الوحدة السادسة التغيرات فى المحتوى الحراري

الدرس الخامس : (7 - 5)

طاقات الروابط والتغيرات في المحتوى الحراريّ

سيناريو : أ. **رومـانـي سـعـد**
تخصص : **تربية** – كيـمـيـاء

سوف ندرس معاً

- ✓ كسر الروابط وتكوينها
- ✓ طاقة الرابطة
- ✓ حساب التغير في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط

- ✓ تنتج التغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية من **كسر الروابط وتكوينها.**
- ✓ **تحتاج عملية كسر الروابط إلى طاقة.** وهذه الطاقة لازمة للتغلب على قوى التجاذب التي تربط الذرات فيما بينها.
- ✓ **وتنطلق طاقة عند تكوّن روابط جديدة،** الأمر الذي يعني أن كسر لروابط عملية ماصة للحرارة وتكوين الروابط عملية طاردة للحرارة.

مهم

تذكّر أن كسر الروابط **عملية ماصة للحرارة**

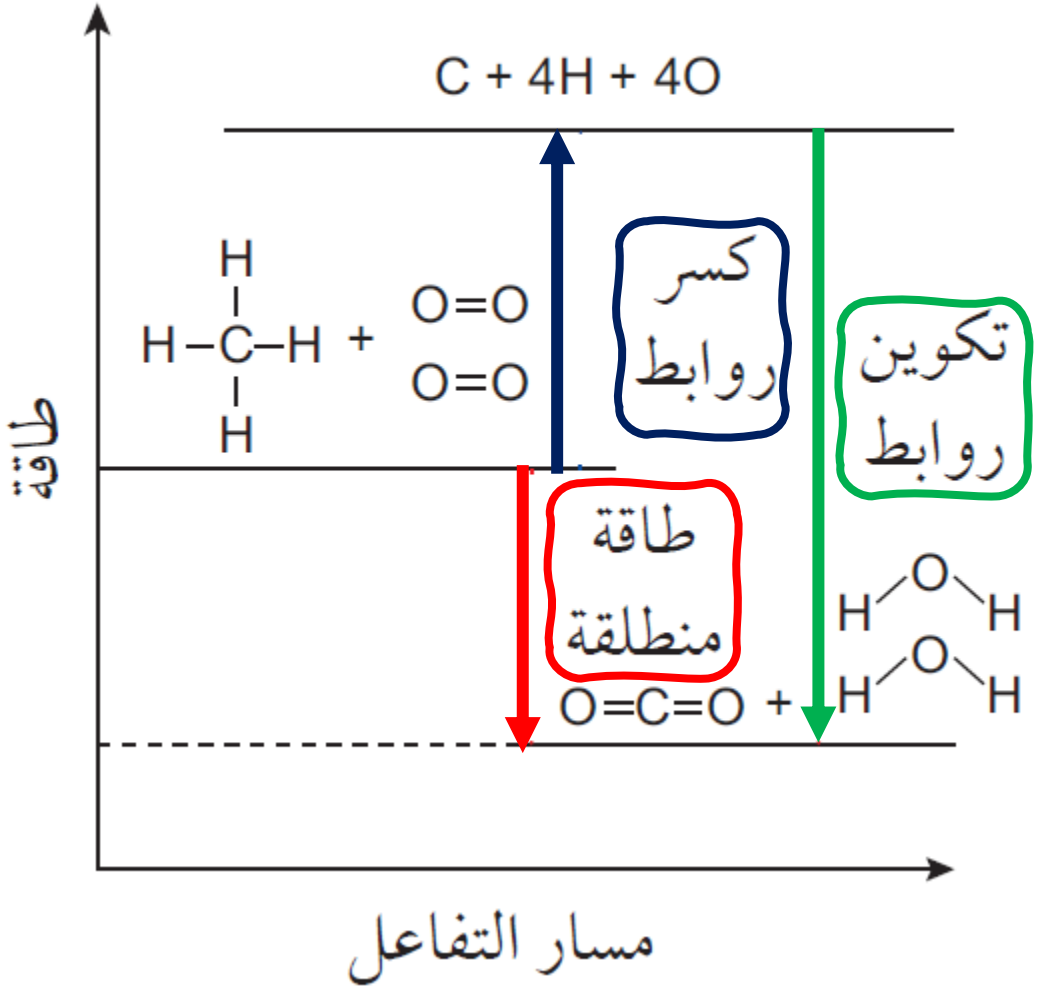
وأن تكوين الروابط **عملية طاردة للحرارة.**

- ✓ عندما تكون الطاقة اللازمة لكسر الروابط **أقل من (<)** الطاقة المنطلقة عند تكوّن روابط جديدة، سيطلق التفاعل طاقة **ويكون طاردًا للحرارة**.
- ✓ عندما تكون الطاقة اللازمة لكسر الروابط **أكبر من (>)** الطاقة المنطلقة عند تكوّن روابط جديدة، سيمتص التفاعل طاقة **ويكون ماصًا للحرارة**.

