تجربة استهلالية

تحليل النتائج

1. فسّر ما يحدث للون محلول كبريتات النحاس.

يتحول اللون الأزرق للمحلول إلى الأخضر الفاتح، حيث تختفي كبريتات النحاس II التي تعطي المحلول اللون الأزرق، وتتكون كبريتات الحديد II التي تعطي المحلول اللون الأخضر الفاتح.

2. حدّد المادة التي التصقت بالمسمار. **نحاس.**

3. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

$$CuSO_{4\,(aq)} + Fe_{\,(s)} \rightarrow FeSO_{4\,(aq)} + Cu_{\,(s)}$$

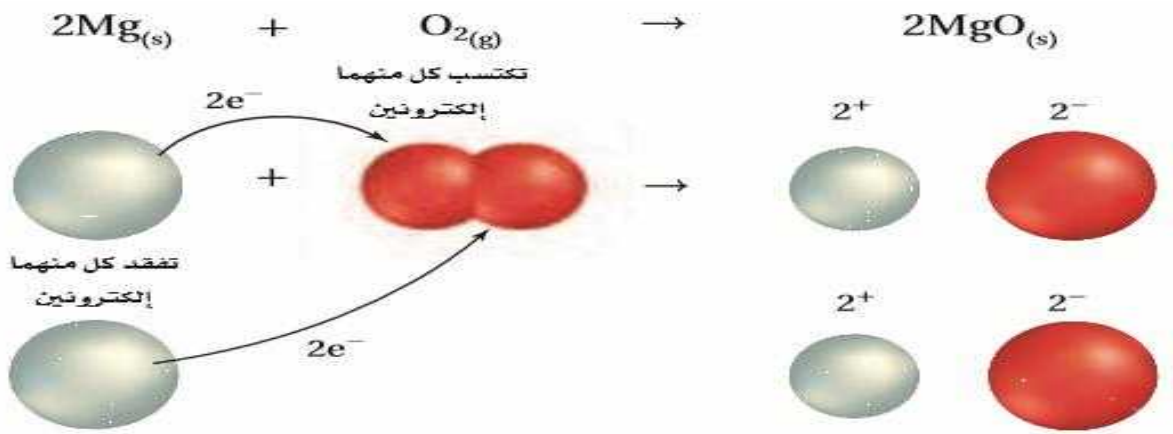
استقصاء ماذا يمكن أن يحدث للنحاس لو وضع في محلول كبريتات الحديد؟ صمّم تجربةً لاختبار فرضيتك.

لا يحدث أي تفاعل؛ لأن النحاس أقل نشاطاً من الحديد، فلا يحل النحاس محل الحديد في محلول كبريتات الحديد.

التجربة:

- **أضف 3 mL من محلول 1.0 M من $FeSO_4$ إلى أنبوب اختبار.**
- **ضع قطعة من النحاس تم تلميعها في المحلول، ثم ضع أنبوب الاختبار في حامل الأنابيب.**
- **راقب لمدة ١٠ دقائق ثم سجّل النتائج.**

الأكسدة والاختزال



الشكل 4-1 يتضمّن تفاعل الماغنسيوم مع الأكسجين انتقالَ الإلكترونات من الماغنسيوم إلى الأكسجين؛ لذا فإن هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة واختزال.

صنّف التفاعل بين الماغنسيوم والأكسجين.

تفاعل تكوين وتفاعل احتراق.

ماذا قرأت؟ **حدّد** أي العناصر أكثر قابليةً لاكتساب الإلكترونات: البوتاسيوم أم الكلور؟

الكلور أكثر قابلية لاكتساب الالكترونات؛ لأن كهروسالبيته عالية. أما البوتاسيوم فكهروسالبيته منخفضة و بالتالي فهو يميل إلى فقد الالكترونات.

التحليل

1. **اكتب** معادلة تفاعل الفضة مع كبريتيد الهيدروجين، التي تنتج كبريتيد الفضة والهيدروجين.

$$2Ag + H_2S \rightarrow Ag_2S + H_2$$

2. **اكتب** معادلة تفاعل كبريتيد الفضة (الشوائب) مع رقائق الألومنيوم والتي تنتج كبريتيد الألومنيوم والفضة.

$$3Ag_2S + 2Al \rightarrow Al_2S_3 + 6Ag$$

3. حـدّد أي الفلزات أكثر نشاطًا: الألومنيوم أم الفضة؟ وكيف تعرف ذلك من النتائج؟

الألومنيوم أكثر نشاطاً من الفضة؛ حيث استطاع الألومنيوم أن يحل محل الفضة في مركب Ag_2S.

4. فسـر لمـاذا يجب ألا تستعمـل أواني الألومنيوم عنـد تنظيف مواد مصنوعة من الفضة؟

لأن الألومنيوم أكثر نشاطاً من الفضة، فهو يستطيع أن يحل محلها، وذلك يؤدي إلى تآكل المواد المصنوعة من الفضة.

الشـكل 4-4 تزداد كهروسالبيـة العناصر من اليسار إلى اليمـين عبر الجـدول الدوري، وتقـل في الاتجاه نحو أسفـل عـبر المجموعـة الواحـدة. وتعـدّ العناصـر ذات الكهروسالبية المنخفضة عوامل مختزلة قويةً، والعناصر ذات الكهروسالبية المرتفعة عوامل مؤكسدة قويةً.

توقـع أي العناصـر يمكـن أن تكـون أقـوى بوصـفها عوامل مؤكسدة، وأيها أقوى بوصفها عوامل مختزلةً؟

تُعدّ عناصر المجموعتين ١ و٢ ذات الكهروسالبية المنخفضة عوامل مختزلة قوية، وعناصر المجموعة ١٧ والأكسجين في المجموعة ١٦ ذات الكهروسالبية العالية عوامل مؤكسدة قوية.

مسائل تدريبية

1. حدّد التغيرات، في كل مما يلي سواء أكانت أكسدة أم اختزالاً؟ وتذكر أن e^- هو رمز الإلكترون:

a. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ اختزال.

b. $K \rightarrow K^+ + e^-$ أكسدة.

c. $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$ أكسدة.

d. $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ اختزال.

2. حدّد العناصر التي تأكسدت والعناصر التى اختزلت فى العمليات الآتية:

a. $2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-$ تأكسد البروم ، بينما اختُزل الكلور.

b. $2Ce + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Ce^{3+}$ تأكسد السلينيوم، بينما اختُزل النحاس.

c. $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$ تأكسد الخارصين، بينما اختُزل الأكسجين.

d. $2Na + 2H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2$ تأكسد الصوديوم، بينما اختُزل الهيدروجين.

3. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:

$$Fe_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

العامل المؤكسد هو الفضة، والعامل المختزل هو الحديد.

4. تحفيز حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:

a. $Mg_{(s)} + I_{2(s)} \rightarrow MgI_{2(s)}$ العامل المؤكسد هو اليود، والعامل المختزل هو المغنيسيوم.

b. $H_2S_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow S_{(s)} + 2HCl_{(g)}$ العامل المؤكسد هو الكلور، والعامل المختزل هو كبريتيد الهيدروجين.

مسائل تدريبية

5. حدّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في الصيغ الجزيئية الآتية:

a. $NaClO_4$ b. $AlPO_4$ c. HNO_2

a.

المعطيات: $NaClO_4$

المطلوب: $n_{Cl} = ?$

الحل:

$n_{Na} = +1$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Na}) + (n_{Cl}) + 4(n_O) = 0$$
$$(+1) + (n_{Cl}) + 4(-2) = 0$$
$$n_{Cl} = -4(-2) - (+1)$$
$$n_{Cl} = +7$$

.b

المعطيات: $AlPO_4$

المطلوب: $n_P = ?$

الحل:

$n_{Al} = +3$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Al}) + (n_P) + 4(n_O) = 0$$
$$(+3) + (n_P) + 4(-2) = 0$$
$$n_P = -4(-2) - (+3)$$
$$n_P = +5$$

.c

المعطيات: HNO_2

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_H = +1$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_H) + (n_N) + 2(n_O) = 0$$
$$(+1) + (n_N) + 2(-2) = 0$$
$$n_N = -2(-2) - (+1)$$
$$n_N = +3$$

6. حدّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في صيغ الأيونات الآتية:

a. NH_4^+ b. AsO_4^{3-} c. CrO_4^{2-}

a.

المعطيات: NH_4^+

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_H = +1$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_N) + 4(n_H) = +1$

$(n_N) + 4(+1) = +1$

$n_N = (+1) - 4(+1)$

$n_N = -3$

b.

المعطيات: AsO_4^{3-}

المطلوب: $n_{As} = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_{As}) + 4(n_O) = -3$

$(n_{As}) + 4(-2) = -3$

$n_{As} = (-3) - 4(-2)$

$n_{As} = +5$

.c

المعطيات: CrO_4^{2-}

المطلوب: $n_{Cr} = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_{Cr}) + 4(n_O) = -2$

$(n_{Cr}) + 4(-2) = -2$

$n_{Cr} = (-2) - 4(-2)$

$n_{Cr} = +6$

7. حدّد عدد التأكسد للنيتروجين في الجزيئات الآتية:

a. NH_3 **b.** KCN **c.** N_2H_4

.a

المعطيات: NH_3

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_H = +1$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

$(n_N) + 3(n_H) = 0$

$(n_N) + 3(+1) = 0$

$n_N = -3(+1)$

$n_N = -3$

.b

المعطيات: KCN

المطلوب: n_N =?

الحل:

n_N = -3.

لأن عدد تأكسد الذرة الأكثر كهروسالبية في الجزيء المعقد هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيوناً.

.c

المعطيات: N_2H_4

المطلوب: n_N = ?

الحل:

n_H = +1

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$2(n_N) + 4(n_H) = 0$$
$$2(n_N) + 4\ (+1) = 0$$
$$2n_N = \ (-4)$$
$$n_N = -2$$

8. تحفيز حدّد التغير الكلي في عدد تأكسد كلّ من العناصر في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)}$

b. $Cl_{2(g)} + ZnI_{2(s)} \rightarrow ZnCl_{2(s)} + I_{2(s)}$

c. $CdO_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Cd_{(s)} + CO_{2(g)}$

---

a.

المعطيات: $C_{(s)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)}$

المطلوب: تحديد التغير في عدد تأكسد كلٍّ من العناصر في المعادلة.

الحل:

١. الكربون

في المتفاعلات: $n_C = 0$، لأن عدد تأكسد الذرة غير المتحدة = صفر.

في النواتج:

$n_C = ?$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_C) + 2(n_O) = 0$$

$$(n_C) + 2(-2) = 0$$

$$n_C = -2(-2)$$

$$n_C = +4$$

التغير في عدد تأكسد الكربون = عدد تأكسد الكربون في النواتج – عدد تأكسد الكربون في المتفاعلات

التغير في عدد تأكسد الكربون = +4 – 0

التغير في عدد تأكسد الكربون = +4

الإشارة الموجبة تعني حدوث تفاعل أكسدة للكربون، حيث أنه فقد ٤ الكترونات.

٢. الأكسجين

في المتفاعلات: $n_O = 0$، لأن عدد تأكسد العناصر غير المتحدة = صفر.

في النواتج:

$n_O = -2$ لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا. و بذلك يكون:

$n_O = 2\ (-2)$

$n_O = -4$

التغير في عدد تأكسد الأكسجين = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد تأكسد الأكسجين = -4 – 0

التغير في عدد تأكسد الأكسجين = -4

الإشارة السالبة تعني حدوث تفاعل اختزال للأكسجين، حيث أنه اكتسب ٤ إلكترونات.

.b

المعطيات: $Cl_{2(g)} + ZnI_{2\,(s)} \rightarrow ZnCl_{2\,(s)} + I_{2(s)}$

المطلوب: تحديد التغير في عدد تأكسد كلٍّ من العناصر في المعادلة.

الحل:

١. الكلور

في المتفاعلات: $n_{Cl} = 0$، لأن عدد تأكسد العناصرغير المتحدة = صفر.

في النواتج:

$n_{Cl} = -1$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

التغير في عدد التأكسد للكلور = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

$$= -1 - 0$$
$$= -1$$

الإشارة السالبة تعني حدوث تفاعل اختزال للكلور، حيث أنه اكتسب الكترون.

٢. الخارصين

في المتفاعلات: ZnI_2

$n_{Zn} = ?$

$n_I = -1$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Zn}) + 2(n_I) = 0$$
$$(n_{Zn}) + 2(-1) = 0$$
$$n_{Zn} = -2(-1)$$
$$n_{Zn} = +2$$

في النواتج: $ZnCl_2$

$n_{Cl} = -1$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Zn}) + 2\ (n_{Cl}) = 0$$
$$(n_{Zn}) + 2(-1) = 0$$

$$n_{Zn} = +2$$

التغير في عدد التأكسد للخارصين = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

$+2 - (+2)$ = التغير في عدد التأكسد للخارصين

0 = التغير في عدد التأكسد للخارصين

لم يحدث تغير في عدد الأكسدة، أي أنه لم يحدث أكسدة أو اختزال للخارصين في هذا التفاعل (أيون متفرج).

٣. اليود

في المتفاعلات: ZnI_2

$n_I = -1$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

في النواتج: I_2

$n_I = 0$، لأن عدد تأكسد العناصرغير المتحدة = صفر.

التغير في عدد التأكسد لليود = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد التأكسد لليود = 0 – (-١)

التغير في عدد التأكسد لليود = +١

الإشارة الموجبة تعني حدوث تفاعل أكسدة لليود، حيث فقد إلكترونًا واحدًا.

c.

المعطيات: $CdO_{(g)} + CO_{(g)} \rightarrow Cd_{(s)} + CO_{2(g)}$

المطلوب: تحديد التغير في عدد تأكسد كلٍّ من العناصر في المعادلة.

الحل:

١. الكادميوم Cd

في المتفاعلات: $n_{Cd} = ?$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Cd}) + (n_O) = 0$$

$$(n_{Cd}) + (n_O) = 0$$

$$n_{Cd} = 0 - (-2)$$

$$n_{Cd} = +2$$

في النواتج:

$n_{Cd} = 0$، لأن عدد تأكسد العناصرغير المتحدة = صفر.

التغير في عدد التأكسد = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد التأكسد للكادميوم = 0 - (+2)

التغير في عدد التأكسد للكادميوم = -2

الإشارة السالبة تعني حدوث تفاعل اختزال للكادميوم، حيث أنه اكتسب الكترونين.

٢. الأكسجين

في المتفاعلات:

$n_O = -2$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا. وبما أن هناك أيوني أكسجين في المتفاعلات فإن:

$$2n_O = 2(-2)$$
$$= -4$$

في النواتج:

$$2n_O = 2\ (-2)$$
$$n_O = -4$$

التغير في عدد التأكسد للأكسجين = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد التأكسد للأكسجين = -4 - (-4)

$$= 0$$

لم يحدث تغير في عدد الأكسدة، أي أنه لم يحدث أكسدة أو اختزال للأكسجين في هذا التفاعل (أيون متفرج).

الكربون

في المتفاعلات:

$n_C = ?$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_C) + (n_O) = 0$$
$$(n_C) + (-2) = 0$$
$$n_C = -(-2)$$
$$n_C = +2$$

في النواتج:

$n_C = ?$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_C) + 2(n_O) = 0$$
$$(n_C) + 2(-2) = 0$$
$$n_C = -2(-2)$$
$$n_C = +4$$

التغير في عدد التأكسد للكربون = عدد التأكسد في النواتج ـ عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد التأكسد للكربون = +4 - (+2)

= +2

الإشارة الموجبة تعني حدوث تفاعل أكسدة للكربون، حيث أنه فقد إلكترونين.

التقويم 1-4

9. الفكرة الرئيسة **فسّر** لماذا يجب أن يحدث تفاعلا الأكسدة والاختزال دائمًا معًا؟

٩. لأنه حتى يحدث تفاعل الأكسدة، يجب أن تُكتسب الإلكترونات التي تفقدها المادة المتأكسدة من قبل ذرات أو أيونات مادة أخرى، أي لابد من حدوث تفاعل اختزال لهذه المادة الأخرى، والعكس.

10. **صف** دور كل من العوامل المؤكسدة والمختزلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال. وكيف يتغير كلٌ منهما في التفاعل؟

١٠. تقوم المواد المؤكسِدة باكتساب إلكترونات من مواد أخرى هي المواد التي تحدث لها الأكسدة، أي أن المواد المؤكسِدة يحدث لها اختزال. و العكس، تقوم المواد المختزِلة بفقد إلكتروناتها لصالح مواد أخرى هي التي يحدث لها اختزال، و بالتالي المواد المختزِلة يحدث لها أكسدة.

11. اكتب معادلة تفاعل فلز الحديد مع حمض الهيدروبروميك لتكوين بروميد الحديد III وغاز الهيدروجين. ثم حدّد التغير الكلي في عدد تأكسد العنصر الذي اختُزِل والعنصر الذي تأكسد.

$$2Fe_{(s)} + 6HBr_{(aq)} \rightarrow 2FeBr_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$$

١. الحديد

في المتفاعلات:

$n_{Fe} = 0$، لأن عدد تأكسد العناصر غير المتحدة = صفر.

