كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : كيمياء فيزيائية4

المحاضرة : الثانية/عملي/ د .سعود كده

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

الجلسة العملية الثانية **قســـــم الكيمياء** السنة الثالثة - الفصل الثاني 2026 - 2025	**عملي الكيمياء الفيزيائية IV** **تفاعلات الأكسدة والإرجاع** REDOX Reactions	**الثلاثاء:** 2026/04/14 د. سعود عبد الحليم كده PHYSICAL CHEMISTRY IV 2025-2026 (Dr. Saud KEDA)

على جميع الطلاب التقيد بمواعيد الجلسات العملية، إضافة لضرورة الالتزام والتقيد بقواعد السلامة المخبرية في كل جلسة

هدف الجلسة

OBJECTIVES (GOALS)

تهدف هذه الجلسة العملية إلى ما يلي:

- تطوير المهارات في القياس الموثوق للكتلة والحجم.
- تعلم الاستخدام السليم للتوازن التحليلي لتحديد الكتلة.
- تعلم وتعزيز مفاهيم المعايرة كطريقة تحليلية.
- تقييم عدم اليقين من القياسات.
- حساب المتوسط، الانحراف المعياري، والانحراف المتوسط النسبي.
- تطوير المهارات مع المواد التي قد تكون خطرة.
- اكتساب الخبرة مع رياضيات الكيمياء في تفاعلات الأكسدة والإرجاع.

لا تتردد في سؤال الكادر التدريسي عن أي ملاحظة

متطلبات ما قبل المخبر Pre-Laboratory Requirements

1. اقرأ القسم النظري المتعلق بهذه الجلسة جيداً.
2. اقرأ الإرشادات والرموز الموجودة في البهو خارج المخبر.
3. جهز نفسك للأسئلة المتعلقة بهذه الجلسة والجلسة السابقة للمذاكرة.
4. تأكد من حصولك على القسم البياني لهذه التجربة (التقرير المخبري + تقرير المذاكرة) قبل دخولك للمخبر.

تحذير السلامة المخبرية Safety Caution

1. يجب ارتداء الرداء والنظارات والقفازات المخبرية لحماية العين واليدين طوال الوقت.
2. يعد حمض الكبريت H_2SO_4 حمض خطير يسبب التآكل، كن حذرا للغاية لأنهُ يمكن أن يحرق الجلد ويضر العينين، إذا لامسهما اغسل فوراً بالماء ثم أخبر المشرف المخبري. (ترتفع درجة حرارة الماء بسرعة عند إضافة الحمض اليه).
3. تجنب ارتداء الثياب الفضفاضة.
4. يتوجب على الأشخاص المصابين بعمى الألوان Color Blind إعلام المشرف المخبري لمساعدتهم في التجربة.
5. كن حذراً في التعامل مع المصادر الكهربائية.

ملاحظـــــــة:

تبدأ جلسات العملي في تمام الساعة 8 بمخبر الكيمياء 1، حيث يكون ترتيب دخول الفئات ليوم الثلاثاء بتاريخ (2025/04/14) حسب أولوية التسجيل على فئات العملي وفق ما يلي:

الفئة الثالثة – الفئة الأولى – الفئة الثانية.

الكادر التدريسي: المعيدة مرام داغر – الكيميائية رغد حمود – الكيميائية علا ديوب

تجرى في بداية الجلسة مذاكرة بمضمون الجلسة العملية الأولى

المقدمة
Introduction

تُعد تفاعلات الأكسدة والإرجاع Oxidation Reduction Reactions (التي تسمى غالباً في الإنكليزية بشكل مختصر Redox Reactions شائعة بين أزواج المركبات الكيميائية.

بشكل مشابه لتفاعلات حمض أساس، فإن تفاعلات الأكسدة والإرجاع تتضمن دائماً تفاعلين:

- نصف تفاعل أكسدة.
- نصف تفاعل إرجاع.

