مدونة المناهج السعودية

https://eduschool40.blog

الموقع التعليمي لجميع المراحل الدراسية

في المملكة العربية السعودية

# الـوحــدة الـثــانيــة

## الطاقة الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية

# (الكيمياء الحرارية)

**توجد الطاقة في صور متعددة منها:**

1) الطاقة الحرارية. 2) الطاقة الكهربائية. 3) الطاقـــة الكيميائية.

4) الطاقة النووية. 5) الطاقة الضوئية. 6) الطاقـــــــــة الإشعاعية.

7) الطاقة الميكانيكية.

### تحـولات الطـاقــة:

**يمكن تحويل الطاقة إلى أي صورة من صور الطاقة الأخرى.**

### أمثلـة لبعـض التحـولات:

1) تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية [الأعمدة الكهربائية].
2) تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية [احتراق الوقود].
3) تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية [التمثيل الضوئي].
4) تحويل الطاقة النووية إلى طاقة كهربائية [المفاعلات النووية].
5) تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية [المصابيح الكهربائية].
6) تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية [المدفأة].
7) تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية [المروحة].

***وهذه التحويلات سوف تقودنا إلى قانون بقاء الطاقة الذي ينص على:**
(الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى).

تقدر الطاقة بوحدة الجول أو السعر.

- **العلاقة بين السعر والجول هي:** السعر = 4.18 جول.

## الطاقة الكيميائية (c.hemical Energy):

**هي الطاقة المختزنة ضمن الوحدات التركيبية [الذرات أو الجزيئات] للمواد، وهي تعرف باسم طاقة الوضع الكيميائية.**

تتوقف الطاقة الكيميائية [*Chemical Energy*] على:

1) نوع الذرات الداخلة في تركيب المادة.
2) نوع الروابط التي تنشأ بين الذرات.
3) طاقة الربط بين الجزيئات ( قوى جذب فاندرفالز *Vander wails forces*).

**ما العلاقة بين نوع الذرات الداخلة في تكوين مركبي الماء والجازولين وبين الطاقة الكيميائية المخزونة في كلٍ منهما؟**

العلاقة هي أن الطاقة الكيميائية المخزونة في كلٍ منهما تتوقف على نوع الذرات والروابط الناشئة بين الذرات والطاقة الكيميائية لا تظهر إلا عندما يحدث للمادة تغيرات كيميائية أي أثناء تفاعلها حيث يصاحب التفاعلات الكيميائية تغيرات حرارية تتوقف على طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة عن التفاعل

### التفاعلات الكيميائية يصاحبها تغيرات في الطاقة:

التغيرات الكيميائية تحدث نتيجة التفاعل بين الذرات أو الجزيئات للمواد المتفاعلة ويصاحب ذلك امتصاص طاقة أو انطلاق طاقة حرارية.

مثـــال :

تفاعل البوتاسيوم مع الماء يصاحبه انطلاق طاقة حرارية + ضوء.

$$K_{(g)} + H_2O_{(L)} \longrightarrow KOH + \tfrac{1}{2}H_{2(g)} + Energy$$

***عند تفاعل البوتاسيوم مع الماء نلاحظ سخونة أنبوبة الاختبار ؟***

مثـــال :

تفكك نيترات الأمونيوم $NH_4NO_3$ يصاحبه امتصاص طاقة حرارية.

$$NH_4NO_3 + Heat \longrightarrow N_2O + 2H_2O$$

## الكيمياء الحرارية Thermo chemistry:

**هي فرع من فروع الكيمياء الذي يختص بدراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية والفيزيائية.**

**علاقة حدوث التفاعل الكيميائي بالطاقة؟**

العلاقة أن التفاعلات الكيميائية يصاحبها تغيرات حرارية بسبب اختلاف الطاقة الكيميائية للمواد المتفاعلة والناتجة عن التفاعل؛ أي أن التفاعلات الكيميائية تكون مصحوبة بتغيرات في الطاقة أما تفاعلات طاردة للحرارة أو تفاعلات ماصة للحرارة، فمثلاً:

* في حالة التفاعلات الطاردة للحرارة تنتقل الطاقة من النظام إلى الوسط المحيط، بينما التفاعلات الماصة للحرارة يقوم النظام بامتصاص الطاقة من الوسط المحيط.

النظام System:

**هو أي جزء من الكون نختصه بدراسة معينة ويفصله عن باقي الكون حدود معينة.**

الوسط المحيط:

**هو الجزء المتبقي خارج حدود النظام.**

***نوعان من النظام, هما:***

(1) النظام المعزول عن الوسط المحيط :

وفيه لا يكون هناك أي تأثير من الوسط المحيط على النظام.

مثـــال :

إجراء تفاعل في مسعر حراري معزول بحيث إن الحرارة لا يمكن نقلها عبر الحدود الفاصلة بين النظام والوسط المحيط وتسمى هذه العملية (عملية إديباتية ***Adiabatic***).

عملية الأيزوثيرمى Isothermal:

**هي عملية تتم عند حفظ عناصر النظام ( المواد التي يحتويها النظام) في درجة حرارة معينة أثناء حدوث التفاعل أو أثناء حدوث تغير.**

**متى يكون النظام في حالة اتزان؟**

يكـون النظـام فـي حالـة اتـزان عنـدما تكـون قـيم خـواص النظـام (المتغيـرات الفيزيائية) مثل الحجم والضغط ودرجة الحرارة لا تتغير مع الزمن.

(2) النظام غير المعزول :

**وفيه يكون هناك تبادل للمادة أو الطاقة بين النظام والوسط المحيط.**

مثـــال :

إجراء تفاعل كيميائي في كأس مفتوح يتم تبادل الطاقة بين وسط التفاعل (النظام) والوسط المحيط من خلال جدران الكأس.

## العلاقة بين الحرارة ودرجة الحرارة:

الحرارة هي إحدى أشكال الطاقة ويمكن أن تنتقل من النظام أو إليه عبر عملية التوصيل الحراري أو عبر الإشعاع الحراري.

الحرارة Heat:

**هي طاقة تنتقل من جسم إلى آخر نتيجة اختلاف في درجة حرارة جسمين.**

## وحدة قياس الحرارة:

بما أن الحرارة شكل من أشكال الطاقة فهي تقاس بوحدة الجول في النظام الدولي.

## درجة الحرارة Temperature:

هي مقياس للسخونة أو البرودة وتقاس درجة الحرارة باستخدام الترمومتر، ويعبر عنها بالدرجة المئوية أو بالكلفن.

## السعة الحرارية والحرارة النوعية:

السعة الحرارية Heat Capacity:

هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من المادة درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية Specific Heat:

هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة.

## العلاقة بين الحرارة النوعية وكمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة:

$$\text{الحرارة النوعية} = \frac{\text{كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة}}{\text{كتلة الجسم} \times \text{التغير في درجة الحرارة}} = \text{جول/جم.م}^5$$

مثـــال :

الحرارة النوعية للرصاص 0.129 جول/جم.م$^5$، بينما الحرارة النوعية للحديد 0.449 جول/جم.م$^5$، فأيٍ منهما يمكن أن ترفع درجة حرارته بشكل أكبر، ولماذا؟
الرصاص ترفع درجة حرارته بشكل أكبر؛ لأن الحرارة النوعية للرصاص أقل من الحرارة النوعية للحديد.

العلاقة بين السعة الحرارية والحرارة النوعية:

∵ السعة الحرارية = كمية الطاقة الحرارية / مقدار التغير في درجة الحرارة ⇐ (I)

∵ الحرارة النوعية = كمية الطاقة الحرارية / كتلة المادة × مقدار التغير في درجة الحرارة ⇐ (II)

*** بالتعويض عن قيمة السعة الحرارية في المعادلة (II)**

∴ الحرارة النوعية = السعة الحرارية / كتلة المادة

مسألة :

قطعة من النحاس كتلتها 95.49جم امتصت كمية من الحرارة مقدارها 849جول، فزادت درجة حرارتها من 25م$^5$ إلى 48م$^5$. أوجد الحرارة النوعية للنحاس.

الحل :

* ∵ كتلة النحاس= 95.49جم.

* مقدار التغير في درجة الحرارة = $ء_2 - ء_1$ = 48- 25 = 23م$^5$.

* مقدار الطاقة المكتسبة = 849 جول.

∵ الحرارة النوعية للنحاس = كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة / كتلة النحاس × مقدار التغير في درجة الحرارة

= 849 / (95.49 × 23) = 0.386 جول/جم.م$^5$

المقصود بأن الحرارة النوعية للماء تساوي 4.18جول/جم.م$^5$ هو أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جم من الماء درجة مئوية واحدة تساوي 4.18ك جول.

