الكيمياء الكهربائية Electrochemistry

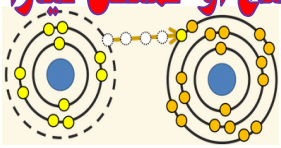
الفصل الأول : تفاعلات الأكســـــدة و الاخـــتـزال

☺ **تَمهِيدٌ** : هُناك بعضُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ تُنتج تياراً كهربائياً

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

☺👍 أثبتَ العالمُ أليساندرو فولتا أنَ التيار الكهربائي يَنتجُ من ربط جسمينِ معدنيينِ مختلفينِ بجسم موصل

الكِيمياءُ الكهربائِيةُ : **هي فرعٌ من فروعِ الكيمياءِ الفيزيائيةِ الذي يهتمُ بدراسة التفاعلات الكيميائية التي تُنتج أو تمتص تياراً كهربائياً**



تُقسمُ التفاعُلاتُ الكيميائيةُ الى نوعين :

	تَفَاعُلاتُ الأكسدةِ و الاختزالِ	تَفَاعُلاتُ الإحلالِ المزدوجِ
التَعريفُ	هي تفاعلاتٌ يَحدُثُ فيها انتِقَال الكترونَات من أحدِ المُتفاعِلات إلي الآخَرِ	هي تَفَاعُلاتٌ لا يَحدُثُ فيها اِنتِقالُ الكترونات
أمثِلةٌ	① تَفاعلاتُ الاحِلالِ المُفردِ ② تَفاعلاتُ التَحللِ ③ تَفَاعُلاتُ الاِحتراقِ	① تَفَاعُلاتُ التَرسِيبِ ② تَعادلُ الاحماضُ و القواعدِ

﴿ طَـبـيـعـةُ الـخَلايـا الإلـكتروكِـيـمـيـائيةِ ﴾

❄ **أهميةُ العملياتِ الإلكتروكيميائيةِ** :

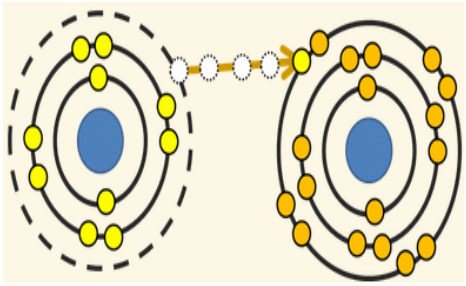
① تَدخلُ في عمليةِ **استخلاصِ الفلزاتِ من خاماتها**

② **الطِلاءُ بالكهرباءِ** ☜ مثلُ طلاءِ الأدواتِ المنزليةِ و قطعِ السياراتِ لحمايتها مِن التآكلِ و الصدأ

③ **تُمدُنا بالطاقةِ** اللازمةِ للكثيرِ مِن تَفاعُلاتِ الأكسدةِ و الاختزالِ

④ **صِناعةُ أجهزةٍ حديثةٍ** لعملِ الأبحاثِ الطبيةِ الحيويةِ و تحليلِ التلوثِ .

Ahmad Hussain



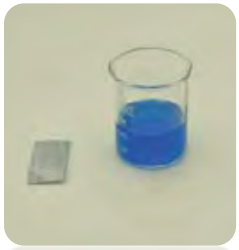
تفاعلات الاكسدة و الاختزال

هي تفاعلاتٌ يحدثُ فيها انتقال الكترونات من أحد المتفاعلات إلى الآخر

✳ من أمثلةِ تفاعلاتِ الأكسدةِ و الاختزالِ :

☚ **تفاعُلُ الأكسدةِ و الاختزالِ بينَ ذراتِ الخارصينِ Zn و كاتيوناتِ النُحاسِ Cu^{2+}**

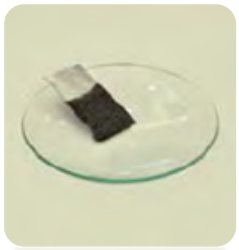
☜ **ماذا يحدثُ** عند غمرِ صفيحةٍ من الخارصينِ Zn في محلولٍ مائيٍ من كبريتاتِ النُحاسِ II (أزرق اللون) :



① تتكونُ طبقةٌ بُنيةُ اللونِ على سطحِ شريحةِ الخارصين

② يبهتُ لونُ المحلولِ الازرقِ تدريجياً الى أنْ يختفي كُلياً بعدَ بضعِ ساعات

③ يتآكلُ سطحُ شريحةِ الخارصين



✳ تحدثُ التفاعُلاتُ التاليةُ :

☚ تفاعُلُ الأكسدةِ : $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$

☚ تفاعُلُ الاختزالِ : $Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

☺ عندَ جمعِ المُعادلتَينِ نحذف الالكترونات و نحصلُ على مُعادلةِ التفاعُلِ الكُلي :

$$Cu^{+2}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

☜ مما سبقَ نستنتجُ أنَ :

تفاعُلَ الأكسدةِ : هي عمليةٌ ينتجُ عنها فقدُ الكتروناتٍ و يصاحبُها زيادةٌ في عددِ التأكسدِ

$$\overset{0}{Na} \rightarrow \overset{1+}{Na^+} + 1e^-$$

$$Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + 1e^-$$

☜ و تُسمى المادةُ التي حدثَ لها **عمليةُ أكسدةٍ** بـ

العاملُ المُختزل : هي مادةٌ تفقدُ الكتروناتٍ و يزدادُ عددُ تأكسدِها

أما

عَمليةُ الاِختِزالِ : **هي عَمليةٌ يَنتُجُ عَنها اِكتِسابُ اِلكتروناتٍ ويُصاحِبُها نَقصٌ في عَددِ التأكسُدِ**

$$\overset{0}{Cl_2} + 2e^- \rightarrow \overset{1-}{2Cl^-}$$

$$Fe^{3+} + 1e^- \rightarrow Fe^{2+}$$

و تُسمى المَادةُ الَتي حَدثَ لهَا **عَمليةُ اِختِزال** بِـ

العَامِلُ المُؤكسِدُ : **هي مَادةٌ تَكتَسِبُ اِلكتروناتٍ و يَنقُصُ عددُ تأكسُدِها**

☑ **مُلاحَظَةٌ** : " عَمليتا الأكسدة و الاختزال عَمليتَانِ **مُتلازِمتَانِ** تَحدُثانِ في وَقتٍ واحدٍ و في تَفاعُلٍ واحدٍ "

وزن معادلات الأكسدة و الاختزال

يمكِنُ التَعرُفُ عَلى تَفاعُلاتِ الأكسَدةِ و الاِختِزالِ مِنَ خِلالِ تغير أَعدادِ التأكسُدِ للمواد في المعادلة الكيميائية :

عَددُ التأكسُدِ : **هو عَددُ الشحنَاتِ المُوجبةِ أو السالبةِ التي تبدو على ذرةِ العُنصرِ في مُركبٍ سواءً كَانَ أيونيا أو تساهُميا**

لدَينا مَجمُوعَةٌ مِن القَواعِدِ التي تُساعِدُنا في حِسَابِ أَعدادِ التأكسُد :

① عَدد تأكسُدِ الذرةِ في الحَالةِ العُنصُريةِ يُساوي صِفر .

② عَددُ التأكسُدِ للأيونِ البَسيطِ (المكُونِ مِن ذرةٍ واحدةٍ) يُساوي عَدد الشحنَاتِ الموجُودةِ عليهِ بإشارته Na^+ , K^+

١+ ١-

③ مَجمُوعُ الشحنَاتِ الكَهربَائيةِ في المُركبِ المتعَادِلِ يُسَاوي الصِفر ($NaCl$)

④ مَجمُوعُ الشحَناتِ الكَهرَبائِيةِ في الأيونِ المُتعَددِ الذراتِ يُسَاوي الشحنَة الظاهِرة SO_4^{2-}

Ahmed Hassan

جَدولٌ يُوضِحُ أَعَدادَ التَأكسُدِ لعدد مِن العنَاصِرِ و المجمُوعَاتِ الذرية :

قـــواعـــدُ حســـاب عـــدد التـــأكســـدِ		قيمَة عدد التأكسُد
عدد تأكسد أي مادة في الحالة العنصرية كما في Na ,Ca ,K أو الجزيئات كما في Cl_2 , N_2 , H_2 , O_2		صفر
عَددُ تأكسُدِ أيونات العَناصُرِ القَلويَةِ في مركباتها Na^+ ، Li^+ ، K^+		+1
عَدَدُ تأكسُدِ أيونات العَناصُرِ القَلويَةِ الأرضِيَةِ في مركبَاتِها Ca^{2+} ، Mg^{2+}		+2
عَدَدُ تأكسُدِ أيون Al^{3+} في مركباته		+3
عَدَدُ تأكسُدِ أيون S^{2-} مَع الفِلزاتِ أو الهَيدرُوجين		-2
عَدَدِ تأكسُدِ I^- ، Br^- ، Cl^- في المُركبَاتِ (مَا عَدا مَعَ الأُكسِجِينِ أو الفلُور)		-1
عَدَدُ تأكسُدِ F^- في جَمِيعِ المُركبَاتِ -١ لأنَه أعلى العَنَاصِرِ في السالِبِيةِ الكَهرَبَائِية		-1
عَدَدُ تأكسُدِ O^{-2} في **مُعظَم** المُركَباتِ (H_2O , Na_2O , K_2O)	O	-2
عَدَدُ تأكسُدِ O في فَوقِ الأكاسِيدِ (H_2O_2 , Na_2O_2 , K_2O_2)	O	-1
عند ارتباط الأكسيجين بالفلور كما في مركب OF_2 فيكون عدد تأكسد الأكسيجين	O	+2
عَدَدُ تأكسُدِ H^+ مَع اللافِلزات (مثل H_2O , HCl , HNO_3)	H	+1
عَدَدُ تأكسُدِ H مَع الفِلزات (مِثلَ هَيدريداتِ الفِلزَاتِ CaH_2 , NaH)	H	-1
عَدَدُ تأكسُدِ كُلٍ من أيون الهيدروكسيد OH^- و أيون النيترات NO_3^-		-1
عَدَدُ تأكسُدِ كاتيون الأمونيوم NH_4^+		+1
عَدَدُ تأكسُدِ كُلٍ مِن أيون الكبريتات SO_4^{2-} و أيون الكربونات CO_3^{2-}		-2
مَجمُوعُ الشَحنَاتِ الكهربَائِيةِ في المُركبَاتِ المتُعَادِلَةِ = 0 (مثل NH_3 ، H_2O)		صفر

أَكمِلِ الفَراغَات في العِباراتِ التَالية بِما يُنَاسِبُها علمياً :

① عَدَدُ تأكسُدِ الفلُورِ في جَمِيعِ مُركَبَاتِهِ يُسَاوي .....

② عَدَدُ تأكسُدِ الأكسُجينِ O في مُعظَمِ مُركبَاتِهِ يُسَاوي ..... و في فَوقِ الأكَاسِيدِ (مِثلَ H_2O_2) يُسَاوي .....

③ عَدَدُ تأكسُدِ H مَع الفِلزَاتِ يُساوي ..... و مَع اللافِلزاتِ يُسَاوي .....

④ عَدَدُ تأكسُدِ OH^- أو NO_3^- يُسَاوي ..... وعَدَدُ تأكسُدِ SO_4^{2-} أو CO_3^{2-} يُسَاوي .....

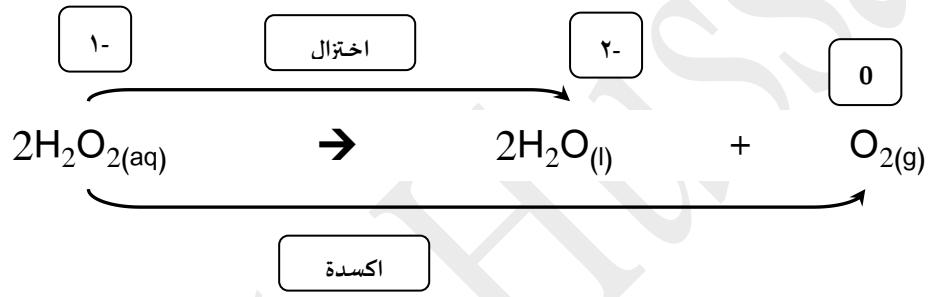
كَيف نميز بَيَنَ تَفَاعُلاتِ الأكَسَدةِ والاختزالِ و غَيرهَا منَ الَتَفَاعُلاتِ من خِلالِ أَعَدادَ التَأَكسُد :

① **أولاً** : نحدِدُ عَدَدِ التَأَكسُدِ لِكلِ عُنصرٍ في المُعَادَلَةِ .

② **ثانياً** : نحَدُ الَعَنَاصِرِ الَتي حَدَثَ لها تَغَيُرٌ في عَدَدِ التَأَكسُدِ .

- إذَا **زَادَ عَدَدُ الَتَأَكسُدِ يَحَدُثُ للعُنصرِ عَمَلِيةُ أَكسَدةٍ** و يُسَمى ☺ **عَامِلاً مُختَزِلاَ** .
- إذَا **نَقَصَ عَدَدُ التَأَكسُدِ يَحَدُثُ للعُنصرِ عَمَلِيَةُ اِختِزالٍ** وَ يُسَمى ☺ **عَامِلاً مُؤكسِداً** .

هُنَاكَ بَعضُ المَوادِ يُمكِنُ أنَ تَكُونَ عَامِلاً مُؤَكسِداً وعَامِلاً مُخَتَزِلاً في وَقتٍ وَاحِدٍ مِثلَ فَوقَ أُكسيد الَهيدروجِين



- وَضِح مَا إذا كَانَ الَتَفاعُلانِ الَتالِيانِ تَفَاعُلي أَكَسَدة واختزال أم لا ؟

$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

.....

$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

.....

- حَدِد نَوعَ العَمَليات التَي تُمَثلُها كُلٌ مِن أَنصَافِ الَتَفاعُلات التَالية :

① $Cl_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$ يمثل عَمَلِيةَ .....

② $Fe^{3+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$ يُمَثِلُ عَمَلِيةَ .....

- في التَفَاعُلِ التَالي : $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$

يَكُونُ الَعَامِلُ المُؤَكسِدُ هُو ..... العَامِلُ المُختَزِلُ هُو .....

Ahmad Hussain

وزن معادلات الأكسدة والإختزال بطريقة أنصاف التفاعلات (أيون – الكترون)

❁ أولاً : في الوسط الحمضي

خطوات عملية الوزن:

- ✓ وزن ذرات العنصر الذي تغير عدد تأكسده
- ✓ وزن ذرات الأكسجين: بإضافة H_2O
- ✓ وزن ذرات الهيدروجين: بإضافة H^+
- ✓ وزن الشحنة: بإضافة e^-

ثُمَ اِجمع نِصفي التَفَاعُلِ ، مَع **مُلاحَظَةِ** أَن المُعَادلَةِ المِوزُونَةِ النِهائِيةِ لا تَحتوي عَلى أَي اِلكترونات

وزن نِصفَ الَتفاعُل التَالي بِطريقَةِ (الأَيون – إلكترون) في الوسطِ الحِمضي :

$H_3AsO_3 \rightarrow H_3AsO_4$
$H_3AsO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4$
$H_3AsO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + 2H^+$
$H_3AsO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e^-$

تَمرِين : اِستخدمَ طَريقةَ أنصَافِ التَفَاعُلاتِ لِوزن مُعادلَةِ الأَكسَدةِ و الاختِزالِ التَالِيةِ :

علماً أن التفاعل يحدث في (**وسَـــــــط حِـــــــمـــــــضـــــــيٍ**)

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + Cl_{2(g)}$$

عملية اختزال	عملية أكسدة
❶ $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$	$Cl^- \rightarrow Cl_2$
نزن الأكسجين بإضافة جزئ ماء عن كل ذرة أكسجين ناقصة	
❷ $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + \underline{4H_2O}$	$\underline{2}Cl^- \rightarrow Cl_2$
نزن الهيدروجين بإضافة أيون (H^+) عن كل ذرة هيدروجين ناقصة	
❸ $MnO_4^- + \underline{8H^+} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	
نزن الشحنات بإضافة الالكترونات الى كل نصف تفاعل على حده	
❹ $MnO_4^- + 8H^+ + \underline{5e^-} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + \underline{2e^-}$
نُساوي عدد الالكترونات المفقودة و المكتسبة في نصفي التفاعل	
❺ $2 \times \left| MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \right.$	$5 \times \left| 2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^- \right.$
$\mathbf{2}MnO_4^- + \mathbf{16}H^+ + \mathbf{10}e^- \rightarrow \mathbf{2}Mn^{2+} + \mathbf{8}H_2O$	$\mathbf{10}Cl^- \rightarrow \mathbf{5}Cl_2 + \mathbf{10}e^-$

نَـقُومُ بِـجمعِ مُعادلتي الأَكسدةِ و الاختزالِ للحُصولِ على المُعادلةِ النِـهائِيةِ :

$$2MnO_4^- + 16H^+ + \cancel{10e^-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

$$10Cl^- \rightarrow 5Cl_2 + \cancel{10e^-}$$

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10Cl^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5Cl_2$$

Ahmad Hussain

☺ **تمرين** : معادلة الاكسدة و الاختزال التالية غير موزونة

$$C_2O_4^{2-} + MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + CO_2$$

و المطلوب : ١ - تحديد كل من العامل المؤكسد و العامل المختزل .