في النواتج:

$n_{Fe} = ?$

$n_{Br} = -1$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Fe}) + 3(n_{Br}) = 0$$
$$(n_{Fe}) + 3(-1) = 0$$
$$n_{Fe} = -(-3)$$
$$n_{Fe} = +3$$

التغير في عدد التأكسد للحديد = عدد التأكسد في النواتج ـ عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد تأكسد الحديد = +3 - 0

= +3

الإشارة الموجبة تعني حدوث تفاعل أكسدة للحديد، حيث أنه فقد ٣ إلكترونات.

٢. الهيدروجين

في المتفاعلات

$n_H = +1$، لأن عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى يساوي عدد إلكترونات المدار الخارجي.

في النواتج:

$n_H = 0$، لأن عدد تأكسد العناصر غير المتحدة = صفر.

التغير في عدد التأكسد للهيدروجين = عدد التأكسد في النواتج – عدد التأكسد في المتفاعلات

التغير في عدد التأكسد للهيدروجين = 0 - (+1)

= -1

الإشارة السالبة تعني حدوث تفاعل اختزال للهيدروجين، حيث أنه اكتسب إلكترونًا.

٣. البروم

$n_{Br} = -1$، في كل من النواتج و المتفاعلات. لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا. لم يحدث له أكسدة أو اختزال (أيون متفرج).

في التفاعل يتأكسد الحديد بينما يتم اختزال الهيدروجين.

12. حدّد عدد التأكسد للعنصر الذي يظهر باللون الداكن في المركبات الآتية:

a. HNO_3 b. Ca_3N_2 c. Sb_2O_5 d. $CuWO_4$

a.

المعطيات: HNO_3

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_H = +1$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_H) + (n_N) + 3(n_O) = 0$$
$$(+1) + (n_N) + 3\ (-2) = 0$$
$$n_N = -3(-2) - (+1)$$
$$n_N = +5$$

b.

المعطيات: CaN_2

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_{Ca} = +2$، لأن عدد تأكسد فلزات المجموعة الثانية يساوي عدد إلكترونات المدار الخارجي.

$n_N = ?$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Ca}) + 2(n_N) = 0$$
$$(+2) + 2(n_N) = 0$$
$$2n_N = -2$$
$$n_N = -1$$

c.

المعطيات: Sb_2O_5

المطلوب: n_{Sb} =?

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$2(n_{Sb}) + 5(n_O) = 0$$
$$2(n_{Sb}) + 5(-2) = 0$$
$$2(n_{Sb}) = -5\ (-2)$$
$$n_{Sb} = +5$$

d.

المعطيات: $CuWO_4$

المطلوب: n_W =?

الحل:

$n_O = -2$

$n_{Cu} = +2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Cu}) + (n_W) + 4(n_O) = 0$$
$$+2 + (n_W) + 4(-2) = 0$$
$$n_W = -4(-2) - 2$$
$$n_W = +6$$

13. حدّد عدد التأكسد للعنصر الذي يظهر باللون الداكن في الأيونات الآتية:

a. IO_4^- **b.** MnO_4^- **c.** $B_4O_7^{2-}$ **d.** NH_2^-

a.

المعطيات: IO_4^-

المطلوب: $n_I = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$$(n_I) + 4(n_O) = -1$$
$$(n_I) + 4(-2) = -1$$
$$n_I = (-1) - 4(-2)$$
$$n_I = +7$$

b.

المعطيات: MnO_4^-

المطلوب: $n_{Mn} = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$$(n_{Mn}) + 4(n_O) = -1$$
$$(n_{Mn}) + 4(-2) = -1$$
$$n_{Mn} = (-1) - 4(-2)$$
$$n_{Mn} = +7$$

c.

المعطيات: $B_4O_7^{2-}$

المطلوب: n_B=?

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$4(n_B) + 7(n_O) = -2$

$4(n_B) + 7(-2) = -2$

$4n_B = (-2) - 7(-2)$

$4n_B = +12$

$n_B = +3$

d.

المعطيات: NH_2^-

المطلوب: n_N =?

الحل:

$n_H = +1$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_N) + 2(n_H) = -1$

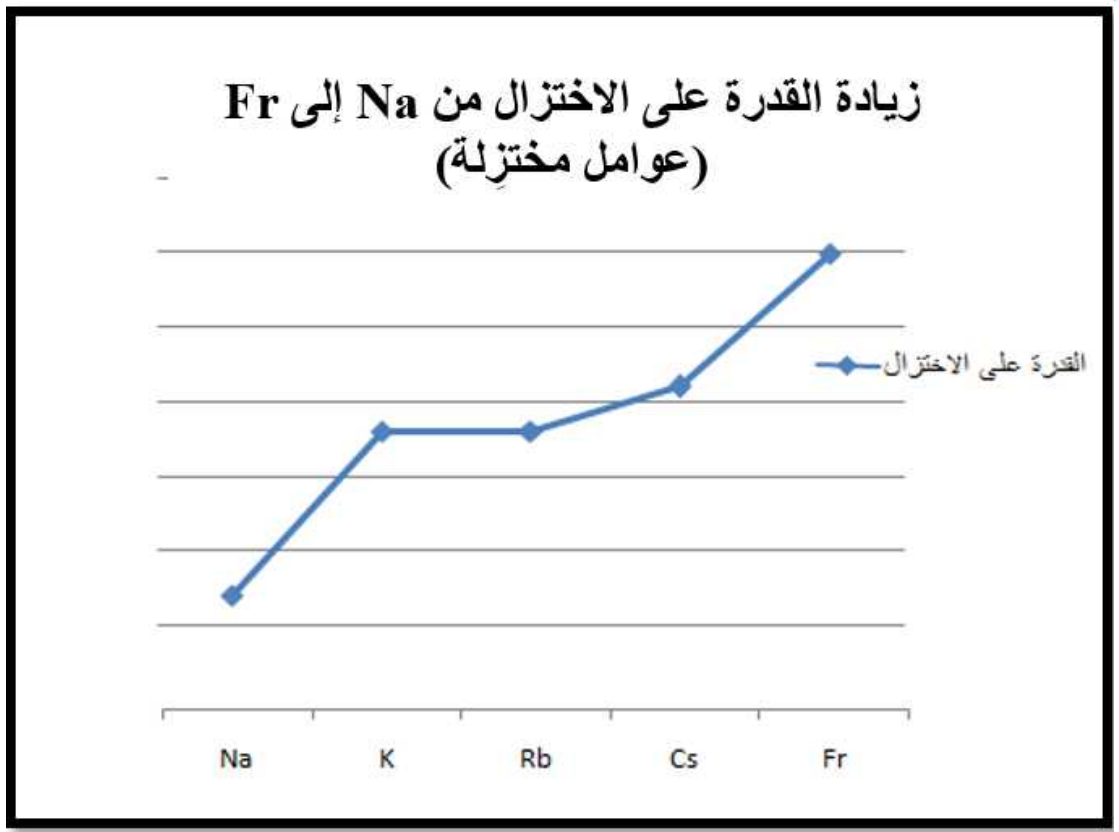
$(n_N) + 2(+1) = -1$

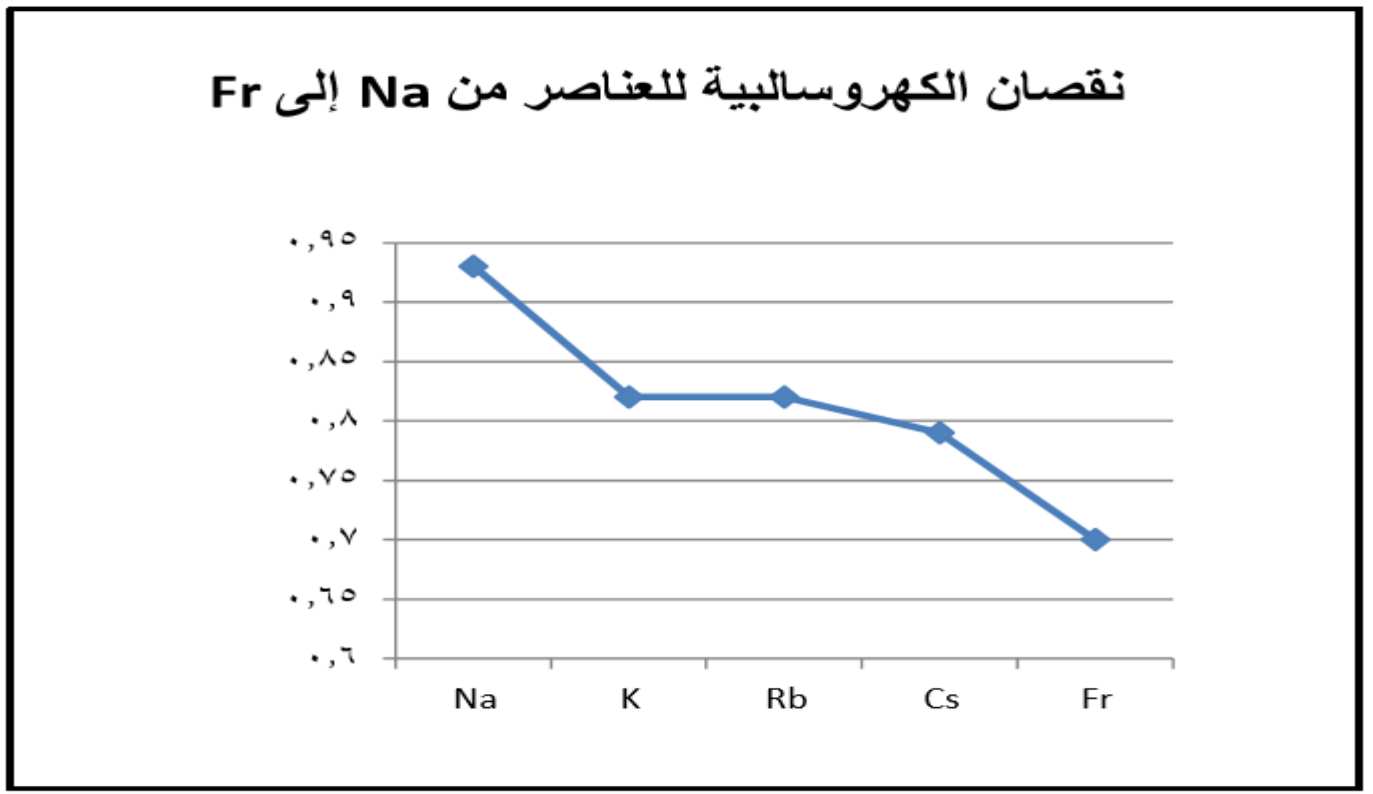
$n_N = (-1) - 2(+1)$

$n_N = -3$

14. الرسم البياني واستعماله تعدُّ الفلزات القلوية عوامل مختزلة قوية. ارسم رسمًا بيانيًّا توضح فيه كيف تزداد أو تقل قابلية الفلزات القلوية للاختزال كلما اتجهنا أسفل المجموعة ابتداءً من الصوديوم حتى الفرانسيوم.

- **بشكل عام، تزداد قدرة العناصر كمواد مختزِلة (يحدث لها أكسدة) كلما توجهنا إلى أسفل المجموعة.**
- **يُمكن الاعتماد على قيم الكهروسالبية للتنبؤ بقدرة العناصر على الاختزال، فكلما قلت الكهروسالبية زادت قدرة العناصر على الاختزال، والعكس.**





وزن معادلات الأكسدة والاختزال

مسائل تدريبية

استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

15. $HCl_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow HClO_{(aq)} + NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$

المعطيات: $HCl_{(aq)} + HNO_{3\,(aq)} \rightarrow HClO_{(aq)} + NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

+1 -2 +2 -2 1 +1-2 +1 +5 -2 +1 -1

$HCl_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow HClO_{(aq)} + NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$

ملاحظة: كهروسالبية الأكسجين أعلى من كهروسالبية الكلور، و بالتالي عدد تأكسد الأكسجين= 2-، و من ثم عدد تأكسد الكلور= 1+ في مركب HClO.

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت:

H لم تتغير Cl تأكسد N اختُزل O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

تأكسد الكلور، لأنه فقد إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد $Cl = 2+$

اختُزل النيتروجين، لأنه اكتسب ٣ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد $N = 3-$

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (3)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ٦.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ Cl هو $2+$، فإنه يجب إضافة المعامل ٣ إلى الوزن، وهذا المعامل ينطبق على كل من HCl و $HClO$. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ N هو $3-$، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى الوزن، وهذا المعامل ينطبق على كل من HNO_3 وNO.

$$3HCl_{(aq)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow 3HClO_{(aq)} + 2NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

المعادلة موزونة.

16. $SnCl_{4(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow SnCl_{2(s)} + FeCl_{3(aq)}$

المعطيات: $SnCl_{4(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow SnCl_{2(s)} + FeCl_{3(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+4\ \ -1}{SnCl_{4(aq)}} + \overset{0}{Fe_{(s)}} \rightarrow \overset{+2\ \ -1}{SnCl_{2(s)}} + \overset{+3\ \ -1}{FeCl_{3(aq)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

Sn اختُزل Fe تأكسد Cl لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

تأكسد الحديد، لأنه فقد ٣ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد Fe = +3

اختُزل Sn ، لأنه اكتسب إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد Sn = -2

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة و ذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٣) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (٢)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ٦.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ Fe هو 3+، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على كل من Fe و $FeCl_3$. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Sn هو 2-، فإنه يجب إضافة المعامل ٣ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على كل من $SnCl_2$ و$SnCl_4$.

$$3SnCl_{4(aq)} + 2Fe_{(s)} \rightarrow 3SnCl_{2(s)} + 2FeCl_{3(aq)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

المعادلة موزونة.

17. $NH_{3(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

المعطيات: $NH_{3(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{-3\ +1}{NH_{3(g)}} + \overset{+4\ -2}{NO_{2(g)}} \rightarrow \overset{0}{N_{2(g)}} + \overset{+1\ -2}{H_2O_{(l)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

N في NH_3 تأكسد N في NO_2 اختُزل H لم تتغير

O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

N في NH_3 تأكسد، لأنه فقد ٣ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد $N = +3$

N في NO_2 اختُزل، لأنه اكتسب ٤ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد $N = -4$

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة و ذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٣) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (٤)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ١٢.

نلاحظ أن النيتروجين ظهر في المتفاعلات في مركبين مختلفين، حدث لأحدهما أكسدة و للآخر اختزال. بينما ظهر مرة واحدة فقط في النواتج.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ N في NH_3 هو 3+، فإنه يجب إضافة المعامل ٤ إلى الوزن، وهذا المعامل ينطبق على NH_3، أما N_2 فيكون معامله $= \frac{4}{2}$ ؛ لأنه جزيء ثنائي الذرات. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ N في NO_2 هو 4-، فإنه يجب إضافة المعامل ٣ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على NO_2، أما N_2 فيكون معامله $= \frac{3}{2}$ ؛ لأنه جزيء ثنائي الذرات. وبذلك يكون معامل $N_2 = \frac{3+4}{2} = \frac{7}{2}$.

$$4NH_{3(g)} + 3NO_{2(g)} \rightarrow \frac{7}{2} N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

٥. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$4NH_{3(g)} + 3NO_{2(g)} \rightarrow \frac{7}{2} N_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

بضرب طرفي المعادلة × ٢، للحصول على معاملات صحيحة، وبذلك تصبح المعادلة:

$$8NH_{3(g)} + 6NO_{2(g)} \rightarrow 7N_{2(g)} + 12H_2O_{(l)}$$

18. تحفيز $SO_{2(g)} + Br_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$

المعطيات: $SO_{2(g)} + Br_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

+4 -2 0 +1 -2 +1 -1 +1 +6 -2

$$SO_{2(g)} + Br_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

H لم تتغير S تأكسدت Br اختُزلت O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

S تأكسدت ، لأنـها فقدت إالكترونين.