التفاعلات الكيميائية وحرارة التفاعل:

عرفنا سابقاً أن التفاعلات الكيميائية يصاحبها تغيرات حرارية أما امتصاص للطاقة الحرارية أو انبعاثها.

العوامل التي تتوقف عليها التغيرات الحرارية [حرارة التفاعل]:

1) طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة [حالة المواد] صلبة - سائلة- غازية.
2) كمية الطاقة المختزنة في المادة [المحتوى الحراري].

المحتوى الحراري Heat Content:

**هي كمية الحرارة المخزونة في المادة عند تكوينها, ويرمز لها بالرمز [H].**

حرارة التفاعل[ΔH] Heat of Reaction:

هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تفاعل المواد الداخلة في التفاعل بشكل تام لتكوين النواتج عند الظروف القياسية.

الظروف القياسية:

هي حالة حدوث التفاعل عند درجة 25م$^{5}$ وضغط 1جو.

آخر لحرارة التفاعل:

**هي مقدار التغير الحراري المصاحب للتفاعل الكيميائي.**

**ملاحظة هامة: سبب وجود حرارة التفاعل هو الاختلاف في المحتوى الحراري.**

**حرارة التفاعل[ΔH] = مجموع المحتوى الحراري للنواتج – مجموع المحتوى الحراري للمتفاعلات.**

مثال :

$$A + B \longrightarrow C + D$$

متفاعلات نواتج

$H_1$ $H_2$

حرارة التفاعل$[\Delta H] = \Sigma H_2 - \Sigma H_1$

هناك احتمالين هما :

1) المحتوى الحراري للنواتج [$H_2$] أقل من المحتوى الحراري للمتفاعلات [$H_1$] وهذا يعنى أن قيمة [ΔH] سوف تكون سالبة؛ أي أن التفاعل طارد للحرارة.
2) المحتوى الحراري للنواتج[$H_2$] أكبر من المحتوى الحراري للمتفاعلات[$H_1$], وهذا يعني أن قيمة [ΔH] سوف تكون موجبة؛ أي أن التفاعل ماص للحرارة.

أنواع التفاعلات الكيميائية من حيث التغير الحراري

**تفاعلات طاردة للحرارة** **تفاعلات ماصة للحرارة**

## أولاً : التفاعلات الطاردة للحرارة Exothermic Reactions:

وهي التفاعلات التي يصاحبها انطلاق طاقة حرارية كناتج من نواتج التفاعل.

**وهي تتميز بالآتي:**

(1) يصاحبها انطلاق حرارة.

(2) المحتوى الحراري للنواتج أقل من المحتوى الحراري للمتفاعلات.

(3) ينتج عنها مركبات طاردة للحرارة وهي مركبات ثابتة في درجات الحرارة العادية [علل].

لأن المحتوى الحراري للمركبات الناتجة أقل من المحتوى الحراري لعناصرها [المتفاعلات].

(4) تتم بصورة تلقائية. (5) إشارة $\Delta H$ سالبة

مثـــال :

احتراق مول واحد من الهيدروجين مع نصف مول من الأكسجين لتكوين واحد مول من بخار الماء وتنطلق طاقة حرارية مقدارها 241.8كيلوجول/مول.

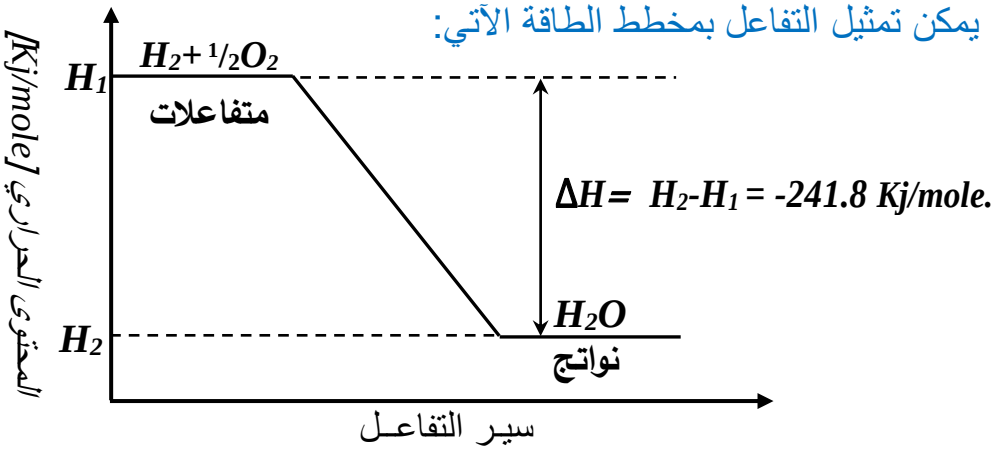
الحـــــل :

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad [\Delta H] = -241.8\ kj/mole$$

$H_1$ < $H_2$

متفاعلات نواتج

يمكن تمثيل التفاعل بمخطط الطاقة الآتي:




## ثانياً: التفاعلات الماصة للحرارة Endothermic Reactions:

**هي التفاعلات التي يصاحبها امتصاص طاقة حرارية. وهي تتميز بالآتي :**

1) يصاحبها امتصاص طاقة حرارية.

2) المحتوى الحراري للنواتج أكبر من المحتوى الحراري للمتفاعلات.

3) ينتج عنها مركبات ماصة للحرارة.

4) تتم بصورة غير تلقائية. 5) إشارة $\Delta H$ موجبة .

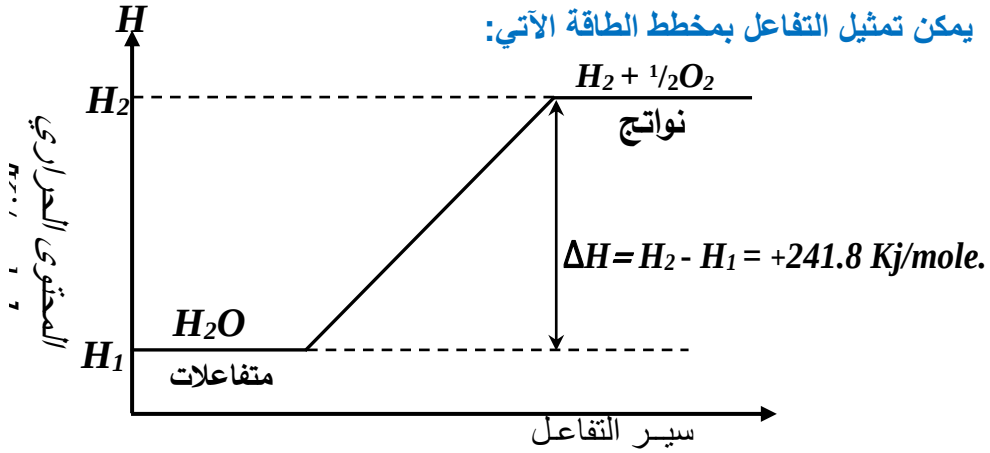
مثـــال :

**تفكك واحد مول من بخار الماء يعتبر تفاعل ماص للحرارة، وطبقاً للمعادلة الآتية:**

$$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H = +241.8Kj/mole.$$

$$(H_1) \quad < \quad (H_2)$$

**يمكن تمثيل التفاعل بمخطط الطاقة الآتي:**




**التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة,**

| م | وجه المقارنة | التفاعل الطارد للحرارة | التفاعل الماص للحرارة |
|---|---|---|---|
| 1 | التغير الحراري المصاحب: | يصاحبه انطلاق حرارة | يصاحبه امتصاص حرارة |
| 2 | إشارة [ΔH]: | سـالبـــة | مـــوجبـــــة |
| 3 | المحتوى الحراري للمتفاعلات: | اكبر من المحتوى الحراري للنواتج | أقل من المحتوى الحراري للنواتج |
| 4 | المركبات الناتجة: | طاردة للحرارة | ماصّـــة للحرارة |
| | مثـــال : | اتحاد الكربون مع غاز الاكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون $C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H=-Kj$ | اتحاد اليود مع الهيدروجين لتكوين يوديد الهيدروجين $\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}I_2 \rightarrow HI \quad \Delta H=+Kj$ |

**على الطالب رسم مخطط الطاقة للتفاعلين السابقين في الجدول**

معـادلـة الكيميـاء الحـراريـــة:

- **هي معادلة كيميائية موزنة موضح عليها حالات المواد المتفاعلة والناتجة كذلك قيمة (ΔH)**

شروط كتابة معادلة الكيمياء الحرارية:

1) نكتب المعادلة الكيميائية موزنة.
2) نوضح حالات المواد المتفاعلة والناتجة فمثلاً في حالة المادة الصلبة نكتب الحرف $(S)$، والسائلة $(L)$، والغازية $(g)$، والمحلول المائي $(aq)$.
3) يجب كتابة قيمة $(\Delta H)$ موضحاً الإشارة $(\pm)$ موجب في حالة التفاعل الماص وسالب في حالة التفاعل الطارد.
4) إذا عكست معادلة الكيمياء الحرارية نعكس إشارة قيمة $(\Delta H)$.
5) وحدات $(\Delta H)$ هي الكيلو جول $(Kj)$.
6) في حالة ضرب أو قسمة المعادلة الكيميائية الحرارية بعامل ما فإن قيمة $(\Delta H)$ تُعامل نفس المعاملة بالضرب أو بالقسمة.

