التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الأيونية

التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الأيونية لا يختلف من حيث المبدأ مع التحليل الكهربائي لمصاهير المواد الأيونية، إلا أنها أكثر تعقيداً من المصاهير لوجود جزيئات الماء، واحتمال تأكسدها عند المصعد، واختزالها عند المهبط.

معادلة تأكسد الماء:

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^- \quad E^o = -1.23\ V$$

معادلة اختزال الماء:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad E^o = -0.83\ V$$

يتم تحليل محلول أي مادة أيونية وفق الخطوات التالية:

1- يعمل الماء على تفكيك المركب الأيوني إلى أيونات سالبة وأيونات موجبة.

2- تدفع البطارية الإلكترونات إلى المحلول عن طريق القطب السالب.

3- تتحرك الأيونات المختلفة نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة.

4- يحدث اختزال للأيون الموجب أو للماء على المهبط.

5- يحدث تأكسد للأيون السالب أو للماء على المصعد.

6- تخرج الإلكترونات من المصعد لتعود إلى البطارية ثانية وتكمل دورتها.

في عملية التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الأيونية، هنالك احتمال لتأكسد الأيون السالب أو لجزيئات الماء على المصعد، واحتمال لاختزال الأيون الموجب أو لجزيئات الماء على المهبط.

- يحدث على المهبط تفاعل الاختزال الذي يمتلك جهد اختزال أكبر.

- يحدث على المصعد تفاعل التأكسد الذي يمتلك جهد تأكسد أكبر (أو اختزال أقل).

وبشكلٍ عام:

عند المهبط:

- الماء أسهل اختزالاً من أيونات فلزات العناصر الممثلة (Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, Li^{+}).

- أيونات العناصر الانتقالية أسهل اختزالاً من الماء؛ لأن جهود اختزالها مرتفعة نسبياً.

عند المصعد:

- أيونات (Cl^{-} , H^{-} , I^{-}, Br^{-} , O^{2-}) أسهل تأكسداً من الماء.

- الماء أسهل تأكسداً من الأيونات السالبة متعددة الذرات مثل: SO_4^{2-} , NO_3^{-} .

مثال (1):

خلية تحليل كهربائي تحتوي محلول يوديد البوتاسيوم KI وأقطابها من الجرافيت، أجيب عمّا يلي:

◄أكتب أنصاف التفاعلات التي تحدث عند القطبين، والتفاعل الكلي.

◄ما نواتج التحليل الكهربائي للمحلول؟

◄أضيفت نقاط من محلول النشا إلى المحلول عند نهاية التحليل، ما اللون المتوقع عند المصعد؟

◄أضيفت قطرات من كاشف الفينولفثالين إلى المحلول عند نهاية التحليل، ما اللون المتوقع للمحلول؟

◄هل يمكن الحصول على البوتاسيوم بالتحليل الكهربائي لمحلول ملحه؟

◄أحسب جهد الخلية المعياري (E^{o}) إذا علمت أن:

(جهد اختزال البوتاسيوم = -2.89 V، جهد اختزال الماء = -0.83 V، جهد تأكسد اليود = -0.54 V، جهد تأكسد الماء = -1.23 V).

الحل:

يتفكك يوديد البوتاسيوم KI بالحرارة وفق المعادلة:

$$KI \rightarrow K^+ + I^-$$

عند المهبط: هناك احتمال لحدوث اختزال للماء أو لأيونات البوتاسيوم:

$$K^+_{(aq)} + e^- \rightarrow K_{(s)} \quad E^o = -2.89\ V$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad E^o = -0.83\ V$$

والذي يحدث هو اختزال الماء لأن جهد اختزاله أعلى من البوتاسيوم.

عند المصعد: هناك احتمال لحدوث تأكسد للماء أو لأيونات اليود:

$$2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2\ (s)} \quad E^o = -0.54\ V$$

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^- \quad E^o = -1.23\ V$$

والذي يحدث هو تأكسد اليود لأن جهد تأكسده أعلى من الماء.

لذا فإن نصفي تفاعل التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم هما:

عند المهبط: اختزال الماء:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad E^o = -0.83\ V$$

عند المصعد: تأكسد لأيونات اليود:

$$2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2\ (s)} \quad E^o = -0.54\ V$$

◄نواتج التحليل:

1- تكوّن اليود I_2 عند المصعد نتيجة لتأكسد أيونات اليود.

2- تصاعد غاز الهيدروجين H_2 عند المهبط نتيجة لاختزال الماء.

3- تكوّن محلول قاعدي (محلول KOH).

◄ويتضح من نواتج التحليل الكهربائي أنه لا يمكن الحصول على البوتاسيوم بالتحليل الكهربائي لمحاليل أملاحه؛ لأن الماء أسهل اختزالاً منه، وللحصول على البوتاسيوم

نلجأ للتحليل الكهربائي لمصاهير أملاحه.

◄سيتغير اللون عند المصعد إلى الأزرق الغامق.

◄سيتغير لون المحلول إلى اللون الوردي.

◄ولحساب جهد الخلية:

$$E^{o}_{cell} = E^{o}_{H2O(cathode)} - E^{o}_{Br2(anode)}$$

$$E^{o}_{cell} = -0.83 - 0.54 = -1.37\ V$$

أي أن عملية التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم يحتاج لبطارية جهدها يزيد على 1.37 V