

العُمرية في الكيمياء

الملخص الشامل للمنهاج
ما عدا العضوية

OMAR
ALMOSTAFA

تَبَيَّنَ أَنَّ خَلِيطًا مِنَ السَّعَادَةِ وَالْحَزَنِ
قَدْ يُنْجِ لَنَا مَحَلُولًا جَدِيدًا مِنَ الْأَمَلِ

المدرس: عمر مصطفى



0968114089

التعاليل الهامة:

10) التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تكون سريعة.

لأن عدد الجزيئات التي تملك طاقة تنشيط يكون كبيراً

11) التفاعلات التي تحتاج على طاقة تنشيط كبيرة تكون بطيئة.

لأن عدد الجزيئات التي تملك طاقة التنشيط يكون صغيراً

12) احتراق البوتان أسرع من احتراق الأوكتان.

لأن عدد الروابط في البوتان أقل من عدد الروابط في الأوكتان.

13) علل تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة

بسبب زيادة عدد الجزيئات التي تملك طاقة حركية أكبر أو تساوي طاقة التنشيط وبالتالي يزداد عدد التصادمات الفعالة.

14) تزداد سرعة التفاعل بزيادة تراكيز المواد المتفاعلة.

بسبب ازدياد عدد الجزيئات فيزداد عدد التصادمات الفعالة.

15) المواد الصلبة والسائلة ذات تركيز ثابت:

لأن تغير عدد المولات يؤدي على تغير الحجم فتبقى نسبة عدد المولات إلى الحجم ثابتة.

16) تركيز المواد الصلبة والسائلة التي تلعب دور مذيب لا تدخل في علاقة سرعة التفاعل.

لأن تراكيزها تبقى ثابتة.

17) احتراق مسحوق الفحم أسرع من احتراق قطعة فحم مماثلة بالكتلة.

لأن تفاعل سطح تماس مسحوق الفحم مع أكسجين الهواء أكبر

18) تراكيز المواد الصلبة والسائلة (التي تلعب دور مذيب) لا تظهر في عبارة ثابت التوازن.

لأن تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميتها.

19) يعد التوازن في التفاعلات الكيميائية توازن حركي.

لأنه عند حدوث التوازن تتساوى سرعتي التفاعل المباشر والعكسي وتثبت تراكيز المواد المتفاعلة والنواتجة

1) يُعد النيوترون أفضل قذيفة نووية.

لأنه جسيم نووي متعادل كهربائياً.

2) إطلاق النواة الالكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا.

بسبب تحول نيوترون إلى بروتون يستقر داخل النواة فيطلق جسيم بيتا خارج النواة.

3) إطلاق النواة للبويزترون.

بسبب تحول بروتون إلى نيوترون مستقر داخل النواة، فينطلق بويزترون خارج النواة

4) كتلة نواة العنصر أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرة.

بسبب النقص في الكتلة الذي يتحول لطاقة منتشرة،

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

حيث: ΔE : الطاقة المنتشرة (وهي سالبة دوماً)

Δm : النقصان في كتلة (Kg) $\Delta m = m_2 - m_1 < 0$

m_2 : كتلة النواة

m_1 : مجموع كتل مكونات النواة (نيوترونات وبروتونات)

وهي حرة

c : سرعة انتشار الضوء ($c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$)

5) يرافق تفاعلات الاندماج النووي انطلاق طاقة هائلة /

كتلة النواة الناتجة عن الاندماج أصغر من مجموع كتل النوى المندمجة.

نتيجة النقص في الكتلة الذي يتحول إلى طاقة

6) عدم تأثر أشعة غاما بالحقل الكهربائي:

لأنها أمواج كهرومغناطيسية عديمة الشحنة.

7) تأثر كل من جسيمات الفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائي:

لأن كل منهما يحمل شحنة كهربائية.

8) يهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز

نتيجة تباعد الجزيئات.

9) لا يتغير متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الغاز بمرور الزمن.

لأن الطاقة تنتقل بين الجزيئات من خلال التصادمات

بشرط بقاء درجة الحرارة ثابتة.

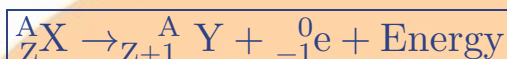
- (20) عند إضافة حفّاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التفاعل المباشر والعكسي بالمقدار نفسه أي (يسرع الوصول إلى حالة التوازن)
- لأنه يزيد من سرعة التفاعل المباشر والعكسي بالمقدار نفسه، ولا يؤثر على قيمة ثابت التوازن
- (21) لا تستهلك المواد المتفاعلة كلياً في التفاعلات المتوازنة
- لأن المواد الناتجة تتفاعل وتعطي مواد متفاعلة في شروط التفاعل نفسه.
- (22) إضافة حفاز يسرع الوصول إلى حالة التوازن
- لأنه يزيد من سرعة التفاعل المباشر والعكسي بالمقدار ذاته
- (23) في التفاعل الماص للحرارة تقل قيمة ثابت التوازن عند خفض درجة الحرارة
- لأن التوازن يرجح بالاتجاه الناشر العكسي فيزداد المقام (المتفاعل) وينقص البسط (الناتج) فيقل الثبات
- (24) في التفاعل الناشر للحرارة تقل قيمة ثابت التوازن عند زيادة درجة الحرارة.
- بسط \rightarrow مقام (زيادة يعني موجب) لأن التوازن يرجح بالاتجاه العكسي الماص فيزداد المقام (متفاعل) وينقص البسط (ناتج) فيقل الثابت.
- (25) يحترق البروبان بسرعة أكبر من البنات في شروط متماثلة.
- لأن عدد روابط البروبان أقل من عدد روابط البناتان.
- (26) بعض التصادمات ينتج عنها تفاعل كيميائي وليس جميعها.
- لأن هناك تصادمات فعالة وأخرى غير فعالة.
- (27) الأملاح لها صفة قطبية.
- لأنها تتألف من جزأين:
- جزء أساسي موجب: أيون معدني أو جذر الأمونيوم.
- جزء حمضي سالب: أيون لا معدني أو جذر حمضي.
- (28) ذوبان الملح الناتج عن حمض قوي وأساس قوي لا يُعدّ حلمة.
- لأن أيونات هذا الملح حيادية لا تتحلّمه لأن الحلمة تتم على الشق الضعيف فقط.
- (29) ذوبان ملح نترات البوتاسيوم بالماء لا يُعدّ حلمة.
- لأن أيونات هذا الملح قوية حيادية لا تتحلّمه.
- (30) أملاح الصوديوم جيدة الذوبان بالماء
- لأن قوى التجاذب بين أيونات هذه الأملاح أضعف من قوى التجاذب بين جزيئات الماء وأيونات الأملاح.
- (31) ملح كرومات الفضة قليل الذوبان بالماء
- لأن قوى التجاذب بين أيونات هذه الأملاح أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الماء وأيونات الأملاح.
- (32) يعتبر محلول كربونات الصوديوم محلولاً قياسياً أكثر دقة من محلول هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم.
- لأن هيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم يمتصان الماء وهما في حالتهما الصلبة مما يتعذر الحصول على وزن دقيق من المادة.
- (33) نقطة نهاية المعايرة لحمض الخل مع هيدروكسيد الصوديوم $pH \approx 9$
- بسبب وجود أيونات الخلايا التي تسلك سلوك أساس ضعيف.
- (34) لا يمكن تحديد نقطة نهاية المعايرة بدقة عند استعمال أحمر الميتيل مشعراً لمعايرة حمض بأساس قوي؟
- لأن نقطة نهاية المعايرة لا تقع ضمن مجال هذا المشعر.
- (35) تكون قيمة $pH < 7$ عند معايرة أساس ضعيف بحمض قوي.
- لأن المحلول الناتج يحتوي على أيونات تسلك سلوك حمض ضعيف.
- (36) يعتبر أزرق بروم التيمول مشعراً مناسباً عند معايرة حمض قوي بأساس قوي:
- لأن pH نهاية المعايرة تقع ضمن مجال المشعر 6 – 7.6
- (37) استخدام أحد المشعرات (حمض، أساس) في معايرة التعديل.
- لتحديد نقطة نهاية المعايرة.
- (38) عند معايرة حمض النمل بهيدروكسيد الصوديوم يكون الوسط عند نهاية المعايرة أساسياً.
- بسبب وجود أيون النملات الذي يسلك سلوك أساس ضعيف.

النوية

أهم الأفكار والنقاط:

نيوترون	بروتون	جسيم بيتا	جسيم ألفا	بوزيترون
${}^1_0\text{n}$	${}^1_1\text{H}$ أو ${}^1_1\text{p}$	${}^0_{-1}\text{e}$ أو ${}^0_{-1}\beta$	${}^4_2\text{He}$ أو ${}^4_2\alpha$	${}^0_{+1}\text{e}$ أو ${}^0_{+1}\beta$

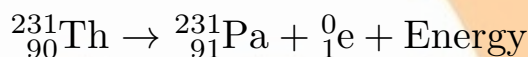
التحول من النوع بيتا:



يعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة العامة:

تطبيق (1):

تتحول نواة الثوريوم ${}^{231}_{90}\text{Th}$ إلى نواة البروتكتينيوم ${}^{231}_{91}\text{Pa}$ تلقائياً، اكتب المعادلة النووي المعبرة عن التفاعل، وحدد نوعه.



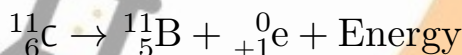
التحول من النوع بوزيترون:



يعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة العامة:

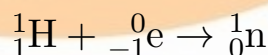
تطبيق (2):

تتحول نواة الكربون المشع ${}^{11}_6\text{C}$ إلى نواة البور المستقر بإطلاقها بوزيترون، اكتب المعادلة المعبرة عن هذا التحول

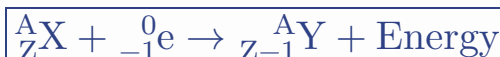


الأسر الإلكتروني:

يحدث في النوى الواقعة تحت حزام الاستقرار، لا يملك طاقة كافية لإطلاق بوزيترون، حيث تلتقط النواة الكترونات من السحابة الالكترونية المحيطة بها ليرتبط ببروتون فيتشكل نيوترون، وفق المعادلة:

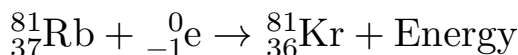


يعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة العامة:



تطبيق (3):

تتحول نواة الروبيديوم Rb إلى نواة الكريبتون ${}^{81}_{36}\text{Kr}$ عندما تأسر أحد الكترونات السحابة الالكترونية المحيطة بها، اكتب هذه المعادلة المعبرة عن التفاعل



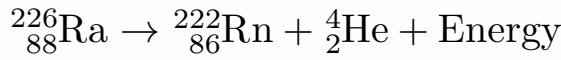
التحول من النوع ألفا:

يحدث في النوى التي يزيد عددها الذري عن 83 ، حيث تطلق جسيمات ألفا، معادلته العامة:



تطبيق (4):

تتحول نواة الراديوم ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ إلى نواة الرادون Rn بإطلاقها جسيم ألفا، اكتب المعادلة المعبرة عن التحول



أشعة غاما γ	جسيمات بيتا β	جسيمات ألفا α	
أمواج كهرومغناطيسية طاقتها عالية جداً	الكترونات عالية السرعة ${}_{-1}^0\text{e}$	تطابق نواة الهيليوم ${}_2^4\text{He}$	الطبيعية
ليس لها كتلة	تساوي كتلة الإلكترون	تساوي أربعة أضعاف كتلة الهيدروجين العادي	الكتلة
لا شحنة كهربائية لها	تحمل شحنة سالبة	تحمل شحنتين موجبتين	الشحنة
أقل قدرة على تأيين الغازات من بيتا	أقل قدرة تأيين من جسيمات α	تأين الغازات التي تمر بها	تأيين الغازات
تساوي سرعة الضوء $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$	$0.9c$ قريبة من سرعة الضوء	سرعتها $0.05c$ حيث c سرعة الضوء	السرعة
نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات بيتا	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات الفا	نفوذيتها ضعيفة	النفوذية
لا تتأثر	تنحرف نحو اللبوس الموجب	تنحرف نحو اللبوس السالب	التأثر بالحقل الكهربائي
لا تتأثر	تنحرف بتأثير قوة لورنز عكس جهة جسيمات ألفا	تنحرف بتأثير قوة لورنز	التأثر بالحقل المغناطيسي

تطبيق (1):

تتحول نواة اليورانيوم المشع ${}_{92}^{238}\text{U}$ إلى نواة الرصاص المستقر ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ وفق سلسلة نشاط إشعاعي ممثل بالمعادلة:



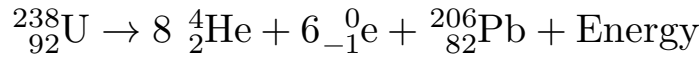
المطلوب:

- احسب عدد التحولات من النوع ألفا (x) وعدد التحولات من النوع بيتا (y) التي يقوم بها لكي يستقر.
- اكتب المعادلة النووية الكمية

$$238 = 4x + y(0) + 206 \Rightarrow 4x = 32 \Rightarrow x = 8$$

$$92 = 2x - y + 82 \Rightarrow 92 = 2(8) - y + 82 \Rightarrow y = 6$$

المعادلة الكلية:



■ طاقة الارتباط:

هي الطاقة اللازمة لفصل النواة إلى مكوناتها من بروتونات ونيوترونات وهي حرة

مسألة: إذا علمت أن كتلة نواة الهيليوم $m_2 = 6.4024 \times 10^{-27} \text{Kg}$ وأن كتلة البروتون $1.6726 \times 10^{-27} \text{Kg}$ وأن كتلة النيوترون $1.6749 \times 10^{-27} \text{Kg}$ ، المطلوب:

① كتلة مكونات النواة

② مقدار النقص في كتلة النواة

③ الطاقة المنتشرة أثناء تكل نواة الهيليوم علماً أن سرعة الضوء $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

④ طاقة الارتباط لنواة الهيليوم

${}^4_2\text{He}$ بروتون (2) ونيوترون (2)

① كتلة المكونات الحرة:

$$m_1 = 2 \times (1.6726 \times 10^{-27}) + 2 \times (1.6749 \times 10^{-27}) = 6.695 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

كتلة النيوترونات عدد النيوترونات كتلة البروتون عدد البروتونات

② $\Delta m = m_2 - m_1 = 6.4024 \times 10^{-27} - 6.695 \times 10^{-27} = -0.2926 \times 10^{-27} \text{ Kg}$

③ $E = \Delta m \times c^2 = -0.2926 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = -2.6334 \times 10^{-11} \text{ J}$

④ $+2.6334 \times 10^{-11} \text{ J} = \text{طاقة الارتباط تساوي الطاقة المنتشرة، ولكن تعاكسها بالإشارة طاقة الارتباط}$

مسألة: إذا علمت أن الشمس تشع طاقة مقدارها $38 \times 10^{27} \text{ J}$ في كل ثانية، المطلوب حساب:

① مقدار النقص في كتلة الشمس خلال يوم.

