إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. لأن أيونات Ag^+ تتفاعل مع أيونات Cl^- في محلول $ZnCl_2$، وتكوّن راسبًا من كلوريد الفضة AgCl.

ب. ١. $Cr^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Cr^{2+}(aq)$

٢. $Br_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$

٣. $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

٤. $VO_2^+(aq) + 2H^+(aq) + e^- \longrightarrow VO^{2+}(aq) + H_2O(l)$

٢. بالنسبة إلى نصف-الخلية Fe^{2+}/Fe:

أ. $Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

ب. −0.44 V

بالنسبة إلى نصف-الخلية Cr^{2+}/Cr:

أ. $Cr(s) \longrightarrow Cr^{2+}(aq) + 2e^-$

ب. −0.91 V

بالنسبة إلى نصف-الخلية Ag^+/Ag:

أ. $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

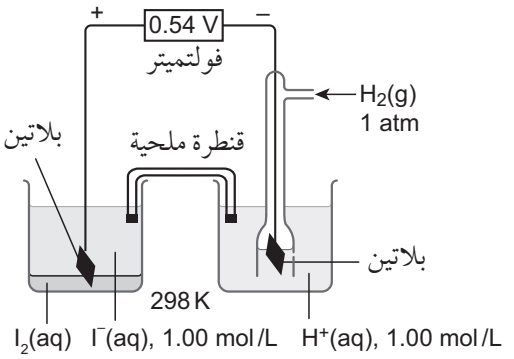
ب. +0.80 V

ج. في الخلايا الثلاث جميعها، يجب أن تساوي درجة الحرارة 298 K، ويكون تركيز الأيونات في كل نصف-خلية 1 mol/L، ويكون تركيز H^+ في كل قطب هيدروجين قياسي يساوي 1.00 mol/L، وضغط غاز الهيدروجين يساوي 1 atm (100 kP_a)، ويتم التوصيل الكهربائي بوساطة سلك فلزي مصنوع من البلاتين (المطلي بطبقة من البلاتين الأسود).

٣. أ. $S(s) + 2e^- \longrightarrow S^{2-}(aq)$

ب. +0.51 V

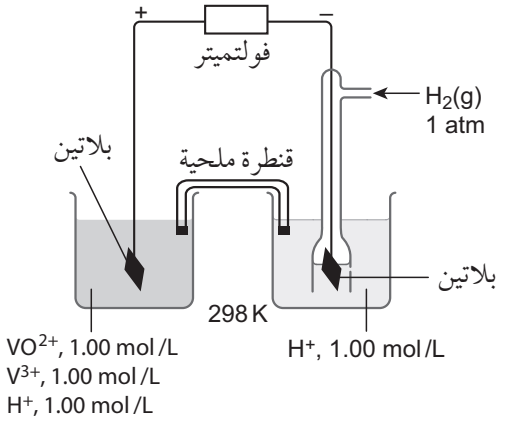
٤.



٥. +1.52 V

٦. يُعدّ البلاتين قطبًا كهربائيًا خاملًا، ولا يشارك في التفاعل.

٧.



٨. أ. Zn

ب. Zn^{2+}

ج. Zn

د. Ag^+

٩. أ. يجب أن تكون قيمة $E_r^\ominus$ للعامل المختزِل المستخدم أقل من −0.76 V، لهذا، فإن Al، أو Mg، أو Li على سبيل المثال سيختزل Zn^{2+} إلى Zn.

ب. يجب أن تكون قيمة $E_r^\ominus$ للعامل المؤكسِد المستخدم أكبر من +1.07 V، لهذا، فإن Cl_2، أو F_2، أو $Cr_2O_7^{2-}$ (في وسط حمضي)، أو MnO_4^- (في وسط حمضي)، أو O_2 (في وسط حمضي)، على سبيل المثال سيؤكسد Br^- إلى Br_2.

المعلم الإلكتروني الشامل

ج. يجب أن تكون قيمة $E_r^\ominus$ للعامل المختزِل المستخدم أقل من +0.17 V، لهذا، فإن أي جسيم موجود على الطرف الأيمن لنصف-معادلة تمتلك قيمة $E_r^\ominus$ أقل من +0.17 V ستختزل SO_4^{2-} إلى SO_2.

