

2024-2023



كراسة الطالب لمنهج الكيمياء الثاني عشر- كامبردج- الوحدة السابعة



خ اسم الطالب :

خ الصف :

إشراف : أ. عثمان البلوشي

إعداد :- أ. سعود البلوشي □

مراجعة :- أ. مطر المقبالي

مدرسة مسعود بن رمضان (١٠-١٢)

نسخة تجريبية



أهداف التعلم

- ١-٧ يعرف مصطلح الإنتروبي S، بأنه عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات، وطاقتها في نظام معلوم.
- ٢-٧ يتنبأ بإشارة التغيرات في الإنتروبي ΔS ويشرحها أثناء:
- (أ) التغير في الحالة الفيزيائية.
- (ب) التغير في درجة الحرارة.
- (ج) التفاعل الذي يحدث فيه تغير في عدد الجزيئات الغازية.
- ٣-٧ يحسب التغير في الإنتروبي ΔS° لتفاعل ما، باستخدام قيم الإنتروبي القياسية S° المعطاة للمواد المتفاعلة والنتيجة باستخدام العلاقة الآتية:
- $$\Delta S^\circ_{\text{system}} = \sum n S^\circ (\text{مواد ناتجة}) - \sum n S^\circ (\text{مواد متفاعلة})$$
- ٤-٧ يكتب معادلة جيبس: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_{\text{system}}$ ويستخدمها.
- ٥-٧ يذكر قابلية حدوث تفاعل ما أو عملية ما من خلال إشارة قيمة ΔG .
- ٦-٧ يتنبأ بتأثير التغير في درجة الحرارة على إمكانية حدوث تفاعل ما في ضوء قيم التغيرات القياسية في المحتوى الحراري والإنتروبي.

تحتوي الكراسة على:

- ✓ ملخصات
- ✓ تمارين كتاب الطالب
- (مدرجة حسب الدروس)
- ✓ تمارين كتاب النشاط
- (مدرجة حسب الدروس)
- ✓ مسائل من المنهاج القطري
- ✓ مسائل اختبارات تجريبية من المنهاج القطري
- ✓ مسائل من مذكرة الأستاذ جمال محمد
- ✓ ملخصات من كتاب الكيمياء للصف السادس العلمي المنهج العراقي
- ✓ إجابات للأسئلة الإثرائية



الوحدة السابعة: الإنترنت

- ١-٧ الإنترنت [٣]
- ٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنترنت [٩]
- ٣-٧ حساب التغير في الإنترنت [٢١]
- ٤-٧ طاقة جيبس الحرة [٣٠]



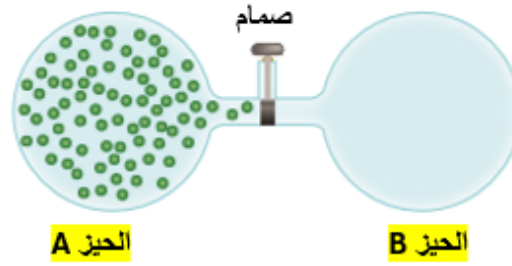
١-٧ الإنترنت

- يشرح المقصود بمصطلحات النظام والوسط المحيط والتغير التلقائي.
- يحسب عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات المشاركة في نظام نموذجي.
- يعرف الإنترنت S.

معايير النجاح

تمهيد

ادرس الشكل المقابل ثم أجب عما يلي :



- ما سيحدث عند فتح الصمام ؟
- أكمل : تتحرك الجزيئات الغازية من الحيز ... إلى الحيز بصورة (تلقائية - غير تلقائية) وبشكل (عشوائي - منظم)
- هل يمكن أن تعود الجزيئات إلى حالة النظام الأولى ؟
- ما لمقصود بكل من : التغيرات التلقائية - العشوائية

١-٧ الإنترنت

أمثلة أخرى للحركة العشوائية وللتغيرات التلقائية

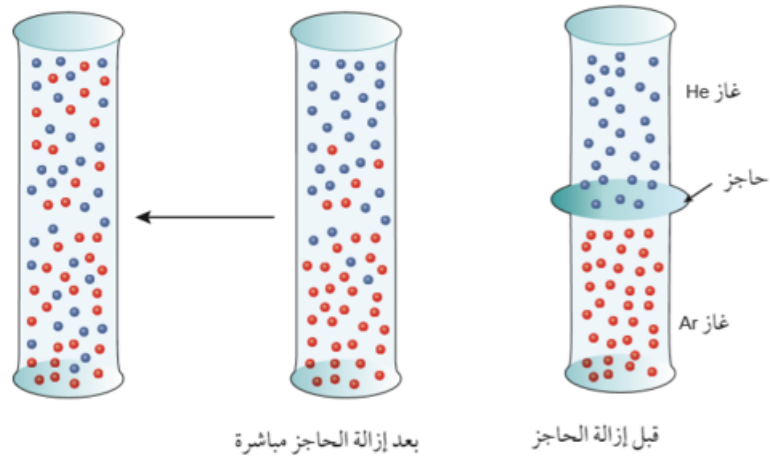


إذا تم رش كمية من العطر داخل غرفة مغلقة، فسوف تنتشر رائحة العطر عبر الغرفة تدريجياً وبشكل تلقائي، حيث تتحرك الجزيئات الموجودة في بخار العطر، بشكل عشوائي في خطوط مستقيمة حتى تصطدم بجزيئات الهواء أو بجزيئات العطر الأخرى أو بجدران الغرفة بحيث تغير اتجاه حركتها.

أمثلة أخرى للحركة العشوائية وللتغيرات التلقائية



تمرين: صف ماذا سيحدث عند إزالة الحاجز متضمنة إجابتك (التغير التلقائي - العشوائية)

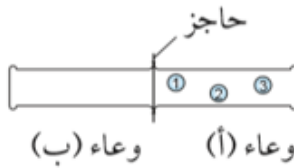


الجواب: عند إزالة الحاجز، تنتشر ذرات الغازين تلقائياً، فيختلط الغازان معاً الأمر الذي يؤدي إلى ازدياد العشوائية



١-٧ الإنتروبي

احتمالية ترتيب الجزيئات

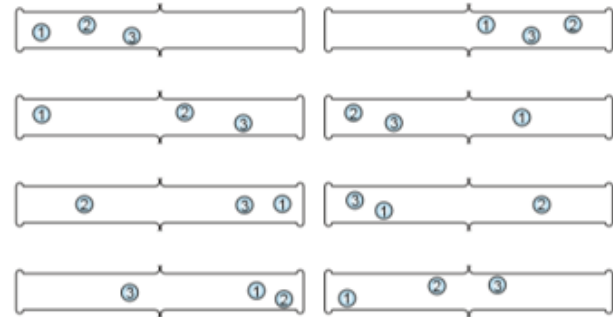


سؤال: من خلال الشكل المقابل ما احتمالية تموضع الجزيئات بعد إزالة الحاجز ؟

استنتج علاقة صحيحة تمثل هذه الاحتمالات ؟ علما أن الوعاء لا يحتوي إلا على ٣ جزيئات فقط

الجواب: الاحتمالات هي :

عدد الترتيبات المحتملة = (عدد الأوعية) عدد الجزيئات
 عدد الجزيئات
 \downarrow
 $8 = 2^3 = 2 \times 2 \times 2$ عدد الترتيبات المحتملة
 \uparrow
 عدد الأوعية



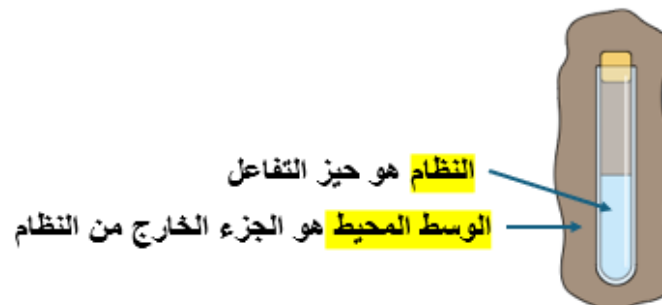
8 احتمالات / إذن فرصة حدوث إحداها يكون بنسبة $\frac{1}{8}$



ما علاقة عدد الجسيمات بعدد الاحتمالات
و الحركة العشوائية؟

من هنا نستنتج مفهوم **الإنتروبي** بأنه : عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات وطاقاتها في
نظام ما وتعد مقياسا لتشتت الطاقة عند درجة حرارة معينة وتقاس بوحدة J/K.mol

ما المقصود بالنظام ؟



النظام هو حيز التفاعل

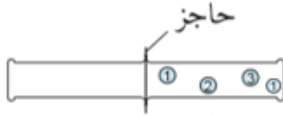
الوسط المحيط هو الجزء الخارج من النظام



١-٧ الإنتروبي

التاريخ:

اليوم:



وعاء (أ) وعاء (ب)

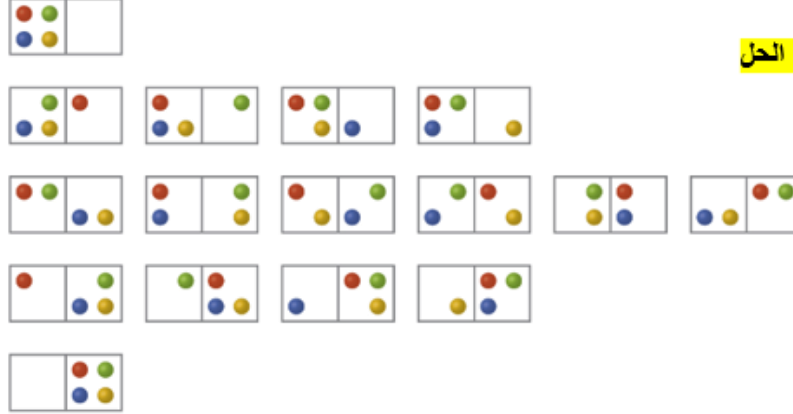
- ١ أ. ارجع إلى الشكل (٧-٣)؛ إذا كان لديك أربعة جزيئات غاز موجودة في الوعاء (ب)، فكم يكون عدد الطرائق المحتملة لترتيب الجزيئات الموجودة عند إزالة الحاجز؟
ب. ما احتمال إيجاد الجزيئات الأربعة جميعها في الوعاء (أ)؟

سؤال

الطالب

٧٨

توضيح الحل



أكمل الجمل الآتية باستخدام كلمات من القائمة أدناه.

النشاط

٦١

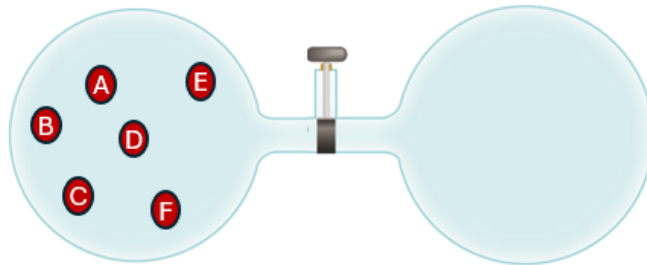
الفوضى طاقاتها ازدادت تزداد احتمالات الصوديوم
الإحصاءات التلقائي مستقر المحيط النظام طرق

التغير هو التغير الذي، بمجرد أن يبدأ، سوف يستمر حتى ينتهي. ومن الأمثلة على ذلك الانتشار، أو تفاعل مع الماء، وتحدث التفاعلات التلقائية لأن تخبرنا أن هنالك احتمالات أكبر لجسيمات تمتلك احتمالات أكثر لترتيب في تفاعل تلقائي ما، تزداد الإنتروبي. والإنتروبي هي مقياس العشوائية أو؛ فكلما العشوائية، ازدادت الإنتروبي.

