منحى تطور مجموعة كيميائية

الإطار المرجعي للامتحان الوطني الموحد

الوحدة 6: التطور التلقائي لمجموعة كيميائية:

- حساب قيمة خارج التفاعل Q_r لمجموعة كيميائية في حالة معينة.
- تحديد منحى تطور مجموعة كيميائية

الوحدة 7: التحولات التلقائية في الأعمدة و تحصيل الطاقة:

- تمثيل عمود (التبيانة الاصطلاحية - التبيانة ؛ تبيانة التركيب التجريبي).
- تحديد منحى انتقال حملات الشحنة الكهربائية أثناء اشتغال عمود باعتماد معيار التقدم التلقائي.
- تفسير اشتغال عمود بالتوفر على المعلومات التالية: منحى مرور التيار الكهربائي، و القوة الكهرمحركة f.é.m، والتفاعلات عند الإلكترودين، وقطبية الإلكترودين، وحركة حملات الشحنة الكهربائية.
- كتابة معادلة التفاعل الحاصل عند كل إلكترود والمعادلة الحصيلة أثناء اشتغال العمود.
- إيجاد العلاقة بين كمية المادة للأنواع الكيميائية المتكونة أو المستهلكة وشدة التيار ومدة اشتغال العمود.

الوحدة 8: أمثلة لتحولات قسرية:

- معرفة أن التحليل الكهربائي تحول قسري.
- تعرف، انطلاقا من معرفة منحى التيار المفروض، الإلكترود الذي تحدث عنده الأكسدة (الأنود)، و الإلكترود الذي يحدث عنده الاختزال (الكاثود).
- تمثيل تبيانة تركيب تجريبي للتحليل الكهربائي.
- كتابة معادلة التفاعل الحاصل عند كل إلكترود والمعادلة الحصيلة.
- إيجاد العلاقة بين كمية المادة للأنواع الكيميائية المتكونة أو المستهلكة وشدة التيار ومدة التحليل الكهربائي.

نسبة الأهمية	المستويات المهارية / المجالات المضامينية	استعمال الموارد (المعارف والمهارات)	تطبيق حل تجريبي	حل مشكل	المجموع
	منحى تطور مجموعة كيميائية	3,5 %	5 %	2,45 %	7 %

الجزء 3

- التطور التلقائي لمجموعة كيميائية.
- التحولات التلقائية في الأعمدة و تحصيل الطاقة.
- أمثلة لتحولات قسرية.

التمرين 1° : type BAC | 20 min

ننجز العمود نحاس / ألومينيوم باستعمال صفيحة من الألومينيوم $Al_{(s)}$ مغمورة في محلول مائي لكلورور الألومينيوم $Al^{3+}_{(aq)}+3Cl^{-}_{(aq)}$ تركيزه المولي $C=0,1mol.L^{-1}$ و صفيحة من النحاس $Cu_{(s)}$ مغمورة في محلول مائي لكبريتات النحاس II $Cu^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ تركيزه المولي $C=0,1mol.L^{-1}$.
نصل المحلولين بقنطرة أيونية من نترات البوتاسيوم.

معطيات:

- للمحلولين نفس الحجم؛
- ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
- الكتلة المولية للألومينيوم: $M(Al)=27\ g.mol^{-1}$ ؛
- ثابتة التوازن المقرونة بالمعادلة الكيميائية أسفله هي: $K=10^{200}$

$$3Cu^{2+}_{(aq)}+2A\ell_{(s)} \overset{1}{\underset{2}{\rightleftharpoons}} 3Cu_{(s)}+2A\ell^{3+}_{(aq)}$$

1. باعتمادك على معيار التطور التلقائي، حدد منحى التطور التلقائي للمجموعة الكيميائية عند اشتغال العمود.
2. حدد، معللا جوابك، قطبية كل إلكترود.
3. نركب بين مربطي هذا العمود موصلا أوميا فيمر في الدارة تيار كهربائي شدته ثابتة $I=40\ mA$ لمدة زمنية $\Delta t=1\ h\ 30\ min$.
   - أ- احسب كمية الكهرباء Q الممررة خلال المدة Δt.
   - ب- بين أن تعبير كتلة الألومينيوم المتفاعل خلال المدة Δt هو: $m=\frac{I.\Delta t.M(Al)}{3.F}$ احسب m.

