	④ المعايرة الـ pH مترية	بطاقة الأستاذ ع م 12

مؤشرات الكفاءة: – يستخدم جهاز الـ pH متر ، الزجاجيات المناسبة لتحقيق المعايرة.

– استعمال منحنى المعايرة $pH = f(V_b)$ من أجل تعيين التركيز المولي لمحلول.

– يتعرّف على الطرق الثلاث لتحديد نقطة التكافؤ أثناء المعايرة الـ pH مترية.

تمهيد: في إطار مراقبة جودة المنتوج و محاربة الغش نستعمل طريقة المعايرة و للتعرف أكثر على هذه الطريقة نقترح في هذه التجربة معايرة محلول حمض الخل بمحلول الصود.

الوسائل و المحاليل المستعملة:

– محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)_{(aq)}$	– ماصة عيارية 1mL.
تركيزه المولي $C_b = 1,0.10^{-1} mol/L$.	– حوجلة عيارية 100mL.
– قارورة زجاجية تحتوي على حمض الخل $(CH_3COOH)_{aq}$	– مخلاط مغناطيسي.
مجهول التركيز.	– بيشر سعته 100mL.
– محاليل معلومة الـ pH	– سحاحة مدرجة.
$(pH = 10,\ pH = 7\ ,\ pH = 4)$	– جهاز pH متر.
– عدة كواشف ملونة: الهيليانتين ، فينول فتالين. أزرق بروموتيمول.	

خطوات العمل:

1/ أذكر البروتوكول التجريبي لمعايرة محلول حمض الخل بمحلول الصود.

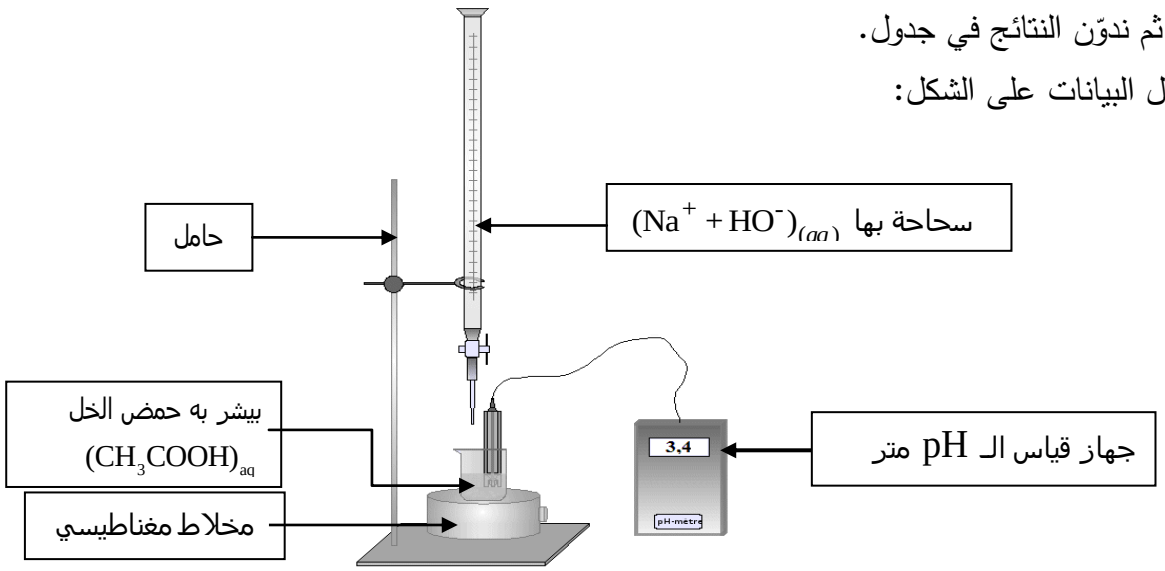
أ– نضبط جهاز الـ pH متر بواسطة محاليل معلومة الـ pH .

ب– نملأ السحاحة بمحلول ماءات الصوديوم ونضبطها عند التدريجة 0.