② مقدار النقص في كتلة الشمس خلال 3 hours

③ علماً أن سرعة انتشار الضوء $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

ملاحظة: كلمة تشع يعني تخسر يعني سالبة دوماً

التحويل: يوم = 24 ساعة = 24 × 60 دقيقة = 24 × 60 × 60 ثانية

① خلال يوم واحد:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow -38 \times 10^{27} \times 24 \times 60 \times 60 = \Delta m (3 \times 10^8)^2$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{-38 \times 10^{27} \times 24 \times 60 \times 60}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{-38 \times 10^{27} \times 24 \times \frac{20}{60} \times \frac{20}{60}}{3 \times 3 \times 10^{16}} = -3648 \times 10^{13} \text{ Kg}$$

② خلال 3 ساعات:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{-38 \times 10^{27} \times 3 \times 60 \times 60}{3 \times 3 \times 10^{16}} = -456 \times 10^{13} \text{ Kg}$$

■ عمر النصف للمادة المشعة $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لتحويل نصف عدد نوى النظير المشع وفق نشاط إشعاعي محدد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية.

$$t_{1/2} = \frac{t}{n}$$

يحسب عمر النصف للمادة المشعة من العلاقة:

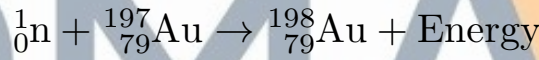
التفاعلات النووية:

■ الالتقاط:

تلتقط النواة القذيفة التي قذفت بها دون أن تنقسم.

◆ تطبيق:

عند قذف نواة الذهب النظير غير المشع $^{197}_{79}\text{Au}$ بنيوترون تتحول إلى نواة الذهب النظير المشع، اكتب المعادلة المعبرة.

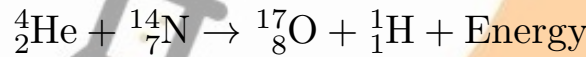


■ التطافر:

يحدث عندما تتحول النواة المقذوفة بجسيم إلى عنصر جديد مطلقة جسيم آخر.

◆ تطبيق:

عند قذف نواة النيتروجين بجسيم الفا تتحول إلى نواة الأوكسجين مطلقة بروتون، اكتب المعادلة:

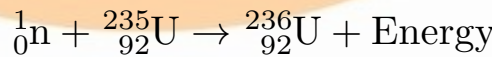


■ الانشطار النووي:

تفاعل نووي تنشط فيه نواة ثقيلة لتعطي نواتين متوسطتي الكتلة مع انطلاق طاقة هائلة.

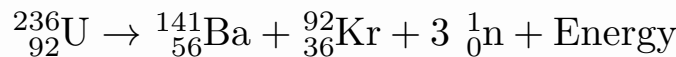
◆ تطبيق:

عند قذف نواة اليورانيوم النظير $^{235}_{92}\text{U}$ بنيوترون بطيء تلتقط النواة النيوترون وفق:



◆ تطبيق:

تنشط نواة اليورانيوم $^{236}_{92}\text{U}$ إلى نواتين متوسطتي الكتلة، وينطلق نيوترونات سريعة وفق:

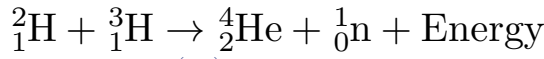


■ الاندماج النووي:

تندمج نواتان خفيفتان لتتشكل نواة أفقر

◆ تطبيق:

تندمج نواتا نظيري الهيدروجين الديتريوم ^2_1H والترتيوم ^3_1H لينتج نواة الهليوم ونيوترون، اكتب المعادلة



مسألة: تتحول نواة اليود المشع ${}^{131}_{53}\text{I}$ إلى نواة الكزنيون $(\)\text{Xe}$ مطلقاً جسيم بيتا عند معالجة مرض سرطان الغدة

الدرقية بجرعة منه، فإذا كان عمر النصف لليود 8 days ، المطلوب:

① اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التفاعل



② احسب النسبة المتبقية من اليود المشع بعد 24 days

$$n = \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{24}{8} = 3 \Rightarrow 1 \xrightarrow{(1)} \frac{1}{2} \xrightarrow{(2)} \frac{1}{4} \xrightarrow{(3)} \frac{1}{8}$$

أي أن النسبة المتبقية من اليود المشع تساوي $\frac{1}{8}$

③ احسب النسبة المتفككة من اليود المشع بعد 32 days

$$n = \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{32}{8} = 4 \Rightarrow 1 \xrightarrow{(1)} \frac{1}{2} \xrightarrow{(2)} \frac{1}{4} \xrightarrow{(3)} \frac{1}{8} \xrightarrow{(4)} \frac{1}{16}$$

النسبة المتفككة تساوي $1 - \frac{1}{16} = \frac{15}{16}$

المسألة الثانية: احسب عمر النصف لعنصر مشع في عينة منه، إذا علمت أن الزمن اللازم ليصبح عدد النوى المشعة في تلك العينة $\frac{1}{16}$ مما كان عليه يساوي 480 سنة.

$$t = t_{1/2} \times n \Rightarrow 1 \xrightarrow{(1)} \frac{1}{2} \xrightarrow{(2)} \frac{1}{4} \xrightarrow{(3)} \frac{1}{8} \xrightarrow{(4)} \frac{1}{16} \Rightarrow n = 4, t = 480$$

$$\Rightarrow t_{1/2} = \frac{480}{4} = 120 \text{ years}$$

الغازات

■ صفات الغاز المثالي

- (1) انعدام قوى التجاذب بين جزيئاته.
- (2) حجم جزيئات الغاز مهملة بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويه.
- (3) التصادمات بين جزيئات الغاز هي تصادمات مرنة.
- (4) تتحرك جزيئات الغاز حركة عشوائية.

$$(5) \text{ في عينة يكون قانون الغازات: } \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

◆ تطبيق:

احسب ضغط عينة من غاز النيتروجين عدد جزيئاتها 3.011×10^{23} من حوجله حجمها 3 L عند الدرجة 27°C مع العلم أن $R = 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ وعدد أفوغادرو 6.022×10^{23} .

كل 6.022×10^{23} تساوي 1 mol

كل 3.011×10^{23} تساوي n mol $\Leftarrow n = 0.5$ mol

$$n = \frac{\text{عدد الجزيئات}}{\text{عدد أفوغادرو}} = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\Rightarrow P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{5 \times 10^{-1} \times 8314 \times 10^{-3} \times 300}{3 \times 10^{-3}} = 50 \times 8314 = 4157 \times 10^2 \text{ Pa}$$

■ قانون بويل (العلاقة بين حجم الغاز وضغطه):

- عندما يزداد الضغط المطبق على الغاز ينقص حجمه، ويكون الضغط المطبق مساوي لضغط الغاز.
- عدد مولات الغاز يبقى ثابتاً عند ضغطه.

نستنتج: جداء عينة من غاز في ضغطه مقدار ثابت عند درجة حرارة ثابتة.

$$P \cdot V = \text{const} \Rightarrow P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{const}$$

◆ تطبيق:

تنطلق عينة من غاز NO_2 حجمها 1.5 L عند الضغط $5.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ ، احسب حجم هذه العينة عندما يصبح ضغطها $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ بثبات درجة الحرارة.

$$V_1 = 1.5 \text{ L}, P_1 = 56 \times 10^3 \text{ Pa}, V_2 = ?, P_2 = 1.5 \times 10^4$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2} = \frac{56 \times 10^3 \times 1.5}{1.5 \times 10^4} = 56 \times 10^{-2} \text{ L}$$

■ قانون شارل (العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة):

نتيجة: نسبة حجم عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدره بالكلفن ثابتة عند ضغط ثابت.

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const}$$
 يتناسب حجم عينة من غاز (V) طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات الضغط.

◆ تطبيق:

يبلغ حجم عينة غاز 2.88 L عند درجة حرارة 15°C والضغط ثابت، احسب الحجم الذي تشغله هذه العينة عند درجة حرارة 27°C .

$$V_1 = 2.88 = 288 \times 10^{-2} \text{ L}, T_1 = 288 \text{ K}, V_2 = ?, T_2 = 300 \text{ K}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = 3 \text{ L}$$

■ قانون غاي-لوساك (العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة):

- نلاحظ زيادة الضغط لعينة من الغاز بزيادة درجة الحرارة عند حجم ثابت.
- نسبة ضغط عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدره بالكلفن ثابتة عند حجم ثابت.

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

يتناسب ضغط عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات الحجم.

$$\frac{P}{T} = \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{const}$$

◆ تطبيق:

علبة معدنية تحوي غاز البوتان، ضغطه 360 KPa عند درجة حرارة 27 °C ، احسب قيمة الضغط الجديد للغاز إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 47 °C (بإهمال تمدد العلبة) ← (يعني الحجم ثابت)

$$\begin{matrix} P_1 = 360 \text{ KPa} & , & T_1 = 300 \text{ K} \\ P_2 = ? & & T_2 = 320 \text{ K} \end{matrix} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} = 384 \text{ Kpa}$$

■ العلاقة بين عدد مولات الغاز n وحجمه V (قانون أفوغادرو):

- نستخدمه عند درجة حرارة وضغط ذاتهم.
- حجم مول واحد من أي غاز في الشرطين النظاميين $P = 1 \text{ atm}$, $T = 0^\circ \text{C}$ يساوي 22.4 L
- يشغل مول واحد من أي غاز الحجم ذاته في الشروط المتماثلة من ضغط وحرارة ويدعى الحجم المولي V_{mol}
- قانون أفوغادرو:

$$V = V_{\text{mol}} \times n$$

ملاحظة: إذا تحول غاز إلى غاز مع بقاء الشروط ثابتة

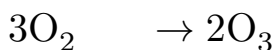
$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \text{const}$$

◆ تطبيق:

عينة من غاز الأكسجين، حجمها 6 L، عدد مولاتها 0.3 mol عند الضغط 1 atm ودرجة الحرارة 25 °C إذا تحول غاز الأكسجين إلى غاز الأوزون مع بقاء الضغط ودرجة الحرارة ذاتهم، المطلوب:

① احسب عدد مولات غاز الأوزون الناتج

② احسب حجم غاز الأوزون الناتج



$$\begin{matrix} 3 \text{ mol} & 2 \text{ mol} \\ 0.3 \text{ mol} & x \text{ mol} \end{matrix} \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol}$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot n_2}{n_1} = \frac{6 \times 0.2}{0.3} = 4 \text{ L}$$

▪ كثافة الغاز:

يرتفع المنطاد عند تسخين الهواء داخله، استنتج القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد، وفسّر ذلك.

$$P.V = n.R.T \Rightarrow n = \frac{m}{M} \Rightarrow P.V = \frac{m.R.T}{M} \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{P.M}{R.T}, \quad d = \frac{m}{V}$$

$$\Rightarrow \boxed{d = \frac{P.M}{R.T}}$$

◆ تطبيق:

غاز كثافته $25/41 \text{ g.L}^{-1}$ عند درجة الحرارة 27°C والضغط 1 atm ، احسب الكتلة المولية لهذا الغاز.

$$R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$d = \frac{25}{41} \text{ g.L}^{-1}, T = 300 \text{ K}, P = 1 \text{ atm}$$

$$\Rightarrow d = \frac{P.M}{R.T} \Rightarrow M = \frac{d.R.T}{P} = 15 \text{ mol}^{-1}$$

استنتج عبارة الضغط الكلي لمزيج مكون من ثلاثة غازات مختلفة بثبات درجة الحرارة والحجم

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_1 = n_1 \cdot \frac{R.T}{V}, \quad P_2 = n_2 \cdot \frac{R.T}{V}, \quad P_3 = n_3 \cdot \frac{R.T}{V}$$

$$\Rightarrow P_t = n_1 \cdot \frac{R.T}{V} + n_2 \cdot \frac{R.T}{V} + n_3 \cdot \frac{R.T}{V} = (n_1 + n_2 + n_3) \cdot \frac{R.T}{V}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_t = n_t \cdot \frac{R.T}{V}}$$

استنتج عبارة الضغط الكلي لمزيج غازي بدلالة الكسر المولي.

$$P_i = n_i \cdot \frac{R.T}{V} \quad \text{الضغط الجزئي للغاز}$$

$$P_t = n_t \cdot \frac{R.T}{V} \quad \text{الضغط الكلي لمزيج غازي:}$$

نسب الضغط الجزئي إلى الضغط الكلي:

$$\frac{P_i}{P_t} = \frac{n_i \cdot \frac{R.T}{V}}{n_t \cdot \frac{R.T}{V}} \Rightarrow \frac{P_i}{P_t} = \frac{n_i}{n_t}$$

نتيجة: تدعى النسبة $x_i = \frac{n_i}{n_t}$ بالكسر المولي للغاز

$$\Rightarrow \frac{P_i}{P_t} = x_i \Rightarrow \boxed{P_i = x_i \cdot P_t}$$

◆ تطبيق:

احسب الضغط الجزئي لغاز النتروجين مقدراً بـ atm عند مستوى سطح البحر (يعني $P_t = 1 \text{ atm}$) إذا علمت أن نسبته 78% يحمل الغازات المكونة للهواء.

$$P_{N_2} = \frac{78}{100} \times 1 = 78 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

■ **قانون غراهام في التسرب و الانتشار:**

نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط ضمن الشروط ذاتها من الضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتلتيهما المولية أي أن:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

- v_1 : سرعة انتشار الغاز الأول، M_1 : الكتلة المولية للغاز الأول،

- v_2 : سرعة انتشار الغاز الثاني، M_2 : الكتلة المولية للغاز الثاني

◆ تطبيق:

احسب نسبة سرعة انتشار غاز الأكسجين إلى سرعة انتشار غاز الهيليوم

حيث $M_{He} = 4 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_{O_2} = 32 \text{ g.mol}^{-1}$

$$\frac{V_{O_2}}{V_{He}} = \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{O_2}}} = \sqrt{\frac{4}{32}} = \sqrt{\frac{1}{8}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

◆ تطبيق:

يحضر مزيج غازي مؤلف من 5% بوتان، و 95% آرغون بملء وعاء فحس من الهواء حجمه 12.3 L بغاز البوتان حتى يصبح الضغط 2 atm ويكمل الوعاء بغاز الأرغون وفق النسب المعطاة. $M_{\text{أرغون}} = 40$, $T = 27^\circ\text{C}$, $R = 0.082$

① احسب كتلة غاز الأرغون في المزيج السابق عند درجة الحرارة 27°C .