التمرين 2° : type BAC | 20 min

ننجز العمود نيكل/زنك المكون من المزدوجتين $Ni^{2+}_{(aq)}/Ni_{(s)}$ و $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$ و ذلك بغمر إلكترود النيكل في الحجم $V=150mL$ من محلول كبريتات النيكل $Ni^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}$ تركيزه البدئي $[Ni^{2+}]_i=10^{-2}mol.L^{-1}$ و إلكترود الزنك في الحجم $V=150\ mL$ من محلول كبريتات الزنك $Zn^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ تركيزه البدئي $[Zn^{2+}]_i=10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
نصل محلولي مقصورتي العمود بقنطرة أيونية.

معطيات:

- ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
- ثابتة التوازن المقرونة بالمعادلة الكيميائية أسفله هي: $K=10^{-18}$

$$Ni_{(s)}+Zn^{2+}_{(aq)} \overset{1}{\underset{2}{\rightleftharpoons}} Ni^{2+}_{(aq)}+Zn_{(s)}$$

1. حدد، بحساب خارج التفاعل $Q_{r,i}$ في الحالة البدئية ، منحى التطور التلقائي للمجموعة المكونة للعمود.
2. أعط التبيانة الاصطلاحية للعمود المدروس .
3. يمر في الدارة تيار كهربائي شدته $I=0,1A$ خلال اشتغال العمود.
   أوجد تعبير Δt_{max} المدة الزمنية القصوية لاشتغال العمود بدلالة $[Zn^{2+}]_i$ و V و F و I . احسب Δt_{max} .

التمرين 3° : type BAC | 20 min

ننجز، عند درجة الحرارة $25°C$ ، العمود نيكل-كادميوم المكون من مقصورتين تربط بينهما قنطرة ملحية، حيث تتكون المقصورة الأولى من صفيحة النيكل مغمورة في محلول مائي لكبريتات النيكل $Ni^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ و المقصورة الثانية من صفيحة الكادميوم مغمورة في محلول مائي لكبريتات الكادميوم $Cd^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2}{}_{(aq)}$.

معطيات:

- معادلة التفاعل المتوقع حدوثه اثناء اشتغال العمود هي:

$$Ni^{2+}_{(aq)}+Cd_{(s)} \overset{1}{\underset{2}{\rightleftharpoons}} Cd^{2+}_{(aq)}+Ni_{(s)} \quad ; \quad K=4,5.10^{5}$$

- ثابتة فراداي: $1\mathcal{F}=9,65.10^{4}\ C.mol^{-1}$.
- المحلولان لهما نفس الحجم: $V=0,2\ L$.
- نفس التركيز البدئي: $[Ca^{2+}]_0=[Ni^{2+}]_0=0,1mol.L^{-1}$.
- الكتلة المولية للكادميوم: $M_{Cd}=112,4\ g.mol^{-1}$.

نربط قطبي العمود بموصل أومي و جهاز أمبيرمتر فيشير هذا الأخير إلى القيمة $I=0,2\ A$.

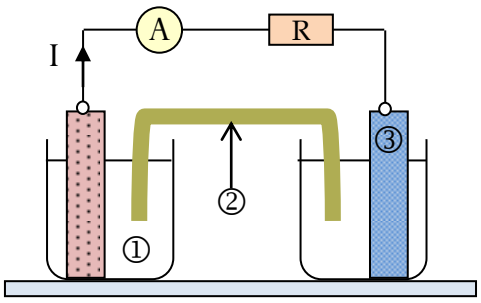
1. حدد، معللا جوابك، منحى التطور التلقائي للمجموعة الكيميائية أثناء اشتغال العمود.
2. ما هو الإلكترود الذي يمثل القطب الموجب للعمود ؟ علل جوابك.
3. ارسم تبيانة التركيب التجريبي للعمود المنجز مبينا عليها منحى حملة الشحنات الكهربائية في الأسلاك و القنطرة الملحية.
4. ما هو دور القنطرة الملحية ؟
5. نترك العمود يشتغل مدة $\Delta t=60\ min$ فتتغير كتلة إلكترود الكادميوم بالمقدار Δm.
   - أ- احسب كمية الكهرباء Q التي يمنحها العمود للدارة خلال مدة اشتغاله.
   - ب- أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل الذي يحدث عند إلكترود الكادميوم.
   - ج- أوجد تعبير Δm بدلالة I و Δt و F و M_{Cd}. احسب Δm.

