

الكيمياء - الصف الحادي عشر (الفصل الدراسي الثاني) 2023

تَمهيد : هُناك بعضُ التفاعلاتِ الكيميائية تُنتج تياراً كهربائياً ،

كما أن التيار الكهربائي يُستطيع أن يُنتج تفاعلات كيميائية لوجود علاقةٍ بينهما

أثبت العالم ألساندروفولتا أن التيار الكهربائي ينتج من ربط جسمين معدنيين مختلفين بحسم موصل



الكيمياء الكهربائية : هي فرعٌ من فروع الكيمياء الفيزيائية الذي يهتمُ بدراسة

التفاعلات الكيميائية التي تُنتج أو تمتص تياراً كهربائياً

تُقسمُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ بحسب حدوث انتقالِ الإلكترونات فيها الى نوعين :

تفاعلات الأكسدة والاختزال تفاعلات الإحلال المزدوج

التعريف	هي تفاعلات يحدث فيها انتقال إلكترونات من أحد المتفاعلات إلى الأخر	هي تفاعلات لا يحدث فيها انتقال إلكترونات
أمثلة	① تفاعلات الإحلال المفرد ② تفاعلات التحلل ③ تفاعلات الاحتراق	① تفاعلات الترسيب ② تعادل الأحماض والقواعد

طبيعة الخلايا الإلكتروليتية

أهمية العمليات الإلكتروليتية :

- تدخل في عملية استخراج الفلزات من خاماتها .
- الطلاء بالكهرباء مثل طلاء الأدوات المنزلية وقطع السيارات لحمايتها من التآكل والصدأ .
- تُمدنا بالطاقة اللازمة للكثير من تفاعلات الأكسدة والاختزال .
- صناعة أجهزة حديثة لعمل الأبحاث الطبية الحيوية وتحليل التلوث .

تفاعلات الأكسدة و الاختزال oxidation-reduction reaction

هي تفاعلات يحدث فيها انتقال إلكترونات من أحد المتفاعلات إلى الآخر

مثال : تفاعل الأكسدة و الاختزال بين ذرات الخارصين Zn و كاتيونات النحاس Cu^{2+}

تجربة
مهمة

ماذا يحدث عند غمر صفيحة من الخارصين Zn في محلول مائي من كبريتات النحاس II (أزرق اللون) :



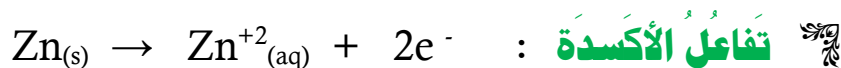
① تتكون طبقة بنية اللون على سطح شريحة الخارصين

② يبهت لون المحلول الأزرق تدريجياً إلى أن يختفي كلياً بعد بضع ساعات

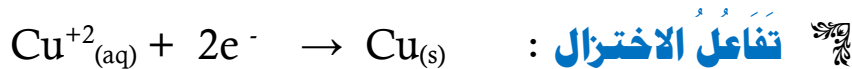


③ يتآكل سطح شريحة الخارصين

من التجربة السابقة نستنتج حدوث التفاعلات التالية :



+

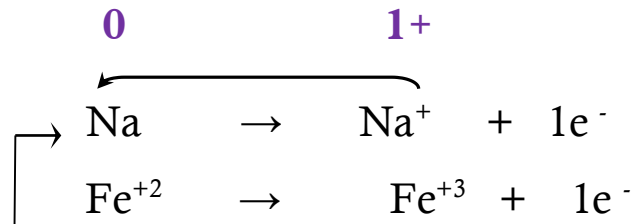


☺ عند جمع المعادلتين نحذف الإلكترونات ونحصل على معادلة التفاعل الكلي :



مما سبق نستنتج أن تعريف تفاعل الأكسدة و تعريف تفاعل الاختزال :

تفاعل الأكسدة : هي عملية ينتج عنها فقد إلكترونات و يصبحها زيادة في عدد التأكسد

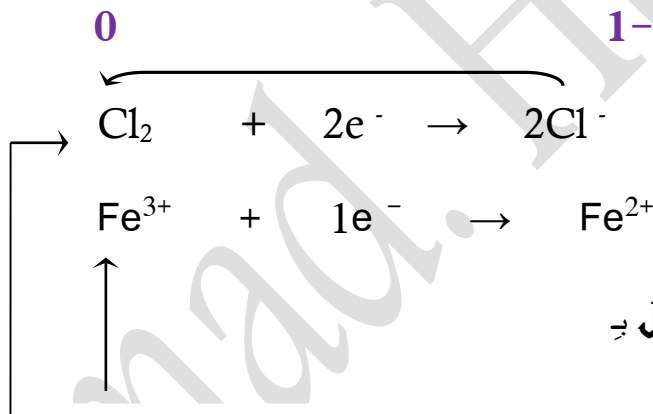


وتسمى المادة التي حدث لها عملية أكسدة بـ

العامل المختزل : هي مادة تفقد إلكترونات و يزداد عدد تأكسدها

أما

عملية الاختزال : هي عملية ينتج عنها اكتساب إلكترونات و يصبحها نقص في عدد التأكسد



وتسمى المادة التي حدث لها عملية اختزال بـ

العامل المؤكسد : وهي مادة تكتسب إلكترونات و ينقص عدد تأكسدها

ملاحظة : " عمليتا الأكسدة و الاختزال عمليتان متلازمتان تحدثان في وقت واحد وفي تفاعل واحد "

وزن معادلات الأوكسدة و الاختزال

يُمكنُ التَّعرُّفُ على تفاعلات الأوكسدة و الاختزال من خلال تغير أعداد التأكسد للمواد في المعادلة الكيميائية :

عدد التأكسد : هو عدد الشحنات الموجبة أو السالبة التي تبدو على ذرة العنصر

في مركب سواء كان أيونياً أو تساهمياً

لدينا مجموعة من القواعد التي تساعدنا في حساب أعداد التأكسد :

① عدد تأكسد الذرة في الحالة العنصرية يساوي صفر .

② عدد التأكسد للأيون البسيط (المكون من ذرة واحدة) يساوي عدد الشحنات الموجودة عليه بإشارته Na^+ , K^+



③ مجموع الشحنات الكهربائية في المركب المتعادل يساوي الصفر ($Na Cl$)

④ مجموع الشحنات الكهربائية في الأيون المتعدد الذرات يساوي الشحنة الظاهرة SO_4^{2-}

جدول يوضح أعداد التأكسد لعدد من العناصر و المجموعات الذرية:

قيمة عدد التأكسد	قواعد حساب عدد التأكسد	
صفر	عدد تأكسد أي مادة في الحالة العنصرية كما في K, Ca, Na أو الجزيئات كما في O_2 , H_2 , N_2 , Cl_2	
+1	عدد تأكسد أيونات العناصر القلوية في مركباتها K^+ , Li^+ , Na^+	
+2	عدد تأكسد أيونات العناصر القلوية الأرضية في مركباتها Mg^{2+} , Ca^{2+}	
+3	عدد تأكسد أيون Al^{3+} في مركباته	
-2	عدد تأكسد أيون S^{2-} مع الفلزات أو الهيدروجين	
-1	عدد تأكسد I^- , Br^- , Cl^- في المركبات (ما عدا مع الأكسجين أو الفلور)	
-1	عدد تأكسد F^- في جميع المركبات -1 لأنه أعلى العناصر في السالبية الكهربائية	
-2	عدد تأكسد O^{2-} في معظم المركبات (K_2O , Na_2O , H_2O)	O
-1	عدد تأكسد O في فوق الأكاسيد (K_2O_2 , Na_2O_2 , H_2O_2)	
+2	عند ارتباط الأكسجين بالفلور كما في مركب OF_2 فيكون عدد تأكسد الأكسجين	
+1	عدد تأكسد H^+ مع اللافلزات (مثل HNO_3 , HCl , H_2O)	H
-1	عدد تأكسد H مع الفلزات (مثل هيدريدات الفلزات NaH , CaH_2)	
-1	عدد تأكسد كل من أيون الهيدروكسيد OH^- وأيون النترات NO_3^-	
+1	عدد تأكسد كاتيون الأمونيوم NH_4^+	
-2	عدد تأكسد كل من أيون الكبريتات SO_4^{2-} وأيون الكربونات CO_3^{2-}	
صفر	مجموع الشحنات الكهربائية في المركبات المتعادلة = 0 (مثل H_2O , NH_3)	

وزن مُعادلات الأكسدة و الاختزال بطريقة أنصاف التفاعلات (أيون - إلكترون)

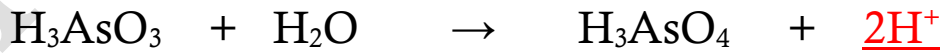
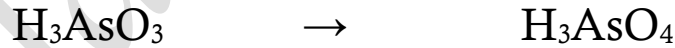
أولاً: في الوسط الحمضي

خطوات عملية الوزن:

- ✓ وزن ذرات العناصر على جانبي المعادلة
- ✓ وزن ذرات الأكسجين: بإضافة H_2O
- ✓ وزن ذرات الهيدروجين: بإضافة H^+
- ✓ وزن الشحنة: بإضافة e^-

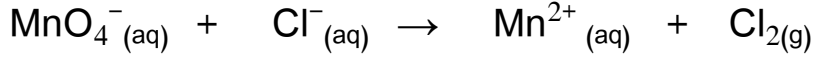
ثم إجمع نصفي التفاعل، مع ملاحظة أن المعادلة الموزونة النهائية لا تحتوي على أي إلكترونات

زن نصف التفاعل التالي بطريقة (الأيون - إلكترون) في الوسط الحمضي:



تمرين : استخدم طريقة أنصاف التفاعلات لوزن معادلة الأكسدة والاختزال التالية :

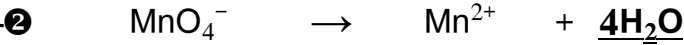
علماً أن التفاعل يحدث في (وسط حمضي)



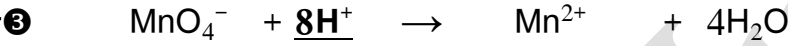
عملية



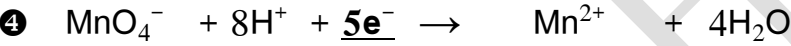
نزن الأكسجين بإضافة جزئ ماء عن كل ذرة أكسجين ناقصة



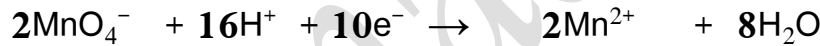
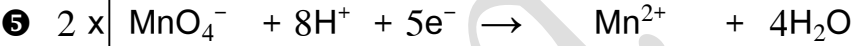
نزن الهيدروجين بإضافة أيون (H+) عن كل ذرة هيدروجين ناقصة



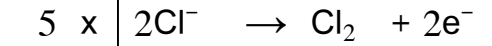
نزن الشحنات بإضافة الإلكترونات الى كل نصف تفاعل على حده



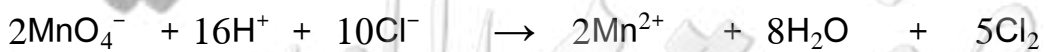
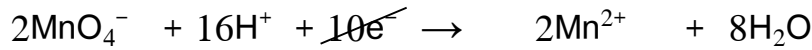
نساوي عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة في نصفي التفاعل



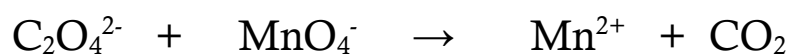
عملية



نقوم بجمع معادلتي الأكسدة والاختزال للحصول على المعادلة النهائية :



تمرين : معادلة الاكسدة والاختزال التالية غير موزونة



و المطلوب : 1- تحديد كل من العامل المؤكسد والعامل المختزل .

