القسم الثالث : المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة الرئيسية للمعادلة الكيميائية الحرارية : تُعبر عن مقدار الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية .

المعادلة الكيميائية الحرارية : معادلة **كيميائية موزونة** تتضمن **الحالات الفيزيائية** لجميع المواد المتفاعلة والناتجة **وتغير الطاقة (التغير في المحتوى الحراري)(ΔH)**

كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية : على صورتين

صورة المعادلة / نوع التفاعل	أ – بدلالة الحرارة المصاحبة	ب – بدلالة ΔH
طارد للحرارة	$4F_{2(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 1625\ KJ$	$4F_{2(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}\ ,\ \Delta H = -1625\ KJ$
ماص للحرارة	$NH_4NO_{3(s)} + 27\ kj \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$	$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}\ ,\ \Delta H = +27\ kj$

س : أكمل الجدول التالي :

التفاعل بدلالة الحرارة المصاحبة	نوع التفاعل (طارد أم ماص)	التفاعل بدلالة ΔH	نوع التفاعل (طارد أم ماص)
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(s)} + 393.51\ Kj$			
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + 890.31\ Kj$			
$CaCO_{3(s)} + 176Kj \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$			
$H_2O_{(l)} + 44.02\ Kj \rightarrow H_2O_{(g)}$			

س : أعد كتابة كل من المعادلات التالية ، مضّمناً قيمة ΔH في جانب النواتج أو المتفاعلات ، وحدد نوعية المتفاعل (طارد أم ماص)

التفاعل بمعلومية ΔH	التفاعل بمعلومية الحرارة المصاحبة جهة النواتج أو المتفاعلات	نوع التفاعل (طارد أم ماص)
$2SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}\ ,\ \Delta H = -197.8Kj$	$2SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} + 197.8Kj$	طارد
	$2NO_{2(g)} + 114.2Kj \rightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$	
$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_{2(g)}\ \Delta H = -1411.0Kj$		

س - أ : حدد لكل من المعادلات التالية قيمة ΔH ، ونوعية التفاعل (طارد أم ماص) للحرارة

التفاعل	قيمة ΔH	نوع التفاعل (طارد أم ماص)
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(s)} + 393.51\ Kj$		
$N_{2(g)} + ½\ O_{2(g)} + 82.1kj \rightarrow N_2O_{(g)}$		

س - ب : أعد كتابة كل من المعادلات التالية ، مضّمناً قيمة ΔH في جانب النواتج أو المتفاعلات ، وحدد نوعية المتفاعل (طارد أم ماص)

التفاعل بمعلومية ΔH	التفاعل بمعلومية الحرارة المصاحبة جهة النواتج أو المتفاعلات	نوع التفاعل (طارد أم ماص)
$2SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$, $\Delta H = -197.8Kj$	$2SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} + 197.8Kj$	
$2NO_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$, $\Delta H = +114.2Kj$	$2NO_{2(g)} + 114.2Kj \rightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$	
$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -1411Kj$	$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_{2(g)} + 1411.0Kj$	
$H_{2(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, $\Delta H^0 = -285.83\ kJ$	$H_{2(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + 285.83\ kJ$	
$H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$, $\triangle H = -241.8Kj / mol$	$H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + 241.8Kj / mol$	
$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$, $\Delta H^0 = -1200kJ$	----------	
$I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$, $\Delta H^0 = +62.4\ kJ$	----------	
$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$, $\Delta H^0 = -24.7\ kJ$	$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 24.7\ kJ$	
$N_{2(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$; $\triangle H = +180.5\ kJ$	----------	
----------	$CaCO_{3(s)} + 176Kj \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	
----------	$H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + 44.02\ Kj$	

	$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + 890.31\ Kj$	

س : أي التفاعلات السابقة يُنتج أعلى طاقة ؟

ملاحظات هامة على المعادلات الكيميائية الحرارية

1 ✍ عند عكس التفاعل ، تُعكس اشارة ΔH .

$2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)}$; $\triangle H = -180.5$ kJ ☜ $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$; $\triangle H = +180.5$ kJ

2 ✍ عند الحاجة يمكن كتابة المعاملات في صورة كسور ، وليس بالضرورة أعداد صحيحة .

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + 285.8kj$ // $\frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} I_{2(g)} \rightarrow HI_{(g)}$

3 ✍ التغير في المحتوى الحراري ΔH تتناسب طردياً مع عدد مولات المواد الخاضعة للتغير .

$H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ $\triangle H = -285.8kj$

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$ $\triangle H = -571.6kj$

4 ✍ قيمة ΔH للطاقة لا تتأثر عادةً بتغير درجة الحرارة .

5 ✍ المعاملات في المعادلات الكيميائية الحرارية تمثل عدد مولات المتفاعلات والنواتج فقط ، ولا تمثل عدد الجزيئات .

6 ✍ الحالات الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج هامة جدا يجب ذكرها في المعادلة الكيميائية الحرارية.

ما معنى تفاعل حراري تحت درجة حرارة وضغط ثابتين ؟

المعنى : أن ظروف التفاعل الإبتدائية والنهائية دون تغير .

التعامل الرياضي مع المعادلات الكيميائية الحرارية

يمكن التعامل مع المعادلة الكيميائية الحرارية على أنها معادلة رياضية.

