المادّة: العلوم الفيزيائيّة
المستوى: 2 ثانوي –علوم تجريبيّة-

التّاريخ: 2024/03/05
المدّة: 02 سـا

اختبار الفصل الثاني

التمرين1: (10ن)

يُعتبر غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 من أشهر الغازات الملوّثة للبيئة غير أنّه توجد غازات أخرى لا تقلّ عنه خطورة مثل غاز ثنائي أكسيد الكبريت SO_2 وهو غاز عديم اللّون وغير قابل للالتهاب وقد يتسبّب في أضرار بليغة للإنسان والبيئة منها: صعوبة في التنفّس، إلتهاب القصبات الهوائيّة، سرطان الرّئة، تهيّج العيون والجلد، الأمطار الحامضيّة...

يُشكّل احتراق الفحم ووقود السيّارات المنبع الرّئيس لهذا الغاز، لكن في الأعوام الأخيرة، قلّت كميّة انبعاثه بنسبة كبيرة (حوالي 160 مرّة) وذلك راجع أساسا إلى تحسين جودة الوقود أو ما يُعرف بوقود الجيل الجديد "nouvelle génération".

نستعمل في هذا التمرين طريقة المعايرة لمقارنة كميّة غاز ثنائي أكسيد الكبريت المنبعثة من احتراق وقود الجيل الجديد ووقود كلاسيكي.

الجزء I : تحضير محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ المُستعمل في عمليّة المعايرة.

نمزج حجما $V = 250mL$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 ذو التركيز المولي $C = 0{,}5mol/L$ مع حجم $V' = 250mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ ذو التركيز المولي C'. نقوم بقياس حجم غاز الأكسجين المنطلق في **نهاية التفاعل** في الشرطين النظاميين **فنجد $V_f(O_2) = 2L$**. نأخذ $V_M = 24\ L/mol$ وتُعطى معادلة التفاعل **التّامّ** الحادث بـ:

$$5H_2O_{2(aq)} + 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 6H^+{}_{(aq)} = 5O_{2(g)} + 2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8H_2O_{(\ell)}$$

1- بيّن أنّ الماء الأكسجيني مُرجع.

2- بالاعتماد على جدول تقدّم التفاعل:

أ- احسب التقدم الأعظمي x_{max}.

ب- بيّن أنّ: $[H_2O_2]_f = \frac{C}{2} - \frac{1}{V_T V_M} V_f(O_2)$ (حيث V_T هو حجم المزيج) ثمّ استنتج المتفاعل المحدّ.

3- بيّن أنّ $C' = 0{,}136mol/L$ ثمّ اعط تركيب المزيج عند نهاية التفاعل.

الجزء II : مقارنة كميّة الكبريت الموجودة في الوقود الجديد مع الموجودة في الوقود الكلاسيكي.

بعد إجراء تفاعل الاحتراق لكلّ وقود، نقوم بحلّ الغازات النّاتجة في حجم $1L$ من الماء فنحصل على محلول (S_0).

نأخذ حجما $V = 14mL$ من المحلول (S_0) ونضيف له حجما من حمض الكبريت المركّز H_2SO_4 ثمّ نعايره بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحضّر في الجزء I والذي نمدّده 40 مرّة. الحجم اللازم لبلوغ التكافؤ هو $V'_E = 20mL$.

1- عرّف الأكسدة والارجاع.

2- لماذا نعاير بواسطة برمنغنات البوتاسيوم؟ ولماذا نضيف حمض الكبريت المركّز؟ وما هو لون المحلول في كلّ مرحلة؟

3- ارسم رسما تخطيطيّا لعمليّة المعايرة واذكر خصائص هذا التفاعل.

4- اكتب المعادلة الأكسدة الإرجاعية لتفاعل المعايرة. تُعطى الثنائيتين: (MnO_4^-/Mn^{2+}) و(SO_4^{2-}/SO_2).

5- مثّل بصفة كيفية في نفس المعلم، منحنيات تطوّر كلّ الأنواع الكيميائية في المزيج بدلالة الحجم المسكوب V'.

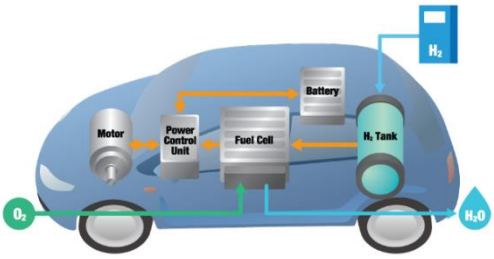
6- برهن علاقة التكافؤ ثمّ احسب كميّة مادّة ثنائي أكسيد الكبريت المنحلّ.

