

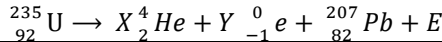
نفوذيتها النفوذية	نفوذيتها ضعيفة	نفوذيتها أكبر من نفوذيتها جسيمات ألفا	نفوذيتها أكبر من نفوذيتها جسيمات بيتا
السرعة بالنسبة لسرعة الضوء	0.05C	0.9C	تساوي سرعة الضوء C
التأثر بالحقل الكهربائي	تنحرف نحو اللبوس السالب لمكتفة مشحونة	تنحرف نحو اللبوس الموجب لمكتفة مشحونة	لا تتأثر (علل!)
التأثر بالحقل المغناطيسي	تنحرف بتأثير قوة لورنز	تنحرف بتأثير قوة لورنز معاكسة لجهة انحراف جسيمات ألفا	لا تتأثر (علل!)

سلاسل النشاط الإشعاعي:

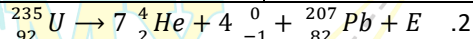
يتحول اليورانيوم المشع  $^{235}_{92}\text{U}$  إلى الرصاص المستقر  $^{207}_{82}\text{Pb}$  ، والمطلوب:

1- احسب عدد التحولات من النمط ألفا، وعدد التحولات من النمط بيتا التي يقوم بها اليورانيوم حتى يستقر.

2- اكتب المعادلة النووية الكلية.



$235 = 4X + Y(0) + 207$	$92 = 2X + Y(-1) + 82$
$235 = 4X + 207$	$92 = 14 - Y + 82$
$4X = 28$	$92 = -Y + 96$
$X = 7$	$Y = 4$



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

طاقة الارتباط:

- تشع الشمس طاقة مقدارها  $38 \times 10^{27}$  في كل ثانية، احسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال ثلاث دقائق علماً أن  $C = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

الحل:

$$\Delta E = \Delta m \cdot C^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta E}{C^2} \Rightarrow \Delta m = \frac{38 \times 10^{27} \times 180}{9 \times 10^{16}} \\ \Delta m = 76 \times 10^{12} \text{ kg}$$

عمر النصف للمادة المشعة:

يحسب عمر النصف للمادة المشعة من العلاقة  $t_{1/2} = \frac{t}{n}$  حيث:

▪ t: الزمن الكلي.

▪ n: عدد مَرَّات التكرار.

- يتعلق عمر النصف بنوع المادة المشعة (اختر)  $t = t_{1/2} \times n$  /  $n = \frac{t}{t_{1/2}}$

- إذا علمت أن عمر النصف لعنصر مشع 3years احسب الزمن اللازم كي يصبح النشاط الإشعاعي  $\frac{1}{8}$  ما كان عليه.

الحل:

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

$$N \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{N}{8} \Rightarrow n = 3 \Rightarrow t = 3 \times 3 = 9 \text{ years}$$

- يبلغ عدد النوى في عنصر مشع  $16 \times 10^5$  وبعد زمن 150 S يصبح العدد 200000 نواة، المطلوب: احسب  $t_{1/2}$ .

الحل:

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

$$16 \times 10^5 \xrightarrow{t_{1/2}} 8 \times 10^5 \xrightarrow{t_{1/2}} 4 \times 10^5 \xrightarrow{t_{1/2}} 2 \times 10^5 \\ \Rightarrow n = 3 \Rightarrow t_{1/2} = \frac{150}{3} = 50 \text{ S}$$

## الكيمياء النووية

الاستقرار النووي: النواة مستقرة  $\Rightarrow \frac{N}{Z} = 1$

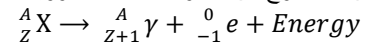
$N \neq P$	$N > P$
$P > n$ طاقة $^1_1P \rightarrow ^1_0n + ^0_{+1}e$ + طاقة يتحول البروتون إلى نيوترون بإطلاق جسيمات بيتا ويكون للأنوية التي تقع تحت حزام الاستقرار	طاقة $^1_0n \rightarrow ^1_1H + ^0_{-1}e$ + طاقة النيوترون يتحول إلى بروتون بإطلاق جسيمات بيتا ويكون للأنوية التي تكون فوق حزام الاستقرار

