الباب الحادى عشر

« الكيمياء الكهربية »

أمثلة محلولة :

مثال (١) :

أذكر نواتج التحليل الكهربى بين قطبين من البلاتين لمحاليل المواد الآتية فى الماء :
(أ) $Na_3 PO_4$ ، (ب) $Cd I_2$.

الحل :

(أ) عند المهبط (الكاثود) تمر الالكترونات إلى المحلول وتعادل أيونات الصوديوم الموجبة وينبع هذا تفاعل الصوديوم مع الماء والنتيجة هو أن يتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط ويتكون هيدروكسيد الصوديوم . وعند المصعد (الآنود) تمر الالكترونات من أيونات الفوسفات السالبة إلى القطب ويتبع ذلك تفاعل شق الفوسفات مع الماء والنتيجة هو أن يتصاعد غاز الأكسيجين عند المصعد ويتكون حمض الفوسفوريك . ويتعادل الحمض المتكون مع القاعدة ويتكون فوسفات الصوديوم والماء .

(ب) عند المهبط تمر الالكترونات إلى المحلول وتعادل أيونات الكادميوم ويترسب الفلز على المهبط . وعند المصعد تمر الالكترونات من أيونات اليوديد السالبة إلى القطب وتتحد ذرات اليود مع بعضها ويتكون اليود (I_2) .

مثال (٢) :

ما قيمة الشحنة الكهربية بالكولومب لعدد من أيونات الصوديوم يساوى عدد أفوجادرو .

الحل :

الشحنة الالكترونية تكافئ $١,٦٠ \times ١٠^{-١٩}$ كولومب . وأيون الصوديوم يحمل + ١ شحنة الكترونية . والشحنة التى تكافئ واحد مول (عدد أفوجادرو) من أيونات الصوديوم = ($٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}$) ($١,٦٠ \times ١٠^{-١٩}$) = ٩٥٦٠٠ كولومب :

مثال (٣) :

احسب الزمن اللازم لتحضير ٤٧ لتراً من غاز الأكسيجين مقاساً فوق سطح الماء عند ضغط قدره ٧٣٥ مم ز ودرجة حرارة ٣٥°م . وذلك بالتحليل الكهربي لمحلول من كبريتات النحاس علماً بأن التيار المار شدته ١٥.٥ أمبير . (ضغط بخار الماء عند ٣٥° م = ٤٢ مم زئبق)

الحل :

يحسب أولا عدد الأوزان الجرامية من الغاز التي تكافئ ٤٧ لتراً عند الظروف المعينة ثم يستخدم قانون فاراداى لحساب كمية الكهرباء المارة فى المحلول . وحيث أن شدة التيار معلومة فيمكننا حساب الزمن .

الضغط البارومترى = ضغط الغاز الجاف + ضغط بخار الماء = ٧٣٥ مم ز

$$P_{O_2} = P_{H_2O} - P_{O_2} - ٤٢$$

ضغط الغاز (P_{O_2}) = ٧٣٥ - ٤٢ = ٦٩٣ مم ز

$$= \frac{٦٩٣}{٧٦٠} = ٠.٩١٢ \text{ ضغط جو}$$

حجم الغاز = ٤٧ لتر

درجة الحرارة = ٣٥ + ٢٧٣ = ٣٠٨° مطلقة .

من المعادلة العامة للغازات ($PV = nRT$) نحصل على :

عدد الأوزان الجزيئية الجرامية من الغاز (n) = $\frac{PV}{RT}$

$$= \frac{٠.٩١٢ \times ٤٧}{٠.٠٨٢ \times ٣٠٨} = ١.٧ \text{ جزئ جرامى}$$

وعند التحليل الكهربي لمحلول كبريتات النحاس تمر الالكترونات من أيون الكبريتات إلى المصعد ويلى ذلك تكوين حمض الكبريتيك كما فى المعادلة :

$$2SO_4^{--} + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + O_2 + 4e^-$$

أى أنه يلزم مرور ٤ الكترونات إلى القطب لكل جزئ من غاز الأكسجين وهذا معناه أن :