7- بعد ذلك تمّ قياس كتلة ثنائي الكبريت النّاتجة من احتراق الوقود الكلاسيكي فكانت $1{,}6g$.

- بكم من مرّة تمّ خفض كميّة ثنائي الكبريت في وقود الجيل الجديد؟ هل تتوافق مع ما ذُكر في أوّل التمرين؟

يُعطى: $M(SO_2) = 64g/mol$

التمرين2: (10ن)



مع الارتفاع الكبير لعدد السيّارات، ونظرا للأزمات الطّاقوية على مستوى العالم، أصبح من الضروري الاعتماد على السيّارات الكهربائيّة التي بدأت تزدهر صناعتها (أكثر من 16 مليون سيّارة حاليا). تعتمد هذه السيّارات على محرّك كهربائي يُغذى ببطّاريّة أو بعمود هيدروجيني –Pile à combustible–. تكمن أهميّة استعمال الهيدروجين في:

- القُدرة على الاشتغال لمسافة كبيرة: 700km مقارنة بـ 500km للتي تشتغل ببطّارية.
- سرعة الشّحن في محطّات الوقود: 4 دقائق مقارنة بـ 40 دقيقة للتي تشتغل ببطّارية.

لكن المشكل مع الهيدروجين يتمثّل في تخزينه حيث يتمّ وضعه في قارورات حديديّة تحت ضغط كبير (350bars) ممّا يسبّب زيادة معتبرة في الوزن ويجعله عُرضة للانفجار.

في نوفمبر 2010 حدثت قفزة علميّة في هذا المجال وهي **إمكانيّة تخزين الهيدروجين على شكل حمض النّمل!**

يتمّ تحويل الهيدروجين H_2 إلى حمض النّمل HCOOH في وجود وسيط وغاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2، ممّا يسمح بتخزين الهيدروجين على شكل سائل دون الحاجة إلى ضغط كبير، ثمّ داخل العمود الهيدروجيني تحدث العمليّة العكسيّة وهي تحويل حمض النّمل إلى هيدروجين ثمّ إلى كهرباء وذلك تحت ظروف مناسبة.

يهدف هذا التمرين إلى مقارنة الحجم المقتصد من تخزين الهيدروجين على شكل حمض النّمل ثمّ تحضير عيّنة منه.

يُعطى: $M(H) = 1g/mol$ ، $M(HCOOH) = 46g/mol$ ، $\rho_{HCOOH} = 1220g/L$

الجزء I: دراسة عيّنتين:

- الأولى عبارة عن قارورة حديديّة تحتوي على $V_0 = 1L$ من الهيدروجين تحت ضغط 350bars و درجة حرارة 20°C.
- الثّانية عبارة عن قارورة عادية تحتوي على $V_0 = 1L$ من حمض النّمل تتحوّل **كليّا** إلى H_2 و CO_2.

1- بيّن أنّ كتلة الهيدروجين المخزّنة في الحالة الأولى هي $m(H_2) = 28,75g$.

2- اكتب معادلة تحوّل حمض النّمل ثمّ أنجز جدول التقدّم.

3- بيّن أنّ كتلة الهيدروجين المخزّنة في الحالة الثانية تُعطى بالعبارة: $m(H_2) = 2.\rho_{HCOOH}.V_0.\frac{M(H)}{M(HCOOH)}$.

4- قارن بين كتلة الهيدروجين المخزّنة في الحالتين. ماذا تستنتج؟

يُعطى قانون الغازات المثاليّة: PV = nRT حيث: $1bar = 10^5Pa$ ، $1°C = 273K$ ، $1L = 10^{-3}m^3$ ، $R = 8,31SI$.

الجزء II: تحضير حمض النّمل.

للدّفاع عن نفسها، تُلقي النّملة بهذا الحمض على عدوّها (يمكن أن تصل المسافة إلى 30cm)، فيحدث تفاعل مع الماء الموجود على جلد العدوّ ممّا يسبّب احتراق الجلد.

1- اكتب معادلة التفاعل الحادث في جلد العدوّ محدّدا الثنائيتين المشاركتين في التفاعل.

نريد تحضير كميّة من هذا الحمض حتّى نجرّبه على سيّارة مصغّرة (Maquette) لمسافة 50m، فوجدنا في المخبر كيس به حمض النّمل الصّلب كتلته m_a مجهولة، ولتعيينها، قمنا بإذابة محتوى الكيس في حجم من الماء وأضفنا له **بوفرة**، كميّة $n_b = 0,01mol$ من محلول هيدروكسيد الصّوديوم $(Na^+ + HO^-)$. بعد نهاية التفاعل نتحصّل على محلول (S_f).

2- اكتب معادلة التفاعل محدّدا الثنائيتين.

