# تجميعية الوحدة الرابعة – بكالوريا الجزائر (علوم فيزيائية)

## التمرين الأول: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

نعتبر محلولاً مائيًا لحمض الإيثانويك حجمه $V = 100\ mL$ وتركيزه المولي $c = 1,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$. نقيس الناقلية $G$ لهذا المحلول في الدرجة $25°C$ بجهاز قياس الناقلية، ثابت خليته $k = 1,2\times10^{-2}\ m$، فكانت النتيجة $G = 1,92\times10^{-4}\ S$.

**1-** احسب كتلة الحمض النقي المنحلة في الحجم $V$ من المحلول.

**2-** أكتب معادلة التفاعل المنمذج لانحلال حمض الإيثانويك في الماء.

**3-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل. عرّف التقدم الأعظمي $x_{max}$ وعبّر عنه بدلالة التركيز $c$ للمحلول وحجمه $V$.

**4-** **أ-** أعط عبارة الناقلية النوعية $\sigma$ للمحلول:

- بدلالة الناقلية $G$ للمحلول والثابت $k$ للخلية.
- بدلالة التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ والناقلية المولية الشاردية $\lambda_{H_3O^+}$ والناقلية المولية الشاردية $\lambda_{CH_3COO^-}$ (نهمل التشرد الذاتي للماء).

**ب-** استنتج عبارة $[H_3O^+]_f$ في الحالة النهائية (حالة التوازن) بدلالة $G$، $k$، $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3COO^-}$. احسب قيمته.

**جـ-** استنتج قيمة $pH$ المحلول.

**5-** أوجد عبارة كسر التفاعل $Q_{r,f}$ في الحالة النهائية (حالة التوازن) بدلالة $[H_3O^+]_f$ والتركيز $c$ للمحلول. ماذا يمثل $Q_{r,f}$ في هذه الحالة؟

**6-** احسب الـ $pK_a$ للثنائية $(CH_3COOH\ /CH_3COO^-)$.

تعطى: $M(C) = 12\ g/mo\ell$ ، $M(H) = 1\ g/mo\ell$ ، $M(O) = 16\ g/mo\ell$.

$K_e = 10^{-14}$ ، $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,1\ mS\cdot m^2\cdot mo\ell^{-1}$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35\ mS\cdot m^2\cdot mo\ell^{-1}$.

## التمرين الثاني: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**I–** نأخذ محلولاً مائيًا $(S_1)$ لحمض البنزويك $C_6H_5-COOH$ تركيزه المولي $c_1 = 1,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$. نقيس عند التوازن في الدرجة $25°C$ ناقليته النوعية فنجدها $\sigma = 0,86\times10^{-2}\ S\cdot m^{-1}$.

**1-** أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحول حمض البنزويك في الماء.

**2-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

**3-** احسب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول $(S_1)$ عند التوازن.

تعطى الناقلية المولية للشاردة $H_3O^+$ والشاردة $C_6H_5COO^-$:

$\lambda_{H_3O^+} = 35\times10^{-3}\ S\cdot m^2\cdot mo\ell^{-1}$ ، $\lambda_{C_6H_5COO^-} = 3,24\times10^{-3}\ S\cdot m^2\cdot mo\ell^{-1}$ ، (نهمل التشرد الذاتي للماء).

**4-** أوجد النسبة النهائية $\tau_{1f}$ لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

**5-** احسب ثابت التوازن الكيميائي $K_1$.

**II–** نعتبر محلولاً مائيًا $(S_2)$ لحمض الساليسيليك، الذي يمكن أن نرمز له $(HA)$، تركيزه المولي $c_2 = c_1$ وله $pH = 3,2$ في الدرجة $25°C$.

**1-** أوجد النسبة النهائية $\tau_{2f}$ لتقدم تفاعل حمض الساليسيليك مع الماء.

**2-** قارن بين $\tau_{1f}$ و $\tau_{2f}$. استنتج أي الحمضين أقوى؟

## التمرين الثالث: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة العلوم التجريبية

**I-** ننمذج التحول الكيميائي المحدود لحمض الإيثانويك (حمض الخل) مع الماء بتفاعل كيميائي معادلته:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

**1-** أعط تعريفًا للحمض وفق نظرية برونستد.

**2-** اكتب الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في التفاعل الحاصل.

**3-** اكتب عبارة ثابت التوازن $K$ الموافق للتفاعل الكيميائي السابق.

**II-** نحضر محلولاً مائيًا لحمض الإيثانويك حجمه $V = 100\ mL$ وتركيزه المولي $c = 2,7\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ وقيمة الـ $pH$ له في الدرجة $25°C$ تساوي $3,7$.

**1-** استنتج التركيز المولي النهائي لشوارد الهيدرونيوم في محلول حمض الإيثانويك .

**2-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل ثم أحسب كلا من التقدم النهائي $x_f$ والتقدم الأعظمي $x_{max}$.

**3-** احسب قيمة النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

**4-** احسب: أ- التركيز المولي النهائي لكل من $CH_3COO^-$ و $CH_3COOH$.

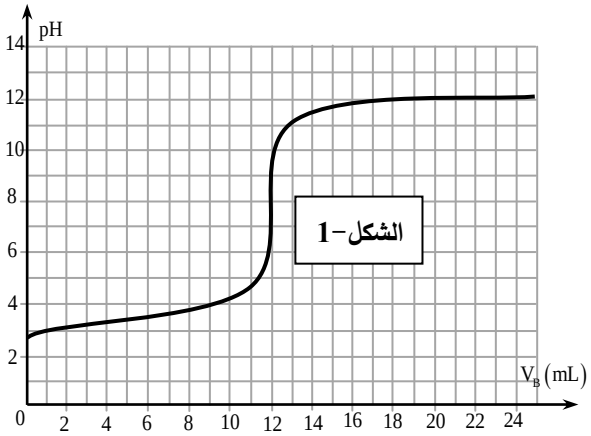
ب- قيمة الـ $pK_a$ للثنائية $(CH_3COOH\ /CH_3COO^-)$ واستنتج النوع الكيميائي المتغلب في المحلول الحمضي. برّر إجابتك.

## التمرين الرابع: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة العلوم التجريبية

يحتوي الحليب على حمض اللاكتيك (حمض اللبن) الذي تزداد كميته عندما لا تحترم شروط الحفظ، ويكون الحليب غير صالح للاستهلاك إذا زاد تركيز حمض اللاكتيك فيه عن $2,4\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ . الصيغة الكيميائية لحمض اللاكتيك هي $CH_3-CHOH-COOH$ ونرمز لها اختصارا $HA$ .

أثناء حصة الأعمال المخبرية، طلب الأستاذ من تلميذين تحقيق معايرة عينة من حليب قصد معرفة مدى صلاحيته.

**التجربة الأولى:** أخذ التلميذ الأول حجمًا $V_A = 20\ mL$ من الحليب و عايره بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (محلول الصودا) تركيزه المولي $c_B = 5,0\times10^{-2} mo\ell\cdot L^{-1}$ متتبعًا تغيرات $pH$ المزيج بواسطة $pH$ – متر، فتحصل على المنحنى الممثل في **الشكل-1**.




**التجربة الثانية:** أخذ التلميذ الثاني حجمًا $V_A = 20\ mL$ من الحليب ومدده بالماء المقطر إلى أن أصبح حجمه $200\ mL$ ثم عاير المحلول الناتج بمحلول الصودا السابق مستعملاً كاشفًا ملونًا مناسبًا، فلاحظ أن لون الكاشف يتغير عند إضافة حجم من الصودا قدره $V_B = 12,9\ mL$.

**1-** أكتب معادلة التفاعل المنمذج لعملية المعايرة.

**2-** ضع رسمًا تخطيطيًا للتجربة الأولى.

**3-** لماذا أضاف التلميذ الماء في التجربة الثانية؟ هل يؤثر ذلك على نقطة التكافؤ؟

**4-** عيّن التركيز المولي لحمض اللاكتيك في الحليب المعاير في كل تجربة.
ماذا تستنتج عن مدى صلاحية الحليب المعاير للاستهلاك؟

**5-** برأيك، أي تجربة أكثر دقة؟

## التمرين الخامس: بكالوريا الجزائر 2009 – شعبة العلوم التجريبية

محلول مائي لحمض الإيثانويك $CH_3COOH$ تركيزه $c$ مقدرا بالوحدة $\left(mo\ell\cdot L^{-1}\right)$.

**1-** أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل بين حمض الإيثانويك والماء.

**2-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي السابق.

**3-** أوجد عبارة $\left[H_3O^+\right]$ بدلالة $c$ ، $\tau$ (نسبة تقدم التفاعل).

**4-** بيّن أنه يمكن كتابة عبارة ثابت الحموضة $(K_a)$ للثنائية $CH_3COOH\ /CH_3COO^-$ على الشكل: $K_a = \dfrac{\tau^2\cdot c}{1-\tau}$ .

**5-** نحدّد قيمة $\tau$ للتحول من أجل تراكيز مولية مختلفة $(c)$ وندون النتائج في الجدول أدناه:

| $c(\times10^{-2} mo\ell\cdot L^{-1})$ | 17,8 | 8,77 | 1,78 | 1,08 |
|---|---|---|---|---|
| $\tau(\times10^{-2})$ | 1,0 | 1,4 | 3,1 | 4,0 |
| $A = \dfrac{1}{c}(L\cdot mo\ell^{-1})$ | | | | |
| $B = \dfrac{\tau^2}{1-\tau}$ | | | | |

أ) أكمل الجدول السابق.

ب) مثّل البيان $A = F(B)$ .

ج) استنتج ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية $(CH_3COOH\ /CH_3COO^-)$ .

## التمرين السادس: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

نحضر محلولا $(S)$ لحمض الإيثانويك $(CH_3COOH)$ ، لهذا الغرض نحل كتلة $m$ في حجم قدره $100\ mL$ من الماء المقطر. نقيس $pH$ المحلول $(S)$ بواسطة مقياس الـ $pH$ - متر عند الدرجة $25°C$ فكانت قيمته $3,4$ .

**1-** أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث.

**2-** أ- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي.

ب- أوجد قيمة التقدم النهائي $x_f$ .

جـ- إذا علمت أن النسبة النهائية للتقدم $\tau_f = 0,039$ بيّن أن قيمة التركيز المولي $c = 10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ ثم استنتج $m$ قيمة الكتلة المنحلة في المحلول $(S)$ .

**3-** احسب كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ وكسر التفاعل عند التوازن $Q_{r,f}$ . ما هي جهة تطور الجملة الكيميائية؟

**4-** بهدف التأكد من قيمة التركيز المولي $c$ للمحلول $(S)$ ، نعاير حجما $V_a = 10\ mL$ منه بواسطة محلول أساسي لهيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $c_b = 4,0\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ فيحدث التكافؤ عند إضافة حجم $V_{bE} = 25\ mL$ من المحلول الأساسي.

**أ-** أذكر البروتوكول التجريبي لهذه المعايرة.

**ب-** أكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول.

**جـ-** احسب قيمة التركيز المولي $c$ للمحلول $(S)$ . قارنها مع القيمة المعطاة سابقا.

**د-** ما هي قيمة $pH$ المزيج لحظة إضافة $12,5\ mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم؟

**يعطى:** $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$ ، $M(C) = 12\ g.mol^{-1}$ ، $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$ و $pK_a\left(CH_3COOH\ /CH_3COO^-\right) = 4,8$

## التمرين السابع: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

بغرض تحضير محلول $(S_1)$ لغاز النشادر $NH_{3(g)}$، نحل منه $1,2\ L$ في $500\ mL$ من الماء المقطر.

**1-** أ- أحسب التركيز المولي $c_1$ للمحلول $(S_1)$، علما أن الحجم المولي الغازي في شروط التجربة هو: $V_M = 24\ L\cdot mo\ell^{-1}$.

ب- أكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل.

**2-** إن قياس $pH$ المحلول $(S_1)$ في الدرجة $25°C$ أعطى القيمة $11,1$.

أ- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

ب- أحسب النسبة النهائية للتقدم $\tau_{1f}$. ماذا تستنتج؟

**3-** كلف الأستاذ في حصة الأعمال المخبرية فوج من التلاميذ لتحضير محلولا $(S_2)$ حجمه $V = 50\ mL$ وتركيزه المولي $c_2 = 2\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ انطلاقا من المحلول $(S_1)$.

أ- ما هي الخطوات العملية المتبعة لتحضير المحلول $(S_2)$؟

ب- إن قيمة $pH$ المحلول $(S_2)$ المحضر تساوي $10,8$. احسب قيمة النسبة النهائية $\tau_{2f}$ لتقدم التفاعل.

جـ- ما تأثير الحالة الابتدائية للجملة على النسبة النهائية لتقدم التفاعل؟

**4-** احسب قيمة ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية $\left(NH_{4(aq)}^{+}/NH_{3(aq)}\right)$.

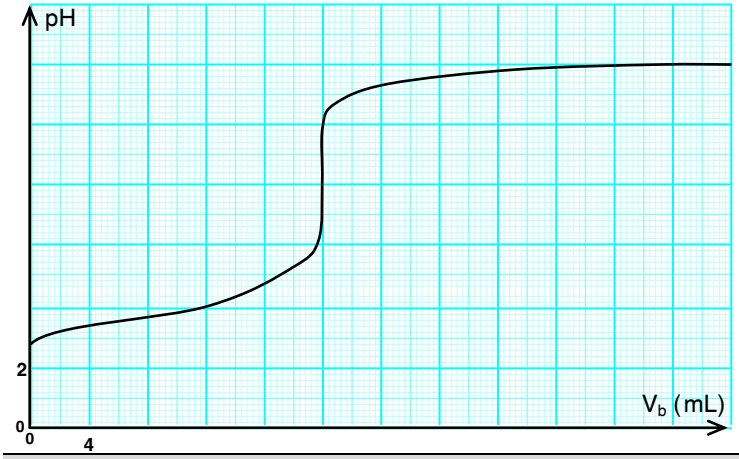
## التمرين الثامن: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة العلوم التجريبية

المحاليل المائية مأخوذة في الدرجة $25°C$.

لأجل تعيين قيمة التركيز المولي لمحلول مائي $(S_0)$ لحمض الميثانويك $\left(HCOOH_{(aq)}\right)$، نحقق التجربتين التاليتين:

**التجربة الأولى:** نأخذ حجما $V_0 = 20\ mL$ من المحلول $(S_0)$، ونمدده 10 مرات (أي بإضافة $180\ mL$ من الماء المقطر) لنحصل على محلول $(S_1)$.

**التجربة الثانية:** نأخذ حجما $V_1 = 20\ mL$ من المحلول الممدد $(S_1)$، ونعايره بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $\left(Na_{(aq)}^{+} + HO_{(aq)}^{-}\right)$ تركيزه المولي $c_b = 0,02\ mo\ell\cdot L^{-1}$. أعطت نتائج المعايرة البيان **(الشكل–2)**.




**(الشكل– 2)**

**1–** اشرح باختصار كيفية تمديد المحلول $(S_0)$، وما هي الزجاجيات الضرورية لذلك؟

**2–** أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة.

**3–** عيّن بيانيا إحداثيي نقطة التكافؤ، واستنتج التركيز المولي للمحلول الممدد $(S_1)$.

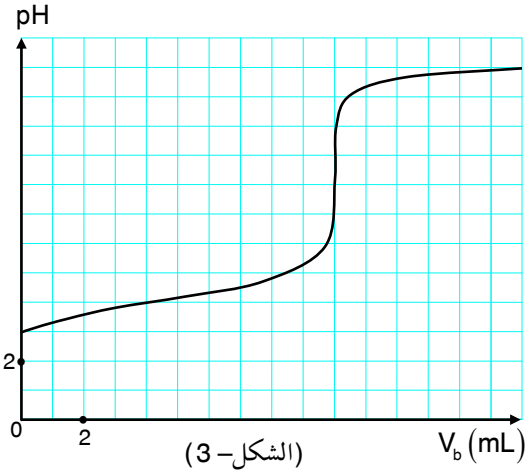
**4–** أوجد بالاعتماد على البيان القيمة التقريبية لثابت الحموضة $K_a$ للثنائية $\left(HCOOH_{(aq)}/HCOO_{(aq)}^{-}\right)$

**5–** استنتج قيمة التركيز المولي للمحلول الأصلي $(S_0)$.

## التمرين التاسع: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة العلوم التجريبية

يتكون مشروب غازي من غاز ثنائي أكسيد الكربون $CO_2$ منحل في الماء والسكر وحمض البنزويك، ذو الصيغة $C_6H_5COOH$. يريد أحد التلاميذ إجراء عملية معايرة لمعرفة التركيز المولي $c_a$ للحمض في هذا المشروب، ولأجل ذلك يأخذ منه حجما قدره $V_a = 50\ mL$ بعد إزالة غاز $CO_2$ عن طريق رجه جيدًا ويضعه في بيشر ثم يعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $\left(Na_{(aq)}^{+} + HO_{(aq)}^{-}\right)$ ذي التركيز المولي $c_b = 1,0\times10^{-1}\ mo\ell\cdot L^{-1}$.

**1-** من أجل كل حجم $V_b$ لهيدروكسيد الصوديوم المضاف، يسجل التلميذ في كل مرة قيمة $pH$ المحلول عند الدرجة $25°C$ باستعمال مقياس الـ $pH$-متر، فتمكن من رسم المنحنى البياني $pH = f(V_b)$ **(الشكل–3)**.




(الشكل– 3)

باعتبار حمض البنزويك الحمض الوحيد في المشروب الغازي.

**أ-** أكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل خلال المعايرة.

**ب-** حدّد بيانيا إحداثيي نقطة التكافؤ $E$.

**جـ-** استنتج التركيز المولي $c_a$ لحمض البنزويك.

**2-** من أجل حجم $V_b = 10,0\ mL$ لهيدروكسيد الصوديوم المضاف:

**أ-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

**ب-** أوجد كمية مادة كل من شوارد الهيدرونيوم $H_3O_{(aq)}^{+}$ وجزيئات حمض البنزويك المتبقية في الوسط التفاعلي مستعينا بجدول التقدم.

**3-** ما هو الكاشف المناسب لمعرفة نقطة التكافؤ من بين الكواشف المذكورة في الجدول أدناه مع التعليل؟

| اسم الكاشف | $pH$ مجال التغير اللوني |
|---|---|
| أحمر الميثيل | $4,2 - 6,2$ |
| أزرق البروموثيمول | $6,0 - 7,6$ |
| الفينول فثالين | $8,0 - 10,0$ |

## التمرين العاشر: بكالوريا الجزائر 2011 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

محلول مائي لحمض الإيثانويك $CH_3COOH$، حجمه $V_0$ وتركيزه المولي $c_0 = 1,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$.

**1**– اكتب معادلة التفاعل المنمذجة لانحلال حمض الإيثانويك في الماء.

**2**– أنشئ جدولا لتقدم التفاعل. نرمز بـ $x_{éq}$ إلى تقدم التفاعل عند التوازن.

**3**– اكتب عبارة كل من:

**أ**– النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$ بدلالة $c_0$ و $\left[H_3O^+(aq)\right]_f$.

**ب**– كسر التفاعل عند التوازن وبيّن أنه يمكن كتابته على الشكل: $Q_{r,éq} = \dfrac{\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}^2}{C_0 - \left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}}$.

**جـ**– الناقلية النوعية $\sigma_{éq}$ عند التوازن بدلالة $\lambda_{H_3O^+}$، $\lambda_{CH_3COO^-}$ و $\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}$. نهمل $\left[HO^-(aq)\right]_{éq}$ أمام $\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}$.

**4**– **أ**– باستخدام العلاقات المستنتجة سابقا، أكمل الجدول الموالي:

| المحلول | $c\left(mo\ell\cdot L^{-1}\right)$ | $\sigma_{éq}\left(S.m^{-1}\right)$ | $\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}\left(mo\ell\cdot L^{-1}\right)$ | $\tau_f\ (\%)$ | $Q_{r,éq}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $S_0$ | $1,0\times10^{-2}$ | $0,016$ | | | |
| $S_1$ | $5,0\times10^{-2}$ | $0,036$ | | | |

علما أن: $\lambda_{H_3O^+} = 35,0\ mS\cdot m^2\cdot mo\ell^{-1}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 3,6\ mS\cdot m^2\cdot mo\ell^{-1}$.

**ب**– استنتج تأثير التركيز المولي للمحلول على كل من:

– النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$.

– كسر التفاعل عند التوازن $Q_{r,éq}$.

## التمرين الحادي عشر: بكالوريا الجزائر 2011 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

عينة مخبرية $S_0$ لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تحمل المعلومات التالية: $27\%$ و $d = 1,3$.

**1**- **أ**– بيّن بالحساب أن التركيز المولي للمحلول يقارب $c_0 = 8,8\ mo\ell\cdot L^{-1}$.

**ب**– ما هو حجم حمض كلور الهيدروجين الذي تركيزه $c_a = 0,10\ mo\ell\cdot L^{-1}$ اللازم لمعايرة $V_0 = 10\ mL$ من العينة المخبرية؟

**جـ**– هل يمكن تحقيق هذه المعايرة بسهولة؟ علّل.

**2**- نحضر محلولا $S$ بتمديد العينة المخبرية 50 مرة. صف البروتوكول التجريبي الذي يسمح بتحضير $500\ mL$ من المحلول $S$.

**3**- نأخذ بواسطة ماصة حجمها $V_b = 10,0\ mL$ من المحلول $S$، نضعها في بيشر، نضع مسبار جهاز الـ $pH$ – متر في البيشر ونضيف إليه كمية مناسبة من الماء المقطر تجعل المسبار مغمورا بشكل ملائم. نقيس قيمة الـ $pH$، بعدها نسكب بواسطة سحاحة حجما من المحلول الحمضي ثم نعيد قياس الـ $pH$.

نكرر العملية، مما يسمح لنا برسم المنحنى البياني **(الشكل–4)**.