رموز بعض الجسيمات النووية:

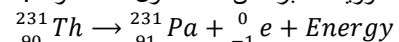
الجسيم	رمزه
نيوترون	$^1_0n$
بروتون	$^1_1H$ أو $^1_1P$
جسيم بيتا	$^0_{-1}e$ أو $^0_{+1}\beta$
جسيم ألفا	$^4_2He$ أو $^4_2\alpha$
بوزيترون	$^0_{+1}e$ أو $^0_{+1}B$

أولاً: النشاط الإشعاعي الطبيعي (التحولات النووية الطبيعية)

1- تحول من النوع بيتا: يحدث في النوى التي تقع فوق حزام الاستقرار يعبر عن هذا النوع من التحول بالمعادلة النووية العامة الآتية:

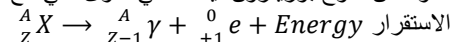


تطبيق: تتحول نواة الثوريوم  $^{231}_{90}\text{Th}$  إلى نواة البروتكتينيوم  $^{231}_{91}\text{Pa}$  تلقائياً، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحول محدداً نوعه.

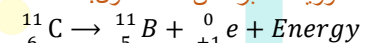


- التحول من نوع بيتا.

2- تحول من النوع بوزيترون: يحدث في النوى التي تقع تحت حزام

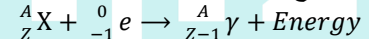


الاستقرار تتحول نواة الكربون المشع  $^{11}_6\text{C}$  إلى نواة البور المستقر بإطلاقها بوزيترون، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحول:



3- الأسر الإلكتروني: يحدث في النوى التي تقع تحت حزام الاستقرار ولا تملك طاقة كافية لإطلاق بوزيترون.

يعبر عن هذا النوع من التحول بالمعادلة النووية العامة الآتية:



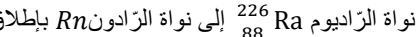
تطبيق (3):

تتحول نواة الروبيديوم  $^{81}_{36}\text{Rb}$  إلى نواة الكريبتون  $^{81}_{36}\text{Kr}$  عندما تأسر أحد الإلكترونات السحابة الإلكترونية المحيطة بها، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول:



4- التحول من النوع ألفا: يمكن أن يحدث في النوى التي يزيد عددها الذري عن 83

تتحول نواة الراديوم  $^{226}_{88}\text{Ra}$  إلى نواة الرادون  $^{226}_{86}\text{Rn}$  بإطلاق جسيم ألفا، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول:



خصائصات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما

جسيمات ألفا (α)	جسيمات بيتا (β)	أشعة غاما (γ)	
تطابق نواة الهيليوم $^4_2\text{He}$	إلكترونات عالية السرعة	أمواج كهرومغناطيسية طاقتها عالية جداً	الطبيعة
تحتل شحنتين موجبتين	تحتل شحنة سالبة	لا تحمل شحنة كهربائية	الشحنة
كتلتها تساوي أربعة أضعاف كتلة الهيدروجين العادي	كتلتها تساوي كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة سكونية	الكتلة
تأين الغازات التي تمر من خلالها	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات ألفا	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات بيتا	تأين الغاز

### الغازات

العلاقة بين حجم الغاز وضغطه " قانون بويل":

عينة من غاز  $NO_2$  حجمها  $1.5L$  عند الضغط  $5.6 \times 10^3 Pa$ ، احسب حجم الغاز عندما يصبح ضغطه  $1.5 \times 10^4 Pa$  بثبات درجة الحرارة.

**الحل:**  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{5.6 \times 10^3 \times 1.5}{1.5 \times 10^4} = 0.56L$$

العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة " قانون شارل":

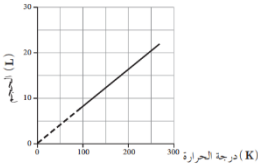
أجريت تجارب مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ضغط ثابت وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

الحجم $V(L)$	درجة الحرارة $T(K)$	$V/T (L.K^{-1})$
22	270	0.081
21	259	0.081
18	220	0.081
9	111	0.081

a- ارسم الخط البياني لتغير الحجم بدلالة درجة الحرارة مقدرة بالكلفن، ماذا تستنتج من الرسم.

b- اكتب بالرموز العلاقة الرياضية المعبرة عنها والنتيجة التي وصلت إليها.

