

حساب التغير في المحتوى الحراري

بعض التفاعلات يصعب قياس التغير في المحتوى الحراري مثل
تحول الجرافيت إلى ماس



هذا التفاعل يستمر لفترة طويلة من الزمن

لذا لجأ العالم هس إلى استخدام طريقة لإيجاد التغير في المحتوى الحراري

قانون هس :

عند جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية للتفاعل فإن
مجموع التغيرات الحرارية في المعادلات الفردية = يساوي التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي

الجبء لقانون هس لماذا ؟

- أ - بعض التفاعلات يصعب قياس التغير في المحتوى الحراري باستخدام المسعر
- ب - بعض التفاعلات تحتاج فترة طويلة من الزمن
- ج - بعض التفاعلات ينتج منها نواتج غير مرغوب فيها

الفكرة العامة لقانون هس :

- هو جعل المعادلات الفردية تتشابه مع المعادلة النهائية باستخدام طريقتين
- أ - عكس التفاعل بتحويل النواتج لمفاعلات أو ابقائها لتتلائم مع التفاعل النهائي
- ب - ضرب أعداد لتغيير عدد المولات لتتلائم مع المعادلة الأساسية

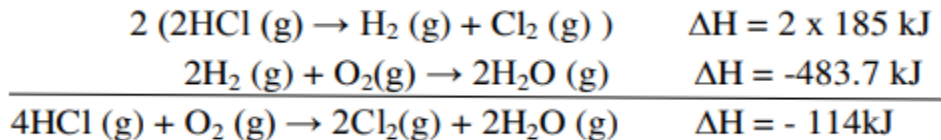
لا ننسى عند عكس المعادلة تتغير إشارة المحتوى الحراري

أمثلة على قانون هس :

من البيانات التالية عند 25°C احسب ΔH للتفاعل $4HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$

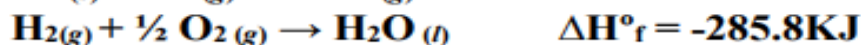
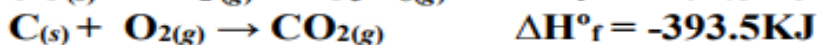
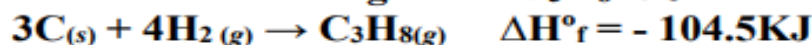
1	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$	$\Delta H = -185 \text{ kJ}$
2	$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$	$\Delta H = -483.7 \text{ kJ}$

التفاعل النهائي يتكون نتيجة التفاعلين ، باستخدام قانون هس يمكن الحصول على التفاعل النهائي من عكس التفاعل
(1) وضربه في 2 ثم نجمع الناتج مع المعادلة (2) . مع مراعاة تغيير الإشارة ومضاعفة الحرارة



احسب الحرارة الناتجة عن حرق 125g من غاز البروبان C_3H_8 في الظروف القياسية ,

علما بأن الكتلة المولية $C_3H_8 = 44.11g/mol$



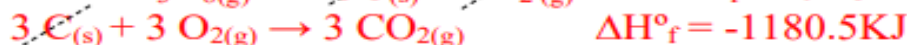
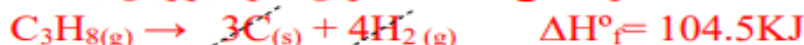
الإجابة

* نعكس المعادلة الأولى ونعكس إشارة ΔH°_f

* نضرب المعادلة الثانية في 3 وكذلك ΔH°_f

* نضرب المعادلة الثالثة في 4 وكذلك ΔH°_f

ثم نجمع المعادلات الثلاث للحصول على معادلة احتراق غاز البروبان .



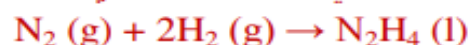
بالجمع



الحرارة الناتجة عن حرق 125g = (عدد المولات) الكتلة / الكتلة المولية x حرارة الاحتراق المولية

$$125g / (44.11g/mol) \times (-2219.2KJ/mol) = -6288.8 KJ$$

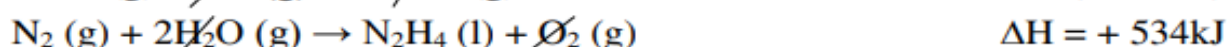
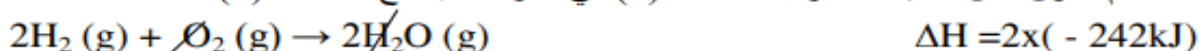
ما التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي ؟



