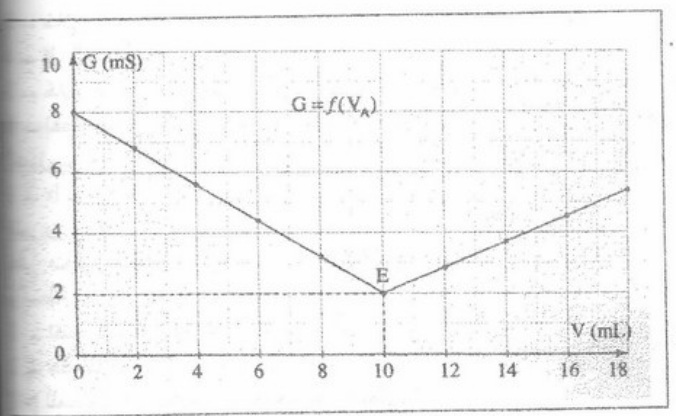
2ـ المنحنى المتحصل عليه مكون من قطعتين مستقيمتين : الأولى ذو ميل سالب ، و الثانية ذو ميل موجب . هاتين القطعتين تتقاطعان في نقطة تكافؤ E .

نقرأ إحداثيات E مباشرة على المنحنى : $V_{éq} = 10,0\ mL$ ، $G_{éq} = 2,0\ mS$

3ـ نبدأ بذكر الشوارد الموجودة في المحلول :

ـ محلول الصودا ، متفاعل معاير ، يحتوي على شوارد الصوديوم Na^+ و شوارد الهدروكسيد HO^- .

ـ محلول حمض الكلوريدريك ، متفاعل قياسي ، يأتي بشوارد الأكسونيوم H_3O^+ و شوارد الكلور Cl^- . في بداية المعايرة ، ناقلية المحلول المعاير تعود لشوارد HO^- و Na^+ . أثناء المعايرة ، كمية شوارد Na^+ تبقى ثابتة .



قبل التكافؤ ، شوارد H_3O^+ المضافة تستهلك كليا و تشكل المتفاعل المحد ، بزيادة المعايرة تدريجيا ، كمية شوارد HO^- تنخفض و كمية شوارد Cl^- ترتفع بنفس المقدار . الناقلية النوعية المولية الشاردية لشوارد Cl^- أقل منها لشوارد HO^- : الناقلية النوعية للمحلول إذن تنخفض .

بعد التكافؤ ، شوارد HO^- تستهلك كليا بتفاعل المعايرة . بزيادة المعايرة تدريجيا كمية شوارد H_3O^+ و Cl^- ترتفع (أضيفت دون استهلاك) : الناقلية النوعية للمحلول إذن ترتفع .

4ـ عند التكافؤ ، تم استهلاك المتفاعلين كليا . يجب إذن إضافة في البيشر نفس كمية شوارد الأكسونيوم H_3O^+ للمتفاعل و شوارد الهدروكسيد HO^- الإبتدائية الموجودة في المحلول :

$C_B = C_A . V_{éq}/V_B = 10,0/100 = 1,0 . 10^{-2}\ mol/L$ و منه : $n_{HO^-} = C_B . V_B = n_{H3O+} = C_A . V_{éq}$

التمرين ــ 11

لتحديد التركيز المولي C لمحلول مائي للأمونياك ، نأخذ حجم $V = 10,0\ mL$ من هذا المحلول ثم نحقق المعايرة حمض ــ أساس باستخدام طريقة الـــ pH .

1 ــ a ــ الأمونياك NH_3 ، حمض أم أساس ؟ حدد الفرد المرافق له .

b ــ استنتج طبيعة (الحمض أو الأساس) للمتفاعل القياسي المعاير (المضاف) .

2 ــ نستعمل للمعايرة محلول حمض الكلور تركيزه المولي $C_A = 1,0 . 10\text{-}2\ mol/L$. عند التكافؤ كان الحجم المضاف من الحمض $V_{éq} = 15,0\ mL$.

a ــ اكتب المعادلة المنمذجة للتفاعل الحادث . b ــ اكتب العلاقة التي تربط كمية المادة للحمض والأساس عند التكافؤ .

c ــ استنتج التركيز المولي C للمحلول المدروس .

الحـــل ــ 11

1ــ a ــ الأمونياك هو أساس ، حمضه المرافق هو شاردة الأمونيوم NH_4^+

b ــ يجب معايرة المحلول المائي للأمونياك بحمض .

2ــ a ــ تفاعل المعايرة هو تفاعل حمض ــ أساس ذو المعادلة : $NH_3 + H_3O^+ \rightarrow NH_4^+ + H_2O$

b ــ عند التكافؤ ، يتم استهلاك المتفاعلين كليا : $n_{NH3} = C . V = n_{H3O+} = C_A . Vèq$

و منه نستنتج : $C = C_A . Vèq/V = 1,0 . 10^{-2} = 15,0/10,0 = 1,5 . 10^{-2}\ mol/L$

التمرين ــ 12

L'acide sulfamique NH_2SO_3H ، مركب (منظف) يستخدم في المطبخ لتنظيف غلاية القهوة . حيث يباع في أكياس ، كل كيس يحتوي على 15 g منه . نريد التحقق من النسبة الكتلية للحمض في كل كيس باستعمال طريقة المعايرة حمض – أساس بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم .

نأخذ 1,00 g من المنظف الحمضي ، نذيبها في كمية كافية من الماء . ندخل هذه الكمية في بيشر سعته 100,0 mL ثم نضيف إليه الماء إلى أن يصبح حجم المحلول في البيشر 100,0 mL ، نسمي المحلول الناتج بـــ S . نأخذ 10,0 mL من المحلول S و ندخلها في إيرلنماير سعته 100 mL ثم نضيف 5 قطرات من محلول أزرق البروموتيمول . نحضر سحاحة سعتها 25,0 mL و نملأها بمحلول قياسي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $[HO^-] = 1,0 . 10^{-1}\ mol/L$. نقطر بواسطة السحاحة المحلول الأساسي على المحلول الحمضي مع الرج و التحريك إلى أن يظهر لون أخضر الذي يشير إلى تحقيق التكافؤ . نسجل حينها حجم المحلول القياسي المضاف : $V_{éq} = 9,8\ mL$.

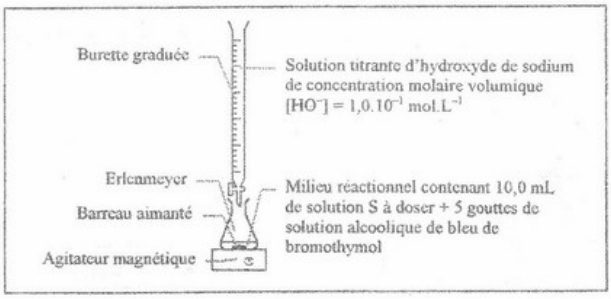
1ــ ارسم مخطط تركيب التجربة .

2ــ اكتب معادلة التفاعل للمعايرة بإعطاء الرمز AH للحمض sulfamique .

3ــ عرف تكافؤ هذه المعايزة و احسب كمية المادة للحمض الموجودة في الإيرلنماير .

4ــ استنتج كمية المادة و كتلة الحمض الموجودة في 1,00 g من المنظف الحمضي .

