كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء تحليلية٢

المحاضرة : الثالثة /عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

٣

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

النسبي المئوي لنتائج المُعايَرة.

ملاحظات:

1- يمكـــن إنجاز المُعايَرة بإضافة مُشعر الهلينتين ومُشعر القينول فتالئين دفعة واحدة إلى محلول حمض الكبريتي دون أن يرافق ذلك تغير في خطوات العمل والنتائج.

2- يمكن إنجاز المُعايَرة بإضافة مُشعر القينول فتالئين فقط إلى محلول حمض الكبريتي، حيـــث تـــتعدل أولاً الوظيفة الحمضية الأولى دون أن يرافق ذلك تغير في لون المحلول خـــلال هـــذه المـــرحلة، ثُمَّ تتعدل الوظيفة الحمضية الثانية، ويتم الكشف عن نقطة نهاية المُعايَـــرة عـــبر انقـــلاب لون المحلول من عديم اللون إلى الوردي. يكون حجم ماءات الصـــوديوم المســـتهلك وفق هذه الحالة من المُعايَرة مساوياً تماماً للحجم V'' الذي حصلنا علـــيه خـــلال مُعايَـــرة حمض الكبريتي باستخدام المُشعرين السابقين(الهلينتين والقينول فتالئين).

ثالثاً: مُعايَرة حمض الفوسفور (حمض ثلاثي الوظيفة) بماءات الصوديوم

Titration of Phosphoric acid (Tri protic acid) by Sodium hydroxide

يمـــتلك حمـــض الفوســـفور ثلاث وظائف حمضية متفاوتة في القوة، تشكل الوظيفة الحمضـــية الأولى أقواها والوظيفة الحمضية الثالثة أضعفها، يتفكك حمض الفوسفور في محلوله المائي وفق التوازنات التالية:

$$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H_3O^+ \;;\; K_{a_1} = 7.11\times10^{-3} \;,\; pK_{a_1} = 2.15$$

$$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + H_3O^+ \;;\; K_{a_2} = 6.32\times10^{-8} \;,\; pK_{a_2} = 7.2$$

$$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons PO_4^{3-} + H_3O^+ \;;\; K_{a_3} = 7.1\times10^{-13} \;,\; pK_{a_3} = 12.15$$

نلحـــظ مـــن قـــيم pK_a أن ΔpK_a بيـــن كل وظيفتين حمضيتين متتاليتين تُحقق الشرط $\Delta pK_a \geq 4$، هذا يعني أنه يمكن مُعايَرة كل وظيفة حمضية بمعزل عن الأخرى.

يـــرافق تعديـــل الوظـــائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور بمحلول عياري من مـــاءات الصـــوديوم ظهـــور ثـــلاث نقط تكافؤ، يُمكن الكشف عن كل منها بمعزل عن الأخرى، وذلك باستخدام مُشعر مناسب بتغير لونه لحظة تعديل كل وظيفة.

تتعدل خلال المُعايَرة بماءات الصوديوم الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور

بدءاً من الأقوى إلى الأضعف، وتتشكل نتيجة لذلك ثلاثة أملاح وفق التفاعلات التالية:

$$H_3PO_4 + NaOH \longrightarrow NaH_2PO_4 + H_2O$$

$$NaH_2PO_4 + NaOH \longrightarrow Na_2HPO_4 + H_2O$$

$$Na_2HPO_4 + NaOH \longrightarrow Na_3PO_4 + H_2O$$

يُستخدم مُشعر الهلينتين لكشف نقطة نهاية مُعايَرة الوظيفة الحمضية الأولى التي يرافقها عند نقطة التكافؤ الأولى قيمة لـ pH المحلول مساوية 4,67، وهو مجال تغير لون هذا المُشعر. في حين يُستخدم مُشعر الفينول فثالئين لكشف نقطة نهاية مُعايَرة الوظيفة الحمضية الثانية التي يرافقها قمية لـ pH المحلول عند نقطة التكافؤ الثانية مساوية 9,6، وهو مجال تغير لون مُشعر الفينول فثالئين. أما الوظيفة الحمضية الثالثة فلا يوجد مُشعر مناسب لكشف نقطة نهاية مُعايَرة هذه الوظيفة بدقة بسبب ضعفها الشديد، وبالتالي فإنه سوف لا يرافقها تغير حاد ومفاجئ في قيمة pH، إلا أنه يمكن معرفة حجم ماءات الصوديوم اللازم لتعديل هذه الوظيفة الذي يساوي حجم ماءات الصوديوم المستهلك لتعديل كل وظيفة من الوظيفتين الأولى والثانية تعديلاً منفرداً.

يتساوى نظرياً الحجمان V_1 و V_2 المستهلكان من ماءات الصوديوم لمُعايَرة الوظيفتين الحمضيتين الأولى والثانية لحمض الفوسفور على التوالي، إلا أنه يوجد عملياً اختلاف بسيط بين الحجمين ناشئ كما هو معلوم عن خطأ المُشعر المستخدم الذي يتغير لونه في مجال قريب جداً من نقطة التكافؤ وليس عندها بالضبط.

