Scanned by CamScanner

أولاً: تعريف التفاعل المتوازن:

هو تفاعل عكوس وغير تام ويُمثّل بمعادلة ذات اتّجاهين متعاكسين. $aA_{(g)} + bB_{(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} cC_{(g)} + dD_{(g)}$

ثانياً: حالة التوازن الكيميائي – التفاعلات العكوسة:

هي تفاعلات لا تستمر في اتجاه واحد حتى تكتمل أي أنّ المواد المتفاعلة لا تُستهلك استهلاكاً تامّاً، إنما تتفاعل النّواتج لتكوين المواد المتفاعلة في نفس الشّروط.

التجمع التعليمي

أمثلة:

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

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

ثالثاً: المفهوم الحركي للتوازن الكيميائي:

سؤال: ليكن لدينا التّفاعل المتوازن الآتي: $A_{(g)} + B_{(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} C_{(g)} + D_{(g)}$ **والمطلوب:**

❶ بيّن كيف تتغيّر تراكيز كل من المواد المتفاعلة والنّاتجة في التّفاعل المتوازن.

❷ اكتب العلاقة بين سرعتي التّفاعل المباشر (1) والعكسي (2) عند ثبات التّراكيز.

❸ ماذا نسمّي الحالة التي تثبت فيها تراكيز المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة.

❹ ارسم مخطّطاً بيانيّاً يوضّح: **a)** تغيّر سرعتي التفاعل المباشر والعكسي بدلالة الزّمن.

b) تغيّر تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة بدلالة الزّمن.

الجواب:

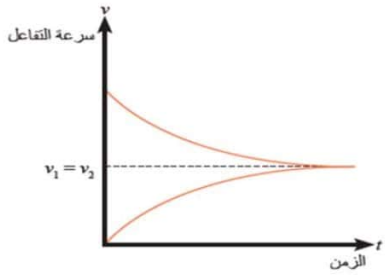
❶ **في بداية التّفاعل:** تكون تراكيز المواد المتفاعلة كبيرة و أعظميّة أي أنّ سرعة التّفاعل المباشر كبيرة و أعظميّة، في حين تكون تراكيز المواد النّاتجة معدومة أي أنّ سرعة التّفاعل العكسي معدومة.

وبمرور الزّمن: تنقص تراكيز المواد المتفاعلة (تُستهلك) فتنقص سرعة التّفاعل المباشر، وتزداد تراكيز المواد النّاتجة (تتكوّن) فتزداد سرعة التّفاعل العكسي حتى تتساوى السّرعتان فنصل إلى حالة التّوازن الذي يُدعى **توازن حركي (علّل)** لأنّ التّفاعلين المباشر والعكسي لا يتوقّفان عند حدوث التّوازن.

❷ ثبات التّراكيز يدل على تساوي سرعتي التّفاعلين: المباشر (1) والعكسي (2) أي أنّ: $(v_1 = v_2)$.

❸ تُسمّى **حالة التّوازن** وهي الحالة التي **تثبت** فيها تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة وتكون عندها سرعة التّفاعل المباشر **تساوي** سرعة التّفاعل العكسي $(v_1 = v_2)$.

❹



a) تغيّر سرعتي التّفاعل المباشر والعكسي بدلالة الزّمن

b) تغيّر تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة بدلالة الزّمن

Scanned by CamScanner

سابعاً: العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

- يلجأ الكيميائيّون إلى زيادة مردود بعض التّفاعلات المتوازنة مثل: زيادة كميّة النّشادر النّاتج في التّفاعل الآتي:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)}$ بحدوث بعض التغيّرات مثل تغيّر التّراكيز أو الضّغوط الجزئيّة أو تغيّر درجة حرارة التّفاعل.