الوزن المكافئ للغاز = $\frac{١}{٤}$ الوزن الجزيئى = ٩٦٥٠٠ كولومب وبذلك يتضح أن : كمية الكهرباء المارة فى المحلول = ١.٧ × ٤ × ٩٦٥٠٠ = ٦٥٥٠٠٠ كولومب

$$\text{الزمن بالثانية} = \frac{\text{كمية الكهرباء بالكولومب}}{\text{التيار بالأمبير}} = \frac{٦٥٥٠٠٠}{٥٠٥} = ١,١٩ \times ١٠^{٥} \text{ ثانية}$$

$$\text{الزمن بالساعة} = \frac{١,١٩ \times ١٠^{٥}}{٦٠ \times ٦٠} = ٣٣ \text{ ساعة}$$

مثال (٤) :

عند طلاء قضيب طوله ١٢.٧ سم وقطره ١.٩٠ سم بالنيكل . مرر تيار قدره ٢,٥ أمبير لمدة ٥٠ دقيقة . أوجد سُمك الطلاء علماً بأن كثافة النيكل تساوى ٨,٩ جم / سم^{٣} وأن أطراف القضيب قد طليت أيضاً .

الحل :

من أبعاد القضيب يمكننا حساب مساحة سطحه ومن كمية الكهرباء المارة فى المحلول يمكننا حساب وزن النيكل المترسب ثم يحسب سمك طبقة النيكل بمعلومية وزن النيكل المترسب على وحدة المساحات وكثافة النيكل .

مساحة سطح القضيب = ٢ ط نق^{٢} + ٢ ط نق ع

$$= ٢ \times ٣.١٤ \times (٠.٩٥)^{٢} + ٢ \times ٣.١٤ \times ٠.٩٥ \times ١٢.٧$$

$$= ٥.٦٥ + ٥٧.٧ = ٨٤.٤ \text{ سم}^{٢}$$

عندما يترسب النيكل على القضيب (المهبط) يلتقط كل أيون نيكل (Ni^{++}) اثنين من الالكترونات وهذا يعنى أن الوزن المكافئ للنيكل يساوى $\frac{١}{٢}$ الوزن الذرى . .

كمية الكهرباء فى المحلول = ٢,٥ × ٥٠ × ٦٠ = ٧٥٠٠ كولومب

$$\text{عدد الأوزان المكافئة المترسبة} = \frac{٧٥٠٠}{٩٦٥٠٠} = ٠.٠٧٧٨ \text{ فاراداى}$$

$$\text{وزن النيكل المترسب} = \frac{\text{الوزن الذرى}}{٢} \times ٠.٠٧٧٨$$

$$= \frac{٥٨,٧}{٢} \times ٠.٠٧٧٨ = ٢.٣ \text{ جم}$$

$$\text{وزن النيكل المترسب على وحدة المساحات} = \frac{٢,٣}{٨٤.٤} = ٢.٧ \times ١٠^{-٢} \text{ جم / سم}^{٢}$$

(من جدول الكثافة نتبين أن كثافة النيكل = ٨.٩ جم / سم^{٣})

سمك طبقة النيكل = $\frac{\text{الوزن لوحدة المساحات}}{\text{الكثافة}} = \frac{٢٫٧ \times ١٠^{-٢}}{٨٫٩} = ٣٫٠ \times ١٠^{-٣}$ سم

مثال (٥) :

إذا علم أن تفاعل خلية مركم الرصاص هو :

$$Pb\,(s) + PbO_2(s) + 2\,H^+ + 2\,HSO_4^- \rightarrow 2\,PbSO_4(s) + 2\,H_2O$$

أوجد الوزن بالجرام لكل من المواد الداخلة فى التفاعل كى نحصل على ١٠٠ أمبير ــ ساعة من الخلية .