مثال :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \leftrightarrows H_2O_{(g)} \; ; \; \triangle H = -285.8 \text{ Kj}$$

× ½ (بقسمة التفاعل ÷ 2) × 2 (بضرب التفاعل × 2)

$\frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{4} O_{2(g)} \rightarrow \frac{1}{2} H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -142.9$ kj

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -571.6$ kj

تدريب : في التفاعل التالي : $2SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} + 197.8Kj$

اكتب التفاعل بدلالة ΔH : ----------

نوع التفاعل : ----------

اضرب التفاعل في 2 : ----------

اضرب التفاعل في ¾ : ----------

اقسم التفاعل على 2 : ----------

اعكس التفاعل : ----------

تدريب : في التفاعل التالي : $N_{2(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2NO_{\,(g)} \; ; \triangle H = +180.5$ kJ

اكتب التفاعل بدلالة الحرارة المصاحبة : ----------

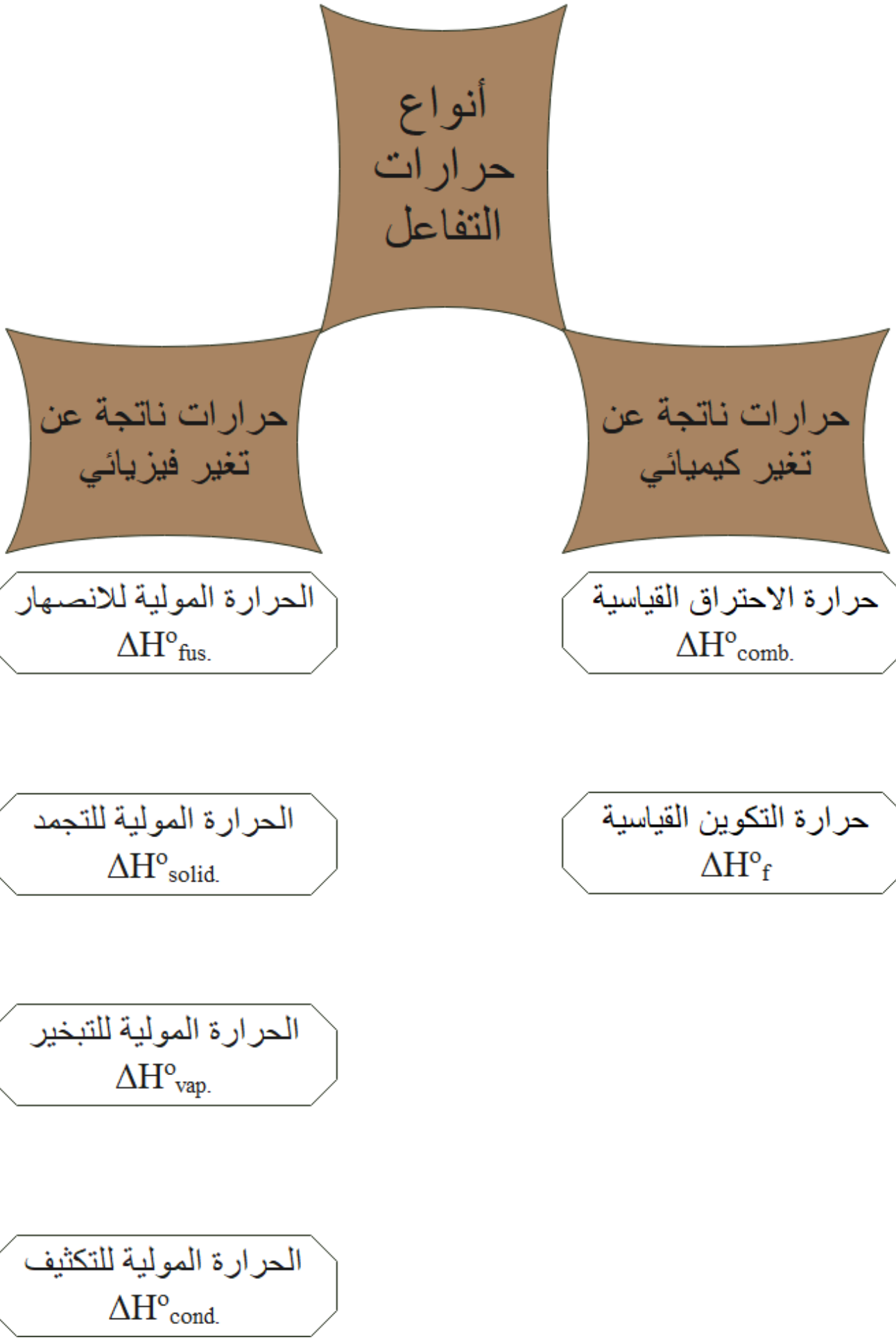
نوع التفاعل : ----------

اضرب التفاعل في 2 : ----------

اضرب التفاعل في ¾ : ----------

اقسم التفاعل على 2 : ----------

اعكس التفاعل : ----------


أنواع حرارات التفاعل
حرارات ناتجة عن تغير كيميائي
حرارات ناتجة عن تغير فيزيائي
حرارة الاحتراق القياسية
$\Delta H^{o}_{comb.}$
حرارة التكوين القياسية
ΔH^{o}_{f}
الحرارة المولية للانصهار
$\Delta H^{o}_{fus.}$
الحرارة المولية للتجمد
$\Delta H^{o}_{solid.}$
الحرارة المولية للتبخير
$\Delta H^{o}_{vap.}$
الحرارة المولية للتكثيف
$\Delta H^{o}_{cond.}$

حرارة الاحتراق القياسية $\Delta H^{o}_{comb.}$

تفاعلات الاحتراق

الاحتراق هو تفاعل الوقود مع الأكسجين لانتاج طاقة

أمثلة :

1 - في تدفئة المنزل وطهو الطعام:غاز الميثان يحترق المول منه منتجاً 891kj من الطاقة الحرارية: $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 891kj$

2 - تشغيل المركبات (السيارات – السفن – الشاحنات) : احتراق الجازولين

ويتكون الجازولين غالباً من الأوكتان C_8H_{18} ، واحتراق 1mol من الأوكتان ينتج 5471 kj من الحرارة

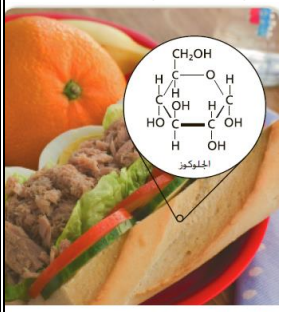
$$C_8H_{18(l)} + 25/2\ O_{2(g)} \rightarrow 8\ CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)} + 5471kj$$

3 - رفع مكوك الفضاء :يتفاعل الهيدروجين والأكسجين لتوفير الطاقة اللازمة لرفع مكوك الفضاء إلى ارتفاعات شاهقة في الفضاء .

$$H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + 286\ kj$$

4 - في النظم البيولوجية : الطعام هو الوقود اللازم للاحتراق .

