

سرعة التفاعل الكيميائي

متوسط سرعة التفاعل الكيميائي R : التغير في التركيز المولاري للمادة المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن

$$R = \frac{\Delta C}{\Delta t} \text{ ، وحدته } \text{mol/L.s} \text{ أو } \text{M/s} \text{ (وحدة تركيزاً وحدة زمن)}$$

حساب متوسط سرعة التفاعل إذا علمت أن تركيز كلوريد البيوتيل $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ في بداية تفاعله مع الماء 0.22 M ثم أصبح 0.100 M بعد مرور 4.00 ثوانٍ على التفاعل. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة mol/L.s .

$$\Delta C = [\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_2 - [\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_1$$

$$\Delta C = 0.1 - 0.22 = -0.12 \text{ M}$$

$$\Delta t = 4 \text{ s}$$

$$R = \frac{-0.12}{4} = -0.03 \text{ mol/L.s}$$

استعمل البيانات الموجودة في الجدول أدناه لحساب متوسط سرعة التفاعل :

بيانات التجربة للتفاعل $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$			
[HCl]	[Cl ₂]	[H ₂]	الزمن s
0.000	0.050	0.030	0.00
	0.040	0.020	4.00

1. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات H_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.

$$\Delta t = 4 \text{ s} \quad , \quad \Delta C = [\text{H}_2]_2 - [\text{H}_2]_1 \quad \rightarrow \quad \Delta C = 0.02 - 0.03 = -0.01$$

$$R = \frac{-0.01}{4} = -0.0025 \text{ mol/L.s}$$

2. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات Cl_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.

$$\Delta t = 4 \text{ s} \quad , \quad \Delta C = [\text{Cl}_2]_2 - [\text{Cl}_2]_1 \quad \rightarrow \quad \Delta C = 0.04 - 0.05 = -0.01$$

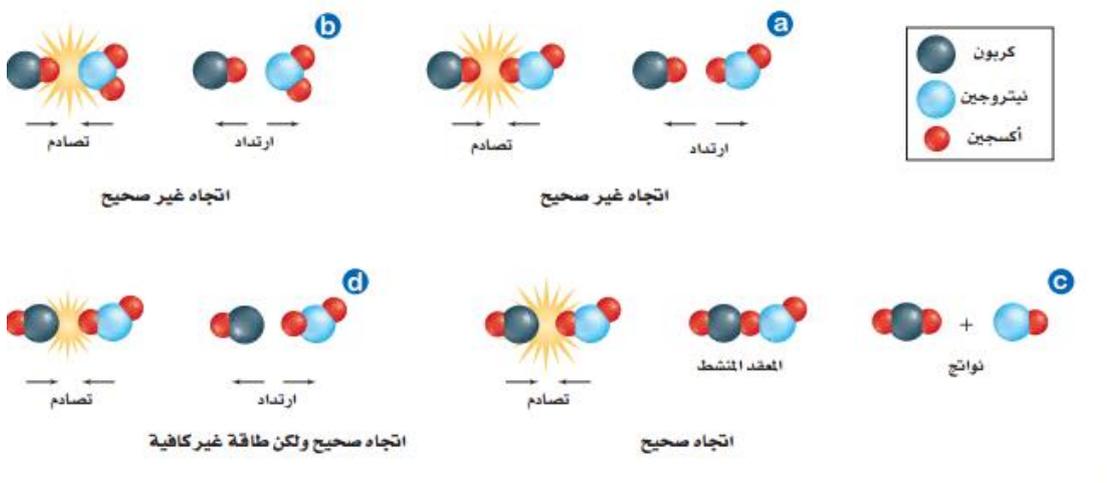
$$R = \frac{-0.01}{4} = -0.0025 \text{ mol/L.s}$$

3. تحفيز إذا علمت أن متوسط سرعة التفاعل لحمض الهيدروكلوريك HCl الناتج هو 0.050 mol /L.s، فما تركيز HCl الذي يتكون بعد مرور 4.00 s؟

$$R = \frac{\Delta C}{\Delta t} \rightarrow \Delta C = R \times \Delta t = 0.05 \times 4 = 0.2 \text{ mol}$$

نظرية التصادم لكي يتم تفاعل كيميائي يجب أن تتصادم جسيمات المواد المتفاعلة في الاتجاه الصحيح وبطاقة كافية لتكوين المعقد المنشط

- **المعقد المنشط** مركب قصير العمر يتكون عندما يكون اتجاه الجزيئات مناسباً أثناء التصادم فيحدث التفاعل
- **المرحلة الانتقالية** : حالة غير مستقرة من تجمع الذرات يحدث خلالها تكسير روابط وتكوين روابط جديدة
- **بعد المرحلة الانتقالية** إما أن يؤدي المعقد المنشط إلى تكوين المواد الناتجة أو يتكسر لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى



طاقة التنشيط : E_a الحد الأدنى من الطاقة لدى الجزيئات المتفاعلة واللازم لتكوين المعقد المنشط وإحداث تفاعل

E_a عالية ← سير **التفاعل بطيء** لأن **عدد قليل** من الاصطدامات له طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط

E_a منخفضة ← **التفاعل يتم أسرع** لأن **عدد كبير** من الاصطدامات له طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط



العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

١- طبيعة المواد المتفاعلة

كلما كان نشاط المتفاعل الكيميائي أكبر تم التفاعل بشكل أسرع

٢- التركيز

كلما زاد تركيز المتفاعل زاد احتمال حدوث التصادمات الفعالة بالتالي يزيد سرعة التفاعل

٣- مساحة سطح المتفاعل

يعني أن يكون المتفاعل قطع متكسرة أو بودرة أسرع من تفاعل قطعة كبيرة منه حتى لو نفس الوزن ... تعمل زيادة مساحة سطح المتفاعل على زيادة عدة التصادمات فيزيد سرعة التفاعل

٤- درجة الحرارة

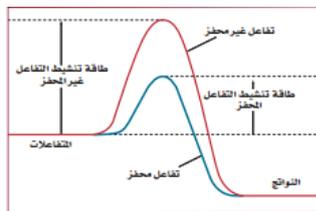
زيادة درجة الحرارة تزيد الطاقة الحركية للجسيمات بالإضافة أن درجة الحرارة تمنح الجسيمات طاقة كافية للتغلب على طاقة التنشيط فتزيد من سرعة التفاعل

٥- المحفزات والمثبطات

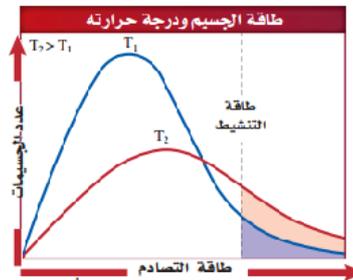
المحفزات : مواد تعمل على تسريع التفاعل دون أن تُستهلك .

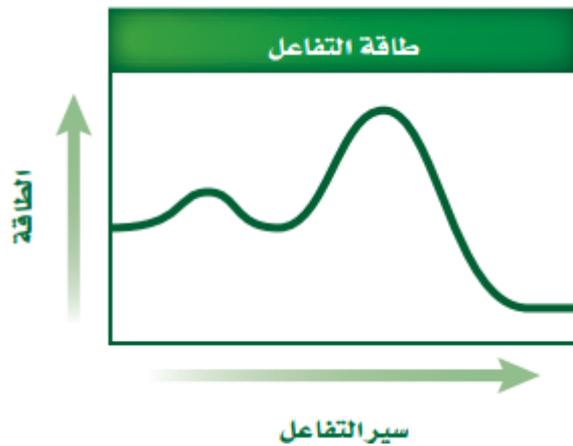
المثبطات : مواد تعمل على إيقاف التفاعل أو تبطئه من سرعته . مثل مضاد الأكسدة الذي يوضع في الغذاء ، المواد الحافظة لتعطي فترة صلاحية أطول للغذاء .

لا يؤثران على طاقة المتفاعلات وإنما على سير التفاعل



أثر المادة الحفازة على التفاعل





111. يبين الشكل 3-33 تغير الطاقة في أثناء سير تفاعل ما.

a. هل التفاعل طارد أم ماص للطاقة؟

التفاعل طارد للحرارة : طاقة المتفاعلات < طاقة النواتج

b. ما عدد الخطوات التي يحدث فيها التفاعل؟

خطوتين لأنه في المنحنى يظهر طاقتي تنشيط



يعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي في الحالة السائلة بالتركيز المولاري والحالة الغازية بالضغط الجزئي.

س: ما العامل المؤثر في سرعة التفاعل والذي تفسر بواسطته كل ظاهرة من الظواهر التالية :

١. حرق قطعة خشب كبيرة في الهواء أصعب من حرق قطع صغيرة .
(مساحة السطح)
٢. تحترق قطعة من الفسفور الأبيض حالاً إذا تعرضت للهواء ، بينما تبقى قطعة من المغنيسيوم على تماس مع الهواء ولا تشتعل .
(طبيعة المواد المتفاعلة)
٣. حرق قطعة من الفحم في جو من الأوكسجين ، أسهل من حرق قطعة مشابهة للأولى في جو من الهواء العادي .
(تركيز المتفاعلات)
٤. الخارصين التجاري (غير النقي) أشد في تفاعله مع HCl المخفف من الخارصين النقي .
(الشوائب في الخارصين التجاري تعمل كمعامل مساعدة تزيد من سرعة التفاعل)
٥. يصطدم جزيء الغاز المنزلي مع الهواء في الحالة العادلة مرة كل 10^{-9} ثانية ومع ذلك لا يشتعل .
(الاصطدام ليس في الاتجاه الصحيح)
٦. يحفظ الماء الأوكسجيني (H_2O_2) في زجاجات بنية اللون محكمة الإغلاق وليس في زجاجات بيضاء .
(طبيعة المادة H_2O_2 أنه يتحلل في وجود الضوء)
٧. يتم هضم البروتينات والنشويات والدهون في جسم الانسان عند درجة $37^{\circ}C$.
(درجة الحرارة والأنزيمات الهاضمة التي تعمل كموا حفازة)
٨. تتآكل حجارة البناء في المدن الصناعية أكثر مما تتآكل حجارة شبيهة في القرى والمدن غير الصناعية .
(في المدن الصناعية يرتفع تركيز أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين التي تسبب في الأمطار الحمضية المسؤولة عن تآكل الحجارة)

2. أي مما يأتي لا يؤثر في سرعة التفاعل؟

- a. العوامل المساعدة
- b. مساحة سطح المتفاعلات
- c. تركيز المتفاعلات
- d. نشاط النواتج الكيميائي

رتبة وقوانين سرعة التفاعل

- قانون سرعة التفاعل تربط بين سرعة التفاعل والتركيز ويتم تحديدها بالتجربة

$$R = KC \text{ وحدته } \text{mol/l.s} \text{ أو } \text{M/s}$$

R سرعة التفاعل ، C تركيز المتفاعل ، K ثابت سرعة التفاعل وهو قيمة محددة لكل تفاعل يتأثر بدرجة الحرارة ولا يتأثر بالتركيز وحداته ، L/mol.s ، S^{-1} ، $\text{L}^2/\text{mol.s}$

25. وضح متى يمكن أن يصبح ثابت سرعة التفاعل k ليس ثابتاً؟ وعلام تدل قيمة k في قانون سرعة التفاعل؟

الجواب : يتغير K بتغير درجة الحرارة ، ويدل على التناسب الطردي بين سرعة

التفاعل والتركيز

رتب التفاعل



- يتم تحديد رتبة التفاعل وسرعة التفاعل تجريبياً

- من بيانات التجربة تحدد رتبة كل متفاعل ثم تجمع لنحصل على رتبة التفاعل الكلي

فلو كان A من الرتبة n و B من الرتبة m فإن

$$1- \text{سرعة التفاعل سيكون } R = K[A]^n [B]^m$$

$$2- \text{رتبة التفاعل } m + n$$

- تفاعلات الخطوة الواحدة نادرة الحدوث ، رتبة المتفاعل = معاملته في المعادلة

الموزونة

جدول يبين العلاقة بين التركيز وسرعة التفاعل لكل رتبة وتمثيلها بيانيا

رتبة التفاعل	تضاعف التركيز (أو الضغط في الغازات)	تضاعف السرعة
رتبة الصفر	مرتين	تبقى ثابتة $R = C^0 = 1$
	3 مرات	
الرتبة الأولى	مرتين	السرعة تتضاعف نفس مقدار تضاعف التركيز $R = C^1$ $R = C$
	3 مرات	
الرتبة الثانية	مرتين	السرعة تتضاعف مربع ضعف التركيز $R = C^2$
	3 مرات	
	4 مرات	
الرتبة الثالثة	مرتين	$R = C^3$
	3 مرات	
	4 مرات	

من الجدول أعلاه يمكن أن نستنتج العكس وهو عندما ينخفض التركيز (أو الضغط) مثلا تفاعل الرتبة الثالثة إذا ضوعف التركيز أو الضغط 3 مرات تضاعف السرعة 27 مرات وإذا خفضنا الضغط أو التركيز بمقدار الثلث تنخفض السرعة بمقدار

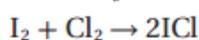
18. اكتب معادلة قانون سرعة التفاعل $aA \rightarrow bB$ إذا كان تفاعل المادة A من الرتبة الثالثة. $R = K[A]^3$

19. إذا علمت أن التفاعل $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ من الرتبة الأولى للأكسجين، والرتبة الكلية للتفاعل هي الرتبة

الثالثة، فما القانون العام لسرعة التفاعل؟ $R = K[NO]^2 [O_2]^1$

توضيح لسؤال 19 : رتبة NO = رتبة التفاعل – رتبة الأكسجين (2 = 3-1)

11. يتفاعل اليود والكلور في الحالة الغازية:



فإذا كان $[I_2]$ يساوي 0.400 M عند بداية التفاعل

وأصبح 0.300 M بعد مضي 4.00 min فاحسب

متوسط سرعة التفاعل بوحدة mol/L.min.

$$R = \frac{0.3 - 0.4}{4} = \frac{-0.1}{4} = -0.025 M/s$$

10. المعادلة $R=K[A]$ تصف سرعة تفاعل من الرتبة

الأولى. إذا تضاعف تركيز المادة المتفاعلة A فماذا يطرأ

على سرعة التفاعل؟

الحل : سيتضاعف سرعة التفاعل بنفس

مقدار تضاعف [A]

تحديد رتبة التفاعل :

بيانات السرعات الابتدائية للتفاعل نواتج $aA + bB \rightarrow$			الجدول 3-2
المحاولة	السرعة الابتدائية mol/l · s	التركيز الابتدائي [A] (M)	التركيز الابتدائي [B] (M)
1	2.00×10^{-3}	0.100	0.100
2	4.00×10^{-3}	0.200	0.100
3	16.00×10^{-3}	0.200	0.200