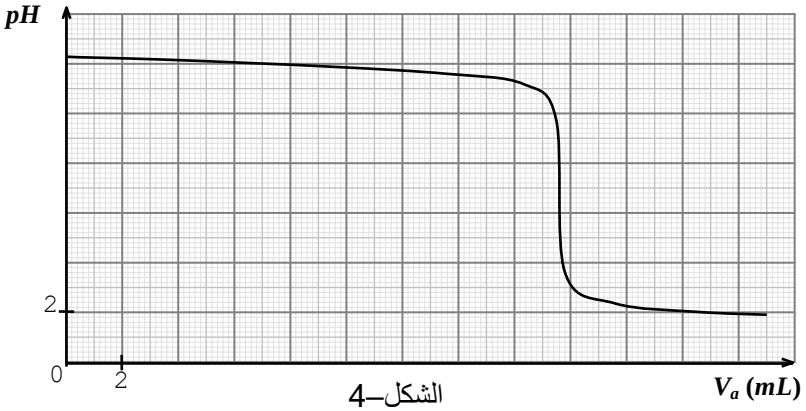
**أ**– كيف نضع مسبار الـ $pH$ – متر حتى يكون مغمورا بشكل ملائم في البيشر؟ لماذا؟

**ب**– اكتب المعادلة المنمذجة للتحول الحادث أثناء المعايرة.

**جـ**– عيّن الإحداثيات $(V_{aE}\ ,\ pH_E)$ لنقطة التكافؤ $E$ مع ذكر الطريقة المتبعة.

**د**– احسب التركيز المولي للمحلول $S$ ثم استنتج التركيز المولي للعينة المخبرية.

$M(H) = 1\ g.mol^{-1}$ ؛ $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$ ؛ $M(Na) = 23\ g.mol^{-1}$.




الشكل–4

## التمرين الثاني عشر: بكالوريا الجزائر 2011 – شعبة العلوم التجريبية

انحلال حمض الايثانويك $CH_3COOH$ في الماء هو تحول كيميائي ينمذج بالتفاعل ذي المعادلة التالية:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(\ell) = CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

نقيس في الدرجة $25°C$ الناقلية النوعية للمحلول الذي تركيزه المولي الابتدائي $c_0 = 1,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ فنجدها $\sigma = 1,6\times10^{-2}\ S.m^{-1}$.

**1-** حدّد الثنائيات حمض/أساس المشاركة في هذا التحول.

**2-** أكتب عبارة ثابت التوازن الكيميائي $K$ بدلالة $c_0$ و $\left[H_3O^+(aq)\right]_{éq}$.

**3-** يعطى الشكل العام لعبارة الناقلية النوعية في كل لحظة بدلالة التراكيز المولية والناقليات النوعية المولية الشاردية لمختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول بالصيغة: $\sigma(t) = \sum_{i=1}^{i=n}\lambda_i\,[\chi_i]$

أكتب العبارة الحرفية للناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمحلول السابق، (يهمل التفكك الذاتي للماء).

**4-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الحادث.

**5-** **أ–** احسب التراكيز المولية لمختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند توازن الجملة الكيميائية.

**ب–** احسب ثابت التوازن الكيميائي $K$.

**جـ–** عيّن النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$. ماذا تستنتج؟

**المعطيات:** $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,10\times10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ ؛ $\lambda_{H_3O^+} = 35,9\times10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$.

## التمرين الثالث عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

تؤخذ كل المحاليل في $25°C$.

الإيبوبروفين حمض كربوكسيلي صيغته الجزيئية الإجمالية $C_{13}H_{18}O_2$، دواء يعتبر من المضادات للالتهابات، شبيه بالأسبرين، مسكن للآلام ومخفض للحرارة.

تباع مستحضرات الإيبوبروفين في الصيدليات على شكل مسحوق في أكياس تحمل المقدار $200\ mg$ يذوب في الماء. في كل هذا النشاط نرمز لحمض الإيبوبروفين بـ $RCOOH$ ولأساسه المرافق بـ $RCOO^-$. $M(RCOOH) = 206\ g.mo\ell^{-1}$

**أولا:** نذيب محتوى كيس الإيبوبروفين $200\ mg$ من الحمض في بيشر به ماء فنحصل على محلول مائي $S_0$ تركيزه المولي $c_0$ وحجمه $V_0 = 500\ mL$.

**1-** تأكد من أن: $c_0 \approx 0,002\ mo\ell\cdot L^{-1}$.

**2-** أعطى قياس $pH$ المحلول $S_0$ القيمة $pH = 3,5$.

**أ-** تحقق باستعانتك بجدول التقدم أن تفاعل حمض الإيبوبروفين مع الماء محدود.

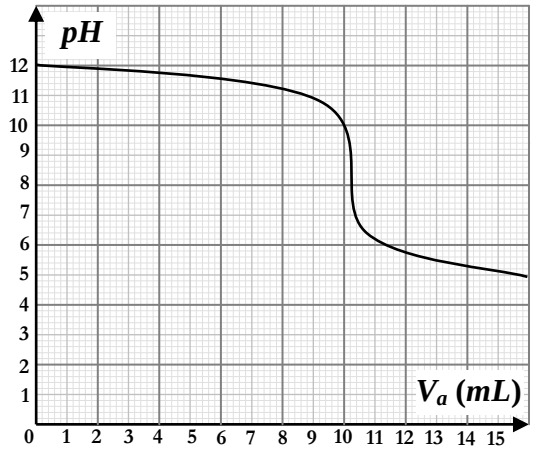
**ب-** اكتب كسر التفاعل $Q_r$ لهذا التحول.

**جـ-** بيّن أن عبارة $Q_{r,éq}$ تكتب على الشكل: $Q_{r,éq} = \dfrac{x_{max}\cdot\tau_f^2}{V_0\cdot(1-\tau_f)}$ حيث $\tau_f$: النسبة النهائية لتقدم التفاعل و $x_{max}$: التقدم الأعظمي ويعبر عنه بـ $mo\ell$.

**د-** استنتج قيمة ثابت التوازن $K$.

**ثانيا:** للتحقق من صحة المقدار المسجل على الكيس، نأخذ حجما $V_b = 100,0\ mL$ من محلول مائي $S_b$ لهيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+(aq) + HO^-(aq)\right)$ تركيزه المولي $c_b = 2,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ ونذيب فيه كليا محتوى الكيس فنحصل على محلول مائي $S$ (نعتبر أن حجم المحلول $S$ هو $V_b$).

نأخذ $20mL$ من المحلول $S$ ونضعه في بيشر ونعايره بمحلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $c_a = 2,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ فنحصل على المنحنى البياني (الشكل-5)، معادلة تفاعل المعايرة هي: $H_3O^+(aq) + HO^-(aq) = 2H_2O(\ell)$




**الشكل –5**

**1-** ارسم بشكل تخطيطي عملية المعايرة.

**2-** عرّف نقطة التكافؤ، ثم حدّد إحداثيتي هذه النقطة $E$.

**3-** جد كمية المادة لشوارد $HO^-(aq)$ التي تمت معايرتها.

**4-** جد كمية المادة الأصلية لشوارد $HO^-(aq)$، ثم استنتج تلك التي تفاعلت مع الحمض $RCOOH$ المتواجد في الكيس.

**5-** احسب $m$ كتلة حمض الإيبوبروفين المتواجدة في الكيس، ماذا تستنتج؟

## التمرين الرابع عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1-** نحضر محلولا مائيا $S_1$ حجمه $V = 200\ mL$ لحمض البنزويك $C_6H_5COOH$ بتركيز مولي $c_1 = 1,00\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$، ثم نقيس $pH$ هذا المحلول فنجده $pH_1 = 3,1$.

**أ-** اكتب معادلة تفاعل حمض البنزويك مع الماء.

**ب-** أنشئ جدولا لتقدم هذا التفاعل.

**جـ-** احسب النسبة النهائية $\tau_{1f}$ لتقدم هذا التفاعل. ماذا تستنتج؟

**د-** اكتب عبارة ثابت الحموضة $K_{a1}$ للثنائية $C_6H_5COOH\,(aq)/C_6H_5COO^-\,(aq)$

**هـ-** أثبت أن $K_{a1}$ يعطى بالعلاقة: $K_{a1} = c_1 \times \frac{\tau_{1f}^2}{1-\tau_{1f}}$ ، ثم احسب قيمته.

**2-** نأخذ حجما $20\ mL$ من المحلول $S_1$ ونمدّده 10 مرات بالماء فنحصل على محلول $S_1'$ لحمض البنزويك بتركيز مولي $c_1'$، ثم نقيس $pH$ هذا المحلول فنجده $pH_1' = 3,6$ .

**أ-** أثبت أن: $c_1' = 1,00 \times 10^{-3}\ mo\ell \cdot L^{-1}$ .

**ب-** احسب القيمة الجديدة للنسبة النهائية $\tau_{2f}$ لتقدم تفاعل حمض البنزويك مع الماء.

**جـ-** ما هو تأثير تخفيف المحاليل على النسبة النهائية لتقدم التفاعل؟

## التمرين الخامس عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة العلوم التجريبية

تؤخذ كل المحاليل في $25°C$ .

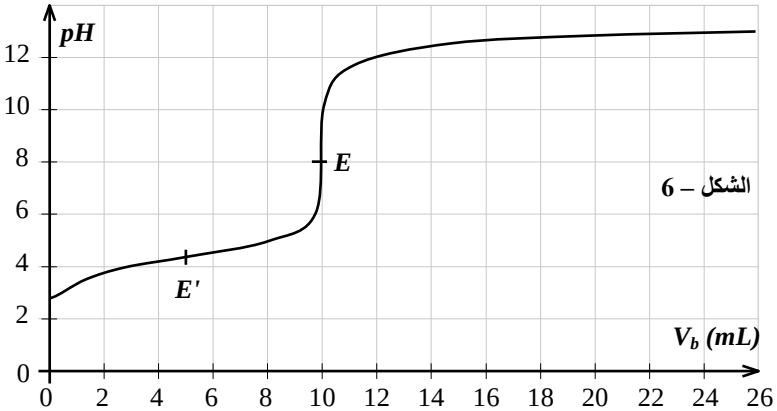
نحضر محلولا $S$ حجمه $500\ mL$ بحل كتلة $m$ من حمض البنزويك النقي $C_6H_5COOH$ في الماء.

**1-** اكتب معادلة انحلال حمض البنزويك في الماء.

**2-** أعط عبارة ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية أساس/حمض.

**3-** نعاير حجما $V_a = 20\ mL$ من محلول حمض البنزويك بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ تركيزه المولي $c_b = 0,2\ mo\ell \cdot L^{-1}$ .

المنحنى البياني **(الشكل–6)** يعطي تطور $pH$ المزيج بدلالة حجم الأساس المضاف $V_b$.




**أ-** اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

**ب-** عيّن احداثيات النقطتين $E$ و $E'$ من **(الشكل–6)**.
ما مدلولهما الكيميائي؟

**جـ-** جد التركيز المولي $c_a$ لحمض البنزويك.

**د-** احسب الكتلة $m$ لحمض البنزويك النقي المستعملة لتحضير المحلول $S$.

**هـ-** جد قيمة $K_a$ للثنائية $C_6H_5COOH\,(aq)/C_6H_5COO^-\,(aq)$.

**و-** ما النوع الكيميائي الذي يشكل الصفة الغالبة في المزيج التفاعلي عند $pH = 6$ ؟

**تعطى:** $M(O) = 16\ g \cdot mo\ell^{-1}$ ، $M(H) = 1\ g \cdot mo\ell^{-1}$ ، $M(C) = 12\ g \cdot mo\ell^{-1}$

## التمرين السادس عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة العلوم التجريبية

تؤخذ كل المحاليل في $25°C$ .

**1-** حضرنا محلولا $S_1$ لحمض الإيثانويك $CH_3-COOH$ تركيزه المولي $c_1 = 1,0\times10^{-2} mo\ell \cdot L^{-1}$ وله $pH = 3,4$ .

**أ-** اكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.

**ب-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي .

**جـ-** بيّن أن $CH_3-COOH$ لا يتفاعل كليا مع الماء.

**د-** أثبت أن $k_1$ ثابت التوازن للتفاعل يعطى بالعلاقة: $k_1 = c_1 \frac{\tau_{1f}^2}{1-\tau_{1f}}$ ، ثم احسب قيمته، حيث: $\tau_{1f}$ نسبة التقدم النهائي للتفاعل.

**هـ-** ما النوع الكيميائي الذي يشكل الصفة الغالبة في المحلول؟

**2-** في تجربة ثانية حضرنا محلولا $S_2$ لحمض الإيثانويك تركيزه المولي $c_2 = 1,0\times10^{-1} mo\ell \cdot L^{-1}$ الناقلية النوعية له $\sigma = 5,0 \times 10^{-2}\ mS \cdot m^{-1}$ .

**أ-** احسب التراكيز المولية للأنواع الشاردية المتواجدة في المحلول.

**ب-** احسب $\tau_{2f}$ و $K_2$ .

**3-** **أ-** ما تأثير التراكيز المولية الابتدائية على النسبة النهائية للتقدم؟

**ب-** هل يتعلق ثابت التوازن $K$ بالتراكيز المولية الابتدائية؟ **يعطى:** $\lambda_{CH_3-COO^-} = 4,1\ mS \cdot m^2 \cdot mo\ell^{-1}$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35,9\ mS \cdot m^2 \cdot mo\ell^{-1}$

## التمرين السابع عشر: بكالوريا الجزائر 2013 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1-** نحضر محلولاً مائيًا $(S_1)$ لحمض الإيثانويك $CH_3COOH$، وذلك بانحلال كتلة: $m = 0,72\ g$ من حمض الإيثانويك النقي في $800mL$ من الماء المقطر. في درجة الحرارة $25°C$ ، كانت قيمة الـ $pH$ لمحلوله $3,3$ .

**أ-** احسب $c_1$ التركيز المولي للمحلول $(S_1)$ .

**ب-** اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.

**جـ-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

**د-** عبّر عن التقدم $x_{éq}$ عند التوازن بدلالة: $pH$ و $V$، حيث: $V$ حجم المحلول $(S_1)$ .

**هـ-** بيّن أن قيمة الـ $pK_a$ للثنائية: $CH_3COOH/CH_3COO^-$ هي $4,76$ .

**2-** نمزج حجما $V_1$ من المحلول $(S_1)$ كميّة مادته $n_0$ مع حجم $V_2$ من محلول النشادر له نفس كمية المادة $n_0$.

**أ-** اكتب معادلة التفاعل الحادث بين: $CH_3COOH$ و $NH_3$.

**ب-** احسب ثابت التوازن $K$.

**ج-** بيّن أن النسبة النهائية $\tau_{éq}$ لتقدم التفاعل يمكن كتابتها على الشكل: $\tau_{éq} = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$.

**د-** احسب $\tau_{éq}$. ماذا تستنتج؟

**تعطى:** $pK_a\left(NH_4^+/NH_3\right) = 9,2$ ، $M(H) = 1g/mo\ell$ ، $M(C) = 12g/mo\ell$ ، $M(O) = 16g/mo\ell$.

## التمرين الثامن عشر: بكالوريا الجزائر 2013 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

كتب على قارورة ما يلي: محلول حمض الإيثانويك $CH_3COOH$، تركيزه المولي $c_a$.

**1-** بهدف تحديد التركيز المولي لمحلول حمض الإيثانويك، قيس الـ $pH$ له فوجد 3,8 في درجة الحرارة $25°C$.

**أ-** اكتب معادلة انحلال حمض الإيثانويك في الماء.

**ب-** اكتب عبارة نسبة التقدم عند التوازن بدلالة: $c_a$ و $\left[H_3O^+\right]_{éq}$.

**ج-** استنتج التركيز المولي لمحلول حمض الإيثانويك $c_a$، علما أنّ: $\tau_{éq} = 0,0158$.

**2-** بهدف التأكد من قيمة $c_a$، نعاير حجما $V_a = 18mL$ من محلول حمض الإيثانويك بمحلول هيدروكسيد الصوديوم، تركيزه المولي: $c_b = 1,0\times10^{-2}mo\ell/L$. استعمال تجهيز $ExAO$ مكن من الحصول على (الشكل– 7).

**أ-** أنشئ جدولا لتقدم تفاعل المعايرة.

**ب-** جِدْ إحداثيتي نقطة التكافؤ $E\left(V_{bE}, pH_E\right)$، ثمّ احسب $c_a$.

**3-** عند إضافة حجم: $V_b = 9mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم، نجد $pH$ المزيج هو 4,8.

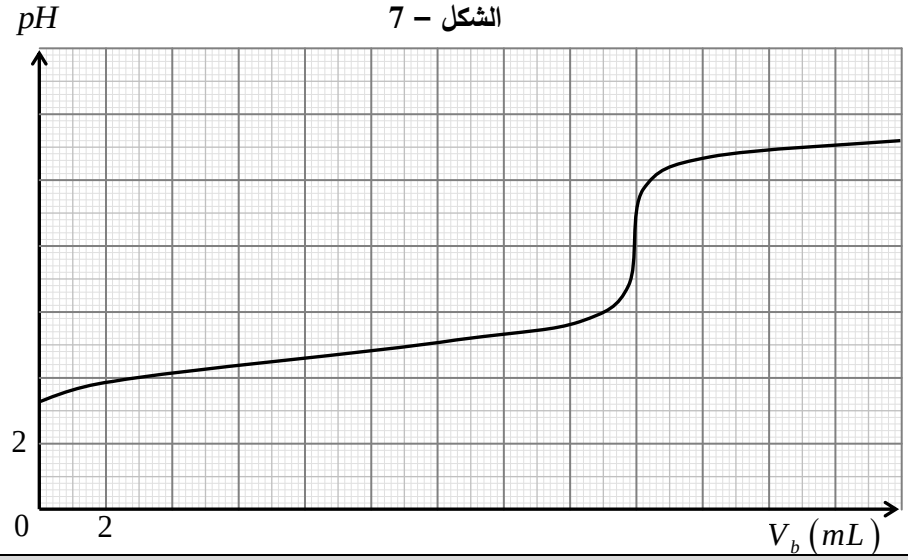
**أ-** عبّر عن النسبة: $\frac{\left[CH_3COO^-\right]}{\left[CH_3COOH\right]}$ بدلالة $pH$ و $pK_a$، ثمّ احسبها.

**ب-** عبّر عن النسبة السابقة بدلالة تقدم التفاعل $x$، ثمّ استنتج قيمة $x$.

**ج-** احسب النسبة النهائية للتقدم $\tau$. ماذا تستنتج؟

**يعطى:** $pK_a\left(CH_3COOH/CH_3COO^-\right) = 4,8$

**الشكل – 7**




## التمرين التاسع عشر: بكالوريا الجزائر 2013 – شعبة العلوم التجريبية

نعاير حجمًا: $V_a = 20mL$ من محلول مائي ممدّد لحمض البنزويك $C_6H_5CO_2H$، تركيزه المولي الابتدائي $c_a$ بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $c_b = 10^{-1}\ mo\ell\cdot L^{-1}$، حجمه $V_b$.

النتائج المتحصل عليها مكنت من رسم البيان: $pH = f(V_b)$ (الشكل–8).

1- ارسم بشكل تخطيطي التركيب التجريبي لعملية المعايرة.

2- بيّن كيف يمكن تحقيق قياس الـ $pH$ لمحلول؟

3- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

4- حدِّد بيانيا:

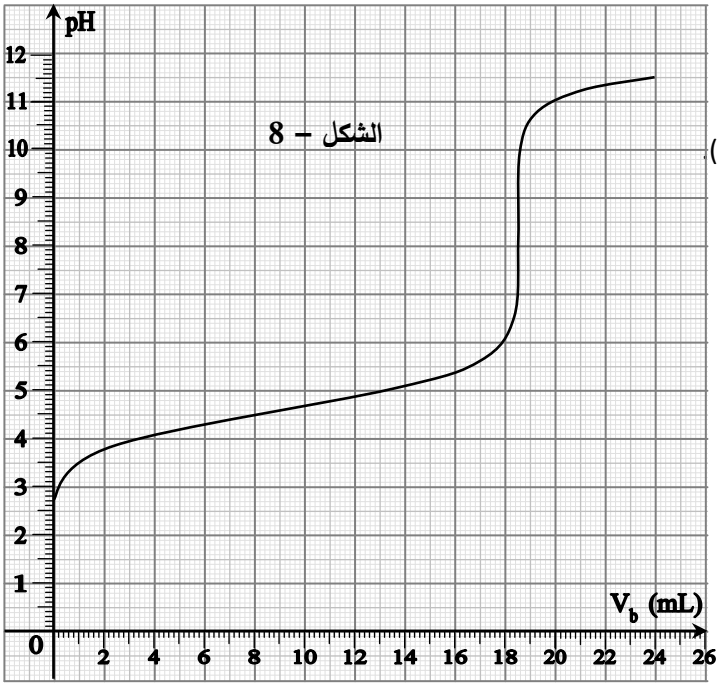
أ- إحداثيي نقطة التكافؤ $E$، ثمّ احسب $c_a$.

ب- قيمة الـ $pK_a$ للثنائية: $C_6H_5COOH\ (aq)/C_6H_5COO^-\ (aq)$.

جـ- قيمة الـ $pH$ من أجل: $V_b = 0$.

بيّن أن حمض البنزويك حمض ضعيف.

**الشكل – 8**



## التمرين العشرون: بكالوريا الجزائر 2014 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

نريد تحديد تجريبيا التركيز المولي $c_b$ لمحلول مائي $(S)$ للنشادر $NH_3$ عن طريق المعايرة الـ $pH$ – المترية، لذلك نعاير حجما $V_b = 20\ mL$ من المحلول $(S)$ بواسطة حمض كلور الماء $(H_3O^+ + C\ell^-)_{aq}$ تركيزه المولي $c_a = 0,015\,mo\ell\cdot L^{-1}$

**1- أ-** أعط البروتوكول التجريبي لهذه المعايرة مع رسم تخطيطي للتجهيز المستعمل.

**ب-** أنجز جدول تقدم التفاعل الذي ينمذج التحول الكيميائي الحادث بين محلول النشادر وحمض كلور الماء.

**2-** النتائج المحصل عليها عند $25°C$ سمحت برسم المنحنى(الشكل–9).

بالاعتماد على المنحنى جِد: **أ-** إحداثيي نقطة التكافؤ.