1) معظم المركبات العضوية خاصة الهيدروكربونية عندما تحترق في وجود وفرة من الأكسجين تعطي ($H_2O$ + $CO_2$ + حرارة منطلقة).

مثـــال: $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{2(g)} \quad \Delta H = -890 Kj.$

2) تفاعلات الانحلال أو التفكك الحراري تفاعلات ماصة للحرارة فمثلاً جميع أملاح البيكربونات تنحل بالحرارة وتعطي (كربونات + $CO_2$ + $H_2O$).

مثـــال : $NaHCO_{3(S)} + Heat \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(L)}$

- **اكتب معادلات كيميائية حرارية تعبر عن احتراق غاز الميثان في وجود وفرة من الأكسجين علماً بأن التفاعل يصاحبه انطلاق طاقة حرارية مقدارها (890 ك جول/ مول).**

الإجابة: $CH_{4(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -890\ Kj.$

- **اكتب معادلة كيميائية حرارية تعبر عن اتحاد بخار اليود مع غاز الهيدروجين لتكوين يوديد الهيدروجين ويلزم ذلك طاقة حرارية مقدارها (25 ك جول/ مول).**

الإجابة: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \longrightarrow 2HI_{(g)} \quad \Delta H = +50\ Kj.$

## أنواع التغيرات الحرارية:

التغيرات الحرارية ناتجة من حدوث تغيرات فيزيائية أو كيميائية وهناك فرق بين التغيرات الفيزيائية والكيميائية

| | التغيرات الفيزيائية | التغيرات الكيميائية |
|---|---|---|
| (1) | لا تحدث تغير في تركيب المادة الأساسي. | تحدث تغير في تركيب المادة الأساسي. |
| (2) | لا ينتج عنها مواد جديدة. | ينتج عنها مواد جديدة. |
| (3) | يصاحبها تغيرات حرارية طفيفة. | يصاحبها تغيرات حرارية كبيرة نسبيا. |
| (4) | تزول بزوال المؤثر. | لا تزول بزوال المؤثر. |
| | مثال: انصهار الثلج – تبخر الماء. | مثال: احتراق الكربون. |

التغيرات الحرارية إلى:

**تغيرات حرارية فيزيائية — تغيرات حرارية كيميائية**

### أولاً: تغيرات حرارية فيزيائية:

**وهي تتمثل في حرارة الذوبان – حرارة التبخير والتكثيف.**

### (أ) حـرارة الذوبـان Heat of Solution:

**كيفية حدوث عملية الذوبان تحدث عملية الذوبان على خطوتين هما:**

1- تفكك الشبكة البلورية لجزيئات المذاب متحولة إلى أيونات موجبة وسالبة ويصاحب هذه العملية طاقة ممتصة تعرف باسم طاقة تفكك الشبكة البلورية [ممتصة].

2- ارتباط أيونات المذاب بجزيئات المذيب يصاحبها انطلاق طاقة حرارية تعرف باسم طاقة الإيماهة [منطلقة].

**حرارة الذوبان = طاقة الإيماهة - طاقة تفكك الشبكة البلورية**

**[منطلقة] [ممتصة]**

- فإذا كانت طاقة الإيماهة أكبر من طاقة تفكك الشبكة البلورية.

∴ **الذوبان يكون طارد للحرارة.**

- وإذا كانت طاقة تفكك الشبكة البلورية أكبر من طاقة الإيماهة.

∴ **الذوبان يكون ماص للحرارة.**

حرارة الذوبان:

هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد (جزيء جرامي) من المذاب في كمية من المذيب تكفي للحصول على محلول مشبع.

مثـــال :

**لذوبان ماص للحرارة :**

ذوبان ملح نترات الأمونيوم في الماء يكون مصحوب بامتصاص طاقة حرارية من الوسط مما يؤدي إلى انخفاض حرارة المحلول، ولذا يجب تسخين المحلول لتمام عملية الذوبان للوصول إلى محلول مشبع.

$$NH_4NO_{3\,(S)} \xrightarrow{H_2O} NH^+_{4(aq)} + NO^-_{3(aq)} \qquad \Delta H = 25.7\ Kj/mole.$$

مثـــال :

**لذوبان طارد للحرارة :**

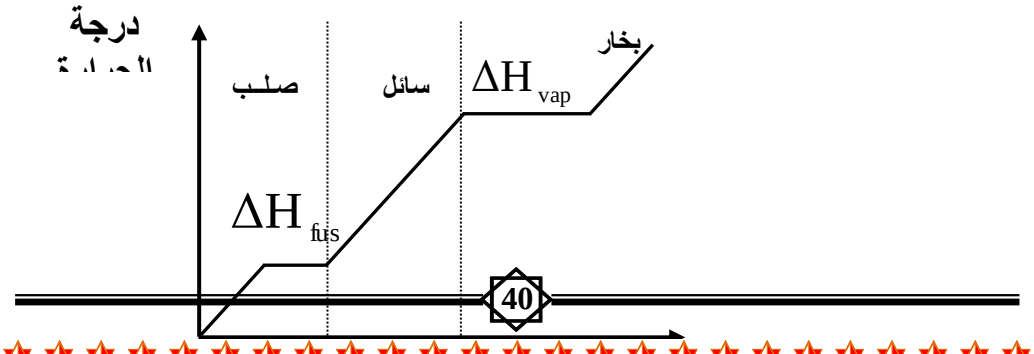
ذوبان هيدروكسيد الصوديوم في الماء ذوبان طارد للحرارة ولذا نقوم بتبريد المحلول للوصول إلى محلول مشبع.

$$Na\,OH_{\,(S)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \qquad \Delta H = -445.1\ Kj/mole.$$

**متى يكون الذوبان ماصاً للحرارة، ومتى يكون طارداً للحرارة مع التوضيح بأمثلة؟**

(ب) حـــرارة التبخير والتكثيف :

الماء المتجمد (الثلج) يتحول إلى سائل عند امتصاصه لكمية حرارة وعند استمرار التسخين يبدأ السائل بالغليان ويتحول إلى بخار ماء ويمكن توضيح ذلك من خلال مخطط أو منحنى تسخين الماء الآتي:



نـلاحـظ مـن الـمنحنـــى :

1) عند الوصول إلى درجة الانصهار والغليان يحدث ثبات لدرجة الحرارة.
2) عملية تحويل الماء السائل إلى بخار يحتاج إلى طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لتحويل الثلج إلى ماء سائل.
3) تحوّل الماء السائل إلى بخار ماء يصاحبه امتصاص حرارة [ماص للحرارة]، ويمكن تمثيل هذا التحويل بالمعادلة الآتية:

$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(vap)} \qquad \Delta H = +40.7\ Kj/mole.$$

وبالتالي تكون المعادلة الحرارية التي تعبر عن تحول بخار الماء إلى سائل هي:

$$H_2O_{(vap)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -40.7\ Kj/mole.$$

∴ حرارة التكثيف الكامنة هي حرارة منطلقة، حرارة التبخير هي حرارة ممتصة.

**علل: المحتوى الحراري للماء السائل يختلف عن المحتوى الحراري لبخار الماء السائل!.**

ويرجع ذلك لحرارة التكثيف الكامنة التي تصاحب تكثيف بخار الماء إلى سائل.

يمكن حساب حرارة انصهار الثلج من العلاقة الآتية:

حرارة الانصهار = كتلة المادة المنصهرة × الحرارة النوعية للثلج × مقدار الارتفاع في درجة حرارة الماء

## ثانياً: تغيرات حرارية كيميائية:

- حرارة التعادل
- حرارة الاحتراق
- حرارة التكوين

### المقصود بالتعادل

**التعادل في الكيمياء:** هو نوع من التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين الأحماض والقواعد لينتج ملح + ماء + حرارة منطلقة تعرف باسم حرارة التعادل.

مثـــال :

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -57.7\ Kj/mole.$$

ماء ملح قاعدة

حمض

**مصدر حرارة التعادل هو اتحاد أيون الهيدروجين $H^+$ لحمض مع أيون $OH^-$ لقاعدة لتكوين جزيء ماء.**

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H = -57.7\ Kj/mole.$$

حرارة التعادل:

**هي كمية الحرارة المنطلقة نتيجة تكون واحد مول من الماء عند تعادل محاليل مخففة من حمض قوي مع قاعدة قوية.**

11

## تكون حرارة التعادل مقدار ثابت

حرارة التعادل تكون مقدار ثابت عندما:

1-تكون محاليل الأحماض والقواعد مخففة جداً [علل]؟!