ملحوظة هامة جداً :

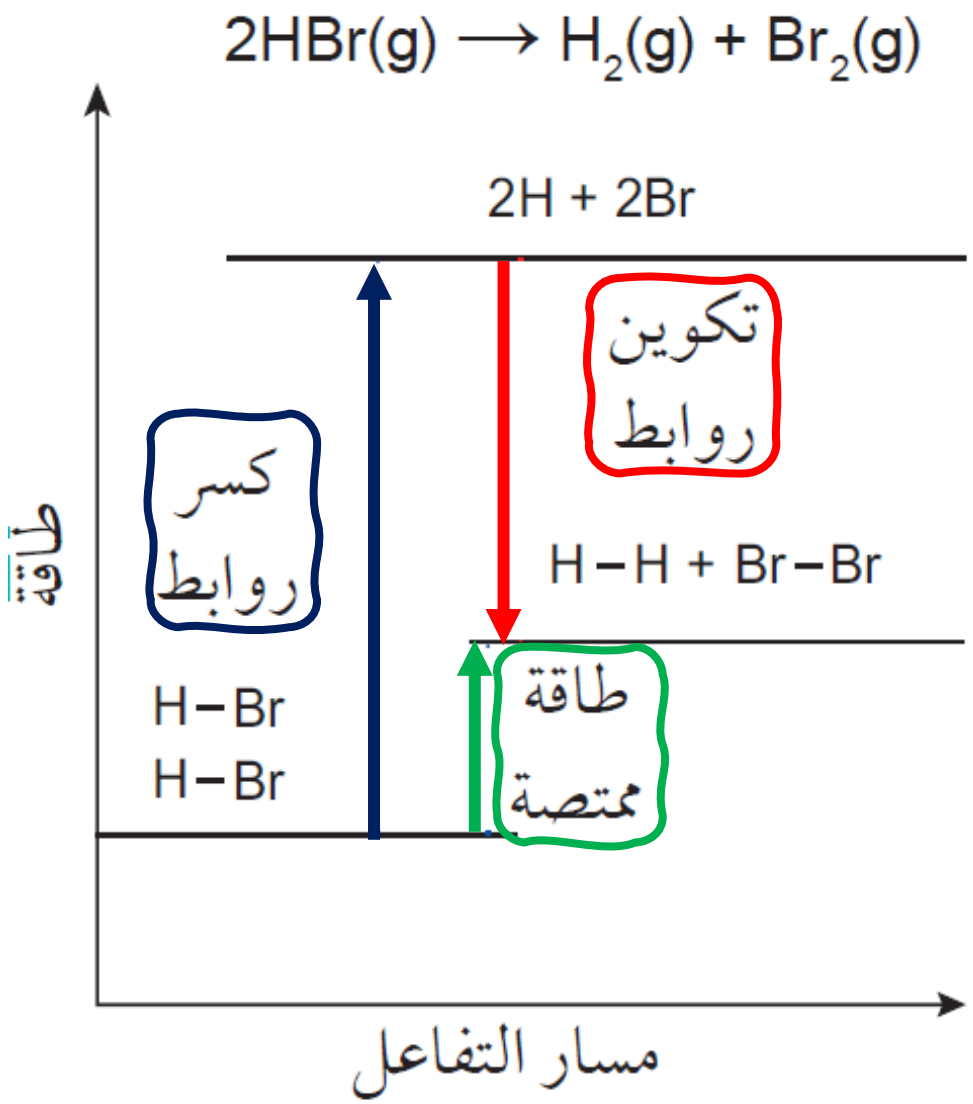
لا يشترط كسر الروابط جميعها الموجودة في مركب ما ليعاد تكوين روابط جديدة أثناء حدوث التفاعل. ففي معظم التفاعلات يتم كسر بعض الروابط فقط في المواد المتفاعلة، ثم يعاد تكوين روابط جديدة ضمن تسلسل محدد.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$



(أ) مخطط مستوى طاقة يُوضح كسر روابط وتكوينها أثناء **تفاعل احتراق الميثان (طارد للحرارة).**

(ب) مخطط مستوى طاقة يُوضح كسر روابط وتكوينها أثناء تفكك بروميد الهيدروجين **(ماص للحرارة).**



طـاقـة الـرابـطـة

- ✓ تسمى كمية الطاقة اللازمة لكسر رابطة تساهمية معيّنة **طاقة تفكك الرابطة** ويُطلق عليها أحيانًا **طاقة الرابطة أو المحتوى الحراري للرابطة**
- ✓ تُمثل طاقة الرابطة بالرمز E ويوضع نوع الرابطة بين قوسَين بعد رمز الطاقة
- ✓ مثل E(C–H) تشير إلى طاقة الرابطة لمول واحد من الروابط الأحادية الموجودة بين ذرات الكربون والهيدروجين.
- ✓ **أمثلة أخرى:** $E(\text{Br—Br}) = +193\ \text{kJ/mol}$ $\quad \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2\text{Br}(g)$

  $E(\text{O=O}) = +496\ \text{kJ/mol}$ $\quad \text{O=O}(g) \longrightarrow 2\text{O}(g)$

مصطلحات علمية

طاقة الرابطة

Bond Energy

هى الطاقة اللازمة لكسر رابطة تساهمية معيّنة موجودة في جزيء ما في حالته الغازية، وتسمى أيضًا **طاقة تفكك الرابطة، أو المحتوى الحراري للرابطة.**

لاحظ الفرق ؟

$Br_2(g) \longrightarrow 2Br(g)$ $E(Br—Br) = +193\ kJ/mol$

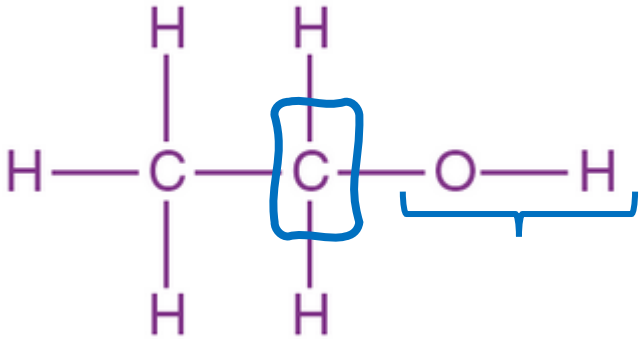
$O=O(g) \longrightarrow 2O(g)$ $E(O=O) = +496\ kJ/mol$

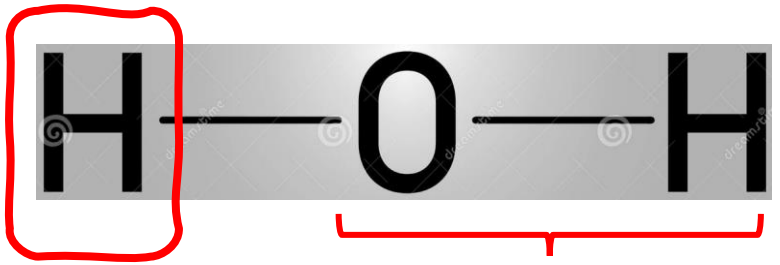
قيم طاقات الروابط **موجبة** دائمًا **(ماصة للحرارة)**؛
لأنها تشير إلى روابط يتم **كسرها**.

