مثال 1

إذا علمت أن قيمة التغيُّر في الانتروبي لتفاعل تلقائي ما (نظام) يساوي: $\Delta S_{system} = -45\ J/K$،

(1) ما قيمة التغيّر في إنتروبي الوسط المحيط بالنظام؟

(2) هل تُظهر القيمة المعطاة في هذا المثال للتغيّر في إنتروبي النظام ازديادًا في الإنتروبي أم انخفاضًا فيها؟

مثال 4

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

$$O_{2(g)} \xrightarrow{H_2O} O_{2(aq)}$$

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

مثال 5

(1) توقَّع ثم فسّر التغيّر في إنتروبي التفاعل الآتي:

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

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

مثال 6

تُستخدم عملية التلامس (contact process) في إنتاج حمض الكبريتيك صناعيًا (H_2SO_4).

خلال هذه العملية، ينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت بحسب التفاعل الآتي:

$$2\ SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ SO_{3(g)}$$

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

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

مثال 7

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

$$C_3H_{8(g)} + 5\ O_{2(g)} \rightarrow 3\ CO_{2(g)} + 4\ H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -2220\ kJ/mol$$

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

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

لكل من الأنظمة الآتية، توقّع هل تزداد الإنتروبي أو تقلّ، محدّدًا إشارة التغيّر في الإنتروبي في كل نظام هل هي موجبة أم سالبة؟ قدّم سببًا منطقيًا لكل توقّع ولكل إشارة للإنتروبي ΔS.

1. تكاثف بخار الماء.
2. تسامي الثلج الجاف $(CO_{2(s)})$
3. $2\ HgO_{(s)} \rightarrow 2\ Hg_{(\ell)} + O_{2(g)}$
4. $AgNO_{3(aq)} + HC\ell_{(aq)} \rightarrow AgC\ell_{(s)} + HNO_{3(aq)}$
5. $4C_3H_5N_3O_{9(l)} \rightarrow 6N_{2(g)} + 12CO_{2(g)} + 10H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$
6. $8SO_{2(g)} + 16H_2S_{(g)} \rightarrow 3S_{8(g)} + 16H_2O_{(g)}$
7. $2\ POC\ell_{3(g)} \rightarrow 2\ PC\ell_{3(g)} + O_{2(g)}$
8. $2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$
9. ذوبان قطعة السكر في كأس الشاي.
10. الأحصنة عند بوابة البداية في سباق ما، والأحصنة بعد مضي 30 ثانية من فتح البوابة.
11. صقران يحلقان باتجاه فرع على شجرة ما، ونفس الصقران وهما واقفان على فرع الشجرة نفسه.

1. أيٌّ من الآتي هو المقياس المرتبط بكمّية الإنتروبي؟
   a. الطاقة الحرارية
   b. الطاقة الحركية
   c. الطاقة الكامنة
   d. العشوائية (عدم الإنتظام)
2. أيٌّ من العلاقات الآتية تعبّر بشكل صحيح عن علاقة الإنتروبي 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. $S_{\text{غاز}} > S_{\text{سائل}} < S_{\text{صلب}}$
3. أيٌّ من الجمل الآتية تعبّر بشكل صحيح عن القانون الثاني للديناميكا الحرارية؟
   a. يجب أن تقل إنتروبي الكون لكل تفاعل تلقائي.
   b. يجب أن تزداد إنتروبي الكون لكل تفاعل تلقائي.
   c. يجب أن تكون إنتروبي الكون محفوظة لكل تفاعل تلقائي.
   d. يمكن أن تزداد إنتروبي الكون أو تقل لكل تفاعل تلقائي.
4. كم يكون مقدار الإنتروبي للوسط المحيط إذا كان التغيّر في إنتروبي النظام +15 J/K؟
   a. أقل من -15 J/K
   b. أقل من +15 J/K
   c. أكبر من -15 J/K
   d. أكبر من +15 J/K
5. هل تزداد الإنتروبي أو تقلّ في التفاعلات الممثّلة بالمعادلات الآتية؟ فسّر إجابتك.
   a. $Co_{(s)} + 2\ H^+_{(aq)} \rightarrow Co^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$
   b. $2\ NO_{(g)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow 2\ NOC\ell_{(g)}$
   c. $PbCO_{3(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + CO_{2(g)}$
   d. $4\ NH_{3(g)} + 5\ O_{2(g)} \rightarrow 4\ NO_{(g)} + 6\ H_2O_{(g)}$