مثال : **بعض الأغذية العديدة** التي تحتوي على جلوكوز + أغذية أخرى تحتوي على كربوهيدرات والتي تتحول بدورها إلى جلوكوز داخل جسمك .



شكل 11 تعتبر هذه الأطعمة وقودًا للجسم. إنها توفر الجلوكوز الذي يتم حرقه لإنتاج 2808 kJ/mol للقيام بأنشطة الحياة اليومية.

حرارة الاحتراق القياسية $\Delta H^{o}_{comb.}$ enthalpy (heat) of combustion

هي التغير في المحتوى الحراري (كمية الحرارة الناتجة) عند احتراق 1 mol من المادة في حالتها القياسية احتراقاً كاملاً .

الحالة القياسية للمادة(^{o}) : هي الحالة الفيزيائية للمادة في الظروف القياسية (298K/25^{o}c , 1 atm)

ملاحظة : يجب عدم الخلط بين الظروف القياسية ، وبين درجة الحرارة والضغط القياسيين STP (273K/ 0^{0}C / 1 atm).

شروط حرارة الاحتراق القياسية :
1 – 1mol من المادة المحترقة
2 – وفرة من الأكسجين لضمان الاحتراق التام
3 – إشارة ΔH سالبة أو الحرارة مصاحبة للنواتج

الجدول 3-2	حرارة الاحتراق القياسية	
المادة	الصيغة الكيميائية	ΔH^o comb(KJ / mol)
السكروز(سكر المائدة)	$C_{12}H_{22}O_{11(s)}$	-5644
الأوكتان(أحد مكونات البنزين)	$C_8H_{18\ (l)}$	-5471
الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفواكه)	$C_6H_{12}O_{6(s)}$	-2808
الميثان(وقود غازي)	$CH_{4\ (g)}$	-891
الإيثان	$C_2H_{6(g)}$	-1560
البروبان (وقود غازي)	$C_3H_{8\ (g)}$	-2219
البيوتان	$C_4H_{10(g)}$	2880

س71 : كيفية كتابة معادلات الاحتراق مشتملة على حرارة الاحتراق القياسية :بالاستعانة بجدول حرارة الاحتراق

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

$C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} \rightarrow$

$C_3H_{8(g)} + O_{2(g)} \rightarrow$

$C_4H_{10(g)} + O_{2(g)} \rightarrow$

$C_8H_{18(g)} + O_{2(g)} \rightarrow$

$C_6H_{12}O_{6(s)} + O_{2(g)} \rightarrow$

$C_{12}H_{22}O_{11(s)} + O_{2(g)} \rightarrow$

☜**في التفاعل التالي :** $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$, $\Delta H^o = -891$ kj/mol

القيمة 891 kj/mol تسمى بـ " حرارة ---------- "

وتسمى أيضا بـ " حرارة ---------- " بسبب : ---------- ، ---------- ، ----------

☜**في التفاعل التالي :** $2CH_{4(g)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$, $\Delta H^o = -1782$ kj/mol

القيمة 1782 kj/mol تسمى بـ " حرارة التفاعل " (✓ أم ✗)

وتسمى أيضا بـ " حرارة الإحتراق " (✓ أم ✗) بسبب : ----------

حرارة الإحتراق = ----------

يمكن أن تسمى بـ " ---------- حرارة الاحتراق "

☜**تخير : في التفاعل التالي :** $2CH_{4(g)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$, $\Delta H^o = -1782$ kj/mol

أ – حرارة التفاعل = حرارة الاحتراق

ب – حرارة التفاعل = ثلاثة أمثال حرارة الاحتراق

ج – حرارة التفاعل = ضعف حرارة الاحتراق

د – لا يمكن حساب قيمة حرارة الاحتراق

☜**تخير : الحرارة في التفاعل التالي :** $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ NO_{(g)}$, $\Delta H^o = +180$ kj **تمثل :**

أ – حرارة التفاعل

ب – حرارة التفاعل = ثلاثة أمثال حرارة الاحتراق

ج – حرارة الاحتراق

د – يمكن حساب قيمة حرارة الاحتراق

$2C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$, $\Delta H^o = -788$ KJ

ضع (✓ أم ✗) : أ – التفاعل يمثل تفاعل (معادلة)احتراق ( )

ب – الحرارة الناتجة تمثل حرارة التفاعل ( )

ج - الحرارة الناتجة تمثل حرارة احتراق ( )

د - الحرارة الناتجة تمثل ضعف حرارة الاحتراق ( )

هـ - حرارة التفاعل = حرارة الاحتراق ( )

و - حرارة التفاعل = ضعف حرارة الاحتراق ( )

ل - حرارة الاحتراق = - 394 KJ ( )

م - حرارة الاحتراق **الناتجة** = 394 KJ ( )

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\Delta H^o_{----} = -394$ KJ

ضع (✓ أم ✗) : أ – التفاعل يمثل تفاعل (معادلة)احتراق ( )