5ــ احسب التركيز الكتلي المئوي للحمض في المنظف الحمضي المدروس .



الحـــل ــ 12

1ــ رسم مخطط التركيب : انظر الشكل المرفق .

2ــ معادلة تفاعل حمض – أساس بين الحمض AH و الأساس HO^- في الماء :

$$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_2O$$

3ــ عند تكافؤ حمض – أساس بين حمض أحادي وأساس أحادي يكون : $(n_{AH})i = (n_{HO-})i$ حيث : $(n_{AH})i$ كمية مادة الحمض في 10 mL من المحلول S و $(n_{HO-})i$ كمية المادة للأساس المضافة عند التكافؤ (ظهور اللون الأخضر) .

ــ $(n_{AH})i = (n_{HO-})i = [HO^-] . V_{éq} = 0,1 . 9,8 . 10^{-3} = 9,8 .10^{-4}\ mol$

أن توجد $9,8 .10^{-4}\ mol$ من الحمض في 10,0 mL من المحلول S .

من أجل 1,00 g من المنظف الحمضي أي 100 mL من المحلول S تتضاعف كمية الحمض 10 مرات :

$(m_{AH})i = (n_{AH})i . M_{AH} = 0,95\ g$ ، ومنه نحسب كتلة الحمض : $(n_{AH}) = 10 . 9,8 . 10^{-4} = 9,8 . 10^{-3}\ mol$

5ــ التركيز الكتلي المئوي للحمض في المنظف : $t = (m_{AH}) / 1,00 = 0,95/1,00 = 95\ \%$

التمرين ــ 13

نقوم بتجربة معايرة حمض الكلور $H_3O^+ + Cl^-$ بالصود $Na^+ + HO^-$ ، و هذا بطريقة قياس الناقلية للوسط أين يحدث التفاعل بدلالة الحجم V_b للصود المضاف ، متبعا الخطوات التالية :

ــ نضع 400 L من الماء في بيشر سعته 500 mL .

ـ نغمس فيه خلية قياس الناقلية في البيشر مع توصيلها إلى جهاز قياس الناقلية .
ـ ندخل حجم $V_a = 10,0\ mL$ من حمض الكلور تركيزه المولي $C_a = 1,0 \cdot 10^{-1}\ mol/L$ و نسكبه في البيشر مع التحريك .
ـ نحضر سحاحة نظيفة و نملأها بمحلول قياسي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 1,0 \cdot 10^{-1}\ mol/L$
ـ نقطر بواسطة السحاحة المحلول الأساسي على المحلول الحمضي مع الرج و التحريك .
ـ نسجل قيمة الناقلية عند كل إضافة فنحصل على الجدول التالي :

V_b (mL)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
G (mS)	4,81	4,42	4,03	3,65	3,28	2,94	2,59	2,26	1,94	1,71	1,49
V_b (mL)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	
G (mS)	1,55	1,74	1,92	2,11	2,33	2,55	2,78	3,01	3,20	3,41	

1ـ اكتب معادلة التفاعل المعايرة . 2ـ ارسم منحنى الدالة $G = f(V_b)$.
3ـ حدد حصيلة المادة في جدول تقدم التفاعل لشرح أجزاء المحنى .
4ـ استنتج طريقة بيانية تسمح بتحديد الحجم المكافئ $V_{éq}$ للمحلول الأساسي المضاف عند التكافؤ .
5ـ قارن الحجوم المكافئة $V_{éqex}$ التجريبية و $V_{éqth}$ النظرية وهذا بحساب الإرتياب النسبي .
6ـ ناقش العلاقة بين القيم المطلقة لميل المنحنى للأجزاء المستقيمة بالاستعانة بقيم الناقليات النوعية المولية الشاردية للشوارد في المحلول . تعطى :

الشاردة	H_3O^+	HO^-	Cl^-	Na^+
$\lambda\ (10^{-4} \cdot S \cdot m^2 \cdot mol^{-1})$	350	199	76	50

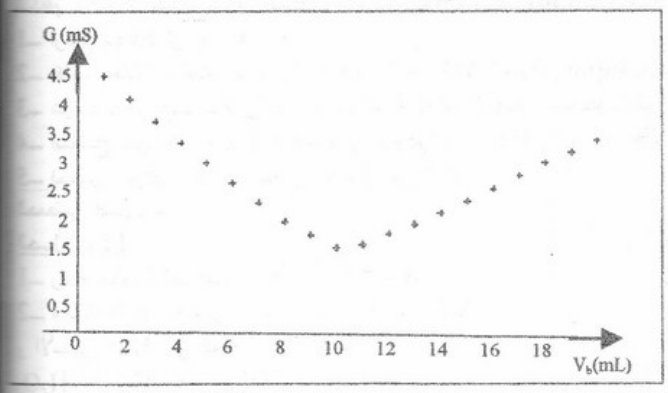
الثنائيات حمض – أساس المشاركة هي : H_3O^+/H_2O و H_2O/HO^- .

الحل ـ 13

1ـ حسب الثنائيات حمض – أساس المعطاة ، معادلة التفاعل المرتقبة هي :

H_3O^+/H_2O $\quad H_3O^+ = H_2O + H^+_{(aq)}$
$H_2O/HO^-_{(aq)}$ $\quad (H_2O = HO^- + H^+_{(aq)}) \cdot (-1)$
بالجمع $\quad H_3O^+ + HO^-_{(aq)} \rightarrow 2\ H_2O$

2ـ المنحنى الممثل $G = f(V_b)$:



3ـ المنحنى $G = f(V_b)$ يحتوي على جزئين :
ـ جزء متناقص من أجل $0 \leq V_b < 10\ mL$
ـ جزء متزايد من أجل $10\ mL < V_b < 20\ mL$
ـ حصيلة المادة :
دراسة الجزء المتناقص (بداية المعايرة) .

المعادلة	H_3O^+	+	$HO^-_{(aq)}$	$\rightarrow$	$2H_2O$
قبل التفاعل	$(n_{H3O+})i$		$(n_{HO-})i$		بزيادة
بعد التفاعل	$(n_{H3O+})i - X_{max}$		$(n_{HO-})i - X_{max}$		بزيادة

$(n_{HO-})i = C_b \cdot V_b = 0,10 \cdot V_b$ ، $(n_{H3O+})i = C_a \cdot V_a = 1,0 \cdot 10^{-3}\ mol$

التفاعل المرتقب تام و HO^- هو المتفاعل المحد و منه : $(n_{HO-})i - X_{max} = 0 \Rightarrow X_{max} = (n_{HO-})i = 0,10\ V_b$

$(n_{H3O+})i - X_{max} = C_a \cdot V_a - C_b \cdot V_b = 1,0 \cdot 10^{-3} - 0,10\ V_b$

من أجل $0 \leq V_b < 10\ mL$:

المعادلة	H_3O^+	+	$HO^-_{(aq)}$	$\rightarrow$	$2H_2O$
قبل التفاعل	$C_a \cdot V_a$		$C_b \cdot V_b$		بزيادة
بعد التفاعل	$C_a \cdot V_a - C_b \cdot V_b$		0		بزيادة

كذلك لدينا : $(n_{Cl^-})i = (n_{H3O^+})i = C_a \cdot V_a$ ، $(n_{Na^+})i = (n_{HO^-})i = C_b \cdot V_b$

أخيرا الحجم الكلي يساوي حجم الماء .