$2O(g) \longrightarrow O_2(g)$ $E(O=O) = -496\ kJ/mol$

قيم طاقات الروابط **سالبة** دائمًا **(طاردة للحرارة)**؛
لأنها تشير إلى روابط يتم **تكوينها**.

ملحوظة هامة





تتأثر طاقة الرابطة بالذرات الأخرى الموجودة في الجزيء.

الرابطة O–H في جزيء الماء تمتلك قيمة طاقة رابطة مختلفة بشكل ضئيل عن قيمة طاقة الرابطة O–H في جزيء الإيثانول

مصطلحات علمية

متوسط طاقة الرابطة Average Bond Energy

هو متوسط قيم الطاقات اللازمة لكسر رابطة تساهمية معيّنة موجودة في مجموعة متنوعة من الجزيئات في الحالة الغازية.

ولا يمكننا عادة أن نجد قيم طاقات الروابط بشكل مباشر؛ لهذا، يجب استخدام **حلقات المحتوى الحراري.**

✓ فمثلاً لإيجاد **متوسط طاقة الرابطة** للرابطة **C—H** في جزيء الميثان :

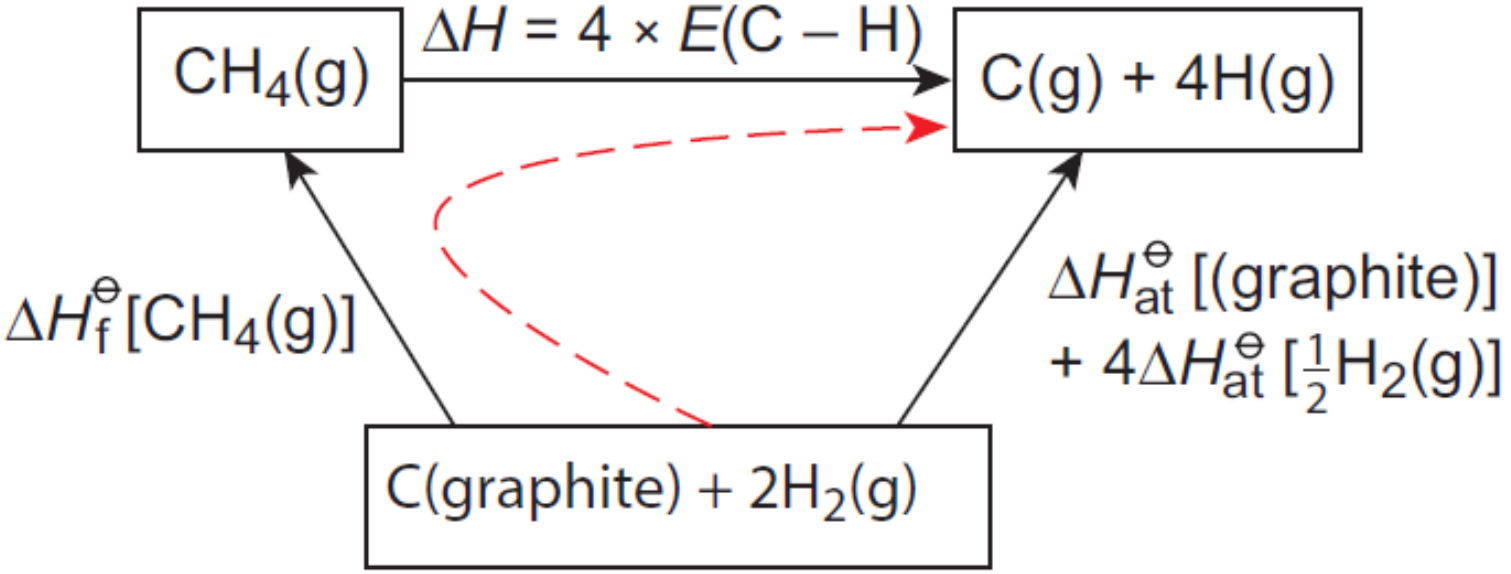
نستخدم التغيرات في المحتوى الحراري لتفكيك الروابط الأمر الذي يؤدي إلى تحرير الذرات (**التذرير=** atomisation) والتغير في المحتوى الحراري لاحتراق الميثان أو لتكوينه.

