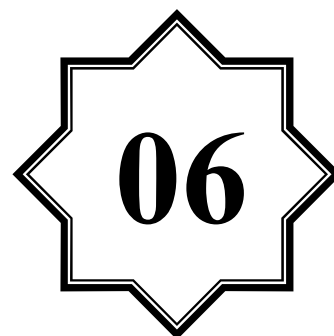


عروض نظرية و تمارين

من التطورات الحديثة

مراقبة تطور جملة كيميائية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2014/2015

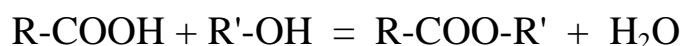
المحتوى المفاهيمي : 04

التحول أستر - إماهة

تحول الأستر

● تعريف تفاعل الأستر :

- تفاعل الأستر في الكيمياء العضوية هو تفاعل يحدث بين حمض كربوكسيلي $R-COOH$ و كحول $R'-OH$ ليتكون نتيجة لذلك أستر $R-COO-R'$ و ماء H_2O وفق المعادلة :



● خواص تفاعل الأستر و مردود الأستر :

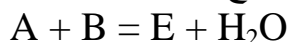
- يتميز تفاعل الأستر بالخواص التالية : بطيء جدا ، محدود ، لا حراري .
- الغرض من إضافة قطرات من الكبريت المركز إلى المزيج المتكون من الحمض الكربوكسيلي و الكحول و وضع هذا المزيج داخل حمام مائي درجة حرارته ثابتة هو تسريع التفاعل .
- يعرف مردود تفاعل الأستر و الذي يرمز له بـ r بالعلاقة :

$$r = \tau_f . 100 = \frac{X_f}{X_{max}} . 100$$

- أثبتت التجارب أن مردود تفاعل الأستر يتعلق بصنف الكحول كما مبين في الجدول التالي :

مردود الأسترة	صنف الكحول
67%	أولى
60%	ثانوي
5% → 10%	ثالثي

- يمكن إثبات أن ثابت توازن تفاعل الأسترة المنمذج بالمعادلة :



يعبر عنه بالعلاقة :

$$K_{\text{أسترة}} = \frac{[E]_f [H_2O]_f}{[A]_f [B]_f} = \frac{n_f(E) \cdot n_f(H_2O)}{n_f(A) \cdot n_f(B)}$$

ملاحظة :

ثابت التوازن لا يتعلق بالتراكيز الابتدائية ، و يمكن إثبات أن :

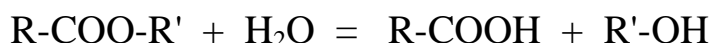
$$K = 4 \leftarrow \text{كحول أولي}$$

$$K = 2.25 \leftarrow \text{كحول ثانوي}$$

تحول الإماهة

• تفاعل الإماهة و مردود الإماهة :

- تفاعل الإماهة هو تفاعل يحدث بين الأستر $R-COO-R'$ و الماء H_2O ، لينتج عنه حمض $R-COOH$ ، و كحول $R'-OH$ و فق المعادلة الكيميائية التالية :



ومنه يمكن القول أن تفاعل الإماهة هو التفاعل المعاكس لتفاعل الأسترة .
 - خواص تفاعل إماهة هي نفسها خواص تفاعل الأسترة (بطيء جدا ، محدود ، لا حراري) .
 - يعرف مردود تفاعل الإماهة ($r_{\text{إماهة}}$) على أنه :

$$r_{\text{أسترة}} = 100 - r_{\text{إماهة}}$$

و في حالة مزيج ابتدائي متساوي المولات يكون :

مردود الإماهة	مردود الأسترة	صنف الكحول
33%	67%	أولى
40%	60%	ثانوي
90% → 95%	5% → 10%	ثالثي

- يمكن إثبات أن ثابت توازن تفاعل الإماهة يعبر عنه بالعلاقة :

$$K_{\text{إماهة}} = \frac{[A]_f [B]_f}{[E]_f [H_2O]_f} = \frac{n_f(A) \cdot n_f(B)}{n_f(E) \cdot n_f(H_2O)}$$