3- أنشئ جدولا لتقدّم التفاعل ثمّ بيّن أنّ: $n(HCOOH) = n(HO^-) + n_a - n_b$.

للوصول إلى كتلة حمض النّمل، نحدّد أوّلا كميّة مادّة هيدروكسيد الصّوديوم المتبقيّة في المحلول (S_f) عن طريق المعايرة بالنّاقليّة.

من أجل ذلك، نأخذ المحلول (S_f) ونعايره بمحلول كلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$ تركيزه $C_a = 10^{-1}mol/L$ فيحدث التكافؤ عند سكب $V_{aE} = 15mL$.

4- اكتب معادلة تفاعل المعايرة ثمّ توقّع شكل بيان تطوّر الناقليّة بدلالة الحجم المضاف $G = f(V_a)$ مع تفسير كلّ جزء منه.

5- احسب كميّة مادّة هيدروكسيد الصّوديوم المتبقية في المحلول (S_f) ثمّ استنتج كتلة حمض النّمل m_a.

6- هل هذه الكميّة كافية لقطع مسافة 50m علما أنّ متوسّط استهلاك الهيدروجين هو $0,76kg$ لكلّ 100km؟

بالتّوفيق

مديرية "الرجاء والتفوق" الخاصّة
Ecole Erradja wa Tafaouk
ÉCOLE PRIVÉE

تصحيح اختبار الفصل (2)

التمرين 1 :

1 - أ - $H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$ 1

Red / Ox

ب - $n_f(O_2) = 5x_f$ بينا

$\frac{V_f(O_2)}{V_M} = 5x_f \rightarrow x_f = 0,017 mol$

ب - $n(O_2) = 5x$ | $n(H_2O_2) = CV - 5x$

$x = \frac{n(O_2)}{5}$

$n(H_2O_2) = CV - n(O_2)$

$[H_2O_2]V_T = CV - \frac{V_{O_2}}{V_M}$

$[H_2O_2] = \frac{CV}{V_T} - \frac{V_{O_2}}{V_M V_T}$

$V_T = 2V$ بينا

منه

$[H_2O_2] = \frac{C}{2} - \frac{V_{O_2}}{V_M V_T}$

$[H_2O_2]_f = \frac{C}{2} - \frac{V_f}{V_M V_T}$

$= 0,083 \neq 0$

منه H_2O_2 ليس محدّ !

MnO_4^- ← المحدّ هو .

3 - جدول MnO_4^- :

$C'V' - 2x_f = 0$

$C' = \frac{2x_f}{V'} = 0,136 mol/L$

* تركيب الكيس :

$n_f(H_2O_2) = CV - 5x_f = 0,04 mol$

$n_f(MnO_4^-) = 0$

$n_f(O_2) = 5x_f = 0,085 mol$

$n_f(Mn^{2+}) = 2x_f = 0,034 mol$

$n_f(K^+) = C'V' = 0,034 mol$

II / أكسدة : تفاعل كيميائي تحدث فيه عملية فقدان إلكترون.

إرجاع : تفاعل كيميائي تحدث فيه عملية اكتساب إلكترون.

2 - ط ن لو نه الأنف سجي يمكننا من تعيين نقطة التكافؤ .

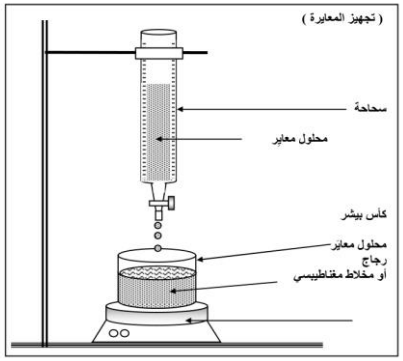
* حمض الكبريت ، توفير شوارد H^+ لوسط التفاعل

قبل التكافؤ : شفاف

عند التكافؤ : بنفسجي (شفاف)

بعد التكافؤ : بنفسجي

3 -



الخصائص : تام ، ناشر للحرارة ، سريع

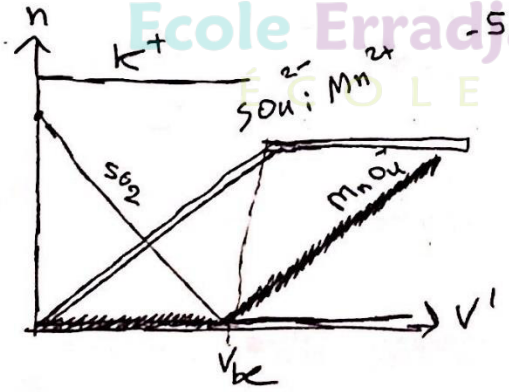
4 - $2(MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O)$

