إجابات الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٢-١: مقارنة فولتية (الجهد الكهربائي) للخلايا الكهروكيميائية (الخلايا الجلفانية)

المدة

سوف يستغرق هذا الاستقصاء العملي مدة 30 دقيقة. كذلك سوف تستغرق أسئلة التحليل والاستنتاج والتقويم مدة 15 دقيقة.

التحضير للاستقصاء

- قبل البدء بالتجربة، يجب أن يكون الطلبة على دراية بالمصطلحات المستخدمة في وصف الخلايا الكهروكيميائية، مثل نصف-خلية، قنطرة ملحية، القطبية.
- قبل تنفيذ الاستقصاء، من المفيد تقديم عرض عملي لتفاعل الخارصين مع كبريتات النحاس (II)، وتفاعل الخارصين مع كبريتات الحديد (II)، وتفاعل مسحوق الحديد مع كبريتات النحاس (II)، حيث يوضح ذلك النشاط الكيميائي النسبي لكل من الخارصين والنحاس والحديد.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:	
• فولتميتر (مقياس الفولتية)	• رقاقة من الخارصين (2 × 6 cm)
• كؤوس زجاجية سعة 100 mL عدد 3	• رقاقة من النحاس (2 × 6 cm)
• أسلاك توصيل عدد 2	• 50 mL من محلول كبريتات النحاس (II) بتركيز 1.0 mol/L
• مشبك أسنان تمساح عدد 2	• 50 mL من محلول كبريتات الخارصين بتركيز 1.0 mol/L
• ورقتا ترشيح قطر 10 cm، مغموستان في محلول مشبع من نترات البوتاسيوم KNO_3 (قنطرة ملحية)	• 50 mL من محلول حمضي من كبريتات الحديد (II) بتركيز 1.0 mol/L
• قطب حديد	• قفازات بلاستيكية
• قطب خارصين عدد 2	• ماء مقطر في زجاجة غسيل
• قطب نحاس عدد 2	

ملاحظات ونصائح إضافية

- قد تحتاج إلى الاتصال بقسم الفيزياء للحصول على أجهزة الفولتميتر ومكوّنات كهربائية أخرى.
- يعمل مسمار الحديد الكبير والقديم بشكل أفضل؛ أمّا مسامير الحديد الحديثة واللامعة فلا تعمل كما يجب.

المعلم الإلكتروني الشامل

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب على الطلبة ارتداء نظارات واقية للعينَين أثناء إجراء التجربة.
- تُعدّ المواد الصلبة: كبريتات النحاس (II)، وكبريتات الخارصين، وكبريتات الحديد (II) موادّ ضارة ومهيّجة. وينطبق الشيء نفسه على محاليل كبريتات النحاس (II)، وكبريتات الخارصين وكبريتات الحديد (II) التي يساوي تركيز كل منها 1.0 mol/L.
- يحرص الطلبة على عدم إثارة أي غبار فلزي عند تنظيف الأقطاب.
- يُعدّ محلول نترات البوتاسيوم منخفض الخطورة ولكن المادة الصلبة منه هي عامل مؤكسِد.

توجيهات حول الاستقصاء

- يقارن الطلبة بين فولتية ثلاث خلايا كهروكيميائية ويتنبّأون بقطبية كل نصف-خلية منخرطة فيها.
- يجب أن يتأكد الطلبة من أن النحاس، والخارصين، ومسامير الحديد نظيفة قدر الإمكان، فوجود أية دهون أو أوساخ على الأقطاب قد يؤدّي إلى تسجيل قراءات فولتية غير صحيحة.
- نبّه الطلبة إلى عدم ترك مشابك أسنان التمساح تنغمس في المحلول، إذ إنها قد تغيّر قليلًا في قيمة الفولتية.
- يكون محلولا كبريتات الخارصين، وكبريتات الحديد (II) عديمَي اللون، لذا تأكّد من عنونة الطلبة لهذَين المحلولَين.
- قد يحتاج بعض الطلبة إلى المساعدة في تسجيل قراءة ثابتة على جهاز الفولتميتر.
- قد يحتاج طلبة آخرون إلى المساعدة في تحديد القطبَين السالب والموجب للخلية.
- يمكن للطلبة الذين يتمتعون بقدرات أعلى أن يستخدموا الكتب أو الشبكة الدولية للاتصالات (الإنترنت) للتعرف على استخدام "مخططات الخلية" كطريقة مختصرة لتمثيل الخلايا الكهروكيميائية.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم لدى الطلبة