✓ **التغير في المحتوى الحراري للتذرير ΔHat هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكوّن مول واحد من الذرات في الحالة الغازية من عناصرها في الظروف القياسية.**

$$C(\text{graphite}) \longrightarrow C(g)$$

$$\frac{1}{2}H_2(g) \longrightarrow H(g)$$

حلقة محتوى حراري لإيجاد متوسط طاقة الرابطة لـ C–H



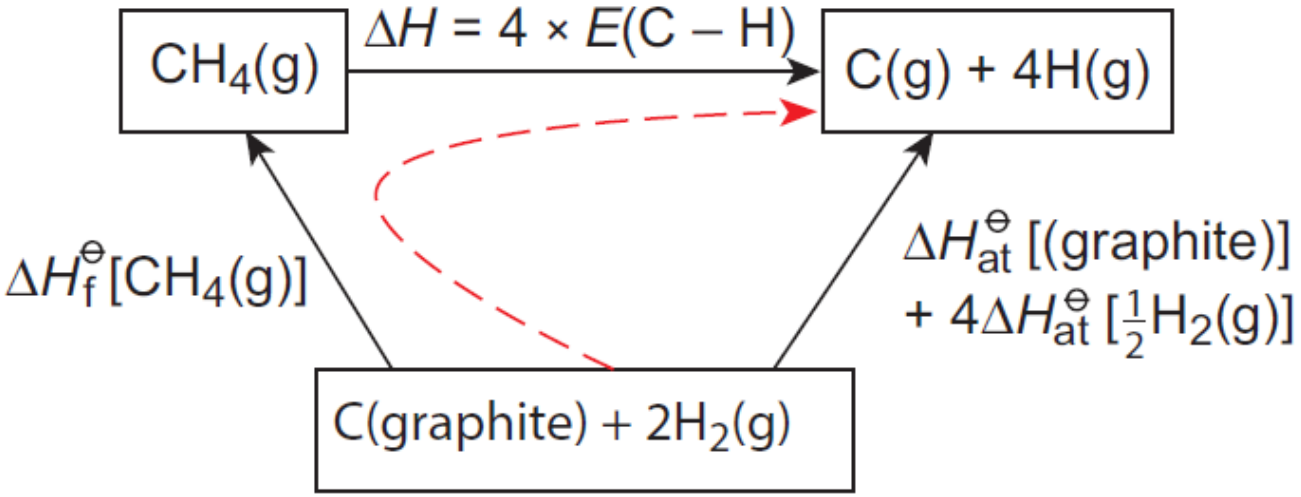
فباستخدام هذه الحلقة يمكن إيجاد متوسط طاقة الرابطة C—H

عن طريق قسمة قيمة ΔH الموجودة في المخطط على 4

سؤال ؟

١. باستخدام المعلومات الموجودة في الحلقة المقابلة والمعلومات المبيّنة أدناه :

برهن أن قيمة متوسط طاقة الرابطة لـ C–H يساوي 415.9 kJ/mol ؟



$$\Delta H_f^{\ominus}\ [CH_4] = -74.8\ kJ/mol$$

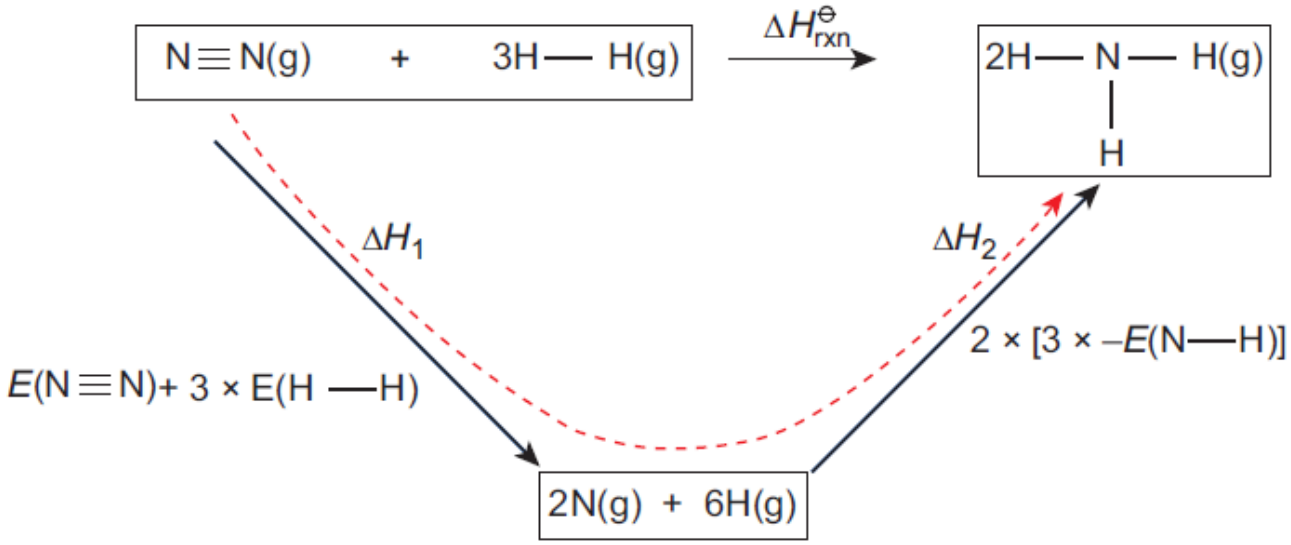
$$\Delta H_{at}^{\ominus}\ [\tfrac{1}{2}\ H_2] = +218\ kJ/mol$$

$$\Delta H_{at}^{\ominus}\ [C(graphite)] = +716.7\ kJ/mol$$

يمكن استخدام قيم طاقات الروابط لحساب التغير في المحتوى الحراري
لتفاعل لا يمكن قياسه بشكل مباشر.

