كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : فيزيائية ٤

المحاضرة : الاولى/نظري/ د.سعود

{{ 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

المحاضرة الأولى **قســـــم الكيمياء** السنة الثالثة - الفصل الثاني 2025 - 2024	**الكيمياء الفيزيائية** IV **الفصل الأول** **الكيمياء الكهربائية** ELECTROCHEMISTRY	**الأربعاء:** 16/04/2025 د. سعود عبد الحليم كده PHYSICAL CHEMISTRY IV 2024-2025 (Dr. Saud KEDA)

تتضمن هذه المحاضرة:

5286 كلمة تشمل: *28000* حرف موزعة ضمن: *16* صفحة

محتوى الفصل الأول

في نهاية هذا الفصل ستكون قادراً على فهم واستيعاب:

- ❖ توازن تفاعلات الأكسدة والإرجاع.
- ❖ الخلايا الغلفانية.
- ❖ كمون الإرجاع العياري.
- ❖ معادلة نيرنست.
- ❖ المدخرات وخلايا الوقود.
- ❖ التآكل.
- ❖ التحليل الكهربائي.

تتعامل الكيمياء الكهربائية مع التفاعلات الكيميائية التي تنتج الكهرباء، والتغيرات المرتبطة بمرور التيار الكهربائي من خلال المادة، تتضمن هذه التفاعلات نقل الإلكترون، وبالتالي يمكن تعريفها على أنها:

"تفاعلات أكسده وإرجاع"

- يتم تنقية العديد من المعادن أو طلائها باستخدام الأساليب الكهروكيميائية.
- العديد من الآلات والأجهزة مثل السيارات، الهواتف الذكية، الأجهزة اللوحية الإلكترونية، الساعات، أجهزة ضبط نبضات القلب، وغيرها الكثير تستخدم المدخرات (البطاريات) للحصول على الطاقة، حيث تعتمد هذه المدخرات على تفاعلات كيميائية تنتج الكهرباء بشكل عفوي، وبما يمكننا من تحويلها إلى عمل مفيد.
- جميع الأنظمة الكهروكيميائية تتضمن نقل الإلكترونات في نظام تفاعلي، حيث في العديد من الأنظمة تحدث التفاعلات في منطقة تعرف بإسم الخلية، ويحدث نقل الإلكترونات من خلال الأقطاب الكهربائية وهو ما سنتعرف عليه تباعاً من خلال هذا المقرر.

الصفحة	المحتوى
2	توازن تفاعلات الأكسدة والإرجاع.
11	الخلايا الغلفانية.
13	كمون الخلية.
14	التدوين المختصر (الترميز)

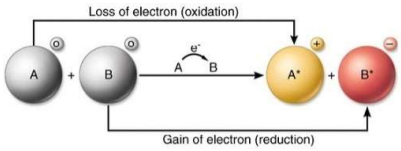
يمكن متابعة المادة والاستفادة أكثر من خلال قناة Physical Chemistry IV على منصة تلغرام وفق الرابط:

Telegram @saudkeda2

الهدف التعليمي من المحاضرة الأولى

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على:

- ✓ تعريف الكيمياء الكهربائية وعدد من المصطلحات المرتبطة بها.
- ✓ تقسيم تفاعلات الأكسدة والإرجاع إلى نصف تفاعل أكسدة ونصف تفاعل إرجاع، وإنتاج معادلات الأكسدة والإرجاع في المحاليل المختلفة.
- ✓ تحديد العوامل المؤكسدة والمرجعة.
- ✓ التعرف على مفهوم الخلايا الغلفانية ومفهوم الترميز (التدوين).



آلية تفاعل الأكسدة والإرجاع

جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على الشبكة العنكبوتية

1-I - توازن تفاعلات الأكسدة والإرجاع Balancing Oxidation – Reduction Reactions

تشير الكهرباء إلى عدد من الظواهر المرتبطة بوجود وتدفق الشحنة الكهربائية، وتشمل أشياء متنوعة مثل البرق، الكهرباء الساكنة، التيار الناتج عن بطارية أثناء تفريغها، والعديد من التأثيرات الأخرى على حياتنا اليومية.

الشكل (I-1): تشمل الظواهر المتعلقة بالكهرباء: البرق، تراكم الكهرباء الساكنة، والتيار الذي تنتجهُ المدخرة (البطارية).

لنوضح هنا بعض المفاهيم الهامة:

❖ **التيار الكهربائي** Electric Current

عبارة عن تدفق الشحنة أو حركتها، وقد تحمل الإلكترونات أو الشوارد (الأيونات) هذه الشحنة.

❖ **الوحدة الأساسية للشحنة** Main Unit of Charge

عبارة عن شحنة البروتون والتي تعادل من حيث الحجم شحنة الإلكترون، وتقاس الشحنة وفق الجملة الدولية **SI** (International System) بالكولوم C (Coulomb) حيث تقدر شحنة البروتون بـ (1.602×10^{-19} C).

كما أن وجود شحنة كهربائية يولد مجال كهربائي، ومنه يمكننا تحديد التيار الكهربائي بأنهُ:

معدل تدفق هذه الشحنة، ويقاس في الجملة الدولية **SI** بواحدة تسمى الأمبير (A)، فما هو الأمبير؟

❖ **الأمبير** Ampere

هو معدل تدفق 1 كولوم من الشحنة في الثانية الواحدة (1A = C/s).

يتدفق التيار الكهربائي في مسار يسمى **الدارة الكهربائية**، في معظم الأنظمة الكيميائية من الضروري الحفاظ على مسار مغلق لتدفق التيار، حيث تدفق الشحنة نتيجة فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في الدارة، وبالتالي يعرف **الجهد الكهربائي** Electrical Potential بأنهُ:

قدرة المجال الكهربائي لإنجاز عمل على الشحنة، ويقاس في الجملة الدولية **SI** بواحدة الفولت Volt (V)، أي عندما يتحرك (1) كولوم من الشحنة من خلال فرق الجهد (1) فولت، فإنها تكتسب أو تخسر (1) جول (J) من الطاقة.

يلخص الجدول التالي بعض هذه المعلومات:

المصطلح	التعريف	القياس أو الواحدة
الشحنة الكهربائية:	شحنة البروتون	1.602×10^{-19} C
التيار الكهربائي:	حركة الشحنة	Ampere = A = 1C/s
الجهد الكهربائي:	القوة التي تحاول تحريك الشحنة	Volt = V = J/C
الحقل الكهربائي:	القوة المؤثرة من خلال شحنات أخرى	

❖ الكيمياء الكهروكيميائية Electrochemistry

تدرس الكيمياء الكهروكيميائية تفاعلات الأكسدة والإرجاع، وكما نعلم فإن:

- الأكسدة: هي فقدان الإلكترونات.
- الإرجاع: هو كسب الإلكترونات.

يميل هذا النوع من التفاعلات إلى أن يكون بسيطاً إلى حدٍ ما، مع ملاحظة أن الحفاظ على الكتلة (عدد الذرات حسب النوع) واشتقاق معادلة كيميائية متوازنة بشكل صحيح هي عملية بسيطة نسبياً.
في هذا القسم من المحاضرة سنركز على طريقة نصف التفاعل لموازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع.

تقسم طريقة نصف التفاعل لتفاعلات الأكسدة والإرجاع إلى:

- "نصفها" المؤكسد.
- "نصفها" المرجع.