الحل :

كمية الكهرباء التى نحصل عليها = ١٠٠ أمبير ــ ساعة

= ١٠٠ × ٦٠ × ٦٠ = ٣٫٦ × ١٠^{٥} كولومب (أمبير ثانية)

عدد الأوزان المكافئة الجرامية = عدد الفاراداى = $\frac{٣٫٦ \times ١٠^{٥}}{٩٦٥٠٠}$ = ٣٫٧٣ فاراداى

من تفاعل الخلية يتضح لنا أن الوزن المكافئ للرصاص = $\frac{١}{٢}$ الوزن الذرى ، الوزن المكافئ لأكسيد الرصاص = $\frac{١}{٢}$ الوزن الجزيئى ، الوزن المكافئ لحمض الكبريتيك = الوزن الجزيئى كما يبين ذلك معادلة التفاعل . وبذلك نجد :

وزن الرصاص = ٣٫٧٣ × $\frac{١}{٢}$ الوزن الذرى = ٣٫٧٣ × $\frac{٢٠٧٫٢}{٢}$

= ٣٨٦ جم رصاص

وزن أكسيد الرصاص = ٣٫٧٣ × $\frac{١}{٢}$ الوزن الجزيئى = ٣٫٧٣ × $\frac{٢٣٩٫٢}{٢}$

= ٤٤٦ جم أكسيد رصاص

وزن حمض الكبريتيك = ٣٫٧٣ × الوزن الجزيئى = ٣٫٧٣ × ٩٨

= ٣٦٦ جم حمض كبريتيك

مثال (٦) :

ما هو جهد التأكسد القياسى للقطب (MnO_2, MnO_4^-) فى وسط حمضى .

الحل :

تفاعل القطب هو :

$$MnO_2 + 2H_2O \rightarrow MnO_4^- + 4H^+ + 3e$$

وهذا التفاعل يمكن كتابته على أنه الفرق بين نصفى التفاعلين التاليين (وتقرأ جهودها القياسية من جدول جهود الأقطاب القياسية) :

$$Mn^{++} + 4H_2O \rightarrow MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- ; E_o = -1.51 ; nE_o = -7.55$$
$$-(Mn^{++} + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 4H^+ + 2e^- ; E_o = -1.23 ; nE_o = -2.46)$$

باجراء عملية طرح المعادلة الثانية من الأولى نحصل على :

$$2H_2O \rightarrow MnO_4^- + MnO_2 + 4H^+ + 3e^- ; nE_o = -5.09$$

ويمكن تعديل هذه المعادلة فى الصورة :

$$MnO_2 + 2H_2O \rightarrow MnO_4^- + 4H^+ + 3e^-$$

ويتضح أن الجهد القياسى لهذا القطب هو :

$$E^\circ = \frac{-5.09}{3} = -1.70 \text{ volt}$$

مثال (٧) :

كم يكون جهد قطب الهيدروجين عندما يكون تركيز أيونات الهيدروجين فى المحلول 10^{-2} جزئ جرامى / لتر وضغط غاز الهيدروجين 1 ضغط جو .

الحل :

معادلة تفاعل قطب الهيدروجين :

$$H_2(g) \rightarrow 2H^+ + 2e^- ; E^\circ = 0$$

تمثل معادلة نرنست العلاقة بين جهد القطب أو الخلية (E) وجهد القطب أو الخلية القياسى (E_o) ودالة التركيز (Q) التى تمثل النسبة بين تركيز المواد الناتجة والداخلة فى معادلة تفاعل القطب أو الخلية وكل تركيز مرفوع إلى قوة يساوى المعاملات فى المعادلة الكيميائية الموزونة . وتكتب المعادلة عند ٢٥°م فى الصورة :

$$E = E^\circ - \frac{0.0592}{z} \log Q$$

وترمز z لعدد الالكترونات الداخلة أو الناتجة من تفاعل القطب .

فى هذه الحالة : E° = صفر ، $[H^{+}] = 10^{-2}$ جزئ جرامى / لتر ، $P_{H_2} = 1$ جو

وبالتعويض فى معادلة نرنست نحصل على جهد القطب :

$$E = O - \frac{0.592}{z} \log \frac{[H^{+}]^2}{P_{H_2}}$$

$$= 0 - 0.0592 \log 10^{-2} = + 0.118 \text{ volt}$$

مثال (٨) :

احسب مقدار E للتفاعل الكلى :

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

وعندما يكون تركيز Al^{+3} فى المحلول ٠,١٠ جزئ جرامى / لتر وتركيز I^{-} هو ٠,٠١٠ جزئ جرامى / لتر .