الشكل المقابل يوضح عدد من الجزيئات الغازية الموجودة في حيز زجاجي معزول أحسب عدد الترتيبات المحتملة للجزيئات وذلك عند فتح الصمام ؟

مسألة

إشراعية ١



أ- ما احتمال تواجد ٣ جزيئات في كل صمام ؟

ب- ما اسم العملية التي حدثت ؟ صنف العملية إلى تلقائي - غير تلقائي



٧-١ الإنترنت

أي من الآتي هو المقياس المرتبط بكمية الإنترنت؟

a. الطاقة الحرارية

b. الطاقة الحركية

c. الطاقة الكامنة

d. العشوائية (عدم الانتظام)

مسألة

إثرائية ٢

١- عرف التغيرات التلقائية ؟

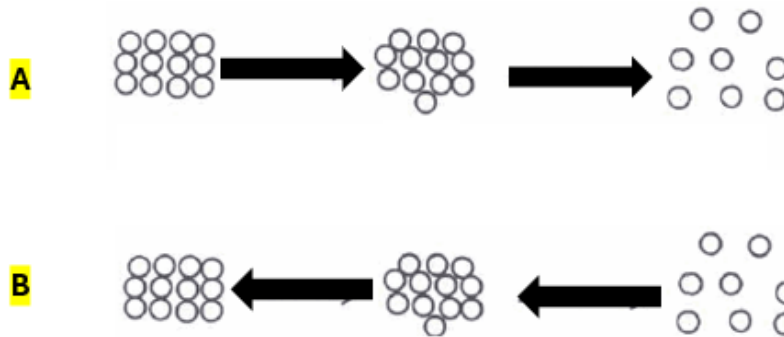
مسألة

إثرائية ٣

٢- صنف الحالات التالية إلى تغيرات تلقائية و غير تلقائية :

الحالة	تلقائي - غير تلقائي
ذوبان قطعة من السكر في القهوة	
احتراق غاز الطبخ	
انخفاض درجة حرارة الشاي	
تفكك كربونات النحاس بالحرارة	

يوضح المخططين التاليين مراحل انتشار وإعادة تموضع مادة ما :



مسألة

إثرائية ٤

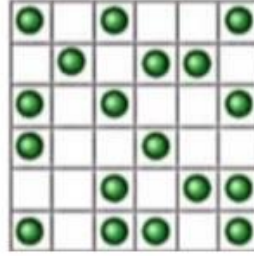
أي المخططين يتوافق مع زيادة الإنترنت . اشرح إجابتك

١-٧ الإنترنت

يوضح المخططين التاليين تموضع جزيئات مادة ما عند درجات حرارة مختلفة:



أ



ب

مسألة

إثرائية

١- أي المخططين يكون عند درجة حرارة الصفر . اشرح إجابتك

٢- أي المخططين له أكبر قيمة إنتروبي S

٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

- يصف ويشرح التغير في الإنتروبي أثناء:
 - التغير في الحالة الفيزيائية.
 - الذوبان وتخفيف التركيز والتبلور.
 - التغير في درجة الحرارة.
- يحدد نمط التغير في قيم الإنتروبي المولية القياسية للمواد المختلفة.
- يصف التغير في الإنتروبي أثناء التفاعل الذي يحدث فيه تغير في عدد الجزيئات الغازية ويشرحه.
- يذكر الظروف اللازمة لتحديد الإنتروبي المولية القياسية S^\ominus .
- يتنبأ بالتغير في الإنتروبي في نظام معين.

معايير النجاح

تمهيد

س/ عرف الإنتروبي ؟

س/ ما علاقة الإنتروبي مع كل من عدد الجسيمات ومع الحركة العشوائية ؟

س/ في الشكل المقابل الذي يوضح مراحل انتشار حبر في كمية من الماء . ارسم سهمًا يوضح اتجاه زيادة الإنتروبي



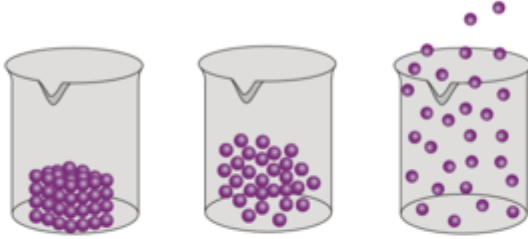
على ماذا تعتمد الإنتروبي ؟



٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنترنت

أ. التغير في الحالة الفيزيائية

الشكل المقابل يوضح تحول مادة من حالة لأخرى:



س١/ صنف الحالات التالية إلى صلب - سائل - غاز

س٢/ على الشكل السابق ارسم مخططا يوضح

- اتجاه زيادة الحركة العشوائية للجسيمات
- اتجاه زيادة حالة الفوضى (عدم وجود ترتيب منتظم للجسيمات)
- اتجاه زيادة احتمالات تموضع الجسيمات
- اتجاه زيادة الإنترنت

س٣/ مما سبق رتب الحالات الفيزيائية الثلاثة حسب الإنترنت ؟

فسر إجابتك

أي من العلاقات الآتية تعبر بشكل صحيح عن علاقة الإنترنت بحالات المادة؟

$$a. S_{\text{غاز}} > S_{\text{سائل}} > S_{\text{صلب}}$$

$$b. S_{\text{غاز}} < S_{\text{سائل}} < S_{\text{صلب}}$$

$$c. S_{\text{غاز}} > S_{\text{سائل}} < S_{\text{صلب}}$$

$$d. S_{\text{غاز}} < S_{\text{سائل}} > S_{\text{صلب}}$$

مسألة

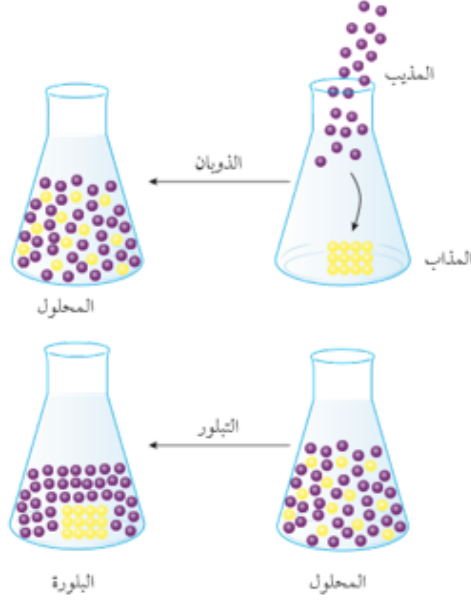
إثرائية ١



٧-٢ العوامل المؤثرة على الإنترنت

أ. التغير في الحالة الفيزيائية

الشكل المقابل يوضح عمليتي الذوبان والتبلور:



(أ)

س١/ قارن بين عملية الذوبان والتبلور

س٢/ على الشكل السابق ارسم مخططاً يوضح

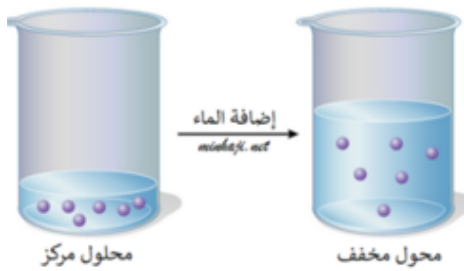
- اتجاه زيادة الحركة العشوائية للجسيمات
- اتجاه زيادة حالة الفوضى (عدم وجود ترتيب منظم للجسيمات)
- اتجاه زيادة احتمالات تموضع الجسيمات
- اتجاه زيادة الإنترنت

(ب)

س٣/ أي من العمليتين تؤدي إلى زيادة الإنترنت

(الذوبان - التبلور) فسر إجابتك في ضوء فهمك لما سبق

الشكل المقابل يوضح عملية تخفيف محلول:



س١/ عرف عملية التخفيف ؟

س٢/ على الشكل السابق ارسم مخططاً يوضح

- اتجاه زيادة الشحنات الأيونية
- اتجاه زيادة قوى التجاذب بين الشحنات المختلفة من الملح و الماء
- اتجاه زيادة الحركة العشوائية للجسيمات
- اتجاه زيادة حالة الفوضى (عدم وجود ترتيب منظم للجسيمات)
- اتجاه زيادة احتمالات تموضع الجسيمات
- اتجاه زيادة الإنترنت

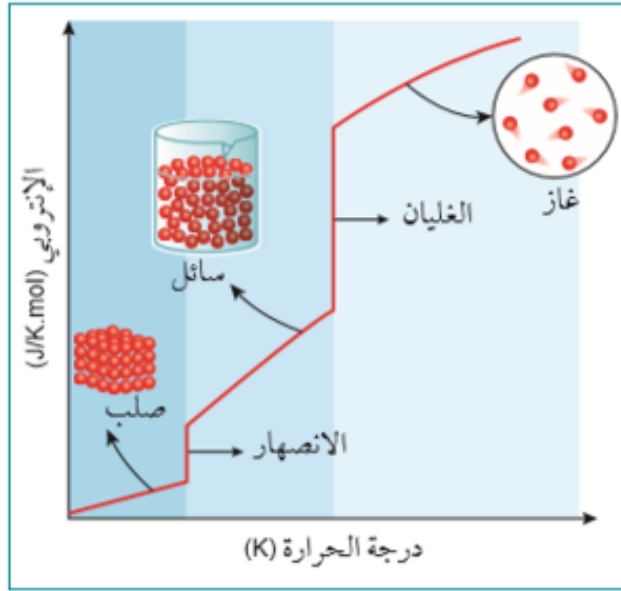
س٣/ مما سبق هل تؤدي عملية تخفيف التركيز إلى زيادة الإنترنت ؟ فسر إجابتك



٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

ب. التغير في درجة الحرارة

المخطط المقابل يوضح أثر الحرارة على الإنتروبي:



س١ / من خلال المخطط صف علاقة الإنتروبي بدرجة الحرارة ؟

س٢ / في ضوء فهمك لعلاقة درجة الحرارة مع طاقة حركة الجزيئات وعدد التصادمات اشرح سبب تزايد الإنتروبي مع زيادة درجة الحرارة

مقارنة قيم الإنتروبي

س/ عدد الظروف القياسية المستخدمة لدراسة المواد ؟

هي نفس الظروف
لقياس التغير في
المحتوى الحراري
القياسي ΔH

- ضغط قيمته 1 atm (100 kPa)
- درجة حرارة مقدارها 298 K (25°C)
- المواد المتفاعلة تكون في حالتها الفيزيائية الطبيعية (صلبة أو سائلة أو غازية) في الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة.

لمقارنة قيم الإنتروبي للمواد لابد أن تقاس في هذه الظروف وعندها تسمى الإنتروبي بالإنتروبي القياسية S°

س/ عرف الإنتروبي القياسية S° ؟

هي الإنتروبي لمول واحد من مادة ما موجودة في الحالة القياسية وتقاس بوحدة J/K.mol

س/ يتم مقارنة قيم الإنتروبي بقيمة الإنتروبي لبلورة الألماس (١٢ جم) . فسر

لأنها بلورة أقرب للمثالية حيث يمتلك ترتيباً أكثر انتظاماً وأقل عدد من احتمالات التوضع والترتيب أي أقل حركة وعشوائية

ينص القانون الثالث للديناميكا الحرارية على أن "البلورات المثالية جميعها تمتلك الإنتروبي نفسها عند درجة حرارة الصفر المطلق".



٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

مقارنة قيم الإنتروبي

الجدول المقابل يوضح قيم الإنتروبي القياسية لبعض المواد في حالتها الطبيعية / أهم الملاحظات المستنتجة :-

- تكون قيم الإنتروبي المولية القياسية جميعها موجبة

س/ مالفرق بين قيم الإنتروبي القياسية وقيم التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين ؟

- تمتلك الغازات بشكل عام قيم إنتروبي أعلى بكثير من المواد السائلة وتمتلك المواد السائلة قيم إنتروبي أعلى بكثير من المواد الصلبة

س/ فسر : يمتلك الألماس إنتروبي منخفضة جدا مقارنة بالبروم

لكن هناك استثناءات / حاول اكتشافها من الجدول

س/ فسر : تمتلك كربونات الكالسيوم الصلبة إنتروبي أعلى من الزئبق السائل

المادة	$S^\circ (\text{J/K.mol})$
الماس (di) C	2.4
الجرافيت (gr) C	5.7
الكالسيوم (s) Ca	41.7
الرصاص (s) Pb	64.8
أكسيد الكالسيوم (s) CaO	39.7
كربونات الكالسيوم (s) CaCO_3	92.9
الزئبق (l) Hg	76.0
البروم (l) Br_2	152.2
الميثانول (l) CH_3OH	126.8
الماء (s) H_2O	51.8
الماء (l) H_2O	69.9
بخار الماء (g) H_2O	188.7
أحادي أكسيد الكربون (g) CO	197.6
الهيدروجين (g) H_2	130.6
الهيليوم (g) He	126.0
الأمونيا (g) NH_3	192.3
الأكسجين (g) O_2	205.0
ثاني أكسيد الكربون (g) CO_2	213.6

الجدول ١-٧ قيم الإنتروبي المولية القياسية لبعض المواد في حالتها الفيزيائية الطبيعية.

- تمتلك المواد الصلبة الأكثر صلادة قيم إنتروبي أقل

س/ يمتلك الكالسيوم إنتروبي أقل من الرصاص . فسر

- تمتلك المواد الأبسط التي تحتوي على عدد ذرات أقل قيم إنتروبي أقل من قيم إنتروبي المواد الأكثر تعقيداً

س/ احادي أكسيد الكربون CO له قيمة إنتروبي أقل إنتروبي من ثاني أكسيد الكربون CO_2 . فسر

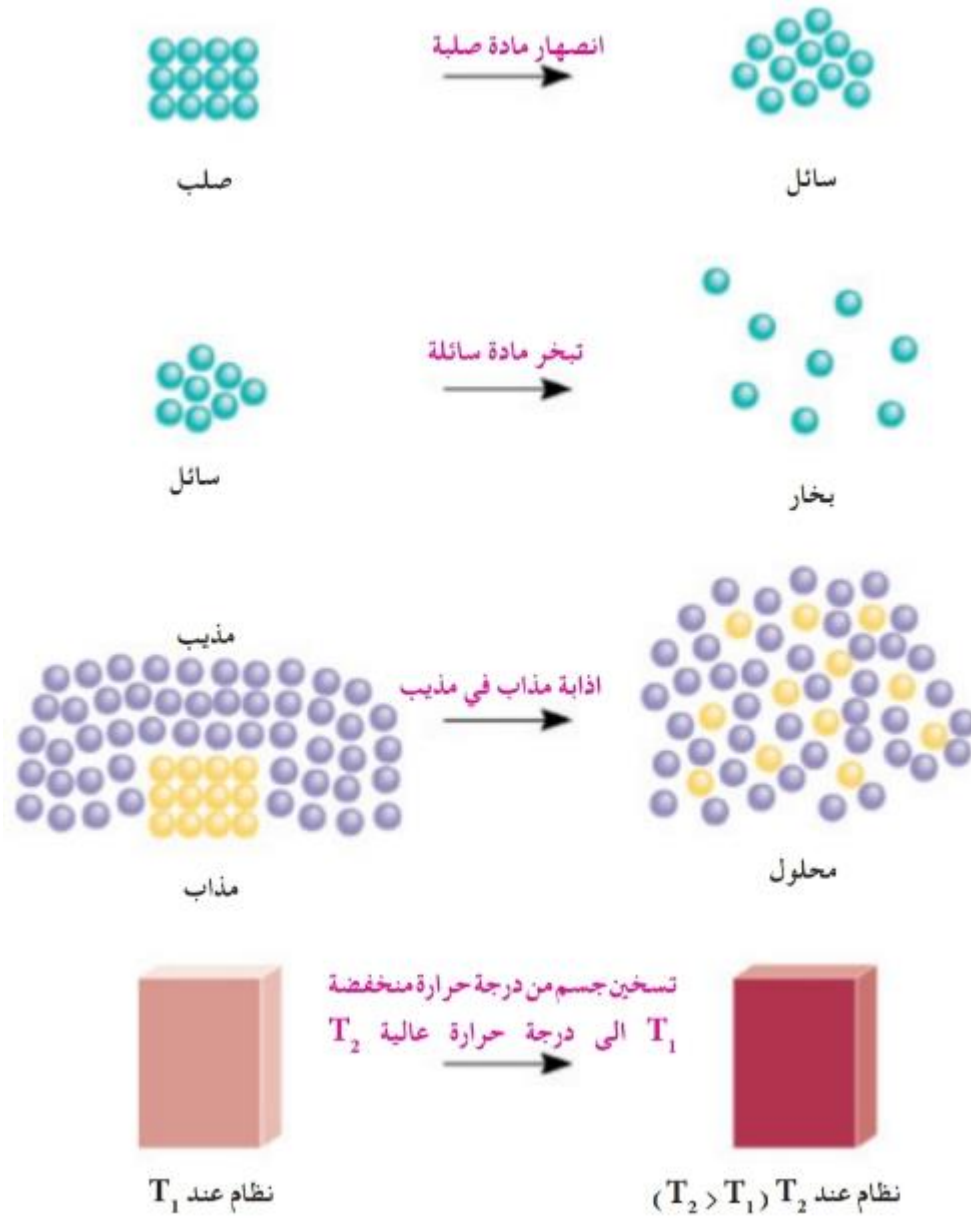
- تتأثر الإنتروبي بطبيعة الروابط بين الجزيئات

فكلما كانت الروابط أقوى قلت الإنتروبي

س/ قيمة الإنتروبي للماء السائل أقل من إنتروبي البروم السائل

٢٠٧ العوامل المؤثرة على الإنترنت

توضيح لبعض العمليات التي تؤدي إلى زيادة الإنترنت





٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

الطالب

٨٢

- ٢) تتباً بما يحدث للإنتروبي (تزداد أم تقل) في كل من التغيرات الآتية:
- ذوبان السكر في الماء.
 - انتشار الرائحة عبر غرفة من عبوة مفتوحة تحتوي على محلول الأمونيا.
 - تحول الماء إلى جليد.
 - تبخر الإيثانول عند درجة حرارة مقدارها 20°C .

الطالب

٨٢

- ٣) اشرح الاختلاف في قيم الإنتروبي لكل زوج من أزواج المواد الآتية في ضوء حالاتها الفيزيائية وتركيبها البنائية.
- $\text{Br}_2(\text{l}) \cdot S^{\circ} = 152.2 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{I}_2(\text{s}) \cdot S^{\circ} = 116.8 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{H}_2(\text{g}) \cdot S^{\circ} = 130.6 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{CH}_4(\text{g}) \cdot S^{\circ} = 186.2 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{Hg}(\text{l}) \cdot S^{\circ} = 76.0 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{Na}(\text{s}) \cdot S^{\circ} = 51.2 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{SO}_2(\text{g}) \cdot S^{\circ} = 248.1 \text{ J/K.mol}$
 - $\text{SO}_3(\text{l}) \cdot S^{\circ} = 95.6 \text{ J/K.mol}$

الطالب

٩١

- ٥) ب. يوضح الجدول أدناه، الصيغ والحالة الفيزيائية وقيم الإنتروبي المولية القياسية للألكانات الخمسة الأولى ذات السلاسل الخطية (المستقيمة).

الألكان	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	$\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{l})$
$S^{\circ} (\text{J/K.mol})$	186.2	229.5	269.9	310.1	261.2

- صف نمط التدرج في قيم الإنتروبي المولية القياسية لهذه الألكانات وشرحه.
- قدّر قيمة الإنتروبي المولية القياسية للألكان السائل ذي الصيغة C_6H_{14} والذي يمتلك سلسلة خطية.



٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

٢. طابق المواد من ١ إلى ٥ بقيم الإنتروبي (بوحدة J/K.mol) الخاصة بها من أ إلى هـ.

١. ١٢٦.٠	١. C(di)
٢. ٢١٣.٦	٢. CaO(s)
٣. ٦٩.٩	٣. He(g)
٤. ٣٩.٧	٤. CO ₂ (g)
٥. ٢.٤	٥. H ₂ O(l)

النشاط

٦١

٣. اشرح الفرق في قيم الإنتروبي في كل من أزواج المواد الآتية من أ-د.

المادة	الإنتروبي J/K.mol	المادة	الإنتروبي J/K.mol
H ₂ O(l)	٦٩.٩	C ₂ H ₅ OH(l)	١٦٠.٧
NaCl(s)	٧٢.١	NaClO ₃ (s)	١٢٣.٤
Br ₂ (g)	٢٤٥.٤	Br ₂ (l)	١٧٤.٩
CH ₄ (g)	١٨٦.٢	C ₃ H ₈ (g)	٢٦٩.٩

النشاط

٦٢

الجدول ١-٧: الاختلافات في قيم الإنتروبي.



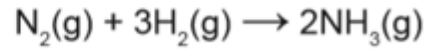
٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

ج. التغير في عدد الجزيئات الغازية في التفاعلات

س/ ما علاقة قيمة الإنتروبي بعدد الجزيئات ؟

س/ ما سيحدث لقيم الإنتروبي إذا زادت عدد جزيئات الغاز ؟

من التفاعلات التالية / صف التغير في الإنتروبي . فسر إجابتك



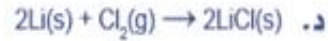
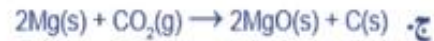
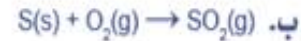
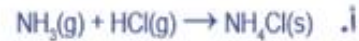
بصورة عامة / طرف التفاعل الذي يحتوي على أكثر عدد مولات غازية سيكون أعلى إنتروبي

سؤال

الطالب

٨٣

٤ لكل من التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية: هل ستزداد إنتروبي النظام أم تقل أم من الصعب تحديد ذلك؟ اشرح إجابتك.



