ماذا يجب أن أعرف حتى أقول: إني استوعبت هذا الدرس

1 - يجب أن أفرّق بين حمض وأساس حسب تعريف برونستد
2 - يجب أن أتعرّف على قائمة من الحموض وقائمة من الأسس
3 - يجب أن أفرّق بين الحمض ومحلوله المائي، وبين الأساس ومحلوله المائي وأميّز الثنائيات أساس / حمض في المحلول المائي
4 - يجب أن أميّز شكليا بين الحمض القوي والحمض الضعيف، وبين الأساس القوي والأساس الضعيف
5 - يجب أن أعرف أن الثنائيتين الخاصتين بحمض قوي وأساس قوي هما الثنائيتان الخاصتان بالماء
6 - يجب أن أعرف معنى التكافؤ حمض - أساس
7 - يجب أن أعرف مراحل إجراء معايرة: باستعمال كاشف ملوّن وبقياس الناقلية

الهدف الرئيسي في هذا الدرس هو قياس كمية مادة حمض أو أساس بواسطة المعايرة.

الدرس

1 - تعريف الحمض والأساس حسب برونستد:

الحمض هو فرد كيميائي قادر أن يتخلى عن بروتون H^+ في تفاعل كيميائي.
الأساس هو فرد كيميائي قادر أن يلتقط بروتونا H^+ في تفاعل كيميائي.
تحتوي ذرة الهيدروجين العادية $(_1^1H)$ في نواتها على بروتون يحوم حوله إلكترون واحد، فإذا فقدت هذه الذرة إلكترونها الوحيد تصبح بروتونا، لهذا نسمي الشاردة H^+ **بروتونا** .

1 - 1 - أمثلة لحموض برونستد:

- حموض ذات شاردة سالبة بسيطة: HCl ، HBr ، HF
- حموض ذات شاردة سالبة مركبة: H_2SO_4 ، HNO_3 ، H_3PO_4 ، H_2O ، CH_3CO_2H ، HCO_2H .
- حموض على شكل شوارد: H_3O^+ ، HCO_3^- ، HSO_4^- ، NH_4^+ ، $CH_3NH_3^+$.

1 - 2 - أمثلة لأسس برونستد: H_2O ، HO^- ، CH_3NH_2 ، $C_2H_5O^-$ ، NH_3 .

ملاحظة : تُعتبر كذلك أسس أرينيوس: $NaOH$ ، KOH ، $Mg(OH)_2$ أسسا لبرونستد في المحاليل المائية، أي أن الأساس هو HO^-، أي بعد أن تتفكّك بلورات $NaOH$ إلى Na^+ و HO^- . لأن الشاردة HO^- بإمكانها أن تكتسب بروتونا لتتحول إلى H_2O .

2 - المحاليل المائية الحمضية والأساسية:

يؤدّي وجود حمض أو أساس في الماء إلى تشكيل محول مائي حمضي أو أساسي.

مثلا: تحليل غاز النشادر في الماء $NH_3(g) + H_2O\ (l) \rightarrow NH_4^+ + HO^-$

تحليل غاز كلور الهيدروجين في الماء $HCl\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

ملاحظة : يمكن الاستغناء عن كتابة الحالة الفيزيائية للأفراد في المعادلات الكيميائية من أجل الاختصار، ويمكن استعمال الرمز (=) مكان الرمز (→) بين المتفاعلات والنواتج في معادلة كيميائية.
ملاحظة : نتناول فقط المحاليل المائية للحموض والأسس.

2 - 1 - الحمض القوي: هو الحمض الذي يتفاعل كليا مع الماء.

مثال: $HCl\,(g) + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

أي أن في محلول مائي لحمض قوي لا نجد أي أثر لجزيئات الحمض، بل نجد فقط الشوارد الناتجة عن تفاعله مع الماء.

2 - 2 - الحمض الضعيف: هو الحمض الذي لا يتفاعل كليا في الماء.

مثال: $CH_3CO_2H\,(l) + H_2O(l) \rightarrow CH_3CO_2^- + H_3O^+$

كتبنا في جهة النواتج فقط الأفراد الناتجة، لكن في المحلول نجد نسبة كبيرة من جزيئات الحمض CH_3CO_2H التي لم تتفاعل بسبب ضُعْفه.

2 - 3 - الأساس القوي: هو الأساس الذي يتفاعل كليا مع الماء.

مثال : $C_2H_5O^- + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + HO^-$

ملاحظة: الأسس: $NaOH$ ، KOH ، $Mg(OH)_2$ نعتبرها كلها قوية في محاليلها المائية .