حيث إن الإلكترونات المفقودة في تفاعل نصف الأكسدة هي نفس الإلكترونات المكتسبة في تفاعل نصف الإرجاع، وهذا ما وجدناه في المحاضرة النظرية الأولى.

في الواقع هذه التفاعلات متصلة بشكل معقد، لدرجة أن كل تفاعل أكسدة وإرجاع يعتبر في كثير من الأحيان نصف تفاعل، يتحد كل نصفي تفاعل لتشكيل تفاعل أكسدة وإرجاع كامل.

المناقشة
Discussion

في هذه التجربة ستقوم عزيزي الطالب بإجراء معايرة للتحليل الكمي، في التجارب المخبرية السابقة قد تكون أجريت معايرات على أساس تفاعلات حمض أساس، حيث كانت نسبة التفاعل للمواد المتفاعلة في المعايرة حمض – أساس هي (1:1) مع استخدام مشعر مناسب (ملون) لتحديد حجم التكافؤ (الحجم اللازم لنهاية المعايرة) عند حدوث تغيير في لون المشعر.

في هذه التجربة المخبرية التي ستنفذها اليوم ستقوم بإجراء معايرة لتفاعل أكسدة إرجاع (Redox Reaction) وستجد أن:

نسبة التفاعل الكيميائي ليست (1:1) وإنما نسبة متغيرة حسب المواد المتفاعلة، كما أن التفاعل لا يحتاج لمشعر للدلالة على نهاية المعايرة لأنه يغير لونهُ ذاتياً، وهذا من أهم خصائص تفاعلات الأكسدة والإرجاع.

في هذه التجربة سنستخدم تفاعل برمنغنات البوتاسيوم مع أكسالات الصوديوم.

فما هي هذه المواد؟

- **برمنغنات البوتاسيوم** Potassium Permanganate ($KMnO_4$):

هي مادة كيميائية شائعة موجودة في معظم المختبرات، يمكن استخدامها لأغراض متعددة، وعلى الرغم من خطورة استخدامها في المحاليل المركزة، إلا أنها آمنة نسبياً عند استخدامها بتراكيز صغيرة.

تشتهر برمنغنات البوتاسيوم باللون الأرجواني العميق، الذي يمكن رؤيته بالعين المجردة عند تراكيز منخفضة، تذوب في الماء كمادة شاردية قوية لإعطاء شوارد البوتاسيوم (K^+) والبرمنغنات (MnO_4^-).

المنغنيز (Mn) في برمنغنات البوتاسيوم ($KMnO_4$) يكون في حالة أكسدة (+7)، والتي تمثل أعلى حالة أكسدة له، لذلك يمكن إرجاعهُ (عن طريق اكتساب الإلكترونات) لحالة أكسدة أخفض من خلال تفاعل الأكسدة والإرجاع، وعلى الرغم من أنه يمكن أن ينتقل لحالات الأكسدة (0, +3, +4) وحالات أكسدة أخرى، إلا أن التفاعل الأكثر شيوعاً له هو اكتساب (5) الكترونات والانتقال لحالة الأكسدة (+2) الموافقة للشاردة (Mn^{+2})، التي تتواجد كشاردة مميهة (Hydrated Ion) ضمن الماء، وتعطى معادلة نصف التفاعل للإرجاع وفق ما يلي:

$$MnO_4^- (aq) + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

يتطلب نصف التفاعل شوارد الهيدروجين الحمضية (H^+) لتشكيل الماء، كما أن:

"وجود الحمض يسرع من التفاعل"

إن هذا التفاعل ليس بتفاعل حمض أساس بالمعنى الدقيق للكلمة، حيث لا يوجد لدينا تفاعل تعديل، لذلك لا يمكن أن يحدث التفاعل النصفي أعلاه بدون تفاعل نصف أكسدة مكمل لهُ.

هل وضحت لديك الفكرة؟

هناك العديد من الخيارات المتاحة، وتعتبر أكسالات الصوديوم من أفضلها.