$[H_3O^+]$	$[HO^-]$	$[Cl^-]$	$[Na^+]$
$(C_a \cdot V_a - C_b \cdot V_b)/V_{eau}$	0	$(C_a \cdot V_a)/V_{eau}$	$(C_b \cdot V_b)/V_{eau}$

تغيرات الناقلية النوعية للوسط تتعلق بتغيرات تركيز الشوارد H_3O^+ و Na^+ . لكن ، الناقلية المولية الشاردية للشوارد الأكسونيوم أكبر 7 مرات من شوارد الصوديوم . و منه فالناقلية النوعية للوسط تنخفض من أجل : $0 < V_b < 10$ mL

ـ حصيلة المادة و دراسة الجزء المتزايد (نهاية المعايرة) :

شوارد الهيدروكسيد HO^- تضاف بالزيادة (H_3O^+ هو المتفاعل المحد) .

من أجل : $10 \text{ mL} < V_b < 20 \text{ mL}$:

المعادلة	H_3O^+	+	$HO^-_{(aq)}$	→	$2H_2O$
قبل التفاعل	$C_a \cdot V_a$		$C_b \cdot V_b$		بزيادة
بعد التفاعل	0		$C_b \cdot V_b - C_a \cdot V_a$		بزيادة

$[H_3O^+]$	$[HO^-]$	$[Cl^-]$	$[Na^+]$
0	$(C_b \cdot V_b - C_a \cdot V_a)/V_{eau}$	$(C_a \cdot V_a)/V_{eau}$	$(C_b \cdot V_b)/V_{eau}$

تغيرات الناقلية النوعية للوسط تتعلق بتغيرات تركيز الشوارد HO^- و Na^+ .

الناقلية النوعية للوسط تتزايد من أجل : $10 \text{ mL} < V_b < 20 \text{ mL}$.

ـ الأجزاء المتزايدة والمتناقصة للمنحنى مستقيمة . تقاطع هذين المستقيمين يمثل الحالة الحدية

أي : $[H_3O^+] = [HO^-] = 0$. يمثل نهاية المعايرة .

ـ على المنحنى المدروس ، نحدد حجم التكافؤ التجريبي $(V_{éq})_{exp}$ بواسطة فاصلة نقطة تقاطع القطعتين المستقيمتين :

$(V_{éq})_{exp} = 9{,}8$ mL . عند التكافؤ ، $V_b = V_{éq}$ المتفاعلات تختفي كليا :

$$(n_{H3O^+})i = (n_{HO^-})i,_{éq}$$

$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot (V_{éq})_{the}$$

$$(V_{éq})_{th} = (C_a \cdot V_a)/C_b = (1{,}0 \cdot 10^{-1} \cdot 10{,}0)/(1{,}0 \cdot 10^{-1}) = 10{,}0 \text{ mL}$$

الخطأ النسبي للمعايرة : $\Delta\% = |(V_{éq})_{exp} - (V_{éq})_{th}|/(V_{éq})_{th} = |9{,}8 - 10{,}0|/10{,}0 = 2{,}0\ \%$

في الشروط التجريبية للمعايرة ، الخطأ النسبي يقدر بـــ : 2,0 % .

هذا الخطأ مقبول مع أخذ اعتبار الدقة الجارية للأجهزة المستعملة .

ـ المنحنى $G = f(V_b)$ المدروس . انظر الشكل أسفله .

القيمة المطلقة لميل المستقيم (AB) :

$$|m_{(AB)}| = |G_B - G_A/V_{b,B} - V_{b,A}| = |(0{,}80 - 3{,}4)/(10{,}5 - 3{,}5)| = 0{,}37 \text{ mS/mL}$$

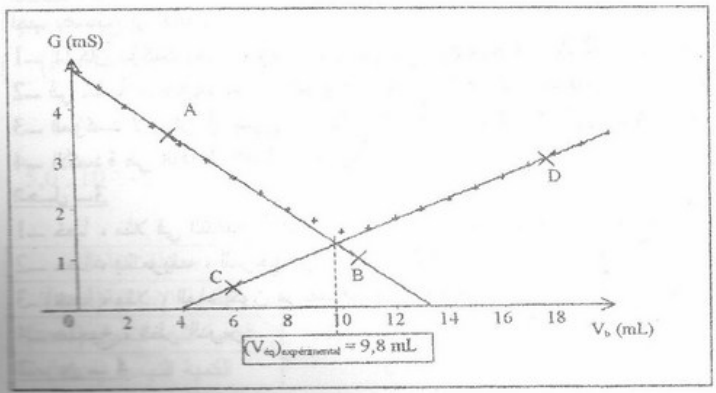
القيمة المطلقة لميل المستقيم (CD) :

$$|m_{(CD)}| = |G_D - G_C/V_{b,D} - V_{b,C}| = |(3{,}0 - 0{,}50)/(17{,}5 - 6{,}0)| = 0{,}22 \text{ mS/mL}$$

العلاقة بين القيمتين المطلقتين للمستقيمين (AB) و (CD) :

$|m_{(AB)}|/|m_{(CD)}| = 0{,}37/0{,}22 = 1{,}7$ تغيرات $G = f(V_b)$ ناتجة عن الناقلية المولية الشاردية لـــ H_3O^+

من أجل $V_b < V_{éq}$ وعلى الناقلية المولية الشاردية لـــ HO^- من أجل $V_b > V_{éq}$



العلاقة بين الناقليات المولية الشاردية :

$\lambda_{H3O^+}/\lambda_{HO^-} = 350/199 = 1{,}76$

هي العلاقتين متجاورتين مما يدل على توافق

المعايرة .

ـ المنحنى : انظر الشكل المرفق .

تمـــاريـــن على الأكسدة و الإرجاع

التمرين ــ 1

وازن نصف معادلات الأكسدة الإرجاعية للثنائيات مرجع/مؤكسد التالية (نعتبر الوسط حمضي) :

1ــ $Ag^+/Ag_{(s)}$. 2ــ $ClO^-/Cl_{2(g)}$. 3ــ $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$. 4ــ $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$.

الحـــل ــ1

1ــ المعادلة النصفية لثنائية مرجع/مؤكسد $Ag^+/Ag_{(s)}$: $Ag^+ + e^- = Ag_{(s)}$

2ــ المعادلة النصفية لثنائية مرجع/مؤكسد $ClO^-/Cl_{2(g)}$: $2\,ClO^- + 4\,H^+_{(aq)} + 2e^- = Cl_{2g} + 2\,H_2O$

3ــ المعادلة النصفية لثنائية مرجع/مؤكسد $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$: $S_4O_6^{2-} + 2\,e^- = 2\,S_2O_3^{2-}$

4ــ المعادلة النصفية لثنائية مرجع/مؤكسد $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$: $Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+_{(aq)} + 6e^- = 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$

التمرين ــ2

أكتب معادلات تفاعلات الأكسدة الإرجاعية بين الأفراد التالية (في حالة الإخفاق ، نعتبر الوسط حمضي) :

1ــ ثنائي اليود I_2 وشوارد ثيوسولفات $S_2O^{2-}{}_3$

2ــ شوارد الأكسيونيوم $H^+_{(aq)}$ ومعدن الحديد $Fe_{(s)}$

3ــ حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$ و الأكسجين الغازي $O_{2(g)}$