② الضغط الكلي للمزيج النهائي.

نحسب عدد مولات البوتان

$$n = \frac{P.V}{R.T} = \frac{2 \times 123 \times 10^{-1}}{82 \times 10^{-3} \times 300} = 1 \text{ mol}$$

$$\frac{n_{\text{بوتان}}}{n_{\text{أرغون}}} = \frac{\frac{5}{100}}{\frac{95}{100}} = \frac{1}{19} \Rightarrow n_{\text{أرغون}} = 1 \times 19 = 19 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \times M = 19 \times 40 = 760 \text{ g}$$

$$P_t = n_t \cdot \frac{R \cdot T}{V} \Rightarrow P_t = (n_1 + n_2) \cdot \frac{R \cdot T}{V} \Rightarrow P_t = (1 + 19) \cdot \frac{82 \times 10^{-3} \times 300}{123 \times 10^{-1}} = 20 \times \frac{246}{123} = 40 \text{ atm}$$

مسألة: يوجد لدينا حوجلتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصمام، تحوي الحوجلة الأولى غاز النشادر (الأمونيا) NH_3 ، وتحوي الحوجلة الثانية غاز كلور الهيدروجين HCl ، فإذا علمت أن حجم كل حوجلة 1.5 L ودرجة حرارتهما 27°C ، وكتلة غاز النشادر 5.1 g وغاز كلوريد الهيدروجين 3.65 g ، عند فتح الصمام يتفاعلا وينتج كلوريد الأمونيوم الصلب، المطلوب:

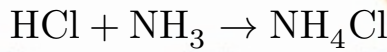
① اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.

② بين حسابياً ما هو الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل.

③ احسب الضغط عند نهاية التفاعل (بإهمال حجم كلوريد الأمونيوم الصلب المتشكل)

④ احسب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج.

$$R = 0.082, \quad N = 14, \quad \text{Cl} = 35.5, \quad \text{H} = 1$$



ملاحظة: الغاز المتبقي هو ذو عدد المولات الأكثر.

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{m}{M} = \frac{5.1 \times 10^{-1}}{17} = 0.3 \text{ mol} \quad \text{الغاز المتبقي}$$

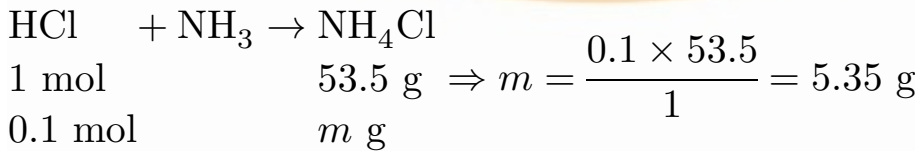
$$n_{\text{HCl}} = \frac{m}{M} = \frac{3.65}{36.5} = 0.1 \text{ mol}$$

الغاز الذي يولد الضغط هو الغاز المتبقي

$$n_{\text{NH}_3} = 0.3 - 0.1 = 0.2 \text{ mol} \Rightarrow P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$$

$$\Rightarrow P = \frac{2 \times 10^{-1} \times 82 \times 10^{-3}}{3} \times 300 = 164 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

الذي يعطي النواتج هو الأقل



مسألة: مزيج غاز في وعاء حجمه $V = 24.6 \text{ m}^3$ يحتوي على $m_1 = 12 \text{ Kg}$ من غاز الميثان CH_4 و $m_2 = 3 \text{ Kg}$ من غاز الإيثان C_2H_6 و $m_3 = 1.1 \text{ Kg}$ من غاز البروبان C_3H_8 وكمية من غاز مجهول، إذا علمت أن الضغط الكلي للوعاء 1 atm عند درجة 300 K ، احسب عدد مولات الغاز المجهول. $R = 0.082, \quad \text{C} = 12, \quad \text{H} = 1$

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{12 \times 10^3}{16} = 750 \text{ mol}, n_2 = \frac{m_2}{M} = \frac{3000}{30} = 100 \text{ mol}$$

$$n_3 = \frac{m_3}{M_3} = \frac{11 \times 10^3}{44} = \frac{100}{4} = 25 \text{ mol}, n_4 = ?$$

$$n_t = \frac{P_t \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \times 246 \times 10^2}{82 \times 10^{-3} \times 300} = 1000 \text{ mol}$$

$$n_t = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 \Rightarrow n_4 = 125 \text{ mol}$$

مسألة: يتم تخزين الغازات في حاويات معدنية، تتحمل الضغط العالي، فإذا علمت أن ضغط غاز الأكسجين يساوي 16628 KPa داخل حاوية حجمها 150 L عند الدرجة 27 °C، احسب:

① كتلة غاز الأكسجين داخل الحاوية.

② الحجم الذي يشغله الأكسجين في الشرطين النظاميين.

③ درجة الحرارة التي تجعل الضغط في الحاوية مساوياً لـ 41.57 atm

④ ضغط الغاز إذا نقل إلى حاوية حجمها 1375 L عند درجة حرارة 2 °C

$$R = 8.314, O = 16$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{16628 \times 10^3 \times 150 \times 10^{-3}}{8314 \times 10^{-3} \times 300} = 10^3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = 32 \times 10^3 \text{ g}$$

$$V_2 = ?, \quad P_2 = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}, \quad T_2 = 273 \text{ K}$$

$$V = n \times V_{\text{mol}} = 10^3 \times 22.4 \times 10^{-3} = 22.4 \text{ m}^3$$

سرعة التفاعل

B mol	A mol	الزمن s
0	1	0
0.46	0.54	20
0.70	0.30	40

• السرعة الوسطية لاستهلاك مادة متفاعلة A: $v_{\text{avg}(A)} = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}$

• السرعة الوسطية لتشكيل مادة ناتجة C: $v_{\text{avg}(C)} = + \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$

◆ **تطبيق:**

يحدث التفاعل الآتي في وعاء حجمه 1 L: $A_{(g)} \rightarrow B_{(g)}$

① احسب تركيز كلاً من المادتين عند الأزمنة 0, 20, 40.

② احسب تغير تراكيز كلاً من المادتين A, B, خلال تغير الزمن من 0 ← 20

$B = \frac{n}{V} \text{ mol.L}^{-1}$	$A = \frac{n}{V} \text{ mol.L}^{-1}$	① الزمن s
0 mol.L^{-1}	$= \frac{1}{1} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$	0
0.46 mol.L^{-1}	$= 0.54 \text{ mol.L}^{-1}$	20
0.7 mol.L^{-1}	$= 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$	40

$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{0.54 - 1}{20 - 0} = -\frac{0.46}{20} = -0.023 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

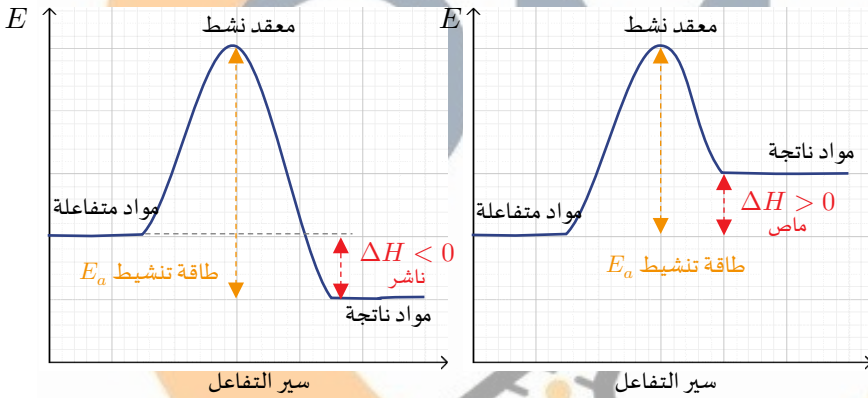
لو طلب السرعة الوسطية لـ A: $v_{\text{avg(A)}} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = +0.023 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{0.46 - 0}{20} = 0.023 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

■ شروط التصادم

- (1) أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضِعاً مناسباً.
- (2) أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لوصول طاقة المواد المتفاعلة إلى طاقة المعقد النشط.

التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط تمر بثلاث مراحل، اذكرها مع الرسم في حالة تفاعل ماص وناشر للحرارة.



- (1) إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.
- (2) تشكل الحالة الانتقالية (المعدن النشط)
- (3) تفكك المعدن النشط وتشكل النواتج.

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل:

طبيعة المواد المتفاعلة - درجة الحرارة - تأثير الوسيط - تأثير التركيز

① طبيعة المواد المتفاعلة:

تتعلق سرعة التفاعل بعدد الروابط وطاقة الرابطة

① تفاعلات متجانسة:

تكون فيها المواد المتفاعلة والنتيجة في طور واحد.

② تفاعلات غير متجانسة:

تكون فيها المواد المتفاعلة والنتيجة في أطوار مختلفة، تزداد سرعة التفاعل بزيادة سطح التماس، زيادة تركيز المواد المتفاعلة.

مثال: اقترح طريقتين لزيادة سرعة التفاعل



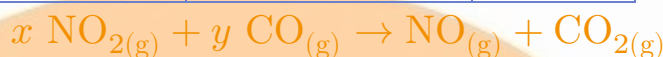
زيادة تركيز حمض كلور الماء

سحق قطعة كربونات الكالسيوم

تطبيق:

يحدث التفاعل التالي

رقم التجربة	$[\text{NO}_2]$ (mol.L ⁻¹)	$[\text{CO}]$ (mol.L ⁻¹)	v (mol.L ⁻¹ .s ⁻¹)
1	0.1	0.1	0.0021
2	0.2	0.10	0.0084
3	0.2	0.20	0.0084



احسب رتبة التفاعل مع كتابة العبارة

$$v = k[\text{NO}_2]^x [\text{CO}]^y$$

احسب قيمة ثابت السرعة:

نثبت تركيز المادة NO_2 من التجربة (2) و (3)

$$\frac{v_2}{v_3} = \frac{84 \times 10^{-4}}{84 \times 10^{-4}} = \frac{k[2 \times 10^{-1}]^x [10^{-1}]^y}{k[2 \times 10^{-1}]^x [2 \times 10^{-1}]^y} \Rightarrow 1 = \frac{1}{2^y} \Rightarrow 2^y = 1 \Rightarrow y = 0$$

نثبت تركيز المادة CO_2 من التجربة (1) و (2)

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{21 \times 10^{-4}}{84 \times 10^{-4}} = \frac{k[10^{-1}]^x [10^{-1}]^y}{k[2 \times 10^{-1}]^x [10^{-1}]^y} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{2^x} \Rightarrow 2^x = 4 \Rightarrow x = 2$$

$x + y = 2$ رتبة ثانية

$$v = k[\text{NO}_2]^2 \Rightarrow k = \frac{v_1}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{21 \times 10^{-4}}{(10^{-1})^2} = 21 \times 10^{-2}$$

بعض الملاحظات التي تفيد في حل السرعة الأولية:

- إذا أعطى التراكيز الابتدائية نكتب المعادلة ونضع تحتها ثلاث أسطر (تراكيز ابتدائية ، نسبة متفاعلة ، التراكيز في أي لحظة)
- إذا أعطى السرعة والتراكيز عند نفس اللحظة نحسب k ولو لم يطلب.
- إذا طلب السرعة الابتدائية نعوض التراكيز من السطر (1)
- إذا طلب السرعة الابتدائية بعد الزمن (ينقص ويزداد ويتشكل) نحسب x من السطر (2) ونعوض في السطر (3)
- إذا طلب السرعة الابتدائية بعد زمن (يصبح) نحسب x من السطر (3) ونعوض بالـ (3)
- إذا طلب التراكيز عند توقف التفاعل، نعدم السرعة ونعوض التراكيز من السطر (3)

$$c = \frac{n}{V} \quad n = n' \quad c \cdot V = c' \cdot V'$$

يتفكك المركب NO_2 في الدرجة 300°C وفق التفاعل: $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$ ، فإذا علمت أن تركيز $[\text{NO}_2]$ يتغير من 0.01 mol.L^{-1} إلى 0.0064 mol.L^{-1} خلال 100 فتكون سرعة تشكل الأوكسجين الوسطية مقدرة بـ $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ تساوي:

$$v_{\text{avg}[\text{NO}_2]} = -\frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{-0.0064 - 0.01}{100} = 36 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{avg}} = \frac{1}{2} v_{\text{avg}(\text{NO}_2)} = \frac{1}{2} v_{\text{avg}(\text{NO})} = v_{\text{avg}(\text{O}_2)} \Rightarrow \frac{1}{2} \times 36 \times 10^{-6} = v_{\text{avg}(\text{O}_2)}$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg}(\text{O}_2)} = 18 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