التغير في عدد تأكسد S = 2+

اختُزل البروم، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عدد تأكسد Br = 1-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (١)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ٢.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Br هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى HBr، أما Br_2 فإنه يتم قسمة المعامل على ٢، لأنه الوزن، و هذا المعامل ينطبق جزيء ثنائي الذرات.

$$SO_{2(g)} + Br_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$SO_{2(g)} + Br_{2\,(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$$

مختبر تحليل البيانات

التفكير الناقد

1. **زن** استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلة الكيميائية لتفاعل صاروخ الإسناد.

$$NH_4ClO_{4(s)} + Al_{(s)} \rightarrow$$

$$Al_2O_{3(s)} + HCl_{(g)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

المعطيات:

$$NH_4ClO_{4(s)} + Al_{(s)} \rightarrow Al_2O_{3(g)} + HCl_{(g)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

المطلوب:

١. وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

٢. تحديد أي العناصر تأكسدت وأيها اختزلت.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{-3+1+7-2}{NH_4ClO_{4(s)}} + \overset{0}{Al_{(s)}} \rightarrow \overset{+3-2}{Al_2O_{3(g)}} + \overset{+1-1}{HCl_{(g)}} + \overset{0}{N_{2(g)}} + \overset{+1-2}{H_2O_{(g)}}$$

2. **حدّد** أي العناصر تأكسدت، وأيها اختزلت؟

N تأكسدت Al تأكسدت Cl اختُزلت

3. **استدل** ما مزايا استعمال تفاعل وقود الصواريخ الصلب (solid rocket boosters(SRB في الدقيقتين الأوليين من الإطلاق؟

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

تأكسد النيتروجين، لأنه فقد ٣ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد N = +3

تأكسد الألومنيوم، لأنه فقد ٣ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد Al = +3

اختُزل الكلور، لأنه اكتسب ٨ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد Cl = -8

4. **احسب** ما عدد مولات بخار الماء الناتجة عن تفاعل واحد من (SRB)؟

قبل ضبط المعاملات نجد أن المركب NH_4ClO_4 حدث لأحد أيوناته أكسدة، و أخرى اختزال، حيث فقد النيتروجين ٣ إلكترونات و اكتسب الكلور ٨ إلكترونات، فيكون الإجمالي اكتساب ٥ إلكترونات.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (3) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 15. لما كان التغير في عدد التأكسد لـ Al هو 3+، فإنه يجب إضافة المعامل 5 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على $Al_{(s)}$ أما Al_2O_3 فيكون معاملها $\frac{5}{2}$ لأن Al ثنائي في المركب. و لما كان إجمالي التغير في عدد التأكسد لـ N و Cl هو 5-، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على NH_4ClO_4 و HCl أما N_2 فيكون معامله $\frac{3}{2}$ لأنه جزيء ثنائي الذرات.

$$3NH_4ClO_{4(s)} + 5Al_{(s)} \rightarrow \frac{5}{2}Al_2O_{3\ (g)} + 3HCl_{(g)} + \frac{3}{2}N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

نضرب طرفي المعادلة × ٢ للحصول على معاملات صحيحة.

$$6NH_4ClO_{4(s)} + 10Al_{(s)} \rightarrow 5Al_2O_{3(g)} + 6HCl_{(g)} + 3N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$6NH_4ClO_4\ (s) + 10Al\ (s) \rightarrow 5Al_2O_3(g) + 6HCl(g) + 3N_2(g) + 9H_2O(g)$$

٣. يكتسب المكوك الفضائي ٧٢% تقريبًا من قوة اندفاعه من صواريخ الإطلاق التي تستعمل الوقود الصلب خلال الدقيقتين الأوليين من عملية إطلاق الصاروخ.

٤. من المعادلة السابقة نجد أنه ينتج ٩ مول من بخار الماء في تفاعل واحد.

مسائل تدريبية

استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلات الأيونية الكلية الآتية:

19. (في الوسط الحمضي) $H_2S(g) + NO_3^-\ (aq) \rightarrow S(s) + NO(g)$

المعطيات: (في الوسط الحمضي) $H_2S(g) + NO_3^-\ (aq) \rightarrow S(s) + NO(g)$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+1\ -2}{H_2S_{(g)}} + \overset{+5\ -2}{NO_3^-{}_{(aq)}} \rightarrow \overset{0}{S_{(s)}} + \overset{+2\ -2}{NO_{(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

N اختُزلت S تأكسدت O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

S تأكسدت ، لأنها فقدت إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد $S = +2$

N اختُزل، لأنه اكتسب ٣ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد $N = -3$

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (3)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ٦.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ S هو 2+، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على كل من H_2S و S.و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ N هو 3-، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق NO ،NO_3^-.

$$3H_2S_{(g)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow 3S_{(s)} + 2NO_{(g)}$$

5. إضافة عدد كاف من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء إلى المعادلة لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$3H_2S_{(g)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow 3S_{(s)} + 2NO_{(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

20. $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + I^-{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + I_{2(s)}$ (في الوسط الحمضي)

المعطيات: (في الوسط الحمضي) $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + I^-{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + I_{2(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

+6 -2 -1 +3 0

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + I^-{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + I_{2(s)}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

Cr اختُزلت I تأكسدت O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

I تأكسدت ، لأنها فقدت إلكترون.

التغير في عدد تأكسد I = +1

Cr اختُزل ،لأنه اكتسب 3 إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد Cr = -3

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة و ذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (1) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (3)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 3.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ I هو +1، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على I^-، بينما I_2 يكون معاملها $\frac{3}{2}$ لأنها جزيء ثنائي الذرات.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 3I^-{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + \frac{3}{2}I_{2(s)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية وإضافة عدد كاف من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء إلى المعادلة لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 3I^-{}_{(aq)} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + \frac{3}{2} I_{2(s)} + 7H_2O_{(l)}$$

بضرب طرفي المعادلة × ٢ للحصول على معاملات صحيحة، تصبح المعادلة:

$$2Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6I^-{}_{(aq)} + 28H^+ \rightarrow 4Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3I_{2(s)} + 14H_2O_{(l)}$$

على الرغم من تساوي عدد الذرات من كل نوع على طرفي المعادلة، إلا أننا نجد أن الشحنات غير متساوية على الطرفين، فمجموع الشحنات في الطرف الأيمن = +12، بينما في الطرف الأيسر = +١٨+، لذلك نلجأ إلى زيادة الشحنة السالبة في الطرف الأيسر لتعويض هذا الخلل و يتم ذلك بإضافة I^- ثم إعادة وزن I_2.

$$2Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 12I^-{}_{(aq)} + 28\ H^+ \rightarrow 4Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6I_{2(s)} + 14H_2O_{(l)}$$

21. $Zn_{(s)} + NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + NO_{2\,(g)}$ (في الوسط الحمضي)

المعطيات: (في الوسط الحمضي) $Zn_{(s)} + NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + NO_{2(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{0}{Zn_{(s)}} + \overset{+5\ -2}{NO_3^-{}_{(aq)}} \rightarrow \overset{+2}{Zn^{2+}_{(aq)}} + \overset{+4\ -2}{NO_{2(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

N اختُزلت Zn تأكسدت O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

Zn تأكسدت، لأنها فقدت إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد Zn = +2

N اختُزل، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عدد تأكسد N = -1

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة و ذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (1)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 2.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ N هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على NO_3^- ،NO_2.

$$Zn_{(s)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2NO_{2(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية وإضافة عدد كاف من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء إلى المعادلة لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$Zn_{(s)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

22. تحفيز: (في الوسط القاعدي) $I^-_{(aq)} + MnO_{4\,(aq)}^- \rightarrow I_{2(s)} + MnO_{2(s)}$

المعطيات: (في الوسط القاعدي) $I^-_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + MnO_{2(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{-1}{I^-_{(aq)}} + \overset{+7\ -2}{MnO_4^-{}_{(aq)}} \rightarrow \overset{0}{I_{2\,(s)}} + \overset{+4\ -2}{MnO_{2(s)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

Mn اختُزلت I تأكسدت O لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

I تأكسدت، لأنها فقدت إلكترون.

التغير في عدد تأكسد $I = +1$

Mn اختُزل، لأنه اكتسب 3 إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد $Mn = -3$

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (1) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (3)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 3.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ I هو +1، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، وهذا المعامل ينطبق على I^-، بينما I_2 يكون معامله $\frac{3}{2}$ لأنه جزيء ثنائي الذرات.

$$3I^-_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow \frac{3}{2} I_{2(s)} + MnO_{2(s)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية وإضافة عدد كاف من أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء إلى المعادلة لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$3I^-_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow \frac{3}{2} I_{2(s)} + MnO_{2(s)} + 4OH^-_{(aq)}$$

بضرب طرفي المعادلة × ٢ للحصول على معاملات صحيحة، تصبح المعادلة:

$$6I^-_{(aq)} + 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow 3I_{2(s)} + 2MnO_{2(s)} + 8OH^-_{(aq)}$$

مسائل تدريبية

استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

23. $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + I^-_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}_{(aq)} + I_{2(s)}$ (في الوسط الحمضي)

المعطيات: $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + I^-_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}_{(aq)} + I_{2(s)}$ (في الوسط الحمضي)

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

+6 -2 -1 +3 0

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + I^-{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + I_{2\ (s)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Cr^{3+} \quad \text{(اختزال)}$$

$$I^-{}_{(aq)} \rightarrow I_{2\ (s)} + 1e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، لذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6e^- + 14H^+{}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

$$2I^-{}_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + 2e^-$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6e^- + 14H^+{}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

$$6I^-{}_{(aq)} \rightarrow 3I_{2(s)} + 6e^-$$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 14H^+{}_{(aq)} + 6I^-{}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3I_{2(s)} + 7H_2O_{(l)}$$

24. $Mn^{2+}_{(aq)} + BiO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + Bi^{3+}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

المعطيات:

(في الوسط الحمضي) $Mn^{2+}_{(aq)} + BiO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + Bi^{3+}_{(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+2}{Mn^{2+}}_{(aq)} + \overset{+5\ -2}{BiO_3^-}{}_{(aq)} \rightarrow \overset{+7\ -2}{MnO_4^-}{}_{(aq)} + \overset{+3}{Bi^{3+}}_{(s)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$Mn^{2+}_{(aq)} \rightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^-$ (أكسدة)

$BiO_3^-{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Bi^{3+}_{(s)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، لذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- + 8H^+_{(aq)}$

$BiO_3^-{}_{(aq)} + 2e^- + 6H^+_{(aq)} \rightarrow Bi^{3+}_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$2Mn^{2+}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)} \rightarrow 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 10e^- + 16H^+_{(aq)}$$
$$5BiO_3^-{}_{(aq)} + 10e^- + 30H^+_{(aq)} \rightarrow 5Bi^{3+}_{(s)} + 15H_2O_{(l)}$$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$2Mn^{2+}_{(aq)} + 5BiO_3^-{}_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} \rightarrow 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 5Bi^{3+}_{(s)} + 7H_2O_{(l)}$$

25. تحفيز (في الوسط القاعدي) $N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow NO_2^-{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

المعطيات: (في الوسط القاعدي) $N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow NO_2^-{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

+1 -2 +1 -2 +3 -2 -1

$$N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow NO_2^-{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$N_2O_{(g)} \rightarrow NO_2^-{}_{(aq)} + 2e^-$ (أكسدة)

$ClO^-_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cl^-_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط قاعدي، لذا يمكن إضافة الماء وأيونات الهيدركسيد لوزن ذرات الهيدروجين والأكسجين.

$$N_2O_{(g)} + 6OH^-_{(aq)} \rightarrow 2NO_2^-{}_{(aq)} + 4e^- + 3H_2O_{(l)}$$

$$2ClO^-_{(aq)} + 4e^- + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)}$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

المعادلات موزونة.

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$N_2O_{(g)} + 2ClO^-_{(aq)} + 2OH^- \rightarrow 2NO_2^-{}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

طبق الاستراتيجية

زن المعادلة الآتية مستعملًا المخطط

(في الوسط الحمضي) $P_{4(s)} \rightarrow HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + PH_{3(g)}$

المعطيات: (في الوسط الحمضي) $P_{4(s)} \rightarrow HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + PH_{3(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة مستعملًا المخطط.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

0 +1+3-2 -3 +1

$$P_{4(s)} \rightarrow HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + PH_{3(g)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$P_{4(s)} \rightarrow HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + 3e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$P_{4(s)} + 3e^- \rightarrow PH_{3(g)} \quad \text{(اختزال)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، لذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$P_{4(s)} + 12H_2O_{(l)} \rightarrow 4HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + 12e^- + 20H^+{}_{(aq)}$$

$$P_{4(s)} + 12e^- + 12H^+{}_{(aq)} \rightarrow 4PH_{3(g)}$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

المعادلات موزونة.

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$2P_{4(s)} + 12H_2O_{(l)} \rightarrow 4HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + 4PH_{3(g)} + 8H^+{}_{(aq)}$$

بالقسمة على ٢ للحصول على أبسط نسب عددية للمعاملات:

$$P_{4(s)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 2HPO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2PH_{3(g)} + 4H^+{}_{(aq)}$$

التقويم 2-4

26. الفكرة الرئيسة **فسّر** كيف يرتبط التغير في عدد التأكسد بعمليات الأكسدة والاختزال؟

٢٦ في عمليات الأكسدة تفقد المادة إلكترونات فتقل الشحنة السالبة وتزيد الشحنة الموجبة وبذلك يزداد عدد التأكسد، أما في عمليات الاختزال،تكتسب المادة إلكترونات فتزيد الشحنة السالبة وتقل الشحنة الموجبة وبذلك يقل عدد التأكسد.

27. صف لماذا يُعدّ من المهم معرفة الظروف التي يتم فيها تفاعل الأكسدة والاختزال في المحلول المائي بهدف وزن معادلة التفاعل؟

٢٧ لمعرفة نوع الأيونات اللازم إضافتها بهدف وزن التفاعل، ففي الوسط الحامضي، يتم إضافة أيونات H^+، أما في الوسط القاعدي يتم إضافة أيونات OH^-.

28. فسّر خطوات طريقة عدد التأكسد لوزن المعادلة.

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.
٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.
٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.
٤. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.
٥. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية إذا كان ذلك ضروريًا.

29. **حدّد** ماذا يوضح نصف تفاعل التأكسد؟ وماذا يوضح نصف تفاعل الاختزال؟

نصف تفاعل الأكسدة يوضح المادة التي تأكسدت، وعدد الإلكترونات التي فقدتها.
أما نصف تفاعل الإختزال فإنه يوضح المادة التي اختُزلت، وعدد الإلكترونات التي اكتسبتها.

30. **اكتب** نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال لتفاعل الأكسدة والاختزال الآتي: $Pb_{(s)} + Pd(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Pb(NO_3)_{2(aq)} + Pd_{(s)}$

نصف تفاعل الأكسدة: $Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $Pd^{2+} + 2e^- \rightarrow Pd$

31. حدّد إذا كان نصف تفاعل الأكسدة هو $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ ونصف تفاعل الاختزال هو $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$، فما أقل عدد من أيونات القصدير II وأيونات الذهب III يمكن أن تتفاعل حتى لا يتبقى إلكترونات؟

المعطيات:

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$$

$$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$$

المطلوب: أقل عدد من أيونات القصدير II وأيونات الذهب III التي يمكن أن تتفاعل بحيث لا يبقى إلكترونات.

الحل:

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (٣).

المضاعف المشترك الأصغر لِـ ٢،٣ هو ٦، و بالضرب التبادلي نحصل على وزن نصفي التفاعل، حيث يكون عدد كل من الإلكترونات المفقودة و المكتسبة = ٦.

$$3Sn^{2+} \rightarrow 3Sn^{4+} + 6e^-$$

$$2Au^{3+} + 6e^- \rightarrow 2Au$$

وبذلك يكون أقل عدد من أيونات القصدير II = ٣، و أقل عدد من أيونات الذهب III = ٢، حتى لا يتبقى إلكترونات.

32. طبق زن المعادلات الآتية:

a. $HClO_{3(aq)} \rightarrow ClO_{2(g)} + HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$

b. $H_2SeO_{3(aq)} + HClO_{3(aq)} \rightarrow H_2SeO_{4(aq)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

c. $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + Fe^{3+}{}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

a.

المعطيات: $HClO_{3(aq)} \rightarrow ClO_{2(g)} + HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$

المطلوب: وزن المعادلة.

الحل:

باستخدام طريقة أعداد التأكسد

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+1\ +5\ -2}{HClO_{3(aq)}} \rightarrow \overset{+4\ -2}{ClO_{2(g)}} + \overset{+1\ +7\ -2}{HClO_{4(aq)}} + \overset{+1\ -2}{H_2O_{(l)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Cl في المركب $HClO_4$: أكسدة.

Cl في المركب ClO_2: اختزال.

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت .

Cl في $HClO_4$ مُتأكسِدة لأنها فقدت إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد Cl = +2

Cl في ClO_2 مُختزلة لأنها اكتسبت إلكترون.

التغير في عدد تأكسد Cl = 1-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (١)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ٢.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Cl في ClO_2 هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على ClO_2 و$HClO_3$. ولما كان التغير في عدد التأكسد للـ Cl في $HClO_4$ هو 2+، فإنه يجب إضافة المعامل 1 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على $HClO_4$ و$HClO_3$ أيضًا، وبذلك يكون معامل $HClO_3$ = (١+٢) = ٣.

$$3HClO_{3(aq)} \rightarrow 2ClO_{2(g)} + HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

٥. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

المعادلة موزونة.

.b

المعطيات: $H_2SeO_{3(aq)} + HClO_{3(aq)} \rightarrow H_2SeO_{4(aq)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

المطلوب: وزن المعادلة.

الحل:

باستخدام طريقة أعداد التأكسد

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة:

+1 +4 -2 +1 +5 -2 +1 +6 -2 0 +1 -2

$$H_2SeO_{3(aq)} + HClO_{3(aq)} \rightarrow H_2SeO_{4(aq)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Cl اختُزلت Se تأكسدت

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

تأكسد Se، لأنه فقد إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد Se = +2

اختُزل Cl ، لأنه اكتسب ٥ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد Cl = -5

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة:

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5)، و يمكن أن يتم ذلك بالضرب التبادلي، حيث يصبح عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة والمفقودة = ١٠. لما كان التغير في عدد التأكسد لـ Se هو 2+، فإنه يجب إضافة المعامل 5 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على كل من H_2SeO_3 و H_2SeO_4. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Cl هو 5-، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على HCO_3، أما Cl_2 يكون معاملها $= \frac{2}{2} =$ ١ لأنه جزيء ثنائي الذرات.

$$5H_2SeO_{3(aq)} + 2HClO_{3(aq)} \rightarrow 5H_2SeO_{4(aq)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

5.وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

المعادلة موزونة.

c.