٢ – وزن العادلة السابقة بطريقة أنصاف التفاعلات في **الوسط الحمضي**

◈ العامل المؤكسد هو : ..... ◈ العامل المختزل هو : .....

ثانياً: في الوسط القاعدي

❁ نَزِنُ الهَيدروجِين بِإضَافَة جُزيء مَاء ، عَن كُل ذَرة هَيدرُوجين نَاقصة ، إلى طرف المعادلة حيث ينقص الهيدروجين واضافة أنيون (OH^-) إلى الطرف الآخر .

☑ **ملاحظة** : لوزن المُعادَلة في الوسط القَلوي 👌 نَزِنُ الهيدروجين على خُطوتَين حيث نُضَيفُ جُزيئات الماء إلي الطَرَف الذي لا يوجد فيه الهيدروجين و نعود وز نضيف نفس العدد من أيونات الهيدروكسيد OH^- الى الطرف الاخر

Ahmad. Hussain

❁ اِستَخدِم طَرِيقَةَ أَنصافِ التَفَاعُلاتِ لِوزنِ مُعَادلةِ الأَكسدَةِ و الإختزالِ التَالِيةِ :

علمًا بأن التفاعل (**يَحدُثُ في وَسطٍ قَلوِي**)

$$Cr^{3+}_{(aq)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow CrO_4^{2-}{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

عملية اختزال

عملية أكسدة

$ClO^- \rightarrow Cl^-$	$Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-}$
$ClO^- \rightarrow Cl^- + \underline{H_2O}$	$\underline{4H_2O} + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-}$
$\underline{2H_2O} + ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O$	$4H_2O + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-} + \underline{8H_2O}$
$\underline{2H_2O} + ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O + \underline{2OH^-}$ عند وزن الأكسجين في الوسط القلوي نضيف الماء الى الجانب الذي فيه نقص و بنفس الوقت نُضيف للجانب الاخر نفس العدد من أيون الهيدروكسيد	$\underline{8OH^-} + 4H_2O + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-} + \underline{8H_2O}$
$\underline{2H_2O} + ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O + \underline{2OH^-}$	$\underline{8OH^-} + 4H_2O + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-} + \underline{8H_2O}$
$2H_2O + ClO^- + \underline{2e^-} \rightarrow Cl^- + H_2O + 2OH^-$	$8OH^- + 4H_2O + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-} + 8H_2O + \underline{3e^-}$
$\mathbf{3 \times [\ 2H_2O + ClO^- + 2e^- \rightarrow Cl^- + H_2O + 2OH^-\ ]}$	$\mathbf{2 \times [\ 8OH^- + 4H_2O + Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-} + 8H_2O + 3e^-\ ]}$
$\mathbf{6}H_2O + \mathbf{3}ClO^- + \mathbf{6}e^- \rightarrow \mathbf{3}Cl^- + \mathbf{3}H_2O + \mathbf{6}OH^-$	$\mathbf{16}OH^- + \mathbf{8}H_2O + \mathbf{2}Cr^{3+} \rightarrow \mathbf{2}CrO_4^{2-} + \mathbf{16}H_2O + \mathbf{6}e^-$
$\cancel{6H_2O} + 3ClO^- + \cancel{6e^-} \rightarrow 3Cl^- + \cancel{3H_2O} + \cancel{6OH^-}$	
$\cancel{16OH^-} + \cancel{8H_2O} + 2Cr^{3+} \rightarrow 2CrO_4^{2-} + \cancel{16H_2O} + \cancel{6e^-}$	
$3ClO^- + 10OH^- + 2Cr^{3+} \rightarrow 3Cl^- + 2CrO_4^{2-} + 5H_2O$	

Ahmad Hussain

الخلايا الالكتروكيميائية

هي أنظمة أو أجهزة تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية أو العكس من خلال تفاعلات أكسدة و اختزال

و تَنقَسِمُ هَذِهِ الخَلايَا الالكتروكيميائية إلى قِسمَين :

	الخَلايَا الجَلفَانِية أو (الفُولتِية)	الخَـــلايَا الاِلكتَـــرُولِـــيتِيـــة
التعريف	هي خلايا يحدُث فيها تفاعل كيميائي و ينتج عنها طاقة	هي خلايا تحتاج طاقة كهربائية و ينتج عنها تفاعل كيميائي
حدوث تفاعل الأكسدة و الاختزال	يحدُث تلقائياً	لا يحدُث تلقائياً
أمثلة	البطارية الجافة - المركم الرصاصي - خلايا الوقود	خلايا التحليل الكهربائي (خلية داون)

كيف يُمكن أن تَنتُج طاقة كهربائية من تفاعل أكسدة واختزال يحدث بشكل تلقائي و مستمر ؟

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

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

① يتآكل سطح شريحة الخارصين

② تتكون طبقة لونها بني غامق من النحاس على سطح الخارصين

③ يبهت اللون الأزرق لمحلول كبريتات النحاس

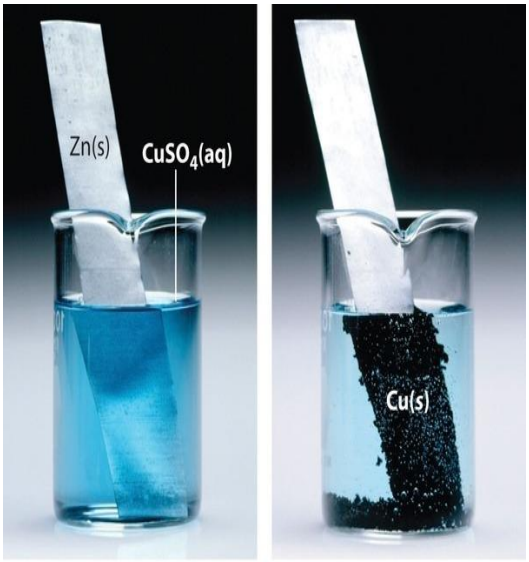
④ **يزداد** تركيزُ كاتيونات الخارصين في المحلول و **يقل** تركيز كاتيونات النحاس

⑤ يُعتبر هذا التفاعل **طارداً للحرارة** حيث نُلاحِظُ حرارةٍ عَلى وِعاءِ التفاعل عند لمسه باليد من الخارج $\Delta H = -217.6\ kj/mol$

✍ **علل** : يـــزداد تـــركيز كاتيـــونات الخـــارصـين في المحلـــِول

➢ **لحُدوُثِ عَمَليةِ أَكسدة لِذراتِ الخَارصِين Zn و تَحَوُلُها إلى كَاتَيونَات خَارصين Zn^{2+} تذوب في المحلول**

➢ نِصفُ تَفَاعُلِ الأَكسَدة : $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$



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

✍ **علل** : يقـــل تـــركيز كاتيـــونات النحـــاس في المحلول

➢ **لِإختِزالُ كَاتِيونَاتُ الُنحَاسِ Cu^{2+} و تَحَولُها إَلى ذَراتِ نُحَاس Cu تَتَرسَبُ عَلى شَرِيحة الخَارصِين**

➢ نِصفُ تَفَاعُلِ الإِختِزالِ : $Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

✋ **تَـــفـــســـيرُ مَـــا حَـــدَثَ :**

① يَحدُثُ تَفَاعُلٌ بَينَ الخَارصِين و محلول كبريتات النحاس II بشكل تلقائي و مستمرّ ويصحبه انطلاق طاقة حرارية حسب المعادلة التالية :

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)} \qquad \Delta H = -217.6kj/mol$$

② يكون تبَادُلُ الإِلكترونات **مُبَاشَرَةً** بين سطح فلز الخارصين $Zn_{(s)}$ و بين كاتيونات النحاس المتلامسين في المحلول

✋ لا يمكن الحصول على طاقة كهربائية **علل**

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

☺ **سؤال** : يُمكن الحصول من هذا التفاعل على طاقة ..... و لكن لا يمكن الحصول منه على طاقة ..... لعدم وجود موصل ..... اللازم لحركة الإلكترونات (دائرة مفتوحة)

✋ مما سبق يمكن التوصل إلى أنه (**لعمل خلية جلفانية**) يجب أن يحدث نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي في **مكانين منفصلين** فيزيائيا كجزء من دائرة كهربائية مغلقة ، و يسمى كل نصف منهما **نصف خلية**

Ahmad Hussain

سؤال : **ما هي شروط توليد التيار الكهربائي** ؟

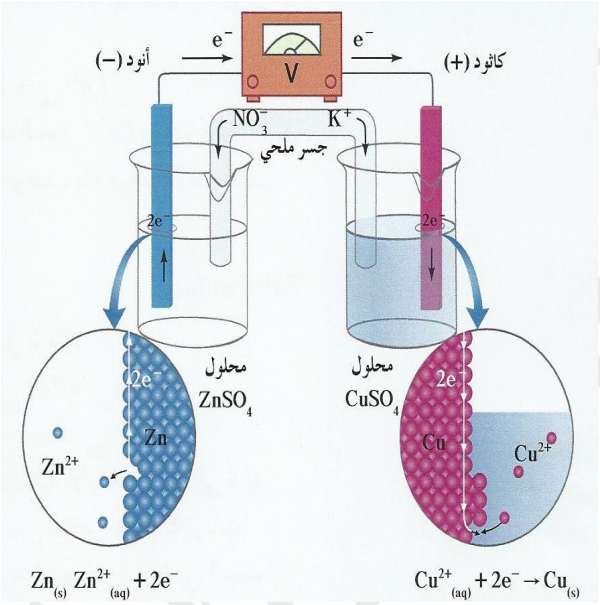
① وُجُودُ فَرقٍ جُهدٍ نَاتِجٍ مِن الاختِلافِ في النشَاطِ الكِيميائي ومِن تَفَاعُلاتِ الأَكسَدةِ و الاختزال

② وُجُودُ حَامِلاتِ للشَحنَاتِ (مُوصِلات)

سؤال : **ما هي أنواع حاملات الشحنة**

موصلات فلزية (الكترونية) | **موصلات ايونية (الكتروليتية)**

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



الأنود : **هو القطب (الشريحة) الذي تحدث عنده عملية الأكسدة** (-)

الكاثود : **هو القطب (الشريحة) الذي تحدث عنده عملية الاختزال** (+)

جهد الاختزال هو الطاقة المُصاحبة لاكتساب المادة الكترونات أي ميلها إلى الاختزال

جهد الاختزال القياسي هو جُهدُ الاختزالِ عند الظُروف القياسية

سؤال : ما هي الظروف القياسية ؟

أي جُهدُ الاختزالِ في الظُرُوفِ القياسية عِندَ (درجة الحرارة 25°C وضغط الغاز إن وجد (1atm) وتركيز المحلول (1M)

مُلاحَظَة :

❶ جُهدُ الاختزالِ **يساوي** جهد الأكسدة مع **اختلاف الإشارة**

❷ تم اعتماد أنّ جهد الاختزال القياسي للهيدروجين يساوي **صفراً** بحسب نظام الاتحاد الدولي للكيمياء IUPAC

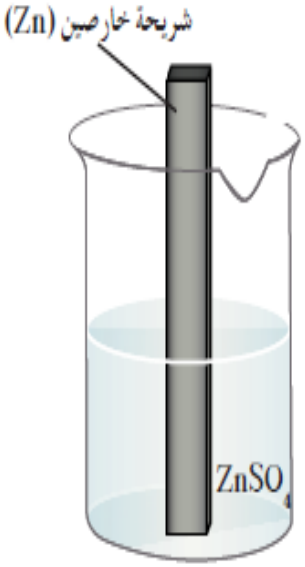
أنصاف الخلايا

يَتَكونُ **نصف الخلية** : من وعاء يحتوي على شريحة (موصل فلزي) مغمورة

جُزئياً في محلولٍ الكتروليتي لأحدِ مُركبات مادة القطب (الشريحة)

ما المقصُود بِـ:

نِصفُ الخَلِيةِ القِياسِي : هُو نِظامٌ يَحتوي عَلى شَريحةٍ مِن فِلزٍ مَوضُوعَةٍ في مَحلولٍ لأَيوناتِ مادةِ الشرِيحةِ تَركِيزُهُ (1M) عِندَ 25^0C و تحت ضَغطٍ يُعادِلُ (1atm)



✱ نصفُ خَلِيةِ الخَارصِينِ القِياسِية :

☚ تَتكونُ نِصفُ خَلِيّةِ الخَارصِينِ مِن وِعاءٍ يَحتوي عَلى شَرِيحةِ خَارصِين مَغمُورة جُزئيًّا في مَحلولٍ مَائِي تَركِيزُهُ 1M مِن كَاتِيونَاتِ الخارصين (Zn^{2+}) عِندَ دَرَجَةِ حَرَارة $25°C$

و تَحدُثُ حَالَةُ اِتزانٍ بَيَنَ ذَراتِ شَرِيحَةِ الخَارصِينِ وأَيُونَاتِهِ .

و نَتِيجةً لِحُدُوثِ **حَالَةِ الاتزان** : $Zn_{(s)} \rightleftarrows Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

① يبقى تركيزُ الكَاتِيُونَاتِ في المَحلُولِ ثابتًا .

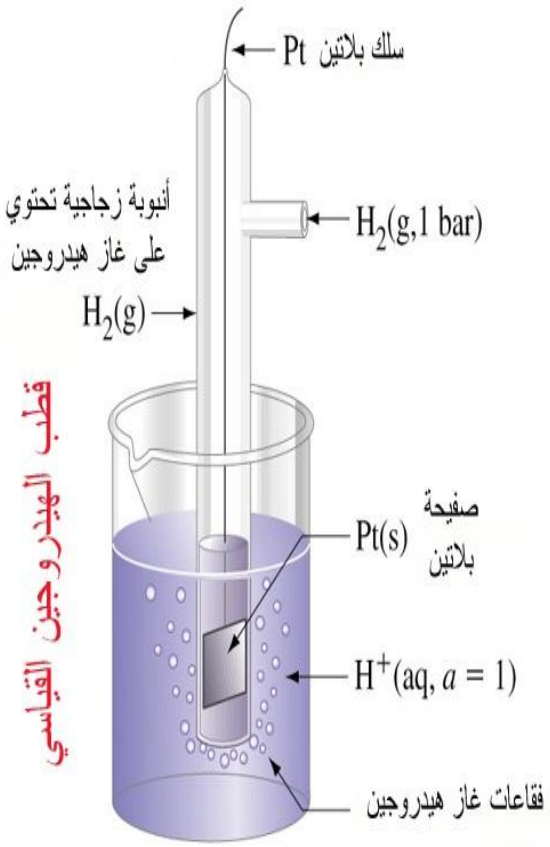
② تبقَى كُتلة الشريحة ثابتة .