أحد الأخطاء الشائعة هو نسيان تحويل البيانات إلى وحدات القياس الصحيحة. فعلى سبيل المثال، في الجزئية أ، يجب تحويل وحدة قياس الزمن من دقائق إلى ثوان.

عيّنة نتائج

يزوّدنا الجدول (٢-١) بالنتائج التي قد يحصل عليها الطلبة في هذا الاستقصاء.

	الخلية الكهروكيميائية	قيم E_{cell} (V)
النظرية	خارصين/نحاس	+1.10
	خارصين/حديد	+0.32
	حديد/نحاس	+0.78
التجريبية	خارصين/نحاس	+1.00
	خارصين/حديد	+0.20
	حديد/نحاس	+0.60

الجدول ٢-١

المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام عيّنة نتائج)

١. 1.0 – 0.20 = 0.8 V

٢. الخلية أ: الخارصين سالب، والنحاس موجب؛ الخلية ب: الخارصين سالب، والحديد موجب؛ الخلية ج: الحديد سالب والنحاس موجب.

٣. الخارصين: العامل المختزِل الأقوى وفق سلسلة جهود الاختزال القياسية فهو يُطلق الإلكترونات بسهولة أكثر من الفلزَين الآخرَين.

٤. لإزالة طبقة الأكسيد أو الصدأ الموجودة على سطح الفلز.

٥. حتى لا يكون هنالك أي (تلوث) من المحاليل السابقة.

٦. تكون القيمة التجريبية أقل من القيمة الفعلية (التي تمّ التنبّؤ بها)، فالحديد لم يكن نقيًا / تمّ استخدام الفولاذ عوضًا من الحديد، وقد يتأكسد محلول كبريتات الحديد (II) في الهواء، يُسمح بالإجابة الآتية أيضًا: يمتلك مسمار الحديد مساحة سطح مختلفة عن رقاقة النحاس.

٧. قد تتغير درجة الحرارة أثناء التجربة. أي أن درجة الحرارة ليست ثابتة وقياسية عند 25°C (298 K).

استقصاء عملي ٢-٢: تحديد ثابت فارادي

المدة

سوف يستغرق هذا الاستقصاء العملي مدة 90 دقيقة على الأقل، ويمكن الاستفادة من الفاصل الزمني الطويل المطلوب لإعداد التجربة عبر إعطاء الطلبة بعض المهام ذات الصلة كي يقوموا بها (على سبيل المثال بعض الأسئلة حول التحليل الكهربائي). كذلك سوف تستغرق أسئلة التحليل والاستنتاج والتقويم مدة 20 دقيقة.

التحضير للاستقصاء

- يجب أن يمتلك الطلبة بعض الخبرة حول التحليل الكهربائي من دراساتهم السابقة.
- قبل البدء بالتجربة، يجب أن يكون الطلبة على دراية بكيفية وزن قطعة فلز بدقة وبكيفية استخدام جهاز المقاومة الكهربائية المتغيرة للتحكم بالتيار الكهربائي.