فما هي أكسالات الصوديوم؟

- **أكسالات الصوديوم** Sodium Oxalate ($Na_2C_2O_4$):

هو مركب يحتوي على خواص أساسية ضعيفة، يتحول بوجود الحموض القوية مباشرةً إلى حمض الأكساليك Oxalic Acid ($H_2C_2O_4$) ولكن هذا ليس من نطاق اهتمامنا في هذه التجربة.

يذوب الشكل الصوديومي (الملح) في الماء لإعطاء شاردتي صوديوم (Na^+) وشاردة أكسالات ($C_2O_4^{2-}$)، أي يعطي ثلاث شوارد، يمكن عندها كتابة نصف تفاعل الأكسدة على النحو التالي:

$$C_2O_4^{2-}\ (aq) \rightarrow\ 2CO_2(g) + 2e^-$$

لاحظ أن تفاعلي نصف الأكسدة والإرجاع لهما أرقام مختلفة من الإلكترونات، (5) الكترونات من أجل عملية الإرجاع، و (2) الكترون لعملية الأكسدة، لذلك وفقاً لقواعد موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع يجب إلغاء الإلكترون، فكيف يتم ذلك؟ هل تتذكر؟

إذا تم ضرب التفاعل الأول (نصف تفاعل الإرجاع) بـ 2 والثاني (نصف تفاعل الأكسدة) بـ 5، وجمع التفاعلين نحصل على تفاعل أكسدة وإرجاع متوازن شامل:

$$5C_2O_4^{2-}\ (aq) + 2MnO_4^-\ (aq) + 16H^+ \rightarrow 10CO_2(g) +\ 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$$

يخبرنا هذا التفاعل، أن خمسة شوارد أكسالات $C_2O_4^{2-}$ وشاردتي برمنغنات MnO_4^- معبراً عنهم بالمولات، تسير جنبا إلى جنب لتشكيل النواتج في وجود الكثير من الحمض (H^+)، والمعايرة هي الوسيلة التي تؤكد ذلك.

فما هي المعايرة؟

المعايرة
Titration

هي عملية تجمع بين سائلين – **المعايِر والمحلّل** -بطريقة تحقق تكافؤ القياس الكيميائي، أي عندما يحدث ذلك (نقطة نهاية المعايرة) يجب أن تكون المعادلة التالية صحيحة لتفاعل الأكسدة والإرجاع الكلي المذكور أعلاه:

2 مول من شاردة البرمنغنات = 5 مول من شاردة الأكسالات

5 mol Oxalate = **2** mol Permanganate

ماذا تخبرك هذه المعادلة؟؟

تخبرك أنه إذا كنت تريد تحويل مولات moles البرمنغنات إلى مولات الأكسالات oxalate (توازن العناصر) يجب أن تضاعف البرمنغنات بمقدار **(2.5)**.

هل وضحت الفكرة؟

أي أننا إذا استهلكنا **1** mol من البرمنغنات للوصول لنهاية المعايرة، هذا يعني حكماً أننا استهلكنا **2.5** mol من الأكسالات، أي أن نسبة التفاعل ليست **1:1** كما أوضحنا سابقاً.

في التجارب المخبرية السابقة تعلمت أن المولرية (M) مضروبة بالحجم (V) تعطي عدد المولات، أليس كذلك؟

لنفترض أنك قمت بتحضير محلول معلوم المولرية من برمنغنات البوتاسيوم، ضع هذا في سحاحة Burette، ثم قم بمعايرة محلول الأكسالات الذي لديك حتى يحدث شيء يخبرك بأن التفاعل وصل إلى نقطة التكافؤ (ما هو؟).