ج/ حتى نتفادى حدوث عملية تخفيف التي يصاحبها تغيرات حرارية [حرارة التخفيف] التي تؤثر على حرارة التعادل.

2-تكون الأحماض والقواعد قوية [علل]؟!

ج/ لأن الأحماض القوية والقواعد القوية تامة التأين أي لا تحتاج إلى طاقة لكي تتأين أثناء التعادل وبالآتي لا تتأثر حرارة التعادل.

أمثلة لبعض الأحماض القوية والأحماض الضعيفة:

**الأحماض القوية تامة التأين، مثل:**

$$H_2SO_4 \xrightarrow{H_2O} 2H^+_{(aq)} + SO_4^{--}{}_{(aq)}$$

(حمض الكبريتيك)

$$HNO_3 \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

(حمض النيتريك)

$$HCl \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

(حمض الهيدروكلوريك)

**الأحماض الضعيفة (غير تامة التأين)، مثل :**

$$CH_3COOH \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} CH3COO^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

(حمض الأستيك)

$$H_2CO_3 \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} 2H^+_{(aq)} + CO_3^{--}{}_{(aq)}$$

(حمض الكربونيك)

أمثلة لبعض القواعد القوية والقواعد الضعيفة:

**القواعد القوية (تامة التأين)، مثل :**

$$KOH \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

(هيدروكسيد البوتاسيوم)

$$NaOH \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

(هيدروكسيد الصوديوم)

**القواعد الضعيفة، مثل :**

$$\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$$

$$NH_4OH \qquad NH^{+}_{4(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$

(هيدروكسيد الأمونيوم)

**تخيَّر الإجابة الصحيحة من بين القوسين مع تعليل الإجابة المختارة:**

حرارة تعادل حمض الهيدروكلوريك مع محلول هيدروكسيد الأمونيوم (تساوي/ أكبر من/ أقل من) المقدار الثابت.

ثانياً: حرارة الاحتراق القياسية $\Delta Hc^{o}$ Stander Heat of Combustion:

عندما تحترق بعض العناصر أو المركبات في وجود الأكسجين بكمية وفيرة احتراق تام ينتج عن ذلك انطلاق طاقة حرارية تعرف باسم حرارة الاحتراق.

حرارة الاحتراق:

هي كمية الحرارة المنطلقة عندما يتم احتراق مول واحد من المادة احتراق تام عند الظروف القياسية.

11

احترق معظم العناصر الفلزية واللافلزية في وجود الأكسجين وينتج عن ذلك تكوين أكاسيد فلزية أو لافلزية؛ بينما تحترق المركبات العضوية وخاصةً المركبات الهيدروكربونية وينتج عن ذلك تكوين ($H_2O + CO_2$ + حرارة).

أمثلة لاحتراق بعض العناصر والمركبات العضوية:

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + Heat \qquad \Delta Hc = -395.9\ Kj/mole.$$

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta Hc = -285.8\ Kj/mole.$$

$$CH_3 - CH_2 - OH_{(L)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$$

(كحول إيثيلي) $\qquad \Delta Hc = -1368\ Kj/mole.$

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$$

(غاز الميثان) $\qquad \Delta Hc = -890\ Kj/mole.$

كيفية قياس حرارة الإحتراق لمادة:

**تقاس حرارة الاحتراق لمادة بواسطة المسعرات الحرارية مثل مسعِّر القنبلة.**

فكرة عمل المسعِّر:

تعتمد فكرة عمل مسعِّر القنبلة على أن:

1) تكون السعة الحرارية للمسعِّر معلومة [ثابت المسعِّر].
2) يقاس مقدار التغير في درجة حرارة ماء المسعِّر [مقدار الارتفاع في درجة الحرارة].
3) نطبّق في العلاقة الآتية لإيجاد حرارة الاحتراق للمادة.

**حرارة الاحتراق لمادة = ثابت المسعِّر × مقدار الارتفاع في درجة حرارة ماء المسعِّر.**

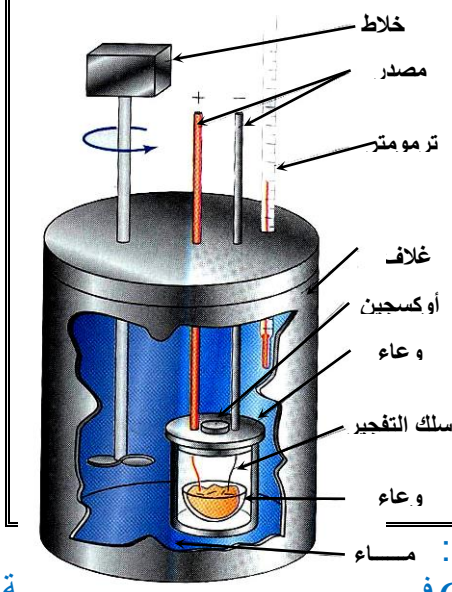
مثال:

خطوات قياس حرارة احتراق مادة ما بواسطة مسعِّر القنبلة:

الخطـوات:

1) نضع كمية موزونة من المادة المراد قياس حرارة احتراقها داخل وعاء التفجير.
2) نعيِّن حرارة ماء المسعِّر بواسطة الترمومتر قبل الاحتراق ولتكن [ء1].
3) يتم احتراق المادة المراد تعيين حرارة احتراقها باستخدام سلك التفجير.
4) عند حدوث الاحتراق تنتقل الحرارة إلى الماء المحيط بوعاء التفجير.
5) بواسطة الخلاّط نحرّك الماء حتى تتوزع درجة الحرارة على الماء.
6) نعيِّن درجة حرارة الماء بعد الاحتراق ولتكن (ء2).
7) من العلاقة الآتية نوجد حرارة الاحتراق:

حرارة الاحتراق = ثابت المسعِّر × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.




مسألة :

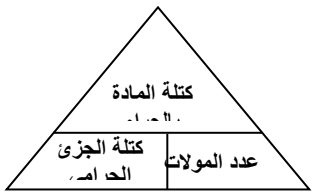
احترق 11جم من غاز البروبان $C_3H_8$ في مسعِّر [illegible] حرارة ماء المسعِّر 26م$^5$، أحسب حرارة احتراق البروبان مقدرة بـ [كيلوجول/مول]، إذا علمت أن ثابت المسعِّر يساوي 25كيلوجول/م$^5$، والأوزان الذرية للكربون والهيدروجين على الترتيب هي [12،1] ثم اكتب معادلة الكيمياء الحرارية التي تعبر عن احتراق البروبان؟

الحـــل :

* كتلة غاز البروبان = 11جم.
* مقدار الارتفاع في درجة الحرارة [ء2-ء1] = 26م$^5$.
* ثابت المسعِّر = 25 كيلوجول/م$^5$.
*حرارة احتراق واحد مول من غاز البروبان= ؟؟؟
* ∴ حرارة احتراق 11جم من غاز البروبان = ثابت المسعِّر × [ء2-ء1]

= 25×26 =650 كيلوجول.

نحول كتلة البروبان إلى مولات من العلاقة الآتية:



عدد مولات 11جم من غاز $C_3H_8$ = كتلة البروبان بالجرام / كتلة الجزيء الجرامي

عدد مولات 11جم من غاز $C_3H_8$ = $\frac{11}{12 \times 3 + 1 \times 8} = \frac{1}{\frac{4}{1}} = \frac{1}{4}$ مول

∴ $\frac{1}{4}$ مول من غاز $C_3H_8$ ← 650 كيلوجول

مول واحد من غاز $C_3H_8$ ← (س)

س (حرارة احتراق مول واحد ) من غاز البروبان = $\frac{650}{\frac{1}{4} \times}$ = 2600 ك.جول/مول

**معادلة الاحتراق هي :**

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -2600 \ kj/mole.$$

أهمية حرارة الاحتراق: التعرف على حرارة التكوين لبعض المركبات العضوية التي لا يمكن قياس حرارة تكوينها مباشرة. تقدير القيم الحرارية لأنواع الوقود والأغذية المختلفة.

حرارة التكوين القياسية Stander Heat of formation ΔHf5:

هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين واحد مول من المركب من عناصره الأولية في حالتها القياسية (25 م$^5$ – 1 جو).

حرارة تكوين العناصر في حالتها القياسية = صفر، وهذا افتراض لعدم معرفة العلماء كيف تكوَّنت العناصر.

