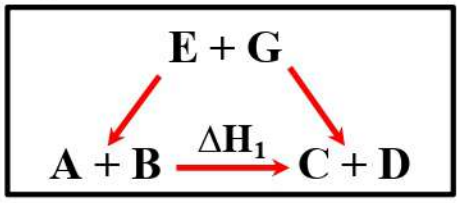
● ثانياً / حساب حرارة التفاعل باستخدام قانون هـــس : (قانون الجمع الجبري)

◄ **نص قانون هس** : " حرارة التفاعل (ΔH°) مقدار ثابت عند الظروف القياسية سواءً تم التفاعل في خطوة واحدة أو عدة خطوات " .



● استطاع العالم الروسي (**هـس**) أن يضع قانون لـ حساب حرارة التفاعل بطريقة غير مباشرة التي يصعب قياسها بطريقة تجريبية .

◄ **تعريف آخر لـ قانون هس :** التغير في المحتوى الحراري لأي تفاعل كيميائي تحت ضغط ثابت يساوي كمية ثابتة سواءً تم التفاعل في خطوة أو عدة خطوات.

■ اهمية قانون هس (يفيد قانون هس) :

١. في امكانية التعامل مع المعادلات الكيميائية الحرارية وكأنها معادلات جبرية يمكن جمعها وطرحها وضرب طرفيها في معامل ثابت .
٢. يمكن بواسطته حساب حرارة التفاعل لبعض التفاعلات الخطرة والتي تتم في عدة خطوات ، والتي يصعب قياسها بطرق تجريبية .
٣. يستخدم لـ حساب حرارة التفاعل ΔH الذي يمكن ان يتم في عدة خطوات .

● ***حساب حرارة التفاعل " ΔH " بـ قانون هـــس :***

● من قانون هس : قيمة "ΔH" تعتمد على : الحالة الابتدائية والنهائية ولا تتأثر بالحالة الوسيطة التي يسلكها التفاعل .

◄ لا تتغير قيمة ΔH بتعدد خطوات التفاعل "علل"؟

جـ . لأن قيمتها تعتمد على الحالة الابتدائية والنهائية ولا تتأثر بالخطوات التي يسلكها التفاعل .

◄ يعد قانون هس أحد نتائج قانون حفظ الطاقة "علل" ؟

جـ . لأن التغير في المحتوى الحراري ΔH لأي تفاعل يعتمد على الحالة الابتدائية و النهائية ولا يتأثر بـ الخطوات الوسيطة التي يسلكها التفاعل .

◄ قانون هس من القوانين المهمة في الكيمياء الحرارية "علل" ؟

جـ . لأنه يفيدنا في حساب حرارة التفاعل الخطرة والمعقدة التي لا يمكن قياسها بطرق تجريبية مباشرة (وذلك بالتعامل مع المعادلات الكيميائية وكأنها معادلات جبرية).

◄ يفيدنا قانون هس في حساب حرارة التفاعلات التي لا يمكن قياسها بطرق تجريبية مباشرةً "علل" ؟

جـ . لأنه يمكننا التعامل مع المعادلات الكيميائية وكأنها معادلات جبرية يمكن جمعها وطرحها وضربها في معامل ثابت .

● **ملاحظات:** عند حل مسائل حرارة التفاعل باستخدام قانون هس: دائماً نحاول الوصول للمعادلة المطلوبة المحددة في السؤال بـ

أ. كتابة المعطيات التي في السؤال على شكل معادلات كيميائية حرارية ،، حيث :

* يمكن كتابة المعادلة كما هي أو عكسها - يعتمد ذلك على المطلوب في السؤال ..

a. **اذا كان المطلوب في السؤال حرارة تكوين مركب يجب ان يكون المركب المطلوب هو النواتج - والمتفاعلات عناصر اولية .**

b. **اذا كان المطلوب في السؤال حرارة احتراق مادة يجب ان تكون المادة المطلوبة مع الأكسجين هي المتفاعلات .**

c. اذا كان المطلوب حرار ة تحلل " تفكك " مركب يجب ان يكون المركب المطلوب هو المتفاعلات

ب. يمكن التعامل مع المعادلات الكيميائية الحرارية وكأنها معادلات جبرية (ضرب او قسمة) طرفيها على معامل ثابت .

جـ. اختصار المتفاعلات مع نواتج المعادلات الأخرى والعكس صحيح .

د. كتابة المعادلة الحرارية الكيميائية الكلية " المطلوبة في السؤال "

هـ. حساب قيمة حرارة المعادلة الكيميائية المطلوبة بالجمع الجبري لقيم ΔH للمعادلات في عدة خطوات .