ب – الحرارة الناتجة تمثل حرارة التفاعل ( )

ج - الحرارة الناتجة تمثل حرارة احتراق ( )

د - الحرارة الناتجة تمثل ضعف حرارة الاحتراق ( )

هـ - حرارة التفاعل = حرارة الاحتراق ( )

و - حرارة التفاعل = ضعف حرارة الاحتراق ( )

ل - حرارة الاحتراق = - 394 KJ ( )

م - حرارة الاحتراق **الناتجة** = 394 KJ ( )

مسائل حرارة الاحتراق

القانون المستخدم

معامل تحويل هام

س26 : اكتب معادلة كيميائية حرارية كاملة لاحتراق الإيثانول C_2H_5OH إذا علمت أن ΔH^O_{comb} = -1367 kj/mol ثم أجب عما يليها

1 - المعادلة الكيميائية الحرارية : ----------

2 – كم كيلوجول ينتج عند استخدام 2 مول من الايثانول

3 – كم كيلوجول ينتج عند استخدام 25 جرام من الايثانول

4 – كم كيلوجول ينتج عند استخدام 0.5 كيلوجرام من الايثانول

5 – كم جول ينتج عند احتراق 0.5 كيلوجرام من الايثانول

6 – كم سعر حراري ينتج عند استخدام 0.5 مول من الايثانول

7 – كم سعر حراري ينتج عند استخدام 20 g من الايثانول

8 – كم سعر حراري ينتج عند استخدام 20 mg من الايثانول

9 – كم كيلوكالوري ينتج عند احتراق 4 مول من الايثانول

10 – كم سعرغذائي ينتج عند احتراق 0.5 كيلوجرام من الايثانول

11 – كم جرام من الايثانول يلزم لانتاج 150kj من الطاقة

12 – كم mol من الايثانول يلزم لانتاج 5100kj من الطاقة

13 – كم kg من الايثانول يلزم لانتاج 5×10^5 kj من الطاقة

14 – كم Ton من الايثانول يلزم لانتاج 5×10^{20} kj من الطاقة

ملاحظة هامة : نحصل علي قيم حرارة الاحتراق من إحدى المعلومات التالية :

أ – من معادلة الاحتراق : $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$, $\Delta H^o = -891$ kj/mol

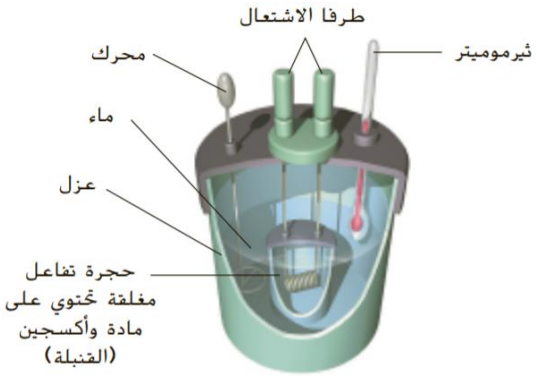
ب – من تعبير : $\Delta H^o_{comb.} = -891$ kj/mol

ج – من النص : حرارة احتراق الميثان = -891 kj/mol

الجهاز المستخدم لحساب حرارة الاحتراق هو : ----------

مسألة 4 – 2 : الحرارة المنطلقة من تفاعل : يُستعمل المسعر في قياس الحرارة الناتجة من تفاعلات الاحتراق ، إذ يتم التفاعل في حجم ثابت يحوي أكسجيناً مضغوطاً ضغطاً عالياً . ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 54.0g جلوكوز $C_6H_{12}O_6$ حسب المعادلة التالية :

$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -2808$KJ (842 kj)



مسعر احتراق

س85 : الشواء : ما كتلة البروبان C_3H_8 التي يجب حرقها في مشواه لكي تطلق 4560KJ من الحرارة ؟ إذا علمت أن ΔH_{comb} للبروبان تساوي -2219KJ/mol (90.60g)

س29 : احسب كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق 206g من غاز الهيدروجين ، ΔH^O comb = -286 kj/mol (29458 kj)

3 – احسب الحرارة الناتجة عن احتراق 50g من الهيدروجين إذا علمت أن طاقة احتراق الهيدروجين H_2 تساوي -286 KJ

2 – احسب الحرارة الناتجة عن احتراق 25g من الايثانول إذا علمت أن طاقة احتراق الايثانول C_2H_5OH تساوي 1367KJ-:

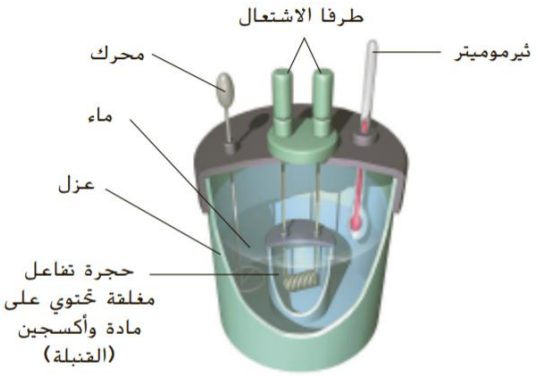
742.93 KJ– 4 1.15KJ – 3 -742.9KJ - 2 742.9KJ – 1

س86 : التسخين بالفحم : ما كمية الحرارة التي تنطلق عند احتراق 5.0Kg من الفحم إذا كانت نسبة كتلة الكربون فيه 96.2% ، والمواد الأخرى التي يحتويها الفحم لا تتفاعل ؟ ΔH_{comb} للكربون يساوي -394kj/mol (-158000kj)

