دراسة حركية تفاعلات المرتبة الأولى بطريقة الاستقطاب
(حلمهة سكر القصب)

١ - المقدمة

تعرف المواد التي تدير مستوى اهتزاز الضوء بالمواد الفعالة ضوئيا" كسكر القصب (السكاروز) والكافور والزيوت وغيرها من المواد العضوية. فبعض هذه المواد مثل سكر القصب والكافور تدير مستوى الضوء بزاوية معينة (α) نحو اليمين أي باتجاه عقارب الساعة (دوران يميني) ويكون موجبا" وذلك عند الانتقال إلى المنطقة المظلمة وتسمى مثل هذه المواد بالمواد اليمينية، ومنه ما يدير مستوى الضوء المستقطب بزاوية معينة (α) نحو اليسار كسكر الفواكه أي بعكس عقارب الساعة (دوران يساري) ويكون سالبا" وتدعى مثل هذه المواد بالمواد اليسارية.

تتعلق زاوية الدوران بشكل عام بعدة عوامل منها: طبيعة المادة الفعالة ضوئيا"، المسافة التي يجتازها الضوء المستقطب، طول موجة الضوء المستخدم، تركيز المادة الفعالة ضوئيا"، درجة الحرارة. وعند تعيين زاوية دوران مادة معينة يجب الأخذ بعين الاعتبار كل العوامل السابقة، من أجل الوصول إلى زاوية الدوران النوعي التي تعطى بالعلاقة التالية:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{L.d} \qquad \ldots(1)$$

حيث:

α - زاوية الدوران،

d - كثافة محلول المادة الفعالة ضوئيا" وتقدر ب ($g.cm^{-3}$)،

L - المسافة التي يجتازها الضوء المستقطب

$[\alpha]$ – زاوية الدوران النوعي وتقابل حجم من محلول المادة الفعالة ضوئيا" وهو يحوي غراما" واحدا" من هذه المادة.

وغالبا" ما تكتب العلاقة السابقة على النحو التالي:

$$[\alpha]_{\lambda}^{t^{\circ}} = \frac{\alpha}{L.d} \qquad \ldots(2)$$

حيث:

λ – طول موجة الضوء المستخدم

t – درجة الحرارة، وذلك للتأكيد على العوامل التي تؤثر على زاوية الدوران.

إذا اعتبرنا أن (C) تركيز المادة الفعالة في المحلول مقدرا" بعدد غرامات هذه المادة في $(100ml)$ من المحلول، يمكن أن تكتب العلاقة السابقة على الشكل التالي:

$$[\alpha]_{\lambda}^{t^{\circ}} = 100.\frac{\alpha}{L.C} \qquad \ldots(3)$$

تستخدم هذه العلاقة لتعيين تركيز المادة الفعالة ضوئيا" في المحلول.

ندرس في هذه التجربة حركية تفاعل حلمهة سكر القصب في محلول مائي يحتوي على شوارد (H^+):

$$\underset{\text{سكر القصب}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \xrightarrow[H_2O]{H^+} \underset{\text{سكر العنب}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{سكر الفواكه}}{C_6H_{12}O_6}$$

إنَّ كلاً من سكر القصب والعنب يميني أما سكر الفواكهة فهو يساري، لذلك ستتغير زاوية الدوران أثناء التفاعل وبالتالي يمكن أن نتتبع هذا التفاعل بقياس مقدار تغير زاوية الدوران مع زمن حدوث التفاعل . لقد بينت الدراسات أن تفاعل حلمهة سكر القصب في وسط حمضي يتبع قانون سرعة تفاعلات المرتبة الأولى. حيث تكتب علاقة سرعته بالشكل التالي:

$$-\frac{dC_{C_{12}H_{22}O_{11}}}{dt} = k.C_{C_{12}H_{22}O_{11}} \qquad \ldots(4)$$

إشراف الدكتور جمال عامر

لم ندخل الماء في علاقة السرعة لأنه موجود بكمية كبيرة وبالتالي فإن تركيـــزه لا يتغير عمليا". تكتب المعادلة السابقة بالشكل المختصر التالي:

$$-\frac{dC}{dt} = k.C \qquad \ldots(5)$$

بترتب هذه العلاقة بشكل أفضل ومكاملتها بالشكل:

$$-\int_{C_0}^{C}\frac{dC}{C} = k.\int_{t=0}^{t} dt \qquad \ldots(6)$$

نحصل على العلاقة التالية:

$$\ln\left(\frac{C_0}{C}\right) = k.t \qquad \ldots(7)$$

وأن:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{k} \qquad \ldots(8)$$

حيث: C_0 – عبارة عن تركيز سكر القصب البدائي، أي في اللحظة $(t = 0)$،

C – تركيز سكر القصب في اللحظة (t)،

k – ثابت السرعة.

بما أننا نتبع التفاعل بقياس تغير زاوية الدوران، سنحاول إذاً أن نعبـــر عـــن العلاقة (7) بدلالة زوايا الدوران بدلا" من التراكيز.

لنفرض (α_0) زاوية الدوران في لحظة بداية التفاعل هي حيث لا يوجد ســـوى سكر القصب في المحلول، و (α_t) زاوية الدوران في اللحظة (t)حيث يوجـــد كل من سكر القصب و العنب و الفواكه في المحلول. ولنفرض أن (α_∞) زاوية الدوران عند نهاية التفاعل $(t = \infty)$حيث يكون قد انتهى وجود سكر القصب في المحلول.