4ــ شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O^{2-}{}_7$ ومعدن الألمنيوم $Al_{(s)}$

I_2/I^- ; $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$; $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$; $Fe^{2+}/Fe_{(s)}$; $C_6H_6O_6/C_6H_8O_6$; $O_{2(g)}/H_2O$; $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$; $Al^{3+}/Al_{(s)}$

الحـــل ــ2

1ــ معادلات تفاعلات الأكسدة الإرجاعية بين ثنائي اليود I_2 و شوارد thiosulfate $S_2O_3^{2-}$:

$I_2 + 2\,e^- = 2I^-$

$2\,S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2\,e^-$

بالجمع $2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$

2ــ معادلات تفاعلات الأكسدة الإرجاعية بين شوارد الأكسونيوم $H^+_{(aq)}$ و معدن الحديد $Fe_{(s)}$:

$2\,H^+_{(aq)} + 2\,e^- = H_{2(g)}$

$Fe_{(s)} = Fe^{2+} + 2\,e^-$

بالجمع $2\,H^+_{(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+} + H_{2(g)}$

3ــ معادلات تفاعلات الأكسدة الإرجاعية بين $C_6H_8O_6$ acide ascorbique و الأكسجين الغازي $O_{2(g)}$:

$O_{2(g)} + 4\,H^+_{(aq)} + 4\,e^- = 2\,H_2O$

$C_6H_8O_6 = C_6H_6O_6 + 2\,H^+_{(aq)} + 2\,e^-$ x(2)

بالجمع $O_{2(g)} + 4\,H^+_{(aq)} + 2\,C_6H_8O_6 \rightarrow 2\,H_2O + 2C_6H_6O_6 + 4\,H^+_{(aq)}$

4ــ معادلات تفاعلات الأكسدة الإرجاعية بين شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ و معدن الألومنيوم $Al_{(s)}$:

$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+_{(aq)} + 6\,e^- = 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$

$Al_{(s)} = Al^{3+} + 3\,e^-$ x(2)

بالجمع $Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+_{(aq)} + 2\,Al_{(s)} \rightarrow 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O + 2\,Al^{3+}$

التمرين ــ3

أجب بصحيح أو خطأ :

1ــ إذا كان مؤكسد يحمل شحنة . تتون بالضرورة موجبة ، بالمثل إذا كان مرجع يحمل شحنة ، تكون بالضرورة سالبة .

2ــ في ثنائية مرجع/مؤكسد ، المرجع يكتسب إلكترونات ، بالمقابل المؤكسد يفقدها .

3ــ المؤكسد لا يمكن أن يكون مرجعا ، والمرجع لا يمكن أن يكون مؤكسدا .

4ــ الأكسدة هي التفاعل المعاكس للإرجاع .

الحـــل ــ3

1ــ خطأ ، مثلا في الثنائية MnO_4^-/Mn^{2+} ، المؤكسد MnO_4^- يحمل شحنة سالبة والمرجع Mn^{2+} يحمل شحنة موجبة .

2ــ خطأ ، بالتعريف ، المرجع هو الذي يفقد إلكترونات والمؤكسد هو الذي يكتسب إلكترونات .

3ــ خطأ ، مثلا ، الماء يكون مرجعا في الثنائية $O_{2(g)}/H_2O$ ومؤكسد في الثنائية $H_2O/H_{2(g)}$.

4ــ صحيح ، انظر الدرس .

التمرين ــ 4

صفيحة من الزنك في حجم $V = 100\ mL$ لمحلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$ ذو تركيز مولي :
$c = 5,0 \cdot 10^{-2}$ mol . بعد فترة زمنية نلاحظ تشكل راسب فضي على صفيحة الزنك .
الزنك عبارة عن معدن . هل هو مؤكسد أم مرجع ؟
اكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث .
ما هو المتفاعل الفائض ؟ استنتج كتلة الفضة المترسبة على الصفيحة عند نهاية التفاعل .
ما هي تغيرات الكتلة التي تحدث على الصفيحة ؟ تعطى الثنائيات مرجع/مؤكسد : $Ag^+/Ag_{(s)}$ ، $Zn^{2+}/Zn_{(s)}$

4 ـ الحل

مثل جميع المعادن ، الزنك جسم مرجع .
الزنك $Zn_{(s)}$ (مرجع الثنائية $Zn^{2+}/Zn_{(s)}$) و شوارد الفضة Ag^+ (مؤكسد الثنائية $Ag^+/Ag_{(s)}$) و شوارد Zn^{2+}
مؤكسد الثنائية $Zn^{2+}/Zn_{(s)}$) معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية هي : $Zn_{(s)} = Zn^{2+} + 2\ e^-$
$Ag^+ + e^- = Ag_{(s)} \quad x(2)$
بالجمع $Zn_{(s)} + 2\ Ag^+ \rightarrow Zn^{2+} + 2Ag_{(s)}$
بما أن الترسب لم يتم على كل مساحة الصفيحة ، الزنك $Zn_{(s)}$ يبقى متزايد . شوارد Ag^+ تمثل إذن المتفاعل المحد .
المعادلة : تتشكل في نهاية التفاعل نفس ذرات $Ag_{(s)}$ و شوارد Ag^+ المتفاعلة .
$n_{Ag^+} = c \cdot V = 5,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,100 = 5,0 \cdot 10^{-3}$ mol
مرجع إذن كتلة من الفضة قدرها : $m_{Ag} = n_{Ag} \cdot M_{Ag} = 5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 107,9 = 0,54$ g
حسب معادلة التفاعل : 1 mol من ذرة الزنك $Zn_{(s)}$ يتفاعل مع 2 mol من شوارد الفضة Ag^+ التفاعل إذن إستهلك :
$n_{Zn} = n_{Ag}/2 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ mol من ذرات الزنك .
صفيحة الزنك فقدت إذن كتلة : $m_{Zn} = n_{Zn} \cdot M_{Zn} = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 65,4 = 0,16$ g

5 ـ تمرين

$1,0$ g من برادة الحديد في بيشر يحتوي على 50 mL من حمض الكلوريدريك ذو التركيز المولي $c = 1,0$ mol/L
ماذا يحدث ؟
اكتب معادلة التفاعل الكيميائية الحادث ، مع تحديد كل من المؤكسد و المرجع .
حدد الحالة النهائية للجملة . تعطى الثنائيات مرجع/مؤكسد : $Fe^{2+}/Fe_{(s)}$ ؛ $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$