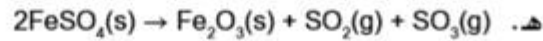
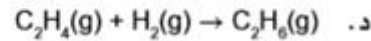
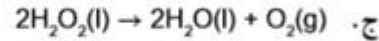
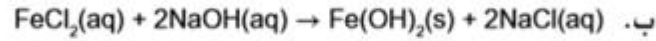
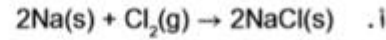


٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنترنت

النشاط

٦٤

٢. لكل من التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية، هل تزداد إنتروبي النظام أم تقل أم من الصعب تحديد ذلك؟ اشرح إجاباتك.



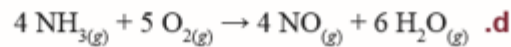
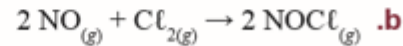
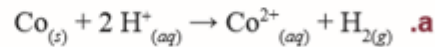
٥. أ. لكل تغير من التغيرين (١ و ٢) أدناه، اذكر ما إذا كانت إنتروبي النظام تزداد أم تقل. وفي كل حالة، اشرح إجابتك في ضوء انتظام الجسيمات أو عدم انتظامها.



الطالب

٩٠

هل تزداد الإنتروبي أو تقل في التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية؟ فسّر إجابتك.



مسألة

إثرائية ٢



٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

بإستخدام التفاعل المبين في المعادلة الكيميائية الآتية : $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)}$ أجب عن الأسئلة الآتية :

1. لماذا يصعب أن نتوقع أن يكون التغير في قيم الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS°) لهذا التفاعل موجباً أو سالباً ؟

2. لماذا يمكن أن نتوقع أن يكون التغير في قيم الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS°) صغيراً ؟

مسألة

إثرائية ٣

4- أي من حالات المادة الآتية ترتبط بآدنى مستوى من الإنتروبي ؟

(a) الغازية .	(b) الصلبة .
(c) السائلة .	(d) البلازما .

5- أي من التفاعلات الآتية يتوقع أن تنخفض فيه الإنتروبي ؟

(a) $2H_{2O(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$	(b) $Ti_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(l)}$
(c) $2Cl_{2(g)} + 2H_{2O(g)} \rightarrow 4HCl_{(g)} + O_{2(g)}$	(d) $2NH_{3(g)} \rightarrow 3H_{2(g)} + N_{2(g)}$

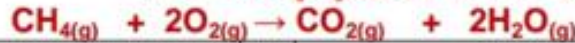
6- في أي من التغيرات التالية يحدث زيادة في الإنتروبي ؟

(a) تجمد الماء	(b) تكون مول غاز من 3 مولات من الغازات المتفاعلة
(c) ذوبان بلورات ملح الطعام في الماء	(d) تكثيف البخار

7- في أي من التغيرات التالية تقل الإنتروبي ؟

(a) انصهار مادة صلبة	(b) تكون 3 مولات من الغاز من تفاعل مول واحد من الغاز
(c) ذوبان بلورات السكر في الماء	(d) تكثف بخار الماء

8- أي العبارات الآتية صحيحة بالنسبة للإنتروبي في هذا التفاعل ؟



(a) تزداد من المتفاعلات إلى النواتج	(b) تقل من المتفاعلات إلى النواتج
(c) لا تتغير من المتفاعلات إلى النواتج	(d) لا يمكن تحديدها من التفاعل

9- في أي تفاعل مما يلي تقل الإنتروبي في النظام ؟

(a) $2 NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3 H_{2(g)}$	(b) $2 Ni_{3(s)} \rightarrow N_{2(g)} + 3 I_{2(g)}$
(c) $Cl_{2(g)} + 2 NaBr_{(aq)} \rightarrow 2 NaCl_{(aq)} + Br_{2(l)}$	(d) $2 HCl_{(aq)} + FeCl_{2(s)} \rightarrow FeCl_{2(aq)} + H_2S_{(g)}$

10- في أي تفاعل مما يأتي تزداد الإنتروبي في النظام ؟

(a) $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2 HI_{(g)}$	(b) $CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
(c) $N_{2(g)} + 3 H_{2(g)} \rightarrow 2 NH_{3(g)}$	(d) $Pb(NO_3)_{2(s)} + 2KI_{(s)} \rightarrow PbI_{2(s)} + 2KNO_{3(s)}$

مسائل

إثرائية

١٠-٤



٢-٧ العوامل المؤثرة على الإنتروبي

أي حالة من حالات المادة يكون لها إنتروبي أكبر من الحالات الأخرى ؟ اشرح إجابتك من حيث ترتيب الجسيمات .

مسألة

إثرائية ١١

الحالة الغازية	الحالة السائلة	الحالة الصلبة	العشوائية

التفسير

قارن بين قيم الإنتروبي المطلقة القياسية للحديد النقي الموجود في الحالتين الصلبة والغازية .
وضح سبب الاختلاف بينهما .

مسألة

إثرائية ١٢

	$Fe_{(g)}$	$Fe_{(s)}$
$S^{\circ} \text{ J/mol} \cdot K$	180.5	27,15

ما القيمة المتوقعة لقيمة الإنتروبي المطلقة القياسية للحديد السائل مقارنة بقيمة الإنتروبي لكل من الحديد الصلب والحديد الغازي ؟



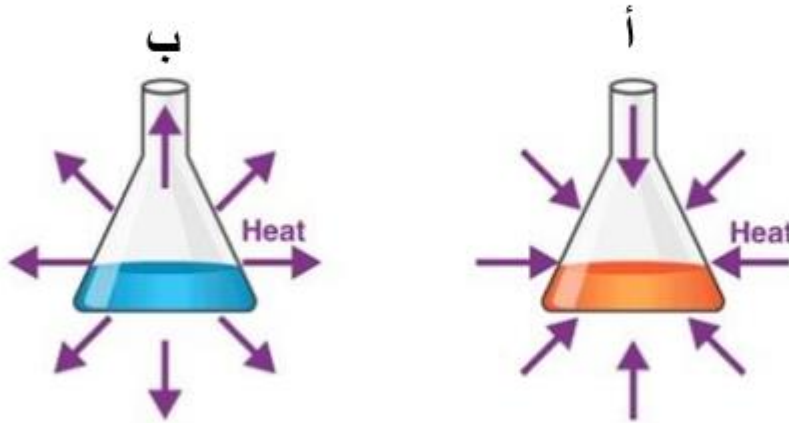
٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

- يعرف مصطلح التغير في الإنتروبي القياسية ΔS^\ominus
- يستخدم المعادلة لحساب التغير في الإنتروبي القياسية لنظام ما ΔS^\ominus
- يشرح المقصود بالقيم السالبة والموجبة للتغير في الإنتروبي.

معايير النجاح

تمهيد

س/ من الشكل المقابل حدد التفاعل الماص للحرارة والتفاعل الطارد للحرارة مع وصف انتقال الحرارة



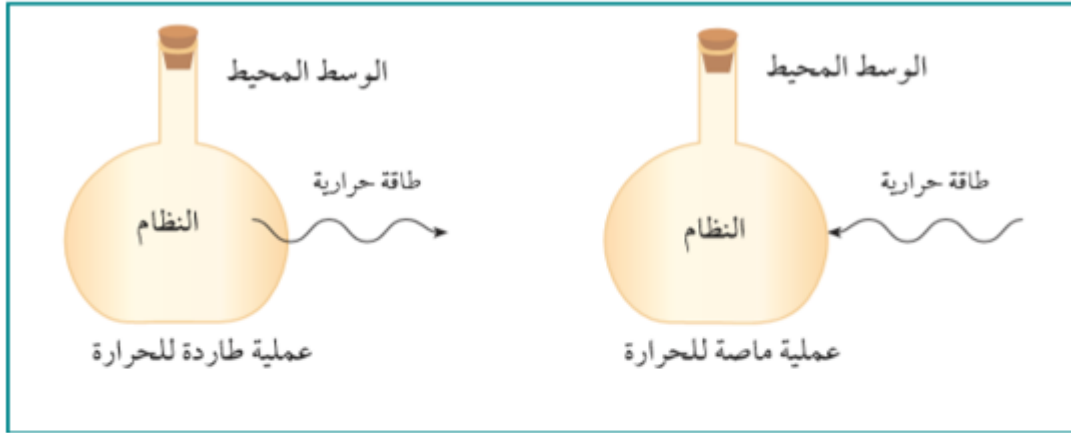
س/ هل يتأثر الوسط المحيط عند انتقال الحرارة من وإلى النظام ؟ فسر إجابتك

س/ صف التغير في الإنتروبي في الحالتين ؟



٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

س/ صف ماذا سيحدث للإنتروبي في التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة ؟



تؤدي الطاقة المنطلقة نحو الوسط المحيط
إلى زيادة عدد احتمالات ترتيب
الطاقة في هذا الوسط
حيث إن الطاقة تستخدم في حركة
الجزيئات الموجودة فيه
ازدياد في إنتروبي الوسط المحيط
انخفاض في إنتروبي النظام

إنتروبي إلى

تؤدي الطاقة الممتصة إلى تقليل
عدد الطرائق التي تترتب بها الطاقة
في الوسط المحيط
انخفاض في إنتروبي الوسط المحيط
ازدياد في إنتروبي النظام

إنتروبي إلى

٣. صف التغيرات التي تحدث في قيم الإنتروبي وشرحها عند:

أ. تسخين الثلج لتكوين الماء السائل.

.....
.....

ب. تسخين الماء السائل لتكوين بخار الماء.

.....
.....

النشاط

٦٥



٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

حساب التغير في إنتروبي النظام

لحساب التغير في الإنتروبي القياسية (ΔS°) Standard entropy change لـ نظام ما، نستخدم العلاقة الآتية:

$$\Delta S^\circ_{\text{system}} = \sum nS^\circ (\text{المواد الناتجة}) - \sum nS^\circ (\text{المواد المتفاعلة})$$

من العلاقة السابقة يجب مراعاة ما يلي:

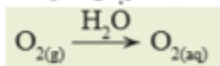
١. الأخذ بالحسبان التناسب الكيميائي للمعادلة. / عدد مولات الموازنة
٢. عند البحث عن قيم الإنتروبي في جداول البيانات، يجب اختيار البيانات وفق الحالة الفيزيائية المحددة: صلبة أو سائلة أو غازية. / (غازg - سائلl - صلبs)

التغير في الإنتروبي القياسية (ΔS°)
Standard entropy change هو التغير في الإنتروبي عندما تتحول المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة عند 298 K و 100 kPa.

ملاحظات هامة :

- $\Delta S = -$ / إنتروبي النظام انخفضت
- $\Delta S = +$ / إنتروبي النظام ارتفعت
- إذا كان مجموع إنتروبي المواد المتفاعلة أكبر من إنتروبي المواد الناتجة فإن مقدار التغير في الإنتروبي يكون سالباً، ما يعني أن النظام أقل استقراراً.
- إذا كان مجموع إنتروبي المواد المتفاعلة أقل من إنتروبي المواد الناتجة فإن مقدار التغير في الإنتروبي يكون موجباً، ما يعني أن النظام أكثر استقراراً.