**ب-** التركيز المولي الابتدائي $c_b$ لمحلول النشادر.

**جـ-** قيمة الـ $pK_a$ للثنائية $(NH_4^+ / NH_3)$.

**3-** احسب قيمة ثابت التوازن $K$ لهذا التفاعل.

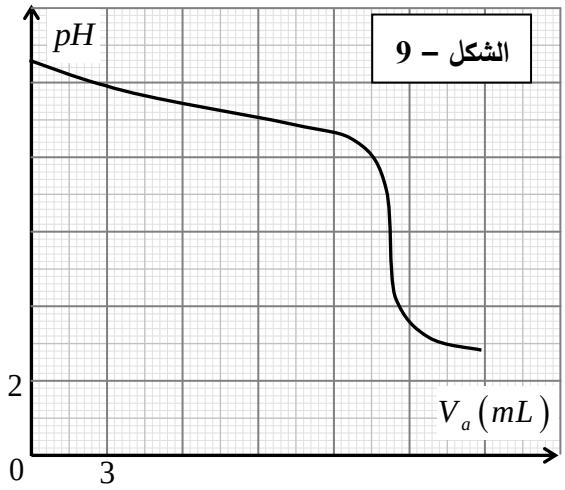
**4-** عند إضافة حجم $V_a = 9\ mL$ من المحلول الحمضي:

**أ-** احسب النسبة $\frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$ للمزيج التفاعلي النهائي.

**ب-** عبّر عن النسبة السابقة بدلالة $c_b$ و $V_b$ والتقدم النهائي $x_f$.

**جـ-** احسب قيمة النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم تفاعل المعايرة عند الإضافة السابقة.

ماذا تستنتج؟




## التمرين الواحد والعشرون: بكالوريا الجزائر 2014 – شعبة العلوم التجريبية

في حصة الأعمال التطبيقية، طلب الأستاذ من تلامذته تحضير محاليل مائية لأحد الأحماض الصلبة $HA$ بتراكيز مولية مختلفة وقياس $pH$ كل محلول في درجة الحرارة $25°C$ ، فكانت النتائج كالتالي:

| $c\,(mo\ell\cdot L^{-1})$ | $1,0\times10^{-2}$ | $5,0\times10^{-3}$ | $1,0\times10^{-3}$ | $5,0\times10^{-4}$ | $1,0\times10^{-4}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $pH$ | 3,10 | 3,28 | 3,65 | 3,83 | 4,27 |
| $[H_3O^+]_{éq}\ (mo\ell\cdot L^{-1})$ | | | | | |
| $[A^-]_{éq}\ (mo\ell\cdot L^{-1})$ | | | | | |
| $[HA]_{éq}\ (mo\ell\cdot L^{-1})$ | | | | | |
| $Log\frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}}$ | | | | | |

**1)** أعط بروتوكولا تجريبيا توضح فيه كيفية تحضير محلولا للحمض الصلب $HA$ تركيزه المولي $c$ وحجمه $V$.

**2)** عرّف الحمض $HA$ حسب برونشتد واكتب معادلة تفاعله مع الماء.

**3)** أكمل الجدول السابق.

**4)** جد عبارة $pH$ المحلول المائي للحمض $HA$ بدلالة الثابت $pK_a$ للثنائية $(HA / A^-)$.

**5) أ-** ارسم المنحنى $pH = f\left(Log\frac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}}\right)$ واكتب معادلته.

**ب-** حدّد بيانيا قيمة الثابت $pK_a$ للثنائية $(HA / A^-)$ ثم استنتج صيغة الحمض $HA$ من الجدول التالي:

| الثنائية | $HCOOH / HCOO^-$ | $C_2H_5COOH / C_2H_5COO^-$ | $C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-$ |
|---|---|---|---|
| $pK_a$ | 3,8 | 4,87 | 4,2 |

**جـ-** رتِّب هذه الأحماض حسب تزايد قوتها الحمضية مع التعليل.

## التمرين الثاني والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

تتعرض أغلب الأجهزة الكهرومنزلية مثل المسخن المائي وآلة تقطير القهوة إلى ترسبات كلسية يمكن إزالتها باستعمال منظفات (détartrants) تجارية، يفضل استعمال المنظفات التي تحتوي على حمض اللاكتيك $C_3H_6O_3$ نظرا لفعاليته وعدم تفاعله مع مكونات الأجهزة وتحلله بسهولة في الطبيعة، إضافة لكونه غير ملوث للبيئة.

كُتب على لاصقة قارورة المنظف التجاري المعلومات التالية:

- النسبة المئوية الكتلية لحمض اللاكتيك في المنظف $P = 45\%$.

- يستعمل المنظف التجاري المركز مع التسخين.
- الكتلة المولية الجزيئية لحمض اللاكتيك $M\ (C_3H_6O_3) = 90g/mo\ell$ .
- الكتلة الحجمية للمنظف التجاري $\rho = 1,13kg/L$ .

**1-** نحضر حجما $V\ = 500mL$ من محلول مائي لحمض اللاكتيك تركيزه $c\ = 1,0\times10^{-1}mo\ell/L$، أعطى قياس $pH$ هذا المحلول القيمة $pH\ = 2,4$ عند الدرجة $25°C$ .

**أ-** اكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لتفاعل حمض اللاكتيك مع الماء.

**ب-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

**ج-** احسب تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند التوازن عدا الماء.

**د-** احسب ثابت الحموضة $pK_a$ للثنائية $(C_3H_6O_3\ /\ C_3H_5O_3^-)$ .

**2-** بهدف التحقق من النسبة المئوية الكتلية لحمض اللاكتيك في المنظف التجاري المركز، نمدده 100 مرة فنحصل على محلول $(S_a)$ لحمض اللاكتيك تركيزه $c_a$. نعاير حجما $V_a\ = 10mL$ من المحلول $(S_a)$ بواسطة محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ تركيزه $c_b\ = 2,0\times10^{-2}mo\ell/L$. نصل إلى نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{bE}\ = 28,3mL$.

**أ-** اكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لتفاعل المعايرة.

**ب-** احسب قيمة $c_a$، واستنتج قيمة $c_0$ التركيز المولي للمنظف التجاري المركز.

**ج-** احسب النسبة المئوية الكتلية لحمض اللاكتيك في المنظف التجاري. ماذا تستنتج؟

**تعطى** الكتلة الحجمية للماء $\rho_0 = 1kg/L$

## التمرين الثالث والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

تستعمل المنتوجات الصناعية الآزوتية في المجال الفلاحي لتوفرها على عنصر الآزوت الذي يعد من بين العناصر الضرورية لتخصيب التربة. يحتوي منتوج صناعي على نترات الأمونيوم $NH_4NO_{3(s)}$ كثير الذوبان في الماء. تُشير لاصقة كيس المنتوج الصناعي الآزوتي إلى النسبة المئوية الكتلية لعنصر الآزوت (33%) . القياسات تمّت عند الدرجة $25°C$ .

في اللحظة $t\ = 0$ نمزج حجما $V_1 = 20mL$ من محلول شوارد الأمونيوم $NH^+_{4\,(aq)}$ تركيزه المولي $c_1 = 0,15mo\ell/L$ مع حجم $V_2 = 10mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $c_2 = 0,15mo\ell/L$.

قيس $pH$ المزيج التفاعلي فوجد $pH\ = 9,2$ . ننمذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$NH^+_{4\,(aq)} + HO^-_{(aq)} = NH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

**1- أ-** بيّن أن التفاعل السابق هو تفاعل حمض – أساس.

**ب-** أنشئ جدولا لتقدم التفاعل. حدّد المتفاعل المحد واستنتج قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$ .

**ج-** بيّن أنه عند التوازن $x_{éq}\ = 1,5\times10^{-3}mo\ell$ .

**د-** احسب النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

**2-** بهدف التأكد من النسبة المئوية الكتلية لعنصر الآزوت في المنتوج الصناعي، نذيب عينة كتلتها $m\ = 6g$ منه في حوجلة عيارية، فنحصل على محلول $(S_a)$ حجمه $250mL$ . نأخذ حجما $V_a\ = 10mL$ من المحلول $(S_a)$ ونعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $c_b\ = 0,2mo\ell/L$، نصل إلى نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{bE}\ = 14mL$.

**أ-** احسب التركيز المولي $c_a$ للمحلول $(S_a)$ ، واستنتج كتلة الآزوت في العينة.

**ب-** تُعرف النسبة المئوية الكتلية لعنصر الآزوت بأنها: النسبة بين كتلة الآزوت في العينة وكتلة العينة.

- احسب النسبة المئوية الكتلية لعنصر الآزوت في العينة. ماذا تستنتج؟

**تعطى:** $M\ (N\ ) = 14\,g/mo\ell$ و $M\ (O\ ) = 16\,g/mo\ell$ و $M\ (H\ ) = 1g/mo\ell$ و $pK_a(NH_4^+\ /\ NH_3) = 9,2$ .

## التمرين الرابع والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة العلوم التجريبية

نعاير حجماً $V_a\ = 20\ mL$ من محلول مائي ممدّد لحمض البنزويك $C_6H_5CO_2H$ تركيزه المولي $c_a$ مجهول بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $c_b\ = 10^{-1}\ mo\ell\cdot L^{-1}$.

النتائج المتحصل عليها مكنت من رسم البيان $pH\ = f\ (V_b)$ **(الشكل–10)** حيث $V_b$ هو حجم الأساس المسكوب:

**1-** اكتب معادلة تفاعل المعايرة الحادث.

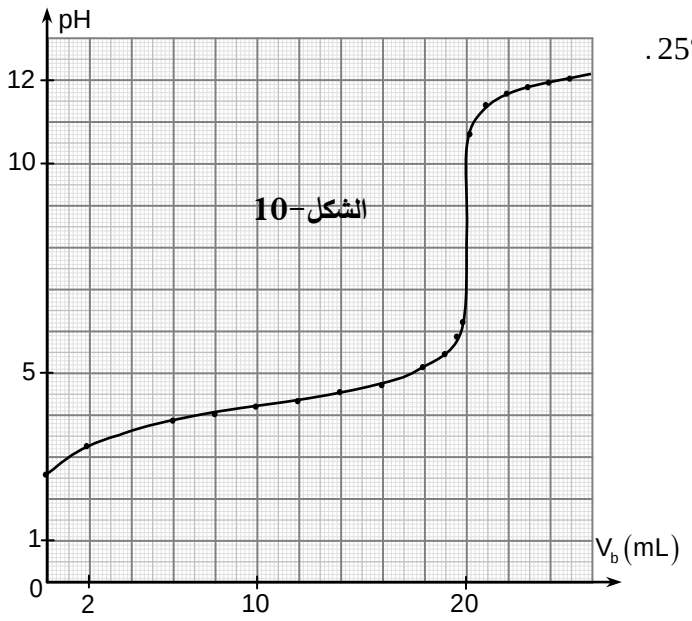
**2-** حدّد بيانيا احداثيي نقطة التكافؤ $E$ .

**3-** احسب التركيز المولي $c_a$ للحمض.

عيّن بيانيا قيمة $pK_a$ للثنائية: $C_6H_5CO_2H\ /\ C_6H_5CO_2^-$.

**4-** احسب تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند سكب $14mL$ من المحلول الأساسي ثمّ أوجد قيمة النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

علما أن المعايرة تمت عند الدرجة $25°C$ .




**الشكل-10**

## التمرين الخامس والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة العلوم التجريبية

**I** - نحضر محلولا مائياً لحمض الميثانويك $HCOOH$ حجمه $V$ وتركيزه المولي $c = 10^{-2} mo\ell/L$ وله $pH = 2,9$ عند الدرجة $25°C$ .

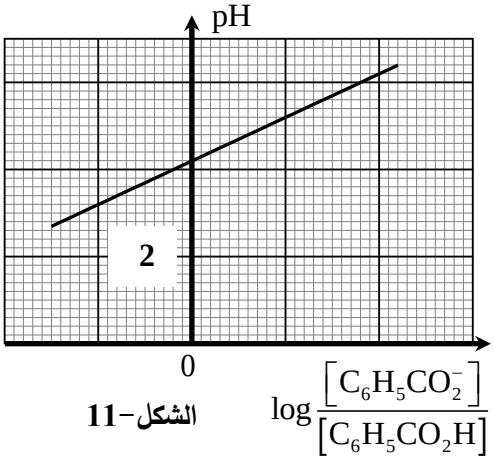
**1-** اكتب معادلة انحلال حمض الميثانويك في الماء واذكر الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في التفاعل.

**2-** أنشئ جدول تقدم التفاعل.

**3-** احسب النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

**4-** احسب قيمة الـ $pK_a$ للثنائية $HCOOH\ /HCOO^-$ .

**II** - نحضر عدّة محاليل من حمض البنزويك $C_6H_5CO_2H$ مختلفة التراكيز $c$ ونحسب في كل مرة النسبة $\frac{[C_6H_5CO_2^-]}{[C_6H_5CO_2H]}$ لنرسم البيان $pH = f\ (\log\frac{[C_6H_5CO_2^-]}{[C_6H_5CO_2H]})$ المبين **بالشكل-11**.




**الشكل-11**

**1-** اكتب عبارة $K_a$ ، ثابت الحموضة للثنائية: $(C_6H_5CO_2H\ /C_6H_5CO_2^-)$.

**2-** أوجد علاقة $pH$ المحلول بدلالة $pK_a$ الثنائية $(C_6H_5CO_2H\ /C_6H_5CO_2^-)$ والنسبة $\frac{[C_6H_5CO_2^-]}{[C_6H_5CO_2H]}$.

**3-** اعتمادا على البيان، استنتج قيمة الثابت $pK_a$ للثنائية: $C_6H_5CO_2H\ /C_6H_5CO_2^-$.

**4-** أي الحمضين أقوى $HCOOH$ أم $C_6H_5CO_2H$ إذا علمت أن لمحلوليهما نفس التركيز المولي؟ برّر إجابتك.

## التمرين السادس والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

تحتوي قارورة على محلول $S_0$ لحمض عضوي $HA$ تركيزه المولي $c_0$.

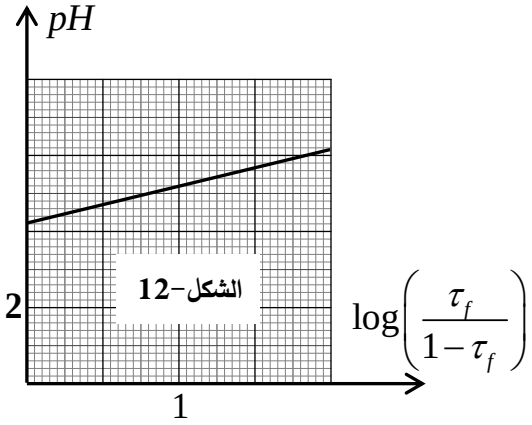
**1. أ-** اكتب معادلة انحلال الحمض $HA$ في الماء.

**ب-** أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.

**جـ-** اكتب عبارة النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم التفاعل بدلالة $pH$ المحلول و $c_0$.

**د-** بيّن أنّ $pH$ المحلول $S_0$ يعطى بالعبارة: $pH = pK_a + \log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$

**2.** لغرض تحديد التركيز المولي $c_0$ لهذا الحمض والتعرف على صيغته، نُحضِّر مجموعة محاليل ممدّدة مختلفة التراكيز المولية انطلاقا من المحلول $S_0$.



الشكل-12

قياس الـ $pH$ لكل محلول سمح برسم بيان الدالة $pH = f\left(\log\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$ (**الشكل-12**).

**أ-** اكتب عبارة الدالة الموافقة للمنحنى البياني.

**ب-** استنتج ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية $(HA/A^-)$.

**ج-** حدّد النوع الكيميائي الغالب في محلول الحمض $HA$ من أجل $\tau_f = 0,7$.

**د-** أعطى قياس الـ $pH$ لأحد المحاليل الممدّدة بـ 160 مرة القيمة $pH = 4,2$.
احسب قيمة التركيز المولي $c_0$.

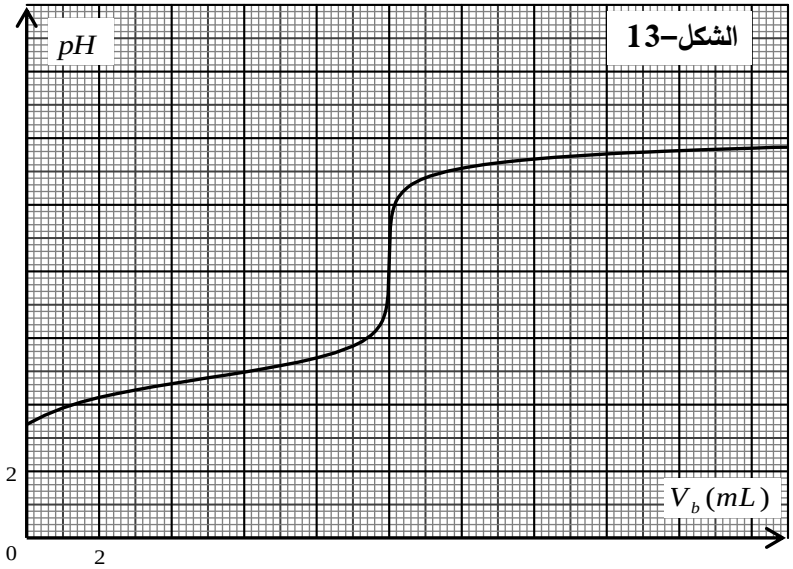
**هـ-** يُبيِّن الجدول التالي قيم الثابت $pK_a$ لبعض الثنائيات $HA/A^-$.
تعرّف على الحمض $HA$ الموجود في القارورة.

| كل المحاليل مأخوذة عند الدرجة $25°C$ | $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$ | $HCOOH/HCOO^-$ | $CH_3COOH/CH_3COO^-$ | $HA/A^-$ |
|---|---|---|---|---|
| | 4,2 | 3,8 | 4,8 | $pK_a$ |

## التمرين السابع والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

المحاليل مأخوذة عند درجة الحرارة $25°C$. يعطى $K_e = 10^{-14}$.

أثناء عملية تنظيم محتويات مخبر الثانوية، عثر التلاميذ على قارورات لمحاليل أحماض عضوية أتلفت بطاقياتُها المحددة للاسم و الصيغة الجزيئية والتركيز المولي $c_a$ للحمض $HA$. للتعرف على أحدها، قام التلاميذ بمعايرة الحجم $V_a = 20mL$ من محلول أحد هذه الأحماض بمحلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم $(K^+(aq) + HO^-(aq))$ تركيزه المولي $c_b = 2\times10^{-2} mo\ell\cdot L^{-1}$. باستعمال لاقط $pH$-متر وواجهة دخول موصولة بجهاز اعلام آلي مزود ببرمجية مناسبة، تحصلنا على المنحنى البياني $pH = f(V_b)$ حيث $V_b$ حجم الأساس المضاف أثناء المعايرة (**الشكل-13**)



الشكل-13

**1.** أعط المفهوم الكيميائي لنقطة التكافؤ.

**2.** عيّن إحداثي نقطة التكافؤ واستنتج التركيز المولي $c_a$ للحمض المعايَر.

**3.** عيّن بيانيا $pK_a$ الثنائية $(HA/A^-)$ ثم تعرف على الحمض المعايَر. يعطى الجدول:

| الثنائية $(HA/A^-)$ | $pK_a$ |
|---|---|
| $CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-$ | 4,8 |
| $HCO_2H/HCO_2^-$ | 3,8 |
| $C_6H_5CO_2H/C_6H_5CO_2^-$ | 4,2 |

**4.** اعتمادا على البيان، بيّن دون أي حساب أن الحمض $HA$ ضعيف.

**5.** **أ-** اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة.

**ب-** احسب ثابت التوازن $K$ لهذا التفاعل. ماذا تستنتج؟

**ج-** ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة؟

## التمرين الثامن والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة العادية)

المحاليل مأخوذة عند الدرجة $25°C$.

لإزالة الطبقة الكلسية المترسبة على جدران أدوات الطهي المنزلية يمكن استعمال منظف تجاري لمسحوق حمض السولفاميك القوي ذو الصيغة الكيميائية $HSO_3NH_2$ والذي نرمز له اختصارا $HA$ ونقاوته $(p\%)$.

**1.** للحصول على المحلول $(S_A)$ لحمض السولفاميك ذي التركيز المولي $c_A$، نحضر محلولا حجمه $V = 100mL$ ويحتوي الكتلة $m = 0,9g$ من المسحوق التجاري لحمض السولفاميك.

**أ-** اكتب معادلة انحلال الحمض $HA$ في الماء.

**ب-** صف البروتوكول التجريبي المناسب لعملية تحضير المحلول $(S_A)$.

**2.** لمعايرة المحلول $(S_A)$ نأخذ منه حجما $V_A = 20mL$ ونضيف له $80mL$ من الماء المقطر، وباستعمال التركيب التجريبي المبين **بالشكل-14** نعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ ذي التركيز المولي $c_B = 0,1mo\ell\cdot L^{-1}$.

نبلغ نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{BE} = 15,3mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم $pH_E = 7$.

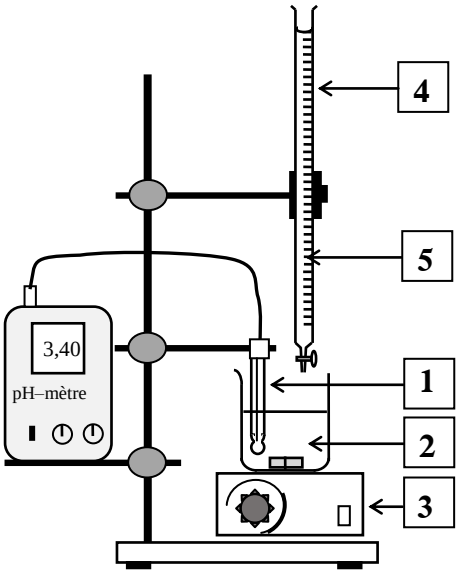
**أ-** تعرف على أسماء العناصر المرقمة في الشكل-14.

**ب-** اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

**ج-** احسب التركيز المولي $c_A$ للمحلول $(S_A)$ ، ثم استنتج الكتلة $m_A$ للحمض $HA$ المُذابة في هذا المحلول.

**د-** احسب النقاوة $(p\%)$ للمنظف التجاري.

**تُعطى** الكتلة المولية للحمض $HA$ : $M = 97g \cdot mo\ell^{-1}$.




**الشكل–14**

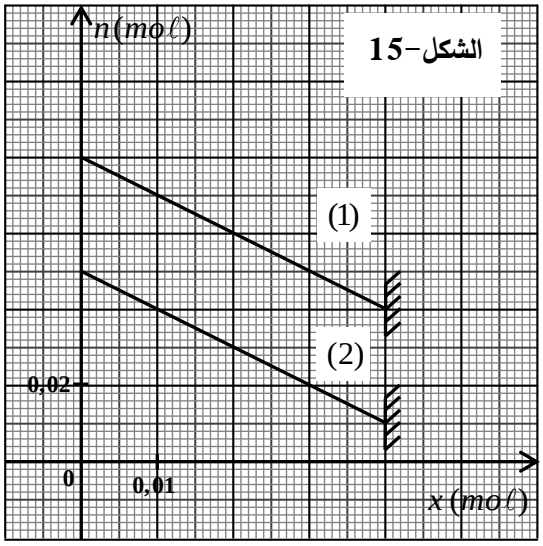
## التمرين التاسع والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة العادية)

**1.** نحضر جملة كيميائية في اللحظة $t = 0$ تتكون من $n_1$ مول من حمض الإيثانويك $CH_3COOH$ و $n_2$ مول من كحول صيغته العامة $C_3H_7OH$ وقطرات من حمض الكبريت المركز.