***مثال : تفاعل الذي يحدث في عملية هابر يتم وفق المعادلة الآتية :**

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$



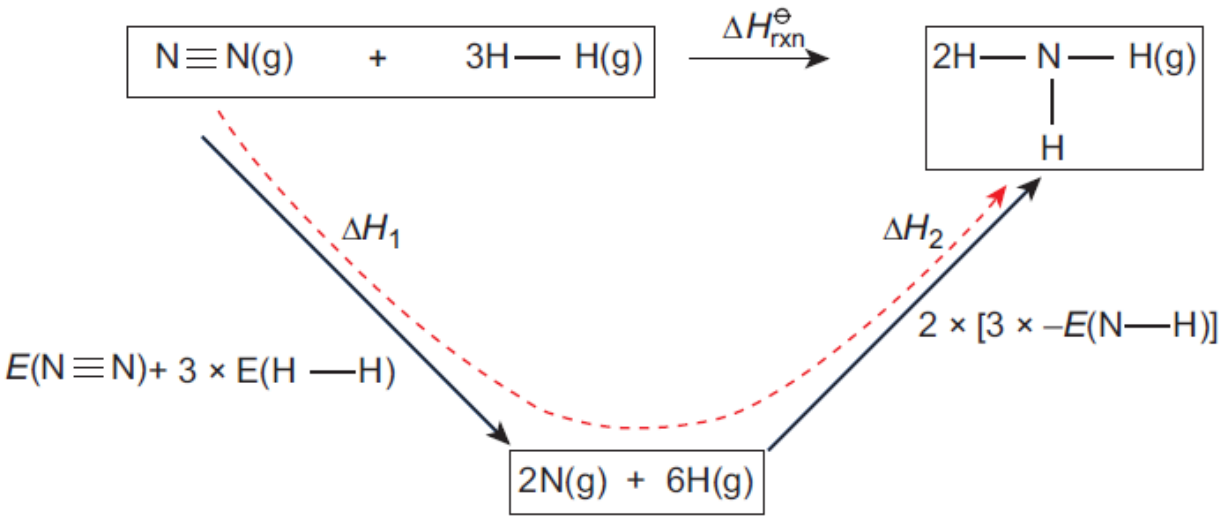
وقيم طاقات الروابط ذات الصلة هي:

$E(N{\equiv}N) = 945\ kJ/mol$

$E(H{-}H) = 436\ kJ/mol$

$E(N{-}H) = 391\ kJ/mol$

حساب التغير في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط



$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

وقيم طاقات الروابط ذات الصلة هي:

$E(N{\equiv}N) = 945$ kJ/mol

$E(H{-}H) = 436$ kJ/mol

$E(N{-}H) = 391$ kJ/mol

الروابط المتكسرة ΔH_1 (kJ)	الروابط المتكوّنة ΔH_2 (kJ)
المجموع =	المجموع =

حساب التغير في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

الروابط المتكسرة ΔH_1 (kJ)	الروابط المتكوّنة ΔH_2 (kJ)
$1 \times E(N\equiv N) = 1 \times 945 = 945$ $3 \times E(H—H) = 3 \times 436 = 1308$	$6 \times E(N—H) = 6 \times 391$
المجموع = +٢٢٥٣	المجموع = -٢٣٤٦

$$\Delta H^{\ominus}_{rxn} = \Delta H^{\ominus}_1 + \Delta H^{\ominus}_2$$

$$\Delta H^{\ominus}_{rxn} = E(N\equiv N) + 3E(H—H) - 6E(N—H)$$

$$\Delta H^{\ominus}_{rxn} = 2253 + (-2346) = -93\ kJ$$

مثال (١) :

توضح المعادلة الآتية تفاعل تكوين غاز بروميد الهيدروجين (HBr) من عناصره في حالتها الغازية :

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$$

احسب التغير في المحتوى الحراري ($\Delta H^{\ominus}_{rxn}$) للتفاعل باستخدام متوسط طاقات الروابط الموضحة في الجدول المقابل:

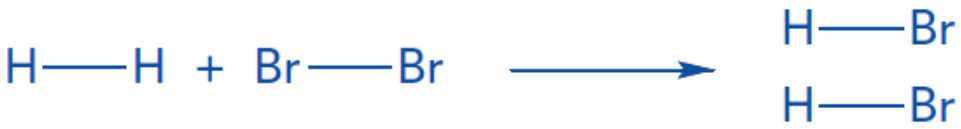
نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة (kJ/mol)
H–H	436
Br–Br	193
H–Br	366

مثال (١) :

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$$

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة (kJ/mol)
H–H	436
Br–Br	193
H–Br	366

الخطوة 1 : أعد كتابة المعادلة بحيث يتم إظهار الروابط جميعها.



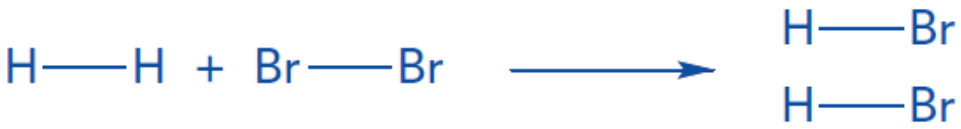
الخطوة 2 :

الطاقة اللازمة لكسر الروابط (KJ)	عدد الروابط	نوع الروابط في المواد المتفاعلة
	مجموع كمية الطاقة لكسر الروابط جميعها ΔH_1	

مثال (١) :

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$$

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة (kJ/mol)
H–H	436
Br–Br	193
H–Br	366



الخطوة 3 :

الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط (KJ)	عدد الروابط	نوع الروابط في المواد الناتجة
	مجموع كمية الطاقة لتكوين الروابط ΔH_2	

مثال (١) :

الخطوة 2 :

نوع الروابط في المواد المتفاعلة	عدد الروابط	الطاقة اللازمة لكسر الروابط (kJ)
H–H	1	436 × 1 = 436
Br–Br	1	193 × 1 = 193
مجموع كمية الطاقة لكسر الروابط جميعها ΔH_1		436 + 193 = **629**

الخطوة 3 :

نوع الروابط في المواد الناتجة	عدد الروابط	الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط (kJ)
H–Br	2	–366 × 2 = –732
مجموع كمية الطاقة لتكوين الروابط ΔH_2		**–732**

الخطوة 4 :

$$\Delta H^{\ominus}_{rxn} = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

$$\Delta H^{\ominus}_{rxn} = 629 + (-732) = \mathbf{-103\ kJ/mol}$$

مثال (2) :