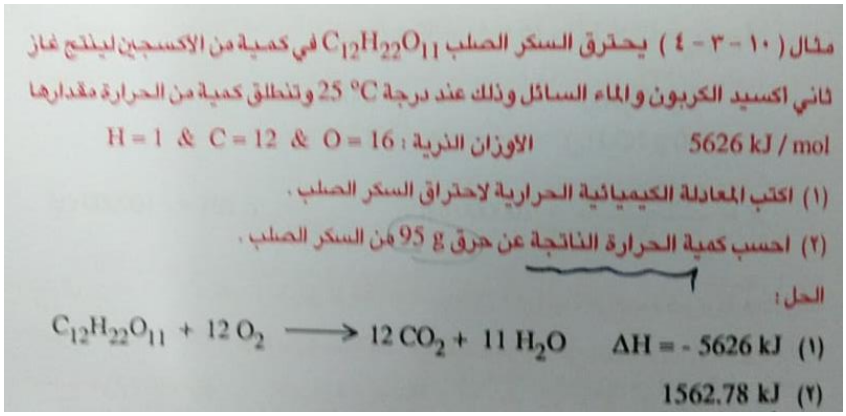
1 – اذا علمت أن الحرارة الناتجة عن احتراق 1g من الميثانول تساوي 27.8 kj ،فإن حرارة احتراق الميثانولCH_3OH تساوي :

0.87KJ – 4 1.15KJ – 3 -889.6KJ - 2 889.6KJ – 1

مسألة : عينة من السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ كتلتها 2.5g ، تم حرقها في مسعر الاحتراق المحتوي على 2.5Kg من الماء . فزادت درجة حرارة الماء من 20.50^oc إلى $25.01^o C$. احسب حرارة الاحتراق المولارية للسكروز.



مسعر احتراق


مثال (١٠ - ٣ - ٤) يحترق السكر الصلب $C_{12}H_{22}O_{11}$ في كمية من الأكسجين لينتج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل وذلك عند درجة 25 °C وتنطلق كمية من الحرارة مقدارها 5626 kJ / mol

الأوزان الذرية : H = 1 & C = 12 & O = 16

(١) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق السكر الصلب .

(٢) احسب كمية الحرارة الناتجة عن حرق 95 g من السكر الصلب .

الحل :

$C_{12}H_{22}O_{11} + 12\,O_2 \longrightarrow 12\,CO_2 + 11\,H_2O \quad \Delta H = -5626\ kJ$ (١)

1562.78 kJ (٢)

4 - تم حرق المركب (B) في مسعر التفجير المحتوي على 1.5L من الماء ، عند حرق 55.0g من المركب (B) في المسعر ارتفعت درجة حرارة الماء بمقدار 35.0^oC . إذا كانت حرارة الاحتراق للمركب (B) هي 2150 KJ/mol ، فما هي الكتلة المولية للمركب (B) (538.23 g/mol)

5 - تم حرق المركب (A) في مسعر التفجير المحتوي على 2.5L من الماء ، وأدى احتراق 0.175mol من هذا المركب إلى ارتفاع درجة حرارة الماء بمقدار 45^oC . احسب حرارة الاحتراق المولية للمركب (A) ، علما بأن الحرارة النوعية للماء هي $4.184\ j / g .^oC$ (2.70×10^3 kJ/mol)

6 - حرارة الاحتراق المولية للمركب (C) تساوي 1250 KJ / mol ، إذا تم حرق 0.115 mol في مسعر القنبلة المحتوي على 2.50L من الماء . ما مقدار الزيادة في درجة الحرارة ؟ (13.8^O C)

8 – تم حرق عينة من الكبريت S_8 كتلتها 12.7g ، تم حرقها في مسعر الاحتراق المحتوي على 2.20Kg من الماء عند درجة حرارة 21.08^oc ، فزادت درجة حرارة الماء إلى 33.88^o C . احسب حرارة احتراق الكبريت.

أ – الحرارة المولية للتبخير (ΔH_{vap}) :

Molar enthalpy (heat) of Vaporization

كمية الحرارة الممتصة اللازمة لتبخر 1 mol من السائل .

$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$, $\Delta H_{vap} = +\ 40.7$ KJ

س : ما معنى أن حرارة التبخر للماء السائل = + 40.7 KJ

ج: معنى ذلك أن 1 مول من الماء السائل يلزمه 40.7 KJ ليتحول إلى بخار .

ب – الحرارة المولية للتكثيف (ΔH_{cond}) :

Molar enthalpy (heat) of Vaporization

كمية الحرارة المنطلقة لتكثيف 1 mol من غاز .

$H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, $\Delta H_{cond} = -\ 40.7$ KJ

العلاقة بين حرارة التبخير وحرارة التكثيف :

$\Delta H_{vap} = -\ \Delta H_{cond}$

ج – الحرارة المولية للانصهار ($\Delta H_{fus.}$) :

Molar enthalpy (heat) of fusion

كمية الحرارة الممتصة اللازمة لانصهار 1 mol من مادة صلبة.

$H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, $\Delta H_{fus.} = +\ 6.01$ KJ

س : ما معنى أن حرارة انصهار الماء = + 6.01 KJ

ج : معنى ذلك أن 1 مول من الثلج يلزمه 6.01 KJ ليتحول إلى سائل .

د – الحرارة المولية للتجمد ($\Delta H_{solid.}$) :

Molar enthalpy (heat) of solidification

كمية الحرارة المنطلقة لتجمد 1 mol من سائل.

$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(s)}$, $\Delta H_{solid} = -\ 6.01$ KJ

العلاقة بين حرارة التبخير وحرارة التكثيف :

$\Delta H_{fus} = -\ \Delta H_{solid}$

علل : ΔH تكون موجبة لكل من عمليتي التبخر والانصهار .

ج : لأن حرارتا التبخر والانصهار عمليتان ماصتان للحرارة .

