بسم الله الرحمن الرحيم

إسم الطالب ..... الشعبة..... رقم التسلسل.....

مذكرة مقرر كيمياء ٣ المشاركة + الواجب

الفصل الثاني

2-1 الطاقة

2-2 الحرارة

2-3 المعادلات الكيميائية الحرارية

2-4 حساب التغير في المحتوى الحراري

الطاقة والتغيرات الكيميائية

2-1 الطاقة	2-2 الحرارة
2-3 المعادلات الكيميائية الحرارية	2-4 حساب التغير في المحتوى الحراري

Energy الطاقة

عدد استخدامات الطاقة المختلفة

الطاقة :
١- طاقة الوضع :
٢- الطاقة الحركية :
قانون حفظ الطاقة :
طاقة الوضع الكيميائية :
مالمقصود بطاقة الوضع الكيميائية للبروبان $CH_3CH_2CH_3$:
الحرارة :

Measuring Heat قياس الحرارة

السعر calorie :
السعر الغذائي Calories :
الجولjoule :

واحد سعر غذائي Cal يعادل 1000 سعرcal (1k cal)

تحويل وحدات الطاقة إذا كانت وجبة إفطار مكونة من الحبوب وعصير البرتقال والحليب، تحتوي على 230 Cal من الطاقة. فعبِّر عن هذه الطاقة بوحدة الجول J.

التحويل من سعر غذائي ال جول

السعر الغذائي Cal x 1000 x 4.184

$230Cal \times 1000 \times 4.184j = 9.6 \times 10^5$ J

$1\ J = 0.2390\ cal$	$1\ cal = 4.184\ J$	$1Cal = 1Kcal$

مسائل تدريبية

1. تحتوي حبة حلوى الفواكه والشوفان على 142 Cal من الطاقة. ما مقدار هذه الطاقة بوحدة cal؟

2. يطلق تفاعل طارد للطاقة 86.5 kJ من الحرارة. ما مقدار الحرارة التي أطلقت بوحدة kcal؟

الحرارة النوعية Specific Heat

الحرارة النوعية :

الحرارة النوعية لبعض المواد عند 298k (25°C)

الماء	**الإيثانول**	**الماء(s)**	**الماء(g)**	**البرليوم**	**المغنسيوم**	**الألومنيوم**	**الإسمنت**	**الجرانيت**	**الكالسيوم**
		الإسترانشيوم	**الحديد**	**الفضة**	**الباريوم**	**الرصاص**	**الذهب**		

معادلة حساب الحرارة

q: الطاقة الحرارية المتصة أو المطلقة

c: الحرارة النوعية للمادة

m: كتلة المادة بالجرام

ΔT: التغير في درجة الحرارة (°C) أو

T النهائية – T الأولية $(T_f - T_i)$

$$q = c \times m \times \Delta T$$

إذا تعرضت مجموعة من المواد (حديد ، إسمنت ، الومنيوم ، ماء) درجة حرارتها الأولية 5 C لمصدر للطاقة فإذا كانت كتلة كل مادة 1000g وكانت الطاقة الممتصة 50000 J فاحسب درجة الحلرارة النهائية لكل مادة

$$\Delta T(T_f - T_i) = q / c \times m$$

$$T_F = (q / c \times m) + Ti$$

الحديد	Tf =(50000 J / 0.449 J/g.c x 1000g) + 5 c = 116.4 c
الإسمنت	Tf = (50000 J / 0.84 J/g.c x 1000g) + 5 c = 64.5 c
الومنيوم	Tf = (50000J / 0.897J/g.c x 1000g) + 5 c = 60. 74 c
الماء	Tf = (50000 J /4.184J/g.c x 1000g) + 5 c = 17 c

من خلال المثال السابق يتضح العلاقة العكسية بين مقدارالتغير في درجة الحرارة وقيمة الحرارة النوعية

إرجع لجدول الحرارة النوعية ورتب المواد التالية تصاعديا حسب درجة حرارتها إذا تعرضت لنفس مصدر الطاقة (ذهب ، فضة ، حديد ، الومنيوم)

حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناطحات السحاب تترك فراغات بين الدعامات الفولاذية لكي تتمدد وتنكمش عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة. إذا تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد كتلتها 10.0 g من 50.4 °C إلى 25 °C وانطلقت كمية من الحرارة مقدارها 114 J، فما الحرارة النوعية للحديد؟

$$\Delta T = 50.4\ ^\circ C - 25.0\ ^\circ C = 25.4\ ^\circ C$$

$$q = c \times m \times \Delta T$$

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$c = \frac{114\ J}{10.0\ g \times 25.4^\circ C)}$$

$$c = 0.449\ J/g{\cdot}^\circ C$$

مسائل تدريبية

4. إذا ارتفعت درجة حرارة 34.4 g من الإيثانول من 25 °C إلى 78.8 °C، فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول؟

5. سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g من 25 °C إلى 40.0 °C فامتصت 5696 J من الطاقة. ما الحرارة النوعية للمادة؟

6. **تحدَ** قطعة من الذهب النقي كتلتها 4.50 g، امتصت 276 J من الحرارة، وكانت درجة حرارتها الأولية 25 °C. ما درجة حرارتها النهائية؟

التقويم 2-1

ميّز بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة التالية: مغناطيسين منفصلين؛ انهيار ثلجي؛ كتب موضوعة على رفوف ؛ نهر؛ سباق سيارات؛ فصل الشحنات في بطارية.

احسب كمية الحرارة الممتصة عند تسخين 50.0 g ألومنيوم من درجة حرارة 25 °C إلى درجة حرارة 95.0° C ، علمًا أن الحرارة النوعية للألومنيوم 0.897 J /g °C.

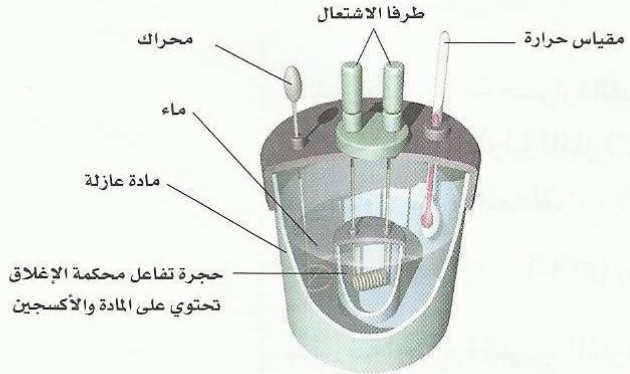
تفسير البيانات وضعت كتل متساوية من الألومنيوم والذهب والحديد والفضة تحت أشعة الشمس في الوقت نفسه ولفترة زمنية محددة. استعمل **الجدول 2-2** لترتيب الفلزات الأربعة وفق ازدياد درجات حرارتها من الأعلى إلى الأقل.

الحرارة Heat

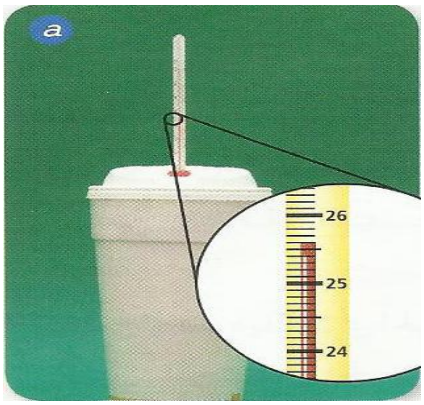
الفكرة الرئيسة التغيُّر في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.

المسعر	
الكيمياء الحرارية	
النظام	
المحيط	
الكون	
المحتوى الحراري	
المحتوى الحراري للتفاعل	

الشكل 2-4 وضعت عينة في حجرة فولاذية داخلية تدعى القنبلة مملوءة بالأكسجين المضغوط ضغطًا عاليًا. وحول القنبلة كمية معلومة من الماء تحرك بمحراك قليل الاحتكاك للمحافظة على درجة حرارة منتظمة. بدأ التفاعل بشرارة، وسجلت درجة الحرارة حتى وصلت إلى أقصاها.