المعطيات:

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + Fe^{3+}{}_{(aq)}$$ (في الوسط الحمضي)

المطلوب: وزن المعادلة.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+6}{Cr_2O_7^{2-}}_{(aq)} + \overset{+2}{Fe^{2+}}_{(aq)} \rightarrow \overset{+3}{Cr^{3+}}_{(aq)} + \overset{+3}{Fe^{3+}}_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Cr^{3+} \quad \text{(اختزال)}$$

$$Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}{}_{(aq)} + 1e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6e^- + 14H^+{}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O_{(l)}$$

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

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6e^- + 14H^+{}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

$$6Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow 6Fe^{3+}{}_{(aq)} + 6e^-$$

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6Fe^{2+}{}_{(aq)} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6Fe^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O$$

مختبر الكيمياء

سؤال كيف يمكن استخدام سلسلة تفاعلات كيميائية في تحديد طبيعة الشيء الذي يؤدي إلى تلويث مصدر المياه؟

كل تفاعل يؤدي إلى نتيجة ما، اختلاف النتائج يؤدي إلى تحديد طبيعة الشيء الذي يُلوث الماء، فعند اختبار عينة من هذا الماء باستعمال عدة محاليل منها ما يؤدي إلى تكوين راسب بلون معين، أو تغير في لون المحلول، أو تصاعد غاز، أو عدم حدوث تفاعل، كل هذه الدلائل تساعد على تحديد مكونات العينة.

التحليل والاستنتاج

1. لخص النتائج التي لاحظتها في كل فجوة. كيف عرفت بحدوث تفاعل كيميائي؟

الملاحظات				
	$AgNO_3$	HCl	$ZnSO_4$	محلول مجهول
Cu	يتكون راسب، ويتحول المحلول إلى الأزرق.	لا تفاعل.	لا تفاعل.	
Pb	يتكون راسب.	تتصاعد فقاعات من المحلول، ويتكون راسب أبيض.	لا تفاعل.	
Fe	يتكون راسب.	تتصاعد فقاعات من المحلول، ويتحول المحلول إلى اللون الأخضر الفاتح.	لا تفاعل.	
Mg	يتكون راسب.	تتصاعد فقاعات من المحلول.	يتكون راسب أبيض.	

2. **اعمـل نموذجًا** اكتـب معادلة تفاعـل موزونة لكل تفاعل شـاهدته، وحدد في كل معادلةٍ الموادَّ التي تأكسدت والمواد التي اختزلت.

0 +1 +5 -2 +2 +5 -2 0

1- $Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$

(Cu تأكسد، وAg اختُزل)

0 +1 +5 -2 +2 +5 -2 0

$$2\text{- } Pb_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

(Pb تأكسد، وAg اختُزل)

0 +1 +5 -2 +2 +5 -2 0

$$3\text{- } Fe_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

(Fe تأكسد، وAg اختُزل)

0 +1 +5 -2 +2 +5 -2 0

$$4\text{- } Mg_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Mg(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

(Mg تأكسد، وAg اختُزل)

0 +1 -1 +2 -1 0

$$5\text{- } Pb_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + H_{2(g)}$$

(Pb تأكسد، وH اختُزل)

$$\overset{0}{Fe}_{(s)} + 2\overset{+1\ -1}{HCl}_{(aq)} \rightarrow \overset{+2\ -1}{FeCl_2}_{(aq)} + \overset{0}{H_2}_{(g)}$$

6- (Fe تأكسد، و H اختُزل)

$$\overset{0}{Mg}_{(s)} + 2\overset{+1\ -1}{HCl}_{(aq)} \rightarrow \overset{+2\ -1}{MgCl_2}_{(aq)} + \overset{0}{H_2}_{(g)}$$

7- (Mg تأكسد، وH اختُزل)

$$\overset{0}{Mg}_{(s)} + \overset{+2\ +6\ -2}{ZnSO_4}_{(aq)} \rightarrow \overset{+2\ +6\ -2}{MgSO_4}_{(aq)} + \overset{0}{Zn}_{(s)}$$

8- (Mg تأكسد، وZn اختُزل)

3. استنتج استنادًا لبياناتك، أي المحاليل أكثر تلويثًا للمياه؟ فسر إجابتك.

٣. $AgNO_3$؛ لأنه أكثر المحاليل نشاطًا وتفاعلًا مع العناصر، و بالتالي فهو يؤدي إلى تكون مُلوثات إضافية.

4. استخدم المتغيرات والثوابت والضوابط لماذا كان مهمًّا مقارنة التفاعلات للمحلول المجهول مع أكثر من محلول معروف واحد؟

٤. بسبب تشابه النتائج في بعض الحالات، والذي يؤدي إلى أكثر من احتمال، فالمقارنة بعدة محاليل يؤدي إلى تحديد مكونات المحلول المجهول بشكل أكثر دقة، حيث يُستدل على المكونات بلون المحلول الناتج، أو نوع الراسب، أو الغاز المتصاعد، أو عدم حدوث تفاعل.

6. توسع ماذا تتوقع إذا كان محلول نترات الرصاص II $Pb(NO_3)_2$ أحد المحاليل المستعملة؟

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow (NR)$$

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow (NR)$$

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + Pb_{(s)}$$

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + Mg_{(s)} \rightarrow Mg(NO_3)_{2(aq)} + Pb_{(s)}$$

نجد أن محلول نترات الرصاص يتفاعل مع الـ Fe، والـMg.

7. تحليل الخطأ قارن إجابتك بإجابات الطلبة الآخرين في المختبر. فسِّر وجود أي من الفروق.

٧. متروك للطالب.

بعض مصادر الخطأ والتي قد تؤدي إلى حدوث فروقات:

- **عدم جودة المواد والأدوات المُستعملة.**
- **الخلط بين العينات.**

الاستقصاء

صمّم تجربة ضع فرضية حول الطريقة التي يمكنك بها إزالة الكيماويات من مصادر المياه دون إلحاق أذًى إضافي بالبيئة والمنطقة المحيطة بها، ثم صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.

يُمكن إنشاء محطة يمر عليها الماء المحتوي على الكيماويات لمعالجتها، فإذا كانت هذه الكيماويات صلبة يتم فصلها بالترشيح، وإذا كانت ذائبة نعمل على ترسيبها حيث يتم إضافة كيماويات أخرى إليها بشرط أن تكون نتيجة التفاعل بينهما مواد آمنة بيئيًا، أو رواسب يمكن التخلص منها بالترشيح. مع العلم أنه في بعض المُلوثات يتم عمل سلسلة من التفاعلات للحصول في النهاية على مواد آمنة.

مثال:

نفترض أن الـ HCl هو المُلوِث المراد التخلص منه.

المطلوب:

البحث عن مادة تستطيع التفاعل معه بحيث تكون النتيجة مادة آمنة بيئيًا.

الحل: إضافة NaOH بالتركيز المناسب لمعادلة الحمض.

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

المادة الناتجة من هذا التفاعل هي كلوريد الصوديوم، و هي آمنة بيئيًا، حتى لو افترضنا أن وجودها بتركيز مرتفع يسبب ضرر للكائنات فإنه يمكن تخفيفها بالماء إلى الحد المناسب.

التجربة:

نقوم بتحضيرعينة من الماء تحتوي على 0.1 M من HCl (مُلوِّث ذائب)، و نضع بها برادة نحاس (مُلوث صلب)، و هذه هي العينة المراد معالجتها.

المعالجة:

- نفصل برادة النحاس باستخدام ورقة ترشيح.
- بعد الانتهاء من الترشيح نبدأ بإضافة محلول 0.1 M من NaOH بغرض معادلة الحمض.

التقويم

إتقان المفاهيم

33. ما أهم خواص تفاعلات الأكسدة والاختزال؟

- **تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى.**
- **الأكسدة: فقد الإلكترونات، بينما الإختزال: اكتساب الإلكترونات.**
- **تُسمى المادة التي تستقبل الإلكترونات مادة مُؤكسِدة (يحدث لها اختزال)، بينما تسمى المادة المانحة للإلكترونات مادة مختزِلة (يحدث لها أكسدة).**
- **الأكسدة و الاختزال تفاعلان مترافقان، عند حدوث أحدهما لابد من حدوث الآخر.**

34. فسر، لماذا لا تتضمن جميع تفاعلات الأكسدة الأكسجين؟

٣٤. الأكسجين مادة مُؤكسِدة قوية، ولكن ليس كل تفاعل أكسدة لابد أن يتم عن طريق الأكسجين، لأن الأكسدة الآن تعرّف على أنها فقد ذرات المادة للإلكترونات.

35. مـاذا يحـدث للإلكترونات في الـذرة عندما تتأكسـد، أو تختزل؟

٣٥. عند التأكسد تُفقد الإلكترونات (تقل)، وعند الاختزال تُكتسب الإلكترونات (تزيد).

36. عرّف عدد التأكسد.

٣٦. عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها الذرة أو الأيون في تفاعلات الأكسدة و الاختزال.

37. مـا عدد التأكسـد لـكل مـن الفلـزات القلويـة الأرضية والفلزات القلوية في مركباتها؟

٣٧. غالبًا يكون عدد تأكسد الفلزات القلوية = 1+، بينما عدد تأكسد الفلزات القلوية الأرضية = 2+.

38. كيـف يرتبط عـدد التأكسـد في عمليـات التأكسـد بعدد الإلكترونـات المفقـودة؟ وكيف يرتبط عدد التأكسـد في عمليات الاختزال بعدد الإلكترونات المكتسبة؟

في الأكسدة: عدد التأكسد = + (عدد الإلكترونات المفقودة).
في الاختزال: عدد التأكسد = - (عدد الإلكترونات المُكتسبة).

39. ما سبب الاختلاف في أشكال خراطة النحاس الموضحة في **الشكل 9–4**؟

a. حدث أكسدة للنحاس.

b. خراطة نحاس لم تتأكسد.

40. النحاس والهواء تبدأ أواني النحاس في الظهور بلون أخضر بعد تعرضها للهواء. ويتفاعل فلز النحاس في عملية الأكسدة هذه مع الأكسجين لتكوين أكسيد النحاس الصلب، والذي يكوّن الغطاء الأخضر. اكتب تفاعل الأكسدة والاختزال، وعرّف ما الذي تأكسد، وما الذي اختزل في هذه العملية.

$$\overset{0}{2Cu_{(s)}} + \overset{0}{O_{2(g)}} \rightarrow \overset{+2\ -2}{2CuO_{(s)}}$$

(Cu تأكسد، O اختُزل)

41. حـدّد المواد التي تأكسـدت والتي اختزلـت في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $2Br_{2(l)} + 2Ga_{(s)} \rightarrow 2GaBr_{3(s)}$

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

c. $3Mg_{(s)} + N_{2\,(g)} \rightarrow Mg_3N_{2(s)}$

a.

$$\overset{0}{2Br_{2(l)}} + \overset{0}{2Ga_{(s)}} \rightarrow \overset{+3\ -1}{2GaBr_{3(s)}}$$

(Ga تأكسد، Br اختُزل)

b.

$$\overset{+1\ -1}{2HCl_{(aq)}} + \overset{0}{Zn_{(s)}} \rightarrow \overset{+2\ -1}{ZnCl_{2(g)}} + \overset{0}{H_{2(s)}}$$

(Zn تأكسد، H اختُزل)

c.

$$\overset{0}{3Mg_{(s)}} + \overset{0}{N_{2(g)}} \rightarrow \overset{+2\ -3}{Mg_3N_{2(s)}}$$

(Mg تأكسد، N اختُزل)

42. حـدّد العامـل المؤكسـد والعامـل المختـزل في كل مـن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $N_{2\,(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

b. $2Na_{(s)} + I_{2(s)} \rightarrow 2NaI_{(s)}$

a.

$$\overset{0}{N_{2(g)}} + 3\overset{0}{H_{2(g)}} \rightarrow 2\overset{-3\ +1}{NH_{3(g)}}$$

في المركب التساهمي تُعامل الذرات ذات السالبية الكهربية العالية كما لو أنها اختزلت، في حين تعامل الذرات ذات الكهروسالبية المنخفضة كما لو أنها تأكسدت و بذلك يكون:

العامل المؤكسد هو N(حدث له اختزال).

العامل المختزل هوH(حدث له أكسدة).

b.

$$\overset{0}{2Na_{(s)}} + \overset{0}{I_{2(s)}} \rightarrow \overset{+1\ -1}{3NaI_{(s)}}$$

العامل المؤكسد هو I (حدث له اختزال).

العامل المختزل هوNa(حدث له أكسدة).

43. ما العامل المختزل في المعادلة الموزونة الآتية؟

$$8H^{+}_{(aq)} + Sn_{(s)} + 6Cl^{-}_{(aq)} + 4NO_3^{-}{}_{(aq)} \rightarrow SnCl_6^{-2}{}_{(aq)} + 4NO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

بعد إهمال الأيونات المتفرجة تصبح المعادلة:

$$\overset{+1}{8H^{+}_{(aq)}} + \overset{0}{Sn_{(s)}} + \overset{-1}{6Cl^{-}_{(aq)}} + \overset{+5\ -2}{4NO_3^{-}{}_{(aq)}} \rightarrow \overset{+4\ -1}{SnCl_6^{2-}{}_{(aq)}} + \overset{+4\ -2}{4NO_{2(g)}} + \overset{+1\ -2}{4H_2O_{(l)}}$$

العامل المختزل هو: Sn (تأكسد، فقد ٤ إلكترونات).

44. ما عدد التأكسد للمنجنيز في $KMnO_4$؟

المعطيات: $KMnO_4$

المطلوب: حساب عدد التأكسد للـ Mn

الحل:

$n_K = +1$

$n_O = -2$.

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_K) + (n_{Mn}) + 4(n_O) = 0$$

$$(+1) + (n_{Mn}) + 4(-2) = 0$$

$$n_{Mn} = -4(-2) - (+1)$$

$$n_{Mn} = +7$$

45. حدّد عدد التأكسد للعنصر الظاهر باللون الداكن في المواد والأيونات الآتية:

a. $CaCrO_4$ **c.** NO_2^-

b. $NaHSO_4$ **d.** BrO_3^-

a.

المعطيات: $CaCrO_4$

المطلوب: $n_{Cr} = ?$

الحل:

الحل:

$n_{Ca} = +2$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

$$(n_{Ca}) + (n_{Cr}) + 4(n_O) = 0$$

$$(+2) + (n_{Cr}) + 4(-2) = 0$$

$$n_{Cr} = -4(-2) - (+2)$$

$$n_{Cr} = +6$$

.b

المعطيات: $NaHSO_4$

المطلوب: $n_S = ?$

الحل:

$n_{Na} = +1$

$n_H = +1$

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر

$$(n_{Na}) + (n_H) + (n_s) + 4(n_O) = 0$$

$$(+1) + (+1) + (n_s) + 4(-2) = 0$$

$$n_S = -4(-2) - (+1) - (+1)$$

$$n_S = +6$$

c.

المعطيات: NO_2^-

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$$(n_N) + 2(n_O) = -1$$
$$(n_N) + 2(-2) = -1$$
$$n_N = (-1) - 2(-2)$$
$$n_N = +3$$

d.

المعطيات: BrO_3^-

المطلوب: $n_{Br} = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$$(n_{Br}) + 3(n_O) = -1$$
$$(n_{Br}) + 3(-2) = -1$$
$$n_{Br} = (-1) - 3(-2)$$
$$n_{Br} = +5$$

46. حدّد أي أنصاف التفاعلات الآتية أكسدة، وأيها اختزال؟

a. $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

b. $Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu^{+}_{(aq)}$

a. أكسدة (فقد للإلكترونات).

b. اختزال (اكتساب للإلكترونات).

47. أي المعادلات الآتية لا تمثل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسر إجابتك.

a. $LiOH_{(s)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow LiNO_{3\,(s)} + H_2O_{\,(l)}$

b. $MgI_{2\,(s)} + Br_{2\,(l)} \rightarrow MgBr_{2\,(s)} + I_{2\,(s)}$

a.

+1 -2 +1 +1 +5 -2 +1 +5 -2 +1 -2

$$LiOH_{(s)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow LiNO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

لم يحدث تغير في عدد تأكسد أي من أيونات هذه المعادلة، و لذلك لا يُعتبر هذا التفاعل تفاعل أكسدة واختزال.

b.

+2 -1 0 +2 -1 0

$$MgI_{2(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow MgBr_{2(s)} + I_{2(s)}$$

تفاعل أكسدة واختزال، حيث حدث أكسدة لليود واختزال للبروم.

48. حـدّد عدد التأكسـد للنيتروجـين في كل مـن الجزيئات أو الأيونات الآتية:

a. NO_3^- **b.** N_2O **c.** NF_3

a.

المعطيات: NO^-_3

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_N) + 3(n_O) = -1$

$(n_N) + 3(-2) = -1$

$n_N = -1 + 6$

$n_N = +5$

b.

المعطيات: N_2O

المطلوب: $n_N = ?$

الحل:

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

$$2(n_N) + (n_O) = 0$$
$$2(n_N) + (-2) = 0$$
$$2(n_N) = - (-2)$$
$$n_N = +1$$

.c

المعطيات: NF_3

المطلوب: n_N =?