١- رتبة المتفاعل A : نختار التجريبتين التي تغير فيهما تركيز A (تجربة 2 , 1)

قيمة k ثابتة لذا تحذف من البسط والمقام ، تركيز B لم يتغير في التجريبتين لذا يحذف

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{k[A]_2^n \times [B]_2^m}{k[A]_1^n \times [B]_1^m}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{[A]_2}{[A]_1} \right)^n$$

$$\frac{4 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} = \left(\frac{0.2}{0.1} \right)^n$$

$$2 = 2^n \rightarrow n = 1$$

المتفاعل A من الرتبة الأولى

٢- رتبة المتفاعل B : نختار التجريبتين التي تغير فيهما تركيز A (تجربة 2 , 3)

قيمة k ثابتة لذا تحذف من البسط والمقام ، تركيز A لم يتغير في التجريبتين لذا يحذف

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{k[A]_3^n \times [B]_3^m}{k[A]_2^n \times [B]_2^m}$$

$$\frac{R_3}{R_2} = \left(\frac{[B]_3}{[B]_2} \right)^m$$

$$\frac{16 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}} = \left(\frac{0.2}{0.1} \right)^m$$

$$4 = 2^m \rightarrow m = 2$$

المتفاعل B من الرتبة الثانية

رتبة التفاعل $2 + 1 = 3$

20. في ضوء البيانات التجريبية الواردة في الجدول الآتي، حدد قانون سرعة التفاعل: $aA + bB \rightarrow$ نواتج

بيانات تجريبية			
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي [A] (M)	التركيز الابتدائي [B] (M)	السرعة الابتدائية mol/(l·s)
1	0.100	0.100	2.00×10^{-3}
2	0.200	0.100	2.00×10^{-3}
3	0.200	0.200	4.00×10^{-3}

١- رتبة المتفاعل A : نختار التجريبتين التي تغير فيهما تركيز A (تجربة 1 , 2)

K ثابت و تركيز B لم يتغير لذا يحذفان

نلاحظ أن سرعة التفاعل R لم يتغير في التجريبتين 1,2 إذا المتفاعل A من الرتبة صفر

٢- رتبة المتفاعل B : نختار التجريبتين التي تغير فيهما تركيز A (تجربة 2 , 3)

قيمة k ثابتة لذا تحذف من البسط والمقام ، كذلك تركيز A لم يتغير في التجريبتين لذا يحذف

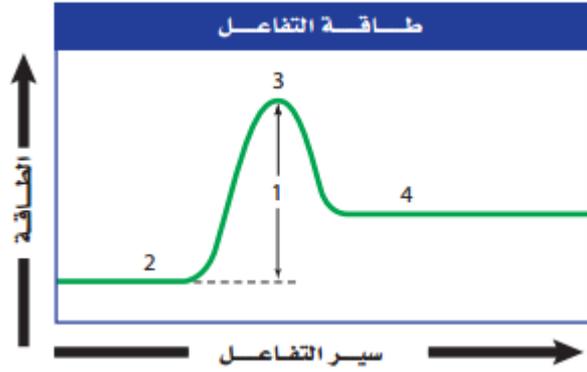
$$\frac{R_3}{R_2} = \left(\frac{[B]_3}{[B]_2} \right)^m$$

$$\frac{4 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} = \left(\frac{0.2}{0.1} \right)^m$$

الرتبة الأولى للمتفاعل B $2 = 2^m \rightarrow m = 1$

9. يبين الشكل منحنى طاقة تفاعل. إلام يشير كل رقم من الأرقام المبينة في الرسم؟

- 1- الطاقة التي يمتصها التفاعل ΔH
ملاحظة التفاعل ماص للحرارة
- 2- المتفاعلات
- 3- المعقد المنشط
- 4- النواتج



21. تحفيز إذا علمت أن قانون سرعة التفاعل: $\text{CH}_3\text{CHO}_{(g)} \rightarrow \text{CH}_4_{(g)} + \text{CO}_{(g)}$ هو: $R = k[\text{CH}_3\text{CHO}]^2$. فاستعمل هذه المعلومات لتعبئة البيانات المفقودة في الجدول الآتي:

بيانات تجريبية		
السرعة الابتدائية (mol/(l.s))	التركيز الابتدائي [A](M)	رقم المحاولة
2.70×10^{-11}	2.00×10^{-3}	1
10.8×10^{-11}	4.00×10^{-3}	2
	8.00×10^{-3}	3

أولا نحسب الثابت K من القانون المعطى $R = k[\text{CH}_3\text{CHO}]^2$ نختار أي تجربة موجود قيمة R وليكن الأولى

$$k = \frac{R}{[\text{CH}_3\text{CHO}]^2_1} = \frac{2.7 \times 10^{-11}}{(2 \times 10^{-3})^2} = \frac{2.7 \times 10^{-11}}{2^2 \times (10^{-3})^2} = 0.675 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

حيث أن قيمة K ثابتة في كل التجارب سن عوض بقيمته في التجربة 3 لحساب قيمة R

$$R_3 = 0.675 \times 10^{-5} \times (8 \times 10^{-3})^2 = 43.2 \times 10^{-11} \text{ mol/l.s}$$

ملاحظات رياضية

$$(A \times B^b)^n = A^n \times B^{b.n}$$

3. وجد أن سرعة تفاعل كيميائي $2.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L.s}$ عند درجة حرارة 322 K ، فما مقدار هذه السرعة بوحدة mol/L.min ؟

الحل : الدقيقة $\text{min} = 60$ ثانية s

$$\frac{2.25}{60} = 0.0375 \frac{\text{mol}}{\text{L.min}}$$

8. افترض أن قانون السرعة العام هو: $R = [A][B]^3$. ما رتبة التفاعل لكل من المادة A والمادة B؟ وما رتبة التفاعل الكلية؟

- ١- المتفاعل A من الرتبة الأولى : ملاحظة الرتبة إذا لم تكتب أعلى المتفاعل يعني أنه من الرتبة الأولى
- ٢- المتفاعل B من الرتبة الثالثة
- ٣- رتبة التفاعل الكلية $1 + 3 = 4$ الرابعة

2. ادرس العبارات التالية:

العبارة الأولى: من العوامل التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعة المادة المتفاعلة، والتركيز، ومساحة سطح التفاعل، ودرجة الحرارة، والمحفزات.

العبارة الثانية: تزيد المحفزات من سرعة التفاعلات بزيادة طاقة التنشيط

العبارة الثالثة: يجب أن تصطدم جسيمات المواد المتفاعلة حتى يحدث تفاعل.

أي العبارات السابقة صحيحة؟

a. الأولى والثانية .

b. الثانية والثالثة.

c. الأولى والثالثة.

d. الأولى والثانية والثالثة.

Kinetic & Thermodynamic chemistry

استعمل الأشكال أدناه للإجابة عن السؤالين 6 و 7.



6. أي العينات تحتوي على جزيئات غاز الأكسجين؟

- a. x
- b. y
- c. z
- d. كل من x و y

7. أي العينات تحتوي على جزيئات فلوريد الماغنسيوم؟

- a. x
- b. y
- c. z
- d. كل من x و y

- جزيء الأكسجين O_2 يحوي ذرتين متشابهتين

- جزيء فلوريد الماغنسيوم MgF_2 يحوي ذرتين متشابهتين تمثل الفلور وذرة مختلفة تمثل الماغنسيوم هذا الشكل

1. جميع العبارات التالية حول سرعة التفاعل الكيميائي صحيحة ما عدا:

- a. السرعة التي يحدث بها التفاعل.
- b. التغير في تراكيز المواد المتفاعلة خلال وحدة الزمن.
- c. التغير في تراكيز المواد الناتجة خلال وحدة الزمن.
- d. كمية المواد الناتجة المتكونة في كل فترة زمنية.

سرعة التفاعل لا تقاس بكمية المواد بل بالتغير في كميتها

$$R = \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{\text{التغير في تركيز المواد}}{\text{التغير في وحدة الزمن}}$$

4. أي الوحدات لا تستعمل للتعبير عن سرعة التفاعل؟

- a. M/min
- b. L/s
- c. mol/mL·h
- d. mol/L·min

وحدات السرعة $\frac{\text{وحدة تركيز}}{\text{وحدة زمن}}$

5. أي أنواع القوى بين الجزيئية الآتية يعد الأقوى؟

- a. الرابطة الأيونية.
- b. قوى ثنائية القطب.
- c. قوى التشتت.
- d. الرابطة الهيدروجينية.

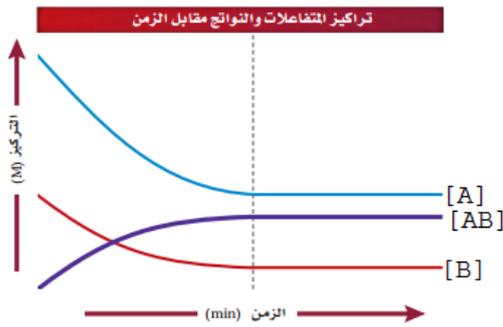
الاتزان الديناميكي

التفاعلات المكتملة : عندما تتحول جميع المتفاعلات إلى نواتج

التفاعلات العكسية : التفاعل الذي يحدث في اتجاهين:



يتم التعبير عن المعادلتين في صورة واحدة $A + B \rightleftharpoons AB$



يتناقص تركيز المواد المتفاعلة A , B في البداية في حين يزداد تركيز الناتج AB . يستمر ذلك إلى نقطة لا تستهلك فيه جميع المتفاعلات وتصبح تراكيز جميع المواد ثابتة عند هذه النقطة يكون التفاعل قد وصل لحالة اتزان ديناميكي

قانون الاتزان الكيميائي (للعالمان : غولدمبرغ _ بيتر ويج)

"حالة النظام عندما تتساوى فيه سرعتي التفاعل الأمامي والعكسي ، عندها تثبت تراكيز المتفاعلات والنواتج عند درجة حرارة معينة"

ثابت الاتزان الكيميائي K_{eq}

القيمة العددية لنسبة حاصل ضرب تراكيز النواتج على حاصل ضرب تراكيز المتفاعلات ، كل تركيز مرفوعاً لأس يساوي للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة

K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة أي أنها تتأثر بالحرارة



عند الاتزان يكون تراكيز النواتج والمتفاعلات ثابتة لكن ليست متساوية :

- ✓ (K > 1) ثابت الاتزان أكبر من 1 : تراكيز النواتج أكبر من تراكيز المتفاعلات عند الاتزان
- ✓ (K < 1) ثابت الاتزان أقل من 1 : تراكيز النواتج أقل من تراكيز المتفاعلات عند الاتزان
- تراكيز المواد الصلبة والسائلة النقية ثابتة لذلك تحذف من القانون
- ثابت الاتزان ليس له وحدة
- يجب أن يتم التفاعل في نظام مغلق
- الاتزان يتأثر بالحرارة ولا يتأثر بالتركيز لذا يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة
- توجد النواتج والمتفاعلات معا وهي في حركة ديناميكية ثابتة أي أن الاتزان ديناميكي وليس ساكناً

- ثابت اتزان التفاعل العكسي = مقلوب ثابت اتزان التفاعل الأمامي $K' = \frac{1}{K}$
- إذا ضرب تفاعل موزون في معامل ما فإن ثابت الاتزان له يُرفع لأس مساوي للمعامل

سؤال: إذا كان ثابت اتزان التفاعل التالي هو 1.77×10^{-10} ، فكم يكون ثابت اتزان هذا التفاعل ، عند نفس درجة الحرارة

الحل: التفاعل الثاني هو التفاعل العكسي وكذلك ضرب التفاعل في المعامل 2
 اتزان التفاعل الثاني = مقلوب اتزان التفاعل الأول $2 \times$

$$k' = \frac{1}{K^2} = \frac{1}{(1.77 \times 10^{-10})^2} = \frac{1}{1.77^2 \times (10^{-10})^2} = 0.32 \times 10^{20}$$

$$0.04 = 4 \times 10^{-2}$$

$$\frac{1}{4} = 0.25$$

10^{-2} ترفع للبسط بأس موجب

س : $\text{PCl}_5(\text{g})$ يتفكك إلى غازي ثالث كلوريد الفسفور وغاز الكلور حسب المعادلة التالية $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ عند 250°C وثابت الاتزان 0.04 ، عيّن ثابت الاتزان لهذا التفاعل $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$ عند نفس درجة الحرارة

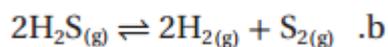
$$k' = \frac{1}{K} = \frac{1}{4 \times 10^{-2}} = 0.25 \times 10^2 = 25$$

س : ما قيمة ثابت الاتزان للتفاعل $2\text{I}_2(\text{g}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{ICl}(\text{g})$ ، إذا علمت أن ثابت اتزان التفاعل $2\text{ICl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ هو 4.54×10^2

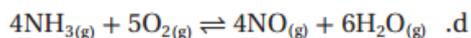
المعادلة الأولى هي المعادلة العكسية للثانية مضروب في 2

$$K = 4.54 \times 10^2 = 454 \quad , \quad k' = \frac{1}{K^2} = \frac{1}{454} = 2.2 \times 10^{-3}$$

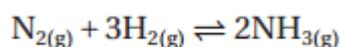
س : اكتب تعبير رياضي لثابت اتزان المعادلات التالية



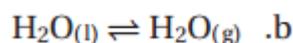
$$K_{eq} = \frac{[\text{H}_2]^2[\text{S}_2]}{[\text{H}_2\text{S}]^2}$$



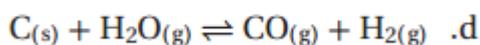
$$K_{eq} = \frac{[\text{NO}]^4[\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4[\text{O}_2]^5}$$



$$K_{eq} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$



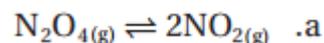
$$K_{eq} = [\text{H}_2\text{O}_{(g)}]$$



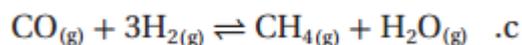
$$K_{eq} = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$



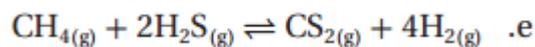
$$K_{eq} = [\text{H}_2\text{O}][\text{CO}_2]$$



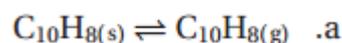
$$K_{eq} = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$



$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$



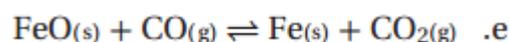
$$K_{eq} = \frac{[\text{CS}_2][\text{H}_2]^4}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{S}]^2}$$



$$K_{eq} = [\text{C}_{10}\text{H}_8_{(g)}]$$



$$K_{eq} = [\text{CO}_2_{(g)}]$$



$$K_{eq} = \frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}$$

4. تحفيز يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد III FeCl_3 . اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.