وذلك لتسهيل العثور على المعادلة العامة.

وبما أن التفاعلات الكهروكيميائية في كثير من الأحيان تحدث ضمن المحاليل، والتي يمكن أن تكون حمضية أو أساسية أو معتدلة، لذلك عند موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع قد تكون طبيعة المحلول مهمة، وهذا ما قد نشاهدهُ من خلال مشكلة فعلية.

على سبيل المثال:

لنأخذ تفاعل الأكسدة والإرجاع غير المتوازن التالي في المحاليل الحمضية:

$$MnO_4^-(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$$

في هذا المثال يمكن أن نبدأ بتجميع الأنواع التي لدينا حتى الآن في تفاعلي نصف أكسدة ونصف إرجاع غير متوازنين، حيث كل من هذه التفاعلات النصفية تحتوي على نفس العنصر في حالتي أكسدة مختلفتين.

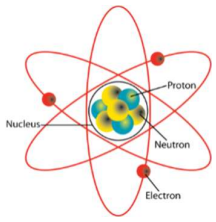
تفقد الشاردة Fe^{2+} الكترون لتتحول للشاردة Fe^{3+}، لذلك نقول إن الحديد خضع لعملية أكسدة.

لكن تفاعل الإرجاع ليس كما هو واضح، ومع ذلك يكتسب المنغنيز (5) الكترونات ليتحول من Mn^{7+} إلى Mn^{2+}.

نصف تفاعل الأكسدة: $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq)$

نصف تفاعل الإرجاع: $MnO_4^-(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq)$

هل تعلم



الذرة
ATOM

الذرة هي أصغر وحدة في المادة العادية تشكل عنصراً كيميائياً.
تتكون كل مادة صلبة وسائلة وغازية وبلازما من ذرات متعادلة أو مؤينة، والذرات تكون صغيرة للغاية حيث يبلغ قطرها حوالي **100 بيكومتر**، وبالتالي إنها صغيرة جداً لدرجة أن التنبؤ بسلوكها بدقة باستخدام الفيزياء الكلاسيكية غير ممكن بسبب التأثيرات الكمية.
تتكون كل ذرة من **نواة** وإلكترون واحد أو أكثر مرتبط بالنواة، أما **النواة** تتكون من بروتون واحد أو أكثر وعدد من النيوترونات.
فقط النوع الأكثر شيوعاً من الهيدروجين لا يحتوي على نيوترونات.
يوجد أكثر من **99.94%** من كتلة الذرة في النواة.
البروتونات لها شحنة كهربائية موجبة.
الإلكترونات لها شحنة كهربائية سالبة.
النيوترونات ليس لها شحنة كهربائية.
إذا تساوى عدد البروتونات والإلكترونات، فإن الذرة تكون **معتدلة كهربائياً**.
أما إذا كانت الذرة تحتوي على إلكترونات أكثر أو أقل من البروتونات، فإن لها شحنة سالبة أو موجبة، على التوالي، وتسمى هذه الذرات حينها **شوارد**.

عزز معرفتك بالقراءة

في المحلول الحمضي توجد شوارد الهيدروجين والتي غالبا ما تكون مفيدة في تحقيق التوازن للتفاعل النصفي، قد يكون من الضروري استخدام شوارد الهيدروجين مباشرة، أو كمادة متفاعلة قد تتفاعل مع الأكسجين لتوليد الماء، ولهذا نجد أن:

المواد المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل تحتوي على الهيدروجين و (أو) الأكسجين

في مثالنا هذا لا يشتمل تفاعل نصف الأكسدة على الهيدروجين ولا الأكسجين، لذلك لا تكون شوارد الهيدروجين Hydrogen Ions ضرورية لتحقيق التوازن، ومع ذلك، فإن: التفاعل النصفي للإرجاع يشمل الأكسجين، إذاً من الضروري استخدام شوارد الهيدروجين لتحويل هذا الأكسجين إلى ماء.

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

الشحنة غير موازنة

ملاحظة:
يختلف الوضع في **المحلول الأساسي** لأن تركيز شوارد الهيدروجين أقل، وتركيز شوارد الهيدروكسيد أعلى، لذلك بعد الانتهاء من هذا المثال سوف ندرس كيف تختلف المحاليل الأساسية عن المحاليل الحمضية.
يمكن معاملة المحاليل المعتدلة على أنها محاليل **حمضية أو أساسية**، على الرغم من أن معاملتها كمحاليل حمضية يكون أسهل عادة.

لاحظ في مثالنا أن ذرات الحديد في التفاعل النصفي للأكسدة متوازنة (توازن الكتلة)، ومع ذلك، فإن الشحنة غير متوازنة، حيث أن الشحنات على الشوارد غير متساوية، إذاً من الضروري استخدام الإلكترونات لموازنة الشحنة، فكيف ذلك؟
يكون ذلك بإضافة الإلكترونات إلى أحد طرفي المعادلة، حيث إن إضافة إلكترون واحد للجانب الأيمن يعطي تفاعل نصف أكسدة متوازن:

$$Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$$

تفاعل نصف أكسدة متوازن

يجب عليك التحقق من نصف التفاعل من خلال عدد كل نوع من الذرات والشحنة الإجمالية على كل جانب من المعادلة، إذ تتضمن **الشحنة الكلية** الشحنات الفعلية للشوارد مضروبة بعدد الشوارد مضافاً إليها شحنة الإلكترون مضروبة بعدد الإلكترونات.

ذرات الحديد Fe: $(1 \times 1) = (1 \times 1)$? الجواب: (نعم)

الشحنة الكلية: $[1 \times (+2)] = [1 \times (+3) + 1(-1)]$? الجواب: (نعم)

إذا كانت كل من الذرات والشحن متوازنة فإن التفاعل النصفي متوازن.

ملاحظة:
في **تفاعلات الأكسدة النصفية تظهر الإلكترونات كمنتجات** (على الجانب الأيمن للمعادلة)، وبما أن الحديد خضع للأكسدة، إذاً يمكننا القول إن الحديد هو العامل المرجع.

نعود الآن إلى معادلة نصف التفاعل للإرجاع:

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

الشحنة غير موازنة

لاحظ أن الذرات في تفاعل النصف للإرجاع متوازنة **(توازن الكتلة)**، لذلك من الضروري الآن التحقق من توازن الشحنة.

هل يمكنك العمل على ذلك؟

تذكر هذا

إن استخدام نصف التفاعل مهم من ناحية لأجل تحقيق التوازن بين التفاعلات المقعدة، ومن ناحية أخرى إن العديد من جوانب الكيمياء الكهربائية أسهل للمناقشة من خلال استخدام مفهوم نصف التفاعل.