الحل:

$n_F = -1$

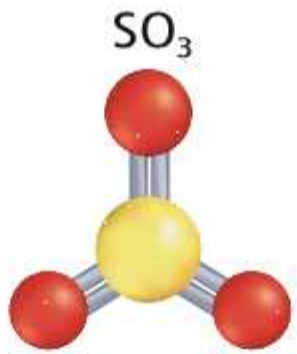
مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

$$(n_N) + 3(n_F) = 0$$
$$(n_N) + 3(-1) = 0$$
$$n_N = - 3(-1)$$
$$n_N = +3$$

49. حدّد أعداد التأكسد لكل عنصر في المركبات أو الأيونات الآتية:

a. $Au_2(SeO_4)_3$ سيلينات الذهب III

b. $Ni(CN)_2$ سيانيد النيكل II



الشكل 10–4

a.

$n_{Au} = +3$

SeO_4^{-2}

$n_O = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_{Se}) + 4(n_O) = -2$

$(n_{Se}) + 4(-2) = -2$

$n_{Se} = -2 + 8$

$n_{Se} = +6$

.b

$n_{Ni} = +2$

CN^-

$n_N = -3$ (العنصر الأكثر كهروسالبية)

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$(n_C) + (n_N) = -1$

$(n_C) + (-3) = -1$

$n_C = -1 + 3$

$n_C = +2$

50. فسّر كيف يختلف أيون الكبريتيت SO_3^{2-} عن ثالث أكسيد الكبريت SO_3، الموضح في **الشكل 10–4**؟

٥٠. في ثالث أكسيد الكبريت ترتبط ذرة الكبريت بثلاث ذرات أكسجين، كل رابطة تكون ثنائية، وبذلك يكون المركب متعادل لا يحمل شحنات. بينما في أيون الكبريتيت ترتبط ذرة الكبريت بثلاث ذرات أكسجين أيضًا ولكن أحد هذه الروابط ثنائية والرابطتين الأخريين أحاديتين بحيث تظهر شحنتين سالبتين على الأيون.

إتقان المفاهيم

51. قارن بين معادلة الأكسدة والاختزال الموزونة في الوسط الحمضي والوسط القاعدي.

٥١. تُضاف أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن معادلات التفاعلات في الوسط الحمضي، بينما تُضاف أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء لوزن المعادلات في الوسط القاعدي.

52. فسر لماذا تعد كتابة أيون الهيدروجين على هيئة H^+ في تفاعلات الأكسدة والاختزال تبسيطًا للواقع.

٥٢. اتفق الكيميائيون على وجود أيونات الهيدروجين بصورة H_3O^+ في الواقع، لذلك تُعتبر كتابتها بهذه الصورة H^+ تبسيطًا للواقع.

53. لماذا يتعين عليك قبل أن تبدأ بوزن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال معرفة ما إذا كان التفاعل يحدث في وسط حمضي أو قاعدي؟

٥٣. لمعرفة نوع الأيونات المفترض إضافتها لوزن المعادلة، ففي المحلول الحمضي يتم إضافة أيونات الهيدروجين بالإضافة إلى جزيئات الماء، بينما في المحلول القاعدي يتم إضافة أيونات الهيدروكسيد بالإضافة إلى جزيئات الماء.

54. فسّر ما الأيون المتفرج؟ **أيون لا يشارك في التفاعل.**

55. عرّف مصطلح أنواع المواد بدلالة تفاعلات الأكسدة والاختزال.

٥٥. هناك نوعان من المواد في تفاعلات الأكسدة والاختزال: مواد قادرة على منح الإلكترونات (عوامل مختزلة) لمواد قريبة منها، ومواد لها قدرة على كسب هذه الإلكترونات (عوامل مؤكسدة).

56. هل المعادلة الآتية موزونة؟ فسر إجابتك.

$$Fe_{(s)} + Ag^{+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Ag_{(s)}$$

٥٦. غير موزونة؛ لأن عدد الإلكترونات المفقودة لا يُساوي عدد الإلكترونات المُكتسبة.

57. هل المعادلة الآتية تمثل عملية أكسدة أم عملية اختزال؟

فسّر إجابتك.

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

اختزال؛ لأن الخارصين اكتسب إلكترونات.

58. صف ما يحدث للإلكترونات في كل نصف تفاعل من عملية الأكسدة والاختزال.

تُفقد الإلكترونات في عملية الأكسدة، بينما تُكتسب في عملية الاختزال.

إتقان حل المسائل

59. استعمل طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $Cl_{2\,(g)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(s)} + HOCl_{(aq)}$

b. $HBrO_{3\,(g)} \rightarrow Br_{2\,(l)} + H_2O_{(l)} + O_{2\,(g)}$

a.

المعطيات: $Cl_{2(g)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(s)} + HOCl_{(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{0}{Cl_{2(g)}} + \overset{+1\ -2\ +1}{NaOH_{(aq)}} \rightarrow \overset{+1\ -1}{NaCl_{(s)}} + \overset{+1\ -2\ +1}{HOCl_{(g)}}$$

ملاحظة: كهروسالبية الأكسجين أعلى من كهروسالبية الكلور، و بالتالي عدد تأكسد الأكسجين= 2-، و عدد تأكسد الكلور= 1+ في مركب HOCl.

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

Cl تأكسدت في HOCl Cl اختُزلت في NaCl Na لم تتغير O لم

تتغير H لم تتغير

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

تأكسد الكلور في HOCl ، لأنه فقد إالكترون.

التغير في عدد التأكسد = +1

اختزل الكلور في NaCl، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عددالتأكسد = -1

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة. بالفعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي.

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$Cl_{2(g)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(s)} + HOCl_{(g)}$$

المعادلة موزونة.

.b

المعطيات: $HBrO_{3(g)} \rightarrow Br_{2(l)} + H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+1\ +5\ -2}{HBrO_{3(g)}} \rightarrow \overset{0}{Br_{2(l)}} + \overset{+1\ -2}{H_2O_{(l)}} + \overset{0}{O_{2(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت و الذرات التي اختُزلت.

H لم تتغير O تأكسدت إلى O_2 Br اختُزل O لم تتغيرفي H_2O

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

O تأكسدت إلى O_2، لأنها فقد إالكترونين.

التغير في عدد تأكسد $O = +2$

Br اختُزل، لأنه اكتسب ٥ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد $Br = -5$

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة: ضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (٢) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5)، و يمكن أن يتم ذلك بالضرب التبادلي، حيث يصبح عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ١٠. لما كان التغير في عدد التأكسد لـ O هو 2+، فإنه يجب إضافة المعامل 5 إلى الوزن، وبذلك يصبح معامل O_2 هو $\frac{5}{2}$ لأنه جزيء ثنائي الذرات، ولا نُضيف المعامل إلى

$HBrO_3$ لأن جزء فقط من أيونات الأكسجين تأكسدت. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Br هو 5-، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى الوزن، وبذلك يكون معامل $HBrO_3$ هو ٢ لوجود ذرة واحدة بروم في المركب، ويصبح معامل Br_2 هو $\frac{2}{2}$ أي ١ لأنه جزيء ثنائي الذرات.

$$2HBrO_{3(g)} \rightarrow Br_{2(l)} + H_2O_{(l)} + \frac{5}{2} O_{2(g)}$$

بضرب طرفي المعادلة × ٢ للحصول على معاملات صحيحة تصبح المعادلة:

$$4HBrO_{3(g)} \rightarrow 2Br_{2(l)} + 2H_2O_{(l)} + 5O_{2(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية:

المعادلة موزونة.

60. زن المعادلات الأيونية الكلية لتفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $Au^{3+}_{(aq)} + I^-_{(aq)} \rightarrow Au_{(s)} + I_{2(s)}$

b. $Ce^{4+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)} + Sn^{4+}_{(aq)}$

.a

المعطيات: $Au^{3+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)} \rightarrow Au_{(s)} + I_{2(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$Au^{3+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)} \rightarrow Au_{(s)} + I_{2(s)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightarrow Au_{(s)}$ (اختزال)

$I^{-}_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + 1e^{-}$ (أكسدة)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل

$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightarrow Au_{(s)}$

$2I^{-}_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + 2e^{-}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$2Au_3^{+}{}_{(aq)} + 6e^{-} \rightarrow 2Au_{(s)}$

$6I^{-}_{(aq)} \rightarrow 3I_{2(s)} + 6e^{-}$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$2Au_3^{+}{}_{(aq)} + 6I^{-}_{(aq)} \rightarrow 2Au_{(s)} + 3I_{2(s)}$

.b

المعطيات: $Ce^{4+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)} + Sn^{4+}_{(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$Ce^{4+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)} + Sn^{4+}_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$Ce^{4+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)}$ (اختزال)

$Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + 2e^-$ (أكسدة)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل

$Ce^{4+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)}$

$Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + 2e^-$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$2Ce^{4+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Ce^{3+}_{(aq)}$

$Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + 2e^-$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$2Ce^{4+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Ce^{3+}_{(aq)} + Sn^{4+}_{(aq)}$$

61. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية:

a. $Al + I_2 \rightarrow Al^{3+} + I^-$

b. $MnO_2 + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (في الوسط الحمضي)

a.

المعطيات: $Al + I_2 \rightarrow Al^{3+} + I^-$

المطلوب: وزن المعادلة باستخدام طريقة أعداد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{0}{Al} + \overset{0}{I_2} \rightarrow \overset{+3}{Al^{3+}} + \overset{-1}{I^-}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

I اختُزلت Al تأكسدت

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Al تأكسدت، لأنها فقد 3 إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد Al = +3

I اختُزلت، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عدد تأكسد I = -1

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (3) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (1)، و يمكن أن يتم ذلك بالضرب التبادلي.
لما كان التغير في عدد التأكسد للـ I هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على I^- ، أما I_2 يكون معاملها $= \frac{3}{2}$ لأنه جزيء ثنائي الذرات.

$$Al + \frac{3}{2}I_2 \rightarrow Al^{3+} + 3I^-$$

بضرب طرفي المعادلة × ٢ للحصول على معاملات صحيحة، تصبح المعادلة:

$$2Al + 3I_2 \rightarrow 2Al^{3+} + 6I^-$$

5.وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.
المعادلة موزونة.

.b

المعطيات: $MnO_2 + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (في الوسط الحمضي)
المطلوب: وزن المعادلة باستخدام طريقة أعداد التأكسد.
الحل:
١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+4}{Mn}O_2 + \overset{-1}{Br^-} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}} + \overset{0}{Br_2}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.
Mn اختُزلت Br تأكسدت

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت.

Br تأكسدت، لأنها فقد إلكترون.

التغير في عدد تأكسد Br = 1+

Mn اختُزلت، لأنها اكتسب إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد I = 2-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (1) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (2)، و يمكن أن يتم ذلك بالضرب التبادلي.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Br هو 1+، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى Br^- ، أما Br_2 يكون معاملها $= \frac{2}{2}$ أي ١ لأنه جزيء ثنائي الذرات.

$$MnO_2 + 2Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$$

5.وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

الوسط حمضي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين والماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$MnO_2 + 2Br^- + 4H^+ \rightarrow Mn^{2+} + Br_2 + 2H_2O$$

62. استعمل طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $PbS_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + SO_{2\,(g)}$

b. $NaWO_{3(s)} + NaOH_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow Na_2WO_4 + H_2O_{(g)}$

c. $NH_{3\,(g)} + CuO_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + N_{2\,(g)} + H_2O_{\,(g)}$

d. $Al_2O_{3\,(s)} + C_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow AlCl_{3\,(s)} + CO_{(g)}$

الشكل 11–4

a.

المعطيات: $PbS_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + SO_{2(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة باستخدام طريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+2\ -2}{PbS_{(s)}} + \overset{0}{O_{2\,(g)}} \rightarrow \overset{+2\ -2}{PbO_{(s)}} + \overset{+4\ -2}{SO_{2(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

O اختُزلت S تأكسدت

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

S تأكسدت، لأنها فقد ٦ إلكترونات.

التغير في عدد تأكسد S = 6+

O اختُزلت، لأنها اكتسبت إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد O = 2-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (6) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (2)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = ١٢. نلاحظ هنا أن الأكسجين المختَزَل ظهر في مركبين، أحدهما يحتوي على الكبريت المُؤكسد، و لذلك نبدأ بوزن S أولًا. لما كان التغير في عدد التأكسد للـ S هو 6+، فإنه يجب إضافة المعامل ٢ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على SO_2 ،PbS. ولما كان التغير في عدد التأكسد للـ O هو 2+، فإنه يجب إضافة المعامل 6 إلى الوزن، فيكون معامل O_2 في الطرف الأيسر $= \frac{6}{2}$ أي

---

٣ لأنه جزيء ثنائي الذرات. أما الطرف الأيمن فلا يمكن أن نضيف العامل ٦ لأن الـ O المُختَزَل موزع في مركبين.

$$2PbS_{(s)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

5.وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$2PbS_{(s)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

.b

المعطيات: $NaWO_{3(s)} + NaOH_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow Na_2WO_{4(s)} + H_2O_{(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة باستخدام طريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

+1 +5 -2 +1 -2 +1 0 +1+7-2 +1 -2

$$NaWO_{3(s)} + NaOH_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow Na_2WO_{4(s)} + H_2O_{(g)}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

O اختُزلت في O_2 W تأكسدت

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

W تأكسدت، لأنها فقد إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد $S = +2$

O اختُزلت، لأنها اكتسبت إلكترونين.

التغير في عدد تأكسد $O = -2$

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

التغير في أعداد الأكسدة متساوي.

5.وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$2NaWO_{3(s)} + 2NaOH_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow 2Na_2WO_{4(s)} + H_2O_{(g)}$$

بالضرب × ٢ حتى تُصبح جميع المُعاملات صحيحة.

$$4NaWO_{3(s)} + 4NaOH_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 4Na_2WO_{4(s)} + 2H_2O_{(g)}$$

c.

المعطيات: $NH_{3(g)} + CuO_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

المطلوب:وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{-3\ +1}{NH_{3(g)}} + \overset{+2\ -2}{CuO_{(s)}} \rightarrow \overset{0}{Cu_{(s)}} + \overset{0}{N_{2(g)}} + \overset{+1\ -2}{H_2O_{(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

N تأكسدت Cu اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

N تأكسدت، لأنها فقد 3 إلكترونات.

التغير في عدد التأكسد = +3

Cu اختُزل، لأنه اكتسب إلكترونين.

التغير في عددالتأكسد = -2

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (3) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (2)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 6.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ N هو 3+، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على NH_3 أما N_2 فيكون معاملها $\frac{2}{2}$ أي ١ لأنه جزيء ثنائي الذرات. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Cu هو 2-، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق CuO، و Cu.

$$2NH_{3(g)} + 3CuO_{(s)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$2NH_{3(g)} + 3CuO_{(s)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + N_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$$

.d

المعطيات: $Al_2O_{3(s)} + C_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow AlCl_{3(s)} + CO_{(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+3\ -2}{Al_2O_{3(s)}} + \overset{0}{C_{(s)}} + \overset{0}{Cl_{2(g)}} \rightarrow \overset{+3\ -1}{AlCl_{3(s)}} + \overset{+2\ -2}{CO_{(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

C تأكسدت Cl اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

C تأكسدت ، لأنه فقد الكترونين.

التغير في عدد التأكسد = 2+

Cl اختُزل، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عددالتأكسد = 1-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (2) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (1)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 2.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Cl هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى الوزن، وبذلك يكون معامل Cl_2 هو $\frac{2}{2}$ أي ١ لأنه جزيء ثنائي الذرات، و يكون معامل $AlCl_3$ و $\frac{2}{3}$ لأن الكلور ثلاثي في المركب.

$$Al_2O_{3(s)} + C_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow \frac{2}{3} AlCl_{3(s)} + CO_{(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

لوزن الألومنيوم نضرب $AlCl_3$ × ٣ وبذلك نحتاج لإعادة وزن Cl_2 مرة أخرى.

$$Al_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)} + 3CO_{(g)}$$

63. الياقوت يتكون معدن الكورنديوم من أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 وهو عديم اللون، ويعد أكسيد الألومنيوم المكون الرئيس للياقوت، إلا أنه يحتوي على مقادير بسيطة من Fe^{2+} و Ti^{4+}. ويعزى لون الياقوت إلى انتقال الإلكترونات من Fe^{2+} إلى Ti^{4+}. استنادًا إلى **الشكل 11–4**، استنتج التفاعل الذي يحدث لينتج المعدن في الجهة اليمنى، وحدد العامل المؤكسد، والعامل المختزل.

معادلة التفاعل: $Fe^{2+} + Ti^{4+} \rightarrow Fe^{3+} + Ti^{3+}$

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

$Ti^{4+} + e^- \rightarrow Ti^{3+}$ (اختزال)

العامل المؤكسد: Ti^{4+}

العامل المختزل: Fe^{2+}

64. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال في كل من معادلات الأكسدة والاختزال الآتية على الصورة الأيونية إذا حدث في المحلول المائي:

a. $PbO_{(s)} + NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} + Pb$

b. $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI$

c. $Sn_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

.a

المعطيات: $PbO_{(s)} + NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} + Pb$

المطلوب: كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال على الصورة الأيونية إذا حدثت في المحلول المائي.

الحل:

نحدد أولًا عدد التأكسد لكل عنصر حتى نميز المواد المؤكسدة والمختزلة.

$$\overset{+2}{Pb}\overset{-2}{O}_{(s)} + \overset{-3}{N}\overset{+1}{H}_{3(g)} \rightarrow \overset{0}{N}_{2(g)} + \overset{+1}{H}_2\overset{-2}{O}_{(l)} + \overset{0}{Pb}$$

N تأكسدت، فقدت ٣ إلكترونات.

