أولاً : مفهوم التأكسد والإختزال

مقدمـــة . .

✍ المفهوم القديم .

التأكسد : اتحاد العناصر بالأكسجين.	**الإختزال** : نزع الأكسجين من خامات أكاسيدالعناصر.
أمثلة: 1- تأكسد الطعام في أجسامنا ليمدنا بالطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفه . 2- احتراق الوقود (تأكسده).	**أمثلة**: استخلاص الفلزات (كالحديد والألمنيوم) حيث يتم اختزال أيوناتها من خاماتها باستخدام عوامل مختزلة

✍ المفهوم الحديث :

التأكسد : عملية فقد الكترونات.	**الإختزال** : عملية كسب الإلكترونات
مثال $Na \longrightarrow Na^{+} + e^{-}$	**مثال** $Cl_2 + 2e^{-} \longrightarrow 2Cl^{-}$

✍ **تفاعلات التأكسد والإختزال** : هي التفاعلات التي يحدث فيها انتقالاً للإلكترونات بين المواد المتفاعلة (أي يحدث فقد و كسب للإلكترونات في نفس المعادلة) .

سؤال : ادرس المعادلة الآتيه ثم أجب عن الأسئلة التي تليها .

$$Ni + Cu^{+2} \longrightarrow Ni^{+2} + Cu$$

1- اكتب نصف تفاعل التأكسد ؟

2- اكتب نصف تفاعل الإختزال ؟

3- كم عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد ؟

4- كم عدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الإختزال ؟

ج

1- نصف تفاعل التأكسد : $Ni \longrightarrow Ni^{+2} + 2e^{-}$

2- نصف تفاعل الإختزال : $Cu^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$

3- عدد الإلكترونات المفقودة =2

4- عدد الإلكترونات المكتسبه = 2

سؤال : يتفاعل الكلور مع الصوديوم لإنتاج كلوريد الصوديوم حسب المعادلة الآتية :

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

1- حدد ذرة العنصر التي تأكسدت و ذرة العنصر التي اختزلت في التفاعل .

2- اكتب نصفي تفاعل التأكسد و الإختزال في التفاعل .

ج

1- ذرة العنصر التي تأكسدت هي Na ، ذرة العنصر التي اختزلت هي Cl

2- نصف تفاعل التأكسد : $Na \longrightarrow Na^+ + e^-$

نصف تفاعل الاختزال : $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

✍ **تذكّر** :

الأيون : **ذرة مشحونة إما بفقد أو كسب الكترونات**

الأيون السالب : ذرة كسبت e أو أكثر

الأيون الموجب : ذرة فقدت e أو أكثر

✍ ***ملاحظة مهمة*** :

بعض عمليات التأكسد والإختزال قد لا يؤدي إلى كسب أو فقد كامل للإلكترونات .

مثال : تتكون مادة HF الجزيئية من اتحاد H_2 مع F_2 وفق المعادلة الآتية :

$$H_2 + F_2 \longrightarrow 2HF$$

حيث تكتسب ذرة H في المركب الناتج شحنة جزئية موجبة نتيجة انزياح الإلكترونات في الرابطة المشتركة باتجاه ذرة الفلور (الأعلى كهرسلبية) التي تكتسب شحنة جزئية سالبة ، و يؤدي هذا الإنزياح الجزئي لإلكترونات الرابط إلى اعتبار التفاعل السابق تفاعل تأكسد و اختزال رغم عدم فقد الالكترونات أو اكتسابها كلياً .

وهذا يعتبر قصور في تعريف التأكسد والاختزال بأنهما خسارة أو كسب الالكترونات . والمفهوم الاشمل عدد التأكسد.

1- عدد التأكسد :

في المركبات الأيونيه : عدد التأكسد هو : الشحنة الفعلية لأيون الذرة.

أما في **المركبات الجزيئية** : هو الشحنة التي يفترض أن تأخذها الذرتين المكونتين للرابطة التساهمية فيما لو كسبت إحداهما الكترونات الرابطة كلياً (الذرة الأعلى كهروسلبية) و خسرت الأخرى هذه الإلكترونات (الذرة الأقل كهروسلبية) مثال : HF .

قواعد حساب عدد التأكسد :

1) عدد تأكسد العناصر الحرة سواء كانت ذرات أو جزيئات يساوي صفراً .
(مثل : Cu , B , Cl_2 , P_4).

2) عدد تأكسد الأيون البسيط (الأيون أحادي الذره) يساوي شحنة الأيون .
(مثل : Na^{+1} = 1+ ، O^{-2} = 2- ، Al^{+3} = 3+) .

أ- عدد تأكسد أيونات العناصر القلوية (عناصر المجموعة الأولى) = (+1) مثل (Li^+ , Na^+ , K^+).

ب- عدد تأكسد أيونات القلويات الترابية (عناصر المجموعة الثانية) = +2 مثل (Mg^{+2}, Ca^{+2}, Ba^{+2}).

3) عدد تأكسد H (يساوي 1^+) في جميع مركباته باستثناء هيدريدات الفلزات حيث يكون عدد تأكسده (1−) مثل : LiH ، CaH_2 .

4) عدد تأكسد الأكسجين في مركباته (2−) عدا بعض الحالات :
- فوق الأكاسيد يكون عدد تأكسده يساوي (1−)

مثل : فوق اكسيد الهيدروجين H_2O_2 و فوق أكسيد الباريوم BaO_2 .
- كما أن عدد تأكسده يكون (+2) مع عنصر الفلور في جزيء OF_2 .

5) عدد تأكسد الهالوجينات (المجموعة السابعة) يساوي (1−) في المركبات الثنائية مع الفلزات مثل: MgI_2 ، $AlBr_3$ ، NaCl ، NH_4Cl .

أما الفلور فيكون عدد تأكسده (1−) في جميع المركبات دائماً .

ويكون عدد تأكسد الهالوجينات موجباً في المركبات التي تحتوي على الأكسجين مثل HClO .

6) مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب المتعادل يساوي صفراً مثل : H_2PO_4 , $CuSO_4$.

7) مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في الأيون متعدد الذرات مثل : CrO_4^{-2} ، HSO_3^- يساوي شحنة الأيون .

سؤال: ما عدد تأكسد الحديد في FeO ؟

ج اعتماداً على القاعدة السادسة ، يمكن استنتاج العلاقة التالية :

عدد ذرات الاكسجين × عدد تاكسده + عدد ذرات الحديد × عدد تأكسده = صفر

1 × 2− + 1 × س = صفر

2− + س = صفر إذن عدد تأكسد Fe = 2+

سؤال: ما عدد تأكسد As في AsO_4^{-3} ؟

ج عدد ذرات As × عدد تاكسده + عدد ذرات O × عدد تأكسده = 3−

1 × س + 4 × 2− = 3−

س − 8 = 3− ← عدد تأكسد As = 5+

سؤال: احسب عدد التأكسد للعنصر(الذي تحته خط) في كل من المركبات التالية :

1- $H_2\underline{S}O_4$ 2- $NaO\underline{Cl}$ 3- $\underline{Mn}O_2$

4- $K\underline{Mn}O_4$ 5- $\underline{Fe}_2O_3$ 6- $Li_4\underline{C}$

7- $\underline{P}_2O_5$ 8- $\underline{Cr}O_3$ 9- $Ca\underline{S}O_4$

ج

1) 4 × 2- + S + 2 × 1+ = صفر ← S = 8-2 = 6+

2) Cl + 2- + 1 = صفر ← Cl = 1-2 = 1

3) 2 × 2- + Mn = صفر ← Mn = 4 +

4) 4 × 2- + Mn + 1 = صفر ← Mn = 1-8 = 7+

5) 3 × 2- + 2 × Fe = صفر ← 2Fe = 6 ← Fe = 3+

6) C + 4 × 1 = صفر ← C = 4-

7) 5 × 2- + P2 = صفر ← 2P = 10 ← P = 5+

8) 3 × 2- + Cr = صفر ← Cr = 6+

9) 4 × 2- + S + 2+ = صفر ← S = 8 -2 = 6+ .

سؤال : احسب عدد التأكسد للعنصر(الذي تحته خط) في كل من الأيونات التالية :

1- $\underline{V}O_3^-$ 2- $\underline{Cr}O_2^-$ 3- $\underline{Cr}_2O_7^{-2}$ 4- $\underline{S}_2O_3^{-2}$

5- $H_3\underline{I}O_6^{-2}$ 6- $\underline{As}O_4^{-3}$ 7- $H\underline{S}O_3^-$ 8- $H\underline{S}^{-1}$

9- $\underline{Br}O_3^-$ 10- $H\underline{C}O_3^-$ 11- $\underline{S}_4O_6^{-2}$ 12- $H_2\underline{Sb}Cl_6^{-1}$

ع

1) 3 × 2- + V = 1- ← V = 1-6 = 5+

2) 2- × 2 + Cr = 1- ← Cr = 1-4 = 3+

3) 7 × 2- + Cr 2 = 2- ← 2Cr = 2-14 = 2- ← Cr = 6+

4) 3 × 2- + S 2 = 2- ← 2S = 4 = 2- ← S = 2+

5) 6 × 2- + I + 3 × 1 = 2- ← I = 2 – 3 – 12 = 7+

6) 4 × 2- + As = 3- ← As = 5+

7) 3 × 2- + S + 1 = 1- ← S = 4+

8) S + 1 = 1- ← S = 2-

9) 3 × 2- + Br = 1- ← Br = 5+

10) 3 × 2- + C + 1 = 1- ← C = 4+

11) 6 × 2- + 4S = 2- ← 4S = 10 ← S = 2.5+

12) 6 × 1- + Sb + 2 × 1 ← Sb = 3+

ملاحظة مهمه : **قد يكون للعنصر الواحد أكثر من عدد تأكسد في مركباته** .

مثال1 : الحديد Fe عدد تأكسده +2 في FeO و عدد تأكسده +3 في Fe_2O_3

مثال 2 : المنغنيز Mn عدد تأكسده +4 في MnO_2 و عدد تأكسده +7 في MnO_4^-

مثال 3 : الكروم Cr عدد تأكسده +6 في $K_2Cr_2O_7$ و عدد تأكسده +3 في $CrCl_3$

و عدد تأكسده +2 في $CrCl_2$.

سؤال :احسب التغير في عدد التأكسد للمنغنيز **Mn** في التحول الآتي ؟

$MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$

ج

التغير = +7 − +4 = 3

تدريب :- احسب عدد التأكسد للعنصر(الذي تحته خط) في كل مما يلي :

	المركب أو الجزيء أو الأيون	عدد تأكسد العنصر المطلوب
1	$H_2\underline{O_2}$	
2	$\underline{O_2}$	
3	$Na_2\underline{S}$	
4	$\underline{Sn}O_3^{-2}$	
5	$\underline{Cl}O_4^-$	
6	$H_3\underline{P}O_4$	
7	$\underline{S}O_4^{-2}$	
8	$H\underline{P}O_4^{-2}$	
9	$\underline{C}O_3^{-2}$	
10	$H\underline{C}OO^-$	
11	$K\underline{Cl}O_3$	
12	$\underline{C_2}O_4^{-2}$	
13	$H_2\underline{C}O_3$	
14	$CH_3\underline{C}OOH$	

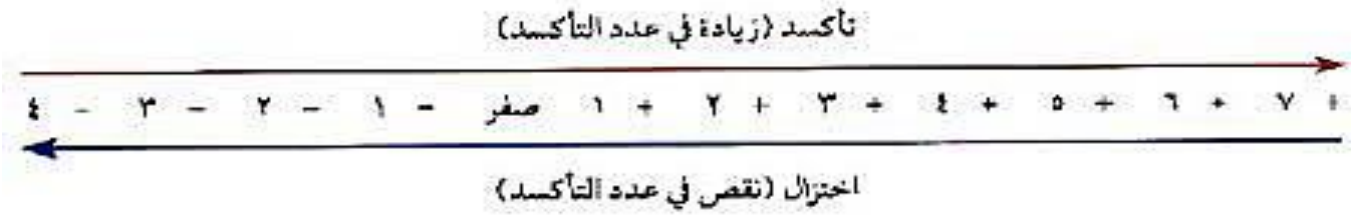
الفرع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
الاجابة	1−	0	2−	4+	7+	5+	6+	5+	4+	2+	5+	3+	4+	0

2- مفهوم التأكسد والإختزال بالاعتماد على عدد التأكسد

✍ يدل التغير في عدد التأكسد في التفاعل على حدوث عمليتي التأكسد و الإختزال .