هل تعلم؟

المنغنيز (Mn):
(معادن انتقالية)

Latin Name: Manganum
English Name: Manganese
Year Discovered: 1774
Phase: Solid
Electron Shell: $K^2L^8M^{13}N^2O^0P^0Q^0R^0$
Electron Configuration: [Ar] $4s^23d^5$
$1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^5$

Electrons	Protons	Neutrons
25	25	30
Melting Point		
°C	°F	K
1242	2267.6	1515.2
Boiling Point		
°C	°F	K
1960	3560.0	2233.2

Density: 7.21 (g/cm³)

شرب الماء بشكل كاف يعزز التفاعلات الحيوية داخل جسمك

إجمالي الشحن (الشحنة الكلية) على يسار سهم التفاعل هو:
[(-1) x (1) + (+1) x (8)] أو [+7] ، أليس كذلك؟
في حين أن إجمالي الشحن على يمين سهم التفاعل هو:
[(0) x (4) + (+2) x (1)] ، أو [+2] ، أليس كذلك؟

الفرق بين (+7) و (+2) هو (5)، لذلك من الضروري إضافة خمس إلكترونات إلى الجانب الأيسر لتحقيق توازن الشحنة:

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

تفاعل نصف إرجاع متوازن

لنتحقق من أن هذا التفاعل النصفي حقق توازن نوع الذرة والشحنة:

ذرات المنغنيز Mn:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(8 \times 1) = (4 \times 2)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 4) = (4 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[1(-1) + 8(+1) + 5(-1)] = [1(+2)]$?	√

الآن نجد أن هذا التفاعل متوازن، من السهل أن نراه ينطوي على تفاعل إرجاع لأنهُ قد تم اكتساب الإلكترونات عندما تم إرجاع MnO_4^- إلى Mn^{2+}.

ملاحظة:
في كل **تفاعلات نصف الإرجاع تظهر الإلكترونات كمواد متفاعلة** (على الجانب الأيسر للمعادلة)، وبما أن الشاردة MnO_4^- خضعت للإرجاع في هذه الحالة، إذا يمكننا القول إن MnO_4^- هي **العامل المؤكسد**.

الآن نملك نصفي تفاعل متوازنين:

تفاعل نصف أكسدة:

$$Fe^{2+}(aq) \rightarrow\ Fe^{3+}(aq) + e^-$$

تفاعل نصف إرجاع:

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

من الضروري الآن دمج النصفين لإنتاج التفاعل الكامل، حيثُ مفتاح الجمع بين نصفي التفاعل هو الإلكترونات، وبالتالي يجب أن يكون عدد الإلكترونات المنقولة من تفاعل نصف الأكسدة لتفاعل نصف الإرجاع متساوياً، حيث لا يمكن أن توجد إلكترونات مفقودة أو زائدة.

في هذا المثال، ينتج تفاعل نصف الأكسدة إلكتروناً واحداً، في حين يتطلب تفاعل نصف الإرجاع (5) الكترونات، كما أن أدنى مضاعف مشترك بين الواحد والخمسة هو (5)، لذلك من الضروري مضاعفة كل مصطلح (ذرة أو شاردة أو الكترون) في تفاعل نصف الأكسدة بمقدار **خمسة** وكل مصطلح في تفاعل نصف الإرجاع بمقدار **واحد**.

في هذه الحالة، لا تؤدي عملية المضاعفة في تفاعل نصف الإرجاع إلى أي تغيير، ومع ذلك لن يكون هذا هو الحال دائماً بالنسبة لباقي التفاعلات، بتطبيق ذلك على تفاعلي النصف في مثالنا نحصل على ما يلي:

تفاعل نصف أكسدة:

$$5 \times (Fe^{2+}(aq) \rightarrow\ Fe^{3+}(aq) + e^-)$$

تفاعل نصف إرجاع:

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

وبالتالي يكون:

تذكر هذا

في تفاعلات الأكسدة النصفية تظهر الإلكترونات كمنتجات (على يمين المعادلة)، والعنصر الذي يخضع للأكسدة يكون هو **العامل المرجع**.
أما في تفاعلات الإرجاع النصفية تظهر الإلكترونات كمواد متفاعلة (على يسار المعادلة)، والعنصر أو الشاردة التي خضعت للإرجاع تكون **العامل المؤكسد**.

هل تعلم

الحديد (Fe):
(معادن انتقالية)

Latin Name: Ferrum
English Name: Iron
Year Discovered: -----
Phase: Solid
Electron Shell:
$K^2L^8M^{14}N^2O^0P^0Q^0R^0$
Electron Configuration:
[Ar] $4s^23d^6$
$1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^6$

Electrons	Protons	Neutrons
26	26	30
Melting Point		
°C	°F	K
1535.85	2796.53	1809.0
Boiling Point		
°C	°F	K
2859	5178.2	3132.15

Density: 7.88 (g/cm^3)

بالإصرار تصل لهدفك، وحين تصل
ترى مستقبلك الذي كان حلماً

التفاعل الإجمالي:

$$5Fe^{2+}(aq) + MnO_4^- (aq) + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

لاحظ أن الإلكترونات لا تظهر في التفاعل الإجمالي، لأن إلكترونات الأكسدة هي نفس الكترونات الإرجاع لذلك "تُلغى".

الآن نقوم بالتحقق بعناية من كلا طرفي المعادلة الإجمالية للتأكد من كل شيء تم بشكل صحيح.

ذرات الحديد Fe:	$(5 \times 1) = (5 \times 1)$?	√
ذرات المنغنيز Mn:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(8 \times 1) = (4 \times 2)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 4) = (4 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[5(+2) + 1(-1) + 8(+1)] = [5(+3) + 1(+2)]$?	√

كل شيء صحيح، لذلك هذه هي المعادلة الشاملة في المحاليل الحمضية √.

إذا كان هناك خطأ ما في المعادلة الكلية (الشاملة)، فإن الخطأ الأكثر شيوعاً يحصل أثناء مضاعفة نصف التفاعل الفردي (أكسدة أو إرجاع)، فتذكر ذلك.

هـــــــــــــام:
لنفترض أننا أردنا أن يكون المحلول أساسياً، تذكر عندها أن المحاليل الأساسية لديها شوارد هيدروكسيد (Hydroxide Ions) فائضة، فماذا يعني هذا؟
ستتفاعل بعض شوارد الهيدروكسيد مع شوارد الهيدروجين لإنتاج الماء (H_2O).

أبسط طريقة لإنتاج المعادلة الشاملة المتوازنة في المحلول الأساسي هي البدء بالمعادلة المتوازنة في المحلول الحمضي، ثم "**تحويلها**" إلى المعادلة من أجل المحلول الأساسي، ومع ذلك، فمن الضروري توخي الحذر عند القيام بهذه الخطوة حيث أن **العديد من المواد المتفاعلة تتصرف بشكل مختلف في الظروف الأساسية**، وسوف تترسب Precipitate العديد من شوارد المعادن على شكل هيدروكسيد معدني.

لقد قمنا منذ قليل بمناقشة التفاعل التالي في وسط حمضي، والذي نريد تغييره إلى تفاعل أساسي **(وسط أساسي)**:

$$5Fe^{2+}(aq) + MnO_4^- (aq) + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

في الأوساط الأساسية عادة ما تُرجع MnO_4^- إلى MnO_2، والحديد سيتواجد إما على شكل $Fe(OH)_2$ أو $Fe(OH)_3$، لهذه الأسباب وفي ظل الشروط الأساسية سيكون التفاعل:

$$3Fe(OH)_2(s) + MnO_4^- (aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 3Fe(OH)_3(s) + MnO_2(s) + OH^-(aq)$$

هـــــــــــــام:
في الظروف شديدة الأساسية يُرجع $\boldsymbol{MnO_4^-}$ إلى $\boldsymbol{MnO_4^{2-}}$ عوضاً عن $\boldsymbol{MnO_2}$

يمكننا موازنة أي تفاعل أكسدة إرجاع كتفاعل حمضي، وعندئذٍ **"عند الضرورة"**، نحول المعادلة إلى تفاعل أساسي، فكيف ذلك؟

هناك أمثلة قليلة جداً تتضمن تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الأوساط الحمضية والأساسية تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة عن التفاعل هي ذاتها في كلا الوسطين، ومع ذلك فإن موازنة التفاعل الأساسي كتفاعل حمضي ومن ثم التحويل إلى الشكل الأساسي سينجح ويعتبر الطريقة الأفضل، للتحويل إلى تفاعل أساسي من الضروري عمل ما يلي:

1. إضافة نفس عدد شوارد الهيدروكسيد إلى كل طرف من المعادلة، بحيث يتم إزالة جميع شوارد الهيدروجين H^+.
2. الحفاظ على توازن الكتلة (الإصلاح إن لزم الأمر).
3. جمع شوارد الهيدروكسيد مع شوارد الهيدروجين لإنتاج الماء.

