إجابات الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ١-١: التغير في الرقم الهيدروجيني pH أثناء معايرة حمض-قاعدة

المدة

- سيستغرق النشاط العملي حصة واحدة تقريبًا (نحو 40 دقيقة)، ولكن يمكن اختصاره باقتراح البدء بإضافة 10 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.
- ستستغرق أسئلة التحليل والاستنتاج والتقويم 30 دقيقة.

التحضير للاستقصاء

- ينبغي أن يكون لدى الطلبة بعض الخبرات التجريبية حول إجراء عمليات المعايرة والتي اكتسبوها في مراحل سابقة من دراستهم وأن يعرفوا كيفية استخدام السحاحة والماصة.
- يجب أن يعرف الطلبة أيضًا كيفية إجراء عمليات حسابية تتضمن المولات والحجوم والتراكيز.
- يجب إرشاد الطلبة إلى أن يستخدموا بعناية قطب (إلكترود) مقياس pH الزجاجي في حال تمّ استخدامه.
- من المفيد أن يتم إعداد جدول نتائج قبل إجراء العمل التجريبي.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:	
• سحاحة زجاج سعة 50 mL	• حامل حديد كامل
• كأس زجاجية سعة 100 mL	• قمع زجاجي لملء السحاحة
• ماصة سعة 25 mL	• حمض الإيثانويك (حمض الخليك) المخفف بتركيز مجهول
• مضخة ماصة	• هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 mol/L
• ساق زجاجية للتقليب أو مخلط مغناطيسي	• جهاز حاسوب مثبت عليه برنامج لمجس الحموضة
• جهاز مقياس الحموضة أو مجس الحموضة pH	• عدّاد قطرات

ملاحظات ونصائح إضافية

إذا كان عدد مقاييس pH غير كاف، يمكن للمعلّم إجراء الاستقصاء مع الطلبة الذين يتناوبون على إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم من السحاحة أو قراءة مقياس pH.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب على الطلبة ارتداء نظارات واقية للعينَين أثناء إجراء التجربة.
- نبّه الطلبة إلى أن هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.10 mol/L يُعدّ مادة مهيجة.
- عند تحضير المحاليل، يجب أن يدرك فنّيو المختبر أن حمض الإيثانويك الجليدي مادة أكالة وقابلة للاشتعال، وحمض الإيثانويك المركز مادة أكالة وكذلك هيدروكسيد الصوديوم الصلب.

للمعلم الإلكتروني الشامل

توجيهات حول الاستقصاء

- إذا تمّ استخدام مخلط مغناطيسي، فتأكد من أنه لا يدور بسرعة كبيرة جدًا، وأنه لن يصطدم بالطرف الزجاجي لقطب (إلكترود) pH. يجب أن يُنصح الطلبة أيضًا بعدم تحريك الساق الزجاجية بشدة.
- يجب وضع طرف السحاحة وقطب pH والساق الزجاجية داخل منطقة صغيرة من الكأس الزجاجية. هذا الترتيب المحكم (المحدد) يعني أنه من الضروري أن يكون طرف السحاحة على أحد جوانب الكأس الزجاجية، وأن يكون قطب pH في الجانب المقابل.
- تأكد من منح الوقت الكافي، بعد كل إضافة من هيدروكسيد الصوديوم، حتى يستجيب قطب pH للتغير في قيمة pH بعد التقليب (التحريك). تُعدّ عشر ثوان مدة كافية لهذا الغرض. في بعض مقاييس pH القديمة، من المحتمل ألا تبقى القيمة ثابتة. في هذه الحالات، يجب حساب متوسط قيم pH.

سيحتاج بعض الطلبة إلى المساعدة في إعداد الجهاز، نظرًا إلى أن طرف السحاحة وقطب pH والساق الزجاجية للتقليب يجب أن تكون جميعها في الكأس الزجاجية. سيكون من الأفضل استخدام حامل واحد مع ماسكَين متصلَين بدلًا من حاملَين منفصلَين.

- لبعض الطلبة خبرة قليلة في استخدام الماصة والسحاحة. لذلك قد تضطر إلى مساعدتهم للحصول على الحجم الصحيح من الحمض بوساطة الماصة.

عيّنة نتائج

المعلومات الواردة في الجدول أدناه تعطي فكرة عن بعض النتائج التي قد يحصل عليها الطلبة خلال الاستقصاء.