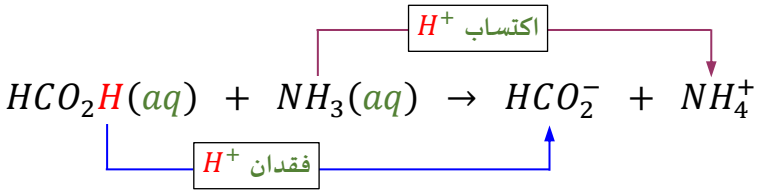
2 - 4 - الأساس الضعيف: هو الأساس الذي يتفاعل جزئيا مع الماء. (لا يتفاعل كليّا).

مثال: $NH_3(g) + H_2O(l) \rightarrow NH_4^+ + HO^-$

نجد في المحلول المائي لهذا الأساس نسبة كبيرة من الجزيئات NH_3 التي لم تتفاعل.

3 - الثنائيات أساس / حمض:

ليكن التفاعل بين محلولين حمضي وأساسي:



يتحوّل كل فرد كيميائي للفرد الآخر عن طريق فقد البروتون H^+ أو اكتساب البروتون H^+ ، حيث
يشكل كل فردين ثنائية نسميها الثنائية: أساس / حمض un couple acide / base

لدينا في هذا التفاعل ثنائيتان أساس / حمض، هما HCO_2H/HCO_2^- و NH_4^+/NH_3

يتحول كل فرد كيميائي إلى آخر كما يلي:

$$HCO_2H = H^+ + HCO_2^-$$

$$NH_3 + H^+ = NH_4^+$$

هاتان المعادلتان ليستا معادلتين لتفاعلين كيميائيين، بل هما معادلتان شكليتان، نوضح فيهما كيفية انتقال البروتونات H^+ فقط.

نكتب بصفة عامة: أساس + H^+ = حمض

2 - 5 - الثنائيتان الخاصتان بالماء:

- إذا تفاعل حمض مع الماء، فإن الماء يلعب دور أساس بالثنائية H_3O^+/H_2O : $H_2O + H^+ = H_3O^+$
- إذا تفاعل أساس مع الماء، فإن الماء يلعب دور حمض بالثنائية H_2O/HO^- : $H_2O = H^+ + HO^-$

الماء نوع كيميائي متذبذب، أي يلعب دور حمض ودور أساس.

ملاحظة: هناك كثير من الأفراد الكيميائية المتذبذبة، منها: HCO_3^- ، HSO_4^- ، ...

4 - التفاعلات حمض - أساس:

التفاعل حمض - أساس هو التفاعل الذي يحدث فيه انتقال البروتون من الحمض للثنائية **أساس 1 / حمض 1** إلى الأساس من الثنائية **أساس 2 / حمض 2**، بحيث أن البروتون الذي يتخلى عنه الحمض يأخذه الأساس.

نكتب المعادلة بصفة عامة: حمض (2) + أساس (1) → أساس (2) + حمض (1)

4 - 1 - تفاعل محلول لحمض قوي مع محلول لأساس قوي:

مثال: تفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين (H_3O^+, Cl^-) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم (Na^+, HO^-) :

الثنائيتان المعنيتان في التفاعل هما: بالنسبة للمحلول الحمضي: H_3O^+/H_2O

بالنسبة للمحلول الأساسي: H_2O/HO^-

وهما الثنائيتان الخاصتان بالماء، وهما نفس الثنائيتين في كل الأحماض القوية والأسس القوية.

معادلة التفاعل: $(Na^+, HO^-) + (H_3O^+, Cl^-) \rightarrow (Na^+, Cl^-) + 2H_2O$

إنّ الشاردتين Cl^- و Na^+ غير فعّالتين في الماء، أي لا تؤثران في الماء. لا نقول عنهما شاردتان متفرّجتان، لأنّ هذه العبارة مترجمة حرفيا من اللغة الفرنسية *Ions spectateurs*

للمزيد

نعلم ان ذرة الصوديوم الموافقة لعنصر الصوديوم الواقع في العمود الأول من جدول التصنيف الدوري لها خاصية معدنية قوية، أي أنها تفقد الإلكترون الموجود على طبقتها الخارجية بسهولة كبيرة، إذن واضح أن شاردة الصوديوم Na^+ تجد صعوبة كبيرة لاكتساب إلكترون (وهذا ما يمكنها ان تفعل)، إذن فهي شاردة خاملة.

نعلم ان ذرة الكلور الموافقة لعنصر الكلور الواقع في العمود السابع من جدول التصنيف الدوري لها خاصية لا معدنية قوية، أي أنها تكتسب إلكترونا إلى طبقتها الخارجية بسهولة كبيرة، إذن واضح أن شاردة الكلور Cl^- تجد صعوبة كبيرة لفقدان إلكترون (وهذا ما يمكنها ان تفعل)، إذن فهي شاردة خاملة.