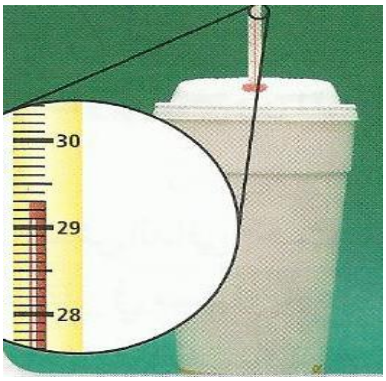


مسعر التفجير (القنبلة)



c . ينقل الفلز الحرارة إلى الماء حتى تتساوى درجة حرارة الفلز والماء. وكانت درجة الحرارة النهائية 29.30°C.

b . سخّنت قطعة من فلز مجهول كتلتها 50.0 g حتى أصبحت درجة حرارتها 115.0°C، ثم وضعت في المسعر



الشكل 2-5 a. سجلت درجة الحرارة الأولية 25.60°C لـ 125 g من الماء في المسعر.

وسنفرق بين كمية الحرارة المفقودة أو الممتصة، بإشارة سالب (-) لكمية الحرارة المفقودة (المنطلقة)، وإشارة موجب(+) لكمية الحرارة الممتصة.

كمية الحرارة المفقودة من قبل الجسم الساخن (المعدن) = - (كمية الحرارة المكتسبة من قبل الجسم البارد (الماء))

كمية الحرارة التي اكتسبها الماء

$$q_{water} = 4.184\ J/(g\cdot°C) \times 125\ g \times (29.30°C - 25.60°C)$$

$$q_{water} = 1940\ J$$

إنّ كميـة الحـرارة التي اكتسـبها الماء 1940 J تساوي كمية الحرارة التي فقـدها الفـلز

$$q_{metal} = -\ q_{H_2O}$$

$$q_{metal} = _\ 1940\ J$$

$$c_{metal} \times m \times \Delta T = _\ 1940\ J$$

C metal = - 1940 J / m x ΔT

= - 1940 J / 50g x - 85.7 c

= 0.453 J/g.c

بالرجوع إلى جدول الحرارة النوعية نجد ان الفلز هو الحديد

الطريقة السابقة هي الطريقة العملية لحساب الحرارة النوعية للفلزات بإستخدام جهاز المسعر

إذا أضيفت كتلة من معدن ما مقدارها (25 g) عند درجة حرارة (90 °C) الى (50 g) من الماء عند درجة حرارة (25 °C)، فإن درجة حرارة الماء ترتفع الى (29.8 °C). فإذا علمت أن الحرارة النوعية للماء تساوي (4.184 J/g. °C) فاحسب الحرارة النوعية للمعدن.

$$(S \times m \times \Delta t)_{metal} = -\ (S \times m \times \Delta t)_{H_2O} \qquad q_{metal} = -\ q_{H_2O}$$

$$S_{metal} = \frac{-(S \times m \times \Delta t)_{H_2O}}{(m \times \Delta t)_{metal}} =$$

$$S_{metal} = \frac{-\left[(4.184\ J/g\ °C) \times (50\ g) \times (29.8 - 25°C)\right]_{H_2O}}{\left[(25\ g) \times (29.8 - 90\ °C)\right]_{metal}}$$

$$S_{metal} = \frac{-\left[1004.16\right]}{-\left[1505\right]} = 0.667\ J/g\ °C$$

وضع 9.25 g من الفضة (Ag) عند 50 ºC مع 30 g من الماء عند 20 ºC، فإذا كانت الحرارة النهائية للمزيج 20.5 ºC فاحسب :

الحرارة النوعية للفضة.

مسائل تدريبية

12. عينة من فلز كتلتها 90.0 g امتصت 25.6 J من الحرارة عندما ازدادت درجة حرارتها 1.18°C. ما الحرارة النوعية للفلز؟

13. ارتفعت درجة حرارة عينة من الماء من 20.0°C إلى 46.6°C عند امتصاصها 5650 J من الحرارة. ما كتلة العينة؟

14. ما كمية الحرارة التي تكتسبها صخرة من الجرانيت كتلتها 2.00×10^{3} g إذا ارتفعت درجة حرارتها من 10.0°C إلى 29.0°C، إذا علمت أن الحرارة النوعية للجرانيت 0.803 J/(g.°C)؟