$5(SO_2 + 2H_2O = SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-)$

$5SO_2 + 2MnO_4^- + 16H^+ + 10H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10H^+$

$5SO_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ + 2H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+}$

5 -



6 - عند التكافؤ :

$n_E(SO_2) = 0$

$n_E(MnO_4^-) = 0$

$\begin{cases} C_1V_1 - 5x_E = 0 \Rightarrow x_E = \frac{C_1V_1}{5} \\ C_2V_2 - 2x_E = 0 \Rightarrow x_E = \frac{C_2V_2}{2} \end{cases}$

$\frac{C_1V_1}{5} = \frac{C_2V_2}{2}$

$\frac{n_0(SO_2)}{5} = \frac{C''V_E}{2}$

$C'' = \frac{C'}{40} = 3,4 \times 10^{-3} \frac{mol}{L}$ حيث

$\Rightarrow n_0(SO_2) = 1,7 \times 10^{-4} mol$

7 -

$n_0(SO_2) = 1,7 \times 10^{-4}$

$\frac{m_0}{M} = 1,7 \times 10^{-4} \Rightarrow m_0 = 0,01g$

$\frac{1,6}{0,01} = 147$ مرّة

← نعم تتوافق تقريبا .

إعداد : بن طاهر

www.ecolerradja.com colerradja

التمرين 2.

1- $P_{H_2}V_{H_2} = n_{H_2}RT$

$n_{H_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{(350\times10^5)(1\times10^{-3})}{(8,31)(20+273)}$

$n_{H_2} = 14,37\,mol$

$\frac{m_{H_2}}{M} = 14,37 \Rightarrow m_{H_2} = 28,75\,g$ (2)

2-

	$HCOOH$	$=$	H_2	$+$	CO_2
	n_0		0		0
	$n_0 - x$		x		x
	$n_0 - x_f$		x_f		x_f

3- $n(HCOOH) = n_0 - x$ (O) ; $n(H_2) = x$

عند التوازن الكيميائي

$n_0 - n(H_2) = 0$

$\rightarrow n(H_2) = n_0 \Rightarrow \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} = \frac{m_{HCOOH}}{M_{HCOOH}}$

$\rho_{HCOOH} = \frac{m_{HCOOH}}{V_0} \rightarrow m_{HCOOH} = \rho V_0$

$m_{H_2} = \frac{\rho_{HCOOH} V_0 M_{H_2}}{M_{HCOOH}} = 2M(H)$

4- $m_{H_2} = 2\rho_{HCOOH} V_0 \frac{M(H)}{M(HCOOH)}$

$m_{H_2} = 2(1220)1 \cdot \frac{1}{46}$

$= 53,04\,g$

$\frac{53,04}{28,75} = 1,85$

كمية H_2 المخزنة في حقن النمل أكبر بـ 1,85 مرة.

II / $HCOOH + H_2O = HCOO^- + H_3O^+$

$(HCOOH/HCOO^-)$

(H_3O^+/H_2O)

2- $HCOOH + HO^- = HCOO^- + H_2O$

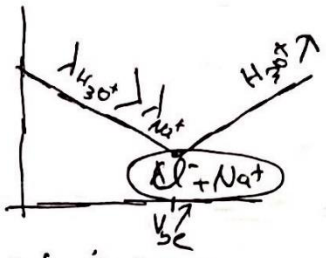
	$HCOOH$	$+$	HO^-	$=$	$HCOO^-$	$+$	H_2O
	n_a		n_b		0		
	$n_a - x$		$n_b - x$		x		
	$n_a - x_f$		$n_b - x_f$		x_f		

$n(HCOOH) = n_a - x$; $n(HO^-) = n_b - x$

$x = n_b - n(HO^-)$

$n(HCOOH) = n_a - n_b + n(HO^-)$

3- $H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$



وجود شوارد متفرجة لذلك المناقلة تتكون

4- $n_f(OH^-) = C_a V_{aE}$

$n_f(HO^-) = 1,5\times10^{-3}\,mol$

لدينا $n_f(HCOOH) = n_a - n_b + n_f(HO^-)$

$n_f(HCOOH) = 0$ بما أن HO^- هو المتفاعل المحد

$n_a - n_b + n_f(HO^-) = 0$

$n_a = 8,5\times10^{-3}\,mol$

$m_a = M\,n_a$

$= 0,391\,g$

5- $100\,km \longrightarrow 0,76\,kg$

$d = ? \longleftarrow 0,391\times10^{-3}\,kg$

$d = 0,0514\,km$

$= 51,44\,m$

نعم الكمية كافية

إعداد: بن طاهر
www.ecolerradja.com
colerradja
مدرسة الرضاء والتفوق الخاصة
Ecole Erradja wa tafaouk
PRIVÉE