وبالتالي نقول أنّ Na^+ و Cl^- شاردتان غير فعّالتين في محلول مائي، وبالتالي يمكن كتابة المعادلة (1) باختصار:

$$HO^- + H_3O^+ \rightarrow 2H_2O$$

5 - الكواشف الملوّنة:

الكواشف الملوّنة هي حموض أو أسس ضعيفة جدّا. نرمز لكاشف ملون ذي صفة حمضية بالرمز HIn.

يتشرد الكاشف الملون في الماء حسب المعادلة الشكلية $HIn \rightarrow H^+ + In^-$ ، حيث In^- رمز شكلي للشاردة التي تعطيها كل الكواشف من هذا النوع، وهذه الشاردة تختلف من كاشف لآخر. وفي ما يلي سبب اختصار صيغة الشاردة In^- :

إنّ الخاصية التي يمتاز بها الكاشف الملوّن هو أن لون الجزيء يختلف عن لون الشاردة.

مثلا الفينول فتالئين (*La phénolphtaléine*) ذو الصيغة المجملة $(C_{20}H_{14}O_4)$ هو كاشف ذو طبيعة حمضية، يمكن أن نصيغه بالشكل HIn حيث: HIn جزيء شفاف و In^- شاردة وردية اللون.

عندما يكون الفينول فتالئين في وسط معتدل (لا حمضي ولا أساسي) يكون هناك توازن بين الجزيئات HIn والشوارد In^-، بحيث تكون الجزيئات كثيرة بالنسبة للشوارد، مما يعطي اللون الشفاف للفينول فتالئين.

نكتب المعادلة الشكلية لهذا التوازن كالتالي: $HIn + H_2O \leftrightarrow In^- + H_3O^+$

عندما نضيف للفينول فتالئين محلولا حمضيا فإن شوارد H_3O^+ التي أتى بها الحمض تتفاعل مع In^- وتحوّلها للجزيئات HIn ، وبالتالي يبقى المحلول شفافا (لون HIn) في المحاليل الحمضية.

عندما نضيف للفينول فتالئين محلولا أساسيا فإن شوارد HO^- التي أتى بها الأساس تتفاعل مع H_3O^+ الموجودة في محلول الكاشف، وبالتالي يجب أن تتشرد جزيئات الكاشف HIn لتعطي H_3O^+ من أجل تعويض H_3O^+ التي استهلكها الأساس، فتتناقص جزيئات الكاشف وتزداد شواردة، وهذا يؤدّي إلى ظهور اللون الوردي (لون In^-).

الفينول فتالئين شفاف في الأوساط الحمضية ووردي في الأوساط الأساسية (القاعدية)

6 - المعايرة:

المعايرة هي الوسيلة التي تمكّننا من تحديد كمية مادة النوع الكيميائي الذي نعايره.

يوجد نوعان من المعايرة:

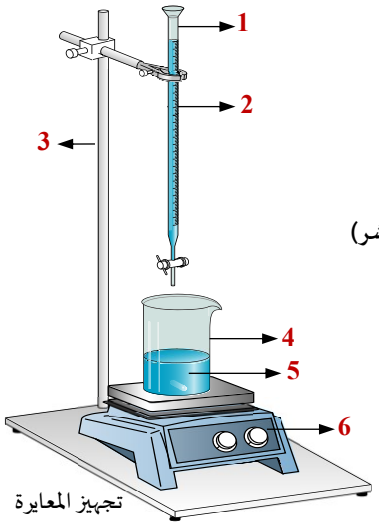
- المعايرة التي تعتمد على تحطيم النوع الكيميائي الذي نعايره، وهي معايرة ترتكز على تفاعل كيميائي، مثلا معايرة محلول حمضي بواسطة محلول أساسي.
- المعايرة التي لا يتحطم فيها النوع الكيميائي الذي نعايره، وهي لا ترتكز على تفاعل كيميائي، مثلا تحديد تركيز مصل فيزيولوجي بواسطة قياس الناقلية النوعية لعدة محاليل مخففة، ثم رسم البيان $G = f(C)$. (انظر لدرس الناقلية).

نتطرّق في هذا الدرس للمعايرة الأولى، أي اعتمادا على تفاعل كيميائي، وندرس نمطين، هما المعايرة باستعمال كاشف ملوّن والمعايرة بقياس الناقلية.

6 - 1 - المعايرة باستعمال كاشف ملوّن:

معايرة محلول مائي لحمض قوي بواسطة محلول مائي لأساس قوي:

مثلا: معايرة محلول حمض كلور الهيدروجين بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم



تجهيز المعايرة

1 ← السحاحة المدرّجة
2 ← المحلول الذي نعايره
3 ← حامل
4 ← بيشر
5 ← المحلول الذي نعايره مع قطرات من كاشف ملوّن
6 ← المخلاط المغناطيسي (المحرّك مع القضيب المغناطيسي داخل البيشر)

معادلة التفاعل:

$$(Na^+, HO^-) + (H_3O^+, Cl^-) \rightarrow (Na^+, Cl^-) + 2H_2O$$

نضع حجما V_a من المحلول الحمضي في البيشر ونضيف له بعض القطرات من كاشف ملوّن (مثلا الفينول فتالئين)، فيبقى شفافا. (a معناه $acide$ ، أيْ حمض). نملأ السحاحة حتى التدريجة صفر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي C_b (b معناها $base$)، ثم نشرع في إضافته للبيشر شيئا فشيئا إلى اللحظة التي ينقلب فيها لون المزيج للون الوردي.