سمحت الدراسة التجريبية لتطور التفاعل الحادث برسم المنحنيين (1) و (2) الممثلين **بالشكل–15**.

يمثل المنحنى (1) تغيرات كمية مادة الكحول بدلالة التقدم $x$.

يمثل المنحنى (2) تغيرات كمية مادة الحمض بدلالة التقدم $x$.




**الشكل–15**

**أ-** اكتب معادلة التفاعل المُنَمذِج للتحول الحادث.

**ب-** انشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.

**ج-** احسب قيمة النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$ للتفاعل.

**د-** احسب ثابت التوازن $K$ للتفاعل ثم حدّد صنف الكحول المستخدم.

**هـ-** كيف يمكن تحسين مردود تشكل الأستر في هذا التفاعل؟

**2.** بعد بلوغ حالة التوازن وتبريد المزيج مكنت المتابعة الـ $pH$ –مترية لمعايرة كمية المادة $n$ للحمض المتبقي في المزيج بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+(aq) + HO^-(aq)\right)$ تركيزه المولي $c = 0,5mo\ell/L$ من استخراج المعلومة الآتية:

عند إضافة الحجم $V = 10mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم تكون قيمة $pH$ المزيج هي $4,8$.

**المعطيات:** عند درجة الحرارة $25°C$ – الجداء الشاردي للماء $K_e = 10^{-14}$.

– ثابت الحموضة للثنائية $(CH_3COOH/CH_3COO^-)$ هو $pK_a = 4,8$.

**أ-** اكتب معادلة التفاعل المُنَمذِجُ للتحول الحادث.

**ب-** احسب قيمة $n$.

**ج-** أوجد عبارة ثابت التوازن $K$ بدلالة $K_a$ و $K_e$.

**د-** احسب قيمة $K$. ماذا تستنتج؟

## التمرين الثلاثون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة الجزئية)

كل القياسات مأخوذة في الدرجة $25°C$ وتعطى: $M(C_6H_5COOH) = 122g \cdot mo\ell^{-1}$

**1.** حمض البنزويك جسم صلب أبيض اللون يستعمل كحافظ للمواد الغذائية صيغته $C_6H_5COOH$ أساسه المرافق شاردة البنزوات $C_6H_5COO^-$.

نحضّر منه محلولا مائيا $(S_1)$ حجمه $V_1 = 50mL$، تركيزه المولي $c_1 = 0,01mo\ell \cdot L^{-1}$ انطلاقا من محلوله التجاري ذي التركيز $c_0 = 0,025mo\ell \cdot L^{-1}$.

**أ-** ما هو حجم المحلول التجاري $V_0$ الواجب استعماله للتحضير؟

**ب-** اكتب البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول $(S_1)$ مبينا الزجاجيات المستعملة من بين ما يلي:

– حوجلات عيارية $(50mL\ ,\ 100mL\ ,\ 500mL)$

– ماصات عيارية $(5mL\ ,10mL\ ,20mL)$

**ج-** ماذا يعني مصطلح "عيارية" المقترن بالماصات والحوجلات المذكورة في السؤال 1-ب؟

**2.** إنّ قياس $pH$ المحلول $(S_1)$ أعطى القيمة $3,12$.

**أ-** اكتب معادلة تشرد حمض البنزويك في الماء موضحا الثنائيتين أساس/حمض المشاركتين في هذا التحول.

**ب-** احسب كسر التفاعل النهائي $Q_{r,f}$.

**3.** نسكب $10mL$ من المحلول $(S_1)$ في بيشر ونضع هذا الأخير فوق مخلاط مغناطيسي ونضيف له كل مرة حجما من الماء ثم نقيس $pH$ المحلول الناتج فنحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي:

| حجم الماء المضاف $V_{H_2O}(mL)$ | 0 | 10 | 40 |
|---|---|---|---|
| $c(mo\ell\cdot L^{-1})$ | | | |
| $pH$ | 3,12 | 3,28 | 3,49 |
| $\tau_f$ | | | |

**أ-** ما الفائدة من استعمال المخلاط المغناطيسي في هذه العملية؟

**ب-** اكمل الجدول أعلاه و استنتج تأثير إضافة الماء للمحاليل الحمضية على $c$ و $\tau_f$.

## التمرين الواحد والثلاثون: بكالوريا الجزائر 2017 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات (الدورة العادية)

**I-** نُحَضّر محلولاً مائياً $(S)$ لحمض الايثانويك $CH_3-COOH$ بإذابة كتلة $m=0,60g$ من حمض الايثانويك النقي في حجم $V=1,0L$ من الماء المقطر.

نقيس الناقلية النوعية $\sigma$ للمحلول $(S)$ في درجة الحرارة $25°C$ فنجدها $\sigma=1,64\times10^{-2}\ S\cdot m^{-1}$.

**1- أ)** اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين حمض الايثانويك النقي و الماء.

**ب)** هل التفاعل السابق تم بين: حمض وأساسه المرافق أو حمض لثنائية وأساس لثنائية أخرى؟

**ج)** احسب التركيز المولي $c$ للمحلول $(S)$.

**2- أ)** قدّم جدولاً لتقدم التفاعل الحادث في المحلول $(S)$.

**ب)** جِدْ عبارة التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم $[H_3O^+]_f$ في المحلول $(S)$ بدلالة $\sigma$ والناقليتين المولیتين الشارديتين $\lambda_{CH_3COO^-}$ و $\lambda_{H_3O^+}$.

**ج)** استنتج قيمة الـ $pH$ للمحلول الحمضي $(S)$.

**3- أ)** اكتب عبارة كسر التفاعل النهائي $Q_{r,f}$ للتفاعل الحادث في المحلول $(S)$ وبيّن أنها تكتب على الشكل: $Q_{r,f}=\dfrac{10^{-2pH}}{c-10^{-pH}}$.

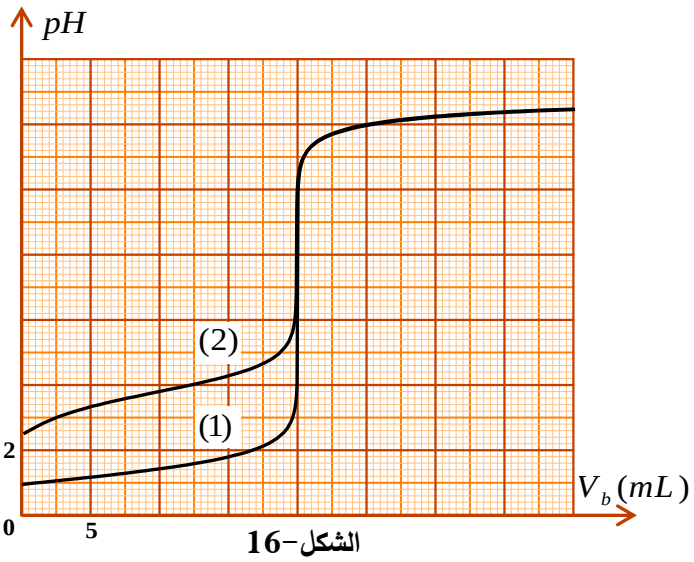
**ب)** احسب ثابت التوازن $K$ للتفاعل السابق. ماذا تستنتج؟

## التمرين الثاني والثلاثون: بكالوريا الجزائر 2017 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات (الدورة الاستثنائية)

جميع المحاليل مأخوذة عند الدرجة $25°C$، حيث: $K_e=10^{-14}$.

نعاير على التوالي حجما $V_1=30mL$ لمحلول حمض كلور الهيدروجين ذي التركيز المولي $c_1$، ثم حجما $V_2=20mL$ من محلول حمض الميثانويك $HCOOH$ تركيزه المولي $c_2$ بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq)+HO^-(aq))$ تركيزه المولي $c_b=0,1mo\ell/L$.

نتابع تطور $pH$ الوسط التفاعلي بواسطة جهاز الـ $pH$-متر بدلالة حجم الاساس المضاف $V_b$ من السحاحة، فتحصلنا على البيانين (1) و (2) المُمثلين في **الشكل–16**.



**الشكل–16**

**1)** ضع بروتوكولا تجريبيا للمعايرة باستعمال رسم تخطيطي.

**2)** اكتب معادلة تفاعل المعايرة لكل حمض.

**3)** حدّد إحداثيات نقطة التكافؤ لكل منحنى ثم انسب كل منحنى للحمض الموافق له مع التعليل.

**4)** استنتج قيمة كل من $c_1$ و $c_2$.

**5)** حدّد ثابت الحموضة $pK_a$ للثنائية $(HCOOH/HCOO^-)$.

**6)** احسب ثابت التوازن $K$ لتفاعل معايرة حمض الميثانويك. ماذا تستنتج؟

**7)** نريد استعمال كاشفا ملونا في كل معايرة، ما هو الكاشف المناسب لكل معايرة من بين الكواشف التالية:

| الكاشف الملون | مجال التغير اللوني |
|---|---|
| الهليانتين | 3,1 – 4,4 |
| أزرق البروموثيمول | 6,2 – 7,6 |
| فينول فثالين | 8,0 – 10,0 |

## التمرين الثالث والثلاثون: بكالوريا الجزائر 2017 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة الاستثنائية)

جابر بن حيان 721م-815م

جابر بن حيان أنبغ الكيميائيين المسلمين، وأعظم كيميائي العصور الوسطى بشكل عام فلقد تركت ابحاثه ودراسته أثرا خالداً.
يعتبر أول من حضّر الأحماض من تقطير أملاحها منها روح الملح (محلول حمض كلور الهيدروجين)، وكذلك هو أول من اكتشف الصود الكاوي (هيدروكسيد الصوديوم).

**أولاً:** نقترح معايرة مُنتج منزلي (روح الملح) حمض كلور الهيدروجين المتواجد في هذا المحلول التجاري بمحلول هيدروكسيد الصوديوم.

- تحمل بطاقة قارورة المحلول التجاري $S_0$ المعلومات التالية:

الكثافة $d = 1,068$

النسبة المئوية الكتلية لحمض كلور الهيدروجين $13,5\%$

$M(HC\ell) = 36,5 g/mo\ell$

- الوسائل: ماصات عيارية: $5mL$ ، $10mL$ ، $20mL$

حوجلات عيارية: $100mL$ ، $250mL$ ، $500mL$

جهاز $pH$ متر معاير، مخلاط مغناطيسي.

بياشر وأرلينة ماير مختلفة السعة.

**1)** عرّف كل من الحمض والأساس حسب برونشتد.

**2)** احسب $c_0$ التركيز المولي لحمض كلور الهيدروجين في المحلول التجاري $S_0$.

**3)** ضع بروتوكولا تجريبيا لتمديد المحلول $S_0$ التجاري 50 مرة للحصول على محلول $S_1$ حجمه $V_1 = 250mL$.

**4)** نُعاير حجماً $V_A = 10mL$ من المحلول $S_1$ مع إضافة الماء المقطر لغمر مسبار الـ $pH$ متر بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $c_B = 0,10 mo\ell \cdot L^{-1}$. المتابعة الـ $pH$ مترية أعطت الجدول الآتي:

| $V_B(mL)$ | 0 | 1 | 2 | 5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pH$ | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,8 | 3,0 | 3,3 | 3,8 | 7,1 | 10,1 | 10,5 | 11,2 | 11,5 |

**أ)** ارسم شكلاً تخطيطياً لعملية المعايَرة مع تسمية الوسائل المستعملة.

**ب)** اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

**ج)** ارسم المنحنى البياني $pH = f(V_B)$ لتطور الوسط التفاعلي بدلالة الحجم $V_B$.

**د)** عيّن احداثيي نقطة التكافؤ $E$.

**هـ)** جِد التركيز المولي $c_A$ للمحلول $S_1$، ثم استنتج $c_0$ التركيز المولي للمحلول التجاري $S_0$.

**و)** هل المعلومات المكتوبة على القارورة صحيحة؟

ثانياً: نريد معرفة أهمية الأسترات في الحياة اليومية، نأخذ حجماً من محلول الصود المتبقي في السحاحة عند نهاية المعايرة، ونضيف له زيت الزيتون الذي نعتبره يتكون من ثلاثي الغليسريد الذي صيغته الجزيئية نصف المفصلة

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{33}-COO-CH_2 \\ C_{17}H_{33}-COO-CH \\ C_{17}H_{33}-COO-CH_2 \end{array}$$

في بيشر مع التسخين فنلاحظ طفو نوعاً عضوياً عند إضافة الملح.

**1)** اكتب معادلة تفاعل محلول الصود مع ثلاثي الغليسريد.

**2- أ)** ماذا نسمي هذه العملية والنوع العضوي الذي يطفو؟

**ب)** فيمَ تتمثل أهمية الأسترات في الحياة اليومية؟

# تجميعية الوحدة الرابعة – بكالوريا الجزائر (علوم فيزيائية)
# حلول التمارين

## حل التمرين الأول: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**-1** $n = c \cdot V = \frac{m}{M} \Leftarrow m = c \cdot V \cdot M = 60\ mg$

**-2** $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

جدول التقدم:

| معادلة التفاعل | | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | $n(CH_3COOH)$ | $n(H_2O)$ | $n(CH_3COO^-)$ | $n(H_3O^+)$ |
| الابتدائية | 0 | $c \cdot V = 10^{-3}$ | بزيادة | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $10^{-3} - x$ | | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_f$ | $10^{-3} - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

التقدم الأعظمي $x_{\max}$ هو التقدم الذي يبلغه التفاعل عندما يختفي المتفاعل المحد تمامًا من الوسط التفاعلي.

$$x_{\max} = c \cdot V = 10^{-3}\ mo\ell \Leftarrow c \cdot V - x_{\max} = 0$$

**-3 أ-** $\sigma = \frac{G}{k} \Leftarrow G = k \cdot \sigma$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+] + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-]$$

**ب-** عند التوازن: $[H_3O^+]_f = [CH_3COO^-]_f = \frac{x_f}{V}$

$\therefore \sigma_f = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}) \cdot [H_3O^+]_f$ ومنه: $[H_3O^+]_f = \frac{G}{k(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})} = 4{,}1 \times 10^{-4}\ mo\ell \cdot L^{-1}$

**ج-** $pH = -Log[H_3O^+]_f = 3{,}4$

**-4** $Q_{r,f} = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{c - [H_3O^+]_f}$

يمثل كسر التفاعل عند التوازن ثابت التوازن $K$ (ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية الموافقة) أي:

$$Q_{r,f} = K = K_a(CH_3COOH / CH_3COO^-) = 1{,}67 \times 10^{-5}$$

**-5** $pK_a$ الثنائية $(CH_3COOH / CH_3COO^-)$:

$$pK_a = -LogK_a = 4{,}8$$

## حل التمرين الثاني: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**I- 1)** المعادلة المنمذجة لتفاعل حمض البنزويك والماء:

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

**2)** جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | | $C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | $n(C_6H_5COOH)$ | $n(H_2O)$ | $n(C_6H_5COO^-)$ | $n(H_3O^+)$ |
| الابتدائية | 0 | $n_0 = C \cdot V$ | بزيادة | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $n_0 - x$ | بزيادة | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_f$ | $n_0 - x_f$ | بزيادة | $x_f$ | $x_f$ |

**3)** التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول $(S_1)$ عند التوازن:

لدينا من جدول التقدم عند التوازن: $\left[H_3O^+\right]_f = \left[C_6H_5COO^-\right]_f = \frac{x_f}{V}$

ولدينا: $\sigma_f = \lambda_{H_3O^+} \cdot \left[H_3O^+\right]_f + \lambda_{C_6H_5COO^-} \cdot \left[C_6H_5COO^-\right]_f$

$$\Leftarrow \quad \sigma_f = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-}\right) \cdot \left[H_3O^+\right]_f \quad \Leftarrow \quad \left[H_3O^+\right]_f = \frac{\sigma_f}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-}}$$

$$\therefore \quad \left[H_3O^+\right]_f = \left[C_6H_5COO^-\right]_f = \frac{0,86\times10^{-2}}{(35+3,24)\times10^{-3}} = 2,2\times10^{-4}\ m\ell\cdot L^{-1}$$

كذلك: $\left[C_6H_5COOH\right]_f = \frac{n_0 - x_f}{V} = c_1 - \left[C_6H_5COO^-\right]_f = 9,78\times10^{-3}\ m\ell\cdot L^{-1}$

**4)** النسبة النهائية $\tau_{1f}$ لتقدم التفاعل: $\tau_{1f} = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{\left[H_3O^+\right]_f}{C_1} = 0,022 = 2,2\%$

بما أن: $\tau_{1f} < 1$ فإن: التحول (انحلال حمض البنزويك في الماء) غير تام.

ومنه نستنتج أن: حمض البنزويك حمض ضعيف.

**5)** حساب ثابت التوازن الكيميائي $K_1$: $K_1 = \frac{\left[H_3O^+\right]_f \times \left[C_6H_5COO^-\right]_f}{\left[C_6H_5COOH\right]_f}$

$$\therefore \quad K_1 = \frac{\left(0,22\times10^{-3}\right)^2}{9,78\times10^{-3}} = 4,95\times10^{-3}$$

**II- أ-** النسبة النهائية $\tau_{2f}$ لتقدم تفاعل حمض الساليسيليك مع الماء: $\tau_{2f} = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{\left[H_3O^+\right]_f}{c_2} = \frac{10^{-3,2}}{10^{-3}} = 0,063 = 6,3\%$

**ب-** المقارنة بين $\tau_{1f}$ و $\tau_{2f}$:

بما أن $c_2 = c_1$ وأن $\tau_{2f} > \tau_{1f}$، نستنتج أن: حمض الساليسيليك أقوى من حمض البنزويك.

## حل التمرين الثالث: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة العلوم التجريبية

**I-**

**1-** الحمض هو فرد كيميائي بإمكانه تحرير بروتون هيدروجين $H^+$ أو أكثر.

**2-** الثنائيتان (أساس/حمض) الداخلتان في التفاعل الحاصل: $\left(CH_3COOH / CH_3COO^-\right)$ و $\left(H_3O^+ / H_2O\right)$

**3-** $K = \frac{\left[H_3O^+\right]_f \cdot \left[CH_3COO^-\right]_f}{\left[CH_3COOH\right]_f}$

**II-**

**1-** $\left[H_3O^+\right]_f = 10^{-pH} = 10^{-3,7}\ m\ell\cdot L^{-1} = 2,0\times10^{-4}\ m\ell\cdot L^{-1}$

**2-** جدول التقدم:

| معادلة التفاعل | | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة بـ $(m\ell)$ | | | |
| ح. الابتدائية | 0 | $c\cdot V = 2,7\times10^{-4}$ | بوفرة | 0 | 0 |
| ح. الانتقالية | $x$ | $2,7\times10^{-4} - x$ | | $x$ | $x$ |
| ح. النهائية | $x_f$ | $2,7\times10^{-4} - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

$x_{max} = c\cdot V = 2,7\times10^{-4}\ m\ell$

$x_f = \left[H_3O^+\right]_f \cdot V = 2,0\times10^{-5}\ m\ell$

النسبة النهائية $\tau_f$ لتقدم التفاعل: $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{2,0\times10^{-5}}{2,7\times10^{-4}} = 7,4\%$

نستنتج أن: حمض الإيثانويك حمض ضعيف ينحل جزئيًا في الماء.

أو: تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء محدود (غير تام).

**3- أ)** عند التوازن (في الحالة النهائية):

$$\left[H_3O^+\right]_f = \left[CH_3COO^-\right]_f = 2,0\times10^{-4}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

$$\left[CH_3COOH\right]_f = c_0 - \left[CH_3COO^-\right]_f = 2,5\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

**ب)** باستعمال عبارة ثابت التوازن $K = K_a$ أو العلاقة بين الـ $pH$ والـ $pK_a$ ، نجد: $pK_a = 4,8$

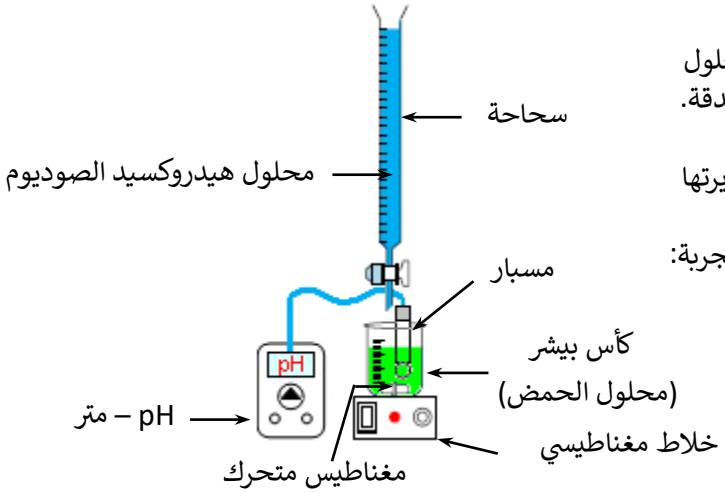
بمقارنة الـ $pH = 3,7$ و الـ $pK_a = 4,8$ ، يتبين أن $pH < pK_a$ وبالتالي: $\left[CH_3COOH\right] > \left[CH_3COO^-\right]$

أي أن الصفة الغالبة في المحلول هي الصفة الحمضية.

## حل التمرين الرابع: بكالوريا الجزائر 2008 – شعبة العلوم التجريبية

**1-** معادلة التفاعل المنمذج لعملية المعايرة: $HA_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = A^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

**2-** الرسم التخطيطي للتجربة:




**3-** أضاف التلميذ الماء في التجربة الثانية من أجل تمديد المحلول الحمضي لكي يتسنى له متابعة تغير لون الكاشف الملون بدقة.

تمديد المحلول الحمضي لا يؤثر على عملية المعايرة (نقطة التكافؤ تحديدًا) لأن كمية مادة الحمض المراد معايرتها لا تتغير بتمديد محلوله.

