משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
הפיקוח על הוראת הכימיה

מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט

מכון ויצמן למדע
המחלקה להוראת המדעים

המרכז הארצי למורי הכימיה

تلخيص تحليل الأسئلة في موضوع "الطاقة" في امتحانات البجروت في الكيمياء 2016-1998:

صعوبات التعلّم، طرق التدريس ومجمّع أسئلة وإجابات تمّت معالجتها وملاءمتها حسب المنهج التعليمي 30-70

إعداد وتحضير: خريجو المساقات المعدّة للمعلمين الرواد، في إطار المركز القطري لمعلمي الكيمياء.

برئاسة: د. دوريت بار وزيفا بار – دوف

طاقم الكتابة: إلا بروتكين – زيلبرمن، عدينا شينفلد ونافا تمام

استشارة علميّة وبيداغوجية:

- معهد وايزمن للعلوم: د. راحل مملوك – نعمان، د. دفوره كتسبيس، بروفسور نيئور كورنيك
- وزارة التربية والتعليم: د. دوريت طيطلبوم، المفتشة المركزة على موضوع الكيمياء

يوليو 2017

הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 09/07.13 עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

محتويات

مدخل 5
المنهج التعليميّ في موضوع "الطاقة": 6
أخطاء شائعة وتوصيات في موضوع "الطاقة" 7
انتقال الطاقة، النظام والوسط المحيط 7
أخطاء شائعة 7
توصيات 7
الطاقة ودرجة الحرارة 9
أخطاء شائعة 9
توصيات 9
حساب $\Delta H°$ التفاعل 10
1. بمساعدة قانون هس: 10
2. بمساعدة إنثالبيا الرابط: 11
تمرُّن 12
حساب $\Delta H°$ التفاعل عندما تكون معطاة كمّيّة معروفة لأحد مكوّنات التفاعل 15
أخطاء شائعة 15
توصيات 15
تمرُّن 15
دمج بين موضوعيِ "الطاقة" وَ "المبنى والترابط" 17
أخطاء شائعة 17
توصيات 17
تمرُّن 19
أخطاء شائعة وتوصيات في موضوع "وتيرة التفاعل" 22
طاقة التنشيط (التفعيل) 22
أخطاء شائعة 22
توصيات 23
تمرُّن 25
عوامل تؤثّر على وتيرة التفاعل 28
أخطاء شائعة 28
1.عامل مساعد (محفّز) 28
2. تغيُّرات في التركيز 29
3. تغيُّرات في درجة الحرارة 29

4. تغيُّرات في مساحة السطح الخارجيّ..... 29
توصيات لموضوع "العوامل الّتي تؤثّر على وتيرة التفاعل"..... 29
اقتراح لتسلسل تدريس يدمج بين مصطلحات في موضوع "الطاقة" ابتداءً من إكساب المصطلحات الأساسيّة في الصفّ العاشر..... 31
مدخل..... 31
التصوّر الفكري..... 31
مصطلحات في موضوع "الطاقة" في المنهج التعليميّ..... 33
فيما يلي مواضيع من المنهج التعليمي 30-70 ذُكرت فيها مصطلحات من موضوع "الطاقة": 33
تدريس موضوع "حالات المادّة"..... 35
تدريس موضوع "المول"..... 36
تدريس موضوع "تغيّرات حالات المادّة"..... 36
تدريس مصطلح "إنثالبيا"..... 37
تدريس موضوع "لغة الكيميائيين"..... 37
تدريس موضوع "مبنى الذرة"..... 38
تلخيص..... 38
مجمّع أسئلة من امتحانات بجروت في موضوع "الطاقة"، حيث تمّت معالجتها وملاءمتها للمنهج التعليميّ 30-70 وإجابات لهذه الأسئلة..... 39
سؤال 8، بجروت 2016، رقم النموذج 037381..... 39
سؤال 14، بجروت 2016، رقم النموذج 037381..... 41
سؤال 1، بجروت 2016، رقم النموذج 037201..... 45
سؤال 1، بجروت 2015، رقم النموذج 037201..... 49
سؤال 1، بجروت 2014، رقم النموذج 037201..... 52
سؤال 1، بجروت 2013، رقم النموذج 037201..... 53
سؤال 1، بجروت 2012، رقم النموذج 037201..... 55
سؤال 2، بجروت 2012، رقم النموذج 037201..... 57
سؤال 1، بجروت 2011، رقم نموذج 037201..... 58
سؤال 2، بجروت 2011، رقم النموذج 037201..... 61
سؤال 7، بجروت 2006، رقم النموذج 918651..... 62
سؤال 1 ز، بجروت 2003، رقم النموذج 918651..... 63
سؤال 6، بجروت 2003، رقم النموذج 918651..... 64
سؤال 1 ي ب، بجروت 2002، رقم النموذج 918651..... 66
سؤال 1، بجروت 2002، رقم النموذج 918651..... 67

سؤال 5، بجروت 2002، رقم النموذج 918651..... 68
سؤال 12، بجروت 2002، رقم النموذج 918651..... 70
سؤال 1 ي د، بجروت 2001، رقم النموذج 918651..... 71
سؤال 7، بجروت 2001، رقم النموذج 918651..... 72
سؤال 3، بجروت 2000، رقم النموذج 037201..... 74
سؤال 1 ي أ، بجروت 2000، رقم النموذج 918651..... 75
سؤال 5، بجروت 2000، رقم النموذج 918651..... 76
سؤال 5، بجروت 1998 ، رقم النموذج 918651..... 79

مدخل

تمّ تحضير هذا الكراس بناءً على كراسات تحليل نتائج امتحانات البجروت للسنوات 1998 -2016. في هذه الكراس تمّ تركيز، تصحيح وملاءمة طرق التدريس واستراتيجيات التدريس، الأخطاء الشائعة عند الطلاب في الاصطلاح – صعوبات التعلّم وطرق التغلب عليها، وقد تمّ إعدادها وفقًا للمنهج التعليميّ الحالي في موضوع "الطاقة" الّذي يشكّل 70%. كما عرضنا، في هذا الكراس، اقتراح لتدريس مصطلحات مُدمجة بموضوع "الطاقة" – ليس كموضوع منفرد، بل من خلال دمجها مع مصطلحات يتعلّمها التلاميذ في المنهج التعليميّ 30-70 ابتداءً من المصطلحات الأساسيّة.

يستطيع معلمو الكيمياء استعمال هذا الكراس خلال تدريس هذا الموضوع.

يشمل الكراس:

- تلخيص أخطاء شائعة، عند الطلاب، في الاصطلاح، حيث تمّ تحديدها والتعرُّف عليها خلال تقييم متعدّد السنوات في امتحانات البجروت، كما يشمل الكراس شرحًا لمصادر الأخطاء.
- توصيات لطرق تدريس وفعّاليّات مناسبة للموضوع تساعد في التغلب على أخطاء الاصطلاح وتفاديها.
- مجمّع أسئلة من امتحانات البجروت في موضوع "الطاقة"، وقد تمّت معالجتها وملاءمتها لخطة الإصلاح الّتي تشكّل 70%، كما يشمل الكراس إجابات لهذه الأسئلة.
- اقتراح لتدريس المصطلحات في موضوع "الطاقة" من خلال دمجها مع مصطلحات من مواضيع أخرى من المنهج التعليميّ 30-70.

يشمل موضوع "الطاقة" مصطلحات مجردة وصعوبات في الفهم لقسم من التلاميذ. مواضيع التعليم في المنهج التعليميّ كثيرة ومتنوّعة، ويتمّ تعليم موضوع الطاقة كموضوع أخير. يُتيح المنهج التعليميّ 30-70 في الكيمياء، في موضوع "الطاقة"، للطلاب الّذين يختارون التوسُّع في تعلّم الكيمياء بمستوى 5 وحدات تعليميّة أن يكتسبوا مصطلحات مهمة مطلوبة فيما بعد لتعلُّم موضوع الكيمياء. يُعتبر موضوع الطاقة افتتاحية لموضوع واسع نسمّيه "ثيرموديناميكا" (ديناميكا حرارية)، وهو يُدرس في المنهج التعليميّ 30-70 ، في إطار الـ 30%، في كليات الكيمياء، الهندسة، الفيزياء في الجامعات وغير ذلك.

قسم من المعلمين لا يدرسون حسب تسلسل المواضيع في المنهج التعليميّ 30-70، حيث يُدرس قسم منهم موضوع "الطاقة" قبل موضوع "كيمياء الغذاء". يحتوي موضوع "الطاقة" على مصطلحات جديدة كثيرة، أمّا موضوع "كيمياء الغذاء" يُطبق مصطلحات تعلّمها الطلاب في المنهج 30-70، بما في ذلك مصطلحات في مجال الطاقة. تقترح السيدة إيلا بروتكين – زيلبرمن أن ندمج تعليم مصطلحات من موضوع الطاقة في المراحل الأولى من المنهج التعليمي 30-70. فيما يلي تفصيل التسلسل المُقترح.

المنهج التعليميّ في موضوع "الطاقة":

مواضيع	مصطلحات
مصطلحات أساسيّة	• طاقة داخليّة • الطاقة الكامنة • طاقة الحركة • معدّل طاقة الحركة • درجة حرارة • نظام ووسط محيط • تفاعل في وعاء مفتوح / مغلق / معزول
تغيرات الإنثالبيا في التفاعلات الكيميائيّة	• الإنثالبيا وتغيّرات الإنثالبيا • تفاعلات إكزوثيرمية (مُشعة للحرارة) وتفاعلات إندوثيرمية (ماصة للحرارة) • وحدات قياس • تغيّرات الإنثالبيا تغيّرات حالات المادّة • حساب تغيّرات الإنثالبيا حسب قانون هس • حساب تغيّرات إنثالبيا التفاعل بمساعدة إنثالبيا الرابط
وتيرة التفاعل	• وتيرة التفاعل – فهم المصطلح • طاقة التنشيط (التفعيل) • مادّة معقدة مُنَشَّطة • نموذج التصادم بين الجسيمات • عوامل تؤثّر على وتيرة التفاعل: تركيز، درجة حرارة، مساحة السطح الخارجيّ، نوع المتفاعلات (طاقة التنشيط) • عامل مساعد (محفّز)

المنهج التعليميّ المحتلن ابتداءً من سنة 2015 (30-70)

أخطاء شائعة وتوصيات في موضوع "الطاقة"

انتقال الطاقة، النظام والوسط المحيط

أخطاء شائعة

- عدم فهم مصطلحات مجردة: درجة حرارة، طاقة داخليّة، معدّل طاقة الحركة وبلبلة في هذه المصطلحات. يدعي قسم من الطلاب أنّ درجة الحرارة تنتقل، لكن في الواقع تنتقل الطاقة على شكل حرارة.
- عدم التمييز بين انتقال الطاقة عندما لا يحدُث تفاعل وبين انتقال الطاقة عندما يحدُث تفاعل.
- هنالك صعوبة في موضوع انتقال الطاقة بشكل عام، وفي انتقال الطاقة في التفاعلات الإندوثيرمية (ماصة للحرارة) والإكزوثيرمية (مُشعة للحرارة) بشكل خاص. يدعي قسم من الطلاب أنّ الطاقة تنتقل، دائمًا، من الموادّ المتفاعلة إلى النواتج خلال التفاعل.
- يحدّد الطلاب أنّه في الوعاء المغلق لا يوجد تغيير في الطاقة الداخليّة (أو لا يوجد انتقال طاقة) خلال التفاعل الإندوثيرمي أو الإكزوثيرمي.
- عدم فهم قانون حفظ الطاقة.
- صعوبة في تمييز النظام والوسط المحيط، مثلًا: يتطرّق الطلاب إلى الوعاء كنظام ويتجاهلون الموادّ الموجودة في الوعاء، ويتطرّقون إلى النظام والوسط المحيط على أنّهما عمليّات تحدُث في الوعاء.

توصيات

- الاستعمال الصحيح للعرض البيانيّ يساعد في حلّ تمارين تتناول انتقال الطاقة: انظروا إلى الكتاب التعليميّ، "الطاقة بوتيرة الكيمياء": د. مريم كرمي وَ د. إيديت فييسلبرج، التخنيون، الصفحتان 31-32.
- من المستحسن أن نمرّ مع الطلاب على الرسوم البيانيّة الّتي تظهر في صفحة 61، في الكتاب التعليميّ "الطاقة بوتيرة الكيمياء" كي نمنع ادّعاء الطلاب أنّ الطاقة تنتقل من الموادّ المتفاعلة إلى النواتج.
- تنفيذ تجربة ذوبان موادّ أيونيّة في الماء: إذابة مادّة معيّنة هي تفاعل إكزوثيرمي، مثلًا: $NaOH_{(s)}$ ، وإذابة مادّة أخرى هي تفاعل إندوثيرمي، مثلًا : $NaNO_{3(s)}$. يجب على المعلم تحضير أنبوبان اختبار في كلّ واحدة منهما مادّة صلبة بيضاء. يضيف المعلم ماء ويسمح للطلاب الشعور بالحرارة /البرودة، وفيما بعد يقيس درجة حرارة الماء ودرجة حرارة المحاليل.
- نوضح للطلاب أنّ العمليّة الّتي تحدُث تصف النظام: قبل حدوث التفاعل يحتوي النظام على موادّ متفاعلة، وفي نهاية التفاعل يحتوي النظام على نواتج. الوسط المحيط: كلّ ما هو ليس نظامًا.
- نطلب من الطلاب خلال تنفيذ التجارب أن يميّزوا، في كلّ تجربة، النظام، الوسط المحيط واتجاه انتقال الطاقة: مثال على ذلك:

- تجربة 1 : إضافة نترات الصوديوم، $NaNO_{3(s)}$، إلى الماء. النظام - $NaNO_{3(s)}$ في الموادّ المتفاعلة والأيونات المميأة $Na^{+}_{(aq)}$ وَ $NO_3^{-}{}_{(aq)}$ في النواتج، وجزيئات الماء المرتبطة بروابط كهربائيّة بالأيونات.

الوسط المحيط – كلّ ما لا ينتمي إلى النظام: الماء (المُذيب) – جزيئات غير مرتبطة بالأيونات، الوعاء، الهواء...

انتقال الطاقة – تنخفض درجة حرارة الوسط المحيط، بما أنّ درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة، لذا ينخفض معدّل طاقة حركة الوسط المحيط (وتنخفض الطاقة الداخليّة أيضًا). هذا يعني أنّ الطاقة تنتقل من الوسط المحيط إلى النظام (تفاعل إندوثيرمي).

- تجربة 2 : حرق مفرقعات

الوضع الابتدائيّ: النظام هو المفرقعات. الوسط المحيط هو كلّ ما لا ينتمي إلى النظام: الطاولة، الهواء...

الوضع النهائيّ: النظام – المفرقعات، الشرارات، العصا والرماد. الوسط المحيط هو كلّ ما لا ينتمي إلى النظام: الطاولة، الهواء...

انتقال الطاقة: ترتفع درجة حرارة الهواء (الوسط المحيط)، بما أنّ درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة، لذا يرتفع معدّل طاقة حركة الوسط المحيط (وترتفع الطاقة الداخلية أيضًا). هذا يعني أنّ الطاقة تنتقل من النظام إلى الوسط المحيط (تفاعل إكزوثيرمي).

الطاقة ودرجة الحرارة

أخطاء شائعة

يعرف معظم الطلاب مصطلح طاقة الحركة والعوامل الّتي تؤثّر عليه، لكن يستصعب قسم من التلاميذ في هذا الموضوع. فيما يلي أخطاء الاصطلاح الّتي وُجدت:

- عدم فهم العلاقة بين معدّل طاقة حركة جُسَيْمات المادّة (مستوى ميكروسكوبي) ودرجة الحرارة (مستوى ماكروسكوبي) – تحديد علاقة عكسيّة بين معدّل طاقة الحركة ودرجة الحرارة.
- عدم فهم الحقيقة أنّ معدّل طاقة الحركة قد ينخفض أو يرتفع دون تغيير في حالة المادّة أيضًا.
- يتطرّق الطلاب إلى معدّل طاقة الحركة ودرجة الحرارة كسبب ونتيجة، ولا يتطرّقوا لهما كمقياسين، أحدهما للمستوى الميكروسكوبي والآخر للمستوى الماكروسكوبي.
- يتطرّق الطلاب إلى جُسَيْم منفرد وليس لتكتل جُسَيْمات: التطرُّق إلى سرعة الجُسَيْمات في الجزيء وإلى تسخين الجزيء.

توصيات

- نوصي أن تشرحوا للطلاب شرحًا كاملًا ومفصلًا عن العلاقة بين معدّل طاقة حركة جُسَيْمات المادّة ودرجة حرارة عمليّات مختلفة أثناء التمرُّن في الصفّ وخلال تنفيذ التجارب.
- نوصي بتنفيذ نقاش مع الطلاب عن العلاقة بين معدّل طاقة جُسَيْمات الوسط المحيط والتغيّرات في المادّة الّتي يعتمد عليها قياس درجة الحرارة.

يمكن أن نبدأ النقاش بواسطة عرض كاشف الحرارة – مقياس الحرارة الّذي بناه جاليلو (يمكن شرائه من حوانيت الهدايا). أُعِدّ هذا الوعاء لتجسيد التغيّرات في درجة الحرارة دون قياسها. يحتوي كاشف الحرارة على سائل وعلى عدّة كرات عائمة ذات كثافة مختلفة. كلّما ارتفعت درجة حرارة الوسط المحيط تنخفض كثافة السائل وتنزل كرات كثيرة إلى أسفل. يُجسد كاشف الحرارة مبدأ تأثير درجة الحرارة على كثافة المادّة.

نستمرّ في النقاش – ننتقل إلى مبادئ قياس درجة الحرارة بواسطة مقياس درجة الحرارة الّذي يحتوي على سائل (زئبق أو كحول). يعتمد مقياس درجة الحرارة من هذا النوع على تمدد السائل مع ارتفاع درجة الحرارة.

- نوصي الاستعانة بالموقع:

Temperature is a measure of molecular motion

حساب ΔH° التفاعل

في الأسئلة الّتي نطلب فيها من الطالب أن يحسب ΔH° ، الصعوبة الأساسيّة هي تمييز الطريقة المناسبة للحساب: بمساعدة قانون هس أو حسب إنثالبيا الرابط.

أمامك طريقتان لحساب ΔH° :

1. بمساعدة قانون هس:

أخطاء شائعة

- تمييز خاطئ للتفاعلات الّتي بمساعدتها يمكن أن نحسب ΔH° .
- خطأ في الإشارة (+) أو (–).
- خطأ في ضرب المعاملات.

توصيات

نُرشد الطلاب في تنفيذ الحسابات بالطريقة التالية:

1. نُشير في التفاعلات المعطاة إلى الموادّ المتفاعلة وإلى النواتج المسجّلة في التفاعل المطلوب.
2. نُنفذ عمليّات حسابيّة كي نتوصل للتفاعل المطلوب:
   - مكان النواتج والموادّ المتفاعلة (يمكن أن نبدّل المكان بواسطة الضرب في (1-).
   - عدد المولات (المعامل) في التفاعل (يمكن أن نضرب التفاعل في المعامل المناسب).
   - كلّ عمليّة حسابيّة نُفذّت في البندين 1-2 تُنفّذ على قيمة وإشارة ΔH° . ملاحظة: عندما تظهر مادّة معيّنة عدّة مرّات في التفاعلات المعطاة، مثلًا: الأكسجين في عمليّة الاحتراق، لا نحاول تحديد قيمة وإشارة ΔH° . ينتظم عدد مولات هذه المادّة من نفسه.
3. نجمع (نشدّد على التسجيل الصحيح لحالات المادّة):
   - جميع الموادّ الموجودة في المتفاعلات.
   - جميع الموادّ الموجودة في النواتج.
   - جميع قيم ΔH° .
4. نختزل موادّ متماثلة في المتفاعلات والنواتج، ونجمع موادّ متماثلة موجودة في المتفاعلات أو النواتج.
5. في نهاية هذه العمليّات نحصل على صياغة التفاعل المطلوب وعلى قيمة تغيير الإنثالبيا المناسبة (إذا لم نحصل على صياغة التفاعل المطلوب، يجب أن نفحص العمليّات وأن نميّز الأخطاء).
6. من المستحسن أن يرافق العمليّة الحسابيّة رسم تخطيطيّ مناسب للطاقة.

انظروا إلى الأمثلة في الكتاب التعليميّ "الطاقة بوتيرة الكيمياء"، في الصفحتين 41، 52.

2. بمساعدة إنثالبيا الرابط:

أخطاء شائعة

- استعمال خاطئ للصيغة الرياضيّة الّتي تربط بين ΔH° التفاعل وإنثالبيا الرابط:
  إنثالبيا الرابط للنواتج – إنثالبيا الرابط للموادّ المتفاعلة= ΔH°
- نقلب الإشارات: نسجّل (+) لإنتاج الروابط وَ (–) لتفكيك الروابط.
- عدم الآخذ بالحسبان عدد مولات الروابط في كلّ مول مركّب و /أو عدد المولات حسب صياغة العمليّة.
- استعمال المعطيات بشكل خاطئ: هنالك بلبلة بين قيمة إنثالبيا الرابط الأحاديّ وقيمة إنثالبيا الرابط الزوجيّ (الثنائيّ) أو الرابط الثلاثيّ.
- عدم فهم مصطلح إنثالبيا الرابط (كالطاقة المطلوبة لتفكيك مول من الروابط، أو الطاقة المنبعثة عند إنتاج مول من الروابط).

توصيات

- نشرح للطلاب أنّه في التفاعل الكيميائيّ يجب أن نفكك الروابط في الموادّ المتفاعلة، وأن نبذل طاقة في تفكيكها (+)، وفيما بعد نُنتج الروابط في النواتج، وخلال الإنتاج تنبعث طاقة (–).
- يمكن استعمال الصيغة الرياضيّة:
  إنثالبيا الرابط للنواتج – إنثالبيا الرابط للموادّ المتفاعلة = ΔH°
- نوجّه الطلاب إلى تنفيذ الحسابات بالطريقة التالية:
  1. تسجيل صياغة التفاعل المعطى.
  2. تسجيل الصيغ البنائيّة لجميع الموادّ الّتي تشترك في التفاعل: موادّ متفاعلة ونواتج. يُتيح التسجيل الصحيح للصيغ البنائيّة تمييز الروابط الموجودة، في كلّ جزيء، وعدّدها.
  3. نجمع:
     - إنثالبيا الرابط لجميع الروابط في الموادّ المتفاعلة الّتي يجب تفكيكها أو كسرها (عمليّة إندوثيرمية) – أنواع الروابط وعدد المولات.
     - إنثالبيا الرابط لجميع الروابط الناتجة في النواتج (عمليّة إندوثيرمية) - أنواع الروابط وعدد المولات.
     - حساب التغيُّر في إنثالبيا التفاعل بمساعدة الصيغة الرياضيّة.
  4. من المستحسن استعمال الرسم التخطيطيّ المناسب للطاقة خلال تنفيذ الحسابات.
- نوضح للطلاب أننا لا نحسب ΔH° التفاعل بمساعدة إنثالبيا الرابط عندما:
  - لا توجد معطيات كافية لأحد الموادّ المتفاعلة أو لأحد النواتج (عندما يكون معطى إنثالبيا التفاعل).
  - لا تكون إحدى الموادّ في حالة المادّة الغازيّة.