جـ– نضع في بيشر حجما 20mL من حمض الخل $(CH_3COOH)_{aq}$.

د– نقطّر تدريجيا محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)_{aq}$ في البيشر و نسجل قيمة الـ pH بعد كل إضافة ثم ندوّن النتائج في جدول.

2/ أكمل البيانات على الشكل:



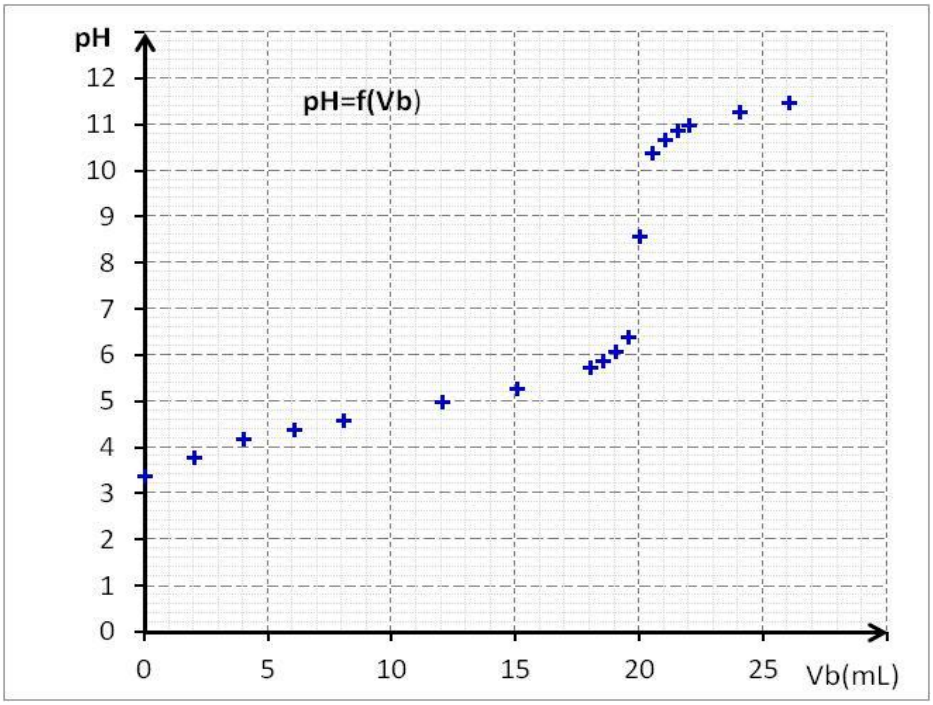
3- إملأ الجدول التالي:

V_b (mL)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	12,0	15,0	18,0	18,5
pH	3,4	3,8	4,2	4,4	4,6	5,0	5,3	5,8	5,9
V_b (mL)	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	23,0	
pH	6,1	6,4	8,6	10,4	10,7	10,9	11,0	11,2	

4- أكتب معادلة التفاعل الحادث:

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

5- مثل البيان $pH = f(V_b)$ على ورق مليمتري باختيار سلم رسم مناسب.



6- أ/ اشرح أجزاء هذا المنحنى مبينا في كل جزء المتفاعل المحد.

يتكون المنحنى من ثلاث أجزاء:

الجزء الأوّل: $0 < V_b < 19,5mL$ يتغير خلاله pH قليلا، لأن المتفاعل HO^- يختفي كليا فور صبه في المحلول وعليه HO^- متفاعل محد .

الجزء الثاني: $19,5mL < V_b < 20,5mL$ نلاحظ خلاله تغيرا مفاجئا للـ pH وهذا الجزء يشمل نقطة التكافؤ. (في هذه الحالة المزيج ستكيوميتري)

الجزء الثالث: $V_b > 20,5mL$ يتغير خلاله pH قليلا ، و يتناهى إلى قيمة حدية .

CH_3COOH متفاعل محد.

ب/ استنتج من ذلك تعريف نقطة التكافؤ.

نقطة التكافؤ هي النقطة:

– التي يحدث عندها تغير المتفاعل المُحد.