◄ جمع لقيم ΔH المعادلات اذا كانت الإشارات متشابهة .
◄ طرح لقيم ΔH المعادلات اذا كانت الإشارات مختلفة (وتأخذ اشارة الأكبر)

امثلة : ١. يحترق الإيثانول CH_3CH_2OH حرقا تاما " حرارة احتراق قياسية " بطريقة مباشرة في خطوة واحدة وذلك باستخدام مسعر القنبلة ويعبر عنها في المعادلة الآتية :

1. $CH_3CH_2OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -1367\ KJ/mole$

* ويمكن كذلك استخدام قانون هس لـ حساب حرارة التفاعل بطريقة غير مباشرة الذي يمكن ان يتم في عدة خطوات على النحو الآتي :

2. $CH_3CH_2OH_{(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CH_3CHO_{(l)} + H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -175\ KJ/mole$
3. $CH_3CHO_{(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CH_3COOH_{(l)} \quad \Delta H = -320\ KJ/mole$
4. $CH_3COOH_{(l)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -872\ KJ/mole$

* وبجمع المعادلات (2 ، 3 ، 4) ينتج المعادلة العامة (الكلية) الآتية :

5. $CH_3CH_2OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -1367\ KJ/mole$

(عند مقارنة التفاعل في خطوة واحدة في المعادلة رقم "1" و ناتج جمع التفاعلات في عدة خطوات في المعادلة رقم "5" نلاحظ أن قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH هو مقدار ثابت ويساوي = -١٣٦٧كيلو جول / مول)

مثال ٢. احسب حرارة تكوين الكحول الإيثيلي من المعادلات التالية :

1. $3H_2O + 2CO_2 \longrightarrow C_2H_5OH + 3O_2 \quad \Delta H = +1367\ KJ/mole$
2. $2C + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2 \quad \Delta H = -787\ KJ$
3. $3H_2 + 3/2\ O_2 \longrightarrow 3H_2O \quad \Delta H = -857.4\ KJ$

* جمع المعادلات (المعادلة العامة ـ لتكوين الكحول الإيثيلي)

$$2C + 3H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow C_2H_5OH \quad \Delta H = -277.4\ KJ/mole$$

مثال ٣. احسب حرارة تكوين أول اكسيد الكربون من المعادلتين الآتيتين :

1. $C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H = -393.5\ KJ/mole$
2. $CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H = -283\ KJ/mole$

ركز على المطلوب: يجب ان يكون الناتج CO فقط والمتفاعلات عناصره الأولية.

*** الحـل : المعادلة المطلوبة تكوين CO :**

1. $C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H = -393.5\ KJ/mole$
2. $CO_2 \longrightarrow CO + \frac{1}{2}O_2 \quad \Delta H = +283\ KJ/mole$

* جمع المعادلتين (المعادلة العامة ـ لتكوين اول اكسيد الكربون CO)

$$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO \quad \Delta H = -110.5\ KJ/mole$$

* لتحقيق الحصول على معادلة تكوين CO
١. المعادلة الأولى كما هي
٢. المطلوب CO موجود في متفاعلات المعادلة الثانية .. يجب ان تكون في النواتج (نعكس المعادلة الثانية مع اشارة ΔH)

مثال ٤. احسب حرارة تكوين NO (اكسيد النتريك) من المعادلتين الآتيتين :

1. $NO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow NO_2 \quad \Delta H = -56.6\ KJ/mole$
2. $N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2 \quad \Delta H = +67.6\ KJ$

*** الحـل : المعادلة المطلوبة تكوين NO :**

1. $NO_2 \longrightarrow NO + \frac{1}{2}O_2 \quad \Delta H = +56.6\ KJ/mole$
2. $\frac{1}{2}N_2 + O_2 \longrightarrow NO_2 \quad \Delta H = +33.8\ KJ/mole$

$$\frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow NO \quad \Delta H = +90.4\ KJ/mole$$

* لتحقيق الحصول على معادلة تكوين NO
1. المطلوب NO موجود في متفاعلات المعادلة الأولى .. يجب ان تكون في النواتج (نعكس المعادلة الأولى مع اشارة ΔH)
2. من اجل الاختصار يجب ان نقسم المعادلة الثانية على ÷ 2 وقسمة ΔH .