الحل :

يجب أولا أن نحصل على الجهد القياسى لتفاعل الخلية الكلى ثم نطبق معادلة نرنست للحصول على جهد الخلية عند الظروف المبينة :

ويمثل هذا التفاعل مجموع نصفى التفاعل :

$$Al(s) \rightarrow Al^{+3} + 3e^{-} \quad ; \quad E^{\circ} = + 1.66 \text{ volt}$$

$$I_2(s) + 2e^{-} \rightarrow 2I^{-} \quad ; \quad E^{\circ} = + 0.54 \text{ volt}$$

وبالجمع نحصل على :

$$2Al(s) + 3I_2(s) \rightarrow 2Al^{+3} + 6I^{-} \quad ; \quad E^{\circ} = + 2.20 \text{ volt}$$

ويتضح أن ذرتين من الألمنيوم تعطى ٦ الكترونات بينما يلتقط ثلاثة جزيئات من اليود ٦ الكترونات وتكتب معادلة نرنست فى الصورة :

$$E = E^{\circ} - \frac{0.0592}{6} \log [Al^{+3}]^2 [I^{-}]^6$$

$$= 2.20 - \frac{0.0592}{6} \log (0.10)^2 (0.010)^6$$

$$= + 2.34 \text{ volt}$$

مثال (٩) :

اكتب معادلات كيميائية موزونة تبين ما يمكن أن يحدث عند خلط محاليل المواد الآتية مع بعضها :

(أ) KI ، $FeCl_3$ (ب) KI ، Cl_2 (حـ) $NaCl$ ، Br_2

الحل :

يمكن أن نتبين من جدول الجهود القياسية أنه عند التركيزات القياسية فإن أى عامل مختزل يمكنه اختزال عامل مؤكسد يوجد أسفل منه فى الجدول ولكنه لا يمكنه اختزال عامل مؤكسد يوجد أعلى منه .

(أ) من جدول جهود الأقطاب القياسية يتضح أن :

$2I^- = I_2(s) + 2e^-$; $E^\circ = -0.53$ volt

$Fe^{++} = Fe^{+++} + e^-$; $E^\circ = -0.77$ volt

وهذا يدل على أن اليوديد يختزل الحديديك والنتيجة هو أن يحدث التفاعل :

$2Fe^{+3} + 2I^- = 2Fe^{++} + I_2$

(ب) فى هذه الحالة نجد :

$2I^- = I_2(s) + 2e^-$; $E^\circ = -0.53$ volt

$2Cl^- = Cl_2(g) + 2e^-$; $E^\circ = -1.36$ volt.

والنتيجة هو أن يؤكسد الكلور اليوديد وينتج اليود تبعاً للمعادلة :

$Cl_2 + 2I^- = 2Cl^- + I_2$

(حـ) نتبين من جدول الجهود القياسية فى هذه الحالة أن :

$Na = Na^+ + e^-$; $E^\circ = -2.71$ volt

$2Br^- = Br_2 + 2e^-$; $E^\circ = -1.07$ volt

$2Cl^- = Cl_2 + 2e^-$; $E^\circ = -1.36$ volt.

وتدل الجهود القياسية على أنه لن يحدث تفاعل بين البروم وكلوريد الصوديوم .

مثال (١٠) :

إذا فرض أن لدينا محلول (أ) يتكون من ٥٠ سم^3 من محلول ٠,٠١ جزئ جرامى / لتر من هيدروكسيد الصوديوم ، محلول (ب) يتكون من ٥٠ سم^3 من محلول ٠,٠٢٣٣ جزئ جرامى/لتر

من حمض الهيدروكلوريك . وإذا فرض أن قيم λ للايونات Cl^-، OH^-، Na^+، H^+ هى ٣٥٠ ، ٥٠ ، ٢٠٠ ، ٧٥ على التوالى . احسب عدد الحمل لأيون الصوديوم فى مخلوط المحلولين (أ) ، (ب) . والتوصيل النوعى للمخلوط .