التأكسد :
هو الزيادة في عدد التأكسد

الإختزال :
هو النقصان في عدد التأكسد



مثال توضيحي : $Fe_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

منهادي
منصة التعليم الهادف

لاحظ أن عدد تأكسد Fe قد تغير من صفر إلى +2 (ازداد بمقدار 2) ، بينما عدد تأكسد Cu^{+2} قد تغير من +2 إلى صفر (نقص بمقدار 2) و لذلك نجد أن Fe قد تأكسد و Cu^{+2} حدث له اختزال .

سؤال: في معادلة التفاعل الآتي ، بيّن الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختزلت باستخدام التغير في عدد التأكسد :

$$MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

ج نحدد عدد التأكسد لكل ذرة في المواد المتفاعلة و المواد الناتجة :

نقصان في عدد التأكسد (اختزال)

$4^+\ 2^-$ $1^+\ 1^-$ $2^+\ 1^-$ صفر $1^+\ 2^-$

$MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

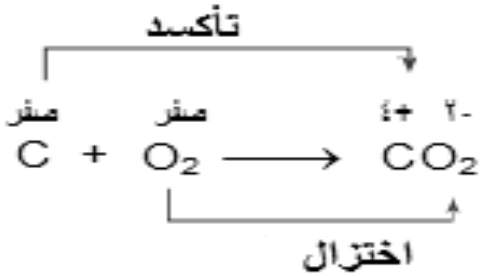
زيادة في عدد التأكسد (تأكسد)

نجد أن عدد تأكسد Mn قد نقص بمقدار 2 ، أي أنها اختزلت .

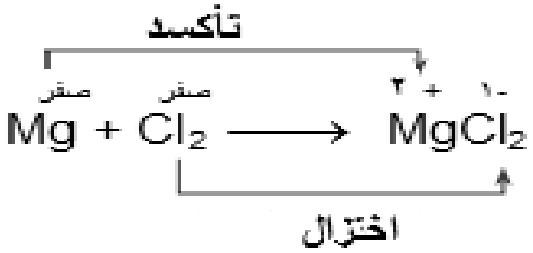
بينما ازداد عدد تأكسد Cl بمقدار 1 ، أي أنها تأكسدت .

سؤال : حدد الذرة التي تأكسدت و الذرة التي اختزلت في كل من المعادلات التالية :

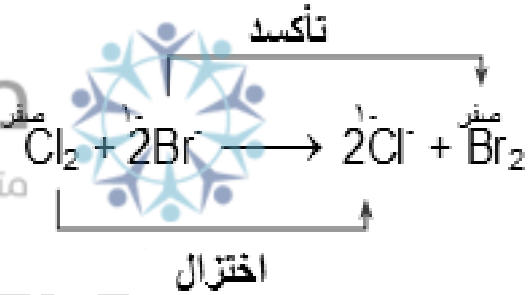
(1



(2



(3



(4

منهاجي
متعة التعليم الهادف

سؤال : حدد الذرة التي تأكسدت و الذرة التي اختزلت في كل من المعادلات التالية :

(1 $2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

(2 $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

(3 $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$

ع

	الذرة التي تأكسدت	الذرة التي اختزلت
1	Al	H^+
2	C^{-4}	O
3	C^{+2}	Fe^{+3}

إعداد : لؤي أبو طالب
0797403102

ثانيا : العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة :

العوامل المؤكسدة :
هي المواد التي يحدث لها اختزال (أي تكتسب e)
وسميت بهذا الإسم لأنها تتسبب في أكسدة غيرها .

العوامل المختزلة :
هي المواد التي يحدث لها تأكسد (أي تفقد e)
وسميت بهذا الإسم لأنها تتسبب في اختزال غيرها.

مثال توضيحي : $Ni + Pb^{+2} \longrightarrow Pb + Ni^{+2}$

لاحظ انه يحدث اختزال ل Pb^{+2} (نقص عدد تأكسده من +2 إلى صفر) عن طريق اكتساب (2e) من Ni ، و بالتالي فقد تسبب Ni في حدوث الإختزال لذا يسمى Ni عاملاً مختزلاً .

كما أن Ni قد تأكسد (زاد عدد تأكسد الذرة من صفر إلى +2) وأن Pb^{+2} قد تسبب في حدوث التأكسد من خلال كسب e التي فقدتها ذرة Ni ، لذلك يسمى Pb^{+2} عاملاً مؤكسداً .

سؤال : حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات التالية :

رقم التفاعل	التفاعل	العامل المؤكسد	العامل المختزل
1	$2Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Fe + 3CO_2$	Fe_2O_3	C
2	$Cu + 2Ag^{+1} \longrightarrow Cu^{+2} + 2Ag$	Ag^+	Cu
3	$2Al + 3CuCl_2 \longrightarrow 3Cu + 2AlCl_3$	$CuCl_2$	Al
4	$Cl_2 + 2NaBr \longrightarrow 2NaCl + Br_2$	Cl_2	NaBr

*حفظ : يستخدم الكربون C في استخلاص الحديد من خام الهيماتيت Fe_2O_3 كما يوضح التفاعل الاول

تدريب : حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات التالية :

رقم التفاعل	التفاعل	العامل المؤكسد	العامل المختزل
1	$2FeCl_3 + SnCl_2 \longrightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$	$FeCl_3$	
2	$ZnSO_4 + Mg \longrightarrow Zn + MgSO_4$		Mg
3	$S_2O_8^{-2} + Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2SO_4^{-2}$		Zn
4	$Cr_2O_7^{-2} + S^{-2} \longrightarrow Cr^{+3} + S$		S^{-2}
5	$Br_2 + Hg \longrightarrow 2Br^- + Hg^{+2}$	Br_2	

✍ **ملاحظه مهمه** :

1- **قد تسلك المادة نفسها كعامل مؤكسد في ظروف معينة و كعامل مختزل في ظروف أخرى** .