③ يُعتبَر نصف الخليّة المنفردة دائرة مفتوحة لا يمر بها تيار كهربائي .

④ يرمز لنصف خلية الخارصين القياسية بالرمز الاصطلاحي التالي : $Zn_{(s)} \ / \ Zn^{2+}_{(aq)}(1\,M)$

Ahmad. Hussein

نِصفُ خَلِيةِ الهَيدرُوجِينِ القِياسِيةِ



☜ يتَكَوَنُ مِن قُطبِ بلاتِين مَغمُور في مَحلول حِمضِي

يَحتوي عَلى كَاتيوُن الهَيدرُوجِين عِندَ الظُرُوفِ القِياسِيةِ .

و يُمكِنُ تَمثِيلُ نِصفِ التَفاعُلِ الحَادِثِ كَالتالِي :

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \leftrightarrows H_{2(g)} \quad E^\circ_{H+/H2} = 0.00V$$

الَرمزُ الاصِطِلاحِيُ لِنِصفِ خَلِيّةِ الهَيدرُوجين القِياسِية هو

$H^+_{(aq)}$ (1M) / $H_{2(g)}$ (1atm) , Pt

✵ مِما يَتَكونُ قُطبُ البلاتِين :

يتكون قطب البلاتين من شريحة رقيقة مربعة وصغيرة من البلاتين مغطاة بطبقة سوداء من البلاتين المجزأ

تجزيئاً دقيقاً يعمل كمادة محفزة

☺ **يُمثِلُ الَرمزُ** $E^\circ_{H^+/H2}$ **جُهدَ الاِختِزالِ القِياسِي للهيدرُوجِين**

👍 ما المقَصُودُ بِـ

جُهدِ اِختِزالِ الهَيدرُوجين القِياسِي

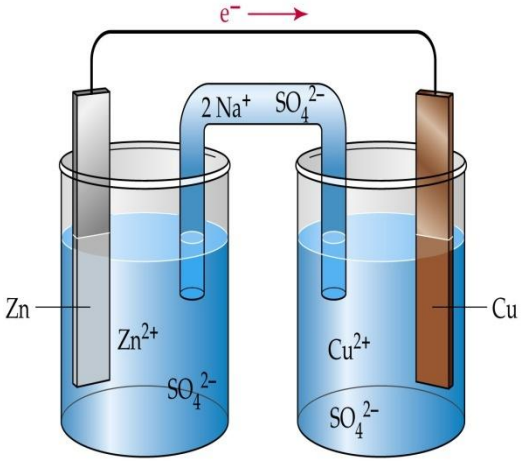
هو ميل كاتيونات الهيدروجين إلى أن تكتسب إلكترونات و تُختزَل إلى غاز الهيدروجين

Ahmad Hassan

الخلية الجلفانية

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 خليّة الخارصين القياسية ونصف خلية النحاس القياسية**

② **موصل فلزي في الدائرة الخارجية ومفتاح و فولتميتر لقياس فرق الجهد**

③ **الجسر الملحي :**

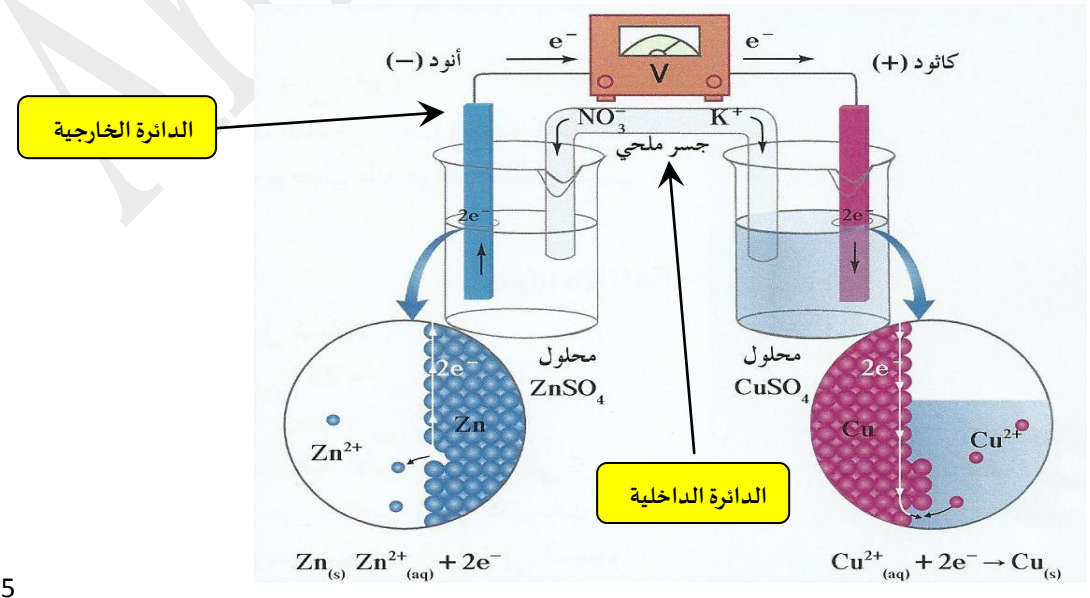
أنبوب على شكل حرف U يحتوي على محلول الكتروليتي من نيترات البوتاسيوم KNO_3 أو KCl أو Na_2SO_4 المذاب في جيلاتين لربط نصفي الخليّة

كيف تعمل خلية الخارصين - النحاس ؟

عند غلق الدائرة الخارجية ينحرف مؤشّر الفولتمتر ، مما يدل على مرور تيّار كهربائي في

الدائرة الخارجية من قطب الخارصين (الانود) إلى قطب النحاس (الكاثود) مما يعني أنّه يمرّ في الاتّجاه

المعاكس في الدائرة الداخليّة للخليّة المؤلّفة من المحاليل و الجسر الملحي



Ahmad Hussain

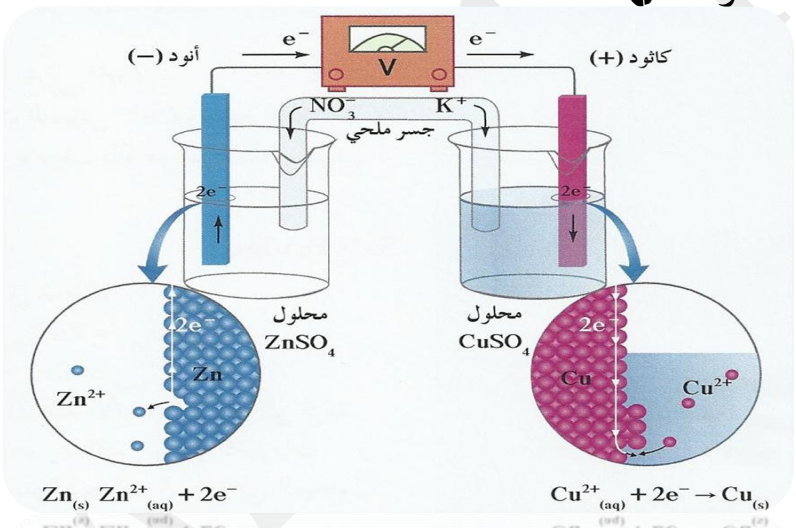
التَفَاعُلاتُ والتَغيُراتُ التَي تَحدُثُ عِندَ عَمَلِ الخَلِيةِ الجِلفَانِيةِ

عند **الأنود** (-)	عند **الكاثود** (+)
① يحدث أكسدة لفلزّ الخارصين Zn يتحول إلى كاتيونات خارصين $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ ② يزداد تركيز كاتيونات الخارصين Zn^{2+} في المحلول ③ يُسمى قُطبُ الخَارصِينِ بالأنود ويحمل شحنة سَالبِة بِسببِ تَولّد الإلكتروناتِ عِندهُ . ④ تتناقص كتلة (قطب) الخارصين .	① اختزال كاتيونات النحاس Cu^{2+} تتحول الى ذرات نحاس تترسب على القطب $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ ② يقل تركيز كاتيونات النحاس Cu^{2+} في المحلول ③ يسمى قطب النحاس بالكاثود ويحمل شحنة موجبة . ④ زيادة كتلة (قطب) النحاس

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

❶ كتلة قطب **الأنود** تقل ، ويزداد تركيز محلول الأنود **علل** .....

❷ كتلة قطب **الكاثود** تزداد ، ويقل تركيز محلول الكاثود **علل** .....



سؤال : ما هي وظيفة **الجسر الملحي** ؟

① تسمح بتلامس المحلولين دون أن يختلطا بسرعة .

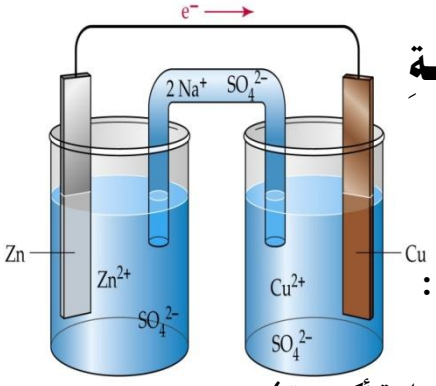
② تعمل كمخزن للأيونات .

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)

و تهاجر أنيونات (NO_3^-) الكتروليت الجسر المحلي الى نصف خلية الخارصين (عند الانود)

حيث التركيز الاكبر من الكاتيونات



❁ الـــرمـــزُ الإصـطِلاحِـي للـــخـــلايـــا الجِـــلفـــانِـــيـــة

☚ لكل خلية جلفانية رمز اصطلاحي يدل على التفاعلات الحادثة فيها ،

و حسب 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 .

☺ و عليه فإن الرمز الاصطلاحي لخلية الخارصين – النحاس القياسية هو :

$$Zn_{(s)}/Zn^{2+}_{(aq)}(1M) \;\vdots\vdots\; Cu^{2+}_{(aq)}(1M)/Cu_{(s)}$$

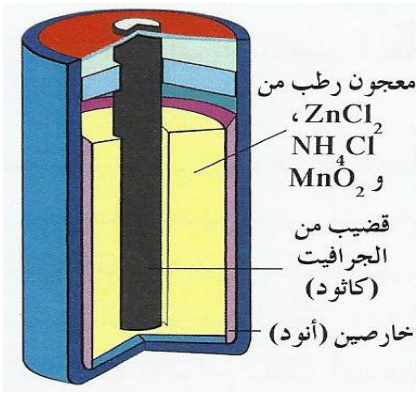
تطبيقات على الخلايا الجلفانية

تقسم الخلايا التجارية إلى قسمين :

أنواع الخلايا	"خـــلايـــا أولـــيـــة "	"خـــلايـــا ثـــانـــويـــة"
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)

Amine. Hassan

الخلية الجافة (خلية الخارصين - كربون)

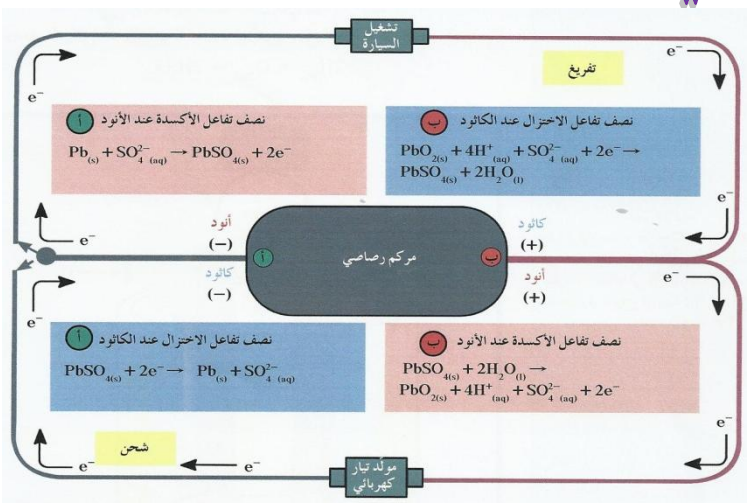


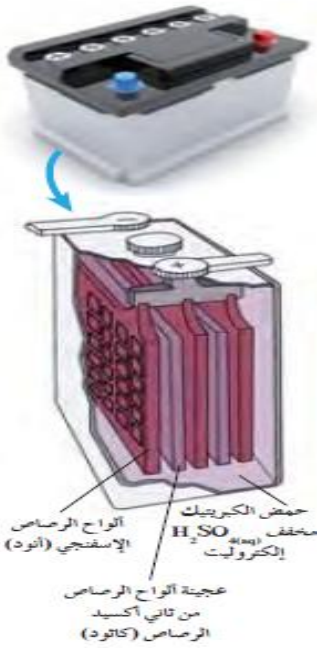
خلية لوكلانشيه

الأنود	عبارة عن جدار من الخارصين يفصل بينه وبين المواد الكيميائية الأخرى ورق مسامي يشبه الجسر الملحي من حيث الوظيفة
الكاثود	عبارة عن قضيب من الجرافيت يمر بمركز الخلية الجافة وهو غير نشط
الفراغ بين القطبين	مملوء بمعجون رطب مكون من (MnO_2 ، NH_4Cl ، $ZnCl_2$)
عند الأنود	$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
عند الكاثود	تُختزَل كاتيونات الأمونيوم . $2NH_4^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2NH_{3(g)} + H_{2(g)}$ يؤكسد ثاني أكسيد المنجنيز MnO_2 غاز الهيدروجين الذي تكوّن في خلال اختزال الأمونيوم ويمنعه من التراكم . $H_{2(g)} + 2MnO_{2(s)} \rightarrow Mn_2O_{3(s)} + H_2O_{(l)}$ و بذلك يكون تفاعل الاختزال الكلي : $2MnO_{2(s)} + 2NH_4^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mn_2O_{3(s)} + 2NH_{3(g)} + H_2O_{(l)}$
المعادلة النهائية	$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + 2NH_4^+{}_{(aq)} \rightarrow [Zn(NH_3)_2]^{2+}_{(aq)} + Mn_2O_{3(s)} + 2H_2O_{(l)}$ تكوين الأيون المتراكب $[Zn(NH_3)_2]^{2+}$ يؤدي إلى عدم إمكانية إعادة الشحن
استخداماتها	تشغيل الكشافات - لعب الأطفال - أجهزة الراديو - الحاسبات الالكترونية .

Ahmad Hassan

المركم الرصاصي (بطارية السيارة)





الأنود	عجينة من الرصاص الاسفنجي Pb
الكاثود	عجينة من ثاني أكسيد الرصاص PbO_2
الالكتروليت	حمض الكبريتيك المخفف H_2SO_4
عند الأنود	تتأكسد ذرات الرصاص و تتحد مع أنيونات الكبريتات مكونة كبريتات الرصاص $Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(s)} \rightarrow PbSO_{4(s)}\downarrow + 2e^-$
عند الكاثود	يختزل ثاني أكسيد الرصاص في وجود كاتيونات الهيدروجين مكوناً الماء وكبريتات الرصاص $PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow PbSO_{4(s)}\downarrow + 2H_2O_{(l)}$
التفاعل النهائي (تفريغ المركم)	$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(s)}\downarrow + 2H_2O_{(l)}$
استخداماته	تشغيل السيارات
معادلة إعادة (شحن المركم)	$2\,PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)}$

علل : يمكن تفريغ المركم الرصاصي و إعادة شحنه لعدد لا نهائي من المرّات و لكنّ عمره ، من الناحية العملية محدود .