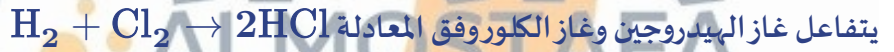
تم زيادة تراكيز المواد المتفاعلة إلى مثلي ما كان عليه في التفاعل: (نواتج $\text{A} + \text{B} \rightarrow$) ولم تتغير سرعة التفاعل، فتكون عبارة سرعة التفاعل:

$$v = k$$

من أجل التفاعل الأولي الآتي: نواتج $3\text{A}_{(\text{g})} + \text{B}_{(\text{g})} \rightarrow$ إذا ازداد تركيز المادة A مثلي ما كان عليه فإن سرعة التفاعل:

$$v = k[\text{A}]^3[\text{B}] \Rightarrow v' = k[2\text{A}]^3[\text{B}] \Rightarrow v' = 8v$$

إضافي: إذا تضاعف حجم الوعاء؟ ينخفض التركيز إلى النصف $v' = 16v$ ← تنخفض 16 مرة



a. اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك غاز الكلور.

$$v_{\text{avg}} = -\frac{\Delta[\text{Cl}]}{\Delta t}$$

b. اكتب العلاقة بين السرعة الوسطية لاستهلاك غاز الهيدروجين والسرعة الوسطية لتشكيل غاز كلور الهيدروجين

$$v_{\text{avg}} = v_{\text{avg}(\text{H}_2)} = v_{\text{avg}(\text{Cl}_2)} = \frac{1}{2} v_{\text{avg}(\text{HCl})}$$

مسألة: نمزج 600 mL من المادة A ذات التركيز 0.8 mol.L^{-1} مع 200 mL من المادة B ذات التركيز 0.8 mol.L^{-1}



① اكتب عبارة سرعة التفاعل.

② احسب سرعة التفاعل الابتدائية بفرض أن $k = 0.1$

③ احسب تركيز المادة C وسرعة التفاعل عندما يتفاعل 20% من المادة A

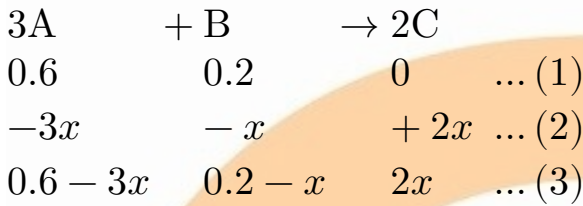
④ احسب سرعة التفاعل عندما يصبح تركيز المادة C مساوياً 0.2 mol.L^{-1}

⑤ ما هو تركيز المادة A, B, C عند توقف التفاعل؟

A: $C = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$, $V = 600 \text{ mL}$
 B: $C = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$, $V = 200 \text{ mL}$
 $V' = 800 \text{ mL}$

$$A: n = n' \Rightarrow C.V = C'.V' \Rightarrow C' = \frac{0.8 \times 600 \times 10^{-3}}{800 \times 10^{-3}} = 0.6 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$B: n = n' \Rightarrow C.V = C'.V' \Rightarrow C' = \frac{0.8 \times 200 \times 10^{-3}}{800 \times 10^{-3}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$



$$v = k[A]^3[B]$$

$$v = 10^{-1}[6 \times 10^{-1}]^3[2 \times 10^{-1}] = 432 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$\Rightarrow 20 = \frac{3x}{0.6} \times 100 \% \Rightarrow 3x = 20 \times \frac{0.6}{100} \Rightarrow x = \frac{4}{100} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1}$$

النسبة = $\frac{\text{الجزء}}{\text{الكل}} \times 100\%$

$$[C] = 2(0.04) = 0.08 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$v = 10^{-1}[0.6 - 3x]^3[0.2 - x] = 10^{-1}[0.6 - 0.12]^3[0.2 - 0.04] \simeq 1.77 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

يصبح 3 ← 3

$$2x = 0.2 \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$v = 10^{-1}[0.6 - 3x]^3[0.2 - x] = 27 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$v = 0 \Rightarrow 0 = 10^{-1}[0.6 - 3x]^3[0.2 - x]$$

$$\Rightarrow 0.6 - 3x = 0 \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow 0.2 - x = 0 \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

حل مضاعف

$$\Rightarrow [A] = 0.6 - 3x = 0.6 - 0.6 = 0 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[B] = 0.2 - x = 0.2 - 0.2 = 0 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C] = 2x = 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

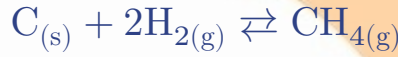
التوازن الكيميائي

العلاقة بين K_P, K_C :

$$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$$

- K_P : ثابت التوازن بدلالة الضغوط.
- K_C : ثابت التوازن بدلالة التراكيز.
- R : ثابت الغازات العام
- T : درجة الحرارة مقدره بالكلفن
- Δn : تغير عدد المولات = عدد مولات المواد المتفاعلة - عدد مولات المواد الناتجة $\Delta n = n_2 - n_1$

اكتب العلاقة بين K_P, K_C ثم العلاقة بينهما للتفاعل التالي:



$$K_C = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}, K_P = \frac{P_{CH_4}}{P_{H_2}^2}, K_P = K_C(R.T)^{\Delta n=1-2=-1} \Rightarrow K_P = \frac{K_C}{R.T}$$

أهمية ثابت التوازن:

- إذا كانت قيمته كبيرة $K_C \gg 1$ فالتفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.
- إذا كانت قيمته صغيرة $K_C \ll 1$ فالتفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.

■ حاصل التفاعل Q :

هو جداء تراكيز المواد الناتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعة لأس عدد المولات في المعادلة الموزونة دون شرط وصول إلى حالة التوازن ونميز:

- $Q < K_C$ تراكيز المواد الناتجة اقل من تراكيزها في حالة التوازن، يجب أن يتزاح التفاعل في الاتجاه المباشر للوصول إلى حالة التوازن.
- $Q = K_C$ التفاعل في حالة التوازن.
- $Q > K_C$ تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيزها في حالة التوازن، يجب أن يتزاح التفاعل بالاتجاه العكسي للوصول إلى حالة التوازن.

◆ تطبيق:

تبلغ قيمة ثابت التوازن $K_C = 50.5$ عند الدرجة $440^\circ C$ للتفاعل الآتي: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ فإذا وضع $4 \times 10^{-2} \text{ mol}$ من HI مع 10^{-2} mol من H_2 و $2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ من I_2 في وعاء سعته 2 L المطلوب:

- ① احسب حاصل التفاعل
- ② حدد التفاعل الراجح مباشر أم عكسي مع التعليل

1

$$[\text{HI}] = \frac{n}{V} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{n}{V} = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{I}_2] = \frac{n}{V} = \frac{2 \times 10^{-2}}{2} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

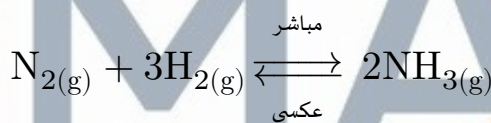
2

$$Q = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = 8$$

التفاعل الراجع مباشر لأن تراكيز النواتج أقل مما عليه في حالة التوازن $Q < K_C$

تأثير تغير التراكيز:

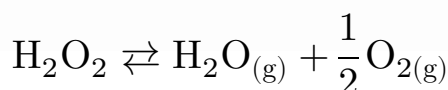
- عند زيادة تركيز إحدى المواد ينزاح التوازن في الاتجاه الذي ينقص فيه تركيز هذه المادة.
- عند نقصان تركيز إحدى المواد ينزاح التوازن في الاتجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادة



قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	
لا يتأثر	ينقص	يزداد	يرجح التوازن بالاتجاه العكسي لانقصه	زيادة كمية NH_3
لا يتأثر	يزداد	ينقص	يرجح بالاتجاه المباشر لانقصه	زيادة كمية N_2
لا يتأثر	يزداد	ينقص	مباشر لزيادته	نقصان كمية NH_3

تأثير الضغط:

- عند خفض الضغط ينزاح التوازن باتجاه عدد مولات غازية أكثر.
- عند زيادة الضغط ينزاح التوازن باتجاه عدد مولات غازية أقل.
- إذا كان عدد المولات متساوية على طرفي المعادلة فإن التوازن لا يتأثر بزيادة أو نقصان الضغط



قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	
لا يتأثر	ينقص	يزداد	عكسي لأنه يشكل عدد مولات غازية أقل	زيادة الضغط

نقصان الضغط	مباشر باتجاه عدد مولات غازية أكثر	ينقص	يزداد	لا يتأثر
-------------	-----------------------------------	------	-------	----------

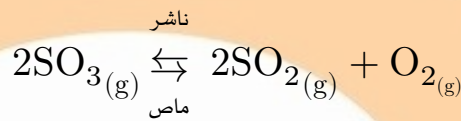
◆ مثال:

في التفاعل المتوازن الآتي: $2HI \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$ ، بين اثر زيادة الضغط الكلي على حالة التوازن:

لا يتأثر التوازن لتساوي عدد المولات الغازية على طرفي المعادلة (ركز على كلمة غازية)

■ تأثير تغيير درجة الحرارة:

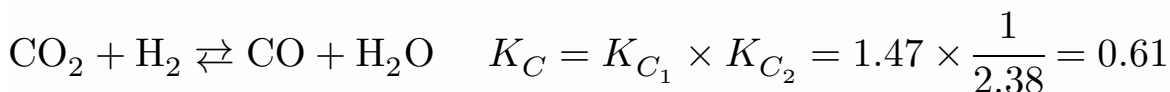
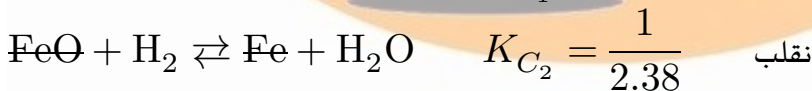
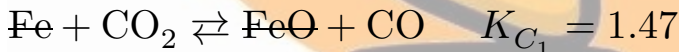
- عند زيادة درجة الحرارة ينزاح التوازن في الاتجاه الماص للحرارة.
- عند نقصان درجة الحرارة ينزاح التوازن في الاتجاه الناشر للحرارة.



حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	ثابت التوازن مع التعليل
زيادة درجة الحرارة	يزداد	ينقص	ينقص بسبب ازدياد المقام (متفاعل) ونقصان البسط (نواتج)
نقصان درجة الحرارة	ينقص	يزداد	يزداد بسبب ازدياد البسط (نواتج) ونقصان المقام (المتفاعل)

◆ تطبيق:

احسب ثابت التوازن بدلالة التراكيز K_C للتفاعل: $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ ، اعتماداً على التفاعلات:



◆ تطبيق:

وضع 4 mol من PCl_5 في وعاء سعته 2 L ، سخن الوعاء إلى درجة 500 كالفن ، يتفكك منه 10% وفق المعادلة:



حساب قيمة K_P ، K_C ($R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

$$[\text{PCl}_5]_0 = \frac{n}{V} = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$



$$\begin{array}{ccc} 2 & 0 & 0 \\ -x & x & x \\ 2-x & x & x \end{array}$$

$$\% \text{ النسبة} = \frac{\text{الجزء}}{\text{الكل}} \times 100$$

$$10 = \frac{x}{2} \times 100 \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_C = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{x \cdot x}{2-x} = \frac{2 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-1}}{2-0.2} = \frac{1}{45}$$

$$K_P = K_C (R.T)^{\Delta n=2-1=1} \Rightarrow K_P = \frac{1}{45} (82 \times 10^{-3} \times 500) = 0.9$$

مسألة: وعاء حجمه 2 L يحتوي على 0.08 mol من $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ و 0.4 mol من $\text{H}_2(\text{g})$ و 0.2 mol من $\text{CO}(\text{g})$ يحدث التفاعل وفق المعادلة: $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ ، فإذا علمت أن قيمة $K_C = 7.3$ بين بالحساب إذا كان التفاعل في حالة توازن أم لا وإذا لم يكن بحالة توازن، حدد التفاعل الراجح (الباشر / العكسي)

$$[\text{CH}_3\text{OH}] = \frac{n}{V} = \frac{8 \times 10^{-2}}{2} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{n}{V} = \frac{4 \times 10^{-1}}{2} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{CO}] = \frac{n}{V} = \frac{2 \times 10^{-1}}{2} = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_C = 7.3$$

$$Q = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2} = \frac{4 \times 10^{-2}}{10^{-1}(2 \times 10^{-1})^2} = 10$$

$$Q > K_C$$

التفاعل ليس في حالة توازن ، تركيز النواتج أكبر مما هو عليه في حالة التوازن، التفاعل الراجح هو العكسي

مسألة: يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ في وعاء حجمه 10 L ، عند بلوغ التوازن كان عدد مولات اليودوجين 7.2 mol وعدد مولات اليود 2.4 mol وعدد مولات يود الهيدروجين 0.4 mol المطلوب حساب:

① قيمة ثابت التوازن K_C

② قيمة ثابت التوازن K_P

③ التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة

④ اقترح طريقتين تزيد من كمية HI

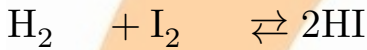
$$[H_2]_{(eq)} = \frac{n}{V} = \frac{7.2}{10} = 0.72 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[I_2]_{eq} = \frac{n}{V} = \frac{2.4}{10} = 0.24 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[HI]_{(eq)} = \frac{n}{V} = \frac{0.4}{10} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(4 \times 10^{-2})^2}{(72 \times 10^{-2})(24 \times 10^{-2})} = \frac{1}{108}$$

$$K_P = K_C(R.T)^{\Delta n=2-2=0} \Rightarrow K_P = K_C = \frac{1}{108}$$



$$B \quad S \quad 0 \quad 2x = 0.04 \Rightarrow x = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$-x \quad -x \quad 2x \implies S - x = 0.24 \Rightarrow S = 0.26 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$B - x \quad S - x \quad 2x \quad B - x = 0.72 \Rightarrow B = 0.74 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$0.72 \quad 0.24 \quad 0.04$$

④ زيادة كمية H_2 ، زيادة كمية I_2

في التفاعل الأولي: نواتج $A(g) + 2B(g) \rightarrow$ عندما يزداد حجم الوعاء مرتين فإن سرعة التفاعل:

a. تنخفض أربع مرات ✓ (إذا تضاعف الحجم مرة ينخفض التركيز مرتين)

مسألة: يمزج 100 mL من مادة A تركيزها 1.2 mol.L^{-1} مع 300 mL من مادة B تركيزها 0.4 mol.L^{-1}

فيحصل التفاعل الأولي وفق المعادلة: $A_{(aq)} + 2B_{(aq)} \rightarrow 2C_{(aq)}$ ، إذا علمت أن ثابت سرعة التفاعل $k = 10^{-2}$

احسب:

① سرعة التفاعل الابتدائية.