يعطى متوسط حجم ماءات الصوديوم اللازم لتعديل الوظيفة الحمضية الواحدة لحمض الفوسفور بالعلاقة التالية:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

يكون عندها الحجم V' المستهلك من ماءات الصوديوم لتعديل الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور مساوياً إلى:

$$V' = \frac{3(V_1 + V_2)}{2}$$

- **<u>خطوات العمل:</u>**

تتم مُعايَرة حمض الفوسفور بطريقة مباشرة وفق الخطوات التالية:

1- تُملأ السحاحة بمحلول عياري من ماءات الصوديوم 0.1N، وذلك بعد غسلها بالماء

المقطر، ثُمَّ بكمية قليلة من المحلول العياري نفسه.

2- يؤخذ بوساطة الماصة حجمٌ مقداره 10ml من محلول حمض الفوسفور المجهول التركيز. يوضع في أرلنماير نظيف سعة 250ml، ويُضاف إليه قطرتان من مُشعر الهلينتين، فيتلون المحلول باللون الوردي.

3- يُعايَر محلول الحمض بإضافة ماءات الصوديوم من السحاحة مع التحريك الدوراني المستمر للأرلنماير وذلك حتى بلوغ نقطة نهاية مُعايَرة الوظيفة الحمضية الأولى لحظة انقلاب لون المحلول إلى الأصفر (يجب توخي الحذر من إضافة كمية فائضة من ماءات الصوديوم).

4- يُسجَّل حجم ماءات الصوديوم V_1 اللازم لتعديل الوظيفة الحمضية الأولى.

5- يُضاف إلى محلول المزيج قطرتان من مُشعر القِنول فثالئين فيبقى المحلول بلونه الأصفر. تتابع عملية المُعايَرة من جديد بإضافة ماءات الصوديوم ببطء من السحاحة مع الاستمرار في تدوير الأرلنماير وذلك حتى بلوغ نقطة نهاية مُعايَرة الوظيفة الحمضية الثانية لحظة انقلاب لون المحلول إلى الوردي الباهت.

6- يُسجَّل حجم ماءات الصوديوم V_2 اللازم لتعديل الوظيفة الحمضية الثانية.

7- يُحسب حجم ماءات الصوديوم اللازم لتعديل الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور من العلاقة التالية:

$$V' = \frac{3(V_1 + V_2)}{2}$$

8- تُكرَّر المُعايَرة ثلاث مرات متتالية، ويُحسب متوسط الحجم الكلي $\overline{V'}$ المستهلك من ماءات الصوديوم.

9- تُحسب نظامية محلول حمض الفوسفور بتطبيق قانون المُعايَرة الحجمية، وفق ما يلي:

$$N \times V\ (H_3PO_4) = N' \times \overline{V'}(NaOH)$$

$$N = \frac{N' \times \overline{V'}}{V} = \frac{0.1 \times \overline{V'}}{10} = 10^{-2}\ \overline{V'} \quad g.eq/l$$

10- تُحسب مولارية محلول حمض الفوسفور، وتركيزه الوزني (g/l).

11- يُحسب الانحراف المعياري، والانحراف المعياري النسبي، والانحراف المعياري

النسبي المئوي لنتائج المُعايَرة.

ملاحظات:

1- يمكـــن إنجاز المُعايَرة بإضافة مُشعر الهلينتين ومُشعر القينول فتالئين دفعة واحدة إلى محلول حمض الفوسفور.

2- يمكـــن إنجـــاز المُعايَرة أيضاً بإضافة مُشعر القينول فثالئين فقط إلى محلول حمض الفوســـفور، حيـــث تتعدل أولاً الوظيفة الحمضية الأولى دون أن يرافق هذه المرحلة من المُعايَـــرة أي تغير في لون المحلول، لأنه لا يحتوي على مُشعر يتغير لونه بالقرب من نقطـــة تكافؤ الوظيفة الحمضية الأولى. وبمتابعة عملية المُعايَرة تتعدل الوظيفة الحمضية الثانـــية، ويتم الكشف عن نقطة نهاية المُعايَرة في هذه المرحلة عبر انقلاب لون المحلول من عديم اللون إلى الوردي. يكون حجم ماءات الصوديوم المستهلك وفق هذه الحالة من المُعايَـــرة مساوياً تماماً مجموع الحجمين $V_1 + V_2$ من ماءات الصوديوم المستهلك لتعديل الوظيفتيـــن الحمضـــيتين الأولى والثانية وبوجود المُشعرين السابقين (الهلينتين والقينول فثالئيـــن)، أمـــا الحجـــم الكلي من NaOH المستهلك لمُعايَرة الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور فيعطى بالعلاقة التالية:

$$V' = \frac{3(V_1 + V_2)}{2}$$

9-4-5 مُعايَـــرة مـــزيج حمضي من حمض الكبريت وحمض الفوسفور بماءات الصوديوم

Titration of an acidic mixture of sulphuric acid and phosphoric acid by sodium hydroxide

تـــتم مُعايَـــرة الوظيفتيـــن الحمضيتين لحمض الكبريت كما هو موضح في التجربة (8 – أولاً) بوســـاطة محلول عياري من ماءات الصوديوم وبوجود مُشعر الهيلنتين، كما تـــتم مُعايَـــرة الوظيفة الأولى لحمض الفوسفور وفق التجربة (8 – ثالثاً) بوساطة ماءات الصـــوديوم وبوجـــود مُشعر الهلينتين أيضاً، أما الوظيفة الثانية لحمض الفوسفور فتُعايَر بمـــاءات الصـــوديوم وبوجـــود مُشعر القينول فثالئين ، إلا أنه لا يمكن مُعايَرة الوظيفة

مكتبة A to Z