الكيمياء، البكالوريا، الفرع العلمي

بسيطة

نظريّة التّصادمات وطاقة التّنشيط والعوامل المؤثّرة

لماذا لا يؤدّي كلّ تصادمٍ إلى تفاعل، وما طاقة التّنشيط، وكيف تؤثّر طبيعة الموادّ ودرجة الحرارة والوسيط والتّركيز في سرعة التّفاعل.

حركيّة التّفاعلات الكيميائيّة . الوحدة 3 . الدرس 1 (2 من 3)

يحترق غاز البوتان في لحظات، ويصدأ الحديد ببطء، مع أنّ دقائق الموادّ في الحالتين تتصادم باستمرار. فما الّذي يجعل تفاعلاً أسرع من آخر؟ في هذا الدّرس نتعرّف نظريّة التّصادمات وطاقة التّنشيط، ثمّ العوامل الّتي تؤثّر في سرعة التّفاعل الكيميائيّ: طبيعة الموادّ المتفاعلة، ودرجة الحرارة، والوسيط، والتّركيز.

نظريّة التّصادمات

تقوم نظريّة التّصادمات على فرضيّتين، الكتاب، الصّفحة 41: الأولى أنّه لحدوث تفاعلٍ كيميائيّ يجب أن تتصادم دقائق الموادّ المتفاعلة، جزيئاتٍ أو ذرّاتٍ أو أيونات، مع بعضها. والثّانية أنّ التّصادم شرطٌ لازمٌ وغير كافٍ لحدوث التّفاعل، فهناك تصادماتٌ فعّالة وأخرى غير فعّالة.

تذكّر: حتّى يكون التّصادم فعّالاً لا بدّ من توافر شرطين: أن تأخذ دقائق الموادّ المتفاعلة وضعاً فراغيّاً مناسباً، وأن تمتلك الحدّ الأدنى من الطّاقة اللّازمة لحدوث التّفاعل، وهو طاقة التّنشيط. الكتاب، الصّفحة 41.

تصادم جزيئان يمتلكان طاقةً أكبر من طاقة التّنشيط، لكنّ وضعهما الفراغيّ غير مناسب. ماذا يحدث؟

أ) يحدث التّفاعل، لأنّ طاقتهما كافية

ب) يحدث التّفاعل، لكن ببطء

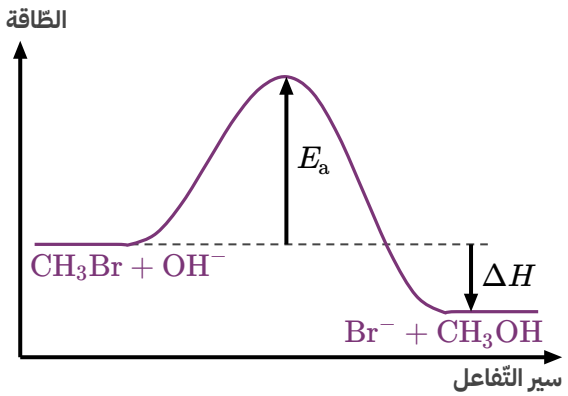
ج) لا يحدث تفاعل، فالتّصادم غير فعّال

ج. نعم: التّصادم الفعّال يحتاج إلى الشّرطين معاً، الطّاقة والوضع الفراغيّ المناسب.

طاقة التّنشيط والمعقّد النّشط

نشاط (3)، الكتاب، الصّفحة 41: يبيّن المخطّط تغيّر الطّاقة خلال سير التّفاعل

$$CH_3Br + OH^- \longrightarrow CH_3OH + Br^-$$



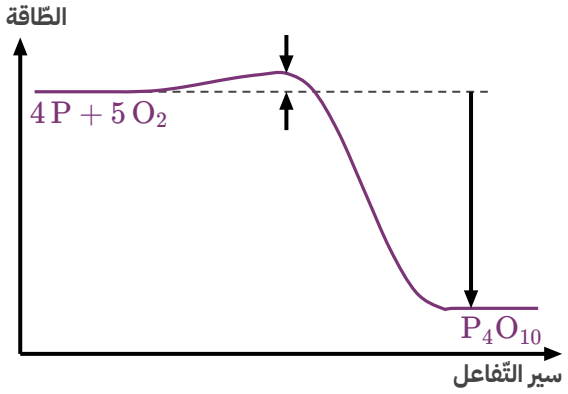
تغيّر الطّاقة خلال سير التّفاعل. الكتاب، الصّفحة 41. الرّسم من عندنا.