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

Amjad Hassan

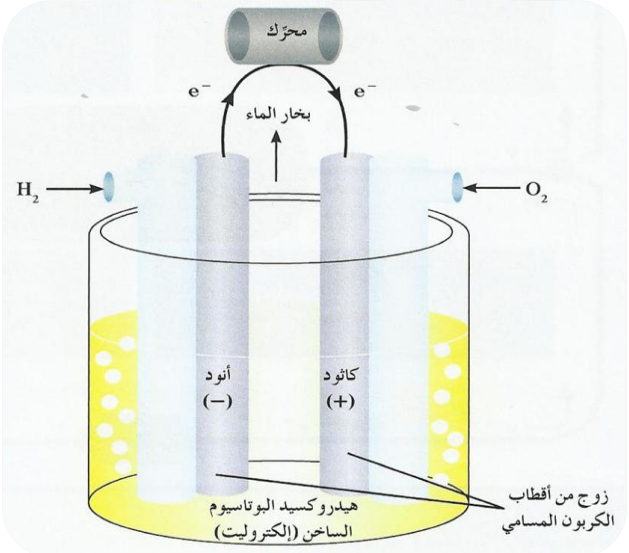
خلايا الوقود

هي خلايا جلفانية تحتوي على مادة وقود تتأكسد لتعطي طاقة كهربائية مستمرة

الأنود	الهيدروجين (H_2)
الكاثود	الأكسجين (O_2)
الالكتروليت	محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)
عند الأنود	الأكسدة في (وسط قاعدي) : $2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 4H_2O_{(l)} + 4e^-$
عند الكاثود	الاختزال في (وسط قاعدي) : $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$
التفاعل النهائي	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
مميزاتها	① مصدر نظيف للطاقة الكهربائية و لا يصدر عنها ضوضاء ② الحصول على ماء صالح للشرب ③ تشغيل السيارات ④ مصدر إضافي للطاقة في الغواصات والآليات العسكرية والفضائية

ملاحظة :

- يمكن استبدال الهيدروجين بأنواع أخرى من الوقود مثل غاز الميثان CH_4 وغاز الأمونيا NH_3
- و استبدال الأكسجين بغازات مؤكسدة من مثل الكلور Cl_2 و الأوزون O_3 .



ملاحظة :

يعتبر بطارية السيارة أو المركم الرصاصي هي البطارية الأكثر استخداماً ويبلغ فرق الجهد بين الأنود و الكاثود فيها (12 V) "

Ahmed Hussain

أنصاف الخلايا و جهود الخلايا

الجهد 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 تحدث عنده الأكسدة والفرق بين هذين الجهدين يسمى :

جهد الخلية =	**جهد الاختزال لنصف الخلية الذي يحدث عنده الاختزال**	−	**جهد الاختزال لنصف الخلية الذي يحدث عنده الأكسدة**

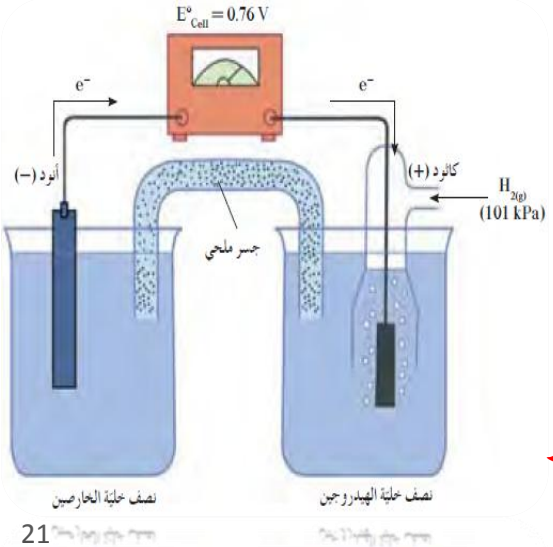
جهد الخلية E_{cell} = جهد اختزال الكاثود - جهد اختزال الانود

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

◆ جُهُودُ الاختزال القياسية لأنصاف الخلايا

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

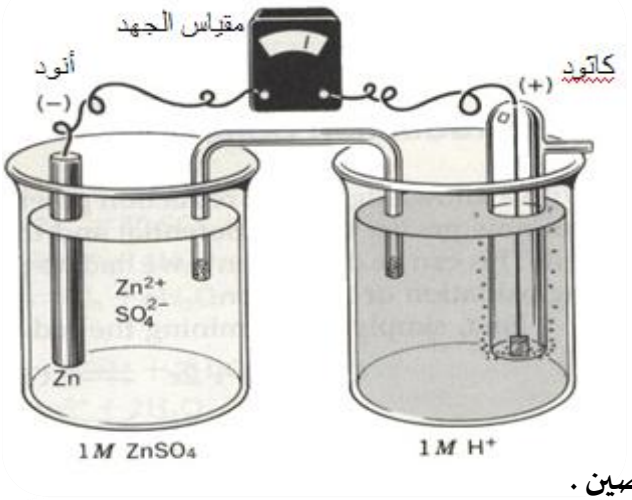
① نُكون خليةً جلفانيةً من نصفين أحدهما نصفُ خليةِ الهيدروجين القياسية والأخرى نصف الخلية المراد قياس جهدها و نوصل الخليتين بمقياس الجهد



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 :

١	تحديد قطب الأنود وقطب الكاثود	الكاثود (+) هو نصف خلية الهيدروجين و الأنود (-) هو نصف خلية الخارصين
٢	التفاعل الحادث عند الأنود (الأكسدة)	$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
	التفاعل الحادث عند الكاثود (الاختزال)	$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$
٣	التفاعل الكلي الحادث في الخلية	$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow H_{2(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)}$
٤	الرمز الاصطلاحي للخلية	$Zn/Zn^{2+}(1M) // H^+(1M)/H_{2(g)}(1atm)$
٥	حساب قيمة جهد الاختزال القطبي القياسي لنصف خلية الخارصين	$E^o_{cell} = E^o_{(كاثود)} - E^o_{(أنود)}$ $0.76 = 0.0 - E^o_{zn/zn^{2+}}$ $E^o_{zn/zn^{2+}} = -0.76\ V$

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

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

Ahmed Hussain

مسألة : خلية جلفانية مكونة من نصف خلية النحاس القياسية ، ونصف خلية الهيدروجين القياسية ، قيمة جهد الخلية القياسي (E_{cell}) تساوي 0.34 V عندما تم توصيل قطب الهيدروجين بالطرف السالب لمقياس الجهد ، و **المطلوب :**

① رسم شكل تخطيطي للخلية مع تحديد قطب الأنود وقطب الكاثود ، واتجاه سريان التيار الكهربائي .

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 النحاس

☚ الحل :

① الرسم

② عند الأنود(-) تحدث عملية أكسدة :

.....

عند الكاثود (+) تحدث عملية اختزال :

.....

③ التفاعل الكلي الحادث في الخلية :

.....

④ الرمز الاصطلاحي للخلية : .....

⑤ حساب جهد الاختزال القطبي لنصف خلية النحاس

.....

.....

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

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

Ahmad. Hussain

سلسلة جهود الاختزال القياسية

هي ترتيب تصاعدي لجميع العناصر تبعا لجهود الاختزال القطبية القياسية لها

مزايا ترتيب أنصاف الخلايا في السلسلة الالكتروكيميائية

① القيمة العددية لجهد الاختزال القياسي لنصف الخلية تساوي القيمة العددية لجهد الأكسدة القياسي لنفس نصف الخلية ولكن بإشارة مخالفة

أنصاف الخلايا التي تسبق الهيدروجين في سلسلة جهود الاختزال :

② قيم جهود الاختزال لأنصاف الخلايا التي تسبق الهيدروجين لها إشارة **سالبة** أي أن :

أ) العناصر الفلزية التي تسبق الهيدروجين لها القدرة على أن تحل محل الهيدروجين في مركباته كالماء و الاحماض

$$2Na + 2HCl \rightarrow 2\,NaCl + H_2$$

ب) تعمل أنصاف خلايا العناصر التي تسبق الهيدروجين **كأنود** عند توصيلها بنصف خلية الهيدروجين ولذلك هي أسهل في الأكسدة و أصعب في الاختزال من الهيدروجين

مثل خلية (الخارصين - الهيدروجين القياسية)

أنصاف الخلايا التي تلي الهيدروجين في سلسلة جهود الاختزال :

③ قيم جهود الاختزال لأنصاف الخلايا التي تلي الهيدروجين لها إشارة **موجبة** أي أن :

أ) العناصر الفلزية التي تلي الهيدروجين ليس لها القدرة على أن تحل محل الهيدروجين في مركباته كالماء و الاحماض في الظروف العادية

$$Cu + HCl \not\rightarrow$$ لا يحدث

ب) تعمل أنصاف خلايا العناصر التي تلي الهيدروجين **ككاثود** عند توصيلها بنصف خلية الهيدروجين ولذلك فهي أصعب في الأكسدة و أسهل في الاختزال من الهيدروجين **مثل** خلية (الهيدروجين - النحاس القياسية)

ج) يمكن أن توجد هذه العناصر في الطبيعة في الحالة العنصرية بجانب وجودها في صورة مركبات

Ahmad Hussam

سلسلة جهود الاختزال القياسية

قوة العامل المختزل	Half-Reaction	E^0 (V)	قوة العامل المؤكسد
مُختزِل	$Li^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Li_{(s)}$	-3.05	-
مُختزِل	$K^+_{(aq)} + e^- \rightarrow K_{(s)}$	-2.93	-
مُختزِل	$Ba^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Ba_{(s)}$	-2.90	-
مُختزِل	$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$	-2.71	-
مُختزِل	$Mg^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Mg_{(s)}$	-2.37	-
مُختزِل	$Al^{3+}_{(aq)} + 3\ e^- \rightarrow Al_{(s)}$	-1.66	مؤ
مُختزِل	$2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2\ OH^-_{(aq)}$	-0.83	مؤ
مُختزِل	$Zn^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	-0.76	مؤ
مُختزِل	$Cr^{3+}_{(aq)} + 3\ e^- \rightarrow Cr_{(s)}$	-0.74	مؤ
مُختزِل	$Fe^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0.44	مؤكسد
مُختزِل	$Cd^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Cd_{(s)}$	-0.40	مؤكسد
مُختزِل	$PbSO_{4(s)} + 2\ e^- \rightarrow Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$	-0.31	مؤكسد
مُختزِل	$Co^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Co_{(s)}$	-0.28	مؤكسد
مُختزِل	$Ni^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	-0.25	مؤكسد
مُختزِل	$Pb^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Pb_{(s)}$	-0.13	مؤكسد
مُختزِل	$2\ H^+_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow H_{2(g)}$	0.00	مؤكسد
مُختزِل	$Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu^+_{(aq)}$	+0.13	مؤكسد
مُختزِل	$AgCl_{(s)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)} + Cl^-_{(aq)}$	+0.22	مؤكسد
مُختزِل	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+0.34	مؤكسد
مُختزِل	$O_{2(g)} + 2\ H_2 + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-_{(aq)}$	+0.40	مؤكسد
مُختزِل	$I_{2(s)} + 2\ e^- \rightarrow 2\ I^-_{(aq)}$	+0.53	مؤكسد
مختزل	$MnO_4^-{}_{(aq)} + 2\ H_2O + 3\ e^- \rightarrow MnO_{2(s)} + 4\ OH^-_{(aq)}$	+0.59	مؤكسد
مختزل	$O_{2(g)} + 2\ H^+_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow H_2O_{2(aq)}$	+0.68	مؤكسد
مخ	$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$	+0.77	مؤكسد
-	$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	+0.80	مؤكسد
-	$Hg_2^{2+}{}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow 2\ Hg_{(l)}$	+0.85	مؤكسد
-	$Br_{2(l)} + 2\ e^- \rightarrow 2\ Br^-_{(aq)}$	+1.07	مؤكسد
-	$O_{2(g)} + 4\ H^+_{(aq)} + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$	+1.23	مؤكسد
-	$MnO_{2(s)} + 4\ H^+_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 2\ H_2O$	+1.23	مؤكسد
.	$Cl_{2(g)} + 2\ e^- \rightarrow 2\ Cl^-_{(aq)}$	+1.36	مؤكسد
-	$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8\ H^+_{(aq)} + 5\ e^- \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4\ H_2O$	+1.51	مؤكسد
-	$PbO_{2(s)} + 4\ H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow PbSO_{4(s)} + 2\ H_2O$	+1.70	مؤكسد
-	$F_{2(g)} + 2\ e^- \rightarrow F^-_{(aq)}$	+2.87	مؤكسد

ملاحظات على سلسلة جهود الاختزال القياسية :

عندما نتحدثُ عن الفلزات

الفلز الذي له جهد اختزال **أقل**

يكون **أكثر** نشاطاً

و**أسهل** في الأكسدة من الفلز الذي له جهد اختزال **أكثر**

و بالتالي يستطيع أن يحل محله ويطرده من محاليل مركباته

الفلز الذي في **أعلى** السلسلة الكهروكيميائية

يحل محل كاتيون الفلز الذي في **الاسفل**

و يطرده من محاليل مركباته

مثلاً : الخارصين يقع فوق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية و بالتالي يكون أكثر نشاطاً

و يستطيع أن يحل محله (**يطرده**) من محاليل مركباته :

$$Zn_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

عندما نتحدثُ عن **اللافلزات**

اللافلز الذي له جهد اختزال **أكبر**

يكون **أكثر** نشاطاً

و**أسهل** في الاختزال من اللافلز الذي له جهد اختزال **أقل**

و بالتالي يستطيع أن يحل محله ويطرده من محاليل مركباته

و يطرده من محاليل مركباته

يحل محل أنيون اللافلز الذي في **الاعلى**

اللافلز الذي في **أسفل** السلسلة الكهروكيميائية

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

$$F_{2(g)} + HCl_{(aq)} \rightarrow HF_{(aq)} + Cl_{2(g)}$$

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

.....

يُمكنُ معرفةُ العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة من السلسلة الكهروكيميائية ، وتدرجها في القوة

العوامل المؤكسدة	العوامل المختزلة
هي الأنواع التي تقع على يسار السهم في سلسلة جهود الاختزال و تحدث 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 يسار السهم في السلسلة و في أسفل السلسلة	أقوى العوامل المختزلة هي تلك الأنواع التي تقع على يمين السهمين وفي أعلى السلسة
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

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

القطب	الأنود	الكاثود
العملية	اكسدة	اختزال
جهد اختزاله	الأقل	الأكثر

يمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعل بمعرفة قيم جهود الاختزال القطبية القياسية لأنصاف الخلايا الأكسدة والاختزال بشكل تِلْقَائي مستمر من عدمه عن طريق حساب جهد التفاعل :

جهد التفاعل = جهد اختزال الكاثود – جهد اختزال الأنود

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

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

Amjad Hussain

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

$$Ni_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$$

الحل :

✍ **تذكير** : يكون تفاعل الأكسدة و الاختزال تلقائي اذا كان جهد الخلية القياسي **موجب**

نحدد تفاعل الأكسدة والاختزال من المعادلة

نفكك معادلة الاكسدة و الاختزال الى نصف تفاعل أكسدة و نصف تفاعل اختزال

القطب	نصف تفاعل	الجهد القياسي (V)
Li^+/Li	$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	−3.05
K^+/K	$K^+ + e^- \rightarrow K$	−2.93
Ba^{2+}/Ba	$Ba^{2+} + 2e^- \rightarrow Ba$	−2.90
Na^+/Na	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	−2.71
Mg^{2+}/Mg	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.37
Al^{3+}/Al	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.66
H_2O/H_2	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	−0.83
Zn^{2+}/Zn	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	−0.76
Cr^{3+}/Cr	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.74
Fe^{2+}/Fe	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	−0.44
H_2O/H_2 (pH=7)	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	−0.42
$PbSO_4/Pb$	$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	−0.36
Co^{2+}/Co	$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	−0.28
Ni^{2+}/Ni	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	−0.25
Pb^{2+}/Pb	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.13
Fe^{3+}/Fe	$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$	−0.036

الأكسدة $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

الاختزال $Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{redtuction} - E^{\circ}_{oxidation}$$

$$E^{\circ}_{cell} = -0.44 - (-0.25) = -0.19\ V$$

✍ جهد الخلية القياسي سالب ، أي أن تفاعل الأكسدة و الاختزال **غير تلقائي** .