ملاحظة :

نذكر أن ثابت التوازن لا يتعلق بالتراكيز الابتدائية ، و يمكن إثبات أن :

$$K_{\text{إماهة}} = \frac{1}{K_{\text{أسترة}}}$$

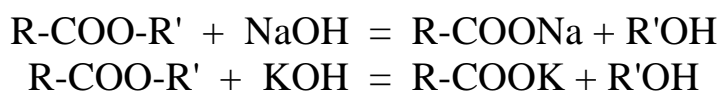
و عليه يكون :

$$\begin{aligned} K &= 0.25 \leftarrow \text{كحول أولي} \\ K &= 4.44 \cdot 10^{-2} \leftarrow \text{كحول ثانوي} \end{aligned}$$

أهمية الأسترات في الحياة اليومية تطبيق : تفاعل تصبن الأستر

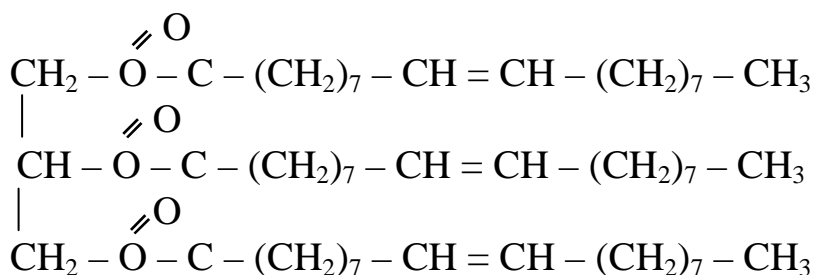
● تعريف تفاعل تصبن الأستر :

- تصبن الأستر R-COO-R' هو تفاعل تام يحدث بين هذا الأستر و أساس قوي مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو هيدروكسيد البوتاسيوم KOH ، لينتج إثر ذلك كحول R'OH و ملح كربوكسيلات الصوديوم R-COONa في حالة استعمال هيدروكسيد الصوديوم ، و كربوكسيلات البوتاسيوم R-COOK في حالة استعمال هيدروكسيد البوتاسيوم وفق المعادلة :



● تطبيق تفاعل التصبن في صناعة الصابون :

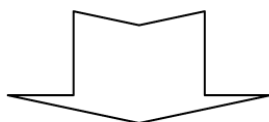
- تحتوي بعض الأجسام الدهنية مثل الشحوم (صلبة) ، و الزيوت (سائلة) على أحماض دهنية ، و نوع من الأسترات يسمى تريولات الغليسيرول ، صيغته الجزيئية نصف المفصلة تكون كما يلي :



A glass of milkshake with a thick white foam layer on top of a dark liquid.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{CH}_2 - \text{O} - \overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH} - \text{O} - \overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3 \end{array} \right. + 3(\text{Na}^+ + \text{OH}^-)$$

(تريولات الجليسيرول)



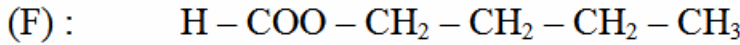
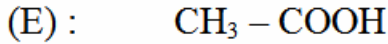
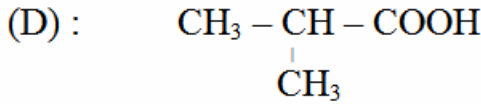
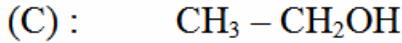
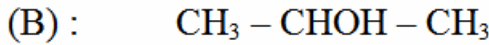
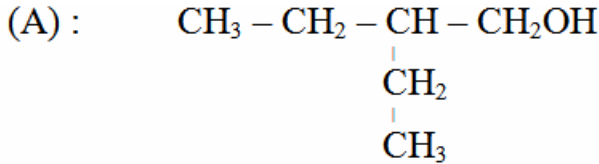
المركب	الإسم
(A)	2-إيثيل بوتان-1-ول
(B)	بروبان-2-ول
(C)	إيثانول
(D)	حمض 2-مثيل بروبانويك
(E)	حمض الإيثانويك
(F)	ميثانات البوتيل

ب- أكتب اسم و صيغة الأستر الناتج من التفاعلات التالية :

- تفاعل المركب (C) مع المركب (E) .
- تفاعل المركب (B) مع المركب (E) .
- تفاعل المركب (A) مع المركب (D) .