5 ـ الحل

شوارد $H^+_{(aq)}$ الآتية من حمض الكلوريدريك تتفاعل مع الحديد $Fe(s)$ من أجل الحصول على شوارد Fe^{2+}
انطلاق الهيدروجين الغازي $H_{2(g)}$ و تتشكل فقاعات في البيشر .
في هذا التفاعل ، المؤكسد هو $H^+_{(aq)}$ (مؤكسد الثنائية $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$) و المرجع Fe^{2+} (مرجع الثنائية $Fe^{2+}/Fe_{(s)}$)
معادلة التفاعل : $2\ H^+_{(Aq)} + 2\ e^- = H_{2(g)}$
$Fe_{(s)} = Fe^{2+} + 2\ e^-$
بالجمع $Fe_{(s)} + 2\ H^+_{(Aq)} \rightarrow Fe^{2+} + H_{2(g)}$
الكمية الإبتدائية للمتفاعلات المستعملة :
من أجل الحديد : $n_{Fe} = m_{Fe}/M_{Fe} = 1,0/55,8 = 1,8 \cdot 10^{-2}$ mol : $Fe_{(s)}$
من أجل شوارد : $n_{H+} = c \cdot V = 1,0 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 5,0 \cdot 10^{-2}$ mol : $H^+_{(Aq)}$. جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل	$Fe_{(s)}$	+	$2\ H^+_{(aq)}$	→	$Fe^{2+}_{(aq)}$	+	$H_{2(g)}$
الكمية الإبتدائية(mol)	$1,8 \cdot 10^{-2}$		$5,0 \cdot 10^{-2}$		0		0
الكمية أثناء التحول (mol)	$x - 1,8 \cdot 10^{-2}$		$5,0 \cdot 10^{-2} - 2x$		x		X
الكمية النهائية (mol)	$1,8 \cdot 10^{-2} - x_{max}$		$5,0 \cdot 10^{-2} - 2\ x_{max}$		x_{max}		x_{max}

التفاعل ينتهي عندما يكون x أعظميا . نحدد قيمة x_{max} عندما تنعدم كمية مادة المتفاعلات في الحالة النهائية :
$x_{max} = x_{Fe} = 1,8 \cdot 10^{-2}$ mol ; $x_{H+} = 5,0 \cdot 10^{-2}/2 = 2,5 \cdot 10^{-2}$ mol و $x_{Fe} = 1,8 \cdot 10^{-2}$ mol
الحديد $Fe_{(s)}$ يشكل المتفاعل المحد حيث يختفي في نهاية التفاعل . بالمقابل يبقى : $5,0 \cdot 10^{-2} - 2\ x_{max} = 1,4 \cdot 10^{-2}$ mol
شوارد الأكسونيوم $H^+_{(aq)}$ في نهاية التفاعل . و نلخص ذلك في الجدول النهائي :

معادلة التفاعل	$Fe_{(s)}$	+	$2\ H^+_{(aq)}$	→	$Fe^{2+}_{(aq)}$	+	$H_{2(g)}$
الكمية الإبتدائية(mol)	$1,8 \cdot 10^{-2}$		$5,0 \cdot 10^{-2}$		0		0
الكمية أثناء التحول (mol)	$1,8 \cdot 10^{-2} - x$		$5,0 \cdot 10^{-2} - 2x$		x		X
الكمية النهائية (mol)	0		$1,4 \cdot 10^{-2}$		$1,8 \cdot 10^{-2}$		$1,8 \cdot 10^{-2}$

التمرين ــ6

بيروكسيد الهيدروجين ، ذو الصيغة H_2O_2 ، عبارة عن مركب (معقم) antiseptique

1ــ بيروكسيد الهيدروجين يدعى غالبا (الماء الأكسجيني) برر هذه التسمية .

2ــ ماذا نعني بـــ (معقم) antiseptique ؟

3ــ بيروكسيد الهيدروجين له دخل في الثنائيتي مرجع/مؤكسد التالية : H_2O_2/H_2O و $O_{2\,(g)}/H_2O_2$.

لماذا نقول عن الماء الأكسجيني أنه متذبذب ampholyte ؟ أكتب معادلة التذبذب dismutaion .

4ــ عند تطهير جرح بواسطة الماء الأكسجيني ، يبدو و كأنه تنشأ رغوة فوقه . حلل هذه الملاحظة .

الحـل ــ6

1ــ للماء الصيغة المجملة H_2O ، الماء الأكسجيني H_2O_2 ، لديه إذن نفس الصيغة المجملة مع ذرة أكسجين زائدة .

2ــ antiseptique هو مركب يسمح ، على مستوى الأنسجة الحيوية ، بالقضاء على الكائنات المجهرية أو شل حركة أي جعلها محايدة و غير فعالة ، لا تعمل .

3ــ في وسط حمضي بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 عبارة عن أنفوليت حيث :

ــ في الثنائية H_2O_2/H_2O ، يلعب دور المؤكسد $H_2O_2 + 2\,H^+_{(aq)} + 2\,e^- = 2\,H_2O$

ــ في الثنائية $O_{2(g)}/H_2O_2$ ، يلعب دور المرجع $H_2O_2 = O_{2(g)} + 2\,H^+_{(aq)} + 2\,e^-$

ــ بجمع نصف المعادلتين ، نتحصل على معادلة تحول الأكسجيني : $2\,H_2O_2 \rightarrow 2\,H_2O + O_2$

4ــ عندما نضع الماء الأكسجيني على جرح ، فإن الرغوة المشاهدة ناتجة عن انطلاق غاز الأكسجين الذي يرافق dismutaion

التمرين ــ7

ماء جافيل هو عبارة عن محلول ثنائي البنية (équimolaire) يتكون من hypochlorite de sodium (Na^+ ; ClO^-) و من كلور الصوديوم (Na^+ ; Cl^-) .

1ــ شاردة hypochlorite ClO^- عبارة عن ampholyte يشارك في الثنائيات : ClO^-/Cl^- و ClO_3^-/ClO^- . أكتب المعادلات النصفية للأكسدة ــ إرجاع الموافقة للثنائيات مرجع/مؤكسد .

2ــ عند تسخين محلول ماء جافيل ، تتشكل شوارد الكلورات ClO_3^- . أكتب معادلة التفاعل الحادث . كيف نسمي هذا التفاعل

3ــ ثنائي الكلور Cl_2 هو أيضا ampholyte يشارك في الحالة الغازية في الثنائيتين $Cl_{2(g)}/Cl^-$ و $ClO^-/Cl_{2(g)}$. علل مثل هذا المحلول يكون قاعدي ، أكتب معادلة تشكل ماء جافيل الناتجة عن تحول ثنائي الكلور الغازي .

4ــ ندعو الدرجة الكلورومترية لماء جافيل ($^\circ Chl$) حجم ثنائي الكلور الغازي اللازم لتحضير 1,0 L من ماء جافيل في الشروط التي يكون فيها الحجم المولي $V_m = 22,5\ L/mol$.

ما هو حجم ثنائي الكلور الغازي اللازم لتشكيل 0,50 L من ماء جافيل عند $30\ ^\circ Chl$ ؟

الحـل ــ7

1ــ نصف معادلة الأكسدة الإرجاعية للثنائية ClO^-/Cl^- تكتب : $ClO^- + 2H^+_{(aq)} + 2\,e^- = Cl^- + H_2O$ (1)

ــ نصف معادلة الأكسدة الإرجاعية للثنائية ClO_3^-/ClO^- تكتب : $ClO_3^- + 4\,H^+_{(aq)} + 4\,e^- = ClO^- + 2\,H_2O$ (2)

2ــ تشكل شوارد الكلورات ClO_3^- الناتجة عن تحول شوارد ClO^- hypochlorite . معادلة هذا التفاعل نتحصل عليها بوضع نصف المعادلتين السابقتين على النحو التالي : $2 \times (1) - (2)$: $3\,ClO^- \rightarrow ClO_3^- + 2\,Cl^-$.