2- وزن العادلة السابقة بطريقة أنصاف التفاعلات في الوسط الحمضي

◆ العامل المؤكسد هو:
◆ العامل المختزل هو:

معلمة صفوة الكويت
KuwaitTeacher.Com



Electrochemical Cells الخلايا الكهروكيميائية



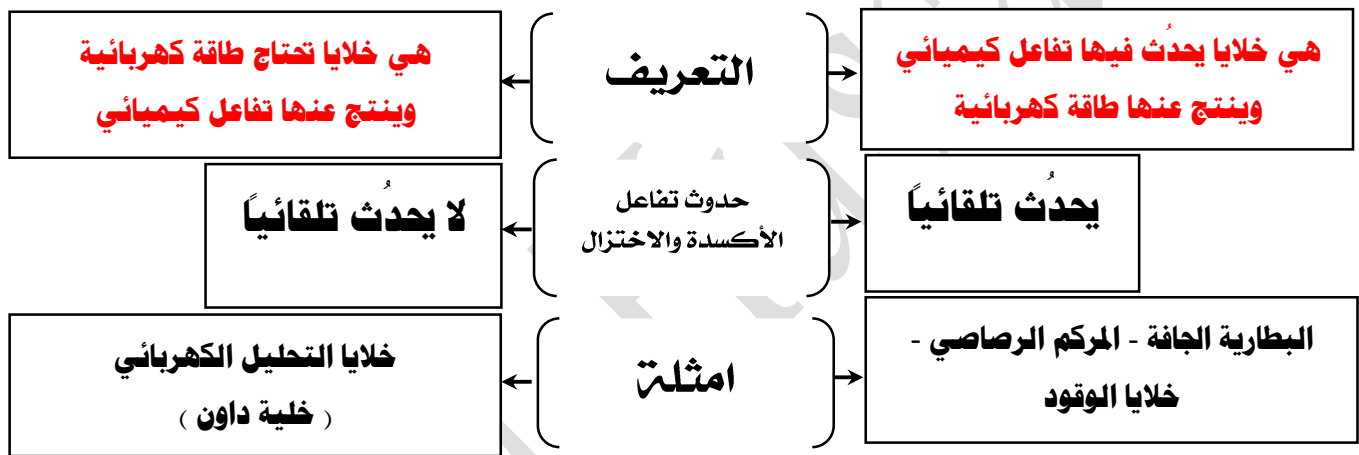
هي أنظمة أو أجهزة تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية أو العكس من

خلال تفاعلات أكسدة واختزال

وتنقسم هذه الخلايا الكهروكيميائية إلى قسمين :

الخلايا الكتروليتية

الخلايا الجلفانية أو (الفولتية)



كيف يمكن أن تنتج طاقة كهربائية من تفاعل أكسدة واختزال يحدث بشكل تلقائي ومستمر

سنراجع تجربة وضع شريحة خارصين في محلول يحتوي أيونات النحاس Cu^{2+} II :

ماذا يحدث عند وضع شريحة من الخارصين Zn في محلول مائي من كبريتات النحاس $CuSO_4$ II ؟



① يتآكل سطح شريحة الخارصين

② تتكون طبقة لونها بني غامق من النحاس على سطح الخارصين

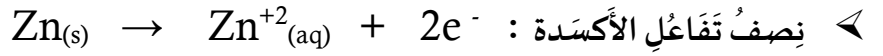
③ يبهت اللون الأزرق لمحلول كبريتات النحاس

④ **يزداد** تركيز كاتيونات الخارصين في المحلول و**يقل** تركيز كاتيونات النحاس

⑤ يُعتبر هذا التفاعل **طارداً للحرارة** حيث نلاحظ حرارة على وعاء التفاعل عند لمسه باليد من الخارج $\Delta H = -217.6 \text{ kJ/mol}$

علل : يزداد تركيز كاتيونات الخارصين في المحلول ؟

لحدوث عملية أكسدة لذرات الخارصين Zn وتحويلها إلى كاتيونات خارصين Zn^{2+} تذوب في المحلول



علل : يقل تركيز كاتيونات النحاس في المحلول ؟

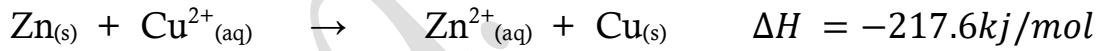
لاختزال كاتيونات النحاس Cu^{2+} وتحويلها إلى ذرات نحاس Cu تترسب على شريحة الخارصين



تفسير ما حدث :

① يحدث تفاعل بين الخارصين ومحلول كبريتات النحاس II بشكل تلقائي ومستمر ويصعبه انطلاق

طاقة حرارية حسب المعادلة التالية :



② يكون تبادل الإلكترونات مباشرة بين سطح فلز الخارصين $Zn_{(s)}$ وبين كاتيونات النحاس المتلامسين في المحلول

علل لا يمكن الحصول على طاقة كهربائية في التجربة السابقة ؟

و يرجع ذلك إلى عدم وجود موصل فلزي لحركة الإلكترونات (أي أن الدائرة مفتوحة)

ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة و علامة (X) أمام العبارة غير الصحيحة ؟

تنتج طاقة حرارية عند وضع قطعة من الخارصين في محلول من كبريتات النحاس II ()

مما سبق يمكن التوصل إلى أنه (لعزل خلية جلفانية) يجب أن يحدث نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال

التلقائي في مكانين منفصلين فيزيائياً كجزء من دائرة كهربائية مغلقة ، ويسمى كل نصف منهما نصف خلية

سؤال : ما هي شروط توليد التيار الكهربائي ؟

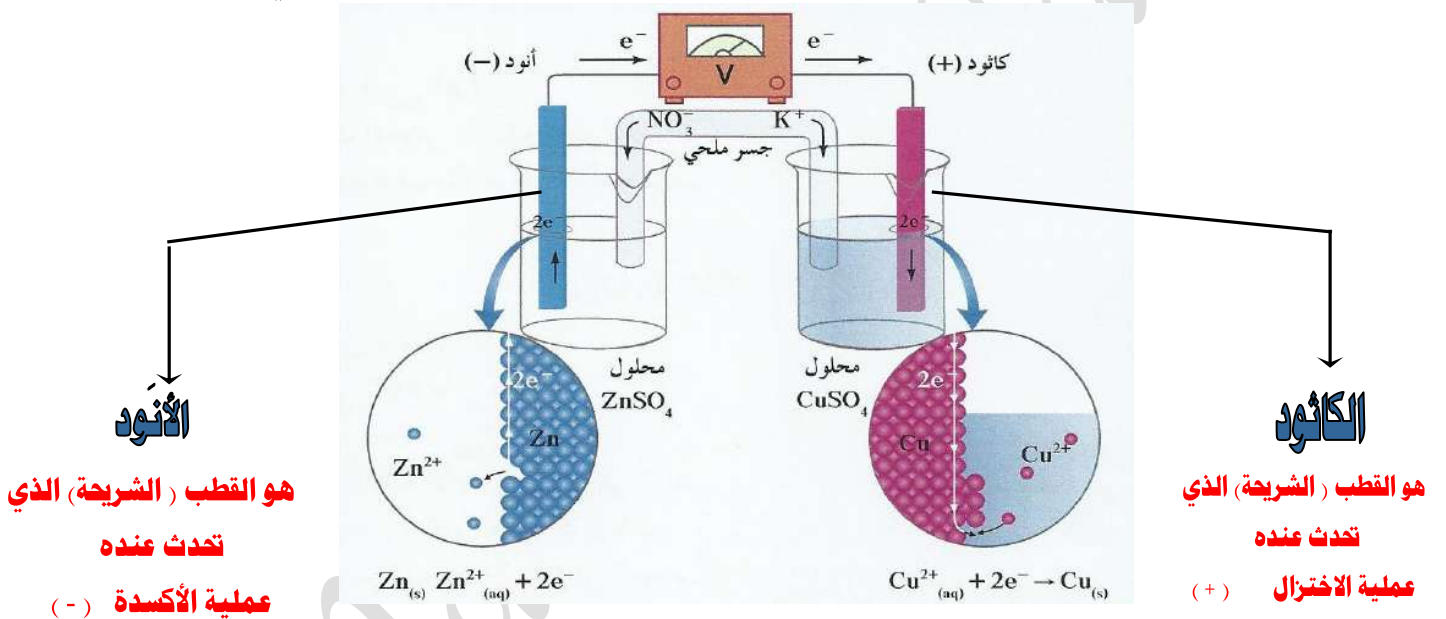
- ① وجود فرق جهد ناتج من الاختلاف في النشاط الكيميائي ومن تفاعلات الأكسدة والاختزال
- ② وجود حاملات للشحنات (موصلات)

سؤال : ما هي أنواع حاملات الشحنة ؟

موصلات أيونية (الكتروليتية)

موصلات فلزية (الكرونية)

ما المقصود بكل من (الأنود) ، (الكاثود) ، جهد الاختزال ، جهد الاختزال القياسي ؟



جهد الاختزال هو الطاقة المصاحبة لاكتساب المادة الكرونية أي ميلها إلى الاختزال

جهد الاختزال القياسي هو جهد الاختزال عند الظروف القياسية

سؤال : ما هي الظروف القياسية ؟

أي جهد الاختزال في الظروف القياسية عند (درجة الحرارة 25°C وضغط الغاز إن وجد (1atm) وتركيز المحلول (1M)

ملاحظة :

- ① جهد الاختزال يساوي جهد الأكسدة مع اختلاف الإشارة
- ② تم اعتماد أن جهد الاختزال القياسي للهيدروجين يساوي صفرًا بحسب نظام الاتحاد الدولي للكيمياء IUPAC

أنصاف الخلايا Half - Cells

يَتكوّنُ نصفُ الخليةِ: من وعاءٍ يحتوي على شريحةٍ (موصل فلزي) مغمورة

جزئياً في محلولٍ الكتروليتي لأحدِ مركباتِ مادةِ القطبِ (الشريحة)

ما المقصودُ بـ: ؟

نصفُ الخليةِ القياسي : هو نظامٌ يحتوي على شريحةٍ من فلزٍ موضوعةٍ في محلولٍ لأيوناتِ مادةِ الشريحة تركيزه (1M) عند 25°C و تحت ضغطٍ يُعادل (1 atm)

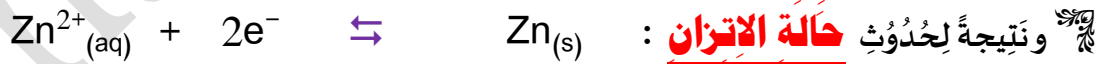
أمثلة على أنصاف خلايا Half - Cells

① نصفُ خليةِ الخارصينِ القياسية :

نصفُ خليةِ الخارصينِ : تتكوّنُ من وعاءٍ يحتوي على شريحةٍ خارصينٍ مغمورةٍ جزئياً في

1M محلولٍ مائي تركيزه من كاتيوناتِ الخارصينِ (Zn²⁺) عند درجة حرارة 25°C

وتحدّثُ حالةَ إترانٍ بين ذراتِ شريحةِ الخارصينِ وأيوناته .



① يبقى تركيزُ الكاتيوناتِ في المحلول ثابتاً

② تبقى كتلة الشريحة ثابتة

③ يُعتبرُ نصفُ الخليةِ المنفردة دائرة مفتوحة لا يمر بها تيار كهربائي

④ يرمزُ لنصفِ خليةِ الخارصينِ القياسية بالرمز الاصطلاحي التالي : Zn²⁺_(aq) (1M) / Zn_(s)

الرمز الاصطلاحي لنصف خلية النحاس

② نصف خلية الهيدروجين القياسية

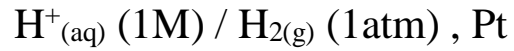
يَتكوّن مِن قُطبِ بلاتين مَغْمُورٍ فِي مَحْلُولِ حِمَضي

يَحْتَوِي عَلَى كَاتِيُونِ الهِيدْرُوجِينِ عِنْدَ الظُّرُوفِ القِياسِيَةِ .

وَيُمْكِنُ تَمَثِيلُ نِصْفِ التَّفَاعُلِ الحَادِثِ كالتالي :



الرّمزُ الاصطِلَاحِي لِنِصْفِ خَلِيَةِ الهِيدْرُوجِينِ القِياسِيَةِ هُوَ



مِمّا يَتكوّنُ قُطبُ البلاتين :

يَتكوّنُ قُطبُ البلاتين مِن شَرِيحَةٍ رَقِيقَةٍ مَرَبَعَةٍ وَصَغِيرَةٍ مِنَ البلاتين مَغْطَاةً بِطَبَقَةٍ سَوْدَاءَ مِنَ البلاتين المَجْزَأَ

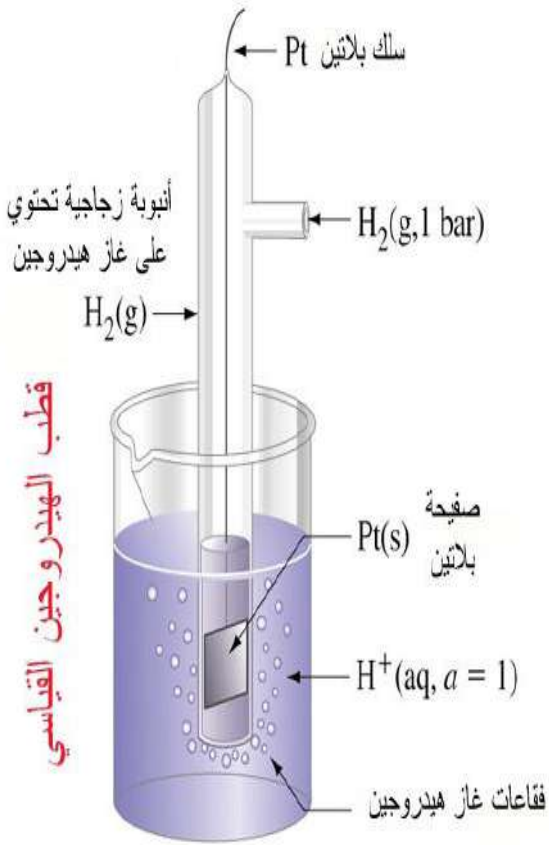
تَجْزِئاً دَقِيقاً يَعْمَلُ كِمَادَةٍ مَحْفَزةٍ