*جمع المعادلتين (لتكوين اكسيد النتريك NO)

مثال ٥. احسب حرارة احتراق الميثان من المعادلات التالية :

1. $C + 2H_2 \longrightarrow CH_4 \quad \Delta H = -74.3$ KJ/mole
2. $C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H = -393.5$ KJ/mole
3. $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \quad \Delta H = -285.8$ KJ/mole

*** الحـــل : المعادلة المطلوبة احتراق غاز الميثان CH_4 :**

1. $CH_4 \longrightarrow C + 2H_2 \quad \Delta H = +74.3$ KJ/mole
2. $C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H = -393.5$ KJ/mole
3. $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \Delta H = -571.6$ KJ

*** جمع المعادلات (المعادلة العامة لاحتراق غاز الميثان)**

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O \quad \Delta H = -890.8 \text{ KJ/mol}$$

* لتحقيق الحصول على معادلة احتراق CH_4
١. المطلوب احتراق CH_4 موجود في نواتج المعادلة الأولى .. يجب ان تكون في المتفاعلات (نعكس المعادلة الأولى مع اشارة ΔH)
٢. المعادلة الثانية كما هي لأن غاز CO_2 من نواتج الإحتراق للمركبات العضوية .
٣. عدد غاز الهيدروجين في غاز الميثان CH_4 عند الإحتراق يكون عدد مولات الماء = نصف عدد ذرات الهيدروجين في المادة التي تم حرقها (نضرب المعادلة الثالثة ×2 ، مع ضرب قيمة ΔH × 2)

مثال ٦. احسب حرارة التكوين القياسية لأكسيد الحديد III من المعادلتين الآتيتين :

1. $2Al_2O_3 \longrightarrow 4Al + 3O_2 \quad \Delta H = +3339.2$ KJ
2. $2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe \quad \Delta H = -847.6$ KJ

*** الحـــل : المعادلة المطلوبة تكوين Fe_2O_3 من عناصره :**

1. $2Al + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow Al_2O_3 \quad \Delta H = -1669.8$ KJ
2. $2Fe + Al_2O_3 \longrightarrow Fe_2O_3 + 2Al \quad \Delta H = +847.6$ KJ

*** جمع المعادلات (المعادلة العامة لتكوين Fe_2O_3)**

$$2Fe + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow Fe_2O_3 \quad \Delta H = -822.2 \text{ KJ/mole}$$

* الحصول على معادلة تكوين Fe_2O_3
١. المطلوب Fe_2O_3 موجود في متفاعلات المعادلة الثانية .. يجب ان تكون في النواتج (نعكس المعادلة الثانية مع اشارة ΔH)
٢. من اجل الاختصار (نعكس المعادلة الأولى مع قسمة المعادلة ÷ 2) مع قسمة قيمة ΔH ÷ 2) .

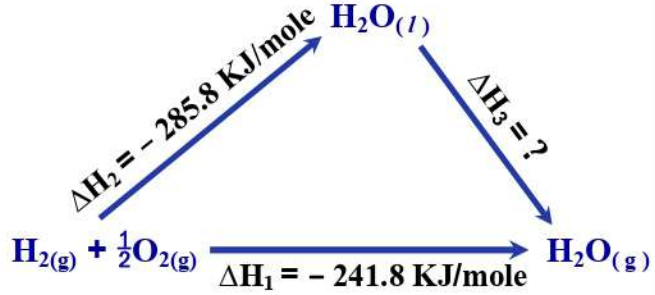
مثال٧. احسب حرارة تبخير الماء (احسب ؟ $= \Delta H_3$ باستخدام قانون هس) من المعادلات التالية :

* المعادلة المطلوبة : .....

1. .....
2. .....

*** جمع المعادلتين (المعادلة العامة لتحويل الماء السائل الى بخار الماء)**

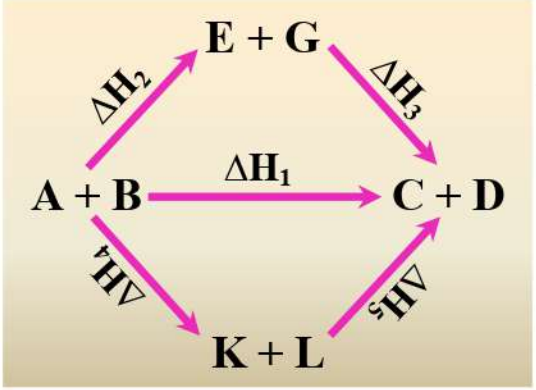
.....