Ahmed Hussain

✍ **مسألة** : حدد نصف خلية الاكسدة و نصف خلية الاختزال في الخلية الفولتيه المكونة من نصف الخلايا التالية

$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$ $\quad E^\circ_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77\ V$

$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$ $\quad E^\circ_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$

ثم احسب جهد الخلية القياسي و اكتب المعادلة النهائية :

الحل :

Ahmad. Hussain

غ) علل (فسر) ما يلي :

① تكون طبقة بُنية اللون من ذرات النُحاس (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 يبهتُ لون محلول كبريتات النُحاس 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 تآكُلُ سطح شريحة الخارصين عند غمرها في محلول مائي لكبريتات النحاس II

بسبب اكسدة ذرات الخارصين الى كاتيونات خارصين بفقدها 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 ينقُل الالكترونات من وعاء الأكسدة الى وعاء الاختزال و تُعتبرُ دائرة مفتوحة

⑤ يمكن تفريغ المركم الرصاصي و إعادة شحنه لعدد لا نهائي من المرات و لكن من الناحية العملية محدود

لترسب كميات قليلة من كبريتات الرصاص في قاع المركم

⑥ يمكن للألمنيوم أن يحل محل الفضة في محاليل أملاحها

لأن جهد اختزال الالمنيوم أقل من جهد اختزال الفضة و بالتالي يكون نشاطه الكيميائي اكبر و بالتالي يستطيع أن يحل محل الفضة في محاليل املاحها

⑦ يمكن حفظ محلول كبريتات الحديد II فى وعاء من النحاس

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

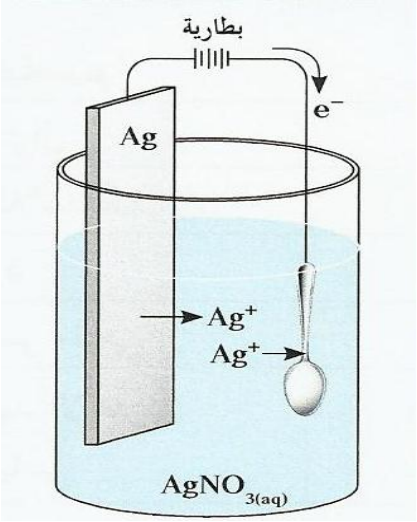
⑧ عند وضع قطعة من فلز الخارصين فى محلول كبريتات النحاس II الزرقاء تتكون طبقة رقيقة بنية اللون على سطح قطعة الخارصين و يبهت لون محلول كبريتات النحاس II

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

Ahmad Hussain

الخلايا الالكتروليتية Electrolytic Cells

❁ يُستخدمُ التيار الكهربائي في انتاج تفاعلٍ كيميائي و تسمى 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)

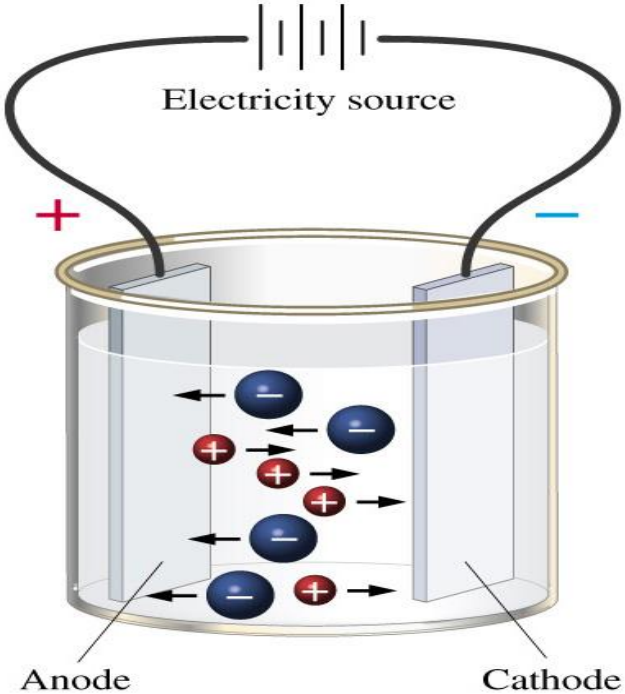
☑ **ملاحظة** : **الجهاز المستخدم في عملية التحليل الكهربائي يسمى** :

الخلية الالكتروليتية هي خليه تحتاجُ طاقةً كهربائيةً و ينتجُ عنها تفاعلٌ كيميائيٌ

❁ **مما تتكون الخلية الالكتروليتية** :

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

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



للمصدر الكهربائي و يُمثلُ (**قطب الكاثود**)

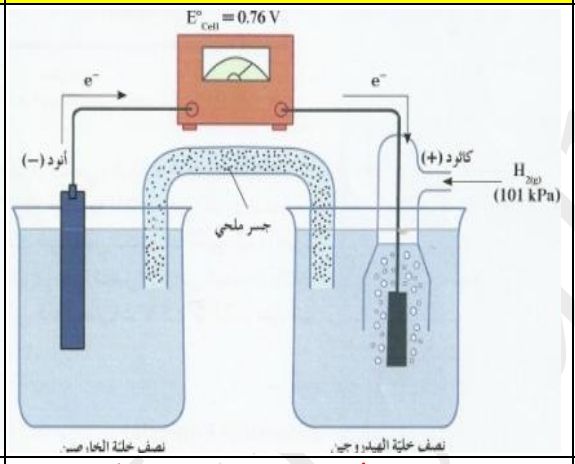
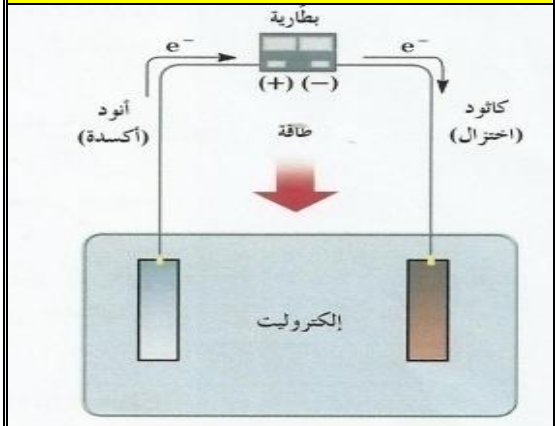
حيث تتجه إليه الكاتيونات و تحدث عنده عملية الاختزال

بينما يتصل القطب الآخر و يمثل (**قطب الأنود**)

بالطرف الموجب للمصدر الكهربائي(+) ،

حيث تتجه إليه الأنيونات و تحدث عنده عملية الأكسدة

الفرق بين الخلية الجلفانية - و الخلية الالكتروليتية

المقارنة	الخلية الجلفانية (الفولتية)	الخلية الالكتروليتية
الرسم		
التعريف	خلايا تنتجُ طاقة كهربائيةً من خلال التفاعلات الكيميائية	خلايا تحتاجُ طاقة كهربائيةً لإحداث تفاعلات كيميائية
سريان الالكترونات	من الأنود إلى الكاثود في الدائرة الخارجية	من الأنود إلى الكاثود في الدائرة الخارجية
التفاعل عند الأنود	عملية أكسدة	عملية أكسدة
التفاعل عند الكاثود	عملية إختزال	عملية إختزال
شحنة الانود	سالبة (-)	موجبة ☚ لأنه يتصل بالقطب الموجب (+) للبطارية "مصدرالطاقة الخارجي"
شحنة الكاثود	موجبة (+)	سالبة ☚ لأنه يتصل بالقطب السالب (-) للبطارية "مصدرالطاقة الخارجي"
حدوث التفاعلات	تَحدُثُ الأكسدة والاختزال بشكل تلقائي مستمر يطلق طاقة تستعمل في المحيط الخارجي "إضاءة المصباح"	تتحرك الالكترونات بفعل طاقة تمتصها الخلية من مصدر خارجي "بطارية" ليحدث تفاعل "لا تحدث بشكل تلقائي"
	تعمل على المحاليل	تعمل على المحاليل و المصاهير

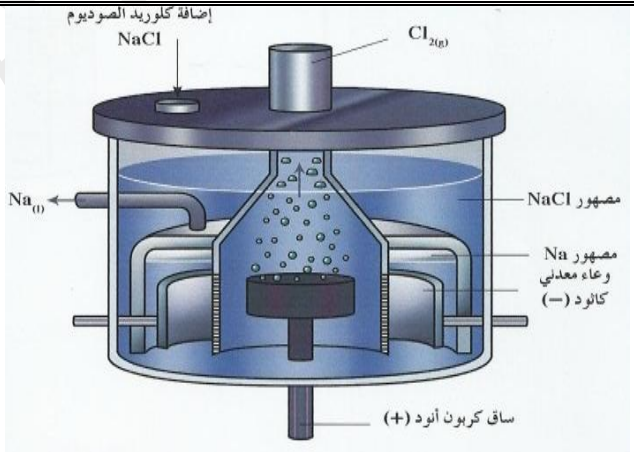
Ahmad Hubbi

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم ($NaCl$)

تُسمى الخليةُ المُستخدمةُ في التحليلِ الكهربائي :

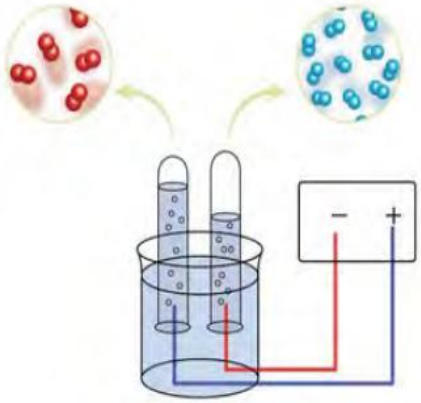
خلية داون : هي خليةٌ الكتروليتيه تتم فيها عمليةُ التحليلِ الكهربائي لمصهورِ كلوريد الصوديوم ($NaCl$)

☑ يحتوي مصهور كلوريد الصوديوم $\quad 2NaCl \longrightarrow 2Na^{+} + 2Cl^{-}$

التفاعل عند الأنود (+) ☚ (أكسدة)	$2Cl^{-}_{(l)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^{-}$
التفاعل عند الكاثود (-) ☚ (اختزال)	$2Na^{+}_{(l)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Na_{(l)}$
التفاعل الكلي	$2NaCl \longrightarrow 2Na + Cl_2$
النتيجة النهائية	❀ يتكون الصوديوم Na عند الكاثود ❀ يتصاعد غاز الكلور Cl_2 عند الانود
استخدامات الصوديوم	① يدخل في مصابيح بخار الصوديوم ② يستخدم كمبرد للمفاعلات النووية
استخدامات الكلور	① تعقيم مياه الشرب ② تصنيع البوليمرات مثل بولي كلوريد الفينيل ③ تصنيع المبيدات الحشرية المختلفة
	(تعمل الخلية على درجة حرارة 301 C^{o} حتى ينصهر الملح) و ينتج عنها فلز الصوديوم و غاز الكلور

Ahmad Hijazi

التحليل الكهربائي للماء



① عندما يوصل تيار كهربائي بقطبين مغمورين في ماء نقي

لا يمر تيار كهربائي و لا يحدث تحليل كهربائي للماء **علل** .

② عند إضافة قطرات من حمض الكبريتيك ، بتركيزات منخفضة إلى الماء

النقي يصبح المحلول موصلاً للتيار الكهربائي و يحدث التحليلُ الكهربائيُ للماءِ كما بالشكل المقابل :

يحتوى المحلول المائي على ($2H_2O$ ، $4H^+$ ، SO_4^{-2})

عند الأنود (أكسدة) حيث يتواجد : H_2O (+1.23 V) / SO_4^{-2} (+2 V)	$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} \uparrow + 4H^+ + 4e^-$
عند الكاثود (اختزال) حيث يتواجد : H_2O (-0.42 V) / $4H^+$ (0 V)	$4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_{2(g)} \uparrow$
التفاعل (النهائي) الكلي	$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} \uparrow + 2H_{2(g)} \uparrow$
النتيجة النهائية	① عند الأنود يتصاعد غاز O_2 ② عند الكاثود يتصاعد غاز H_2 ③ يبقى عدد مولات حمض (H_2SO_4) ثابتاً وبذلك يعتبر حمض الكبريتيك مادة محفزة ④ حجم غاز H_2 الناتج ضعف حجم غاز O_2

علل حجم غاز الهيدروجين (H_2) الناتج ضعف حجم غاز الأكسجين O_2 ؟

" لأن عدد مولات الأكسجين الناتجة من أكسدة الماء (1 mol) ، بينما تُختزل كاتيونات الهيدروجين وينتج (2 mol) من غاز الهيدروجين عند الكاثود (**و هي نسبة وجودهما في الماء**)

علل يتأكسد الماء عند الانود

لأن جهد اختزاله أقل من جهد اختزال أنيون الكبريتات SO_4^{-2}

علل تختزل كاتيونات الهيدروجين من الوسط الحمضي عند الكاثود

لأن جهد اختزالها أكبر من جهد اختزال الماء

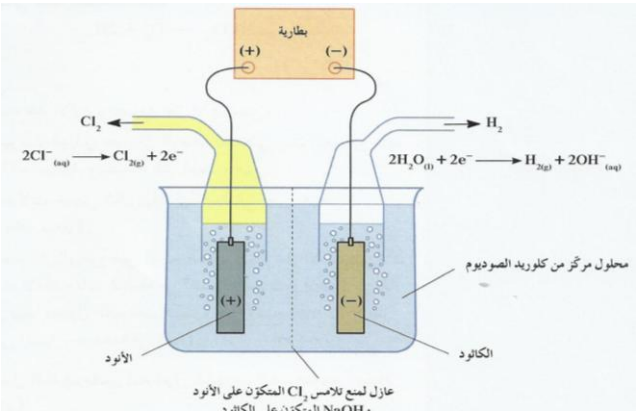
Ahmad Hisam

التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركز (NaCl)

ملاحظة : الفرق بين التحليل الكهربائي للمصهور والمحلول وجود الماء

لأن الماء قد يشارك في التفاعل و قد لا يشارك)

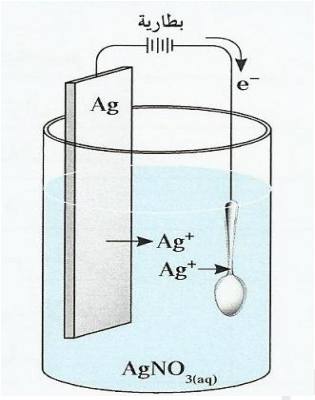
(قد يحدث له أكسدة وقد يحدث له اختزال)



يحتوي المحلول على (أنيونات Cl^- و كاتيونات Na^+ و جزيئات الماء H_2O و أقطاب جرافيت "خاملة ")	
عند الأنود (أكسدة) حيث يتواجد: (+1.23 V) H_2O (+ 1.36 V) Cl^-	عند بدء عملية التحليل الكهربائي يتأكسد الماء أولاً (لأن جهد اختزاله أقل) $2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} \uparrow + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$ ولكن تراكم غاز الأكسجين على القطب يرفع جهد اختزال الماء ليصبح أكبر من جهد اختزال الكلور فيتأكسد أنيون الكلوريد $2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} \uparrow + 2e^-$
عند الكاثود (اختزال) حيث يتواجد : (- 0.42 V) H_2O (-2.7 V) Na^+	عند الكاثود تتواجد كاتيونات الصوديوم و الماء وبما أن جهد اختزال الماء أكبر من جهد اختزال الصوديوم يختزل الماء . $2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \uparrow + 2OH^-$
التفاعل (النهائي) الكلي : $2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Cl_{2(g)} \uparrow + H_{2(g)} \uparrow + 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$	
النتيجة النهائية	① يتصاعد غاز الكلور (Cl_2) عند الأنود ② يتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود ③ يصبح الوسط قلوي عند الكاثود بسبب تكون هيدروكسيد الصوديوم ويمكن أن يتحول لون كاشف أزرق البروموثيمول الى اللون الأزرق

Ahmad Hussain

الطلاء بالكهرباء - و العمليات المتعلقة به

الطلاء بالكهرباء	**هو ترسيب طبقة رقيقة من فلز على جسم معدني في خلية الكتروليتية**
أهمية الطلاء بالكهرباء	حماية سطح الفلز المراد طلاؤه من التآكل و تجميله
الفلزات المستخدمة عادة في عملية الطلاء	الذهب - الفضة - النحاس - النيكل - الكروم
طبقة الفلز المترسبة	رقيقة للغاية يتراوح سمكها ما بين (5×10^{-5} cm) الى (1×10^{-3} cm)
مثال	طلاء ملعقة نحاسية بطبقة من الفضة
الخطوات	① تُنَظف الملعقة جيداً . ② يتم توصيل الملعقة بالقطب السالب (الكاثود) الكهربائي ، والفضة بالقطب الموجب (الأنود) لمصدر التيار الكهربائي . ③ يتم غمر القطبين في محلول أحد أملاح الفضة الفضة (AgCN) (الالكتروليت) ④ يمرر تيار كهربائي لفترة زمنية مناسبة حيث تتحرك كاتيونات الفضة من الانود باتجاه الجسم المعدني (الملعقة) فتتغطي الملعقة بطبقة من الفضة 

ما هي المواد التي تحتاج إليها لطلاء مسمار حديدي بالنحاس ، وضح بواسطة شكل تخطيطي كيف يمكن ترتيب هذه المواد حتى يتم الطلاء ؟

.....