عندها اقرأ الحجم الذي استهلكته من البرمنغنات، يمكنك حساب عدد مولات الأكسالات وفق ما يلي:

$$\frac{5\ mol\ Oxalate}{2\ mol\ Permanganate} \times M(MnO_4^-)\ \times V\ (MnO_4^-) = mol\ Oxalate\ (C_2O_4^{2-})$$

تذكـــــــــــــر هذا:

1. يستخدم حمض الكبريت (H_2SO_4) الذي يحتوي على كمية صغيرة من $MnSO_4$ كمحفز، لتوفير حمض في التفاعل أعلاه (توفير الوسط الحمضي).
2. تتضمن تقنية المعايرة الجيدة شطف جوانب وعاء الاستلام (الأرلنماير)، والخلط المتواصل والمستمر، والتأكد من أن المادة الصلبة مذابة تماماً في البداية (قبل البدء بالمعايرة)، سترى فقاعات ثاني أكسيد الكربون CO_2 دليل حدوث التفاعل.

في هذه التجربة ستستخدم محلول محضر مسبقاً من $KMnO_4$، حيث ستقوم المحضرة المخبرية بحل كمية من برمنغنات البوتاسيوم الصلبة في الماء ثم تصفيتها لإزالة الشوائب والمواد الصلبة الغير منحلة، وربما ستحضرهُ بنفسك.

سيكون لديك نوعان من المواد الصلبة المتاحة للاستخدام:

- أكسالات الصوديوم النقية (100%) $Na_2C_2O_4$ التي ستكون المحلول العياري "القياسي" الخاص بك.
- أكسالات الصوديوم غير النقية التي ستكون المجهول بالنسبة لك، (المحضرة المخبرية تكون على دراية بالنسبة الوزنية الفعلية لهذا المجهول).

ستكون مهمتك معرفة ما هو تركيز هذا المجهول عن طريق القياس الدقيق.

ملاحظـــــــــــة Notice

1. محلول البرمنغنات يؤثر على الأدوات الزجاجية، يجب تنظيفها قبل وبعد الاستعمال، إذا شاهدت ضمنها مادة بنية اللون فهي على الأرجح MnO_2 الذي يصعب إزالته، تأكد من تنظيف جميع الزجاجيات والمحابس التي تستخدمها جيداً بالماء (الماء والصابون إذا تطلب الأمر مع استخدام الفرشاة).
2. خلال التجارب، إذا لاحظت أي مركب بني اللون قد تشكل، عندها كن متأكد أنك ارتكبت خطأ ما، ويجب حينها إعادة التجربة من جديد (في الوسط الحمضي لا يجب أن يتشكل MnO_2).

التجربة
Experiment

المواد الكيميائية المطلوبة:

1. برمنغنات البوتاسيوم النقية
2. أكسالات الصوديوم النقية.
3. أكسالات الصوديوم الشائبة
4. حمض الكبريت النقي
5. ماء مقطر.

الأدوات المخبرية المطلوبة:

1. بيشر سعة 100 ml.
2. سحاحة عيارية سعة 25 ml
3. ماصة عيارية سعة 10 ml
4. ارلينماير معايرة سعة 100 ml
5. دورق حجمي سعة 250 ml, 500 ml
6. ميزان الكتروني حساس.

ملاحظـــــــــــة Notice

1. تأكد من كتابة لصاقات التعريف على الأدوات الخاصة بك لتعرف ماذا تحتوي.
2. خلال التجربة، استمع جيداً لتعليمات العمل من المشرفة المخبرية، أي معلومة هي في صالحك.

تنبيـــــــــــه:

تقيد بالسلوك المخبري، أي تصرف طائش منك قد يكلفك ويكلف زملائك ما لا تحمد عقباه، سلامتك وسلامة من حولك أهم من لحظة قد تندم عليها وتحصد ما لا تتمناه.

الآن لننتقل للعمل المخبري

إجراء التجربة

Experimental Procedure

تقسم هذه التجربة إلى جزأين كيميائيين تجريبيين وجزء رياضي:

1. الجزء الكيميائي الأول: يُعرف هذا الجزء بالعيارية (التقييس، أي جعل المحلول قياسي) Standardization. حيث أن محلول برمنغنات البوتاسيوم لديه تركيز غير محدد ويجب عليك معرفة تركيزه.

2. الجزء الكيميائي الثاني: يتعلق بتحليل مجهول باستخدام محلول البرمنغنات العياري، الذي حصلت عليه في الجزء الأول.