على سبيل المثال:

لنبدأ بالتفاعل الأساسي التالي:

$$Cl^- (aq) + MnO_4^- (aq) \rightarrow ClO_3^- (aq) + MnO_2(s)$$

لنوازن هذا التفاعل كما لو أنه معطى في وسط حمضي:

$$Cl^- (aq) + MnO_4^- (aq) + 2H^+(aq) \rightarrow ClO_3^- (aq) + MnO_2(s) + H_2O(l)$$

في هذه الحالة، من الضروري إضافة شاردتي هيدروكسيد OH^- إلى كل جانب من المعادلة لتحويل شاردة الهيدروجين في يسار المعادلة إلى ماء:

$$Cl^- (aq) + MnO_4^- (aq) + (2H^+ + 2OH^-)(aq) \rightarrow ClO_3^- (aq) + MnO_2(s) + H_2O(l) + 2OH^-(aq)$$

الآن بجمع شوارد الهيدروجين مع شوارد الهيدروكسيد لإنتاج الماء نجد:

$$Cl^- (aq) + MnO_4^- (aq) + \mathbf{2H_2O}(l) \rightarrow ClO_3^- (aq) + MnO_2(s) + \mathbf{H_2O}(l) + 2OH^-(aq)$$

لاحظ أن كلا الجانبين من المعادلة يحتوي الماء، لذلك يجب أن يتم التبسيط **"عند الضرورة"** للحصول على المعادلة المطلوبة، هل تعلم كيف؟

في هذه الحالة من الضروري إزالة أحد جزيئات $\mathbf{H_2O}$ من كلا جانبي التفاعل:

$$Cl^- (aq) + 2MnO_4^- (aq) + H_2O(l) \rightarrow ClO_3^- (aq) + 2MnO_2(s) + 2OH^-(aq)$$

لنتحقق الآن من طرفي المعادلة الشاملة (النهائية) للتأكد أنه لا يوجد أخطاء لدينا:

ذرات الكلور Cl:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات المنغنيز Mn:	$(2 \times 1) = (2 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(1 \times 2) = (2 \times 1)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(2 \times 4) + (1 \times 1) = (3 \times 1) + (2 \times 2) + (2 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[1(-1) + 2(-1)] = [1(-1) + 2(-1)]$?	√

كل شيء محقق، إذا هذه هي المعادلة الشاملة في الوسط الأساسي.

لنأخذ الآن بعض الأمثلة المحلولة والتي تعتبر ضرورية لتعزيز هذه المفاهيم.

مثال محلول (1)

هذا المثال يدعم فكرة موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الوسط الحمضي.

زمن الحل: **8** دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: **10** دقائق كحد أقصى

وازن معادلة التفاعل التالية في وسط حمضي:

$$MnO_4^- (aq) + Cr^{3+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq)$$

الحل:

هذا تفاعل أكسدة وإرجاع، لذلك نبدأ بجمع الأنواع المعطاة في نصف تفاعل أكسدة ونصف تفاعل إرجاع غير متوازنين:

تفاعل الأكسدة (غير متوازن): $Cr^{3+}(aq) \rightarrow Cr_2O_7^{2-}(aq)$

تفاعل الإرجاع (غير متوازن): $MnO_4^- (aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq)$

نبدأ بنصف التفاعل للأكسدة، حيث نوازن الكروم:

تفاعل الأكسدة (غير متوازن): $2Cr^{3+}(aq) \rightarrow Cr_2O_7^{2-}(aq)$

في تفاعل الأكسدة في الوسط الحمضي يمكننا استخدام أو **توليد** شوارد الهيدروجين H^+، بإضافة 7 جزيئات ماء للطرف الأيسر من المعادلة يتحقق عدد الأكسجين المطلوب، وهذا يؤدي لظهور 14 شاردة هيدروجين في الطرف الأيمن:

تفاعل الأكسدة (غير متوازن): $2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \rightarrow Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq)$

الطرف الأيسر من المعادلة يملك شحنة كلية مقدارها [2(+3)=**+6**]، والطرف الأيمن يملك شحنة كلية مقدارها [-2 + 14(+1)=**+12**]، فيكون الاختلاف في الشحنة هو [**6**] لصالح الطرف الأيمن، بإضافة **6** الكترونات للطرف الأيمن للمعادلة نحصل على تفاعل نصف أكسدة موازن من حيث الكتلة والشحنة (في محلول حمضي):

تفاعل الأكسدة (متوازن): $2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \rightarrow Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^-$

لنتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات الكروم Cr:	$(2 \times 1) = (1 \times 2)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(7 \times 2) = (14 \times 1)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(7 \times 1) = (1 \times 7)$?	√
الشحنة الكلية:	$[2(+3)] = [1(-2) + 14(+1) + 6(-1)]$?	√

الآن لنعمل على تفاعل الإرجاع، من الضروري تحويل ذرات الأكسجين الأربعة في البرمنغنات إلى (4) جزيئات ماء، ولتحقيق ذلك نضيف (8) شوارد هيدروجين للطرف الأيسر لتحويل الأكسجين لـ (4) جزيئات ماء.

تفاعل الإرجاع (غير متوازن): $MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

الآن نضيف (5) الكترونات للطرف الأيسر لموازنة الشحنة:

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

لنتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات المنغنيز Mn:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(8 \times 1) = (4 \times 2)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 4) = (4 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[1(-1) + 8(+1) + 5(-1)] = [1(+2)]$?	√

نجمع ما لدينا:

تفاعل الأكسدة: $2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \rightarrow Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^-$

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

نلاحظ أن أقل المضاعفات شيوعاً بالنسبة لعدد الإلكترونات هو (30)، لذلك نضاعف تفاعل نصف الأكسدة بمقدار (5)، وتفاعل نصف الإرجاع بمقدار (6) والجمع نجد:

$$10Cr^{3+}(aq) + 35H_2O(l) + 6MnO_4^-(aq) + 48H^+(aq) \rightarrow 5Cr_2O_7^{2-}(aq) + 70H^+(aq) + 6Mn^{2+}(aq) + 24H_2O(l)$$

بالاختصار والتبسيط نجد:

$$10Cr^{3+}(aq) + 11H_2O(l) + 6MnO_4^-(aq) \rightarrow 5Cr_2O_7^{2-}(aq) + 22H^+(aq) + 6Mn^{2+}(aq)$$

نتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات المنغنيز Mn:	$(6 \times 1) = (6 \times 1)$?	√
ذرات الكروم Cr:	$(10 \times 1) = (5 \times 2)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(11 \times 2) = (22 \times 1)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(11 \times 1) + (6 \times 4) = (5 \times 7)$?	√
الشحنة الكلية:	$[10(+3) + 6(-1)] = [5(-2) + 22(+1) + 6(+2)]$?	√

إذا لا يوجد خطأ، وبالتالي هذه هي المعادلة الشاملة المتوازنة في المحلول الحمضي.