Pb اختُزلت، اكتسبت إلكترونين.

$2NH_4^+{}_{(g)} \rightarrow N_2 + 6e^-$ (نصف تفاعل الأكسدة)

$Pb^{2+}{}_{(s)} + 2e^- \rightarrow Pb$ (نصف تفاعل الاختزال)

.b

المعطيات: $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI$

المطلوب: كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال على الصورة الأيونية إذا حدثت في المحلول المائي.

الحل:

نحدد أولًا عدد التأكسد لكل عنصر حتى نميز المواد المؤكسدة والمختزلة.

$$\overset{0}{I_{2(s)}} + \overset{+2\ -2}{S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}} \rightarrow \overset{+3\ -2}{S_2O_4^{2-}{}_{(aq)}} + \overset{+1\ -1}{NaI}$$

S تأكسدت، فقدت إلكترون.

I اختُزلت، اكتسبت إلكترون.

$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + e^-$ (تفاعل الأكسدة)

$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ (تفاعل الاختزال)

c.

المعطيات: $Sn_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

المطلوب: كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال على الصورة الأيونية إذا حدثت في المحلول المائي.

الحل:

نحدد أولًا عدد التأكسد لكل عنصر حتى نميز المواد المؤكسدة والمختزلة.

$$\overset{0}{Sn_{(s)}} + \overset{+1\ -1}{HCl_{(aq)}} \rightarrow \overset{+2\ -1}{SnCl_{2(aq)}} + \overset{0}{H_{2(g)}}$$

Sn تأكسدت، فقدت إلكترونين.

H اختُزلت، اكتسبت إلكترون.

$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة)

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (تفاعل الاختزال)

65. اكتب نصفي التفاعل اللذين يكوّنان معادلة الأكسدة والاختزال الموزونة الآتية:

$$3H_2C_2O_{4(l)} + 2HAsO_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 2As_{(s)} + 4H_2O_{(l)}$$

المعطيات:

$$3H_2C_2O_{4(l)} + 2HAsO_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 2As_{(s)} + 4H_2O_{(l)}$$

المطلوب: كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال.

الحل:

نحدد أولًا عدد التأكسد لكل عنصر حتى نميز المواد المؤكسدة والمختزلة.

+1 +3 -2 +1 +3 -2 +4 -2 0 +1 -2

$$3H_2C_2O_{4(l)} + 2HAsO_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 2As_{(s)} + 4H_2O_{(l)}$$

C تأكسد، فقد إلكترون.

As اختُزل، اكتسب ٣ إلكترونات.

(نصف تفاعل الأكسدة) $3H_2C_2O_4 \rightarrow 6CO_2 + 6e^- + 6H^+$

(نصف تفاعل الاختزال) $2HAsO_2 + 6e^- + 6H^+ \rightarrow 2As + 4H_2O$

66. أي أنصاف التفاعلات الآتية أكسدة، وأيها اختزال؟

a. $Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + e^-$ أكسدة.

b. $MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- + 8H^+_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$ اختزال.

c. $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ اختزال.

d. $F_{2(g)} \rightarrow 2F^-_{(aq)} + 2e^-$ أكسدة.

الشكل 12–4

67. النحـاس عندما توضع شرائح النحـاس في محلول نترات الفضة كما في **الشكل 12–4** يبدو فلز الفضة أزرق اللون، وتتكـون نـترات النحـاس II. اكتـب المعادلـة الكيميائية غـير الموزونـة، ثم حدد حالة التأكسـد لـكل عنصر فيها. اكتب أيضًـا نصفي معادلة التفاعل، وحدّد أيهما تأكسـد، وأيهـما اختزل. وأخـيرًا اكتب المعادلـة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

$$\overset{0}{Cu}_{(s)} + \overset{+1\ +5\ -2}{AgNO_3}_{(aq)} \rightarrow \overset{+2\ +5\ -2}{Cu(NO_3)_2}_{(aq)} + \overset{0}{Ag}_{(s)}$$

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

$Ag + 1e^- \rightarrow Ag$ (نصف تفاعل الاختزال)

وزن الذرات والشحنات:

$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة)

$2Ag^+ + 2e- \rightarrow 2Ag$ (تفاعل الاختزال)

المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل :

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3\ (aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

68. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية:

a. $MoCl_{5\,(s)} + S^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow MoS_{2\,(s)} + Cl^{-}{}_{(aq)} + S_{(s)}$

b. $TiCl_6^{2-}{}_{(aq)} + Zn_{\,(s)} \rightarrow Ti^{3+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)} + Zn^{2+}{}_{(aq)}$

a.

المعطيات: $MoCl_{5(s)} + S^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow MoS_{2(s)} + Cl^{-}{}_{(aq)} + S_{(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

+5 -1 -2 +4 -2 -1 0

$MoCl_{5(s)} + S^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow MoS_{2(s)} + Cl^{-}{}_{(aq)} + S_{(s)}$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

S^{2-} تأكسد إلى S Mo اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

S تأكسدت ، لأنه فقد إلكترونين.

التغير في عدد التأكسد = +2

Mo اختُزل؛ لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عددالتأكسد = 1-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة ذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (2) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (1)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 2.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Mo هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى الوزن، و ينطبق ذلك على $MoCl_5$، و MoS_2.

$$2MoCl_{5(s)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2MoS_{2(s)} + Cl^{-}_{(aq)} + S_{(s)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية:

$$2MoCl_{5(s)} + 5S^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2MoS_{2(s)} + 10\ Cl^{-}_{(aq)} + S_{(s)}$$

b.

المعطيات: $TiCl_6^{2-}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Ti^{3+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+4\ \ -1}{TiCl_6^{2-}}_{(aq)} + \overset{0}{Zn}_{(s)} \rightarrow \overset{+3}{Ti^{3+}}_{(aq)} + \overset{-1}{Cl^-}_{(aq)} + \overset{+2}{Zn^{2+}}_{(aq)}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Zn تأكسد Ti اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Zn تأكسد، لأنه فقد إلكترونين.

التغير في عدد التأكسد = 2+

Ti اختُزل ، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عددالتأكسد = 1-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (2) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (1)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 2.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Ti هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق $TiCl_6^{2-}$ و Ti^{3+}.

$$2TiCl_6^{2-}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow 2Ti^{3+}{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} + Zn^{2+}{}_{(aq)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$2TiCl_6^{2-}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow 2Ti^{3+}{}_{(aq)} + 12Cl^-{}_{(aq)} + Zn^{2+}{}_{(aq)}$$

69. استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية، مضيفًا جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين (في الوسط الحمضي)، أو أيونات الهيدروكسيد (في الوسط القاعدي) إذا تطلب الأمر ذلك:

a. $NH_{3(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

b. $Br_{2\,(l)} \rightarrow Br^-_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)}$ (في الوسط القاعدي)

a.

المعطيات: $NH_{3(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow N_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{-3\ +1}{NH_{3(g)}} + \overset{+4\ -2}{NO_{2(g)}} \rightarrow \overset{0}{N_{2\,(g)}}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3e^-$ (أكسدة)

$NO_{2(g)} + 4e^- \rightarrow N_{2\,(g)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

$$2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 6e^- + 6H^+_{(aq)}$$

$$2NO_{2(g)} + 8e^- + 8H^+_{(aq)} \rightarrow N_{2(g)} + 4H_2O$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$8NH_{3(g)} \rightarrow 4N_{2(g)} + 24e^- + 24H^+_{(aq)}$$

$$6NO_{2(g)} + 24e^- + 24H^+_{(aq)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 12H_2O_{(l)}$$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$8NH_{3\,(g)} + 6NO_{2(g)} \rightarrow 7N_{2(g)} + 12H_2O_{(l)}$$

.b

المعطيات: (في الوسط القاعدي) $Br_{2(l)} \rightarrow Br^-_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

0 -1 +5 -2

$$Br_{2(l)} \rightarrow Br^-_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$Br_{2(l)} \rightarrow BrO_3^-{}_{(aq)} + 5e^-$ (أكسدة)

$Br_{2(l)} + 1e^- \rightarrow Br^-{}_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط قاعدي، لذا يمكن إضافة الماء وأيونات الهيدركسيد لوزن ذرات الهيدروجين والأكسجين.

$Br_{2(l)} + 12OH^-_{(aq)} \rightarrow 2BrO_3^-{}_{(aq)} + 10e^- + 6H_2O_{(l)}$

$Br_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-{}_{(aq)}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$Br_{2(l)} + 12OH^-_{(aq)} \rightarrow 2BrO_3^-{}_{(aq)} + 10e^- + 6H_2O_{(l)}$

$5Br_{2(l)} + 10e^- \rightarrow 10Br^-_{(aq)}$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$6Br_{2(l)} + 12OH^-_{(aq)} \rightarrow 2BrO_3^-{}_{(aq)} + 10Br^-_{(aq)} + 6H_2O_{(l)}$

بقسمة كل من طرفي المعادله على ٢:

$3Br_{2(l)} + 6OH^-_{(aq)} \rightarrow BrO_3^-{}_{(aq)} + 5Br^-_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$

70. زن معادلة التأكسد والاختزال الآتية، وأعد كتابتها بشكلها الأيوني الكامل، ثم اشتق المعادلة الأيونية الكلية، وزنها بطريقة نصف التفاعل. على أن تكون الإجابة النهائية بمعاملات الوزن ولكن على النحو الآتي:

$$KMnO_{4(aq)}+FeSO_{4(aq)}+H_2SO_{4(aq)} \rightarrow$$
$$Fe_2(SO_4)_{3(aq)}+MnSO_{4(aq)}+K_2SO_{4(aq)}+H_2O_{(l)}$$

المعطيات:

$$KMnO_{4(aq)} + FeSO_{4(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow$$
$$Fe_2(SO_4)_{3\,(aq)} + MnSO_{4(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المطلوب: كتابة المعادلة بشكلها الأيوني الكامل، وكتابة المعادلة الأيونية الكلية، ووزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

$$K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow$$
$$2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2K^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

1. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

+7 -2 +2 +2 +3

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

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}{}_{(aq)} + 1e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} \quad \text{(اختزال)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، لذلك يُمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

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

$$MnO_{4(aq)}^- + 5e^- + 8H^+{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

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

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- + 8H^+{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

ه. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5Fe^{2+}{}_{(aq)} + 8H^+{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 5Fe^{3+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

إعادة الأيونات المتفرجة وإعادة وزن المعادلة بالطريقة التقليدية:

$$2KMnO_{4(aq)} + 10FeSO_{4(aq)} + 8H_2SO_{4(aq)} \rightarrow$$

$$5Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 8H_2O_{(l)}$$

71. استخدم طريقة عدد التأكسد في وزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $PbO_{(s)} + NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} + Pb_{(s)}$

b. $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI_{(aq)}$

c. $Sn_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

a.

المعطيات: $PbO_{(s)} + NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} + Pb_{(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{+2\ -2}{PbO_{(s)}} + \overset{-3\ +1}{NH_{3(g)}} \rightarrow \overset{0}{N_{2(g)}} + \overset{+1\ -2}{H_2O_{(g)}} + \overset{0}{Pb_{(s)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

N تأكسدت Pb اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

N تأكسدت، لأنها فقدت ٣ إلكترونات.

التغير في عدد التأكسد = 3+

Pb اختُزل، لأنه اكتسب إلكترونين.

التغير في عددالتأكسد = 2-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (3) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (2)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 6.

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ N هو 3+، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى NH_3 أما N_2 فيكون معاملها $\frac{2}{2}$ أي ١ لأنه جزيء ثنائي الذرات. و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ Pb هو 2-، فإنه يجب إضافة المعامل ٣ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق PbO، و Pb.

$$3PbO_{(s)} + 2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(g)} + 3Pb_{(s)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

$$3PbO_{(s)} + 2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} + 3Pb_{(s)}$$

b. متروك للطالب.

c.

المعطيات: $Sn_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة عدد التأكسد.

الحل:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{0}{Sn_{(s)}} + \overset{+1\ -1}{HCl_{(aq)}} \rightarrow \overset{+2\ -1}{SnCl_{2(aq)}} + \overset{0}{H_{2(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Sn تأكسد H اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

Sn تأكسد لأنه فقد إالكترونين.

التغير في عدد التأكسد = 2+

H اختُزل، لأنه اكتسب إلكترون.

التغير في عددالتأكسد = 1-

4. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (2) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (1)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 2.

لما كان التغير في عدد التأكسد للـ H هو 1-، فإنه يجب إضافة المعامل 2 إلى HCl، أما H_2 يكون مُعاملها $\frac{2}{2} = ١$ لأنه جزيء الوزن، و هذا المعامل ينطبق على ثنائي الذرات.

$$Sn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2\ (aq)} + H_{2(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية.

المعادلة موزونة.

72. استخدم طريقة نصف التفاعل في وزن هذه المعادلات مضيفًا جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين (في الوسط الحمضي)، أو أيونات الهيدروكسيد (في الوسط القاعدي) عند الحاجة. واحتفظ بالمعادلات الموزونة في صورة معادلة أيونية نهائية:

a. $Cl^-_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow ClO^-_{(aq)} + NO_{(g)}$ (في الوسط الحمضي)

b. $IO_3^-{}_{(aq)} + Br^-_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + IBr_{(s)}$ (في الوسط الحمضي)

c. $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

a.

المعطيات: $Cl^-_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow ClO^-_{(aq)} + NO_{(g)}$ **(في الوسط الحمضي)**

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{-1}{Cl^-}_{(aq)} + \overset{+5\ -2}{NO_3^-}_{(aq)} \rightarrow \overset{+1\ -2}{ClO^-}_{(aq)} + \overset{+2\ -2}{NO}_{(g)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$Cl^-_{(aq)} \rightarrow ClO^-_{(aq)} + 2e^- \qquad \text{(أكسدة)}$$

$$NO_3^-{}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow NO_{(g)} \qquad \text{(اختزال)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، يُمكن إضافة جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow ClO^-_{(aq)} + 2e^- + 2H^+_{(aq)}$$

$$NO_3^-{}_{(aq)} + 3e^- + 4H^+_{(aq)} \rightarrow NO_{(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$3Cl^-_{(aq)} + 3H_2O_{(l)} \rightarrow 3ClO^-_{(aq)} + 6e^- + 6H^+_{(aq)}$$

$$2NO_3^-{}_{(aq)} + 6e^- + 8H^+_{(aq)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$3Cl^-_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 3ClO^-_{(aq)} + 2NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

.b

المعطيات: $IO_3^-{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + IBr_{(s)}$ (في الوسط الحمضي)

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+5\ -2}{IO_3^-{}_{(aq)}} + \overset{-1}{Br^-{}_{(aq)}} \rightarrow \overset{0}{Br_{2(l)}} + \overset{+1-1}{IBr_{(s)}}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$Br^-{}_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + e^-$ (أكسدة)

$IO_3^-{}_{(aq)} + 4e^- \rightarrow IBr_{(s)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

بما أن الوسط حمضي، فيمكننا إضافة جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$2Br^-{}_{(aq)} \rightarrow Br_{2\ (l)} + 2e^-$

$IO_3^-{}_{(aq)} + 4e^- + 6H^+{}_{(aq)} + Br^- \rightarrow IBr_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$4Br^-_{(aq)} \rightarrow 2Br_{2\ (l)} + 4e^-$$

$$IO_3^-{}_{(aq)} + 4e^- + 6H^+_{(aq)} + Br^- \rightarrow IBr_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$$

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$5Br^-_{(aq)} + IO_3^-{}_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow 2Br_{2\ (l)} + IBr_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$$

ج.

المعطيات: $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI_{(aq)}$ (الوسط حمضي)

المطلوب: وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{0}{I_2}{}_{(s)} + \overset{+2\ -2}{S_2O_3}{}^{2-}_{(aq)} \rightarrow \overset{+3\ -2}{S_2O_4}{}^{2-}_{(aq)} + \overset{-1}{I^-}_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + 1e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$I_{2(s)} + 1e^- \rightarrow I^-_{(aq)} \quad \text{(اختزال)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

بما أن الوسط حمضي، فيمكننا إضافة جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- + 2H^+{}_{(aq)}$$

$$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-{}_{(aq)}$$

٤. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

المعادلة موزونة.

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين.

$$I_{2(s)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)}$$

مراجعة عامة

73. حدّد عدد التأكسد لكل عنصر من العناصر الظاهرة بلون داكن:

a. OF_2 **b.** UO_2^{2+} **c.** RuO_4 **d.** Fe_2O_3

.a

المعطيات: OF_2

المطلوب: n_O=?

الحل:

$n_F = -1$؛ لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية يُساوي الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

$$2(n_F) + (n_O) = 0$$
$$2(-1) + (n_O) = 0$$

.b

المعطيات: UO_2^{2+}

المطلوب: n_U=?

الحل:

$n_O = -2$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$$(n_U) + 2(n_O) = +2$$
$$(n_U) + 2(-2) = +2$$
$$n_U = (+2) - 2(-2)$$
$$n_U = +6$$

c.

المعطيات: RuO_4

المطلوب: n_{Ru}=?