المادة الغازية الوحيدة في التفاعل هو الكلور وموقعه في المقام لأنه متفاعل

$$K_{eq} = \frac{1}{[\text{Cl}_2_{(g)}]^3}$$

2. تحفيز اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان الآتي: $K_{eq} = \frac{[\text{CO}]^2[\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$



قيمة ثابت الاتزان احسب قيمة K_{eq} لتعبير ثابت الاتزان $K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ إذا علمت أن تراكيز المواد في أحد مواضع

الاتزان $[NH_3] = 0.933 \text{ mol/L}$, $[N_2] = 0.533 \text{ mol/L}$, $[H_2] = 1.600 \text{ mol/L}$

$$K_{eq} = \frac{0.933^2}{0.533 \times 1.6^3} = 0.398$$

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ إذا علمت أن:

$[N_2O_4] = 0.0185 \text{ mol/L}$, $[NO_2] = 0.0627 \text{ mol/L}$

$$K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0.0627^2}{0.0185} = 0.21$$

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$ إذا علمت أن:

$[CO] = 0.0613 \text{ mol/L}$, $[CH_4] = 0.0387 \text{ mol/L}$,

$[H_2] = 0.1839 \text{ mol/L}$, $[H_2O] = 0.0387 \text{ mol/L}$

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[H_2]^3[CO]} = \frac{0.0387 \times 0.0387}{0.1839^3 \times 0.0613} = 4$$

7. تحفيز يصل التفاعل $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K، فإذا كان تركيز كل من CO و Cl_2 هو 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$ ؟ علمًا أن ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2} .

$$[COCl_2] = \frac{[CO] \times [Cl_2]}{K_{eq}} = \frac{0.15 \times 0.15}{8.2 \times 10^{-2}} = 2.74 \times 10^{-5} M$$

8. ماذا نعني بقولنا: إن قيمة K_{eq} أكثر من 1؟

- a. هناك مواد متفاعلة أكثر من النواتج عند الاتزان. c. سرعة التفاعل الأمامي عالية عند الاتزان.
b. هناك نواتج أكثر من المواد المتفاعلة عند الاتزان. d. سرعة التفاعل العكسي عالية عند الاتزان.

12. فسر البيانات يوضح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أي منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسر إجابتك.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

عند درجة حرارة : 373K لأن ثابت الاتزان 4.5 أكبر من 1

إذا أثر مؤثر ما على نظام متزن فإن الاتزان يضطرب، يحدث نتيجة لذلك تفاعل في الاتجاه الذي يخفف عمل المؤثر لحين الوصول إلى حالة اتزان جديدة ."

- ١- عند إزالة كمية النواتج يؤدي إلى انزياح الاتزان نحو التفاعل الأمامي →
- ٢- عند إزالة كمية من أحد المتفاعلات يؤدي إلى انزياح الاتزان نحو التفاعل العكسي ←
- ٣- الضغط والحجم : تغيير حجم أو ضغط النظام يؤدي إلى إزاحة الاتزان فقط إذا كان عدد مولات المتفاعلات والنواتج مختلفان ، أما إذا تساوت عدد المولات فليس هنالك أي تأثير على الاتزان
- ٤- تغيير درجة الحرارة : يعامل الحرارة على أنه أحد مواد التفاعل فإذا أضيف حرارة إلى نظام متزن فسينزاح الاتزان إلى الجهة الأخرى

ملاحظة : الضغط والحجم يغيران موضع الاتزان وليس قيمة ثابت الاتزان

الحرارة تغير موضع الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

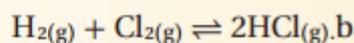
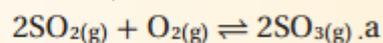
- ٥- العوامل الحفازة : يعمل على زيادة سرعة التفاعل الأمامي والعكسي بالتساوي ولهذا يصل التفاعل إلى حالة الاتزان دون تغيير في كمية النواتج المتكونة

15. قرر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها ينتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية:



الإنتالبي سالب أي أن التفاعل طارد للحرارة (الحرارة ناتج) ، خفض درجة الحرارة هو ما سيزيد من انتج CH_3CHO

14. فسر كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي؟



- A. عدد مولات المتفاعلات = 3 ، عدد مولات النواتج = 2
تقليل حجم الوعاء يعني تقليل عدد مولات المتفاعلات بالتالي
الاتزان سينزاح نحو التفاعل الخلفي ←

ملاحظة : الحجم يتناسب طرديا مع عدد المولات

B. لن يتأثر الاتزان لأن عدد مولات المتفاعلات = عدد مولات النواتج

16. وضح يظهر الجدول تراكيز مادتين A و B في خليطي تفاعل، يتفاعلان حسب

المعادلة $2A \rightleftharpoons B$ و $K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

التركيز mol/l		
[B]	[A]	تفاعل
0.0200	0.0100	1
0.400	0.0500	2

التفاعل 1 $k_{eq} = \frac{0.02}{0.01^2} = 200$ بما أن k_{eq} للتفاعلين غير متساوي هذا

يعني أن التفاعلين عند موضعي اتزان

التفاعل 2 $k_{eq} = \frac{0.4}{0.05^2} = 160$ مختلف

110. يتفاعل الهيدروجين والفلور لتكوين HF بحسب معادلة الاتزان الآتية: $H_2(g) + F_2(g) \rightleftharpoons 2HF$ $\Delta H = -538KJ$

هل تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة كمية المادة الناتجة؟ اشرح ذلك

لا ، لأن إشارة الانثالبي سالبة فالتفاعل طارد للحرارة .

س : التفاعلات المعطاة أدناه في حالة اتزان، ما الأثر الذي يحدثه العامل المذكور على تركيز المادة التي تحتها خط في التفاعل



- تخفيض حجم وعاء التفاعل (يقل تركيز CO لأن التفاعل يتجه إلى اليمين حيث الجهة التي ينقص فيها عدد المولات)
- زيادة كمية الكربون (مادة صلبة لا يؤثر على الاتزان ولا كمية المواد)



- إضافة حمض مخفف. (سيزيد كمية H_3O^+ و سينزاح الاتزان نحو المتفاعلات ، يقل تركيز Br^-)
- إضافة قاعدة مخففة. (ستتفاعل القاعدة مع البروتون في H_3O^+ بالتالي يزيد كمية الماء ، مما يجعل الاتزان ينزاح نحو النواتج فيزيد تركيز Br^-)



- إضافة حبات من CH_3COOK إلى محلول حمض الخل في أنبوب اختبار ورجه .

(ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات ، يقل تركيز H_3O^+)



- سحب الهيدروجين من وعاء التفاعل .
- (ينزاح الاتزان نحو النواتج ويقل تركيز OH^-)



- زيادة عدد مولات Cl_2 . (ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات ، يزيد تركيز O_2)
- تخفيض ضغط الغازات المتفاعلة. (تخفيض الضغط يؤدي إلى زيادة الحجم لذلك تزداد سرعة التفاعل العكسي لحين حدوث اتزان جديد ، يزداد تركيز الأوكسجين)

س: مزيج من غازات N_2 ، H_2 ، NH_3 ، في وعاء سعته 20L ودرجة حرارته 1000K ،
 والمزيج في حالة اتزان . $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 224Kj$
 ما تأثير كل تغير من التغيرات التالية على عدد مولات NH_3 في الوعاء.

- 1- اضافة N_2 . (يزيد NH_3 ؛ ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات)
- 2- اضافة NH_3 (يقل NH_3 ؛ ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات)
- 3- رفع درجة الحرارة (يقل NH_3 لأن التفاعل طارد للحرارة)
- 4- جعل حجم الوعاء 15 L (الحجم يتناسب طرديا مع عدد المولات لذا سيزيد عدد مولات NH_3)
- 5- اضافة غاز النيون (يزيد NH_3 ؛ يزيد الضغط على المتفاعلات وينزاح الاتزان نحو النواتج)
- 6- اضافة الهيدروجين (يزيد NH_3 ؛ الاتزان ينزاح نحو النواتج)
- 7- اضافة $1cm^3$ من مسحوق البلاتين (هو فقط عامل حفاز لا يؤثر على الاتزان إنما يزيد من سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي)

		(4) رتب التفاعلات التالية حسب ميلها للاتجاه نحو الكمال.
1	$4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2 + 6H_2O$	$K_c = 10^{228}$
7	$2HF(g) \rightleftharpoons H_2(g) + F_2(g)$	$K_c = 10^{-13}$
5	$2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$	$K_c = 4.7 \times 10^{-4}$
6	$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$	$K_c = 6.4 \times 10^{-7}$
2	$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$	$K_c = 50$
4	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	$K_c = 4.62 \times 10^{-3}$
3	$SbCl_5(g) \rightleftharpoons SbCl_3(g) + Cl_2(g)$	$K_c = 2.5 \times 10^{-2}$

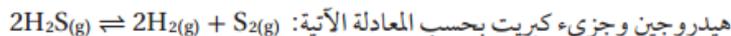
كلما كان ثابت الاتزان أكبر أقترب التفاعل من الكمال (يصبح تفاعل مكتمل)

استعمال ثابت الاتزان

- يستعمل في حساب تركيز المواد وذوبانيتها

١- حساب التراكيز عند الاتزان

حساب تراكيز الاتزان يتفكك كبريتيد الهيدروجين الذي يتميز برائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد عند 1405 K إلى



هيدروجين وجزيء كبريت بحسب المعادلة الآتية: 2.27×10^{-3} و تركيز $[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/L}$ ،

و $[\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/L}$ ؟

$$k_{eq} = \frac{[\text{H}_2]^2 [\text{S}_2]}{[\text{H}_2\text{S}]^2} \rightarrow [\text{H}_2]^2 = \frac{k_{eq} \times [\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{S}_2]}$$

$$[\text{H}_2]^2 = \frac{2.27 \times 10^{-3} \times [0.184]^2}{0.054} = 14.2 \times 10^{-4}$$

$$[\text{H}_2] = \sqrt{14.2 \times 10^{-4}} = 3.76 \times 10^{-2} \text{ M}$$

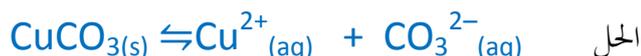
٢- حساب الذائبية المولارية S

ثابت حاصل الذائبية K_{sp}

هو ثابت الاتزان للمركبات قليلة الذوبان

س: احسب ذائبية كربونات النحاس (II) بوحدة mol/L عند 298K ، إذا

علمت أن حاصل الذائبية له 2.5×10^{-10}



$$S = [\text{Cu}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] \quad , \quad K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}]$$

بما أن عدد مولات $[\text{Cu}^{2+}]$ و $[\text{CO}_3^{2-}]$ متساويان يعني تركيزهما متساوي لذا سنعتبر عن الذائبية

المولارية بـ S^2 $((K_{sp} = S^2))$

$$S^2 = K_{sp} \rightarrow S = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{2.5 \times 10^{-10}} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

20. استعمل البيانات في الجدول 3-4 لحساب الذائبيه المولارية mol / L للمركبات الأيونية الآتية عند درجة حرارة 298 K .

CaCO₃ .c

AgCl .b

PbCrO₄ .a

قيم ksp

$$\text{CaCO}_3 = 3.4 \times 10^{-9}$$

$$\text{AgCl} = 1.8 \times 10^{-10}$$

$$\text{PbCrO}_4 = 2.3 \times 10^{-13}$$

جميع الأمثلة تتفكك في الماء وتعطي أيونين بنفس التركيز (عدد المولات)

$$S = \sqrt{K_{sp}} \rightarrow S^2 = K_{sp}$$

$$S_{\text{CaCO}_3} = \sqrt{3.4 \times 10^{-9}} = \sqrt{34 \times 10^{-10}} = 5.83 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$S_{\text{AgCl}} = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} = 1.34 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$S_{\text{PbCrO}_4} = \sqrt{2.3 \times 10^{-13}} = \sqrt{23 \times 10^{-14}} = 4.8 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

21. تحفيز إذا علمت أن K_{sp} لكاربونات الرصاص PbCO₃ يساوي 7.40 × 10⁻¹⁴ عند 298 K، فما ذائبيه كاربونات الرصاص g/L ؟

Pb = 207

C = 12

O = 16

$$S_{\text{PbCO}_3} = \sqrt{7.4 \times 10^{-14}} = 2.7 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

الوحدة ب mol/L نحوله لـ g/L بالضرب في الكتلة المولية

$$2.7 \times 10^{-7} \times 267 = 721 \text{ g/l}$$

24. تحفيز إذا كانت ذائبيه كلوريد الفضة AgCl = 1.86 × 10⁻⁴ g / 100 g في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ AgCl.



$$K_{sp} = S^2 = (1.86)^2 \times (10^{-4})^2$$

$$= 3.46 \times 10^{-8}$$

- في حال المركب الأيوني يعطي أكثر من أيونين (أكثر من موليّن)

حساب تركيز الأيون هيدروكسيد الماغنسيوم مادة صلبة بيضاء يمكن الحصول عليها من مياه البحر واستعمالها في صنع الكثير من الأدوية الطبية. وخصوصاً في الأدوية التي تعمل على معادلة حموضة المعدة الزائدة. احسب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول هيدروكسيد الماغنسيوم المشبع عند 298 K، إذا علمت أن K_{sp} = 5.6 × 10⁻¹².



$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

لتكن X = [Mg²⁺] ولأن لدينا أيونين OH⁻ 2X = OH⁻

$$K_{sp} = X \cdot (2X)^2 = 4X^3$$

$$4X^3 = 5.6 \times 10^{-12}$$

$$X^3 = \frac{5.6 \times 10^{-12}}{4} = 1.4 \times 10^{-12}$$

$$X = \sqrt[3]{1.4 \times 10^{-12}} = 1.11 \times 10^{-4} \text{ M}$$

1.11×10^{-4} هذا تركيز أيون المغنيسيوم

$$2(1.11 \times 10^{-4}) = 2.23 \times 10^{-4} \text{ M} = \text{تركيز أيون الهيدروكسيد}$$

٣- توقع الرواسب

بمقارنة الحاصل الأيوني Q_{sp} بحاصل الذائبية K_{sp}

- ١- متساويان : المحلول مشبع ولا يحدث تغير
- ٢- حاصل الذائبية أكبر : المحلول غير مشبع ولا يتكون راسب ($K_{sp} > Q_{sp}$)
- ٣- الحاصل الأيوني أكبر : المحلول مشبع ويتكون راسب ($Q_{sp} > K_{sp}$)

30. وضح الفرق بين K_{sp} و Q_{sp} . وهل يُعدّ Q_{sp} ثابت اتزان؟

يُعدّ Q_{sp} حاصل ضرب تراكيز الأيونات التي يمكن أن تكون موجودة في محلول مركب أيوني. وتُقاس قيمته للمقارنة بقيمة K_{sp} التي تُعبّر عن حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة فعلياً في محلول مشبع. حيث يُعدّ K_{sp} ثابت الاتزان، في حين لا يُعدّ Q_{sp} ثابت اتزان.