**الحل:**



a- نسبة حجم عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن تبقى ثابتة عند ضغط ثابت  $\frac{V}{T} = \text{const}$ ، يتناسب حجم عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغط الغاز.

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots \dots \text{const}$$

- يبلغ حجم عينة من غاز النيون  $0.3L$  عند الدرجة  $330K$  وضغط ثابت، تسخن هذه العينة إلى الدرجة  $550K$  مع بقاء الضغط ذاته، احسب حجم هذه العينة عندئذٍ.

**الحل:**

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{3 \times 10^{-1} \times 550}{330} = V_2 = 5 \times 10^{-1} L$$

العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة "قانون غاي لوساك":

- علبة معدنية تحوي غاز البوتان ضغطه  $360kpa$  عند درجة  $27^\circ C$ ، احسب قيمة الضغط الجديد للغاز في العلبة إذا تركت في سيارة وارتفعت درجة حرارتها إلى  $47^\circ C$  في يوم حار (باهمال تمدد العلبة)

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times T_2}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{360 \times 320}{300} \Rightarrow P_2 = 384 kpa$$

العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه " قانون أفو غادرو":

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

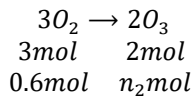
$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \dots \dots \text{const}$$

- عينة من غاز الأوكسجين  $O_2$  حجمها  $12L$  وعدد مولاتها  $0.6mol$  عند الضغط  $1atm$  ودرجة الحرارة  $25^\circ C$ ، إذا تحول غاز الأوكسجين  $O_2$  إلى غاز الأوزون  $O_3$  عند الضغط نفسه ودرجة الحرارة ذاتها، المطلوب حساب:

1- عدد مولات غاز الأوزون الناتج.

2- حجم غاز الأوزون الناتج.

**الحل:**



$$n_2 = \frac{2 \times 6 \times 10^{-1}}{3} = 0.4mol$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \times n_2}{n_1} \Rightarrow V_2 = \frac{12 \times 4 \times 10^{-1}}{6 \times 10^{-1}} \Rightarrow V_2 = 8L$$

- عينة من غاز النيتروجين عدد جزئياتها  $3.011 \times 10^{23}$  وعدد أفو غادرو  $6.022 \times 10^{23}$ ، احسب عدد مولاتها.

$$n = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5mol$$

- يبلغ عمر النصف لمادة مشعة  $t_{1/2} = 24days$  وكتلتها  $1kg$ ، تكون نسبة ما تبقى منها بعد  $72days$  مستوية:

$$\text{الحل: } n = \frac{t}{t_{1/2}} \Rightarrow n = \frac{72}{24} \Rightarrow n = 3$$

$$1 \xrightarrow{\frac{1}{2}} \frac{1}{2} \xrightarrow{\frac{1}{2}} \frac{1}{4} \xrightarrow{\frac{1}{2}} \frac{1}{8}$$

ثانياً: النشاط الإشعاعي الصناعي:

التفاعلات النووية:

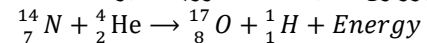
1- تفاعلات الاندماج: تحدث عندما تلتقط النواة القذيفة التي قذفت بها دون أن تنقسم.

- عند قذف نواة الذهب النظير غير المشع  $^{197}_{79}Au$  بنيوترون تتحول إلى نواة الذهب النظير المشع، اكتب المعادلة النووية المعبرة:

$$^{197}_{79}Au + {}^1_0n \rightarrow ^{198}_{79}Au + \text{Energy}$$

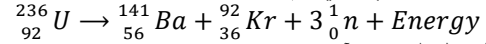
2- تفاعلات التفتت: تحدث عندما تتحول النواة المقذوفة بجسيم إلى عنصر جديد مطابقة جسيم آخر.

- عند قذف نواة النيتروجين  $^{14}_7N$  بجسيم ألفا تتحول إلى نواة الاوكسجين مطابقة بروتون، اكتب المعادلة النووية المعبرة:

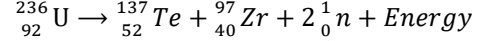


3- تفاعلات الانشطار النووي: تنقسم نواة ثقيلة الحجم إلى نواتين أخف.