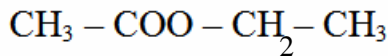
الأجوبة :

1- أ- الصيغ نصف المفصلة :



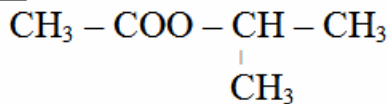
ب- صيغة و اسم الاستر الناتج :

• (C) + (E) :



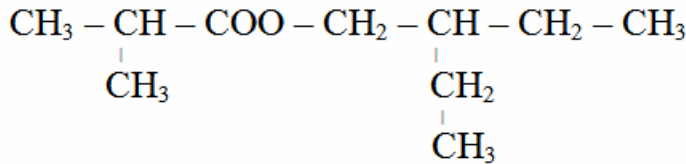
الإسم : إيثانوات الإيثيل .

• (B) + (E) :



الإسم : إيثانوات ميثيل إيثيل

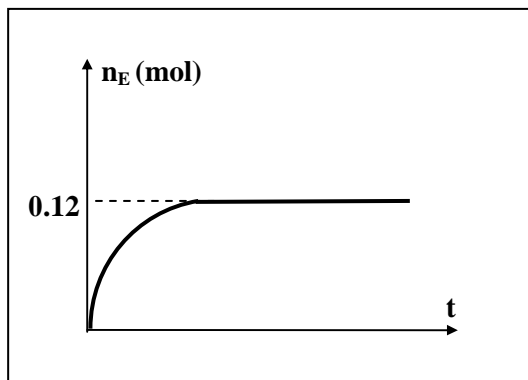
• (A) + (D) :



الإسم : 2- ميثيل بروبانات ، 2- إيثيل بوتيل .

التمرين (2) :

1- نمزج 0.2 mol من حمض كربوكسيلي (A) ، مع 0.2 mol من كحول (B) ، ثم نوفر الشروط اللازمة لحدوث التفاعل ، ينتج عن ذلك أستر (E) و ماء . يمثل البيان الموضح في (الشكل-1) تغيرات كمية مادة الأستر (E) المتشكل بدلالة الزمن .



- استنتج صنف الكحول (B) .

الأجوبة :

2- صنف الكحول :

الحالة	التقدم	A	+	B	=	E	+	D
ابتدائية	$x = 0$	0.2		0.2		0		0
انتقالية	x	$0.2 - x$		$0.2 - x$		x		x
نهائية	x_f	$0.2 - x_f$		$0.2 - x_f$		x_f		x_f

نبحث عن مردود التفاعل :

- إذا اختفى A كلياً :

$$0.2 - x = 0 \rightarrow x = 0.2$$

- إذا اختفى B كلياً :

$$0.2 - x = 0 \rightarrow x = 0.2$$

إذن : $x_{\max} = 0.2 \text{ mol}$.

- من البيان : $n_f(E) = 0.12 \text{ mol}$.

- من جدول التقدم : $n_f(E) = x_f$. إذن : $x_f = 0.12 \text{ mol}$. لدينا :

$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} \cdot 100$$

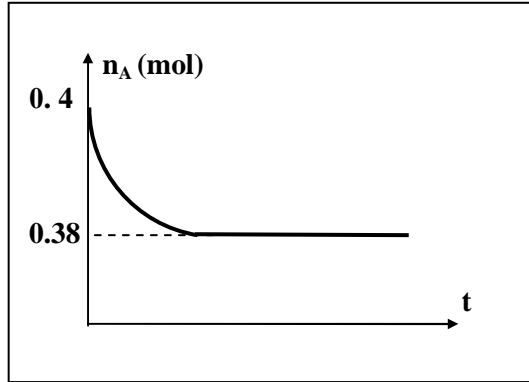
إذن :

$$r = \frac{0.12}{0.2} \cdot 100 = 60 \%$$

إذن الكحول المستعمل ثانوي .