مثـــال :

**تكوين الماء من عناصره الأولية.**

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -285.8 \ Kj/mole.$$

نلاحظ من المعادلة أن واحد مول من الماء يتكون من عناصره الأولية وهذا يعني أن: مقدار التغير الحراري المصاحب لتكوين مول واحد من الماء (حرارة

التفاعل) تساوي حرارة تكوين الماء نظراً لأن حرارة تكوين العناصر تساوي صفر.

∴ **أي مركب يتكون من عناصره الأولية في حالتها القياسية فإن حرارة تكوين المركب هي نفسها حرارة التفاعل[ΔH].**

ونظراً لأن المحتوى الحراري للمواد طاقة ذاتية يصعب حسابها يمكن استبدال المحتوى الحراري بحرارة التكوين التي يمكن حسابها بدقة.

∴ **حرارة التفاعل [ ΔH ] مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات.**

مثـــال :

احسب حرارة تكوين مول واحد من أكسيد النيتريك إذا علمت أن معادلة تكوينه هي: $\Delta H = +180.6\ Kj/mole.$ $N_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,NO_{(g)}$

∵ المعادلة الكيميائية الحرارية تعبر عن تكوين 2 مول من أكسيد النيتريك من عناصره الأولية.

∵ حرارة تكوين العناصر = صفر .

∴ حرارة تكوين مول واحد من NO = $\frac{\text{حرارة التفاعل}}{2} = \frac{\Delta H}{2}$

∴ حرارة تكوين مول واحد من NO = $\frac{\Delta H}{2} = \frac{180.6}{2}$ = 90.3 كيلو جول/مول

علاقة حرارة التكوين القياسية بثبات المركب من حيث التغير الحراري:

حرارة التكوين القياسية للمركبات تساعد على تحديد مدى استقرار أو ميل هذه المركبات إلى التحلل إلى عناصرها الأولية عند الظروف القياسية، فمثلاً:

1) المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وسالبة تكون أكثر ثباتاً واستقراراً عند الظروف القياسية ولا تميل إلى التفكك وتعتبر هذه المركبات طاردة للحرارة.
2) المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وموجبة هي مركبات غير ثابتة وتميل إلى الانحلال إلى عناصرها وهي مركبات ماصة للحرارة.

**رتِّب المركبات الآتية ترتيباً تصاعدياً حسب الثبات الحراري:**

| التسلسل | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| اسم المركب | أكسيد الحديد | البنزين | أكسيد الكالسيوم | ثاني أكسيد الكربون | أكسيد النيتريك |
| حرارة تكوينه | 822.2 − | 49.4 + | 635.1 − | 393.5 − | 90.37 + |

ج/أكسيد النيتريك < البنزين < ثاني أكسيد الكربون < أكسيد الكالسيوم < أكسيد الحديد

**يزداد الثبات الحراري**

**أيهما أكثر ثباتاً حراري ولماذا؟**

ثاني أكسيد الكربون أم أول أكسيد الكربون، علماً بأن حرارة تكوين كل منهما على الترتيب هي [- 393.5 ، - 283 كيلوجول/مول].

حساب حرارة التفاعل:

في كثير من الأحيان يلجأ العلماء إلى طرق غير مباشرة للتعرف على حرارة التفاعل ΔH للأسباب الآتية:

1) وجود صعوبة لقياس حرارة التفاعل بطرق مباشرة عند الظروف القياسية.

2) وجود بعض المواد المتفاعلة أو الناتجة مختلطة بمواد أخرى.

3) وجود مخاطر عند قياس حرارة التفاعل بطرق تجريبية.

**علل لا نستطيع أحياناً قياس حرارة التفاعل بطريقة مباشرة.**

يمكن حساب حرارة التفاعل بإحدى الطريقتين الآتيين:

**(1) باستخدام حرارة التكوين $\Delta H_f^5$.** **(2) قانون هس.**

أولاً: باستخدام حرارة التكوين :

**عند حساب حرارة التفاعل أو حرارة تكوين مادة، يراعى الآتي عند الحل:**

1-نكتب معادلة كيميائية حرارية تعبر عن التفاعل الحادث:

2-حرارة التفاعل ($\Delta H$)= [مجموع حرارة التكوين النواتج- مجموع حرارة تكوين المتفاعلات].

3-حرارة تكوين أي عنصر في حالته القياسية = صفر.

4-حرارة تكوين أي مركب يتكون من عناصره الأولية تساوي حرارة التفاعل.

5-إذا عكست معادلة الكيمياء الحرارية تعكس إشارة قيمة ($\Delta H$) فقط.

مثـــال :

إذا كانت معادلة الكيمياء الحرارية لتكوين $CO_2$ هي:

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -3398.5 \ \ kj/mole$$

إذاً حرارة التفاعل كالتالي :

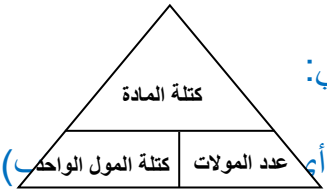
$$CO_{2(g)} \longrightarrow C_{(s)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H = +3398.5 \ kj/mole$$

6-إذا كان التفاعل يعبر عن احتراق مادة ما فإن حرارة احتراق المادة هي نفسها حرارة التفاعل ( $\Delta H$ ).

7- يجب إدخال عدد المولات للمواد المتفاعلة والناتجة في العملية الحسابية.

8-يجب مراعاة إشارة قيمة $\Delta H$ ، $\Delta Hf$ .

9-العلاقة بين كتلة المادة وعدد مولاتها هي:




10- المول الواحد (الجزئي الجرامي) من أي مادة يحتوي على عدد أفوجادرو من الذرات أو الجزيئات.

عدد أفوجادرو = $6.023 \times 10^{23}$.

**11- حرارة احتراق كمية معينة من المادة = حرارة احترق 1 مول من المادة ×**

$$\frac{\text{كتلة المادة المحترقة}}{\text{كتلة المول الواحد}}$$

## مسائل محلولة على الكيمياء الحرارية (باستخدام حرارة التكوين)

### (1) : احسب حرارة التفاعل الآتي:

$$2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe \qquad \Delta H = ??$$

- إذا علمت أن حرارة تكوين أكسيد الحديد III القياسية تساوي -822.2كيلوجول/مول.
- وحرارة تكوين أكسيد الألومنيوم القياسية =-1669.8 كيلوجول/مول، وهل هذا التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟

**الحـــــــــل : معطيات المسائلة:**

* $\Delta Hf_{Al_2O_3}$ = - 1669.8 كيلوجول/مول.
* $\Delta Hf_{Fe_2O_3}$ = -822.2 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين العناصر= صفر.

∵ حرارة التفاعل ($\Delta H$)= [مجموع حرارة تكوين النواتج- مجموع حرارة تكوين المتفاعلات].

حرارة التفاعل = [($\Delta Hf_{Al_2O_3}$ + صفر) - ($\Delta Hf_{Fe_2O_3}$ + صفر)].

حرارة التفاعل =-1669.8 - (822.2-) = -822.2+1669.8.

حرارة التفاعل = -847.6 كيلوجول/مول.

التفاعل طارد للحرارة لأن ← $\Delta H$ سالبة.

### (2) :

احسب حرارة تكوين غاز الأمونيا $NH_3$، إذا علمت أن حرارة احتراق غاز الأمونيا تساوي 283 كيلوجول/مول والتي تم حسب التفاعل التالي:

$$NH_{3(g)} + \tfrac{7}{4}O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} + \tfrac{3}{2}H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_c^o = -283Kj/mole$$

وحـــرارة تكـــوين $NO_2$، $H_2O$ علـــى الترتيـــب هـــي(34 ، - 242) كيلوجول/مول.

الحـــــــــــل : **معطيات المسائلة:**

* حـــرارة التفاعـــل = حـــرارة الاحتـــراق لغـــاز الأمونيـــا=-283 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين ثاني أكسيد النيتروجين $NO_2$= + 34 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين بخار الماء $H_2O$= -242 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين العناصر= صفر.

∵ **حرارة التفاعل =** $\Delta Hc$ **= مجموع حرارة تكوين النواتج- مجموع حرارة تكوين المتفاعلات**

$$\Delta HC = [(\Delta H_{fNO_2} + \Delta Hf_{H_2O} \times \frac{3}{2}) - (\Delta H_{fNH_3} + \text{صفر})].$$

$$283- = [34+ + (242- \times \frac{3}{2})] - \Delta H_{fNH3} .$$

$$283- = 34 - 363 - \Delta H_{fNH3} .$$

$$\Delta H_{FNH3} = 34-363 + 283 = -46 \text{ كيلو جول/مول.}$$

**(3) : من المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية:**

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -572Kj$$

**استنتج ما يلي :**

1) المحتـوى الحـراري للمـاء بالنسـبة لمجمـوع المحتـوى الحـراري للعنصـرين المتفاعلين.
2) حرارة تكوين الماء بالنسبة لحرارة احتراق الهيدروجين.
3) كمية الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق 0.2 جم من الهيدروجين (***H=1***).