مثال 8

قارن قيَم الإنتروبي المطلقة القياسية للحديد النقي الموجود في الحالتين الصلبة والغازيّة. وضّح سبب الاختلاف بينهما.

حديد، صلب	$Fe_{(s)}$	27.15
حديد، غاز	$Fe_{(g)}$	180.5

مثال 9

(1) احسب التغيُّر في الإنتروبي القياسية (ΔS°) لصدأ الحديد باستخدام قيَم الإنتروبي المطلقة القياسية الموجودة في **الجدول 7-2** وبحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية :

$$4\ Fe_{(s)} + 3\ O_{2(g)} \rightarrow 2\ Fe_2O_{3(s)}$$

(2) هل تتّفق إشارة التغيُّر في الإنتروبي مع ما يمكن توقّعه؟

مثال 10

ينتج عن أكسدة أول أكسيد النيتروجين بواسطة غاز الأكسجين غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يُعدّ عاملًا مؤكسدًا قويًا، ويُستخدم في وقود الصواريخ وإنتاج حمض النيتريك. يُمثّل هذا التفاعُل بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

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

احسب التغيُّر في قيمة الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS^o) لهذا التفاعُل.

مثال 11

يتفكّك مُركّب كربونات الكالسيوم عند تسخينه لينتج أكسيد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون، بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

احسب التغيُّر في قيمة الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS^o) لهذا التفاعُل.

مثال 11

يتفكّك مُركّب كربونات الكالسيوم عند تسخينه لينتج أكسيد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون، بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

احسب التغيُّر في قيمة الإنتروبي المطلقة القياسية (ΔS^o) لهذا التفاعُل.

1. أيٌّ من الجمل الآتية تصف الإنتروبي المطلقة لمادة ما عند درجة حرارة معلومة؟
   a. لا يمكن تحديد الإنتروبي المطلقة لمادة ما عند أية درجة حرارة.
   b. هي التغيُّر في الإنتروبي الذي يحدث لتلك المادة بين درجة حرارة مقدارها 0 K ودرجة الحرارة المعلومة.
   c. هي التغيُّر في الإنتروبي الذي يحدث لتلك المادة بين درجة حرارة مقدارها 273 K ودرجة الحرارة المعلومة.
   d. هي التغيُّر في الإنتروبي الذي يحدث لتلك المادة بين درجة حرارة مقدارها 373 K ودرجة الحرارة المعلومة.

2. أيٌّ من وحدات القياس الآتية تُعدّ وحدة القياس الصحيحة لقيَم الإنتروبي القياسية لمادة ما؟
   a. J.mol/K
   b. J.K/mol
   c. K/J.mol
   d. J/mol.K

3. أيٌّ من الجمل الآتية تعبّر بشكل صحيح عن قيَم المحتوى الحراري (H)، والإنتروبي المطلقة (S)؟
   a. يمكن حساب كلا من قيم المحتوى الحراري (H)، وقيَم الانتروبي المطلقة (S).
   b. لا يمكن حساب أيًّا من قيم المحتوى الحراري (H)، أو قيَم الانتروبي المطلقة (S).
   c. يمكن حساب قيَم المحتوى الحراري (H)، أما قيَم الإنتروبي المطلقة (S) فلا يمكن حسابها.
   d. لا يمكن حساب قيَم المحتوى الحراري (H)، أما قيَم الإنتروبي المطلقة (S) فيمكن حسابها.