تمرُّن

سؤال 1

مثال لحساب التغيّر في إنثالبيا التفاعل بمساعدة إنثالبيا الرابط.

معطى في الجدول التالي قيم إنثالبيا الرابط:

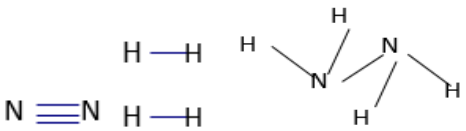
الرابط	إنثالبيا الرابط kJ/mol
$N \equiv N$	945
$N - N$	163
$H - H$	436
$N - H$	391

احسب التغيُّر في إنثالبيا التفاعل. فصّل حساباتك.

$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(g)} \qquad \Delta H° = ?$

الإجابة:

$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(g)}$



$$\Delta H° = (\Delta H°_{N \equiv N} + 2\Delta H°_{H-H}) - (\Delta H°_{N-N} + 4\Delta H°_{N-H})$$

$$\Delta H° = 945 + 2 \times 436 - 163 - 4 \times 391$$

$$\Delta H° = 90 \text{ kJ}$$

سؤال 2

مثال لحساب إنثالبيا الرابط عندما يكون معطى التغيّر في إنثالبيا التفاعل وقيم إنثالبيا الرابط باستثناء إنثالبيا الرابط المطلوبة.
نوصي في هذا السؤال أن نعوّض، في البداية، جميع المعطيات في الصيغة الرياضيّة، وفيما بعد نحسب إنثالبيا الرابط بحسب المطلوب.

نُنتج أحادي أكسيد النيتروجين، $NO_{(g)}$، في التفاعل بين الأمونيا، $NH_{3(g)}$ ، والأكسجين، $O_{2(g)}$ ، بوجود $Pt_{(s)}$:

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{Pt_{(s)}} 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \qquad \Delta H° = -902\ kJ$$

معطى في الجدول التالي قيم إنثالبيا الرابط:

الرابط	إنثالبيا الرابط kJ/mol
$N-H$	391
$O=O$	497
$O-H$	463

احسب إنثالبيا الرابط في مول جزيئات $NO_{(g)}$. فصّل حساباتك.

الإجابة:

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{Pt_{(s)}} 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \qquad \Delta H° = -902\ kJ$$

$$\Delta H°_{(3)} = (12\Delta H°_{N-H} + 5\Delta H°_{O=O}) - (4X + 12\Delta H°_{O-H})$$

عدد الروابط في الجزيء

$\Delta H°_{O=O}$ - إنثالبيا الرابط $O=O$

$\Delta H°_{N-H}$ - إنثالبيا الرابط $N-H$

$\Delta H°_{O-H}$ - إنثالبيا الرابط $O-H$

X - إنثالبيا الرابط في مول جزيئات NO

$$\Delta H^\circ = (12\Delta H^\circ_{N-H} + 5\Delta H^\circ_{O=O}) - (4X + 12\Delta H^\circ_{O-H})$$

X - إنثالبيا الرابط في مول جزيئات NO.

$$-902 = 12\times 391 + 5\times 497 - 4X - 12\times 463$$

$$X = 630 kj/mol$$

ملاحظة: نتطرّق في هذا السؤال إلى الرابط الكوفلنتي (التساهميّ، المشاركة) في جزيء NO. لا يستطيع الطلاب أن يرسموا الصيغة البنائيّة لهذا الجزيء، وبالإضافة لا يمكن تحديد رُتبة الرابط. لكن من المعروف أنّه في هذا الجزيء يوجد رابط واحد بين الذرتين، لذا يمكن إعطاء هذا السؤال.

حساب ΔH° التفاعل عندما تكون معطاة كمّيّة معروفة لأحد مكوّنات التفاعل

أخطاء شائعة

- عدم فهم أنّ ΔH° التفاعل يتطرّق إلى مول مادّة في عمليّات تغيّرات حالات المادّة وإلى عدد المولات (المعاملات) في صياغة التفاعل الموزونة.
- أخطاء تظهر في كلّ مرحلة من مراحل الحلّ:
  - تمييز خاطئ لعدد المولات الّتي نحسب لها تغيُّر الإنثالبيا في التفاعل.
  - تحديد إشارة خاطئة لل ΔH° .
  - تمييز خاطئ للمعطيات المطلوبة لحلّ السؤال، بالأساس إذا وردت المعطيات في البنود السابقة.
  - الضرب في عدد المولات بدلًا من التقسيم، أو التقسيم على عدد المولات بدلًا من الضرب.

توصيات

- نتمرّن على حساب تغيّرات الطاقة حسب معطيات السؤال.
- نحلّ مع الطلاب الأمثلة الّتي وردت في الكتاب التعليميّ "الطاقة بوتيرة الكيمياء" في الصفحتين 56-57.
- نوضح للطلاب أنّ قيمة ΔH° التفاعل تتطرّق إلى التفاعل كما هو مسجّل، حسب نِسب المولات في التفاعل المعطى. يؤدّي التغيّر في عدد المولات إلى التغيّر في كمّيّة الطاقة الّتي تشترك في التفاعل.
- من المستحسن الإجابة عن هذا النوع من الأسئلة بمساعدة الضرب التبادلي.

تمرُّن

سؤال 1

يجب أن نحسب في هذا السؤال قيمة ΔH° بمساعدة معطى كمّيّ لأحد مكوّنات النظام.

معطى صيغة التفاعل:

$$PH_{3(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow PCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

عندما تفاعل 1.7 غم $PH_{3\,(g)}$ مع كمّيّة $Cl_{2(g)}$ مناسبة انبعثت طاقة مقدارها 30.05 kJ.

احسب التغيّر في الإنثالبيا المعيارية، ΔH° ، للتفاعل. فصّل حساباتك.

الإجابة:

الكتلة المولارية لـ $PH_{3(g)}$: 34 gr/mol

عدد مولات الـ $PH_{3(g)}$ الّتي تفاعلت: $1.7gr \div 34gr/mol = 0.05mol$

عندما يتفاعل 0.05 مول $PH_{3(g)}$ تنبعث طاقة مقدارها 30.05 kJ، وعندما يتفاعل 1 مول $PH_{3(g)}$ تنبعث طاقة مقدارها:

$-30.05kj \div 0.05mol = -601kj/mol$ $\quad \Delta H^\circ = -601kj/mol$

سؤال 2

يجب أن نحسب في هذا السؤال قيمة $\Delta H°$ (بند أ)، وفيما بعد نحسب تغيّر الطاقة في التفاعل عندما تكون معطاة كمّيّة أحد مكوّنات النظام (بند ب).

معطى صيغة التفاعل:

$$Li_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2Li^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

عندما يتفاعل 67.5 gr من مادّة $Li_2O_{(s)}$ مع ماء تنبعث كمّيّة طاقة مقدارها 298 kJ.

أ. احسب التغيّر في الإنثالبيا المعيارية، $\Delta H°$ ، للتفاعل. **فصّل حساباتك**.

ب. احسب الطاقة المنبعثة عندما ينتج في التفاعل 200 ميليتر من محلول أيونات $OH^-_{(aq)}$ بتركيز 0.3 M .

الإجابة:

أ. الكتلة المولارية لـ $Li_2O_{(s)}$: 30gr/mol

عدد مولات $Li_2O_{(s)}$ الّتي تفاعلت: 67.5gr ÷ 30gr/mol = 2.25mol

عندما يتفاعل 2.25 مول $Li_2O_{(s)}$ تنبعث طاقة مقدارها 30.05 kJ، وعندما يتفاعل 1 مول $Li_2O_{(s)}$ تنبعث طاقة مقدارها: 132.4 kJ

-298kj ÷ 2.25mol = -132.4kj/mol $\Delta H° = -132.4$ kj/mol

أ. عدد مولات أيونات $OH^-_{(aq)}$: 0.3mol/liter × 0.2 liter = 0.06mol

عندما يَنْتُج 2 مول أيونات $OH^-_{(aq)}$ تنبعث طاقة مقدارها 132.4 kJ، وعندما ينتج 0.06 مول أيونات $OH^-_{(aq)}$ تنبعث طاقة مقدارها:

(132.4kj × 0.06 mol) ÷ 2 mol = 3.97kg

دمج بين موضوعيِ "الطاقة" وَ "المبنى والترابط"

أخطاء شائعة

يؤدّي الدمج بين موضوعيِ الطاقة وَ "المبنى والترابط" إلى صعوبة عند قسم من التلاميذ. هنالك أخطاء اصطلاح عند الطلاب في موضوع "المبنى والترابط" وفي موضوع "الطاقة" أيضًا. في الأسئلة الّتي تدمج بين الموضوعين تظهر أخطاء تنبع من دمج الموضوعين:

- هنالك صعوبة في الربط بين تفكيك الروابط وبذل الطاقة (تفاعل إندوثيرمي) وبين إنتاج الروابط لانبعاث الطاقة (تفاعل إكزوثيرمي).
- عدم فهم جوانب الطاقة في عمليّات إذابة الغاز، وفي شرح إنتاج الروابط بين جُسَيْمات المُذاب وجُسَيْمات المُذيب.
- أخطاء في عرض المعطيات في الرسم البيانيّ الّذي يصف تغيّرات الطاقة: تعيين السائل فوق تعيين الغاز، تعيين الصلب فوق تعيين السائل أو الغاز، خطأ في تحديد مكان الموادّ المتفاعلة والنواتج.
- عدم فهم جوانب الطاقة في عمليّات تغيّر حالات المادّة للموادّ المختلفة.
- هنالك صعوبة في حلّ الأسئلة المعطى فيها تفاعلان متشابهان عندما يكون الفرق بينهما في حالة المادّة لإحدى الموادّ، والمطلوب من التلاميذ تحديد وتعليل التفاعل الّذي تُستوعب فيه أو تنبعث منه طاقة أكثر. يستصعب قسم من التلاميذ في فهم الحقيقة أنّ الطاقة الداخليّة للغاز أعلى من الطاقة الداخليّة للسائل، وأن الطاقة الداخليّة للسائل أعلى من الطاقة الداخليّة للصلب.
- أخطاء في تحديد نوع الروابط الّتي تتفكك والّتي تَنْتُج عندما يدور الحديث عن موادّ أيونيّة، فلزيّة أو ذريّة.

توصيات

- ندمج في التمارين بين موضوعيِ "الطاقة" وَ "المبنى والترابط".
- نوضح للطلاب الفرق بين تفكيك الروابط وإنتاج الروابط في الموادّ المختلفة من حيث التغيّر في الطاقة.

تفكيك الرابط – الطاقة المستوعبة (المبذولة) إنتاج الرابط – الطاقة المنبعثة

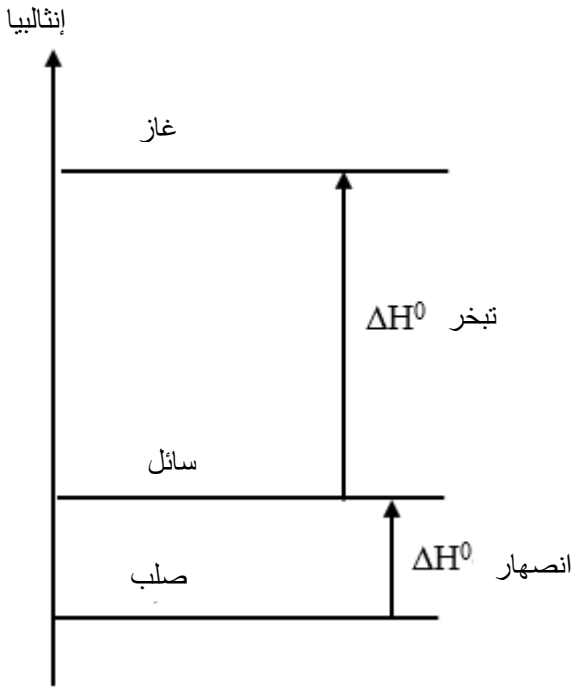
- نوصي بعرض تفكيك وإنتاج الروابط بمساعدة نماذج، رسومات، محاكاة محوسبة، ونتناقش مع الطلاب في جوانب الطاقة في هذه العمليّات.
- أثناء تنفيذ التجارب في موضوع الإذابة نتناقش مع الطلاب في جوانب الطاقة في كلّ عمليّة.

- نوصي بالتشديد على العلاقة بين استيعاب الطاقة بواسطة النظام وانبعاث الطاقة من النظام وبين تفكيك وإنتاج الروابط. هذا الشيء صحيح لجميع أنواع الروابط.
- يجب أن نوضح للتلاميذ العلاقة بين الطاقة الداخليّة وحالات المادّة:
  - الطاقة الداخليّة للغاز أعلى من الطاقة الداخليّة للسائل، لأنّه تُبذل طاقة في عمليّة التبخر لتفكيك الروابط بين الجُسَيْمات (أو: للغاز أنواع حركة أكثر من السائل). نوع الحركة الأساسيّة للغاز هي الإزاحة، لكنه يدور ويهتز أيضًا، أمّا نوع الحركة الأساسيّة للسائل فهي الدوران، ويهتز أيضًا.
  - الطاقة الداخليّة للسائل أعلى من الطاقة الداخليّة للصلب، لأنّه تُبذل طاقة في عمليّة الانصهار لإضعاف الروابط بين الجُسَيْمات (أو: للسائل أنواع حركة أكثر من الصلب). نوع الحركة الأساسيّة للسائل هي الدوران، ويهتز أيضًا، أمّا نوع الحركة في الصلب فهي اهتزاز.

- التغيّر في الطاقة الداخليّة عند الانتقال من صلب إلى غاز أصغر من التغيّر في الطاقة الداخليّة عند الانتقال من سائل إلى غاز، لأنّه عند الانتقال من صلب إلى غاز تضعف الروابط بين الجُسَيْمات (لكنها لا تزال موجودة في السائل)، أمّا عند الانتقال من سائل إلى غاز (مثالي) تتفكك جميع الروابط بين الجُسَيْمات.

$\Delta H^\circ_{\text{تبخر}} \geq \Delta H^\circ_{\text{انصهار}}$

- نوصي بحلّ أسئلة تتناول المادّة نفسها في حالات المادّة المختلفة بمساعدة رسوم بيانيّة مناسبة:



تمرُّن

أمثلة لأسئلة تدمج بين موضوعيِ "الطاقة" وَ "مبنى وترابط":

سؤال 1

يوسّع هذا السؤال الفهم أنّه عند إنتاج روابط بين الجُسَيْمات تنبعث طاقة:

معطى صياغة عمليّة إذابة الأمونيا في الماء:

$$NH_{3(g)} \xrightarrow{\text{ماء}} NH_{3(aq)}$$

حدّد ما إذا كانت العمليّة المعطاة إندوثيرمية أو إكزوثيرمية. **علّل**.

الإجابة:

العمليّة إكزوثيرمية.
في عمليّة الإذابة يَنْتُج ترابط هيدروجيني بين جزيئات الأمونيا وجزيئات الماء (انتقال من مادّة في الحالة الغازيّة، لا يوجد فيها ترابط بين الجزيئات تقريبًا، إلى مادّة مُذابة فيها ترابط جزيئي بين جزيئات المُذيب والمُذاب).

سؤال 2

يوسّع هذا السؤال الفهم أنّه عندما تتفكك الروابط بين الجسيمات تُستوعب طاقة في مادّة غير جزيئية أيضًا:

أمامك صياغة لعمليتان:

1. $K_{(s)} \rightarrow K_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_1$
2. $Br_{2(l)} \rightarrow 2Br_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_2$

اذكر ما إذا كانت كلّ عمليّة إندوثيرمية أو إكزوثيرمية. **علّل**. (فصّل أنواع الروابط).

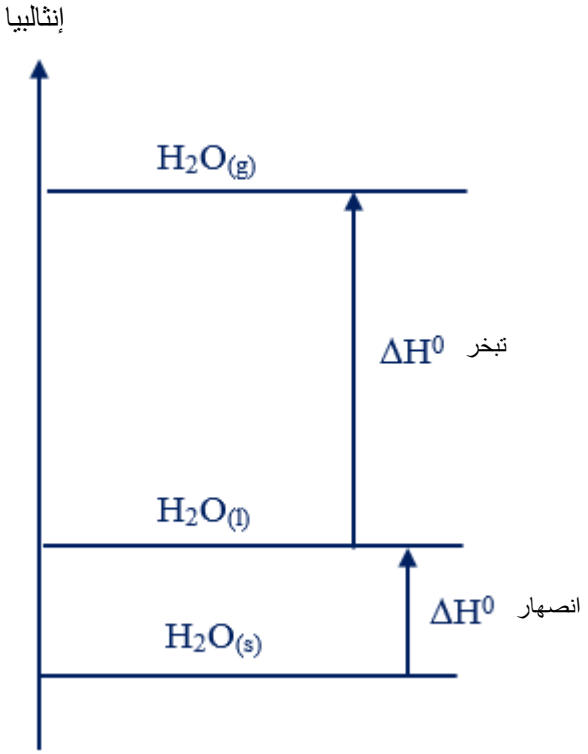
الإجابة:

العمليّتان إندوثيرميتان. في كلّ عمليّة تتفكك روابط: في العمليّة 1 يتفكك رابط أيونيّ بين جُسَيْمات البوتاسيوم، وفي العمليّة 2 تتفكك قوى فاندر-فالس بين جُسَيْمات بروم في الحالة السائلة، وتتفكك روابط كوفلنتية داخل جزيئات Br_2.

سؤال 3

أُرسم رسم بيانيّ يعرض بشكل تخطيطيّ التغيّرات في حالات المادّة للماء: من صلب إلى سائل ومن سائل إلى غاز.

الإجابة:



سؤال 4

تمّ ادخال كمّيّة الماء نفسها، درجة حرارتها $25^{\circ}C$، إلى وعاءين متماثلين A وَ B.

تمّ تسخين الوعاء A بواسطة الطاقة المنبعثة من حرق 5 غم ميثانول، $CH_3OH_{(l)}$.

تمّ تسخين الوعاء B بواسطة الطاقة المنبعثة من حرق 5 غم ميثانول، $CH_3OH_{(g)}$.

ما هو التحديد الصحيح؟

أ. ارتفعت درجة حرارة الماء في الوعاء A أكثر مما ارتفعت درجة حرارة الماء في الوعاء B.

ب. ارتفعت درجة حرارة الماء في الوعاء B أكثر مما ارتفعت درجة حرارة الماء في الوعاء A. (الإجابة الصحيحة)

ت. ارتفعت درجة حرارة الماء في المقدار نفسه، في الوعاءين، لأنّه تمّ تسخين الوعاءين بواسطة الطاقة المنبعثة من حرق 5 غم ميثانول.

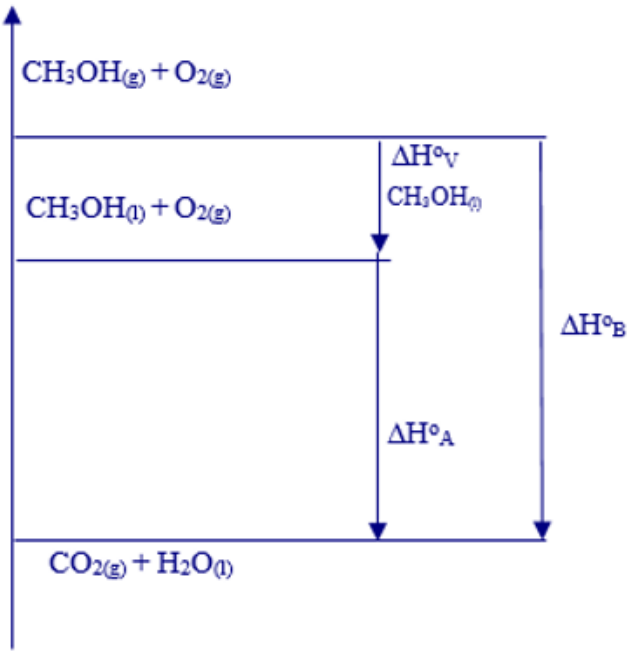
ث. ارتفعت درجة حرارة الماء في المقدار نفسه، في الوعاءين، لأنّه تمّ تسخين كميتين متساويتين من الماء في الوعاءين.

<u>تعليل</u>

تمّ تسخين الوعاءين بواسطة الطاقة المنبعثة من حرق كتلة متماثلة من الميثانول. الطاقة الداخليّة في الغاز أعلى من الطاقة الداخليّة في السائل، لأنّه لتحويل سائل إلى غاز تُبذل طاقة. عندما تمّ حرق ميثانول في الحالة الغازيّة انبعثت كمّيّة طاقة أكثر، لذا ارتفاع الطاقة الداخليّة للماء في الوعاء B يكون أكبر. بما أنّ درجة الحرارة مقياس لمعدّل طاقة الحركة، فإنّ ارتفاع درجة الحرارة في الوعاء B يكون أكبر.