د. يجب أن تكون قيمة $E_r^\ominus$ للعامل المؤكسِد المستخدم أكبر من +1.36 V، لهذا، فإن F_2، أو PbO_2، أو MnO_4^- (في وسط حمضي) على سبيل المثال سيؤكسد Cl^- إلى Cl_2.

١٠. أ. Cr^{2+}

ب. Ag

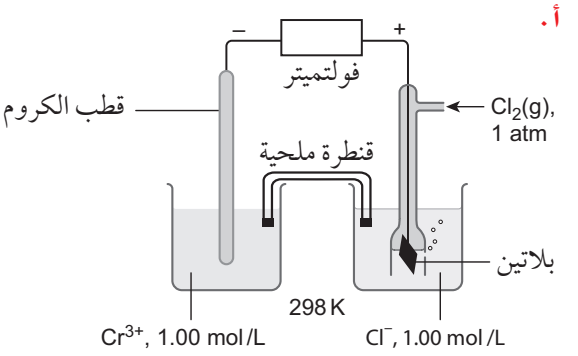
١١. أ. F_2/F^- هو القطب الموجب، و Mn^{2+}/Mn هو القطب السالب، وبالتالي تتدفق الإلكترونات من Mn^{2+}/Mn إلى F_2/F^-.

ب. I_2/I^- هو القطب الموجب و Sn^{4+}/Sn^{2+} هو القطب السالب، وبالتالي تتدفق الإلكترونات من Sn^{4+}/Sn^{2+} إلى I_2/I^-.

ج. $Cr^{3+}/Cr_2O_7^{2-}$ هو القطب الموجب، و Cu^{2+}/Cu هو القطب السالب، وبالتالي تتدفق الإلكترونات من Cu^{2+}/Cu إلى $Cr^{3+}/Cr_2O_7^{2-}$.

د. Ni^{2+}/Ni هو القطب السالب، و Fe^{3+}/Fe هو القطب الموجب، وبالتالي تتدفق الإلكترونات من Ni^{2+}/Ni إلى Fe^{3+}/Fe.

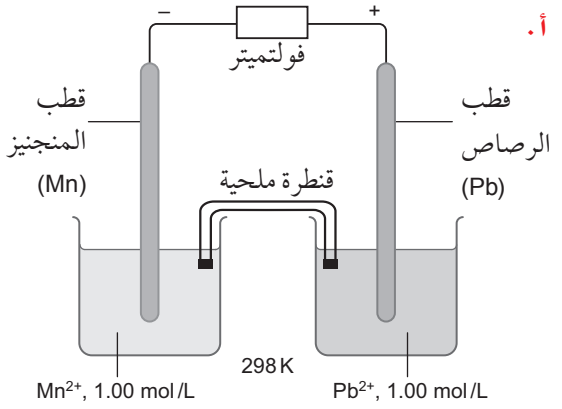
١٢. أ.



ب. 1.36 – (–0.74) = +2.10 V

ج. نصف-الخلية Cl_2/Cl^-

١٣. أ.



ب. (–0.13) – (–1.18) = +1.05 V

ج. نصف-الخلية Pb^{2+}/Pb، أو قطب الرصاص Pb

١٤. أ. نعم

$$Cl_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-(aq) \quad E_r^\ominus = +1.36V$$

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

$$E_r^\ominus = +1.52V$$

$$E_{cell}^\ominus = 1.52 - 1.36 = +0.16\ V$$

تمتلك نصف-معادلة اختزال البرمنجنات جهد اختزال أكبر من غاز الكلور، لهذا سوف يُختزل البرمنجنات (ينزاح التفاعل في الاتجاه الأمامي)، بينما تتأكسد أيونات الكلوريد (ينزاح التفاعل في الاتجاه العكسي). لن يكون إجراء هذا التفاعل في مختبر مفتوح آمنًا بسبب تكوّن غاز الكلور السام. ويتم التفاعل الكلي وفق المعادلة الآتية:

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 10Cl^- \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Cl_2(aq) + 8H_2O(l)$$

ب. لا.

$$F_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-(aq) \quad E_r^\ominus = +2.87\ V$$

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

$$E_r^\ominus = +1.52V$$

$$E_{cell}^\ominus = 1.52 - 2.87 = -1.85\ V$$

المعلم الإلكتروني

تمتلك نصف–معادلة اختزال البرمنجنات جهد اختزال أقل من غاز الفلور، لهذا لن يُختزل البرمنجنات (لن ينزاح التفاعل في الاتجاه الأمامي)، وبالتالي لن تتأكسد أيونات الفلوريد (لن ينزاح التفاعل في الاتجاه العكسي).

ج. نعم.

$2H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$ $\quad E_r^\ominus = 0.00\ V$

$V^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons V^{2+}(aq)$ $\quad E_r^\ominus = -0.26\ V$

$$E_{cell}^\ominus = 0.00 - (-0.26) = +0.26\ V$$

تمتلك نصف–معادلة اختزال الهيدروجين جهد اختزال أكبر من أيونات V^{3+}، لهذا سوف يُختزل الهيدروجين (ينزاح التفاعل في الاتجاه الأمامي)، بينما تتأكسد أيونات V^{2+} (ينزاح التفاعل في الاتجاه العكسي). ويكون التفاعل الكلي وفق المعادلة الآتية:

$$2H^+(aq) + 2V^{2+}(aq) \longrightarrow H_2(g) + 2V^{3+}$$

د. لا.

$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +0.77\ V$

$2H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$ $\quad E_r^\ominus = 0.00\ V$

$$E_{cell}^\ominus = 0.00 - 0.77 = -0.77\ V$$

تمتلك نصف–معادلة اختزال الهيدروجين جهد اختزال أقل من أيونات Fe^{3+}، لهذا لن يُختزل الهيدروجين (لن ينزاح التفاعل في الاتجاه الأمامي)، وبالتالي لن تتأكسد أيونات Fe^{2+} (لن ينزاح التفاعل في الاتجاه العكسي).

١٥. أ. يمتلك تفاعل نصف–الخلية $Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$ قيمة $E_r^\ominus$ أكبر من تفاعل نصف–الخلية $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$، لهذا يستقبل تفاعل نصف–الخلية $\frac{1}{2}Br_2 + e^- \rightleftharpoons Br^-$ الإلكترونات بسهولة أكثر، وينزاح التفاعل في الاتجاه الأمامي، بينما ينزاح تفاعل نصف–الخلية $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$ في الاتجاه العكسي.

ب. يمتلك تفاعل نصف–الخلية $Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$ قيمة $E_r^\ominus$ أقل من تفاعل نصف–الخلية $Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$، لهذا لن يستقبل تفاعل نصف–الخلية $Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$ الإلكترونات، وبالتالي لن ينزاح في الاتجاه الأمامي، لهذا، لا يؤكسد البروم أيونات الكلوريد إلى كلور.

١٦. أ. ١. تصبح قيمة $E_r^\ominus$ أكبر من +1.33 V

٢. تصبح قيمة $E_r^\ominus$ أقل من +1.33 V

٣. تصبح قيمة $E_r^\ominus$ أقل من +1.33 V

ب. ١. تزداد قوة $Cr_2O_7^{2-}$ كعامل مؤكسد

٢. تقل قوة $Cr_2O_7^{2-}$ كعامل مؤكسد

٣. تقل قوة $Cr_2O_7^{2-}$ كعامل مؤكسد

ج. زيادة تركيز الأيون $Cr_2O_7^{2-}$، أو زيادة تركيز الأيون H^+ أوخفض تركيز الأيون Cr^{3+}.

د. ازدياد تركيز المواد المتفاعلة، أو خفض تركيز المواد الناتجة يؤدي إلى انزياح موضع الاتزان نحو اليمين، وتزداد قيمة $E_r^\ominus$، ويصبح المحلول المكوّن من النظام $Cr_2O_7^{2-}/H^+$ عاملًا مؤكسدًا أقوى.