4. مستخدمًا **الجدول 7-2**، احسب التغيُّر القياسي في الإنتروبي (ΔS^o) لتكوين بلّورات كلوريد الألومنيوم من عناصرها في حالتها القياسية، والممثلة بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$2A\ell_{(s)} + 3\,C\ell_{2(g)} \rightarrow 2\,A\ell C\ell_{3(s)}$$

5. يمكن إنتاج غاز الإيثان بعملية نزع الهيدروجين (dehydrogenation)من غاز الميثان بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$2\,CH_{4(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} + H_{2(g)}$$

احسب التغيُّر في الإنتروبي القياسي (ΔS^o) لهذا التفاعُل مستخدمًا القيم الواردة في الجدول 7-2.

مثال 13

احسب التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية ($\Delta G°$) عند درجة حرارة 298 K لتفاعل عملية هابر:

$$N_{2(g)} + 3\ H_{2(g)} \rightleftarrows 2\ NH_{3(g)}$$

مع الإشارة إلى أن التغيّرات في المحتوى الحراري ($\Delta H°$) والإنتروبي ($\Delta S°$) هي على التوالي -92.38 kJ/mol و-198.4 J/mol.K. هل هذا التفاعل تلقائي عند 298 K أم غير تلقائي؟

مثال 14

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

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

إذا علمت أن التغيّرات القياسية في المحتوى الحراري ($\Delta H°$) والإنتروبي ($\Delta S°$) هما +206.1 kJ/mol و +215 J/mol.K على التوالي. فهل يكون هذا التفاعل تلقائيًا عند درجة حرارة الغرفة (25°C).

مثال 15

باستخدام طاقة جبس الحرة، بيّن هل العملية الانعكاسية الآتية ستحدث عند كل درجة حرارة معطاة أم لا؟

$$H_2O_{(s)} \rightleftarrows H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = +6017\ J/mol$$

a. 263 K **b.** 273 K **c.** 283 K

1. أيٌّ من المعادلات الآتية هي المعادلة الصحيحة لحساب التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية؟

a. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
b. $\Delta G = \Delta H + T\Delta S$
c. $\Delta G° = \Delta H° - T\Delta S°$
d. $\Delta G° = \Delta H° + T\Delta S°$

2. أيٌّ من التغيّرات الآتية في المحتوى الحراري والإنتروبي يشير إلى التفاعل التلقائي عند جميع درجات الحرارة؟

a. $-\Delta H$ and $-\Delta S$
b. $-\Delta H$ and $+\Delta S$
c. $+\Delta H$ and $-\Delta S$
d. $+\Delta H$ and $+\Delta S$

3. أيٌّ ممّا يأتي هو التوقع الصحيح للتفاعل ذي المحتوى الحراري ΔH = -125 kJ والإنتروبي للتفاعل نفسه هي ΔS = -115 J/K؟

a. التفاعل تلقائي عند جميع درجات الحرارة.
b. التفاعل ليس تلقائيًا عند أية درجة من درجات الحرارة.
c. التفاعل تلقائي فقط عند درجات الحرارة المنخفضة.

4. ماذا يعني أن تكون طاقة جبس 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.

5. احسب التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية عند درجة حرارة 310 K عند إذابة نترات الأمونيوم في الماء الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

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

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

$$2\ NO_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)}$$

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

1. أيٌّ ممّا يأتي هو قياس العشوائية (الفوضى) في النظام؟
   a. الإنتروبي
   b. المحتوى الحراري
   c. درجة الحرارة
   d. الطاقة الكامنة

2. أيٌّ من حالات المادة الآتية ترتبط بأدنى مستوى من الإنتروبي ؟
   a. الغازية
   b. الصلبة
   c. السائلة
   d. البلازما

3. أيٌّ ممّا يأتي يجب أن يكون صحيحًا إذا كان التفاعل الكيميائي يحدث تلقائيًا؟
   a. تزداد إنتروبي الكون.
   b. تتناقص إنتروبي الكون.
   c. تُحفظ إنتروبي الكون.
   d. قد تزيد الإنتروبي أو تقلّ.