3ــ معادلة تشكل ماء جافيل تحدث في وسط قاعدي ، يجب إذن تعديل نصف معادلتي الأكسدة الإرجاعية

بشوارد الهيدروكسيد HO^-

ــ نصف معادلة الأكسدة ــ إرجاع للثنائية $Cl_{2(g)}/Cl^-$ تكتب : $Cl_{2(g)} + 2\,e^- = 2\,Cl^-$

ــ نصف معادلة الأكسدة ــ إرجاع للثنائية $ClO^-/Cl_{2(g)}$ تكتب : $Cl_{2(g)} + 4\,HO^- = 2\,ClO^- + 2\,H_2O + 2\,e^-$

ــ معادلة التحول لثنائي كلور تكتب إذن بعد الجمع و الإختزال : $Cl_{2(g)} + HO^- \rightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$

4ــ حسب تعريف الدرجة الكلورومترية لماء جافيل نحتاج إلى 30 L من ثنائي الكلور الغازي $Cl_{2(g)}$ لتصنيع 1,0 L من جافيل عند $30\ ^\circ Chl$. يجب إذن 15 L من الغاز من أجل الحصول على 0,50 L من ماء جافيل .

التمرين ــ 8

من بين أفراد الأكسدة الإرجاعية التالية :

Cl_2	Fe^{3+}	Zn^{2+}	H_2O
Fe^{2+}	Zn^{2+}	H_2O_2	Cl^-

1ــ ما هي الأفراد الأكسدة ــ إرجاع المرافقة ؟

2ــ حدد المؤكسد و المرجع في كل ثنائية .

3ــ اكتب الثنائيات مرجع/مؤكسد الموافقة و كذا أنصاف المعادلات أكسدة ــ إرجاع الموافقة .

ـ تفاعل الأفراد $Zn_{(s)}$ و $Cl_{2(g)}$.

ـ اكتب معادلة التفاعل للتحول الكيميائي الحادث . ـ لماذا ندعوه بتفاعل الأكسدة – الإرجاعية ؟

الحل ـ 8

أفراد الأكسدة ـ إرجاع المرافقة يجب أن تحتوي على عنصر مشترك عند كتابة صيغها المجملة :

أفراد الأكسدة ـ إرجاع المرافقة	أفراد الأكسدة ـ إرجاع المرافقة
Fe^{3+} و Fe^{2+}	Cl^- و Cl_2
H_2O و H_2O_2	Zn و Zn^{2+}

ـ المؤكسد هو الذي يكتسب إلكترونات و يتحول إلى مرجع مرافق له :

المرجع المرافق	المؤكسد المرافق
Cl^-	Cl_2
Fe^{2+}	Fe^{3+}
Zn	Zn^{2+}
H_2O	H_2O_2

ـ نصف المعادلة للأكسدة الإرجاعية الموافقة للثنائية مرجع/مؤكسد تكتب : مرجع = $n\,e^-$ + مؤكسد

نصف المعادلة الأكسدة ـ إرجاع الموافقة	ثنائية مرجع/مؤكسد
$Cl_2 + 2\,e^- = 2\,Cl^-$	Cl_2/Cl^-
$Fe^{3+} + 1\,e^- = Fe^{2+}$	Fe^{3+}/Fe^{2+}
$Zn^{2+} + 2\,e^- = Zn$	Zn^{2+}/Zn
$H_2O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- = 2\,H_2O$	H_2O_2/H_2O

ـ كتابة معادلة التفاعل للتحول الكيميائي الحادث .

$Cl_{2(g)}/Cl^-$ $\quad Cl_{2(g)} + 2\,e^- = 2Cl^-$

$Zn^{2+}/Zn_{(s)}$ $\quad Zn^{2+} + 2\,e^- = Zn$. (-1)

بالجمع $\quad Zn_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow Zn^{2+} + 2Cl^-$

التحول الكيميائي هو تفاعل أكسدة إرجاعية لأنه حدث فيه انتقال إلكترونات من المرجع $Zn_{(s)}$ إلى المؤكسد Cl_2 .

ـ 9

$Al_{(s)}$ في إيرلنماير يحتوي على حمض الكلور تركيزه المولي : $[H_3O^+] = 0{,}10\ mol/L$.

حدوث فوران و اختفاء المعدن بعد زمن صغير .

ـ اكتب معادلة التفاعل الحادث .

حصيلة المادة ثم احسب كمية المادة لشوراد الهيدرونيوم H_3O^+ اللازمة للتفاعل الكلي مع كمية الألومنيوم السابقة .

هو حجم حمض الكلور الواجب إدخاله في الإيرلنماير اللازمة لذلك .

ثنائيات مرجع/مؤكسد المشاركة في التفاعل $Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)}$ ، $H_3O^+/H_{2(g)}$.

ـ 9

معادلة التفاعل للأكسدة الإرجاعية بين الحمض و الألومنيوم :

$H_3O^+/H_{2(g)}$ $\quad 2\,H_3O^+ + 2\,e^- = H_{2(g)} + 2\,H_2O$ x (3)

$Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)}$ $\quad Al^{3+}_{(aq)} + 3\,e^- = Al_{(s)}$ x (-2)

بالجمع $\quad 6\,H_3O^+ + 2\,Al_{(s)} \rightarrow 3\,H_{2(g)} + 6\,H_2O + 2\,Al^{3+}_{(aq)}$

حصيلة المادة و جدول تقدم التفاعل :

المعادلة	$6\,H_3O^+$	+	$2\,Al_{(s)}$	$\rightarrow$	$3\,H_{2(g)}$	+	$6\,H_2O$	+	$2\,Al^{3+}$
قبل التفاعل	$(n_{H3O+})i$		$(n_{Al})i$		0		بزيادة		0
بعد التفاعل	$(n_{H3O+})i - 6\,X_{max}$		$(n_{Al})i - 2\,X_{max}$		$3\,X_{max}$		بزيادة		$2\,X_{max}$

لتفاعل كل كمية الألومنيوم يجب : $(n_{Al})i - 2\,X_{(eq)} = 0$ و منه : $(n_{Al})i = 2\,X_{(éq)}$

لشوارد الهيدرونيوم اللازمة لذلك : $(n_{H3O+})i = 6\,X_{(éq)}$

و منه : $(n_{H3O+})i/6 = (n_{Al})i/2 \Rightarrow (n_{H3O+})i = 5,6 . 10^{-1}$ mol

حجم الحمض الواجب أخذه : $V = (n_{H3O+})i/[H_3O^+]$ ومنه : $[H_3O^+] = (n_{H3O+})i/V \Rightarrow V = 0,56/0,10 = 5,6$ L

التمرين ــ 10

نعاير محلول مائي لثنائي اليود I_2 بمحلول مائي لـ ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$) thiosulfate de sodium بوجود كاشف ملون للنشاء الذي يعطي مركب أزرق بوجود اليود . نأخذ حجم $V = 20,0$ mL من محلول مائي لثنائي اليود تركيزه المولي مجهول و ندخله في إيرلنماير . نحضر سحاحة سعتها 25,0 mL و نملأها بمحلول قياسي لـ thiosulfate de sodium تركيزه المولي : $[S_2O_3^{2-}] = 5,00 . 10^{-2}$ mol/L . نقطر بواسطة السحاحة محلول thiosulfate de sodium محلول ثنائي اليود مع الرج و التحريك إلى أن يختفي اللون الذي يشير إلى تحقيق التكافؤ . نسجل حينها حجم المحلول المضاف لـ ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$) thiosulfate de sodium : $V_{éq} = 13,2$ mL .