توقع تكون راسب توقع ما إذا سيتكون راسب $PbCl_2$ عند إضافة 100 mL من 0.0100 M NaCl إلى 100 mL من $Pb(NO_3)_2$ 0.0200 M علماً بأن K_{sp} للمركب يساوي 1.7×10^{-5} .



معادلة الذوبان

$$Q_{sp} = [Pb^{2+}] [Cl^-]^2$$

$$[Pb^{2+}] = \frac{0.02}{2} = 0.01 = 10^{-2} \text{ M}$$

$$[Cl^-]^2 = \left(\frac{0.01}{2}\right)^2 = (5 \times 10^{-3})^2$$

$$= (5)^2 \times (10^{-3})^2$$

$$25 \times 10^{-6} \text{ M}$$

مزج محلولين بنفس الحجم يخفف تراكيزها للنصف

$$10^{-2} \times 25 \times 10^{-6} = 25 \times 10^{-8}$$

$$Q_{sp} = [Pb^{2+}] [Cl^-]^2$$

$$25 \times 10^{-8} < 1.7 \times 10^{-5}$$

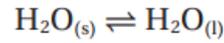
المحلول غير مشبع ولا يتكون راسب

$$Q_{sp} < K_{sp}$$

31. احسب ذائبية كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$ في الماء النقي إذا كان K_{sp} يساوي 2.6×10^{-9} .

$$S = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{26 \times 10^{-10}} = 5.1 \times 10^{-5} mol/L$$

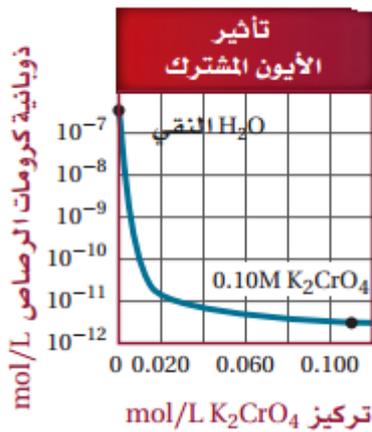
35. هل تمثل المعادلة الآتية اتزاناً متجانساً أم غير متجانس؟ فسر إجابتك.



غير متجانس لأن الحالات الفيزيائية مختلفة

تأثير الأيون المشترك

- تنخفض ذائبية المادة بسبب وجود أيون مشترك
- الأيون المشترك : هو أيون يدخل في تركيب اثنين أو أكثر من المركبات الأيونية



تقل ذائبية كرومات الرصاص

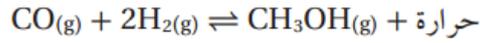
كلما زاد تركيز محلول كرومات البوتاسيوم الذائبة

فيه. التغير ناتج عن وجود أيون CrO_4^{2-} في كل من

كرومات الرصاص وكرومات البوتاسيوم.

50. كيف يمكن للتغيرات الآتية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل

المستعمل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين؟



a. إضافة CO يرفع كمية الميثانول موضع الاتزان ينزاح للأمامي

b. خفض درجة الحرارة يرفع كمية الميثانول موضع الاتزان ينزاح للأمامي

d. إزالة CH₃OH ينزاح الاتزان للتفاعل الأمامي فيزيد الميثانول

e. تقليل حجم وعاء التفاعل التفاعل العكسي ، يقل الميثانول

c. إضافة عامل محفز لا يؤثر على كمية الميثانول لكن يزيد سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي

51. المشروبات الغازية استعمل مبدأ لوتشاتيليه لشرح كيف أن

إزاحة الاتزان الآتي:



تسبب فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحاً؟

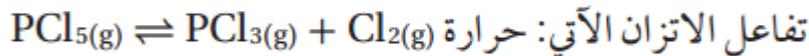
ج: ذائبية الغاز في سائل في المشروبات الغازية تم تحت ضغط مرتفع ونظام

مغلق متمثل في قارورة محكمة الإغلاق . فإذا فُتحت القارورة فإن الضغط

سيقل لأن غاز CO₂ سينطلق و سينزاح التفاعل للجهة الأمامية إلى أن

يستهلك H₂CO₃ ويفقد الشراب طعمه

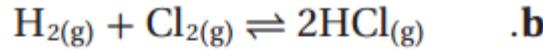
53. إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي على



فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

ج: يتجه الاتزان نحو التفاعل العكسي بسبب زيادة في Cl₂

54. إذا أعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان:

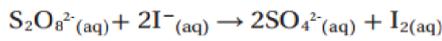


فسر لماذا يسبب تغير حجم وعاء التفاعلين تغير موضع الاتزان لـ a ولا يؤثر في b؟

في التفاعل b عدد مولات المتفاعلات = عدد مولات النواتج

في التفاعل a اختلفت عدد مولات المتفاعلات عن النواتج

2. يستطيع الطلاب إجراء التفاعل بين أيونات $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ وأيونات اليوديد I^- لأنه يسير ببطء كافٍ لقياس سرعته.



تم تحديد رتبة هذا التفاعل في المختبر لتكون الرتبة الأولى في $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ والرتبة الأولى في I^- . ما قانون السرعة الكلي لهذا التفاعل؟

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^2[\text{I}^-] \quad .\text{a}$$

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}][\text{I}^-] \quad .\text{b}$$

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}][\text{I}^-]^2 \quad .\text{c}$$

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^2[\text{I}^-]^2 \quad .\text{d}$$

4. أي أنواع القوى بين الجزيئات ينتج عن عدم توازن مؤقت في الكثافة الإلكترونية حول نواة الذرة؟

a. الروابط الأيونية

b. قوى التشتت

c. قوى ثنائية القطب

d. الروابط الهيدروجينية

1. أي مما يأتي يصف نظامًا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؟

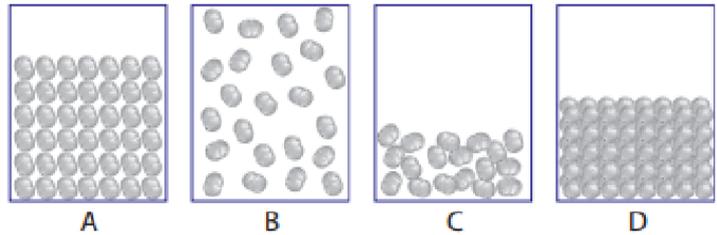
a. لا يوجد ناتج جديد يتكون بفعل التفاعل الأمامي.

b. لا يحدث التفاعل العكسي في النظام.

c. تركيز المتفاعلات في النظام يساوي تركيز النواتج.

d. سرعة حدوث التفاعل الأمامي تساوي سرعة حدوث التفاعل العكسي.

3. استعمل الرسوم الآتية للإجابة عن السؤال 3.



3. أي الرسوم الأربعة يبين المادة التي لها أضعف قوى بين الجزيئات؟

A .a

B .b

C .c

D .d

القوى بين الجزيئية تجعل الجزيئات متماسكة مع بعض وB متباعدة جدا

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7 .

بيانات التركيز للاتزان الآتي $\text{MnCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ (عند 298 K)				
المحاولة	$[\text{Mn}^{2+}]$ الابتدائي	$[\text{CO}_3^{2-}]$ الابتدائي	$[\text{Mn}^{2+}]$ عند الاتزان	$[\text{CO}_3^{2-}]$ عند الاتزان
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-3}
2	0.0100	0.0000	1.00×10^{-2}	2.24×10^{-9}
3	0.0000	0.0200	1.12×10^{-9}	2.00×10^{-2}

5. ما قيمة K_{sp} لـ MnCO_3 عند درجة حرارة 298K؟ نختار أي محاولة نطبق القانون

$$K_{sp} = [\text{Mn}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

$$5.6 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-3}$$

$$= 22.4 \times 10^{-12}$$

- a. 2.24×10^{-11}
- b. 4.00×10^{-11}
- c. 1.12×10^{-9}
- d. 5.60×10^{-9}

6. ما ذائبية MnCO_3 عند درجة حرارة 298 K؟

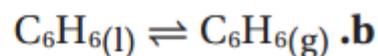
$$S = \sqrt{K_{sp}}$$

$$S = \sqrt{22.4 \times 10^{-12}}$$

$$= 4.73 \times 10^{-6}$$

- a. $4.73 \times 10^{-6} \text{M}$
- b. $6.32 \times 10^{-2} \text{M}$
- c. $7.48 \times 10^{-5} \text{M}$
- d. $3.35 \times 10^{-5} \text{M}$

8. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان غير متجانس مما يلي:



a) $K_{eq} = [\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]$

b) $K_{eq} = [\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})]$

7. عند خلط 50mL من K_2CO_3 الذي تركيزه $3.00 \times 10^{-6} M$ مع 50 mL من $MnCl_2$ ، سوف يتكون راسب من $MnCO_3$ فقط عندما يكون تركيز محلول $MnCl_2$ أكبر من :

a. $7.47 \times 10^{-6} M$

b. $1.49 \times 10^{-5} M$

c. $2.99 \times 10^{-5} M$

d. $1.02 \times 10^{-5} M$

خط المخاليط يختزل التركيز إلى النصف

$$\frac{[K_2CO_3]}{2} \times \frac{[MnCl_2]}{2} = K_{sp}$$

$$\frac{[3 \times 10^{-6}]}{2} \times \frac{[MnCl_2]}{2} = 22.4 \times 10^{-12}$$

$$\frac{3}{4} \times 10^{-6} [MnCl_2] = 22.4 \times 10^{-12}$$

$$[MnCl_2] = \frac{4}{3} \times 10^6 \times 22.4 \times 10^{-12}$$

$$[MnCl_2] = 29.9 \times 10^{-6}$$

يجب أن يكون Q_{sp} أكبر من K_{sp}

يدخل في تعبير ثابت الاتزان فقط الحالة الغازية والمحاليل ، أما السوائل النقية وكذلك الصلبة لا تحتسب

استخدامات ثوابت الاتزان بشكل أوسع في فروع الكيمياء

رائز التفاعل Q	ثابت الاتزان الديناميكي K
لا يشترط حالة الاتزان	يشترط أن يكون التفاعل في حالة اتزان
في المحاليل المنظمة تركيز الأيون المشترك في النواتج ÷ تركيز الحمض (أو القاعدة) في المتفاعلات	K_w ثابت تفكك الماء K_a ثابت تفكك الحمض K_b ثابت تفكك القاعدة K_{sp} ثابت حاصل الإذابة للأملاح
في التفاعلات الكهربية تركيز أيونات الأكسدة في النواتج ÷ تركيز أيونات الاختزال في المتفاعلات	أحيانا نصادف K_c للتعبير عن الاتزان في حال المحاليل وتستخدم الأقواس [] في حال الغازات يستخدم التعبير K_p والأقواس ()

الكيمياء الحرارية

يدرس تغيرات الحرارة التي ترافق التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية

- **الطاقة** : القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة .
- في الأنظمة الكيميائية تتواجد الطاقة بصورتين :
 - ١- طاقة وضع : تعتمد على تركيب أو موضع الجسم
 - ٢- طاقة حركية : تنجم عن حركة الاجسام ويمكن ملاحظتها
- **القانون الأول للديناميكا الحرارية** (قانون حفظ الطاقة) : الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم لكنها تتحول من شكل لآخر
- **طاقة الوضع الكيميائية** : الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمادة
- **الحرارة (كمية الحرارة q)** : طاقة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم الأبرد
- **السعر cal** : كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1g من الماء النقي درجة سيليزية واحدة 1°C
- **الحرارة النوعية** : كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من المادة درجة سيليزية واحدة 1°C

وحدات قياس الطاقة الحرارية (الجول J والسعر cal)

$$1 \text{ J} \equiv 0.24 \text{ cal} \quad , \quad 1 \text{ cal} \equiv 4.184 \text{ J}$$

$$1 \text{ KJ} \equiv 10^3 \text{ J} \quad , \quad 1 \text{ Kcal} \equiv 10^3 \text{ cal}$$

53. التغذية يحتوي أحد أصناف الطعام على 124 Cal . كم cal يوجد في هذا الصنف من الطعام؟

$$124 \text{ Cal} \equiv 124 \times 10^3 \text{ cal}$$

مسائل تدريبية

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

$$142 \times 10^3 = 142000 \text{ cal}$$

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

$$4.184 \text{ KJ} = 1 \text{ Cal}$$

$$86.5 \text{ KJ} = ??$$

$$\frac{86.5 \times 1}{4.184} = 20.6 \text{ Cal}$$

في الغالب يدل من كتابة Kcal يكتب Cal ،، C كبيتل للتفريق بينه وبين cal سمول

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

كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة q ، الحرارة النوعية وثابتة لكل مادة c ، الكتلة M ، التغير في درجة الحرارة ΔT

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

الحل

$$q = 114 \text{ J} , \Delta T = 50.4 - 25 = 25.4^\circ\text{C} , m = 10 \text{ g} , c = ?$$

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{114}{10 \times 25} = 0.449 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

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

$$\text{الحرارة النوعية للإيثانول} = 2.44 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$q = 34.4 \times 2.44 \times (78.8 - 25) = 4.515 \text{ KJ}$$

5. سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g فارتفعت درجة حرارتها من 25°C إلى 40.0°C فامتصت 5696 J من الطاقة. ما الحرارة النوعية للمادة؟ عيّن المادة بالرجوع إلى الجدول 2-2.

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{5696}{155 \times (40 - 25)} = 2.45 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

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

$$\text{الحرارة النوعية للذهب} = 0.13$$

$$\Delta T = \frac{q}{c \times m} \rightarrow T_2 - T_1 = \frac{q}{c \times m} \rightarrow T_2 = \frac{q}{c \times m} + T_1$$

$$T_2 = \frac{276}{0.13 \times 4.5} + 25 = 496.8^\circ\text{C}$$

- **النظام** : جزء معين من الكون يحتوي العملية التي نريد دراستها
- **المحيط** : كل شيء في الكون خارج النظام
- **الكون** : النظام مع المحيط

الطاقة الكيميائية أو الطاقة الداخلية (E) Chemical or Internal Energy

هي مجموع الطاقات التي تحتويها جزيئات أي نظام ، وهي ترجع إلى التركيب الجزيئي للمواد ودرجة نشاط تلك المادة. ويمكن اعتبارها مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع للجزيئات ، وهو دالة حالة (لا يعتمد على مسار التفاعل)

قيمة الطاقة الداخلية (الكيميائية) للمادة لا نعرف مقدارها ولكن يمكن حساب قيمة التغير ΔE لكل عملية تجريها على المادة يمكن قياسها

دالة حالة هي إحدى خواص نظام التي تعتمد فقط على حالة النظام ، ولا تعتمد على المسار الذي اتبعه النظام حتى وصل إلى تلك الحالة. مثل الطاقة الداخلية للنظام ، وإنتالبي النظام ، وإنتروبي النظام ، ودرجة الحرارة والحجم والضغط والكتلة والكثافة ومغناطيسية النظام

١. **تعتبر كمية الحرارة (q) موجبة** إذا منحها المحيط للنظام ، وتعتبر سالبة إذا حدث العكس.