التمرين (3) :

نجري تفاعل أسترة انطلاقا من مزيج ابتدائي متساوي المولات يتكون من حمض الخل (A) ، و كحول (B) . البيان الموضح في (الشكل-2) يمثل تغيرات كمية الحمض المتبقي (A) بدلالة الزمن .



- 1- أوجد التركيب المولي للمزيج الابتدائي ، و التركيب المولي للمزيج المتشكل عند التوازن .
- 2- أوجد صنف الكحول (B) .

الأجوبة :

1- التركيب المولي للمزيج الابتدائي :

بما أن المزيج الابتدائي متساوي المولات يكون :

$$n_0(A) = n_0(B)$$

من البيان : $n_0(A) = 0.4 \text{ mol}$ إذن :

$$n_0(A) = n_0(B) = 0.4 \text{ mol}$$

- التركيب المولي للمزيج عند التوازن :

الحالة	التقدم	A	+	B	=	E	+	D
ابتدائية	$x = 0$	0.4		0.4		0		0
انتقالية	x	$0.4 - x$		$0.4 - x$		x		x
نهائية	x_f	$0.4 - x_f$		$0.4 - x_f$		x_f		x_f

- من البيان : $n_f(A) = 0.38 \text{ mol}$.

- من جدول التقدم : $n_f = 0.4 - x_f$

ومنه :

$$0.4 - x_f = 0.38 \rightarrow x_f = 0.4 - 0.38 = 0.02 \text{ mol}$$

ومنه يكون التركيب المولي للمزيج عند التوازن كما يلي :

$$x_f(E) = x_f = 0.02 \text{ mol}$$

$$n_f(H_2O) = x_f = 0.02 \text{ mol}$$

$$n_f(A) = 0.4 - x_f = 0.38 \text{ mol}$$

$$n_f(B) = 0.4 - x_f = 0.38 \text{ mol}$$

2- صنف الكحول (B) :

نحسب مردود التفاعل :

$$r = \frac{X_f}{X_{\max}} \cdot 100$$

بنفس الطريقة السابقة نجد :

$$X_{\max} = 0.4 \text{ mol}$$

و منه :

$$r = \frac{0.02}{0.4} \cdot 100 = 5\%$$

إن الكحول (B) ثالثي .

التمرين (4) :

نمزج 3 mol من الميثانول CH_3OH مع 3 mol من حمض الخل CH_3COOH ، أوجد التركيب المولي للمزيج عند حدوث التوازن الكيميائي .

الاجوبة :

4- التركيب المولي للمزيج عند حدوث التوازن الكيميائي :

الحالة	التقدم	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$			
ابتدائية	$x = 0$	3	3	0	0
انتقالية	x	3 - x	3 - x	x	x
نهائية	X_f	3 - X_f	3 - X_f	X_f	X_f

الميثانول كحول أولي و كون أن المزيج الابتدائي متساوي المولات يكون مردود التفاعل : $r = 67\%$.
و لدينا :

$$r = \frac{X_f}{X_{\max}} \cdot 100 \rightarrow X_f = \frac{r \cdot X_{\max}}{100}$$

من جدول التقدم و باعتبار التفاعل تم يكون :

$$3 - X_{\max} = 0 \rightarrow X_{\max} = 3 \text{ mol}$$

ومنه :

$$X_f = \frac{67 \times 3}{100} \approx 2 \text{ mol}$$

إذن :

$$n_f(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = n_f(\text{H}_2\text{O}) = X_f = 2 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{CH}_3\text{COOH}) = n_f(\text{CH}_3\text{OH}) = 3 - X_f = 1 \text{ mol}$$

التمرين (5) :

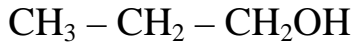
نمزج 0.02 mol من حمض كربوكسيلي (A) مع 0.02 mol من كحول (B) صيغته $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ، عند حدوث التوازن نعاير الحمض المتبقي بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 1 \text{ mol/L}$ ، نجد الحجم اللازم للتكافؤ هو $V_{bE} = 8 \text{ mL}$.