**4-** التركيز المولي لحمض اللاكتيك في الحليب المعاير في كل تجربة:

- التجربة الأولى: بيانيًا، نقطة التكافؤ (حمض – أساس ):

$$E\left(V_{BE} = 12mL\ ;\ pH_E = 7\right)$$

عند التكافؤ: $c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_{BE} \Leftarrow c_A = c_B \cdot \dfrac{V_{BE}}{V_A}$

$$\Leftarrow c_A = 3,0\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

- التجربة الثانية: عند التكافؤ $c'_A \cdot V'_A = c_B \cdot V_{BE}$

$\Leftarrow c'_A = 3,2\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ لكن: $c_A = 10c'_A \Leftarrow c_A = 3,2\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$

حسب نتائج التجربتين فإن الحليب غير صالح للاستهلاك لأن تركيز حمض اللاكتيك فيه $c_A > 2,4\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$

المعايرة الـ $pH$ – مترية أدق من المعايرة اللونية نظرًا لصعوبة التمييز بين لوني فردي ثنائية الكاشف الملون المستعمل في المعايرة اللونية عند بلوغ التكافؤ.

## حل التمرين الخامس: بكالوريا الجزائر 2009 – شعبة العلوم التجريبية

**1-** معادلة التفاعل: $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

**2-** جدول التقدم:

| حالة الجملة | التقدم | $CH_3COOH_{(aq)}$ | $+ H_2O_{(\ell)}$ | $= CH_3COO^-_{(aq)}$ | $+ H_3O^+_{(aq)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ح. الابتدائية | 0 | $c\cdot V$ | بزيادة | 0 | 0 |
| ح. الانتقالية | $x$ | $c\cdot V - x$ | بزيادة | $x$ | $x$ |
| ح. النهائية (ح.ت) | $x_{éq}$ | $c\cdot V - x_{éq}$ | بزيادة | $x_{éq}$ | $x_{éq}$ |

**3-** عبارة $\left[H_3O^+\right]$ بدلالة $c$ و $\tau$ : من جدول التقدم، لدينا: $n_{(H_3O^+)} = x_{éq} = \left[H_3O^+\right]_f \cdot V$

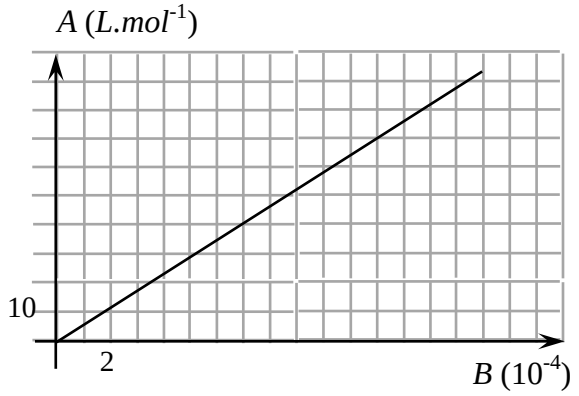
و لدينا: $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{x_f}{c\cdot V} \Leftarrow \left[H_3O^+\right]_f = c\cdot\tau_f$ أو $\left[H_3O^+\right] = c\cdot\tau$

**4-** عبارة $K_a$ : $K_a\left(CH_3COOH/CH_3COO^-\right) = \dfrac{\left[H_3O^+\right]_f \cdot \left[CH_3COO^-\right]_f}{\left[CH_3COOH\right]_f} = \dfrac{c\cdot\tau^2}{1-\tau}$

**5-** أ- تكملة الجدول:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $A=\frac{1}{c}\left(L\cdot mo\ell^{-1}\right)$ | $5,62$ | $11,40$ | $56,18$ | $92,6$ |
| $B=\frac{\tau^2}{1-\tau}$ | $1,0\times10^{-4}$ | $2,0\times10^{-4}$ | $10,0\times10^{-4}$ | $16,7\times10^{-4}$ |

**ب-** رسم البيان $A=f\ (B)$:




**جـ-** استنتاج ثابت الحموضة $K_a$:

البيان $A=f\ (B)$ عبارة عن خط مستقيم مائل يمر بالمبدأ،

معادلته: $A=a\cdot B$ ……$(1)$ حيث: $a=\frac{\Delta A}{\Delta B}=5,435\times10^4$

العلاقة النظرية: $K_a=\frac{c\cdot\tau^2}{1-\tau}\ \Leftrightarrow\ \frac{1}{c}=\frac{1}{K_a}\times\frac{\tau^2}{1-\tau}$ ……$(2)$

بالمطابقة بين العبارتين $(1)$ و $(2)$، نجد: $K_a=\frac{1}{a}$

ومنه: $K_a=\frac{1}{5,435\times10^4}=1,84\times10^{-5}$

## حل التمرين السادس: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1-** معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث: $CH_3COOH_{(aq)}+H_2O_{(\ell)}\ =\ CH_3COO^-_{(aq)}+H_3O^+_{(aq)}$

**2-** أ- جدول التقدم للتفاعل:

| معادلة التفاعل | | $CH_3COOH_{(aq)}+H_2O_{(\ell)}\ =\ CH_3COO^-_{(aq)}+H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم: $x\ (mol)$ | كميات المادة: $n\ (mol)$ | | | |
| الابتدائية $(t=0)$ | $0$ | $n_0$ | بزيادة | $0$ | $0$ |
| الانتقالية $(t)$ | $x$ | $n_0-x$ | بزيادة | $x$ | $x$ |
| النهائية $(t_f)$ | $x_f$ | $n_0-x_f$ | بزيادة | $x_f$ | $x_f$ |

**ب-** قيمة التقدم النهائي $x_f$:

من الجدول: $x_f=\left[H_3O^+\right]_f\cdot V=10^{-pH}\cdot V\ \Leftarrow\ x_f=10^{-3,4}\times100\times10^{-3}=3,98\times10^{-5}\ mo\ell$

$\Leftarrow\ x_f\simeq4\times10^{-5}\ mo\ell$

**جـ-** التحقق من التركيز المولي للمحلول $(S)$ وحساب الكتلة $m$ للحمض المنحلة فيه:

بالتعريف: $\tau_f=\frac{x_f}{x_{max}}=\frac{\left[H_3O^+\right]_f}{c}\ \Leftarrow\ c=\frac{\left[H_3O^+\right]_f}{\tau_f}\xleftarrow[\left[H_3O^+\right]_f=x_f=3,98\times10^{-5}\ mol]{\tau_f=0,039}c=10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$

كذلك: $c=\frac{n}{V}=\frac{m}{M\cdot V}\ \Leftarrow\ m=c\cdot M\cdot V\ \Leftarrow\ m=10^{-2}\times60\times0,1=60\times10^{-3}\ g\ \Leftarrow\ m=60\ mg$

**3-** كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ وكسر التفاعل عند التوازن $Q_{r,f}$. وتحديد جهة تطور الجملة الكيميائية:

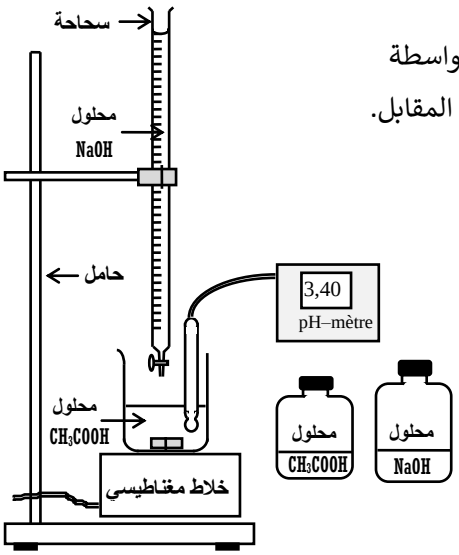
بالتعريف: $Q_{r,i}=\frac{\left[H_3O^+\right]_i\times\left[CH_3COO^-\right]_i}{\left[CH_3COOH\right]_i}=0$

كذلك: $Q_{r,f}=\frac{\left[H_3O^+\right]_f\times\left[CH_3COO^-\right]_f}{\left[CH_3COOH\right]_f}=\frac{\left[H_3O^+\right]_f^2}{c-\left[H_3O^+\right]_f}\ \Leftarrow\ Q_{r,f}=\frac{\left(4\times10^{-4}\right)^2}{10^{-2}-4\times10^{-4}}=1,6\times10^{-5}$

أو: $Q_{r,f}=\frac{\tau_f^2\cdot c}{1-\tau_f}=\frac{(0,039)^2\times10^{-2}}{1-0,039}=1,6\times10^{-5}\ \Leftarrow\ Q_{r,f}=1,6\times10^{-5}$

$Q_{r,i}<Q_{r,f}\ \Leftarrow$ تتطور الجملة في البداية باتجاه انحلال الحمض، الاتجاه المباشر للتحول الكيميائي.

**4-** أ- البروتوكول التجريبي:




- الهدف والتجهيز التجريبي المستعمل:

نتابع بواسطة التجهيز التجريبي المرفق، معايرة حمض الإيثانويك ذي تركيز مجهول $c_a$ بواسطة محلول الصودا تركيزه $C_b$ معلوم و لأجل ذلك نحقق التركيب التجريبي الموضح بالشكل المقابل.

- طريقة العمل:

في بيشر سعته $50mL$ نضع $10mL$ من الحمض $CH_3COOH$ ثم نضع البيشر فوق خلاط مغناطيسي ونغمس فيه مسبار مقياس الـ $pH$ - متر، نشغل الخلاط المغناطيسي ونسكب تدريجيا محلول هيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز $c_b = 4\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ ونتابع تطور $pH$ المزيج بعد كل سكب بدلالة $V_b$ حجم محلول الصودا المضاف.

**ب-** معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول:

$$CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

**جـ-** حساب التركيز $c_a$ للمحلول $(S)$: عند التكافؤ: $c_a\cdot V_a = c_b\cdot V_b \Leftarrow c_a = c_b\times\frac{V_b}{V_a}$

$\Leftarrow c_a = 4\times10^{-3}\times\frac{25}{10} = 10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$ وهو نفس التركيز المحسوب سابقا.

**د-** نقطة نصف التكافؤ: $pH = pK_a = 4,8$ .

## حل التمرين السابع: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1- أ-** حساب التركيز المولي $c_1$ للمحلول $(S_1)$: $c_1 = \frac{n}{V} = \frac{V_g}{V_m\cdot V}$ ومنه: $c_1 = 0,1mo\ell\cdot L^{-1}$

**ب-** المعادلة الكيميائية للتفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل: $NH_3(g) + H_2O(\ell) = NH_4^+(aq) + HO^-(aq)$

**2-** إن قياس $pH$ المحلول $(S_1)$ في الدرجة $25°C$ أعطى القيمة $11,1$.

**أ-** جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | | $NH_3(g)+H_2O(\ell)=NH_4^+(aq)+HO^-(aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم: $x\,(mol)$ | كميات المادة: $n\,(mol)$ | | | |
| الابتدائية $(t=0)$ | $0$ | $0,1\times V_1$ | بزيادة | $0$ | $0$ |
| الانتقالية $(t)$ | $x$ | $0,1\times V_1 - x$ | بزيادة | $x$ | $x$ |
| النهائية $(t_f)$ | $x_f$ | $0,1\times V_1 - x_f$ | بزيادة | $x_f$ | $x_f$ |

**ب-** حساب النسبة النهائية للتقدم $\tau_{1f}$: $x_{max} = 0,1\times V_1$

$$\left[H_3O^+\right]_f = 10^{-pH} = 10^{-11,1} = 7,9\times10^{-12}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

$$\left[HO^-\right]_f = \frac{K_e}{\left[H_3O^+\right]_f} = \frac{10^{-14}}{7,9\times10^{-12}} = 1,26\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

من الجدول: $x_f = \left[HO^-\right]_f\cdot V_1$ ومنه: $x_f = 1,26\times10^{-3}V_1$

بالتعريف: $\tau_{1f} = \frac{x_f}{x_{max}} = 1,3\%$

الاستنتاج: النشادر أساس ضعيف لا يتفاعل كليا مع الماء (انحلال غير تام).

**3- أ-** الخطوات العملية المتبعة لتحضير المحلول $(S_2)$:

نأخذ بواسطة ماصة عيارية سعتها $10\ mL$ حجما $V_1 = \frac{c_2\cdot V_2}{c_1} = 10\ mL$ يوضع في حوجلة عيارية سعتها $50\ mL$ تحتوي قليلا من الماء المقطر ثم نكمل بالماء المقطر لخط العيار نرج ونجانس المحلول.

**ب-** حساب قيمة النسبة النهائية $\tau_{2f}$ لتقدم التفاعل:

$$\left[H_3O^+\right]_f = 10^{-pH} = 10^{-10,8} = 1,6\times10^{-11}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

$$\left[HO^-\right]_f = \frac{K_e}{\left[H_3O^+\right]_f} = \frac{10^{-14}}{1,6\times10^{-11}} = 0,625\times10^{-3}\,mo\ell\cdot L^{-1}$$

بالتعريف: $\tau_{2f} = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{\left[HO^-\right]_f \cdot V_2}{c_2 \cdot V_2} = \frac{\left[HO^-\right]_f}{c_2}$ ومنه: $\tau_{2f} = 3,1\%$

**ج-** تأثير الحالة الابتدائية للجملة على النسبة النهائية لتقدم التفاعل:

عملية التمديد ترفع من قيمة النسبة النهائية لتقدم التفاعل $\tau_f$ والجملة تتطور باتجاه تشكل $HO^-$ و $NH_4^+$.

**4-** حساب قيمة ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية $\left(NH_{4(aq)}^+/NH_{3(aq)}\right)$:

$$pH = pK_a + Log\frac{\left[NH_3\right]}{\left[NH_4^+\right]} \Rightarrow pK_a = pH - Log\frac{\left[NH_3\right]}{\left[NH_4^+\right]}$$

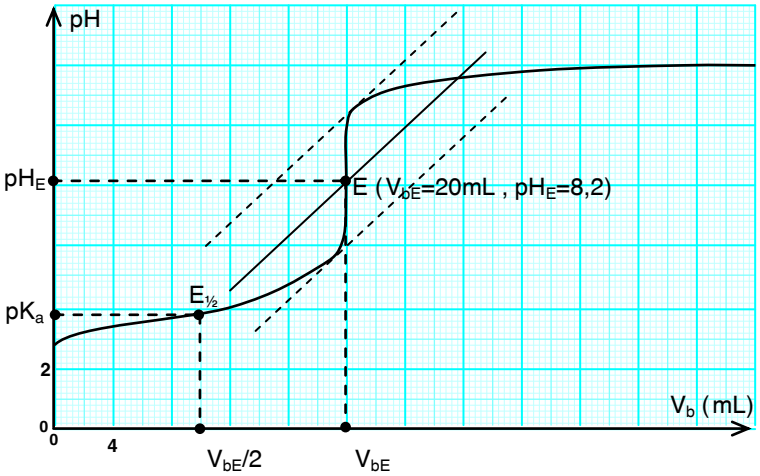
$$pK_a = 11,1 - Log\frac{9,87\times10^{-2}}{1,26\times10^{-3}} = 9,2 \Rightarrow K_a = 10^{-pK_a} = 6,3\times10^{-10}$$

## حل التمرين الثامن: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة العلوم التجريبية

**1-** عملية التمديد: $n_0 = n \Leftarrow c_0\cdot V_0 = c\cdot V$ بالتالي: $V = V_0\frac{\cancel{c_0}}{\frac{\cancel{c_0}}{10}} = 10V_0$

الشرح: نأخذ $V_0 = 20\,mL$ من المحلول الابتدائي المركز $(S_0)$ ونضعها في حوجلة عيارية سعتها $200\,mL$، تحتوي في البداية على كمية من الماء المقطر ثم نكمل الحجم (بإضافة $180\,mL$ من الماء المقطر) إلى غاية خط العيار. نخلط المزيج ونجانسه.

**2-** معادلة لتفاعل المنمذج: $HO^-_{(aq)} + HCOOH_{(aq)} = HCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$




**3-** نقطة التكافؤ:

بيانيا: $E\left(V_{bE} = 20mL\,;\,pH_E = 8,2\right)$

تركيز المحلول الحمضي الممدد $(S_1)$:

عند التكافؤ: $c_a\cdot V_a = c_b\cdot V_{bE}$

$$\Leftarrow c_a = c_b\cdot\frac{V_{bE}}{V_a}$$

$$\therefore c_a = 0,02\times\frac{20}{20} = 0,02\,mo\ell\cdot L^{-1}$$

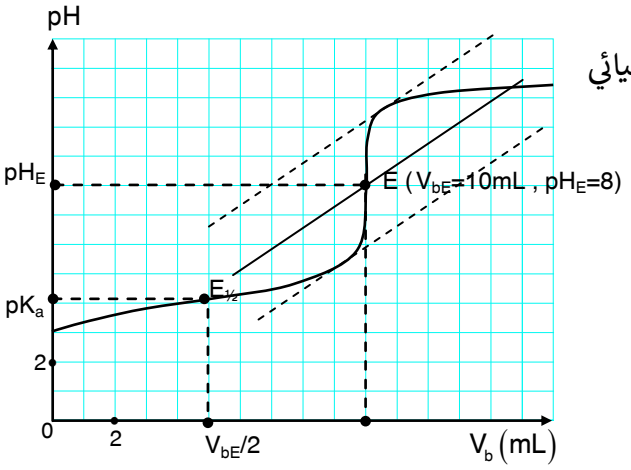
**4-** الثابت $K_a$ للثنائية $\left(HCOO^-/HCOOH\right)$:

عند نقطة نصف التكافؤ $E_{½}$، يكون: $pH = pK_a = 3,8$

بالتالي: $K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-3,8} \approx 1,6\times10^{-4}$

**5-** تركيز المحلول الأصلي $(S_0)$: $c_0 = 10c_a \Leftarrow c_0 = 10\times0,02 = 0,2\,mo\ell\cdot L^{-1} \Leftarrow c_0 = 2,0\times10^{-1}\,mo\ell\cdot L^{-1}$

## حل التمرين التاسع: بكالوريا الجزائر 2010 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات




**1-**

**أ-** المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل خلال المعايرة:

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

**ب-** تحديد إحداثيي نقطة التكافؤ $E$ بيانيا:

**ج-** استنتج التركيز المولي $c_a$ لحمض البنزويك.

**2-** من أجل حجم $V_b = 10,0\,mL$ لهيدروكسيد الصوديوم المضاف:

**أ-** جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $C_6H_5COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| بزيادة | 0 | $c_b \cdot V_b = 10^{-3}\, mo\ell$ | $c_a \cdot V_a = 10^{-3}\, mo\ell$ | ح/ابتد |
| بزيادة | $x_E$ | $10^{-3} - x_E$ | $10^{-3} - x_E$ | ح/نها |

**ب-** كمية مادة كل من شوارد الهيدرونيوم $H_3O^+_{(aq)}$ وجزيئات حمض البنزويك $C_6H_5COOH$ عند التكافؤ:

$$n_{(H_3O^+)} = 10^{-pH_E} \times (V_a + V_{bE}) = 10^{-8} \times (50+10)10^{-3} = 6\times10^{-10}\, mo\ell$$

$$n_{(HO^-)} = 10^{(8-14)} \times (50+10)10^{-3} = 6\times10^{-8}\, mo\ell$$

$$10^{-3} - x_E = 6\times10^{-8} \Rightarrow x_E \approx 6\times10^{-8}\, mo\ell$$

بالتالي: $n_{(C_6H_5COOH)} = c_a \cdot V_a - x_E = 10^{-3} - x_E = 0 mo\ell$

- تقبل الإجابة عند ذكر تفاعل المعايرة تام و بالتالي: $n_{(C_6H_5COOH)} = 0 mo\ell$

**3-** الكاشف المناسب لمعرفة نقطة التكافؤ هو الفينول فثالين لأن مجال تغيره اللوني يحوي قيمة $pH$ نقطة التكافؤ.

## حل التمرين العاشر: بكالوريا الجزائر 2011 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1–** معادلة انحلال حمض الإيثانويك: $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

**2–** جدول التقدم:

| المعادلة | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| الحالة | كميات المادة $n(mo\ell)$ | | | |
| $t=0$ | $n_0 = c_0 \cdot V_0$ | بالزيادة | 0 | 0 |
| $t$ | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| $t_f$ | $n_0 - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

**3– أ–** عبارة نسبة التقدم النهائي $\tau_f$:

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^+(aq)]_f}{c_0}$$

**ب –** عبارة كسر التفاعل $Q_{r,f}$ عند التوازن:

$$Q_{r,f} = \frac{[CH_3COO^-(aq)]_f \times [H_3O^+(aq)]_f}{[CH_3COOH(aq)]_f}$$

ومنه:

$$Q_{r,f} = \frac{[H_3O^+(aq)]_f^2}{c_0 - [H_3O^+(aq)]_f}$$

**ج -** الناقلية النوعية $\sigma(t)$: $\sigma_t = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})[H_3O^+(aq)]_f$.

**4– أ–** تكملة الجدول:

| مح | $c(mo\ell \cdot L^{-1})$ | $\sigma_f(S.m^{-1})$ | $[H_3O^+]_f(mol.L^{-1})$ |
|---|---|---|---|
| $S_0$ | $1,0\times10^{-2}$ | 0,016 | $4,150\times10^{-4}$ |
| $S_1$ | $5,0\times10^{-2}$ | 0,036 | $9,326\times10^{-4}$ |

| مح | $\tau(\%)$ | $Q_{r,f}$ |
|---|---|---|
| $S_0$ | 4,15 | $1,8\times10^{-5}$ |
| $S_1$ | 1,86 | $1,8\times10^{-5}$ |

**ب –** تأثير التركيز المولي للمحلول على كل من:

- نسبة التقدم النهائي $\tau_f$: كلما زاد التركيز المولي للمحلول تناقصت نسبة التقدم النهائي.
- كسر التفاعل $Q_{r,f}$ عند التوازن: كسر التفاعل عند التوازن لا يتأثر (لا يتعلق) بالتركيز المولي للمحلول.

## حل التمرين الحادي عشر: بكالوريا الجزائر 2011 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1– أ –** التركيز المولي للمحلول $S_0$ من هيدروكسيد الصوديوم:

لدينا: $c = \frac{10d \cdot P}{M} = \frac{10 \times 1,3 \times 27}{40} = 8,8\ mo\ell \cdot L^{-1}$

**ب –** حجم محلول $HC\ell$ اللازم للمعايرة:

من شرط التكافؤ حمض – أساس: $c_a \cdot V_a = c_0 \cdot V_0 \Leftarrow V_a = \frac{c_0 \cdot V_0}{c_a} = \frac{8,8 \times 10}{0,10} = 880\ mL$

**ج –** إمكانية تحقيق هذه المعايرة:

لا يمكن تحقيق هذه المعايرة بسهولة.

التعليل: حجم المحلول الحمضي اللازم للمعايرة كبير جدا.