- أكمل التفاعل النووي الآتي، ثم حدد نوعه:



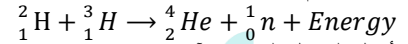
- أكمل التفاعل النووي الآتي، ثم حدد نوعه:



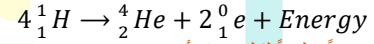
4- تفاعلات الاندماج النووية:

تندمج نواتان خفيفتان أو أكثر لتشكل نواة أثقل (تحدث في الشمس)

- تندمج نواتا نظيري الهيدروجين الديتريوم  ${}^2_1H$  و التريتيوم  ${}^3_1H$  لينتج نواة الهيليوم ونيوترون، اكتب المعادلة المعبرة عن هذا التفاعل:



- أكمل التفاعل النووي الآتي، ثم حدد نوعه:

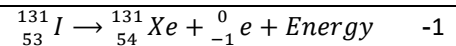


❖ اعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. يعد النيوترون أفضل قذيفة.
2. لأنه معتدل الشحنة فلا يحدث تدافع كهربائي بينه وبين النواة المقذوفة.
3. كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرة.
- ج: بسبب تحول النقص في الكتلة إلى طاقة.
- ج: إطلاق النواة للبروترون.
- ج: بسبب تحول بروتون إلى نيوترون يستقر داخل النواة فينتقل بوزيترون خارج النواة.
- ج: يرافق تفاعل الاندماج النووي انطلاق طاقة هائلة.
- ج: بسبب النقص في الكتلة وتحول هذا النقص في الكتلة إلى طاقة.
- ج: إطلاق النواة للإلكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا.
- ج: بسبب تحول نيوترون إلى بروتون يستقر داخل النواة فينتقل جسيم بيتا خارج النواة.

❖ تتحول نواة اليود المشع  $^{131}_{53}I$  إلى نواة الكزبون  $Xe$  مطابقة جسيم بيتا، عند معالجة مرض سرطان الغدة الدرقية بجرعة منه، فإذا كان عمر النصف لليود المشع المستخدم  $8days$ ، المطلوب:

- 1- اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول.
- 2- احسب النسبة المتبقية من اليود المشع بعد  $24days$ ، ثم احسب النسبة المتفككة.



$$t = t_{1/2} \times n \Rightarrow n = \frac{t}{t_{1/2}} \Rightarrow n = \frac{24}{8} \Rightarrow n = 3$$

$$1 \xrightarrow{\frac{1}{2}} \frac{1}{2} \xrightarrow{\frac{1}{2}} \frac{1}{4} \xrightarrow{\frac{1}{2}} \frac{1}{8}$$

$$\text{النسبة المتبقية: } 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8} \quad \text{النسبة المتفككة: } \frac{1}{8}$$

النظرية الحركية للغازات:

<b>القانون الثاني:</b> (دالتون) $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$ حساب الضغط الجزئي للغازات الممتزجة في قفون	<b>القانون الثالث:</b> حساب عدد مولات الغازات الممتزجة في قفون $P_t = n_t \cdot R \cdot T$	<b>القانون الرابع:</b> حساب عدد مولات الغازات الممتزجة في قفون $n_t = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$	<b>القانون الخامس:</b> حساب عدد مولات الغازات الممتزجة في قفون $n_t = \frac{P_t \cdot V}{R \cdot T}$	<b>القانون السادس:</b> حساب عدد مولات الغازات الممتزجة في قفون $n_t = \frac{P_t \cdot V}{R \cdot T}$
---	--	--	--	--

ملاحظات ملاحظات مسائل الغازات

قوانين

معادلات الحركة أو تتحرك

الغاز المثالي

معدل أو تسرب

مصفوفة حرارة شتتين

كثافة الغاز:

- يرتفع المنطاد في الجو عند تسخين الهواء داخله، استنتج القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد، وأفسر ذلك!