المعلم الإلكتروني الشامل

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:	
• أميتر أو مقياس شدة التيار الكهربائي (0 - 1 A)	• ساعة إيقاف إلكترونية
• جهاز مقاومة كهربائية متغيرة، 100 (أوم)	• قفازات بلاستيكية
• مصدر جهد أو بطارية	• ملقط نظيف
• مفتاح تشغيل وإيقاف كهربائي	• ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل
• أسلاك توصيل عدد 5	• ماء مقطر في زجاجة غسيل
• كأس زجاجية سعة 150 mL	• محلول حمض النيتريك تركيزه 2 mol/L
• حامل حديد كامل	• إيثانول
• قطب نحاس عدد (2)	• 100 mL من محلول كبريتات النحاس (II) تركيزه 0.5 mol/L
• مشبك أسنان تمساح عدد 2	

ملاحظات ونصائح إضافية

- من المحتمل أن تحتاج إلى الاتصال بقسم الفيزياء للحصول على أجهزة المقاومة الكهربائية المتغيرة، والأميتر ومكوّنات كهربائية أخرى. إذا كانت الأجهزة المطلوبة قليلة، يمكن إجراء التجربة كعرض عملي من قبل المعلم بمساعدة من بعض الطلبة الذين يقومون بعمليات مختلفة.
- يتم تحضير 100 mL من محلول كبريتات النحاس (II) (الإلكتروليت) بإذابة 12.5 g من كبريتات النحاس (II) خماسي الماء في 92 g من الماء المقطر، ثم إضافة 3 mL من حمض الكبريتيك تركيزه 2.0 mol/L، و 5 mL من الإيثانول. ويمكن زيادة هذه الكمية بما يتناسب مع عدد الطلبة أو المجموعات التي تنفّذ التجربة.
- إذا لم تكن الكؤوس الزجاجية سعة 150 mL متوافرة، يمكن تنفيذ هذه التجربة باستخدام كؤوس زجاجية سعة 250 mL واستخدام 150 mL من محلول كبريتات النحاس (II).
- يمكن تحضير حامل الأقطاب الكهربائية من قطعة صغيرة من الورق المقوى السميك أبعادها 3 cm x 5 cm، مع شقَّين لتثبيت رقائق النحاس في أماكنها. وعوضًا من ذلك، يمكن استخدام أقطاب كهربائية أطول قليلًا (على سبيل المثال 8 cm x 2 cm)، بحيث يمكن ثني قمة الأقطاب ولفّها حول السطح الخارجي للكأس الزجاجية.
- يجب وضع الملاقط بالقرب من حمض النيتريك والإيثانول للتنظيف.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب على الطلبة ارتداء نظارات واقية للعينَين أثناء إجراء التجربة.
- تُعدّ كبريتات النحاس (II) مادة ضارة.
- يُعدّ حمض النيتريك المخفف مادة مهيجة.
- يُعدّ الإيثانول سريع الاشتعال.
- تُعدّ حواف الرقائق الفلزية حادة، فتعامل معها بحذر.

المعلم الإلكتروني الشامل

توجيهات حول الاستقصاء

- يحدد الطلبة ثابت فارادي عن طريق قياس الزيادة في كتلة كاثود النحاس أثناء التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II). بعد ذلك، يقومون بحساب قيمة ثابت فارادي.
- وبسبب الفاصل الزمني الطويل عند الإعداد للتجربة، قد ينسى بعض الطلبة ملاحظة قراءات الأميتر في مدد زمنية محددة، وتعديل جهاز المقاومة الكهربائية المتغيرة وفقًا لذلك.
- الكثير من الطلبة لا يمتلكون الحد الأدنى من الخبرة لوزن المواد بشكل صحيح ودقيق. وبما أن الميزان المستخدم حساس إلى حد ما، يجب لفت انتباه الطلبة إلى ضرورة الحد من التيارات الهوائية على كفة الميزان، ومن حركة الطاولة التي تحمل الميزان.
- قد يضع بعض الطلبة الأقطاب الكهربائية في الكأس الزجاجية بشكل زاوية مائلة، ما يؤدي إلى انزلاقها وتلامسها، وبالتالي إلى حدوث تماس وقطع للتيار الكهربائي. ويمكن منع حدوث ذلك بثني قمة كل رقاقة فلزية على حافة الكأس الزجاجية.
- يُعدّ تقليل حركة الكاثود لأدنى حد ممكن أساسيًا، لأن بعض النحاس المترسب يلتصق بشكل سيّئ بسطح الكاثود، ومن المحتمل أن يسقط بعضه. ويُعدّ أساسيًا أيضًا في نهاية التحليل الكهربائي أن تتم إزالة كاثود النحاس بعناية، وغسله بعناية شديدة، بحيث يكون هناك فقدان لكمية قليلة جدًا من الترسبات. وعلى الرغم من أنه كان من الأفضل إجراء هذه التجربة عن طريق تحديد الكمية المفقودة من كتلة الآنود، إلا أن الطريقة الأولى تُستخدم لكي يستطيع الطلبة الإجابة عن السؤال ١٠.