يُمَثِلُ الرّمزُ $E^{\circ}_{H^+/H_2}$ جُهدَ الاِخْتِزَالِ القِياسِيِ للهِيدْرُوجِينِ

ما المَقْصُودُ بِـ ؟

جُهدُ اِخْتِزَالِ الهِيدْرُوجِينِ القِياسِيِ :

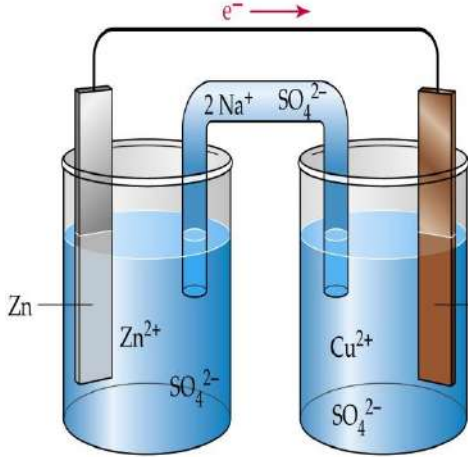
هُوَ مِيلُ كَاتِيُونَاتِ الهِيدْرُوجِينِ إِلَى أَنْ تَكْتَسِبَ إِكْتِرُونَاتٍ وَتُخْتَزَلَ إِلَى غَازِ الهِيدْرُوجِينِ



الخلية الجلفانية Galvanic Cell

هي خلية يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة حدوث تفاعل أكسدة واختزال بشكل تلقائي مستمر

مثال : خلية الخارصين - النحاس القياسية



ما هي مكونات خلية الخارصين - النحاس القياسية ؟

- ① نصف خلية الخارصين القياسية ونصف خلية النحاس القياسية
- ② موصل فلزي في الدائرة الخارجية ومفتاح و فولتمتر لقياس فرق الجهد
- ③ الجسر الملحي :

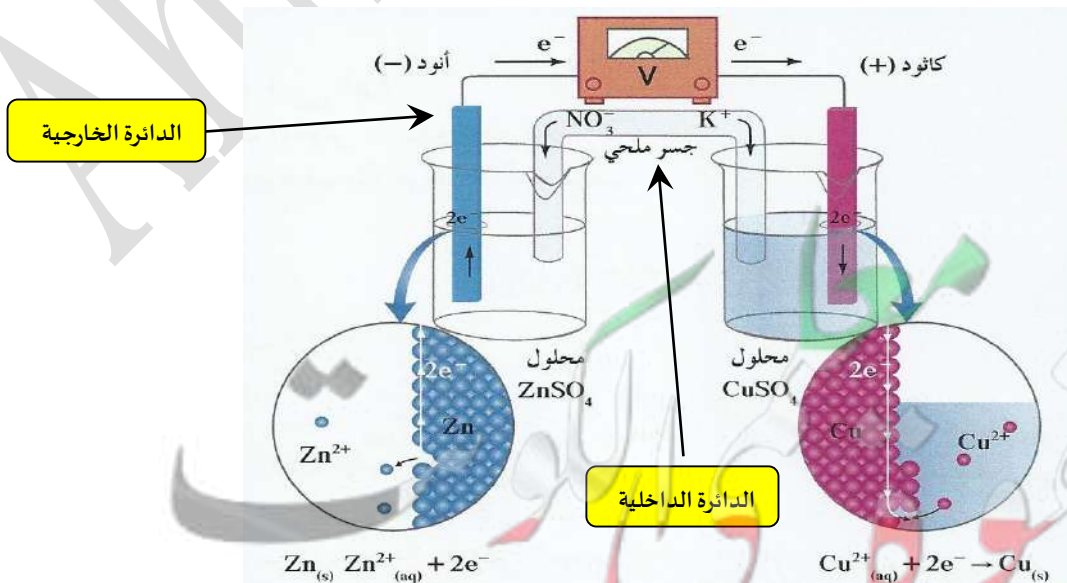
أنبوب على شكل حرف U يحتوي على محلول الكتروليتي من نترات البوتاسيوم KNO_3 أو KCl أو Na_2SO_4 المذاب في جيلاتين لربط نصفي الخلية

→ كيف تعمل خلية الخارصين - النحاس ؟

عند غلق الدائرة الخارجية ينحرف مؤشر الفولتمتر، مما يدل على مرور تيار كهربائي في

الدائرة الخارجية من قطب الخارصين (الانود) إلى قطب النحاس (الكاثود) مما يعني أنه يمر في الاتجاه

المعكس في الدائرة الداخلية للخلية المؤلفة من المحاليل والجسر الملحي



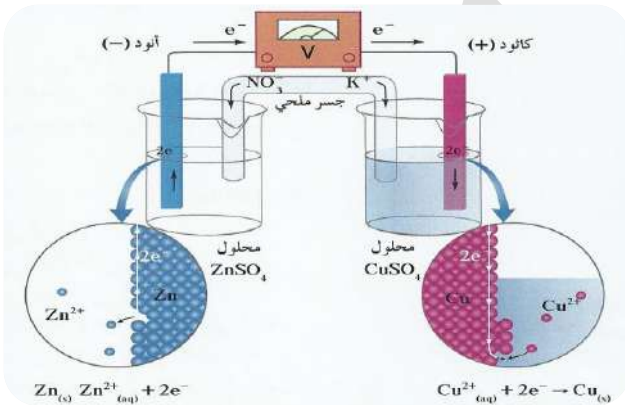
التفاعلات والتغيرات التي تحدث عند عمل الخلية الجلفانية

عند الكاثود (+)	عند الأنود (-)
<p>① اختزال كاتيونات النحاس Cu^{2+} تتحول إلى ذرات نحاس تترسب على القطب</p> $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$ <p>② يقل تركيز كاتيونات النحاس Cu^{2+} في المحلول</p> <p>③ يسمى قطب النحاس بالكاثود ويحمل شحنة موجبة.</p> <p>④ زيادة كتلة (قطب) النحاس</p>	<p>① يحدث أكسدة لفلز الخارصين Zn يتحول إلى كاتيونات خارصين</p> $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ <p>② يزداد تركيز كاتيونات الخارصين Zn^{2+} في المحلول</p> <p>③ يُسمى قُطْبُ الخَارِصِينِ بالأنود ويحمل شحنة سَالِبَةً بِسَبَبِ تَوَلَّدِ الإِلِكْتِرُونَاتِ عِنْدَهُ.</p> <p>④ تتناقص كتلة (قطب) الخارصين.</p>

مما سبق يمكن التوصل إلى أنه عندما تعطي الخلية الجلفانية تيارا كهربائيا فإن :

① كتلة قطب الأنود تقل ، ويزداد تركيز محلول الأنود علل

② كتلة قطب الكاثود تزداد ، ويقل تركيز محلول الكاثود علل



سؤال : ما هي وظيفة الجسر الملحي ؟

① تسمح بتلامس المحلولين دون أن يختلطا بسرعة .

② تعمل كمخزن لأيونات .

③ تسمح بهجرة الأيونات خلالها إلى المحلولين حتى تحافظ على حالة التعادل الكهربائي فيهما .

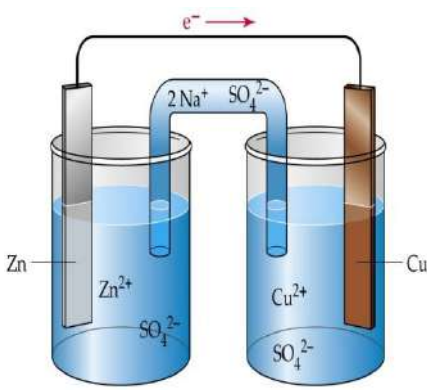
تهاجر كاتيونات (K^{+}) الكتروليت الجسر الملحي باتجاه نصف خلية النحاس (عند الكاثود)

وتهاجر أنيونات (NO_3^{-}) الكتروليت الجسر المحلي إلى نصف خلية الخارصين (عند الأنود)

حيث التركيز الأكبر من الكاتيونات

تتحرك الكاتيونات الموجودة في الجسر الهلحي و في نصفي الخلية نحو محلول

الرمز الاصطلاحي للخلايا الجلفانية Galvanic Cell Representation



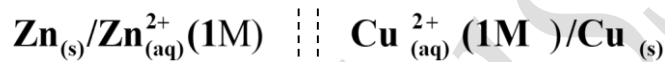
لكل خلية جلفانية رمزا اصطلاحيا يدل على التفاعلات الحادثة فيها ،

وحسب نظام الأيوباك يتم التعبير عن الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية بكتابة :

نصف خلية الكاثود على اليمين (عملية اختزال) ، نصف خلية الأنود على اليسار (عملية أكسدة) .

يتم فصل النصفين بخطين رأسيين (|||) يمثلان الجسر الملحي .

وعليه فإن الرمز الاصطلاحي لخلية الخارصين - النحاس القياسية هو :

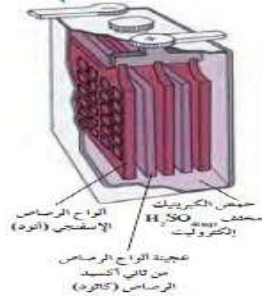


تطبيقات على الخلايا الجلفانية Galvanic Cell Applications

تقسم الخلايا التجارية إلى قسمين :

أنواع الخلايا	”خلايا أولية”	”خلايا ثانوية”
التعريف	هي خلايا تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة حدوث تفاعلات أكسدة و اختزال بشكل تلقائي و هي غير قابلة لإعادة الشحن	هي خلايا تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة حدوث تفاعلات أكسدة و اختزال بشكل تلقائي و هي قابلة لإعادة الشحن
أمثلة	الخلية الجافة (خلية لوكلا نشيه) خلية (الخارصين - الكربون)	المركم الرصاصي (بطارية السيارة)

المركم الرصاصي (بطارية السيارة)



عجينة من الرصاص الاسفنجي Pb	الأنود
عجينة من ثاني أكسيد الرصاص PbO ₂	الكاثود
حمض الكبريتيك المخفف H ₂ SO ₄	الالكتروليت
تتأكسد ذرات الرصاص وتتحد مع أنيونات الكبريتات مكونة كبريتات الرصاص $\text{Pb}_{(s)} + \text{SO}_4^{2-}_{(s)} \rightarrow \text{PbSO}_4_{(s)} \downarrow + 2e^-$	عند الأنود
يختزل ثاني أكسيد الرصاص في وجود كاتيونات الهيدروجين مكوناً الماء وكبريتات الرصاص $\text{PbO}_{2(s)} + 4\text{H}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{PbSO}_4_{(s)} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	عند الكاثود
$\text{Pb}_{(s)} + \text{PbO}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow 2\text{PbSO}_4_{(s)} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	التفاعل النهائي (تفريغ المركم)
تشغيل السيارات	استخداماته
$2\text{PbSO}_4_{(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Pb}_{(s)} + \text{PbO}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$	معادلة إعادة (شحن المركم)

علل : يمكن تفريغ المركم الرصاصي وإعادة شحنه لعدد لا نهائي من المرات ولكن عمره ، من الناحية العملية محدود ؟

" بسبب ترسب كميات صغيرة من كبريتات الرصاص على جانبي البطارية "

ضح علامة (√) أمام العبارة الصحيحة و علامة (X) أمام العبارة غير الصحيحة ؟

() عند تفريغ المركم الرصاصي ، تتراكم كبريتات الرصاص عند غلق الدائرة الخارجية للخلية على اللواح ببطء ()

() تتكون كبريتات الرصاص || عند كل من أنود و كاثود المركم الرصاصي عند غلق الدائرة الخارجية له ()

أنصاف الخلايا و جهود الخلايا

الجهود الكهربائي :

هو مقياس قدرة الخلية على إنتاج تيار كهربائي و يقاس بالفولت V

ملاحظة : يفوق جهد الاختزال لنصف الخلية الذي يحدث عنده الاختزال جهد الاختزال

الذي يحدث عنده الأكسدة والفرق بين هذين الجهدين يسمى :

$$\text{جهد الخلية} = \text{جهد الاختزال لنصف الخلية} - \text{جهد الاختزال لنصف الخلية}$$