– التي يكون عندها كمية مادة الحمض و الأساس متساويتان أي $n(HO^-) = n(CH_3COOH)$

7– حدّد نقطة التكافؤ بيانيا موضحا الطريقة المتبعة ، واستنتج طبيعة المحلول عندئذ.

أ- طريقة المماسين (أو الدائرتين):

– في نقطتي الانعطاف للبيان $pH = f(V_b)$ أرسم مماسين متوازيين.

– أرسم مستقيما ثالثا يوازيهما و يكون متناظر بالنسبة لهما.

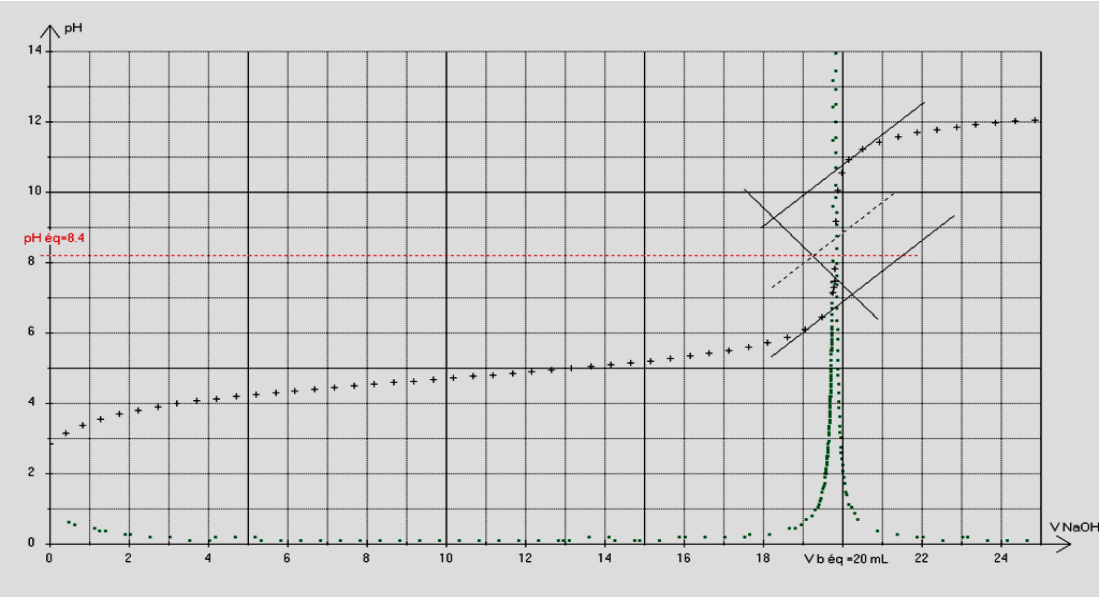
– نقطة تقاطع المنصف مع المنحنى تمثل نقطة التكافؤ E ، بالإسقاط نجد إحداثياتها: $V_{bE} = 20mL$ و $pH_E = 8,4$

ب - طريقة المشتقة:

يمكن تحديد نقطة التكافؤ باستعمال طريقة المشتقة بتمثيل المنحنى $\frac{dpH}{dV_b} = g(V_b)$ إعتمادا على برنامج *Excel* و بتطبيق العلاقة :