في المخطّط سهمان مختلفان: طاقة التّنشيط E_a من مستوى الموادّ المتفاعلة إلى القمّة، و ΔH من مستوى الموادّ المتفاعلة إلى مستوى النّواتج.

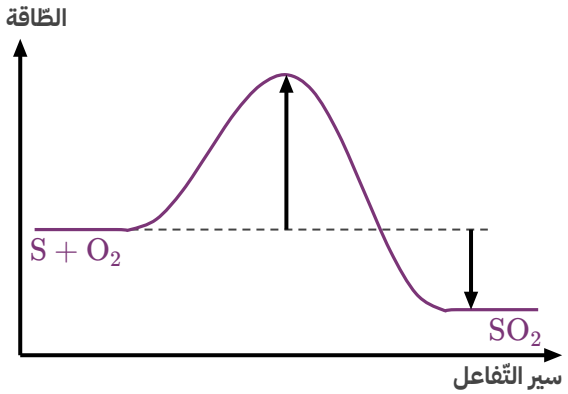
تمرّ التّفاعلات الكيميائيّة الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيط بثلاث مراحل، الكتاب، الصّفحة 42: إضعاف روابط جزيئات الموادّ المتفاعلة، ثمّ تشكّل الحالة الانتقاليّة أو ما يسمّى المعقّد النّشط، وهو في قمّة المنحني، ثمّ تفكّك المعقّد النّشط وتشكّل النّواتج.

تذكّر: المعقّد النّشط مركّبٌ مرحليٌّ غير ثابت يتشكّل آنيّاً، ولا يمكن فصله من المزيج التّفاعليّ. وطاقة التّنشيط هي الحدّ الأدنى من الطّاقة الواجب توافره لوصول طاقة الموادّ المتفاعلة إلى الحالة الانتقاليّة، وتتعلّق بطبيعة الموادّ المتفاعلة. الكتاب، الصّفحة 42.

نشاط (4)، الكتاب، الصّفحة 42: أيّ التّفاعلين الآتيين يحتاج إلى طاقة تنشيطٍ أكبر، وأيّهما أسرع؟ في المخطّطين يدلّ السّهم من مستوى الموادّ المتفاعلة إلى القمّة على طاقة التّنشيط، والسّهم من مستوى الموادّ المتفاعلة إلى مستوى النّواتج على ΔH ، طويلاً كان أو قصيراً.



طاقة تنشيطٍ صغيرة. الكتاب، الصّفحة 42. الرّسم من عندنا.

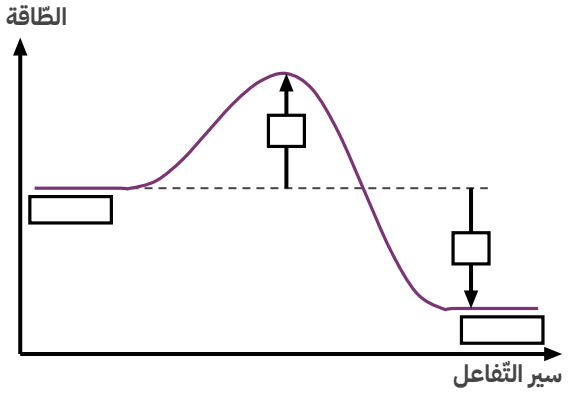


طاقة تنشيطٍ كبيرة. الكتاب، الصّفحة 42. الرّسم من عندنا.

تذكّر: التّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيطٍ منخفضة تكون سريعة، لأنّ عدد الجزيئات الّتي تمتلك طاقة التّنشيط يكون كبيراً. والتّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيطٍ كبيرة تكون بطيئة، لأنّ عدد الجزيئات الّتي تمتلك طاقة التّنشيط يكون صغيراً. الكتاب، الصّفحة 42. فتفاعل الفوسفور مع الأكسجين أسرع من تفاعل الكبريت مع الأكسجين.

تذكّر: جاء في امتحان دورة 2026 السّؤال «أعطِ تفسيراً علميّاً: التّفاعلات الّتي تحتاج إلى طاقة تنشيطٍ منخفضة تميل إلى أن تكون سريعة»، كما في الكتاب، الصّفحة 52. والجواب في سلّم التّصحيح: لأنّ عدد الجزيئات الّتي تمتلك طاقة التّنشيط يكون كبيراً.