مثال : عنصر الهيدروجين (H_2) يسلك كعامل مختزل عند تفاعله مع الأكسجين

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

كما يسلك كعامل مؤكسد عند تفاعله مع الليثيوم Li

$$2Li + H_2 \longrightarrow 2LiH$$

سؤال : في أي التفاعلين الآتيين يكون سلوك النيتروجين N_2 كعامل مؤكسد و أيهما يكون سلوكه كعامل مختزل

$$N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2$$
$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

1- عامل مختزل 2- عامل مؤكسد

2- **لحدوث عملية التأكسد لمادة ما نحتاج لاضافة عامل مؤكسد**

مثال : $Na \longrightarrow Na^+ + e^-$ (نصف تفاعل التأكسد يحتاج لعامل مؤكسد).

3- **لحدوث عملية الاختزال لمادة ما نحتاج لاضافة عامل مختزل**

مثال: $Fe^{+3} + e \longrightarrow Fe^{+2}$ (نصف تفاعل الإختزال يحتاج لعامل مختزل).

سؤال : أي التحولات التالية يحتاج لعامل مؤكسد و أيها يحتاج لعامل مختزل ؟

رقم التفاعل	التفاعل	نوع التفاعل	يحتاج إلى
1	$Fe^{+2} \longrightarrow Fe^{+3} + e^-$	تأكسد	عامل مؤكسد
2	$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$	اختزال	عامل مختزل
3	$Cr^{+3} + 3e^- \longrightarrow Cr$	اختزال	عامل مختزل
4	$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$	تأكسد	عامل مؤكسد

✍ تفاعلات التأكسد والإختزال الذاتي

هي تلك التفاعلات التي تسلك فيها المادة كعامل مؤكسد و كعامل مختزل في التفاعل نفسه تحت ظروف معينة .

مثال توضيحي : $Cl_2 + 2OH^- \longrightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$

حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في التفاعل السابق .

نحدد أعداد التأكسد لجميع الذرات في التفاعل

$$\underset{\text{صفر}}{Cl_2} + \underset{1+\ 2-}{2OH^-} \longrightarrow \underset{1-}{Cl^-} + \underset{1+\ 2-}{ClO^-} + \underset{1+\ 2-}{H_2O}$$

لاحظ أن الكلور هو العنصر الوحيد الذي حدث له تغير في عدد تأكسده ، حيث زاد عدد تأكسده بمقدار 1 (صفر إلى +1) في ClO^- ، إذن فالكلور قد تأكسد (عامل مختزل) بينما نقص عدد تأكسده بمقدار 1 (صفر إلى -1) في Cl^- إذن فالكلور أيضاً قد اختزل (عامل مؤكسد) .

بما أن الكلور هو العامل المؤكسد وفي الوقت نفسه هو العامل المختزل إذن فقد حدث تفاعل تأكسد و اختزال ذاتي للكلور .

سؤال : **حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في كل من المعادلات التالية :**

رقم التفاعل	التفاعل	العامل المؤكسد و العامل المختزل
1	$2OH^- + Br_2 \longrightarrow BrO^- + Br^- + H_2O$	Br_2
2	$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$	H_2O_2
3	$3ClO^- \longrightarrow 2Cl^- + ClO_3^-$	ClO^-

ثالثاً : موازنة معادلات التأكسد والإختزال بطريقة نصف التفاعل

(أيون-الكترون)

✍ يجب مراعاة ما يلي عند الموازنة :

قانون حفظ المادة :
ينص على تساوي أعداد الذرات و أنواعها في طرفي المعادلة الكيميائية .

قانون حفظ الشحنة الكهربائية :
ينص على تساوي المجموع الجبري للشحنات في طرفي المعادلة.

- يمكن موازنة المعادلات الكيميائية بطريقة المحاولة و الخطأ .

مثال: $Al_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)}$

حيث تكون موازنتها كما يلي :

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

منهاجي
منصة التعليم الهادف

سؤال : وازن معادلات التأكسد والإختزال الآتية مستخدماً طريقة المحاولة والخطأ

1) $Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

2) $Al + Cl_2 \longrightarrow AlCl_3$

ج

1) $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \longrightarrow 2\,Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$

2) $2Al + 3Cl_2 \longrightarrow 2AlCl_3$

تسمى المعادلة التي تراعي قانوني حفظ المادة والشحنة الكهربائية "المعادلة الكيميائية الموزونة "

✍ **لا تصلح طريقة الموازنة بطريقة المحاولة و الخطأ في موازنة بعض معادلات التأكسد والاختزال** .

طريقة نصف التفاعل (أيون – الكترون) في موازنة تفاعلات التأكسد والإختزال :

تعتمد هذه الطريقة على الخطوات التالية :

1- كتابة نصفي تفاعل التأكسد و الإختزال .

2- موازنة نصفي التفاعل .

3- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة و المكتسبة .

4- جمع نصفي التفاعل .