١٧. أ. $E_r = E_r^\ominus - \frac{0.059}{z}\log_{10}\frac{1}{[Ni^{2+}]}$

$$E_r = -0.25 - \frac{0.059}{2}\log_{10}\frac{1}{1.5}$$

$$E_r = -0.25 + 0.00519 = -0.24\ V$$

ب. $E_r = E_r^\ominus - \frac{0.059}{z}\log_{10}\frac{1}{[Ag^+]}$

$$E_r = +0.80 - \frac{0.059}{1}\log_{10}\frac{1}{0.0002}$$

$$E_r = +0.80 - 0.22 = +0.58\ V$$

ج. ب (+0.62 V)

١٨. أ. تنتج عملية التوصيل الكهربائي من حركة الأيونات، وبالتالي يجب أن تكون الأيونات قادرة على التحرك نحو الأقطاب الكهربائية حتى تحدث عملية التحليل الكهربائي.

المحتوى الإلكتروني للتأمل

ب. يوصل الجرافيت الكهرباء بسبب وجود إلكترونات غير متمركزة، يمكن أن تتحرك داخل طبقات الجرافيت، ويمتلك درجة انصهار مرتفعة؛ لذلك لا ينصهر عند درجات الحرارة المرتفعة في الخلية الإلكتروليتية، بسبب التركيب الجزيئي الضخم للروابط التساهمية القوية.

١٩. أ. تحمل الكاتيونات شحنة موجبة، ويحمل الكاثود شحنة سالبة، والشحنات المتعاكسة تتجاذب فيما بينها.

ب. $Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s)$

يتم اختزال أيونات الرصاص التي تكتسب إلكترونات، فتحدث عملية الاختزال على الكاثود دائمًا.

٢٠. يقع الهيدروجين فوق (أعلى) الصوديوم في سلسلة قيم جهود الاختزال القياسية وبالتالي فإن قيمة جهد الاختزال القياسي لأيونات الهيدروجين أكبر من أيونات الصوديوم، لذلك فإن قدرة أيونات الهيدروجين على كسب الإلكترونات أكبر من أيونات الصوديوم.

٢١. أ. الآنود: اليود؛ الكاثود: الألومنيوم.

ب. الآنود: الكلور؛ الكاثود: الهيدروجين.

ج. الآنود: البروم؛ الكاثود: الهيدروجين.

د. الآنود: الأكسجين؛ الكاثود: الخارصين.

٢٢. أ. ١. الكاثود:

$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

٢. الآنود:

$$2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

ب. قد يتكوّن مخلوط من الكلور والأكسجين، وسوف تزداد نسبة الأكسجين كلما أصبح المحلول مخففًا أكثر.

ففي المحاليل المخففه جدًا يتكوّن الأكسجين عوضًا من الكلور عند الآنود (المصعد)؛ لأن التركيز المنخفض نسبيًا لأيونات الكلور يسمح لأيونات OH^- بأن تكون أسفل أيونات Cl^- في سلسلة جهود الاختزال.

أما في محلول حمض الهيدروكلوريك المركز، فتكون أيونات الكلوريد Cl^- أسفل أيونات OH^- في سلسلة جهود الاختزال، وبالتالي سيتكوّن غاز الكلور عند المصعد.

٢٣. $Q = I.t$

$$Q = 1.80 \times 45.0 \times 60 = 4860\ C$$

بالنسبة إلى التفاعل الذي يتم وفق نصف-المعادلة:

$$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$$

يترسب 1 mol (108 g) من الفضة عند تمرير كمية شحنة مقدارها 96500 C، لذلك، عند تمرير كمية شحنة تساوي 4860 C، يترسب:

$$\frac{4860}{96500} \times 108 = 5.44\ g$$

حل آخر

باستخدام القانون $m = \frac{QM_r}{z.F}$

$$\frac{4860 \times 108}{1 \times 96500}$$

$$= 5.44g$$

٢٤. بالنسبة إلى التفاعل الذي يتم وفق نصف-المعادلة:

$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

يلزم تمرير 2 mol من الإلكترونات لإنتاج 1 mol من غاز الهيدروجين.