4. أيٌّ من العلاقات الآتية تصف القانون الثاني للديناميكا الحرارية وصفًا صحيحًا؟
   a. $\Delta S_{universe} = (\Delta S_{system} - \Delta S_{surr}) > 0$
   b. $\Delta S_{universe} = (\Delta S_{system} + \Delta S_{surr}) < 0$
   c. $\Delta S_{universe} = (\Delta S_{system} + \Delta S_{surr}) > 0$
   d. $\Delta S_{universe} = (\Delta S_{system} + \Delta S_{surr}) = 0$

5. أيٌّ من التفاعلات الآتية يُتوقَّع أن تنخفض فيه الإنتروبي ؟
   a. $Ti_{(s)} + 2\ C\ell_{2(g)} \rightarrow TiC\ell_{4(l)}$
   b. $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2\ H_{2(g)} + O_{2(g)}$
   c. $2\ NH_{3(g)} \rightarrow 3\ H_{2(g)} + N_{2(g)}$
   d. $2C\ell_{2(g)} + 2\ H_2O_{(g)} \rightarrow 4\ HC\ell_{(g)} + O_{2(g)}$

6. أيٌّ ممّا يأتي يُعبّر بشكل صحيح عن الإنتروبي المطلقة؟
   a. يمكن تحديد الإنتروبي المطلقة لأن قيمة إنتروبي المادة تساوي صفرًا عند درجة حرارة 273 K.
   b. لا يمكن تحديد الإنتروبي المطلقة لأنَّ إنتروبي المادة غير محددة عند الصفر المطلق.
   c. لا يمكن تحديد الإنتروبي المطلقة لأن قيمة إنتروبي المادة تساوي صفرًا عند الصفر المطلق.
   d. يمكن تحديد الإنتروبي المطلقة لأن قيمة إنتروبي المادة تساوي صفرًا عند الصفر المطلق.

7. أيٌّ ممّا يأتي سيكون له أكبر إنتروبي مطلقة؟
   a. الذهب الصلب، $Au_{(s)}$
   b. الذهب السائل، $Au_{(l)}$
   c. الذهب الغازي، $Au_{(g)}$
   d. الإنتروبي المطلقة لجميع حالات الذهب الخالص هي صفر.

8. أيٌّ ممّا يأتي هو الترتيب العددي الصحيح لحساب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية؟

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

   a. [130.58 + 245.3] - [198.49]
   b. [198.49] - [130.58 + 245.3]
   c. [2 × 198.49] - [130.58 + 245.3]
   d. [130.58 + 245.3] - [2 × 198.49]

9. أيٌّ ممّا يأتي هو التغيّر في الإنتروبي القياسيّة للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية؟

$$PC\ell_{5(g)} \rightarrow PC\ell_{3(g)} + C\ell_{2(g)}$$

   a. -170.1 J/mol.K
   b. -275.9 J/mol.K
   c. +170.1 J/mol.K
   d. +275.9 J/mol.K

10. أيٌّ ممّا يأتي هو التغيّر في الإنتروبي القياسيّة للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية؟

$$2KC\ell O_{3(s)} \rightarrow 2\ KC\ell_{(s)} + 3\ O_{2(g)}$$

   a. -144.7 J/mol.K
   b. -494.4 J/mol.K
   c. +144.7 J/mol.K
   d. +494.4 J/mol.K

11. أيٌّ ممّا يأتي هو التفسير الصحيح لتفاعل يكون فيه التغيّر في المحتوى الحراري ($+\Delta H$) والإنتروبي ($+\Delta S$)؟
   a. كلٌّ من تغيُّر المحتوى الحراري وتغيُّر الإنتروبي يُفضّل حدوثَه.
   b. لا تغيُّر المحتوى الحراري ولا تغيُّر الإنتروبي يُفضّل حدوثَه.
   c. يُفضّل حدوث تغيُّر في المحتوى الحراري ولا يُفضّل حدوث تغيُّر في الإنتروبي.
   d. لا يُفضّل حدوث تغيُّر في المحتوى الحراري ويُفضّل حدوث تغيُّر في الإنتروبي.