مثال توضيحي : وازن التفاعل التالي (بطريقة نصف التفاعل)

$$Al + Ag^{+} \longrightarrow Al^{+3} + Ag$$

خطوات الحل :

1- كتابة نصفي التفاعل (موزونة) :

$$Al \longrightarrow Al^{+3} + 3e^{-}$$

$$e^{-} + Ag^{+} \longrightarrow Ag$$

2- مساواة عدد e المفقودة و المكتسبة : لعمل ذلك نضرب نصف تفاعل الإختزال ب 3 فتصبح

$$3Ag^{+} + 3e^{-} \longrightarrow 3Ag$$

3- نجمع نصفي التفاعل

$$Al \longrightarrow Al^{+3} + 3e^{-}$$
$$3\,Ag^{+} + 3e \longrightarrow 3Ag$$

معادلة التفاعل الكلي

$$Al + 3\,Ag^{+} \longrightarrow Al^{+3} + 3Ag$$

سؤال : وازن معادلات التفاعلات الآتية بطريقة نصف التفاعل :

(1 $Ni + Ag^{+} \longrightarrow Ni^{+2} + Ag$

نصف تفاعل التأكسد $Ni \longrightarrow Ni^{+2} + 2e$

نصف تفاعل الاختزال $2Ag^{+} + 2e \longrightarrow 2Ag$

معادلة التفاعل الكلي $Ni + 2Ag^{+} \longrightarrow Ni^{+2} + 2Ag$

(2 $Au + Cu^{+2} \longrightarrow Au^{+3} + Cu$

نصف تفاعل التأكسد $Au \longrightarrow Au^{+3} + 3e$

نصف تفاعل الاختزال $2e + Cu^{+2} \longrightarrow Cu$

مساواة الإلكترونات $2\,(\,Au \longrightarrow Au^{+3} + 3e\,)$

$3\,(\,2e + Cu^{+2} \longrightarrow Cu\,)$

معادلة التفاعل الكلي $2Au + 3Cu^{+2} \longrightarrow 2Au^{+3} + 3Cu$

(3 $Cr^{+2} + I_2 \longrightarrow Cr^{+3} + I^{-}$

نصف تفاعل الاختزال $I_2 + 2e^{-} \longrightarrow 2I^{-}$

نصف تفاعل التأكسد $Cr^{+2} \longrightarrow Cr^{+3} + e^{-}$

معادلة التفاعل الكلي $2Cr^{+2} + I_2 \longrightarrow 2Cr^{+3} + 2I^{-}$

✍ **يمكن أن تحدث بعض تفاعلات التأكسد و الإختزال في محاليل حمضية و قاعدية** :

أ- موازنة معادلات التأكسد و الإختزال للتفاعلات في وسط حمضي .

مثال توضيحي : وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي

$$Cr_2O_7^{-2} + C_2H_6O \longrightarrow Cr^{+3} + CO_2$$

لموازنة هذه المعادلة نتبع الخطوات التالية :

1- كتابة نصفي تفاعل التأكسد و الإختزال

تأكسد : $C_2H_6O \longrightarrow CO_2$

اختزال: $Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow Cr^{+3}$

2- موازنة كل نصف تفاعل ، وذلك كما يلي :

أ- موازنة ذرات العناصر ما عدا الأكسجين و الهيدروجين :

تأكسد : $C_2H_6O \longrightarrow 2CO_2$

اختزال: $Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3}$

ب- موازنة ذرات الأكسجين بإضافة عدد من جزيئات H_2O يساوي الفرق في ذرات الاكسجين بين المواد المتفاعلة و الناتجه الى الطرف الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الأكسجين .

$$Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3} + 7H_2O$$
$$C_2H_6O + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2$$

ج- موازنة ذرات الهيدروجين بإضافة عدد من أيونات الهيدروجين H^+ يساوي الفرق في ذرات الهيدروجين بين المواد المتفاعلة والناتجة الى الطرف الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الهيدروجين .

$$14H^+ + Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3} + 7H_2O$$
$$C_2H_6O + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 12H^+$$

د- موازنة الشحنة الكهربائية في طرفي المعادلة بإضافة عدد من الإلكترونات الى أحد الطرفين ليصبح المجموع الجبري للشحنات متساوياً على طرفي المعادلة (و لذلك سيتم اضافة الإلكترونات الى الطرف الأكثر موجبيه)

$$6e + 14H^+ + Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3} + 7H_2O$$
$$C_2H_6O + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 12H^+ + 12e^-$$

3- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة في نصفي التفاعل

وفي هذا المثال نضرب نصف تفاعل الإختزال في 2

$$2\ (\ 6e + 14H^+ + Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3} + 7H_2O\ )$$
$$C_2H_6O + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 12H^+ + 12e^-$$

فتصبح المعادلتين :

$$12e + 28H^+ + 2Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 4Cr^{+3} + 14H_2O$$
$$C_2H_6O + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 12H^+ + 12e^-$$

4- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة فيتم حذف الالكترونات و بعض المواد المشتركه من طرفي المعادلة :

$$\mathbf{16H^+ + 2Cr_2O_7^{-2} + C_2H_6O \longrightarrow 4Cr^{+3} + 11H_2O + 2CO_2}$$

سؤال : وازن التفاعلات الآتية في وسط حمضي بطريقة نصف التفاعل :

-1 $\mathbf{MnO_4^- + SO_2 \longrightarrow Mn^{+2} + SO_4^{-2}}$

ع

نصف تفاعل الإختزال : $2\ (\ 5e + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O)$

نصف تفاعل التأكسد : $5\ (\ 2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{-2} + 4H^+ + 2e\ )$

بعد مساواة عدد e المكتسبة والمفقودة

$$\cancel{10e} + \cancel{16H^+} + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{+2} + \cancel{8H_2O}$$
$$\cancel{10H_2O} + 5SO_2 \longrightarrow 5SO_4^{-2} + \cancel{20H^+} + \cancel{10e^-}$$
$$2H_2O + 5SO_2 + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{+2} + 5SO_4^{-2} + 4H^+$$

بعد جمع نصفي التفاعل (المعادلة الكلية).