الحل :

عند خلط ٥٠ مل من محلول ٠,٠١ جزئ جرامى / لتر هيدروكسيد صوديوم مع ٥٠ مل من محلول ٠,٠٢٣٣ جزئ جرامى / لتر حمض هيدروكلوريك يتعادل كل القاعدة مع جزء من الحمض ويصبح المحلول الناتج تركيزه $\left(\frac{٠,٠١}{٢}\right)$ جزئ جرامى/لتر من كلوريد الصوديوم (NaCl) و $\left(\frac{٠,٠١٣٣}{٢}\right)$ جزئ جرامى / لتر من حمض الهيدروكلوريك (HCl) والتوصيل النوعى للمخلوط يساوى مجموع التوصيل النوعى لمكونات المحلول الناتج . وحيث أن التوصيل النوعى (k_i) يربطه بالتركيز (C_i) والتوصيل المكافئ (λ_i) المعادلة :

$$k_i = \lambda_i \, C_i \, 1000$$

ونحصل على التوصيل النوعى الكلى (k) للمخلوط من المعادلة :

$$1000\ k = \lambda_{Na^+} C_{Na^+} + \lambda_{Cl^-} C_{Cl^-} + \lambda_{H^+} C_{H^+}$$

$$= \tfrac{1}{2} (50 \times 0.01 + 75 \times 0.0233 + 350 \times 0.0133)$$

$$= \tfrac{1}{2} (6.90) = 3.45$$

أى أن التوصيل النوعى للمخلوط :

$$k = 3.45 \times 10^{-3}$$

ونحصل على عدد الحمل لأيون الصوديوم Na^+ فى المخلوط بالتعويض فى المعادلة :

$$t_{Na^+} = \frac{k_{Na^+}}{k} = \frac{(50 \times 0.005)\ 10^{-3}}{3.45 \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{0.25}{3.45} = 0.0725$$

مثال (١١) :

عند التحليل الكهربى لمحلول يحتوى على ٠,١ جزئ جرامى / لتر من بروميد الصوديوم فى

فى خلية هيتورف باستخدام مصعد (آنود) من فضة – بروميد فضة ومهبط (كاثود) من البلاتين ، وجد عند الانتهاء من التجربة أن محلول حجرة الكاثود يتعادل مع ٢٠ مل من ٠,١٥ عيارى حمض هيدروكلوريك وأن محلول حجرة الآنود يزن ٨٥,٠ جرام ويحتوى على ٠,٧٤ جرام أو ٧,٣ × ١٠$^{-٣}$ جزئ جرامى من بروميد الصوديوم .

(أ) اكتب تفاعل الآنود والزيادة أو النقص فى حجرة الآنود نتيجة الحمل .

(ب) احسب عدد الحمل لأيون البروميد فى محلول تركيزه ٠,١ جزئ جرامى بروميد صوديوم / لتر .

الحل :

فى هذه الحالة يمكننا كتابة تفاعل الكاثود فى الصورة :

$$H_2O + e^- = \frac{1}{2} H_2 + OH^-$$

وحيث إن محلول حجرة الكاثود يتعادل مع ٢٠ مل من ٠,١٥ عيارى حمض هيدروكلوريك فهذا يدل على أن كمية الهيدروكسيد المتكونة هى $\frac{٢٠}{١٠٠٠} \times ٠,١٥ = ٠,٠٠٣$ مكافئ جرامى وبذلك فإن كمية الكهرباء المارة فى المحلول تساوى ٠,٠٠٣ فاراداى . عند الآنود (المصعد) تمر الإلكترونات إلى القطب وتفاعل الآنود هو :

$$Ag + Br^- = AgBr + e^-$$

وهذا يعنى أن لكل فاراداى من الكهرباء فإن هناك مكافئ جرامى من أيونات البروميد (Br^-) تترك حجرة المهبط وتدخل حجرة المصعد ، وأن t_+ مكافئ جرامى من أيونات الصوديوم (Na^+) تترك حجرة المصعد وتدخل حجرة المهبط نتيجة الحمل ، وبذلك سيكون هناك نقص t_+ مكافئ جرامى من بروميد الصوديوم فى حجرة المصعد . وتحوى حجرة المصعد كمية من الماء تزن ٨٥,٠ – ٠,٧٤ = ٨٤,٢٦ جرام ماء ولذلك فإنها تحتوى فى بداية التجربة على كمية من بروميد الصوديوم تساوى $\frac{٨٤,٢٦}{١٠٠٠} \times ٠,١ = ٨,٤٣ \times ١٠^{-٣}$ جزئ جرامى بروميد صوديوم .