الجدول 4-2 حرارة التبخير وال نصهار القياسية

المادة	ا صيغة الكيميائية	ΔH_{vap} kj/mol	ΔH_{fus} kj/mol
الماء	H_2O	40.7	6.01
الإيثانول	C_2H_5OH	38.6	4.94
ا ميثانول	CH_3O	35.2	3.22
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

مثال لعملية غير كيميائية :

علل : عندما تخرج من حمام ساخن تشعر برعشة جسمك أثناء تبخر الماء عن جلدك: لأن الجلد يزود الماء بالحرارة التي يحتاج اليها لكي يتبخر وكلما امتص الماء الحرارة من الجلد وتبخر ازدادت برودة جسمك .

تطبيق : علل : يستغل بعض المزارعين في البلاد الباردة حرارة انصهار الماء لحماية الفاكهة والخضراوات من التجمد ، عن طريق غمر البساتين والحقول بالماء في تلك الليلة: لأن عملية تجمد الماء طاردة للحرارة $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(s)}$, $\Delta H_{solid} = -\ 6.01$KJ ، فينطلق طاقة تدفئ الهواء المحيط لدرجة كافية لمنع الفاكهة والخضراوات من التلف

الجدول 4-2 حرارة التبخير والانصهار القياسية

المادة	الص غة الكيميائية	ΔH_{vap} kj/mol	ΔH_{fus} kj/mol
الماء	H_2O	40.7	6.01
الإيثانول	C_2H_5OH	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
حمض الإيثانويك	CH_3COO	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

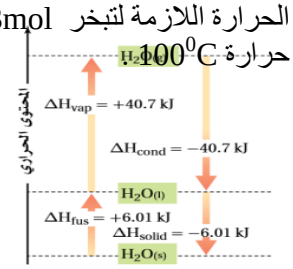
س28 : اشرح كيف يمكنك حساب الحرارة المنطلقة عند تجمد 0.25mol من الماء ؟ (1.5kj)

س30 : إذا كانت حرارة التبخر المولارية للأمونيا هي 23.3 kj/mol ، فما مقدار حرارة التكثف المولارية للأمونيا ؟ (-23.3kj)

س87 : ما كمية الحرارة المنطلقة من تكثف 1255g بخار ماء إلى ماء سائل عند درجة حرارة 100^0C ؟ (2830kj)

س88 : إذا أطلقت عينة من الأمونيا 5.66KJ من الحرارة عندما تصلبت عند درجة انصهارها . فما كتلة العينة ؟ (17.03g)

س83:استعن بالمعلومات الواردة في الشكل 2-18 لحساب كمية الحرارة اللازمة لتبخر 4.33mol من الماء عند درجة حرارة 100^0C



الشكل 2-18

(176KJ)

س 23 : احسب كمية الحرارة اللازمة لصهر 25.7g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره . استعن بالجدول 2-4 (2.58kj)

س27 : حدد أي العمليات الآتية طاردة وأيها ماصة للحرارة ؟

أ – $C_2H_5OH_{(l)} \rightarrow C_2H_5OH_{(g)}$

ب – $Br_{2(l)} \rightarrow Br_{2(s)}$

ج – $C_5H_{12(g)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$

(أ - ماص ب - طارد ج - طارد)

س 24 : ما كمية الحرارة المنطلقة عن تكثف 275g من غاز الأمونيا إلى سائل عند درجة غليانه ؟استعن بالجدول 4-2 لتحديد ΔH_{cond}

(376 kj)

س 25 : ما كتلة الميثان CH_4 التي يجب احتراقها لإطلاق 2880KJ من الحرارة ؟ استعن بالجدول 3-2

(231.3 g)

س84 – ***زراعة*** :يُرش الماء على البرتقال في ليلة باردة . إذا كان متوسط ما يتجمد من الماء على كل برتقالة 11.8 g فما كمية الحرارة المنطلقة ؟

$11.8\ g\ H_2O \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.0\ g} = 0.656\ mol\ H_2O$

$q = mol \times \Delta H_{\text{طرد}}$

$q = 0.656\ mol \times (-6.01\ kJ/mol) = -3.94\ KJ$

تأثير تحول الحالة على قيمة $\triangle H$ للتفاعل : ناقش تحول حالة الماء السائل إلى بخار ، والعكس ، في التفاعلات الافتراضية التالية ، وتوقع قيمة $\triangle H$ للتفاعل (يمكنك استخدام أرقام افتراضية للمناقشة)

أ – $A + B \rightarrow C + H_2O_{(g)}, \triangle H = -100\ kj$

ب – $X + Y \rightarrow XY + H_2O_{(l)}, \triangle H = -150\ kj$

ج – $M + N \rightarrow C + H_2O_{(g)}, \triangle H = +100\ kj$

د – $K + B \rightarrow Y + H_2O_{(l)}, \triangle H = +150\ kj$

س107 : فرّق بين حرارة تكوين $H_2O_{(l)}$ و $H_2O_{(g)}$ ، **لماذا من الضروري تحديد الحالة الفيزيائية للماء في المعادلة الكيميائية (علل)** الحرارية الآتية : $\Delta H = ?$ $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ أو $_{(l)}$

لاختلاف حرارة تكوين الماء في حالتي السائل والغاز بمقدار الحرارة اللازمة للتبخير ، ولهذا فإن حرارة التكوين تعتمد على الحاله الفيزيائية

س111 : توقع أي المركبين : غاز الميثان CH_4 ، وبخار الميثانال CH_2O ، له حرارة احتراق أكبر ؟ وضح إجابتك .

(ملاحظة : اكتب وقارن المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين لتفاعلي الاحتراق لكل منهما).