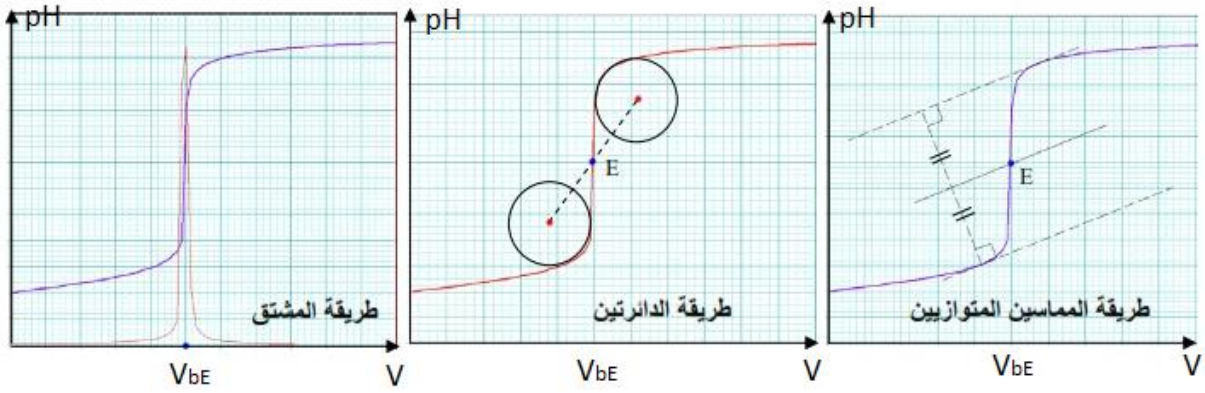
$$\frac{dpH_i}{dV_b} = \frac{pH_{i+1} - pH_{i-1}}{V_{b(i+1)} - V_{b(i-1)}}$$

فنحصل على المنحنى التالي:



ثم نسقط القيمة القصوى (أو الدنيا) على المنحنى $pH = f(V_b)$ ونستنتج نقطة التكافؤ.

طرق تعيين نقطة



جـ- باستعمال الكواشف الملونة (المعايرة اللونية):(مجال الخطأ فيها كبير لأنّ الدراسة كيفية)

الكواشف الملونة عبارة عن محاليل حمضية أو أساسية يتغير لونها من وسط إلى آخر حسب مجال تغلب الصفة الحمضية HI_n أو الصفة الأساسية I_n^-.

- المحلول الناتج عند التكافؤ يكون أساسيا.

8-أ/ أنشئ جدولا لتقدم التفاعل عند نقطة التكافؤ واستنتج العلاقة بين C_a ، V_a ، C_b ، V_{bE}.

المعادلة	$CH_3COOH_{(aq)}$ +	$OH^-_{(aq)}$ =	$CH_3COO^-_{(aq)}$ +	$H_2O_{(\ell)}$
الحالة الإبتدائية	C_aV_a	C_bV_{bE}	0	بزيادة
حالة التكافؤ	$C_aV_a - x_E$	$C_bV_b - x_E$	x_E	بزيادة

- العلاقة بين C_a ، V_a ، C_b ، V_{bE}.

عند التكافؤ:

$$\left.\begin{array}{l} C_bV_{bE} - x_E = 0 \longrightarrow x_E = C_bV_{bE} \\ C_aV_a - x_E = 0 \longrightarrow x_E = C_aV_a \end{array}\right\} \longrightarrow C_aV_a = C_bV_{bE}$$

ب/ أحسب التركيز المولي لمحلول حمض الخل: $C_a = \dfrac{C_b.V_{bE}}{V_a} = \dfrac{10^{-1}.20}{20} = 1,0.10^{-1} mo\ell.L^{-1}$

9- تعرّف نقطة نصف التكافؤ بالنقطة التي يكون عندها حجم المحلول الأساسي المسكوب هو $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$.