يحترق البروبان وفق المعادلة الآتية :

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

احسب التغير في المحتوى الحراري $\Delta H_c^{\ominus}$ للتفاعل باستخدام متوسط طاقات الروابط الموضحة في الجدول المقابل :

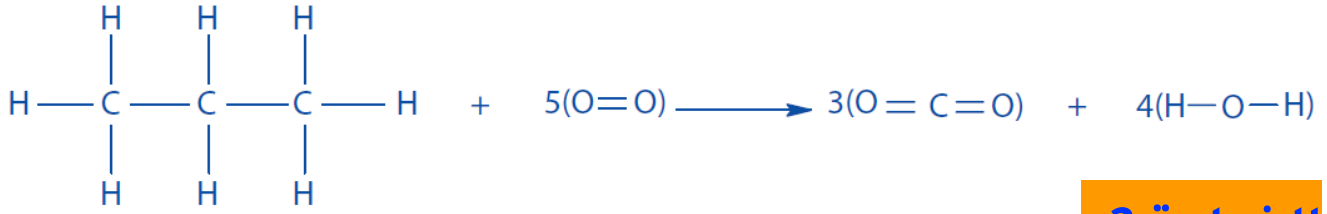
نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة (kJ/mol)
C–C	347
C–H	413
O=O	496
C=O	805
O–H	463

مثال (2) :

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة (kJ/mol)
C–C	347
C–H	413
O=O	496
C=O	805
O–H	463

الخطوة 1 : أعد كتابة معادلة احتراق البروبان باستخدام الصيغ البنائية لإظهار الروابط جميعها.



الخطوة 2 :

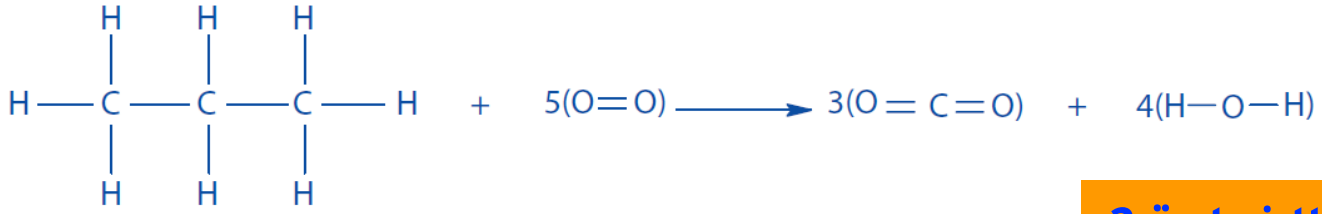
الطاقة اللازمة لكسر الروابط (KJ)	عدد الروابط	نوع الروابط في المواد المتفاعلة
	مجموع كمية الطاقة لكسر الروابط ΔH_1	

مثال (2) :

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة (kJ/mol)
C–C	347
C–H	413
O=O	496
C=O	805
O–H	463

الخطوة 1 : أعد كتابة معادلة احتراق البروبان باستخدام الصيغ البنائية لإظهار الروابط جميعها.



الخطوة 2 :

الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط (KJ)	عدد الروابط	نوع الروابط في المواد الناتجة
	مجموع كمية الطاقة لتكوين الروابط ΔH_2	

مثال (2) :

الخطوة 2 :

نوع الروابط في المواد المتفاعلة	عدد الروابط	الطاقة اللازمة لكسر الروابط(kJ)
C–C	2	347 × 2 = 694
C–H	8	413 × 8 = 3304
O=O	5	496 × 5 = 2480
مجموع كمية الطاقة لكسر الروابط ΔH_1		694 + 3304 + 2480 = 6478

الخطوة 3 :

نوع الروابط في المواد الناتجة	عدد الروابط	الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط(kJ)
C=O	6	–805 × 6 = –4830
O–H	8	–463 × 8 = –3704
مجموع كمية الطاقة لتكوين الروابط ΔH_2		–4830 + (-3704) = –8534

الخطوة 4 :

$$\Delta H_c^{\ominus} = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

$$\Delta H_c^{\ominus} = 6478 + (-8534) = \mathbf{-2056\ kJ/mol}$$

سؤال ؟ معادلة احتراق الإيثانول هي :

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

أ. أعد كتابة المعادلة لإظهار الروابط جميعها الموجودة في المواد المتفاعلة والناتجة.

سؤال ؟ معادلة احتراق الإيثانول هي :

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

ب. استخدم قيم طاقات الروابط الآتية (بوحدة KJ/mol) لحساب قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لهذا التفاعل :

$E(C{-}C) = 347$

$E(C{-}H) = 413$

$E(C{-}O) = 336$

$E(O{=}O) = 496$

$E(C{=}O) = 805$

$E(O{-}H) = 465$

الخطوة 1 :

سؤال ؟ معادلة احتراق الإيثانول هي :

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

ب. استخدم قيم طاقات الروابط الآتية (بوحدة KJ/mol) لحساب قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لهذا التفاعل :

$E(C{-}C) = 347$

$E(C{-}H) = 413$

$E(C{-}O) = 336$

$E(O{=}O) = 496$

$E(C{=}O) = 805$

$E(O{-}H) = 465$

الخطوة 2 :

سؤال ؟ معادلة احتراق الإيثانول هي :

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

ب. استخدم قيم طاقات الروابط الآتية (بوحدة KJ/mol) لحساب قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لهذا التفاعل :

$E(C{-}C) = 347$

$E(C{-}H) = 413$

$E(C{-}O) = 336$

$E(O{=}O) = 496$

$E(C{=}O) = 805$

$E(O{-}H) = 465$

الخطوة 3 :

سؤال ؟ معادلة احتراق الإيثانول هي :

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

ب. استخدم قيم طاقات الروابط الآتية (بوحدة KJ/mol) لحساب قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لهذا التفاعل :

$E(C{-}C) = 347$

$E(C{-}H) = 413$

$E(C{-}O) = 336$

$E(O{=}O) = 496$

$E(C{=}O) = 805$

$E(O{-}H) = 465$

الخطوة 4 :

سؤال ؟ معادلة احتراق الإيثانول هي :

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

ج. قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق الإيثانول تساوي -1367 KJ/mol

اقترح مبررًا يوضح سبب اختلاف هذه القيمة عن تلك التي تم الحصول عليها باستخدام قيم طاقات الروابط.