12. أيّة مجموعة من القيم الآتية تشير إلى حدوث تفاعل تلقائي فقط عند درجات حرارة منخفضة؟

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

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

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

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

13. ماذا يعني أن تكون إشارة ΔG سالبة ؟

a. يكون التفاعل في حالة اتّزان.

b. يكون التفاعل تلقائيًا عند جميع درجات الحرارة.

c. لا يكون التفاعل تلقائيًا عند أيّة درجة من درجات الحرارة.

d. يكون التفاعل تلقائيًا فقط عند درجات الحرارة المرتفعة.

14. أيٌّ ممّا يأتي هو التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية لتفاعل عند درجة حرارة 425 K و $\Delta S^\circ = +80.0$ J/K و $\Delta H^\circ = -255$ kJ.

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

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

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

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

15. ما التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية لاحتراق البروبان عند 50°C الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية: $C_3H_{8(g)} + 5\ O_{2(g)} \rightarrow 3\ CO_{2(g)} + 4\ H_2O_{(l)}$

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

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

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

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

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

16. عرّف مصطلح الإنتروبي.

17. ما وحدة الإنتروبي المحتملة؟

18. أيّة حالة من حالات المادة يكون لها إنتروبي أكبر من الحالات الأخرى؟ اشرح إجابتك من حيث ترتيب الجُسَيْمات.

19. وفقًا لقانون الديناميكا الحرارية الثاني، وعندما يحدث تفاعل تلقائي، هل تزداد إنتروبي الكون أم تنقص؟

20. إذا انخفضت قيمة الإنتروبي لتفاعل تلقائي بمقدار 185 J/K. فما التغيّر الذي يجب أن يحدث في إنتروبي المحيط؟

21. ما قيمة التغيّر في الإنتروبي محدّدًا الإشارة والوحدة، لتفاعل تتغيّر فيه الإنتروبي من:

a) 530 J/K إلى 800 J/K؟

b) 720 J/K إلى 552 J/K؟

22. توقع ما إذا كانت إنتروبي التفاعل بين غاز الأمونيا وغاز كلوريد الهيدروجين، والممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية: $NH_{3(g)} + HC\ell_{(g)} \rightarrow NH_4C\ell_{(s)}$، ستزداد أو تتناقص. فسّر إجابتك.

23. توقع ما إذا كانت إنتروبي التفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$2\ CH_3NHNH_{2(g)} + 5\ O_{2(g)} \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + 6\ H_2O_{(g)} + 2\ N_{2(g)}$$

ستزداد أو تتناقص. أعطِ تفسيرًا منطقيًا لإجابتك.

24. ما الإشارة المتوقعة لإنتروبي تفاعل يتم فيه تحويل 2moles من جزيئات غاز على أنه متفاعل إلى 3moles من جزيئات غاز آخر على أنه مادة ناتجة؟

25. عندما يصبح النظام أكثر عشوائية (غير منظم) فما الذي سيحدث للإنتروبي ؟

26. ما قيمة الإنتروبي المطلقة لمادة عند درجة حرارة الصفر المطلق؟

27. اشرح الفرق بين الإنتروبي المطلقة (S) والإنتروبي المطلقة القياسية ($S°$) لمادة معينة.

28. بيّن الطريقة العددية لحساب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية : $Br_{2(g)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow 2\ BrC\ell_{(g)}$.