◄ الحل بطريقة أخرى : $\Delta H_3 + \Delta H_2 = \Delta H_1 \Leftarrow \Delta H_2 - \Delta H_1 = \Delta H_3$

$\Delta H_3 = -241.8 - (-285.8) \Rightarrow \Delta H_3 = 285.8 + 241.8 =$ + 44 كيلوجول /مول

مثال٨. الشكل المقابل يمثل قانون هس ، اذا علمت ان قيمة ΔH_1 , ΔH_2 , ΔH_5 تساوي (-١٧٥٠ , +١٢٥٠ , -٢٢٥٠) كيلوجول / مول على الترتيب ، أوجد قيمة ΔH_3 , ΔH_4 ثم بين نوع التفاعل في اتجاه (K + L) ؟



◄ الحل : $\Delta H_3 + \Delta H_2 = \Delta H_1 \Leftarrow \Delta H_2 - \Delta H_1 = \Delta H_3$

$\Delta H_3 = -١٧٥٠ - (+١٢٥٠)$

$\Delta H_3 = -١٧٥٠ - ١٢٥٠ = -٣٠٠٠$ كيلوجول / مول

◄ اوجد ΔH_4 ثم بين نوع التفاعل في اتجاه (K + L) " نشاط "؟

● أسئلة وزارية لـ لأعوام السابقة على الدرس

م	السؤال لأول/ ظلل في ورقة الإجابة الدائرة (ص) للإجابة الصحيحة وظلل (خ) للعبارة الخطأ بحسب رقم الفقرة
١	تستخدم طرق تجريبية مباشرة وغير مباشرة لحساب حرارة التفاعل .
٢	حرارة التفاعل مقدار ثابت سواءً تم التفاعل في خطوة واحدة أو عدة خطوات .
٣	اعتمد هس في حساب حرارة التفاعل على المعادلة الإجمالية للتفاعل .
٤	لم يعتمد هس في حساب ΔH على المعادلة الإجمالية للتفاعل .
٥	يفيد قانون هس في حساب حرارة التفاعلات الخطرة والمعقدة .
٦	التغير في المحتوى الحراري ΔH لأي تفاعل يعتمد على الحالة البدائية و النهائية للتفاعل
٧	حرارة التفاعل مقدار ثابت يعتمد على الخطوات الوسيطة لحدوث التفاعل .
٨	حرارة التفاعل مقدار ثابت لا يعتمد على الخطوات الوسيطة لحدوث التفاعل .
٩	قانون هس احد نواتج حفظ الطاقة .
١٠	يعد قانون هس احد نواتج بقاء الكتلة .
١١	يستخدم قانون هس لحساب حرارة التفاعل التي يصعب قياسها عملياً.
١٢	
١٣	
١٤	

درجة للفقرة الواحدة – ورقة الإجابة					
م	ص	خ	م	ص	خ
١	○	○	٨	○	○
٢	○	○	٩	○	○
٣	○	○	١٠	○	○
٤	○	○	١١	○	○
٥	○	○	١٢	○	○
٦	○	○	١٣	○	○
٧	○	○	١٤	○	○

م	* السؤال الثاني/ اختر الإجابة الصحيحة ثم ظلل في ورقة الإجابة الدائرة بحسب الاختيار و الفقرة
١	لحساب حرارة التفاعل بطريقة غير مباشرة يستخدم .....
	1 المسعر الحراري 2 قانون فارادي 3 حرارة الإحتراق 4 قانون هس
٢	حرارة التفاعل مقدار ثابت سواءً تم التفاعل في خطوة واحدة او عدة خطوات نص قانون
	1 بقاء الطاقة 2 فاراداي 3 بقاء الكتلة 4 هس
٣	يعتبر قانون هس احد نتائج قانون حفظ .....
	1 الكتلة 2 المادة 3 الطاقة 4 الكتلة والطاقة
٤	لحساب حرارة التفاعلات الخطرة والمعقدة يستخدم قانون .....
	1 بقاء الكتلة 2 فارادي 3 بقاء الطاقة 4 هس
٥	من المعادلتين ($C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H = -393.5$ KJ/M) ، ($CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H = -283$ KJ/M) فإن حرارة تكوين CO = ... كيلوجول/مول
	1 ١١٠,٥ + 2 ١١٠,٥ - 3 ٦٧٦,٥ + 4 ٦٧٦,٥ -
٦	من المعادلتين ($S + O_2 \longrightarrow SO_2$ $\Delta H = -297$ KJ/M) ، ($2SO_3 \longrightarrow 2SO_2 + O_2$ $\Delta H = +198$ KJ/M) فإن حرارة تكوين SO_3 تساوي ..... كيلوجول / مول
	1 ٩٩- 2 ١٩٨- 3 ٣٩٦- 4 ٤٩٥-
٧	
	1 2 3 4
٨	
	1 2 3 4

درجة للفقرة – ورقة الإجابة				
م	1	2	3	4
١	○	○	○	○
٢	○	○	○	○
٣	○	○	○	○
٤	○	○	○	○
٥	○	○	○	○
٦	○	○	○	○
٧	○	○	○	○
٨	○	○	○	○