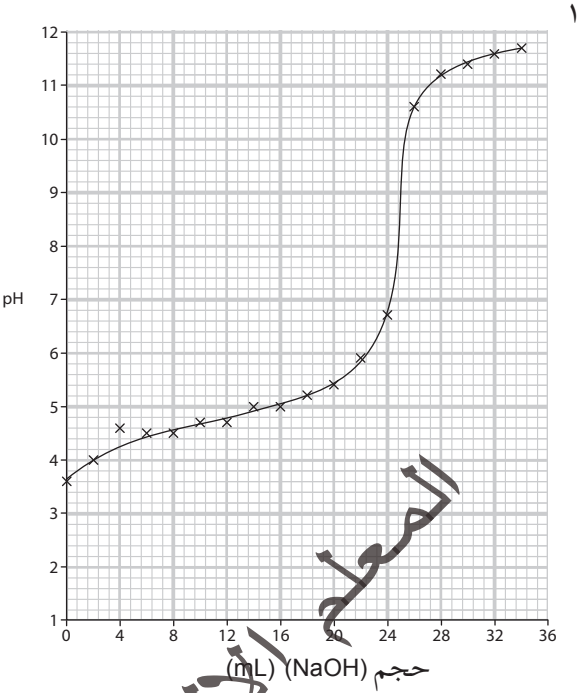
حجم NaOH (mL)	pH
0	3.6
2	4.0
4	4.5
6	4.5
8	4.6
10	4.7
12	4.7
14	5.0
16	5.0
18	5.2
20	5.4
22	5.9
24	6.7
26	10.8
28	11.2
30	11.4
32	11.6
34	11.7

الجدول ١-٢

المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام عيّنة نتائج)

١. راجع الشكل ١–١



٢. يأخذ المنحنى شكل حرف S. هنالك ارتفاع قليل نسبيًا في قيم pH حتى إضافة نحو 22 mL من هيدروكسيد الصوديوم. ثم يطرأ تغير سريع عند إضافة ما بين 22 mL و 26 mL من هيدروكسيد الصوديوم. وبعد إضافة 26 mL من هيدروكسيد الصوديوم، ترتفع قيم pH مرة أخرى ببطء نسبيًا. فتتطابق نقطة–نهاية المعايرة تقريبًا مع نقطة منتصف الارتفاع الحاد في قيم pH .

٣. 24.8 mL لأنه يقع عند نقطة منتصف الارتفاع الحاد في المنحنى.

٤. يكون المحلول متعادلًا عند pH = 7 وتقع نقطة–النهاية تقريبًا عند pH = 8.5، وهو وسط قاعدي، والسبب في ذلك هو أن المحلول يحتوي بشكل أساسي عند هذه النقطة على أيونات الإيثانوات وهي قاعدة ضعيفة.

٥. عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = $\frac{24.8}{1000} \times 0.1 = 2.48 \times 10^{-3}$ mol

من معادلة التفاعل الآتية:

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

فيكون عدد مولات حمض الإيثانويك = 2.48×10^{-3} mol (إذ يتفاعل 1 mol من حمض الإيثانويك مع 1 mol من هيدروكسيد الصوديوم).

تركيز حمض الإيثانويك = 0.10 mol/L = 2.48×10^{-3} mol $\times \frac{1000}{25}$ (حتى رقمَين معنويَّين).

٦. ضع دائرة حول النقطة عند القيمة 4 mL المضافة من هيدروكسيد الصوديوم. لا تقع هذه النقطة على المنحنى. ربما تمّ تسجيل هذه القيمة من pH قبل تقليب المخلوط، لذلك كانت قيمة pH مرتفعة نسبيًا، وبالتالي يجب تجاهل هذه النقطة.

المعلم الإلكتروني الشامل

٧. عندما يبدأ التغير في قيم pH بالازدياد بسرعة أكبر (على سبيل المثال، يكون الازدياد أكثر من 0.5 وحدة pH، ينبغي إضافة هيدروكسيد الصوديوم بكميّات قليلة (على سبيل المثال 0.05 mL). استخدم كأسًا زجاجية أكبر وحجومًا (كميّات) أكبر من المحاليل ليكون التقليب وإضافة هيدروكسيد الصوديوم أسهل. اترك مدة زمنية أطول بين إضافة كل كمية من هيدروكسيد الصوديوم وتسجيل الرقم الهيدروجيني pH للسماح بتجانس أفضل للمخلوط. كرر التجربة حتى يتم الحصول على نتائج متسقة.

٨. قد يؤدي إخراجهما إلى فقدان بعض المحلول، ما يقلل من عدد مولات الحمض الذي تتم معايرته. إذا تمّ إخراجهما مرة واحدة فقط، فسيكون الحجم الذي تمّت خسارته صغيرًا جدًا مقارنة بالحجم الكلي للمحلول، وبالتالي لن يحدث ذلك فرقًا كبيرًا في النتيجة النهائية. أما إذا تمّ إخراجهما بعد كل إضافة لهيدروكسيد الصوديوم، فقد تُحدث الكمية المفقودة فرقًا في النتيجة النهائية.

المعلم الإلكتروني الشامل