**2–** البروتوكول التجريبي:

الأدوات:

ماصة $10\ mL$ ؛ حوجلة عيارية $500\ mL$ ؛ ماء مقطر

الطريقة:

نأخذ بواسطة الماصة $10\ mL$ من العينة المخبرية، نضعها في الحوجلة العيارية ثم نكمل الحجم بالماء المقطر إلى الخط العياري، نرج المحلول ليتجانس.

**3– أ –** كيفية وضع مسبار جهاز الـ $pH$ – متر:

نضع المسبار عموديا (شاقوليا) داخل البيشر لتجنب إتلافه من طرف المخلاط (المرج) المغناطيسي.

**ب –** المعادلة المنمذجة للتحول الحادث أثناء المعايرة: $H_3O^+(aq) + HO^-(aq) = 2H_2O(\ell)$

**ج –** إحداثيات نقطة التكافؤ: $E\left(V_{aE} = 17,6\ mL\ ,\ pH_E = 7\right)$

الطريقة المتبعة: المماسين المتوازيين.

**د –** التركيز المولي للمحلول المعايَر $S$ واستنتاج التركيز المولي للعينة المخبرية:

من شرط التكافؤ: $c_a \cdot_{aE} = c_b \cdot V_b \Leftarrow c_b = \frac{c_a \cdot V_{aE}}{V_b} = \frac{0,10 \times 17,6}{10} = 0,176\ mo\ell \cdot L^{-1}$

ومنه تركيز العينة المخبرية: $c_0 = 50c_b = 50 \times 0,176 = 8,8\ mo\ell \cdot L^{-1}$

## حل التمرين الثاني عشر: بكالوريا الجزائر 2011 – شعبة العلوم التجريبية

**1-** الثنائيات (أساس/حمض): $\left(H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(\ell)}\right)$ و $\left(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}\right)$

**2–** عبارة $K$: $K = \frac{\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f \times \left[CH_3COO^-_{(aq)}\right]_f}{\left[CH_3COOH_{(aq)}\right]_f}$ حيث: $\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f = \left[CH_3COO^-_{(aq)}\right]_f$

و $\left[CH_3COOH_{(aq)}\right]_f = c_0 - \left[CH_3COO^-_{(aq)}\right]_f$ ومنه: $K = \frac{\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f^2}{c_0 - \left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f}$

**3–** الناقلية النوعية $\sigma(t)$: $\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}\left[H_3O^+_{(aq)}\right] + \lambda_{CH_3COO^-}\left[CH_3COO^-_{(aq)}\right] = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}\right)\left[H_3O^+_{(aq)}\right]$

**4-** جدول التقدم:

| المعادلة | | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الحالة | التقدم | كميات المادة $n(mo\ell)$ | | | |
| $t = 0$ | $0$ | $n_0 = c_0 \cdot V_0$ | بالزيادة | $0$ | $0$ |
| $t$ | $x$ | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| $t_f$ | $x_f$ | $n_0 - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

**5- أ-** التراكيز المولية: $\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f = \left[CH_3COO^-_{(aq)}\right]_f = \frac{\sigma_f(t)}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}} = 4 \times 10^{-4}\ mo\ell \cdot L^{-1}$

$$\left[CH_3COOH_{(aq)}\right]_f = c_0 - \left[CH_3COO^-_{(aq)}\right]_f = 9,6 \times 10^{-3}\ mo\ell \cdot L^{-1}$$

**ب -** حساب الثابت $K$: نجد: $K = 1,67\times10^{-5}$

**ج -** حساب $\tau_f$: $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f}{C_0} = 0,04 \Leftarrow \tau_f = 4\%$

الاستنتاج: التشرد جزئي ومنه الحمض ضعيف.

## حل التمرين الثالث عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1-** $c_0 = \dfrac{n}{V_0} = \dfrac{m}{M\cdot V_0} \Leftarrow c_0 = \dfrac{0,2}{206\times0,5} \approx 0,002\ mo\ell\cdot L^{-1}$

**2- أ-** جدول التقدم:

| معادلة التفاعل | | $RCOOH(aq)+H_2O(\ell)=RCOO^-(aq)+H_3O^+(aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الحالة | التقدم | كميات المادة بـ $(mo\ell)$ | | | |
| الابتدائية | 0 | $c_0\cdot V_0$ | بوفرة | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $c_0\cdot V_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_f$ | $c_0\cdot V_0 - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |
| الأعظمية | $x_{max}$ | $c_0\cdot V_0 - x_{max}$ | | $x_{max}$ | $x_{max}$ |

بما أن الماء يستعمل بوفرة فإن الحمض هو المتفاعل المحد.

حساب التقدم الأعظمي $x_{max}$: $c_0\cdot V_0 - x_{max} = 0$ ومنه: $x_{max} = c_0\cdot V_0 = 2\times10^{-3}\times0,5 = 10^{-3}\ mo\ell$

حساب التقدم النهائي $x_f$: $x_f = n(H_3O^+) = \left[H_3O^+\right]\cdot V = 10^{-pH}\cdot V = 10^{-3,5}\times0,5 = 15,8\times10^{-5}\ mo\ell$

النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$: $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{15,8\times10^{-5}}{10^{-3}} = 15,8\times10^{-2} = 15,8\%$

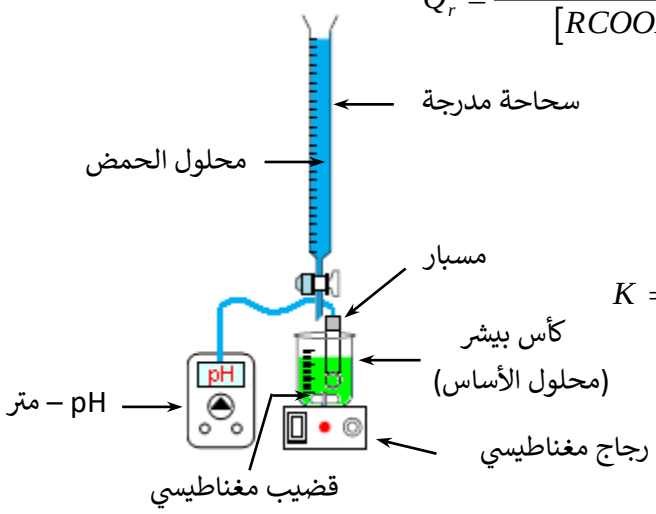
أي: $\tau_f < 1$ ومنه: تفاعل حمض الإيبوبروفين محدود في الماء.

**ب-** كسر التفاعل $Q_r$: $Q_r = \dfrac{\left[H_3O^+\right]\cdot\left[RCOO^-\right]}{\left[RCOOH\right]} = \dfrac{x^2/V_0^2}{c_0\cdot V_0 - x^2/V_0} = \dfrac{x^2}{(c_0\cdot V_0 - x)\cdot V_0}$

**ج-** $Q_r = \dfrac{x^2}{(c_0\cdot V_0 - x)\cdot V_0} \Leftarrow Q_{r,éq} = \dfrac{x_{éq}^2}{(c_0\cdot V_0 - x_{éq})\cdot V_0}$

ومنه: $Q_{r,éq} = \dfrac{x_{max}\cdot\tau_f^2}{V_0\cdot(1-\tau_f)}$

**د-** قيمة ثابت التوازن $K$: $K = Q_{r,éq} = \dfrac{10^{-3}\times(15,8\times10^{-2})^2}{0,5(1-15,8\times10^{-2})} = 5,9\times10^{-5}$

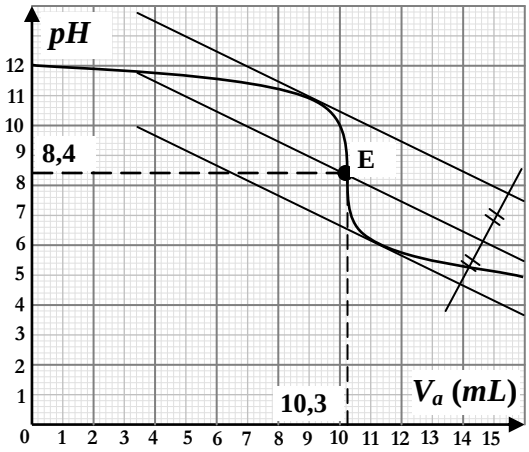



**ثانيا:**

**1-** الشكل التخطيطي لعملية المعايرة:

**2-** يناسب التكافؤ الحالة النهائية للجملة حيث كميتي المادة للمتفاعلين (معايِّر ومعاير) تزامنيا منعدمين أي يكونا بنسب ستوكيومترية.

$E\ (10,3mL\ ;\ 8,4)$




**3-** $n(HO^-) = c_a\cdot V_{aE} = 2\times10^{-2}\times10,3\times10^{-3} = 20,6\times10^{-5}\ mo\ell$

ومنه في $100\ mL$ تكون: $n(HO^-) = 20,6\times10^{-5}\times\dfrac{100}{20}$

$n(HO^-) = 103\times10^{-5}\ mo\ell$

**4-** $n_i(HO^-) = C_b\cdot V_b = 2\times10^{-2}\times100\times10^{-3} = 200\times10^{-5}\ mo\ell$

ومنه: $n = (200-103)\times10^{-5} = 97\times10^{-5}\ mo\ell$

**5-** $n = \dfrac{m}{M}$ ومنه: $m = 97\times10^{-5}\times206$

$m = 0,199\ g \approx 200\ mg$ وهذا يتوافق مع ما هو مكتوب على الكيس.

## حل التمرين الرابع عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1-** نحضر محلولا مائيا $S_1$ حجمه $V = 200\ mL$ لحمض البنزويك $C_6H_5COOH$ بتركيز مولي $c_1 = 1,00\times10^{-2}\ m\ell\cdot L^{-1}$، ثم نقيس $pH$ هذا المحلول فنجده $pH_1 = 3,1$ .

**أ-** اكتب معادلة تفاعل حمض البنزويك مع الماء: $C_6H_5COOH\ (aq)+H_2O\ (\ell)=C_6H_5COO^-\ (aq)+H_3O^+\ (aq)$

**ب-** جدول تقدم هذا التفاعل:

| معادلة التفاعل | | $C_6H_5COOH\ (aq)+H_2O\ (\ell)=C_6H_5COO^-\ (aq)+H_3O^+\ (aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الحالة | التقدم | كميات المادة بـ $(m\ell)$ | | | |
| الابتدائية | 0 | $c_1\cdot V$ | بوفرة | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $c_1\cdot V-x$ | | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_f$ | $c_1\cdot V-x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

**ج-** حساب النسبة النهائية $\tau_{1f}$ لتقدم هذا التفاعل:

حساب التقدم الأعظمي $x_{max}$: $c_1\cdot V-x_{max}=0$

ومنه: $x_{max}=c_1\cdot V=2\times10^{-3}\ m\ell$

حساب التقدم النهائي $x_f$: $x_f=n_f\,(H_3O^+)=\left[H_3O^+\right]_f\cdot V=10^{-pH_1}\cdot V$

ومنه: $x_f=1,59\times10^{-4}\ m\ell$

النسبة النهائية للتقدم $\tau_{1f}$: $\tau_{1f}=\dfrac{x_f}{x_{max}}=\dfrac{1,59\times10^{-4}}{2\times10^{-3}}=0,08$ أي: $\tau_{1f}=8\%$

نستنتج أن: تحمض البنزويك ضعيف في الماء لأن: $\tau_{1f}<1$ .

**د-** عبارة ثابت الحموضة $K_{a1}$ للثنائية $C_6H_5COOH\ (aq)/C_6H_5COO^-\ (aq)$:

ثابت الحموضة $K_{a1}$ هو ثابت التوازن لتفاعل حمض البنزويك مع الماء

ومنه: $K_{a1}=K=\dfrac{\left[C_6H_5COO^-\ (aq)\right]_{éq}\cdot\left[H_3O^+\ (aq)\right]_{éq}}{\left[C_6H_5COOH\ (aq)\right]_{éq}}$

**هـ-** اثبات أن $K_{a1}$ يعطى بالعلاقة: $K_{a1}=c_1\times\dfrac{\tau_{1f}^2}{1-\tau_{1f}}$، وحساب قيمته:

من جدول التقدم نجد: $\left[C_6H_5COO^-\ (aq)\right]_{éq}=\left[H_3O^+\ (aq)\right]_{éq}=\dfrac{x_f}{V}$

بينما: $\left[C_6H_5COOH\ (aq)\right]_{éq}=\dfrac{c_1\cdot V-x_f}{V}$ نعوض في عبارة ثابت الحموضة نجد: $K_{a1}=\dfrac{1}{V}\times\dfrac{x_f^2}{c_1\cdot V-x_f}$

من جهة أخرى لدينا: $x_f=\tau_{1f}\cdot x_{max}=\tau_{1f}\cdot c_1\cdot V$ نعوض $x_f$ بعبارتها نجد: $K_{a1}=c_1\times\dfrac{\tau_{1f}^2}{1-\tau_{1f}}$

حساب قيمة $K_{a1}$: $K_{a1}=1\times10^{-2}\times\dfrac{(0,08)^2}{1-0,08}=6,96\times10^{-5}$

**2-** نأخذ حجما $20\ mL$ من المحلول $S_1$ ونمدّده 10 مرات بالماء فنحصل على محلول $S_1'$ لحمض البنزويك بتركيز مولي $c_1'$، ثم نقيس $pH$ هذا المحلول فنجده $pH_1'=3,6$ .

**أ-** اثبات أن $c_1'=1,00\times10^{-3}\ m\ell\cdot L^{-1}$: من قانون التمديد: $\dfrac{c_1'}{c_1}=\dfrac{1}{10}$ بالتالي: $c_1'=\dfrac{c_1}{10}=1,00\times10^{-3}\ m\ell\cdot L^{-1}$

**ب-** حساب القيمة الجديدة للنسبة النهائية $\tau_{2f}$ لتقدم تفاعل حمض البنزويك مع الماء:

$\tau_{2f}=\dfrac{10^{-pH_2}}{c_1'}\Rightarrow\tau_{2f}=\dfrac{10^{-3,6}}{10^{-3}}=0,25$ أي: $\tau_{2f}=25\%$

**ج-** تأثير تخفيف المحاليل على النسبة النهائية لتقدم التفاعل: تزداد النسبة النهائية لتقدم التفاعل كلما كان المحلول مخفف (أكثر تمديدا).

## حل التمرين الخامس عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة العلوم التجريبية

**1)** $C_6H_5COOH + H_2O = C_6H_5COO^- + H_3O^+$

**2)** $K_a = \dfrac{[H_3O^+]_f \cdot [C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}$

**3)-أ-** $C_6H_5COOH + HO^- = C_6H_5COO^- + H_2O$

**ب-** $E\,(V_{bE} = 10\ mL\ ;\ pH_E = 8)$ و $E'(V_{bE'} = 5\ mL\ ;\ pH = 4{,}1 \to 4{,}3)$

**المدلول:**

- $E$ (ن. التكافؤ): اختفاء كلي لـ $n_A$.
- $E'$ (ن. نصف التكافؤ): $[C_6H_5COOH] = [C_6H_5COO^-]$ عندها يكون: $pH = pK_a$

**ج-** عند $E$: $c_a \cdot V_a = c_b \cdot V_{bE} \Leftarrow c_a = 0{,}1\ mo\ell \cdot L^{-1}$

**د-** $c_a = \dfrac{m_0}{M \cdot V} \Leftarrow m_0 = 6{,}1\ g$

**هـ-** $K_a = 10^{-pK_a}$ لكن: $pH = pK_a = 4{,}2$ ومنه: $K_a = 6{,}3 \times 10^{-5}$

**و-** $pH = 6 > pK_a$ ومنه: النوع الغالب هو صفة الأساس $C_6H_5COO^-$.

## حل التمرين السادس عشر: بكالوريا الجزائر 2012 – شعبة العلوم التجريبية

**1)-أ-** $CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$

**ب-** جدول التقدم:

| المعادلة | | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الحالة | التقدم | كميات المادة $n\,(mo\ell)$ | | | |
| $t = 0$ | 0 | $n_0 = c_0 \cdot V_0$ | بالزيادة | 0 | 0 |
| $t$ | $x$ | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| $t_f$ | $x_f$ | $n_0 - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

**ج-** $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 3{,}98 \times 10^{-4}\ mo\ell \cdot L^{-1}$

نلاحظ أن: $[H_3O^+] < c_1$ ومنه: حمض الإيثانويك لا يتفاعل كلياً مع الماء. (أو: $\tau_{1f} = \dfrac{[H_3O^+]_f}{c_1} = 3{,}98 \times 10^{-2} \Leftarrow \tau_{1f} < 1$)

**د-** $K_1 = \dfrac{[H_3O^+]_f \cdot [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}$ حيث: $[H_3O^+]_f = [CH_3COO^-]_f$ و $[CH_3COOH]_f = c_1 - [H_3O^+]_f$ وبما أن:

$[H_3O^+]_f = \tau_{1f} \cdot c_1$ بالتالي: $K_1 = c_1 \cdot \dfrac{\tau_{1f}^2}{1 - \tau_{1f}}$

$\therefore\ K_1 = 1{,}66 \times 10^{-5}$

**هـ-** $K_1 = 1{,}66 \times 10^{-5}$ ، $pK_{a1} = 4{,}8$

نلاحظ أن: $pH < pK_{a1}$ ومنه: صفة النوع الغالب هو الحمض $CH_3COOH$.

**2)-أ-** $[H_3O^+]_f = [CH_3COO^-]_f = \dfrac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}} = 1{,}25 \times 10^{-3}\ mo\ell \cdot m^{-3} = 1{,}25 \times 10^{-6}\ mo\ell \cdot L^{-1}$

**ب-** $\tau_{2f} = \dfrac{[H_3O^+]_f}{c_2} = 1{,}25 \times 10^{-5}$ و $K_2 = c_2 \cdot \dfrac{\tau_{2f}^2}{1 - \tau_{2f}} = 1{,}6 \times 10^{-11}$

**3)-أ-** النسبة النهائية لتقدم التفاعل تتعلق بالحالة الابتدائية للجملة حيث تتزايد $\tau_f$ بتناقص التراكيز الابتدائية.

**ب-** ثابت التوازن لا يتعلق بالتركيب الابتدائي للجملة.

## حل التمرين السابع عشر: بكالوريا الجزائر 2013 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1- أ-** حساب $c_1$: $c_1 = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = 1,5\times10^{-2}\ mo\ell/L$

**ب-** كتابة المعادلة: $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

**ج-** جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | $n(CH_3COOH)$ | $n(H_2O)$ | $n(CH_3COO^-)$ | $n(H_3O^+)$ |
| الابتدائية | 0 | $n_0$ | بزيادة | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_{éq}$ | $n_0 - x_{éq}$ | | $x_{éq}$ | $x_{éq}$ |

**د-** التعبير عن التقدم عند التوازن: من جدول التقدم لدينا: $n_{H_3O^+} = x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}\times V = 10^{-pH}\times V$

**هـ-** $pK_a = pH - Log\frac{[CH_3COO^-]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}} = pH - Log\frac{x_{éq}}{n_0 - x_{éq}}$

$\Leftarrow\ pK_a = 3,3 - Log\frac{4\times10^{-4}}{1,2\times10^{-2} - 4\times10^{-4}} = 4,76$

**3- أ-** كتابة معادلة التفاعل: $CH_3COOH_{(aq)} + NH_{3(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + NH^+_{4(aq)}$

**ب-** حساب ثابت التوازن $K$: $K = \frac{[CH_3COO^-]_{éq}\times[NH_4^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}\times[NH_3]_{éq}}\times\frac{[H_3O^+]_{éq}}{[H_3O^+]_{éq}}$

$\Leftarrow\ K = \frac{K_{a1}}{K_{a2}} = \frac{10^{-pK_{a1}}}{10^{-pK_{a2}}} = 10^{pK_{a2}-pK_{a1}} = 2,75\times10^4$

**ج-** إثبات العلاقة $\tau_{éq} = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$: $K = \frac{[CH_3COO^-]_{éq}\times[NH_4^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}\times[NH_3]_{éq}} = \frac{x_{éq}^2}{(n_0 - x_{éq})^2} \Leftarrow \sqrt{K} = \frac{x_{éq}}{n_0 - x_{éq}}$

$\Leftarrow\ x_{éq} = n_0\sqrt{K} - x_{éq}\sqrt{K} \Leftarrow x_{éq}(1+\sqrt{K}) = n_0\sqrt{K} \Leftarrow \tau_{éq} = \frac{x_{éq}}{n_0} = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$

**د-** حساب $\tau_{éq}$: $\tau_{éq} = \frac{\sqrt{2,75\times10^{-4}}}{1+\sqrt{2,75\times10^{-4}}} = 0,99 = 1$ ومنه التفاعل تام.

## حل التمرين الثامن عشر: بكالوريا الجزائر 2013 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1- أ-** معادلة الانحلال: $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

**ب-** $\tau_{éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{c_a}$

**ج-** استنتاج $c_a$: $c_a = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{\tau_{éq}} = \frac{10^{-pH}}{\tau_{éq}} = \frac{10^{-3,8}}{0,0158} = 10^{-2}\ mo\ell/L$

**2- أ-** جدول تقدم التفاعل:

| معادلة التفاعل | | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | $n(CH_3COOH)$ | $n(H_2O)$ | $n(CH_3COO^-)$ | $n(H_3O^+)$ |
| الابتدائية | 0 | $n_0$ | بزيادة | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_{éq}$ | $n_0 - x_{éq}$ | | $x_{éq}$ | $x_{éq}$ |

**ب-** إحداثياتي نقطة التكافؤ: $E\ (V_{bE} = 18mL\ ;\ pH_E = 8,4)$

– حساب $c_a$: $c_a = c_b \frac{V_{bE}}{V_a} = 10^{-2}\ mo\ell/L$

**3- أ-** التعبير عن النسبة: $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 10^{pH-pK_a} = 10^0 = 1$

**ب-** التعبير عن النسبة بدلالة التقدم $x$: $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{x}{n_{01}-x} = 1$

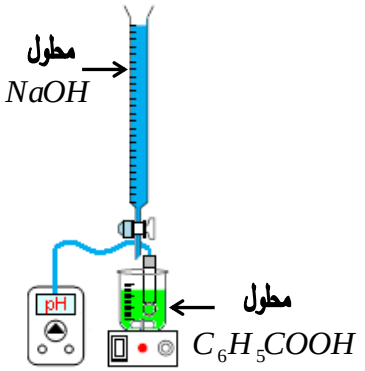
$$x = \frac{n_{01}}{2} = \frac{c_a \cdot V_a}{2} = \frac{10^{-2} \times 18 \times 10^{-3}}{2} = 9 \times 10^{-5}\ mo\ell$$

**ج-** حساب النسبة النهائية للتقدم: $\tau_{éq} = \frac{x}{x_{max}} = \frac{x}{n_{02}} = \frac{9 \times 10^{-5}}{9 \times 10^{-5}} = 1$

ومنه تفاعل المعايرة تام.