15. تحدٍّ إذا فقدت 335 g من الماء، عند درجة حرارة 65.5°C كمية حرارة مقدارها 9750 J، فما درجة الحرارة النهائية للماء؟

الطاقة الكيميائية والكون

الكون =	النظام +	المحيط
	جزء من الكون يحتوي على التفاعل	جزء من الكون يحيط بالنظام

تفاعل الكمادة الدافئة	4 Fe (S) + 3O2 (g) ⟶ 2Fe2O3 (S) + 1625KJ برادة الحديد مع غاز الأكسجين تفاعل طارد للحرارة يستخدم في صناعة الكمادات الدافئة في الكمادة الدافئة (تفاعل طارد للحرارة) تنتقل الحرارة من النظام (الكمادة) إلى المحيط (اليدين)

الكمادة الباردة	2 NH4 SCN + Ba (OH)2 ----------> Ba(SCN)2 + 2 NH4OH ثيوسيانات الأمونيوم مع هيدروكسيد الباريوم تفاعل ماص للحرارة يستخدم في صناعة الكمادات الباردة حيث تنتقل الحرارة من المحيط (الجزء المصاب) إلى النظام (الكمادة) مثال آخر للكمادة الباردة ذوبان نترات الأمونيوم في الماء NH4NO3(S) + H2O⟶ NH4+(aq) + NO3(aq)

المحتوى الحراري H	المحتوى الحراري للنظام تحت ضغط ثابت ،(الطاقة المختزنة في مول واحد من المادة وهو لايمكن قياسه .
التغير في المحتوى الحراري ΔH_{rxn}	وهو المحتوى الحراري للنواتج – المحتوى الحراري للمتفاعلات (يمكن قياسه)

إشارة المحتوى الحراري للتفاعل

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H_{rxn} = -1625\ kJ$$

التفاعل طارد للحرارة (الإشارة سالبة) H للمتفاعلات أكبر من H للتواتج

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} \quad \Delta H_{rxn} = 27\ kJ$$

التفاعل ماص للحرارة (الإشارة موجبة) H للمتفاعلات أقل من H للتواتج

المعادلات الكيميائية الحرارية

تكتب المعادلة الكيميائية الحرارية في صورة معادلة كيميائية موزونة تشتمل على الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة، والتغير في الطاقة، والذي يعبّر عنه عادة بأنه تغير في المحتوى الحراري، ΔH.

حرارة الإحتراق ΔH_{comb}	المحتوى الحراري الناتج من حرق 1mol من المادة إحتراقا كاملا أنظر الجدول 3 – 2 (حرارة الإحتراق عملية طاردة للحرارة لذلك إشارة ΔH سالبة)

تغيرات الحالة Changes of State

حرارة التبخر المولارية vaporization (ΔH_{vap})	كمية الحرارة اللازمة لتبخر 1mol من المادة السائلة H2O(l) H2O(g) ΔH_{vap} = 40.7kJ
حرارة الإنصهار المولارية fusion (ΔH_{fus})	كمية الحرارة اللازمة لصهر 1mol من المادة الصلبة H2O(s) H2O(l) ΔH_{fus} = 6.01kJ

انظر الجدول 4 – 2 ص 66 (حرارة التبخر والإنصهار عمليتان ماصة للحرارة لذلك إشارة ΔH موجبة)

حرارة التكثف المولارية condensation (ΔH_{cond})	كمية الحرارة الناتجة من تكثف 1mol من المادة السائلة H2O(g) H2O(l) ΔH_{cond} = - 40.7kJ
حرارة التجمد المولارية Solid (ΔH_{solid})	كمية الحرارة الناتجة من تجمد 1mol من المادة السائلة H2O(l) H2O(s) ΔH_{solid} = - 6.01kJ

انظر الجدول 4 – 2 ص 66 (حرارة التكثف وحرارة التجمد (طاردة للحرارة)= حرارة التبخر والإنصهار في القيمة وتعاكسها في الإشارة (-)

يستغل المزارعون الحرارة المنطلقة من تجمد الماء في حماية محاصيلهم من التلف حيث يغمرونها بالماء في الليلة التي تسبق التجمد

