



كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الثانية

المادة : كيمياء تحليلية ٢

المحاضرة : الثالثة / عملي

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

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 المتوي لنتائج المعايرة.

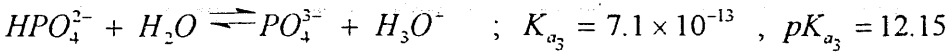
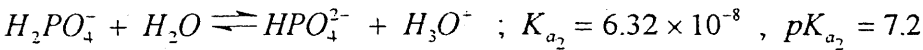
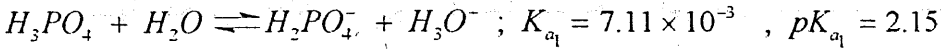
### ملاحظات:

- 1- يمكن إنجاز المعايرة بإضافة مُشعر الهلنتين ومُشعر الفينول فتالين دفعة واحدة إلى محلول حمض الكبريتي دون أن يرافق ذلك تغير في خطوات العمل والنتائج.
- 2- يمكن إنجاز المعايرة بإضافة مُشعر الفينول فتالين فقط إلى محلول حمض الكبريتي، حيث تتعدل أولاً الوظيفة الحمضية الأولى دون أن يرافق ذلك تغير في لون المحلول خلال هذه المرحلة، ثم تتعدل الوظيفة الحمضية الثانية، ويتم الكشف عن نقطة نهاية المعايرة عبر انقلاب لون المحلول من عديم اللون إلى الوردي. يكون حجم ماءات الصوديوم المستهلك وفق هذه الحالة من المعايرة مساوياً تماماً للحجم  $V''$  الذي حصلنا عليه خلال معايرة حمض الكبريتي باستخدام المُشعرين السابقين (الهلنتين والفينول فتالين).

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

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

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

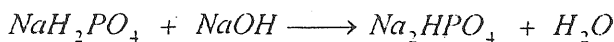
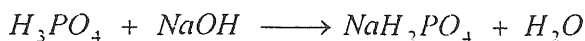


نلاحظ من قيم  $pK_a$  أن  $\Delta pK_a$  بين كل وظيفتين حمضيتين متتاليتين تحقق الشرط  $\Delta pK_a \geq 4$ ، هذا يعني أنه يمكن معايرة كل وظيفة حمضية بمعزل عن الأخرى.

يرافق تعديل الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور بمحلول عياري من ماءات الصوديوم ظهور ثلاث نقط تكافؤ، يُمكن الكشف عن كل منها بمعزل عن الأخرى، وذلك باستخدام مُشعر مناسب بتغير لونه لحظة تعديل كل وظيفة.

تتعديل خلال المعايرة بماءات الصوديوم الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور

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



يُستخدم مُشعر الهالينتين لكشف نقطة نهاية مُعايرة 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 فتالئين لكشف نقطة نهاية مُعايرة الوظيفة الحمضية الثانية التي يرافقها قيمة لـ pH المحلول عند نقطة التكافؤ الثانية مساوية 9,6، وهو مجال تغير لون مُشعر الفينول فتالئين. أما الوظيفة الحمضية الثالثة فلا يوجد مُشعر مناسب لكشف نقطة نهاية مُعايرة 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 لمُعايرة 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

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad \text{لحمض الفوسفور بالعلاقة التالية:}$$

يكون عندها الحجم  $V'$  المستهلك من ماءات الصوديوم لتعديل الوظائف الحمضية

$$V' = \frac{3(V_1 + V_2)}{2} \quad \text{الثلاث لحمض الفوسفور مساوياً إلى:}$$

#### ■ خطوات العمل:

تتم مُعايرة حمض الفوسفور بطريقة مباشرة وفق الخطوات التالية:

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

المقطر، تُمَّ بكمية قليلة من المحلول العياري نفسه.

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

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

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

5- يُضَاف إلى محلول المزيج قطرتان من مُشعر الفينول فتتأين فيبقى المحلول بلونه الأصفر. تتابع عملية المُعايرة من جديد بإضافة ماءات الصوديوم ببطء من السحاحة مع الاستمرار في تدوير الأرلنماير وذلك حتى بلوغ نقطة نهاية مُعايرة الوظيفة الحمضية الثانية لحظة انقلاب لون المحلول إلى الوردي الباهت.

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

7- يُحَسَب حجم ماءات الصوديوم اللازم لتعديل الوظائف الحمضية الثلاث لحمض

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

الفوسفور من العلاقة التالية:

8- تُكَرَّر المُعايرة ثلاث مرات متتالية، ويُحَسَب متوسط الحجم الكلي  $\bar{V}'$  المستهلك من ماءات الصوديوم.

9- تُحَسَب نظامية محلول حمض الفوسفور بتطبيق قانون المُعايرة الحجمية، وفق ما يلي:

$$N \times V (H_3PO_4) = N' \times \bar{V}' (NaOH)$$
$$N = \frac{N' \times \bar{V}'}{V} = \frac{0.1 \times \bar{V}'}{10} = 10^{-2} \bar{V}' \quad g.eq/l$$

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

11- يُحَسَب الانحراف المعياري، والانحراف النسبي، والانحراف المعياري

النسبي المئوي لنتائج المعايرة.

### ملاحظات:

1- يمكن إنجاز المعايرة بإضافة مُشعر الهلنتين ومُشعر الفينول فتالئين دفعة واحدة إلى محلول حمض الفوسفور.

2- يمكن إنجاز المعايرة أيضاً بإضافة مُشعر الفينول فتالئين فقط إلى محلول حمض الفوسفور، حيث تتعدل أولاً الوظيفة الحمضية الأولى دون أن يرافق هذه المرحلة من المعايرة أي تغير في لون المحلول، لأنه لا يحتوي على مُشعر يتغير لونه بالقرب من نقطة تكافؤ الوظيفة الحمضية الأولى. وبمتابعة عملية المعايرة تتعدل الوظيفة الحمضية الثانية، ويتم الكشف عن نقطة نهاية المعايرة في هذه المرحلة عبر انقلاب لون المحلول من عديم اللون إلى الوردي. يكون حجم ماءات الصوديوم المستهلك وفق هذه الحالة من المعايرة مساوياً تماماً مجموع الحجمين  $V_1 + V_2$  من ماءات الصوديوم المستهلك لتعديل الوظيفتين الحمضيتين الأولى والثانية وبوجود المُشعرين السابقين (الهلنتين والفينول فتالئين)، أما الحجم الكلي من NaOH المستهلك لمعايرة الوظائف الحمضية الثلاث لحمض الفوسفور فيعطى بالعلاقة التالية:

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

9-4-5 معايرة مزيج حمضي من حمض الكبريت وحمض الفوسفور بماءات الصوديوم

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

تتم معايرة الوظيفتين الحمضيتين لحمض الكبريت كما هو موضح في التجربة (8 - أولاً) بوساطة محلول عياري من ماءات الصوديوم وبوجود مُشعر الهلنتين، كما تتم معايرة الوظيفة الأولى لحمض الفوسفور وفق التجربة (8 - ثالثاً) بوساطة ماءات الصوديوم وبوجود مُشعر الهلنتين أيضاً، أما الوظيفة الثانية لحمض الفوسفور فتعاير بماءات الصوديوم وبوجود مُشعر الفينول فتالئين ، إلا أنه لا يمكن معايرة الوظيفة



مكتبة  
A to Z