وصف بيانيّ:

إنثالبيا

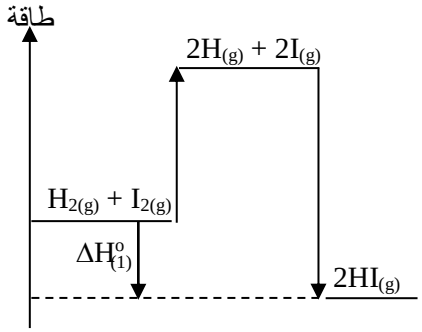


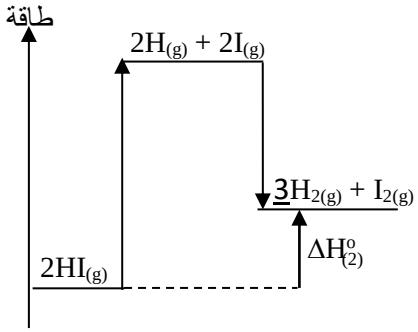
أخطاء شائعة وتوصيات في موضوع "وتيرة التفاعل"

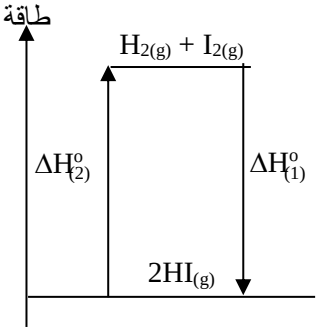
طاقة التنشيط (التفعيل)

أخطاء شائعة

- عدم فهم مصطلح طاقة التنشيط والعلاقة بين طاقة التنشيط ووتيرة التفاعل.
- شرح جزئي دون التطرّق إلى التصادم الناجع وإلى الموادّ المعقدة (complex) المُنشَّطة. الادّعاء أنّه يجب إضافة طاقة تنشيط للتفاعل الإندوثيرمي كي يحدُث فقط.
- رسومات غير صحيحة لرسوم تخطيطيّة للطاقة، وهذه الرسومات لا تعرض طاقة التنشيط وتقدُّم التفاعلات، مثال:

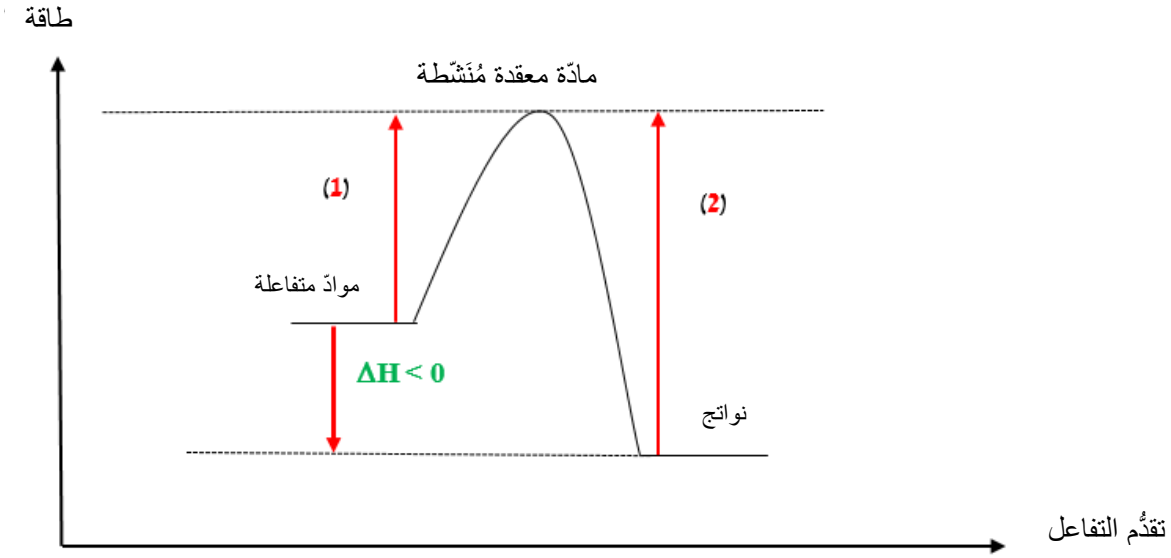




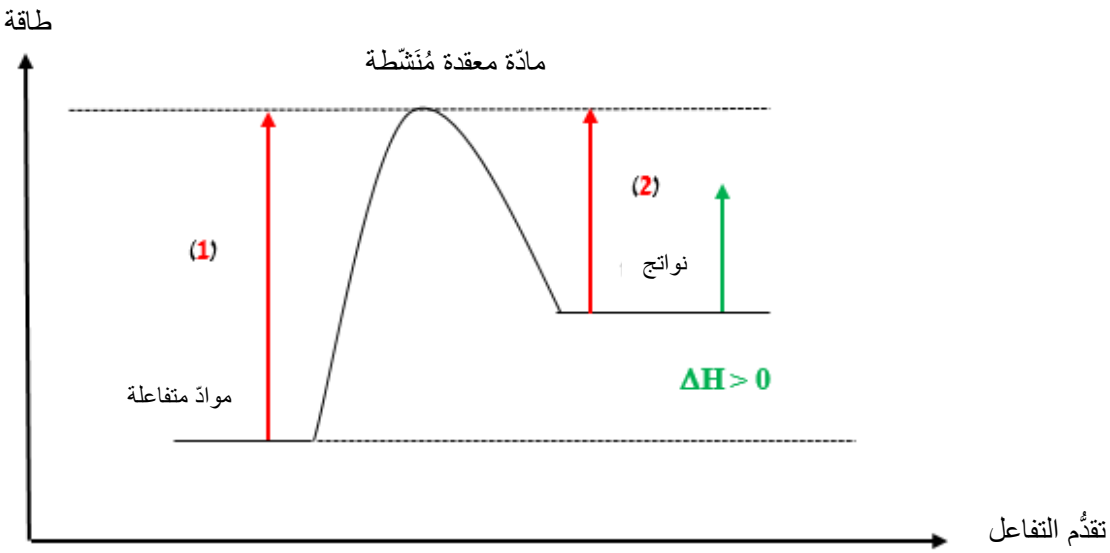


توصيات

- تعريف طاقة التنشيط: كمّيّة الطاقة الصغرى المطلوبة كي تَنْتُج مادّة معقدة منشّطة عندما يحدُث تصادم بين جُسَيْمات بوجود طاقة كافية وبزاوية مناسبة (انظروا إلى الرسمة في الكتاب التعليميّ، صفحة 101).
- نوضح للطلاب أنّ طاقة التنشيط هي مميّز للتفاعل.
- نعرض أمام الطلاب رسومات تخطيطيّة تصف طاقة التنشيط في التفاعل الإكزوثيرمي وفي التفاعل الإندوثيرمي.
- نوضح للطلاب أنّه عندما نتحدث عن تفاعلات عكسيّة: طاقة التنشيط للتفاعل الإندوثيرمي أعلى من طاقة التنشيط للتفاعل الإكزوثيرمي.
    - رسم تخطيطيّ يصف تفاعل إكزوثيرمي:



    - رسم تخطيطيّ يصف تفاعل إندوثيرمي:



(1) : طاقة التنشيط لتفاعل مباشر

(2) : طاقة التنشيط لتفاعل عكسيّ

- نوصي أن تعرضوا أمام الطلاب تفاعلات تحدُث في ظروف الغرفة بوتيرة مختلفة:

(1) $2Na_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + H_{2(g)}$

(2) $2Fe_{(s)} + 1.5O_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \rightarrow Fe_2O_3 \cdot 3H_2O_{(s)}$

عندما نشاهد حدوث التفاعل (1) يمكن أن نرى أنّ التفاعل يحدُث بشكل سريع.

من معرفتنا للتفاعل (2)، إنّ تفاعل تأكسد الأكسجين الّذي يَنْتُج فيه صدأ، هو تفاعل بطيء جدًّا.

يمكن الاستنتاج من هذه التفاعلات أنّ طاقة تنشيط التفاعل (1) منخفضة، أمّا طاقة تنشيط التفاعل (2) عالية.

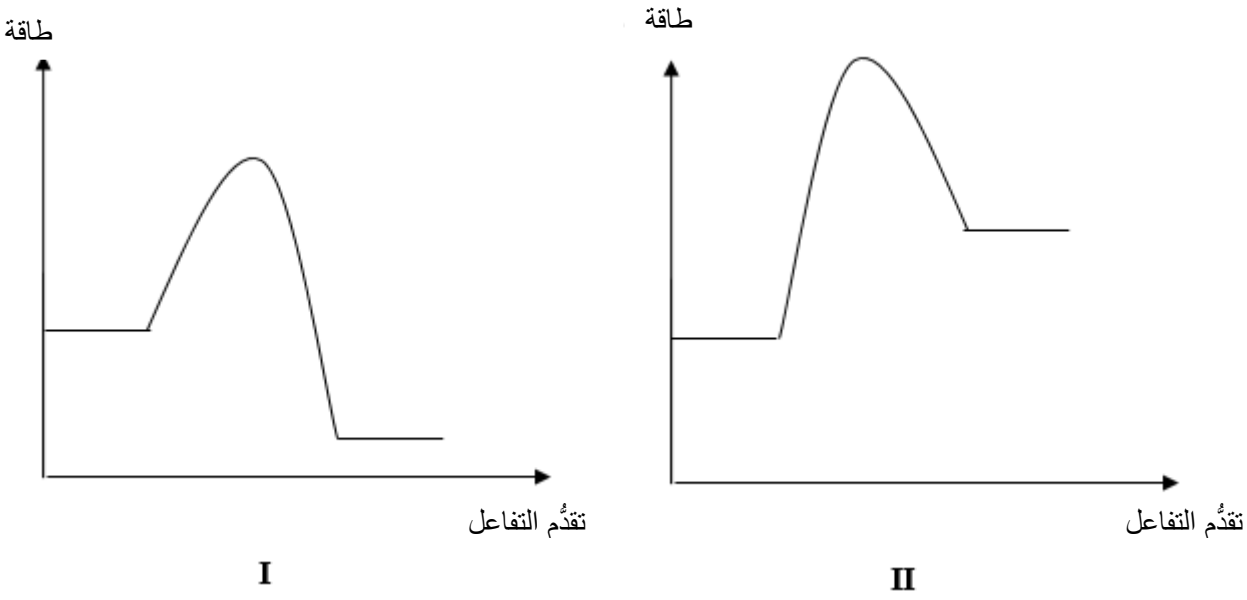
- لتجسيد طاقة التنشيط وللمقارنة يمكن استعمال القطار الأفعواني:
- نوصي بعرض فيلم قصير أمام الطلاب حول "طاقة التنشيط" סרטון ״אנרגיית שפעול״ ومناقشته مع الطلاب لوصف حدوث العمليّة الإكزوثيرمية بشكل ديناميكي.
- نوصي أن نقدّم للطلاب أمثلة تجسد أهمّيّة طاقة التنشيط، من خلال التركيز على أنّ كلّ تفاعل له طاقة تنشيط، حتّى لو كان سريعًا جدًّا.
- نوصي بعرض فيلم قصير أمام الطلاب حول "طاقة التنشيط" סרטון על אנרגיית שפעול ومناقشته.

تمرُّن

نوصي بالإكثار من التمارين الّتي يحتاج حلّها إلى استعمال رسوم بيانيّة. مثال:

سؤال 1

معطى الرسمان البيانيّان I وَ II :

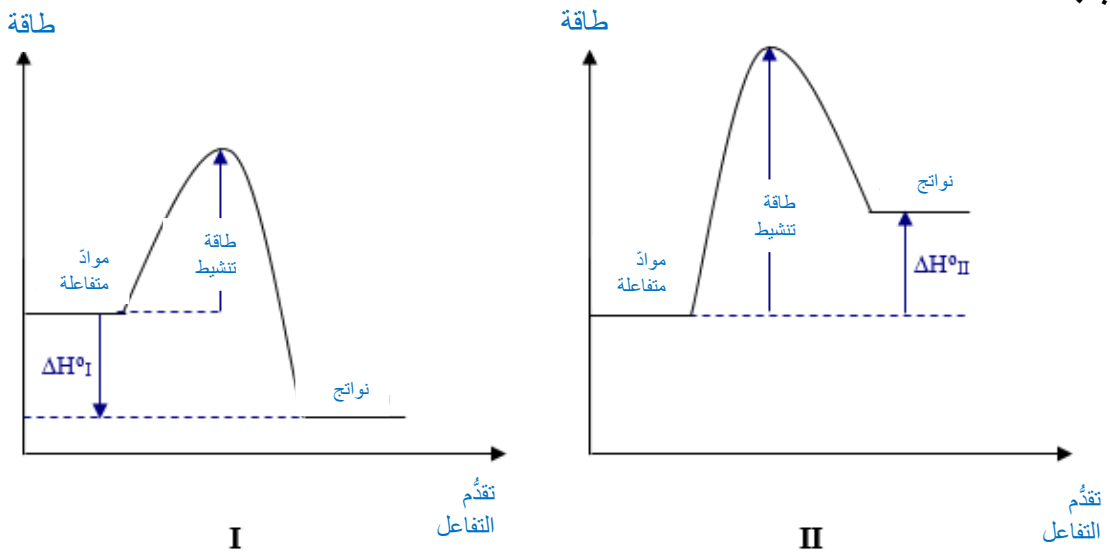


أ. أشيروا في كلّ رسم بيانيّ إلى الموادّ المتفاعلة، النواتج، طاقة التنشيط، ΔH° التفاعل.

ب. حدّد لكلّ رسم بيانيّ هل يصف تفاعل إندوثيرمي أم تفاعل إكزوثيرمي؟

ت. أُرسم لكلّ تفاعل، من بين التفاعلين الموصوفين في الرسوم البيانيّة، الخطّ البيانيّ الّذي يصف التفاعل العكسيّ.

الإجابة:

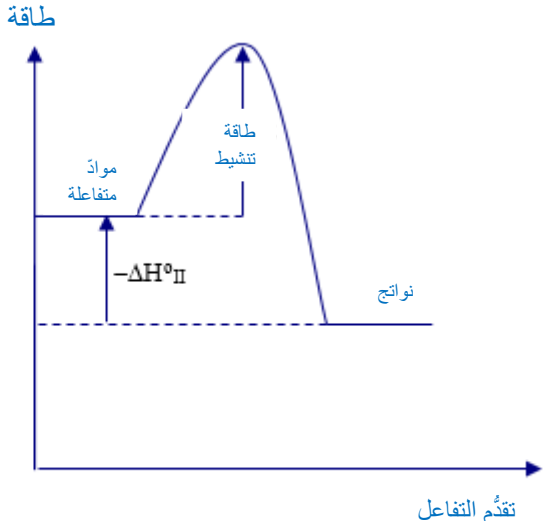


أ.

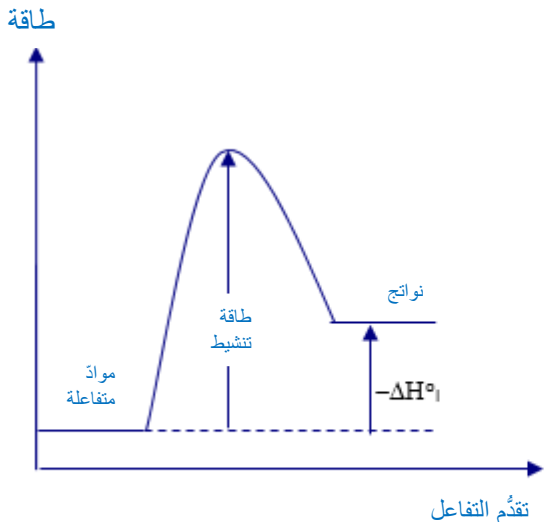
ب. الرسم البيانيّ I يصف تفاعل إكزوثيرمي.

الرسم البيانيّ II يصف تفاعل إندوثيرمي.

ت.



رسم بيانيّ يصف التفاعل العكسيّ للتفاعل الموصوف في الرسم البيانيّ II



رسم بيانيّ يصف التفاعل العكسيّ للتفاعل الموصوف في الرسم البيانيّ I

سؤال 2

أ. عندما نحرق الكبريت، $S_{8(s)}$ ، يمكن الحصول على $SO_{2(g)}$ أو $SO_{3(g)}$. صِغ عمليتيِ الاحتراق لمول واحد من الكبريت.

ب. عندما نحرق الكبريت، $S_{8(s)}$ ، في الهواء، في ظروف الغرفة، نحصل على ثاني أكسيد الكبريت $SO_{2(g)}$ **فقط**. اشرح هذه الحقيقة. تطرّق في إجابتك إلى عمليتيِ احتراق الكبريت.

الإجابة:

أ.

$$(1)\ S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(g)}$$

$$(2)\ S_{8(s)} + 12O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{3(g)}$$

ب. عندما نحرق الكبريت، في ظروف الغرفة، طاقة التنشيط لإنتاج $SO_{3(g)}$ أكبر من طاقة التنشيط لإنتاج $SO_{2(g)}$. لذا لا يوجد للجُسَيْمات طاقة كافية لإنتاج مادّة معقدة مُنشَّطة في التفاعل (2)، وهو لا يتمّ. أمّا طاقة تنشيط التفاعل (1) فهي أقلّ، لذا تَنْتُج الجُسَيْمات مادّة معقدة مُنَشّطة في التصادم بينها، ويتمّ التفاعل (1).

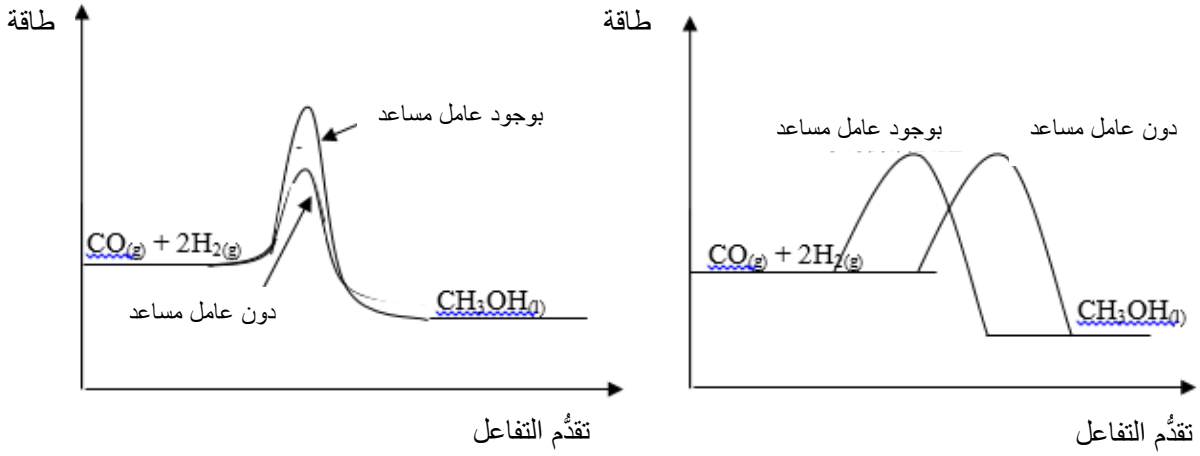
عوامل تؤثّر على وتيرة التفاعل

أخطاء شائعة

- خطأ شائع: عدم التطرُّق أو تطرُّق جزئي لنظرية التصادم في شرح التغيّر في وتيرة التفاعل.
- يحدّد الطلاب أنّ تغيير درجة الحرارة أو إضافة عامل مساعد (مُحفّز) يؤثّران على وتيرة التفاعل، أمّا عندما يتغيّر تركيز الجُسَيْمات أو مساحة السطح الخارجيّ، لا يوجد تأثير على وتيرة التفاعل.
- عدم التمييز بين عوامل ثيرموديناميكيا وعوامل حركية: هناك بلبلة بين كمّيّة النواتج الناتجة في نهاية التفاعل ووتيرة التفاعل – كمّيّة النواتج الناتجة خلال وحدة زمن.
- عرض رسم تخطيطيّ يصف الفرق في الطاقة الداخليّة بين الموادّ المتفاعلة والنواتج دون التطرُّق إلى الزمن.

1.عامل مساعد (محفّز)

- عدم فهم نشاط العامل المساعد (المحفّز) – يدّعي الطلاب أنّ العامل المساعد يؤدّي إلى انخفاض طاقة التنشيط.
- يدّعي الطلاب أنّ العامل المساعد مطلوب للتفاعلات الإندوثيرمية فقط، وغير مطلوب للتفاعلات الإكزوثيرمية.
- رسومات غير صحيحة للرسم البيانيّ الّذي يصف تغيّرات الطاقة خلال حدوث التفاعلين: أحدهما مع عامل مساعد والآخر دون عامل مساعد.



2. تغيُّرات في التركيز

- صعوبة في التحديد حسب تراكيز مكوّنات النظام الّتي تمّ قياسها خلال التفاعل إذا ارتفعت وتيرة التفاعل، انخفضت أو لم تتغيّر.
- عدم فهم تأثير تغيير الضغط في الوعاء (الّذي يؤثّر على تغيير تركيز الجُسَيْمات) على وتيرة التفاعل.

3. تغيُّرات في درجة الحرارة

- يتطرّق قسم من التلاميذ إلى نظريّة التصادم، لكنهم لا يذكرون أنّ ارتفاع درجة الحرارة يؤدّي إلى ازدياد شدّة التصادم.
- عدم فهم العلاقة بين تغيير درجة الحرارة ووتيرة التفاعل.
- يذكر الطلاب أقوال معيّنة، مثلًا: "إذا ارتفعت درجة الحرارة ترتفع وتيرة التفاعل"، لكنهم لا يشرحونها بالمستوى الميكروسكوبي.

4. تغيُّرات في مساحة السطح الخارجيّ

- عدم فهم العلاقة بين التغيير في مساحة السطح الخارجيّ ووتيرة التفاعل.
- يذكر الطلاب أقوال معيّنة، مثلًا: "إذا ازدادت مساحة السطح الخارجيّ تزداد وتيرة التفاعل"، لكنهم لا يشرحونها بالمستوى الميكروسكوبي، ولا يتطرّقون إلى نظرية التصادم.
- عدم فهم الحقيقة أنّ كمّيّات متماثلة لموادّ يمكن أن تكون لها مساحة سطح خارجيّ مختلفة.

توصيات لموضوع "العوامل الّتي تؤثّر على وتيرة التفاعل"

- نوضح للتلاميذ أنّ وتيرة التفاعل هي تغيير في كمّيّة الموادّ المتفاعلة أو النواتج خلال وحدة زمنيّة معيّنة.
- نشرح للتلاميذ التغيّر في وتيرة التفاعل بمساعدة نظرية التصادم: عندما تصطدم الجُسَيْمات ببعضها هناك احتمال للحصول على مادّة معقدة مُنَشّطة. إذا كان التصادم ناجعًا تتحوّل المادّة المعقدة المُنَشّطة إلى ناتج. أمّا إذا كان التصادم غير ناجع تتحوّل المادّة المعقدة المُنشطة إلى مادّة متفاعلة. كلّما كان التصادم أكثر نجاعة خلال وحدة زمن تزداد وتيرة التفاعل.
- نوضح للتلاميذ وظيفة العامل المساعد (المحفِّز): يُتيح العامل المساعد للتفاعل أن يحدُث التفاعل بواسطة آلية مختلفة فيها طاقة التنشيط أقلّ.
- نشرح للتلاميذ تأثير تغيير تركيز الجُسَيْمات. كلّما ازداد تركيز الجُسَيْمات هناك احتمال كبير للتصادم، بما في ذلك التصادم الناجع في وحدة زمن. وتزداد وتيرة التفاعل.
- نوضح للتلاميذ أنّه عندما نُصغّر حجم وعاء مغلق يزداد تركيز الجُسَيْمات (والضغط أيضًا). وتزداد وتيرة التفاعل.
- نشرح للتلاميذ أنّ درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة، لذا عندما تزداد درجة الحرارة يزداد معدّل طاقة حركة الجُسَيْمات (أو: معدّل السرعة)، وهناك احتمال كبير للتصادم بشدّة عالية، لذا يوجد احتمال كبير للحصول على مادّة معقدة مُنَشّطة وعلى تصادم ناجع في وحدة زمن. وتزداد وتيرة التفاعل.