الذي يحدث عنده الأكسدة الذي يحدث عنده الاختزال

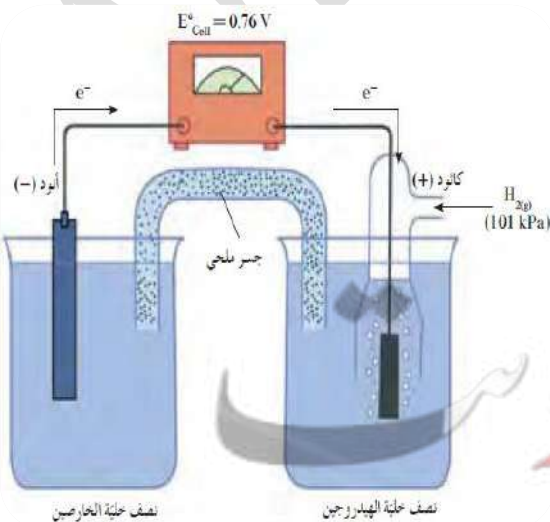
جهد الخلية E_{cell} = جهد اختزال الكاثود - جهد اختزال الانود

$$E_{\text{cell}} = E_{(\text{reduction})} - E_{(\text{oxidation})}$$

جهود الاختزال القياسية لأنصاف الخلايا

كيف نقيس جهود الاختزال القياسية لأنصاف الخلايا باستخدام نصف خلية الهيدروجين القياسية كالتالي :

① تكون خليةً جلفانيةً من نصفين أحدهما نصفُ خليةِ الهيدروجين القياسية والأخرى نصف



الخلية المراد قياس جهدها ونوصل الخليتين بمقياس الجهد

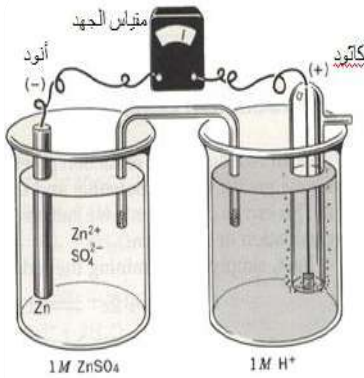
② القراءة التي تظهر على الفولتميتر تكون هي جهد الاختزال

لنصف الخلية المراد قياسها على اعتبار

أن جهد الاختزال لنصف خلية الهيدروجين القياسية يساوي صفر

مسألة: خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الخارصين القياسية، ونصف خلية الهيدروجين القياسية، قيمة جهدها

القياسي (E_{cell}°) تساوي 0.76 V عندما تم توصيل قطب الهيدروجين بالطرف الموجب لمقياس الجهد



المطلوب: ?

- ① تحديد قطب الأنود وقطب الكاثود ② كتابة معادلة التفاعل الحادث عند كل قطب .
- ③ كتابة معادلة التفاعل الكلي الحادث في الخلية . ④ كتابة الرمز الاصطلاحي للخلية .
- ⑤ حساب قيمة جهد الاختزال القطبي القياسي لنصف خلية الخارصين .

الحل:

الكاثود (+) هو نصف خلية الهيدروجين والأنود (-) هو نصف خلية الخارصين	تحديد قطب الأنود وقطب الكاثود	1
$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$	التفاعل الحادث عند الأنود (النكسدة)	2
$2H^{+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow H_2(g)$	التفاعل الحادث عند الكاثود (الاختزال)	
$Zn(s) + 2H^{+}(aq) \rightarrow H_2(aq) + Zn^{2+}(aq)$	التفاعل الكلي الحادث في الخلية	3
$Zn/Zn^{2+}(1M) // H^{+}(1M)/H_2(g)(1atm)$	الرمز الاصطلاحي للخلية	4
$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{(كاثود)} - E^{\circ}_{(أنود)}$ $0.76 = 0.0 - E^{\circ}_{zn/zn^{2+}}$ $E^{\circ}_{zn/zn^{2+}} = -0.76 V$	حساب قيمة جهد الاختزال القطبي القياسي لنصف خلية الخارصين	5

علل: جهد اختزال الخارصين في خلية الخارصين - الهيدروجين يكون مسبقاً بإشارة سالبة

لأن ميل كاتيونات الخارصين للاختزال إلى فلز الخارصين في هذه الخلية أقل من ميل كاتيونات

الهيدروجين للاختزال إلى غاز الهيدروجين

علل: جهد اختزال النحاس في خلية (النحاس - الهيدروجين) يكون مسبقاً بإشارة موجبة

لأن ميل كاتيونات النحاس للاختزال إلى فلز النحاس في هذه الخلية أكبر من ميل كاتيونات

الهيدروجين للاختزال إلى غاز الهيدروجين

خلية رزمها الاصطلاحي Pt. $H_2(g) (1atm) / H^{+}(aq)(1M) // Al^{3+}(aq)(1M) / Al(s)$ وكانت

قراءة الفولتميتر الموصل بالدائرة (+ 1.66 V) ، فإن قيمة جهد الاختزال لنصف خلية الألمنيوم تساوي V

سلسلة جهود الاختزال القياسية Standard Reductions Potential Series

هي ترتيب تصاعدي لجميع العناصر تبعا لجهود الاختزال القطبية القياسية لها

مزايا ترتيب أنصاف الخلايا في السلسلة الالكتروكيميائية

① القيمة العددية لجهود الاختزال القياسي لنصف الخلية تساوي القيمة العددية

لجهود الأكسدة القياسي لنفس نصف الخلية ولكن بإشارة مخالفة

أنصاف الخلايا التي تسبق (فوق) الهيدروجين في سلسلة جهود الاختزال

-	K البوتاسيوم
-	Na الصوديوم
-	Ca الكالسيوم
-	Mg المغنيسيوم
-	Al الألمنيوم
-	Zn الزنك
-	Fe الحديد
-	Sn القصدير
-	Pb الرصاص

(1) جهود اختزالها تملك إشارة سالبة (-)

(2) جهود اختزالها منخفضة

(3) لا تميل للاختزال

(4) تميل للأكسدة

(5) تعمل **أنوداً** عند توصيلها بنصف خلية الهيدروجين

0

+
+
+
+

H ₂ الهيدروجين
Cu النحاس
Hg الزئبق
Ag الفضة
Au الذهب

نُعيد قيم جهود الاختزال لأنصاف الخلايا التي تسبق الهيدروجين لها إشارة **سالبة** أي أن :

أ (العناصر الفلزية التي تسبق الهيدروجين :

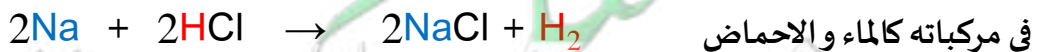
(1) جهود اختزالها منخفضة (-)

(2) تتأكسد بسهولة

(3) لا توجد منفردة في الطبيعة

(4) نشاطها الكيميائي مرتفع

(5) تحل محل الهيدروجين في محاليل مركباته (كالماء والاحماض)



في مركباته كالماء والاحماض

ب (تعمل أنصاف خلايا العناصر التي تسبق الهيدروجين **كأنود** عند توصيلها بنصف خلية الهيدروجين

ولذلك هي أسهل في الأكسدة وأصعب في الاختزال من الهيدروجين **مثل** خلية (الزنك-الهيدروجين القياسية)

أنصاف الخلايا التي تلي الهيدروجين في سلسلة جهود الاختزال :

K البوتاسيوم
Na الصوديوم
Ca الكالسيوم
Mg المغنيسيوم
Al الألمنيوم
Zn الزنك
Fe الحديد
Sn القصدير
Pb الرصاص
H ₂ الهيدروجين
Cu النحاس
Hg الزئبق
Ag الفضة
Au الذهب

(1) جهود اختزالها تملك إشارة موجبة (+)

(2) جهود اختزالها مرتفعة

(3) تميل للاختزال

(4) لا تميل للأكسدة

(5) تعمل كاثوداً عند توصيلها بنصف خلية الهيدروجين

نعيد قيم جهود الاختزال لأنصاف الخلايا التي تلي الهيدروجين لها إشارة **موجبة** أي أن :

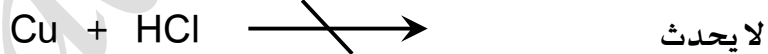
(1) جهود اختزالها مرتفعة (+)

(2) لا تتأكسد بسهولة

(3) توجد منفردة في الطبيعة

(4) نشاطها الكيميائي منخفض

(5) لا تحل محل الهيدروجين في محاليل مركباته (كالماء والاحماض)



و تعمل أنصاف خلايا العناصر التي تلي الهيدروجين **ككاثود** عند توصيلها بنصف خلية

الهيدروجين ولذلك فهي أصعب في الأكسدة وأسهل في الاختزال من الهيدروجين **مثل** خلية (الهيدروجين - النحاس القياسية)

سلسلة جهود الاختزال القياسية

Li هو أقوى

العوامل المختزلة

Li⁺ أضعف

العوامل المؤكسدة

Half-Reaction	E ⁰ (V)
Li⁺(aq) + e⁻ → Li(s)	-3.05
K ⁺ (aq) + e ⁻ → K(s)	-2.93
Ba ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Ba(s)	-2.90
Na ⁺ (aq) + e ⁻ → Na(s)	-2.71
Mg ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Mg(s)	-2.37
Al ³⁺ (aq) + 3 e ⁻ → Al(s)	-1.66
2 H ₂ O + 2 e ⁻ → H ₂ (g) + 2 OH ⁻ (aq)	-0.83
Zn ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Zn(s)	-0.76
Cr ³⁺ (aq) + 3 e ⁻ → Cr(s)	-0.74
Fe ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Fe(s)	-0.44
Cd ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Cd(s)	-0.40
PbSO ₄ (s) + 2 e ⁻ → Pb(s) + SO ₄ ²⁻ (aq)	-0.31
Co ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Co(s)	-0.28
Ni ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Ni(s)	-0.25
Pb ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Pb(s)	-0.13
2 H ⁺ (aq) + 2 e ⁻ → H ₂ (g)	0.00
Cu ²⁺ (aq) + e ⁻ → Cu ⁺ (aq)	+0.13
AgCl(s) + e ⁻ → Ag(s) + Cl ⁻ (aq)	+0.22
Cu ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Cu(s)	+0.34
O ₂ (g) + 2 H ₂ + 4 e ⁻ → 4 OH ⁻ (aq)	+0.40
I ₂ (s) + 2 e ⁻ → 2 I ⁻ (aq)	+0.53
MnO ₄ ⁻ (aq) + 2 H ₂ O + 3 e ⁻ → MnO ₂ (s) + 4 OH ⁻ (aq)	+0.59
O ₂ (g) + 2 H ⁺ (aq) + 2 e ⁻ → H ₂ O ₂ (aq)	+0.68
Fe ³⁺ (aq) + e ⁻ → Fe ²⁺ (aq)	+0.77
Ag ⁺ (aq) + e ⁻ → Ag(s)	+0.80
Hg ₂ ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ → 2 Hg(l)	+0.85
Br ₂ (l) + 2 e ⁻ → 2 Br ⁻ (aq)	+1.07
O ₂ (g) + 4 H ⁺ (aq) + 4 e ⁻ → 2 H ₂ O	+1.23
MnO ₂ (s) + 4 H ⁺ (aq) + 2 e ⁻ → Mn ²⁺ (aq) + 2 H ₂ O	+1.23
Cl ₂ (g) + 2 e ⁻ → 2 Cl ⁻ (aq)	+1.36
MnO ₄ ⁻ (aq) + 8 H ⁺ (aq) + 5 e ⁻ → Mn ²⁺ (aq) + 4 H ₂ O	+1.51
PbO ₂ (s) + 4 H ⁺ (aq) + SO ₄ ²⁻ (aq) + 2 e ⁻ → PbSO ₄ (s) + 2 H ₂ O	+1.70
F ₂ (g) + 2 e ⁻ → 2 F ⁻ (aq)	+2.87

عوامل مختزلة

عوامل مؤكسدة

F₂ أقوى

العوامل المؤكسدة

F⁻ هو أضعف

العوامل المختزلة

يُمكن معرفة العوامل المختزلة و العوامل المؤكسدة من السلسلة الكهروكيميائية ، وتدرجها في القوة

العوامل المؤكسدة	العوامل المختزلة
هي الأنواع التي تقع على يسار السهم في سلسلة جهود الاختزال وتحدث لها عملية اختزال	هي الأنواع التي تقع على يمين السهم في السلسلة تحدث لها عملية أكسدة
أقوى العوامل المؤكسدة هي تلك الأنواع التي تقع على أسفل يسار السلسلة	أقوى العوامل المختزلة هي تلك الأنواع التي تقع أعلى يمين السلسلة
F_2 الفلور أقوى العوامل المؤكسدة	يعتبر عنصر الليثيوم (Li) أقوى العوامل المختزلة
يعتبر كاتيون الليثيوم (Li^+) أضعف العوامل المؤكسدة	يعتبر أنيون الفلوريد (F^-) أضعف العوامل المختزلة

ملاحظات هامة جدا جدا على سلسلة جهود الاختزال القياسية :

عندما نتحدث عن **الفلزات** (العلاقة عكسية بين جهد اختزالها و نشاطها الكييميائي)