عند تلك اللحظة يكون لدينا كمية مادة الحمض في البيشر تساوي كمية مادة الأساس التي نزلت من السحاحة، ونقول أنّ التكافؤ حمض أساس قد تحقق.

$$n_{HO^-} = n_{H_3O^+}$$

لاحظ معي أذكّرك:

بما أن هيدروكسيد الصوديوم وهو صلب يتحلل كليا في الماء إلى الشوارد Na^+ و HO^- ، إذن كمية مادة $NaOH$ هي نفسها كمية مادة شوارد الصوديوم وكذلك كمية مادة شوارد الهيدروكسيد.

ونفس الشيء بالنسبة لغاز HCl : $\boldsymbol{n_{HCl} = n_{H_3O^+} = n_{Cl^-}}$

لهذا نكتب: $\boldsymbol{n_{HO^-} = C_b \times V_{bE}}$ ، و $\boldsymbol{n_{H_3O^+} = C_a \times V_a}$ ، حيث V_{bE} هو حجم المحلول الأساسي عند التكافؤ (نقرؤه على السحاحة).

عند التكافؤ يكون: $C_a V_a = C_b V_{bE}$

ملاحظة: إذا استعملنا محلولا حمضيا مثل حمض الكبريت $(2H_3O^+, SO_4^{2-})$، باعتباره قويّا، يكون لدينا $\boldsymbol{n_{H_3O^+} = 2C_a \times V_a}$ ، وبالتالي يكون لدينا عند التكافؤ: $2C_aV_a = C_bV_{bE}$

إذا استعملنا محلولا أساسيا مثل هيدروكسيد الباريوم $(Ba^{2+}, 2HO^-)$، يكون لدينا $\boldsymbol{n_{OH^-} = 2C_b \times V_{bE}}$ ، وبالتالي يكون لدينا عند التكافؤ: $C_aV_a = 2C_bV_{bE}$

مناقشة عامة:

قبل التكافؤ:

- يكون المزيج (الحمض الموجود في البيشر + الأساس النازل من السحاحة) حامضيا.
- **الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج:** H_3O^+ (التي ما زالت لم تتفاعل) و Cl^- (كمية مادتها لا تتغير مهما كان حجم الأساس المضاف) Na^+ (كمية مادتها تساوي كمية مادة H_3O^+ المتفاعلة، لأن بقدر ما ينزل من السحاحة من شوارد HO^- تنزل شوارد Na^+، ونعلم أن عدد شوارد HO^- يساوي عدد شوارد H_3O^+ المتفاعلة).

يوجد كذلك كمية ضئيلة من شوارد HO^- ناتجة عن التشرد الذاتي للماء، نهملها (نتطرق لهذا الموضوع السنة القادمة إن شاء الله)

عند التكافؤ:

- يكون المزيج معتدلا، لأن كل شوارد H_3O^+ قد أُستُهلكت من طرف شوارد HO^-.
- **الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج:** Na^+ (كمية مادتها تساوي كمية مادة H_3O^+ المتفاعلة) و Cl^- (كمية مادتها لا تتغير مهما كان حجم الأساس المضاف). يوجد كذلك كمية ضئيلة من شوارد HO^- وشوارد H_3O^+ (السنة القادمة).

بعد التكافؤ:

- يصبح المزيج أساسيّا (شوارد HO^- النازلة من السحاحة لا تجد شوارد H_3O^+ لكي تتفاعل معها فتُعطي للمزيج طبيعة أساسية)
- **الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج:**

Na^+ (كمية مادتها تساوي كمية مادة HO^- التي نزلت منذ بداية التفاعل)

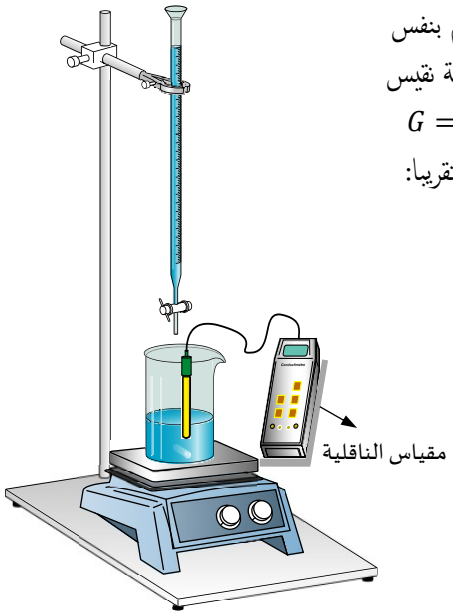
Cl^- (كمية مادتها لا تتغير مهما كان حجم الأساس المضاف)