-2 $\mathbf{Cu + NO_3^{-1} \longrightarrow Cu^{+2} + NO}$

ع

نصف تفاعل التأكسد $3\ (\ Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e\ )$

نصف تفاعل الإختزال $2\ (\ 3e + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O\ )$

مساواة عدد e

$$3Cu \longrightarrow 3Cu^{+2} + \cancel{6e}$$
$$\cancel{6e} + 8H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow 2NO + 4H_2O$$

التفاعل الكلي : $8H^+ + 2NO_3^- + 3Cu \longrightarrow 3Cu^{+2} + 2NO + 4H_2O$

3- $H_2C_2O_4 + MnO_4^- \longrightarrow CO_2 + Mn^{+2}$

ج

نصف تفاعل الإختزال : $2(5e + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O)$

نصف تفاعل التأكسد : $5(H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e)$

المعادلة الكلية : $2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{+2} + 10CO_2 + 8H_2O$

4- $ClO_3^- + MnO_4^- \longrightarrow ClO_4^- + Mn^{+2}$

ج

نصف تفاعل الإختزال : $2(5e + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O)$

نصف تفاعل التأكسد : $5(H_2O + ClO_3^- \longrightarrow ClO_4^- + 2H^+ + 2e)$

المعادلة الكلية : $6H^+ + 2MnO_4^- + 5ClO_3^- \longrightarrow 2Mn^{+2} + 3H_2O + 5ClO_4^-$

5- $As_2O_3 + NO_3^- \longrightarrow H_3AsO_4 + NO$

ج

نصف تفاعل التأكسد : $3(5H_2O + As_2O_3 \longrightarrow 2H_3AsO_4 + 4H^+ + 4e^-)$

نصف تفاعل الإختزال : $4(3e^- + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O)$

مساواة عدد e

$15H_2O + 3As_2O_3 \longrightarrow 6H_3AsO_4 + 12H^+ + 12e^-$

$12e^- + 16H^+ + 4NO_3^- \longrightarrow 4NO + 8H_2O$

المعادلة الكلية: $7H_2O + 3As_2O_3 + 4H^+ + 4NO_3^- \longrightarrow 6H_3AsO_4 + 4NO$

6- $Pb + PbO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4$

ج

نصف تفاعل التأكسد : $Pb + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4 + 2H^+ + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال : $2e^- + 2H^+ + PbO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

المعادلة الكلية: $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

7- $H_2S + NO_3^- \longrightarrow NO + S_8$

ج

نصف تفاعل التأكسد : $3(8H_2S \longrightarrow S_8 + 16H^+ + 16e^-)$

نصف تفاعل الاختزال : $16(3e^- + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O)$

مساواة عدد e : $24H_2S \longrightarrow 3S_8 + 48H^+ + 48e^-$

$48e^- + 64H^+ + 16\,NO_3^- \longrightarrow 16NO + 32H_2O$

المعادلة الكلية: $16H^+ + 16NO_3^- + 24H_2S \longrightarrow 3S_8 + 16NO + 32H_2O$

8- $ClO_3^- + N_2H_4 \longrightarrow Cl^- + NO$

ج

نصف تفاعل الاختزال : $4(6e^- + 6H^+ + ClO_3^- \longrightarrow Cl^- + 3H_2O)$

نصف تفاعل التأكسد: $3(2H_2O + N_2H_4 \longrightarrow 2NO + 8H^+ + 8e^-)$

مساواة عدد e : $24e^- + 24H^+ + 4ClO_3^- \longrightarrow 4Cl^- + 12H_2O$

$6H_2O + 3N_2H_4 \longrightarrow 6NO + 24H^+ + 24e^-$

المعادلة الكلية: $4ClO_3^- + 3N_2H_4 \longrightarrow 4Cl^- + 6NO + 6H_2O$

منصة التعليم الهادف

سؤال : يتم التفاعل الآتي في وسط حمضي :

$MnO_4^- + CH_3CH_2OH \longrightarrow Mn^{+2} + CH_3COOH$

وازن معادلة التفاعل بطريقة نصف التفاعل (أيون – الكترون) ، ثم حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في التفاعل :

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

$5(CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 4H^+ + 4e)$

$4MnO_4^- + 5CH_3CH_2OH + 12H^+ \longrightarrow 4Mn^{+2} + 5CH_3COOH + 11H_2O$

العامل المؤكسد : MnO_4^-

العامل المختزل : CH_3CH_2OH

سؤال : يتم التفاعل الآتي في وسط حمضي :

$$Sb_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow Sb_2O_5 + S + NO$$

1- وازن معادلة التفاعل بطريقة نصف التفاعل .

2- حدد العامل المؤكسد .

3- ما عدد تأكسد العنصر Sb في المركب Sb_2O_5 .

-1

$$3(5H_2O + Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + 3S + 10H^+ + 10e)$$
$$10(3e + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O)$$
$$\cancel{15H_2O} + 3Sb_2S_3 \longrightarrow 3Sb_2O_5 + 9S + \cancel{30H^+} + \cancel{30e}$$
$$\cancel{30e} + \cancel{40H^+} + 10NO_3^- \longrightarrow 10NO + \cancel{20H_2O}$$
$$10H^+ \qquad 5H_2O$$
$$10H^+ + 3Sb_2S_3 + 10NO_3^- \longrightarrow 3Sb_2O_5 + 9S + 10NO + 5H_2O$$

2- NO_3^-

3- 5^+

سؤال : يتم التفاعل الآتي في وسط حمضي :

$$As_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow AsO_4^{-3} + SO_4^{-2} + NO$$

1- وازن معادلة التفاعل في طريقة نصف التفاعل .

2- حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في التفاعل .

3- ما عدد تأكسد العنصر As في الأيون AsO_4^{-3} .

-1

$$28NO_3^- + 3As_2S_3 + 4H_2O \longrightarrow 6AsO_4^{-3} + 9SO_4^{-2} + 28NO + 8H^+$$

2- العامل المؤكسد : NO_3^- العامل المختزل : As_2S_3

3- $5+$

سؤال : وازن معادلة التفاعل الآتي بطريقة نصف التفاعل (ايون – الكترون) في وسط حمضي ثم حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل فيها :

$$ICl \longrightarrow IO_3^- + I_2 + Cl^-$$

$$3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e$$
$$2(2e + 2\,ICl \longrightarrow I_2 + 2Cl^-)$$
$$3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + \cancel{4e}$$
$$\cancel{4e} + 4\,ICl \longrightarrow 2I_2 + 4Cl^-$$
$$3H_2O + 5\,ICl \rightarrow IO_3^- + 2I_2 + 5Cl^- + 6H^+$$

العامل المؤكسد : ICl

العامل المختزل : ICl .