ويكون النقص فى حجرة الآنود نتيجة الحمل

$$= ٨,٤٣ \times ١٠^{-٣} - ٧,٣ \times ١٠^{-٣} = ١,١٣ \times ١٠^{-٣} \text{ جزئ جرامى}$$

$$\text{عدد الحمل لأيون الصوديوم فى المحلول } t_+ = \frac{١,١٣ \times ١٠^{-٣}}{٠,٠٠٣} = ٠,٣٧٧$$

عدد الحمل لأيون البروميد فى المحلول $t_- = ١ - ٠.٣٧٧ = ٠,٦٢٣$

مثال (١٢) :

إذا وجد أن مقاومة خلية توصيل تساوى ٢٥٠ أوم عند ملئها بمحلول يحتوى على ٠.٠٢ جزىء جرامى كلوريد بوتاسيوم فى اللتر عند ٢٥°م وتساوى ١٠° أوم عند ملئها بمحلول يحتوى على ٦×١٠^{-٥} جزىء جرامى / لتر من هيدروكسيد الأمونيوم وإذا علم أن التوصيل النوعى لمحلول يحتوى على ٠,٠٢ جزىء جرامى / لتر من كلوريد البوتاسيوم يساوى ٠.٠٠٢٧٧ أوم سم$^{-١}$ والتوصيل المكافئ لأيونات الأمونيوم والهيدروكسيل يساوى ٧٣,٤ ، ١٩٨ على التوالى . احسب ثابت الخلية ودرجة تفكك هيدروكسيد الأمونيوم فى محلول يحتوى على ٦×١٠^{-٥} جزىء جرامى / لتر .

الحل :

يربط التوصيل النوعى (k) لمحلول بمقاومته R وثابت الخلية $\frac{l}{A}$ العلاقة :

$$R = \frac{1}{R}\left(\frac{l}{A}\right)$$

وفى حالة محلول يحتوى على ٠,٠٢ جزىء جرامى كلوريد بوتاسيوم فى اللتر عند ٢٥°م وجد أن مقاومته ٢٥٠ أوم والتوصيل النوعى له ٠.٠٠٢٧٧ أوم سم$^{-١}$ وبالتعويض نحصل على ثابت الخلية :

$$\frac{l}{A} = = R \times k = 250 \times 0.00277$$

$$= 0.692$$

وبربط التوصيل النوعى (k) بالتوصيل المكافئ الظاهرى للملح (Λ_{ap}) والتركيز (C) العلاقة :

$$k = \frac{\Lambda_{ap} C}{1000}$$

$$\Lambda_{ap} = k \frac{1000}{C}$$

وبالتعويض فى هذه المعادلة لقيمة k من المعادلة السابقة نحصل على :

$$\Lambda_{ap} = \frac{1}{R}\left(\frac{l}{A}\right)\frac{1000}{C}$$

وبالتعويض فى هذه المعادلة عن ثابت الخلية والتركيز لمحلول هيدروكسيد الأمونيوم تركزه

٦ × ١٠—^{5} جزىء جرامى / لتر ومقاومته ١٠^{5} أوم نحصل على التوصيل المكافئ الظاهرى :

$$\Lambda_{ap} = \frac{0.692 \times 1000}{10^{5} \times 6 \times 10^{-5}} = 115$$

ونحصل على التوصيل المكافئ للملح من التوصيل المكافئ لأيونات الأمونيوم والهيدروكسيل :

$$\Lambda_{NH_4^+OH^-} = \lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OH^-}$$

$$= 73.4 + 198 = 271.4$$

وتحسب درجة التفكك (α) بمعلومية التوصيل المكافئ (Λ) والتوصيل الظاهرى (Λ_{ap}) من العلاقة :

$$\alpha = \frac{\Lambda_{ap}}{\Lambda_{NH_4^+OH^-}} = \frac{115}{271.4} = 0.423$$

أسئلة وتمارين إضافية :

(ملحوظة : يمكن للطالب الرجوع إلى جدول الجهود القياسية فى نهاية الكتاب عندما يحتاج لذلك) .