الحـــــــــــل :

1- المحتوى الحراري للماء أقل من المحتوى الحراري للعنصرين المتفاعلين لأن التفاعل طارد للحرارة.
2- يمكن قسمة معادلة الكيمياء الحرارية على 2 حتى يكون الماء المتكون 1 مول.

$$H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H = -286Kj/mole$$

∴ حـرارة تكـوين المـاء (مـول واحـد) = حـرارة احتـراق الهيـدروجين = -286 كيلوجول/مول.

3-من معادلة الكيمياء الحرارية نجد أن:

كل جزئ جرامي (مول) من الهيدروجين $H_2$ ← (عندما يحترق يولد طاقة) −286 كيلوجول.

∴ نحول عدد المولات إلى أوزان بالنسبة للهيدروجين.

الوزن الجزئي للهيدروجين $H_2$ = 1×2 = 2

∴ كل 2جم من غاز $H_2$(مول) ← (عندما تحترق تولد طاقة) −286 كيلوجول.

0.2 جم من غاز $H_2$ ← (عندما تحترق تولد طاقة) (س) **بضرب الطرفين في**

س× 2 = 0.2 × −286

$$\text{س} = \frac{0.2 \times -286}{2} = -28.6 \text{ كيلو جول .}$$

: (4)

احسب حرارة تكوين الاستيلين إذا علمت أن حرارة احتراق الاستيلين هي: 848.5 كيلوجول/مول وحرارة تكوين ثاني أكسيد الكربون والماء على الترتيب هي : (−393.5 ، −286 كيلوجول/مول).

الحـــــــــل :

**معطيات المسألة:** حرارة احتراق غاز الاستيلين = − 848.5 كيلوجول/مول.

ثم نكتب معادل الاحتراق لغاز الاستيلين $C_2H_2$.

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \qquad \Delta Hc = -848.5kj$$

* حـــــرارة تكـــويـــن $CO_2$ = −393.5 كيلوجول/مول.

* حرارة تكوين الماء $H_2O$ = −286 كيلوجول/مول.

∴ **حرارة الاحتراق =**

حرارة التفاعل= [مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات].

* $\Delta Hc$ = [ ($\Delta H_{f_{CO_2}} \times 2 + \Delta H_{f_{H_2O}}$) – ($\Delta H_{f_{C_2H_2}}$ + صفر) ].

* 848.5- = 393.5- × 2 + (286-) – $\Delta H_{f_{C_2H_2}}$ .

* 848.5- = 787- – 286- – $\Delta H_{f_{C_2H_2}}$ .

* $\Delta H_{f_{C_2H_2}}$ = 1073- + 848.5 = 224.5- كيلوجول/مول.

## ثانياً: باستخدام قانون هس :

استطاع العالم الروسي **(هس)** أن يضع قانوناً عرف باسمه ويمكن بواسطة هذا القانون حساب حرارة التفاعل بطريقة غير مباشرة أي التي يصعب قياسها بطريقة تجريبية.

قانون هس:

- **حرارة التفاعل مقدار ثابت عند الظروف القياسية سواء تم التفاعل على خطوة واحدة أو في عدة خطوات.**

تعريف آخر :

- **تتوقف حرارة التفاعل على طبيعة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل وليس على الخطوات التي يتم فيها التفاعل.**

## أهمية قانون هس:

ترجع أهمية قانون هس إلى إمكانية استخدامه في حساب التغير في المحتوى الحراري [حرارة التفاعل] التي لا يمكن قياسها بطريقة مباشرة ويتم ذلك باستخدام تفاعلات أخرى يمكن قياس حرارة تفاعلها، كذلك إمكانية التعامل مع المعاملات الكيميائية الحرارية وكأنها معادلات جبرية يمكن جمعها وضرب طرفيها أو قسمته في أو على معامل ثابت.

مثال: يحقق صحة قانون هس:

- **احتراق الكحول الإيثيلي $C_2H_5OH$ على خطوة واحدة:**

$$(1)\ CH_3-CH_2OH_{(L)}+3O_{2(g)}\longrightarrow 2CO_{2(g)}+3H_2O_{(L)} \quad \Delta H_1=-1367\ Kj/mole.$$

- **احتراق الكحول الإيثيلي على عدة خطوات:**

$$(2)\ CH_3-CH_2OH_{(L)}+\tfrac{1}{2}O_{2(g)}\xrightarrow{\text{أكسدة}}CH_3CHO_{(L)}+H_2O_{(L)} \quad \Delta H_2=-175\ Kj/mole.$$

كحول إيثيلي — اسيتالدهيد

$$(3)\ CH_3-CHO_{(L)}+\tfrac{1}{2}O2_{(g)}\longrightarrow CH_3COOH_{(L)} \quad \Delta H_3=-320\ Kj/mole.$$

حمض الخليك

$$(4)\ CH_3-COOH_{(L)}+2O_{2(g)}\longrightarrow 2CO_{2(g)}+2H_2O_{(L)} \quad \Delta H_4=-872\ Kj/mole.$$

**بـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــالجمع:**

$$(5)\ CH_3-CH_2OH_{(L)}+3O_{2(g)}\longrightarrow 2CO_{2(g)}+3H_2O_{(L)}$$

$\Delta H$ (في خطوة واحدة) $= \Delta H_3+\Delta H_2+\Delta H_1$ (في)

$\Delta H$ (في خطوة واحدة) $= -175 - 320 - 872 = -1367$

كيلوجول/مول.

- وعند مقارنة المعادلة (1) بالمعادلة (5) نجد أن حرارة التفاعل مقدار ثابت، وهذا يحقق صحة قانون هس.

## تطبيقات على قانون هس:

***تعتمد طريقة هس في حل مسائل الكيمياء الحرارية على:***

1) الوصول إلى المعادلة المطلوبة وهي المعادلة التي يحددها المطلوب في المسألة.

2) طريقة الوصول إلى المعادلة المطلوبة:

أ- نكتب كل معطيات المسألة على هيئة معادلات كيمياء حرارية.

ب- يمكن التعامل مع معادلات الكيمياء الحرارية كأنها معادلات جبرية **(يمكن ضرب طرفيها في معامل ثابت أو قسمة طرفيها على معامل ثابت – جمع المعادلات أو طرحها).**

جـ- يمكن عكس أي معادلة بشرط أن تُعكس إشارة قيمة $\Delta H$.

انظـر إلــى المعادلــة المطلوبــة جيـداً، ثـم قـارن بـين متفـاعلات ونـواتج المعادلـة المطلوبـة ونفـس المـواد فـي المعـادلات التــي تعبـر عـن المعطيـات مـن حيـث عـدد المولات واتجاهها ويمكن القيام بـالإجراءات السـابقة حتـى نحصل على المعادلة المطلوبة.

مثـــال :

**احسب حرارة تكوين أول أكسيد الكربون *CO* إذا علمت أن:**

***(1)*** $C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_1 = -393.5\ Kj/mole.$

***(2)*** $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -283\ Kj/mole.$

الحـــــل :

**المعادلة المطلوبة هي معادلة تكوين *CO* من عناصره الأولية:**

$$C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = \Delta H_{FCO_2} = ???$$

للوصـول إلـى المعادلـة المطلوبـة نقـوم بعكـس المعادلـة(2) ثـم جمعهـا علـى المعادلـة الأولى(1):

***(1)*** $C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_1 = -393.5\ Kj/mole.$

***(2)*** $CO_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H = +283\ Kj/mole.$

**بالجمـــع :** $C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)}$

$\Delta H = \Delta H_{f_{CO}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -393.5 + 283 = -110.5$ كيلوجول/مول.

مثـــال

احسب حرارة احتراق غاز الميثان ***$CH_4$***، إذا علمت أن حرارة تكوين غاز

الميثـان تسـاوي 75.5 كيلوجول/مـول، وحـرارة احتـراق كـل مـن الكربـون والهيدروجين على الترتيب هي [-393.5 ، -286] كيلوجول/مول.

**الحـــــل : المعادلة المطلوبة هي معادلة احتراق غاز الميثان وهي:**

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = \Delta H_{FCO_2} = ???$$

**معطيات المسألة على هيئة معادلات كيمياء حرارية.**

**(1)** $C_{(S)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_{4(g)}$ $\Delta H_1 = \Delta H_{f\,CH_4} = -75.5$ Kj/mole.