- نشرح للتلاميذ أنّه كلّما ازدادت مساحة السطح الخارجيّ يزداد احتمال التصادم، لذا يوجد احتمال كبير للحصول على مادّة معقدة مُنَشّطة وعلى ازدياد التصادم الناجع في وحدة زمن. وتزداد وتيرة التفاعل.
نعرض أمام التلاميذ عيّنات للمادّة نفسها، في الكمّيّة نفسها لكنها تختلف بمساحة السطح الخارجيّ: كتلة صلبة مقارنة بِقطع صلبة، كتلة صلبة مقارنة بمسحوق وغير ذلك.
- نوصي بتنفيذ تجارب، مع التلاميذ، تعرض تأثير عوامل مختلفة على وتيرة التفاعل، بما في ذلك تجارب تعرض تأثير المحفِّز على وتيرة التفاعل.
- نوصي الاستعانة بنموذج تدريس موضوع حركية التفاعل المعدّ لمعلمي الكيمياء في المرحلة الثانوية، وهو موجود في الموقع القطري لمعلمي الكيمياء באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.
- الفصل الثالث في النموذج: "طاقة التنشيط ومحفّزات" يحتوي على خلفية نظرية وعلى أسئلة للتقييم.
- نوصي باستعمال رسوم متحركة ومحاكاة، مع الطلاب، وهي موجودة في الموقع القطري لمعلمي الكيمياء באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

اقتراح لتسلسل تدريس يدمج بين مصطلحات في موضوع "الطاقة" ابتداءً من إكساب المصطلحات الأساسيّة في الصفّ العاشر

مدخل

يتمّ تعلُّم موضوع "الطاقة" حسب المنهج التعليميّ 30-70 بنسبة 55%، وذلك بعد أن اكتسب الطلاب مصطلحات كثيرة في موضوع الكيمياء. قسم كبير من المصطلحات الّتي يتعلّمها الطلاب في هذا الموضوع غير سهلة للفهم.

تُعلّم السيدة إلا بروتكين – زيلبرمن موضوع "الطاقة" بطريقة غير تقليدية. تدمج الموضوع ابتداءً من تعلُّم المصطلحات الأولية الّتي يكتسبها الطلاب في موضوع "المصطلحات الأساسيّة"، تعود وتتعمق في مصطلحات موضوع "الطاقة" طيلة كلّ تعلّم الكيمياء.

التلاميذ الّذين تعلموا موضوع "الطاقة" بالتسلسل الجديد فهموا الموضوع والمصطلحات بطريقة أفضل من التلاميذ الّذين تعلموا الموضوع بالطريقة العادية. تمّ تدريس الموضوع بالطريقة الجديدة بواسطة أوراق عمل، عرض تجارب، عارضة شرائح، تمرُّن وتجارب.

التصوّر الفكري

المصطلحات المرتبطة بموضوع "الطاقة" يتمّ دمجها في جميع مواضيع تعلُّم الكيمياء في المرحلة الثانوية، في الصفوف العاشرة، الحادية عشرة والثانية عشرة. في المواضيع التي تُدرس في الصف العاشر: مبنى الذرة وحالات المادّة، يظهر جانب الطاقة في مصطلحات درجة حرارة الانصهار، عمليّة الانصهار، درجة حرارة الغليان، عمليّة التبخر، طاقة التأين وغير ذلك. عندما نشرح الروابط بين الذرات وبين الجُسَيْمات نستعمل مصطلح "طاقة الرابط". فيما بعد، عندما يتعلّم التلاميذ موضوع الطاقة يتعلّمون مصطلح "إنثالبيا الرابط" ويفهمون بشكل أفضل أنّ الإنثالبيا هي الطاقة الداخليّة في ظروف معيّنة.

يجب أن نعرف هذه المصطلحات قبل استخدامها. ومن المعتاد اليوم أن تُعرض هذه المصطلحات دون شرح، وفقط عندما يتعلّم الطلاب عن موضوع "الطاقة" يفهمون ماهية الروابط داخل الجزيئات والقوى بين جزيئية.

في درس الافتتاحية، مع الطلاب، الّذي نعرض فيه موضوع الكيمياء كموضوع علمي نتطرّق إلى صفات الموادّ، إلى التفاعل الكيميائيّ (موادّ متفاعلة ونواتج)، ونعرض أمثلة لتفاعلات كيميائيّة تستوعب طاقة وإلى تفاعلات كيميائيّة تنطلق فيها طاقة.

في الدرس الّذي يتناول قانون حفظ المادّة، نعلّم قانون حفظ الطاقة أيضًا.

نستعمل خلال التدريس مصطلح ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط، هذا المصطلح يُلزمنا بعرض الجملة "درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة".

نشاهد التجارب، في المختبر، بمستوى ماكروسكوبي، لكن شرح المشاهدات الماكروسكوبية يجب أن يكون بمستوى ميكروسكوبي. هذا الشرح يدمج بين مصطلحات في موضوع "الطاقة".

لشرح المستوى الميكروسكوبي بشكل جيد، يجب على التلاميذ أن يفهموا مصطلح "الطاقة" والمصطلحات المشتقة منه. الفهم غير سهل، لكن إذا تدرجنا مع التلاميذ في الشرح، نُتيح لهم الفهم بشكل أفضل، ونمنع من صعوبات الاصطلاح فيما بعد.

مصطلحات في موضوع "الطاقة" في المنهج التعليميّ

يتمّ تعلّم موضوع "الطاقة" كفصل أخير في المنهج التعليميّ 30-70 في الكيمياء بنسبة 55% ، ويُمتحن التلاميذ في هذا الموضوع في امتحان البجروت حسب نموذج رقم 037381.

يتمّ تعلّم مصطلحات من موضوع "الطاقة" في المراحل الأولية لتدريس الكيمياء. تُعرض هذه المصطلحات للتلاميذ الّذين اختاروا التوسّع في تعلُّم موضوع الكيمياء وللتلاميذ الّذين لم يختاروا هذا التوسع.

فيما يلي مواضيع من المنهج التعليمي 30-70 ذُكرت فيها مصطلحات من موضوع "الطاقة":

مصطلحات أساسيّة

مواضيع	مصطلحات
حالات المادّة	صلب، سائل، غاز درجة حرارة الانصهار درجة حرارة الغليان
لغة الكيميائيون	صياغة وموازنة عمليّات

مبنى الذرة

مواضيع	مصطلحات
إلكترونات	ترتيب الإلكترونات في مستويات الطاقة للذرة إلكترونات التكافؤ
الذرة	طاقة التأين الأولى

مبنى وترابط

مواضيع	مصطلحات
رابط كوفلنتي (تساهمي، مشاركة)	طاقة الرابط طول الرابط
مواد جزيئية	روابط بين جزيئية: قوى فاندس فالس
	روابط بين جزيئية: ترابط هيدروجيني
	صفات: درجة حرارة الانصهار، درجة حرارة الغليان ذائبية
	صفات: درجة حرارة الانصهار
	صفات: حالات المادّة في درجة حرارة الغرفة

حسابات كيميائيّة (ستيكيوميتريا)

مواضيع	مصطلحات
المول	تعريف المول
الحالة الغازية	الضغط الحجم درجة الحرارة
	درجة الحرارة – مدرج أو سُلم درجة الحرارة

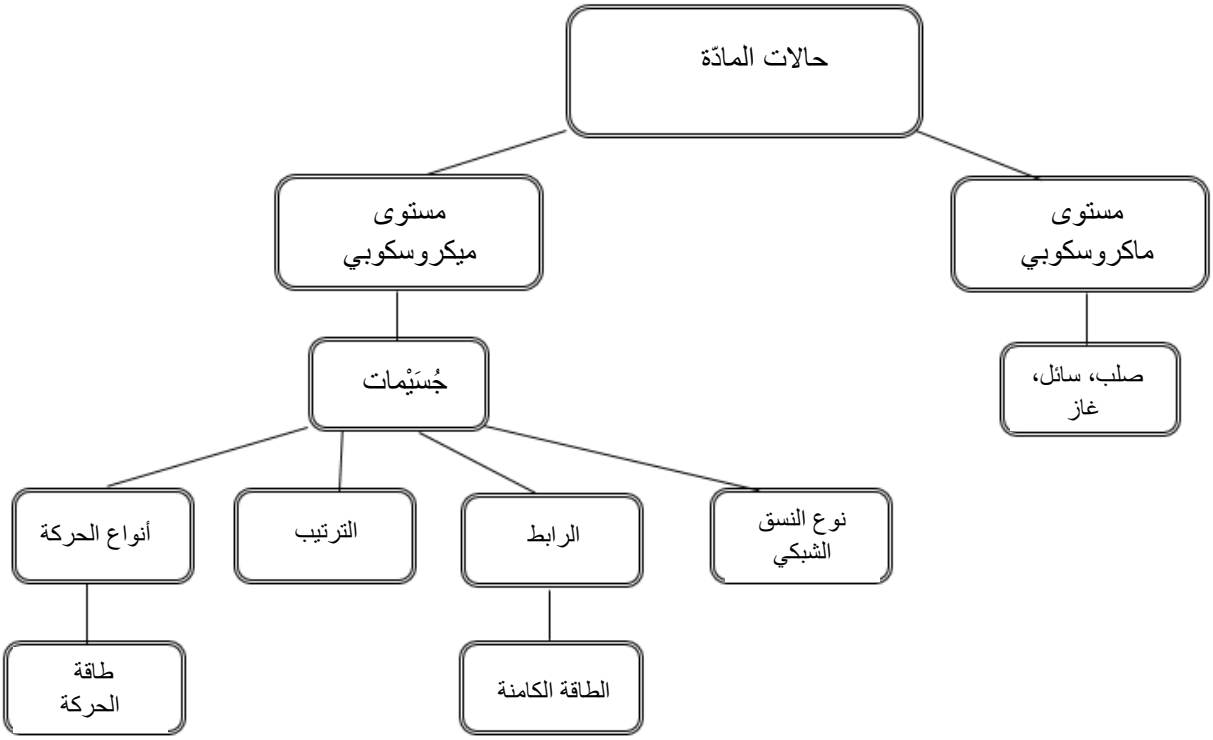
كيمياء الغذاء

مواضيع	مصطلحات
	حساب قيمة السعرات الحراريّة (الكلوري) للغذاء
	مقارنة بين درجة حرارة انصهار الحوامض الدهنية

المنهج التعليميّ المعدّل ابتداءً من سنة 2015 (30-70)

تدريس موضوع "حالات المادّة"

المصطلحات المأخوذة من موضوع "الطاقة" يتمّ تعلّمها ابتداءً من الموضوع الأوّل "مصطلحات أساسيّة"، حيث يتعلّم فيه التلاميذ عن معنى حالات المادّة. يعرض الرسم التخطيطيّ (1) تسلسل تدريس موضوع "حالات المادّة":



الرسم التخطيطيّ (1): تسلسل تدريس موضوع "حالات المادّة"

تعرض الرسمة (1) تسلسل تدريس المصطلحات في موضوع "حالات المادّة". في هذه المصطلحات الّتي نعلّمها في المراحل الأولى من تدريس الكيمياء يمكن دمج مصطلحات من عالَم "الطاقة".

يعرف الطلاب المستوى الماكروسكوبي لحالات المادّة سائل، صلب وغاز من الحياة اليوميّة. يرى الأطفال ماء سائل يتجمد إلى جليد، ماء يغلي يتحوّل إلى بخار ويتوزع في الغرفة. تعلّم الطلاب في المدرسة الابتدائية وفي الإعدادية عن المميّزات الماكروسكوبية لحالات المادّة الثلاثة وعن التغيّرات الّتي تحدُث فيها.

يتعلّم الطلاب في المرحلة الثانوية مصطلحات جديدة: "جُسَيْمات" وَ "مستوى ميكروسكوبي". يبدأ التلاميذ في الفهم أنّ المادّة مكوّنة من جُسَيْمات صغيرة جدًّا.

نبدأ في المرحلة الأولى في تدريس مصطلحات من عالَم الطاقة في مستوى ميكروسكوبي. يتعلّم الطلاب عن أنواع حركة الجُسَيْمات وطاقة الحركة، وعن ربطها بمصطلحات الطاقة الكامنة.

يتعلّم التلاميذ هذه المصطلحات بطريقة التدريس العادية، بشكل حدسيّ في المستوى الماكروسكوبي، بمساعدة معرفة مأخوذة من الحياة اليوميّة: حركة كرة والتجاذب بين الأجسام.

تدريس موضوع "المول"

بالإضافة إلى تدريس مصطلحات في موضوع الطاقة ابتداءً من المصطلحات الأساسيّة، تمّ اختيار موضوع "المول" كموضوع مناسب كي يتعرّف الطلاب على موضوع الطاقة تدريجيًّا.

حسب المنهج التعليميّ، يتمّ تعلّم مصطلح "المول" كموضوع منفرد ضمن موضوع "حسابات كيميائيّة (سيكيومتريا)، وذلك بعد تدريس موضوع "مبنى وترابط".

لكن في هذه المرحلة الّتي يبدأ فيها الطلاب التعلّم عن العلاقة بين المستوى الماكروسكوبي والمستوى الميكروسكوبي، فإنّهم يتعلّمون أنّ المادّة مبنيّة من جُسَيْمات صغيرة جدًّا. يمكن أن نعرض الصيغة الرياضيّة أيضًا:

كتلة المادّة = عدد الجُسَيْمات × كتلة جُسَيْم واحد

بما أنّ كبر كلّ جسيم صغير جدًّا، يفهم التلاميذ أنّ عدد الجُسَيْمات في المادّة هائل. عرض المصطلح مول يربط بين المستوى الميكروسكوبي والمستوى الماكروسكوبي ويُتيح للطلاب فهم الأبعاد الصغيرة جدًّا للجُسَيْم. يمكن أن نعرض الصيغة الرياضية أيضًا: كتلة المادّة = عدد مولات الجُسَيْمات × كتلة مول واحد

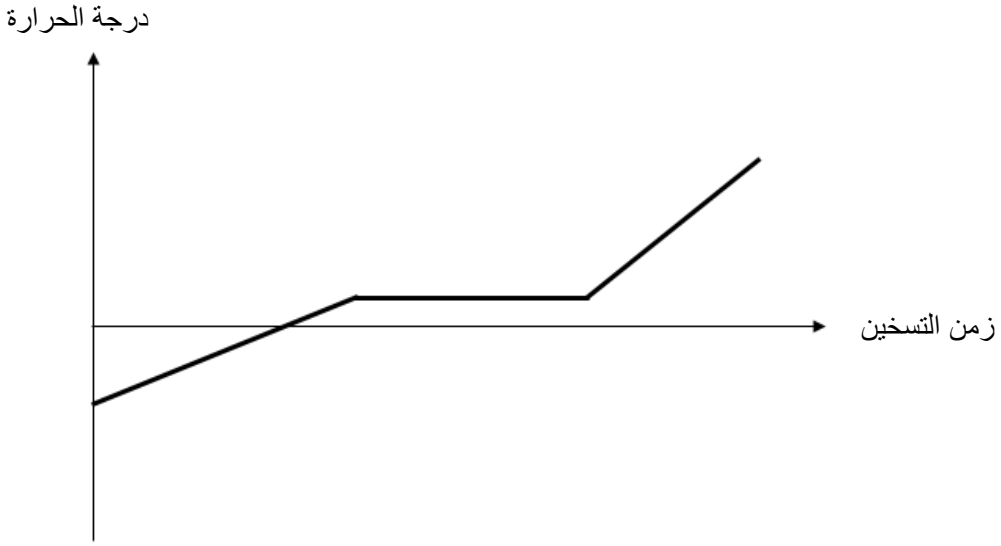
فيما بعد يرتبط مصطلح "المول" بمصطلحات أخرى من عالَم الطاقة. نعرض قيم إنثالبيا الرابط وإنثالبيا التبخر كوحدات طاقة لمول ذرات أو لمول روابط أو مول جُسَيْمات.

تدريس موضوع "تغيّرات حالات المادّة"

يتعلّم التلاميذ فيما بعد عن التغيّرات في حالات المادّة. يتعلّمون عن "الطاقة الداخليّة" وَ "الإنثالبيا".

نعرض للتلاميذ الفرق بين درجة الحرارة (مستوى ماكروسكوبي) ومعدّل طاقة الحركة (مستوى ميكروسكوبي). يتعلّمون عن العلاقة بين المستوى الماكروسكوبي والمستوى الميكروسكوبي: درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة".

يرافق تدريس الموضوع، فيما بعد، رسم بيانيّ يصف التغيّرات في درجة حرارة المادّة كدالة لزمن التسخين. يعرض الرسم البيانيّ (1) التغيّرات في درجة الحرارة كدالة لزمن التسخين:



الرسم البيانيّ (1): التغيّرات في درجة الحرارة كدالة لزمن التسخين.

يعرض الرسم البيانيّ (1) أنّه خلال التسخين هناك مجالات تتغيّر فيها درجة الحرارة، وهناك مجالات أخرى لا تتغيّر فيها درجة الحرارة.
لشرح هذه الحقائق نستعمل المصطلحات التالية: "طاقة داخليّة"، "معدّل طاقة حركة الجُسَيْمات" وَ "الطاقة الكامنة" للمادّة المكوّنة من هذه الجُسَيْمات". يعرف الطلاب أنّ درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة.

تدريس مصطلح "إنثالبيا"

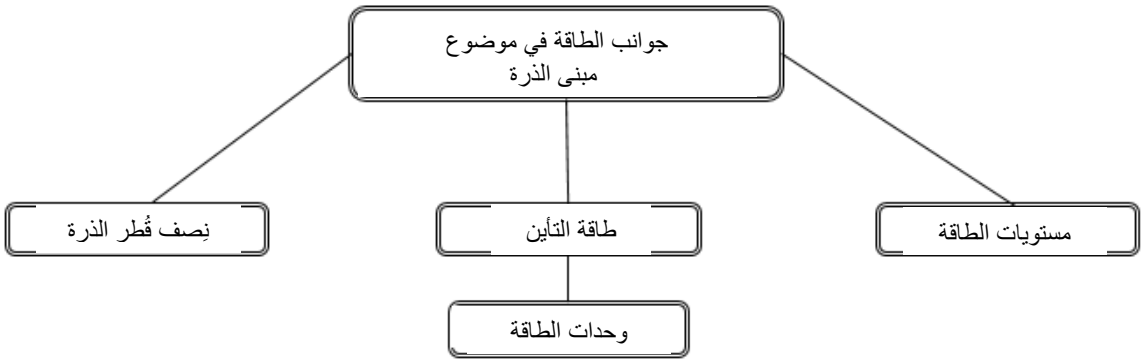
بعد تدريس المصطلح "تغيّرات في حالة المادّة" الّذي تعرّف الطلاب من خلاله على مصطلحات أساسيّة من عالَم الطاقة، يتعرّف التلاميذ على مصطلح "إنثالبيا" وفيما بعد على مصطلح تغيّرات الإنثالبيا".
في التعلُّم العاديّ يتمّ تدريس مصطلح "الإنثالبيا" في نهاية تعلُّم الكيمياء بنسبة 70% في موضوع "الطاقة"، وذلك قبل تعلّم موضوع "وتيرة التفاعل" (الموضوع الأخير في المنهج التعليميّ بنسبة 70%، والموضوعين "التوازن" وَ "الإنثروبيا" (في المنهج بنسبة 30%).

تدريس موضوع "لغة الكيميائيين"

يتعلّم الطلاب في هذا الموضوع لغة الكيميائيين: تسجيل صحيح لصيغ العناصر، الجزيئات، الموادّ، وفيما بعد صياغة موزونة للعمليّات الكيميائيّة.
تسلسل تدريس المصطلحات الّتي يتعلّمها الطلاب في موضوع لغة الكيميائيين:
عرض الموضوع " لغة الكيميائيون" وعلاقته بتغيّرات حالات المادّة. يتعلّم الطلاب في البداية صياغة عمليّات انصهار وتبخر، وفيما بعد يتعلّمون صياغة وموازنة تفاعلات حسب قانون حفظ المادّة.
يتعلّم التلاميذ في هذه المرحلة "قانون حفظ الطاقة". قانون حفظ المادّة (أو: قانون حفظ الكتلة) يتناول حفظ المادّة في التفاعل فقط. أما قانون حفظ الطاقة يتناول النظام، الوسط المحيط والكون. هذا يعني أنّ الطلاب يتعلّمون في هذه المرحلة مصطلحات من موضوع الطاقة.

تدريس موضوع "مبنى الذرة"

يعرض الرسم التخطيطيّ (2) تسلسل تدريس المصطلحات الّتي يتعلّمها الطلاب في موضوع "مبنى الذرة":



الرسم التخطيطي (2): تسلسل تدريس موضوع "مبنى الذرة".

بعد أن اكتسب التلاميذ مصطلحات مهمة في الطاقة: الطاقة الداخليّة، طاقة الحركة، معدّل طاقة الحركة، الإنثالبيا وغير ذلك، يعرض الرسم التخطيطيّ (2) تطبيق هذه المصطلحات في موضوع "مبنى الذرة". يتعلّم الطلاب عن مستويات الطاقة في الذرة وعن طاقة التأين، كما يتعلّمون كيفيّة المقارنة بين قيم طاقة التأين بمساعدة وحدات قياس الطاقة: كيلو - جول (kJ).

تلخيص

تعلّم التلاميذ، في هذه المرحلة، معظم المصطلحات المطلوبة في موضوع "الطاقة". وهم يدمجون هذه المصطلحات في مواضيع تعليميّة يتعلّمونها فيما بعد: قوى بين جزيئية: قوى فاندر فالس والترابط الهيدروجينيّ، والمقارنة بين قيم درجات حرارة الانصهار والغليان للموادّ المختلفة.

يعرف التلاميذ مصطلحات الطاقة الداخليّة، الإنثالبيا، انتقال الطاقة وغير ذلك. ووفقًا لذلك يمكن أن نشرح لهم تفكيك وإنتاج الروابط، بذل وانبعاث طاقة، والمقارنة بين القيم بوحدات kJ/mol.

مع نهاية تدريس مواضيع المنهج بنسبة 55% لامتحان البجروت التحريري (نموذج رقم 037381) ، تبقى مصطلحات قليلة في موضوع "الطاقة": قانون هس، نعرضه للتلاميذ بمساعدة رسوم تخطيطيّة تصف التغيّرات في الإنثالبيا بين الموادّ المتفاعلة والنواتج وإنثالبيا الرابط. يوجد للتلاميذ في هذه المرحلة نموذج ذهني مناسب للمصطلحات المختلفة، ووفقًا لذلك هنالك نجاح كبير في حساب ΔH° التفاعل بمساعدة قانون هس وبمساعدة إنثالبيا الرابط.