التمرين 4° : | 20 min | type BAC

نعتبر العمود رصاص-فضة ذي التبيانة الاصطلاحية $\ominus Pb_{(s)}/Pb^{2+}_{(aq)}\ //\ Ag^{+}_{(aq)}/Ag_{(s)} \oplus$، يتطلب إنجازه الأدوات و المواد التالية:

- كأس تحتوي على الحجم V_1 من محلول مائي لنترات الرصاص $Pb^{2+}_{(aq)}+2NO_3^{-}{}_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_1=1,0.10^{-1}\ mol.L^{-1}$.
- كأس تحتوي على الحجم $V_2=V_1$ من محلول مائي لنترات الفضة $Ag^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_2=1,0.10^{-1}\ mol.L^{-1}$.
- صفيحة من فلز الفضة - صفيحة من فلز الرصاص - قنطرة ملحية - أسلاك الربط .

- عند $25°C$ ، ثابتة التوازن K المقرونة بالمعادلة الكيميائية $2Ag^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)} \underset{②}{\overset{①}{\rightleftharpoons}} Pb^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ هي: $K=6,9.10^{28}$
- ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$؛



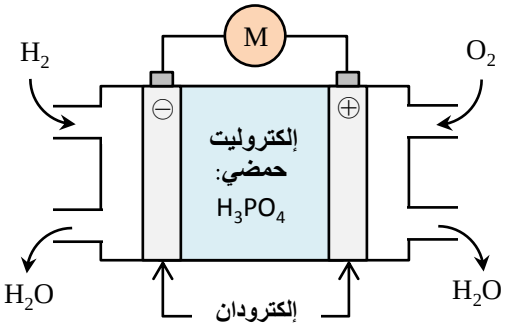
1. أحسب خارج التفاعل $Q_{r,i}$ في الحالة البدئية و استنتج منحى التطور التلقائي للمجموعة الكيميائية.
2. نركب بين إلكترودي العمود موصلا أوميا و أمبيرمترا و نترك المجموعة تشتغل ، يمثل الشكل أعلاه تبيانة العمود.
   أعط أسماء مكونات العمود الموافقة للأرقام المبينة على التبيانة.
3. يزود العمود الدارة بتيار كهربائي شدته ثابتة $I=65\ mA$ و بعد مدة زمنية Δt من الاشتغال تكون قيمة تقدم التفاعل الحاصل هي $x=1,2.10^{-3}\ mol$. أحسب قيمة Δt .
4. استنتج كمية الكهرباء Q الممررة خلال المدة Δt .

التمرين 5° : | 20 min | concours

يعتبر العمود ذي محروق (*pile à combustible*) من بين البدائل الطاقية المستقبلية لكونه يمكن من الحصول على طاقة كهربائية «نظيفة» انطلاقا من ثنائي الهيدروجين $H_{2(g)}$ و ثنائي الأوكسيجين $O_{2(g)}$ المتواجدان بوفرة في الهواء.
فقد عرفت السنوات الأخيرة تقدما كبيرا في تطوير هذا النوع من الأعمدة الكهربائية نظرا لكثرة استعمالاتها.