HO^- (التي أعطت اللون الوردي للمزيج)

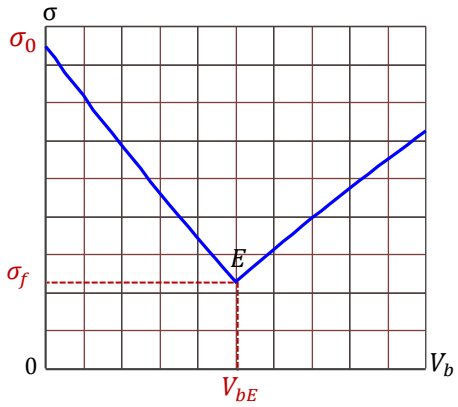
أمْر: حاول أن تعيد نفس هذه المناقشة في حالة معايرة محلول هيدروكسيد الصوديوم بواسطة محلول حمض كلور الهيدروجين.

6 – 2 - المعايرة بقياس الناقلية:

تعتمد هذه الطريقة على التفاعل الكيميائي الذي يتبعه تغيّر تراكيز وأنواع الشوارد في المزيج. نقوم بنفس العمل السابق، لكن هذه المرة لا فائدة من إضافة الكاشف الملوّن. بعد كل إضافة من السحاحة نقيس الناقلية بين صفيحتي خلية القياس، ونمثّل بيانيا الناقلية بدلالة حجم المحلول الأساسي $G = f(V_b)$ أو الناقلية النوعية للمزيج بدلالة الحجم المضاف $\sigma = f(V_b)$ نحصل على بيان بهذا الشكل تقريبا:



التجهيز الخاص بالمعايرة



نقطة التكافؤ هي

$\boldsymbol{E(V_{bE}, \sigma_f)}$

$f : final$

ملاحظة: نستعمل حجما كبيرا من المحلول الذي نعايره (المحلول في البيشر)، بحيث عندما نضيف المحلول الذي نعاير به (المحلول في السحاحة) يمكن إهمال تغير حجم المزيج، وبالتالي نهمل تغير تراكيز الشوارد في المزيج بفعل التمديد، ولا نهتم إلا بتراكيزها الناتجة عن تغير كمية مادتها.

لدينا: $G = K\sigma = K\left[\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{HO^-}[HO^-] + \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+]\right]$ (نهمل ناقلية الماء).

مناقشة البيان:

- **الجزء الذي تتناقص فيه الناقلية:**

في هذا الجزء لدينا: $\boldsymbol{G = K\sigma = K\left[\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+]\right]}$

كل ما يحدث هو الاستبدال المتواصل لشوارد H_3O^+ بشوارد Na^+، ونلاحظ أن بقدر ما يزداد تركيز شوارد Na^+ في المزيج ينقص تركيز شوارد H_3O^+ ، لكن $\lambda_{H_3O^+} > \lambda_{Na^+}$ ، إذن الناقلية تتناقص.

- **أصغر قيمة للناقلية:**

نحدّد بواسطتها في البيان نقطة التكافؤ، أي أن كل شوارد H_3O^+ قد نفدت، وفي هذه النقطة تتحدّد الناقلية بشوارد Na^+ و Cl^- فقط.

- **الجزء الذي تتزايد فيه الناقلية:**

بعد التكافؤ يشرع تركيز شوارد HO^- في التزايد ويواصل تركيز شوارد Na^+ تزايُده، مما يؤدي إلى تزايد الناقلية.

أمثلة تطبيقية

المثال 01

نحضّر محلولا مائيا S_1 حجمه $500\ mL$ بتحليل $4\ g$ من $NaOH$ الصلب في الماء المقطر.

نحضّر محلولا مائيا S_2 حجمه $V_0 = 100\ mL$ بتحليل حجما V_g من غاز كلور الهيدروجين في الماء المقطر مأخوذا في الشرطين النظاميين لدرجة الحرارة والضغط. نأخذ من هذا المحلول الأخير حجما قدره $V_a = 20\ mL$ ونصبّه في بيشر ونضيف له بعض القطرات من الفينول فتالئين.

نملأ سحاحة بالمحلول S_1 ، ثم نشرع في إضافته قطرة بعد قطرة للبيشر المزوّد بمخلاط مغناطيسي.

عندما ينقلب لون المزيج نقرأ على السحاحة $V_{bE} = 50\ mL$.

1 - لماذا انقلب لون المزيج؟

2 - كيف نسمي الظاهرة لحظة انقلاب اللون؟

3 - حدّد الثنائيتين أساس/ حمض المتفاعلتين ثم اكتب معادلة التفاعل.