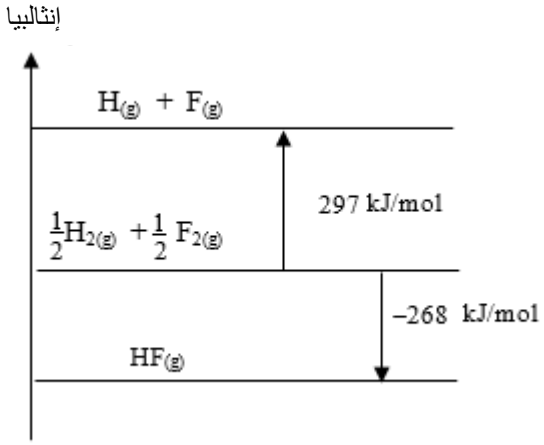
يؤثّر التدريس في التسلسل المعروض على التعلّم ذي معنى للمصطلحات في موضوع الطاقة، لذا تقل صعوبات التعلّم عند التلاميذ في هذا الموضوع.

مجمّع أسئلة من امتحانات بجروت في موضوع "الطاقة"، حيث تمّت معالجتها وملاءمتها للمنهج التعليميّ 30-70 وإجابات لهذه الأسئلة

سؤال 8، بجروت 2016، رقم النموذج 037381

يتفاعل الهيدروجين، $H_{2(g)}$ ، مع الفلور، $F_{2(g)}$ ، حسب التفاعل: $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightarrow HF_{(g)}$

أمامك رسم تخطيطيّ يعرض تغيّرات الإنثالبيا في هذا التفاعل.



ما قيمة إنثالبيا الرابط $H-F$؟

أ. -268 kJ/mol

ب. +29 kJ/mol

ت. +297 kJ/mol

ث. +565 kJ/mol (الإجابة الصحيحة)

التعليل

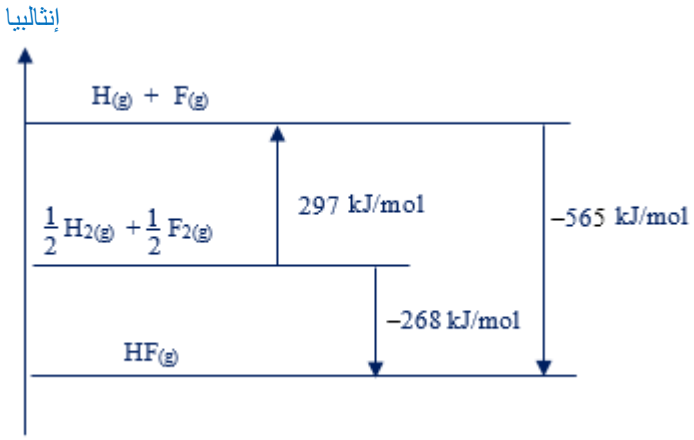
التغيُّر في إنثالبيا التفاعل المعطى:

$\Delta H° = \Sigma$ إنثالبيا الرابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة + ($-\Sigma$ إنثالبيا الرابط في جزيئات النواتج)

$-268 = 297 - \Delta H^{o}_{H-F}$

$\Delta H^{o}_{H-F} = 565 \text{ kJ / mol}$

أو حسب الرسم البيانيّ:



يعرض الرسم البيانيّ إنتاج الرابط H–F .

قيمة إنثالبيا الرابط H–F هي 565 kJ/mol

سؤال 14، بجروت 2016، رقم النموذج 037381

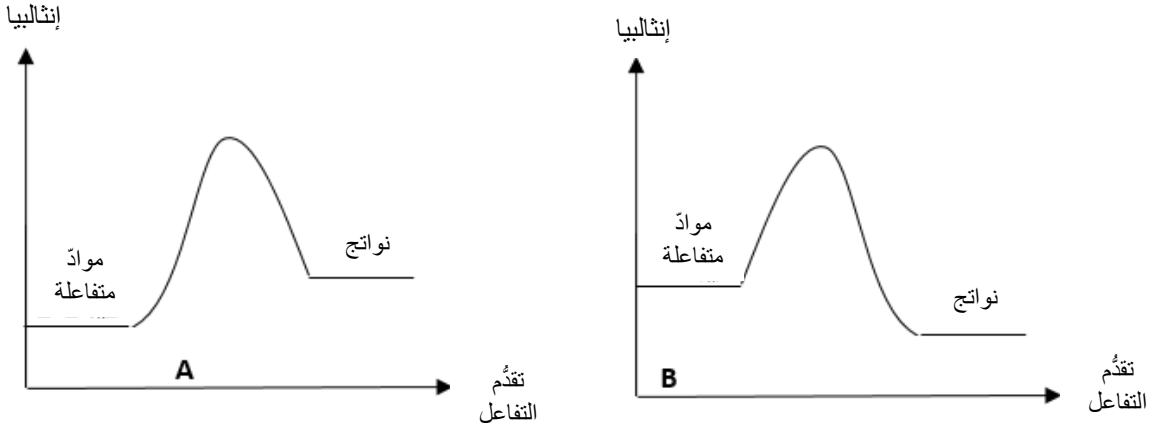
مقدمة السؤال

تمّ حفظ مخلوط الغازين هيدروجين، $H_{2(g)}$ ، وأكسجين، $O_{2(g)}$ ، في وعاء من زجاج مغلق، لمدّة زمنيّة معيّنة، دون تغيير.
عندما نبذل طاقة في مخلوط الغازات بواسطة شرارة كهربائيّة يحدُث التفاعل (1).

$$(1) \qquad H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H°_1 = -241.8 \text{ kJ}$$

بند أ

أمامك الرسمان البيانيان A وَ B ، أيّ واحد منهما يعرض بشكل تخطيطيّ تغيّرات الإنثالبيا خلال التفاعل (1)؟ علّل.



الإجابة:

الرسم البيانيّ B . التفاعل (1) هو تفاعل إكزوثيرمي (أو: $\Delta H°_1 < 0$)، لذا إنثالبيا النواتج أقلّ من إنثالبيا الموادّ المتفاعلة.

بند ب

أمامك العبارتان I وَ II ، أيّ واحدة منهما هي العبارة الصحيحة؟
اشرح العبارة الّتي اخترتها بواسطة نظرية التصادم.

I. في أعقاب بذل الطاقة بواسطة شرارة كهربائيّة انخفضت طاقة تنشيط التفاعل (1)، وقد حدث التفاعل.

II. في أعقاب بذل الطاقة بواسطة شرارة كهربائيّة ازدادت طاقة حركة جزيئات الموادّ المتفاعلة في التفاعل (1)، وقد حدث التفاعل.

الإجابة:

العبارة II هي العبارة الصحيحة.
(للتفاعل (1) يوجد طاقة تنشيط عالية)

نتيجة لازدياد طاقة حركة جزيئات الموادّ المتفاعلة:

- ازداد احتمال التصادم بين جزيئات الموادّ المتفاعلة.
- ازداد احتمال إنتاج موادّ معقدة مُنَشّطة خلال وحدة زمن.
- لذا ازداد احتمال التصادم الناجح خلال وحدة زمن.

لذلك في أعقاب الشرارة الكهربائيّة يحدُث التفاعل (1).

بند ت

في التفاعل (2)، نحصل من مخلوط الغازين هيدروجين وأكسجين على ماء في الحالة الغازية.

$$(2) \qquad H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°_2$$

أمامك ثلاث قيم لتغيّرات الإنثالبيا: $-197.7\ kJ$, $-241.8\ kJ$, $-285.9\ kJ$.

استعن بمعطيات السؤال، وحدّد القيمة المناسبة لـ $\Delta H°_2$. علّل.

الإجابة:

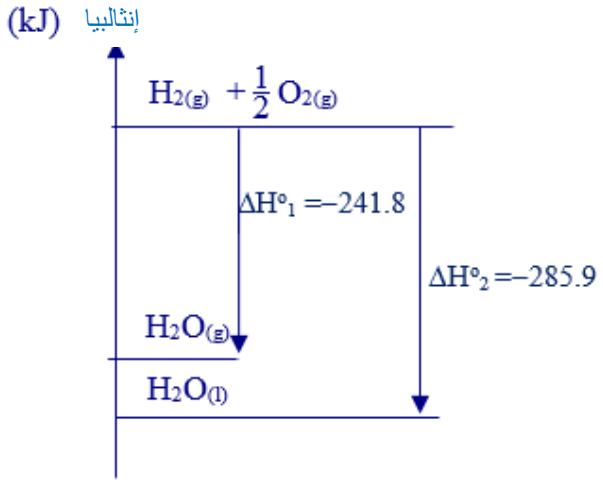
القيمة المناسبة لـ $\Delta H°_2$ هي $-285.9\ kJ$.

إنثالبيا الماء في الحالة السائلة أقلّ من إنثالبيا الماء في الحالة الغازية.

أو : عندما يتحوّل ماء في الحالة الغازية إلى ماء في الحالة السائلة تنبعث طاقة، لأنّه تنتج روابط بين الجزيئات.

لذا في التفاعل (2) تنبعث كمّيّة طاقة أكبر (**أو**: تغيّر الإنثالبيا في التفاعل (2) يكون أكبر).

أو : حلّ بياني



مقدمة للبندين ث-ج

أمامك التفاعلان (3) وَ (4):

$$(3)\quad C_3H_{4(g)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H°_3 = -1848.8\ kJ$$

$$(4)\quad C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} \qquad \Delta H°_4 = -2043.6\ kJ$$

بند ث

يتفاعل الهيدروجين مع البروبين، $C_3H_{4(g)}$ ، لإنتاج بروبان، $C_3H_{8(g)}$ ، حسب التفاعل (5).

$$(5)\quad 2H_{2(g)} + C_3H_{4(g)} \rightarrow C_3H_{8(g)} \qquad \Delta H°_5$$

استعن بالتفاعلات المناسبة من بين التفاعلات (1) – (4) واحسب قيمة $\Delta H°_5$. فصّل حساباتك.

الإجابة:

$$\times 2\quad (1)\quad H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H°_1 = -241.8\ kJ$$

$$(3)\quad C_3H_{4(g)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H°_3 = -1848.8\ kJ$$

$$\times(-1)\quad (4)\quad C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} \qquad \Delta H°_4 = -2043.6\ kJ$$

$$2H_{2(g)} + \cancel{O_{2(g)}} \rightarrow \cancel{2H_2O_{(g)}} \qquad 2\Delta H°_1 = 2 \times (-241.8\ kJ) = -483.6\ kJ$$

$$C_3H_{4(g)} + \cancel{4O_{2(g)}} \rightarrow \cancel{3CO_{2(g)}} + \cancel{2H_2O_{(g)}} \qquad \Delta H°_3 = -1848.8\ kJ$$

$$\cancel{3CO_{2(g)}} + \cancel{4H_2O_{(g)}} \rightarrow C_3H_{8(g)} + \cancel{5O_{2(g)}} \qquad -\Delta H°_4 = +2043.6\ kJ$$

$$(5)\quad 2H_{2(g)} + C_3H_{4(g)} \rightarrow C_3H_{8(g)} \qquad \Delta H°_5 = 2\Delta H°_1 + \Delta H°_3 + (-\Delta H°_4) = -288.8\ kJ$$

بند ج

أمامك ثلاث عبارات I - III .

I. في التفاعل (5)، الطاقة المنبعثة أثناء تكوين الروابط في جزيئات النواتج أصغر من الطاقة الّتي تُستوعب أثناء تفكيك الروابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة.

II. يمكن أن نحسب قيمة $\Delta H°_5$ بمساعدة قيم إنثالبيا الرابط فقط.

III. عندما ننفّذ التفاعل (5) في وعاء معزول ترتفع درجة حرارة الوسط المحيط للوعاء.

القسم الفرعي i

حدّد لكلّ عبارة من العبارات I - III ما إذا كانت صحيحة أو غير صحيحة.

الإجابة:

العبارة I - غير صحيحة

العبارة II - صحيحة

العبارة III - غير صحيحة

القسم الفرعي ii

صحح كلّ عبارة غير صحيحة.

الإجابة:

العبارة I :

الطاقة المنبعثة أثناء إنتاج الروابط في جزيئات النواتج **أكبر** من الطاقة المستوعبة أثناء تفكيك الروابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة.

العبارة III :

عندما ننفّذ التفاعل (5) في وعاء معزول، **لا يحدُث تغيير** في درجة حرارة الوسط المحيط للوعاء.

أو : عندما ننفّذ التفاعل (5) في وعاء معزول ترتفع درجة الحرارة **داخل** الوعاء.

أو : عندما ننفّذ التفاعل (5) في وعاء **غير معزول** ترتفع درجة الحرارة في الوسط المحيط للوعاء.

سؤال 1، بجروت 2016، رقم النموذج 037201

مقدمة السؤال

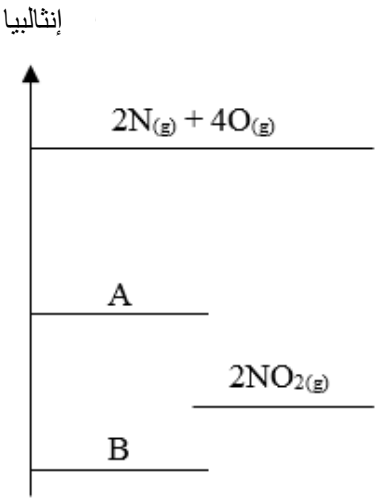
يتناول السؤال تفاعلات تشترك فيها أكاسيد النيتروجين.

معطى التفاعلان (1)-(2):

$$(1) \quad N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_1 = +66.4 \text{ kJ}$$

$$(2) \quad 2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_2 = -114.4 \text{ kJ}$$

أمامك رسم تخطيطيّ يعرض التغيّرات في الإنثالبيا المعياريّة في التفاعلين (1)-(2) أثناء تفكك الروابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة، وأثناء إنتاج روابط في جزيئات النواتج.



بند أ

القسم الفرعي i

حدّد هل تفكك الروابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة هو عمليّة إكزوثيرمية أم عمليّة إندوثيرمية؟ **علّل**.

الإجابة:

تفكك الروابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة هو عمليّة إندوثيرمية.

تعليل: يجب التغلب على قوى التجاذب بين الذرات الّتي يوجد بينها روابط كوفلنتية، لذلك يجب بذل طاقة، والعمليّة إندوثيرمية.

أو : (حسب الرسم البيانيّ) إنثالبيا الذرات المنفردة أعلى من إنثالبيا جزيئات الموادّ المتفاعلة. لذا يجب أن نبذل طاقة والعمليّة إندوثيرمية.

القسم الفرعي ii

صِغ عمليّة تفكك الروابط في جزيئات الموادّ المتفاعلة في **كلّ من** التفاعلين (1)-(2).

الإجابة:

في التفاعل (1) :

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

في التفاعل (2) :

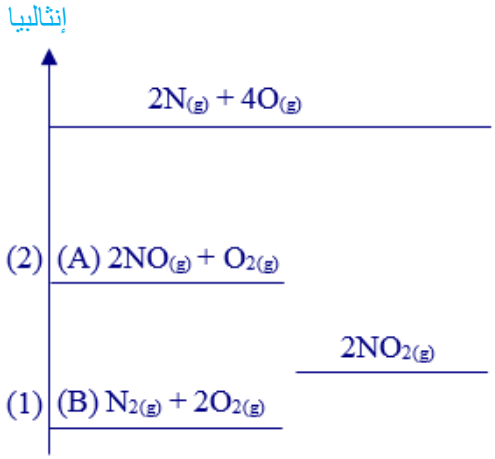
$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2N_{(g)} + 4O_{(g)}$$

القسم الفرعي iii

انسخ الرسم التخطيطيّ في دفترك، وسجّل **على كلّ خطّ** من الخطوط المشار إليها بالحرف A أو B الصيغ البنائيّة للموادّ المتفاعلة المناسبة في التفاعلات **(1)** – **(2)**. **علّل.**

الإجابة:

تسجيل الموادّ المتفاعلة على الخطوط:

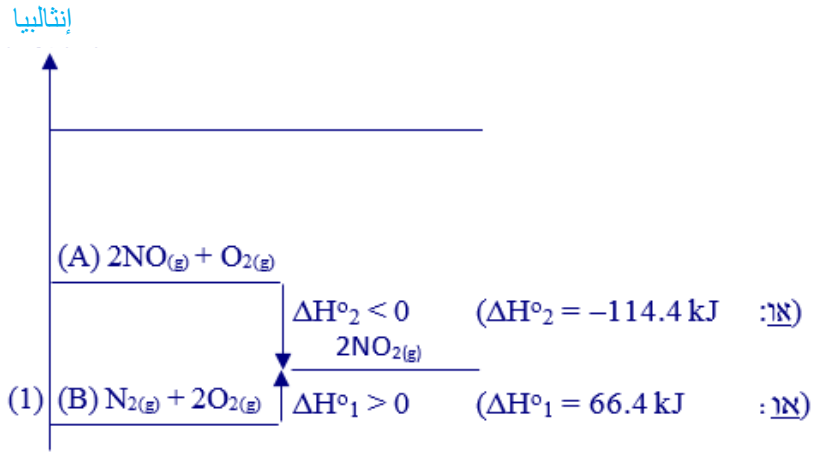


التعليل:

التفاعل (2) هو تفاعل إكزوثيرمي، لذا إنثالبيا الموادّ المتفاعلة (A) أعلى من إنثالبيا النواتج. لذا الموادّ المتفاعلة للتفاعل (2) مناسبة للخطّ A .

التفاعل (1) هو تفاعل إندوثيرمي، لذا إنثالبيا الموادّ المتفاعلة (B) أقلّ من إنثالبيا النواتج. لذا الموادّ المتفاعلة للتفاعل (1) مناسبة للخطّ B .

أو: تسجيل الموادّ المتفاعلة على الخطوط وتعليل بواسطة الرسم البيانيّ:



بند ب

معطى التفاعل (3):

$$(3) \qquad 2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H°_3$$

احسب قيمة $\Delta H°_3$. **فصّل حساباتك.**

الإجابة:

$$\times(-1)\ (1) \qquad N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H°_1 = +66.4\ kJ$$

$$(2) \qquad 2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H°_2 = -114.4\ kJ$$

$$2NO_{(g)} + \cancel{O_{2(g)}} \rightarrow \cancel{2NO_{2(g)}} \qquad \Delta H°_2 = -114.4\ kJ$$

$$\cancel{2NO_{2(g)}} \rightarrow N_{2(g)} + \cancel{2O_{2(g)}} \qquad -\Delta H°_1 = -66.4\ kJ$$

$$(3) \qquad 2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H°_3 = \Delta H°_3 + (-\Delta H°_1)$$

$$\Delta H°_3 = -114.4 + (-66.4) = -180.8\ kJ$$

بند ت

الغازات المنبعثة من محرّك السيارة، في طريقها إلى الخارج، تمرّ عبر جهاز نسمّيه المحوّل الحفّاز. وظيفة هذا المحفّز أن يقلل من انبعاث غازات ملوثة إلى الهواء، مثلًا: الأكسيد $NO_{(g)}$ الّذي يَنْتُج في محرّك السيّارة. عندما تمرّ الغازات عبر المحوّل الحفّاز يحدُث التفاعل (3) على سطح البلاتين، $Pt_{(s)}$ ، الّذي يُستخدم كمحفّز. تنطلق نواتج التفاعل (3) مع سائر الغازات إلى الهواء.

أمامك عبارتان a وَ b . حدّد أيّ عبارة، a أو b ، هي العبارة الصحيحة. **اشرح لماذا لم تقبل العبارة الأخرى؟**

a) التغيّر في إنثالبيا التفاعل (3) الّذي يحدُث على سطح $Pt_{(s)}$ أصغر من إنثالبيا التفاعل (3) الّذي يحدُث دون $Pt_{(s)}$.

b) طاقة تنشيط التفاعل (3) الّذي يحدُث على سطح $Pt_{(s)}$ أصغر من طاقة تنشيط التفاعل (3) الّذي يحدُث دون $Pt_{(s)}$.

الإجابة:

العبارة **b** صحيحة.

الشرح: العبارة **a** غير صحيحة، لأنّ تغيّر إنثالبيا التفاعل مرتبط بإنثالبيا الموادّ المتفاعلة والنواتج، ولا يتأثر من مسار التفاعل – مع محفّز أو دون محفّز.

أو: المحفّز لا يؤثّر على تغيّر الإنثالبيا في التفاعل (بل يؤثّر على مسار التفاعل فقط).

سؤال 1، بجروت 2015، رقم النموذج 037201

مقدمة السؤال

معظم العناصر هي فلزات. يتناول السؤال جوانب الطاقة المرتبطة بالفلزات.

بند أ

الذهب، Au(s) ، يُخزن في البنوك على شكل سبائك. لتحضير السبائك يصهرون الذهب الصلب إلى سائل، يُصب في قوالب مستطيلة الشكل ويبردونه. درجة حرارة انصهار الذهب Au(s) هي 1336 K .

القسم الفرعي i

خلال تسخين الذهب Au(s) يرتفع معدّل طاقة حركة جسيمات الصلب. اشرح لماذا؟

الإجابة:

خلال تسخين الذهب $Au_{(s)}$ تنتقل طاقة إلى جُسَيْمات الذهب.

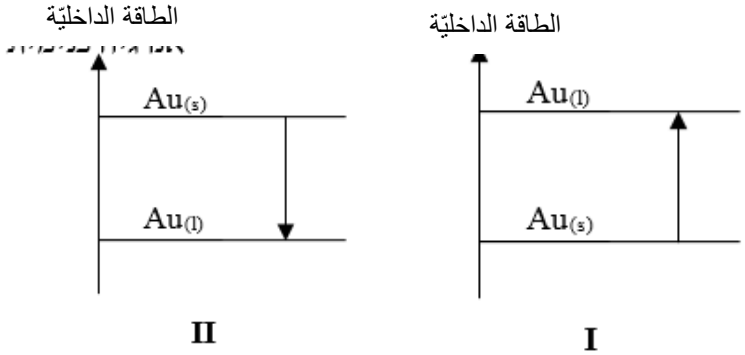
في أعقاب ذلك، تزداد حركة الجُسَيْمات (أو: تزداد شدّة الاهتزازات).

لذا يزداد معدّل طاقة حركة جُسَيْمات الصلب.

ملاحظة: من المهم الانتباه إلى أنّ السؤال يتطرّق إلى التغيّرات في معدّل طاقة حركة الجُسَيْمات ولا يتطرّق إلى التغيّرات في درجة الحرارة.