أختبر نفسي، الكتاب، الصّفحة 52: يبيّن المخطّط الآتي تغيّر الطّاقة خلال مراحل حدوث التّفاعل، والمطلوب اسم كلّ مرحلة والطّاقة المشار إليها.



بيّن اسم كلّ مرحلة، والطّاقة المشار إليها. الكتاب، الصّفحة 52. الرّسم من عندنا.

ماذا يُكتب في الصّندوق الّذي بجانب السّهم الصّاعد إلى القمّة؟

أ) طاقة التّنشيط
ب) الحالة الانتقاليّة
ج) الطّاقة المنطلقة من التّفاعل

أ. نعم: السّهم من مستوى الموادّ المتفاعلة إلى القمّة هو طاقة التّنشيط E_a . وفي الصّناديق الأخرى: الموادّ المتفاعلة، والنّواتج، و ΔH .

طبيعة الموادّ المتفاعلة

تؤثّر في سرعة التّفاعل مجموعةٌ من العوامل، الكتاب، الصّفحة 43، أوّلها طبيعة الموادّ المتفاعلة. نشاط (5): نعدّ الرّوابط في البوتان، المكوّن الأساسيّ للوقود المستخدم في أسطوانة الغاز المنزليّة، وفي الأوكتان، المكوّن الأساسيّ للوقود المستخدم في السّيّارات:

$$\mathrm{C_4H_{10}}:\ \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CH_3}$$
$$\mathrm{C_8H_{18}}:\ \mathrm{CH_3-(CH_2)_6-CH_3}$$

	C−H	C−C
$\mathrm{C_4H_{10}}$	10	3
$\mathrm{C_8H_{18}}$	18	7

عدد الرّوابط في البوتان والأوكتان. الكتاب، الصّفحة 43.

جزيء الأوكتان أكبر وروابطه أكثر، ويستنتج الكتاب، الصّفحة 43: سرعة احتراق البوتان أكبر من سرعة احتراق الأوكتان.

نشاط (6)، الكتاب، الصّفحة 43: يتفاعل غاز الهدروجين مع غاز الفلور بسرعةٍ كبيرة تصل إلى حدّ الانفجار في الدّرجة العاديّة من الحرارة، ويتفاعل مع غاز الكلور ببطءٍ في الدّرجة نفسها:

$$\mathrm{H_{2\,(g)} + F_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,HF_{(g)}}$$
$$\mathrm{H_{2\,(g)} + Cl_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,HCl_{(g)}}$$

وطاقات الرّوابط كما في الكتاب:

$$\Delta H_b(\mathrm{H-H}) = 435\,\mathrm{kJ.mol^{-1}}$$
$$\Delta H_b(\mathrm{Cl-Cl}) = 243\,\mathrm{kJ.mol^{-1}}$$
$$\Delta H_b(\mathrm{F-F}) = 156.9\,\mathrm{kJ.mol^{-1}}$$

رابطة $\mathrm{H-H}$ واحدةٌ في التّفاعلين، والفرق في الرّابطة الثّانية: طاقة رابطة $\mathrm{F-F}$ أصغر من طاقة رابطة $\mathrm{Cl-Cl}$ ، وتفاعل الهدروجين مع الفلور هو الأسرع.

تذكّر: تزداد سرعة التّفاعل الكيميائيّ كلّما قلّت قيمة طاقة روابط الموادّ المتفاعلة. فسرعة التّفاعل تتعلّق بطبيعة الموادّ المتفاعلة. الكتاب، الصّفحة 43.