1- أكتب الصيغ المفصلة الممكنة للكحول (B) مع ذكر الاسم و الصنف في كل مرة .

2- استنتج الصيغة الحقيقية للكحول (B) .

الأجوبة :

1- الصيغ نصف المفصلة الممكنة للكحول (B) :



بروبان-1-ول
(كحول أولي)



بروبان-2-ول
(كحول ثانوي)

2- الصيغة الحقيقية للكحول (B) :

نبحث عن مردود التفاعل :

الحالة	التقدم	A	+	B	=	E	+	D
ابتدائية	$x = 0$	$2 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$		0		0
انتقالية	x	$2 \cdot 10^{-2} - x$		$2 \cdot 10^{-2} - x$		x		x
نهائية	x_f	$2 \cdot 10^{-2} - x_f$		$2 \cdot 10^{-2} - x_f$		x_f		x_f

عند التكافؤ يكون :

$$n_{Af} = n_{Eb}$$

$$n_{Af} = C_b \cdot V_{bE} = 1 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

من جدول التقدم :

$$n_{Af} = 8 \cdot 10^{-3} - x_f$$

$$x_f = 8 \cdot 10^{-3} - n_{Af} = 2 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 10^{-3} = 1.2 \cdot 10^{-2}$$

- من جدول التقدم و باعتبار التفاعل تم :

$$2 \cdot 10^{-2} - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

لدينا :

$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} \cdot 100$$

و منه :

إذن الكحول (B) ثانوي صيغته :



ملاحظة :

- في مركب عضوي أكسجيني (A) صيغته العامة $C_xH_yO_z$ يكون :

$$\frac{M(A)}{100\%} = \frac{12x}{C\%} = \frac{y}{H\%} = \frac{16Z}{O\%}$$

$$\frac{M(A)}{m(A)} = \frac{12x}{m_C} = \frac{y}{m_H} = \frac{16Z}{m_O}$$

- الكتلة المولية للمركب العضوي (A) بدلالة كثافته البخارية d ، يعبر عنها بالعلاقة :

$$M(A) = d \cdot 29$$

التمرين (6) :

كحول (B) كثافته البخارية $d = 2.55$.

- 1- أوجد صيغته الجزيئية المجرلة .
- 2- أكتب صيغه نصف المفصلة الممكنة مع ذكر الاسم و الصنف في كل صيغة .
يعطى : $M(O) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(H) = 1 \text{ g}$ ، $M(C) = 12 \text{ g/mol}$.

الأجابة :

1- الصيغة الجزيئية المجرلة للكحول :

لدينا من جهة :

$$M(B) = d \cdot 29 = 2.55 \cdot 29 \approx 74 \text{ g/mol}$$

الصيغة العامة للكحول هي : $C_nH_{2n+1}OH$ و عليه يكون من جهتين أخرى :

$$M(B) = 14n + 2n + 1 + 16 + 1 = 14n + 18$$

و منه :

$$14n + 18 = 74 \rightarrow n = \frac{74 - 18}{14} = 4$$

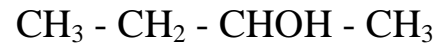
إذن الصيغة الجزيئية المجرلة للكحول (B) هي : $C_4H_{10}O$.

2- الصيغ الجزيئية نصف المفصلة :



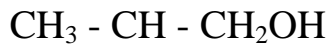
بوتان-1-ول

(كحول أولي)



بوتان-2-ول

(كحول ثانوي)



2- ميثيل بروبان-1-ول

(كحول أولي)



2- ميثيل بروبان-2-ول

(كحول ثالثي)

التمرين (7) :

مركب عضوي أكسجيني (A) صيغته العامة $C_nH_{2n}O_2$ ، نسبة الأكسجين فيه 36.36% .