٢. **يعتبر الشغل (w) كمية موجبة** إذا أنجزه النظام على المحيط ، وتعتبر سالبة إذا حدث العكس.

٣. **التغير في الطاقة الداخلية** هو الفرق بين الشغل وكمية الحرارة

$$\Delta E = q - w$$

مثال (١) : كم التغير في الطاقة الداخلية (الكيميائية) لنظام ما إذا كانت $q = 425$ J. و $w = -50$ J.

$$\Delta E = Q - W = 425 - (-50) = 475 \text{ J}$$

أي أن الطاقة الداخلية للنظام قد ازدادت بمقدار 475 لأنها أخذت حرارة من المحيط وأنجزت شغل عليه

مثال (٢) : كم التغير في الطاقة الداخلية لنظام إذا كانت $q = -27$ kJ والشغل $w = 2$ KJ

$$\Delta E = Q - W = -27 - 2 = -29 \text{ KJ}$$

أي أن الطاقة الداخلية للنظام قد نقصت بمقدار 29 KJ لأنها أعطت حرارة وأنجزت شغل على المحيط

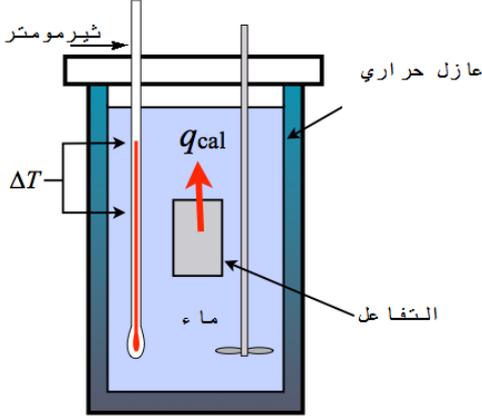
يحدث التغير في الطاقة الداخلية في حالتين

- ١- عندما يمتص النظام كمية حرارة والمحيط أنجز عليه شغل $-w$, $+q$
- ٢- عندما يطلق النظام كمية حرارة وينجز شغلا على المحيط $+w$, $-q$

ولا يحدث التغير في الطاقة الداخلية عندما يمتص النظام كمية حرارة وينجز شغل على المحيط $+q, +W$ أو عندما يطلق كمية حرارة وينجز عليه شغل $-q, -W$

المسعر

- جهاز معزول حراريا يستخدم لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية .



مسعر كوب القهوة coffee cup calorimeter :

$$(q = c \cdot m \cdot \Delta T)$$

- آلية عمله : كمية معلومة من الماء وبدرجة حرارة معلومة توضع في حجرة معزولة لكي تمتص الحرارة أو تزود النظام بالحرارة . بعد التفاعل (الحرارة النوعية للماء = $4.184 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$) يقاس درجة حرارة الماء مرة أخرى فيحسب كمية الحرارة q للماء الذي يساوي كمية الحرارة للتفاعل بالتالي يمكن حساب الحرارة النوعية للمواد

- يمكن عمل نموذج للمسعر باستخدام كأس من بوليستيرين الذي يعمل كعازل حراري بدل الكأس الزجاجية

69. السبائك إذا وضعت سبيكة كتلتها 58.8 g في 125 g من الماء البارد في مسعر، فنقصت درجة حرارة السبيكة بمقدار 106.1°C ، بينما ارتفعت درجة حرارة الماء 10.5°C ، فما الحرارة النوعية للسبيكة؟

الحل :

أولا : نحسب كمية الحرارة (باستخدام بيانات الماء)

$$m = 125 \text{ g} , \Delta T = 10.5^\circ\text{C} , c = 4.184 , q = ?$$

$$q = m c \Delta T = 125 \times 10.5 \times 4.184 = 5491.5 \text{ J}$$

ثانيا : نحسب الحرارة النوعية للسبيكة (باستخدام بيانات السبيكة)

$$m = 58.8 \text{ g} , \Delta T = 106.1^\circ\text{C} , c = ? , q = 5491.5 \text{ J}$$

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{5491.5}{58.8 \times 106} = 0.881 \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

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

الحل :

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{25.6}{90 \times 1.18} = 0.241$$

مسعر القنبلة Bomb calorimeter

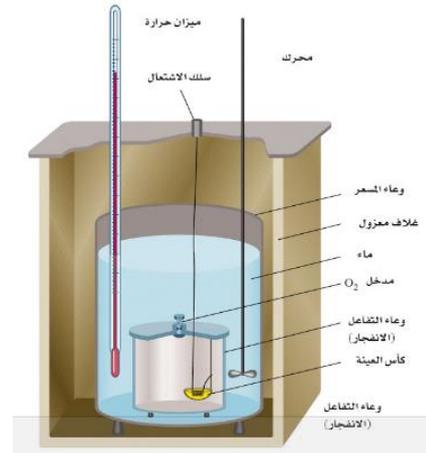
$$(q = c.\Delta T)$$

حساب الحرارة بثبوت الحجم Constant-Volume Calorimetry

تقاس حرارة الاحتراق عادة بوضع كمية معلومة من المركب في وعاء من الفولاذ يسمى **مسعر التفجير** ثابت الحجم، حيث يملأ بالأكسجين تحت ضغط 30 atm تقريباً. يغمس هذا الوعاء المغلق في كمية معلومة من الماء، كما هو مبين في الشكل 7.6. يتم إشعال العينة كهربائياً، ويمكن حساب الحرارة الناتجة عن تفاعل الاحتراق بدقة من خلال تسجيل الارتفاع في درجة حرارة (أو كتلة) الماء. الحرارة المنبعثة من احتراق العينة يمتصها الماء والمسعر. والتصميم الخاص بهذا المسعر يسمح لنا بافتراض عدم وجود حرارة (أو كتلة) مفقودة إلى المحيط خلال المدة اللازمة لأخذ القياسات. ولهذا، يمكن القول: إن المسعر والماء المغمور به هو نظام معزول. ولعدم وجود حرارة داخلية إلى النظام أو خارجة منه خلال هذه العملية، فإن التغير في حرارة النظام (q_{system}) يجب أن يكون صفراً. وتستطيع أن تكتب

$$q_{\text{system}} = q_{\text{cal}} + q_{\text{rxn}} = 0 \quad (14.6)$$

”الحجم الثابت“ يشير إلى حجم الوعاء، الذي لا يتغير خلال التفاعل. لاحظ أن الوعاء يبقى كما هو بعد القياس. مصطلح ”مسعر - التفجير“ يشير إلى الطبيعة المتفجرة للتفاعل على (نطاق ضيق) بوجود وفرة من غاز الأكسجين).



ولحساب q_{cal} ، نحتاج إلى معرفة السعة الحرارية للمسعر (C_{cal}) والارتفاع في درجة الحرارة، ويكون

$$q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}}\Delta t$$

كمية من النفثالين كتلتها 1.435 g احترقت في مسعر التفجير ، ثم ارتفعت درجة حرارة ماء المسعر من 20.28°C إلى 25.95°C ، إذا كانت السعة الحرارية للمسعر والماء 10.17 KJ/°C أحسب حرارة احتراق النفثالين المولارية . (الكتلة المولية = 128 g/mol)

$$q = c\Delta T = 10.17 \times (25.95 - 20.28) = 57.66 \text{ KJ}$$

احتراق 1.435g من النفثالين أطلق 57.66 KJ

احتراق 128 g (مول واحد) من النفثالين أطلق KJ ??

$$\frac{57.66 \times 128}{1.435} = -5144 \text{ KJ}$$

ملحوظة : الإشارة السالبة ليس بالضرورة أن تأتي من الحساب إنما دلالة على أن الحرارة منطلقة وليست ممتصة

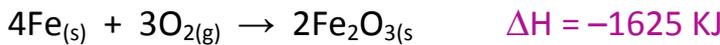
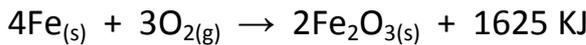
- المحتوى الحراري H : مقدار الطاقة الحرارية المخزنة في 1 mol من المادة تحت ضغط ثابت
 - التغير في المحتوى الحراري (الانثاليبي ، حرارة التفاعل ΔH) : كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة أثناء التفاعل الكيميائي
لا يمكن حساب المحتوى الحراري لكن يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري وهو الفرق بين المحتوى الحراري للنواتج والمحتوى الحراري للمتفاعلات
- $$\Delta H_{\text{التفاعل}} = H_{\text{النواتج}} - H_{\text{المتفاعلات}}$$

إشارة المحتوى الحراري للتفاعل

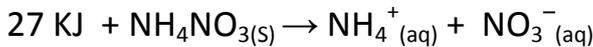
- ΔH - تفاعل طارد للحرارة ، المتفاعلات H < النواتج H
- ΔH + تفاعل ماص للحرارة H المتفاعلات > النواتج H

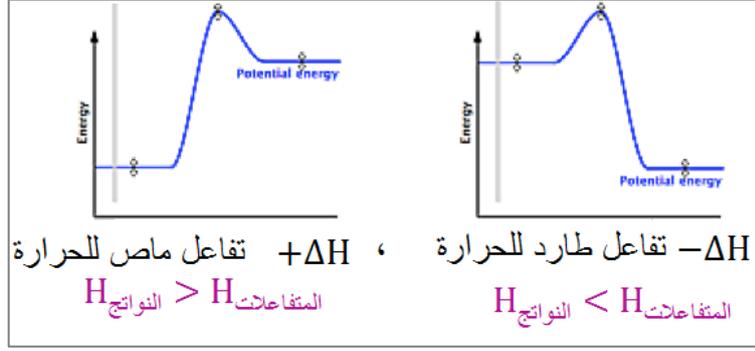
تكتب المعادلة الكيميائية الحرارية في صورة معادلة موزونة تشتمل على الحالات الفيزيائية لجميع المواد . يرافق المعادلة حرارة التفاعل ΔH بإشارته حسب كون التفاعل طارد أو ماص

- **الكمامة الساخنة** : تستخدم لتدفئة الأيدي في الشتاء ، يستخدمها الجنود لتسخين طعامهم والتفاعل الذي يتم فيه هو تفاعل طارد للحرارة



- **الكمامة الباردة** : (تميو نترات الأمونيوم)





- ١- حرارة الاحتراق ΔH_{comb} : المحتوى الحراري الناتج عن حرق 1 mol من المادة احتراقاً كاملاً .
- ٢- حرارة التفاعل القياسي ΔH° : تغيرات المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة والناتجة عند ظروف قياسية
- ٣- حرارة التبخر المولارية ΔH_{vap} : الحرارة اللازمة لتبخير 1 mol من السائل
- ٤- حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus} : الحرارة اللازمة لانصهار 1 mol من المادة الصلبة

المعادلات الحرارية لتغيرات الحالة الفيزيائية

التبخير والانصهار عمليتان ماصتان للحرارة لذا المحتوى الحراري موجب يقابلها عمليتي التكثف والتجمد الطاردتين للحرارة ، المحتوى الحراري سالب

$$\Delta H_{\text{التبخير}} = -\Delta H_{\text{التكثف}}$$

$$\Delta H_{\text{الانصهار}} = -\Delta H_{\text{التجمد}}$$

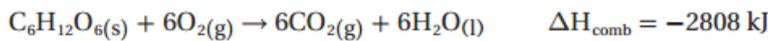
$\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$	$\Delta H_{\text{vap}} = 40.7 \text{ KJ}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	$\Delta H_{\text{cond}} = -40.7 \text{ KJ}$
$\text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	$\Delta H_{\text{fus}} = 6.01 \text{ KJ}$	$\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(s)}$	$\Delta H_{\text{solid}} = -6.01 \text{ KJ}$

ΔH_{reax} : $\Delta H_{\text{التفاعل}}$

H_{product} : $H_{\text{الناتج}}$

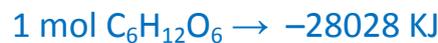
H_{reactant} : $H_{\text{المتفاعلات}}$

الحرارة المنطلقة من تفاعل يستعمل المسعر في قياس الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؛ إذ يتم التفاعل في حجم ثابت بجوي أكسجيناً مضغوطاً ضغطاً عالياً. ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 54.0 g جلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ بحسب المعادلة الآتية:



الكتلة المولية : $(12 \times 6) + 12 + (16 \times 6) = 180 \text{ g/mol}$

$$\frac{54}{180} = 0.3 \text{ mol} \quad \text{عدد المولات}$$



$$0.3 \rightarrow ??$$

C = 12

H = 1

O = 16

N = 14

$$\Delta H = \frac{-2808 \times 0.3}{1} = -842.4 \text{ KJ}$$

حرارة التبخر والانصهار القياسية			الجدول 2-4
$\Delta H^{\circ}_{\text{fus}}$ kJ/mol	$\Delta H^{\circ}_{\text{vap}}$ kJ/mol	الصيغة الكيميائية	المادة
6.01	40.7	H ₂ O	الماء
4.94	38.6	C ₂ H ₅ OH	الإيثانول
3.22	35.2	CH ₃ OH	الميثانول
11.7	23.4	CH ₃ COOH	حمض الإيثانويك (الخل)
5.66	23.3	NH ₃	الأمونيا

23. احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره. استعن بالجدول 2-4.

■ الكتلة المولية 32 = 12 + 3 + 16 + 1 CH₃OH:

$$\Delta H^{\circ}_{\text{fus}} = 3.22 \text{ KJ}$$

$$n = \frac{25.7}{32} = 0.8 \text{ mol} \quad \text{عدد المولات}$$

$$1 \text{ mol CH}_3\text{OH} \rightarrow 3.22 \text{ KJ}$$

$$0.8 \rightarrow ??$$

$$\Delta H_{\text{fus}} = 0.8 \times 3.22 = 2.5 \text{ KJ}$$

24. ما كمية الحرارة المنطلقة عن تكثف 275g من غاز الأمونيا إلى سائل عند درجة غليانه؟ استعن بالجدول 2-4 لتحديد

ΔH_{cond} .

$$\Delta H^{\circ}_{\text{cond}} = -23.3 \text{ KJ} \quad \text{التكثف عكس التبخر}$$

$$\frac{275}{(14+3)} = 16.17 \text{ mol} \quad \text{عدد المولات:}$$

$$\Delta H_{\text{cond}} = 16.17 \times (-23.3) = -377 \text{ KJ}$$

25. تحفيز. ما كتلة الميثان CH₄ التي يجب احتراقها لإطلاق 12880 kJ من الحرارة؟ استعن بالجدول 2-3.