انظر الجدول 3 – 2 ص 66 وإحسب كمية الحرارة الناتجة من حرق 3mol من الميثان في الظروف القياسية	
$1\ mol\ CH_4 \longrightarrow -890\ kJ$ $3\ mol\ CH_4 \longrightarrow \Delta H$	$\Delta H = \frac{3\ mol \times (-890\ kJ)}{1\ mol} = -2670\ kJ$

انظر الجدول 3 – 2 ص 66 وإحسب كمية الحرارة الناتجة من حرق 100g من سكر المائدة (الكتل الذرية1 H = 1 / C = 12 /O = 16)	

مسائل تدريبية

23. احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره. استعن في الجدول 4–2 .

24. ما كمية الحرارة المنطلقة عن تكثف 275g من غاز الأمونيا إلى سائل عند درجة غليانه؟ استعن في الجدول 4–2

25. تحدَّ ما كتلة الميثان CH_4 التي يجب احتراقها لإطلاق 12.880 kJ من الحرارة؟ استعن في الجدول 3–2 .

حساب التغير في المحتوى الحراري

قانون هس Hess's Law

"حرارة التفاعل الكلية لتفاعل كيميائي معين تساوي قيمة ثابتة سواء حدث التفاعل مباشرة خلال خطوة واحدة أو خلال عدد من الخطوات".

تعريف آخر

على أنه إذا كنت تستطيع أن تجمع معادلتين كيميائيتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية لتفاعل ما كان مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية مساويًا لتغير المحتوى الحراري للتفاعل النهائي.

يستخدم قانون هيس لحساب كمية الحرارة المصاحبة حيث يتعذر قياسها مخبرياً بسبب :

١) بطء شديد للتفاعل بحيث تتعذر دراسته.

٢) أو حدوث تفاعلات جانبية تنتج مواد غير مرغوب فيها بجانب المواد المطلوبة.

احسب حرارة التفاعل التالي : $\Delta H^\circ = ?$ $\quad C\ (graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$

إذا علمت التفاعلات التالية :

1.....$C\ (graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H_1^\circ = -393.5\ kJ$

2.....$H_2(g) + 1/2O_2(g) \longrightarrow H_2O(L)$ $\quad \Delta H_2^\circ = -285.9\ kJ$

3.....$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(L)$ $\quad \Delta H_3^\circ = -890\ kJ$

الحل

لا يمكن قياس التغير في الإنثالبي مباشرة للتفاعل :

$$C\ (graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$$

لأن تفاعل الكربون والهيدروجين ينتج عنهما خليط من مركبات الهيدروكربون، ولكن يمكن إيجاد ΔH° لهذا التفاعل من تفاعلات الإحتراق السابقة التي يمكن قياس تغيرات الإنثالبي لها عند الظروف القياسية. ونحاول أن نجري بعض التعديلات على تلك المعادلات ليعطي مجموعها في النهاية المعادلة :

$$C\ (graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$$

التعديل	التفاعلات قبل التعديل	ΔH	التفاعلات بعد التعديلات	ΔH
لا تعديل	$C\ (graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$	- 393.5	$C(graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$	- 393.5
تضرب بالمعامل 2	$H_2(g) + 1/2O_2(g) \longrightarrow H_2O(L)$	- 285.9	$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(L)$	- 571.8
يعكس التفاعل	$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(L)$	- 890	$CO_2(g) + 2H_2O(L) \longrightarrow CH_4(g) + 2O_2(g)$	+ 890
المجموع	المجموع ⟶		$C(graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$	- 75.3

ومن جمع المعادلات (١، ٢، ٣) بعد إجراء التعديلات عليها واللازمة لتعطي المعادلة المطلوب حساب حرارة التفاعل لها، فإن حرارة التفاعل المطلوبة هي (- 75.3 kJ) :

$$C(graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H^\circ = -75.3\ kJ$$

احسب طاقة التفاعل التالي : $\Delta H = ?$ $2S\,(S) + 3O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$

علماً بأن :

1. $S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$ $\Delta H = -297\ kJ$
2. $2SO_3(g) \longrightarrow 2SO_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H = -198\ kJ$