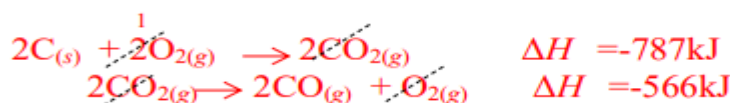
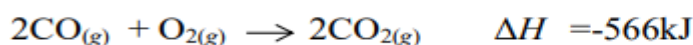
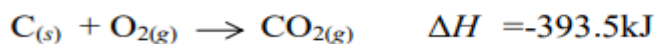
مستخدما التالي



نستخدم قانون هس . حيث نضرب المعادلة (1) في 2 ونجمعها مع المعادلة (2)



احسب حرارة تكوين غاز أول أكسيد الكربون من المعادلات التالية:



الإجابة : (1) نضرب المعادلة الأولى $\times 2$

(2) تعكس المعادلة الثانية

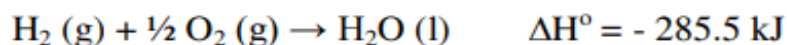
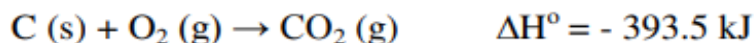
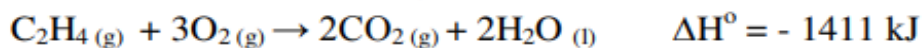
بالجمع:



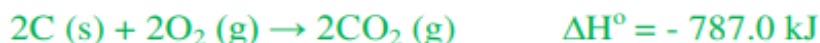
$$\Delta H_{f0} = -221/2 = -110.5 kJ/mol \quad \text{أو أي طريقة أخرى صحيحة}$$

بذلك

أوجد حرارة التكوين القياسية للإيثيلين ($C_2H_4(g)$) مستخدماً البيانات التالية :



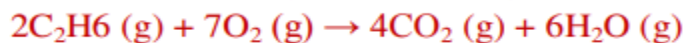
باستخدام قانون هس نعيد ترتيب المعادلات لنحصل على معادلة تكوين الإيثيلين من الكربون والهيدروجين ونضرب في المعاملات المناسبة :



نجمع حرارة التكوين القياسية لنحصل على حرارة تكوين الإيثيلين



احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل :

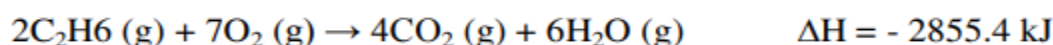
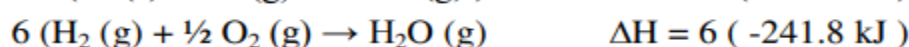
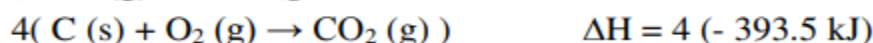
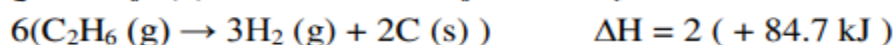


مستخدماً المعادلات التالية



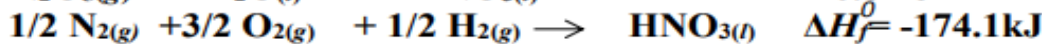
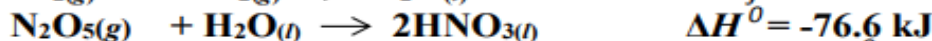
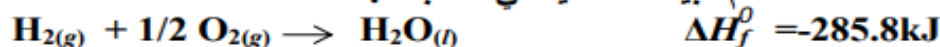
بالنظر على المعادلة العامة في المتفاعلات والنواتج يجب أن

تعكس المعادلة (1) وتعكس إشارة المحتوى الحراري وتضرب المعادلة (1) في 2 ، تعكس المعادلة (2) وتعكس إشارة المحتوى الحراري وتضرب في 4 وتضرب المعادلة (3) في 6 وتجمع المعادلات الثلاث



احسب قيمة ΔH للتفاعل التالي: $2N_2(g) + 5O_2(g) \rightarrow 2N_2O_5(g)$

استخدم البيانات التالية في حساباتك:



الإجابة: 1) تعكس المعادلة الأولى وتضرب $\times 2$

2) تعكس المعادلة الثانية وتضرب $\times 2$

3) تضرب المعادلة الثالثة $\times 4$



بالجمع :