K البوتاسيوم	الفلز	• يكون
Na الصوديوم		
Ca الكالسيوم	أقل	• الذي جهد اختزاله
Mg المغنيسيوم		
Al الألمنيوم		
Zn الزنك	أكثر	• نشاطه الكييميائي
Fe الحديد		
Sn القصدير		
Pb الرصاص		
H ₂ الهيدروجين	اسفل	• و أكسدته
Cu النحاس		
Hg الزئبق		
Ag الفضة		
Au الذهب		

من الفلز الذي جهد اختزاله أكبر

وبالتالي يستطيع أن يحل محله (يطرده) من محاليل مركباته

الفلز الذي في أعلى السلسلة الكهروكيميائية

يحل محل كاتيون الفلز الذي في الأسفل

ويطرده من محاليل مركباته



مثلاً : الخارصين يقع فوق النحاس في السلسلة الكهروكيميائية وبالتالي يكون أكثر نشاطاً

ويستطيع أن يحل محله (يطرده) من محاليل مركباته :



عندما نتحدثُ عن **اللافلزات** (العلاقة طردية بين جهد اختزالها و نشاطها الكييميائي)



من اللافلز الذي جهد اختزاله أقل

وبالتالي يستطيع أن يحل محله (يطرده) من محاليل مركباته

ويطرده من محاليل مركباته

يحل محل أنيون اللافلز الذي في الأعلى

اللافلز الذي في أسفل السلسلة الكهروكيميائية

$I_{2(s)} + 2 e^- \rightarrow 2 I_{(aq)}$	+0.53
$MnO_4^-(aq) + 2 H_2O + 3 e^- \rightarrow MnO_{2(s)} + 4 OH^-(aq)$	+0.59
$O_{2(g)} + 2 H^+(aq) + 2 e^- \rightarrow H_2O_{2(aq)}$	+0.68
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0.77
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	+0.80
$Hg_2^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow 2 Hg_{(l)}$	+0.85
$Br_{2(l)} + 2 e^- \rightarrow 2 Br^-(aq)$	+1.07
$O_{2(g)} + 4 H^+(aq) + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O$	+1.23
$MnO_{2(s)} + 4 H^+(aq) + 2 e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 2 H_2O$	+1.23
$Cl_{2(g)} + 2 e^- \rightarrow 2 Cl^-(aq)$	+1.36
$MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) + 5 e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4 H_2O$	+1.51
$PbO_{2(s)} + 4 H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2 e^- \rightarrow PbSO_{4(s)} + 2 H_2O$	+1.70
$F_{2(g)} + 2 e^- \rightarrow F^-(aq)$	+2.87

F_2 أقوى

العوامل المؤكسدة

F^- هو أضعف
العوامل المختزلة



علل : الفلور يستطيع أن يحل محل جميع أنيونات الهالوجينات في محاليل مركباتها ، بينما لا يستطيع اليود أن يحل محل أي منها

أهمية معرفة جهود الخلايا القياسية في تحديد الأنود و الكاثود عند عمل خلية :

الكاثود	الأنود	القطب
اختزال	أكسدة	العملية
الأكثر	الأقل	جهد اختزاله

😊 يمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعل بمعرفة قيم جهود الاختزال القطبية القياسية لأنصاف

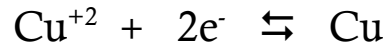
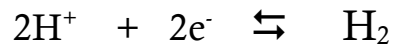
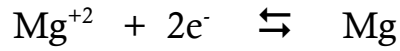
الخلايا الأكسدة والاختزال بشكل تلقائي مستمر من عدمه عن طريق حساب جهد التفاعل :

إذا كانت قيمة جهد التفاعل **موجبة** ، دل ذلك على أن التفاعل **يحدث** بشكل تلقائي مستمر

إذا كانت قيمة جهد التفاعل **سالبة** ، دل ذلك على أن التفاعل **لا يحدث** بشكل تلقائي مستمر

* أسئلة و مسائل في سلسلة جهود الأختزال القياسية

❖ أهلك جزء من السلسلة الكهروكيميائية و منه نستنتج أن :

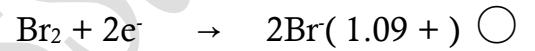
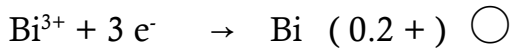


(1) أقوى العوامل المؤكسدة من هذه الأنواع هو :

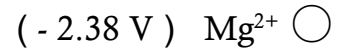
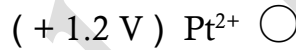
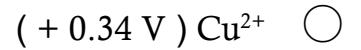
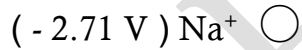
(2) أقوى العوامل المختزلة منها هو :

(3) أكبر قيمة جهد خلية تكون ما بين :

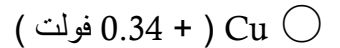
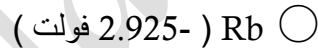
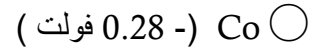
❖ أقوى عامل مؤكسد من بين الأنواع التالية هو : (جهد الاختزال بالفولت بين القوسين) :



❖ أفضل العوامل المختزلة من الأنواع التالية (جهود الاختزال القياسية بين القوسين) هو :

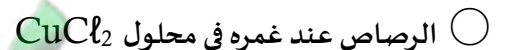
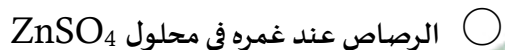
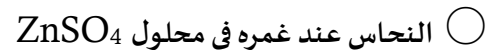
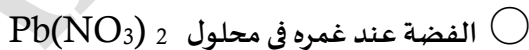


❖ الفلز الذي له أكبر قدرة على فقد إلكترونات أثناء التفاعلات الكيميائية من بين الفلزات التالية هو :



❖ إذا علمت أن جهود الاختزال القطبية لكل من Ag^{+} ، Cu^{2+} ، Pb^{2+} ، Zn^{2+} ، هي $+0.8 \text{ V}$ ، $+0.34$ ،

-0.126 V ، -0.76 ، على الترتيب ، فإن الفلز الذي يغطي بطبقة من ذرات الفلز الموجود في المحلول هو فلز :



❖ إذا كانت جهود الاختزال القطبية القياسية لكل من الكروم ، الكاديوم ، النيكل هي علي الترتيب

، - 0.74 V ، - 0.4 ، - 0.23 ، فإن أحد التفاعلات التالية يحدث تلقائياً ، هو :



❖ في تفاعل معين وُجد أن ذرات العنصر X تحل محل أيونات العنصر Z في محاليل أملاحه ،

فتكون جميع الإجابات التالية صحيحة عدا :

○ جهد اختزال العنصر X أعلى من جهد اختزال العنصر Z

○ تختزل ذرات العنصر X

○ العنصر X يسبق العنصر Z في السلسلة الكهروكيميائية

○ تتأكسد أيونات العنصر Z

❖ إذا علمت أن جهود الاختزال القطبية القياسية لكل من النيكل ، الحديد ، النحاس ، الألمنيوم ، هي

- 0.23 ، - 0.4 ، + 0.34 ، - 1.67 ، على الترتيب ، فإن :

○ النحاس يؤكسد الألمنيوم ولا يؤكسد الحديد .

○ النيكل يختزل الحديد ولا يختزل النحاس .

○ الحديد يؤكسد الألمنيوم ويختزل النيكل .

○ الألمنيوم يؤكسد الحديد ولا يؤكسد النحاس .

❖ في تفاعل معين وُجد أن ذرات العنصر X تحل محل أيونات العنصر Z في محاليل أملاحه ،

فتكون جميع الإجابات التالية صحيحة عدا :

○ جهد اختزال العنصر X أعلى من جهد اختزال العنصر Z

○ تختزل ذرات العنصر X

○ العنصر X يسبق العنصر Z في السلسلة الكهروكيميائية

○ تتأكسد أيونات العنصر Z

❖ من التفاعل التالي : $Pb + 2Ag^+ \rightarrow Pb^{2+} + 2Ag$ يدل على أن :

الرصاص يلي الفضة في السلسلة الكهروكيميائية

الرصاص عامل مؤكسد أقوى من الفضة

جهد الاختزال القطبي للرصاص أكبر منه الفضة

الرصاص عامل مختزل أقوى من الفضة

❖ إذا كانت القوة المحركة الكهربائية للخلية الجلفانية $Sc / Sc^{2+} (1M) // Cu^{2+} (1M) / Cu$ تساوي $+ 2.41 V$

وجهد الاختزال القياسي لقطب النحاس يساوي $+ 0.34 V$ فإن جهد الاختزال القياسي لقطب السكندسيوم (Sc) يساوي :

$+ 2.75 V$ $+ 2.07 V$ $- 2.07 V$ $- 2.75 V$

❖ إذا كان جهد اختزال Sn^{4+} / Sn^{2+} يساوي $+ 0.15 V$ وجهد اختزال Fe^{3+} / Fe^{2+} يساوي $+ 0.75 V$

فإن جهد التفاعل التالي :

$0.9 V$ $- 0.9 V$ $+ 0.6 V$ $- 0.6 V$

❖ التفاعل التالي : $Cl_{2(g)} + 2 NaI_{aq} \rightarrow 2 NaCl_{aq} + I_{2(g)}$ يحدث بشكل تلقائي و منه نستنتج :

1 يتفاعل الكلور مع محلول يوديد الصوديوم (يحل الكلور محل أنيونات اليوديد (I^-) في المحلول)

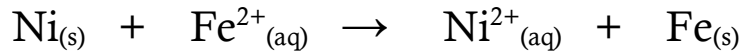
2 الأنود هو والكاثود هو

3 الكلور اليود في السلسلة الكهروكيميائية

4 الكلور يعتبر عامل بينما أنيونات اليوديد عامل

5 يعتبر الكلور عامل مؤكسد من اليود

مسألة احسب جهد الخلية E°_{cell} لتحديد ما اذا كان تفاعل الأكسدة والاختزال التالي تلقائياً أم لا



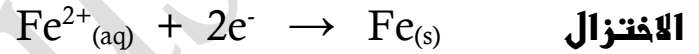
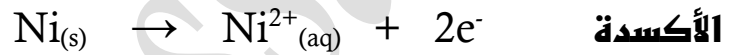
الحل :

تذكير : يكون تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائي اذا كان جهد الخلية القياسي **موجباً**

نحدد تفاعل الأكسدة والاختزال من المعادلة

نفكك معادلة الأكسدة والاختزال الى نصف تفاعل أكسدة ونصف تفاعل اختزال

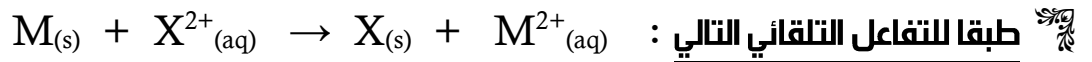
الجهد القياسي (V)	نصف تفاعل	القطب
-3.05	$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}$	Li^+/Li
-2.93	$\text{K}^+ + e^- \rightarrow \text{K}$	K^+/K
-2.90	$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ba}$	Ba^{2+}/Ba
-2.71	$\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$	Na^+/Na
-2.37	$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}$	Mg^{2+}/Mg
-1.66	$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}$	Al^{3+}/Al
-0.83	$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$
-0.76	$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	Zn^{2+}/Zn
-0.74	$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Cr}$	Cr^{3+}/Cr
-0.44	$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$	Fe^{2+}/Fe
-0.42	$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ (pH = 7)
-0.36	$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	PbSO_4/Pb
-0.28	$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Co}$	Co^{2+}/Co
-0.25	$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	Ni^{2+}/Ni
-0.13	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$	Pb^{2+}/Pb
-0.036	$\text{Fe}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Fe}$	Fe^{3+}/Fe



$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{reduction}} - E^\circ_{\text{oxidation}}$$

$$E^\circ_{\text{cell}} = -0.44 - (-0.25) = -0.19 \text{ V}$$

جهد الخلية القياسي سالب ، أي أن تفاعل الأكسدة والاختزال **غير تلقائي**



فإن العنصر الافتراضي (M) العنصر الافتراضي (X) في سلسلة جهود الاختزال القياسية

ف (خلية جلفانية رمزها الاصطلاحي هو $Fe / [Fe^{2+}] // [Ag^+] / Ag$ و الهطوب :

- ① التفاعل عند الانود :
- ② التفاعل عند الكاثود :
- ③ القطب الذي تزداد كتلته هو :
- ④ القطب الذي تقل كتلته هو :
- ⑤ تركيز كاتيونات Fe^{2+} :
- ⑥ تركيز كاتيونات Ag^+ :
- ⑦ احسب E°_{cell} للخلية علماً بأن جهد الاختزال القياسي $Ag / [Ag^+] // [Fe^{2+}] / Fe$ هو (+0.80 , - 0.44)

(غ) علل (فسر) ما يلي :

① تكون طبقة بنية اللون من ذرات النحاس (Cu) على سطح شريحة الخارصين عند غمرها بمحلول $CuSO_4$