## حل التمرين التاسع عشر: بكالوريا الجزائر 2013 – شعبة العلوم التجريبية

**1-** الرسم التخطيطي:




**2-** القياس يكون دوما بعد معايرة جهاز الـ $pH$ – متر:

- نخرج المسبار من المحلول الخاص ثم نقوم بتنظيفه.
- نغمس المسبار في المحلول الذي نريد قياس الـ $pH$ له.
- نرج المحلول بواسطة مخلاط مغناطيسي بحذر لكي لا يلامس المسبار القطعة المغناطيسية.
- نضع جهاز الـ $pH$ – متر في وضعية " قياس " ثم ننتظر القيمة المشار إليها.
- عند إجراء عدة قياسات متتالية يمكن تنظيف المسبار بالماء المقطر بين قياسين متتاليين.

**3-** معادلة تفاعل المعايرة:

$$C_6H_5COOH\ (aq) + HO^-\ (aq) = C_6H_5COO^-\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

**4- أ-** نقطة التكافؤ: $E\ (V_{bE} = 18,4\ mL\ ;\ pH_E = 8)$

عند التكافؤ: $c_a \cdot V_a = c_b \cdot V_{bE}$ ومنه: $c_a = 9,2 \times 10^{-1}\ mo\ell \cdot L^{-1}$

**ب-** عند نقطة نصف التكافؤ $E_{½}$ نجد: $pH = pK_a = 4,2$

**ج-** $V_b = 0$ من البيان نجد: $pH = 2,7$

لدينا: $-Logc_a = 0,7$ ومنه: $pH > -Logc_a$

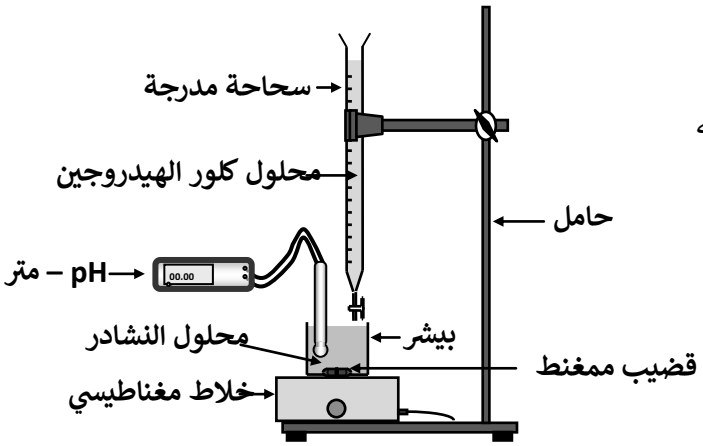
(الحمض $C_6H_5COOH$ ضعيف)

**ملاحظة:** - يمكن استعمال $\tau_f < 1$

- يمكن قبول القياسات القريبة جدا مما سبق.

## حل التمرين العشرون: بكالوريا الجزائر 2014 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1- أ-** البروتوكول التجريبي:




- نملأ سحاحة بمحلول لحمض كلور الماء ونضبط مستوى المحلول عند التدريجة صفر (0).
- نسحب باستعمال ماصة عيارية حجما $V_0$ من محلول النشادر ونضعه في بيشر الذي يوضع بدوره فوق مخلاط مغناطيسي.
- نعاير الـ $pH$ -متر باستعمال محلولين موقيين مختلفين على الأقل لهما $pH$ معلوم.
- نغسل جيدا مسرى جهاز الـ $pH$ -متر بالماء المقطر ونجففه.
ثم نغمره بحذر في البيشر الذي يحتوي على محلول النشادر (يغمر شاقوليا دون لمس القضيب المغناطيسي)
- نشغل المخلاط المغناطيسي ونبدأ في إضافة المحلول الحمضي من السحاحة في البيشر.
- نقيس قيمة الـ $pH$ بالنسبة لكل حجم مضاف و النتائج المحصل عليها تدون في جدول وتسمح برسم المنحنى $pH = f\ (V_{versé})$.

**ب-** جدول التقدم:

| المعادلة | | $NH_3(aq)+H_3O^+(aq)=NH_4^+(aq)+H_2O(\ell)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة $(mo\ell)$ | | | |
| الابتدائية | 0 | $n_b=c_b\cdot V_b$ | $n_a=c_a\cdot V_a$ | 0 | بزيادة |
| خلال التحول | $x$ | $c_b\cdot V_b-x$ | $c_a\cdot V_a-x$ | $x$ | |
| النهائية | $x_f$ | $c_b\cdot V_b-x_f$ | $c_a\cdot V_a-x_f$ | $x_f$ | |

**2- أ-** إحداثيا نقطة التكافؤ: من البيان وباستعمال طريقة المماسين نجد:

$$E\,(V_E=14,4mL\,,pH_E=5,8)$$

**ب-** حساب التركيز الابتدائي للأساس:

عند التكافؤ: $n_b=n_{aE}\Rightarrow c_b\cdot V_b=c_a\cdot V_{aE}\Rightarrow c_b=c_a\cdot\frac{V_{aE}}{V_b}\Rightarrow c_b=0,0108mo\ell\cdot L^{-1}$

**ج-** إيجاد $pK_a$ بيانيا: عند نقطة نصف التكافؤ $pH=pK_a$

حيث: $V_{E_{1/2}}=\frac{V_E}{2}=7,2mL$ و من البيان نجد: $pK_a=9,2$

**3-** حساب ثابت التوازن: $K=Q_{r,f}=\frac{\left[NH_4^+\right]_f}{\left[H_3O^+\right]_f\cdot\left[NH_3\right]_f}=\frac{1}{K_a}=10^{pK_a}=1,58\times10^9$

ومنه: $K=1,58\times10^9$

**4- أ-** إيجاد النسبة $\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f}$: عند إضافة $V=9mL$، من البيان نجد: $pH=9$

$$pH=pK_a+\log\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f}\Rightarrow\log\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f}=pH-pK_a\Rightarrow\log\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f}=10^{pH-pK_a}$$

ومنه: $\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f}=0,63$

**ب-** التعبير عن النسبة السابقة بدلالة $c_b$ و $V_b$ والتقدم الأعظمي .. (عند التوازن الكيميائي):

بالاعتماد على جدول التقدم لدينا: $\left[NH_3\right]_f=\frac{c_b\cdot V_b-x_f}{V_T}$ و $\left[NH_4^+\right]_f=\frac{x_f}{V_T}$

ومنه نجد: $\frac{\left[NH_3\right]_f}{\left[NH_4^+\right]_f}=\frac{c_b\cdot V_b-x_f}{x_f}$

**ج-** حساب نسبة التقدم النهائي $\tau_f$: $\tau_f=\frac{x_f}{x_{max}}$

حساب $x_{max}$: الإضافة السابقة تدل على أن المتفاعل المحد هو الحمض المضاف وحسب تعريف التقدم الأعظمي:

$$c_a\cdot V_a-x_{max}=0\Rightarrow x_{max}=c_a\cdot V_a=0,0135\times10^{-3}mo\ell$$

حساب $x_f$: $\frac{c_b\cdot V_b-x_f}{x_f}=0,63\Rightarrow x_f=\frac{c_b\cdot V_b}{1,63}\Rightarrow x_f=0,1325\times10^{-3}mo\ell$

ومنه نجد: $\tau_f\approx0,98\approx1$ نستنتج أن التفاعل شبه تام.

## حل التمرين الواحد والعشرون: بكالوريا الجزائر 2014 – شعبة العلوم التجريبية

**1)** بروتوكول تجريبي:

**2)** تعريف الحمض: فرد كيميائي قابل لفقدان بروتون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

معادلة التفاعل مع الماء: $HA(aq)+H_2O(\ell)=H_3O^+(aq)+A^-(aq)$

**3)** تكملة الجدول:

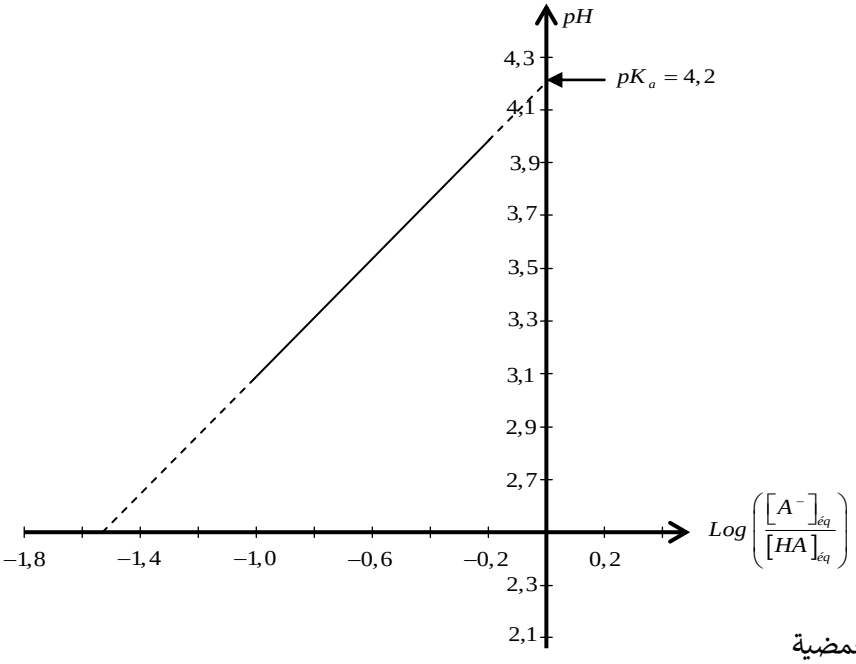
$\left[HA\right]_{éq}=c-\left[H_3O^+\right]_{éq}$ و $\left[H_3O^+\right]_{éq}=\left[HA^-\right]_{éq}=10^{-pH}$

| $c(mo\ell\cdot L^{-1})$ | $1,0\times10^{-2}$ | $5,0\times10^{-3}$ | $1,0\times10^{-3}$ | $5,0\times10^{-4}$ | $1,0\times10^{-4}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $pH$ | 3,10 | 3,28 | 3,65 | 3,83 | 4,27 |
| $[H_3O^+]_{éq}\ (mo\ell\cdot L^{-1})$ | $79,4\times10^{-5}$ | $52,4\times10^{-5}$ | $22,3\times10^{-5}$ | $14,7\times10^{-5}$ | $5,3\times10^{-5}$ |
| $[A^-]_{éq}\ (mo\ell\cdot L^{-1})$ | $79,4\times10^{-5}$ | $52,4\times10^{-5}$ | $22,3\times10^{-5}$ | $14,7\times10^{-5}$ | $5,3\times10^{-5}$ |
| $[HA]_{éq}\ (mo\ell\cdot L^{-1})$ | $9,21\times10^{-3}$ | $4,48\times10^{-3}$ | $0,78\times10^{-3}$ | $0,36\times10^{-3}$ | $0,047\times10^{-3}$ |
| $Log\dfrac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}}$ | $-1,07$ | $-0,93$ | $-0,54$ | $-0,39$ | $0,052$ |

4) عبارة $pH$ : $pH = pK_a + Log\left(\dfrac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}}\right)$

**5)** أ- رسم البيان:

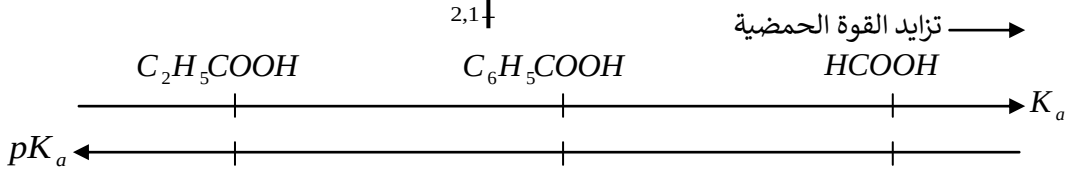
معادلة البيان: $pH = 4,2 + Log\left(\dfrac{[A^-]_{éq}}{[HA]_{éq}}\right)$




**ب-** قيمة الـ $pK_a$ : $pK_a = 4,2$

الحمض هو: $C_6H_5COOH$

**جـ-** ترتيب الأحماض:




## حل التمرين الثاني والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1- أ-** معادلة التفاعل: $C_3H_6O_3(aq) + H_2O(\ell) = C_3H_6O_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$

**ب-** جدول التقدم:

| المعادلة | | $C_3H_6O_3(aq)+H_2O(\ell)=C_3H_6O_3^-(aq)+H_3O^+(aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة بوحدة $(mo\ell)$ | | | |
| ابتدائية | 0 | $n_0$ | بوفرة | 0 | 0 |
| انتقالية | $x$ | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| نهائية | $x_{éq}$ | $n_0 - x_{éq}$ | | $x_{éq}$ | $x_{éq}$ |

**جـ-** تراكيز الأفراد الكيميائية:

$$[H_3O^+]_{éq} = 10^{-2,4} = 3,98\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

$$[C_3H_5O_3^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} = 3,98\times10^{-3}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

$$[C_3H_6O_3]_{éq} = C - [H_3O^+]_{éq} = 0,1 - 3,98\times10^{-3} = 9,6\times10^{-2}\ mo\ell\cdot L^{-1}$$

**د-** ثابت الحموضة $pK_a$ : $pK_a = pH - \log\dfrac{[C_3H_5O_3^-]_{éq}}{[C_3H_6O_3]_{éq}} = 2,4 - \log 0,04145 = 3,78$

**2- أ-** معادلة تفاعل المعايرة: $C_3H_6O_{3(aq)} + HO^-_{(aq)} = C_3H_5O^-_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

**ب-** التركيز $c_a$:

عند التكافؤ: $c_a \cdot V_a = c_b \cdot V_{bE} \Rightarrow c_a = \dfrac{c_b \cdot V_{bE}}{V_a} = \dfrac{2\times10^{-2}\times28,3}{10} = 0,0566 mo\ell\cdot L^{-1}$

ومنه: $c_0 = 100c_a = 5,66 mo\ell\cdot L^{-1}$

**ج-** النسبة المئوية: $p = \dfrac{Mc_0}{10d} = \dfrac{Mc_0}{10\times\dfrac{\rho}{\rho'}} = \dfrac{90\times5,66}{10\times\dfrac{1,13}{1}} = 45,08\% \simeq 45\%$

أو حساب $p$ من العلاقة $p = \dfrac{m'}{m} = \dfrac{509,4}{1130} = 0,4508 \simeq 45\%$ وذلك بأخذ الحجم $1L$

نستنتج أن ما كتب على اللاصقة صحيح.

## حل التمرين الثالث والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1- أ-** $NH^+_{4(aq)} = NH_{3(aq)} + H^+_{(aq)}$

$H^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = H_2O_{(\ell)}$

ومنه التفاعل حمض – أساس

**ب-** جدول التقدم:

| المعادلة | | $NH^+_{4(aq)} + HO^-_{(aq)} = NH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة بوحدة $(mo\ell)$ | | | |
| الابتدائية | 0 | $n_0$ | $n'_0$ | 0 | بوفرة |
| الانتقالية | $x$ | $n_0 - x$ | $n'_0 - x$ | $x$ | |
| النهائية | $x_{éq}$ | $n_0 - x_{éq}$ | $n'_0 - x_{éq}$ | $x_{éq}$ | |

التقدم الأعظمي:

$c_1 \cdot V_1 - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = n_0 = c_1 \cdot V_1 = 0,15\times20\times10^{-3} = 3\times10^{-3} mo\ell$

$c_2 \cdot V_2 - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = n'_0 = c_2 \cdot V_2 = 0,15\times10\times10^{-3} = 1,5\times10^{-3} mo\ell$

ومنه المتفاعل المحد هو $HO^-_{(aq)}$ وبالتالي: $x_{\max} = 1,5\times10^{-3} mo\ell$

**ج-** البرهان: $n_{éq}(HO^-) = n'_0 - x_{éq} \Rightarrow x_{éq} = n'_0 - n_{éq}(HO^-) = n'_0 - \left[HO^-_{(aq)}\right]_{éq}\times V_T = n'_0 - 10^{-14+pH}\times V_T$

$x_{éq} = 1,5\times10^{-3} - 10^{-14+9,2}\times30\times10^{-3} \simeq 1,5\times10^{-3} mo\ell$

**د-** النسبة النهائية لتقدم التفاعل: $\tau_f = \dfrac{x_{éq}}{x_{\max}} \simeq 1 \leftarrow$ التفاعل تام.

**2- أ-** التركيز $c_a$: $c_a = \dfrac{c_b \cdot V_{bE}}{V_a} = \dfrac{0,2\times14}{10} = 0,28 mo\ell\cdot L^{-1}$

الآزوت في العينة: $\left.\begin{array}{r} 1mo\ell \longrightarrow 28g \\ 0,28\times250\times10^{-3} mo\ell \longrightarrow m(N) \end{array}\right\} \Rightarrow m(N) = 1,96g$

**ب-** حساب النسبة المئوية: $N\% = \dfrac{m(N)}{m} = \dfrac{1,96}{6} \simeq 0,33 = 33\%$ وهذا يطابق ما كتب على اللاصقة.

## حل التمرين الرابع والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة العلوم التجريبية

**1-** معادلة تفاعل المعايرة

$C_6H_5CO_2H(aq) + H_2O(\ell) = C_6H_5CO_2^-(aq) + H_3O^+(aq)$

**2-** نقطة التكافؤ:

بطريقة المماسات نجد: $E(V_{bE} = 20mL, pH_E \approx 8,4)$

**3-** عند التكافؤ: $c_a \cdot V_a = c_b \cdot V_{bE}$

و منه: $c_a = c_b \cdot \frac{V_{bE}}{V_a}$ و منه: $c_a = 10^{-1} mo\ell \cdot L^{-1}$

**4-** عند نقطة نصف التكافؤ $E_{½}$ نجد: $pH = pK_a = 4,2$

**5-** التراكيز: $V_b = 14cm^3$ و من البيان نجد: $pH = 4,5$

| المعادلة | | $C_6H_5CO_2H\,(aq) + H_2O\,(\ell) = C_6H_5CO_2^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ح ج | التقدم | كمية المادة بوحدة $(mo\ell)$ | | | |
| ح إ | 0 | $c_a \cdot V_a$ | $c_b \cdot V_b$ | 0 | بوفرة |
| ح إ | $x$ | $c_a \cdot V_a - x$ | $c_b \cdot V_b - x$ | $x$ | |
| ح ن | $x_f$ | $c_a \cdot V_a - x_f$ | $c_b \cdot V_b - x_f$ | $x_f$ | |

$$\left[H_3O^+\right] = 10^{-pH} = 10^{-4,5} = 3,16 \times 10^{-5} mol \cdot L^{-1}$$

$$\left[HO^-\right] = 10^{pH-14} = 10^{4,5-14} = 3,16 \times 10^{-10} mol \cdot L^{-1}$$

$$\left[HO^-\right]_f \times 34 \times 10^{-3} = C_b V_b - x_f$$

فنجد : $x_f = 1,4 \times 10^{-3} mol$

$$\left[C_6H_5CO_2^-\right] = \frac{x_f}{V_a + V_b} = 4,117 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$$

$$\left[C_6H_5CO_2H\right] = \frac{C_a V_a - x_f}{V_a + V_b} = 1,765 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$$

$$\left[Na^+\right] = \frac{C_b V_b}{V_a + V_b} \simeq 4,11 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$$

- نسبة التقدم النهائي:

$HO^-$ هي المتفاعل المحد ومنه:

$$x_{max} = C_b V_b = 10^{-1} \times 14 \times 10^{-3} = 14 \times 10^{-4} mol \Leftarrow C_b V_b - x_{max} = 0$$

بالتالي : $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{1,4 \times 10^{-3}}{14 \times 10^{-4}} = 1 \Leftarrow$ التفاعل تام

## حل التمرين الخامس والعشرون: بكالوريا الجزائر 2015 – شعبة العلوم التجريبية

**I - 1-** $HCOOH\,(aq) + H_2O\,(\ell) = HCOO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$

- الثنائيات المشاركة: $HCOOH / HCOO^-$ و $H_3O^+ / H_2O$

**2-** جدول التقدم:

| المعادلة | | $HCOOH\,(aq) + H_2O\,(\ell) = HCOO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ح ج | التقدم | كمية المادة بوحدة $(mo\ell)$ | | | |
| ح إ | 0 | $c \cdot V$ | بوفرة | 0 | 0 |
| ح إ | $x$ | $c \cdot V - x$ | | $x$ | $x$ |
| ح ن | $x_f$ | $c \cdot V - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

**3-** النسبة النهائية للتقدم:

$$x_f = \left[H_3O^+\right]_f \cdot V = 10^{-pH} \cdot V \text{ و } x_{max} = c \cdot V \Leftarrow c \cdot V - x_{max} = 0$$

وبالتالي: $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{10^{-pH}}{c} = \frac{10^{-2,9}}{10^{-2}} \simeq 0,126 < 1 \leftarrow$ التفاعل غير تام

**4-** قيمة الـ $pK_a$ :

$$pK_a = 3,8 \Leftarrow pH = pK_a + log\frac{\left[HCOO^-\right]}{\left[HCOOH\right]} = pK_a + log\frac{\left[H_3O^+\right]}{c - \left[H_3O^+\right]}$$

**II - 1-** العبارة: $K_a = \frac{\left[H_3O^+\right] \cdot \left[C_6H_5COO^-\right]}{\left[C_6H_5COOH\right]}$

**2-** العلاقة: $K_a = \frac{[H_3O^+]\cdot[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} \Leftarrow \frac{K_a}{[H_3O^+]} = \frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]}$

ومنه: $\log\frac{K_a}{[H_3O^+]} = \log\frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} \Leftarrow \log K_a - \log[H_3O^+] = \log\frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]}$

ومنه: $-\log[H_3O^+] = -\log K_a + \log\frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} \Leftarrow pH = pK_a + log\frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]}$

**3-** بيانيا: $log\frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} = 0 \leftarrow pH = 4,2$

بالتعويض نجد: $0 + pK_a = 4,2 \Leftarrow pK_a = 4,2$

**4-** كلما زاد الـ $pK_a$ كان الحمض أضعف. حمض البنزويك أضعف من حمض الميثانويك.

## حل التمرين السادس والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات

**1. أ-** معادلة انحلال الحمض $HA$ في الماء: $HA + H_2O = A^- + H_3O^+$

**ب-** جدول تقدم التفاعل:

| المعادلة | $HA + H_2O = A^- + H_3O^+$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| الحالة الابتدائية | $n_0$ | بزيادة | 0 | 0 |
| الحالة الانتقالية | $n_0 - x$ | | $x$ | $x$ |
| الحالة النهائية | $n_0 - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

**جـ-** عبارة النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$ بدلالة $pH$ المحلول: $\tau_f = \frac{10^{-pH}}{c_0}$

**د-** عبارة $pH$ المحلول: $pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$ ; $[A^-] = \tau_f \cdot c_0 \rightarrow [HA] = c_0 - \tau_f \cdot c_0$

ومنه: $pH = pK_a + \log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$

**2. أ-** العبارة البيانية: البيان خط مستقيم لا يمر من المبدأ عبارته: $pH = \log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right) + 4,2$

**ب-** استنتاج ثابت الحموضة $K_a$ للثنائية $(HA/A^-)$: بالمطابقة نجد $pK_a = 4,2$ ومنه $K_a = 6,3\times10^{-5}$

**جـ-** النوع الكيميائي الغالب في المحلول من أجل $\tau_f = 0,7$:

بالتعويض نجد $pH > pK_a$ الصفة الأساسية هي الغالبة (تقبل طرق صحيحة أخرى).