(1) توقع ثم فسر التغير في الإنتروبي خلال عملية ذوبان غاز الأكسجين في الماء بحسب المعادلة الآتية:



(2) هل تكون إشارة ΔS لهذا التفاعل موجبة أم سالبة؟

مسألة

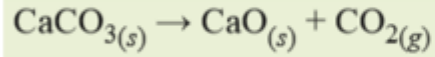
إثرائية ١



٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

مسألة

(1) توقّع ثم فسّر التغير في إنتروبي التفاعل الآتي:

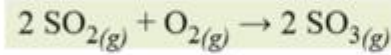


إثرائية ٢

(2) هل تكون إشارة ΔS لهذا التفاعل موجبة أم سالبة؟

مسألة

تُستخدم عملية التلامس (contact process) في إنتاج حمض الكبريتيك صناعيًا (H_2SO_4). خلال هذه العملية، ينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت بحسب التفاعل الآتي:

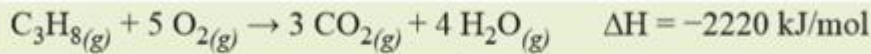


إثرائية ٣

(1) هل تزداد الإنتروبي أثناء حدوث هذا التفاعل أم تقل؟

(2) هل تكون إشارة ΔS لهذا التفاعل موجبة أم سالبة؟

مسألة

يحترق غاز البروبان عند درجة حرارة مقدارها 25°C بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

إثرائية ٤

(1) هل تزداد الإنتروبي أثناء حدوث هذا التفاعل أم تقل؟

(2) حدّد إثنين من العوامل المؤثرة على الإنتروبي في هذا التفاعل؟

صف حالة النظام من حيث الاستقرار في المسائل السابقة ١-٢-٣-٤



٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

١. احسب التغير في الإنتروبي للنظام الممثل بالمعادلة الآتية:



علمًا بأن قيم الإنتروبي القياسية بوحدة J/K.mol هي كالتالي:

$$S^\ominus[\text{Ca(s)}] = 41.7$$

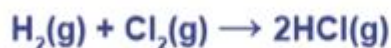
$$S^\ominus[\text{O}_2\text{(g)}] = 205.0$$

$$S^\ominus[\text{CaO(s)}] = 39.7$$

الطالب

٨٤

٢. احسب التغير في الإنتروبي للنظام الممثل بالمعادلة الآتية:



علمًا بأن قيم الإنتروبي القياسية بوحدة J/K.mol هي كالتالي:

$$S^\ominus[\text{H}_2\text{(g)}] = 130.6$$

$$S^\ominus[\text{Cl}_2\text{(g)}] = 165.0$$

$$S^\ominus[\text{HCl(g)}] = 187.0$$

الطالب

٨٤



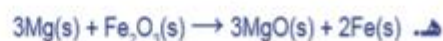
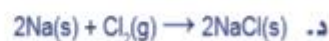
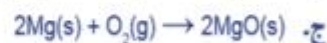
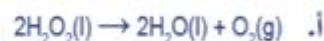
٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

سؤال

الطالب

٨٥

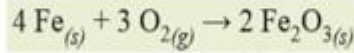
٥ احسب التغير في الإنتروبي القياسية للنظام الممثل في كل من المعادلات الآتية باستخدام قيم الإنتروبي المولية القياسية المعطاة:



S° (J/Kmol)	المادة	S° (J/Kmol)	المادة
32.7	Mg(s)	165.0	Cl ₂ (g)
26.9	MgO(s)	27.3	Fe(s)
51.2	Na(s)	87.4	Fe ₂ O ₃ (s)
72.1	NaCl(s)	130.6	H ₂ (g)
151.1	NH ₄ NO ₃ (s)	188.7	H ₂ O(g)
219.7	N ₂ O(g)	69.9	H ₂ O(l)
205.0	O ₂ (g)	109.6	H ₂ O ₂ (l)

٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

(1) احسب التغير في الإنتروبي القياسية (ΔS°) لصدا الحديد باستخدام قيم الإنتروبي المطلقة القياسية الموجودة في **الملحق ١** بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



(2) هل تتفق إشارة التغير في الإنتروبي مع ما يمكن توقعه؟

مسألة

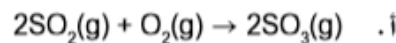
إثرائية

٤. احسب التغيرات في الإنتروبي القياسية في التفاعلات الممثلة بالمعادلات من أ إلى ه الآتية باستخدام قيم الإنتروبي المولية القياسية S° المعطاة في الجدول أدناه.

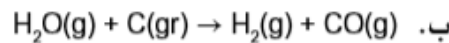
S° (J/K.mol)	المادة	S° (J/K.mol)	المادة
164.0	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$	5.9	$\text{B}(\text{s})$
26.9	$\text{MgO}(\text{s})$	54.0	$\text{B}_2\text{O}_3(\text{s})$
240.0	$\text{NO}_2(\text{g})$	5.7	$\text{C}(\text{gr})$
205.0	$\text{O}_2(\text{g})$	197.6	$\text{CO}(\text{g})$
282.4	$\text{SiF}_4(\text{g})$	130.6	$\text{H}_2(\text{g})$
41.8	$\text{SiO}_2(\text{s})$	173.7	$\text{HF}(\text{g})$
248.1	$\text{SO}_2(\text{g})$	188.7	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
256.8	$\text{SO}_3(\text{g})$	69.9	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
		32.7	$\text{Mg}(\text{s})$

النشاط

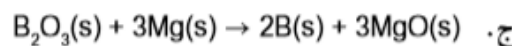
٦٥



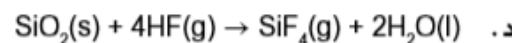
.....



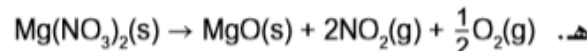
.....



.....



.....





٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

أي مما يأتي هو التغير في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية؟



مسألة

إثرائية ٦

a. -170.1 J/mol.K

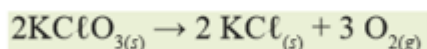
b. -275.9 J/mol.K

c. +170.1 J/mol.K

d. +275.9 J/mol.K

معطيات السؤال في الملحق ١

. أي مما يأتي هو التغير في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية؟



مسألة

إثرائية ٧

a. -144.7 J/mol.K

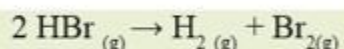
b. -494.4 J/mol.K

c. +144.7 J/mol.K

d. +494.4 J/mol.K

معطيات السؤال في الملحق ١

أي مما يأتي هو الترتيب العددي الصحيح لحساب التغير في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية؟



مسألة

إثرائية ٨

a. $[130.58 + 245.3] - [198.49]$ b. $[198.49] - [130.58 + 245.3]$ c. $[2 \times 198.49] - [130.58 + 245.3]$ d. $[130.58 + 245.3] - [2 \times 198.49]$

أي من وحدات القياس الآتية تُعدّ وحدة القياس الصحيحة لقيم الإنتروبي القياسية لمادة ما؟

مسألة

إثرائية ٩

a. J.mol/K

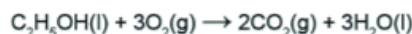
b. J.K/mol

c. K/J.mol

d. J/mol.K

٣-٧ حساب التغير في الإنتروبي

عندما يتعرض الإيثانول للاحتراق، يتكوّن ثاني أكسيد الكربون وماء وفق المعادلة الآتية:



احسب التغير في الإنتروبي القياسية لهذا التفاعل.

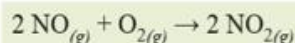
قيم S° بوحدة J/K.mol هي:

المادة	$O_2(g)$	$H_2O(l)$	$CO_2(g)$	$C_2H_5OH(l)$
S° (J/K.mol)	205.0	69.9	213.6	160.7

الطالب

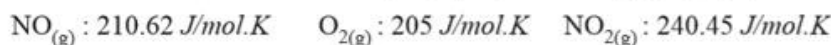
٩٠

ينتج عن أكسدة أول أكسيد النيتروجين بواسطة غاز الأكسجين غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يُعدّ عاملاً مؤكسداً قوياً، ويُستخدم في وقود الصواريخ وإنتاج حمض النيتريك. يُمثّل هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



احسب التغير في قيمة الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS°) لهذا التفاعل.

استخدم قيم الإنتروبي المطلقة القياسية (S°)



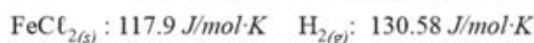
مسألة

إثرائية ١٠

احسب التغير في قيم الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS°) عندما يتم اختزال كلوريد الحديد (II) إلى فلز الحديد بواسطة غاز الهيدروجين. يُمثّل هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



استخدم قيم الإنتروبي المطلقة القياسية (S°).



مسألة

إثرائية ١١

٤-٧ طاقة جيبس الحرة

- يعرف مصطلح طاقة جيبس الحرة.
- يستخدم معادلة جيبس، مع إعادة ترتيبها وفق الحاجة.
- يحدد ما إذا كان تفاعل ما أو عملية ما قابلة للحدوث (تلقائية) من خلال إشارة قيمة ΔG .
- يتنبأ بكيفية تأثير التغير في درجة الحرارة على تلقائية تفاعل ما، بمعلومية قيم التغيرات القياسية في المحتوى الحراري والإنتروبي.

معايير النجاح

تمهيد

درست مسبقاً/

وتم التوصل لقانون يربط بين التغيرين
وهو التغير في طاقة جيبس الحرة ΔG°
فما تعريف هذا التغير ؟
وما هي معادلة جيبس ؟
وما علاقتها بالتفاعلات التلقائية
والغير تلقائية

التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل (النظام) ΔH°

ودرست في الحصة الماضية /

التغير في إنتروبي النظام ΔS°

٤-٧ طاقة جيبس الحرة

طاقة جيبس الحرة Gibbs free energy: هي التغير في الطاقة الذي يربط بين التغير في الإنتروبي والتغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما (لنظام ما).

معادلة جيبس Gibbs equation: هي المعادلة التي توضح العلاقة بين التغير في طاقة جيبس الحرة ΔG° والتغير في المحتوى الحراري للنظام ΔH° والتغير في إنتروبي النظام ΔS° :

$$\Delta G^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_{\text{system}}^\circ$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (\text{المواد الناتجة}) - \sum n\Delta H_f^\circ (\text{المواد المتفاعلة})$$

$$\Delta S_{\text{system}}^\circ = \sum nS^\circ (\text{المواد الناتجة}) - \sum nS^\circ (\text{المواد المتفاعلة})$$

لا تنس أن تضرب قيمة ΔH_f° في 1000، إذا كانت وحدة قياس ΔH_f° هي kJ، وذلك لأن وحدة قياس ΔS° هي J/K.mol.

درجة الحرارة بالكلفن

يجب مراعاة الظروف القياسية عند إجراء مقارنات قيم طاقة جيبس الحرة وهي:

- ضغط قيمته تساوي 1 atm (100 kPa)
- درجة حرارة مقدارها 298 K (25°C)
- المواد المتفاعلة والناتجة تكون في حالتها الفيزيائية الطبيعية (صلبة أو سائلة أو غازية).

ΔG°	طاقة جيبس الحرة (kJ/mol)
ΔH°	التغير في المحتوى الحراري القياسي (kJ/mol)
T	درجة الحرارة المطلقة (K)
ΔS°	التغير في الإنتروبي القياسي (J/mol.K)

التغير في درجة الحرارة وتلقائية التفاعل

- يكون التفاعل تلقائيًا عندما تكون طاقة جيبس الحرة (ΔG) بإشارة سالبة.
- يكون التفاعل غير تلقائي عندما تكون طاقة جيبس الحرة (ΔG) بإشارة موجبة.