حرارة التكوين القياسية

ما المقصود بحرارة التكوين القياسية؟؟؟

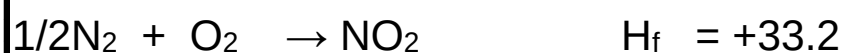
مقدار التغير في المحتوى الحراري الذي يصاحب تكوين مول واحد من المركب في الظروف القياسية

الظروف القياسية : تعادل 1 ضغط جوي - درجة حرارة 25 سيلزيوس بمعنى 298 كلفن



يتكون غاز ثالث أكسيد الكبريت ويتفاعل مع بخار الماء ويكون مطر حمضي وله أضرار على الحياة النباتية
ملاحظات في تفاعلات التكوين :

أ - يمكن تحديد حرارة التكوين من التجارب فمثلا



هذا التفاعل ماص للحرارة ليتحد النتروجين والأكسجين لينتجان ثاني أكسيد النتروجين ويمتص طاقة
33.2 كيلو جول حيث تكون طاقة الناتج أكبر من طاقات المتفاعلات

ب - تستخدم حرارة التكوين لحساب التغير في المحتوى الحراري من العلاقة التالية

معادلة الجمع

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ} (\text{الناتج}) - \sum \Delta H_f^{\circ} (\text{المواد المتفاعلة})$$

ΔH_{rxn}° تمثل حرارة التفاعل القياسية.
 $\sum$ يمثل مجموع الحدود.
(الناتج) ΔH_f° و (المواد المتفاعلة) ΔH_f° تمثل حرارة التكوين القياسية لكافة الناتج وكافة المواد المتفاعلة.
 ΔH_{rxn}° يتم الحصول عليها عن طريق طرح مجموع حرارة تكوين المتفاعلات من مجموع حرارة تكوين الناتج.

ملاحظة : سادس فلوريد الكبريت

يستخدم لحفر أنماط دقيقة على رقائق السيلكون والمواد شبه الموصلة في الأجهزة الالكترونية والحواسب

إيجاد حرارة التكوين لسادس فلوريد الكبريت

$$\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 4\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HF}(\text{g}) + \text{SF}_6(\text{g}) \quad \Delta H_{\text{rxn}}^\circ = ?$$

الخطوة 1 بالرجوع إلى الجدول 5 لمعرفة معادلة تكوين كل مركب من المركبات الثلاثة في المعادلة المطلوبة H_2S و SF_6 و HF .

a. $\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HF}(\text{g}) \quad \Delta H_f^\circ = -273 \text{ kJ}$
b. $\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SF}_6(\text{g}) \quad \Delta H_f^\circ = -1220 \text{ kJ}$
c. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \quad \Delta H_f^\circ = -21 \text{ kJ}$

الخطوة 2 نصف المعادلتين a و b تكوين النواتج HF و SF_6 في المعادلة المطلوبة. لذا استخدم المعادلات a و b في الاتجاه الذي كتبت فيه.

نصف المعادلة c تكوين الناتج H_2S . ولكن في المعادلة المطلوبة يكون H_2S مادة متفاعلة. عكس المعادلة c وتغير إشارة ΔH_f° .

$$\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \quad \Delta H_f^\circ = 21 \text{ kJ}$$

الخطوة 3 تحتاج لمولين من HF. اضرب المعادلة a والتغير في محتواها الحراري في اثنين.

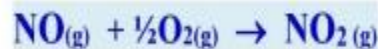
$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HF}(\text{g}) \quad \Delta H_f^\circ = 2(-273) = -546 \text{ kJ}$$

الخطوة 4 أجمع المعادلات الثلاثة والتغير في محتواهم الحراري. احذف العناصر S و H_2 .

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HF}(\text{g})$	$\Delta H_f^\circ = -546 \text{ kJ}$
$\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SF}_6(\text{g})$	$\Delta H_f^\circ = -1220 \text{ kJ}$
$\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$	$\Delta H_f^\circ = 21 \text{ kJ}$
$\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 4\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HF}(\text{g}) + \text{SF}_6(\text{g})$	$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = -1745 \text{ kJ}$

حل بعض الأمثلة المستخدمة في إيجاد حرارة التكوين

احسب حرارة التفاعل لأحتراق غاز NO لتكوين غاز NO_2 كما في المعادلة الكيميائية الحرارية التالية :