تتصف خاصة تدوير الضوء المستقطب من قبل المواد الفعالة ضوئيا" بالصـــفة الجمعية وهي تتناسب طردا" مع تركيز المادة الفعالة ضوئيا"، لهذا فإن زاويـــة الدوران (α_t) في اللحظة (t) تساوي المجموع الجبري لزوايا الدوران الموافقـــة

إشراف الدكتور جمال عامر

لسكر القصب دون تفاعل $\left(\alpha_0.\frac{C}{C_0}\right)$ ولزوايا الدوران الموافقة لنواتج استقلابه $\left(\alpha_\infty.\frac{C_0-C}{C_0}\right)$، أي:

$$\alpha_t = \alpha_0.\frac{C}{C_0} + \alpha_\infty.\frac{C_0-C}{C_0} \quad \ldots(9)$$

ومنه:

$$C = \frac{C_0(\alpha_t - \alpha_\infty)}{\alpha_0 - \alpha_\infty} \quad \ldots(10)$$

وبعد تعويض C بقيمتها من هذه العلاقة في العلاقة (7) نجد:

$$\ln\frac{(\alpha_0 - \alpha_\infty)}{(\alpha_t - \alpha_\infty)} = k.t \quad \ldots(11)$$

يمكن التأكد بوساطة العلاقة (11) من أن هذا التفاعل من المرتبة الأولى وذلك من خلال التمثيل البياني للعلاقة:

$$\ln\frac{(\alpha_0 - \alpha_\infty)}{(\alpha_t - \alpha_\infty)} = f(t)$$

من أجل قياس (α_∞) يسخن المزيج التفاعلي في حمام مائي بالدرجة $(60^0 C)$ مدة ساعة ويبرد إلى الدرجة العادية من الحرارة، ومن ثم تقاس (α_∞) بواسطة جهاز الاستقطاب.

- هدف التجربة

١. دراسة حركية تفاعل حلمهة سكر القصب في وسط حمضي بطريقة جهاز الاستقطاب.

٢. تعين ثابت سرعة التفاعل بيانيا".

٣. تعين زمن نصف التفاعل.

إشراف الدكتور جمال علي

- الأدوات والمواد اللازمة

١. مقياس استقطاب ضوئي، ميزان حرارة، مقياس زمن (ميقاتية)، بالون معايرة سعة ($500ml$) عدد (3)، ثلاثة بياشر سعة ($300ml$)، محرك زجاجي. ترموستات (منظم حراري)
٢. سكر القصب، حمض كلور الماء ($4N$).

- طريقة العمل

١. يذاب (50) غرام من سكر القصب النقي بمقدار قليل من الماء المقطر ثم تنقل كميا" إلى بالون معايرة سعة ($500ml$) ويكمل الحجم إلى ($500ml$). يخض المزيج جيدا" للتجانس.
٢. ضع في البيشر الأول ($100ml$) من محلول السكر المحضر سابقا"وفي البيشر الثاني ($100ml$) من محلول حمض كلور الماء ($4N$) . اغمس البيشرين في حمام مائي درجة حرارته (25^0C) واغمس معهما البيشر الثالث وهو نظيف و فارغ، انتظر حتى التوازن الحراري، اسكب كلا من محلولي السكر والحمض في البيشر الفارغ ، ثم شغل مقياس الزمن لحظة نهاية الإضافة حيث تكون لحظة بداية التفاعل.
٣. املأ أنبوب الجهاز(يجب أن يكون الأنبوب موضوعا" في حمام مائي درجة حرارته (25^0C)) بالمحلول السكري المراد قياس زاوية دورانه ويراعى عدم ترك أية فقاعة هوائية عند ملء الأنبوب ثم حدد زاوية الدوران للمحلول السكري.
٤. كرر عملية القياس كل (5)دقائق حتى الساعة، ثم كل (10) دقائق حتى ساعة أخرى. أثناء عملية القياس هذه ضع البيشر الحاوي على المزيج التفاعلي في حمام مائي درجة حرارته (60^0C) واتركه مدة ساعة.

٥. برد مزيج التفاعل(بعد وضعه مدة ساعة في الدرجة (60^0C)) إلى الدرجة (25^0C) وأثناء ذلك فرغ العامود ونظفه واملأه بمزيج التفاعل المسخن سابقا" والمبرد إلى الدرجة (25^0C) ثم قس زاوية الدوران (α_∞).

٦. ضع في بيشر $(100ml)$ من محلول السكر و $(100ml)$ من الماء المقطر وضعه في حمام مائي درجة حرارته (25^0C) وانتظر حتى التوازن الحراري. فرغ العامود من مزيج التفاعل ونظفه تماما" واملأه بمحلول السكر المحضر أخيرا". قس بعد ذلك زاوية الدوران (α_0).(ملاحظة: كان بالإمكان قياس زاوية الدوران لمحلول السكر المحضر في بداية التجربة وتقسيم الزاوية على اثنين فينتج (α_0)

٧. سجل النتائج التي حصلت عليها في الجدول التالي:

t(min)	5	10	15	20	25	30	.....	120
α_t								
$(\alpha_0 - \alpha_\infty)$								
$(\alpha_t - \alpha_\infty)$								
$\frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$								
$\ln\frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$								

إشراف الدكتور جمال عاصي

- الحسابات والمناقشة

١. مثل بيانيا" تغيرات $\ln\left(\frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}\right)$ مع الزمن (t). ماذا تستنتج.

٢. حدد قيمة ثابت السرعة (k) وزمن نصف التفاعل $(t_{\frac{1}{2}})$.