- **معطيات**:
  - المزدوجتان مختزل/ مؤكسد المتدخلتان في التفاعل هما: $O_{2\ (g)}\ /\ H_2O_{\ (l)}$ و $H^{+}_{(aq)}\ /\ H_{2\ (g)}$ ؛

- ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
- نعتبر الغازات كاملة حيث : $P.V=n.R.T$ ؛
- الحجم المولي : $V_M=24\ L.mol^{-1}$ ؛



1. باعتمادك على التبيانة أعلاه ، اكتب الرمز الاصطلاحي لهذا العمود.
2. ما دور الإلكتروليت الحمضي خلال اشتغال العمود؟
3. اكتب المعادلة الكيميائية للتحول الحاصل خلال اشتغال العمود.
4. علما أن المتفاعل الذي يتأكسد يسمى «المحروق». حدد من بين الأنواع الممثلة في المزدوجتين النوع الذي يكون المحروق.
5. تستعمل الأعمدة ذي محروق في المركبات الفضائية، حيث تولد تيارا كهربائيا شدته ثابتة $I=200\ A$.
   - **أ-** احسب Q كمية الكهرباء المارة في الدارة خلال يوم واحد $\Delta t=24\ h$.
   - **ب-** أوجد تعبير $V(H_2)$ حجم ثنائي الهيدروجين المستهلك بدلالة I و Δt و V_M و F. أحسب قيمة $V(H_2)$.
   - **ج-** اقترح حلا لتقليص هذا الحجم تحت نفس درجة الحرارة.

التمرين 6° : | 20 min | Type BAC

العمود الكهربائي هو جهاز كهروكيميائي يحول الطاقة الكيميائية الناتجة عن تفاعلات أكسدة-اختزال إلى طاقة كهربائية يمنحها للوسط الخارجي ، ويستعمل لتشغيل عدة أجهزة كهربائية و إلكترونية تعمل بالتيار المستمر.

ننجز العمود نحاس-زنك باستعمال المعدات و المحاليل التالية:

- كأس زجاجية تحتوي على الحجم $V_1=100\ mL$ من محلول مائي كبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_1=0,10\ mol.L^{-1}$.
- كأس زجاجية تحتوي على الحجم $V_2=100\ mL$ من محلول مائي لكبريتات النحاس $(Cu^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_2=0,10\ mol.L^{-1}$.
- صفيحة من النحاس $Cu_{(s)}$ و أخرى من الزنك $Zn_{(s)}$ - أسلاك.
- نربط نصفي العمود بقنطرة أيونية لنترات البوتاسيوم $K^{+}_{(aq)}+NO_3^{-}{}_{(aq)}$.

- **معطيات**:
  - ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
  - الكتلة المولية للنحاس: $M(Cu)=63\ g.mol^{-1}$ ؛

عند $25°C$ ، ثابتة التوازن K المقرونة بالمعادلة الكيميائية

$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ هي: $K=6,9.10^{28}$

1. حدد، معللا جوابك، منحى التطور التلقائي للمجموعة الكيميائية.
2. استنتج معادلة التفاعل الذي يحدث بجوار إلكترود النحاس. ما نوع هذا التفاعل (أكسدة أم اختزال) ؟
3. ارسم تبيانة العمود مبينا عليها: قطبية العمود - منحى التيار الكهربائي - منحى انتقال حملات الشحنة الكهربائية داخل و خارج العمود - أسماء مختلف أجزاء العود.
4. ما هو دور القنطرة الأيونية اثناء اشتغال العمود ؟
5. خلال اشتغال، العمود يمر في الدارة الخارجية تيار كهربائي شدته ثابتة $I=70\ mA$.

أ- أوجد تعبير Δt_{max} المدة القصوى لاشتغال العمود بدلالة F و V_2 و C_2 و I. احسب Δt_{max}.

ب- استنتج كمية الكهرباء القصوى Q_{max} الممنوحة من طرف العمود خلال اشتغاله.

ج- احسب قيمة Δm_{Cu} تغير كتلة النحاس خلال المدة Δt_{max}.