**(2)** $C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_2 = -393.5$ Kj/mole.

**(3)** $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)}$ $\Delta H_3 = -286$ Kj/mole.

**بعكس المعادلة (1) وبضرب المعادلة (3) × 2 ثم بجمع المعادلات الثلاث :**

**(1)** $CH_{4(g)} \longrightarrow C_{(S)} + 2H_{2(g)}$ $\Delta H_1 = +75.5$ Kj/mole.

**(2)** $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H_2 = -393.5$ Kj/mole.

**(3)** $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)}$ $\Delta H_3 = 2 \times -286$ Kj/mole.

**بالجمـع:** $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$

$$\Delta H_3 + \Delta H_2 + \Delta H_1 = \Delta H_C$$

**حرارة احتراق غاز الميثان $\Delta H_C$ = 75.5 - 393.5 - 572 = -890 كيلوجول/مول.**

مثـــال

**احسب حرارة تكوين ثاني كبريتيد الكربون $CS_2$ من المعلومات الآتية:**

(1) احتراق ثاني كبريتيد الكربون:

*1)* $CS_2 + 3O_2 \longrightarrow CO_2 + 2SO_2$ $\quad \Delta H_1 = -1075.2$ *Kj/mole.*

(2) احتراق الكربون:

*2)* $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2 = -393.5$ *Kj/mole.*

(3) احتراق الكبريت:

*3)* $S + O_2 \longrightarrow SO_2$ $\quad \Delta H_3 = -294$ *Kj/mole.*

الحـــــل : المعادلة المطلوبة هي معادلة تكوين $CS_2$ من عناصره الأولية.

$$C + 2S \longrightarrow CS_2 \qquad \Delta H = \Delta H_{f_{CS_2}} = ????$$

- للوصـول إلـى المعادلـة المطلوبـة بعكـس المعادلـة الأولـى (1) وبضـرب المعادلة الثالثة × 2 ثم بجمع المعادلات الثلاث.

*1)* $CO_2 + 2SO_2 \longrightarrow CS_2 + 3O_2$ $\quad \Delta H_1 = +1075.2$ *Kj/mole.*

*2)* $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2 = -393.5$ *Kj/mole.*

*3)* $2S + 2O_2 \longrightarrow 2SO_2$ $\quad \Delta H_3 = 2 \times -294$ *Kj/mole.*

**بالجمع:** $C + 2S \longrightarrow CS_2$

$$\Delta H_3 \; \Delta H_2 + \Delta H_1 = \Delta Hfcs_2 = \Delta H$$

**إذا حرارة تكوين $CS_2$ = 1075.2 – 393.5 – 588 = 93.7 كيلوجول/مول.**

سـؤال يُجيـب عنـــه الطـالـــب :

**احسب حرارة اختزال الهيماتيت بغاز أول أكسيد الكربون في الفرن العالي من المعلومات الآتية:**

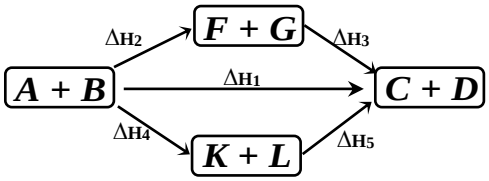
$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$ $\quad \Delta H = ????$

$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO$ $\quad \Delta H_1 = -283$ *Kj*

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2 = -393$ *Kj*

$2Fe + {}^{3}/_{2}\, O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$ $\quad \Delta H_3 = 722$ *Kj*

☜ مثـــال




**الشكل المقابل يمثل قانون هس ، انظر إليه ثم استنتج ما يلي:**

(1) قيمة $\Delta H_2$ ، $\Delta H_5$ علماً بأن : قيمة $\Delta H_1$ ، $\Delta H_3$ ، $\Delta H_4$ تساوي (-800 ، -1600 ، -1400) ك. جول/مول على الترتيب فرضاً.

(2) نوع التفاعل في اتجاه $(F + G)$.

الحـــــل :

**(أ) حساب قيمة $\Delta H_2$ من الشكل المقابل نجد أن:**

$$\Delta H_3 + \Delta H_2 = \Delta H_1$$

$$(-1600) + \Delta H_2 = -1400$$

$$1600 - \Delta H_2 = -1400$$

$$\Delta H_2 = -1400 + 1600 = +200 \text{ ك.جول}$$

**(ب) حساب قيمة $\Delta H_5$ من قانون هس نجد أن:**

$$\Delta H_5 + \Delta H_4 = \Delta H_1$$

$$\Delta H_5 + (-800) = -1400$$

$$\Delta H_5 = -1400 + 800$$

$$\Delta H_5 = -600$$

$$\therefore \Delta H_5 = -600 \text{ ك.جول}$$

**إذاً نوع التفاعل في اتجاه تكوين $(F+ G)$ ماص للحرارة لأن قيمة $\Delta H_2$ موجبة.**

☜ مثـــال

**عند احتراق غاز الميثان ينتج غاز $CO_2$ والماء كما في المعادلة الآتية:**

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \quad , \Delta H = -890.8 \text{ KJ/mole}$$

فكيف يمكن إثبات صحة قانون هس إذا علمت أن هناك ثلاث خطوات ممكنة للوصول إلى التفاعل السابق، وهي:

(أ) تحلل $CH_4$ إلى عناصره الأولية، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} \longrightarrow C_{(g)} + 2H_{2(g)} \qquad \Delta H = -74.3\ KJ/mole$$

(ب) تأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$C_{(S)} + O2_{(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -393.5\ KJ/mole$$

(جـ) تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء السائل، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -571.6\ KJ/mole$$

الحـــــل :

*** التفاعل على خطوة واحدة:**

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -890.8\ KJ/mol$$

***التفاعل في عدة خطوات :**

**1)** $CH_4 \longrightarrow \cancel{C} + 2\cancel{H_2}$ $\qquad \Delta H_1 = 74.3\ KJ/mole$

**2)** $\cancel{C} + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\qquad \Delta H_2 = -393.5\ KJ/mole$

**3)** $2\cancel{H_2} + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\qquad \Delta H_3 = -571.6\ KJ/mole$

- بجمع المعادلات الثلاثة نحصل على المعادلة الكلية وهي نفس المعادلة التي تتم على خطوة واحدة. $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

$\therefore \Delta H$ على خطوة واحدة $= \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

$\Delta H = 74.3 - 393.5 - 571.6 = -890.8$ ك.جول/مول.

وهذا يحقق قانون هس.

## إجابـات تقـويـم الوحدة الثانيــة

**س1/ ما العلاقة بين الطاقة والحرارة؟**

ج1/ العلاقة بين الطاقة والحرارة هي أن الحرارة صورة من صور الطاقة حيث إن كل منهما يقدر بوحدة الجول أو الكيلو جول.

**س2/ ما الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة؟**

ج2/ الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة يوضحها الجدول الآتي:

| وجه المقارنة | كمية الحرارة | درجة الحرارة |
|---|---|---|
| طبيعتها | ▪هي كميـة الطاقـة وهـي تنتقـل مـن الجسـم الأكثـر درجـة حـرارة إلـى الجســم الأقــل حــرارة عنــدما يتلامسان | ▪هي مقياس للحرارة اي السخونة والبرودة. |
| وحدة قياسها | ▪الجول او الكيلو جول او السعر | ▪الدرجه المئويه او الكلفن |

**س3/ عَــرِّف ما يأتي :**

ج3/ أ)**حرارة التفاعل :** هي مقدار التغير الحراري المصاحب للتفاعل الكيميائي ويرمز لها بالرمز $\Delta H$.

•**تعريف آخر:** هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تفاعل المواد الداخلة في التفاعل بشكل تام لتكوين النواتج عند الظروف القياسية.

ب)**حرارة الذوبان:** هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند ذوبان 1 مول من المذاب في كمية من المذيب تكفي للحصول على محلول مشبع.

جـ)**حرارة التعادل:** هي كمية الحرارة المنطلقة نتيجة تكوين واحد مول من الماء عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية في المحاليل المخففة.

•**تعريف آخر :** هي كمية الحرارة المنطلقة عند تعادل المحاليل المخففة من الأحماض والقواعد لتكوين واحد مول من الماء.

د)**الحرارة النوعية:** هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جم من المادة درجة مئوية واحدة.

هـ)**حرارة التكوين:** $\Delta H_f$ هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين واحد مول من المركب من عناصره الأولية في حالتها القياسية.

**س4/ ما المقصود بالتفاعل الطارد للحرارة والتفاعل الماص للحرارة؟ مع ذكر أمثلة لكل منهما.**

ج4/ **المقصود بالتفاعل الطارد للحرارة:** هو التفاعل الذي يصاحبه انطلاق طاقة حرارية وينتج عنه مركبات طاردة للحرارة وفيه تكوين قيمة المحتوى الحراري للتفاعلات أكبر من المحتوى الحراري للنواتج.