سؤال ؟ ادرس المعادلة الآتية : $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

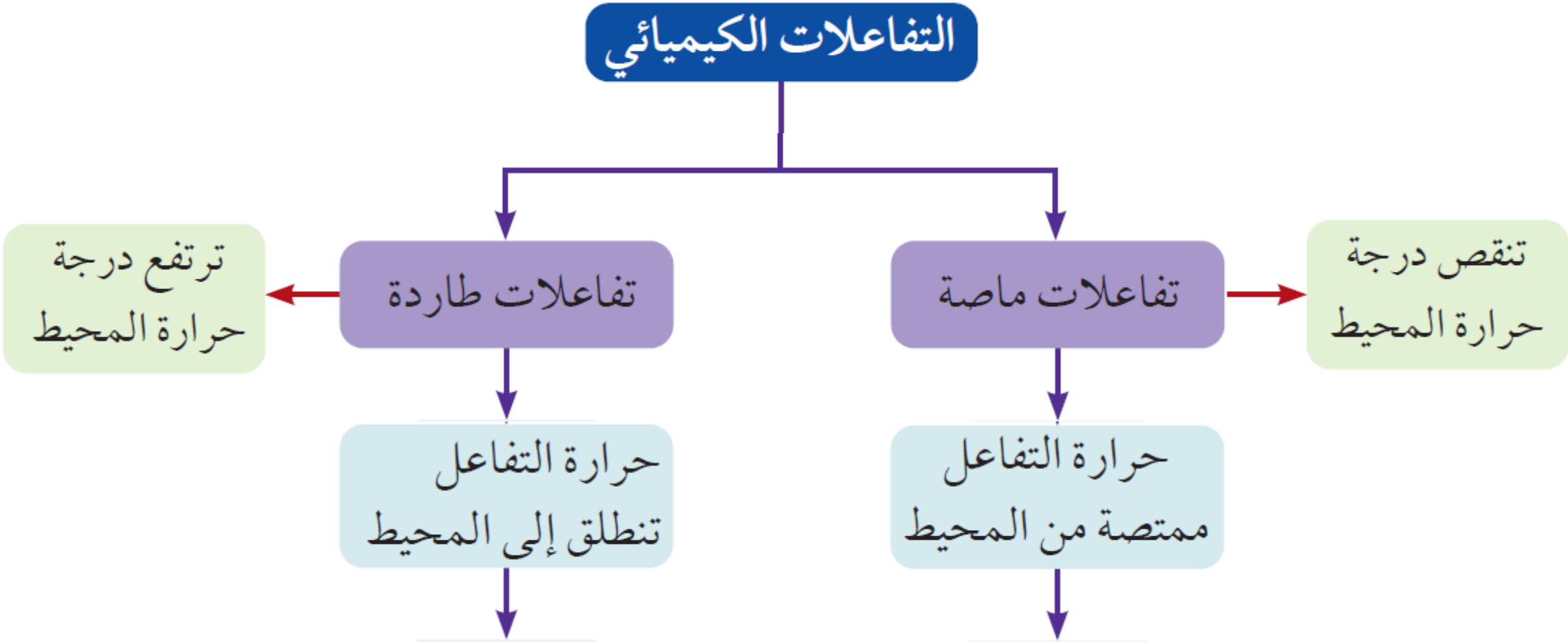
أي من العبارات الآتية صحيحة ؟

أ. أربع روابط C—H ورابطتان O=O قد انكسرت (تفاعل طارد للحرارة)، ورابطتان C=O وأربع روابط O—H قد تكوّنت (تفاعل ماص للحرارة).

ب. أربع روابط C—H ورابطتان O=O قد انكسرت (تفاعل ماص للحرارة)، ورابطتان C=O وأربع روابط O—H قد تكوّنت (تفاعل طارد للحرارة).

ج. أربع روابط C—H ورابطتان O—O قد انكسرت (تفاعل ماص للحرارة)، ورابطتان C—O وأربع روابط O—H قد تكوّنت (تفاعل طارد للحرارة).

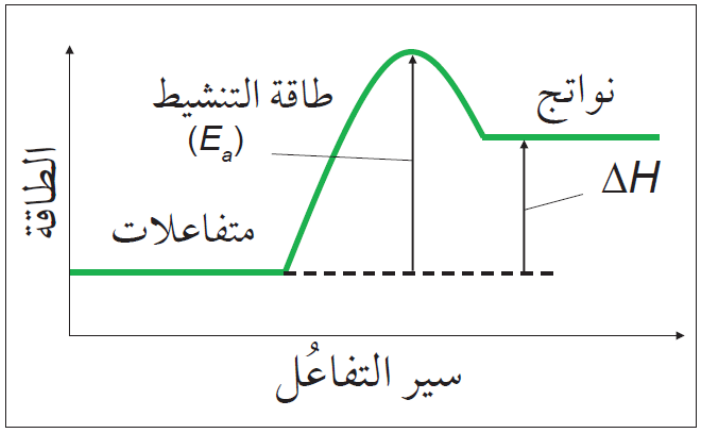
د. أربع روابط C—H ورابطتان O=O قد انكسرت (تفاعل ماص للحرارة)، ورابطتان C=O ورابطتان O—H قد تكوّنت (تفاعل طارد للحرارة).