القسم الفرعي ii

أمامك الوصفان البيانيّان I وَ II ، أيّ واحد منهما يعرض بالشكل الصحيح تغيّرات الطاقة الداخليّة لجُسَيْمات الذهب خلال الانصهار.



الإجابة:

الرسم البيانيّ I .

بند ب

يُستعمل الليثيوم، $Li(s)$ ، من بين الأمور الأخرى، لإنتاج بطاريات لتشغيل أجهزة كهربائيّة.

يتفاعل الليثيوم مع الأكسجين، $O_2(g)$ ، في الهواء حسب التفاعل (1):

$$(1) \qquad 4Li_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Li_2O_{(s)} \qquad \Delta H^\circ = -1191.6 \text{ kJ}$$

احسب كمّيّة الطاقة المنبعثة عندما يتفاعل 1 مول $Li(s)$ مع كمّيّة كافية من الأكسجين $O_2(g)$.

فصّل حساباتك.

الإجابة:

كمّيّة الطاقة المنبعثة عندما يتفاعل 4 مول $Li_{(s)}$ هي 1191.6 kJ ، إذا تفاعل 1 مول $Li_{(s)}$ ، فإنّ كمّيّة الطاقة المنبعثة:

$$\frac{-1191.6\,\text{kJ} \times 1\,\text{mol}}{4\,\text{mol}} = -297.9 \text{ kJ}$$

ملاحظة: من المهم الانتباه إلى أنّ المطلوب من التلاميذ أن يحسبوا الطاقة المنبعثة من مول ليثيوم وليس وفقًا للتفاعل المسجّل (معامل الليثيوم في التفاعل هو 4)

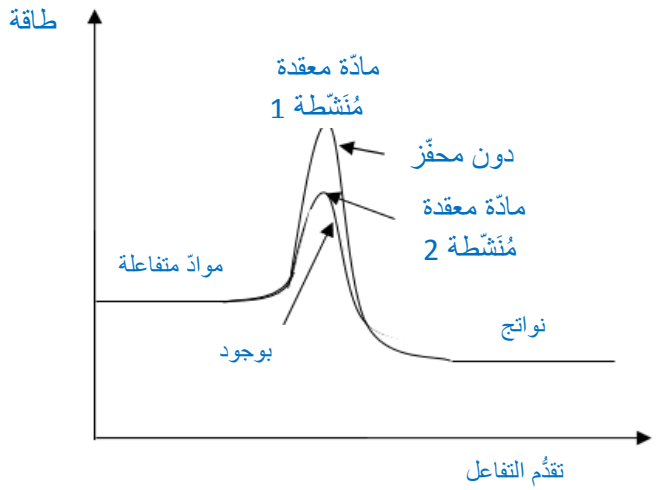
بند ت

يُستخدم البلاتين، $Pt(s)$ ، كمحفّز في العمليّات المختلفة في الصناعة. اشرحوا ما هي وظيفة المحفّز؟

الإجابة:

نستعمل المحفّز في التفاعلات الّتي يوجد لها طاقة تنشيط عالية. بوجود المحفّز هناك احتمال كبير لإنتاج تصادم تَنْتُج فيه مادّة معقدة منشّطة خلال وحدة زمن. بوجود محفّز تتمّ العمليّة بواسطة آلية مختلفة طاقة تنشيطها أقلّ (أو: تَنْتُج مادّة معقدة مُنشّطة لها طاقة أقلّ).

من الأفضل إضافة رسم بيانيّ مناسب:



بند ث

يُستعمل الفلز نيوبيوم، Nb(s) ، للتوصيل الكهربائيّ في درجات حرارة منخفضة في مسرّع الجسيمات في سيرن (CERN)، الموجود على الحدود بين سويسرا وفرنسا.

في التجربة الّتي أُجريت أُخذت عينتان A وَ B من Nb(s) في درجة حرارة الغرفة (298 K).

كتلة العيّنة A كانت 10 غم، وكتلة العيّنة B كانت 50 غم.

استُعمل وعاءين معزولين في كلّ واحد منهما 1 لتر نيتروجين سائل، $N_2(l)$ ، في درجة حرارة 75 K .

ما اتّجاه انتقال الطاقة: من الفلز إلى السائل أو من السائل إلى الفلز؟ علّل.

الإجابة:

اتّجاه انتقال الطاقة من الفلز إلى السائل.

يتمّ انتقال الطاقة من جسم درجة حرارته عالية (الفلز) إلى جسم درجة حرارته أقلّ (سائل)، خلال التصادم بين الجُسَيْمات.

سؤال 1، بجروت 2014، رقم النموذج 037201

يتناول السؤال تفاعلين متعاكسيان الواحد للآخر، **(1)** وَ **(2)** ، وهما يحدُثان في درجة الحرارة نفسها.

معطى التفاعلان وقيمة **طاقة التنشيط**، E_a ، لكلّ تفاعل.

$$(1) \quad H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)} \qquad E_a = 184\ kJ$$

$$(2) \quad 2HI_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)} \qquad E_a = 195\ kJ$$

بند أ

اشرح حسب نظرية التصادم ما هي طاقة تنشيط التفاعل؟

الإجابة:

طاقة التنشيط هي الطاقة الدنيا المطلوبة لجُسَيْمات الموادّ المتفاعلة المتصادمة بزاوية مناسبة كي تُنْتِج مادّة معقدة مُنَشّطة تتحوّل إلى نواتج (**أو**: تصادم ناجع).

بند ب

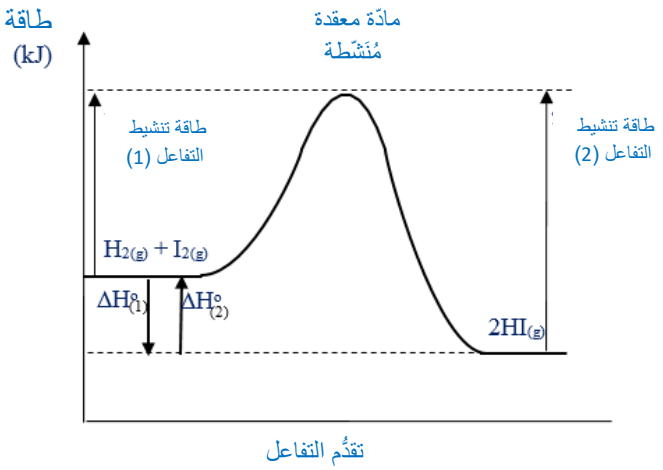
حدّد أيّ تفاعل من بين التفاعلين **(1)** أو **(2)** هو إكزوثيرمي وأيّهما إندوثيرمي؟

ارسم رسمًا بيانيًّا يصف تغيّرات الطاقة خلال التفاعلين، **واشرح تحديدك بمساعدته**.

الإجابة:

التفاعل **(1)** إكزوثيرمي.

التفاعل **(2)** إندوثيرمي.



شرح طاقة التنشيط لـ $\Delta H°_1$ وَ $\Delta H°_2$ بالكلمات (إذا لم تُذكر في الرسم البيانيّ):

التفاعلان **(1)** وَ **(2)** هما تفاعلان متعاكسان، لذا أحدهما يكون إكزوثيرمي والآخر إندوثيرمي.

طاقة تنشيط التفاعل (الطاقة المطلوبة للحصول على مادّة معقدة منشَّطة نتيجة للتصادم بين جزيئات الموادّ المتفاعلة) الإندوثيرمي أعلى، هذا يعني أنّ التفاعل الإندوثيرمي هو التفاعل **(2)** ، أمّا التفاعل **(1)** فهو إكزوثيرمي.

سؤال 1، بجروت 2013، رقم النموذج 037201

مقدمة السؤال

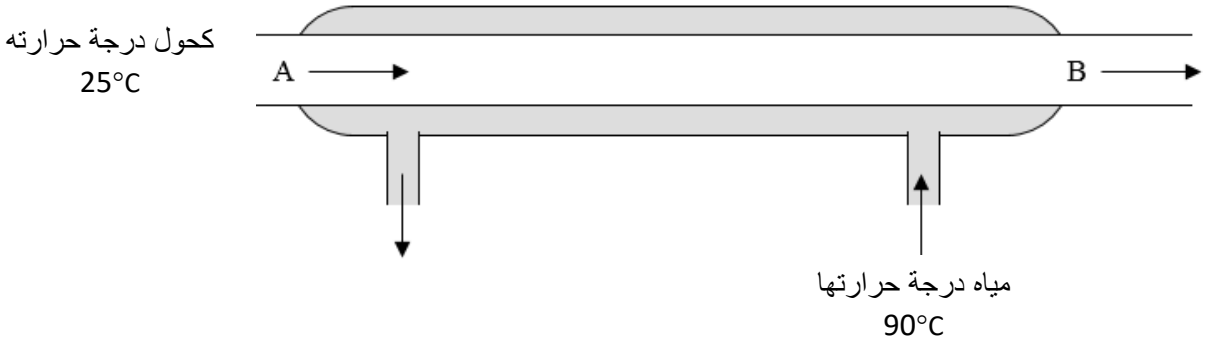
في الطبقات العميقة للكرة الأرضيّة درجات الحرارة عالية. تُستغل المياه الساخنة الّتي تصل من هذه الطبقات إلى تبخير الكحول.

يُستخدم الكحول في الحالة الغازية لتشغيل التوربينا لإنتاج الطاقة.

تُنفذ العملية بمرحلتين.

في المرحلة الأولى يتمّ تسخين الكحول السائل.

أمامك رسمة تصف تدفق السائل في الأنابيب في **المرحلة الأولى**.



بند أ

حدّد هل معدّل طاقة حركة جزيئات الكحول في الخروج من الأنبوب (B) أعلى من معدّل طاقة حركة جزيئات الكحول في الدخول إلى الأنبوب (A) ، أقلّ منها أم تساويها؟ **علّل**.

الإجابة:

أعلى.

تنتقل الطاقة (على شكل حرارة) من الماء الّذي درجة حرارته عالية إلى الكحول الّذي درجة حرارته منخفضة. وفقًا لذلك انتقلت طاقة من الماء إلى الكحول الّذي دخل الأنبوب، ومعدّل طاقة حركة جزيئات الكحول الخارج من الأنبوب أعلى من معدّل طاقة حركة جزيئات الكحول الداخلة إلى الأنبوب.

بند ب

في المرحلة الثانية، في العمليّة، يتحوّل الكحول إلى غاز.

أمامك جدول يعرض معطيات عن كحولين: إيثانول وَ 2- بوتانول.

	إيثانول $CH_3CH_2OH_{(l)}$	2- بوتانول $CH_3CH_2CH(OH)CH_{3(l)}$
درجة حرارة الغليان (K)	351	372
إنثالبيا التبخر* بـ 298 kJ/mol K	42.3	49.6

* إنثالبيا التبخر – كمّيّة الطاقة المطلوبة لتبخر **1 مول** سائل.

استعن بالجدول وحدّد أيّ كحول، إيثانول أو 2 بوتانول، مناسب لتشغيل التوربينا في العمليّة الموصوفة؟ **علّل**.

الإجابة:

إيثانول.

في المرحلة الثانية يتحوّل الكحول إلى غاز. هذا يعني أنّ المطلوب هو كحول يستطيع الماء أن يؤدّي إلى تبخره.

درجة حرارة غليان الإيثانول هي 78^oC (351 K) وَ 2- بوتانول 99^oC (372 K) .

معطى أنّ الماء في درجة حرارة 90^oC يُسخن الكحول. الكحول المناسب هو الكحول الّذي درجة حرارته أقلّ من 90^oC، والماء في هذه الدرجة من الحرارة يستطيع أن يؤدّي إلى تبخره (من سائل إلى غاز).

سؤال 1، بجروت 2012، رقم النموذج 037201

مقدمة السؤال

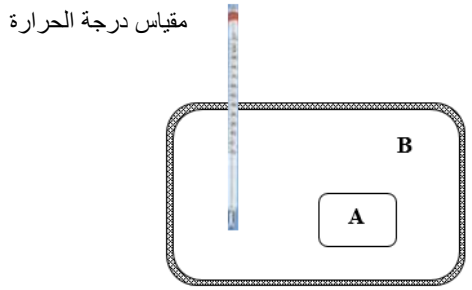
في السنوات الأخيرة تمّ اكتشاف مجمّعات ضخمة من الغاز الطبيعيّ على طول شواطئ البلاد. الغاز الطبيعيّ هو مخلوط من الغازات والمكوّن الأساسيّ فيه غاز الميثان، $CH_{4(g)}$ ، الذي يُستعمل كوقود.

معطى تفاعل احتراق الميثان:

$$(1) \qquad CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

تمّ ادخال ميثان $CH_{4(g)}$ وأكسجين $O_{2(g)}$ إلى وعاء مغلق A.

وتمّ ادخال الوعاء A إلى الوعاء المعزول B الّذي يحتوي على ماء $H_2O_{(l)}$ (انظروا إلى الرسم التخطيطي).



تمّ اشعال مخلوط الغازات في الوعاء A ، وحدث التفاعل (1). انتقلت طاقة من الوعاء A إلى الماء في الوعاء B خلال التفاعل. قاسوا درجة حرارة الماء في الوعاء B من لحظة الاشتعال لمدّة 30 دقيقة. ابتداءً من الدقيقة الـ 11 حتّى نهاية القياسات بقيت درجة حرارة الماء ثابتة.

بند أ

القسم الفرعي i

ما هو النظام وما هو الوسط المحيط في التجربة؟

الإجابة:

النظام: الموادّ الموجودة في الوعاء A – الموادّ المتفاعلة والنواتج.

الوسط المحيط: الماء في الوعاء B.

القسم الفرعي ii

اشرح لماذا كانت هناك حاجة لإشعال مخلوط الغازان في الوعاء A كي يحدُث التفاعل (1)؟

الإجابة:

لتفاعل احتراق الميثان يوجد طاقة تنشيط عالية. نُشعل مخلوط الغازات في الوعاء A كي يبدأ التفاعل ويرتفع معدّل طاقة الحركة. لذا تكون جزيئات طاقة حركتها أعلى من طاقة التنشيط، والآن هناك احتمال حدوث تصادم يُنْتِج مادّة معقدة مُنَشّطة، وفيما بعد يحدُث تصادم ناجع في وحدة زمن، لذا يحدُث التفاعل.

بند ب

القسم الفرعي i

حدّد هل الطاقة الداخليّة لنواتج التفاعل (1) أعلى من الطاقة الداخليّة للموادّ المتفاعلة، أقلّ منها أو تساويها؟ **علّل**.

الإجابة:

الطاقة الداخليّة لنواتج التفاعل أقلّ من الطاقة الداخليّة للموادّ المتفاعلة، لأنّ الطاقة انتقلت من النظام في الوعاء A إلى الماء في الوعاء B **(أو** : التفاعل إكزوثيرمي**)**.

القسم الفرعي ii

حدّد هل معدّل طاقة حركة جزيئات الماء، في الوعاء B ، ازداد، انخفض أم لم يتغيّر أثناء الدقائق الـ 10 الأولى في التجربة I؟ **علّل**.

الإجابة:

ارتفعت درجة الحرارة في الوعاء B.

انتقلت الطاقة من النظام في الوعاء A إلى الماء في الوعاء B ، لذا ارتفع معدّل طاقة حركة جزيئات الماء في الوعاء B.

بما أنّ درجة الحرارة مقياس لمعدّل طاقة الحركة، لذا ارتفعت درجة الحرارة في الوعاء B.

سؤال 2، بجروت 2012، رقم النموذج 037201

مقدمة السؤال

تمّ ادخال مادّتين إلى وعاء مغلق في درجة حرارة ثابتة T. حدث تفاعل، في الوعاء، بين المادّتين ونتج ناتجين. أمامكم جدول يعرض تراكيز الموادّ الّتي تمّ قياسها خلال التفاعل.

الزمن (ثوانٍ)	$[H_2S_{(g)}]$ (M)	$[CH_{4(g)}]$ (M)	$[H_{2(g)}]$ (M)	$[CS_{2(g)}]$ (M)
0	1.00	0.80	0	0
10	0.80	0.70	0.40	0.10

بند أ

صِغ ووازن التفاعل الّذي حدث، في الوعاء، خلال الـ 30 ثانية الأولى.

الإجابة:

$$2H_2S_{(g)} + CH_{4(g)} \rightarrow 4H_{2(g)} + CS_{2(g)}$$

تعليل: يمكن أن نرى، في الجدول، انخفاض في تركيز الموادّ المتفاعلة، وارتفاع في تركيز النواتج وفي نسب المولات في التفاعل الّذي حدث.

بند ب

حدّد هل ازدادت، انخفضت أو لم تتغيّر وتيرة التفاعل المباشر خلال التفاعل؟ **علّل**.

الإجابة:

انخفضت وتيرة التفاعل المباشر (من الموادّ المتفاعلة إلى النواتج).

يقلّ تدريجيًّا تركيز الموادّ المتفاعلة خلال الفترة الزمنيّة نفسها (10 ثوان)، لذا ينخفض احتمال التصادم بين الجزيئات. يقل إنتاج المادّة المعقدة المنشّطة ويقل التصادم الناجع في وحدة زمن، لذا تنخفض وتيرة التفاعل المباشر.

سؤال 1، بجروت 2011، رقم نموذج 037201

بند أ

معطى التفاعل (1) :

$$(1) \qquad 2CO_{2(g)} + Ti_{(s)} \rightarrow 2CO_{(g)} + TiO_{2(s)} \qquad \Delta H° = -379 \text{ kJ}$$

أمامك العبارتان (a) وَ (b). أيّ عبارة تشرح بالشكل الصحيح لماذا نُنفّذ التجربة (1) في درجة حرارة 1173 K وليس في درجة حرارة 298 K ؟

a) في درجة حرارة 1173 K طاقة تنشيط التفاعل (1) أقلّ من طاقة تنشيط هذا التفاعل في درجة حرارة 298 K .

b) في درجة حرارة 1173 K يوجد لجُسَيْمات كثيرة من الموادّ المتفاعلة، في التفاعل (1)، طاقة كافية لإنتاج مادّة معقدة منشّطة.

الإجابة:

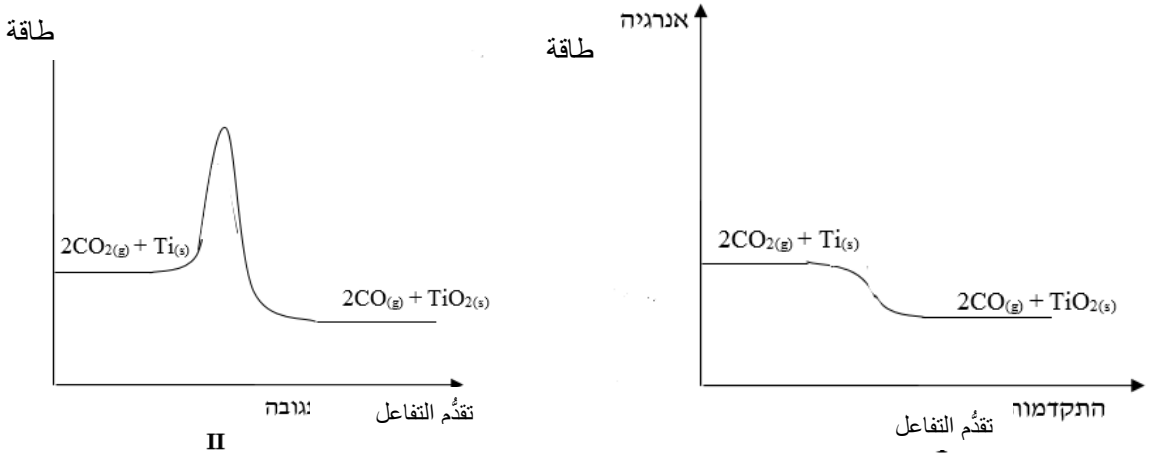
العبارة (b) صحيحة.

تعليل: طاقة التنشيط هي مقدار تميّز التفاعل. طاقة تنشيط هذا التفاعل متساوية في درجات حرارة مختلفة.

بند ب

أمامك الرسمان البيانيّان I-II ، أيّ واحد منهما يصف بشكل صحيح تغيّرات الطاقة خلال التفاعل (1)؟

اشرح لماذا لم تقبل الرسم البياني الآخر؟



الإجابة:

الرسم البيانيّ II هو الّذي يصف بشكل صحيح تغيّرات الطاقة خلال التفاعل (1).

لكلّ تفاعل يوجد طاقة تنشيط. الرسم البيانيّ I غير صحيح، لأنّه لا تظهر فيه طاقة تنشيط.

بند ت

يمكن استعمال الميثانول، $CH_3OH_{(l)}$، كوقود. يمكن استغلال $CO_{(g)}$ وهيدروجين، $H_{2(g)}$، لإنتاج $CH_3OH_{(l)}$ حسب التفاعل **(2)** :

$$(2)\quad CO_{(g)} + 2H_{2\,(g)} \xrightarrow{Cu_{(s)}} CH_3OH_{(l)} \qquad \Delta H° = -128.5\ kJ$$

يحدُث التفاعل (2) في درجة حرارة 323 K . نُنفّذ التفاعل (2) في درجة حرارة 323 K بوجود محفّز – نحاس، $Cu_{(s)}$.

القسم الفرعي i

اشرح لماذا يتمّ تنفيذ التفاعل بوجود محفّز؟

الإجابة:

التفاعل بطيء دون محفّز – يوجد لهذا التفاعل طاقة تنشيط عالية.

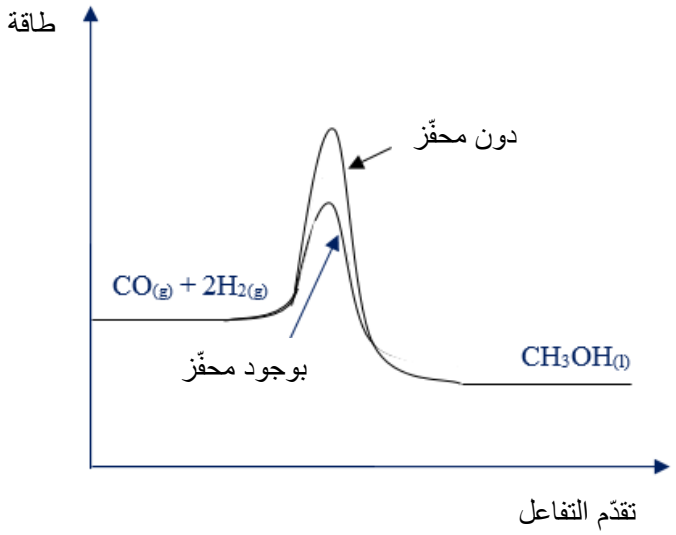
بوجود محفّز تَنْتُج مادّة معقدة مُنَشّطة مختلفة، وهي تحتاج إلى طاقة تنشيط أقلّ (أو التفاعل يتمّ في مسار بديل مع طاقة تنشيط أقلّ)، لذا يكون احتمال كبير للحصول على مادّة معقدة مُنَشّطة ويزداد التصادم الناجع في وحدة زمن، كما تزداد وتيرة التفاعل.