ملاحظات مهمة

يفيد الجدول الآتي توقع بتلقائية التفاعل أو عدم تلقائيته

العوامل المؤثرة على ΔG في المعادلة $\Delta G = \Delta H_r - T\Delta S_{\text{system}}$			
	ΔG	ΔS_{system}	ΔH_r
$\Delta H_r < T\Delta S_{\text{system}}$	يحدث التفاعل تلقائيًا (ΔG سالبة) عند درجات الحرارة المرتفعة	+	+
	ΔG دائمًا موجبة، يكون التفاعل غير تلقائي	-	+
$\Delta H_r > T\Delta S_{\text{system}}$	ΔG دائمًا سالبة، يحدث التفاعل تلقائيًا عند درجات الحرارة جميعها	+	-
	يحدث التفاعل تلقائيًا (ΔG سالبة) عند درجات الحرارة المنخفضة	-	-

الشرط

ماص

ماص

طارد

طارد



٤-٧ طاقة جيبس الحرة

تدريب

س1(1) ماهي إشارات ΔH° و ΔS° و ΔG° للتفاعل الذي يكون تلقائي دائماً عند جميع درجات الحرارة؟

إشارة ΔH°	إشارة ΔS°	إشارة ΔG°	تلقائية التفاعل
_____	_____	_____	_____

س2. ماهي إشارات ΔH° و ΔS° و ΔG° للتفاعل الذي يكون غير تلقائي دائماً عند جميع درجات الحرارة؟

إشارة ΔH°	إشارة ΔS°	إشارة ΔG°	تلقائية التفاعل
_____	_____	_____	_____

س3. ماهي إشارات ΔH° و ΔS° و ΔG° للتفاعل للتفاعل الذي يحدث تلقائياً فقط عند درجات الحرارة المرتفعة؟

إشارة ΔH°	إشارة ΔS°	إشارة ΔG°	تلقائية التفاعل
_____	_____	_____	_____

س4. ماهي إشارات ΔH° و ΔS° و ΔG° للتفاعل الذي يحدث تلقائياً فقط عند درجات الحرارة المنخفضة؟

إشارة ΔH°	إشارة ΔS°	إشارة ΔG°	تلقائية التفاعل
_____	_____	_____	_____

٤. احسب التغير في قيمة طاقة جيبس الحرة لتفكك كربونات الخارصين عند درجة الحرارة 1200 K وفق المعادلة الآتية:



$$\Delta H_f^\circ = +71.0 \text{ kJ/mol}$$

قيم الإنتروبي القياسية بوحدة J/K.mol هي كالآتي:

$$\text{CO}_2(\text{g}) = 213.6, \text{ZnCO}_3(\text{s}) = 82.4, \text{ZnO}(\text{s}) = 43.6$$

الطالب

٨٨



٧-٤ طاقة جيبس الحرة

أي من المعادلات الآتية هي المعادلة الصحيحة لحساب التغير في طاقة جيبس الحرة القياسية؟

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad .c$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad .a$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ + T\Delta S^\circ \quad .d$$

$$\Delta G = \Delta H + T\Delta S \quad .b$$

مسألة

إثرائية ١

أي من التغيرات الآتية في المحتوى الحراري والإنتروبي يشير إلى التفاعل التلقائي عند جميع درجات الحرارة؟

$$+\Delta H \text{ and } -\Delta S \quad .c$$

$$-\Delta H \text{ and } -\Delta S \quad .a$$

$$+\Delta H \text{ and } +\Delta S \quad .d$$

$$-\Delta H \text{ and } +\Delta S \quad .b$$

مسألة

إثرائية ٢

أي مما يأتي هو التوقع الصحيح للتفاعل ذي المحتوى الحراري $\Delta H = -125 \text{ kJ}$ والإنتروبي للتفاعل نفسه هي $\Delta S = -115 \text{ J/K}$ ؟

.a. التفاعل تلقائي عند جميع درجات الحرارة.

.b. التفاعل ليس تلقائياً عند أية درجة من درجات الحرارة.

.c. التفاعل تلقائي فقط عند درجات الحرارة المنخفضة.

.d. التفاعل تلقائي فقط عند درجات الحرارة المرتفعة.

مسألة

إثرائية ٣

ماذا يعني أن تكون طاقة جيبس الحرة لتفاعل ما تساوي $\Delta G = 0$ ؟

.a. التفاعل قد توقف.

.b. التفاعل في حالة اتزان.

.c. لا يمكن أن يحدث التفاعل تحت أي ظرف من الظروف.

.d. لا يمكن أن يحدث التفاعل ما لم يتم تزويده بالطاقة.

مسألة

إثرائية ٤

أية مجموعة من القيم الآتية تشير إلى حدوث تفاعل تلقائي فقط عند درجات حرارة منخفضة؟

$$\Delta H = -124.0 \text{ kJ} \text{ و } \Delta S = -39.7 \text{ J/K} \quad .a$$

$$\Delta H = -24.0 \text{ kJ} \text{ و } \Delta S = +39.7 \text{ J/K} \quad .b$$

$$\Delta H = +124.0 \text{ kJ} \text{ و } \Delta S = -39.7 \text{ J/K} \quad .c$$

$$\Delta H = +24.0 \text{ kJ} \text{ و } \Delta S = +39.7 \text{ J/K} \quad .d$$

مسألة

إثرائية ٥

ماذا يعني أن تكون إشارة ΔG سالبة؟

.a. يكون التفاعل في حالة اتزان.

.b. يكون التفاعل تلقائياً عند جميع درجات الحرارة.

.c. لا يكون التفاعل تلقائياً عند أية درجة من درجات الحرارة.

.d. يكون التفاعل تلقائياً فقط عند درجات الحرارة المرتفعة.

مسألة

إثرائية ٦

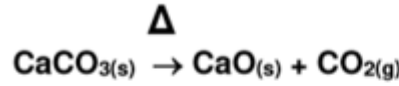


٤-٧ طاقة جيبس الحرة

أي مما يلي صحيح عن التفاعل التالي

مسألة

إثرائية ٧



ΔS سالبة والتفاعل تلقائي	<input type="checkbox"/>
ΔS موجبة والتفاعل غير تلقائي	<input type="checkbox"/>
ΔS موجبة والتفاعل تلقائي في درجات الحرارة المرتفعة	<input type="checkbox"/>
ΔS سالبة والتفاعل تلقائي في درجات الحرارة المنخفضة	<input type="checkbox"/>

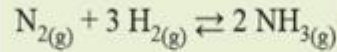
مسألة

إثرائية ٨

أي العبارات الآتية صحيحة بالنسبة لتفاعل الإحتراق البروبان ؟



- ΔS سالبة والتفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة ☐
- ΔS موجبة والتفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة ☐
- ΔS سالبة والتفاعل تلقائي في درجات الحرارة المرتفعة ☐
- ΔS موجبة والتفاعل غير تلقائي في درجات الحرارة المنخفضة ☐

احسب التغير في طاقة جيبس الحرة القياسية (ΔG°) عند درجة حرارة 298 K لتفاعل عملية هابر:

مع الإشارة إلى أن التغيرات في المحتوى الحراري (ΔH°) والإنتروبي (ΔS°) هي على التوالي -92.38 kJ/mol و -198.4 J/mol.K. هل هذا التفاعل تلقائي عند 298 K أم غير تلقائي؟

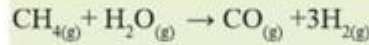
مسألة

إثرائية ٩



٤-٧ طاقة جيس الحرة

يستخدم خليط من غاز أول أكسيد الكربون وغاز الهيدروجين كنقطة بداية للإنتاج الصناعي لعدد من المركبات الكيميائية التجارية ذات الاستخدام بكميات كبيرة جدًا، كالميثانول. يحضّر هذا الخليط من خلال التفاعل الكيميائي بين غاز الميثان وبخار الماء بحسب المعادلة الكيميائية الآتية:

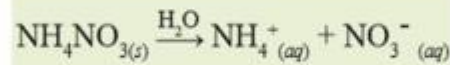


إذا علمت أن التغيرات القياسية في المحتوى الحراري (ΔH°) والإنتروبي (ΔS°) هما $+206.1 \text{ kJ/mol}$ و $+215 \text{ J/mol.K}$ على التوالي. فهل يكون هذا التفاعل تلقائيًا عند درجة حرارة الغرفة (25°C)؟

مسألة

إثرائية ١٠

احسب التغير في طاقة جيس الحرة القياسية عند درجة حرارة 310 K عند إذابة نترات الأمونيوم في الماء الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية :



إذا علمت أن $\Delta H^\circ = +28.05 \text{ kJ}$ و $\Delta S^\circ = +108.7 \text{ J/K}$ ، هل يكون هذا التفاعل تلقائيًا أم غير تلقائي عند درجة الحرارة 310 K ؟

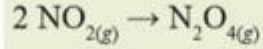
مسألة

إثرائية ١١



٧-٤ طاقة جيبس الحرة

تبين المعادلة الكيميائية الآتية تحويل غاز ثاني أكسيد النيتروجين إلى رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين:



إذا علمت أن المحتوى الحراري لهذا التفاعل هو $\Delta H^\circ = -57.20 \text{ kJ}$ والإنتروبي له هي $\Delta S^\circ = -175.83 \text{ J/K}$ عند درجة الحرارة 100°C ، احسب التغير في طاقة جيبس الحرة القياسية. هل يكون هذا التفاعل تلقائيًا أم غير تلقائي عند درجة الحرارة 100°C ؟

مسألة

إثرائية ١٢

ما دلالة طاقة جيبس الحرة ؟

أي مما يأتي هو التغير في طاقة جيبس الحرة القياسية لتفاعل عند درجة حرارة 425 K .
و $\Delta S^\circ = +80.0 \text{ J/K}$ و $\Delta H^\circ = -255 \text{ kJ}$.

a. $\Delta G^\circ = -289 \text{ kJ}$

b. $\Delta G^\circ = +188 \text{ kJ}$

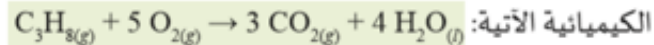
c. $\Delta G^\circ = +221 \text{ kJ}$

d. $\Delta G^\circ = -34300 \text{ kJ}$

مسألة

إثرائية ١٣

ما التغير في طاقة جيبس الحرة القياسية لاحتراق البروبان عند 50°C الممثل بالمعادلة



علمًا بأن $\Delta H^\circ = -2220 \text{ kJ}$ و $\Delta S^\circ = -375 \text{ J/K}$.

a. $\Delta G^\circ = -2099 \text{ kJ}$

b. $\Delta G^\circ = -2118 \text{ kJ}$

c. $\Delta G^\circ = -2201 \text{ kJ}$

d. $\Delta G^\circ = +100155 \text{ kJ}$

مسألة

إثرائية ١٤

٧-٤ طاقة جيبس الحرة

٣. احسب قيمة التغير في طاقة جيبس الحرة لتفكك كربونات الخارصين عند درجة الحرارة 298 K، وفق المعادلة الآتية:



ثم اذكر ما إذا كان التفاعل تلقائيًا أم لا في الظروف القياسية. علمًا بأن قيم الإنتروبي القياسية بوحدة J/K.mol هي كالآتي:



الطالب

٨٦

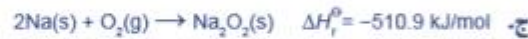
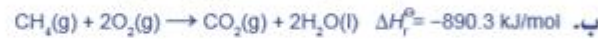
المادة	S° (J/Kmol)	المادة	S° (J/Kmol)
$\text{Ag}_2\text{CO}_3(\text{s})$	167.4	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	69.9
$\text{Ag}_2\text{O}(\text{s})$	121.3	$\text{Mg}(\text{s})$	32.7
$\text{CH}_4(\text{g})$	186.2	$\text{MgCl}_2(\text{s})$	89.6
$\text{Cl}_2(\text{g})$	165.0	$\text{Na}(\text{s})$	51.2
$\text{CO}_2(\text{g})$	213.6	$\text{Na}_2\text{O}_2(\text{s})$	95.0
$\text{H}_2(\text{g})$	130.6	$\text{O}_2(\text{g})$	205.0
$\text{HCl}(\text{g})$	187.0		

أسئلة

الطالب

٨٧

٦. احسب طاقة جيبس الحرة القياسية لكل من التفاعلات الآتية، باستخدام قيم الإنتروبي المولية القياسية المعطاة في الجدول، قُرب إجاباتك إلى 3 أرقام معنوية بوحدة kJ/mol، ثم اذكر في كل حالة، ما إذا كان التفاعل تلقائيًا أم لا في الظروف القياسية.



