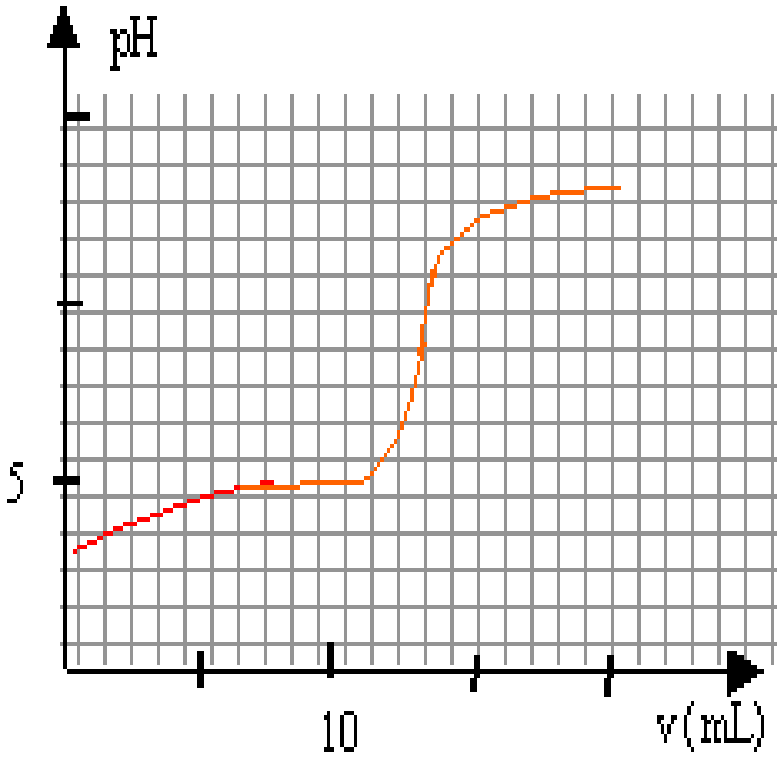
I) 1- أكتب معادلة التحلل البروتوني الذاتي للماء وأحسب الموصلية σ_0للماء الخالص عند25°C.
2- عند درجة الحرارة25°C نقيس موصلية محلول مائي لحمض الفلوريدريك تركيزه $c=0,1\ mol/L$ ، ونجد: $\sigma = 0,324\ S/m$
2-1- أكتب معادلة التفاعل الذي يحدث بين حمض الفلوريدريكHF والماء. أعط تعبير ثابتة الحمضية K_a الموافقة.
2-2- قارن: σ و σ_0 . ماذا تستنتج؟
2-3- عين قيمة نسبة التقدم النهائي لهذا التفاعل. ما قيمةpH المحلول.
2-4- أحسب قيمة المقدار pK_a للمزدوجة HF/ F^- .
نعطي الموصلية المولية الأيونية($mS\ m^2\ mol^{-1}$): F^- : 5,5 ; HO^- : 19,9 ; H_3O^+ : 35

II) لتعيين التركيز المولي لمحلول الخل التجاري، نحضر $V = 100\ mL$ لمحلول مخفف عشر مرات انطلاقا من المحلول الأصلي. نأخذ حجما $V_1 = 10\ mL$من المحلول المخفف ونصبه في كأس. نضيف في الكأس كمية كافية من الماء المقطر لغمر مجس جهازpH-متر بشكل ملائم. ننجز المعايرة بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه $c_2 = 0,1\ mol.L^{-1}$. نسجل تطور قيمةpH بدلالة الحجم V_2 لهيدروكسيد الصوديوم المضاف.
نحصل على المنحنى الممثل في الشكل أسفله.نعطي: $pKa\ (CH_3COOH / CH_3COO^-) = 4,8$ و $pKe = 14$ عند25°C.
1-أكتب معادلة التفاعل المقرون بهذه المعايرة.
2- أحسب ثابتة التوازنK لهذا التفاعل. هل تتعلق قيمتها بالحالة البدئية للمجموعة؟ علل جوابك.
3- عين مبيانيا إحداثيات نقطة التكافؤ. أوجد علاقة التكافؤ وأحسب التركيز المولي لمحلول الخل التجاري.
4- أنشئ جدول التطور لتفاعل المعايرة عند مرحلة إضافة حجم من محلول هيدروكسيد الصوديوم يساوي نصف حجم التكافؤ. أحسب قيمة pH الخليط الناتج. ماذا تستنتج؟