ملاحظـــــــــــــــــة:

في الامتحان لا تكتب طرق التحقق، وإنما نفذها على مسودة الإجابة.

مثال غير محلول (1)

هذا المثال يختبر مدى تعلمك موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع الحمضية.

زمن الحل: **5** دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: **8** دقائق كحد أقصى

وازن معادلة التفاعل التالية في محلول حمضي:

$$Hg_2^{2+} + Ag \rightarrow Hg + Ag^+$$

الحل:

$$Hg_2^{2+}(aq) + 2Ag(s) \rightarrow 2Hg(l) + 2Ag^+(aq)$$

مثال محلول (2)

هذا المثال يدعم فكرة موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الوسط الأساسي.

زمن الحل: **5** دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: **8** دقائق كحد أقصى

وازن معادلة التفاعل التالية في محلول أساسي:

$$MnO_4^-(aq) + Cr(OH)_3(s) \rightarrow MnO_2(s) + CrO_4^{2-}(aq)$$

الحل:

هذا تفاعل أكسدة وإرجاع، لذلك نبدأ بجمع الأنواع المعطاة في نصف تفاعل أكسدة ونصف تفاعل إرجاع غير متوازنين:

تفاعل الأكسدة (غير متوازن): $Cr(OH)_3(s) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq)$

تفاعل الإرجاع (غير متوازن): $MnO_4^-(aq) \rightarrow MnO_2(s)$

نبدأ بنصف التفاعل للأكسدة، حيث نوازن الكروم:

تفاعل الأكسدة (غير متوازن): $Cr(OH)_3(s) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq)$

في تفاعل الأكسدة في الوسط الحمضي يمكننا استخدام أو **توليد** شوارد الهيدروجين H^+، بإضافة جزيئة ماء واحدة للطرف الأيسر من المعادلة يتحقق عدد الأكسجين المطلوب، وهذا يؤدي لظهور 5 شوارد هيدروجين في الطرف الأيمن:

تفاعل الأكسدة (غير متوازن): $Cr(OH)_3(s) + H_2O(l) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + 5H^+(aq)$

الطرف الأيسر من المعادلة يملك شحنة كلية مقدارها [**0**]، والطرف الأيمن يملك شحنة كلية مقدارها [**3+**=(+1)5 + -2]، فيكون الاختلاف في الشحنة هو [**3**] لصالح الطرف الأيمن، بإضافة 3 الكترونات للطرف الأيمن للمعادلة نحصل على تفاعل نصف أكسدة موازن من حيث الكتلة والشحنة (في محلول حمضي):

تفاعل الأكسدة (متوازن): $Cr(OH)_3(s) + H_2O(l) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + 5H^+(aq) + 3e^-$

لنتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات الكروم Cr:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(1 \times 3) + (1 \times 2) = (5 \times 1)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 3) + (1 \times 1) = (4 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$0 = [1(-2) + 5(+1) + 3(-1)]$?	√

الآن لنعمل على تفاعل الإرجاع، من الضروري تحويل ذرات الأكسجين الأربعة في البرمنغنات مطروحاً منها ذرتي الأكسجين في MnO_2 إلى جزيئتي ماء (2)، ولتحقيق ذلك نضيف (4) شوارد هيدروجين للطرف الأيسر لتحويل الأكسجين لـ (2) جزيئة ماء.

تفاعل الإرجاع (غير متوازن): $MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$

الآن نضيف (3) الكترونات للطرف الأيسر لموازنة الشحنة:

$$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + 5e^- \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$ تفاعل الإرجاع (متوازن):

لنتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات المنغنيز Mn:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(4 \times 1) = (1 \times 2) + (2 \times 1)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 4) = (4 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[1(-1) + 4(+1) + 3(-1)] = [0]$?	√

نجمع ما لدينا:

$$Cr(OH)_3(s) + H_2O(l) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + 5H^+(aq) + 3e^-$$ تفاعل الأكسدة:

$$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + 5e^- \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$ تفاعل الإرجاع:

في هذه الحالة نلاحظ أن كلا نصفي التفاعل يتضمن العدد ذاته من الإلكترونات، لذلك ببساطة نضيف نصفي التفاعل إلى بعضهما البعض:

$$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + Cr(OH)_3(s) + H_2O(l) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + MnO_2(s) + 2H_2O(l) + 5H^+(aq)$$

بالاختصار والتبسيط نجد:

$$MnO_4^-(aq) + Cr(OH)_3(s) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + MnO_2(s) + H_2O(l) + H^+(aq)$$

نتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات المنغنيز Mn:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الكروم Cr:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(1 \times 3) = (2 \times 1) + (1 \times 1)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 4) + (1 \times 3) = (1 \times 4) + (1 \times 2) + (1 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[1(-1)] = [1(-2) + 1(+1)]$?	√

إذا لا يوجد خطأ، وبالتالي هذه هي المعادلة الشاملة المتوازنة في المحلول الحمضي.
من أجل المحلول الأساسي نضيف شاردة هيدروكسيد إلى طرفي المعادلة:

$$OH^-(aq) + MnO_4^-(aq) + Cr(OH)_3(s) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + MnO_2(s) + H_2O(l) + (OH^- + H^+)(aq)$$

بالاختصار لتبسيط المعادلة نجد:

$$OH^-(aq) + MnO_4^-(aq) + Cr(OH)_3(s) \rightarrow CrO_4^{2-}(aq) + MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$

نتحقق من طرفي المعادلة:

ذرات المنغنيز Mn:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الكروم Cr:	$(1 \times 1) = (1 \times 1)$?	√
ذرات الهيدروجين H:	$(1 \times 1) + (1 \times 3) = (2 \times 2)$?	√
ذرات الأكسجين O:	$(1 \times 1) + (1 \times 4) + (1 \times 3) = (1 \times 4) + (1 \times 2) + (2 \times 1)$?	√
الشحنة الكلية:	$[1(-1) + 1(-1)] = [1(-2)]$?	√

لا يوجد خطأ، إذا هذه هي المعادلة الشاملة في المحلول الأساسي

ملاحظـــــــــــــــة:

قمنا بتفصيل الحل بشكل كبير حتى تكون لديك الفكرة في كيفية معالجة أي تفاعل أكسدة أو ارجاع.

مثال غير محلول (2)

هذا المثال يختبر مدى تعلمك موازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع الأساسية والحمضية.

زمن الحل: **10** دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: **15** دقيقة كحد أقصى

وازن معادلات التفاعل التالية وفق نوع المحلول المحدد:

1 – التفاعل التالي في محلول حمضي: $H_2 + Cu^{2+} \rightarrow Cu$

2 – التفاعل التالي في محلول أساسي: $H_2 + Cu(OH)_2 \rightarrow Cu + H^+$

3 – التفاعل التالي: $Fe + Ag^+ \rightarrow Fe^{2+} + Ag$

4 – حدد العوامل المؤكسدة في التفاعلات (1- 2- 3) وفقاً لكسب أو فقد الإلكترونات.