قد يحتاج بعض الطلبة إلى مساعدة في إعداد الجهاز وفي ضبط جهاز المقاومة الكهربائية المتغيرة، لذا يمكن أن تأخذ في الاعتبار إعداد الجهاز لهم، ومساعدتهم في عمليتي الوزن والغسل.

- قد يحتاج بعض الطلبة إلى مساعدة في الجزئية د المتعلقة بالحسابات، من حيث إنه يجب أخذ الشحنة الموجودة على أيون Cu^{2+} بالحسبان.

يمكن وضع الطلبة الذين يتمتعون بقدرات أعلى ضمن مجموعات لاختبار الأفضلية النسبية لوزن الآنود عوضًا من الكاثود، أو يتم سؤالهم عن كيفية اختلاف الجهاز والحسابات إذا تمّ استخدام رقائق من الفضة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم لدى الطلبة

أحد الأخطاء الشائعة هو نسيان تحويل البيانات إلى وحدات القياس الصحيحة. فعلى سبيل المثال، في الجزئية أ، يجب تحويل وحدة قياس الزمن من دقائق إلى ثوان.

عيّنة نتائج

يزودنا الجدول ٢-٢ بالنتائج التي قد يحصل عليها الطلبة في هذا الاستقصاء.

الكتلة الابتدائية للكاثود	الكتلة النهائية للكاثود
7.63 g	7.80 g

الجدول ٢-٢

المعلم الالكتروني الشامل

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام عيّنة نتائج)

١. الشحنة: $Q = 0.2\ A \times 45 \times 60\ s = 540\ C$

٢. عدد مولات النحاس المترسّبة = $\frac{\text{كتلة المترسّبة النحاس}}{A_r \text{ للنحاس}}$

$$\frac{7.80 - 7.63}{63.5} = 2.677 \times 10^{-3}\ mol$$

٣. 2 mol

٤. ثابت فارادي = $\frac{\text{الشحنة التي مرت}}{\text{عدد مولات النحاس المترسّبة}} \times \frac{1}{2} = \frac{540}{5.35 \times 10^{-3}} = 100\ 935\ C/mol$

٥. لون وردي فاتح على الكاثود (المهبط)، يكون الآنود أنظف ولونه أفتح، وجود كمية قليلة من المادة المترسّبة على الكاثود (بشكل عام، يمكن رؤيتها إذا كانت شدة التيار مرتفعة).

٦. لا يترسّب النحاس كله على الكاثود، فقد يتم فقدانه أثناء غسله. لهذا يكون عدد مولات النحاس المحسوبة أقل، وبالتالي يكون ناتج قسمة الشحنة التي مرت على عدد مولات النحاس المترسّبة أكبر.

٧. سيكون ناتج طرح الكتلة الابتدائية من الكتلة النهائية كبيرًا جدًا، لذا سيكون عدد مولات النحاس المترسّبة كبيرًا جدًا، عندها سيكون ناتج قسمة الشحنة التي مرت على عدد مولات النحاس المترسّبة (ثابت فارادي) صغيرًا جدًا.