الحل:

$n_O = -2$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

$$(n_{Ru}) + 4(n_O) = 0$$
$$(n_{Ru}) + 4(-2) = 0$$
$$n_{Ru} = -4\ (-2)$$
$$n_{Ru} = +8$$

d.

المعطيات: Fe_2O_3

المطلوب: n_{Fe} =?

الحل:

$n_O = -2$، لأن عدد تأكسد العنصر الأكثر كهروسالبية في الجزيء هو الشحنة نفسها التي سيكون عليها كما لو كان أيونًا.

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

$$2(n_{Fe}) + 3(n_O) = 0$$
$$2(n_{Fe}) + 3(-2) = 0$$
$$2n_{Fe} = -3\ (-2)$$
$$n_{Fe} = +3$$

74. حدّد كلًّا من التغيرات الآتية إذا كانت أكسدة أو اختزال:

a. $2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$ أكسدة.

b. $Na_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + e^-$ أكسدة.

c. $Ca^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ca_{(s)}$ اختزال.

d. $O_{2(g)} + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}_{(aq)}$ اختزال.

75. استعمل قواعد تحديد عدد التأكسد لإكمال الجدول **7–4**.

الجدول ٧-٤ بيانات المركبين

العنصر	عدد التأكسد	القاعدة
K in KBr	**+1**	**7**
Br in KBr	**-1**	**8**
Cl in Cl_2	**0**	**1**
K in KCl	**+1**	**7**
Cl in KCl	**-1**	**8**
Br in Br_2	**0**	**1**

76. حدد العوامل المختزلة في المعادلات الآتية:

a. $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(l)}$

b. $Na_2SO_{4(aq)} + 4C_{(s)} \rightarrow Na_2S_{(s)} + 4CO_{(g)}$

c. $4IrF_{5(aq)} + Ir_{(s)} \rightarrow 5IrF_{4\,(s)}$

.a

$$\overset{-3\ +1}{4NH_{3(g)}} + \overset{0}{5O_{2(g)}} \rightarrow \overset{+2\ -2}{4NO_{(g)}} + \overset{+1\ -2}{6H_2O_{(l)}}$$

العامل المختزل هو: N لأنه تأكسد.

.b

$$\overset{+1\ +6\ -2}{Na_2SO_{4(aq)}} + \overset{0}{4C_{(s)}} \rightarrow \overset{+1\ -2}{Na_2S_{(s)}} + \overset{+2-2}{4CO_{(g)}}$$

العامل المختزل هو: C لأنه تأكسد.

.c

$$\overset{+5\ -1}{4IrF_{5(aq)}} + \overset{0}{Ir_{(s)}} \rightarrow \overset{+4-1}{5IrF_{4(s)}}$$

العامل المختزل هو: Ir لأنه تأكسد.

77. اكتب معادلة أيونية موزونة مستعملاً أزواج أنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية:

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

$Te^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Te_{(s)}$

b. $IO_4^-{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow IO_3^-{}_{(aq)}$

$Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$ (في الوسط الحمضي)

c. $I_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$

$N_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_3^-{}_{(aq)} + 8e^-$ (في الوسط القاعدي)

a.

المعطيات:

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

المطلوب: كتابة معادلة أيونية موزونة.

الحل:

$$Fe_{(s)} + Te^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Te_{(s)}$$

.b

المعطيات:

$$IO_4^-{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow IO_3^-{}_{(aq)}$$

$$Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}{}_{(aq)} + 3e^-$$

(في الوسط الحمضي)

المطلوب: كتابة معادلة أيونية موزونة.

الحل:

لابد أن تتساوى عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة.

$$3IO_4^-{}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 3IO_3^-{}_{(aq)}$$

$$2Al_{(s)} \rightarrow 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 6e^-$$

الوسط حمضي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$3IO_4^-{}_{(aq)} + 6e^- + 6H^+ \rightarrow 3IO_3^-{}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$2Al_{(s)} \rightarrow 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 6e^-$$

بجمع نصفي التفاعل نحصل على المعادلة الأيونية الموزونة.

$$3IO_4^-{}_{(aq)} + 2Al_{(s)} + 6H^+ \rightarrow 3IO_3^-{}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)} + 2Al^{3+}$$

c.

المعطيات:

$$I_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$$

$$N_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_3^-{}_{(aq)} + 8e^-$$

(في الوسط القاعدي)

المطلوب: كتابة معادلة أيونية موزونة.

الحل:

لابد أن تتساوى عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة.

$$4I_{2\,(aq)} + 8e^- \rightarrow 8I^-_{(aq)}$$

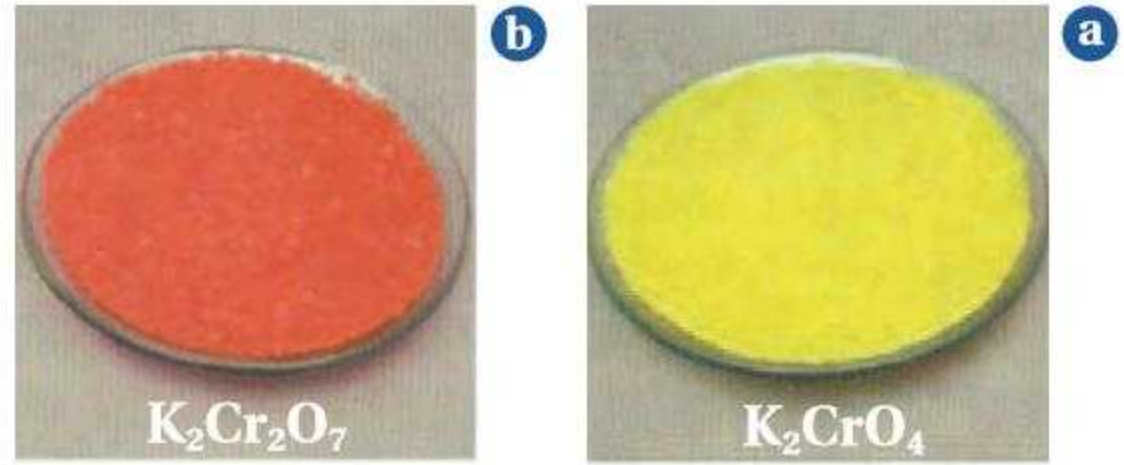
$$N_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_3^-{}_{(aq)} + 8e^-$$

$$4I_{2\,(aq)} + N_2O_{(g)} \rightarrow 8I^-_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$$

الوسط قاعدي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$4I_{2\,(aq)} + N_2O_{(s)} + 10\ OH^-_{(aq)} \rightarrow 8I^-_{\ (aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 5H_2O_{(l)}$$

78. ما عدد تأكسد الكروم في كل من المركبات الموضحة في الشكل 13–4؟



الشكل 13–4

a.

+1 +6 -2

K_2CrO_4

عدد تأكسد الكروم = +6

b.

+1 +6 -2

$K_2Cr_2O_7$

عدد تأكسد الكروم = +6

79. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

a. $Sb^{3+}_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow SbO_4^{3-}{}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

b. $N_2O_{(g)} + ClO^-{}_{(aq)} \rightarrow Cl^-{}_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$ (في الوسط القاعدي)

a.

المعطيات:

(في الوسط الحمضي) $Sb^{3+}_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow SbO_4^{3-}{}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)}$

المطلوب: وزن المعادلة بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل.

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+3}{Sb^{3+}}_{(aq)} + \overset{+7\ -2}{MnO_4^-}{}_{(aq)} \rightarrow \overset{+5\ -2}{SbO_4^{3-}}{}_{(aq)} + \overset{+2}{Mn^{2+}}_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$Sb^{3+}_{(aq)} \rightarrow SbO_4^{3-}_{(aq)} + 2e^-$ (أكسدة)

$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$Sb^{3+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow SbO_4^{3-}_{(aq)} + 2e^- + 8H^+_{(aq)}$

$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- + 8H^+_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$5Sb^{3+}_{(aq)} + 20H_2O_{(l)} \rightarrow 5SbO_4^{3-}_{(aq)} + 10e^- + 40H^+_{(aq)}$

$2MnO_4^-{}_{(aq)} + 10e^- + 16H^+_{(aq)} \rightarrow 2Mn^{2+}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، و إعادة الأيونات المتفرجة.

$5Sb^{3+}_{(aq)} + 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 12H_2O_{(l)}$

$\rightarrow 5SbO_4^{3-}_{(aq)} + 2Mn^{2+}_{(aq)} + 24H^+_{(aq)}$

.b

المعطيات:

$N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \longrightarrow Cl^-_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$ (في الوسط القاعدي)

المطلوب: وزن المعادلة بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+1\ -2}{N_2O_{(g)}} + \overset{+1\ -2}{ClO^-_{(aq)}} \longrightarrow \overset{-1}{Cl^-_{(aq)}} + \overset{+3\ -2}{NO_2^-{}_{(aq)}}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$N_2O_{(g)} \longrightarrow NO_2^-{}_{(aq)} + 2e^-$ (أكسدة)

$ClO^-_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cl^-_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط قاعدي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$N_2O_{(g)} + 6OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2NO_2^-{}_{(aq)} + 4e^- + 3H_2O_{(l)}$

$ClO^-_{(aq)} + 2e^- + H_2O_{(l)} \longrightarrow Cl^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$N_2O_{(g)} + 6OH^-_{(aq)} \rightarrow 2NO_2^-{}_{(aq)} + 4e^- + 3H_2O_{(l)}$$

$$2ClO^-_{(aq)} + 4e^- + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)}$$

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

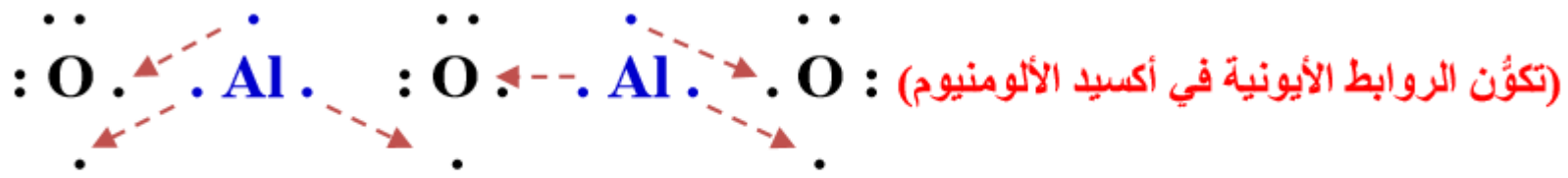
$$N_2O_{(g)} + 2ClO^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow 2NO_2^-{}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

80. **الأحجار الكريمة** الياقوت حجر كريم يتكون من أكسيد الألومنيوم، أما لونه الأحمر فقد جاء من احتوائه على مقادير ضئيلة من أيونات الكروم III التي تحل محل أيونات الألومنيوم. ارسم تركيب أكسيد الألومنيوم، ووضح التفاعل الذي تحل فيه أيونات الكروم محل أيونات الألومنيوم. هل هذا التفاعل تفاعل تأكسد واختزال؟

معادلة التفاعل هي:

$$\overset{+3\ -2}{Al_2O_3} + 2\overset{+3}{Cr^{3+}} \rightarrow \overset{+3\ -2}{Cr_2O_3} + 2\overset{+3}{Al^{3+}}$$

هذا التفاعل لايعتبر تفاعل أكسدة واختزال، لأنه لم يتغير أيًا من أعداد التأكسد للأيونات المشاركة في التفاعل.



$$: O :^{2-}\ Al^{3+}\ : O :^{2-}\ Al^{3+}\ : O :^{2-}\ + 2Cr^{3+} \rightarrow$$

$$: O :^{2-}\ Al^{3+}\ : O :^{2-}\ Al^{3+}\ : O :^{2-}\ + 2Al^{3+}$$

81. زن معـادلات الأكسـدة والاختزال الأيونيـة الآتية بأي طريقة من طرائق الوزن:

a. $Mg_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

b. $ClO_3^-{}_{(aq)} + SO_{2(g)} \rightarrow Cl^-_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

a.

المعطيات: $Mg_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

المطلوب: وزن المعادلة بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{0}{Mg}_{(s)} + \overset{+3}{Fe^{3+}}_{(aq)} \rightarrow \overset{+2}{Mg^{2+}}_{(aq)} + \overset{0}{Fe}_{(s)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \qquad \text{(أكسدة)}$$

$$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightarrow Fe_{(s)} \qquad \text{(اختزال)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

$$Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$$

$$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightarrow Fe_{(s)}$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$3Mg_{(s)} \rightarrow 3Mg^{2+}_{(aq)} + 6e^{-}$$

$$2Fe^{3+}_{(aq)} + 6e^{-} \rightarrow 2Fe_{(s)}$$

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$3Mg_{(s)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3Mg^{2+}_{(aq)} + 2Fe_{(s)}$$

.b

المعطيات:

$ClO_3^-{}_{(aq)} + SO_{2(g)} \rightarrow Cl^-_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

المطلوب: وزن المعادلة بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

الحل:

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+5\ -2}{ClO_3^-}{}_{(aq)} + \overset{+4\ -2}{SO_2}{}_{(g)} \rightarrow \overset{-1}{Cl^-}_{(aq)} + \overset{+6\ -2}{SO_4^{2-}}{}_{(aq)}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$SO_{2(g)} \rightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$ (أكسدة)

$ClO_3^-{}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow Cl^-_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$SO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- + 4H^+_{(aq)}$$

$$ClO_3^-{}_{(aq)} + 6e^- + 6H^+_{(aq)} \rightarrow Cl^-_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

٤. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$3SO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 6e^- + 12H^+_{(aq)}$$

$$ClO_3^-{}_{(aq)} + 6e^- + 6H^+{}_{(aq)} \rightarrow Cl^-{}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$ClO_3^-{}_{(aq)} + 3SO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \rightarrow Cl^-{}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 6H^+{}_{(aq)}$$

82. زن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية بأي طريقة من طرائق الوزن:

a. $P_{(s)} + H_2O_{(l)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow H_3PO_{4(aq)} + NO_{(g)}$

b. $KClO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + ClO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + KCl_{(s)}$

a.

المعطيات: $P_{(s)} + H_2O_{(l)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow H_3PO_{4(aq)} + NO_{(g)}$

المطلوب: وزن المعادلة بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

الحل:

باستخدام طريقة عدد التأكسد:

١. تحديد أعداد التأكسد للذرات في المعادلة.

$$\overset{0}{P_{(s)}} + \overset{+1\ -2}{H_2O_{(l)}} + \overset{+1\ +5\ -2}{HNO_{3(aq)}} \rightarrow \overset{+1\ +5\ -2}{H_3PO_{4(aq)}} + \overset{+2\ -2}{NO_{(g)}}$$

٢. تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

P تأكسد N اختُزل

٣. تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.

P تأكسد، لأنه فقد 5 إلكترونات.

التغير في عدد التأكسد = 5+

N اختُزل، لأنه اكتسب 3 إلكترونات.

التغير في عددالتأكسد = 3-

٤. جعل التغير في أعداد الأكسدة متساوي في القيمة وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

نضبط المعاملات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد (5) يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (3)، وبالضرب التبادلي يكون عدد كلًا من الإلكترونات المُكتسبة و المفقودة = 15. لما كان التغير في عدد التأكسد لـ P هو 5+، فإنه يجب إضافة المعامل 3 إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق على P، و H_3PO_4 . و لما كان التغير في عدد التأكسد للـ N هو 3-، فإنه يجب إضافة المعامل ٥ إلى الوزن، و هذا المعامل ينطبق HNO_3، و NO.

$$3P_{(s)} + H_2O_{(l)} + 5HNO_{3(aq)} \rightarrow 3H_3PO_{4(aq)} + 5NO_{(g)}$$

5. وزن بقية المعادلة بالطريقة التقليدية:

$$3P_{(s)} + 2H_2O_{(l)} + 5HNO_{3(aq)} \rightarrow 3H_3PO_{4(aq)} + 5NO_{(g)}$$

.b

المعطيات:

$$KClO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + ClO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + KCl_{(s)}$$

المطلوب: وزن المعادلة بأي طريقة من طرائق وزن المعادلات.

الحل:

$$2KClO_{3(aq)} + 4HCl_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(aq)} + 2ClO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 2KCl_{(s)}$$

التفكير الناقد

83. طبّق تبين المعادلات الآتية تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تستخدم لتحضير غاز النيتروجين النقي وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد النيتروجين N_2O في المختبر:

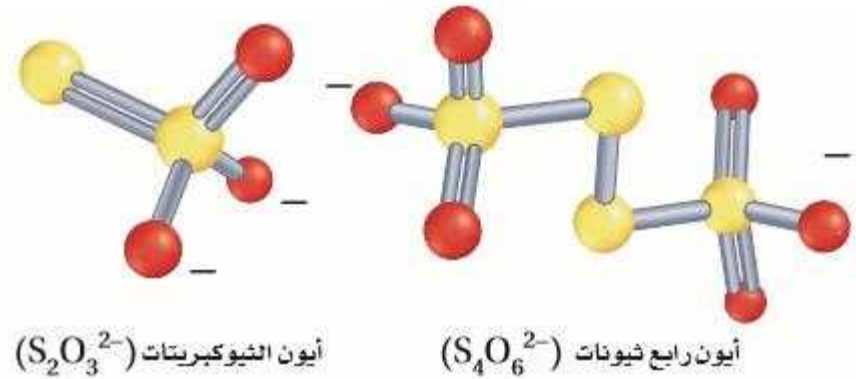
$$NH_4NO_{2(s)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$
$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

a. حدّد عدد التأكسد لكل عنصر في المعادلتين، ثم ارسم مخططًا توضح فيه التغير في عدد التأكسد الذي يحدث في كل تفاعل.

b. حدّد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت في كلا التفاعلين.

d. اكتب جملة توضح فيها كيفية انتقال الإلكترونات الذي حدث في هذين التفاعلين عن التفاعل الآتي:

$$2AgNO_{3(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Zn(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$



أيون الثيوكبريتات ($S_2O_3^{2-}$) أيون رابع ثيونات ($S_4O_6^{2-}$)

الشكل 14-4

a.