- 1- أكتب الصيغة الجزيئية المجرلة للمركب العضوي (A) .
- 2- ما هي الطبيعة المحتملة لهذا المركب .
- 3- أكتب صيغه الجزيئية نصف المفصلة الممكنة مع ذكر الاسم الموافق لكل صيغة .
يعطى : $M(O) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(H) = 1 \text{ g}$ ، $M(C) = 12 \text{ g/mol}$.

الأجابة :

1- الصيغة الجزيئية المجملية للمركب العضوي (A) :
لدينا :

$$M(A) = 12n + 2n + 32 = 14n + 32$$

و لدينا :

$$\frac{M(A)}{100\%} = \frac{32}{O\%} \rightarrow \frac{14n + 32}{100\%} = \frac{32}{36.36}$$

$$14n + 32 = \frac{100 \cdot 32}{36.36}$$

$$14n + 32 \approx 88 \rightarrow n = \frac{88 - 32}{14} = 4$$

إذن الصيغة الجزيئية المجملية للمركب العضوي الأكسجيني (A) هي : $C_4H_8O_2$.

2- طبيعة هذا المركب المحتملة هي إما حمض كربوكسيلي أو أستر .

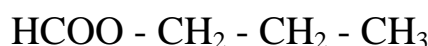
3- الصيغ الجزيئية نصف المفصلة الممكنة :



حمض بوتانويك



حمض ميثيل بروبانويك

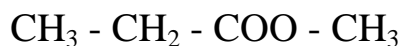


ميثانات بروبيل

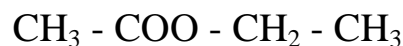


ميثانات ميثيل إيثيل

أو : ميثانات إيزوبروبيل



بروبانات ميثيل



إيثانات إيثيل

التمرين (8) :

حمض كربوكسيلي (A) ، كتلة الأكسجين فيه 8 أضعاف كتلة الهيدروجين .

1- أوجد صيغته الجزيئية المجملية ، ما هو اسمه .

2- أكتب صيغته الجزيئية المفصلة .

يعطى : $M(O) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(H) = 1 \text{ g}$ ، $M(C) = 12 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- الصيغة الجزيئية المجملية :

• الصيغة العامة للحمض الكربوكسيلي هي $C_nH_{2n}O_2$ و عليه يكون :

لدينا :

$$\frac{2n}{m(H)} = \frac{32}{m(O)}$$

و حيث أن كتلة الأكسجين 8 أضعاف كتلة الهيدروجين أي $m(O) = 8 m(C)$ يكون :

$$\frac{2n}{m(H)} = \frac{32}{8.m(H)} \rightarrow 2n = 4 \rightarrow n = 2$$

إذن الصيغة الجزيئية المجملية للمركب العضوي الأكسجيني (A) هي : $C_3H_6O_2$ ، أو : C_2H_5COOH .
 • في حالة استعمال الصيغة العامة : $C_2H_{2n+1}COOH$ يكون :
 لدينا :

$$\frac{2n + 2}{m(H)} = \frac{32}{m(O)}$$

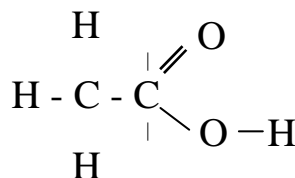
و حيث أن كتلة الأكسجين 8 أضعاف كتلة الهيدروجين أي $m(O) = 8 m(C)$ يكون :

$$\frac{2n + 2}{m(H)} = \frac{32}{8.m(H)} \rightarrow 2n + 2 = 4 \rightarrow 2n = 2 \rightarrow n = 1$$

إذن الصيغة الجزيئية المجملية للمركب العضوي الأكسجيني (A) هي C_2H_5COOH .
 ملاحظة مهمة :

عند استعمال الصيغة $C_2H_{2n+1}COOH$ يكون $n = 0$ في حالة الميثانويك .

2- الصيغة الجزيئية المفصلة :



الإسم : حمض الإيثانويك