☺ **ملاحظة : عِند صَقلِ (العملية العكسية للطلاء الكهربائي) جسم معدني نقوم بوصله بالأنود**

Ahmad Hussain

المركبات الهيدروكربونية Hydrocarbon Compounds

❖ دُحِضت نظرية (القوة الحيوية) عام ١٨٢٨ و التي كانت تنُص 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.

علمُ الكيمياءِ العضوية : فرعٌ من الكيمياء يهتمُ بدراسةِ مركبات الكربون و تفاعلاتها

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

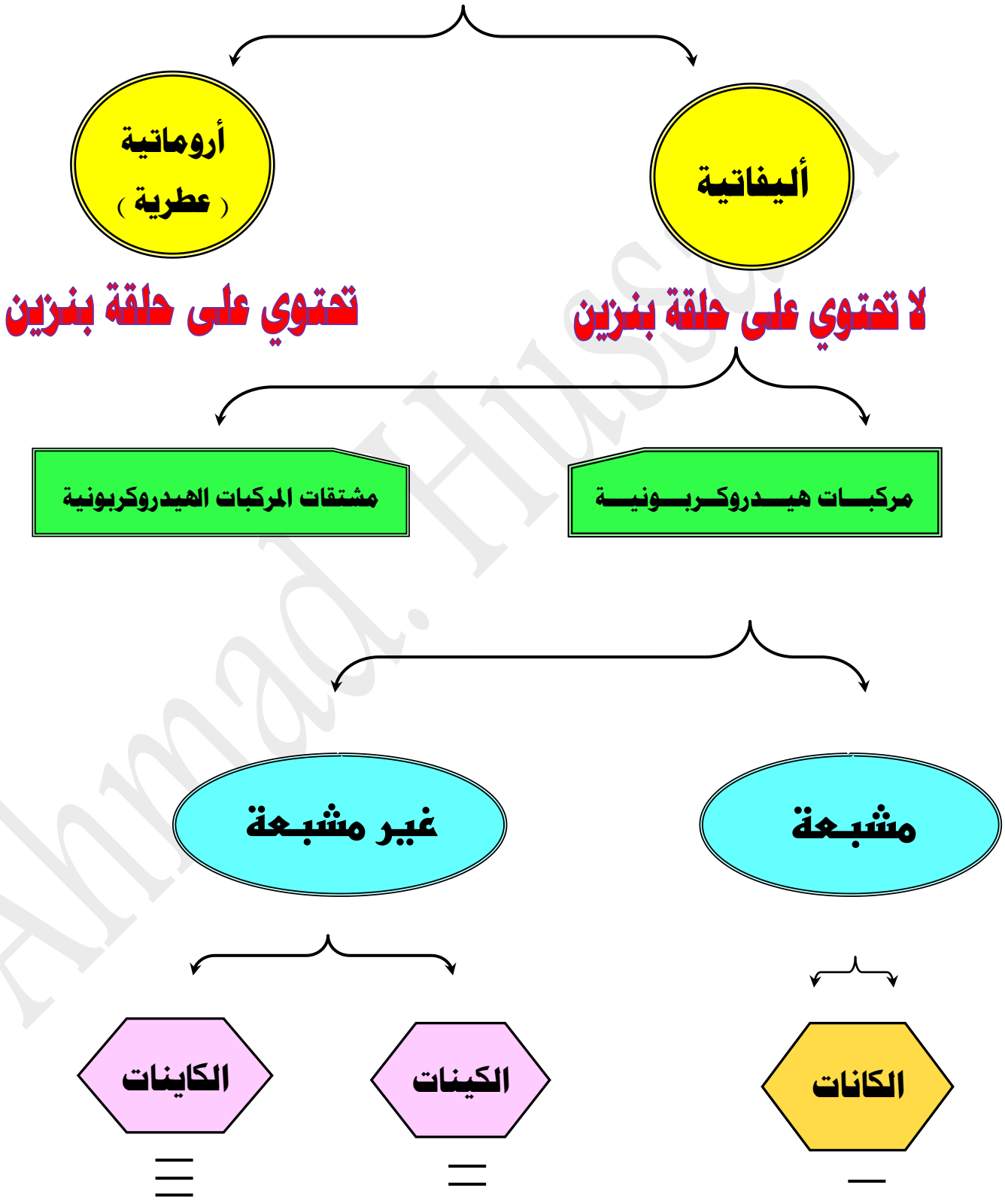
عنصر الحضارة أو العنصر الأساسي للحياة علي الأرض

❀ يُعتبرُ النفط و الفحم الحجري المصدرين الرئيسين للمواد العضوية

❀ ما المقصود بـ المركباتِ العضويةِ

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

أنـــواعُ المـركـبـاتِ الـعـضـويـة



Ahmad Hussein

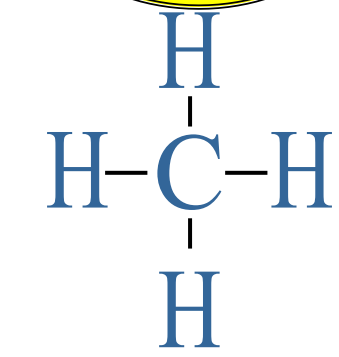
المركبات الاليفاتية

مركبات هيدروكربونية

هي مركباتٌ عضويةٌ تتكونُ من عنصري الكربون و الهيدروجين فقط

مُشبعة

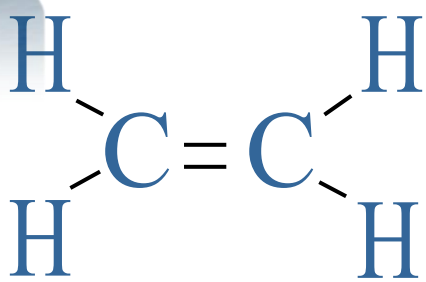
هي مركبات تكون فيها جميع الروابط بين ذرات الكربون روابط تساهمية أحادية



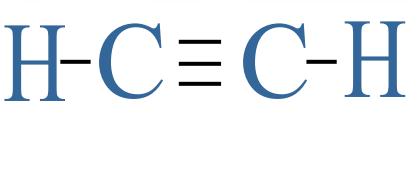
الميثان

غير مُشبعة

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



الإيثين



الايثاين

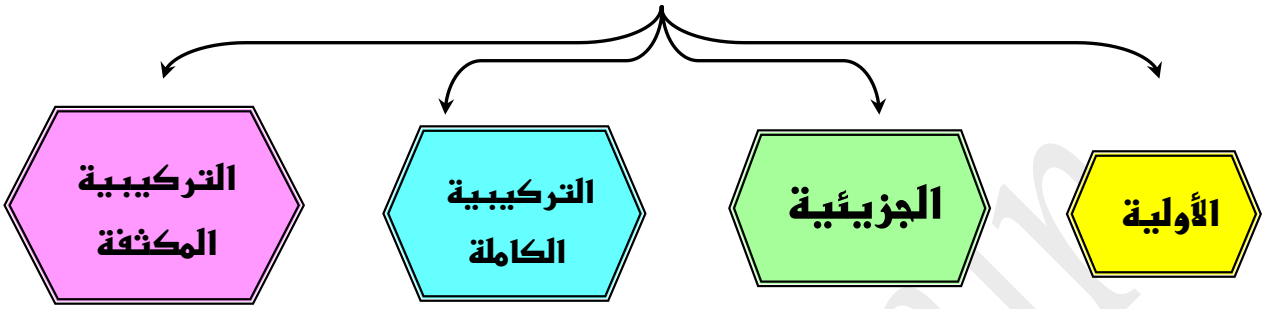
مشتقات المركبات الهيدروكربونية

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

المركبات الأروماتية العطرية

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

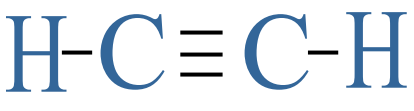
تحديد الصيغ الكيميائية



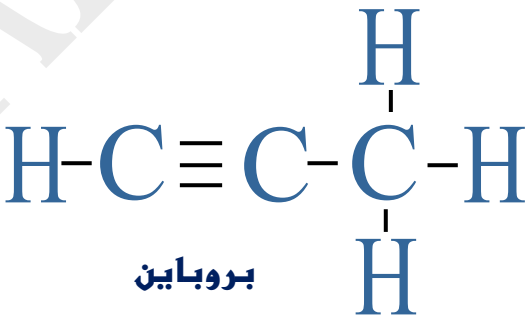
❀ قارن بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية ؟

الصيغة الجزيئية	المُضاعف	الصيغة الأولية
هي الصيغة الواقعية أو الحقيقية للمركب التي تمثل مكونات جزئ المركب		هي الصيغة التي تعبر عن عدد ذرات المركب بأصغر رقم صحيح
الصيغة الجزيئية = الصيغة الأولية X المضاعف		
سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$	6	CH_2O
حمض الاسيتيك $C_2H_4O_2$	2	CH_2O
C_6H_6	6	CH
C_4H_8	4	CH_2

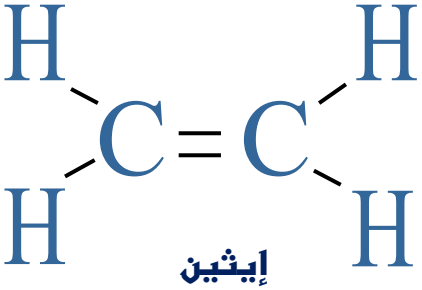
❀ الصيغتان التركيبية و التركيبية المكثفة تُعبران عن كيفية ترتيب و ارتباط ذرات العناصر الداخلة في تركيب المركب الكيميائي مثل :



ايثاين



بروباين



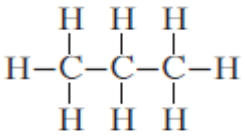
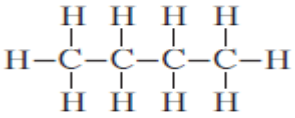
إيثين

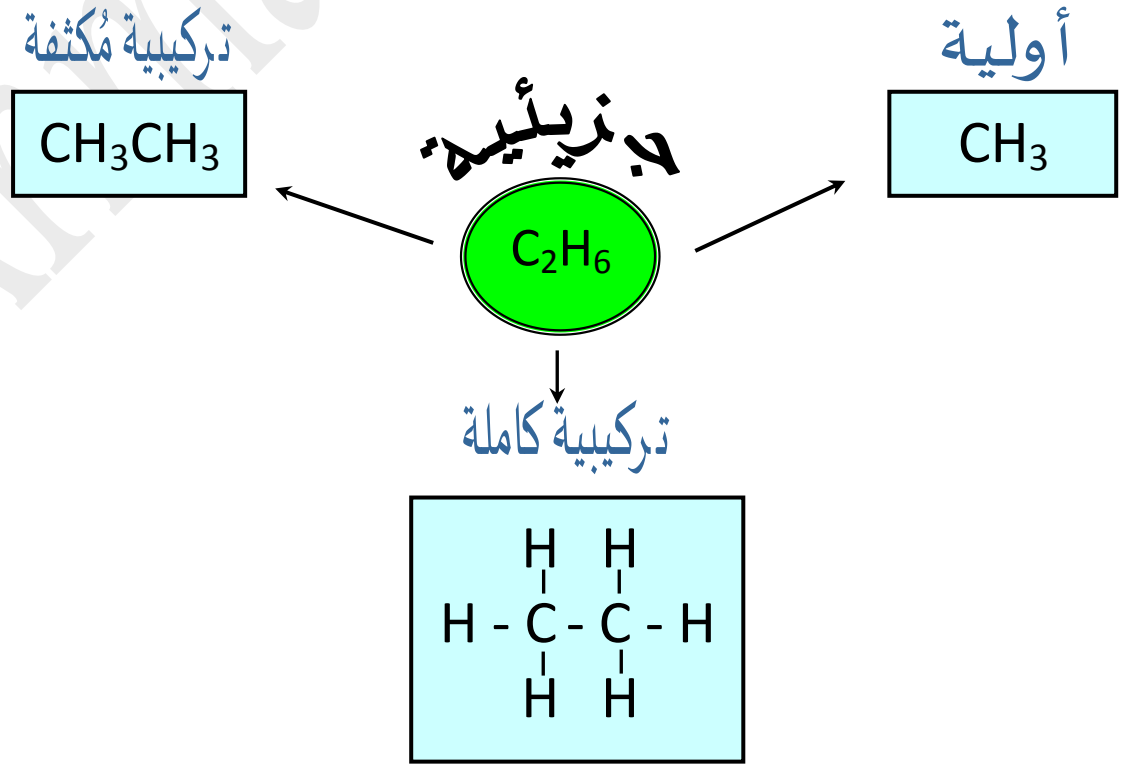
Amad. Hassan

❁ قارن بين الصيغة التركيبية الكاملة والصيغة التركيبية المكثفة ؟

الصيغة التركيبية الكاملة	الصيغة التركيبية المكثفة
هي الصيغة التي توضح جميع الذرات و الروابط في الجزئ	هي الصيغة التي لا تظهر بعض الروابط الموجودة في الجزئ

❁ أكتب الصيغة التركيبية الكاملة والصيغة التركيبية المكثفة للألكانات مستقيمة السلسلة التالية :

عدد ذرات الكربون	الصيغة التركيبية الكاملة	الصيغة التركيبية المكثفة
ثلاث ذرات كربون C_3H_8		$CH_3CH_2CH_3$
أربع ذرات كربون C_4H_{10}		$CH_3CH_2CH_2CH_3$ $CH_3(CH_2)_2CH_3$ أو
خمس ذرات كربون C_5H_{12}		



Ahmad Hassan

المركبات الهيدروكربونية المشبعة

هي مركباتُ تحتوي على عنصري الكربون و الهيدروجين فقط وتتميز بوجود روابط تساهمية أحادية

❖ تُسمى أبسط أنواع المركبات الهيدروكربونات المشبعة :