١ — اذكر نواتج التحليل الكهربى بين قطبين من البلاتين لمحاليل المواد الآتية فى الماء :

(أ) $ZnSO_4$ ، (ب) $Au\ Cl_3$ ، (حـ) KNO_3

(الجواب : عند المهبط : (أ) Zn ، (ب) Au ، (حـ) H_2 وعند المصعد (أ) O_2 ، (ب) Cl_2 ، (حـ) O_2)

٢ — عادة نشير إلى شحنة أيون الألمونيوم على أنها + ٣ أوجد مكافئ هذه القيمة بالكولومب .

(الجواب : ٤,٨٠٦ × ١٠—^{19} كولومب) .

٣ — إذا علمت أن الشحنة الإلكترونية تكافئ ١,٦٠ × ١٠—^{19} كولومب . احسب شدة التيار المار فى سلك ينتقل خلاله ١,٢٧ × ١٠^{18} إلكترون فى الدقيقة .

(الجواب : ٣,٣٩ × ١٠—^{3} أمبير)

٤ — احسب حجم كل من الغازات الآتية (عند معدل الضغط ودرجة الحرارة) المتكونة نتيجة مرور ٥ فاراداى من الكهرباء :

(أ) O_2 ، (ب) Cl_2 ، (حـ) H_2

(الجواب : (أ) ٢٨,٠ لتر ، (ب) ٥٦,٠ لتر ، (حـ) ٥٦,٠ لتر)

٥ – احسب شدة التيار اللازم لترسيب ٦ جرام من الفضة فى زمن قدره ٣٠ دقيقة :

(الجواب : ٢,٩٨ أمبير)

٦ – احسب الزمن اللازم للحصول على كمية من الكهرباء قدرها ٩٦٥٠٠ كولومب عند إمرار تيار شدته ٤,٦٧ ملى أمبير .

(الجواب : ٢,٠٧ × ١٠^{٧} ثانية)

٧ – إذا علم أن تفاعل إحدى القطبين فى خلية هو $Fe^{+2} + 2\ e^{-} \rightarrow Fe\ (s)$ احسب الزمن اللازم لترسيب ٦,٩٣ جم من الحديد عند إمرار تيار شدته ٠,٠٢٠٥ أمبير .

(الجواب : ١,١٧ × ١٠^{٦} ثانية)

٨ – إذا مررت نفس الكمية من الكهرباء الناتج عنها ترسيب ٢,١٥٨ جرام من الفضة خلال ملح ذهب ووجد أن كمية الذهب المترسبة تساوى ١,٣١٤ جرام . احسب الوزن المكافئ للذهب وتكافؤ الذهب فى الملح علماً بأن الوزن المكافئ للفضة = ١٠٧,٩ .

(الجواب : الوزن المكافئ للذهب = ٦٥,٧٠ ، التكافؤ = ٣) .

٩ – ما هى E^{o} للتفاعل $Zn(s) + Cl_2(g) \rightarrow Zn^{+2} + 2Cl^{-}$

(الجواب : = ٣,١٢ فولت)

١٠ – إذا علم أن E^{o} لتفاعل نصف الخلية : $Sn^{+2} \rightarrow Sn^{+4} + 2e^{-}$ هى – ٠,١٥ فولت فما هى E^{o} للتفاعل : $Sn^{+4} + 2e^{-} \rightarrow Sn^{+2}$ ؟

(الجواب : + ٠,١٥ فولت)

١١ – ما هو جهد خلية تحتوى على القطبين (Zn, Zn^{+2}) ، (Cu, Cu^{+2}) إذا كان تركيز كل من Zn^{+2} , Cu^{+2} يساوى ٠,١٠ ، ١٠$^{-٣}$ مول فى اللتر على التوالى عند ٢٥°م ؟

(الجواب : ٠,٨٦٣ فولت)

١٢ – ما هو مقدار E_o لتأكسد I^{-} إلى I_2 بواسطة NO_3^{-} ونتج NO فى وسط حمض .