III) 1- يعود استعمال كاشف ملون في المعايرة الحمضية القاعدية لأول مرة إلى سنة 1767 من طرف لويس، وقد تم استخلاصه من سيقان عباد الشمس. قبل ذلك تم الاعتماد على بعض المستخلصات النباتية التي يتغير لونها حسب حمضية الوسط ومن أهمها مستخلص الكرنب الأحمر الذي يتغير لونه بوضوح حسب قيمةpH :يستهلك الكرنب الأحمر طازجا أو مطهاء، وهو غني جدا بالألياف والفيتامينات. يأخذ الكرنب وماء الطهي لونا أزرقا. لاستعادة لونه البنفسجي نضيف إليه قليلا من عصير الليمون الحامض أو الخل. ونسجل تغيرا آخر في اللون عندما يتم التخلص من ماء الطهي في مغسلة الصحون التي تحتوي محلول مسحوق الغسيل؛ إذ يصير لون هذا الماء أخضرا.
1-1- ما هي الخاصية الأساسية لكاشف ملون حمضي-قاعدي؟

pH	0 - 3	4 - 6	7 - 8	9 - 12	13 - 14
اللون	أحمر	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر

2-1- حدد معللا جوابك الطبيعة الحمضية أو القاعدية لكل من الخل ومحلول مسحوق الغسيل.

2- حاليا مافتئ استعمال الكواشف الملونة لإنجاز المعايرات الحمضية القاعدية ينتشر أكثر فأكثر. تتيح التقنية التي تعتمد تتبع تطور pH خلال المعايرة اختيار الكاشف الملون الملائم لهذه المعايرة.

لمعايرة حمض الإيثانويك الموجود في خل تجاري عديم اللون مركز بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم المتوفر في المختبرات، نخفف الخل عشر مرات أكثر. لتحضير حجم V=200mL من المحلول المخفف نتوفر على الأدوات الزجاجية التالية: (أنظر الجدول أسفله)

2-1- اختر معللا جوابك، الأدوات الزجاجية الملائمة لإنجاز هذه العملية.

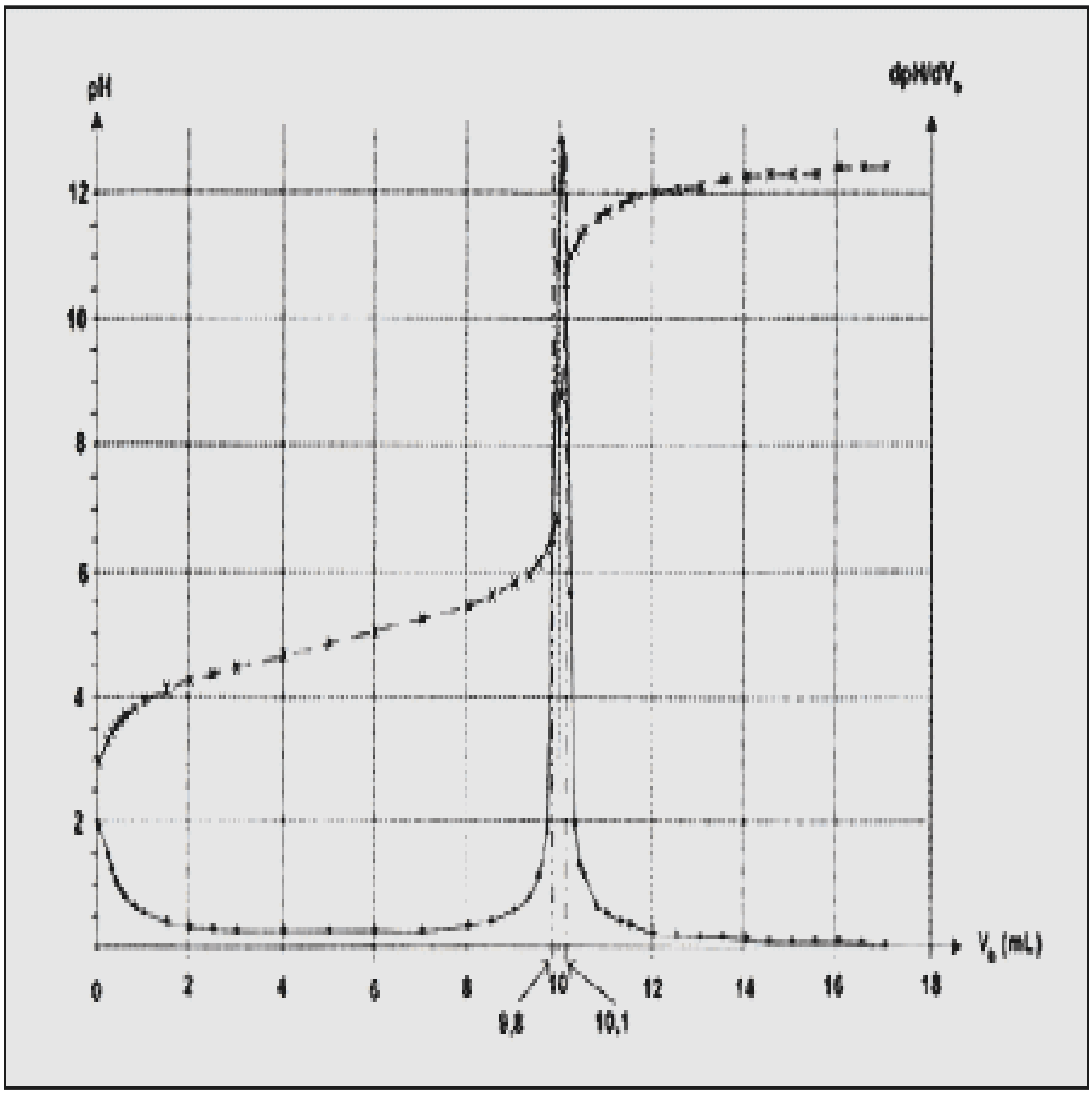
2-2- لمعايرة هذا المحلول بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه $c_B = 1,0\ 10^{-1}\ mol/L$ ، نأخذ $V_A = 10,0\ mL$ من المحلول المخفف ونضيف إليه حجما $V_{eau} = 60\ mL$ لغمر مجس جهاز pH-متر بشكل ملائم. نحصل على منحنى المعايرة الممثل على الشكل أسفله:

أكتب معادلة التفاعل الذي حدث خلال هذه المعايرة. حدد المتفاعل المحد بعد إضافة حجم $V_B = 6,0\ mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم. ماقيمة التقدم الأقصى x_{max} .

مخبار مدرج	5 mL	10 mL	25 mL	50 mL	100 mL
ماصة معيارية	1,0 mL	5,0 mL	10,0 mL	20,0 mL	
دورق معياري	150,0 mL	200,0 mL	250,0 mL	500,0 mL	

2-3- عين كمية مادة أيونات OH^- المتواجدة في الخليط المتفاعل عند نهاية التحول. حدد نسبة التقدم النهائي. ماذا تستنتج؟

2-4- باستعمال طريقتين مختلفتين، عين مبيانيا إحداثيات نقطة التكافؤ. استنتج تركيز الخل التجاري.



3- ننجز المعايرة السابقة بالطريقة الملوانية باستعمال كاشف لأحد المستخلصين الطبيعيين(الخرشوف أو البنجر الأحمر) اللذين كانا يستعملان لهذا الغرض في القرن الثامن عشر. يأخذ الكاشف لون الصيغة المهيمنة(الحمضية أو القاعدية). نمثل المزدوجة قاعدة/حمض الموافقة لكل كاشف بالرمز $HInd/Ind^-$، ونميز كل مزدوجة بالمقدار pK_i . نعطي: $(pK_i)_1 = 7,5$ بالنسبة لمستخلص الخرشوف و $(pK_i)_2 = 11,5$ بالنسبة لمستخلص البنجر عند 25°C.

بنجر	خرشوف	
11,5	7,5	pK_i
أحمر	عديم اللون	لون الصيغة الحمضية
أصفر	أصفر	لون الصيغة القاعدية

3-1- أثبت العلاقة التالية: $[Ind^-]_{éq}/[HInd]_{éq} = 10^{pH-pKi}$

3-2- انطلاقا من منحنى المعايرة نجد أنpHالخليط الناتج بعدإضافة حجم $V_B = 9,8\ mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم هو pH=6,5 ، ويصبح pH=10,5 عندإضافة $V_B = 10,1\ mL$. حدد بالنسبة لكل كاشف قيمة النسبة $[Ind^-]_{éq}/[HInd]_{éq}$ الموافقة لكل إضافة. دون النتائج المحصلة على الجدول أسفله.

3-3- ما اللون لذي يأخذه كل كاشف عند كل إضافة. دون النتائج في الجدول.

3-4- حدد معللا جوابك الكاشف الملائم لهذه المعايرة.

3-5- لماذا يتعين استعمال الخل عديم اللون في هذا النوع من المعايرات؟

	الخرشوف		البنجر	
pK_i	$V_B = 9,8\ mL$	$V_B = 10,1\ mL$	$V_B = 9,8\ mL$	$V_B = 10,1\ mL$
$[Ind^-]_{éq}/[HInd]_{éq}$				
اللون				