5 – حدد العوامل المرجعة في التفاعلات (1- 2- 3) وفقاً لكسب أو فقد الإلكترونات.

الحل:

1 - $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$

2 - $H_2(g) + Cu(OH)_2(s) \rightarrow 2H_2O(l) + Cu(s)$

3 - $Fe\ (s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

4 - العوامل المؤكسدة في التفاعلات السابقة هي: Cu^{2+} و $Cu(OH)_2$ و Ag^+ على الترتيب.

5 - العوامل المرجعة في التفاعلات السابقة هي: H_2 و H_2 و Fe على الترتيب.

سنركز الآن في هذه الفقرة على مفهوم مرتبط بنصفي تفاعل الأكسدة والإرجاع وهو مفهوم الخلايا الغلفانية، فما هو هذا المفهوم؟

2-I - الخلايا الغلفانية Galvanic Cell

تُعرف أيضاً بالخلايا "**الفولتية**"، هي خلايا كهروكيميائية تنتج الطاقة الكهربائية من خلال تفاعلات أكسدة وإرجاع تلقائية تحدث ضمنها.

فكر فيما يحدث عندما يتم وضع قطعة نظيفة من معدن النحاس في محلول نترات الفضة الشكل (I-1)، حيث بمجرد إضافة معدن النحاس (Cu) يبدأ معدن الفضة (Ag) بالتشكل ويتم تمرير شوارد النحاس (Cu^{2+}) إلى المحلول، يشير اللون الأزرق للمحلول في الأنبوب الأيمن لوجود شوارد النحاس، يمكن تقسيم التفاعل إلى نصفي تفاعل لفصل الأكسدة عن الإرجاع.

يمكن اعتبار كل تفاعل على حدا:

نصف تفاعل الأكسدة: $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

نصف تفاعل الإرجاع: $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$

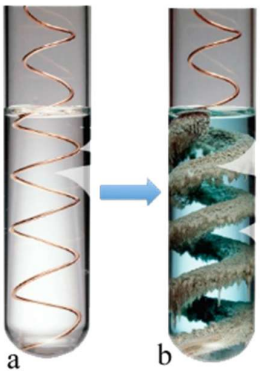
$$2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$$

تفاعل الأكسدة والإرجاع الشامل

حيث يتم مضاعفة نصف تفاعل الإرجاع لكي تتعادل عدد الإلكترونات المكتسبة في تفاعل الإرجاع مع عدد الإلكترونات المتحررة من عملية الأكسدة، أليس كذلك؟

حاول اتباع الخطوات التي درستها في المحاضرة السابقة وقم بإجراء عملية موازنة للتفاعل السابق لتحصل على المعادلة الشاملة المذكورة أعلاه.

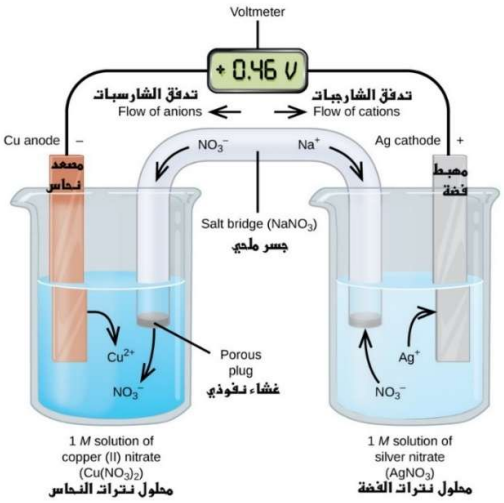
تتضمن الخلايا الغلفانية Galvanic "الفولتية" تفاعلات كهروكيميائية عفوية يتم فيها فصل نصف التفاعلات عن بعضها البعض كما هو موضح في الشكل (I-2) في الصفحة التالية.



الشكل (I-1):

عندما يتم وضع قطعة نظيفة من معدن النحاس في محلول من نترات الفضة (a)، يحدث تفاعل أكسدة وإرجاع ينتج عنه تبادل شوارد Cu^{2+} مع شوارد Ag^+ في المحلول، عندما يتقدم التفاعل (b) يتحول المحلول إلى اللون الأزرق بسبب وجود شوارد نحاسية، ويتم ترسيب معدن الفضة على شريط النحاس حيث تتم إزالة شوارد الفضة من المحلول.

يمكن أن يتدفق التيار عبر سلك خارجي، ويسمى البيشر Beaker على الجانب الأيسر من الشكل **نصف خلية**، ويحتوي على محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ تركيزه (1M) مع قطعة من معدن النحاس المغمورة جزئياً في المحلول.
معدن النحاس هو قطب كهربائي (مسرى) Electrode، وبما أن النحاس يخضع لعملية الأكسدة لذلك ندعوه **بالمصعد** Anode.



الشكل (I-2):
في هذه الخلية الغلفانية القياسية نجد أن نصف الخلية منفصل، حيث تتدفق الإلكترونات من خلال سلك خارجي ويصبح متاح إنجاز عمل كهربائي (تيار) بمجرد الوصل بين نصفي الخلية عن طريق الجسر الملحي.

يتم توصيل المصعد (القطب النحاسي) إلى مقياس الفولت (فولت متر Voltmeter) بسلك، ويتم توصيل الطرف الآخر من مقياس الفولت متر بمسرى الفضة بواسطة سلك.
بما أن الفضة تخضع لعملية إرجاع لذلك ندعو قطب الفضة بـ **المهبط** Cathode

تتكون نصف الخلية على الجانب الأيمن من الشكل السابق من قطب الفضة في محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تركيزه (1M).

عند هذه النقطة لا يوجد تدفق للتيار، وهذا يدل أنهُ لا تحدث حركة كبيرة للإلكترونات عبر السلك لأن الدارة مفتوحة.

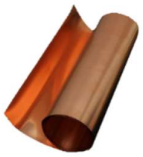
فكيف نغلق الدارة؟

يتم إغلاق الدارة باستخدام **الجسر الملحي** Salt Bridge الذي يعمل على نقل التيار بالشوارد المتحركة، يتكون الجسر الملحي من محلول شاردي مركّز غير متفاعل مثل محلول نترات الصوديوم ($NaNO_3$) المستخدم في هذا المثال.
عندما تتدفق الإلكترونات من اليسار إلى اليمين خلال القطب والأسلاك، تمر شوارد النترات السالبة (NO_3^-) (Anions) عبر المكون المسامي Porous Plug في اليسار إلى محلول نترات النحاس $CuNO_3$، هذه العملية تحافظ على البيشر في الجهة اليسرى معتدلاً كهربائياً electrically neutral عن طريق تعديل الشحنة على شوارد النحاس Cu^{2+} التي تنتج في المحلول نتيجة عملية أكسدة معدن النحاس.

هل تعلم

هناك العديد من التفاعلات الكيميائية التي تحدث في جسمك هي عبارة عن تفاعلات أكسدة وإرجاع.
تحدث هذه العملية عندما يتم استخلاص الطاقة من العناصر الغذائية Nutrients في عملية تدعى:
الهدم Catabolism (الانهيار التأكسدي للجزيئات)، عندها تستخدم الطاقة المتحررة من الهدم في تشكيل جزيئات جديدة في عملية تدعى:
البناء Anabolism (التخليق الإرجاعي للجزيئات).