القسم الفرعي ii

أُرسم، في هيئة المحاور نفسها، خطين بيانيين يصفان بشكل تخطيطيّ تغيّرات الطاقة أثناء حدوث التفاعل (2):

- المنحنى الأول – التفاعل دون محفّز.
- المنحنى الثاني – التفاعل بوجود محفّز $Cu_{(s)}$.

الإجابة:



بند ث

هناك اقتراح لتنفيذ التفاعل (2) في درجة حرارة 333 K .

حدّد هل وتيرة التفاعل في درجة حرارة 333 K تكون أكبر من وتيرة التفاعل في درجة حرارة 323 K، أم تكون أصغر منها أو تساويها؟

علّل.

الإجابة:

وتيرة التفاعل تكون أكبر.

في درجة حرارة أعلى، يكون معدّل طاقة حركة الجُسَيْمات أكبر (درجة الحرارة هي مقياس لمعدّل طاقة الحركة).

لذا يحدُث تصادم أكثر وبشدّة أعلى في وحدة زمن، كما يزداد احتمال إنتاج مادّة معقدة مُنَشّطة، ويزداد كلّ من عدد التصادمات الناجعة في وحدة زمن ووتيرة التفاعل.

سؤال 2، بجروت 2011، رقم النموذج 037201

مقدمة السؤال

نُفّذت ثلاث تجارب I , II , III . تمّ التفاعل (1) في كل تجربة.

$$(1) \qquad CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

في التجربة I أضافوا 0.2 غم حبيبات من حجر الجيري إلى 30 مليلتر من محلول حامض الهيدروكلوريك، $HCl_{(aq)}$ ، الّذي تركيزه 1 M في درجة حرارة 25^oC.

بند أ

في التجربة II أضافوا 0.2 غم حبيبات من حجر الجيري إلى 30 مليلتر محلول حامض الهيدروكلوريك، $HCl_{(aq)}$ ، الّذي تركيزه 0.2 M في درجة حرارة 25^oC.

حدّد هل كانت وتيرة التفاعل، في الدقيقة الأولى، في التجربة II أكبر من وتيرة التفاعل في التجربة I ، أصغر منها أم تساويها؟ **علّل**.

الإجابة:

وتيرة التفاعل في التجربة II أقلّ من وتيرة التفاعل في التجربة I .

كلّما كان تركيز الحامض أقلّ، يقلّ عدد التصادم الكليّ ويقل عدد التصادم الناجع بشكل خاص، كما يقل احتمال الحصول على مادّة معقدة مُنَشطة وعلى تصادم ناجع في وحدة زمن، وتقل وتيرة التفاعل أيضًا.

تركيز الحامض في التجربة II أقلّ من تركيز الحامض في التجربة I، لذا وتيرة التفاعل في التجربة II تكون أقلّ.

بند ب

في التجربة III أضافوا قطعة من حجر الجيري (بدلًا من إضافة الحبيبات) كتلتها 0.2 غم إلى 30 مليلتر محلول حامض الهيدروكلوريك، $HCl_{(aq)}$ ، الّذي تركيزه 1 M في درجة حرارة 25^oC.

حدّد هل كانت وتيرة التفاعل، في الدقيقة الأولى، في التجربة III أكبر من وتيرة التفاعل في التجربة I ، أصغر منها أم تساويها؟ **علّل**.

الإجابة:

وتيرة التفاعل في التجربة III أقلّ من وتيرة التفاعل في التجربة I.

تعليل: في التجربة III أضافوا قطعة من حجر الجيري الّتي مساحة سطحها الخارجيّ أقلّ من مساحة السطح الخارجيّ للحبيبات الّتي أُضيفت إلى التجربة I. لذا يقل احتمال الحصول على التصادم، كما يقل احتمال الحصول على مادّة معقدة مُنَشّطة في وحدة زمن، وتنخفض وتيرة التفاعل.

سؤال 7، بجروت 2006، رقم النموذج 918651

مقدمة السؤال

أمامك تفاعلان للإيثانول، $C_2H_5OH_{(l)}$ ، مع أكسجين، $O_{2(g)}$:

(1) $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H° = -1234.7\ kJ$

(2) $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H° = -1366.7\ kJ$

بند أ

صِغ عمليّة تبخر الماء.

الإجابة:

(3) $H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تسخين}} H_2O_{(g)}$

بند ب

احسب الطاقة المطلوبة كي يتبخر 3 مول ماء. **فصّل حساباتك.**

الإجابة:

(1) $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H°_1 = -1234.7\ kJ$

$\times(-1)$ (2) $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_2 = -1366.7\ kJ$

---

(1) $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H°_1 = -1234.7\ kJ$

$(-1)\times$(2) $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad -\Delta H°_2 = 1366.7\ kJ$

$3\times$(3) $H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تسخين}} H_2O_{(g)} \qquad 3\Delta H°_3 = \Delta H°_1 + (-\Delta H°_2)$

$$3\Delta H°_3 = -1234.7 + 1366.7 = 132\ kJ$$

سؤال 1 ز، بجروت 2003، رقم النموذج 918651

أمامك صياغتان لتفاعل احتراق إكزوثيرمي للكبريت $S_{8(s)}$:

$$\frac{1}{8}S_{8(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} \qquad \Delta H°_1$$

$$S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(g)} \qquad \Delta H°_2$$

ما هو التحديد الصحيح؟

1. $\Delta H°_1$ يساوي $\Delta H°_2$، لأنّ الكبريت يتفاعل مع الأكسجين في الصياغتان.
2. $\Delta H°_1$ يساوي $\Delta H°_2$، لأنّ اثناهما يعبّران عن التغيّر في إنثالبيا التفاعل نفسه.
3. **$\Delta H°_1$ يختلف عن $\Delta H°_2$، لأنّه في كلّ صيغة هناك عدد مختلف من مولات الكبريت (الإجابة الصحيحة)**
4. لا نستطيع أن نعرف ما إذا كان $\Delta H°_1$ يساوي $\Delta H°_2$ دون معطيات إضافيّة.

التعليل :

تغيّر الإنثالبيا في تفاعل معطى متعلق بعدد مولات الموادّ في صياغة التفاعل.

$\Delta H°_1$ يعبّر عن تغيّر الإنثالبيا في احتراق 1/8 مول كبريت.

$\Delta H°_2$ يعبّر عن تغير الإنثالبيا في احتراق 1 مول كبريت.

الموادّ الّتي تشترك في التفاعل متماثلة، لكن بما أنّه تتفاعل كمّيّات مختلفة من المولات في صيغتي التفاعل، فإنّ قيمة الطاقة المنبعثة مختلفة.

سؤال 6، بجروت 2003، رقم النموذج 918651

مقدمة السؤال

يُستعمل غاز الأسيتلين في موقد اللحام الغازي الّذي يُستخدم للحام والتسخين.

يتفاعل الأسيتلين، $C_2H_{2(g)}$، مع الأكسجين، $O_{2(g)}$ ، في تفاعل احتراق:

$$(1) \quad C_2H_{2(g)} + 2.5O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_1 = -1257 \text{ kJ}$$

بند أ

ما كمّيّة الطاقة المنبعثة في احتراق 130 غم أسيتلين؟ فصّل حساباتك.

الإجابة:

الكتلة المولارية لـ $C_2H_{2(g)}$: 26 gr/mol

عدد مولات الـ $C_2H_{2(g)}$ الّذي يحترق: $\frac{130\,\text{gr}}{26\,\text{gr/mol}} = 5\,\text{mol}$

كمّيّة الطاقة المنبعثة: $1257 \text{ kJ} \times 5 \text{ mol} = 6285 \text{ kJ}$

بند ب

في ظروف طقس معيّنة، في تفاعل احتراق 1 مول أسيتلين، فإنّه يتفاعل مع أكسجين ويُنْتِج ماء في حالة سائلة، $H_2O_{(l)}$، وثاني أكسيد الكربون، $CO_{2(g)}$.

القسم الفرعي i

صِغ عمليّة احتراق الأسيتلين.

الإجابة:

$$C_2H_{2(g)} + 2.5O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

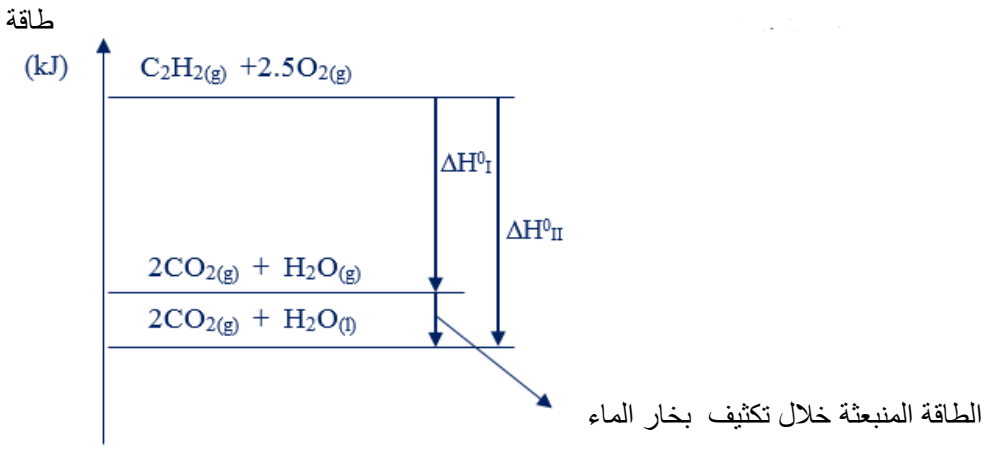
القسم الفرعي ii

حدّد هل في الظروف الموصوفة تكون كمّيّة الطاقة المنبعثة أكبر من كمّيّة الطاقة المنبعثة في التفاعل I، أصغر منها أو تساويها؟ **علّل تحديدك.**

الإجابة:

يوجد للسائل طاقة داخليّة أعلى، لأنّه تُبذل طاقة في تبخر السائل لتفكيك الروابط بين الجزيئات (أو: يوجد للغاز أنواع حركة أكثر من السائل). كمّيّة الطاقة المنبعثة في هذا التفاعل أكبر من كمّيّة الطاقة المنبعثة في التفاعل I، لأنّه تنطلق طاقة في عمليّة تحويل الماء من غاز إلى سائل ($H_2O_{(l)}$ يحتوي على كمّيّة طاقة أقلّ من $H_2O_{(g)}$)

أو شرح يعتمد على الرسم التخطيطيّ:



بند ت

البنزين، $C_6H_{6(l)}$ ، هو مادة الأصل (الابتدائية) لإنتاج مركّبات عضوية كثيرة في الصناعة. يفحصون إمكانية إنتاج بنزين من أسيتلين. صيغة تفاعل إنتاج بنزين من أستيلين هي:

$$(3) \quad 3C_2H_{2(g)} \rightarrow C_6H_{6(l)} \qquad \Delta H^\circ_3$$

معطى صيغة تفاعل احتراق بنزين:

$$(4) \quad C_6H_{6(l)} + 7.5O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_4 = -3136 \text{ kJ}$$

احسب ΔH°_3 (تغيّر إنثالبيا التفاعل III). **فصّل حساباتك.**

الإجابة:

$\times 3$ $\quad (1) \quad C_2H_{2(g)} + 2.5O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_1 = -1257 \text{ kJ}$

$\times (-1)$ $\quad (4) \quad C_6H_{6(l)} + 7.5O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_4 = -3136 \text{ kJ}$

$$3C_2H_{2(g)} + 7.5O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \qquad 3\Delta H^\circ_1 = 3\times(-1257) \text{ kJ}$$

$$6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow C_6H_{6(l)} + 7.5O_{2(g)} \qquad -\Delta H^\circ_4 = 3136 \text{ kJ}$$

$$(3) \quad 3C_2H_{2(g)} \rightarrow C_6H_{6(l)} \qquad \Delta H^\circ_3 = 3\times(-1257) + 3136 = -635 \text{ kJ}$$

سؤال 1 ي ب، بجروت 2002، رقم النموذج 918651

أمامك صياغات لثلاثة تفاعلات **إندوثيرمية**:

(1) $I_{2(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2IBr_{(s)}$ $\Delta H°_1$

(2) $I_{2(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2IBr_{(l)}$ $\Delta H°_2$

(3) $I_{2(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2IBr_{(g)}$ $\Delta H°_3$

ما هو الترتيب الصحيح لقيم $\Delta H°$ حسب كبرها؟

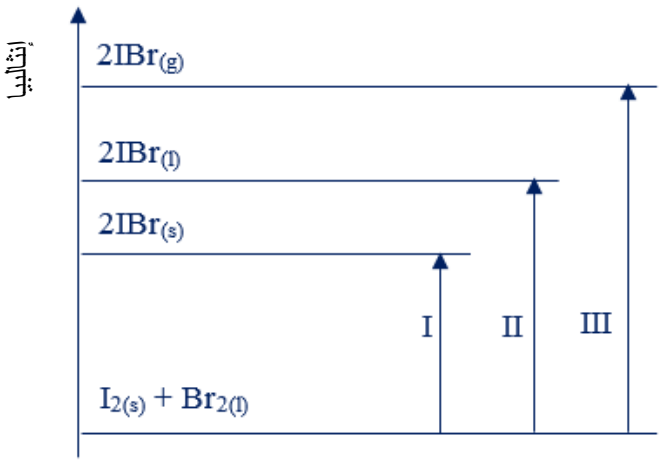
1. $\Delta H°_3 > \Delta H°_2 > \Delta H°_1$ **(الإجابة الصحيحة)**
2. $\Delta H°_2 > \Delta H°_1 > \Delta H°_3$
3. $\Delta H°_1 > \Delta H°_3 > \Delta H°_2$
4. $\Delta H°_1 > \Delta H°_2 > \Delta H°_3$

التعليل:

الطاقة الداخليّة للغاز أعلى من الطاقة الداخليّة للسائل والطاقة الداخليّة للسائل أعلى من الطاقة الداخليّة للصلب: في عمليّة صهر الصلب إلى سائل تُبذل طاقة لإضعاف الروابط بين الجُسَيْمات، في عمليّة تبخر السائل تُبذل طاقة لتفكيك الروابط بين الجُسَيْمات (أو: يوجد للغاز أنواع حركة أكثر من السائل، وللسائل يوجد أنواع حركة أكثر من الصلب). الفرق بين العمليّات الثلاث أنّ الناتج في كلّ حالة منها موجود في حالة مادّة مختلفة: في التفاعل III الناتج في حالة مادّة غازيّة، في التفاعل II في حالة مادّة سائلة وفي التفاعل I الناتج هو غاز. لذا الطاقة الداخليّة للناتج III أعلى من الطاقة الداخليّة للناتج II، والطاقة الداخليّة للناتج II أعلى من الطاقة الداخليّة للناتج I.

لذا عندما يكون الناتج غاز (ناتج III) تُستوعب طاقة بنسبة أعلى.

من الأسهل للتلاميذ أن يفهموا ذلك بواسطة رسم تخطيطيّ يرون فيه تغيّرات الإنثالبيا في كلّ عمليّة وفي المقارنة بينها. يجب أن نتطرّق إلى رسم تخطيطيّ كيفيّ فقط.



سؤال 1، بجروت 2002، رقم النموذج 918651

معطى العملية: $NH_{3(g)} + 3F_{2(g)} \rightarrow NF_{3(g)} + 3HF_{(g)}$.

أمامكم معطيات عن إنثالبيا الرابط:

الرابط	H – F	N – F	F – F	N – H
إنثالبيا الرابط	$\Delta H°_{H-F}$	$\Delta H°_{N-F}$	$\Delta H°_{F-F}$	$\Delta H°_{N-H}$

ما هو ΔH^0 للعمليّة المعطاة؟

1. $\Delta H° = \Delta H°_{N-H} + 3\Delta H°_{F-F} - \Delta H°_{N-F} - 3\Delta H°_{H-F}$
2. $\Delta H° = 3\Delta H°_{N-F} + \Delta H°_{H-F} - 3\Delta H°_{N-H} - \Delta H°_{F-F}$
3. $\Delta H° = 3\Delta H°_{N-H} + 3\Delta H°_{F-F} - 3\Delta H°_{N-F} - 3\Delta H°_{H-F}$ **(الإجابة الصحيحة)**
4. $\Delta H° = 3\Delta H°_{N-F} + 3\Delta H°_{H-F} - 3\Delta H°_{N-H} - 3\Delta H°_{F-F}$

التعليل:

نوصي بحلّ هذا النوع من الأسئلة بعدّة مراحل:

تسجيل الصيغة البنائية للموادّ:

تحديد: ما هي الروابط الّتي تتفكك والطاقة المبذولة في تفكيك الروابط؟ وما هي الروابط الناتجة والطاقة المنبعثة في إنتاج الروابط؟

حساب $\Delta H°$ للعمليّة المعطاة: $\Delta H^0 = (3\Delta H^0_{N-H} + 3\Delta H^0_{F-F}) - (3\Delta H^0_{N-F} + 3\Delta H^0_{H-F})$

مجموع قيم إنثالبيا الرابط للنواتج - الروابط الّتي نتجت

مجموع قيم إنثالبيا الرابط للموادّ المتفاعلة - الروابط الّتي تفككت

لذا: $\Delta H^0 = 3\Delta H^0_{N-H} + 3\Delta H^0_{F-F} - 3\Delta H^0_{N-F} - 3\Delta H^0_{H-F}$

ملاحظة: إذا أردنا أن نمنع أخطاء في الإجابة لهذا السؤال يجب أن نرسم الصيغ البنائيّة للجزيئات، وفيما بعد يجب أن ننتبه إلى الإشارات وإلى عدد الروابط في كلّ جزيء.

سؤال 5، بجروت 2002، رقم النموذج 918651

بند أ

يتفاعل الإثيلين، $C_2H_{4(g)}$، مع الأكسجين، $O_{2(g)}$، في تفاعل الاحتراق الّذي صيغته:

$$(1)\quad C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°_1 = -1411\ kJ$$

يمكن تنفيذ تفاعل احتراق الإثيلين مع الأوزون، $O_{3(g)}$، والحصول على النواتج نفسها.

صِغ تفاعل احتراق الإثيلين مع الأوزون.

الإجابة:

$$C_2H_{4(g)} + 2O_{3(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

بند ب

يَنْتُج الأوزون من الأكسجين في التفاعل:

$$(2)\quad \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow O_{3(g)} \qquad \Delta H°_2 = 142.3\ kJ$$

احسب التغيّر في إنثالبيا تفاعل 1 مول إثيلين مع أوزون. **فصّل حساباتك**.

الإجابة:

$$(1)\quad C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°_1 = -1411\ kJ$$

$$\times(-2)\ (2)\quad \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow O_{3(g)} \qquad \Delta H°_2 = 142.3\ kJ$$

$$(1)\quad C_2H_{4(g)} + \cancel{3O_{2(g)}} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°_1 = -1411\ kJ$$

$$(2)\quad 2O_{3(g)} \rightarrow \cancel{3O_{2(g)}} \qquad -2\Delta H°_2 = -2 \times 142.3\ kJ$$

$$(3)\quad C_2H_{4(g)} + 2O_{3(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°_3 = \Delta H°_1 + (-2\Delta H°_2)$$

$$\Delta H°_3 = -1411\ kJ + (-2 \times 142.3\ kJ) = -1695.6\ kJ$$

بند ت

نأخذ وعاءين، في كلّ واحد منهما نِصف لتر ماء. نحرق تحت الوعاء الأوّل 8 غم إثيلين مع أكسجين، وتحت الوعاء الثاني نحرق 10 غم إثيلين مع أوزون.

القسم الفرعي i

حدّد هل ترتفع الطاقة الداخليّة للماء خلال احتراق الإثيلين، أم تنخفض أم تبقى ثابتة دون تغيير؟ **علّل تحديدك.**

الإجابة:

ترتفع الطاقة الداخليّة للماء.

عمليّة الاحتراق إكزوثيرمية، لذا تنتقل طاقة إلى الماء خلال عمليّة الاحتراق، وترتفع الطاقة الداخليّة للماء.

القسم الفرعي ii

في أيّ وعاء، من الوعاءين، يكون تغيّر الطاقة الداخليّة أعلى؟ **اشرح**.

الإجابة:

التغيّر في الوعاء الثاني أكبر.

الطاقة الداخليّة للأوزون أعلى من الأكسجين (لأنّ التفاعل الّذي يتحوّل فيه الأكسجين إلى أوزون هو إندوثيرمي)، لذا في احتراق الإثيلين مع الأوزون تنبعث كمّيّة طاقة أكثر (أو: حسب الحسابات الّتي نُفذت في البند السابق احتراق الإثيلين مع الأوزون يُطلق كمّيّة طاقة أكثر).

كذلك معطى أنّه أُخذت كتلة أكبر من الإثيلين في عمليّة الاحتراق مع الأوزون، لذا التغيّر (أو الارتفاع) في الطاقة الداخليّة في الوعاء الثاني كانت أكبر.

ملاحظة: يمكن إثبات ذلك بمساعدة الحسابات.

سؤال 12، بجروت 2002، رقم النموذج 918651

بند أ

لتنفيذ عملية إنتاج $Cl_{2(g)}$ في درجة حرارة 150^0C تمّ ادخال كلوريد النحاس، $CuCl_{2(s)}$، إلى وعاء. تحدُث العمليّة في مرحلتين:

مرحلة I: $CuCl_{2(s)} + 0.5O_{2(g)} \rightarrow CuO_{(s)} + Cl_{2(g)}$

مرحلة II: $CuO_{(s)} + 2HCl_{(g)} \rightarrow CuCl_{2(s)} + H_2O_{(g)}$

كيف تتأثّر وتيرة التفاعل للحصول على $Cl_{2(g)}$ (تكبر، تصغر، أم لا تتغيّر) إذا:

القسم الفرعي i

كبرنا عدد مولات الـ $O_{2(g)}$ في الوعاء، في درجة حرارة ثابتة وحجم ثابت. **اشرح**.

الإجابة:

تزداد وتيرة التفاعل. عندما يرتفع تركيز المادّة المتفاعلة هناك احتمال أكبر للتصادم بين الجزيئات، تَنْتُج مادّة معقدة منشّطة أكثر وتكون تصادمات ناجعة أكثر في وحدة زمن، لذا ترتفع وتيرة التفاعل.