**مثال : احتراق غاز الميثان:**

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H = 890\ kj$$

▪ **التفاعل الماص للحرارة:** هو التفاعل الذي يصاحبه امتصاص طاقة حرارية وينتج عنه مركبات ماصة للحرارة وفيه تكون قيمة المحتوى الحراري للمتفاعلات أقل من المحتوى الحراري للنواتج.

**مثال: تكوين أكسيد النيتريك.**

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)} \qquad \Delta H = +180.6\ kj$$

ملحوظة هامة: معظم تفاعلات التفكك (الانحلال) تفاعلات ماصة للحرارة.

**س5/ يحترق أكسيد النيتريك (*NO*) في جو من الأكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد النيتروجين مع انطلاق حرارة مقدارها– 56.5كيلو جول/مول.**

**(أ) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لهذا التفاعل.**

**(ب) هل هذا التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ ولماذا؟**

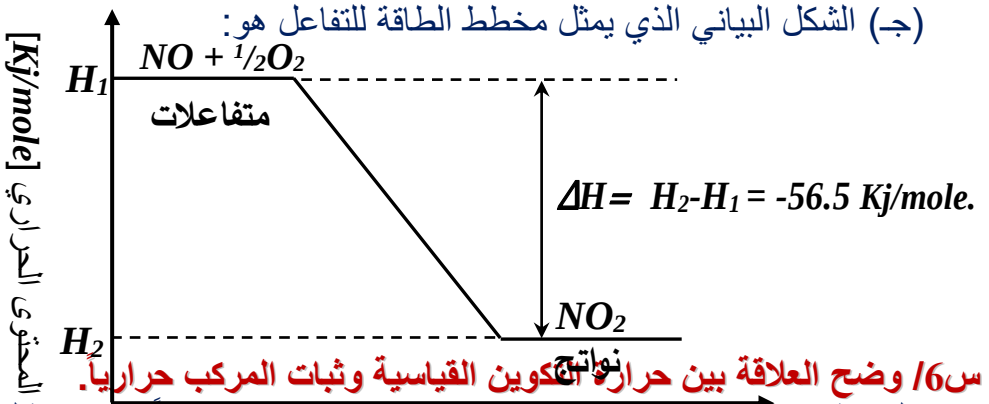
**(جـ) ارسم شكلاً بيانياً تمثل فيه هذا التفاعل.**

ج5/ (أ) معادلة احتراق أكسيد النيتريك ***NO***.

$$NO_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(S)} \longrightarrow NO_{2(g)} \qquad \Delta H = -56.5\ kj$$

(ب) التفاعل طارد للحرارة لأن قيمة $\Delta H$ سالبة.

(جـ) الشكل البياني الذي يمثل مخطط الطاقة للتفاعل هو:




**س6/ وضح العلاقة بين حرارة التكوين القياسية وثبات المركب حرارياً.**

ج6/ العلاقة بين حرارة التكوين القياسية وثبات المركب حرارياً يمكن تمثيلها في النقاط الآتية:

1- المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وسالبة أكثر ثباتاً واستقراراً وهي مركبات طاردة للحرارة لا تميل إلى الانحلال.

2- المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وموجبة أقل ثباتاً واستقراراً وهي مركبات ماصة للحرارة وهي عادة تميل إلى الانحلال.

ونجد أن حرارة التكوين القياسية للمركبات تساعد على تحديد مدى ثباتها.

**س7/ باستعمال جدول (2) احسب حرارة تكوين الميثان:**

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$$

**إذا علمت أن حرارة احتراق الميثان هي (-890كيلو جول/مول).**

ج7/ **معطيات المسألة :**

- حرارة تكوين $CO_2$ = -393.5 ك.جول/مول
- حرارة تكوين الماء = -285.8 ك.جول/مول
- حرارة احتراق غاز الميثان = حرارة التفاعل = -890 ك.جول/مول
- حرارة تكوين العناصر = صفر
- معادلة الاحتراق لغاز الميثان هي:

$$CH_{4(L)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = \Delta H_C = -890\ KJ/mole$$

**إذاً حرارة التفاعل $\Delta H$ =مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات.**

$$\Delta H = [\ (\Delta H_{fCH4}) - (2 \times \Delta H_{fH2O} + \Delta H_{fCO2})\ ]$$

$$-890 = [\ \Delta H_{fCH4} - (2 \times 285.8) - 393.5-\ ]$$

* $\Delta H_{fCH4}$ - 571.6 – 393.5- = 890-

* $\Delta H_{fCH4}$ – 965.1- = 890-

* $\Delta H_{fCH4}$ = 890 + 965.1- = -75.1 ك.جول/مول

**س8/ ما أهمية قانون هس ؟**

**ج8/ أهمية قانون هس:**

1-حساب حرارة التفاعلات الخطرة والمعقدة التي لا يمكن قياسها بطرق تجريبية مباشرة.

2-يمكن التعامل مع المعادلات الكيميائية وكأنها معادلات جبرية.

**س9/ اكتب المعادلات الكيميائية الحرارية الموزونة للتفاعلات الآتية:**

**ج9/ أ) تفاعل أكسيد الكالسيوم *CaO* مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم مع انطلاق كمية من الحرارة مقدارها 65.2 كليو جول/ مول.**

$$CaO_{(S)} + H_2O_{(L)} \longrightarrow Ca(OH)_2 \qquad \Delta H = -65.2\ KJ/mole$$

**ب)تحلل بيكربونات الصوديوم *$NaHCO_3$* إلى كربونات صوديوم وماء وثاني أكسيد الكربون، علماً بأن الحرارة الممتصة هي 129كيلو جول/مول.**

$$2NaHCO_{3(S)} \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = 2\times +129\ KJ/mole$$

جميع أملاح البيكربونات عندما تتحل بالحرارة تعطي [$H_2O + CO_2$ + كربونات].

**جـ) احتراق مول واحد من غاز البروبان *$C_3H_8$* معطياً حرارة مقدارها 2219.2كيلو جول/ مول.**

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -2219.2\ KJ/mole$$

**س10/ باستخدام حرارة التكوين القياسية، احسب حرارة التفاعلات الآتية :**

**(أ)** $$NO_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$$

**(ب)** $$2C_6H_{6(I)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(I)}$$

علماً بأن حرارة تكوين كل من: (*$NO$* ، *$NO_2$* ، *$CO_2$* ، *$H_2O$* ، *$C_6H_6$*) على الترتيب هي: (90.37 ، 33.9 ، -393.5 ، -285.8 ، 49.4) ك.جول/مول

ج10/ **حرارة التفاعل $\Delta H$ = مجموع حرارة تكوين النواتج – مجموع حرارة تكوين المتفاعلات**

(أ) ∵ حرارة تكوين العناصر = صفر

$$\Delta H = [(\text{صفر} + \Delta H_{fNO}) - (\Delta H_{fNO2})]$$

$$\Delta H = 90.37 - 33.9 = -56.47 \text{ ك.جول/مول}$$

(ب) $$\Delta H = [(\text{صفر} + 2 \times \Delta H_{fC6H6}) - (6 \times \Delta H_{fH2O} + 12 \times \Delta H_{fCO2})]$$

$$\Delta H = -2 \times 49.4 - 6 \times 285.8 - 12 \times 393.5 =$$

$$= -4722 - 1714.8 - 98.8 = -6535.6 \text{ ك.جول}$$

**س11/ عند احتراق غاز الميثان ينتج غاز $CO_2$ والماء كما في المعادلة الآتية:**

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = ???$$

فكيف يمكن استخدام قانون هس لحساب حرارة التفاعل إذا علم أن هناك ثلاث خطوات ممكنة للوصول إلى التفاعل السابق، وهي:

(أ) تحلل $CH_4$ إلى عناصره الأولية، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} \longrightarrow C_{(g)} + 2H_{2(g)} \qquad \Delta H = +74.3 \text{ KJ/mole}$$

(ب) تأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -393.5 \text{ KJ/mole}$$

(جـ) تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء السائل، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -571.6 \text{ KJ/mole}$$

ج11/ فكرة حل المسألة هو كيف تستطيع الوصول إلى المعادلة المطلوبة وهي معادلة احتراق غاز الميثان من المعادلات الثلاث المعطاة، ويتم ذلك بجمع المعادلات الثلاث:

**1)** $CH_{4(g)} \longrightarrow \cancel{C}_{(S)} + \cancel{2}H_{2(g)} \qquad \Delta H_1 = +74.3 \text{ KJ/mole}$

**2)** $\cancel{C}_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_2 = -393.5 \text{ KJ/mole}$

***3)*** $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\quad \Delta H_3 = -571.6\ KJ/mole$

$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ بالجمـــع .

$\Delta H$ (حرارة احتراق غاز الميثان) = $\Delta H_3 + \Delta H_2 + \Delta H_1$

حـــرارة احتـــراق غـــاز الميثـــان = 74.3 – 393.5 – 571.6 = -890.8

ك.جول/مول.