29. احسب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$Ni_{(s)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow NiC\ell_{2(s)}$$

30. احسب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$2CH_3OH_{(l)} + 3\ O_{2(g)} \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + 4\ H_2O_{(g)}$$

31. احسب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية: $2\ Li_{(s)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow 2\ LiC\ell_{(s)}$. هل إشارة التغيّر في الإنتروبي كما هو متوقع؟ فسّر إجابتك.

32. احسب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$Na_2CO_{3(s)} + 2\ HC\ell_{(aq)} \rightarrow 2\ NaC\ell_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

33. احسب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$N_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightarrow 2\ NH_{3(g)}$$

34. احسب التغيُّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية: $TiC\ell_{4(l)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow TiO_{2(s)} + 4\ HC\ell_{(aq)}$ كيف يمكن تفسير التغيّر السالب في الإنتروبي؟

35. ابحث في الإنتروبي القياسية المطلقة لعنصر المغنيسيوم (Mg) وكلوريد المغنيسيوم الصلب ($MgC\ell_2$) وحدّد بدقّة مكان وجود هذه القيَم. استخدم هذه القيَم لحساب التغيّر في الإنتروبي القياسية للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$Mg_{(s)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow MgC\ell_{2(s)}$$

36. ما قيمة ΔG للتفاعل عند الاتزان؟

37. ما هي إشارات ΔH و ΔS للتفاعل الذي يحدث تلقائيًا فقط عند درجات الحرارة المرتفعة؟

38. احسب التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية عند 400 K. للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$CO_{(g)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow COC\ell_{2(g)}$$

إذا علمت أن ΔS° = +137.3 J/K و ΔH° = -108.6 kJ. فهل يُعدُّ هذا التفاعل تلقائيًا؟ فسّر إجابتك.

39. احسب التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية عند درجة حرارة 38° لتحوّل الماس إلى جرافيت وفق التفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية: $C_{(s,\ diamond)} \rightarrow C_{(s,\ graphite)}$ إذا علمت أن ΔH° = -1.9 kJ و ΔS° = +3.36 J/K. هل يُعدُّ هذا التفاعل تلقائيًا؟

40. احسب التغيّر في طاقة جبس الحرة القياسية عند درجة حرارة 550 K للتفاعل الممثّل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$2Cr_2O_{3(s)} \rightarrow 4\ Cr_{(s)} + 3\ O_{2(g)}$$

إذا علمت أن ΔS° = +587 J / K، ΔH° = +1256.4 kJ فهل يُعدُّ هذا التفاعل تلقائيًا؟

41. قم بإعداد جدول بيانات Excel لحساب قيم ΔG° عندما يتم إدخال قيم ΔH° و T و ΔS°. قم بإجراء عملية حسابية واحدة على الأقل.

1-7	القانون الثاني للديناميكا الحرارية	ΔS	التغيّر في الإنتروبي (J/K).

$$\Delta S_{universe} = \left(\Delta S_{system} + \Delta S_{surroundings}\right) > 0$$

4-7	قانون هسّ للإنتروبي	ΔS°	التغيُّر في الإنتروبي القياسي (J/mol.K)
		n, m	معاملات المعادلة الكيميائية
		S°	قيَم الإنتروبي المطلقة للمواد الناتجة، والمُتفاعِلة (J/mol.K)

$$\Delta S^\circ = \sum\left(n \times S^\circ_{\text{للمواد الناتجة}}\right) - \sum\left(m \times S^\circ_{\text{للمواد المتفاعلة}}\right)$$

5-7	طاقة جبس الحرة	ΔG°	طاقة جبس الحرة (kJ /mol)
		ΔH°	التغيُّر في المحتوى الحراري القياسي (kJ /mol)
		T	درجة الحرارة المطلقة (K)
		ΔS°	التغيُّر في الإنتروبي القياسي(J/mol.K)

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$