- درس **العالم لوشاتوليه** التغيّرات التي تُؤثّر في حالة التّوازن الكيميائي، **وتنص قاعدة لوشاتوليه** على أنّه:

إذا حدث تغيّر في أحد العوامل المؤثّرة في جملة كيميائيّة متوازنة مثل: التّركيز أو الضّغط أو درجة الحرارة يختل التّوازن فيُرجّح التّفاعل بالاتّجاه الذي يُعاكس فيه هذا التغيّر.

❶ تأثير تغير التراكيز:

- عند **زيادة** تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التّوازن، فيُرجّح التّفاعل بالاتجاه الذي **يُنقص** فيه تركيز هذه المادة.
- عند **نقصان** تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التّوازن، فيُرجّح التّفاعل بالاتجاه الذي **يزداد** فيه تركيز هذه المادة.

تطبيق (3): نشاط 5 صفحة 68 في الكتاب

يحدث التّفاعل المتوازن الآتي في شروط مناسبة: $CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightleftarrows CO_{2(g)} + NO_{(g)}$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغيّر / التأثير على	حالة التوازن	كميّات المواد المتفاعلة	كميّات المواد النّاتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة كميّة NO_2	يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر	تقل	تزداد	لا تتغيّر
نقصان كميّة NO_2	يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسي	تزداد	تقل	لا تتغيّر
زيادة كميّة CO_2	يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسي	تزداد	تقل	لا تتغيّر
نقصان كميّة CO_2	يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر	تقل	تزداد	لا تتغيّر

❷ تأثير تغير الضغط:

- عند **زيادة** الضّغط يختل التّوازن، فيُرجّح التّفاعل بالاتّجاه الذي يحوي عدد مولات غازيّة **أقل**.
- عند **نقصان** الضّغط يختل التّوازن، فيُرجّح التّفاعل بالاتّجاه الذي يحوي عدد مولات غازيّة **أكثر**.

تطبيق (4):

لديك التّفاعل المتوازن الآتي: $2\,A_{(g)} \rightleftarrows B_{(g)}$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغيّر / التأثير على	حالة التوازن	كميّات المواد المتفاعلة	كميّات المواد النّاتجة	قيمة ثابت التوازن
نقصان الضّغط	يُرجّح التّفاعل بالاتجاه العكسي	تزداد	تقل	لا تتغيّر
زيادة الضّغط	يُرجّح التّفاعل بالاتجاه المباشر	تقل	تزداد	لا تتغيّر

ملاحظة: لا يؤثّر تغيّر الضّغط في حالة التّوازن إذا كان عدد المولات الغازيّة متساوياً في طرفي المعادلة كما في التّفاعل المتوازن الآتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$

Scanned by CamScanner

❸ تأثير تغير درجة الحرارة:

- عند **رفع** درجة الحرارة يختل التّوازن، فيُرجّح التّفاعل بالاتّجاه **الماص** للحرارة.
- عند **خفض** درجة الحرارة يختل التّوازن، فيُرجّح التّفاعل بالاتّجاه **الناشر** للحرارة.

ولمعرفة الاتّجاه النّاشر والماص للحرارة ننظر إلى قيمة ΔH للتفاعل:

أ) إذا كانت قيمة $\Delta H > 0$ (**موجبة**) فإنّ التفاعل المباشر **ماص** للحرارة

ب) إذا كانت قيمة $\Delta H < 0$ (**سالبة**) فإنّ التفاعل المباشر **ناشر** للحرارة.

التجمع التعليمي

❋ تأثير درجة الحرارة على قيمة ثابت التوازن:

- عندما يُرجّح التّفاعل **المباشر** بتأثير تغيّر درجة الحرارة **تزداد** قيمة ثابت التوازن بسبب زيادة كميّة المواد النّاتجة ونقصان كميّة المواد المتفاعلة.
- عندما يُرجّح التّفاعل **العكسي** بتأثير تغيّر درجة الحرارة **تنقص** قيمة ثابت التوازن بسبب نقصان كميّة المواد النّاتجة وزيادة كميّة المواد المتفاعلة.