الحل:

التعديل	التفاعلات قبل التعديل	ΔH	التفاعلات بعد التعديل	ΔH
ضرب في 2	S(s) + O2(g) ⟶ SO2(g)	-297kj	2S(s) +2 O2(g) ⟶ 2 SO2(g)	2(-297KJ)
عكس التفاعل	2SO3(g) ⟶ 2SO2(g) + O2(g)	-198kj	2SO2(g) + O2 ⟶ 2SO3	+198KJ
المجموع	⟶	⟶	2S(s) + 3O2(g) ⟶ 2SO3(g)	-396kj

قانون هس: استعمل المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b أدناه لإيجاد ΔH لتحلّل بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2، وهو مركب له عدة استعمالات، منها إزالة لون الشعر، وتزويد محركات الصواريخ بالطاقة.

$$2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

$$a.\ 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -572\ kJ$$

$$b.\ H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{2(l)} \qquad \Delta H = -188\ kJ$$

التعديل	التفاعلات قبل التعديل	ΔH	التفاعلات بعد التعديل	ΔH
لا تعديل	2H2(g) + O2(g) ⟶ 2H2O(g)	- 572kj	2H2(g) + O2(g) ⟶ 2H2O(g)	- 572kj
يعكس التفاعل ويضرب في 2	H2(g) + O2(g) ⟶ H2O2(l)	-188kj	2H2O2(g) ⟶ 2H2(g) + 2O2(g)	2(188kj)
المجموع	⟶	⟶	2H2O2(l) ⟶ 2H2O(l) +O2(g)	-196kj

مسائل تدريبية

32. استعمل المعادلتين a و b لإيجاد ΔH للتفاعل الآتي:

$$2CO_{(g)} + 2NO_{(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + N_{2(g)} \qquad \Delta H = ?$$

$$a.\ 2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -566.0\ kJ$$

$$b.\ N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} \qquad \Delta H = -180.6\ kJ$$

حرارة التكوين القياسية

حـرارة التكوين القياسـية ΔH_f°

التغـير في المحتـوى الحـراري الـذي يرافـق تكويـن مـول واحد مـن المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية.

تعرف حرارة التكوين (ΔH_f°) **بأنها** حرارة التفاعل أو التغير في الإنثالبي (المنطلقة أو الممتصة) عندما يتكون مول واحد من مادة ما من عناصرها الأولية وهي في حالتها القياسية. ووحدتها kJ/mol

ولقد اتفق أن قيم (ΔH_f°) **لجميع العناصر في حالتها القياسية تساوي صفراً.**

الحالة القياسية للمادة تعني (25 °C = 298 K)، والضغط (1 atm = 76 cm Hg)

يمكن كتابة معادلة التكوين لأي مادة بشروط منها :

١) المادة الناتجة هي فقط مول من المادة المراد إيجاد حرارة التكوين لها.

٢) المواد المتفاعلة هي العناصر المكونة للمادة المراد إيجاد حرارة التكوين لها. بشرط أن تكون هذه العناصر في الحالة القياسية.

فمثلاً لا يمكن استخدام التفاعل التالي لحساب حرارة التكوين لـ CO

$$C(g) + 1/2O_2(g) \longrightarrow CO(g)$$

وذلك لأن الكربون في حالته الطبيعية يكون في حالة صلبة وليست غازية.

أنظر جدول 5 – 2 ص 75

حساب حرارة التفاعل ΔH_{rxn} بإستخدام حرارة التكوين ΔH_f

معادلة التجميع

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \Sigma \Delta H^\circ_f(\text{المتفاعلات})$$

ΔH°_{rxn} تمثل حرارة التفاعل القياسية، و Σ تمثل مجموع الحدود.

استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} لتفاعل احتراق الميثان.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \Delta H^\circ_f(\text{المتفاعلات})$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [\Delta H^\circ_f(CO_2) + (2)\Delta H^\circ_f(H_2O)] - [\Delta H^\circ_f(CH_4) + (2)\Delta H^\circ_f(O_2)]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [-966kJ] - [-75kJ] = -966kJ + 75kJ = -891kJ$$