ب-موازنة معادلات التأكسد و الإختزال للتفاعلات في وسط قاعدي .

مثال : وازن معادلة التفاعل الآتي في وسط قاعدي :

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + Fe^{+2}{}_{(aq)} \longrightarrow MnO_{2(s)} + Fe^{+3}{}_{(aq)}$$

نتبع الخطوات التالية :

1- موازنة المعادلة في وسط حمضي متبعا الخطوات السابقة الذكر ، حيث نصل إلى :

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 3Fe^{+2}{}_{(aq)} + 4H^+ \longrightarrow MnO_{2(s)} + 3Fe^{+3}{}_{(aq)} + 2H_2O$$

2- إضافة عدد من أيونات OH^- مساوياً لعدد أيونات H^+ على طرفي المعادلة :

$$MnO_4^- + 3Fe^{+2} + 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow MnO_2 + 3Fe^{+3} + 2H_2O + 4\ OH^-$$

3- أجمع أيوني OH^- و H^+ على شكل جزيئات ماء :

$$MnO_4^- + 3Fe^{+2} + 4H_2O \longrightarrow MnO_2 + 3Fe^{+3} + 2H_2O + 4\ OH^-$$

4- احذف جزيئات الماء الزائدة من أحد طرفي المعادلة :

$$MnO_4^- + 3Fe^{+2} + 2H_2O \longrightarrow MnO_2 + 3Fe^{+3} + 4OH^-$$

سؤال : وازن معادلات التفاعلات الآتية علماً بأنها تتم في وسط قاعدي :

1) $ClO^-{}_{(aq)} + CrO^-{}_{2(aq)} \longrightarrow Cl^-{}_{(aq)} + CrO_4^{-2}{}_{(aq)}$

ج

نصف تفاعل الإختزال : $3(2e + 2H^+ + ClO^- \longrightarrow Cl^- + H_2O)$

نصف تفاعل التأكسد : $2(2H_2O + CrO_2^- \longrightarrow CrO_4^{-2} + 4H^+ + 3e)$

مساواة عدد e :

$$\cancel{6e} + \cancel{6H^+} + 3ClO^- \longrightarrow 3Cl^- + \cancel{3H_2O}$$
$$\cancel{4H_2O} + 2CrO_2^- \longrightarrow 2CrO_4^{-2} + \cancel{8H^+} + \cancel{6e}$$

$$H_2O + 3ClO^- + 2CrO_2^- \longrightarrow 3Cl^- + 2CrO_4^{-2} + 2H^+$$

اضافة OH^- : $2OH^-$ ، $2OH^-$

$$2OH^- + 3ClO^- + 2CrO_2^- \longrightarrow 3Cl^- + 2CrO_4^{-2} + H_2O$$

2) $S^{-2} + I_2 \longrightarrow SO_4^{-2} + I^-$

نصف تفاعل الاختزال $4(I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-)$

نصف تفاعل التأكسد $4H_2O + S^{-2} \longrightarrow SO_4^{-2} + 8H^+ + 8e^-$

مساواة عدد e $4I_2 + 8e^- \longrightarrow 8I^-$

$4H_2O + S^{-2} \longrightarrow SO_4^{-2} + 8H^+ + 8e^-$

اضافة OH^- $4H_2O + 4I_2 + S^{-2} \longrightarrow 8I^- + SO_4^{-2} + 8H^+$

$8OH^- \quad 8OH^-$

(جمع H^+ و OH^-) وشطب الماء $8OH^- + 4H_2O + 4I_2 + S^{-2} \longrightarrow 8I^- + SO_4^{-2} + 8H_2O$

المعادلة الكلية : $8OH^- + 4I_2 + S^{-2} \longrightarrow 8I^- + SO_4^{-2} + 4H_2O$

---

3) $Al + NO_3^- \longrightarrow AlO_2^- + NH_3$

نصف تفاعل التأكسد $8\,(2H_2O + Al \longrightarrow AlO_2^- + 4H^+ + 3e^-)$

نصف تفاعل الاختزال $3(8e^- + 9H^+ + NO_3^- \longrightarrow NH_3 + 3H_2O)$

$16H_2O + 8Al \longrightarrow 8AlO_2^- + 32H^+ + 24e^-$

$24e^- + 27H^+ + 3NO_3^- \longrightarrow 3NH_3 + 9H_2O$

اضافة OH^- $7H_2O + 8Al + 3NO_3^- \longrightarrow 8AlO_2^- + 3NH_3 + 5H^+$

$5OH^- \quad 5OH^-$

$5OH^- + 2H_2O + 8Al + 3NO_3^- \longrightarrow 8AlO_2^- + 3NH_3$

---

4) $CN^- + MnO_4^- \longrightarrow CNO^- + MnO_2$

نصف تفاعل التأكسد $3(H_2O + CN^- \longrightarrow CNO^- + 2H^+ + 2e^-)$

نصف تفاعل الاختزال $2(3e^- + 4H^+ + MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O)$

$3H_2O + 3CN^- \longrightarrow 3CNO^- + 6H^+ + 6e^-$

$6e^- + 8H^+ + 2MnO_4^- \longrightarrow 2MnO_2 + 4H_2O$

اضافة OH^- $3CN^- + 2MnO_4^- + 2H^+ \longrightarrow 3CNO^- + 2MnO_2 + H_2O$

$2\,OH^- \quad 2\,OH^-$

$H_2O + 3CN^- + 2MnO_4^- \longrightarrow 3CNO^- + 2MnO_2 + 2OH^-$

5) $Cl_2 \longrightarrow Cl^- + OCl^-$ **(تأكسد واختزال ذاتي)**

$$2e^- + Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$$
$$2H_2O + Cl_2 \longrightarrow 2OCl^- + 4H^+ + 2e^-$$
$$2H_2O + 2Cl_2 \longrightarrow 2Cl^- + 2OCl^- + 4H^+$$
$$4OH^- \qquad\qquad 4OH^-$$
$$4OH^- + 2Cl_2 \longrightarrow 2Cl^- + 2OCl^- + 2H_2O$$