٨. يُستخدم حمض النيتريك لإزالة الشوائب التي تمنع التصاق النحاس بالكاثود، أو لإزالتها عن الآنود / يتفاعل حمض النيتريك مع الشوائب الأيونية ويزيلها. يُزيل الإيثانول المياه المتبقية بسهولة؛ يُسمح بالإجابة الآتية: يُستخدم الإيثانول لإزالة الشوائب الدهنية.

٩. لقد كانت قراءة الأميتر غير ثابتة، إذ يجب ضبط (التحكم) بالتغيرات في درجة الحرارة خلال تنفيذ التجربة (بسبب تأثير التسخين من التيار الكهربائي). تؤدي إزالة بعض النحاس من الكاثود أثناء غسله إلى حدوث أخطاء.

١٠. لأن فقدان النحاس من الآنود يكون محددًا بدقة في حين أنه لا يترسّب جميعه على الكاثود (قد يفقد بعضه أثناء غسله).

المعلم الإلكتروني الشامل

استقصاء عملي ٢-٣: تغيّر تركيز الأيونات في خلية كهروكيميائية

١. فولتميتر (مقياس الفولتية) ذو مقاومة مرتفعة
كؤوس زجاجية سعة 100 mL عدد 4
سلك توصيل عدد 2
مشبك أسنان تمساح عدد 2
كؤوس زجاجية سعة 100 mL عدد 2
شرائط ورق الترشيح (قياس 1 × 10 cm) عدد 2، مغموسة في محلول مشبع من نترات البوتاسيوم KNO_3
ماء مقطر في زجاجة غسيل ومناديل ورقية
سحاحة (للماء المقطر)
قمع لتعبئة السحاحة
قفازات بلاستيكية
ورق صنفرة

سحاحة أو ماصة مدرجة

شريط من النحاس (2 × 6 cm) عدد 2

شريط من الخارصين (2 × 6 cm)

100 mL من محلول كبريتات النحاس (II) بتركيز 1.0 mol/L

50 mL من محلول كبريتات الخارصين بتركيز 1.0 mol/L

٢. **أ.** نظّف أشرطة النحاس والخارصين بورق السمبادج (الصنفرة).

ب. قم بإعداد الجهاز (كما في الاستقصاء العملي ٢-٢) من نصف-خلية من الخارصين، ونصف-خلية من النحاس تحتوي على محلول من كبريتات النحاس (II) تركيزه 1.0 mol/L .

ج. قم بتوصيل نصفَي-الخليتَين بوساطة قنطرة ملحية مكوّنة من شريط ورقة ترشيح مغموسة في محلول مشبع من نترات البوتاسيوم، وبوساطة الدائرة الكهربائية الخارجية.

د. دوّن قيمة الفولتية الثابتة التي تظهر على جهاز الفولتميتر.

هـ. أزل شريط النحاس واغسله بالماء المقطر، ثم جففه باستخدام منديل ورقي.

و. استخدم السحاحة أو الماصة المدرجة لتحضير محلول من كبريتات النحاس (II) تركيزه 0.5 mol/L عن طريق أخذ 25 mL من محلول كبريتات النحاس (II) تركيزه 1.0 mol/L وإضافة 25 mL من الماء المقطر إليه بوساطة السحاحة.

ز. كرّر الخطوتَين ٣ و ٤ باستخدام محلول كبريتات النحاس (II) تركيزه 0.5 mol/L. استخدم قنطرة ملحية جديدة.

ح. كرّر التجربة باستخدام محلول كبريتات النحاس (II) تركيزه 0.1 mol/L، ثم محلول تركيزه 0.01 mol/L، وأخيرًا محلول تركيزه 0.001 mol/L.

٣.