حيث : $\Delta H_f^\circ(\text{O}_2) = 0 \text{ kJ/mol}$ / $\Delta H_f^\circ(\text{NO}_2) = +33.2 \text{ kJ/mol}$ / $\Delta H_f^\circ(\text{NO}) = +90.29 \text{ kJ/mol}$

الحل

$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = \sum (\Delta H_f^\circ)_{\text{نواتج}} - \sum (\Delta H_f^\circ)_{\text{متفاعلات}}$$

♦ أولاً : نكتب معادلة الجمع لحساب ΔH ←

$$\Delta H^\circ = [\Delta H_f^\circ(\text{NO}_2)] - [\Delta H_f^\circ(\text{NO}) + \Delta H_f^\circ(\text{O}_2)]$$

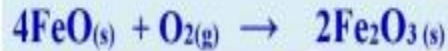
♦ ثانياً : التعويض بقيم ΔH_f° للمتفاعلات و النواتج .

$$\Delta H^\circ = [(1 \times +33.2)] - [(1 \times +90.28) + (\frac{1}{2} \times 0)]$$

$$\Delta H^\circ = -57.1 \text{ kJ}$$

لا تنسونا بالدعاء : مدرس الكيمياء بمدرسة بيت المقدس الدولية الخاصة

أوجد التغير في المحتوى الحراري من خلال حرارة التكوين ؟



حيث : $\Delta H_f^\circ (\text{O}_2) = 0 \text{ kJ/mol}$ / $\Delta H_f^\circ (\text{FeO}) = -272.0 \text{ kJ/mol}$ / $\Delta H_f^\circ (\text{Fe}_2\text{O}_3) = -824.2 \text{ kJ/mol}$

الحل

$$\Delta H_{rxn}^\circ = \sum (\Delta H_f^\circ)_{\text{نواتج}} - \sum (\Delta H_f^\circ)_{\text{متفاعلات}}$$

♦ أولاً : نكتب معادلة الجمع لحساب ΔH ←

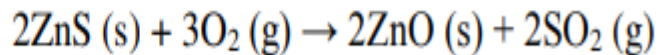
$$\Delta H^\circ = [\Delta H_f^\circ (\text{Fe}_2\text{O}_3)] - [\Delta H_f^\circ (\text{FeO}) + \Delta H_f^\circ (\text{O}_2)]$$

♦ ثانياً : التعويض بقيم ΔH_f° للمتفاعلات و النواتج .

$$\Delta H^\circ = [(2 \times -824.2)] - [(4 \times -272.0) + (1 \times 0)] \rightarrow \Delta H^\circ = -560.4 \text{ kJ}$$

أوجد التغير في المحتوى الحراري من خلال حرارة التكوين ؟

احسب ΔH° عند 25°C للتفاعل التالي :



$$\Delta H_f^\circ : -206.0 \quad 0 \quad -350.5 \quad -296.8$$

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{Prod}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{rect})$$

$$= [2\text{mol} \times (-350.5) + 2\text{mol} \times (-296.8)] - [2\text{mol} \times (-206) + 3\text{mol} (0)] = -882.6 \text{ kJ}$$

يحرق الجلوسرين بالمعادلة : $4\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N} (s) + 9\text{O}_2 (g) \rightarrow 8\text{CO}_2 (g) + 10\text{H}_2\text{O} (l) + 2\text{N}_2 (g)$
بمحتوى حراري ($\Delta H = -3857 \text{ kJ}$) فإذا كان $\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -393.5 \text{ kJ/mol}$ ، المحتوى الحراري لتكوين الماء $\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -285.8 \text{ kJ/mol}$ احسب المحتوى الحراري لتكوين الجلوسرين لكل مول ؟

$$\Delta H_{\text{التفاعل}}^\circ = \sum \Delta H_{\text{النواتج}}^\circ - \sum \Delta H_{\text{المتفاعلات}}^\circ$$

$$-3857 \text{ kJ} = [8\text{mol} (-393.5 \text{ kJ/mol}) + 10\text{mol} (-285.8 \text{ kJ/mol}) + 2\text{mol} \times 0 \text{ kJ/mol}] - [4\text{mol} (\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}) + 9\text{mol} \times 0 \text{ kJ/mol}]$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N} = (-3857 \text{ kJ} + 3148 \text{ kJ} + 2858 \text{ kJ}) / 4 \text{ mol} = -537.3 \text{ kJ/mol}$$