بسبب اختزال كاتيونات النحاس الزرقاء باكتسابها الكترونين الى ذرات النحاس بنية اللون $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

② يبهت لون محلول كبريتات النحاس II الازرق حتى يختفي كلياً بعد بضع ساعات من غمر شريحة الخارصين فيه

بسبب اختزال كاتيونات النحاس الزرقاء باكتسابها الكترونين الى ذرات النحاس بنية اللون $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

③ تأكل سطح شريحة الخارصين عند غمرها في محلول مائي لكبريتات النحاس II

بسبب اكسدة ذرات الخارصين الى كاتيونات خارصين بفقدانها الكترونين $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

④ لا يتولد تيار كهربائي عند غمر قطب من الخارصين في كبريتات النحاس II

لأنه لا يوجد موصل فلزي ينقل الالكترونات من وعاء الأكسدة الى وعاء الاختزال و تُعتبر دائرة مفتوحة

⑤ يمكن للألمنيوم أن يحل محل الفضة في محاليل أملاحها

لأن جهد اختزال الالمنيوم أقل من جهد اختزال الفضة و بالتالي يكون نشاطه الكيمياء أكبر و بالتالي يستطيع أن يحل محل الفضة في محاليل أملاحها

⑥ يمكن حفظ محلول كبريتات الحديد II في وعاء من النحاس

لأن جهد اختزال النحاس أكبر من جهد اختزال الحديد و بالتالي يكون النشاط الكيمياء للنحاس أقل من النشاط الكيمياء للحديد و بالتالي لا يستطيع أن يحل محل الحديد في محاليل مركباته

⑦ عند وضع قطعة من فلز الخارصين في محلول كبريتات النحاس II الزرقاء تتكون طبقة رقيقة بنية اللون

على سطح قطعة الخارصين ويهت لون محلول كبريتات النحاس II

لأن جهد اختزال الخارصين أقل جهد اختزال النحاس و بالتالي يكون نشاطها الكيمياء أكبر و يحل محل النحاس في محلول كبريتات النحاس ، و تتحول كاتيونات النحاس إلى ذرات نحاس تترسب على قطعة الخارصين

⑧ لا يتأثر البلاتين بهاليل الأحماض المخففة في الظروف العادية

لأن جهد اختزال البلاتين كبير و هو يلي الهيدروجين في سلسلة جهود الاختزال القياسية و بالتالي لا يستطيع أن يحل

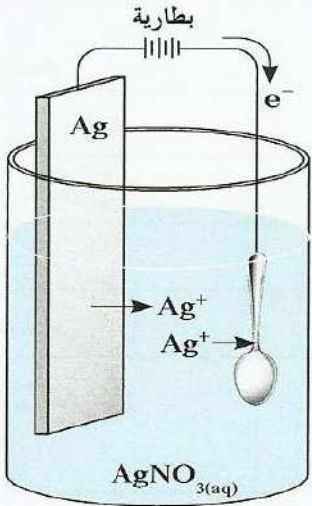
محل الهيدروجين في محاليل مركباته

لا يستخدم الكالسيوم في صناعة الحلي

يُمكن تحضير البروم بتفاعل محاليل أملاحه مع عنصر الكلور

الخلايا الكتروليتية Electrolytic Cells

يُستخدم التيار الكهربائي في إنتاج تفاعل كيميائي وتسمى هذه العملية بالتحليل الكهربائي



من أهم التطبيقات على التحليل الكهربائي:

- ① طلاء الأجهزة الطبية والأدوات المنزلية بالفضة (الملاعق - الشوك - السكاكين)
- ② طلاء المجوهرات بالذهب
- ③ طلاء أجزاء السيارات بالكروم
- ④ من أشهر التطبيقات إعادة شحن "المركم الرصاصي" (بطارية السيارة)



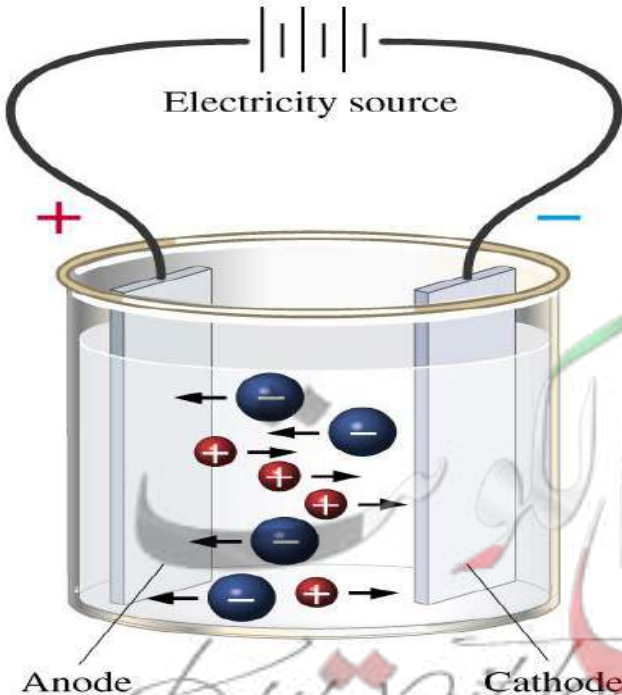
ملاحظة: الجهاز المستخدم في عملية التحليل الكهربائي يسمى:

الخلية الكتروليتية هي خلية تحتاج طاقة كهربائية وينتج عنها تفاعل كيميائي

مما تتكون الخلية الكتروليتية:

تتكون الخلية الكتروليتية (خلية التحليل الكهربائي) بشكل مبسط من وعاء يحتوي على

الكتروليت (محلول أو مصهور)، به قطبان (من مواد موصلة) يتصل أحدهما بالطرف السالب (-)



للمصدر الكهربائي ويمثل (قطب الكاثود)

حيث تتجه إليه الكاتيونات وتحدث عنده عملية الاختزال

بينما يتصل القطب الآخر ويمثل (قطب الأنود)

بالطرف الموجب للمصدر الكهربائي (+) ،

حيث تتجه إليه الأنيونات وتحدث عنده عملية الأكسدة

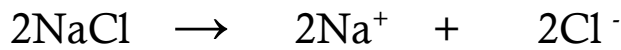
الفرق بين الخلية الجلفانية - و الخلية الكتروليتية

الخلية الكتروليتية	الخلية الجلفانية (الفولتية)	المقارنة
		الرسم
<p style="color: red; text-align: center;">خلايا تحتاج طاقة كهربائية لإحداث تفاعلات كيميائية</p>	<p style="color: red; text-align: center;">خلايا تنتج طاقة كهربائية من خلال التفاعلات الكيميائية</p>	التعريف
<p>من الأنود إلى الكاثود في الدائرة الخارجية</p>	<p>من الأنود إلى الكاثود في الدائرة الخارجية</p>	سريان الالكترونات
<p style="text-align: center;">عملية <u>أكسدة</u></p>	<p style="text-align: center;">عملية <u>أكسدة</u></p>	التفاعل عند الأنود
<p style="text-align: center;">عملية <u>إختزال</u></p>	<p style="text-align: center;">عملية <u>إختزال</u></p>	التفاعل عند الكاثود
<p style="text-align: center;">موجبة</p> <p>لأنه يتصل بالقطب <u>الموجب</u> (+) للبطارية "مصدر الطاقة الخارجي"</p>	<p style="text-align: center;">سالبة (-)</p>	شحنة الانود
<p style="text-align: center;">سالبة</p> <p>لأنه يتصل بالقطب <u>السالِب</u> (-) للبطارية "مصدر الطاقة الخارجي"</p>	<p style="text-align: center;">موجبة (+)</p>	شحنة الكاثود
<p>تتحرك الالكترونات بفعل طاقة تمتصها الخلية من مصدر خارجي "بطارية" ليحدث تفاعل "لا تحدث بشكل تلقائي"</p>	<p>تحدثُ الأكسدة والاختزال بشكل <u>تلقائي</u> مستمر يطلق طاقة تستعمل في المحيط الخارجي "إضاءة المصباح"</p>	حدوث التفاعلات
<p>تعمل على المحاليل والمصاهير</p>	<p>تعمل على المحاليل</p>	

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl

تسمى الخلية المستخدمة في التحليل الكهربائي :

خلية داون : هي خلية كهروكيميائية تتم فيها عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl



يحتوي مصهور كلوريد الصوديوم

$2\text{Cl}^-_{(l)} \rightarrow \text{Cl}_{2(g)} + 2e^-$	التفاعل عند الأنود (+) (أكسدة)
$2\text{Na}^+_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Na}_{(l)}$	التفاعل عند الكاثود (-) (اختزال)
$2\text{NaCl} \rightarrow 2\text{Na} + \text{Cl}_2$	التفاعل الكلي
<p>يتكون الصوديوم Na عند الكاثود</p> <p>يتصاعد غاز الكلور Cl₂ عند الأنود</p>	النتيجة النهائية
<p>① يدخل في مصابيح بخار الصوديوم</p> <p>② يستخدم كمبرد للمفاعلات النووية</p>	استخدامات الصوديوم
<p>① تعقيم مياه الشرب</p> <p>② تصنيع البوليمرات مثل بولي كلوريد الفينيل</p> <p>③ تصنيع المبيدات الحشرية المختلفة</p>	استخدامات الكلور
	<p>(تعمل الخلية على درجة حرارة 301 °C حتى ينصهر الملح) و ينتج عنها فلز الصوديوم و غاز الكلور</p>

المركبات الهيدروكربونية Hydrocarbon Compounds

دُحضت نظرية (القوة الحيوية) عام 1828 والتي كانت تنص على أن المصدر الوحيد



للمركبات العضوية هو " الكائنات الحية "

فقد استطاع فريدريك فولر Friedrich Wohler

تحضير مادة اليوريا $CO(NH_2)_2$ من مواد غير عضوية.

علم الكيمياء العضوية: فرع من الكيمياء يهتم بدراسة مركبات الكربون و تفاعلاتها

أهمية عنصر الكربون: يدخل في عملية البناء الضوئي و هي السبب وراء تسمية الكربون

عنصر الحضارة أو العنصر الأساسي للحياة علي الأرض

يُعتبر النفط و الفحم الحجري المصدرين الرئيسيين للمواد العضوية



ما المقصود بـ المركبات العضوية

هي المركبات التي تحتوي على عنصر الكربون ماعدا أول أكسيد الكربون CO و ثاني أكسيد الكربون CO_2

أنواع المركبات العضوية

أروماتية
(عطرية)

أليفاتية

مشتقات المركبات الهيدروكربونية

مركبات هيدروكربونية

غير

مشبعة

الكينا

الكينا

الكينات

≡

≡

—

المركبات الالفاتية

مشتقات المركبات

هي مركبات تحتوي على الكربون و الهيدروجين بالإضافة لعناصر أخرى مثل الأكسجين ، النيتروجين ، الكبريت ، الهالوجينات

مركبات هيدروكربونية

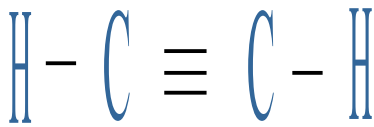
هي مركبات عضوية تتكون من عنصري الكربون و الهيدروجين فقط

غير مُشبعة

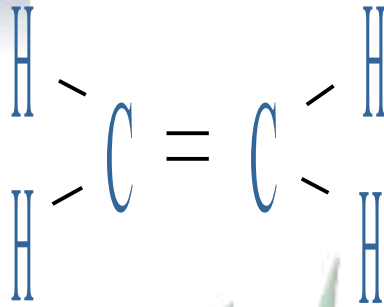
هي مركبات تحتوي على الأقل على رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرتي كربون

مُشبعة

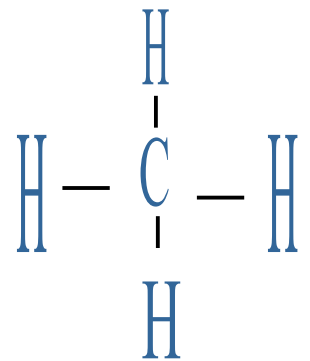
هي مركبات تكون فيها جميع الروابط بين ذرات الكربون روابط تساهمية



الايثاين



الإيثين



الميثان

المركبات الأروماتية العطرية

هي مركبات عضوية مشابهة لعلقة البنزين C_6H_6 في الصيغة التركيبية و السلوك الكيميائي

المركبات الهيدروكربونية المشبعة

هي مركبات تحتوي على عنصري الكربون و الهيدروجين فقط و تتميز بوجود روابط تساهمية أحادية

تسمى أبسط أنواع المركبات الهيدروكربونات المشبعة:

الألكانات

هي مركبات هيدروكربونية اليفاتية مشبعة تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط

الألكانات

C_nH_{2n+2} حيث تمثل (n عدد ذرات الكربون)

الصيغة العامة لها

الميثان (CH_4) والإيثان ($CH_3 - CH_3$)