الألكـــانـــات

الألكـــانـــات	هي مركبات هيدروكربونية اليفاتية مشبعة تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط
الصيغة العامة لها	C_nH_{2n+2} حيث تمثل (n عدد ذرات الكربون)
مثال	الميثان (CH_4) والإيثان (CH_3-CH_3)

تُصنفُ الألكـــانـــات

- **مستقيمة السلسلة**
- **متفرعة السلسلة**

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

$$CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3$$

Ahmad Hussain

الألكـــانـــات مستقيمة السلسلة

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

أولا: 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 آن			
عدد ذرات الكربون	المقطع الدال على عدد ذرات الكربون باللاتيني	الاسم	الصيغة الجزيئية
1	ميث Meth	ميثان	CH_4
2	إيث Eth	ايثان	C_2H_6
3	بروب Prop	بروبان	C_3H_8
4	بيوت But	بيوتان	C_4H_{10}
5	بنت Pent	بنتان	C_5H_{12}
6	هكس Hex	هكسان	C_6H_{14}
7	هبت Hept	هبتان	C_7H_{16}
8	أوكت Oct	أوكتان	C_8H_{18}
9	نونا nona	نونان	C_9H_{20}
10	ديكا deca	ديكان	$C_{10}H_{22}$

	البيوتان	البروبان
الاستخدامات	في الولاعات	وقود للمنطايد

ثانياً : الألكانات متفرعة السلسلة

ما هي الذرةُ أو المجموعة البديلةُ (التفرع) ؟

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

من ضمن المجموعات البديلة مجموعات الألكيل

و التي تنتُجُ من استبدال المقطع (آن) من الألكان بالمقطع (يل)

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

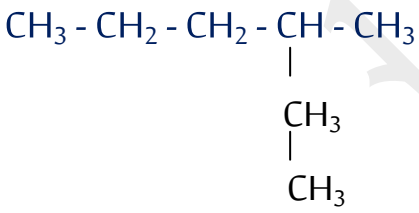
الألكان	الصيغة الجزيئية	الصيغة التركيبية المكثفة	اسم شق الألكيل	صيغة الشق	
ميثان	CH_4	CH_4	ميثيل	CH_3 -	CH_3 -
إيثان	C_2H_6	CH_3CH_3	إيثيل	C_2H_5 -	CH_3CH_2 -
بروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	بروبيل	C_3H_7 -	$CH_3CH_2CH_2$ -
بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	بيوتيل	C_4H_9 -	$CH_3CH_2CH_2CH_2$-

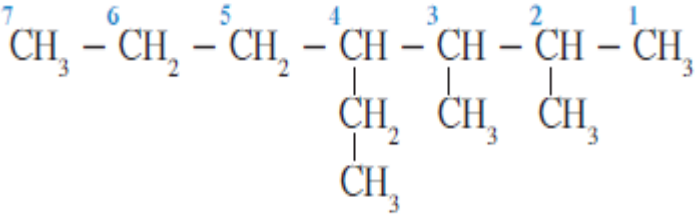
Mohammad Hussain

تسمية الألكانات متفرعة السلسلة بنظام الأيوباك (IUPAC)

① نختار أطول سلسلة هيدروكربونية متصلة (مستمرة) و تسمى 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 .
و يسمى 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 .
⑤تستخدم المقاطع ثنائي ، ثلاثي عندما يوجد شقان أو ثلاث شقوق متشابهة على نفس السلسلة .
⑥ استخدام إشارات الفصل الصحيحة (علامات الوقف مثل الفاصلة و الشرطات) وهذه الخطوة مهمة جدا حيث تستخدم الفواصل لفصل الأعداد (مثل 2 , 3) وتستخدم الشرطات لفصل الأعداد و الكلمات (مثل 2 ،3- ثنائي الميثيل) .

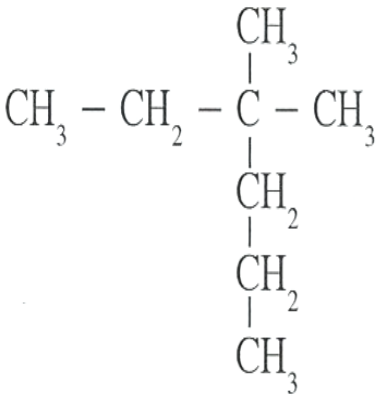
❀ سمي الألكانات التالية بنظام الأيوباك (IUPAC) :

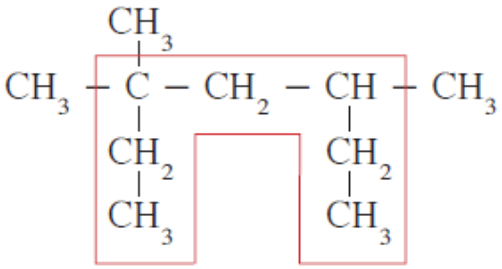




4 ايثيل 2 ، 3- ثنائي ميثيل الهبتان

.....





.....

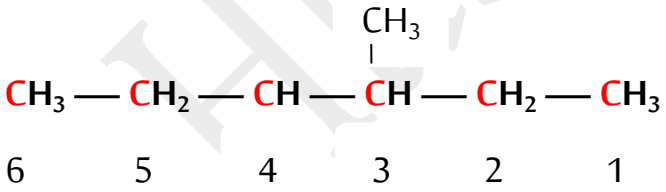
.....

إعادة بناء الصيغ التركيبية بمعرفة اسم الألكان المقابل

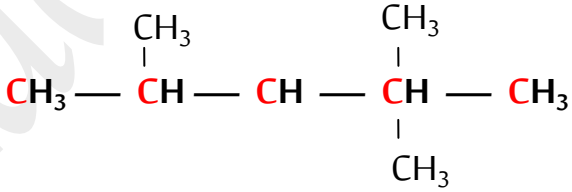
① أوجد أصل الكلمة (الألكان) وهو المقطع " **أن** " في اسم الهيدروكربون المشبع) ثم اكتب سلسلة الكربون الأطول التي ستصبح السلسلة الرئيسية
② رقم ذرات الكربون في سلسلة الكربون الرئيسية
③ حدد المجموعات البديلة و قم بتوصيلها بالمواقع الصحيحة في سلسلة الكربون الرئيسية التي رقمتها
④ أضف ذرات الهيدروجين بحسب الحاجة (لتكوين روابط الكربون التساهمية الأحادية الأربع)

❁ **اكتب الصيغ التركيبية المكثفة لكل من المركبات التالية :**

❖ ٣- ميثيل الهكسان



❖ ٤,٢,٢ - ثلاثي ميثيل البنتان



❖ ٤– إيثيل - ٢ ، ٣ ، ٤ – ثلاثي ميثيل الأوكتان

❖ ٣- إيثيل البنتان

Ahmad. Hussain

الخواص الفيزيائية للألكانات

❖ الألكانات مركبات غير قطبية .

❖ قوي التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة جداً .

❖ الألكانات مركبات عضوية لا تذوب بالماء **علل** ☚ لأنها مركبات غير قطبية بينما الماء جزئ 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 : تُعتبرُ الألكانات مستقيمة السلسلة مثالاً على السلاسل المتشابهة التركيب ؟

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

الصيغة التركيبية المكثفة	درجة الغليان (C^o)
CH_4	- 161
CH_3CH_3	- 88,5
$CH_3CH_2CH_3$	- 42
$CH_3CH_2CH_2CH_3$	- 0,5
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	36
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	68,7

علل : درجة غليان البيوتان أعلى من درجة غليان البروبان ؟

☚ لأن درجة غليان الألكانات مستقيمة السلسلة ترتفع بزيادة عدد ذرات الكربون فيها وعد ذرات الكربون في البيوتان أكبر من عدد ذرات الكربون في البروبان ☚ أي تزداد بزيادة الكتلة الجزيئي

$CH_3CH_2CH_2CH_3$ $CH_3CH_2CH_3$

الهيدروكربونات غير المشبعة

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

- الكينات
- الكاينات

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

الألكينات Alkenes	الهيدروكربونات التي تحتوي علي روابط كربون – كربون تساهمية ثنائية
الصيغة العامة لها	C_nH_{2n} حيث n تدل على عدد ذرات الكربون في الجزيء
أبسط الألكينات	إيثين (إيثيلين) $CH_2 = CH_2$ ، و البروبين (بروبلين) $CH_3\,CH = CH_2$

❖ يُستخدمُ غاز الايثين C_2H_4 في تنظيم نمو النبات و يساعد على نضج الثمار

أولاً : تسمية الألكينات مستقيمة السلسلة بحسب نظام الايوباك :

① نختار أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوي على الرابطة التساهمية الثنائية وتعبر 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 أولا ، ثم نضع خط قصير ثم المقطع الدال على عدد ذرات الكربون ثم المقطع ين (بدلا من المقطع ان في الألكان)
مكان الرابطة + المقطع الدال على عدد ذرات الكربون + ين

❖ كل مركب منها يزيد بمجموعة ميثيلين ($-CH_2-$) عن المركب الذي يسبقه

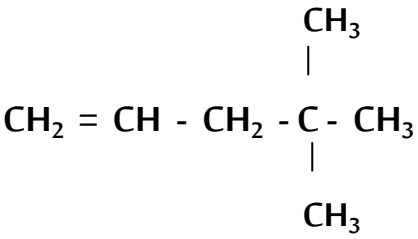
وبالتالي فهي تمثل سلا سل متشابهة التركيب

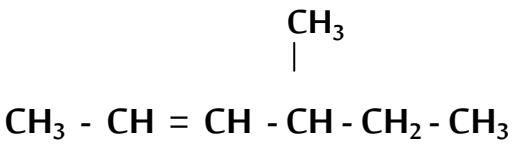
ثانياً : تسمية الألكينات متفرعة السلسلة بحسب الأيوباك :

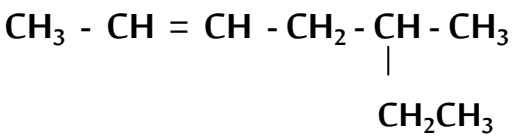
- نتبع جميع الأسس المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة ، مع ملاحظة :-
- يجب أن تحتوي **أطول سلسلة كربونية** متصلة (مستمرة) على **الرابطة الثنائية** .
- الرابطة الثنائية لها الأولوية - عند ترقيم السلسلة غير المشبعة - على شقوق الألكيل .

❖ سم المركبات التالية :

$CH_2 = CH_2$	$CH_2 = CH - CH_3$	$CH_3 - CH = CH - CH_3$	$CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$
ايثين	بروبين	2 - بيوتين	2 - بنتين







الألكاينات Alkynes

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

الخواص العامة للألكاينات

① لا تتواجد الألكاينات 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 الالكاينات هي قوي فان درفالز الضعيفة

⑤ الرابطة الثلاثية في الإيثاين صلبة ، ولذا لا تدور ذراته حولها .

❖ سم المركبات التالية : $CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$

2 - هكساين

$$CH_3 - CH_2 - C \equiv C - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_3$$

Ahmad Hussain

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 ماعدا (الميثان و الإيثاين)
  (أقل كثافة من الهواء) بينما الإيثان و الإيثين (تقارب كثافتهما كثافة الهواء)
- ❖ درجات غليان الهيدروكربونات تزداد بزيادة عدد ذرات الكربون بشكل عام
- ❖ تكون مع الهواء مخاليط سريعة الاشتعال
- ❖ غير قابلة للامتزاج مع الماء (لا تذوب)

قارن بين **الألكانات** و **الألكينات** و **الألكاينات**

العائلة	الرابطة C – C	الصيغة العامة	أبسط أفراد هذه العائلة	
			الاسم	الصيغة
الألكانات	جميعها تساهمية أحادية	C_nH_{2n+2}	الميثان	CH_4
الألكينات	تحتوي تساهمية ثنائية واحدة على الأقل	C_nH_{2n}	الايثين (ايثيلين)	C_2H_4
الألكينات	تحتوي تساهمية ثلاثية واحدة على الأقل	C_nH_{2n-2}	الإيثاين (الاستيلين)	C_2H_2

Ahmad Hussain

الخواص الكيميائية للهيدركربونات

تفاعلات الاحتراق | **تفاعلات الاستبدال (أو الإحلال)** | **تـفـاعلات الإضـافـة**

❖ تفاعلات الاحتراق :

❀ تتم عملية الاحتراق لكل من الهيدروكربونات المشبعة و غير المشبعة علي حد سواء. وأهمها تفاعلات

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

① **احتراق الميثان :** $CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2 + 2H_2O + heat$

② **احتراق الإيثين :** $C_2H_4 + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2CO_2 + 2H_2O + heat$

③ **احتراق الإيثاين :** $C_2H_2 + 5O_2 \xrightarrow{\Delta} 4CO_2 + 2H_2O + heat$

❖ تفاعلات الاستبدال (أو الإحلال) :

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

☚ مثل : تفاعل الألكانات مع الهالوجينات

$$CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl$$

$$CH_3Cl + Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl_2 + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow CHCl_3 + HCl$$

$$CHCl_3 + Cl_2 \longrightarrow CCl_4 + HCl$$

تـفـاعـلات الإضـافـة

إضافة الهيدروجين H_2	إضافة الهالوجين X_2	إضافة هاليد الهيدروجين HX	إضافة الماء H_2O

تتميز بها الهيدروكربونات غير المشبعة و تتم عادة بوجود مادة محفزة عند درجة حرارة $200\ C^\circ$

وينتج منها تكوين مركبات مشبعة مثل:

① إضافة الهيدروجين (H_2)

$$C{-}H \equiv C{-}H + H_2 \xrightarrow{Ni,\ 200\ ^\circ C} CH_2 = CH_2$$

إيثاين — إيثين

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ 200\ ^\circ C} CH_3 - CH_3$$

إيثين — إيثان

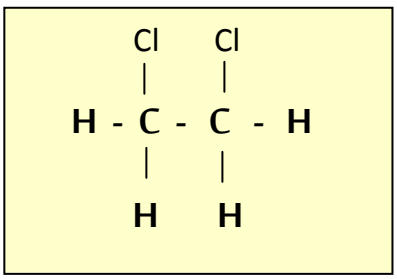
ملاحظة : عند استخدام البالاديوم (Pd) غير المنشط كمادة محفزة تتم إضافة الهيدروجين على مرحلة واحدة

② إضافة الهالوجين (X_2)

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

$$CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl{-}CH_2Cl$$

إيثين غير مشبع — ٢,١ ثنائي كلورو إيثان مشبع

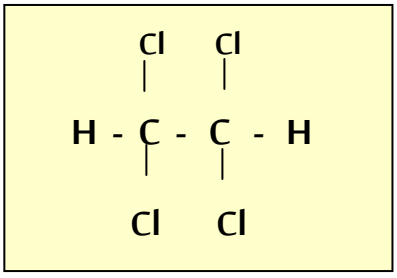


$$H{-}C \equiv C{-}H + Cl_2 \xrightarrow{PCl_3} CH{-}Cl = CH{-}Cl$$

إيثاين غير مشبع — ٢,١ ثنائي كلورو إيثين غير مشبع

$$CH{-}Cl = CH{-}Cl + Cl_2 \xrightarrow{PCl_3} CH{-}Cl_2{-}CH{-}Cl_2$$

٢,١ ثنائي كلورو إيثين — ٢,٢,١,١ رباعي كلورو إيثان



Ahmad Hussain

③ إضافة هاليد الهيدروجين (HX)

تتفاعل الألكينات مع هاليدات الهيدروجين فينتج مركبات مشبعة أحادية الهالوجين مثل تفاعل الإيثين مع كلوريد الهيدروجين(HCl) :

$$CH_2 = CH_2 + HCl \rightarrow CH_3-CH_2-Cl$$

إيثين — 1- كلورو إيثان

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

مثل تفاعل الايثاين مع كلوريد الهيدروجين :

$$CH \equiv CH + HCl \rightarrow CH_2 = CH-Cl$$

$$CH_2 = CH-Cl + HCl \rightarrow CH_3 - CH-Cl_2$$

ملاحظة : في حالة الألكينات غير المتماثلة يجب تطبيق قاعدة ماركينوكوف

قاعدة ماركينوكوف

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

$$CH_3 - CH = CH_2 + H-Cl \rightarrow CH_3 - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} - CH_3$$

بروبين — 2- كلورو بروبان

Amal Hussain

④ إضافة الماء (H_2O)

☚ عند إضافة الماء إلى الألكين ينتج عن هذا التفاعل تكوين الكحولات ويتم ذلك في وجود حمض الكبريتيك(H_2SO_4) كمادة محفزة و التسخين ($180:170\ ^0C$) ماعدا .