(الجواب : E^{o} = + ٠,٤٢ فولت)

١٣ – ما هو جهد خلية تحتوى على قطبين من الهيدروجين . القطب السالب يلامس محلول يحتوى على ١٠$^{-٨}$ مومل H^{+} فى اللتر والقطب الموجب يلامس محلول يحتوى على ٠,٠٢٥ مول H^{+} فى اللتر وضغط الغاز فى الحالتين بقى عند ١ جو .

(الجواب : ٠,٣٧٩ فولت)

١٤ – إذا علم أن $E^{\circ} = -1{,}٣٦$ فولت لنصف التفاعل $2Cl^{-} \rightarrow Cl_2(g) + 2e^{-}$ احسب مقدار الجهد E إذا أصبح تركيز Cl^{-} هو $١٠^{-٢}$ مول / لتر وأصبح ضغط غاز الكلور ١٠٠ ضغط جو . (الجواب : $E = -1{,}٥٤$ فولت)

١٥ – تكلم بوضوح عما يحدث عند خلط المواد الآتية مع بعضها :

(أ) Fe و $CuSO_4$ (ب) $FeCl_2$ و Cl_2 (حـ) Cu و H_2SO_4

(الجواب : يرجع الطالب إلى جدول الجهود القياسية لتفسير ما يحدث :

(أ) يحل الحديد محل النحاس .

(ب) يؤكسد الحديدوز إلى حديديك ويختزل الكلور إلى كلوريد .

(حـ) لا يحدث تفاعل) .

١٦ – احسب مقاومة محلول بين قطبين فى خلية تحليل كهربى تحتوى على محلول مركز من كبريتات النحاس مقاومته النوعية تساوى ٢٩,٢ أوم – سم إذا كانت مساحة مقطع كل قطب هى ٤٠٠ سم^{٢} وكان البعد بينهما هو ١٠٠ سم . (الجواب : ٠,٧٣ أوم)

١٧ – فى تجربة هيتورف للحمل استخدم محلول يحتوى على ٠,١ جزىء جرامى بيركلورات بوتاسيوم ($KClO_4$) فى اللتر وأقطاب من البلاتين . وبعد إمرار التيار لوقت معين شوهد أن كمية الغاز المتصاعد عند الآنود تكافئ ٢٢,٤ سم^{٣} من الغاز الجاف عند معدل الضغط ودرجة الحرارة ووجد أن حجرة الآنود تحتوى على ٥٠ سم^{٣} من محلول يحتوى اللتر منه على ٠,٠٧٣٢ جزىء جرامى من بيركلورات البوتاسيوم . اكتب تفاعل القطب وما أكتسبته أو فقدته حجرة الآنود ثم احسب عدد الحمل للأيون ClO_4^{-} فى محلول بيركلورات البوتاسيوم .

(الجواب : تفاعل الآنود هو : $H_2O = \frac{1}{2} O_2 + 2H^{+} + 2e^{-}$ ، وتكتسب حجرة الآنود مكافئ جرامى من أيون البيركلورات (أو حمض البيركلوريك) ، وتفقد t_+ مكافئ جرامى من أيون البوتاسيوم (أو بيركلورات البوتاسيوم) لكل فاراداى من الكهرباء وفى هذه الحالة تفقد حجرة الآنود $١{,}٣٤ \times ١٠^{-٣}$ مكافئ جرامى من بيركلورات البوتاسيوم . عدد الحمل للأيون $ClO_4^{-} = ٠{,}٣٣$) .

١٨ – إذا علم أن $\lambda_{Li^{+}} = ٤٠$ ، $\lambda_{Na^{+}} = ٥٠$ ، $\lambda_{NO_3^{-}} = ٧٠$ ، وإذا فرض أن لدينا محلولا يحتوى اللتر منه على ٠,١ جزىء جرامى نترات ليثيوم، ٠,٢ جزىء جرامى نترات صوديوم . احسب (مهملا التغير فى λ نتيجة اختلاف التركيز) :

(أ) التوصيل النوعى ، (ب) عدد الحمل لأيون الليثيوم .

(الجواب : (أ) ٠,٠٣٥ ، (ب) ٠,١١٤)