1ــ اكتب معادلة التفاعل المعايرة .

2ــ كيف نتأكد من حدوث التكافؤ عند اختفاء اللون للمحلول في الإيرلنماير ؟

3ــ حدد حصيلة المادة بدلالة تقدم التفاعل .

4ــ استنتج العلاقة بين كميات المادة للمتفاعلات عند التكافؤ .

5ــ احسب التركيز المولي لمحلول اليود المعاير .

6ــ ماهي كتلة اليود الصلب الواجب أخذها لتحضير 1,50 L من محلول اليود المعاير السابق .

تعطى الثنائيات مرجع/مؤكسد الداخلة في التفاعل $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$ ، $S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}/S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$.

الحــل ــ 10

1ــ معادلة التفاعل :

$I_{2(aq)}/I_{2(aq)}$ $\quad I_{2(aq)} + 2\,e^- = 2I^-$

$S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}/S_2O_3^{2-}$ $\quad S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2\,e^- = 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$ x-(-1)

بالجمع $\quad I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$

2ــ هدف هذه المعايرة هو تحديد كمية المادة للبود . عند اختفاء اللون الذي يشير إلى اختفاء مادة اليود ، وحيث أن كمية ثيوسولفات تحقق نسب ستوكيومترية يتحقق التوازن .

3ــ حصيلة المادة و جدول تقدم التفاعل :

المعادلة	$I_{2(aq)}$	+	$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$	→	$2I^-_{(aq)}$	+	$S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$
قبل التفاعل	$(n_{I2})i$		$(n_{S2O32-})i$		0		0
بعد التفاعل	$(n_{I2})i - X_{max}$		$(n_{S2O32-})i - 2X_{max}$		$2X_{max}$		X_{max}

4ــ حتى تفاعل كل كمية اليود الإبتدائية يجب أن : $(n_{I2})i - X_{(éq)} = 0$ و منه : $(n_{I2})i = X_{(eq)}$. thiosulfate de sodium هو التفاعل المحد . عند التكافؤ و اختفاء اليود يكون : $(n_{S2O32-})i = 2\,X_{(eq)}$ و منه : $(n_{I2})i = (n_{S2O32-})i/2$

5ــ حساب تركيز اليود : $(n_{I2})i = [I_2] . V$ و $(n_{S2O32-})i = [S_2O_3^{2-}] . V$

و منه نستنتج : $[I_2] = [S_2O_3^{2-}] . V/2V = 1,65 . 10^{-2}$ mol/L .

6ــ كتلة اليود الصلب الواجب أخذها : $n_{I2} = [I_2] . V$ و $m_{I2} = n_{I2} . M_{I2}$

و منه : $m_{I2} = [I_2] . V . M_{I2} = 6,29$ g

التمرين ــ 11

من أجل معايرة محلول لشوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} ، نستعمل محلول برمنغنات البوتاسيوم .

1 ــ ما هي الشوارد التي يحتوي عليها هذا المحلول ؟ حدد منها التي تتفاعل مع شوارد الحديد Fe^{2+}

2 ــ ما طبيعة التفاعل الحادث ؟ اكتب معادلته الموافقة .

3 ــ كيف نحدد حالة التكافؤ ؟

4 ــ اكتب العلاقة التي تربط كمية المادة للمحلولين المعاير و المعاير .

5 ــ محلول شوارد الحديد المعاير حجمه 10,0 mL . محلول برمنغنات البوتاسيوم تركيزه $C_0 = 1,0 . 10^{-1}$ mol/L . عند نقطة التكافؤ كان حجم المحلول المضاف $V_{éq} = 20,0$ mL . استنتج التركيز المولي C لشوارد الحديد للمحلول المدروس

تعطى الثنائيات مؤكسد ــ مرجع : MnO_4^-/Mn^{2+} , Fe^{3+}/Fe^{2+} .

ألوان شوارد المحلول : بنفسجي : MnO_4^- ، شفاف : Mn^{2+} .

الحــل ــ 11

1ــ محلول برمنغنات البوتاسيوم يحتوي على شوارد البوتسيوم K^+ و شوارد البرمنغنات MnO_4^- ، قابلة للتفاعل مع شوارد الحديد Fe^+ .

2ـ تفاعل المعايرة هو تفاعل أكسدة إرجاعية في وسط حمضي :

$$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^- \quad (\times 5)$$

$$MnO^-_4 + 8H^+_{(aq)} + 5\,e^- = Mn^{2+} + 4H_2O \quad (\times 1)$$

بالجمع $MnO^-_4 + 5\,Fe^{2+} + 8\,H^+_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+} + 5\,Fe^{3+} + 4\,H_2O$

3ـ بعد التكافؤ ، شوارد MnO_4^- ، ذات اللون البنفسجي ، هي في الزيادة . بقاء هذا اللون في البيشر ، راجع إلى شوارد MnO_4^- تسمح بتحديد نقطة التكافؤ .

4ـ عند التكافؤ ، يتم استهلاك المتفاعلين كليا حسب الأعداد الستوكيومترية للمعادلة ، لدينا : $n_{Fe^{2+}} = 5\,n_{Mno4-}$

5ـ نستنتج : $n_{Fe2+} = C \cdot V = 5n_{MnO4-} = 5\,C_0 \cdot V_{éq}$

حيث : $C = 5\,C_0 \cdot V_{éq}/V = 5 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-1} \cdot 20{,}0/10{,}0 = 1{,}0\ mol/L$

مسألة :

1ـ a ـ ما هو الأساس المرافق لحمض الإيثانويك $CH_3COOH_{(aq)}$ ؟

مرر إجابك بكتابة نصف المعادلة حمض – أساس الموافقة .

b ـ استنتج الثنائية أساس/حمض المرافقة

c ـ يتفاعل حمض الإيثانويك مع الأمونياك $NH_{3(aq)}$ حسب المعادلة التالية :

$$CH_3COOH_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

- استنتج أن الأمونياك أساس .
- ما هو الحمض المرافق للأمونياك ؟
- اكتب الثنائية أساس/حمض الموافقة .

2ـ a ـ شاردة الحديد $Fe^{3+}_{(aq)}$ يمكن أن ترجع إلى شاردة الحديد $Fe^{2+}_{(aq)}$.

- اكتب نصف المعادلة الأكسدة الإرجاعية التي تبين ذلك .
- استنتج ثنائية مرجع/مؤكسد الموافقة .

b ـ بوجود محلول محمض لشوارد برمنغنات $MnO_4^-{}_{(aq)}$ شوارد الحديد $Fe^{2+}_{(aq)}$ تتأكسد حسب المعادلة التالية :

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5\,Fe^{2+}_{(aq)} + 8\,H_3O^+ \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 5\,Fe^{3+} + 12\,H_2O$$

ـ ما هو المرجع المرافق لشاردة البرمنغنات ؟ ـ استنتج الثنائية مرجع/مؤكسد الموافقة .

ـ اكتب نصف المعادلة للأكسدة الإرجاعية للإرجاع . ـ اكتب المعادلة الإجمالية لتفاعل الأكسدة الإرجاعية .