هذه المعايرة ممتعة لأنها تشير إلى نفسها دون الحاجة لوجود مشعر (بسبب لون البرمنغنات)، حيث تشكل البرمنغنات في البداية محلول أرجواني وردي، يمكن رؤيته بسهولة بالعين المجردة، عندما تتم إضافته إلى محلول الأكسالات حتى يحدث التفاعل، حيث تتفاعل ويختفي اللون، يستمر هذا حتى تضيف ما يكفي لتحقيق التكافؤ (نقطة نهاية المعايرة)، بعد نقطة التكافؤ يؤدي إضافة قطرة واحدة إلى تلون المحلول باللون الوردي، فإذا استمر هذا اللون لأكثر من دقيقة فهذا يدل على أنه لا يوجد المزيد من الأكسالات للتفاعل.

3. جزء رياضيات الكيمياء Stoichiometry Part

في هذه التجربة نستخدم علم الرياضيات من خلال حساب متوسط الانحراف النسبي، وهذا الجزء يطبق على الجزأين الكيميائيين أعلاه.

متوسط الانحراف النسبي Relative Standard Deviation

نفرض أنه حصلنا على مجموعة قراءات للنتيجة التي نريد الحصول عليها وكانت النتائج وفق ما يلي:

$$(X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n)$$

عندها يحسب متوسط الانحراف النسبي وفق ما يلي:

1. نحسب متوسط هذه النتائج Average وفق ما يلي:

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_{3+\cdots+X_n}}{n}$$

2. نحسب الانحراف المعياري Standard Deviation وفق ما يلي:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + (X_3 - X)^2 + \cdots + (X_n - X)^2}{n - 1}}$$

3. عندها يعطى متوسط الانحراف النسبي RSD وفق ما يلي:

$$RSD = \frac{S \times 100}{X}$$

فتكتب النتيجة النهائية بالشكل:

$$(X \pm RSD\%)$$

أو يمكن كتابتها بالشكل:

$$(X \pm S)$$

الجزء الأول

تعيير محلول برمنغنات البوتاسيوم المحضر

1. زن (0.34 gr) من أكسالات الصوديوم $Na_2C_2O_4$ وانقلها إلى دورق حجمي سعة (250 ml).
2. حل ملح أكسالات الصوديوم الذي زنتهُ في (100 ml) تقريباً من الماء المقطر.
3. حمِضْ المحلول بإضافة (25 ml) من محلول حمض الكبريت H_2SO_4 تركيز(3M) (كن حذراً).
4. أكمل حجم الدورق إلى خط الصفر وتأكد من عدم وجود فقاعة هواء في الحواف.

هل تعلم ما هو تركيز المحلول الناتج بواحدة مول/ليتر؟

5. املأ السحاحة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحضر مسبقاً (يحضر بحل 6.32 g من برمنغنات البوتاسيوم في 1000 ml من الماء المقطر ضمن دورق عياري ويفضل تحضيره قبل يوم ويحفظ في مكان معتم)، ثم خذ عن طريق ماصة عيارية (10 ml) من محلول أكسالات الصوديوم الذي حضرتهُ إلى ارلينماير معايرة سعة (100 ml)، ثم سخن على حمام مائي حتى الدرجة (50°C) تقريباً (تفاعلات الأكسدة والإرجاع تنشط حرارياً)
6. ابدأ المعايرة مع التحريك المستمر، (تأكد من عدم إضافة أكثر من (0.2 ml) من البرمنغنات قبل الانتظار والتوقف حتى يصبح المحلول واضح اللون.
7. أوقف المعايرة عندما يصبح المحلول ملوناً بعض الشيء (يظهر اللون البنفسجي الوردي لأول مرة) ويستمر اللون دقيقة أو أكثر بعد الخلط الكامل.
8. سجل الحجم المستهلك اللازم لنهاية المعايرة مقرباً إلى أقرب (0.01 ml).
9. إذا كان المحلول الناتج يحوي لوناً موحلاً دائم (بني اللون)، فهذا يدل على تشكل MnO_2، يجب أن تتجاهل التجربة بأكملها وتبدأ مرة أخرى.
10. احسب مولات $Na_2C_2O_4$ الموافقة للكتلة التي استخدمتها وذلك من وزنها الجزيئي.
11. قم بتحويل الحجم المستهلك في المعايرة إلى واحدة الليتر (L).
12. احسب مولارية $KMnO_4$ وسجل النتيجة في جدول البيانات أدناه.
13. كرر العملية ثلاث مرات وخذ المتوسط.