لماذا يتفاعل الهدروجين مع الفلور أسرع من تفاعله مع الكلور؟

أ) لأنّ طاقة رابطة $\mathrm{F-F}$ أكبر، فتنطلق منها طاقةٌ أكثر

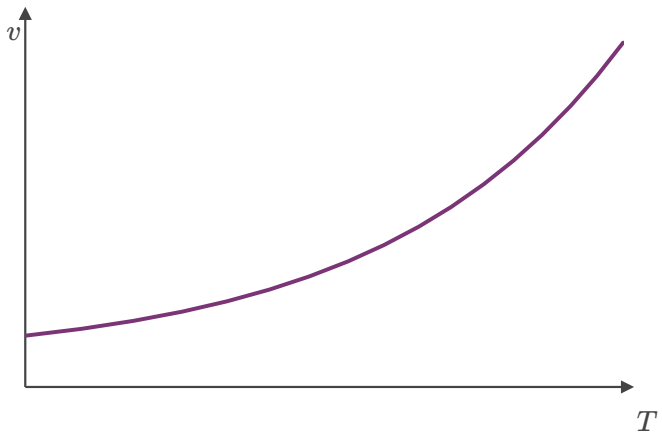
ب) لأنّ طاقة رابطة $\mathrm{F-F}$ أصغر من طاقة رابطة $\mathrm{Cl-Cl}$

ج) لأنّ رابطة $\mathrm{H-H}$ أضعف في تفاعل الفلور

ب. نعم: 156.9 مقابل $243\,\mathrm{kJ.mol^{-1}}$ ، وتزداد سرعة التّفاعل كلّما قلّت طاقة روابط الموادّ المتفاعلة.

درجة الحرارة

نشاط (7)، الكتاب، الصّفحة 44: تُصنّف الزّواحف بأنّها من الحيوانات ذات الدّم البارد، لأنّها تحتاج إلى الحرارة حتّى تستطيع الحركة بسرعة. فالحرارة تؤثّر في العمليّات الاستقلابيّة داخل أجسامها، وفي التّفاعلات الكيميائيّة بشكلٍ عامّ:



سرعة التّفاعل v بدلالة درجة الحرارة T . الكتاب، الصّفحة 44. الرّسم من عندنا، دون قيمٍ كما في الكتاب.

تؤدّي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة عدد الجزيئات الّتي تملك طاقةً حركيّةً أكبر من طاقة التّنشيط أو تساويها، فيزداد عدد التّصادمات الفعّالة، وبالتّالي تزداد سرعة التّفاعل، الكتاب، الصّفحة 44.

تذكّر: تزداد سرعة التّفاعل بزيادة درجة الحرارة. الكتاب، الصّفحة 44.

تذكّر: طُلب في امتحان الدّورة الأولى 2024 تفسير أثر درجة الحرارة في سرعة التّفاعل، بصيغةٍ قريبةٍ من الكتاب، الصّفحة 52. والتّفسير من الكتاب، الصّفحة 44: يزداد عدد الجزيئات الّتي تملك طاقة التّنشيط أو أكبر منها، فيزداد عدد التّصادمات الفعّالة.

رفعنا درجة حرارة مزيجٍ متفاعل. ماذا يحدث؟

أ) تبقى طاقة التّنشيط كما هي، ويزداد عدد الجزيئات الّتي تملكها

ب) تنقص طاقة التّنشيط، فيتسارع التّفاعل

ج) يزداد عدد التّصادمات، ويبقى عدد التّصادمات الفعّالة كما هو

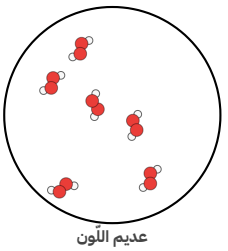
أ. نعم: طاقة التّنشيط تتعلّق بطبيعة الموادّ المتفاعلة. الّذي يتغيّر بالتّسخين عدد الجزيئات الّتي تبلغها، فيزداد عدد التّصادمات الفعّالة.

تأثير الوسيط

تُحفظ الأغذية المعلّبة لفترةٍ زمنيّةٍ طويلة دون أن تفسد، بسبب إضافة موادّ حافظةٍ إليها تُبطئ سرعة تفاعل تحلّلها، الكتاب، الصّفحة 44. وفي نشاط (8) يتفكّك الماء الأكسجينيّ ببطءٍ وفق المعادلة

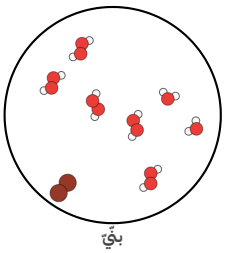
$$2\,H_2O_{2\,(aq)} \longrightarrow 2\,H_2O_{(l)} + O_{2\,(g)}$$

وتزداد سرعة تفكّكه عند إضافة حفّاز، أيونات البروم Br^- في وسطٍ حمضيّ:


عديم اللّون

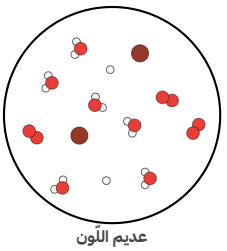
O_2 H_2O Br_2 H_2O_2
H^+ Br^-

1. دون حفّاز: يتفكّك الماء الأكسجينيّ ببطء، وفي المحلول جزيئات H_2O_2 .