النحاس
Copper



من المعادن الهامة التي تدخل في مجالات صناعية واسعة ومتعددة لما يتمتع به من خصائص فريدة في النقل الكهربائي (ناقليته الجيدة للكهرباء مع ضياع منخفض) وسهولة التشكيل والسحب والطرق (بسبب خواص اللدونة التي يتمتع بها)، استخدم منذ القدم في صناعة أواني الطهي، إلا أن الدراسات الحديثة تحذر من استخدامه للأغراض الغذائية لأنه يمكن أن يشكل مع الحرارة وبوجود الماء أكاسيد أو معقدات لها أثار سلبية خطيرة على جسم الإنسان.

كل ما حولك له أساس علمي يشرح آلية عمله.

عزز معرفتك بالقراءة

في الوقت نفسه الذي تتحرك فيه شوارد النترات (NO_3^-) إلى اليسار فإن شوارد الصوديوم الموجبة Na^+ (Cations) تتحرك إلى اليمين من خلال المكون المسامي، حيث تنتقل إلى محلول نترات الفضة في البيشر الأيمن، وتحل شوارد الصوديوم Na^+ محل شوارد الفضة Ag^+ التي يتم إزالتها من المحلول بسبب خضوعها لعملية الإرجاع وتحولها إلى معدن الفضة Ag، وهذا يحافظ على الاعتدال الكهربائي في البيشر الأيمن.

بدون الجسر الملحي لن تبقى المقصورات (البيشرين) معتدلة كهربائياً، ولن يتدفق تيار كبير، ومع ذلك إذا كانت المقصورتان متصلتين بشكل مباشر عندها لن يكون وجود الجسر الملحي ضرورياً.

لحظة اكتمال الدارة يقرأ مقياس الفولت القيمة (+0.46 V) وهذا ما ندعوه **كمون الخلية.**

فما هو كمون الخلية؟؟

2-I -1- كمون الخلية Cell Potential

يدعى أيضاً **جهد الخلية**، وهو الكمون الذي ينشأ عندما يتم توصيل المعادن غير المتشابهة إلى بعضها البعض، ويمثل قياس "نسبة الطاقة لواحدة الشحنة" الناشئة من تفاعل الأكسدة والإرجاع، ويقاس في الجملة الدولية **SI** بواحدة الفولت Volt (**V**).

وكما نعلم فإن الفولت هو الواحدة المشتقة في الجملة الدولية من أجل الكمون الكهربائي:

$$\boldsymbol{Volt = V = \frac{j}{C}}$$

أي أننا يمكننا الحصول على الطاقة بواحدة الجول (j) من جداء ضرب الكمون "الجهد" مقدراً بالفولت بالشحنة مقدرة بالكولوم (c).

عندما يتم بناء الخلية الكهروكيميائية بهذه الطريقة، فإن وجود **كمون خلية إيجابي يشير إلى تفاعل تلقائي**، وأن الإلكترونات تتدفق من اليسار إلى اليمين، هناك الكثير مما يجري في الشكل (2-I) في الصفحة السابقة، لذا من المفيد تلخيص الأشياء المتعلقة بهذا النظام (الخلايا الغلفانية) وفق ما يلي:

1. تتدفق الإلكترونات من المصعد إلى المهبط من اليسار إلى اليمين في الخلية الغلفانية القياسية الموضحة في الشكل السابق.
2. القطب في النصف الأيسر من الخلية هو المصعد بسبب حدوث الأكسدة هناك، يشير الاسم (المصعد) إلى تدفق الشوارد السالبة في الجسر الملحي باتجاهه.
3. القطب في النصف الأيمن من الخلية هو المهبط لأن الإرجاع يحدث هناك، يشير الاسم (المهبط) إلى تدفق الشوارد الموجبة في الجسر الملحي باتجاهه.
4. تحدث الأكسدة عند المصعد (النصف الأيسر من الخلية في الشكل السابق).
5. يحدث الإرجاع عند المهبط (النصف الأيمن من الخلية في الشكل السابق).
6. إن كمون الخلية (+0.46 V) في هذه الحالة ينتج عن الاختلافات الكامنة في طبيعة المواد المستخدمة لصنع الخليتين النصفيتين.
7. يجب أن يكون الجسر الملحي موجوداً لإغلاق (إتمام) الدارة، ويجب أن يحدث كل من تفاعلي الأكسدة والإرجاع حتى يتدفق التيار Current.

هناك العديد من الخلايا الغلفانية المحتملة، لذلك يستخدم عادةً **التدوين المختصر** Short-hand Notation (الترميز) لوصفها.

فما هو التدوين المختصر؟

تذكر هذا

الجسر ملحي Salt Bridge يعمل على نقل التيار بالشوارد المتحركة، يتكون الجسر الملحي من محلول شاردي مركّز غير متفاعل مثل محلول نترات الصوديوم (**$NaNO_3$**) أو محلول كلوريد الصوديوم (**NaCl**).

هل تعلم

الفضة Ag

(معادن انتقالية)

Latin Name: Argentum
English Name: Silver
Year Discovered: -----
Phase: Solid
Electron Shell: $K^2L^8M^{18}N^{18}O^0P^0Q^0R^0$
Electron Configuration: $[Kr]\ 5s^14d^{10}$
$1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^{10}4p^65s^14d^{10}$

Electrons	Protons	Neutrons
47	47	61
Melting Point		
°C	°F	K
961.9	1763.42	1235.05
Boiling Point		
°C	°F	K
2162	3923.6	2435.15

Density: 10.49 (g/cm^3)

بالإصرار تصل هدفك

I-2- 2- التدوين المختصر (الترميز) Short-hand Notation

يوفر التدوين المختصر أو ما يدعى ترميز الخلية (الذي يطلق عليه أحياناً مخطط الخلية Cell Diagram) معلومات حول الأنواع المختلفة المشاركة في التفاعل ضمن هذه الخلية الغلفانية، كما يستخدم مع أنواع أخرى من الخلايا.

فكيف يتم؟

1. يستخدم الخط العمودي | الذي يشير إلى حدود الطور، بينما يستخدم الخط العمودي المزدوج || للإشارة إلى الجسر الملحي.
2. تتم كتابة معلومات حول القطب الموجب (المصعد) إلى اليسار يتبعها محلول المصعد، ثم الجسر الملحي (إذا كان موجوداً)، ثم محلول المهبط، وأخيراً معلومات حول (المهبط) إلى اليمين.
3. يفصل بنقطة بين المكونات إذا كانت من ذات الطور.
4. يجب الإشارة إلى الحالة الفيزيائية للمكون، مثل (s) للحالة الصلبة، (aq) للمحلول المائي، و(g) للحالة الغازية.
5. عندما تكون التراكيز الأولية للشوارد المختلفة معروفة فإنه يجب تضمينها ضمن ترميز الخلية.
6. يتم تضمين الطور "صلب، سائل، غازي، محلول" والتراكيز للأنواع المختلفة بعد اسم النوع.

من أجل توضيح هذه المفاهيم دعنا عزيزي الطالب نقوم بترميز الخلية الغلفانية التي درسناها سابقاً من خلال الشكل (I-2) في الصفحة 13، حيث ترمز هذه الخلية وفق ما يلي:

$$Cu(S)\,|\,Cu^{2+}(aq.1M)\,||\,Ag^{+}(aq.1M)\,|\,Ag(S)$$

لاحظ أنه لا يتم تضمين الشوارد المشاهدة، وأنهُ تم استخدام أبسط أشكال كل تفاعل نصف. كما أنه تم تضمين التراكيز الأولية للشوارد المختلفة بما يتوافق مع قواعد الترميز التي ذكرناها أعلاه.