الجزء الثاني

تحليل عينة أكسالات الصوديوم مجهولة التركيز

1. استلم العينة المجهولة من المحضرة المخبرية.
2. سجل رقم المجهول على صفحة النتائج الخاصة بهذه التجربة.
3. بناءاً على الجزء الأول من التجربة سيكون محلول برمنغنات البوتاسيوم لديك معلوم التركيز (المحلول القياسي).
4. اتبع نفس الإجراء (الخطوات من 5 إلى 10 أعلاه) في الجزء الأول لحساب كتلة ونسبة $Na_2C_2O_4$ في المجهول الخاص بك.

النتائج Results

(تملأ هذه الصفحة من قبل الطالب)

1. الجزء الأول: (جدول البيانات Data Table)

تعيير محلول برمنغنات البوتاسيوم المحضر	التجربة (1)	التجربة (2)	التجربة (3)
كتلة أكسالات الصوديوم **gr**			
عدد مولات أكسالات الصوديوم **mol**			
حجم برمنغنات البوتاسيوم اللازمة للمعايرة بالـ **ml**			
حجم برمنغنات البوتاسيوم اللازمة للمعايرة بالـ **L**			
مولارية محلول برمنغنات البوتاسيوم **mol/L**			
متوسط مولارية برمنغنات البوتاسيوم **mol/L**			
متوسط الانحراف النسبي في مولارية البرمنغنات **RSD**			

الجزء الأول: (الحسابات Calculations)

(تملأ هذه الصفحة من قبل الطالب)

2. الجزء الثاني: (جدول البيانات Data Table)

رقم المجهول Litter ID: ( )

كتلة أكسالات الصوديوم غير النقية المحضر منها المحلول: ( )

تحليل عينة أكسالات الصوديوم مجهولة التركيز	التجربة (1)	التجربة (2)	التجربة (3)
حجم برمنغنات البوتاسيوم اللازمة للمعايرة بالـ **ml**			
حجم برمنغنات البوتاسيوم اللازمة للمعايرة بالـ **L**			
مولات برمنغنات البوتاسيوم اللازمة للمعايرة **mol**			
مولات أكسالات الصوديوم في المجهول **mol**			
كتلة أكسالات الصوديوم في المجهول **gr**			
درجة نقاوة أكسالات الصوديوم في المجهول **%**			
معدل نقاوة أكسالات الصوديوم في المجهول **%**			
متوسط الانحراف النسبي في نقاوة الأكسالات **RSD**			

الجزء الثاني: (الحسابات Calculations)

(تملأ هذه الصفحة من قبل الطالب)

(الحسابات Calculations**)**

"اسأل المشرف المخبري عن كيفية حفظ أو اتلاف المحاليل التي قمت بتحضيرها "

-- نهاية التجربة --

متطلبات ما بعد التجربة **A**fter **E**xperiment **R**equirements
 1. اعرض نتائجك على المشرف المخبري لتأكيد صحتها. 2. انقل بيانات التجربة إلى التقرير المخبري الملحق. 3. نظف جميع الأدوات التي استخدمتها وتخلص من المواد الناتجة وفق الطريقة التي تخبرك بها المحضرة المخبرية بما يتوافق مع قواعد السلامة المخبرية. 4. تأكد من **نظافة طاولة العمل** التي عملت عليها قبل مغادرة المخبر.

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه الجلسة بالمراجع الدولية في التجارب المخبرية.

د. سعود عبد الحليم كـده

مكتبة A to Z