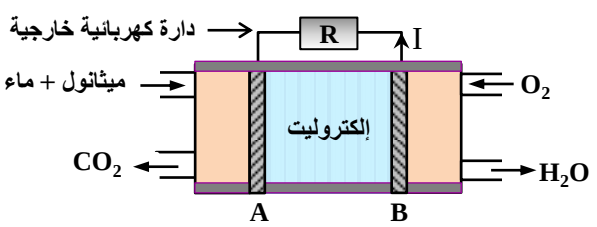
التمرين 7° : Type BAC | 20 min

يتكون العمود ذي محروق من مقصورتين يفصل بينهما إلكتروليت حمضي يلعب دور القنطرة الأيونية و إلكترودين A و B.
عند اشتغال العمود يتم تزويده بالميثانول السائل CH_3OH و غاز ثنائي الأوكسجين $O_{2\ (g)}$.

معطيات:

- ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
- الكتلة المولية للميثانول: $M=32\ g.mol^{-1}$ ؛
- الكتلة الحجمية للميثانول: $\rho=0,79\ g.cm^{-3}$ ؛
- المزدوجتان مختزل/مؤكسد المتدخلتان في التفاعل هما: $CO_{2\ (g)}/CH_3OH_{(l)}$ و $O_{2\ (g)}/H_2O_{(l)}$.

1. خلال اشتغال العمود، يحدث عند أحد الإلكترودين تحول ننمذجه بالمعادلة الكيميائية: $CH_3OH + H_2O \longrightarrow CO_2 + a.H^+ + b.e^-$.
   حدد العددين a و b.
2. عين معللا جوابك. الإلكترود الذي يحدث عنده هذا التفاعل.
3. أكتب المعادلة المنمذجة للتحول الحاصل عند الإلكترود الآخر، واعط اسمي الإلكترودين A و B.
4. يزود العمود الدارة الخارجية بتيار كهربائي شدته $I=45\ mA$ خلال مدة $\Delta t=1h\ 30\ min$.
   أوجد الحجم V للميثانول المستهلك خلال المدة Δt.



التمرين 8° : type BAC | 30 min

دراسة مبسطة للعمود ألومينيوم - زنك

تعتبر الأعمدة الكيميائية أحد تطبيقات تفاعلات الأكسدة-اختزال. أثناء اشتغالها، يتحول جزء من الطاقة الكيميائية الناتجة عن هذه التفاعلات إلى طاقة كهربائية.

ننجز العمود ألومينيوم-زنك بغمر صفيحة من الألومينيوم في كأس تحتوي على الحجم $V=100\ mL$ من محلول مائي لكلورور الألومينيوم $Al^{3+}_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)}$ تركيزه المولي البدئي $C_1 = [Al^{3+}_{(aq)}]_i = 4,5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ و صفيحة من الزنك في كأس آخر تحتوي على الحجم $V=100\ mL$ من محلول مائي لكبريتات الزنك $Zn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ تركيزه المولي البدئي $C_2 = [Zn^{2+}_{(aq)}]_i = 4,5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$؛ نوصل المحلولين بقنطرة ملحية $(K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)})$.

نركب بين قطبي العمود موصلا أوميا (D) و أمبيرمترا و قاطعا للتيار K.

معطيات:

- الكتلة المولية للألومينيوم $M(Al) = 27\ g.mol^{-1}$.
- ثابتة فراداي $F = 96500\ C.mol^{-1}$.
- عند $25°C$. ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة التفاعل:

$2Al^{3+}_{(aq)} + 3Zn_{(s)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 2Al_{(s)} + 3Zn^{2+}_{(aq)}$

هي $K = 10^{-90}$.

نغلق قاطع التيار K عند اللحظة $t=0$ ، فيمر في الدارة تيار كهربائي شدته I نعتبرها ثابتة: $I = 10\ mA$.

1. احسب خارج التفاعل $Q_{r,i}$ في الحالة البدئية، ثم استنتج منحى التطور التلقائي للمجموعة الكيميائية.
2. حدد ، معللا جوابك، الإلكترود الذي يمثل القطب السالب للعمود.
3. ارسم تبيانة العمود محددا ما يلي: مختلف أجزاء العمود - منحى حملة الشحنات الكهربائية في القنطرة الملحية و الأسلاك.
4. ما دو ر القنطرة الملحية أثناء اشتغال العمود ؟
5. نغلق قاطع التيار و نترك العمود يشتغل حتى يستهلك كليا.