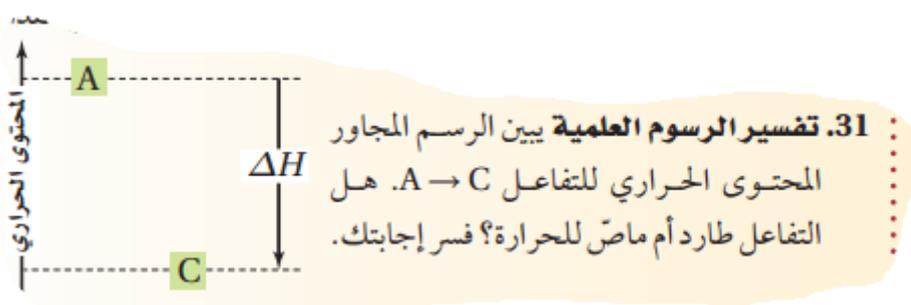
الكتلة المولية = 16 g/mol = 12+4 (يعني المول الواحد يحوي 16 جم)

$$16 \text{ g CH}_4 \rightarrow -891 \text{ KJ}$$

$$?? \rightarrow 12880 \text{ KJ}$$

$$\frac{16 \times 12880}{-891} = -231.3 \text{ g}$$

حرارة الاحتراق القياسية		الجدول 2-3
$\Delta H^{\circ}_{\text{comb}}$ kJ/mol	الصيغة الكيميائية	المادة
-5644	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{s})$	السكروز (سكر المائدة)
-5471	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	الأوكتان (أحد مكونات البنزين)
-2808	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفواكه)
-2219	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	البروبان (وقود غازي)
-891	$\text{CH}_4(\text{g})$	الميثان (وقود غازي)



$$H_A > H_C$$

المحتوى الحراري للمتفاعل A أكبر من محتوى الناتج C يعني أن التفاعل طارد للحرارة



الشكل 2-17

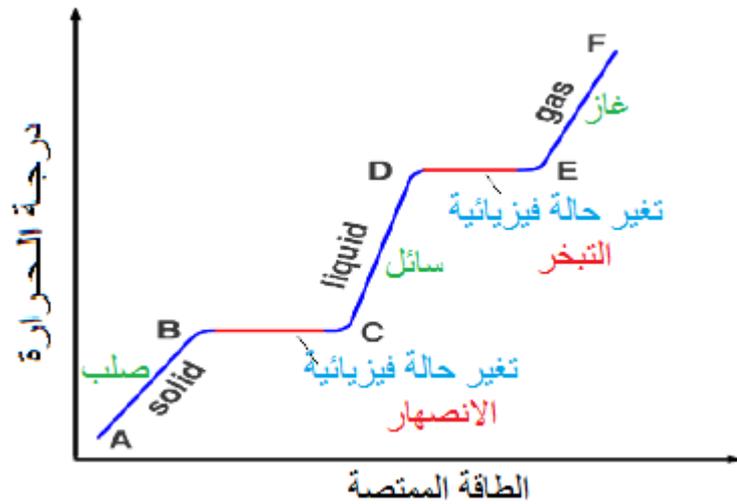
60. هل التفاعل المبين في الشكل 2-17 ماص أم طارد للحرارة؟ كيف عرفت ذلك؟

المحتوى الحراري للمتفاعلات أقل من المحتوى الحراري للنواتج ، ماص للحرارة

62. متى تكون كمية الحرارة (q) الناتجة أو الممتصة في تفاعل كيميائي مساوية للتغير في المحتوى الحراري ΔH ؟

إذا تم التفاعل عند ضغط ثابت فإن $q = \Delta H$

أثناء التغير الفيزيائي تبقى درجة حرارة النظام ثابتة مهما كان مقدار الطاقة الممتصة أو المستهلكة



- A-B درجة الحرارة ترتفع والنظام يمتص طاقة لكن الحالة ثابتة (صلب)
- B-C درجة الحرارة ثابتة والنظام يمتص طاقة والحالة تتغير (انصهار)
- C-D درجة الحرارة ترتفع والنظام يمتص طاقة لكن الحالة ثابتة (سائل)
- D-E درجة الحرارة ثابتة والنظام يمتص طاقة والحالة تتغير (تبخير)
- E-F درجة الحرارة ترتفع والنظام يمتص طاقة لكن الحالة ثابتة (غاز)

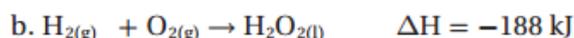
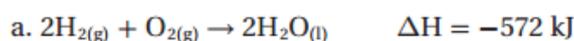
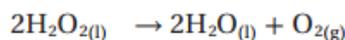
8. أي العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

- a. ترتفع درجة حرارة النظام.
- b. يمتص النظام الطاقة.
- c. يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.
- d. يدخل السائل في طور الغاز.

قانون هس

- حرارة التفاعل (التغير في المحتوى الحراري "الإنثالبي") تتوقف على طبيعة المواد المتفاعلة والنتيجة وليس على مسار التفاعل (دالة حالة)

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



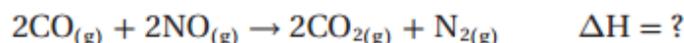
نطابق المعادلتين a, b بالمعادلة الأساسية من ناحية عدد المولات وموقع المواد (متفاعلة أو ناتجة)

المعادلة a : 2 مول ماء في النواتج مطابق للماء في المعادلة الأصلية لذا يترك a كما هو

المعادلة b في النواتج H_2O_2 وعدد مولات 1 لكن في المعادلة الأصلية في المتفاعلات 2 مول ، لذا نقلب المعادلة b ونعكس إشارة الإنثالبي ونضرب في 2 لنساوي عدد المولات



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

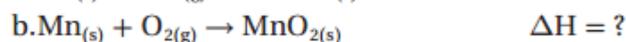
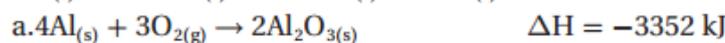


○ المعادلة a يوجد CO بـ 2 مول وفي المتفاعلات ، و CO_2 بـ 2 مول وفي النواتج ، ، مطابق للمعادلة الأصلية

○ المعادلة b يوجد $1 \text{ mol } N_2$ و $2 \text{ mol } NO$ ، مطابق للمعادلة الأصلية في عدد المولات واختلفت في المواقع لذا نقلب المعادلة b وستقلب معها إشارة الإنثالبي



33. تحفيز إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي -1789 kJ ، فاستعمل ذلك مع المعادلة a لإيجاد ΔH للتفاعل b.



$$\Delta H_b = \Delta H_{\text{المعادلة الأصلية}} - \Delta H_a$$

$$-1789 - (-3352) = 1563 \text{ KJ}$$

نطبق المعادلة الأصلية بـ **b**

Mn , MnO_2 موجودان في المعادلة الاصلية **3** مولات وبمواقع مختلفة عن التي في **b** يعني نقسم المحتوى الحراري على **3** ونغير الإشارة

$$\Delta H_b = \frac{-1563}{3} = -521 \text{ KJ}$$

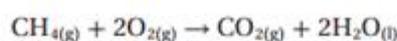
حرارة التكوين القياسية ΔH_f°

التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكوين 1 mol من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية

حرارة التفاعل القياسية = مجموع حرارة التكوين القياسية للنواتج - مجموع حرارة التكوين القياسية للمتفاعلات

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H^\circ_{f, \text{النواتج}} - \sum \Delta H^\circ_{f, \text{المتفاعلات}}$$

إيجاد تغير المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ لتفاعل احتراق الميثان.



تحليل المسألة

لديك معادلة والمطلوب أن تحسب التغير في المحتوى الحراري. يمكن استعمال العلاقة الرياضية:

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H^\circ_{f, \text{products}} - \sum \Delta H^\circ_{f, \text{reactants}}$$

ملاحظة

كل مادة يجب أن مهمة :
تضرب عدد مولاته في
محتواه الحراري

المطلوب

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = ? \text{ kJ}$$

المعطيات

$$\Delta H^\circ_f(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_f(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_f(\text{O}_2) = 0.0 \text{ kJ}$$

$$\sum \Delta H^\circ_{f, \text{النواتج}} = 2\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} + \Delta H_{\text{CO}_2}$$

$$2(-286) + (-394) = -966 \text{ KJ}$$

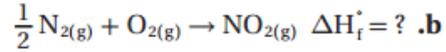
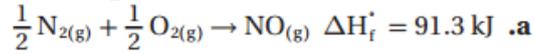
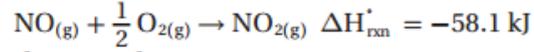
$$\sum \Delta H^\circ_{f, \text{المتفاعلات}} = \Delta H_{\text{CH}_4} = -75 \text{ KJ}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = -966 - (-75) = -891 \text{ KJ}$$

المحتوى الحراري القياسي للعناصر الغازية = صفر

$$\Delta H_{O_2} = 0 \quad , \quad \Delta H_{H_2} = 0 \quad , \quad \Delta H_{X_2} = 0 \quad , \quad \Delta H_{N_2} = 0$$

37. تحفيز بدمج معادلتين حرارة التكوين a و b تحصل على معادلة تفاعل أكسيد النيتروجين مع الأكسجين، الذي ينتج عنه ثاني أكسيد النيتروجين. ما قيمة ΔH_f° للتفاعل b؟



$$\Delta H_b^\circ = \Delta H_{\text{المعادلة الأصلية}}^\circ - \Delta H_a^\circ$$

$$\Delta H_b^\circ = -58.1 - 91.3 = 33.2 \text{ KJ}$$

74. التدفئة باستعمال الفحم ما كمية الحرارة التي تنطلق عند

احتراق 5.0 Kg من الفحم إذا كانت نسبة كتلة الكربون

فيه 96.2% والمواد الأخرى التي يحتويها الفحم لا

تتفاعل؟

. ($\Delta H_{\text{comb}} = -394 \text{ kJ/mol}$ للكربون يساوي)

كتلة الكربون :

$$\frac{5 \times 96.2}{100} = 4.81 \text{ gC}$$

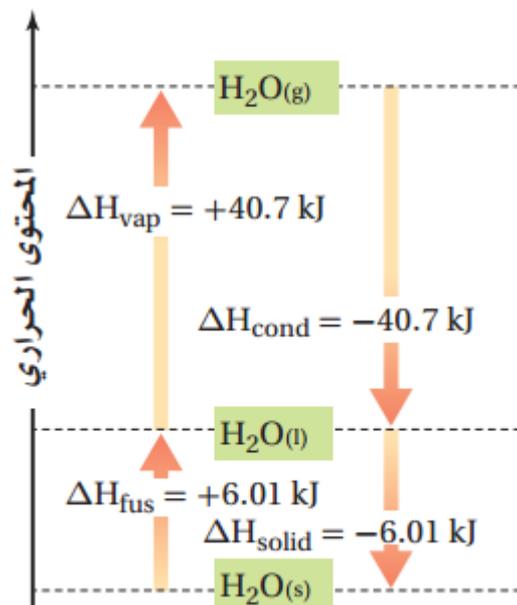
عدد المولات :

$$n_C = \frac{4.81}{12} = 0.4 \text{ mol}$$

كمية الحرارة اللازمة

$$0.4 \times (-394) = -157.6 \text{ KJ}$$

72. استعن بالمعلومات الواردة في الشكل 18-2 لحساب كمية الحرارة اللازمة لتبخّر 4.33 mol من الماء عند درجة حرارة 100°C.



حرارة التبخر المولارية (للمول الواحد) = 40.7 kJ

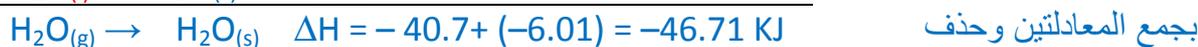
كمية الحرارة اللازمة لتبخّر 4.33 مول :

$$40.7 \times 4.33 = 176.231 \text{ KJ}$$

باستخدام البيانات السابق، احسب التغير في المحتوى الحراري للتغير التالي



في المخطط لا يوجد تسامي للماء ولا ترسيب لذا نستخدم الخطوات التكثف ثم التجمد



المشترك وهو $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

75. ما كمية الحرارة المنطلقة من تكثف 1255 g بخار ماء إلى ماء سائل عند درجة حرارة 100°C؟

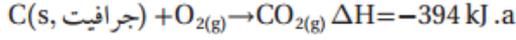
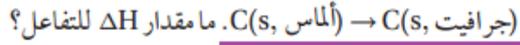
$$\frac{1255}{(2+16)} = 69.7 \text{ mol} \quad \text{عدد المولات}$$

من حرارة التكثف المولارية من الرسم $\Delta H^{\circ}_{\text{cond}} = -40.7 \text{ KJ}$ (حرارة تكثف المول الواحد)

$$69.7 \times (-40.7) = -2836.8 \text{ KJ}$$

Kinetic & Thermodynamic chemistry

80. استعمل قانون هس والمعادلتين الكيميائيتين الحراريتين الآتيتين لإيجاد المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل



نعكس المعادلة a ليصبح الجرافيت في النواتج ، سيصبح الانثالي $\Delta H = +394$ ونترك b كما هو

$$\Delta H_{\text{التفاعل الأصلي}} = \Delta H_a + \Delta H_b$$

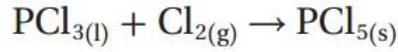
$$\Delta H_{\text{التفاعل الأصلي}} = 394 - 396 = -2$$

84. طَبِّقْ بعد ثالث كلوريد الفوسفور مادة أولية في تحضير

مركبات الفوسفور العضوية. بين كيف يمكن استعمال

المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b لتحديد التغير

في المحتوى الحراري للتفاعل:



نقلب المعادلة a ونقسمها على 4 لتصبح PCl_3 مول واحد وفي النواتج

$$\Delta H_a = \frac{+1280}{4} = 320 \text{ KJ} \quad \text{بالتالي الانثالي تعكس إشارتها ونقسمها على 4}$$

$$\Delta H_b = \frac{-1774}{4} = -443.5 \text{ KJ} \quad \text{المعادلة b نقسمها على 4 ليصبح PCl_5 مول واحد}$$

$$\Delta H_{\text{التفاعل الأصلي}} = \Delta H_a + \Delta H_b$$

$$\Delta H_{\text{التفاعل الأصلي}} = 320 - 443.5 = -123.5 \text{ KJ}$$

2. إذا سُخِّت رقائقة ألومنيوم كتلتها 3.00 g في فرن،

فارتفعت درجة حرارتها من 20.0°C إلى 662.0°C ،

وامتصت 1728 J من الحرارة، فما الحرارة النوعية

للألومنيوم؟

$$0.131 \text{ J/g} \cdot ^\circ \text{C} \quad \text{.a}$$

$$0.870 \text{ J/g} \cdot ^\circ \text{C} \quad \text{.b}$$

$$0.897 \text{ J/g} \cdot ^\circ \text{C} \quad \text{.c}$$

$$2.61 \text{ J/g} \cdot ^\circ \text{C} \quad \text{.d}$$

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

$$\frac{1728}{3(662-20)} = 0.89$$

1. الحرارة النوعية للإيثانول $2.44 \text{ J/g} \cdot ^\circ \text{C}$. ما الطاقة

(KJ) اللازمة لتسخين 50 g من الإيثانول من درجة

حرارة 20.0°C إلى 68.0°C ؟

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{.a} \quad 10.7 \text{ KJ}$$

$$q = 50 \times 2.44(68-20) \quad \text{.b} \quad 8.30 \text{ KJ}$$

$$= 5856 \text{ J} \quad \text{.c} \quad 2.44 \text{ KJ}$$

$$5856 \times 10^{-3} = 5.856 \text{ KJ} \quad \text{.d} \quad 5.86 \text{ KJ}$$

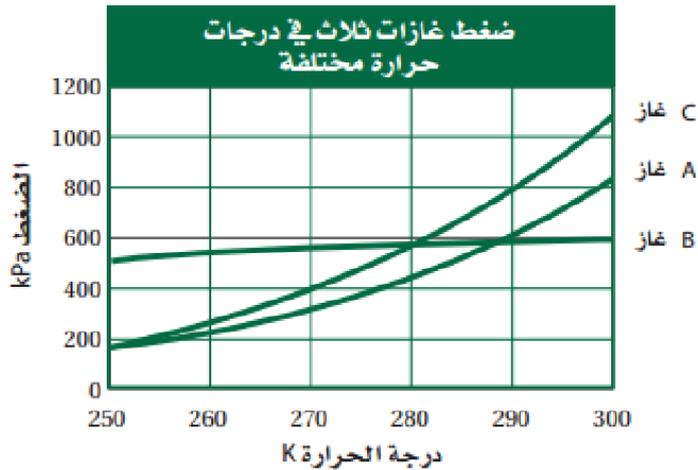
3. يسمى التغيير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكون مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية:

- a. حرارة الاحتراق
- b. حرارة التبخر المولارية
- c. حرارة الانصهار المولارية
- d. حرارة التكوين القياسية

4. تكون إشارة قيمة حرارة التفاعل الماص للحرارة:

- a. موجبة أو سالبة
- b. تعتمد على طاقة الروابط في المواد المتفاعلة
- c. موجبة دائماً
- d. سالبة دائماً

استعمل الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال التالي.



6. ما الضغط المتوقع للغاز B عند 310 K؟

- a. 500 kPa
- b. 600 kPa
- c. 700 kPa
- d. 900 kPa

المنحنى يرتفع ببطء شديد لذا لن يرتفع بين 300K , 310K

7. وضعت كمية من الماء درجة حرارته 25.60°C في

مسعر، ثم سخنت قطعة من الحديد كتلتها 50.0 حتى أصبحت درجة حرارتها 115.0°C ، ووضعت في الماء الموجود بالمسعر، وبعد التبادل الحراري بين الماء وقطعة الحديد أصبحت درجة الحرارة النهائية لمحتويات المسعر 29.30°C ، وكانت كمية الحرارة التي امتصها الماء 1940 J. ما كتلة الماء؟

- a. 50.0 g
- b. 125 g
- c. 3589609 g
- d. 143.56 g

معطيات الماء : $C = 4.184$, $\Delta T = 29.3 - 25.6 = 3.7^{\circ}\text{C}$, $m = ?$

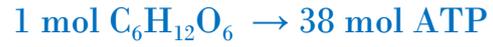
$$q = 1940 ,$$

$$m_{H_2O} = \frac{q}{c \cdot \Delta T} = \frac{1940}{4.184 \times 3.7} = 125$$

3. ينتج التنفس الخلوي 38 mol تقريبًا من ATP مقابل كل مول يستهلك من الجلوكوز:
 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$ إذا كان كل 1 mol من ATP ينتج 30.5 kJ من الطاقة
 فما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من قطعة حلوى تحتوي على 130.0 g من الجلوكوز؟
- a. 27.4 kJ
 b. 836 kJ
 c. 1159 kJ
 d. 3970 kJ

الكتلة المولية للجلوكوز = 180

عدد مولات الجلوكوز = $\frac{130}{180} = 0.72$ مول



0.72 → ??

$$0.72 \times 38 = 27ATP$$

$$27.36 \times 30.5 = 823.5$$

أقرب إجابة b

5. ادرس العبارات التالية :

العبارة الأولى : تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.

العبارة الثانية: حرارة التبخر المولية هي كمية الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة.

العبارة الثالثة: الحرارة التي يفقدها أو يكتسبها النظام خلال تفاعل أو عملية تتم عند ضغط ثابت تسمى التغير في المحتوى الحراري ΔH .

أي العبارات أعلاه صحيحة:

a. الأولى والثانية

b. الأولى والثالثة

c. الثانية والثالثة

d. الأولى والثانية والثالثة

وفقاً للقانون الأول للديناميكا الحرارية

- ١- انتروبي (عشوائية) المادة البلورية النقية عند الصفر المطلق يساوي صفر
- ٢- كل العمليات التلقائية مصحوبة بارتفاع في الاضطراب
- ٣- الطاقة تحفظ أثناء أي عملية ✓
- ٤- كمية الشغل المنجز أثناء التغير لا يعتمد على مسار التغير

احسب التغير في الطاقة الداخلية للنظام وعين ما إذا كانت العملية طاردة أو ماصة للحرارة لتفاعل كيميائي يمتص 10.0 KJ من الحرارة عندما لا ينجز النظام أي شغل .

- a. 10.0 KJ ، طارد للحرارة
- b. 10.0 KJ ، ماص للحرارة ✓
- c. 10.0 KJ ، طارد للحرارة
- d. -10.0 KJ ، ماص للحرارة

احسب الطاقة الداخلية لنظام العملية التالية "يسخن البالون بإضافة 320 J من الحرارة . ويتمدد ليبدل شغلا مقداره 180 J على الغلاف الجوي .

- a. 140 J ✓
- b. 500 J
- c. - 500 J
- d. - 140 J

التغير في الطاقة الداخلية = الشغل - كمية الحرارة

$$\Delta E = w - q$$

$$320-180 = 140 \text{ J}$$

للتفاعل التالي $2\text{Na}_2\text{O}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 4\text{NaOH}_{(s)} + \text{O}_{2(g)}$ قيمة ΔH° هو -126 KJ . عين كمية الحرارة بـ (KJ) التي تنطلق من تفاعل 25.0 g من Na_2O_2 مع الماء

- a. 40.4 KJ
- b. 197 KJ
- c. 80.8 KJ
- d. 20.2 KJ ✓

$$\text{Na} = 23 , \text{O} = 16 , \text{Na}_2\text{O}_2 = (23 \times 2) + (2 \times 16) = 78 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{25}{78} = 0.32 \text{ mol}$$

$$2 \text{ mol Na}_2\text{O}_2 \rightarrow -126 \text{ kJ}$$

$$0.23 \rightarrow ??$$

$$\frac{0.23 \times 126}{2} = 20.2 \text{ KJ}$$

أحسب الطاقة الحركية لـ 7.3 kg من كرة فولاذية تتحرك بسرعة 18.00 m/s .

- a. 66 J
- b. 2.4×10^3 J
- c. 4.8×10^3 J
- d. 1.2×10^3 J ✓

أي العمليات التالية لا تتغير فيها الطاقة الداخلية (متعدد الاجابة)

- a. كمية الحرارة موجبة والشغل سالب ✓
- b. كلاً من كمية الحرارة والشغل موجبين
- c. كلاً من كمية الحرارة والشغل سالبين
- d. كمية الحرارة سالبة والشغل موجب ✓

للتفاعل الكيميائي الحراري التالي $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \Delta H = -114.0 \text{ kJ}$ ،
أحسب ΔH° للتفاعل التالي : $NO_{2(g)} \rightarrow NO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$

- a. - 114.0 kJ
- b. -57.00 KJ
- c. ✓ +57.00 kJ
- d. + 114.0 kJ

عندما يتكون 0.215 mol NH₃ من غازي النيتروجين والهيدروجين ، تنطلق طاقة قدرها 9.91 kJ كحرارة . افترض أن الضغط ثابت ، ما التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل لكل مول NH₃ يتكون ؟

$$0.215 \text{ mol} \rightarrow -9.91 \text{ KJ}$$

$$1 \text{ mol} \rightarrow ??$$

$$\frac{1 \times 9.91}{0.215} = -46.1 \text{ kJ} \text{ (الإشارة السالبة لأن الحرارة ناتجة (طارد)}$$

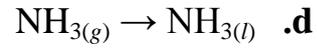
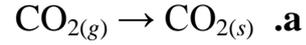
- ✓ a. - 46.1 KJ
- b. - 9.91 KJ
- c. - 2.31 KJ
- d. 9.91 KJ
- e. 46.1 KJ

ما الكميات التالية التي تعتمد فقط على نقطة النهاية وليس على مسار التفاعل ؟

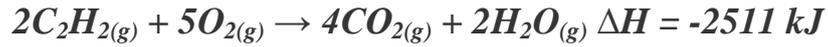
- a. الإنتالبي
- b. الطاقة الداخلية
- c. الحرارة
- d. الشغل
- e. ✓ الإنتالبي والطاقة الداخلية ✓

تفكك الروابط تستهلك طاقة وتكوين الروابط تطلق طاقة،

أي التفاعلات التالية له قيمة موجبة لـ ΔH° ؟



بناءً على حدوث التفاعل التالي ، أحسب كمية الحرارة المنتقلة عندما تُستهلك 2.60 g C_2H_2 في هذا التفاعل عند ضغط ثابت



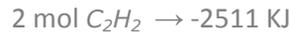
$6.53 \times 10^3 \text{ kJ}$.a

251 kJ .b

$3.26 \times 10^3 \text{ kJ}$.c

✓ 126 kJ .d

$$n = \frac{2.6}{(12 \times 2) + 2} = 0.1 \text{ mol}$$



0.1 mol $\rightarrow ??$

$$\frac{0.1 \times (-2511)}{2} = 125.5 \text{ kJ}$$

افتراض التفاعل التالي $2\text{Na}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NaCl}_{(s)} \quad \Delta H = -821.8 \text{ kJ}$ ، ما كمية الحرارة المنتقلة عندما يتفاعل 5.6 mol $\text{Na}_{(s)}$ عند ضغط ثابت

$2.0 \times 10^2 \text{ kJ}$.a

✓ $1.0 \times 10^2 \text{ kJ}$.b

4600 kJ .c

$4.0 \times 10^2 \text{ kJ}$.d

للتفاعل التالي ، $3\text{C}_2\text{H}_2(g) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6(l) \quad \Delta H = -630 \text{ kJ}$ ، ما التغير في طاقة التكوين القياسي لتحويل 1 mol C_2H_2 إلى بنزين

-630 kJ/mol C_2H_2 .a

-1890 kJ/mol C_2H_2 .b

0 kJ/mol C_2H_2 .c

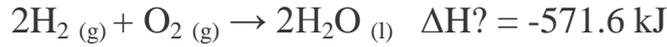
✓ -210 kJ/mol C_2H_2 .d

أي العبارات التالية غير صحيحة فيما يتعلق بالمعادلة التالية



- a. معادلة تكون بخار الماء سيكون له قيمة ΔH مختلفة
 b. ΔH° لتكوين 1 mol من الماء السائل = -285.8 KJ/mol
 c. ΔH للتفاعل العكسي هي +571.6 KJ/mol
 d. ΔH° لتكوين 1 mol من الماء السائل = -571.6 KJ/mol ✓

للتفاعل الكيميائي الحراري التالي ، أحسب حرارة تفكك 12.5 g من الماء إلى عناصره .



- a. +396 kJ
 b. ✓ +198 kJ
 c. -411 kJ
 d. +571.6 kJ

عندما تمتص حرارة بواسطة نظام من المحيط ، يقال أن العملية للحرارة ، وإشارة q هي

- a. ✓ ماص ، موجب
 b. ماص ، سالب
 c. طارد ، موجب
 d. طارد ، سالب

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بالمحتوى الحراري ؟

- a. أنه مختلف كثيرا في المقدار عن التغير في الطاقة الداخلية
 b. ✓ أنه دالة حالة
 c. التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما هو معكوس التغير في المحتوى الحراري للتفاعل العكسي¹
 d. دائما وحدته (وحدة طاقة \ مول)

أي العبارات التالية غير صحيحة ؟

- a. التغير في المحتوى الحراري هو حرارة التفاعل عند ضغط ثابت
 b. المحتوى الحراري الذي يعطى للمحيط يتم في تفاعل طارد للحرارة
 c. المحتوى الحراري هو دالة حالة
 d. الطاقة الداخلية E هو دالة حالة
 e. ✓ الحرارة والشغل دالتي حالة²

¹ مختلف في الإشارة وليس معكوس ($\frac{1}{x}$)
² الشغل ليس دالة حالة لأنه يعتمد على المسار

أحترق 1.55 g من عينة بروبان في مسعر القنبلة ذو سعة حرارية تبلغ 12.3 KJ/°C ، ارتفعت درجة حرارة مكونات المسعر من 21.36°C إلى 27.69°C . ما حرارة احتراق جرام واحد من البروبان

$$q = c. \Delta T = 12.3 \times (27.69 - 21.36) = 78 \text{ KJ}$$

احتراق 1.55 g من البروبان أطلق كمية حرارة قدرها 78 KJ

$$\frac{78}{1.55} = 50.32 \text{ KJ} \quad 1 \text{ g احتراق عن الناتجة}$$

√ 50.2 kJ/g .a

77.9 kJ/g .b

1.26 kJ/g .c

7.95 kJ/g .d

121 kJ/g .e

أحترقت 2.839 g من عينة C_2H_4O في مسعر القنبلة له سعة حرارية قدرها 16.77 kJ/°C ، فارتفعت درجة حرارة المسعر من 22.62°C إلى 26.87°C . ما حرارة احتراق واحد مول من العينة ؟