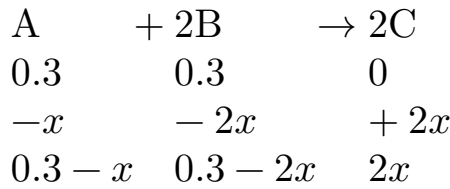
② سرعة التفاعل بعد زمن يتشكل فيه 0.04 mol من المادة C.

③ احسب سرعة التفاعل بعد زمن يصبح فيه تركيز A يساوي 0.2 mol.L^{-1}

④ احسب تركيز المادة C, B, A عند توقف التفاعل.

$$\textcircled{1} A: n = n' \Rightarrow C.V = C'.V' \Rightarrow C' = \frac{C.V}{V'} = \frac{1.2 \times 100 \times 10^{-3}}{400 \times 10^{-3}} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$B: n = n' \Rightarrow C.V = C'.V' \Rightarrow C' = \frac{C.V}{V'} = \frac{0.4 \times 300 \times 10^{-3}}{400 \times 10^{-3}} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$



$$v = k[A][B]^2 \Rightarrow v_0 = [3 \times 10^{-1}][3 \times 10^{-1}]^2 = 27 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

2

$$[C] = \frac{n}{V} = \frac{4 \times 10^{-2}}{400 \times 10^{-3}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow 2x = 0.1 \Rightarrow x = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$v' = 10^{-2}[0.3 - x][0.3 - 2x]^2 = 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$3 \quad 0.3 - x = 0.2 \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 v'' &= 10^{-2}[0.3 - x][0.3 - 2x]^2 = 10^{-2}[0.3 - 0.1][0.3 - 0.2]^2 \\
 &= 2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$v = 0 = 10^{-2}[0.3 - x][0.3 - 2x]^2 \quad 4$$

$$\text{إما } 0.3 - x = 0 \Rightarrow x = 0.3 \text{ mol.L}^{-1} \text{ مرفوض}$$

$$\text{أو } 0.3 - 2x = 0 \Rightarrow x = 0.15 \text{ mol.L}^{-1} \text{ مقبول}$$

$$[A] = 0.3 - x = 0.3 - 0.15 = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[B] = 0.3 - 2x = 0.3 - 0.3 = 0 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C] = 2x = 2(0.15) = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

مسألة: يضاف 200 mL من مادة تحوي 1.2 mol من محلول المادة A إلى 200 mL تحوي على 0.8 mol من محلول

المادة B فيتم التفاعل الأولي الآتي: $2A_{(aq)} + B_{(aq)} \rightarrow 2C_{(aq)} + D_{(aq)}$ ، إذا علمت أن ثابت سرعة التفاعل 2×10^{-2} المطلوب:

① احسب السرعة الابتدائية للتفاعل.

② احسب سرعة التفاعل بعد زمن يتشكل فيه 0.4 mol من مادة D

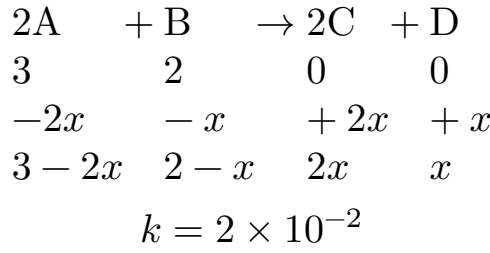
③ احسب سرعة التفاعل بعد زمن يصبح فيه تركيز المادة A يساوي 2 mol.L^{-1}

④ احسب تركيز كلاً من المادتين B, C عند توقف التفاعل.

1

$$A: n = 1.2 \text{ mol}, B = 200 \text{ mL}, B: n = 0.8 \text{ mol}, V = 200 \text{ mL}, V' = 400 \text{ mL}$$

$$[A] = \frac{n}{V'} = \frac{12 \times 10^{-1}}{400 \times 10^{-3}} = 3 \text{ mol.L}^{-1} \quad [B] = \frac{n}{V'} = \frac{8 \times 10^{-1}}{400 \times 10^{-3}} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$



$$v = k[A]^2[B] = 2 \times 10^{-2} \times (3)^2 \times 2 = 36 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$\textcircled{2} \quad n_D = 0.4 \text{ mol}$$

$$[D] = \frac{n}{V'} = \frac{4 \times 10^{-1}}{400 \times 10^{-3}} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow x = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$v = 2 \times 10^{-2} [3-2x]^2 [2-x] = 2 \times 10^{-2} [3-2]^2 [2-1] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$\textcircled{3} \quad 3-2x = 2 \Rightarrow 2x = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 v &= 2 \times 10^{-2} [3-2x]^2 [2-x] = 2 \times 10^{-2} [3-1]^2 [2-0.5] \\
 &= 2 \times 10^{-2} \times 4 \times 1.5 = 120 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\textcircled{4} \quad v = 0 \Rightarrow 10^{-2} [3-2x]^2 [2-x] = 0$$

$$\text{إما } 3-2x = 0 \Rightarrow 2x = 3 \Rightarrow x = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ mol.L}^{-1} \text{ مقبول}$$

$$\text{أو } 2-x = 0 \Rightarrow x = 2 \text{ mol.L}^{-1} \text{ مرفوض}$$

$$[B] = 2-x = 2-1.5 = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C] = 2x = 2(1.5) = 3 \text{ mol.L}^{-1}$$

الحموض والأسس

بعض الملاحظات على الحموض والأسس:

■ الحموض:

● القوية →

حمض الكبريت H_2SO_4 (المدمر)

حمض الأزوت HNO_3

◀ حمض كلور الماء HCl

● الحموض الضعيفة ⇌

حمض سيانيد الهيدروجين HCN

◀ حمض الخل CH_3COOH حمض النمل HCOOH

حمض الكربون H_2CO_3 حمض الفوسفور H_3PO_4

■ الأسس:

● القوية →

◀ هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوي)

◀ هيدروكسيد البوتاسيوم KOH (البوتاسي الكاوي)

◀ هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)₂

● الضعيفة: ⇌

◀ هيدروكسيد الأمونيوم NH₄OH النشادر NH₃ هيدروكسيد المغنيزيوم Mg(OH)₂

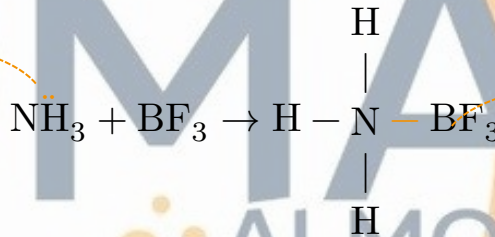
حدد الحمض والأساس حسب برونشتد لوري في المعادلة الآتية:



◀ HA: حمض لأنه قادر على منح بروتون. H₂O: أساس لأنه قادر على استقبال بروتون.

اكتب تفاعل النشادر مع أيون الهيدروجين وحدد الحمض والأساس حسب لوريس.

بصم دائماً
أساس لأنه يمنح



رابطة تساندية

■ درجة التآين α

■ درجة التآين للحمض:

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a}$$

C_a: تركيز الحمض الابتدائي

◀ عندما يكون الحمض قوي α = 1

◀ [H₃O⁺] = C_a إذا كان الحمض قوي أحادي الوظيفة

◀ [H₃O⁺] = 2C_a إذا كان الحمض قوي وثنائي الوظيفة

▪ درجة التأيّن للأساس

$$\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{C_b}$$

C_b : تركيز الأساس

◀ عندما يكون الأساس قوي $\alpha = 1$

◀ إذا كان الأساس قوي وأحادي الوظيفة $[\text{OH}^-] = C_b$

◆ مثال:

يبلغ تركيز أيونات الهيدرونيوم في محلول مائي 0.01 mol.L^{-1} ، المطلوب حساب:

① تركيز أيونات الهيدروكسيد.

② قيمة كل من pH , pOH لهذا المحلول.

③ حدد طبيعة الوسيط.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{①}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]. [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log[10^{-2}] = 2 \quad \text{②}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 10^{-12} = 12$$

$$\text{pH} = 2 < 7 \quad \text{الوسط حمضي} \quad \text{③}$$

◆ مثال:

محلول حمض سيانيد الهيدروجين، تركيزه الابتدائي 0.2 mol.L^{-1} .

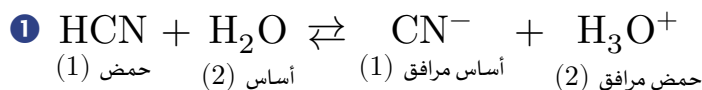
وثابت تأين حمض سيانيد الهيدروجين 5×10^{-10} ، المطلوب:

① اكتب معادلة الحمض السابق وحدد الأزواج المترافقة حسب برونشتد لوري.

② احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]$ و $[\text{OH}^-]$

③ احسب قيمة pH المحلول.

④ احسب درجة تأين الحمض.



② $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^{-1}} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$

(HCN, CN⁻) (H₃O⁺, H₂O)

③ $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 10^{-5} = 5$

$5 \times 10^{-5} \times 100 \% = 5 \times 10^{-3} \%$ كنسبة: $\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a} = \frac{10^{-5}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-5}$ ④

◆ مثال:

محلول لحمض الخل تركيزه 0.02 mol.L^{-1} وثابت تأين حمض الخل 1.8×10^{-5} ، المطلوب:

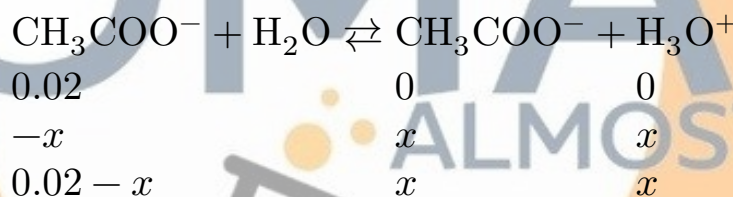
① اكتب معادلة تأينه واحسب $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$

② إذا احتوى المحلول الابتدائي حمض كلور الماء بتركيز $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ بالإضافة إلى المحلول السابق احسب

$[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ في المحلول في هذه الحالة.

③ قارن بين قيمتي تركيز $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ في الحالتين.

④ فسر ذلك، ماذا تستنتج؟



$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 18 \times 10^{-6} = \frac{x \cdot x}{0.02 - x}$ تهمل

$\Rightarrow x^2 = 36 \times 10^{-8} \Rightarrow x = 6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



0.02		0		10^{-2}		$\Rightarrow K_a = \frac{x(10^{-2} + x)}{0.02 - x}$
-x				x		
0.02 - x				x		$10^{-2} + x$

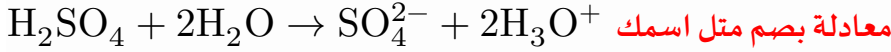
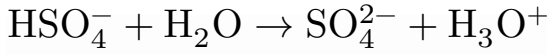
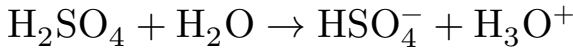
$\Rightarrow 18 \times 10^{-6} = \frac{x \cdot 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow x = 36 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} = [\text{CH}_3\text{COO}^-]'$

③ $[\text{CH}_3\text{COO}^-] > [\text{CH}_3\text{COO}^-]'$

④ عند إضافة حمض كور الماء يزداد تركيز H_3O^+ ويرجح التوازن بالاتجاه العكسي فينقص التأين.

ملاحظات:

- أهم معادلة اكتب معادلة حمض الكبريت



ملاحظات الحموض:

- قوي:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C_a \quad \text{أحادي}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2C_a \quad \text{ثنائي}$$

$$\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a}, \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} \quad \text{ضعيف:}$$

ملاحظات الأسس:

- قوي:

$$[\text{OH}^-] = C_b \quad \text{أحادي}$$

$$[\text{OH}^-] = 2C_b \quad \text{ثنائي}$$

$$\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{C_b}, \quad [\text{OH}^-] = \sqrt{C_b \cdot K_b} \quad \text{ضعيف:}$$

$$\text{pH}, \text{pOH} \quad \text{يستخدم عندما يعطي} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}, \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+], \quad \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$K_W = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

محلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم KOH تركيزها 0.01 mol.L^{-1} ، نمدده بالماء المقطر 100 مرة، فتصبح قيمة

pH للمحلول مساوية:

تضاعف الحجم 100 مرة ← ينخفض التركيز 100 مرة

$$C'_b = \frac{C_b}{100} = \frac{10^{-2}}{100} = 10^{-4} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-4} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} = 10^{-10}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = -\log 10^{-10} = 10$$

يتأين هيدروكسيد المغنيزيوم وفق المعادلة الآتية: $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$

اشرح كيف تؤثر إضافة كمية من محلول حمض قوي على تأين المحلول؟

عند إضافة حمض قوي تتحد أيونات الهيدرونيوم مع أيونات الهيدروكسيد لتعطي ماء، فينقص تركيز OH^- فيتزاح التوازن بالاتجاه المباشر، فيزداد التآين.