تذكر هذا

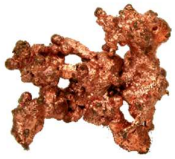
في الخلايا الغلفانية القطب الذي يتعرض للأكسدة هو الذي **يتآكل**.

فمثلاً معدن الحديد الصلب يتحول إلى صدئ Rusty عندما يتأكسد. يمكن أن تسبب المواد الكيميائية المختلفة هذا مثل الهيدروجين والأكسجين والأملاح أو الأحماض الأخرى والمؤكسدات.

هل تعلم

النحاس Cu

(معادن انتقالية)



Latin Name: Cuprum
English Name: Copper
Year Discovered: -----
Phase: Solid
Electron Shell:
$K^2L^8M^{18}N^1O^0P^0Q^0R^0$
Electron Configuration:
$[Ar]\ 4s^13d^{10}$
$1s^22s^22p^63s^23p^64s^13d^{10}$

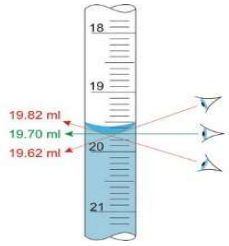
Electrons	Protons	Neutrons
29	29	35
Melting Point		
°C	°F	K
1083.4	1982.12	1356.55
Boiling Point		
°C	°F	K
2565	4649.0	2838.15

Density: 8.92 (g/cm^3)

عزز معرفتك بالقراءة

تساؤلات:

في التجارب المخبرية (تأكيد على فقرة اليقين وعدم اليقين)، ربما يتساءل أحدكم لماذا تظهر القيم مختلفة بين طالب وآخر أثناء قراءته الحجوم ضمن السحاحة أو المقياس المدرج؟



إن السبب في ذلك يعود لطريقة النظر لقعر هلال السائل، حيث كل طالب ينظر له من زاوية مختلفة، في معظم الأدوات الزجاجية المستخدمة للمعايرة والتي تقيس الحجوم، من المهم أن **تكون طريقة النظر صحيحة**، حين **يجب أن تكون العين بموازاة هلال التقعر لتكون القراءة سليمة** كما هو موضح في الشكل جانباً، حيث تعتبر العين الوسطى هي العين التي تقرأ بشكل صحيح، هذا من جهة، من جهة أخرى يعود تخمين الرقم العشري الثاني لتقدير الشخص.

هل وضحت الفكرة؟

الكيمياء في حياتنا اليومية (مطالعة)

كيمياء الهواتف المحمولة

Chemistry of Cell Phones

تخيل مدى اختلاف حياتك بدون الهواتف المحمولة والأجهزة الذكية الأخرى.
تصنع الهواتف من العديد من المواد الكيميائية التي يتم استخلاصها وتنقيتها وتجميعها باستخدام فهم شامل ومتعمق للمبادئ الكيميائية.
حوالي **30%** من العناصر الموجودة في الطبيعة توجد داخل هاتف ذكي نموذجي. يتكون **الهيكل / الجسم / الإطار** من مجموعة من بوليمرات قوية ومتينة تتكون أساساً من الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين مثل:
أكريلو نيتريل بوتادين ستيرين (**ABS**) والبلاستيك الحراري من البولي كربونات، والمعادن الإنشائية الخفيفة والقوية، مثل الألمنيوم والمغنيسيوم والحديد.
شاشة العرض مصنوعة من زجاج مقوى بشكل خاص (زجاج السليكا المقوى بإضافة الألمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم) ومغلفة بمادة لجعلها موصلة (مثل أكسيد القصدير الإنديوم)، كما تستخدم **لوحة الدارة** مادة شبه موصلة (عادة السيليكون)، كما تستخدم أيضاً معادن شائعة الاستخدام مثل النحاس والقصدير والفضة والذهب.
تعتمد البطارية على أيونات الليثيوم ومجموعة متنوعة من المواد الأخرى، بما في ذلك الحديد والكوبالت والنحاس وأكسيد البولي إيثلين والبولي أكريلو نيتريل.

لا شيء يولد من عدم، وكذلك المعرفة

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

يتكون التيار الكهربائي من شحنات متحركة، قد تكون الشحنة على شكل إلكترونات أو شوارد، حيث يتدفق التيار عبر مسار دائري مغلق أو غير منقطع يسمى الدارة، ويتدفق التيار من خلال وسط موصّل نتيجة اختلاف الجهد الكهربائي بين نقطتين في الدارة، حيث يمتلك الجهد الكهربائي واحدة الطاقة لكل شحنة.

كما بينا مفهوم الأكسدة والإرجاع ووجدنا أن:

الأكسدة هي فقدان الإلكترونات، وتسمى الأجزاء الخاضعة للأكسدة **بالعامل المرجع**.

الإرجاع هو كسب الإلكترونات، وتسمى الأجزاء الخاضعة للإرجاع **بالعامل المؤكسد**.

وأنهُ لموازنة تفاعلات الأكسدة والإرجاع تستخدم طريقة نصف التفاعل، حيث يُجزأ تفاعل الأكسدة والإرجاع إلى تفاعل نصف الأكسدة وتفاعل نصف الإرجاع، ثم تتم موازنة تفاعل نصف الأكسدة وتفاعل نصف الإرجاع بشكل منفصل، كما يجب أن يمتلك كل نصف تفاعل نفس العدد من الذرات ذات النوع الواحد على جانبي المعادلة، ويُظهر نفس الشحنة الكلية على جانبي المعادلة أيضاً.

إن موازنة معادلة تفاعل الأكسدة والإرجاع في المحاليل المائية تتطلب في كثير من الأحيان إضافة أو إزالة الأكسجين أو الهيدروجين من المادة المتفاعلة.

يضاف الهيدروجين في المحاليل الحمضية عن طريق إضافة شوارد الهيدروجين H^+ ، بينما إزالته تكون عن طريق إنتاج الماء.

يمكن الحصول على معادلة التوازن في المحاليل الأساسية عن طريق موازنتها أولاً في المحاليل الحمضية، ومن ثم إضافة شوارد الهيدروكسيد OH^- إلى جانبي المعادلة المتوازنة وفق عدد يتم من خلالهِ **تحويل كافة شوارد الهيدروجين إلى الماء**.

كما تعرفنا على مفهوم الخلايا الغلفانية ورأينا أنها عبارة عن نصفي خلية، يحدث في نصف الخلية الأول نصف تفاعل أكسدة، بينما في نصف الخلية الثاني يحدث نصف تفاعل ارجاع.

أخيراً بينا مفهوم ترميز الخلية والذي يلعب دوراً هاماً في التعبير عن الخلايا وتدوينها.

هذا موجز مدرس المقرر، الأهم منهُ هو موجزك عزيزي الطالب بعد قراءة المحاضرة ومعرفة أهم الأفكار التي وردت فيها وتطبيقاتها.

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة يوم الأربعاء تاريخ 2025/04/23 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ مفهوم خلية دانيال.
- ✓ تحديد كمون الخلية القياسي لتفاعلات الأكسدة والإرجاع

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه المحاضرة بجامعات (جورج واشطن – الأرز –الينوي) في الولايات المتحدة.

د. سعود عبد الحليم كـــده

مكتبة A to Z