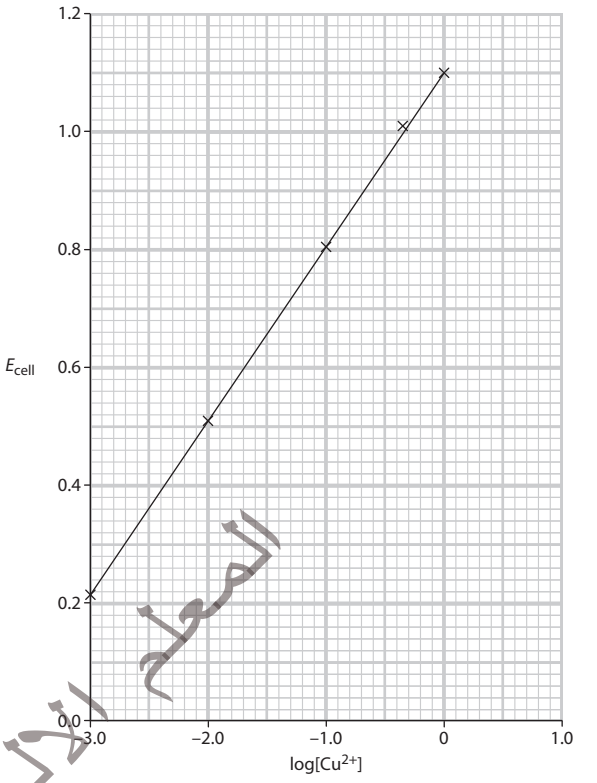
E_{cell} (V)	$\log_{10}[Cu^{2+}]$	$[Cu^{2+}]$ (mol/L)
1.10	0.00	1.0
1.09	–0.30	0.5
0.81	–1.00	0.1
0.51	–2.00	0.01
0.22	–3.00	0.001

٤. المتغير التابع هو الفولتية، E_{cell}.

المتغير المستقل هو تركيز أيونات Cu^{2+}.

المعلم الإلكتروني الشامل

٥.



٦. تُوضح قيمة E_{cell} علاقة خطية موجبة مع $\log_{10}[Cu^{2+}]$ أو علاقة طردية.

٧. قيمة $\log_{10}(0.05)$ تساوي 1.30- وهذا يجب أن يعطي قيمة E_{cell} تساوي 0.72 V.

٨. تمتلك السحاحة دقة في القراءة تصل إلى ±0.05 mL، في حين أن المخبار المدرج يمتلك دقة في القراءة أقل من ذلك بكثير. لهذا تكون الأخطاء في القياسات أقل باستخدام السحاحة.

٩. يمكن أن تؤدي عمليات التخفيف المتسلسل إلى أخطاء لا يمكن التنبؤ بها. حيث يمكن أن يلغي بعضها بعضًا؛ لأن الخطأ في التخفيف الأول قد يؤدي إلى الحصول على قيمة تركيز أقل من القيمة التي ينبغي الحصول عليها. وقد يؤدي الخطأ في التخفيف الثاني إلى الحصول على قيمة تركيز أكبر من القيمة التي ينبغي الحصول عليها. وبالتالي يمكن أن يلغيا بعضهما بعضًا. وإذا تمّ ارتكاب خطأ ثابت، كأن يكون التخفيف كبيرًا جدًا في كل مرة، عندها يتضخم التأثير مع كل عملية تخفيف.

١٠. زن كميّة صغيرة ومحسوبة من كبريتات النحاس (II) وضعها في وعاء الوزن باستخدام ميزان يعطي قيمة الكتلة إلى أقرب ثلاث منازل عشرية. ثم انقل كبريتات النحاس (II) من وعاء الوزن إلى كأس زجاجية صغيرة، وأعد وزن وعاء الوزن الفارغ. أذب كبريتات النحاس (II) في كميّة ضئيلة من الماء المقطر في كأس زجاجية صغيرة، ثم انقل المحلول إلى دورق حجمي سعته 1 L، واغسل الكأس الزجاجية عدة مرات بالماء المقطر وانقلها إلى الدورق الحجمي في كل مرة. أضف الماء المقطر إلى الدورق الحجمي حتى يصل إلى خط التدريج الموجود على عنق الدورق الحجمي، ثم قم برجّ المحلول كي يصبح متجانسًا.

المعلم الإلكتروني الشامل