4 - احسب التركيز المولي للمحلول الحمضي.

5 - اكتب معادلة تفاعل غاز كلور الهيدروجين مع الماء، ثم احسب الحجم V_g.

$V_M = 22{,}4\ L.mol^{-1}$ ، $M\ (NaOH) = 40\ g.mol^{-1}$

الحل:

1 - بعدما كان المحلول شفافا (وسط حامضي) ينقلب اللون للوردي عند تجاوز التكافؤ، بحيث يصبح المزيج أساسيا بفعل شوارد HO^-

2 - نسميها التكافؤ حمض - أساس.

3 - الثنائيتان أساس حمض هما الثنائيتان الخاصتان بالماء: H_2O/HO^- و H_3O^+/H_2O

معادلة التفاعل: $HO^- + H_3O^+ \rightarrow 2H_2O$

4 - عند التكافؤ يكون لدينا: $C_aV_a = C_bV_b$ (1)

نحسب C_b من العلاقة: $C_b = \frac{m}{M\,V} = \frac{4}{40 \times 0{,}5} = 0{,}2\ mol.L^{-1}$

بالتعويض في العلاقة (1): $C_a = \frac{C_b \times V_{bE}}{V_a} = \frac{0{,}2 \times 50}{20} = 0{,}5\ mol.L^{-1}$

5 - معادلة تفاعل غاز كلور الهيدروجين مع الماء: $HCl\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

نلاحظ في المعادلة أن : $n_{HCl} = n_{H_3O^+}$ ، وبالتالي $n_{HCl} = C_a \times V_0 = 0{,}5 \times 0{,}1 = 0{,}05\ mol$

لدينا : $V_g = n_{HCl} \times V_M = 0{,}05 \times 22{,}4 = 1{,}12L$

المثال 02

نضع في بيشر حجما $V_a = 20\ mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين، ثم نضيف له $80\ mL$ من الماء المقطر.

نملأ سحّاحة حتى التدريجة صفر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 10\ mmol/L$.

نغمر في البيشر خلية قياس الناقلية ونضبط التوتر المنتج بين لبوسيها على القيمة $U_{eff} = 1\ V$.

نشرع في إضافة المحلول الأساسي من السحاحة للبيشر ونقرأ الشدة المنتجة للتيار بعد كل إضافة، ثم نجمع النتائج في الجدول التالي:

$V_b(mL)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I(mA)$	24,6	22,6	21	19,3	17,5	15,8	14,1	12,4	10,8	9,1	7,5
G											

$V_b(mL)$	11	12	13	14	15	16	17	18
$I(mA)$	7,1	8,2	9,4	10,6	11,7	13,3	14,4	15,4
G								

1 - ارسم شكلا تخطيطيا للتجربة.

2 - لماذا أضفنا للمحلول الحمضي $80\ mL$ من الماء المقطّر ؟ ولماذا اخترنا $U = 1\ V$ ؟

3 - أتمم الجدول، وذلك بحساب G بـ mS .

4 - ارسم البيان $G = f(V_b)$.

5 - أكتب معادلة التفاعل. ما المقصود بالتكافؤ حمض - أساس؟

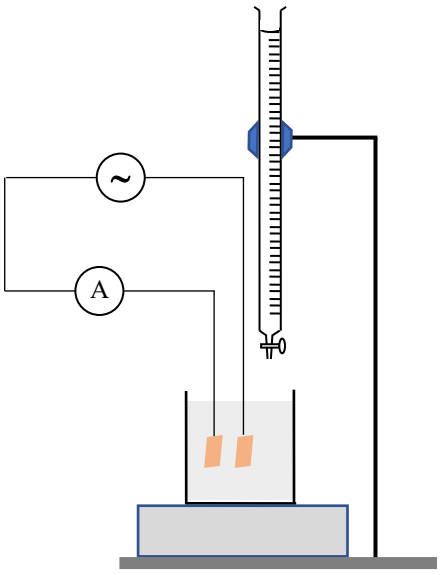
6 - ما هي الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج قبل التكافؤ وبعد التكافؤ؟

7 - اشرح مختلف أجزاء البيان $G = f(V_b)$ ، ثم حدّد حجم هيدروكسيد الصوديوم V_{bE} اللازم للتكافؤ.

8 - عبّر عن التركيز المولي C_a لمحلول كلور الهيدروجين بدلالة V_a ، V_{bE} ، C_b ، ثم احسب قيمته.