تطبيق (5): تطبيق 4 صفحة 71 في الكتاب

يحدث التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$2SO_{3(g)} \rightleftarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = +198\ kJ$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

المتغيّر / التأثير على	حالة التوازن	كميّات المواد المتفاعلة	كميّات المواد النّاتجة	قيمة ثابت التوازن
رفع درجة الحرارة	يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر لأنه الاتّجاه الماص للحرارة.	تقل	تزداد	تزداد
خفض درجة الحرارة	يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسي لأنه الاتّجاه النّاشر للحرارة.	تزداد	تقل	تقل

تطبيق (6): نشاط 11 صفحة 70 في الكتاب

لديك التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$[Co(H_2O)_6]^{+2}_{(aq)} + 4\ Cl^-_{(aq)} \rightleftarrows [CoCl_4]^{-2}_{(aq)} + 6\ H_2O_{(\ell)} \quad \Delta H > 0$$

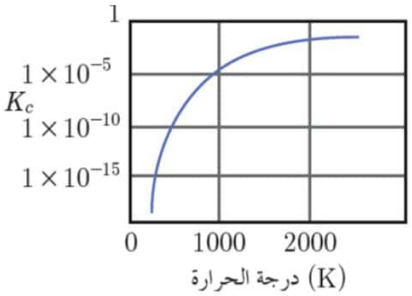
(وردي) (أزرق)

المتغيّر / التأثير على	حالة التوازن	كميّات المواد المتفاعلة	كميّات المواد النّاتجة	قيمة ثابت التوازن
رفع درجة الحرارة	يُرجّح التّفاعل بالاتجاه المباشر لأنّه الاتّجاه الماص للحرارة.	تقل	تزداد	تزداد
خفض درجة الحرارة	يُرجّح التّفاعل بالاتجاه العكسي لأنّه الاتّجاه النّاشر للحرارة.	تزداد	تقل	تقل

Scanned by CamScanner

سؤال: ثالثاً رقم 2 صفحة 81 في الكتاب

يُمثّل المنحني البياني الآتي قيم مختلفة لثابت التّوازن (K_c) بدلالة درجة الحرارة.



$$\frac{1}{2}\,N_{2(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightleftarrows NO_{(g)}$$

المطلوب: بيّن فيما إذا كان التّفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة.

الجواب:

يتبيّن من المنحني البيانيّ أنه بازدياد درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التّوازن، أيّ أنّ التّفاعل يُرجّح بالاتّجاه المباشر وبالتالي يكون التّفاعل ماص للحرارة.

❹ تأثير الحفاز:

عند إضافة حفّاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التّفاعل المباشر والعكسي بالمقدار ذاته، أي أنّ الحفّاز يسرّع الوصول إلى حالة التّوازن **ولا** يؤثّر في قيمة ثابت التّوازن.

تطبيق (7): ثالثاً صفحة 77 في الكتاب

لديك التّفاعل المتوازن الآتي:

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H < 0$$

المطلوب:

❶ اكتب عبارة ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز، ثمّ بدلالة الضّغوط الجزئيّة.

❷ اكتب العلاقة التي تربط بين K_c و K_p لهذا التّفاعل.

❸ بيّن تأثير خفض درجة الحرارة على حالة التّوازن مع التّفسير.

❹ بيّن تأثير إضافة حفّاز على حالة التّوازن وقيمة ثابت التّوازن.

الحل:

❶

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2.[O_2]}$$

$$K_P = \frac{P^2_{(NO_2)}}{P^2_{(NO)}.P_{(O_2)}}$$

❷

$$K_p = K_c(R.T)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1 = 2 - 3 = -1$$

$$K_p = K_c(R.T)^{-1}$$

❸ يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر لأنّه الاتّجاه النّاشر للحرارة.

❹ لا يؤثّر إضافة حفّاز على حالة التّوازن وقيمة ثابت التّوازن، وإنّما يسرّع الوصول إلى حالة التّوازن.

أسامة الحصري
التجمع التعليمي BAK111@

Scanned by CamScanner