التفاعلات الكيميائي
تفاعلات ماصة
تنقص درجة حرارة المحيط
حرارة التفاعل ممتصة من المحيط
تفاعلات طاردة
ترتفع درجة حرارة المحيط
حرارة التفاعل تنطلق إلى المحيط

التفاعلات الكيميائي

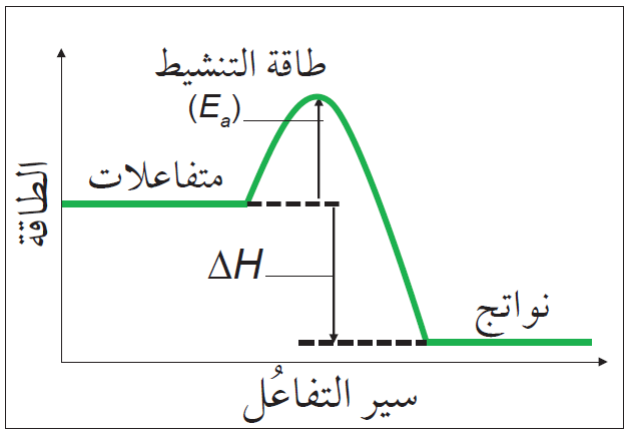
تفاعلات ماصة

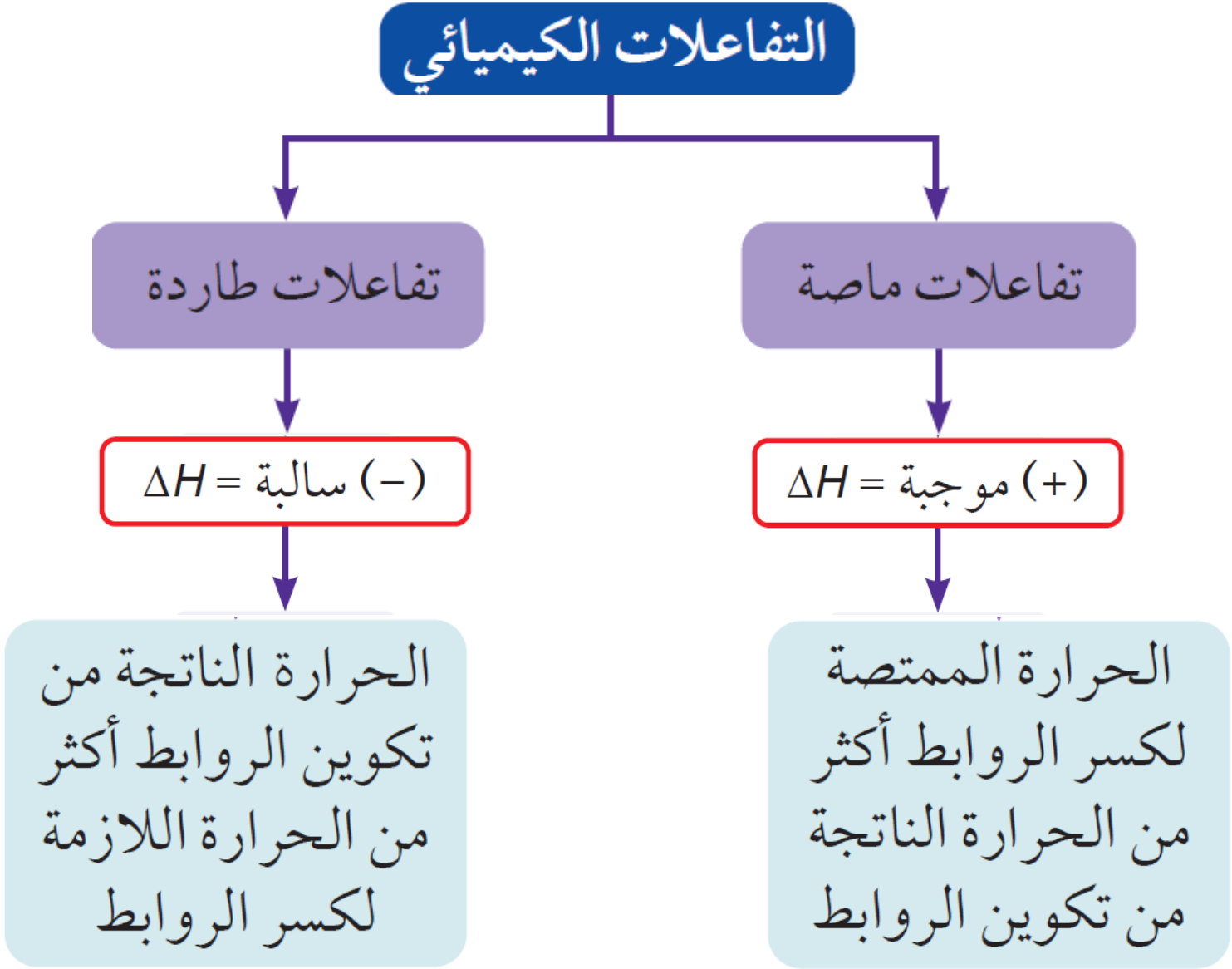
المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر من المواد المتفاعلة



تفاعلات طاردة

المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل من المواد المتفاعلة




التفاعلات الكيميائي
تفاعلات ماصة
تفاعلات طاردة
ΔH = موجبة (+)
ΔH = سالبة (−)
الحرارة الممتصة لكسر الروابط أكثر من الحرارة الناتجة من تكوين الروابط
الحرارة الناتجة من تكوين الروابط أكثر من الحرارة اللازمة لكسر الروابط