3ـ بعض المنظفات للقنوات تحتوي على هيدروكسيد الصوديوم $NaOH_{(s)}$ بنسبة كبيرة . نريد التحقق من النسبة الكتلية المئوية لهيدروكسيد الصوديوم المعطاة في إحدى القارورات التجارية وهي 20% ، من أجل ذلك نحقق المعايرة حمض– أساس .

ـ $10{,}0\ mL$ من المحلول المنظف الممدد 100 مرة بواسطة حمض الكلور تركيزه المولي $[H_3O^+] = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ mol/L$.

زهذا بوجود كاشف ملون الذي يشير إلى التكافؤ من أجل حجم للمحلول القياسي المضاف $V_{éq} = 12{,}5\ mL$.

a ـ اكتب معادلة انحلال هيدروكسيد الصوديوم في الماء .

b ـ اكتب معادلة التفاعل للمعايرة علما أن الثنائيات أساس/حمض الداخلة في التفاعل هي : H_3O^+/H_2O و $H_2O/HO^-_{(aq)}$.

c ـ ارسم مخطط التركيب للمعايرة .

d ـ حدد نقطة التكافؤ ثم احسب كمية المادة لهيدروكسيد الصوديوم الموجودة في $10{,}0\ mL$ المعايرة .

e ـ استنتج كتلة هيدروكسيد الصوديوم الموجودة في $1{,}0\ L$ من المحلول التجاري للمنظف المدروس .

f ـ احسب التركيز الكتلي المئوي لهيدروكسيد الصوديوم في المنظف .

g ـ قارن بين هذه النتيجة و النسبة المعطاة على بطاقة القارورة و هذا بحساب الإرتياب النسبي .

تعطى الكتلة الحجمية للمحلول المنظف $\mu = 1{,}2\ Kg/L$.

حل المسألة :

1- a ـ حسب برونشتد الحمض يفقد بروتون H^+ متحولا إلى أساسه المرافق . بالنسبة لحمض الإيثانويك هذا التعريف يؤدي إلى نصف المعادلة حمض ـ أساس التالية : $CH_3COOH_{(aq)} = CH_3OOH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$. الأساس المرافق لحمض لايثانيوك هي شاردة الإيثانوات : $CH_3COOH_{(aq)}$

b- الثنائية أساس/حمض الموافقة هي : $CH_3COOH_{(aq)} / CH_3OO^-_{(aq)}$

c- خلال التفاعل حمض – أساس هناك انتقال لبروتون من الحمض إلى الأساس حيث :

- حمض إيثانويك يفقد بروتون H^+ متحولا إلى أساسه المرافق ، هذا البروتون يأخذه الأساس ، وحسب برونشتد كل مركب يكتسب بروتون أو أكثر هو أساس .

- باكتسابه للبروتون ، الأمونياك $NH_{3(aq)}$ يتحول إلى شاردة أمونيوم $NH_4^+{}_{(aq)}$ أي حمضه المرافق .
- الثنائية أساس/ حمض المرافقة هي $NH_4^+{}_{(aq)} / NH_{3(aq)}$ والتي توافق نصف المعادلة حمض – أساس التالية :

$$NH_4^+{}_{(aq)} = NH_{3(aq)} + H^+{}_{(aq)}$$

2- a – خلال هذا الإرجاع شاردة الحديد الثلاثي مؤكسد الثنائية يأخذ إلكترون متحولا إلى شاردة حديد ثنائي مرجع الثنائية

– $Fe^{3+}{}_{(aq)} + 1\ e^- = Fe^{2+}{}_{(aq)}$ هي نصف المعادلة الأكسدة الإرجاعية التي تبين ذلك .

– الثنائية مرجع/مؤكسد الموافقة هي $Fe^{3+}{}_{(aq)} / Fe^{2+}{}_{(aq)}$

b- شاردة البرمنغنات في وسط حمضي هي مؤكسد قوي

– شاردة البرمنغنات $MnO_4^-{}_{(aq)}$ تكتسب إلكترونات متحولة إلى مرجعها المرافق $Mn^{2+}{}_{(aq)}$

– الثنائية مؤكسد /مرجع المرافقة هي : $MnO_4^-{}_{(aq)} / Mn^{2+}{}_{(aq)}$

نصف المعادلة الأكسدة الإرجاعية الموافقة هي :

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5\ Fe^{2+}{}_{(aq)} + 8\ H_3O^+ \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 5\ Fe^{+3} + 12\ H_2O$$

$MnO_4^-{}_{(aq)} / Mn^{2+}{}_{(aq)}$ معادلة الأكسدة الإرجاعية : $MnO_4^-{}_{(aq)} + 8\ H_3O^+ + 5é = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 12\ H_2O$

$Fe^{2+}{}_{(aq)} / Fe^{2+}{}_{(aq)}$ $Fe_{3+(aq)} + 1\ e^- = Fe^{2+}{}_{(aq)}$ x (-5)

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5\ Fe^{2+}{}_{(aq)} + 8\ H_3O^+ \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 5\ Fe^{+3} + 12\ H_2O$$

3- a – معادلة انحلال هيدروكسيد الصوديوم في الماء : $NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+{}_{(aq)} + HO^-{}_{(aq)}$

b- معادلة تفاعل حمض – أساس للمعايرة :

H_3O^+/H_2O $H_3O^+ = H_2O + H^+{}_{(aq)}$

$H_2O/HO^-{}_{(aq)}$ $(H_2O = HO^- + H^+{}_{(aq)}) . (-1)$

$$H_3O + HO^-{}_{(aq)} \rightarrow 2H_2O$$

d- عند التكافؤ للمعايرة ، المتفاعلات تختفي تماما :

المعادلة	H_3O^+	+	$HO^-{}_{(aq)}$	$\rightarrow$	$2H_2O$
قبل التفاعل	$(n_{H3O+})i$		$(n_{HO-})i$		بزيادة
بعد التفاعل	$(n_{H3O+})i - X_{eq} = 0$		$(n_{HO-})i - X_{eq} = 0$		بزيادة

يمكن كتابة : $(n_{H3O+})i = (n_{HO-})i = n\ [H_3O^+]\ .\ V_{éq} = 6,3\ .\ 10^{-4}$ mol

إذن توجد $6,4\ .\ 10^{-4}$ mol من هيدروكسيد الصوديوم في 10,0 mL من المحلول المدد للمنظف .

e- كتلة هيدروكسيد الصوديوم الموافقة : $m_{NaOH} = (n_{HO-})i\ .\ M_{NaOH} = 2,5\ .\ 10^{-2}$ g

إذن توجد 0,025 g من هيدروكسيد الصوديوم في 10,0 mL من المحلول المنظف الممدد 100 مرة

إذن كتلة هيدروكسيد الصوديوم الموجودة في 1,0 L من المحلول التجاري للمنظف قبل التمديد $m_{NaOH} = 250$ g

f- من الكتلة الحجمية للمحلول التجاري نستنتج كتلة 1,0 L من هذا المحلول: $m = 1200$ g

النسبة المئوية الكتلية : $t\%_{exp} = m_{NaOH}/m_{sol} = 250/1200 = 21\%$

g- حساب الإرتياب النسبي $\Delta\% = |t\%_{exp} - t\%_{th}|\ /\ t\%_{th} = (21 - 20)/20 = 5\%$