أ) أوجد تعبير عمر العمود Δt_{max} بدلالة I و F و V و C_2.
احسب Δt_{max}.

ب) استنتج كمية الكهرباء القصوى Q_{max}.

ج) أوجد Δm تغير كتلة الألومينيوم خلال المدة Δt_{max}.

د) احسب $[Al^{3+}_{(aq)}]_f$ التركيز النهائي لأيونات لألومينيوم.

التمرين 9° : | 20 min | Type BAC

يتم تحضير بعض الفلزات بالتحليل الكهربائي للمحاليل المائية التي تحتوي على كاتيونات هذه الفلزات.
إن أكثر من 50% من الإنتاج العالمي للزنك يتم الحصول عليه بالتحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الزنك المحمض بحمض الكبريتيك.

● **المعطيات:**
- ثابتة فراداي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
- الحجم المولي في ظروف التجربة: $V_m=24,0\ L.mol^{-1}$؛
- الكتلة المولية للزنك: $M(Zn)=65,4\ g.mol^{-1}$.

تتكون خلية المحلل الكهربائي من إلكترودين و محلول كبريتات الزنك المحمض. يطبق مولد كهربائي، بين الإلكترودين توترا مستمرا يمكن من الحصول على تيار شدته $I=8,0.10^4\ A$.
معادلة تفاعل التحليل الكهربائي هي:

$$Zn^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow \frac{1}{2}O_{2\,(g)} + 2H^{+}_{(aq)} + Zn_{(s)}$$

1. اكتب نصف المعادلة الإلكترونية الموافقة لتكون الزنك و نصف المعادلة الإلكترونية الموافقة لتكون ثنائي الأوكسيجين.
2. عين، معللا جوابك، قطب المولد المرتبط بالإلكترود الذي ينتشر بجواره غاز ثاني الأوكسيجين.
3. عند اللحظة $t_0=0$ ينطلق التحليل الكهربائي فيستغرق مدة $\Delta t=t-t_0$. نسمي x تقدم التفاعل عند اللحظة t .
بين أن: $I=\frac{2.F.x}{\Delta t}$.
4. احسب كتلة الزنك المتكون خلال المتكون خلال $\Delta t=12,0\ h$.

التمرين 10° : | 20 min | Type BAC

ننجز التحليل الكهربائي لمحلول مائي لنترات الرصاص $Pb^{2+}_{(aq)}+2NO_3^-{}_{(aq)}$. نضع هذا المحلول في محلل كهربائي و نمرر تيارا كهربائيا مستمرا شدته $I=0,7A$ بين الإلكترودين (A) و (B) للمحلل خلال مدة زمنية $\Delta t=60\ min$.
نلاحظ خلال هذا التحليل الكهربائي، توضع فلز الرصاص على الإلكترود (A) و تكون غاز ثنائي الأوكسيجين بجوار الإلكترود (B) .

● **المعطيات:**
- المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل: O_2/H_2O و Pb^{2+}/Pb؛
- ثابتة فرادي: $1\mathcal{F}=9,65.10^4\ C.mol^{-1}$ ؛
- الحجم المولي في ظروف التجربة: $V_m=24\ L.mol^{-1}$؛

أجب عن الأسئلة التالية و انقل الجواب الصحيح :

1. التحليل الكهربائي المدروس هو تحول :

■ فيزيائي	■ قسري	■ تلقائي	■ حمض–قاعدة

2. حدد، من بين الإلكترودين (A) و (B)، الكاثود و الأنود. علل.
3. اكتب معادلة التفاعل الحاصل عند الإلكترود (B) .
4. الحجم $V(O_2)$ لغاز ثنائي الأوكسيجين الناتج خلال المدة Δt هو:

■ $V\approx 0,16\ mL$	■ $V\approx 0,16\ L$	■ $V\approx 0,64\ mL$	■ $V\approx 0,64\ L$

التمرين 11° : | 20 min | Type BAC

تغطية قطعة من الفولاذ بطبقة من القصدير بواسطة التحليل الكهربائي

نغمر القطعة الفولاذية كليا في محلول كبريتات القصدير $Sn^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ ثم ننجز التحليل الكهربائي لهذا المحلول بين إلكترود مكون من الصفيحة الفولاذية و إلكترود من الغرافيت .