-3.93 kJ/mol .a

-8.90 x 10³ kJ/mol .b

-61.2 kJ/mol .c

-260 kJ/mol .d

√ -1.10 x 10³ kJ/mol .e

-3.14 x 10³ kJ/mol .f

$$C_2H_4O : 12 \times 2 + 4 + 16 = 44 \text{ g/mol}$$

$$q = c. \Delta T = 16.77 \times (26.87 - 22.62) = 71.27 \text{ KJ}$$

احتراق 2.839 g من البروبان أطلق كمية حرارة قدرها 71.27 KJ

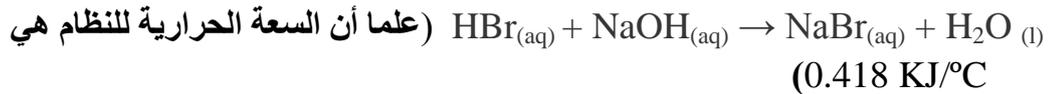
كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 44 g (مول واحد)

$$71.27 \text{ KJ} \rightarrow 2.839 \text{ g}$$

$$?? \rightarrow 44 \text{ g}$$

$$\frac{71.27 \times 44}{2.839} = 1.104 \text{ KJ} = 1.104 \times 10^3 \text{ KJ/mol}$$

0.400 M HBr حجمه 50.0 mL عند 24.35°C أضيف إلى 50.0 mL من 0.400 M NaOH أيضا عند 24.35°C ، درجة الحرارة النهائية هو 27.06°C . أحسب التغير في المحتوى الحراري ΔH بـ KJ للتفاعل التالي



56.7 .a

√ 113.4 .b

28.4 .c

324 .d

تفاعل ماص حدث في مسعر (كوب القهوة) ، ما العبارة غير الصحيحة في هذه العملية

- a. التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي كمية الحرارة التي أطلقها الماء $\sqrt{q_{H_2O}}$
- b. تم امتصاص الحرارة من الماء
- c. النواتج لها حرارة تكوين أعلى من المتفاعلات
- d. طاقة التكوين للتفاعل موجبة
- e. تتناقص درجة حرارة الماء

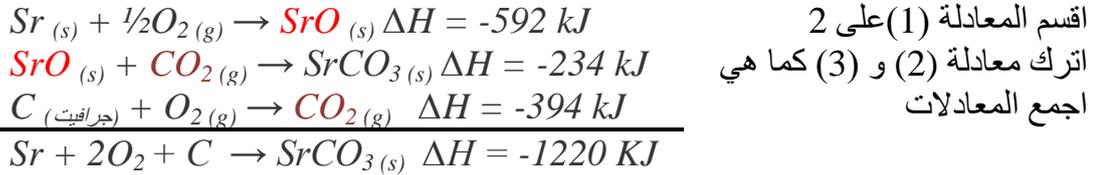
التغير في المحتوى الحراري للتفاعل لا يساوي كمية الحرارة التي أطلقها الماء
بل معكوس الإشارة

أحسب حرارة التكوين القياسية لـ $SrCO_3(s)$ ، مستخدماً المعلومات التالية

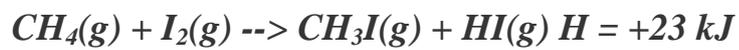
1. $2Sr_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SrO_{(s)} \Delta H = -1184 \text{ kJ}$
2. $SrO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow SrCO_{3(s)} \Delta H = -234 \text{ kJ}$
3. $C_{(جرافيت)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Delta H = -394 \text{ kJ}$

- a. -628 kJ/mol
- b. -826 kJ/mol
- c. -1812 kJ/mol
- d. -1220 kJ/mol $\sqrt{}$

الحل



ما التغير في الطاقة المصاحبة لتفاعل 1.6 mol CH_4



- a. 37 KJ والطاقة ممتصة $\sqrt{}$
- b. 37 KJ والطاقة منطلقة
- c. 23 KJ والطاقة ممتصة
- d. 23 KJ والطاقة منطلقة

$$1 \text{ mol} \rightarrow 23 \text{ KJ}$$

$$1.6 \rightarrow ?$$

$$\frac{1.6 \times 23}{1} = 36.8 \text{ KJ}$$

أي التفاعلات التالية لها حرارة التفاعل القياسية ΔH° لا تساوي حرارة التكوين القياسية
للناتج ΔH°_f

ΔH°_f للعناصر في حالتها القياسية = صفر

- a. $\text{Ca}_{(s)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)}$
 b. $\checkmark 3\text{Mg}_{(s)} + \text{N}_{3(g)} \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_{2(s)}$
 c. $2\text{C}_{(s)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{4(g)}$
 d. $\text{C}_{(s)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{(g)}$

من المحتوى الحراري للتفاعلات التالية، أحسب ΔH لتفاعل الإيثيلين مع غاز الفلور

1. $\text{H}_{2(g)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HF}_{(g)} \quad \Delta H = -537 \text{ kJ}$
 2. $\text{C}_{(s)} + 2\text{F}_{2(g)} \rightarrow \text{CF}_{4(g)} \quad \Delta H = -680 \text{ kJ}$
 3. $2\text{C}_{(s)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{4(g)} \quad \Delta H = +52.3 \text{ kJ}$

- $\text{C}_2\text{H}_{4(g)} + 6\text{F}_{2(g)} \rightarrow 2\text{CF}_{4(g)} + 4\text{HF}_{(g)} \quad \Delta H = ?? \text{ kJ}$

-1165 kJ .a

+234 kJ .b

\checkmark -2486 kJ .c

-1269 kJ .d

$2\text{H}_{2(g)} + 2\text{F}_{2(g)} \rightarrow 4\text{HF}_{(g)} \quad \Delta H = -1074 \text{ kJ}$	اضرب المعادلة 1 في 2
$2\text{C}_{(s)} + 4\text{F}_{2(g)} \rightarrow 2\text{CF}_{4(g)} \quad \Delta H = -1360 \text{ kJ}$	اضرب المعادلة 2 في 2
$\text{C}_2\text{H}_{4(g)} \rightarrow 2\text{C}_{(s)} + 2\text{H}_{2(g)} \quad \Delta H = -52.3 \text{ kJ}$	اعكس المعادلة 3
<hr/>	
$\text{C}_2\text{H}_{4(g)} + 6\text{F}_{2(g)} \rightarrow 4\text{HF}_{(g)} + 2\text{CF}_{4(g)} \quad \Delta H = -2486.3 \text{ KJ}$	اجمع المعادلات

في التفاعل التالي $2\text{SO}_{3(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \quad \Delta H = +198.2 \text{ kJ}$ ، حرارة التكوين
لغاز ثاني أكسيد الكبريت هي -296.8 KJ/mol ، ما حرارة التكوين لغاز ثالث أكسيد الكبريت
بوحدة (KJ/mol)

395.9 .a

791.8 .b

-791.8 .c

\checkmark -395.9 .d

$$\Delta H_{rxn} = [2\Delta H_{\text{SO}_2} + \Delta H_{\text{O}_2}] - 2\Delta H_{\text{SO}_3} \quad \Delta H_{\text{O}_2} = \text{صفر}$$

$$198.2 = [2 \times (-296.8)] - 2\Delta H_{\text{SO}_3}$$

$$2\Delta H_{\text{SO}_3} = -593.6 - 198.2 = -791.8$$

$$\Delta H_{\text{SO}_3} = \frac{-791.8}{2} = -395.9 \text{ KJ/mol}$$

السعة الحرارية للرصاص = $0.13 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$ ، كم جول من الحرارة يلزم لارتفاع درجة حرارة 15 g من الرصاص من 22°C إلى 37°C ؟

- .a 2.0
 .b $\sqrt{29}$
 .c -0.13
 .d 5.8×10^{-4}

$$q = c.m.\Delta T = 0.13 \times 15 \times (37 - 22) = 29.25 \text{ J}$$

كتلة ألومنيوم 15 g لها درجة حرارة ابتدائية 27.5°C امتصت حرارة قدرها 0.678 kJ . ما درجة الحرارة النهائية لكتلة الألومنيوم (الحرارة النوعية لـ $\text{Al} = 0.902 \text{ J g}^{-1} \cdot^\circ\text{C}^{-1}$)

- .a $\sqrt{77.6^\circ\text{C}}$
 .b 22.6°C
 .c 68.3°C
 .d 50.1°C

$$\Delta T = \frac{q}{mc} = \frac{0.678 \times 10^3}{15 \times 0.902} = 50$$

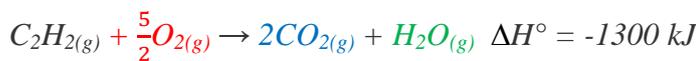
$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad , \quad T_2 = \Delta T + T_1 = 50 + 27.5 = 77.6^\circ\text{C}$$

استخدم المعادلات الحرارية التالية

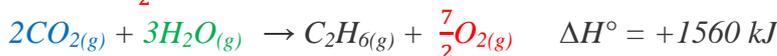
- $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = -1300 \text{ kJ}$
- $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \frac{7}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = -1560 \text{ kJ}$
- $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = -286 \text{ kJ}$

احسب ΔH° للتفاعل الآتي $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$

- a. -2860 kJ
 b. -312 kJ \checkmark
 c. $+1560 \text{ kJ}$
 d. -26 kJ
 e. -3146 kJ



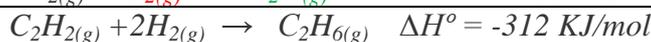
أترك المعادلة 1 كما هي



اعكس المعادلة 2



اضرب المعادلة 3 في 2



اجمع المعادلات

عينة كوينون $C_6H_4O_2$ كتلتها 2.20 g احترقت في مسعر تفجير ذو سعة حرارية 7.854 $\text{kJ}/^\circ\text{C}$ ، ارتفعت درجة حرارة المسعر من 23.44 إلى 30.57 درجة مئوية . ما حرارة احتراق 1 g من الكوينون ، وما حرارة احتراق 1 mol كوينون (الكتلة المولية للكوينون = 108 g/mol)

- a. -25.5 kJ/g, -235 kJ/mol
 b. -25.5 kJ/g, -2750 kJ/mol ✓
 c. -3.24 kJ/g, -350 kJ/mol
 d. -3.57 kJ/g, -385 kJ/mol

$q_{\text{مسر التفجير}} = c \cdot \Delta T = 7.854 \times (30.57 - 23.44) = 56 \text{ kJ}$	
2.2 g → 56 kJ 1 g → ?? $\frac{56}{2.2} = 25.45 \text{ kJ/g}$	2.2 g → 56 kJ 108 g → ?? $\frac{56 \times 108}{2.2} = 2749 \text{ kJ/mol}$

عينة ألومنيوم امتصت حرارة قدرها 9.86 J ، وارتفعت درجة حرارته من 23.2°C إلى 30.5°C . ما كتلة عينة الألومنيوم ($c = 0.90 \text{ J/g.K}$)

8.1 g _ 1.5 g ✓ _ 65 g _ 6.6 g _ 72 g

يتحلق الأسيتيلين إلى بنزين وفق المعادلة التالية $3C_2H_2(g) \rightarrow C_6H_6(l) \Delta H = -630 \text{ kJ}$ ، ما الانثالي لتفكك البنزين إلى الأسيتيلين (المعادلة العكسية)

-630 _ 210 kJ _ +210 kJ _ ✓ +630 kJ _ 0 KJ
 kJ

من التفاعلات الحرارية التالية



45.6 kJ _ -45.6 kJ _ -180.8 kJ _ 180.8 kJ ✓

مستخدماً المعادلة الحرارية $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \Delta H^\circ = -184.6 \text{ kJ}$ ، أحسب ΔH° للمعادلة التالية $HCl_{(g)} \rightarrow \frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Cl_{2(g)}$

+92.3 kJ ✓ _ -92.30 kJ _ -369.2 kJ _ +369.20 kJ

ما كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 75.2 mol من الماء من 12.5°C إلى 80.0°C ؟
(السعة الحرارية للماء 4.184 J/g.K)

21.2 kJ _ $\sqrt{382}$ kJ _ 5.66 kJ _ 0.282 kJ _ 5.08 kJ

الكتلة = عدد المولات \times الكتلة المولية = 18 \times 75.2 = 1353.6

$q = m c \Delta T = 1353.6 \times 4.184 \times (80 - 12.5) = 382284 \text{ J} \rightarrow 382.284 \text{ kJ}$

إذا كانت السعة الحرارية لقطعة سيراميك تساوي 0.820 J/°C ، ما مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارته من 25.0°C إلى 100.0°C (في مسعر تفجير)

75.0 J _ $\sqrt{61.5}$ J _ 91.5 J _ 20.5 J _ 82.0 J

$q = c \Delta T = 0.82 \times (100 - 25) = 61.5 \text{ J}$

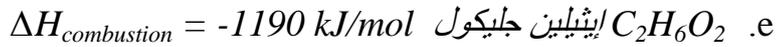
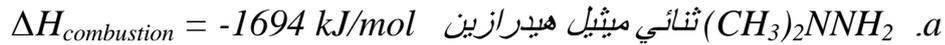
افترض أنك أعطيت المعادلات الافتراضية الآتية



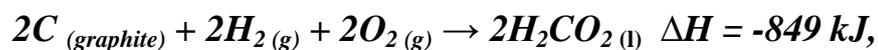
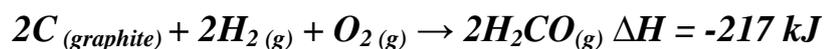
مستخدماً قانون هس ، أحسب التغير في الإنثالبي للتفاعل التالي $Y \rightarrow Z$

$\sqrt{-45}$ kJ _ -125 kJ _ -205 kJ _ +205 kJ _ +45 kJ

الوقود المستخدم في المركبات الفضائية يجب أن يحتوي طاقة كبيرة لكل غرام من المادة ما أمكن . اعتماداً على هذه المعلومة فقط ، أي أنواع الوقود التالية مناسبة أكثر لتكون وقوداً لمركبة فضائية



من المعادلات الحرارية التالية



$$-316 \text{ kJ} \quad _ \quad 632 \text{ kJ} \quad _ \quad 316 \text{ kJ} \quad _ \quad \sqrt{-632 \text{ kJ}}$$

المادة	ΔH_f° (kJ/mol)	باستخدام البيانات المجاورة . عيّن ΔH° بـ KJ للتفاعل التالي $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$			
SO _{2(g)}	-297				
SO _{3(g)}	-396	-99	_	99	$\sqrt{-198}$ _ 198
SO _{2Cl_{2(g)}}	-364				
H ₂ SO _{4(l)}	-814				
H ₂ O _(l)	-286				

أحسب ΔH° للتفاعل التالي $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ مستخدماً حرارة التكوين التالية

$$\Delta H_f NO_{(g)} = 90.25 \text{ kJ mol}^{-1} \quad , \quad \Delta H_f NO_{2(g)} = 33.18 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\sqrt{-114.5 \text{ kJ}} \quad _ \quad +114.5 \text{ kJ} \quad _ \quad -57.07 \text{ kJ} \quad _ \quad +57.07 \text{ kJ}$$