- حدد من البيان قيمة الـ pH الموافقة . ماذا تمثل؟

من البيان: $pH = 4,8$ و هي توافق قيمة الـ pK_a للثنائية CH_3COOH / CH_3COO^-

10- أحسب ثابت التوازن K لهذا التحول الحادث . ماذا تستنتج؟

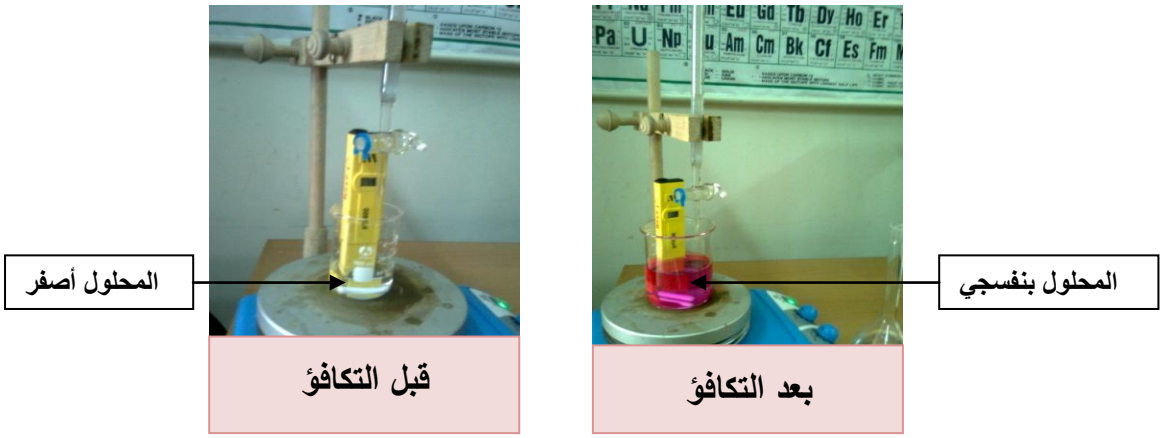
عبارة ثابت التوازن: $K = \dfrac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f[OH^-]_f}$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f[OH^-]_f}.\frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = \frac{K_a}{K_e} = \frac{10^{-pK_a}}{10^{-pK_e}} = 10^{pK_e-pK_a} = 10^{14-4,8} = 1,6.10^9$$

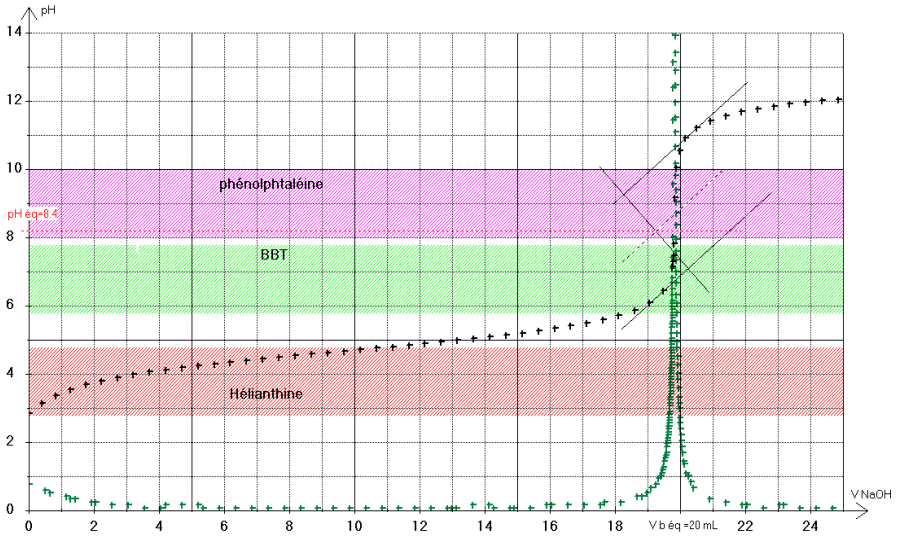
- بما أن $K > 10^4$ يمكن اعتبار تفاعل المعايرة الحادث تام.

11- في غياب جهاز الـ pH متر، ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة من بين الكواشف التالية؟

الكاشف	الهليانتين		أزرق البروموتيمول		الفينول فتالين	
لون الكاشف	وسط حمضي	وسط قاعدي	وسط حمضي	وسط قاعدي	وسط حمضي	وسط قاعدي
	وردي	أصفر	أصفر	أزرق	شفا ف	بنفسجي
مجال تغير اللون (تقريبا)	3,1 - 4,4		6,0 - 7,6		8,2 - 10,0	



حسب الجدول الكاشف المناسب لهذه المعايرة هو الفينول فتالين لأن pH_E لهذه المعايرة ينتمي إلى مجال تغيره اللوني.



ملاحظة :

للتحقق من النتائج السابقة يمكن استعمال برنامج dosage.exe أو DOZZACID