يُعطى: $\lambda_{Na^+} = 5\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{Cl^-} = 7{,}6\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{HO^-} = 20\ mS.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{H_3O^+} = 35\ mS.m^2.mol^{-1}$



التجهيز الخاص بالمعايرة

الحل:

1 - شكل التجربة:

2 - أضفنا $80\ mL$ من الماء المقطر للمحلول لكي يكون حجمه كبيرا، وبالتالي يمكن دراسة ناقلية المزيج بدلالة حجم المحلول الأساسي مع إهمال تغير تراكيز الشوارد بفعل التمديد. كذلك تطبيق علاقة الناقلية النوعية يكون دقيقا من أجل المحاليل الممدّدة.

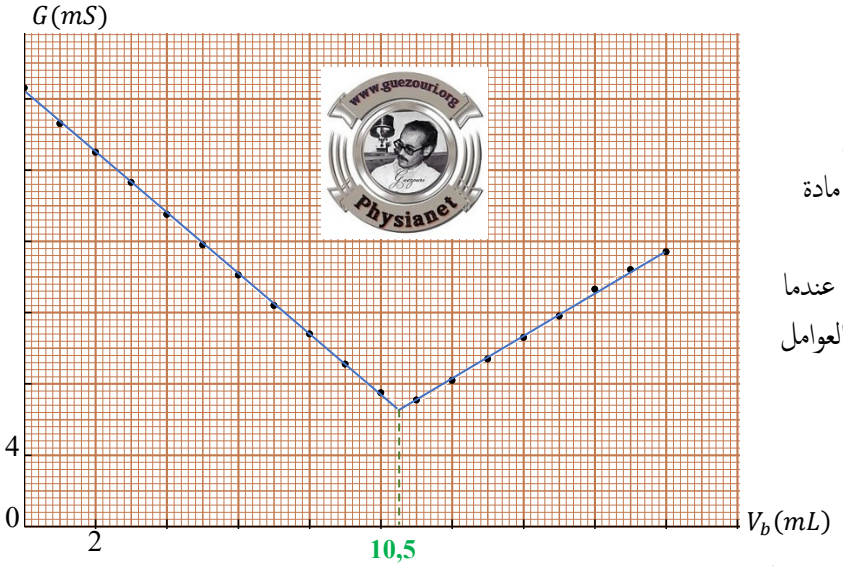
أما استعمالنا لقيمة التوتر المنتج $U = 1V$ ، فمن أجل تسهيل الحسابات فقط، لأن $G = \frac{I}{U}$ ، فإذا كانت $U = 1V$ ، نعتبر قيمة الشدة المنتجة التي نقرؤها على الأمبير متر هي نفسها قيمة الناقلية.

3 - ملء الجدول:

$V_b(mL)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I(mA)$	24,6	22,6	21	19,3	17,5	15,8	14,1	12,4	10,8	9,1	7,5
$G(mS)$	24,6	22,6	21	19,3	17,5	15,8	14,1	12,4	10,8	9,1	7,5

$V_b(mL)$	11	12	13	14	15	16	17	18
$I(mA)$	7,1	8,2	9,4	10,6	11,7	13,3	14,4	15,4
$G(mS)$	7,1	8,2	9,4	10,6	11,7	13,3	14,4	15,4

4 - البيان $G = f(V_b)$:



5 - معادلة التفاعل: باختصار

$$HO^- + H_3O^+ \rightarrow +2H_2O$$

التكافؤ حمض - أساس هو حالة المزيج التي تكون عندها كمية مادة H_3O^+ في البيشر تساوي كمية مادة HO^- النازلة من السحاحة.

بصفة عامة: التكافؤ حمض - أساس هو حالة المزيج عندما تكون كمية مادّة الحمض والأساس متناسبتين مع العوامل الستكيومترية لمعادلة التفاعل.

6 - الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج:

قبل التكافؤ: Na^+ ، Cl^- ، H_3O^+

بعد التكافؤ: Cl^- ، Na^+ ، HO^-

7 - انظر للشرح في الصفحة 6 (نستعمل قيم λ في الشرح).

من أجل تحديد نقطة التكافؤ نمدد المستقيمين حتى يتقاطعا في نقطة فاصلتها هي حجم المحلول الأساسي اللازم للتكافؤ: $V_{bE} = 10,5\ mL$

8 - عند التكافؤ لدينا: $C_a\,V_a = C_b\,V_{bE}$ ، ومنه : $C_a = \frac{C_b\,V_{bE}}{V_a} = \frac{10 \times 10^{-3} \times 10,5}{(20+80)} = 1,05 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$

تمارين مقترحة

التمرين 1

1 – الأنواع الكيميائية التالية عبارة عن أسس:

أ) H_2O ، ب) NH_3 ، جـ) HO^- ، د) CO_3^{2-} ، هـ) CH_3COO^- ، و) CH_3NH_2 .

حدّد الحمض المرافق، ثم اكتب المعادلة للثنائية الموافقة.

2 - الأنواع الكيميائية التالية عبارة عن حموض :

أ) H_2O ، ب) (CO_2, H_2O) ، جـ) $HCOOH$ ، د) HNO_2 ، هـ) $(CH3)_3\,NH^+$

حدّد الأساس المرافق، ثم اكتب المعادلة للثنائية الموافقة.