لذا، يلزم تمرير شحنة تساوي: $2 \times 96500 =$ 193000 C لإنتاج 1 mol من غاز الهيدروجين.

$$Q = I.t$$

$$Q = 1.40 \times 15.0 \times 60 = 1260\ C$$

1 mol من غاز الهيدروجين يشغل حجمًا مقداره 24 L عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p).

وبالتالي يكون حجم غاز الهيدروجين الناتج:

$$\frac{1260}{193000} \times 24 = 0.157\ L$$

المعلم الإلكتروني الشامل

حل آخر

باستخدام قانون عدد المولات

$$n = \frac{Q}{z.F}$$

$$\frac{1260}{2 \times 96500}$$

$$= 6.53 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

1 mol من غاز H_2 يشغل حجمًا مقداره 24 L عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p). وبالتالي يكون حجم غاز الهيدروجين الناتج:

$$= \frac{1260 \times 24}{193000}$$

$$= 0.157 \text{ L}$$

٢٥. عند إجراء عملية تحليل كهربائي لمحلول من كبريتات الصوديوم، ينتج غاز الأكسجين عند الآنود من أيونات OH^- وفق نصف–المعادلة الآتية:

$$4OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^-$$

يتم فقد 4 mol من الإلكترونات لإنتاج 1 mol من الغاز O_2.

الشحنة المنتقلة = $4F = 4 \times 96500 = 386000$ C

$Q = I.t = 0.70 \times 55 \times 60 = 2310$ C

الشحنة التي مقدارها 386000 C تُنتج 1 mol من O_2، أي 24 L من O_2.

لذا، فالشحنة التي مقدارها 2310 C تُنتج:

$$\frac{2310}{386000} \times 24.0 = 0.144 \text{ L}$$

عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p)

حل آخر

باستخدام قانون عدد المولات

$$n = \frac{Q}{z.F}$$

$$n = \frac{0.70 \times 55 \times 60}{4 \times 96500}$$

$$= 5.98 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

1 mol من غاز O_2 يشغل حجمًا مقداره 24 L عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p).

وبالتالي يكون حجم غاز الأكسجين الناتج:

$$0.598 \times 10^{-3} \times 24$$

$$= 0.144 \text{ L}$$

٢٦. كمية الشحنة التي تمّ تمريرها لترسيب 0.45 g من الفضة: $Q = I.t = 0.15 \times 45 \times 60 = 405$ C

تُوضح معادلة عملية التحليل الكهربائي بأنه يلزم 1 mol من الإلكترونات لإنتاج 1 mol من فلز الفضة وفق نصف–المعادلة الآتية:

$$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$$

لترسيب 1 mol (108 g) من الفضة يلزم شحنة مقدارها:

$$\frac{108}{0.45} \times 405 \text{ C} = 97200 \text{ C/mol}$$

٢٧.

$$N_A = \frac{\text{الشحنة الموجودة على مول واحد من الإلكترونات } (F)}{\text{الشحنة الموجودة على إلكترون واحد (e)}}$$

$$N_A = \frac{96485}{1.6022 \times 10^{-19}}$$

$N_A = 6.0220 \times 10^{23}$/mol أو mol^{-1}

مقرّبة إلى 5 أرقام معنوية

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. A فولتميتر لقياس قيمة فرق جهد الخلية.

ب. B قنطرة ملحية:

تحافظ على الاتزان الأيوني في نصفَي–الخلية وتُكمل الدائرة الكهربائية.

C محلول تركيزه يساوي 1.00 mol/L من أيونات Zn^{2+} أو كبريتات الخارصين $ZnSO_4$ أو أملاح خارصين أخرى قابلة للذوبان.

المحلول الإلكتروليتي هو الوسط (أو الوسيط) الذي يمكن للأيونات أن تنتقل من خلاله بين الآنود والكاثود.

D قطب من البلاتين، يسمح سطحه بانتقال الإلكترونات من جسيم إلى آخر، فيؤمّن التلامس الكهربائي.

المعلم الإلكتروني الشامل