بنّيّ

O_2 H_2O Br_2 H_2O_2
H^+ Br^-

2. بعد إضافة الحفّاز: تتفاعل أيونات Br^- و H^+ مع H_2O_2 ، فيتشكّل Br_2 و H_2O .


عديم اللّون

O_2 H_2O Br_2 H_2O_2
H^+ Br^-

3. في النّهاية: يتفاعل Br_2 مع H_2O_2 ، فينطلق O_2 وتعود أيونات Br^- و H^+ كما كانت.

تزداد سرعة تفكّك الماء الأكسجينيّ عند إضافة حفّاز. الكتاب، الصّفحة 44. الرّسم من عندنا.

إثراء، الكتاب، الصّفحة 45: يتمّ التّفاعل وفق خطوتين. الخطوة الأولى:

$$2\,Br^-_{(aq)} + 2\,H^+_{(aq)} + H_2O_{2\,(aq)} \longrightarrow Br_{2\,(aq)} + 2\,H_2O_{(l)}$$

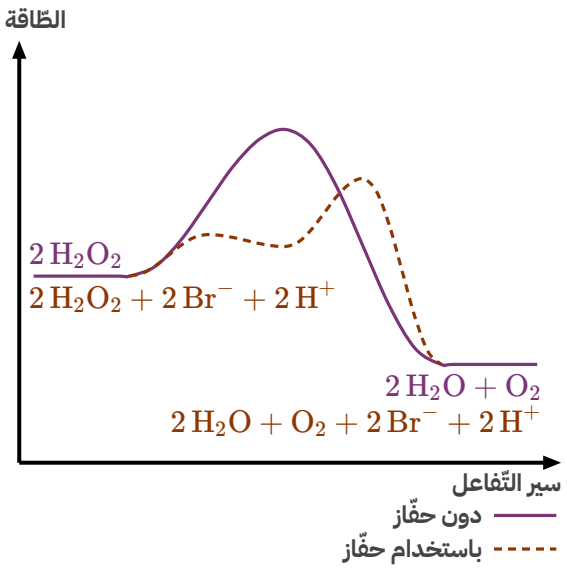
والخطوة الثّانية:

$$Br_{2\,(aq)} + H_2O_{2\,(aq)} \longrightarrow 2\,Br^-_{(aq)} + 2\,H^+_{(aq)} + O_{2\,(g)}$$

وبجمع المعادلتين نجد:

$$2\,H_2O_{2\,(aq)} \xrightarrow{2\,Br^- + 2\,H^+} 2\,H_2O_{(l)} + O_{2\,(g)}$$

تُستهلك أيونات البروم في الخطوة الأولى وتعود في الثّانية، فكأنّها لم تشارك في التّفاعل. ويبيّن المخطّط آليّة عمل الحفّاز:



مخطّطٌ بيانيٌّ يبيّن آليّة عمل الحفّاز. الكتاب، الصّفحة 45. الرّسم من عندنا.

في مخطّط الكتاب كُتب الأكسجين في النّواتج بإشارةٍ موجبة، والصّحيح O_2 دون شحنة.

تذكّر: الوسيط مادّةٌ تُغيّر من سرعة التّفاعل الكيميائيّ القابل للحدوث دون أن يتغيّر تركيبها الكيميائيّ في نهاية التّفاعل. ويُقسم الوسيط إلى مسرّعٍ للتّفاعل يُدعى حفّازاً، ومبطّئٍ للتّفاعل يُدعى مثبّطاً. ويعمل الحفّاز على تغيير آليّة حدوث التّفاعل وفق تفاعلاتٍ طاقة تنشيطها أقلّ من طاقة تنشيط التّفاعل الأصليّ. الكتاب، الصّفحة 45.

إضاءة، الكتاب، الصّفحة 45: تلعب الأنزيمات دور الحفّاز أو المثبّط في ضبط التّفاعلات الكيميائيّة داخل جسم الكائن الحيّ، الّتي تحدث جميعها بشكلٍ دقيق للحفاظ على حياته واستمرار بقائه.