التمرين 3

يحتوي بيشر على $80\ mL$ من محلول لحمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $0,2\ mol.L^{-1}$. نضيف له $0,44\ g$ من هيدروكسيد الصوديوم الصلب.

1 - ما هي الثنائيات أساس / حمض في المزيج؟

2 - اكتب معادلة التفاعل.

3 - احسب كمية مادة كل متفاعل قبل التفاعل.

4 - أنشئ جدول التقدم.

5 - ما هو المتفاعل المحد؟ استنتج التقدّم الأعظمي.

6 - احسب كمية مادة كل متفاعل في نهاية التفاعل.

7 - نضيف للمزيج بعض القطرات من أزرق البروموتيمول، كيف يصبح لون المزيج؟

وضعية ادماجية

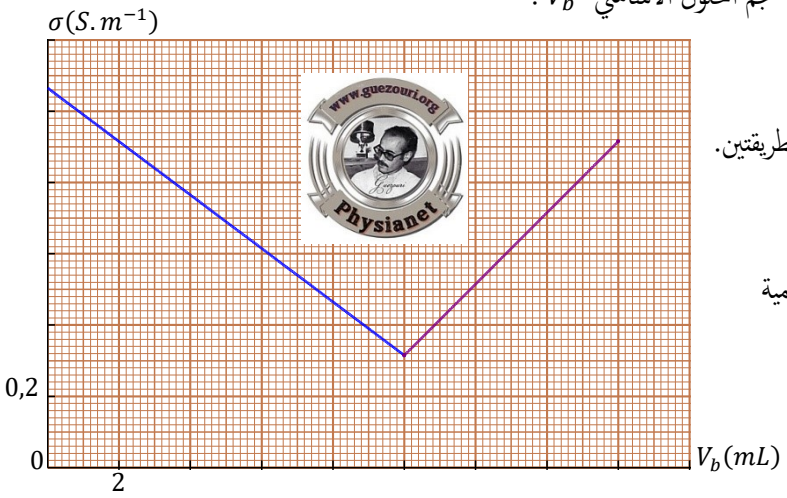
اشترت ربة بيت بعض القارورات من منظف تجاري سائل مسجّلٌ عليها (HCl : 12 %) ، أي أن في كل $100\ g$ من هذا المنظف يوجد $12\ g$ من HCl . لاحظت ربة البيت أن مفعول هذا المنظف ضعيف.

زينب بنت هذه السيّدة، تلميذة تدرس في السنة الثانية علوم تجريبة، ذات نباهة علمية فائقة، أخذت قارورة من هذه القارورات لأستاذها لمادة الكيمياء من أجل معايرتها في حصة الأعمال التطبيقية.

التجربة التي قام بها فوج التلاميذ:

مدّدوا بالماء المقطر 100 مرة محتوى القارورة وأخذوا منه حجما قدره $V_a = 20\ mL$ ووضعوه في بيشر من أجل معايرته بواسطة قياس الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل. استعملوا في هذه المعايرة محلولا لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 5 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

وبعد أخذ النتائج مثّلوا بيانيا الناقلية النوعية للمزيج بدلالة حجم المحلول الأساسي V_b .



1 - اكتب معادلة التفاعل.

2 - حدّد على البيان نقطة التكافؤ $E(V_{bE}, \sigma_E)$.

3 - احسب التركيز المولي للمحلول الحمضي بعد التمديد بطريقتين.

4 - تأكّد حسابيا من قيمة σ_E .

5 - احسب التركيز المولي للمحلول التجاري.

6 - بواسطة تجربة جانبية حدّد فوج التلاميذ الكتلة الحجمية للمحلول التجاري: $\rho = 1{,}04\ kg.L^{-1}$

هل ما لاحظته أمّ زينب صحيح؟

يُعطى: $\lambda_{Na^+} = 5\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{Cl^-} = 7{,}6\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35\ mS.m^2.mol^{-1}$

Guezouri Abdelkader, ancien élève de l'école normale supérieure.
Site: www.guezouri.org
Chaine Youtube : www.guezouri.org → Physianet Guezouri
Tél: 07 73 34 31 76
FB : Abdelkader Guezouri ... https://www.facebook.com/Aek.guezouri
Page FB: Guezouri_Physique
Blog FB: Akhbar El-lil

كتاب الوريد للأستاذ قزوري في جزأين... أطلبه من ديوان المطبوعات المدرسية لولايتك، حيث تجد هنا نقط البيع *www.onps.dz*

... خذْ الوريد، فلا تحتاج إلى مزيد للمزيد، إنّه الوحيد الفريد، فإذا كنتَ تائها فاليوم بصرك حديد، وعن الشعوذة بعيد...

BAC 2026