٧. يتفاعل الميثانول مع بروميد الهيدروجين وفق المعادلة الآتية:



أي من القيم أدناه هي قيمة ΔG الصحيحة لهذا التفاعل عند درجة الحرارة 25°C، إذا علمت أن قيم الإنتروبي المولية القياسية (بوحدة J/K.mol) هي:



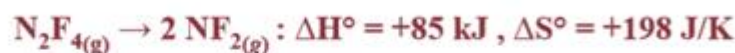


٤-٧ طاقة جيس الحرة

مسألة

إثرائية ١٥

لديك التفاعل الآتي ادرسه جيدا ثم أجب عما يلي :



- احسب ΔG° عند درجة حرارة 200 K.
- احسب ΔG° عند درجة حرارة 500 K.
- كيف تحدد درجة الحرارة التي سيتحول عندها هذا التفاعل من كونه تلقائياً إلى أن يصبح غير تلقائي؟
- احسب درجة الحرارة هذه إلى أقرب كلفن.
- هل يكون هذا التفاعل تلقائياً عند درجة حرارة أعلى من هذه الدرجة أم أقل منها؟

الطالب

٩٠

يُعدّ كلا الجرافيت والماس شكلين من أشكال الكربون، وقيم الإنتروبي المولية القياسية لهما بوحدة J/K.mol هي:

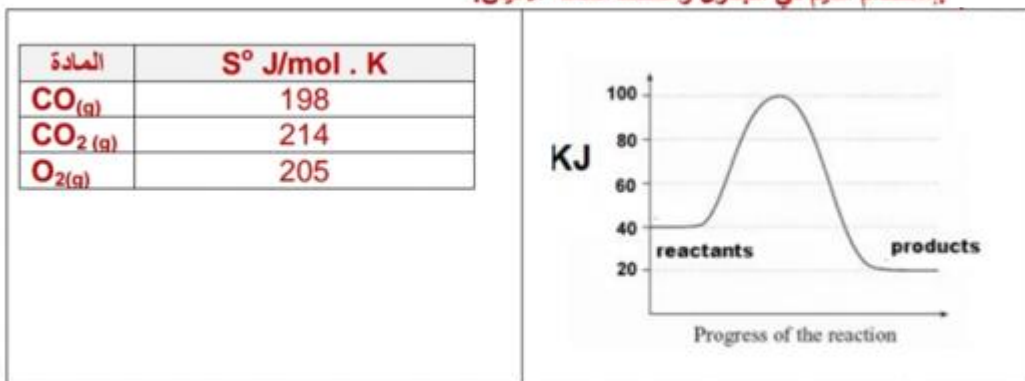
$$S_{(gr)}^\circ = 5.70, S_{(di)}^\circ = 2.40$$

- اقترح السبب الذي يجعل الإنتروبي المولية القياسية للجرافيت أكبر مما هي للماس.
- احسب التغير في الإنتروبي للعملية: $\text{C}_{(gr)} \rightarrow \text{C}_{(di)}$ عند درجة الحرارة 298 K.
- اشرح: لا يُعدّ تحضير الماس من الجرافيت ممكناً عند درجة حرارة وضغط الغرفة.
- يتفاعل الجرافيت مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون؛ تنبأ ما إذا كانت إنتروبي المواد الناتجة أكبر من إنتروبي المواد المتفاعلة أم أقل، وشرح إجابتك.



٤-٧ طاقة جيبس الحرة

بإستخدام القيم في الجدول ومخطط الطاقة الآتيان:



مسألة

إثرائية ١٦

احسب الطاقة الحرة ΔG° للتفاعل الآتي عند 25°C .



احسب التغير في قيمة طاقة جيبس الحرة ΔG° للتفاعل التالي عند 25°C .



استخدم القيم في الجدول التالي :

المادة	$S^\circ(\text{J/mol.K})$	$\Delta H_f^\circ, \text{kJ.mol}^{-1}$
$\text{CH}_{4(g)}$	186.2	-74.8
$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	188.6	-242.2
$\text{CO}_{2(g)}$	213.7	-393.4
$\text{O}_{2(g)}$	205.0	0

مسألة

إثرائية ١٧

هل التفاعل تلقائي أم لا - مع ذكر السبب ؟



٧-٤ طاقة جيس الحرة

التفاعل أدناه تلقائي فقط عند درجة حرارة أعلى من 500°C :
 $2\text{HgO}_{(s)} \rightarrow 2\text{Hg}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$
 أي من التالي يعتبر صحيحا للتفاعل عند درجة حرارة 600°C ؟

مسألة

إثرائية ١٨

	ΔS°	ΔH°	ΔG°
a)	-	-	-
b)	+	+	+
c)	+	+	-
d)	-	-	+

تحت أي الظروف يكون التفاعل تلقائي عند جميع درجات الحرارة ؟

	ΔS	ΔH
a)	+	+
b)	-	+
c)	-	-
d)	+	-

مسألة

إثرائية ١٩

تحت أي الظروف يكون التفاعل غير تلقائي عند جميع درجات الحرارة ؟

	ΔS°	ΔH°
a)	+	+
b)	-	+
c)	-	-
d)	+	-

مسألة

إثرائية ٢٠

أي من الظروف التالية تنبأ بأن العملية تلقائية ؟

(a) (ΔG°) موجبة .	(b) (ΔG°) سالبة .
(c) $(\Delta G^{\circ}) = \text{Zero}$.	(d) $(\Delta G^{\circ}) = 1$.

مسألة

إثرائية ٢١



٧-٤ طاقة جيس الحرة

٦ تتفكك كربونات الكالسيوم عند تسخينها لتكوين أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة الآتية:



أ. احسب التغير في الإنتروبي القياسية لهذا التفاعل.

قيم S° بوحدة J/K.mol هي:

المادة	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{CaO}(\text{s})$	$\text{CaCO}_3(\text{s})$
S° (J/K.mol)	213.6	39.7	92.9

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي لهذا التفاعل.

قيم ΔH_f° بوحدة kJ/mol هي:

المادة	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{CaO}(\text{s})$	$\text{CaCO}_3(\text{s})$
ΔH_f° (kJ/mol)	-393.5	-635.1	-1206.9

ج. استخدم إجابتك عن السؤالين أ و ب لحساب التغير في طاقة جيس الحرة القياسية لهذا التفاعل عند درجة الحرارة 298 K.

د. اشرح: لا يكون التفاعل تلقائياً عند درجة الحرارة 298 K على الرغم من أن قيمة التغير في إنتروبي النظام موجبة.

الطالب

٩١



٤-٧ طاقة جيبس الحرة

٧ يتكوّن الماء عندما يحترق الهيدروجين بوجود الأكسجين كما هو موضح في المعادلة الآتية:



أ. احسب التغير في الإنتروبي القياسية لهذا التفاعل.
قيم S° بوحدة J/K.mol هي:

المادة	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
S° (J/K.mol)	69.9	205.0	130.6

الطالب

٩١

ب. استخدم إجابتك عن السؤال أ والمعلومات الواردة في بداية السؤال لحساب قيمة التغير في طاقة جيبس الحرة القياسية لهذا التفاعل.

ج. تنبأ ما إذا كان هذا التفاعل تلقائيًا أم لا عند درجة حرارة الغرفة. اشرح إجابتك.



قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة هذه الوحدة، أكمل الجدول الآتي.

استطيع ان	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أتمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدماً
أعرّف مصطلح الإنتروبي S بأنها عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات ومطابقاتها في نظام معيّن.	١-٧			
أنتبأ بإشارة التغيرات في الإنتروبي وأشرحها، وهي التي تحدث أثناء: أ. التغير في الحالة الفيزيائية. ب. التغير في درجة الحرارة. ج. التغير في عدد الجزيئات الغازية لتفاعل ما.	٢-٧			
أحسب التغير في الإنتروبي ΔS° لتفاعل ما باستخدام قيم الإنتروبي القياسية S° للمواد المتفاعلة والنواتجة: $\Delta S^\circ = \sum nS^\circ (\text{مواد ناتجة}) - \sum nS^\circ (\text{مواد متفاعلة})$	٢-٧ ٣-٧			
أجري حسابات باستخدام معادلة جيبس: $\Delta G^\circ = \Delta H_f^\circ - T\Delta S_{\text{system}}^\circ$	٤-٧			
أحدد ما إذا كان تفاعل ما تلقائياً (قابلاً للحدوث) بالعودة إلى إشارة قيمة ΔG° .	٤-٧			
أنتبأ بتأثير التغير في درجة الحرارة على تلقائية تفاعل ما، في ضوء القيم المعطاة للتغيرات القياسية في المحتوى الحراري والإنتروبي.	٤-٧			