**د-** التركيز المولي $c_0$: $\tau_f = \frac{10^{-pH}}{c} \Rightarrow c = \frac{10^{-pH}}{\tau_f} = 1,262\times10^{-4} mo\ell\cdot L^{-1}$

ومنه: $c_0 = F\cdot c = 2\times10^{-2} mo\ell\cdot L^{-1}$

**هـ-** الحمض المعني هو حمض البنزويك $C_6H_5COOH$.

## حل التمرين السابع والعشرون: بكالوريا الجزائر 2014 – شعبة العلوم التجريبية

**1.** نقطة التكافؤ: هي النقطة التي يتم فيها التفاعل الكلي للنوع الكيميائي المُعَايَر وفق المعاملات الستوكيومترية.

**2.** احداثيات نقطة التكافؤ: $(V_{bE} = 10mL\ ;\ pH_E = 8,4)$

تركيز الحمض: عند التكافؤ يتحقق: $n_i(HA) = n_E(HO^-) \Rightarrow c_a\cdot V_a = c_b\cdot V_{bE}$

ومنه: $c_a = c_b\cdot\frac{V_{bE}}{V_a} = 10^{-2} mo\ell\cdot L^{-1}$

**3.** $pK_a$ الثنائية: عند نصف التكافؤ لما $c_b = \frac{V_{bE}}{2}$ لدينا: $pH = pK_a = 4,8$

من الجدول المرفق الحمض المعاير هو حمض الإيثانويك $CH_3COOH$.

**4.** الحمض ضعيف لأن: المنحنى يبرز نقطتي انعطاف (نقطة التكافؤ ونقطة نصف التكافؤ). أو $pH_E > 7$ أو $pH_0 > 2$ .

**5. أ-** معادلة تفاعل المعايرة: $CH_3COOH(aq) + HO^-(aq) = CH_3COO^-(aq) + H_2O(\ell)$

**ب-** حساب ثابت التوازن:

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COO^-]_f \cdot [HO^-]_f} \times \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = \frac{K_a}{K_e} \rightarrow K = 10^{(pK_e - pK_a)} = 1,6\times10^9$$

لدينا: $K > 10^4 \leftarrow$ تفاعل تام

**ج-** الكاشف المناسب لهذه المعايرة هو الفينول فثالين.

## حل التمرين الثامن والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة العادية)

**1. أ-** معادلة انحلال الحمض $HA$ في الماء: $HA(aq) + H_2O(\ell) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$

**ب-** البروتوكول التجريبي المناسب لعملية تحضير المحلول $(S_A)$:

نزن الكتلة $m = 0,9g$ من المسحوق التجاري لحمض السولفاميك و نذيبها في حوجلة عيارية $(100mL)$ تحتوي مسبقا على كمية من الماء المقطر موضوعة على خلاط مغناطيسي ثم نكمل الحجم إلى خط العيار بالماء المقطر نحصل على المحلول $(S_A)$ لحمض السولفاميك ذي التركيز المولي $c_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$.

**2. أ-** أسماء العناصر المرقمة في الشكل-1:

**1-** مسبار الـ $pH$ -متر ؛ **2-** المحلول المعايَر ؛ **3-** خلاط مغناطيسي ؛ **4-** سحاحة مدرجة ؛ **5-** المحلول المعايِر.

**ب-** معادلة تفاعل المعايرة: $HA(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(\ell)$

**ج-** التركيز المولي $c_A$ للمحلول $(S_A)$، و استنتاج الكتلة $m_A$ للحمض $HA$ المُذابة في هذا المحلول:

عند التكافؤ: $c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_{BE}$ و منه: $c_A = c_B \cdot \frac{V_{BE}}{V_A}$

و منه: $c_A = 0,1 \times \frac{15,3}{20} = 7,65\times10^{-2} mo\ell \cdot L^{-1}$

كذلك: $m_A = n_A \cdot M = c_A \cdot V \cdot M \leftarrow m_A = 7,65\times10^{-2} \times 0,1 \times 97 = 0,742g$

**د-** النقاوة $(p\%)$ للمنظف التجاري:

لدينا: $c_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$ و منه: $c_0 = \frac{0,9}{97\times0,1} = 9,3\times10^{-2} mo\ell \cdot L^{-1}$

بالتالي: $p\% = \frac{c_A}{c_0} \times 100 = \frac{7,65\times10^{-2}}{9,3\times10^{-2}} \times 100 \rightarrow p = 82,26\%$

أو: $p\% = \frac{m_A}{m} \times 100 = \frac{0,74}{0,9} \times 100 \rightarrow p = 82,22\%$

## حل التمرين التاسع والعشرون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة العادية)

**1. أ-** معادلة التفاعل المُنَمذِج للتحول الحادث:

$$CH_3COOH(\ell) + C_3H_7OH(\ell) = CH_3-COO-C_3H_7(\ell) + H_2O(\ell)$$

**ب-** جدول التقدم لهذا التفاعل: من البيان يقبل الجدول بالعبارات الحرفية لكميات المادة

| المعادلة | | $CH_3COOH(\ell) + C_3H_7OH(\ell) = CH_3COOC_3H_7(\ell) + H_2O(\ell)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة بالـ: $(mo\ell)$ | | | |
| الابتدائية | 0 | 0,05 | 0,08 | 0 | 0 |
| الانتقالية | $x$ | $0,05-x$ | $0,08-x$ | $x$ | $x$ |
| النهائية | $x_f$ | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

**ج-** النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$: من البيان $x_f = 0,04mo\ell$ ، $x_{max} = 0,05mo\ell$

ومنه: $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{0,04}{0,05} = 0,8$

**د-** نحسب ثابت التوازن: $K = \frac{[CH_3COOC_3H_7]_f \times [H_2O]_f}{[CH_3COOH]_f \times [C_3H_7OH]_f} = \frac{x_f^2}{(0,05-x_f)\times(0,08-x_f)} = 4$

إذن صنف الكحول: أولي

**هـ-** لتحسين مردود التفاعل: - نزع الماء و/أو - إضافة الكحول

**2. أ-** معادلة تفاعل المعايرة: $CH_3COOH\,(aq)+HO^-(aq)=CH_3COO^-(aq)+H_2O\,(\ell)$

**ب-** $pH=4,8=pK_a \leftarrow$ يمثل $V$ حجم نصف التكافؤ $\leftarrow V_E=2V=20mL$

$n\,(\text{حمض})=n(HO^-)=c\cdot V_E=0,01mo\ell$

**جـ-** تفاعل تام $\Rightarrow K=\dfrac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f\times[HO^-]_f}\times\dfrac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f}=\dfrac{K_a}{K_e}\rightarrow K=10^{(pK_e-pK_a)}=1,6\times10^9$

## حل التمرين الثلاثون: بكالوريا الجزائر 2016 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة الجزئية)

**1. أ-** حجم المحلول التجاري:

من علاقة التخفيف $c_1\cdot V_1=c_0\cdot V_0$ و منه: $V_0=V_1\cdot\dfrac{c_1}{c_0}=50\times\dfrac{0,01}{0,025}=20mL$

**ب-** البروتوكول التجريبي: الزجاجيتان المستعملتان: حوجلة عيارية $(50mL)$ ؛ ماصة عيارية $(20mL)$

**جـ-** معنى مصطلح عيارية: سعة حجمية محددة بخط دائري في أعلى الزجاجية.

**2. أ-** معادلة التشرد في الماء: $C_6H_5COOH\,(aq)+H_2O\,(\ell)=C_6H_5COO^-(aq)+H_3O^+(aq)$

الثنائيتان: $C_6H_5COOH\,/C_6H_5COO^-$ ؛ $H_3O^+/H_2O$

**ب-** حساب كسر التفاعل النهائي $Q_{r,f}$: لدينا: $Q_r=\dfrac{[H_3O^+]\times[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]}$.

كسر التفاعل النهائي : $Q_{r,f}=\dfrac{[H_3O^+]_f\times[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}=\dfrac{(10^{-3,12})^2}{0,01-10^{-3,12}}=6,23\times10^{-5}$

**3. أ-** يستعمل المخلاط المغناطيسي لجعل المزيج متجانس.

**ب-** الجدول:

| $V_{H_2O}\,(mL)$ حجم الماء المضاف | 0 | 10 | 40 |
|---|---|---|---|
| $c\,(mo\ell\cdot L^{-1})$ | **0,01** | **0,005** | **0,002** |
| $pH$ | 3,12 | 3,28 | 3,49 |
| $\tau_f$ | **0,076** | **0,105** | **0,162** |

بإضافة الماء: - **يقل تركيز المحلول** - **تزداد النسبة النهائية لتقدم التفاعل**

## حل التمرين الواحد والثلاثون: بكالوريا الجزائر 2017 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات (الدورة العادية)

**I) 1) أ-** معادلة التفاعل: $CH_3CO_2H\,(\ell)+H_2O\,(\ell)=CH_3CO_2^-(aq)+H_3O^+(aq)$

**ب-** التفاعل السابق تم بين: حمض ثنائية وأساس ثنائية أخرى.

**جـ-** التركيز المولي $c$ للمحلول $(S)$: بالتعريف: $c=\dfrac{n_0}{V}=\dfrac{m}{M\cdot V}=10^{-2}mo\ell\cdot L^{-1}$

**2) أ-** جدول تقدم التفاعل:

| م. التفاعل | | $CH_3CO_2H\,(aq)+H_2O\,(\ell)=CH_3CO_2^-(aq)+H_3O^+(aq)$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الحالة | التقدم $x\,(mo\ell)$ | كميات المادة $n\,(mo\ell)$ | | | |
| الابتدائية | 0 | $n_0$ | 0 | 0 | بوفرة |
| الانتقالية | $x$ | $n_0-x$ | $x$ | $x$ | |
| النهائية | $x_f$ | $n_0-x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | |

**ب-** عبارة $[H_3O^+]_f$ بدلالة $\sigma$ و $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3CO_2^-}$:

بالتعريف: $\sigma=\sum\lambda_{X_i}\cdot[X_i]=\lambda_{H_3O^+}\cdot[H_3O^+]_f+\lambda_{CH_3CO_2^-}\cdot[CH_3CO_2^-]_f$

من الجدول: $\dfrac{x_f}{V}=[H_3O^+]_f=[CH_3CO_2^-]_f$ ومنه: $[H_3O^+]_f=\dfrac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+}+\lambda_{CH_3CO_2^-}}$

**ج-** استنتاج قيمة الـ $pH$ للمحلول الحمضي $(S)$: بالتعريف: $pH = -Log\left[H_3O^+\right] = -Log\left(\dfrac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2^-}}\right)$

ومنه: $pH = -Log\left(\dfrac{1,64\times10^{-2}}{(35,0+4,1)\times10^{-3}\times10^{3}}\right) = 3,4$

**3) أ-** عبارة كسر التفاعل النهائي $Q_{r,f}$ للتفاعل الحادث في المحلول $(S)$: بالتعريف: $Q_{r,f} = \dfrac{\left[H_3O^+\right]_f \cdot \left[CH_3CO_2^-\right]_f}{\left[CH_3CO_2H\right]_f}$

- إثبات أن: $Q_{r,f} = \dfrac{10^{-2pH}}{c - 10^{-pH}}$

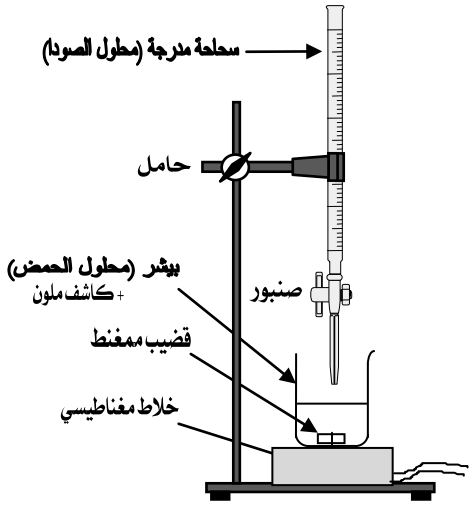
من جدول التقدم لدينا: $\left[H_3O^+\right]_f = \left[CH_3CO_2^-\right]_f$ و $\left[CH_3CO_2H\right]_f = c - \left[H_3O^+\right]_f$

ومنه: $Q_{r,f} = \dfrac{\left[H_3O^+\right]_f^2}{c - \left[H_3O^+\right]_f} = \dfrac{10^{-2pH}}{c - 10^{-pH}}$

**ب-** ثابت التوازن $K$ للتفاعل: بالتعريف: $K = Q_{r,f} = \dfrac{10^{-2pH}}{c - 10^{-pH}}$ ومنه: $K = \dfrac{10^{-2\times3,4}}{10^{-2} - 10^{-3,4}} = 1,65\times10^{-5}$

الاستنتاج: التفاعل غير تام $(K < 10^4)$.

## حل التمرين الثاني والثلاثون: بكالوريا الجزائر 2017 – شعبة الرياضيات + التقني رياضيات (الدورة الاستثنائية)




**1)** البروتوكول التجريبي:

- نأخذ من المزيج بواسطة ماصة عيارية حجما $V = 10mL$.
- نضيف للبيشر قطرات من كاشف ملون مناسب.
- نقوم بإضافة الصودا من السحاحة إلى غاية تغير اللون.
- نسجل حجم التكافؤ.

الرسم:

**2)** معادلة تفاعل المعايرة لكل حمض: $H_3O^+(aq) + HO^-(aq) = 2H_2O(\ell)$

$HCOOH(aq) + HO^-(aq) = HCOO^-(aq) + H_2O(\ell)$

**3)** احداثيات نقطة التكافؤ لكل منحنى:

المنحنى (1): $E(V_{bE}; pH_E) = (20mL; 7)$

المنحنى (2): $E(V_{bE}; pH_E) = (20mL; 8,2)$

المنحنى (1)، يوافق معايرة محلول حمض كلور الهيدروجين لأن $pH_E = 7$

المنحنى (2)، يوافق معايرة محلول حمض الميثانويك لأن $pH_E > 7$

**4)** استنتاج التركيز المولي لكل محلول حمضي:

$$c_1 \cdot V_1 = c_b \cdot V_{bE} \Rightarrow c_1 = c_b \cdot \frac{V_{bE}}{V_1} = \frac{0,1\times20}{30} = 6,6\times10^{-2} mo\ell\cdot L^{-1}$$

$$c_2 \cdot V_2 = c_b \cdot V_{bE} \Rightarrow c_2 = c_b \cdot \frac{V_{bE}}{V_2} = \frac{0,1\times20}{20} = 1,0\times10^{-1} mo\ell\cdot L^{-1}$$

**5)** استنتاج ثابت الحموضة: عند نقطة نصف التكافؤ يكون: $pH = pK_a = 3,8$

**6)** حساب ثابت التوازن $K$ لتفاعل معايرة محلول حمض الميثانويك:

$$K = \frac{\left[HCO_2^-\right]_f}{\left[HCO_2H\right]_f \cdot \left[HO^-\right]_f} \times \frac{\left[H_3O^+\right]_f}{\left[H_3O^+\right]_f} = \frac{K_a}{K_e} = 10^{pK_e - pK_a} = 1,58\times10^{10}$$

الاستنتاج: $K >> 10^4$ التفاعل تام.

**7)** الكاشف المناسب لكل معايرة هو:

معايرة حمض كلور الهيدروجين: $BBT$ لأن $pH_E = 7$ ينتمي إلى مجال تغيره اللوني.

معايرة حمض الميثانويك: فينول فثالين لأن $pH_E = 8,2$ ينتمي إلى مجال تغيره اللوني.

## حل التمرين الثالث والثلاثون: بكالوريا الجزائر 2017 – شعبة العلوم التجريبية (الدورة الاستثنائية)

**أولا: 1)** الحمض: كل فرد كيميائي (شاردة أو جزئ) قادر على فقدان $H^+$ أثناء تفاعل كيميائي.

الأساس: كل فرد كيميائي (شاردة أو جزئ) قادر على اكتساب $H^+$ أثناء تفاعل كيميائي.

**2)** التركيز المولي $c_0$ حمض كلور الهيدروجين في المحلول التجاري $S_0$:

$$c_0 = 10\frac{d \cdot P}{M} \Leftrightarrow c_0 = \frac{10 \times 1,68 \times 13,5}{36,5} = 3,95\, mo\ell \cdot L^{-1}$$

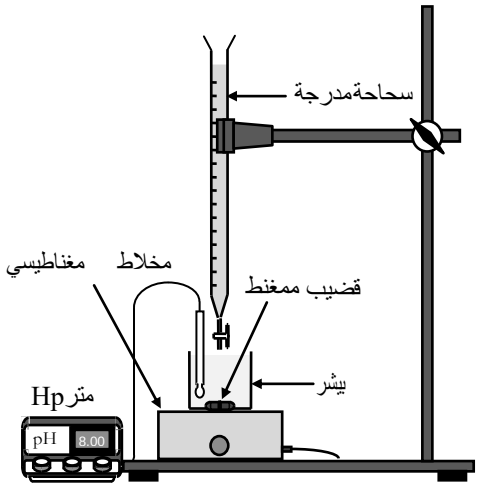
**3)** البروتوكول التجريبي:

- الوسائل المستعملة: $V_0 = 5mL \Leftrightarrow f = \frac{c}{c_0} = \frac{V}{V_0}$ ومنه الوسائل هي:

ماصة عيارية سعتها $5mL$ وحوجلة عيارية $250\,mL$

- المواد المستعملة: المحلول التجاري $S_0$ والماء المقطر.

- خطوات العمل: نأخذ بواسطة ماصة عيارية حجماً $V_0 = 5mL$ من المحلول $S_0$ ونسكبه في حوجلة عيارية سعتها $250\,mL$ بها كمية من الماء المقطر $\left(\frac{3}{4}V\right)$، ثم نكمل بإضافة الماء المقطر إلى خط العيار وبعد غلق الحوجلة بسدادة نقوم بالرج للحصول على محلول متجانس.




**4- أ)** رسم الشكل التخطيطي لعملية المعايرة: لاحظ الشكل المقابل.

**ب)** معادلة تفاعل المعايرة:

$$H_3O^+(aq) + HO^-(aq) = 2H_2O(\ell)$$

**ج)** رسم البيان $pH = f(V_a)$ : أنظر الشكل المقابل.

**د)** احداثيا نقطة التكافؤ: $E(V_{bE} = 7,9mL\,;\, pH_E = 7)$

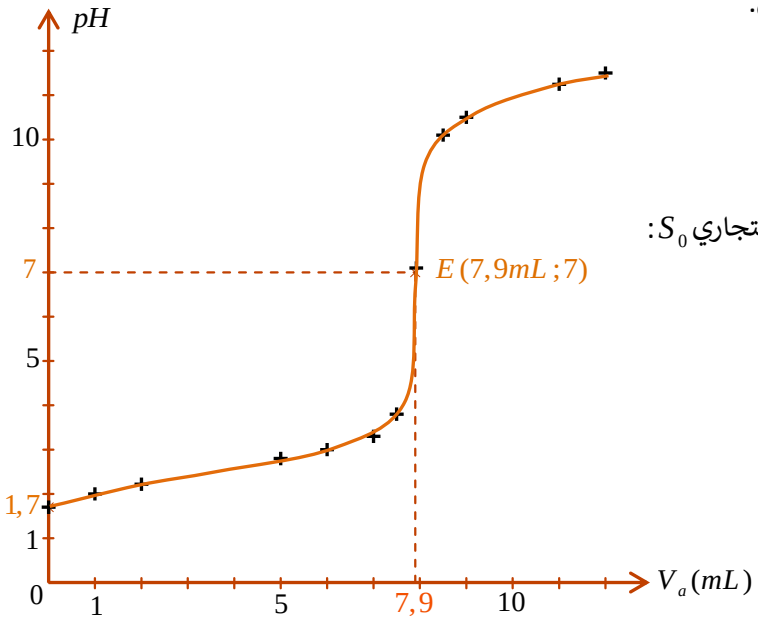
**هـ)** استنتاج التركيز المولي $c_a$ للمحلول $S_1$ وكذلك $c_0$ للمحلول التجاري $S_0$:

$$c_a \cdot V_a = c_b \cdot V_{bE} \Leftrightarrow c_a = c_b \cdot \frac{V_{bE}}{V_a}$$

$$c_a = \frac{0,10 \times 7,9}{10} = 0,079\, mo\ell \cdot L^{-1}$$

$$f = \frac{c_0}{c_a} \Leftrightarrow c_0 = f \cdot c_a = 50 \times 0,079 = 3,95\, mo\ell \cdot L^{-1}$$

**و)** المقارنة بين معلومات بطاقة القارورة والنتائج المحسوبة في السؤال2: متطابقة في حدود أخطاء التجربة.




**ثانيا: 1)** معادلة تفاعل محلول الصود مع ثلاثي الغليسريد:

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{33}-COO-CH_2 \\ C_{17}H_{33}-COO-CH \\ C_{17}H_{33}-COO-CH_2 \end{array} + 3(Na^+ + HO^-) = \begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-OH \\ CH_2-OH \end{array} + 3(C_{17}H_{33}-COO^- + Na^+)$$

**2-أ)** - تسمى هذه العملية: التصبن

- النوع العضوي الذي يطفو: الصابون

**ب)** أهمية الإسترات في الحياة اليومية:

- صناعة الصابون.
- الوقود.
- الملونات والمعطرات المضافة للمواد الغذائية.
- روائح الفواكه والأزهار والورود.
- ...