اختزال (التغير في عدد التأكسد = 3-)

$$\overset{-3\ +1}{NH_4}\overset{+3\ -2}{NO_2}_{(s)} \rightarrow \overset{0}{N_2}_{(g)} + 2\overset{+1\ -2}{H_2O}_{(l)}$$

أكسدة (التغير في عدد التأكسد = 3+)

اختزال(التغير في عدد التأكسد = 4-)

$$\overset{-3\ +1}{NH_4}\overset{+5\ -2}{NO_3}_{(s)} \rightarrow \overset{+1\ -2}{N_2O}_{(g)} + 2\overset{+1\ -2}{H_2O}_{(l)}$$

أكسدة (التغير في عدد التأكسد = 4+)

.b,c

$$NH_4NO_{2(s)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

الذرة التي تأكسدت(العامل المختزل)

الذرة التي اختُزلت (العامل المؤكسد)

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

الذرة التي تأكسدت (العامل المختزل)

الذرة التي اختُزلت (العامل المؤكسد)

.d

$$\overset{+1+5\ -2}{2AgNO_{3(aq)}} + \overset{0}{Zn_{(s)}} \rightarrow \overset{+2\ \ +5-2}{Zn(NO_3)_{2(aq)}} + \overset{0}{2Ag_{(s)}}$$

في التفاعلين السابقين حدثت عمليات الأكسدة والاختزال لذرتي نيتروجين مختلفتين في نفس المركب، أي أنه تم انتقال الإلكترونات من وإلى ذرات نيتروجين في نفس المركب. أما في التفاعل الثالث تم تفاعل الأكسده والإختزال بين عنصرين مختلفين في مركبات وعناصر مختلفة؛ حيث فقدت ذرات الخارصين إلكترونات اكتسبتها أيونات الفضة وتحولت إلى ذرات فضة.

84. **حلّـل** ادرس المعادلة الأيونية الكلية أدناه، للتفاعل الذي يحدث عند تأكسـد أيون الثيوكبريتـات $S_2O_3^{2-}$ إلى أيون رابـع ثيونـات $S_4O_6^{2-}$. زن المعادلـة مسـتعملًا طريقـة نصف التفاعل. وسـوف يسـاعدك **الشـكل 14–4** على تحديد أعداد التأكسد لاستعمالها.

(في الوسط الحمضي) $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(s)} \rightarrow I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$

المعطيات: $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(s)} \rightarrow I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$ **(الوسط حمضي)**

المطلوب:وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل.

الحل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(s)} \rightarrow I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

تحدث أكسدة للـ S واختزال للـ I.

ملاحظة: من الرسم نلاحظ عدد تأكسد الـ S في $S_4O_6^{2-}$ هو 5+، كما هو موضح في الشكل ١٤-١ نجد أن أيون الثيونات به 4S، اثنان منهم عدد تأكسدهم = 0 (المتواجدان في وسط الأيون، كلّ منهما مرتبطة بـ 2S)، و الاثنان الآخران كل واحد منهما عدد تأكسده =5+.

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + e^-$ (أكسدة)

$I_{2(s)} + e^- \rightarrow I^-_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$

$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

متساوية بالفعل.

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(s)} \rightarrow 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$

85. توقع اعتبر أن جميع المركبات الآتية مركبات مستقرة حقيقة. ما الذي يمكنك أن تستدل عليه عن حالة التأكسد للفوسفور في مركباته؟

PH_3, PCl_3, P_2H_4, PCl_5, H_3PO_4, Na_3PO_3

٨٥.

-3 +3 -2 +5 +5 +3

PH_3, PCl_3, P_2H_4, PCl_5, H_3PO_4, Na_3PO_3.

الفسفور له أعداد تأكسد متنوعة في مركباته(2- ,3-، 3+، 5+).

86. جد الحل تؤكسد برمنجنات البوتاسيوم أيونات الكلوريد لتكون غاز الكلور وأيون منجنيز Mn^{2+}. قم بموازنة معادلة تفاعل التأكسد والاختزال الذي يحدث في الوسط الحمضي.

المعطيات: تؤكسد برمنجنات البوتاسيوم أيونات الكلوريد لتكوين غاز الكلور وأيون منجنيز Mn^{2+}.

المطلوب:وزن المعادلة بطريقة نصف التفاعل (في الوسط الحمضي).

الحل: ١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

+7 -2 -1 0 +2

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

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

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

$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)}$ (اختزال)

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، و لذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- + 8H^+{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

4. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$10Cl^-{}_{(aq)} \rightarrow 5Cl_{2(g)} + 10e^-$$

$$2MnO_4^-{}_{(aq)} + 10e^- + 16H^+{}_{(aq)} \rightarrow 2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$$

٥.جمع نصفي التفاعل الموزونين

$$2MnO_4^-{}_{(aq)} + 10Cl^-{}_{(aq)} + 16H^+{}_{(aq)} \rightarrow$$

$$5Cl_{2(g)} + 2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$$

87. في نصف التفاعل $NO_3^- \rightarrow NH_4^+$، في أي الطرفين يجب إضافة الإلكترونات؟ قم بإضافة العدد الصحيح من الإلكترونات للطرف الذي يحتاج إلى لذلك، ثم أعد كتابة المعادلة.

تغير عدد تأكسد النيتروجين من 5+ إلى 3- (اختزال).

$$NO_3^- + 8e^- \rightarrow NH_4^+$$

88. استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث بين أيونات الدايكرومات وأيونات اليوديد في الوسط الحمضي، والذي يوضحه الشكل **15–4**.

المطلوب: استخدام طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث بين أيونات الدايكرومات وأيونات اليوديد في الوسط الحمضي.

الحل:

$$Cr_2O_7^{2-} + I^- \rightarrow Cr^{3+} + I_2$$

باستخدام طريقة نصف التفاعل:

١. كتابة المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملا الأيونات المتفرجة.

$$\overset{+6}{Cr_2O_7^{2-}} + \overset{-1}{I^-} \rightarrow \overset{+3}{Cr^{3+}} + \overset{0}{I_2}$$

٢. كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية.

$$I^- \rightarrow I_2 + 1e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 3e^- \rightarrow Cr^{3+} \quad \text{(اختزال)}$$

٣. وزن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

الوسط حمضي، ولذلك يمكن إضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لوزن الهيدروجين والأكسجين.

$$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 6e^- + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

٤. وزن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عددها في الاختزال.

$$6I^- \rightarrow 3I_2 + 6e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 6e^- + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3I_2$$

٥. جمع نصفي التفاعل الموزونين، وإعادة الأيونات المتفرجة.

$$Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$$

مسألة تحفيز

89. اكتب المعادلة الكيميائية لكل تفاعل موصوف فيما يأتي دون كتابة المعاملات لوزنها، ثم حدد حالة التأكسد لكل عنصر في المعادلة. ثم اكتب نصفي التفاعل محددًا أيهما نصف تفاعل أكسدة وأيهما نصف تفاعل اختزال.

a. عند وضع أكسيد الزئبق (II) الصلب في أنبوب وتسخينه بلطف يتكون الزئبق السائل في قاع أنبوب الاختبار وتتصاعد فقاعات غاز الأكسجين من أنبوب الاختبار.

b. عند وضع قطع من النحاس الصلب في محلول نترات الفضة، تتكون نترات النحاس II الأزرق ويظهر فلز الفضة في المحلول.

a.

عند تسخين أكسيد الزئبق II الصلب يتكون الزئبق السائل، و تتصاعد فقاعات الأكسجين.

$$\overset{+2}{Hg}\overset{-2}{O}_{(s)} \rightarrow \overset{0}{Hg}_{(l)} + \overset{0}{O}_{2(g)}$$

$O^{-2} \rightarrow O_2 + 2e^-$ (أكسدة)

$Hg^{+2} + 2e^- \rightarrow Hg$ (اختزال)

$$2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

.b

$$\overset{0}{Cu_{(s)}} + \overset{+1\ +5\ -2}{AgNO_{3\,(aq)}} \rightarrow \overset{+2\ +5\ -2}{Cu(NO_3)_{2\,(aq)}} + \overset{0}{Ag_{(s)}}$$

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ (أكسدة)

$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Ag$ (اختزال)

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3\,(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

مراجعة تراكمية

استخدم القائمة الآتية للإجابة عن الأسئلة من 90 إلى 93.

تحتوي خمس كؤوس على 500 mL من محلول مائي تركيزه 0.250 M على المواد الكيميائية الآتية:

A. KCl

B. CH_3OH

C. $Ba(OH)_2$

D. CH_3COOH

E. NaOH

90. أي المواد ستتفكك إلى أكبر عدد من الجسيمات عندما تكون في المحلول؟

$Ba(OH)_2$، يتفكك إلى Ba^{2+} و $2OH^-$.

91. أي المواد لها أكبر كتلة مولية؟

٩١. $Ba(OH)_2$ **له أكبر كتلة مولية.**

الكتلة المولية لـ KCl =

(39.098g/mol) + (35.453 g/mol) = 74.551g/mol

الكتلة المولية لـ CH_3OH =

12.011g/mol + (4 × 1.008 g/mol) + 15.999 g/mol=32.042 g/mol

الكتلة المولية لـ $Ba(OH)_2$ =

137.327g/mol + 2 × (15.999 g/mol +1.008 g/mol)

=171.341 g/mol

الكتلة المولية لـ CH_3COOH =

(2 ×12.011 g/mol) + (2 × 15.999g/mol) + (4 × 1.008g/mol)

=60.052 g/mol

الكتلة المولية لـ NaOH =

22.990g/mol + 15.999 g/mol + 1.008 g/mol = 39.997 g/mol

92. أي الكـؤوس يمكـن أن تحتـوي عـلى 9.32g مـن المادة الكيميائية؟

الكتلة =عدد المولات × الكتلة المولية.

عدد المولات =المولارية × حجم المحلول.

$$\text{حجم المحلول} = 500\ \text{mL} \times \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}} = 0.500\ \text{L}$$

$$\text{عدد المولات} = 0.500\ \text{L} \times 0.250\ \text{M} = 0.125\ \text{mol}$$

$$\text{كتلة KCl} = 0.125\ \text{mol} \times 74.551\ \text{g/mol} = 9.32\ \text{g}$$

$$\text{كتلة } CH_3OH = 0.125\ \text{mol} \times 32.042\ \text{g/mol} = 4.01\ \text{g}$$

$$\text{كتلة } Ba(OH)_2 = 0.125\ \text{mol} \times 171.341\ \text{g/mol} = 21.42\ \text{g}$$

$$\text{كتلة } CH_3COOH = 0.125\ \text{mol} \times 60.052\ \text{g/mol} = 7.51\ \text{g}$$

$$\text{كتلة NaOH} = 0.125\ \text{mol} \times 39.997\ \text{g/mol} = 5\ \text{g}$$

الكأس المُحتوي على KCl يمكن أن يحتوي على 9.32 جم منه.

93. أي الكؤوس تتكون محتوياته من 18.6% أكسجين؟

نسبة الأكسجين في المركب % = $\frac{\text{عدد ذرات الأكسجين} \times \text{الكتلة المولية له}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times ١٠٠$

نسبة الأكسجين في KCl = 0 %

نسبة الأكسجين % في $CH_3OH = \frac{15.999\frac{g}{mol}}{32.042\frac{g}{mol}} \times ١٠٠ = 49.931\ \%$

نسبة الأكسجين % في $Ba(OH)_2 = \frac{2\times15.999\frac{g}{mol}}{171.341\frac{g}{mol}} \times ١٠٠ = 18.675\ \%$

نسبة الأكسجين % في $CH_3COOH = \frac{2\times15.999\frac{g}{mol}}{60.052\frac{g}{mol}} \times ١٠٠$

$= 53.284\ \%$

نسبة الأكسجين % في $NaOH = \frac{15.999\frac{g}{mol}}{39.997\frac{g}{mol}} \times ١٠٠ = 40.001\ \%$

الكأس المُحتوي على $Ba(OH)_2$ تتكون محتوياته من 18.6 % أكسجين.

97. اكتب معادلة لما يحدث في الآنية الخزفية الموضحة في الشكل 16–4.

(أكسدة) $Cu^+ \rightarrow Cu^{2+} + e^-$

(اختزال) $Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$

98. استنادًا إلى لون آنية النحاس الخزفية، أيهما أكثر ميلاً للتأكسد، وأيهما أكثر ميلاً للاختزال؟

٩٨. الإناء على اليمين يميل إلى الاختزال لأن لونه مائل إلى الأحمر، والإناء على اليسار يميل إلى الأكسدة لأن لونه مائل إلى الزرقة.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي لا يعد عاملاً مختزلاً في تفاعل الأكسدة والاختزال؟

a. المادة التي تأكسدت

b. مستقبل الإلكترون

c. المادة الأقل كهروسالبية

d. مانح الإلكترون

b

التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس II موضح على النحو الآتي:

$$Ni_{(s)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + NiCl_{2(aq)}$$

استعمل المعادلة الكيميائية في الإجابة عن السؤالين 2 و3.

2. ما نصفا تفاعل الأكسدة والاختزال للتفاعل؟

a. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, Cl2_{(g)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2e^-$

b. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + e^-, Cu^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

c. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

d. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, 2Cu^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

c

3. العامل المختزل في المعادلة هو:

a. $NiCl_2$

b. Cu

c. $CuCl_2$

d. Ni

d

4. رقم التأكسد للكلور في $HClO_4$ هو:

a. $+7$

b. $+5$

c. $+3$

d. $+1$

a

5. العنصر الأعلى كهروسالبية بين العناصر الآتية هو:

d

a. Cl

b. N

c. O

d. F

6. المادة التي عدد تأكسدها يساوي صفرًا هي:

b

a. Cu^{2+}

b. H_2

c. SO_3^{2-}

d. Cl^-

7. التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور موضح على النحو الآتي:

$$2NaI_{(aq)} + Cl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

أي الأسباب الآتية تبقي حالة تأكسد الصوديوم دون تغيير:

a

a. Na^+ أيون متفرج.

b. Na^+ لا يمكن أن يختزل.

c. Na^+ عنصر غير متحد.

d. Na^+ أيون أحادي الذرة.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل المعادلة أدناه للإجابة عن السؤالين 9,8، علمًا أن المعادلة الأيونية الكلية بين اليود وأكسيد الرصاص IV موضحة على النحو الآتي:

$$I_{2(s)} + PbO_{2(s)} \rightarrow IO_3^-{}_{(aq)} + Pb^{2+}{}_{(aq)}$$

8. حدّد عدد التأكسد لكل مشارك في التفاعل.

$$\overset{0}{I_{2(s)}} + \overset{+4\ -2}{PbO_{2(s)}} \rightarrow \overset{+5\ -2}{IO_3^-{}_{(aq)}} + \overset{+2}{Pb^{2+}{}_{(aq)}}$$

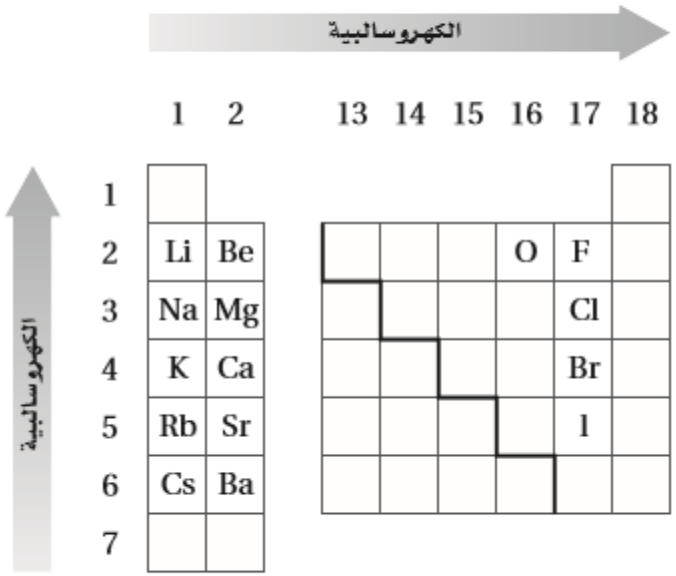
9. فسّر كيف تحدد العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل؟

العنصر الذي تأكسد يزداد عدد تأكسده، بينما العنصر الذي اختُزل يقل عدد تأكسده.

I_2 تأكسد، وPbO_2 في Pb اختزل.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل جدول العناصر الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. أي العناصر تمثل أقوى عامل مؤكسد؟ **الفلور F.**

11. أي العناصر تمثل أقوى عامل مختزل؟ **السيزيوم Cs**

12. أي العناصر لها أقل كهروسالبية؟ **السيزيوم Cs**