ملحق ١

اسم المادة	الرمز / الصيغة الكيميائية	S° (J/mol·K)
ألومنيوم، صلب	$Al_{(s)}$	28.32
كلوريد الألومنيوم، صلب	$AlCl_{3(s)}$	109.3
أكسيد البيريليوم، صلب	$BeO_{(s)}$	13.77
هيدروكسيد البيريليوم، صلب	$Be(OH)_{2(s)}$	50.21
بروم، غاز	$Br_{2(g)}$	245.3
أول كلوريد البروم، غاز	$BrCl_{(g)}$	240.
ميثان، غاز	$CH_{4(g)}$	186.3
إيثين، غاز	$C_2H_{4(g)}$	219.4
إيثان، غاز	$C_2H_{6(g)}$	229.5
ميثانول، سائل	$CH_3OH_{(l)}$	126.8
ميثانول، غاز	$CH_3OH_{(g)}$	237.6
أول أكسيد الكربون، غاز	$CO_{(g)}$	197.8
ثاني أكسيد الكربون، غاز	$CO_{2(g)}$	213.6
كربونات الكالسيوم، صلب (كالكسايت)	$CaCO_{3(s)}$	92.88
أكسيد الكالسيوم، صلب	$CaO_{(s)}$	39.75
كلور، غاز	$Cl_{2(g)}$	222.96
فلور، غاز	$F_{2(g)}$	202.7
هيدروجين، غاز	$H_{2(g)}$	130.58
بروميد الهيدروجين، غاز	$HBr_{(g)}$	198.49
كلوريد الهيدروجين، مائي	$HCl_{(aq)}$	56.5
كلوريد الهيدروجين، غاز	$HCl_{(g)}$	186.69
فلوريد الهيدروجين، غاز	$HF_{(g)}$	173.51
أكسيد الهيدروجين، سائل (ماء)	$H_2O_{(l)}$	69.91
أكسيد الهيدروجين، غاز (ماء)	$H_2O_{(g)}$	188.83
حديد، صلب	$Fe_{(s)}$	27.15
حديد، غاز	$Fe_{(g)}$	180.5
كلوريد الحديد (II)، صلب	$FeCl_{2(s)}$	117.9
أكسيد الحديد (III)، صلب	$Fe_2O_{3(s)}$	89.96
ليثيوم، صلب	$Li_{(s)}$	29.09
كلوريد الليثيوم، صلب	$LiCl_{(s)}$	59.30
كلوريد البوتاسيوم، صلب	$KCl_{(s)}$	82.7
كلورات البوتاسيوم، صلب	$KClO_{3(s)}$	143.0
أمونيا، غاز	$NH_{3(g)}$	192.5
هايدرازين، صلب	$N_2H_{4(s)}$	238.5
أول أكسيد النيتروجين، غاز	$NO_{(g)}$	210.62
ثاني أكسيد النيتروجين، غاز	$NO_{2(g)}$	240.45
رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، غاز	$N_2O_{4(g)}$	304.3
كلوريد الصوديوم، مائي	$NaCl_{(aq)}$	115.5
كربونات الصوديوم، صلب	$Na_2CO_{3(s)}$	136.0
نيكل، صلب	$Ni_{(s)}$	29.9
كلوريد النيكل (II)، صلب	$NiCl_{2(s)}$	97.65
أكسجين، غاز	$O_{2(g)}$	205.0
ثالث كلوريد الفسفور، غاز	$PCl_{3(g)}$	311.7
خامس كلوريد الفسفور، غاز	$PCl_{5(g)}$	364.6
ثاني أكسيد الكبريت، غاز	$SO_{2(g)}$	248.5
ثالث أكسيد الكبريت، غاز	$SO_{3(g)}$	256.2
رابع كلوريد التيتانيوم، سائل	$TiCl_{4(l)}$	221.9
ثاني أكسيد التيتانيوم، صلب	$TiO_{2(s)}$	50.29

ملحق ٢ / إجابات الأسئلة الإثرائية

الدرس	المسائل الإثرائية	الجواب
الدرس الأول/ الأنترنت	إثرائية ١	عدد الترتيبات = ٦٤ أ- ١٥ ب- انتشار - تلقائي
	إثرائية ٢	d
	إثرائية ٣	تلقائي تلقائي تلقائي غير تلقائي
	إثرائية ٤	بسبب زيادة العشوائية في حركة الجزيئات
	إثرائية ٥	*ب / لأن النظام مرتب بشكل مثالي فيملك احتمالية تموضع واحدة فقط * أ / لأنه يملك أكبر عشوائية و أكثر احتمالات تموضع

الدرس	المسائل الإثرائية	الجواب																
	إثرائية ١	b																
	إثرائية ٢	<p>a. $\text{Co}_{(s)} + 2 \text{H}^{+}_{(aq)} \rightarrow \text{Co}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$ من المتوقع أن تزداد الإنتروبي.</p> <p>التفسير: لأن حالة المواد المتفاعلة الموجودة في النظام تتغير من الحالة الصلبة وحالة المحلول المائي إلى مواد ناتجة في الحالة الغازية وحالة المحلول المائي. لذلك، فإن الإنتروبي لهذا النظام تزداد رغم الانخفاض في عدد الجسيمات الكلي في هذا النظام، لأن التغير في الحالة له أولوية في تحديد التغير في إنتروبي النظام.</p> <p>b. $2 \text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{NOCl}_{(g)}$ من المتوقع أن تقل الإنتروبي.</p> <p>التفسير: لأن عدد الجزيئات الموجودة في النظام تتغير من 3 جزيئات من الغاز إلى جزيئين من الغاز، ولم يحدث تغير في الحالة الفيزيائية.</p> <p>c. $\text{PbCO}_{3(s)} \rightarrow \text{PbO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ من المتوقع أن تزداد الإنتروبي.</p> <p>التفسير: لأن حالة المواد المتفاعلة الموجودة في النظام تتغير من الحالة الصلبة إلى مواد ناتجة في الحالة الصلبة والحالة الغازية، ولأن عدد الجزيئات الموجودة في النظام يتغير من جزيء واحد إلى جزيئين.</p> <p>d. $4 \text{NH}_{3(g)} + 5 \text{O}_{2(g)} \rightarrow 4 \text{NO}_{(g)} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ من المتوقع أن تزداد الإنتروبي.</p> <p>التفسير: لأن عدد الجزيئات الموجودة في النظام تتغير من 9 جزيئات من الغاز إلى 10 جزيئات من الغاز، ولم يحدث تغير في الحالة الفيزيائية.</p>																
الدرس الثاني / العوامل المؤثرة على الإنتروبي	إثرائية ٣	<p>*لأن عدد جسيمات الغاز في النواتج = عدد جسيمات الغاز في المتفاعلات</p> <p>*لعدم حدوث أي تغير في حالات المادة وعدد جسيمات الغاز الناتجة عن المتفاعلة</p>																
	إثرائية ٤ إلى ١٠	<table><tr><th>الجزيئية</th><th>الإجابة</th></tr><tr><td>4</td><td>a</td></tr><tr><td>5</td><td>a</td></tr><tr><td>6</td><td>c</td></tr><tr><td>7</td><td>d</td></tr><tr><td>8</td><td>c</td></tr><tr><td>9</td><td>d</td></tr><tr><td>10</td><td>a</td></tr></table>	الجزيئية	الإجابة	4	a	5	a	6	c	7	d	8	c	9	d	10	a
	الجزيئية	الإجابة																
4	a																	
5	a																	
6	c																	
7	d																	
8	c																	
9	d																	
10	a																	
إثرائية ١١	<table><tr><th>الحالة الصلبة</th><th>الحالة السائلة</th><th>الحالة الغازية</th></tr><tr><td>العشوائية قليلة العشوائية</td><td>العشوائية أكبر من الصلب</td><td>العشوائية كبيرة جدًا</td></tr><tr><td>الجزيئات مرتبة وقريبة من بعضها البعض وطاقة حركتها قليلة جدًا .</td><td>الجزيئات غير مرتبة وطاقة حركة جزيئاتها أكبر</td><td>الجزيئات متباعدة جدًا وطاقة حركتها كبيرة جدًا .</td></tr></table>	الحالة الصلبة	الحالة السائلة	الحالة الغازية	العشوائية قليلة العشوائية	العشوائية أكبر من الصلب	العشوائية كبيرة جدًا	الجزيئات مرتبة وقريبة من بعضها البعض وطاقة حركتها قليلة جدًا .	الجزيئات غير مرتبة وطاقة حركة جزيئاتها أكبر	الجزيئات متباعدة جدًا وطاقة حركتها كبيرة جدًا .								
الحالة الصلبة	الحالة السائلة	الحالة الغازية																
العشوائية قليلة العشوائية	العشوائية أكبر من الصلب	العشوائية كبيرة جدًا																
الجزيئات مرتبة وقريبة من بعضها البعض وطاقة حركتها قليلة جدًا .	الجزيئات غير مرتبة وطاقة حركة جزيئاتها أكبر	الجزيئات متباعدة جدًا وطاقة حركتها كبيرة جدًا .																
إثرائية ١٢	<p>*قيمة الإنتروبي في الحالة الغازية للحديد أكبر بكثير من قيمة الإنتروبي في الحالة الصلبة للحديد لأن في الحالة الغازية تكون الجسيمات في حالة عشوائية أكبر</p> <p>*القيمة المتوقعة لإنتروبي الحديد السائل ستكون بين قيمة الإنتروبي للصلب و الغاز</p>																	



الدرس	المسائل الإثرائية	الجواب
الدرس الثالث/ حساب التغير في الأنثروبي	إثرائية ١	أ- تنخفض الإنتروبي بسبب تحول الأكسجين من الحالة الغازية (تتحرك فيها الجزيئات بحرية و عشوائية أعلى) إلى مادة ذائبة (حرة و عشوائية أقل) ب- سالبة
	إثرائية ٢	أ- تزداد الإنتروبي بسبب تكون مادة غازية من مادة صلبة (تزداد العشوائية) ب- موجبة
	إثرائية ٣	أ- تنخفض الإنتروبي بسبب تكون جزيئات غازية بعدد أقل (عشوائية أقل) ب- سالبة
	إثرائية ٤	أ- تنخفض الإنتروبي بسبب تكون جزيئات غازية بعدد أعلى عند عدد جزيئات الغاز في المواد المتفاعلة (عشوائية أقل) ب- زيادة عدد الجزيئات في النواتج عن المتفاعلة - زيادة درجة الحرارة النظام
	إثرائية ٥	أ- $\Delta S^\circ = -543.7 \text{ J / mol.K}$ ب- نعم / تقل الإنتروبي / سالبة / بسبب تناقص عدد الجزيئات الغازية
	إثرائية ٦	C
	إثرائية ٧	d
	إثرائية ٨	d
	إثرائية ٩	C
	إثرائية ١٠	$\Delta S^\circ = -145.3 \text{ J / mol.K}$
	إثرائية ١١	$\Delta S^\circ = +152.1 \text{ J / mol.K}$

الدرس	المسائل الإثرائية	الجواب
الدرس الرابع/ طاقة جيبس الحرة	إثرائية ١	C
	إثرائية ٢	b
	إثرائية ٣	C
	إثرائية ٤	b
	إثرائية ٥	a
	إثرائية ٦	b
	إثرائية ٧	ΔS موجبة والتفاعل تلقائي في درجات الحرارة المرتفعة
	إثرائية ٨	ΔS موجبة والتفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة
	إثرائية ٩	تلقائي $\Delta G^\circ = -33.3 \text{ kJ/mol}$
	إثرائية ١٠	غير تلقائي $\Delta G^\circ = +142.0 \text{ kJ/mol}$
	إثرائية ١١	تلقائي $\Delta G^\circ = -5.65 \text{ kJ/mol}$
	إثرائية ١٢	غير تلقائي $\Delta G^\circ = +8.38 \text{ kJ/mol}$ تشير طاقة جيبس الحرة إلى إمكانية حدوث التفاعل تلقائياً أو غير تلقائي
	إثرائية ١٣	a
	إثرائية ١٤	a
	إثرائية ١٥	a/ +45.4 kJ b/ -14 kJ c/ $T\Delta S^\circ = \Delta H^\circ$ أو $\Delta G = 0$ عند d/ 429.3 K التفاعل تلقائي عند درجة أعلى من هذه الدرجة e/
	إثرائية ١٦	(+)31.55KJ/mol
	إثرائية ١٧	(-)801.42KJ/mol التفاعل تلقائي لأن طاقة جيبس الحرة القياسية سالبة
	إثرائية ١٨	c
	إثرائية ١٩	d
	إثرائية ٢٠	b
	إثرائية ٢١	b