القسم الفرعي ii

كبرنا الضغط في الوعاء بواسطة تصغير الحجم في درجة حرارة ثابتة. **اشرح**.

الإجابة:

تزداد وتيرة التفاعل. يؤدّي ازدياد الضغط إلى ارتفاع احتمال عدد التصادمات بين الجزيئات. لذا تكون مادّة معقدة مُنشّطة أكثر، تصادمات ناجعة أكثر ويَنْتُج ناتج أكثر في وحدة زمن.

بند ب

معطى أنّ التفاعل في المرحلة I بطيء، والتفاعل في مرحلة II سريع. أيّ تفاعل، من بين التفاعلين، تكون له طاقة تنشيط أعلى؟ **اشرح**.

الإجابة:

يوجد طاقة تنشيط أكبر للتفاعل في المرحلة I.

التفاعل بطيء، هذا يعني أنّ هناك حاجز طاقة أعلى. يصغر احتمال الحصول على مادّة معقدة منشطة، في وحدة زمن، في التصادم بين الجُسَيْمات، وفيما بعد ينخفض التصادم الناجع في وحدة زمن، وتنخفض وتيرة التفاعل.

بند ت

أيّ مادّة من بين الموادّ $CuCl_{2(s)}$, $HCl_{(g)}$, $CuO_{(s)}$ تُستخدم محفّز في عمليّة إنتاج الكلور في درجة حرارة 150^0C؟ **اشرح**.

الإجابة:

$CuCl_{2(s)}$ هو محفّز. هذه المادّة تتفاعل في المرحلة I من التفاعل، وتَنْتُج من جديد في المرحلة II . (مجمل $CuCl_{2(s)}$ لا يمرّ بتغيير). **تعليل آخر:** أتاح ادخال $CuCl_{2(s)}$ إلى انخفاض درجة الحرارة في عمليّة الإنتاج، هذا يعني أنّه أدّى إلى انخفاض طاقة التنشيط.

سؤال 1 ي د، بجروت 2001، رقم النموذج 918651

معطى عمليتان:

$P_{4(s)} \rightarrow P_{4(g)} \qquad \Delta H^\circ = 59\ kJ$

$P_{4(s)} \rightarrow 4P_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = 1265\ kJ$

الوضع المعياري للفوسفور هو فوسفور أبيض $P_{4(s)}$.

ما هي الطاقة المطلوبة للحصول على 1 مول ذرات فوسفور من العنصر في الحالة المعيارية (بـ kJ) ؟

1. 1265
2. **$\frac{1265}{4}$ (الإجابة الصحيحة)**
3. 1265-59
4. $\frac{1265 - 59}{4}$

التعليل:

الإنثالبيا المطلوبة: كمية الطاقة المطلوبة لتحويل مول واحد من ذرات العنصر من وضع معياري إلى غاز في وضعه المعياري، هذا يعني أنّ العمليّة هي: $P_{4(s)} \rightarrow P_{(g)}$

لذا يجب تقسيم القيمة 1265 kJ على 4.

سؤال 7، بجروت 2001، رقم النموذج 918651

مقدمة السؤال

معطى تفاعلان:

$$NH_{3(g)} + 3F_{2(g)} \rightarrow NF_{3(g)} + 3HF_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -892\ kJ$$

$$\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \rightarrow NF_{3(g)} \qquad \Delta H^\circ = -124.7\ kJ$$

أمامك معطيات عن إنثالبيا الرابط:

الرابط	$H-F$	$F-F$	$N-H$
$\Delta H^\circ\ kJ/mol$	565	158	391

بند أ

اِحسب معدّل انثالبيا الرابط $N-F$ في المركّب $NF_{3(g)}$. **فصّل حساباتك.**

الإجابة:

الروابط الناتجة (انبعاث طاقة) **تفكك روابط** (بذل طاقة)

$3\ N-F \rightarrow 3\Delta H^\circ_{N-F}$ $\qquad$ $3\ F-F \rightarrow 3\times 158\ kJ$

$3\ H-F \rightarrow 3\times 565\ kJ$ $\qquad$ $3\ H-N \rightarrow 3\times 391\ kJ$

$$-892 = (3\times 391 + 3\times 158) - (3\Delta H^\circ_{N-F} + 3\times 565)$$

$$\Delta H^\circ_{N-F} = 281.3\ kJ/mol$$

بند ب

احسب معدّل انثالبيا الرابط $N\equiv N$. **فصّل حساباتك.**

الإجابة:

$$\frac{1}{2}:N\equiv N: \quad + \quad \frac{3}{2}:\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{F}}-\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{F}}: \quad \rightarrow \quad :\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{F}}-\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{N}}-\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{F}}: \quad (:F:)$$

تتفكك روابط (بذل طاقة)	تَنْتُج روابط (انبعاث طاقة)
$\frac{1}{2}\ N\equiv N$	$3\ N-F$
$\frac{3}{2}\ F-F$	

$$-124.7 = \frac{1}{2}\Delta H^{\circ}_{N\equiv N} + \frac{3}{2}\times 158 - 3\times 281.3$$

$$\Delta H^{\circ}_{N\equiv N} = 964.4\ kJ/mol$$

بند ت

القسم الفرعي i

اِحسب انثالبيا التفاعل:

$$\frac{1}{2}N_{2(g)} \rightarrow N_{(g)}$$

الإجابة:

$$\Delta H^{\circ} = \frac{1}{2}\Delta H^{\circ}_{N\equiv N} = \frac{1}{2}\times 964.4 = 482.2\ kJ$$

في هذه العمليّة يتفكك نِصف مول روابط $N\equiv N$، هذا يعني أنّ القيمة تساوي نِصف إنثالبيا الرابط.

القسم الفرعي ii

اذكر العامل الّذي يؤثّر على الفرق في إنثالبيا الرابط $F-F$ مقارنة بإنثالبيا الرابط $N\equiv N$.

الإجابة:

العامل المؤثر هو رتبة الرابط الأكبر بين ذرات النيتروجين مقارنة بالرابط بين ذرات الفلور.

بند ث

معطى صيغة التفاعل: $NH_{3(g)} \xrightarrow{\text{ماء}} NH_{3(aq)}$

هل التفاعل المذكور إندوثيرمي أم إكزوثيرمي؟ علّلوا **بمصطلحات المبنى والترابط**.

الإجابة:

التفاعل إكزوثيرمي. تَنْتُج في التفاعل روابط (ترابط هيدروجينيّ) بين جزيئات الأمونيا وجزيئات الماء (الانتقال من مادّة في حالة غازيّة لا يوجد فيها روابط بين الجزيئات إلى مادّة مُذابة فيها روابط بين جزيئات المُذيب والمُذاب). عندما تَنْتُج روابط تنبعث طاقة، هذا يعني أنّ العمليّة إكزوثيرمية.

سؤال 3، بجروت 2000، رقم النموذج 037201

يُستخدم الميثان، $CH_{4(g)}$ (غاز طبيعي)، في عدة دول كمصدر للهيدروجين. نحصل على الهيدروجين في مرحلتين من التحليل: أوّلية وثانوية. هناك إمكانيّتان لعمليّة التحليل **الأوّلية**، وهما موصوفتان في العمليتين (1) وَ (2):

(1) $CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \qquad \Delta H° > 0$

(2) $CH_{4(g)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 4H_{2(g)} \qquad \Delta H° > 0$

الشروط الّتي تتمّ فيها تفاعلات التحليل الأوّلية هي:

- درجة حرارة عالية، حوالي 700^oC .
- ضغط عالٍ، حوالي 20 أتموسفيرة.
- وجود محفّز.

أيّ شرط أو أيّ شروط من الشروط المفصلة أعلاه تؤثّر على وتيرة التفاعل؟ **اشرح**.

الإجابة

تؤثر الشروط الثلاثة على سرعة التفاعل في عمليّة التحليل الأولية:

- تؤدّي درجة الحرارة العالية إلى ارتفاع طاقة حركة الجزيئات. لذا يكون تصادم أكثر وبشدّة عالية. تَنْتُج مادّة معقدة منشّطة أكثر وتصادمات ناجعة كثيرة في وحدة زمن، لذا ترتفع وتيرة التفاعل.
- يؤدّي الضغط العالي إلى ارتفاع تركيز الغازات، لذا يكون احتمال عالٍ للتصادم بين الجسيمات ومساحة السطح الخارجي للمحفّز. تَنْتُج مادّة معقدة منشّطة أكثر وتصادمات ناجعة كثيرة في وحدة زمن، لذا ترتفع وتيرة التفاعل.
- يُتيح وجود المحفّز حدوث العمليّة بآلية مختلفة تكون فيها طاقة التنشيط أقلّ. هناك احتمال متساوٍ للتصادم بين الجُسَيْمات، لكن بما أنّ طاقة التنشيط أقلّ تَنْتُج مادّة معقدة منشّطة أكثر، ويحدُث تصادم ناجع أكثر في وحدة زمن، لذا ترتفع وتيرة التفاعل.

سؤال 1 ي أ، بجروت 2000، رقم النموذج 918651

أمامك صياغتان لعمليتي احتراق:

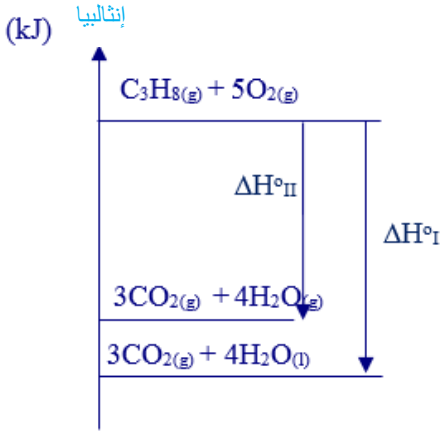
(1) $C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$

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

ما هو التحديد الصحيح؟

1. تنبعث كمّيّة طاقة متساوية في التفاعلين، لأنّ الموادّ المتفاعلة متماثلة في التفاعلين.
2. **في التفاعل (1) تنطلق طاقة أكثر من الطاقة المنبعثة في التفاعل (2) (إجابة صحيحة).**
3. في التفاعل (1) تُستوعب كمّيّة طاقة أكثر من الطاقة المستوعبة في التفاعل (2).
4. تنطلق طاقة في التفاعلين، لكن لا نستطيع أن نحدّد في أيهما تنطلق طاقة أكثر.

التعليل:



معطى أنّ التفاعلين إكزوثيرميان.

الموادّ المتفاعلة متماثلة في التفاعلين. تختلف النواتج في حالة مادّة الماء. الطاقة الداخليّة لنواتج التفاعل (2) أقلّ من نواتج التفاعل (1)، لأنّ الطاقة الداخليّة للماء في الحالة السائلة أقلّ من الطاقة الداخليّة لبخار الماء. لذا في التفاعل (1) تنطلق طاقة أكثر من الطاقة المنبعثة في التفاعل (2).

الطاقة الداخليّة للغاز أعلى من الطاقة الداخليّة للسائل، لأنّه في الانتقال من سائل إلى غاز تُبذل طاقة لتفكيك الروابط بين الجُسَيْمات (أو: يوجد للغاز أنواع حركة أكثر من السائل).

سؤال 5، بجروت 2000، رقم النموذج 918651

مقدمة السؤال

تغيّرات الإنثالبيا في العمليّة $I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$ هو $\Delta H° = 62.2\ kJ/mol$.

بند أ

أمامك صياغتان للعمليتان (1) وَ (2). عمليّة **واحدة**، فقط، إكزوثيرمية.

(1) $H_{2(g)} + I_{2(s)} \rightarrow 2HI_{(g)}$

(2) $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$

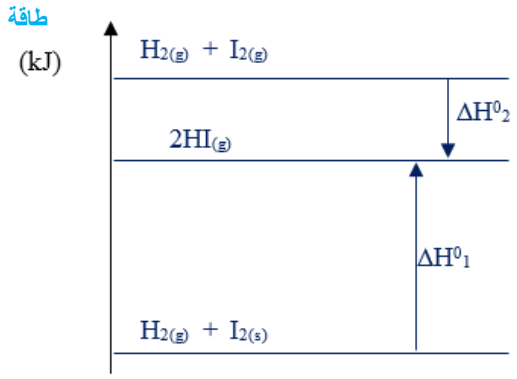
القسم الفرعي i

أيّ عمليّة من بين العمليتين (1) وَ (2) هي عمليّة إكزوثيرمية؟ **علّل**.

الإجابة:

العمليّة (2) هي عمليّة إكزوثيرمية.

تعليل:



تعليل إضافيّ ممكن (كتابيًا):

الطاقة الداخليّة للغاز أعلى من الطاقة الداخليّة للصلب، لأنّه عند الانتقال من صلب إلى غاز تُبذل طاقة لتفكيك الروابط بين الجُسَيْمات (أو: يوجد للغاز أنواع حركة أكثر ممّا للصلب).

في التفاعلين النواتج متماثلة، لذا الطاقة الداخليّة لهما متماثلة.

في التفاعل (1) اليود صلب، لذا للموادّ المتفاعلة يوجد طاقة داخليّة أقلّ من الموادّ المتفاعلة في التفاعل الثاني الّذي يكون فيه اليود غاز.

لذلك الطاقة الداخليّة، للموادّ المتفاعلة في التفاعل (2)، أعلى من الطاقة الداخليّة للنواتج والتفاعل إكزوثيرمي.

القسم الفرعي ii

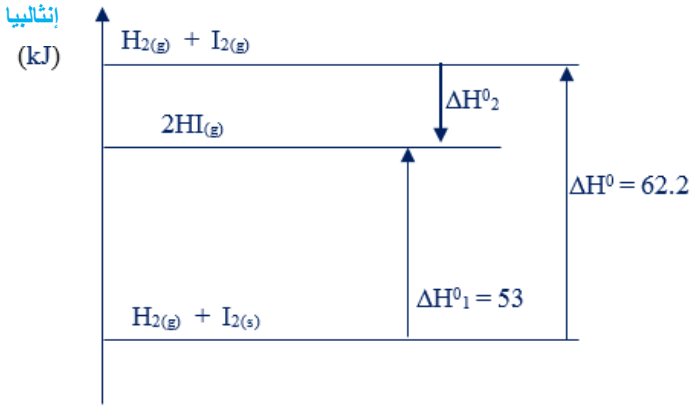
تغيّر الإنثالبيا، $\Delta H°$ ، في التفاعل الإندوثيرمي هو $\Delta H° = 53\ kJ$.

اِحسب تغيّر الإنثالبيا، ΔH^0، في العمليّة الإكزوثيرمية. **فصّل حساباتك**.

الإجابة:

تغيّر الإنثالبيا في العمليّة الإكزوثيرمية هو $\Delta H°_2 = -9.2\ kJ$

$\Delta H°_2 = 53 - 62.2 = -9.2\ kJ$



هناك إمكانيّة إضافيّة للإجابة بواسطة صياغة عمليات:

	I. $H_{2(g)} + I_{2(s)} \rightarrow 2HI_{(g)}$	$\Delta H°_1 = 53\ kJ$
$\times(-1)$	II. $I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$	$\Delta H°_2 = 62.2\ kJ$
	$H_{2(g)} + \cancel{I_{2(s)}} \rightarrow 2HI_{(g)}$	$\Delta H°_1 = 53\ kJ$
	$\cancel{I_{2(g)}} \rightarrow \cancel{I_{2(s)}}$	$\Delta H°_2 = -62.2\ kJ$
	$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$	$\Delta H° = 53 - 62.2 = -9.2\ kJ$

ملاحظة: من المهمة الانتباه في الإجابة إلى هذا البند: لا نحسب تغيّر الإنثالبيا بمساعدة إنثالبيا الرابط، لأنّ إحدى الموادّ ليست في حالة غازية.

بند ت

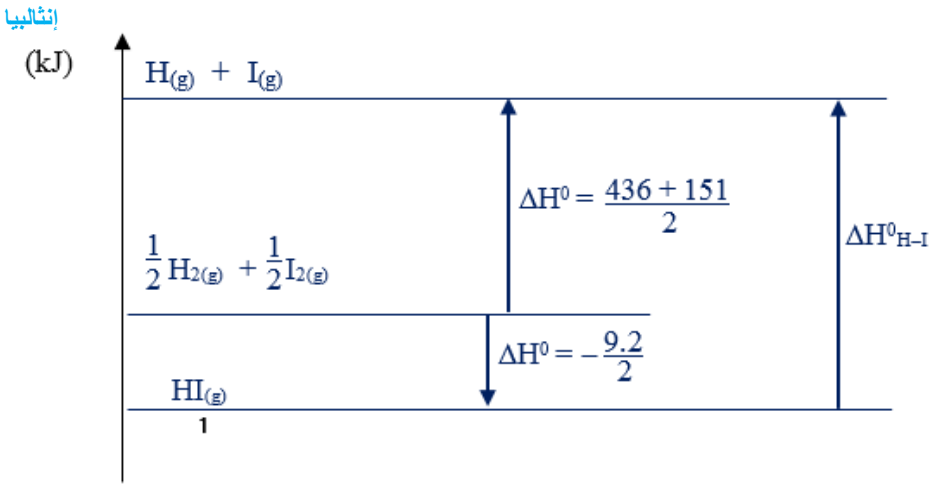
اِحسب إنثالبيا الرابط $H-I$. اِعتمد على البنود السابقة وعلى إنثالبيا الرابط:

إنثالبيا الرابط $H-H$ هي $\Delta H^\circ_{H-H} = 436\ kJ/mol$.

إنثالبيا الرابط $I-I$ هي $\Delta H^\circ_{I-I} = 151 kJ/mol$.

فصّل حساباتك.

الإجابة:



إنثالبيا الرابط $H-I$ هي $\Delta H^\circ_{H-I} = 298.1$

سؤال 5، بجروت 1998 ، رقم النموذج 918651

بند أ

القسم الفرعي i

أمامك صياغتان لعمليتين:

العمليّة (1) هي عمليّة الحصول على هيدرازين سائل، $N_2H_{4(l)}$:

(1) $N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(l)}$ $\Delta H° = 50.6$ kJ

الإجابة:

العمليّة (2) هي عمليّة الحصول على هيدرازين في حالة غازيّة، $N_2H_{4(g)}$:

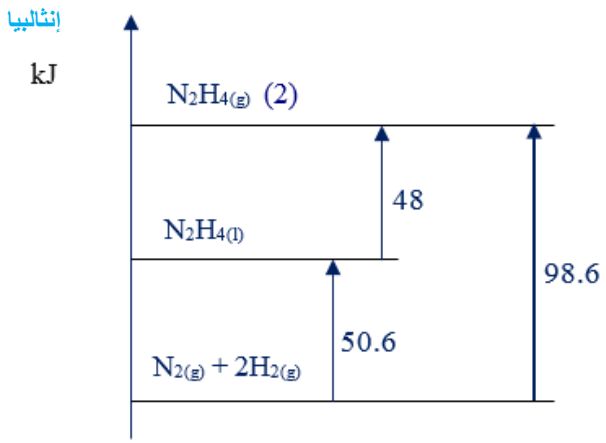
(2) $N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(g)}$

القسم الفرعي ii

تغيّر الإنثالبيا في عمليّة تبخر هيدرازين هو $\Delta H°_b = 48$ kJ/mol .

احسب تغيّر الإنثالبيا في العمليّة (2). **فصّل حساباتك**.

الإجابة:



$\Delta H°_2 = \Delta H°_1 + \Delta H°_b = 50.6 + 48 = 98.6$ kJ

بند ب

أمامك صِيغ لثلاثة تفاعلات بين هيدرازين وأكسجين. جميع التفاعلات إكزوثيرمية.

I. $N_2H_{4(l)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

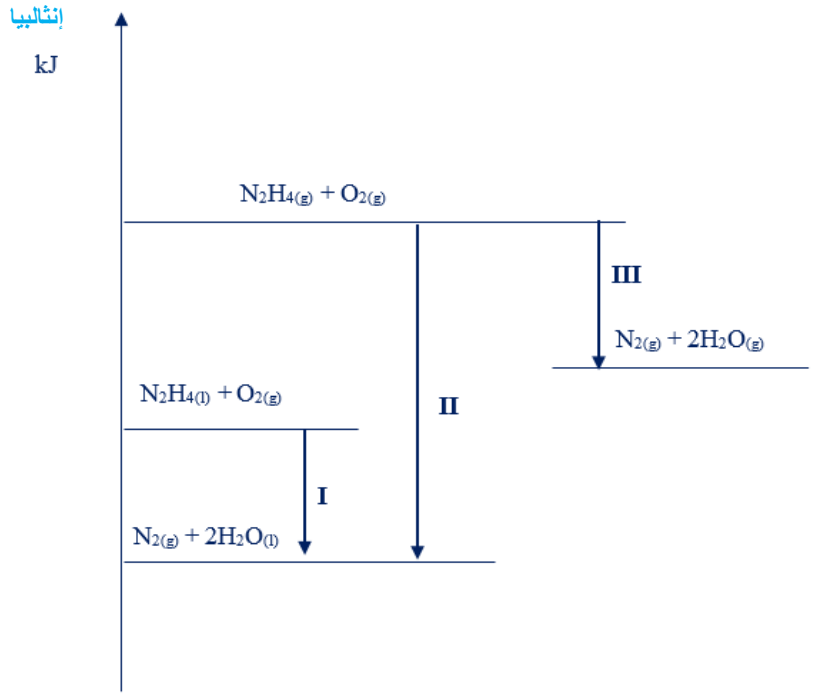
II. $N_2H_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

III. $N_2H_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

في أيّ تفاعل، من بين التفاعلات الثلاثة، تنطلق أكبر كمّيّة من الطاقة؟ **علّل**.

الإجابة:

في التفاعل II تنطلق أكبر كمّيّة من الطاقة.



تعليل ممكن إضافي (كتابيًّا):

الطاقة الداخليّة للغاز أعلى، لأنّه عند الانتقال من سائل إلى غاز تُبذل طاقة لتفكيك الروابط بين الجُسَيْمات (أو: يوجد للغاز أنواع حركة أكثر ممّا للسائل).

في التفاعلين II وَ III الطاقة الداخليّة أعلى من الطاقة الداخليّة للتفاعل I، لأنّ هيدرازين في حالة مادّة غازية في العمليتين.

في التفاعلين I وَ II الطاقة الداخليّة للنواج أقلّ من الطاقة الداخليّة للنواتج في التفاعل III، لأنّه في هذه التفاعلات حالة المادّة للماء سائلة مقارنة بالحالة الغازيّة في التفاعل III.

لذا الفرق الكبير في الطاقة الداخلية بين المواد المتفاعلة والنواتج يكون في التفاعل II (الموادّ المتفاعلة طاقتها أكثر، أمّا النواتج طاقتها أقلّ) وفي هذا التفاعل تنطلق كمّيّة طاقة أكبر.