انتبه: الحفّاز لا يُستهلك في المحصّلة: قد يتفاعل في خطوةٍ ثمّ يعود في خطوةٍ تالية، فيبقى تركيبه الكيميائيّ في نهاية التّفاعل كما كان. ولا يغيّر مستوى الموادّ المتفاعلة ولا مستوى النّواتج، فتبقى ΔH كما هي في المخطّط. الّذي يتغيّر هو طريق التّفاعل، وطاقة تنشيطه أقلّ.

ماذا يفعل الحفّاز في التّفاعل؟

أ) يرفع طاقة الموادّ المتفاعلة حتّى تبلغ طاقة التّنشيط

ب) يُستهلك في التّفاعل، فتقلّ ΔH

ج) يغيّر آليّة التّفاعل إلى طريقٍ طاقة تنشيطه أقلّ

ج. نعم: يحدث التّفاعل بخطوتين، وقمّة كلٍّ منهما أخفض من قمّة التّفاعل دون حفّاز، فيزداد عدد الجزيئات الّتي تبلغها.

تأثير التّركيز

نميّز نوعين من التّفاعلات، الكتاب، الصّفحة 45. تفاعلاتٌ متجانسة تكون فيها الموادّ المتفاعلة والموادّ النّاتجة في طورٍ واحد، مثل

$$\mathrm{H_{2\,(g)} + Cl_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,HCl_{(g)}}$$

وفيها تزداد سرعة التّفاعل بزيادة تركيز أحد غازي الهدروجين أو الكلور أو كليهما. وتفاعلاتٌ غير متجانسة تكون فيها الموادّ المتفاعلة والنّاتجة في أطوارٍ مختلفة.

نشاط (9)، الكتاب، الصّفحة 45: يتفاعل حمض كلور الماء مع قطعةٍ من كربونات الكالسيوم وفق المعادلة

$$\mathrm{CaCO_{3\,(s)} + 2\,HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2\,(aq)} + CO_{2\,(g)} + H_2O_{(l)}}$$

ولزيادة سرعته طريقتان، الكتاب، الصّفحة 46: زيادة تركيز حمض كلور الماء، وتحويل قطعة كربونات الكالسيوم إلى مسحوق، فيزداد سطح كربونات الكالسيوم المعرّض للتّفاعل.

تذكّر: جاء في امتحان دورة 2026 السّؤال «أعطِ تفسيراً علميّاً: احتراق مسحوق الفحم أسرع من احتراق قطعة فحمٍ مماثلةٍ له بالكتلة وبشروطٍ مماثلة»، كما في الكتاب، الصّفحة 52. والجواب في سلّم التّصحيح: بسبب زيادة السّطح المعرّض للتّفاعل.

نشاط (10)، الكتاب، الصّفحة 46: تحترق كتلتان متساويتان من الصّوف المعدنيّ، الأولى في الهواء حيث نسبة الأكسجين 21% فقط، والثّانية في الأكسجين النّقيّ، أي بنسبة 100% من الأكسجين. الاحتراق في الأكسجين النّقيّ أسرع، لأنّ تركيز الأكسجين فيه أكبر.

تذكّر: الموادّ الصّلبة والسّائلة الصّرفة ذات تركيزٍ ثابت، لأنّ تغيّر عدد المولات يؤدّي إلى تغيّر الحجم والعكس صحيح، فتبقى نسبة عدد المولات إلى الحجم، أي التّركيز، ثابتة. الكتاب، الصّفحة 46.

فتركيز قطعة كربونات الكالسيوم لا يتغيّر، والّذي يزيد سرعة تفاعلها هو سطحها المعرّض للتّفاعل.

نشاط (11)، الكتاب، الصّفحة 46: يتفاعل حمض الكبريت الممدّد مع قطعة حديد. أيّ هذه الطّرق يزيد سرعة التّفاعل؟

أ) إضافة الماء إلى الحمض
ب) تحويل قطعة الحديد إلى برادة
ج) تبريد المزيج

ب. نعم: يزداد سطح الحديد المعرّض للتّفاعل. والطّريقة الثّانية: زيادة تركيز الحمض، أو رفع درجة الحرارة.

المصدر: الكيمياء، الصفحات 41 إلى 46 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.