مسألة: يذاب 8 g من هيدروكسيد الصوديوم بالماء المقطر ويكمل الحجم إلى 2 L والمطلوب:

① قيمة $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$

② قيمة pH, pOH

③ حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 50 mL من المحلول السابق ليصبح قيمته $\text{pH} = 11$

① $m = 8 \text{ g}$

NaOH , $V = 2 \text{ L}$

إذا أعطاني بالـ g نحولها إلى mol.L^{-1}

$M = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g mol.L}^{-1}$

$n = \frac{m}{M} = \frac{8}{40} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol}$ $C = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$:ط1

$C_{g/l} = \frac{m}{V} = \frac{8}{2} = 4 \text{ g.L}^{-1}$ $C_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{C_{g/l}}{M} = \frac{4}{40} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$:ط2

$m = C \cdot V \cdot M \Rightarrow C = \frac{m}{V \cdot M} = \frac{8}{80} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$:ط3

$[\text{OH}^-] = C_b = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

أساس قوي

$[\text{H}_3\text{O}^+]. [\text{OH}^-] = 10^{-14}$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$

② $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 1$

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 13$

③ $C_{\text{قبل}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$, $V_{\text{قبل}} = 50 \text{ mL} = 5 \times 10^{-2} \text{ L}$

$C'_{\text{بعد}} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, $V' = ?$

$\text{pH} = 11 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$

$$\Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = C'$$

$$n = n' \Rightarrow C.V = C'.V' \Rightarrow V' = \frac{C.V}{C'} = \frac{10^{-1} \times 50 \times 10^{-3}}{10^{-3}} = 5 \text{ L}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V' - V = 5 - 50 \times 10^{-3} = 5 - 0.05 = 4.95 \text{ L}$$

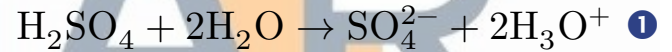
مسألة: محلول مائي لحمض الكبريت، بفرض أنه تام التآين، له قيمة $\text{pH} = 1$ ، المطلوب:

- ① اكتب معادلة تأين هذا الحمض.
- ② احسب تركيز هذا الحمض بـ mol.L^{-1}
- ③ احسب كتلة حمض الكبريت في 50 mL من محلول الحمض السابق
- ④ يضاف بالتدرج 10 mL من محلول الحمض السابق إلى 90 mL من الماء المقطر، احسب قيمة pH للمحلول الجديد

(H:1 , O:16 , S: 32)



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2C_a, \text{pH} = 1 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2C_a \Rightarrow C_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{2} = \frac{10^{-1}}{2} = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{②}$$

$$\text{③ } M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 + 32 + 64 = 98 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$V = 50 \times 10^{-3} \text{ L} \Rightarrow m = C.V.M = 5 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-2} \times 98 = 2450 \times 10^{-4} \text{ g}$$

$$\text{④ } C = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, C' = ?, V = 10 \text{ ml}, V' = 10 + 90 \text{ ml}$$

$$n = n' \Rightarrow C.V = C'.V' \Rightarrow C' = \frac{C.V}{V'} = \frac{5 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH}' = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]' = 2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 2C_a = 2 \times 5 \times 10^{-3} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

مسألة: محلول مائي للنشادر له $\text{pOH} = 3$ ودرجة تأين النشادر 2%، المطلوب:

- ① اكتب معادلة تأين النشادر ثم حدد الأزواج المترافق حسب برونشتد لوري.
- ② احسب $[\text{OH}^-]$ للمحلول.
- ③ احسب التركيز الابتدائي للمحلول.
- ④ احسب ثابت تأين النشادر.
- ⑤ يمدد المحلول السابق 10 مرات، احسب pOH المحلول الناتج عن التمديد.

- ① $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
($\text{NH}_4^+, \text{NH}_3$) ($\text{H}_2\text{O}, \text{OH}$)
- ② $\text{pOH} = 3 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
- ③ $\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{C_b} \Rightarrow C_b = \frac{[\text{OH}^-]}{\alpha} = \frac{10^{-3}}{2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- ④ $[\text{OH}^-] = \sqrt{C_b \cdot K_b} \Rightarrow K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_b} = \frac{10^{-6}}{5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5}$

⑤ ينخفض التركيز عشر مرات ← تضاعف الحجم عشر مرات.

$$C'_b = \frac{C_b}{10} = \frac{5 \times 10^{-2}}{10} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b} = \sqrt{2 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-3}} = 10^{-3.5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 10^{-3.5} = 3.5$$

الأملاح

■ النمط الأول: إذا أعطاني في نص المسألة قيمة K_b, K_a

◀ نطبق: $K_h = \frac{K_w}{K_{\text{الضعيف}}}$

◀ نكتب معادلة الإماهة ثم الحلمة ثم نواتج متفاعل

■ النمط الثاني: يعطي في نص المسألة قيمة pH

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

◀ نكتب معادلة الإماهة ثم الحلمة ثم نواتج متفاعل

◀ نطبق: $K_h = \frac{K_w}{K_{\text{الضعيف}}}$

صنف المحاليل حسب كمية المادة المذابة:

○ محلول غير مشبع: يمكن أن تذوب فيه كمية إضافية من الملح، لا يوجد فيه راسب.

محلول مشبع: لا يمكن أن تذوب فيه كمية إضافية من الملح (لا يوجد راسب)

محلول فوق مشبع: ترسب فيه كمية من الملح (يوجد راسب)

▪ الجداء الأيوني Q :

هو جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان مرفوعة كل منها إلى أس يساوي أمثالها التفاعلية في المحلول، وهنا نميز ثلاث حالات:

◀ $K_{sp} > Q$ المحلول غير مشبع.

◀ $K_{sp} = Q$ المحلول مشبع

◀ $K_{sp} < Q$ المحلول فوق مشبع (يوجد راسب)

◆ مثال:

لدينا ملح كلوريد الرصاص.

① اكتب معادلة التوازن غير المتجانس

② اكتب عبارة الجداء الأيوني Q

③ اكتب عبارة ثابت جداء الذوبان K_{sp}

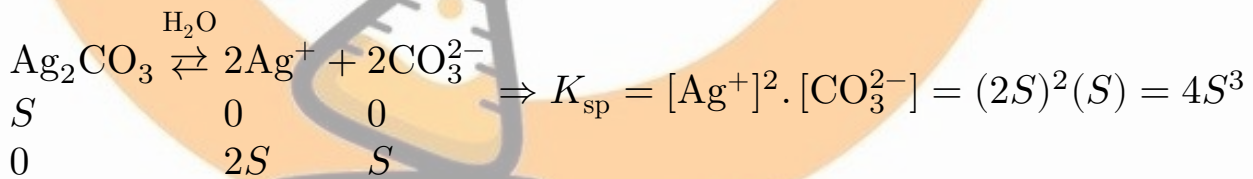
- ① $\text{PbCl}_2 \xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}} \text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
- ② $Q = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2$
- ③ $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2$

◆ تطبيق:

محلول مائي لمخ كربونات الفضة ذوبانيته المولية S ، المطلوب:

① اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.

② اكتب العلاقة المعبرة عن ثابت جداء الذوبان ثم استنتجها بدلالة S



◆ تطبيق:

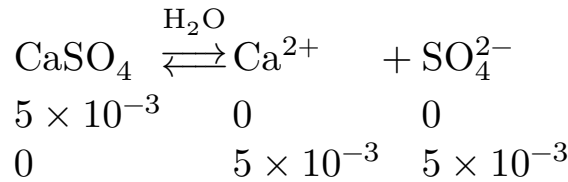
احسب ثابت جداء الذوبان لكبريتات الكالسيوم إذا علمت أن ذوبانيته 0.68 g.L^{-1}

مع العلم أن: $S = 32$, $\text{Ca} = 40$, $\text{O} = 16$



$M = 40 + 32 + 64 = 136 \text{ g.mol}^{-1}$

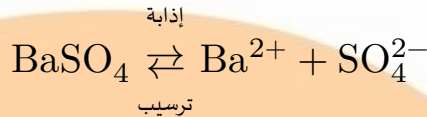
$\Rightarrow S_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{S_{\text{g.L}}}{M} = \frac{68 \times 10^{-2}}{132} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$



$$\Rightarrow K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} = 25 \times 10^{-6}$$

◆ **مثال:**

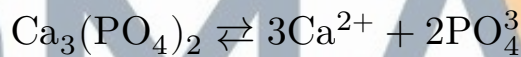
اشرح كيف تزيد من كمية الراسب في ملح كبريتات الباريوم.



نضيف حمض الكبريت أو كبريتات الصوديوم أو كبريتات البوتاسيوم، يزداد تركيز أيونات الكبريت في المحلول فيصبح $K_{sp} < Q$ فتترسب كمية من ملح كبريتات الباريوم وهذا يتفق مع قاعدة لوشاتوليه.

◆ **مثال:**

اشرح كيف تزيد من ذوبان ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم



عند إضافة حمض كلور الماء (جزء قليل) تتحد أيونات الهيدرونيوم الناتجة عن تأينه مع أيونات الفوسفات، لتعطي حمض الفوسفور ضعيف التآين فينقص تركيز أيونات الفوسفات فتصبح $K_{sp} < Q$ فتذوب كمية إضافية من هذا الملح (الصيغة بصم)

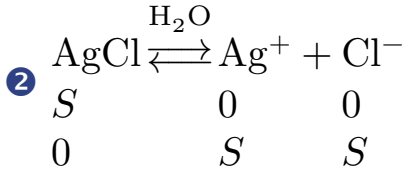
◆ **تطبيق:**

محلول مائي مشبع ملح كلوريد الفضة قليل الذوبان، إذا علمت أن له $K_{sp} = 6.25 \times 10^{-10}$ في التجربة، المطلوب:

- ① اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
- ② احسب تركيز أيونات الكلوريد في محلوله المشبع.
- ③ احسب ذوبانية هذا الملح مقدرة بـ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$
- ④ يضاف إلى المحلول السابق مسحوق نترات الفضة بحيث يصبح تركيزه $1.5 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ، اكتب معادلة إماهة ملح نترات الفضة ثم بين بالحساب إذا كان يترسب ملح كلوريد الفضة أو لا.
- ⑤ اقترح طريقة ثانية لترسيب هذا الملح في محلوله المشبع.

$$\text{Ag} = 108, \text{Cl} = 35.5$$

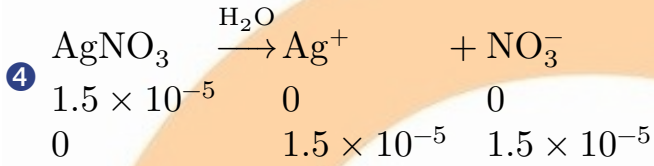
ملاحظة: بس قال مشبع ← اطبق ذوبانية S ، لا يوجد راسب، K_{sp}



$$K_{sp} = [\text{Ag}^+].[\text{Cl}^-] \Rightarrow 6.25 \times 10^{-10} = S.S \Rightarrow S = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} = [\text{Cl}^-]$$

$$3 \quad M_{\text{AgCl}} = 143.5 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$S_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{S_{\text{g.L}^{-1}}}{M} \Rightarrow S_{\text{g.L}^{-1}} = S_{\text{mol.L}^{-1}} \times M = 2.5 \times 10^{-5} \times 143.5 = 35875 \times 10^{-7} \text{ g.L}^{-1}$$



$$[\text{Ag}^+]' = S + 1.5 \times 10^{-5} = 2.5 \times 10^{-5} + 1.5 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow Q = [\text{Ag}^+]' . [\text{Cl}^-] = 4 \times 10^{-5} \times 2.5 \times 10^{-5} = 10 \times 10^{-10} \Rightarrow Q > K_{sp}$$

فوق المشبع يوجد راسب.

5 بصم \Rightarrow نضيف $\text{CH}_3\text{COOAg}, \text{KCl}, \text{HCl}, \text{NaCl}$

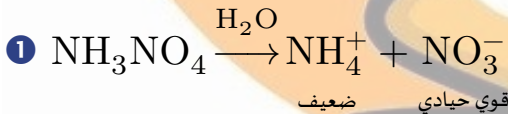
سؤال: محلول مائي لملح نترات الأمونيوم، والمطلوب:

1 اكتب معادلة إمهاء الملح.

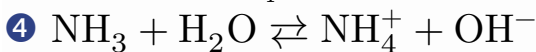
2 اكتب معادلة حلمهة هذا الملح ثم حدد طبيعة الوسط.