● **المعطيات:**
- المزدوجتان المتدخلتان في هذا التحليل هما : $Sn^{2+}_{(aq)}/Sn_{(s)}$ و $O_{2\,(g)}/H_2O_{(l)}$
- الكتلة المولية للقصدير: $M(Sn)=118,7\ g.mol^{-1}$.
- الفراداي : $1\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$.

1. هل التحليل الكهربائي تحول تلقائي أم تحول قسري ؟
2. هل يجب أن تكون الصفيحة الفولاذية هي الأنود أم الكاثود ؟
3. يُلاحظ انتشار غاز ثنائي الأوكسيجين بجوار إلكترود الغرافيت.
اكتب معادلة تفاعل التحليل الكهربائي .
4. يستغرق التحليل الكهربائي مدة $\Delta t=10min$ بتيار كهربائي شدته $I=5A$ ثابتة.
- **أ-** أحسب كمية الكهرباء Q الممررة خلال هذه المدة.
- **ب-** أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل الحاصل عند القطعة الفولاذية.
- **ج-** حدد كتلة القصدير التي توضعت على القطعة الفولاذية.

التمرين 12° : | 20 min | Type BAC

يعتبر التحليل الكهربائي من التقنيات الأساسية المعتمدة في العمل المخبري و الصناعي، حيث يمكن من تحضير بعض الفلزات و مركبات كيميائية أخرى تستعمل في الحياة اليومية.

لتحضير ثنائي البروم Br_2 و فلز النحاس $Cu_{(s)}$ ننجز التحليل الكهربائي لمحلول بروومور النحاس II $(Cu^{2+}_{(aq)}+2Br_{(aq)})$ باستعمال إلكترودين E_1 و E_2 من الغرافيت، فيتكون ثنائي البروم $Br_{2(\ell)}$ على مستوى E_1 و يتوضع فلز النحاس على مستوى E_2 .

● **المعطيات:**
- الكتلة المولية للنحاس: $M(Cu)=63,5\ g.mol^{-1}$.
- الفراداي : $1\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$.

1. حدد المزدوجتين مختزل/مؤكسد المتدخلتين في هذا التحليل الكهربائي.
2. مثل تبيانة التركيب التجريبي لهذا التحليل الكهربائي محددا الكاثود و الأنود.
3. اكتب نصف معادلة التفاعل الحاصل عند كل إلكترود.
4. استنتج المعادلة الكيميائية الحصيلة المنمذجة للتحول الذي يحدث أثناء التحليل الكهربائي .
5. يزود مولد كهربائي الدارة بتيار كهربائي شدته ثابتة $I=0,5A$ خلال المدة $\Delta t=2h$.
حدد الكتلة m للنحاس الناتج خلال مدة اشتغال المحلل الكهربائي.

التمرين 13° : | 30 min | Type BAC

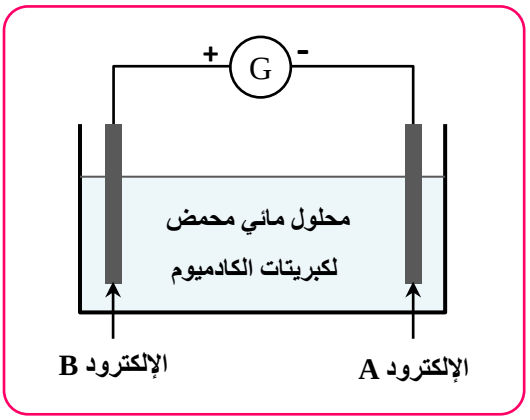
الانتاج الصناعي لفلز للكادميوم $Cd_{(s)}$

يحضر فلز الكادميوم صناعيا بواسطة التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الكادميوم ($Cd^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$) و حمض الكبريتيك المركز.
ينجز التحليل الكهربائي تحت توتر 3,1V و بواسطة مولد G يعطي تيارا كهربائيا شدته ثابتة $I = 25,0\ kA$.