مثال

تصنيف الألكانات

متفرعة السلسلة



مستقيمة السلسلة



الألكانات مستقيمة السلسلة

هي الألكانات التي تحتوي على سلاسل من ذرات الكربون متصلة ببعضها البعض بواسطة روابط تساهمية أحادية

أولاً: تسمية الألكانات مستقيمة السلسلة بنظام الأيوباك (IUPAC)

الهيدروكربونات البسيطة تسمى بأسماء لاتينية تتألف من مقطعين الأول يشير إلى عدد ذرات الكربون والأخير يدل على صنف الهيدروكربون فبالنسبة لعدد ذرات الكربون يستخدم فيها الأعداد اللاتينية

المقطع الدال على عدد ذرات الكربون + المقطع أن			
عدد ذرات الكربون	المقطع الدال على عدد ذرات الكربون باللاتيني	الاسم	الصيغة الجزيئية
1	Meth ميث	ميثان	CH ₄
2	Eth إيث	إيثان	C ₂ H ₆
3	Prop بروب	بروبان	C ₃ H ₈
4	But بيوت	بيوتان	C ₄ H ₁₀
5	Pent بنت	بنتان	C ₅ H ₁₂
6	Hex هكس	هكسان	C ₆ H ₁₄
7	Hept هبت	هبتان	C ₇ H ₁₆
8	Oct أوكت	أوكتان	C ₈ H ₁₈
9	nona نونا	نونان	C ₉ H ₂₀
10	deca ديكا	ديكان	C ₁₀ H ₂₂



البروبان	البيوتان	الاستخدامات
وقود للمنطاطيد	في الولاعات	

ثانياً: الألكانات متفرعة السلسلة

ما هي الذرة أو المجموعة البديلة (الفرع) ؟

هي الذرة أو المجموعة التي يمكن أن تحل محل ذرة الهيدروجين في جزيء الهيدروكربون الأساسي

من ضمن المجموعات البديلة مجموعات الألكيل

و التي تنتج من استبدال المقطع (أن) من الألكان بالمقطع (يل)

❖ الصيغة العامة لمجموعة الألكيل : C_nH_{2n+1}

الألكان	الصيغة الجزيئية	الصيغة التركيبية المكثفة	اسم شق الألكيل	صيغة الشق
ميثان	CH_4	CH_4	ميثيل	$CH_3 -$
إيثان	C_2H_6	CH_3CH_3	إيثيل	$CH_3CH_2 -$
بروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	بروبيل	$CH_3CH_2CH_2 -$
بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	بيوتيل	$CH_3CH_2CH_2CH_2 -$

تسمية الألكانات متفرعة السلسلة بنظام الأيوباك IUPAC

① نختار أطول سلسلة هيدروكربونية متصلة (مستمرة) وتسمى بنفس الطريقة السابقة (ألكان) (مع العلم بأنه ليس بالضرورة أن تكون أطول سلسلة في خط مستقيم)

② يبدأ الترقيم من الطرف الأقرب إلى الشق (الفرع) بحيث تأخذ ذرة الكربون المتصل بها الشق الرقم الأقل.

ويسمى المركب كما يلي : رقم ذرة الكربون التي يتصل بها الشق + اسم الشق + اسم الألكان (السلسلة الأساسية)

③ في حالة وجود أكثر من شق ، يتم ترتيب أسماء الشقوق أبجدياً مثل (إيثيل قبل ميثيل)

دون النظر إلى ترتيب المقاطع العددية التي تسبق كل مجموعة.

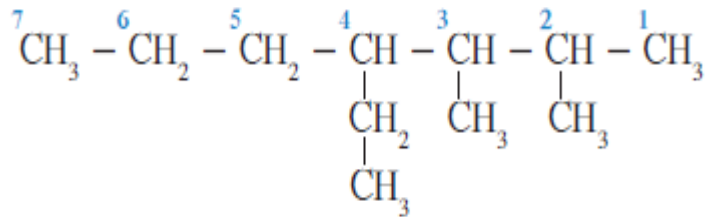
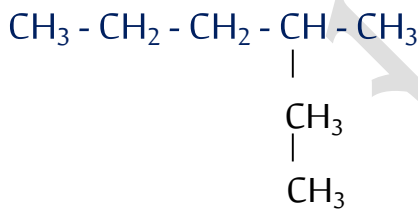
④ عندما يوجد شقان على نفس ذرة الكربون يكرر الرقم مع كل شق.

⑤ تستخدم المقاطع ثنائي ، ثلاثي عندما يوجد شقان أو ثلاث شقوق متشابهة على نفس السلسلة.

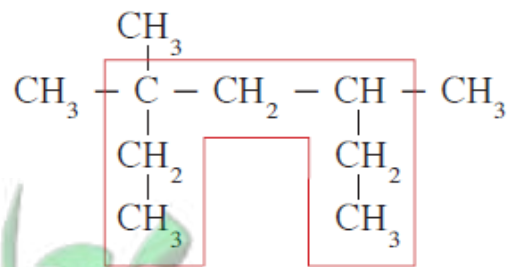
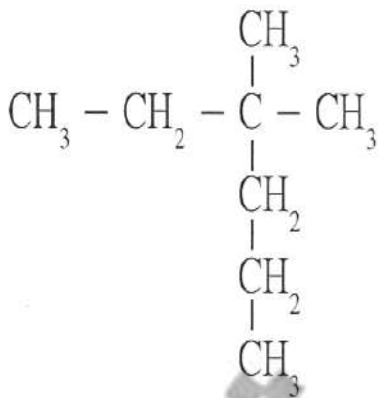
⑥ استخدام إشارات الفصل الصحيحة (علامات الوقف مثل الفاصلة والشرطات) وهذه الخطوة مهمة جداً

حيث تستخدم الفواصل لفصل الأعداد (مثل 2, 3) وتستخدم الشرطات لفصل الأعداد والكلمات (مثل 2، 3-ثنائي الميثيل).

سُمي الألكانات التالية بنظام الأيوباك (IUPAC):



4 إيثيل 2، 3-ثنائي ميثيل الهبتان



إعادة بناء الصيغ التركيبية بمعرفة اسم الألكان المقابل

① أوجد أصل الكلمة (الألكان) وهو المقطع " أن " في اسم الهيدروكربون المشيع)

ثم اكتب سلسلة الكربون الأطول التي ستصبح السلسلة الرئيسية

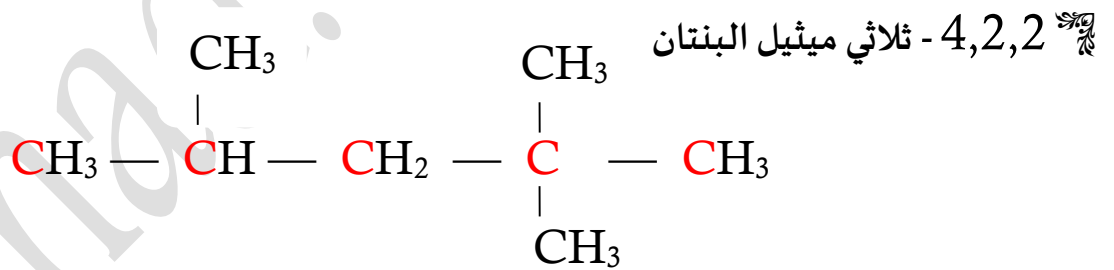
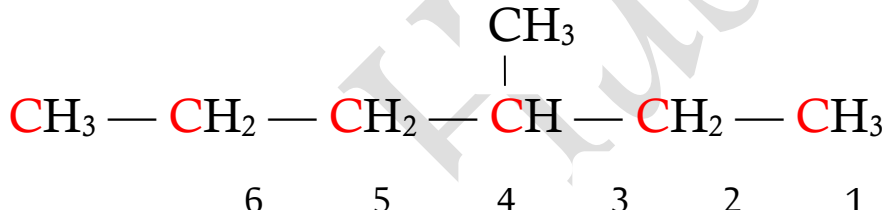
② رقم ذرات الكربون في سلسلة الكربون الرئيسية

③ حدد المجموعات البديلة وقم بتوصيلها بالمواع الصحيحة في سلسلة الكربون الرئيسية التي رقمتها

④ أضف ذرات الهيدروجين بحسب الحاجة (لتكوين روابط الكربون التساهمية الأحادية الأربع)

✿ اكتب الصيغ التركيبية **الهكثفة** لكل من المركبات التالية :

✿ 3- ميثيل الهكسان



✿ 4- إيثيل - 2 ، 3 ، 4 - ثلاثي ميثيل الأوكتان

✿ 3- إيثيل البنتان

الخواص الفيزيائية للألكانات

الألكانات مركبات غير قطبية .

قوى التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة جد .

الألكانات مركبات عضوية لا تذوب بالماء **علل** ▶ لأنها مركبات غير قطبية بينما الماء جزئياً قطبي

علل : تميل الهيدروكربونات ذات الكتل المولية الصغيرة أن تكون غازات أو سوائل ذات

درجات غليان منخفضة . ▶ لأن قوى التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة جداً

السلاسل المتشابهة التركيب :

هي مجموعة متتالية من المركبات يختلف مركب عن الذي يسبقه بزيادة مجموعة ميثيلين CH_2 واحدة

علل : تُعتبر الألكانات مستقيمة السلسلة مثلاً على السلاسل المتشابهة التركيب ؟

لأن كل مركب منها يزيد عن الذي يسبقه بمجموعة ميثيلين CH_2 واحدة فقط

درجة الغليان (°C)	الصيغة التركيبية المكثفة
- 161	CH_4
- 88,5	CH_3CH_3
- 42	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
- 0,5	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
36	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
68,7	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

علل : درجة غليان البيوتان أعلى من درجة غليان البروبان ؟

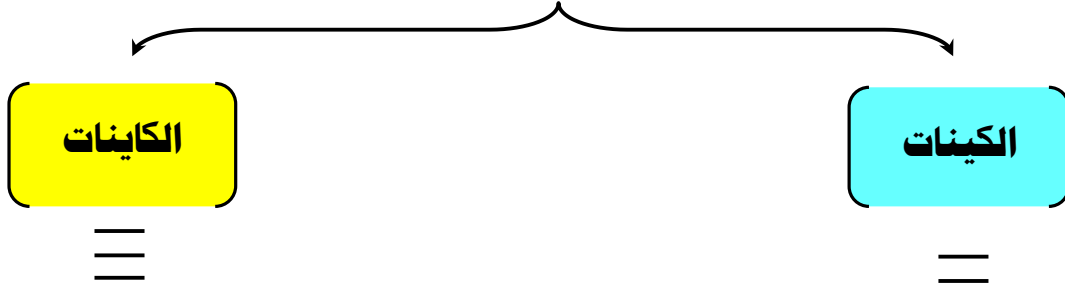
لأن درجة غليان الألكانات مستقيمة السلسلة ترتفع بزيادة عدد ذرات الكربون فيها وعدد ذرات الكربون

في البيوتان أكبر من عدد ذرات الكربون في البروبان ▶ أي تزداد بزيادة الكتلة الجزيئية



الهيدروكربونات غير المشبعة

هي الهيدروكربونات التي تحتوي على روابط كربون - كربون تساهمية ثنائية أو روابط كربون - كربون تساهمية ثلاثية



علل : سبب تسمية الهيدروكربونات غير المشبعة بهذا الاسم

لأنها تحتوي على عدد أقل من العدد الأقصى لذرات الهيدروجين في صيغها التركيبية نظرا لوجود الروابط الثنائية أو الثلاثية

الألكينات Alkenes

الهيدروكربونات التي تحتوي على روابط كربون - كربون تساهمية ثنائية	الألكينات Alkenes
C_nH_{2n} حيث n تدل على عدد ذرات الكربون في الجزيء	الصيغة العامة لها
إيثين (إيثيلين) $CH_2 = CH_2$ ، والبروبين (بروبيلين) $CH_3 CH = CH_2$	أبسط الألكينات



يُستخدم غاز الإيثين C_2H_4 في تنظيم نمو النبات و يساعد على نضج الثمار

أولاً : تسمية الألكينات مستقيمة السلسلة بحسب نظام الأيوباك :

① نختار أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوي على الرابطة التساهمية الثنائية وتعتبر عن الألكين

② نبدأ بترقيم ذرات الكربون في السلسلة من الطرف الأقرب للرابطة التساهمية الثنائية .