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2-OH$$

$$CH_2 = CH - CH_3 + H_2O \xrightarrow[170 - 180\ ^0C]{H_2SO_4} CH_3 - \underset{\underset{OH}{|}}{CH} - CH_3$$

عند إضافة الماء إلى الألكاين ينتج عن هذا التفاعل كيتونات **ما عدا** إضافة الماء إلى الايثاين الذي ينتج الايثانال (ألدهيد)

ويتم ذلك في وجود حمض الكبريتيك وكبريتات الزئبق ($HgSO_4/H_2SO_4$) والتسخين من ($80:70\ ^0C$) **ما عدا**

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[HgSO_4\ 80^oC]{H_2SO_4} CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - H$$

ايثاين — **ايثانال (ألدهيد)**

$$CH_3 - C \equiv C - CH_3 \xrightarrow[HgSO_4\ 80^oC]{H_2SO_4} CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - CH_2 - CH_3$$

2 - بيوتاين — **بيوتانون (كيتون)**

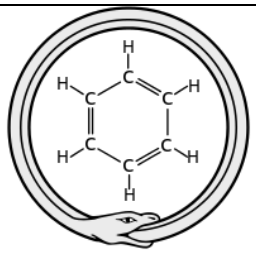
Ahmad Hussain

الهيدروكربونات الحلقية Cyclic Hydrocarbons

حلقيـــــة مشبعـــــة

حلقية غير مشبعة (الأرينات)

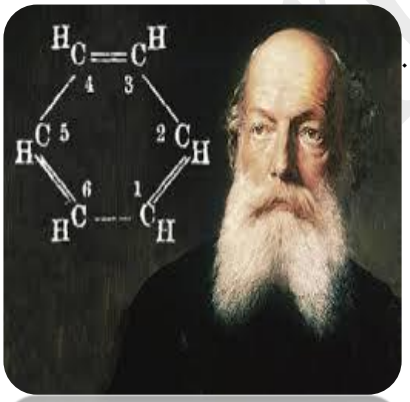
- يعتبر النفط و الغاز الطبيعي من مصادر الطاقة المهمة في عالمنا.
- ينتج كلاهما من ترسب مكونات عضوية و مجهريه حيوانية و نباتية و دفنها تحت طبقات سميكة من التربة لملايين السنيين لذلك يسميان (**الوقود الأحفوري**) ، وهما مصدران غير متجددان للطاقة.
- البترول أو النفط الخام مادة لزجة مكونة من مزيج من الهيدروكربونات المختلفة يمكن فصلها إلي مشتقات نفطية ، بواسطة عملية التقطير التجزيئي بسبب اختلاف درجة غليانها .
- المشتقات النفطية عديدة و تعود أهميتها إلي توليدها طاقة عالية عند احتراقها .
- تستخدم في تأمين الطاقة الضرورية للمطاحن ، ماكينات قص الحطب ، مضخات المياه ،السيارات
- أهم مشتقات النفط (البنزين) الذي يعتبر الهيدروكربون العطري الأساسي .



الهيدروكربونات الحلقية

هي المركبات التي تحتوي على حلقة كربون

- **يعود الفضل في اكتشاف و دراسة البنزين إلي العالم الإنجليزي الأصل فراداي .**
- **أول من وضع فرضية التكوين الحلقي لجزئ البنزين فهو العالم كيكولي .**

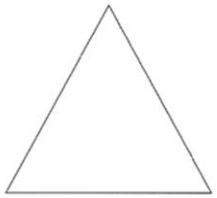
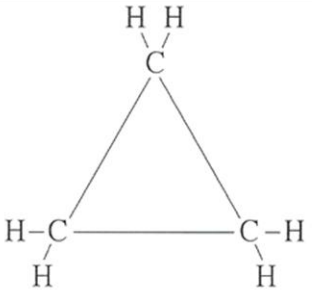
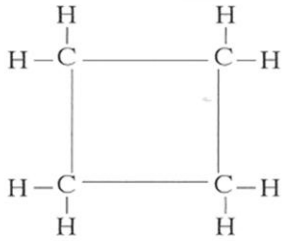
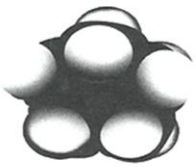
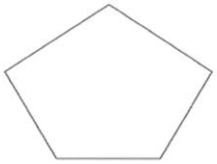
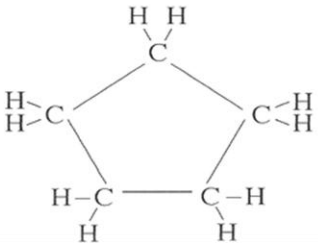
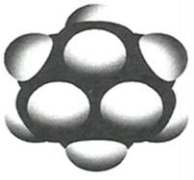
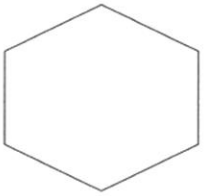
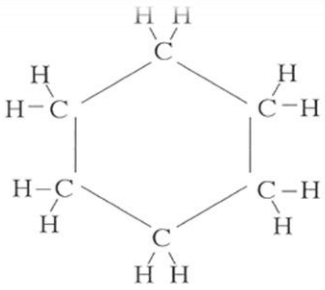
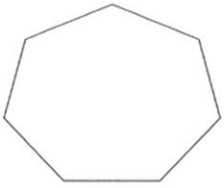
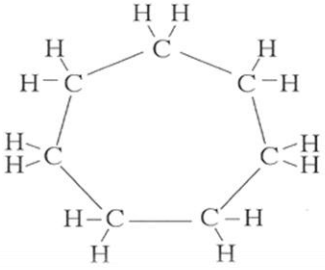


- من خواص البنزين أنه **مستقر كيميائيا وأقل** تفاعلاً من الألكينات و الألكاينات .
- يستخدم كمذيب لكثير من المواد غير القطبية و في قطاعات تجارية و صناعية كثيرة
- من أهم استخداماته هي دخوله في إنتاج المركبات العطرية .
- أدي ارتباطه ببعض المشاكل الصحية ، مثل وجع الرأس ، الإغماء ، الأمراض السرطانية إلى استبداله ببدائل أقل سمية منها ميثيل البنزين

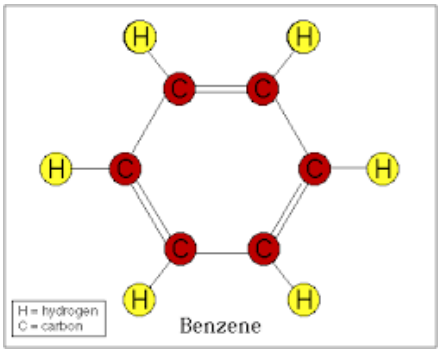
الهيدروكربونات الحلقية : هي المركبات التي تحتوي على حلقة كربون

اصطلح روبيرت روبسون الرمز الدائري للعطرية و اشاع موريسون و بويد استخدامه

- حلقات الكربون المؤلفة من ما بين (3 : 20) ذرة كربون متوفرة في الطبيعة .
- حلقات الكربون المؤلفة من ما بين (5 : 6) ذرة كربون هي الأكثر وفرة في الطبيعة .

أشكال الحلقات		تمثيل الحلقات المغلقة	ألكانات حلقية
			بروبان حلقي (درجة الغليان −34.4 °C)
			بيوتان حلقي (درجة الغليان −13 °C)
			بنتان حلقي (درجة الغليان 49.5 °C)
			هكسان حلقي (درجة الغليان 81.4 °C)
			هبتان حلقي (درجة الغليان 118 °C)

(الأرينات Arenes) الهيدروكربونات الحلقية غير المشبعة



هي المجموعة الخاصة من الهيدروكربونات الحلقية غير المشبعة

وتحتوي هذه المركبات على حلقات مفردة أو مجموعة حلقات

علل تسمى الأرينات (الطولوين ، أنيلين) قديما بالمركبات العطرية ؟

لأن أغلبها له روائح جميلة ويعتبر البنزين C_6H_6 هو أبسطها

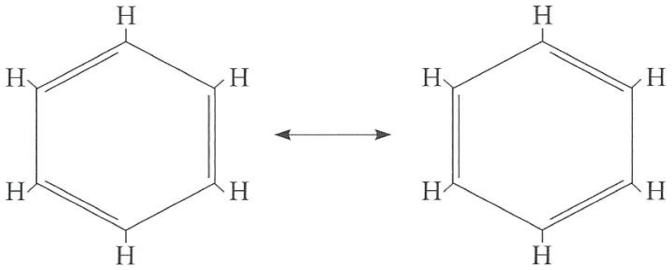
المركب العطري : هو أي مادة يشبه الترابط فيها ترابط البنزين

جزئ البنزين : هو عبارة عن حلقة سداسية الشكل ، وكل رأس من رؤوس سداسي الأضلاع عبارة عن ذرة كربون مرتبطة بذرة هيدروجين

وهنالك اختلاف فيزيائي و كيميائي بين حلقة البنزين و الألكانات الحلقية و السبب في ذلك :

- أن يبقي لكل ذرة كربون إلكترون حر يشارك في رابطة تساهمية ثنائية "

يمكن رسم البنزين بصيغتين مختلفتين كما في الشكلين :



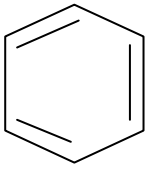
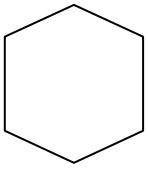
① يمثل هذان الشكلان التركيبيان الحالتين المتضادتين للمشاركة الإلكترونية بين كل ذرتي كربون متجاورتين

② يوضح أحد التركيبين وجود رابطة تساهمية أحادية ما بين ذرتي كربون

③ يوضح التركيب الآخر وجود رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتي الكربون نفسهما.

④ و هذا يعطي للبنزين خاصية " الرنين "Resonance"

ظاهرة الرنين : يحدث عندما يمثل جزئ ما بتركيبين صحيحين و متساويين أو أكثر

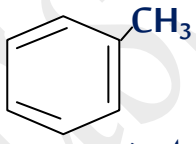
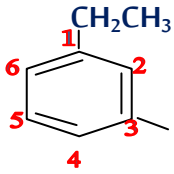
علل : جزئ البنزين أقل نشاطاً (أكثر استقراراً)  من الهكسان الحلقي 

لأن البنزين من الجزيئات التي يحدث فيها الرنين حيث تكون هذه المركبات أكثر ثباتا من الجزيئات المماثلة التي لا يحدث فيها

مشتقات البنزين

هي المركبات التي تحتوي على مجموعات بديلة متصلة بحلقة البنزين

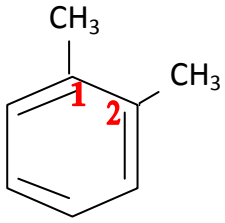
الأحادية ↓ **الثنائية** ↓

التعريف	المشتقات الأحادية للبنزين تَنتُجُ باستبدال ذرة هيدروجين واحدة منه بذرة أو مجموعة ذرية	المشتقات الثنائية للبنزين تَنتُجُ باستبدال مجموعتين بديلتين محل الهيدروجين في البنزين
طريقة التسمية	اسم الذرة أو المجموعة الذرية البديلة + بنزين	نحدد موضع الشقين على الحلقة ثم نكتب أسماء الشقين (حسب ترتيبهما أبجديا) بنزين
مثال	 ميثيل بنزين	 1 - ايثيل 3 - بروبيل بنزين

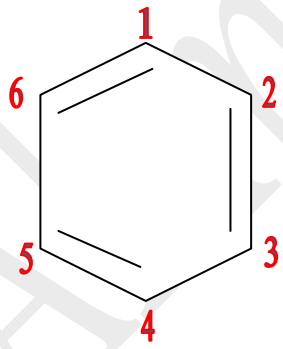
❁ عند حلول مجموعتين بديلتين محل ذرتي الهيدروجين على حلقة البنزين تسمى حسب نظام **الأيوباك كما يلي** :

☚ هناك ثلاثة أيزوميرات تركيبية مختلفة للمركب العطري ثنائي ميثيل البنزين $C_6H_4(CH_3)_2$

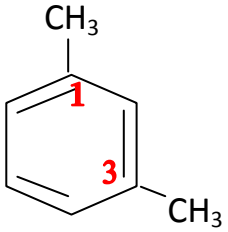
1 ، 2 - ثنائي ميثيل البنزين



أو (أورثو ميثيل البنزين)

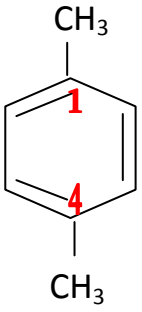


1 ، 3 - ثنائي ميثيل البنزين



أو (ميتا ميثيل البنزين)

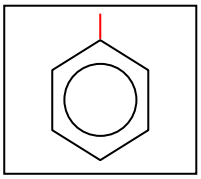
1 ، 4 - ثنائي ميثيل البنزين



أو (بارا ميثيل البنزين)

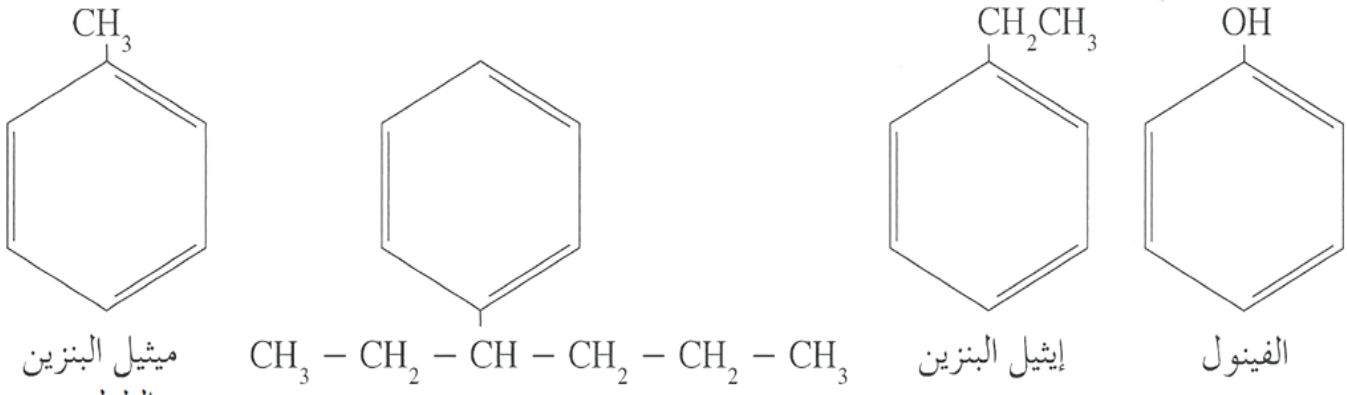
Ahmad Hassan

شق الفينيل أو (الآرايل) : الجزء المتبقي من حلقة البنزين بعد حذف ذرة هيدروجين واحدة منه



فينيل C_6H_5-

في بعض الأحيان تعتبر حلقة البنزين العطرية هي المجموعة البديلة ، و يعتبر اسم السلسلة الكربونية الأطول هو الاسم الأساسي للمركب مثل :



ميثيل البنزين
الطولوين

3– فنيل الهكسان

إيثيل البنزين

الفينول

سم المركبات التالية :