3 اكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h

4 استنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح K_h وثابت تأني المحلول المائي للنشادر K_b



$$3 \quad K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

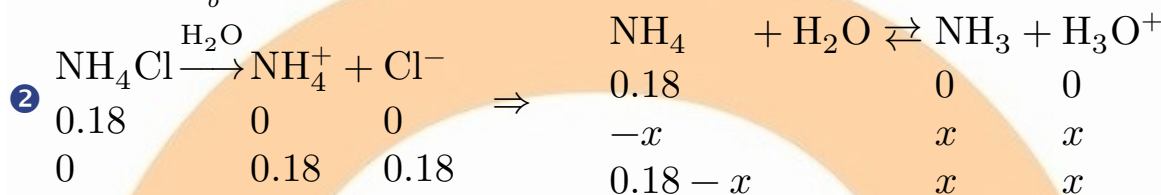
$$K_b \cdot K_h = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_W \Rightarrow K_h = \frac{K_W}{K_b}$$

◆ تطبيق:

محلول مائي لملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl تركيزه 0.18 mol. L^{-1} ، إذا علمت أن ثابت تأين محلول النشادر عند درجة 25°C يساوي 1.8×10^{-5} ، المطلوب حساب:

- ① ثابت حلمهة هذا الملح.
- ② قيمة كلاً من $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$
- ③ قيمة pH المحلول، ثم حدد طبيعة المحلول الناتج.
- ④ النسبة المئوية المتحلّمة لهذا الملح.

$$\textcircled{1} K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{18 \times 10^{-6}} = \frac{1}{18} \times 10^{-8}$$



$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\frac{1}{18} \times 10^{-8} = \frac{x \cdot x}{0.18 - x}$$

$$x^2 = 10^{-10} \Rightarrow x = 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\textcircled{3} \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 10^{-5} = 5 < 7 \text{ الوسط حمضي}$$

$$\textcircled{4} \text{النسبة} = \frac{\text{الجزء}}{\text{الكل}} \times 100\% = \frac{x}{0.18} \times 100\% = \frac{10^{-5}}{18 \times 10^{-2}} \times 100\% = \frac{1}{18} \times 10^{-3} \%$$

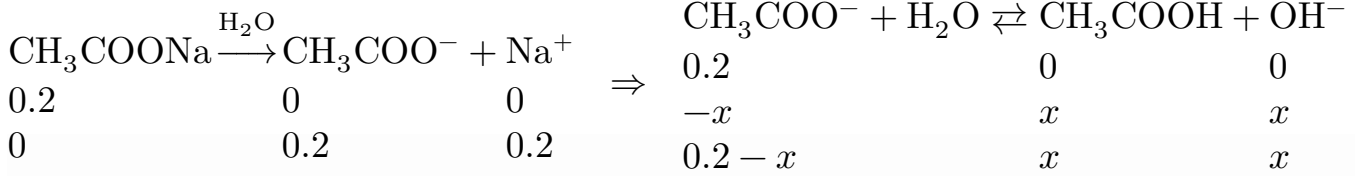
◆ تطبيق:

محلول مائي لملح خلات الصوديوم تركيزه 0.2 mol. L^{-1} فإذا علمت أن ثابت تأين حمض الخل في شروط التجربة يساوي 2×10^{-5} (K_a) المطلوب:

- ① حساب قيمة pOH هذا المحلول.
- ② ما طبيعة المحلول الناتج؟ علل إجابتك.
- ③ يضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول NaOH ذو التركيز 0.01 mol. L^{-1} احسب النسبة المئوية المتحلّمة من ملح خلات الصوديوم في هذه الحالة.
- ④ مسألة من النمط الأول

$$\text{CH}_3\text{COONa} \text{ ذواب } 0.2 \text{ mol. L}^{-1} \quad K_a = 2 \times 10^{-5}$$

$$K_h = \frac{K_W}{K_a} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$$



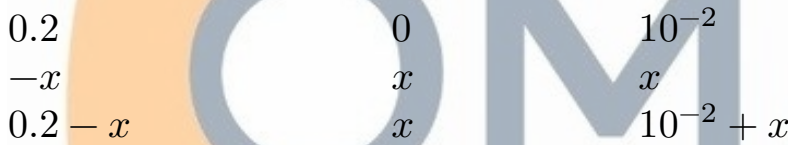
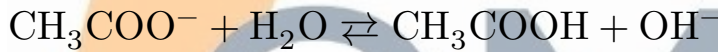
$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \Rightarrow 5 \times 10^{-10} = \frac{x \cdot x}{0.2 - x} \Rightarrow x^2 = 10^{-10} \Rightarrow x = 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 5$$

② الوسط أساسي $\text{pOH} < 7$

③ أساسي قوي أحادي NaOH

$$[\text{OH}^-] = C_b = 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$



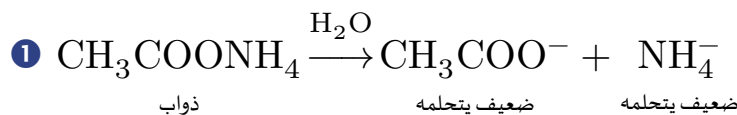
$$K_h = \frac{x(10^{-2} + x)}{0.2 - x} \Rightarrow 5 \times 10^{-10} = \frac{x \times 10^{-2}}{0.2} \Rightarrow x = 10^{-8} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{النسبة} = \frac{\text{الجزء}}{\text{الكل}} \times 100\%$$

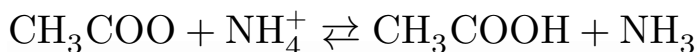
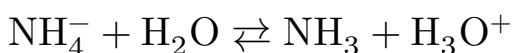
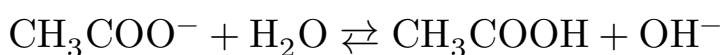
$$= \frac{10^{-8}}{2 \times 10^{-1}} \times 100\% = 5 \times 10^{-6} \%$$

◆ محلول مائي لمُح خلات الأمونيوم، المطلوب:

- ① اكتب معادلة إمَاهة المُح.
- ② اكتب معادلة حلمة المُح.
- ③ اكتب عبارة ثابت حلمة هذا المُح.
- ④ استنتج العلاقة بين ثابت حلمة هذا المُح K_h وثابت تأين حمض الخل K_a وثابت تأين هيدروكسيد الأمونيوم (نشادر + ماء)
- ⑤ ناقش طبيعة الوسط.

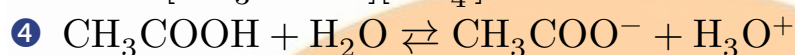


2



3

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{NH}_3]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{NH}_4^+]}$$



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$K_a \times K_b \times K_h = K_W \Rightarrow K_h = \frac{K_W}{K_a \cdot K_b}$$

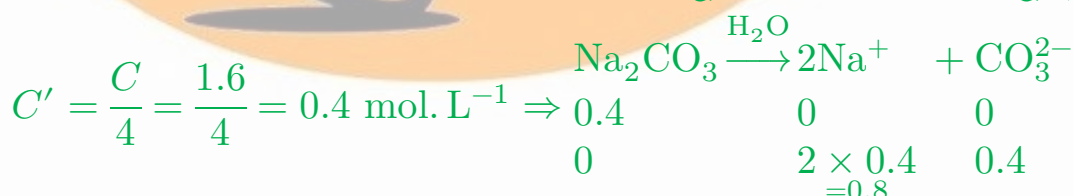
5 إذا كان $K_a > K_b$ الوسط حمضي ضعيف

إذا كان $K_a < K_b$ الوسط أساسي ضعيف

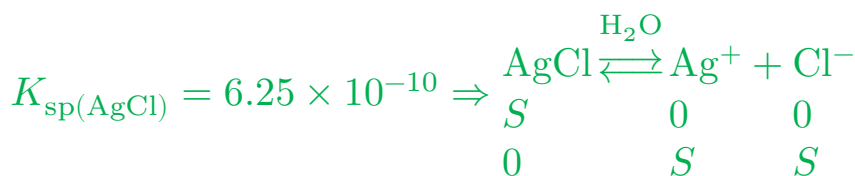
إذا كان $K_a = K_b$ الوسط معتدل

محلول مائي لملح Na_2CO_3 تركيزه 1.6 mol. L^{-1} يمدد بإضافة كمية من الماء المقطر إليه بحيث يصبح حجمه أربعة أضعاف ما كان عليه، فيكون التركيز الجديد لأيونات الصوديوم في المحلول مساوياً: 0.8

تضاعف الحجم أربع مرات ← انخفض التركيز أربع مرات



إذا علمت أن $K_{\text{sp}(\text{AgCl})} = 6.25 \times 10^{-10}$ عند درجة حرارة معينة فيكون تركيز أيونات الفضة مقدراً بـ mol. L^{-1} في المحلول المشبع لـ AgCl مساوياً:



$$\Rightarrow K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] \Rightarrow 6.25 \times 10^{-10} = S \cdot S \Rightarrow S = 2.5 \times 10^{-5}$$

عند تمديد محلول مائي ملح KNO_3 تركيزه 2.4 mol. L^{-1} بإضافة كمية من الماء المقطر إليه تساوي ثلاثة أمثال حجمه يكون التركيز الجديد مساوياً بـ mol. L^{-1} :

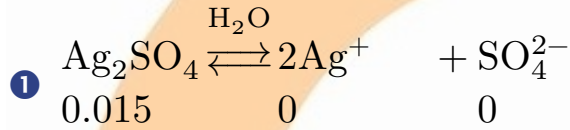
$$C' = \frac{C}{4} = 0.6 \text{ mol. L}^{-1} \text{ نضيف واحد } 4 = 1 + 3 \text{ تضاعف الحجم أربع مرات ينخفض التركيز أربع مرات}$$

مسألة: محلول مائي مشبع ملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 تركيزه 0.05 mol. L^{-1}

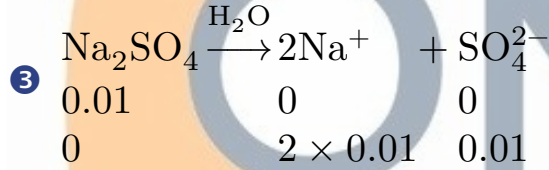
① اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لكبريتات الفضة.

② احسب ثابت جداء الذوبان لمشح كبريتات الفضة.

③ إذا أضيف إليه ملح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 بحيث يصبح تركيزه في المحلول 0.01 mol. L^{-1} بين حسابياً إن كان ملح كبريتات الفضة يترسب أو لا



$$\textcircled{2} K_{sp} = [Ag^+]^2 \cdot [SO_4^{2-}] = 2 \times 15 \times 10^{-3} \times 15 \times 10^{-3} = 9 \times 10^{-4} \times 15 \times 10^{-3} = 135 \times 10^{-7}$$



$$[SO_4^{2-}] = 0.015 + 0.01 = 0.025 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$Q = [Ag^+]^2 \cdot [SO_4^{2-}] = 9 \times 10^{-4} \times 25 \times 10^{-3} = 225 \times 10^{-7} > K_{sp} \text{ فوق المشبع يوجد راسب}$$

مسألة: محلول مائي ملح نترات الأمونيوم NH_4NO_3 تركيزه $2 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$ فإذا علمت أن ثابت تأين النشادر عند

$$K_b = 2 \times 10^{-5} \text{ هو } 25^\circ C \text{ الدرجة}$$

① اكتب معادلة الإماهة والحلمية لهذا الملح.

② احسب قيمة ثابت الحلمية للمحلول الملحي.

③ احسب قيمة $[OH^-]$

④ احسب قيمة pH المحلول، ماذا تستنتج؟

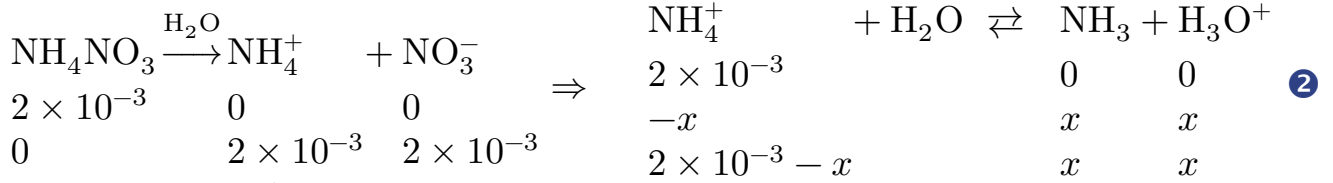
⑤ إذا أضيف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء بحيث يصبح تركيزه 0.01 mol. L^{-1} فاحسب النسبة

المئوية المتحلّمة من ملح نترات الأمونيوم في هذه الحالة.

$$NH_4NO_3 \text{ ذواب } 2 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}, K_b = 2 \times 10^{-5}$$

① نمط أول

$$K_h = \frac{K_W}{K_b} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$$



$$3 \quad K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{x \cdot x}{2 \times 10^{-3} - x}$$

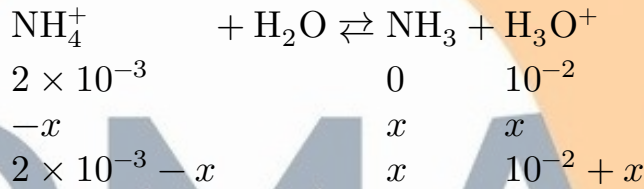
$$5 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow x = 10^{-6} \text{ mol. L}^{-1} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 6 < 7 \text{ الوسط حمضي} \quad (4)$$

HCl أحادي حمض قوي (5)

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C_a = 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$



$$K_h = \frac{x(10^{-2} + x)}{2 \times 10^{-3} - x} \Rightarrow 5 \times 10^{-10} = \frac{x \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow x = 10^{-10} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{النسبة} = \frac{\text{الجزء}}{\text{الكل}} \times 100\% = \frac{x}{2 \times 10^{-3}} \times 100\% = \frac{10^{-10}}{2 \times 10^{-3}} \times 100\% = 5 \times 10^{-6} \%$$

المعايرة

لون المشعر	مجال pH المشعر	لون المشعر	المشعر	حمض قوي وأساس ضعيف
أصفر	3.1 – 4.4	أحمر	الهليانثين	
أصفر	4.2 – 6.2	أحمر	أحمر المتيل	
أزرق	6 – 7.6	أصفر	أزرق بروم التيمول	حمض قوي وأساس قوي
بنفسجي	8.2 – 10	عديم اللون	فينول فتالين	حمض ضعيف وأساس قوي

ناقش تغير قيمة pH عند معايرة حمض قوي بأساس قوي

◀ في البداية يكون الوسط حمضي و $\text{pH} < 7$ ويكون تركيز $[\text{H}_3\text{O}^+]$ أعظمي.