③ نكتب رقم ذرة الكربون التي تبدأ عندها الرابطة الثنائية أولاً ، ثم نضع خط قصير ثم المقطع الدال

على عدد ذرات الكربون ثم المقطع **ين** (بدلاً من المقطع **ان** في الألكان)

مكان الرابطة + المقطع الدال على عدد ذرات الكربون + ين

كل مركب منها يزيد بهجوعته **ميثيلين** ($-CH_2$) عن المركب الذي يسبقه

و بالتالي فهي تهتل سلا سل ومتشابهة التركيب

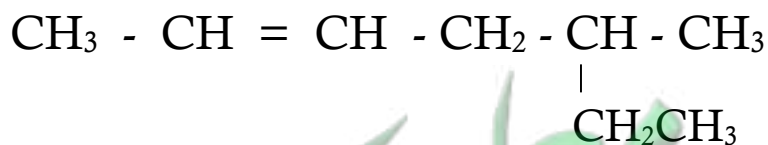
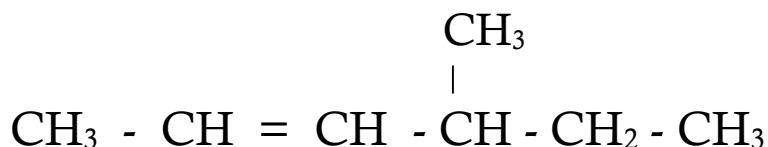
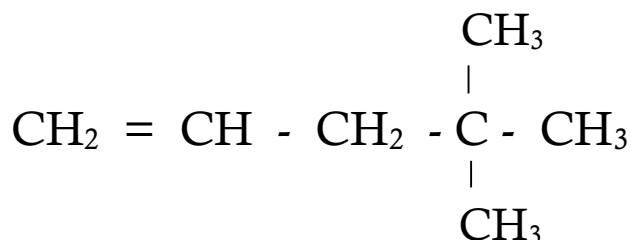
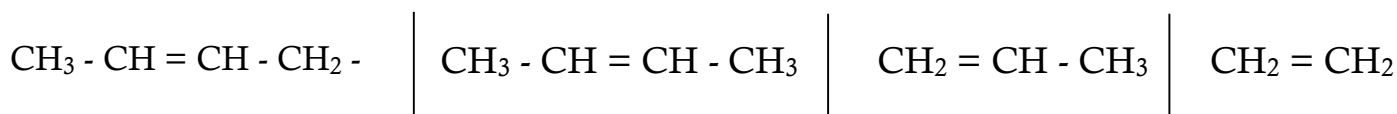
ثانياً : تسمية الألكينات متفرعة السلسلة بحسب الأيوباك :

نتبع جميع الأسس المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة ، مع ملاحظة :-

يجب أن تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) على الرابطة الثنائية .

الرابطة الثنائية لها الأولوية - عند ترقيم السلسلة غير المشبعة - على شقوق الألكيل .

سم المركبات التالية :



الألكينات Alkynes

الهيدروكربونات التي تحتوي علي روابط كربون - كربون تساهمية ثلاثية	الألكينات Alkynes
C_nH_{2n-2} حيث n تدل على عدد ذرات الكربون في الجزيء	الصيغة العامة لها
إيثاين (أسيتيلين) $CH \equiv CH$ ، والبروباين $CH_3 - C \equiv CH$	أبسط الألكينات

الخواص العامة للألكينات

- ① لا تتواجد الألكينات بوفرة في الطبيعة
- ② أبسط هذه المركبات هو الإيثاين ($CH \equiv CH$) أو يسمى (الأسيتيلين) الذي يستخدم كوقود في عمليات لحام الفولاذ الذي يعرف بلحام الأكسجين.
- ③ الروابط التساهمية الممتدة من ذرات الكربون الموجودة في رابطة الكربون - كربون التساهمية الثلاثية للإيثاين متباعدة عن بعضها بعضا بأقصى زاوية و قدرها (180°) ، مما يجعل من الإيثاين جزيئا خطيا (التهجين فيه من النوع SP).
- ④ قوي التجاذب التي تحدث بين جزيئات الألكانات و الألكينات و الالكينات هي قوي فان درفالز الضعيفة
- ⑤ الرابطة الثلاثية في الإيثاين صلبة ، ولذا لا تدور ذراته حولها .

اسم المركبات التالية :





الخواص الفيزيائية للهيدروكربونات

❖ جميع الهيدروكربونات تقريبا أقل كثافة من الماء تتراوح كثافتها ما بين (0.7 - 0.9)

❖ الهيدروكربونات الغازية تكون أكثر كثافة من الهواء ما عدا (الميثان و الإيثان)

(أقل كثافة من الهواء) بينما الإيثان و الإيثين (تقارب كثافتها كثافة الهواء)

❖ درجات غليان الهيدروكربونات تزداد بزيادة عدد ذرات الكربون بشكل عام

❖ تكون مع الهواء هخاليط سريعة الاشتعال

❖ غير قابلة للامتزاج مع الماء (لا تذوب)

قارن بين الألكانات و الألكينات و الألكينات

أبسط أفراد هذه العائلة		الصيغة العامة	الرابطة C - C	العائلة
الصيغة	الاسم			
CH ₄	الميثان	C _n H _{2n + 2}	جميعها تساهمية أحادية	الألكانات
C ₂ H ₄	الإيثين (إيثيلين)	C _n H _{2n}	تحتوي تساهمية ثنائية واحدة على الأقل	الألكينات
C ₂ H ₂	الإيثاين (الاستيلين)	C _n H _{2n-2}	تحتوي تساهمية ثلاثية واحدة على الأقل	الألكينات

الخواص الكيميائية للهيدروكربونات

تفاعلات الإضافة

تفاعلات الاستبدال (أو الإحلال)

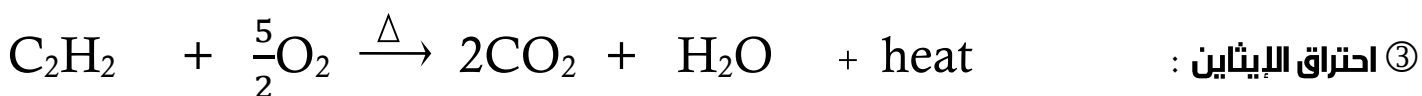
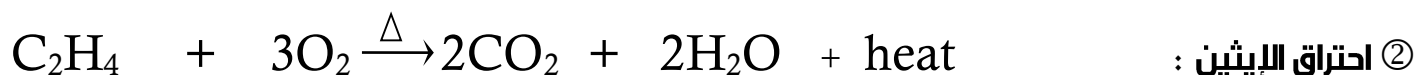
تفاعلات الاحتراق



تفاعلات الاحتراق :

تتم عملية الاحتراق لكل من الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة علي حد سواء. وأهمها تفاعلات

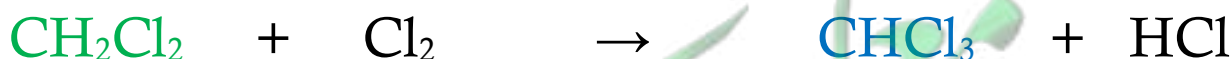
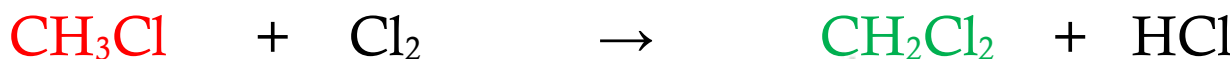
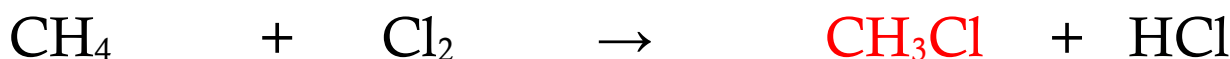
الاحتراق الكامل بوجود كمية و افرة من الأكسجين فينتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء و طاقة حرارية مثل :



تفاعلات الاستبدال (أو الإحلال) :

تتم عملية الاستبدال للهيدروكربونات المشبعة حيث تستبدل فيها ذرة هيدروجين أو أكثر بذرات أخرى

مثل : تفاعل الألكانات مع الهالوجينات



تفاعلات الإضافة



إضافة الماء H_2O

إضافة هاليد الهيدروجين

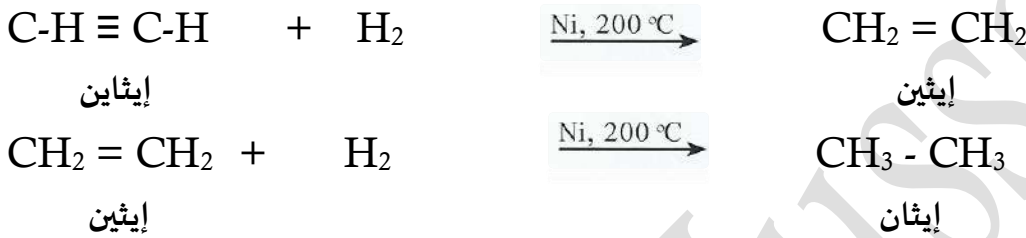
إضافة الهالوجين X_2

إضافة الهيدروجين H_2

تتميزها الهيدروكربونات غير المشبعة وتتم عادة بوجود مادة محفزة عند درجة حرارة $200\text{ }^\circ\text{C}$

وينتج منها تكوين مركبات مشبعة مثل:

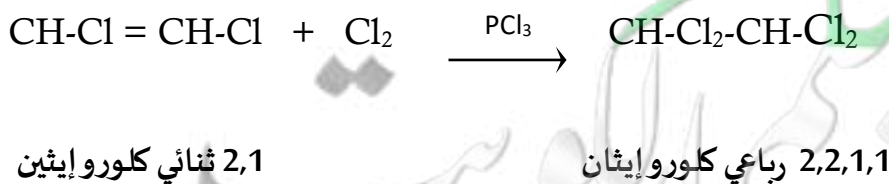
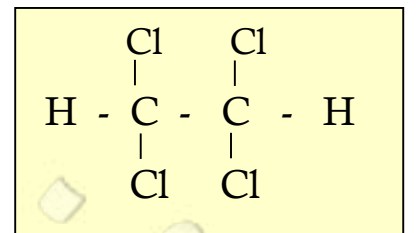
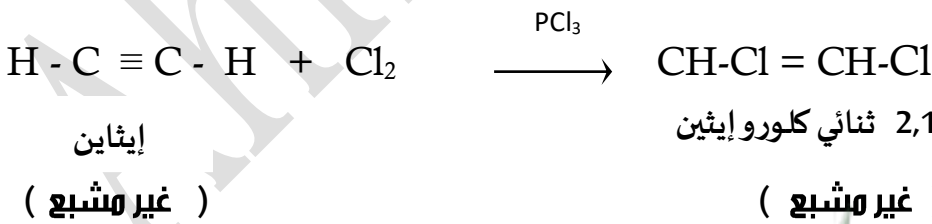
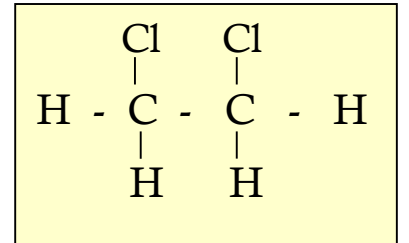
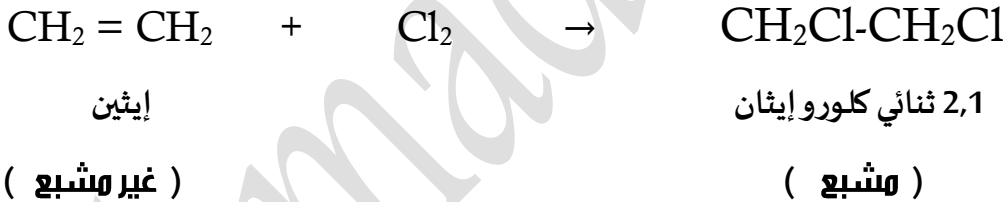
① إضافة الهيدروجين (H_2)



ملاحظة : عند استخدام البالاديوم (Pd) غير المنشط كمادة محفزة تتم إضافة الهيدروجين على مرحلة واحدة

② إضافة الهالوجين (X_2)

تتفاعل الألكينات والألكاينات مع الهالوجينات مثل الكلور أو البروم بالإضافة فينتج هاليدات الكربون



③ إضافة هاليد الهيدروجين (HX)

تتفاعل الألكينات مع هاليدات الهيدروجين فينتج مركبات مشبعة أحادية الهالوجين مثل تفاعل

الإيثين مع كلوريد الهيدروجين (HCl) :



إيثين

1- كلوروايثان

تتفاعل الألكينات مع هاليدات الهيدروجين فينتج مركبات مشبعة ويتم التفاعل على مرحلتين :

مثل تفاعل الإيثين مع كلوريد الهيدروجين :



ملاحظة : في حالة الألكينات غير المتماثلة يجب تطبيق قاعدة ماركينوكوف

قاعدة ماركينوكوف

عند إضافة حمض (HX) على ألكين غير متماثل ، يضاف الهيدروجين (H^+) على ذرة الكربون (غير المشبعة) المرتبطة بالعدد الأكبر من ذرات الهيدروجين و الهاليد (X^-) على ذرة الكربون (غير المشبعة) المرتبطة بالعدد الأقل من ذرات الهيدروجين



بروبين

2- كلورو بروبان