6) $Zn + NO_3^- \longrightarrow [Zn(OH)_4]^{-2} + NH_3$

$$4\,(4H_2O + Zn \longrightarrow [Zn(OH)_4]^{-2} + 4H^+ + 2e^-)$$
$$8e^- + 9H^+ + NO_3^- \longrightarrow NH_3 + 3H_2O$$
$$16H_2O + 4Zn \longrightarrow 4[Zn(OH)_4]^{-2} + 16H^+ + 8e^-$$
$$8e^- + 9H^+ + NO_3^- \longrightarrow NH_3 + 3H_2O$$
$$13H_2O + 4Zn + NO_3^- \longrightarrow 4[Zn(OH)_4]^{-2} + 7H^+ + NH_3$$
$$7OH^- \qquad\qquad 7OH^-$$
$$6H_2O + 7OH^- + 4Zn + NO_3^- \longrightarrow 4[Zn(OH)_4]^{-2} + NH_3$$

ملغي .....تطبيقات حياتية

كيف نعمل وجبة ساخنة باستخدام الماء البارد ؟ سخان الطعام عديم اللهب

مبدأ عمله : عن طريق توليد الحرارة بأكسدة المغنيسيوم عن طريق تفاعله مع الماء حسب المعادلة الاتية :

$$Mg + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2 + \text{حرارة}$$

و لأن هذا التفاعل بطيئ جداً لا ينتج الحرارة المطلوبة يتم تسريعه باضافة الحديد و ملح الطعام الى المغنيسيوم المتفاعل و ينطلق من التفاعل طاقة حرارية تقدر ب 355 كيلوجول قادرة على غلي لتر من الماء .

مكونات السخان : كيس شبه منفذ موجود فيه خليط من المغنيسيوم و الحديد و الملح و هو موضوع في كيس بلاستيكي مقاوم للحرارة .

كيفية استخدامه : يوضع الكيس شبه المنفذ الذي يحتوي على الخليط و الوجبة المراد تسخينها و المغلفة جيداً في الكيس البلاستيكي ثم تضاف اليهما كمية من الماء و يتركان مدة 10 دقائق تكون كافية لتسخين الوجبة .

تدريبات اضافية :

السؤال الأول:- وازن المعادلات التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي ، ثم حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في كل منها :

1- $Cr_2O_7^{-2} + H_2S \longrightarrow Cr^{+3} + S$

2- $As_2O_3 + NO_3^- \longrightarrow H_3AsO_4 + N_2O_3$

3- $HNO_2 + ClO_3^- \longrightarrow Cl^- + NO_3^-$

4- $Mn^{+2} + BiO_3^- \longrightarrow MnO_4^- + Bi^{+3}$

5- $Cr_2O_7^{-2} + C_2H_6O \longrightarrow Cr^{+3} + C_2H_4O_2$

6- $Zn + NO_3^- \longrightarrow Zn^{+2} + NH_4^+$

7- $PbS + H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + H_2O$

8- $Sb_2O_3 + IO_3^- + Cl^- \longrightarrow Sb^{+5} + ICl$

9- $N_2H_4 + Mn(OH)_5 \longrightarrow NH_2OH + Mn(OH)_2$

ع

1- $8H^+ + 3H_2S + Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3} + 3S + 7H_2O$

2- $2H_2O + 2H^+ + AS_2O_3 + 2NO_3^- \longrightarrow 2H_3ASO_4 + N_2O_3$

3- $ClO^-_3 + 3HNO_2 \longrightarrow 3NO^-_3 + Cl^- + 3H^+$

4- $2Mn^{+2} + 14\ H^+ + 5BiO^-_3 \longrightarrow 2MnO^-_4 + 5Bi^{+3} + 7H_2O$

5- $16H^+ + 2Cr_2O_7^{-2} + 3C_2H_6O \longrightarrow 4Cr^{+3} + 11H_2O + 3C_2H_4O_2$

6- $10H^+ + 4Zn + NO_3^- \longrightarrow 4Zn^{+2} + NH_4^+ + 3H_2O$

7- $PbS + 4H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + 4H_2O$

8- $12H^+ + Sb_2O_3 + IO_3^- + Cl^- \longrightarrow 2Sb^{+5} + ICl + 6H_2O$

9- $3N_2H_4 + 2Mn(OH)_5 \longrightarrow 6NH_2OH + 2Mn(OH)_2$

منصة التعليم الهادف

السؤال الثاني:- وازن المعادلات التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي ، ثم حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في كل منها :

1- $C_2H_4O + Cu^{+2} \longrightarrow C_2H_3O_2^- + Cu_2O$

2- $Zn + HgO \longrightarrow ZnO_2^- + Hg$

3- $I_2 \longrightarrow IO_3^- + I^-$

4- $HSO_4^- + Al \longrightarrow S^{-2} + Al_2O_3$

5- $ClO_3^- + N_2H_4 \longrightarrow Cl^- + NO_3^-$

6- $C_2H_4 + MnO_4^- \longrightarrow C_2H_4(OH)_2 + MnO_2$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ج

1- $5OH^- + C_2H_4O + 2Cu^{+2} \longrightarrow C_2H_3O_2^- + Cu_2O + 3H_2O$

2- $2Zn + 3HgO + 2OH^- \longrightarrow 2ZnO_2^- + 3Hg + H_2O$

3- $12OH^- + 6I_2 \longrightarrow 2IO_3^- + 10I^- + 6H_2O$

4- $6HSO_4^- + 6OH^- + 16Al \longrightarrow 6S^{-2} + 8Al_2O_3 + 6H_2O$

5- $6OH^- + 7ClO_3^- + 3N_2H_4 \longrightarrow 7Cl^- + 6NO_3^- + 9H_2O$

5- $4H_2O + 3C_2H_4 + 2MnO_4^- \longrightarrow 3C_2H_4(OH)_2 + 2MnO_2 + 2OH^-$

منهاجي
متعة التعليم الهادف