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

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

الميثان له حرارة احتراق مولارية أكبر

التفسير : في المعادلة الأولى : احتراق 1 مول من غاز الميثان ينتج مول من ثاني أكسيد الكربون ، مولين من الماء .

في المعادلة الثانية : احتراق 1 مول من غاز الميثانال ينتج مول من ثاني أكسيد الكربون ، ومول من الماء .

وبما أن المحتوى الحراري لنواتج احتراق غاز الميثان له قيمة أكبر ، فإن الميثان له حرارة احتراق مولارية أكبر من الميثانال .

س112 : تحدي :حُللت عينة من الغاز الطبيعي فوُجد أنها تتكون من 88.4% ميثان CH_4 و 11.6% إيثان C_2H_6 . فإذا كانت حرارة الاحتراق القياسية للميثان هي 891 KJ / mol ، وينتج عن احتراقه غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وماء سائل H_2O ، فاكتب معادلة احتراق غاز الإيثان مكوناً ثاني أكسيد الكربون والماء ، ثم احسب حرارة الاحتراق القياسية للإيثان مستعملاً حرارة التكوين القياسية. استعمل النتيجة وحرارة الاحتراق القياسية للميثان من الجدول 3-2 في حساب الطاقة المنطلقة عن احتراق 1Kg من الغاز الطبيعي .

$$C_2H_{6(g)} + 7/2O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad , \Delta H^O_{comb} = -1599.7\ KJ$$

يحتوي كل 1.000Kg من الغاز الطبيعي على 884g من غاز الميثان ، 116 g من غاز الإيثان .

نحسب عدد مولات كلاً من الغازين :

$$884\ g\ CH_4 \times \frac{1\ mol}{16.0\ g} = 55.2\ mol\ CH_4$$

$$116\ g\ C_2H_6 \times \frac{1\ mol}{30.1\ g} = 3.86\ mol\ C_2H_6$$

الطاقة المنطلقة من المعادلة : $q = mol \times \Delta H$

$$q = (55.2\ mol\ CH_4) \times (-891\ KJ/mol) + (3.86\ mol\ C_2H_6) \times (-1599.7\ KJ/mol)$$

$$= -55400\ kj$$

أسئلة المستندات : قامت مجموعة بحث جامعية بحرق أربعة أنواع من زيوت الطبخ في مسعر لتحديد ما إذا كانت هناك علاقة بين حرارة الاحتراق وعدد الروابط الثنائية في جزئ الزيت . تحتوي زيوت الطبخ على سلاسل طويلة من ذرات الكربون التي ترتبط بروابط مفردة أو ثنائية . السلسلة التي لا تحتوي على روابط ثنائية تسمى المشبعة . والزيوت التي تحتوي على رابطة ثنائية أو أكثر تسمى غير مشبعة . حرارة الاحتراق للزيوت الأربعة موجودة في الجدول 6-2 . حسب الباحثون نسبة انحراف النتائج فوجدوا أنها 0.6 % ، واستنتجوا أنه لا يمكن تحري أى علاقة بين التشبع وحرارة الاحتراق بالطريقة المختبرية المستعملة .

الجدول 6-2 نتائج حرق الزيوت

نوع الزيت	ΔH_{comb} Kj / g
زيت الصويا	40.81
زيت الكانولا	41.45
زيت الزيتون	39.31
زيت الزيتون البكر الممتاز	40.98

119 – أي الزيوت أعطى أكبر كمية من الحرارة لكل وحدة كتلة عند احتراقه ؟ (زيت الكانولا : 41.45 kj/g)

120 – ما مقدار الحرارة التي قد تنطلق عند حرق 0.554 Kg من زيت الزيتون ؟

$$0.554\ Kg \times \frac{1000g}{Kg} \times \frac{39.31\ kj}{g} = 21800\ kj$$

121 – افترض أنه عند حرق 12.2 g من زيت الصويا استعملت الطاقة الناتجة جميعها في تسخين 1.600 Kg من الماء الذي درجة حرارته الأولية 20.0^oC ، فما درجة الحرارة النهائية للماء ؟ (94.4^oC)

122 – يمكن استخدام الزيوت كوقود . كم جرام من زيت الكانولا يجب حرقها لتوفير الطاقة اللازمة لتبخير 25g من الماء (ΔH_{vap} = 40.7 kj/mol) (1.37 g من زيت الكانولا)

الربط مع علم الأحياء : مناقشة هامة

الربط مع علم الأحياء عنـد احـتراق 1 mol من الجلوكوز في مسـعر تنطلـق 2808 kJ من الحرارة. وتنطلق الكمية نفسها من الحرارة في عملية أيض كتلة مساوية من الجلوكوز خلال عملية التنفس الخلوي. وتحدث هذه العملية في كل خلية داخل جسمك في سلسلة من الخطوات المعقدة، حيث يتكسر الجلوكوز وينطلـق ثاني أكسـيد الكربـون والماء اللذان ينتجان أيضًـا عن حرق الجلوكوز في المسـعر، وتخزن الحرارة الناتجة في صورة طاقة وضع كيميائية في روابط جزيئات ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP. وعندما يحتاج أي جزء من الجسم إلى الطاقة تقوم جزيئات ATP بإطلاق كمية الطاقة المطلوبة.

الأيض : يشير الأيض لجميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الكائن الحي و التي يتم من خلالها كسر جزيئات معقدة وصولا الى انتاج الطاقة والتي يتم من خلالها استخدام الطاقة لبناء الجزيئات المعقدة ، مثال على رد فعل الأيض هو الذي يحدث عندما يكون الشخص يأكل ملعقة من السكر مرة واحدة ويتم تقسيم جزيئات السكر وصولا إلى جزيئات أبسط للحصول على الطاقة ، ثم يتم استخدام هذه الطاقة من قبل الجسم لمجموعة متنوعة من الأغراض ، مثل الحفاظ على الجسم دافئا وبناء جزيئات جديدة داخل الجسم.