◀ عند بدء المعايرة (إضافة أساس): تزداد قيمة pH تدريجياً نتيجة تناقص تركيز أيونات الهيدرونيوم نتيجة تفاعلها مع أيونات



◀ عند نهاية المعايرة (نقطة التكافؤ): تكون جميع أيونات الهيدرونيوم قد اتحدت مع أيونات الهيدروكسيد المضاف

و $\text{pH} = 7$ (لأن أيونات الملح الناتجة قوية وحيادية لا تتحلل)

◀ عند إضافة قطرة فائضة من هيدروكسيد الصوديوم يصبح الوسط أساسي و $\text{pH} > 7$

ما هو المشعر المستخدم عند معايرة حمض قوي وأساس قوي؟ ولماذا؟

المشعر هو أزرق بروم التيمول لأن pH نقطة نهاية المعايرة هي 7 تقع ضمن مجال المشعر من 6 – 7.6

قانون مور:

▪ عند استخدام الماء:

قانون التمديد:

▪ عند استخدام حمض مع أساس:

قانون المعايرة

$$\begin{aligned} n_{()} &= n'_{()} \\ C.V &= C'.V' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= n' \\ C.V &= C'.V' \end{aligned}$$

▪ حمض:

◀ قوي منكتب: H_3O^+

◀ ضعيف: منكتب صيغته

▪ أساس:

◀ قوي: منكتب $[OH^-]$

◀ ضعيف: منكتب صيغته

OMAR
ALMOSTAFA



معايرة أساس قوي بحمض قوي:

ناقش تغير pH عند معايرة أساس قوي بحمض قوي.

- ◀ في البداية: يكون الوسط قلوي $pH > 7$ تركيز أيونات الهيدروكسيد أعظمي.
- ◀ عند إضافة الحمض: يتناقص الـ pH الوسط تدريجياً نتيجة تفاعل أيونات الهيدرونيوم مع أيونات الهيدروكسيد وفق المعادلة: $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$
- ◀ عند نهاية المعايرة: تكون أيونات الهيدروكسيد اتحدت مع أيونات الهيدرونيوم ويصبح $pH = 7$
- ◀ عند إضافة قطرة فائضة من الحمض يصبح الوسط حمضي $pH < 7$

ناقش تغير قيمة pH عند معايرة حمض الخل بهيدروكسيد البوتاسيوم.

- ◀ في البداية: يكون الوسط حمضي $pH < 7$ لأن تراكيز حمض الخل أعظمي.
- ◀ عند إضافة أساس: يزداد الـ pH الوسط تدريجياً نتيجة تفاعل حمض الخل مع أيونات الهيدروكسيد وفق المعادلة: $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$
- ◀ عند نهاية المعايرة: يكون حمض الخل قد استهلك $pH > 7$ بسبب وجود أيونات الخلات التي تسلك سلوك أساس ضعيف.
- ◀ عند إضافة قطرة فائضة من الأساس يبقى الوسط أساسي $pH > 7$ أساس قوي.

ما هو المشعر المستخدم عند معايرة حمض ضعيف بأساس قوي؟

- ◀ المشعر المستخدم هو الفينول فيثالين لأن pH نقطة نهاية المعايرة تقع ضمن مجال المشعر من 8.2 – 10

ناقش تغير الـ pH الوسط عند معايرة هيدروكسيد الأمونيوم بحمض كلور الماء.

- ◀ في البداية: يكون تركيز هيدروكسيد الأمونيوم أعظمي $pH > 7$ والوسط قلوي.
- ◀ عند إضافة الحمض: يتناقص الـ pH الوسط تدريجياً لأن هيدروكسيد الأمونيوم يتفاعل مع أيونات الهيدرونيوم وفق المعادلة: $NH_4OH + H_3O^+ \rightarrow NH_4^+ + 2H_2O$
- ◀ عند انتهاء المعايرة: يكون هيدروكسيد الأمونيوم قد استهلك $pH < 7$ بسبب وجود أيونات الأمونيوم التي تسلك سلوك حمض ضعيف.
- ◀ عند إضافة قطرة فائضة من حمض كلور الماء تساوي $pH \simeq 5.27$ لأن الملح الناتج يحوي أيونات الهيدرونيوم التي تسلك سلوك حمض ضعيف.

مسألة: محلول مائي حمض كلور الماء تركيزه $10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$ ، المطلوب:

- ① احسب قيمة pH هذا الحمض.
- ② لمعايرة 20 mL في محلول الحمض السابق يلزم 5 mL من هيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز 0.02 mol. L^{-1} وحجم V_2 من هيدروكسيد البوتاسيوم ذي التركيز 0.05 mol. L^{-1} ، والمطلوب:
- ③ اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.
- ④ احسب حجم هيدروكسيد البوتاسيوم اللازم لإتمام المعايرة.
- ⑤ احسب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 10 mL من الحمض السابق لتصبح $pH = 3$

- ① $[H_3O^+] = C_a = 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1} \Rightarrow \text{pH} = 2$
- ② HCl: $C = 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$ $V = 20 \text{ mL}$
NaOH: $C' = 0.02 \text{ mol. L}^{-1}$ $V' = 5 \text{ mL}$
KOH: $C'' = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}$ $V'' = ?$
- ③ $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$
- ④ $n_{(H_3O^+)} = n'_{(OH^-)} + n''_{(OH^-)}$
 $C \cdot V = C' \cdot V' + C'' \cdot V''$
 $\Rightarrow 10^{-2} \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-2} \times V''$
 $\Rightarrow V'' = 2 \times 10^{-3} \text{ L}$
- ⑤ $\text{pH} = 3 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1} = C'$
 $n = n' \Rightarrow C \cdot V = C' \cdot V' \Rightarrow V' = \frac{C \cdot V}{C'} = 0.1 \text{ L}$
 $V_{(H_2O)} = V' - V = 0.1 - 0.01 = 0.09 \text{ L}$

مسألة: يؤخذ 20 mL من حمض الكبريت تركيزه 0.05 mol. L^{-1} ويضاف إلى 10 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم، حتى تمام التعديل، المطلوب:

- ① اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل.
- ② احسب تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم المستعمل.
- ③ ما قيمة pH المحلول؟
- ④ اكتب اسم أفضل مشعر واجب استعماله في هذه المعاييرة.
- ④ احسب التركيز المولي الحجمي لمحلول ملح كبريتات الصوديوم الناتج عن المعاييرة.

(Na: 23, O: 16, H: 1, S: 32)

- ① $H_2SO_4: C = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}$, $V = 20 \text{ mL}$
NaOH: $C = ?$, $V = 10 \text{ mL}$
 $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
- ② $n_{(H_3O^+)} = n_{(OH^-)} \Rightarrow 2C \cdot V = C' \cdot V'$
 $\Rightarrow C' = \frac{2C \cdot V}{V'} = \frac{2 \times 5 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0.2 \text{ mol. L}^{-1}$
- ③ $\text{pH} = 7$
- ④ أزرق بروم التيمول
- ⑤ $C = \frac{n}{V}$



$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol} & & 1 \text{ mol} \\ n = C \cdot V \text{ mol} & & n'' \text{ mol} \end{array}$$

$$\Rightarrow n'' = C \cdot V = 5 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-3} = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{NO}_2\text{SO}_4] = \frac{n''}{V''} = \frac{10^{-3}}{V + V'} = \frac{10^{-3}}{30 \times 10^{-3}} = \frac{1}{30} \text{ mol. L}^{-1}$$

إذا طلب تركيز الملح بعد المعايرة نطبق: $n_{\text{ملح}} = n_{\text{أساس}} = n_{\text{حمض}}$ وبس دخل الملح منتكب صيغ حتى لو كان الحموض أو الأسس أقوىاء.

$$n_{\text{حمض}} = n''_{\text{ملح}} \Rightarrow C \cdot V = C'' \cdot V'' \Rightarrow C'' = \frac{C \cdot V}{V''} = \frac{5 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-3}} = \frac{1}{30} \text{ mol. L}^{-1} \quad \text{ط2:}$$

$$n'_{\text{أساس}} = n''_{\text{ملح}} \Rightarrow C' \cdot V' = 2C'' \cdot V'' \Rightarrow C'' = \frac{C' \cdot V'}{2V''} = \frac{1}{30} \text{ mol. L}^{-1} \quad \text{ط3:}$$

مسألة: تُذاب عينة غير نقية كتلتها g 3.30 من هيدروكسيد البوتاسيوم في الماء ويكم الحجم إلى 200 mL، فإذا علمت أنه يلزم لتعديل 25 mL منه 30 mL من حمض كلور الماء تركيزه 0.1 mol. L^{-1} و 20 mL من حمض الكبريت تركيزه 0.05 mol. L^{-1} والمطلوب:

- ① احسب تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم.
- ② احسب كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقية من هذه العينة.
- ③ احسب النسبة المئوية للشوائب في هذه العينة.



المعايرة تتم على الجزء النقي فقط

$$C = ?, V = 25 \text{ mL} \text{ نقي}$$

$$C' = 0.1 \text{ mol. L}^{-1}, V' = 30 \text{ mL} : \text{HCl}$$

$$C'' = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}, V'' = 20 \text{ mL} : \text{H}_2\text{SO}_4$$

فكرة المسألة: نطبق $n = n'$

$$\textcircled{1} n_{\text{OH}^-} = n'_{\text{H}_3\text{O}^+} + n''_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

$$C \cdot V = C' \cdot V' + 2C'' \cdot V''$$

$$\Rightarrow C \times 25 \times 10^{-3} = 0.1 \times 30 \times 10^{-3} + 2 \times 5 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow C = 0.2 \text{ mol. L}^{-1} \text{ نقي}$$

عينة غير نقية

KOH

نقي \rightarrow 3.3 g

شوائب \rightarrow 3.3 g

$V = 200 \text{ mL}$

$$② M_{\text{KOH}} = 39 + 16 + 1 = 56 \text{ g. mol}^{-1}$$

$$m = C \cdot V \cdot M = 0.2 \times 200 \times 10^{-3} \times 56 = 2.24 \text{ g}$$

نقي

$$③ m_{\text{شوائب}} = m_{\text{كلية}} - m_{\text{نقية}} = 3.3 - 2.24 = 1.06 \text{ g}$$

$$\text{النسبة} = \frac{\text{الجزء الصغير}}{\text{الجزء الكبير}} \times 100\% = \frac{1.06}{3.3} \times 100\% = 32.1\%$$

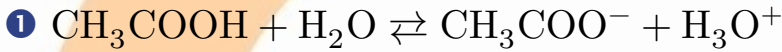
مسألة: محلول مائي لحمض الخل تركيزه الابتدائي 0.05 mol. L^{-1} ، وثابت تأين حمض الخل 2×10^{-5} المطلوب:

① اكتب معادلة تأين هذا الحمض، ثم حدد الأزواج المترافقة حسب لوشاتوليه.

② احسب قيمة pH المحلول

③ احسب درجة تأين هذا الحمض.

④ يمدد المحلول السابق 10 مرات، احسب pH المحلول بعد التمديد.



$$② [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{C_a \cdot K_a} = \sqrt{2 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-2}} = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 10^{-3} = 3$$

$$③ \alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a} = \frac{10^{-3}}{5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-2}$$

$$\text{كنسبة} = 2 \times 10^{-2} \times 100\% = 2\%$$

④ ينخفض التركيز عشر مرات ← تضاعف الحجم عشر مرات

$$C'_a = \frac{C_a}{10} = \frac{0.05}{10} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]' = \sqrt{C'_a \cdot K_a} = \sqrt{2 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-3}} = \sqrt{10^{-7}}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3.5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{pH}' = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]' = -\log 10^{-3.5} = 3.5$$

مسألة: يضاف حجم معين من محلول ملح كلوريد الكالسيوم تركيزه 0.02 mol. L^{-1} إلى حجم مساوٍ له من محلول

$$K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = 9 \times 10^{-6} \text{، إذا علمت أن } 0.04 \text{ mol. L}^{-1} \text{ تركيزه الصوديوم}$$

① اكتب معادلة إماهة كل من ملح كلوريد الكالسيوم وكبريتات الصوديوم.

② اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لملح كبريتات الكالسيوم.

③ احسب ذوبانية ملح CaSO_4 مقدرة بـ mol. L^{-1} وبـ g. L^{-1}

④ يّين بالحساب سبب ترسب قسم من ملح CaSO_4

(Ca: 40 , S: 32 , O: 16)

$$\text{CaCl}_2: C = 0.02 \text{ mol. L}^{-1}, V$$

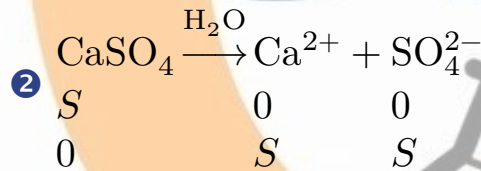
$$\text{Na}_2\text{SO}_4: C = 0.04 \text{ mol. L}^{-1}, V$$

$$V' = 2V$$

$$\text{CaCl}_2 \Rightarrow C' = \frac{C \cdot V}{V'} = \frac{2 \times 10^{-2} \times V}{2V} = 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 \Rightarrow C' = \frac{C \cdot V}{V'} = \frac{4 \times 10^{-2} \times V}{2V} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

نضع جدولين:



③ $\Rightarrow K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] \Rightarrow S = 3 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$

$$M_{\text{CaSO}_4} = 40 + 32 + 64 = 136 \text{ g. mol}^{-1}$$

$$C_{\text{mol/L}} = \frac{C_{\text{g/L}}}{M} \Rightarrow C_{\text{g/L}} = 3 \times 10^{-3} \times 136 = 408 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$$

④ $Q = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-4} \Rightarrow Q > K_{sp}$

فوق المشبع يوجد راسب.

قيمتها
معلومة