• **معطيات:**

- الكتلة المولية للكادميوم: $M(Cd) = 112,4\ g.mol^{-1}$.
- ثابتة فراداي: $F = 9,65.10^4\ C.mol^{-1}$.
- الحجم المولي : $V_m = 25,2\ L.mol^{-1}$.
- المزدوجتان المتدخلتان في هذا التفاعل هما:

$O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$ و $Cd^{2+}_{(aq)} / Cd_{(s)}$



1. أعط تعريف التحليل الكهربائي
2. حدد، معللا جوابك، الكاثود و الأنود من بين الإلكترودين A و B.
3. ما هو الإلكترود الذي يتوضع عليه فلز الكادميوم ؟
4. اكتب معادلة التفاعل الحاصل عند كل إلكترود و المعادلة الحصيلة.
5. يستغرق التحليل الكهربائي مدة $\Delta t = 12,0\ h$.
   - أ- احسب كمية الكهرباء Q الممررة خلال مدة التحليل.
   - ب- أوجد كتلة الكادميوم $m(Cd)$ المتكونة خلال المدة Δt .
   - ج- احسب $V(O_2)$ حجم غاز ثنائي الأوكسيجين الناتج.

التمرين 14° : | 20 min | Type BAC

ننجز التحليل الكهربائي لكلورور المغنيزيوم $Mg^{2+} + 2C\ell^-$ عند درجة حرارة مرتفعة بواسطة تيار كهربائي شدته ثابتة I=6A خلال المدة $\Delta t=10h$. أثناء هذا التحليل يتوضع فلز المغنيزيوم على أحد الإلكترودين و يتصاعد غاز ثنائي الكلور بجوار الإلكترود الآخر.

• **المعطيات:**

- المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل: Mg^{2+}/Mg و $C\ell_2/C\ell^-$؛
- ثابتة فرادي: $\mathcal{F}=96500\ C.mol^{-1}$ ؛
- الحجم المولي للغاز في ظروف التجربة: $V_m=68,6\ L.mol^{-1}$؛
- الكتلة المولية للمغنيزيوم: $M=24,3\ g.mol^{-1}$.

1. أعط اسم الإلكترود (أنود أم كاثود) الذي يتوضع عليه فلز المغنيزيوم.
2. اكتب معادلة التفاعل عند كل إلكترود و استنتج المعادلة الحصيلة.
3. حدد الكتلة m للمغنيزيوم المتوضع خلال المدة Δt .
4. احسب الحجم V لغاز ثنائي الكلور المتكون في ظروف التجربة خلال المدة Δt .

التمرين 15° : | 20 min | Type BAC

يُمكن التحليل الكهربائي من الحصول على غازات ذات نقاوة عالية.
ننجز التحليل الكهربائي لمحلول مركز لكلورور الصوديوم $Na^+_{(aq)}+C\ell_{(aq)}$ ، فيتكون على مستوى أحد الإلكترودين غاز ثنائي الكلور و على مستوى الإلكترود الآخر غاز ثنائي الهيدروجين ؛ كما يصير الوسط التفاعلي قاعديا خلال التحول الكيميائي.

• **المعطيات:**

- المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل: H_2O/H_2 و $C\ell_2/C\ell^-$؛
- ثابتة فرادي: $1\mathcal{F}=9,65.10^4\ C.mol^{-1}$ ؛
- الحجم المولي في ظروف التجربة: $V_m=25,0\ L.mol^{-1}$؛

يمثل الشكل أسفله تبيانة التركيب التجريبي المستعمل لإنجاز هذا التحليل الكهربائي.

1. حدد، معللا جوابك، من بين الإلكترودين (A) و (B) الإلكترود الذي يلعب دور الأنود.
2. اكتب معادلة التفاعل عند كل إلكترود و المعادلة الحصيلة.
3. يزود المولد الدارة بتيار كهربائي شدته ثابتة I=3 A خلال مدة $\Delta t=25\ min$.

أحسب $V(C\ell_2)$ حجم غاز ثنائي الكلور المتكون خلال المدة Δt .