س : اختر الإجابة الصحيحة :

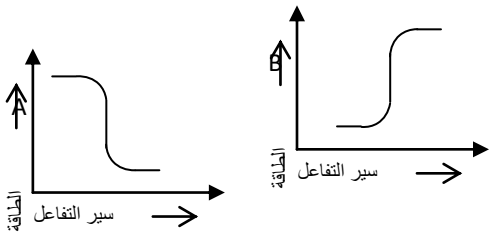
س	ج
1 – اشارة ΔH للتفاعل التالي : $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$: أ – سالبة والتغير طارد للحرارة ب – سالبة والتغير ماص للحرارة ج – موجبة والتغير طارد للحرارة د – موجبة والتغير ماص للحرارة	
2 – إذا كان المحتوى الحراري للنواتج أقل من المحتوي الحراري للمتفاعلات فإن التفاعل يكون : أ – ماص للحرارة ب – طارد للحرارة ج – يتم عند حجم ثابت د – يكون روابط أقوى	
3 – إذا كان لديك التفاعل التالي : $NH_{3(g)} + \frac{7}{4} O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + \frac{3}{2} H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -265.13$ Kj فإن التغير في المحتوى الحراري المصاحب لانتاج مول واحد من (O_2) في التفاعل المعاكس بوحدة KJ : أ – 151.5 ب – 282.6 ج - -282.6 د - -161.5	أ
4 – تمثل ΔH للتفاعل التالي : $CO_{(g)} + ½ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 283$ Kj أ – حرارة تكوين CO_2 ب – حرارة احتراق CO_2 ج – حرارة احتراق الكربون د – حرارة احتراق CO	د
5 – إذا علمت أن التفاعلين التاليين طاردان للحرارة : $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -X_1$ $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -X_2$ فإن : أ – X_1 أكبر من X_2 ب - X_1 أصغر من X_2 ج - X_1 تساوي X_2 د – المعلومات غير كافية للإجابة	
6 – اذا علمت أن الحرارة الناتجة عن احتراق 1g من الميثانول تساوي 27.8 kj ،فإن حرارة احتراق الميثانول CH_3OH تساوي : 889.6KJ – 1 -889.6KJ - 2 1.15KJ – 3 0.87KJ – 4	

7 – احسب الحرارة الناتجة عن احتراق 25g من الايثانول إذا علمت أن طاقة احتراق الايثانول C_2H_5OH تساوي 1367KJ-: 889.6KJ – 1 -889.6KJ - 2 1.15KJ – 3 742.93 KJ – 4	
8 – عندما يكون حرارة التفاعل ΔH سالباً فإن : أ – التفاعل ماص للحرارة ج - المحتوى الحراري للنواتج يساوي المحتوى الحراري للمتفاعلات ب – المحتوى الحراري للنواتج أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات د – التفاعل طارد للحرارة	د
9 – في المعادلة التالية : $2Al + 2NaOH + 4H_2O \rightarrow 2NaAlO_3 + 5H_2 + 300\ KJ$ فإن عدد مولات الألمونيوم Al المتفاعلة عندما تنطلق طاقة مقدارها 50KJ هو : أ - 0.666 mol ب – 0.333 mol ج – 0.111 mol د - 0.222 mol	ب

س : تصنيف : ضع علامة (✓) في المربع المناسب :

التفاعل	حرارة تفاعل ΔH^o	حرارة احتراق ΔH^o_c	حرارة التبخير المولارية ΔH_{vap}	حرارة التكثيف المولارية ΔH_{cond}	حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus}	حرارة التجمد المولارية ΔH_{solid}
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$,△H = -890Kj						
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(s)}$, △H = -393.5 Kj						
$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$,△H= -57.5Kj						
$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$, ΔH = + 40.7 KJ						
$C_2H_{6(g)} + 7/2\ O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$,△H= -1560Kj						
$H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, ΔH = - 40.7 KJ						
$6C_{(s)} + 8H_{2(g)} \rightarrow 2C_3H_{8(g)}$,△H= -104Kj						
$H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, ΔH = + 6.01 KJ						
$CO_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 283$ Kj						
$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(s)}$, ΔH = - 6.01 KJ						
$2Fe_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$,△H= -850.5Kj						

خامساً : 1 – تأمل كلاً من الشكلين والتفاعلين التاليين ، وأجب عن الأسئلة التي تليها :



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 483.6\ kJ \quad (1)$$

$$Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + H_2O_{(g)} \quad \Delta H = +106.5\ kJ/mol \quad (2)$$

☜ أي الشكلين يمثل المعادلة رقم (2) ؟

☜ لا تمثل ΔH في التفاعل الأول حرارة تكوين بخار الماء . فسر ذلك .

لأنه ينتج في التفاعل مولين من بخار الماء ، وبالتالي فان ΔH للتفاعل تمثل ضعف حرارة تكوين بخار الماء .

☜ في التفاعل الثاني إذا تكون الماء السائل بدلاً من بخار الماء . ماذا تتوقع لقيمة ΔH . مع التفسير .

قيمة ΔH سوف تقل ، لأن جزء من الطاقة المستخدمة كان يستهلك في تحويل الماء السائل إلى بخار ، وبما أنه سوف ينتج ماء سائل فسوف يتم توفير جزء من الطاقة .

☜ في الشكل A تكون المواد الناتجة أكثر استقراراً من المواد المتفاعلة . فسر ذلك .

لأن طاقة النواتج أقل من طاقة المواد المتفاعلة ، ولذلك تكون أكثر مقاومة للتغيير .