**الحل:** قانون الغازات العام:  $PV = nRT$

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$\frac{M}{V} = \frac{PM}{RT}$$

تُعطي كثافة الغاز بالعلاقة:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$d = \frac{PM}{RT}$$

يؤدي تسخين الهواء داخل المنطاد إلى نقصان كثافته لتصبح أقل من كثافة الهواء المحيط به، مما يؤدي إلى ارتفاعه.

- غاز كثافته  $10g.l^{-1}$  عند درجة الحرارة  $47^\circ C$  والضغط  $8.2atm$  احسب الكتلة المولية لهذا الغاز.

علماً أن:  $(R = 0.082atm.l.mol^{-1}.K^{-1})$

**الحل:**  $d = \frac{P.M}{R.T} \Rightarrow M = \frac{d.R.T}{P} \Rightarrow M = \frac{10 \times 82 \times 10^{-3} \times 320}{82010^{-1}} \Rightarrow M = 32g.mol^{-1}$

قانون دالتون للضغوط الجزئية:

يعبر عنه بالعلاقة:  $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$

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

أطبق قانون دالتون:

**يعطي ضغط كل غاز وفق قانون الغازات العام**  $P_t = P_1 + P_2 + P_3$

$$P_1 = n_1 \frac{RT}{V}, P_2 = n_2 \frac{RT}{V}, P_3 = n_3 \frac{RT}{V}$$

$$P_t = n_1 \frac{RT}{V} + n_2 \frac{RT}{V} + n_3 \frac{RT}{V} + \dots$$

$$P_t = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) \frac{RT}{V} \Rightarrow$$

$$P_t = n_t \frac{RT}{V}$$

علاقة الضغوط الجزئية بالكسور المولية

استنتج عبارة الضغط الكلي لمزيج غازي بدلالة الكسر المولي.

**الحل:** الضغط الجزئي لغاز  $P_1 = n_1 \frac{RT}{V}$  والضغط الكلي للمزيج الغازي

$$P_t = n_t \frac{RT}{V}, \text{ انسب الضغط الجزئي إلى الضغط الكلي:}$$

$$\frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1 \frac{RT}{V}}{n_t \frac{RT}{V}} = \frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1}{n_t}$$

تدعى النسبة  $X_i = n_i/n_t$  بالكسر المولي لغاز.  $P_i = X_i P_t$

قانون غراهام في الانتشار والتسرب  $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

**حيث:** تزداد سرعة انتشار غاز كلما نقصت كتلته المولية وفق قانون غراهام.

- عند رش كمية صغيرة من العطر في غرفة، ألاحظ انتشار الرائحة في كامل أرجاء الغرفة؛ علل!

**ج:** بسبب الحركة العشوائية لجزيئاتها لتتلاءم الحيز الذي توجد فيه بشكل متجانس.

- لديك العينات الغازية الآتية الموجودة عند الضغط نفسه ودرجة الحرارة ذاتها ( $H_2 - O_2 - CH_4 - SO_2$ )

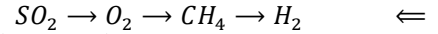
- **a** رتب هذه العينات حسب تزايد سرعة انتشارها معللاً إجابتك، علماً أن ( $H: 1 - C: 12 - O: 16 - S: 32$ )

**الحل:**

$$M(SO_2) = 64g.mol^{-1} - M(CH_4) = 16g.mol^{-1} -$$

$$MH_2 = 2g.mol^{-1} - M(O_2) = 32g.mol^{-1}$$

تزايد سرعة انتشار غاز كلما نقصت كتلته المولية وفق قانون غراهام



- احسب نسبة سرعة انتشار غاز الهيدروجين إلى سرعة انتشار غاز الأوكسجين ( $O: 16/H: 1$ )

**الحل:**  $\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = \sqrt{16} = 4$

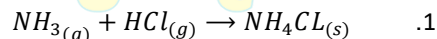
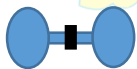
المسألة الأولى:

يبين الشكل المجاور حومتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصمام تحوي الحجرة الأولى غاز النشادر ( $NH_3$ ) كتلته  $8.5g$  بينما تحوي الحجرة الثانية غاز كلور الهيدروجين ( $HCl$ ) كتلته  $7.3g$  فإذا علمت أن حجم كل حجرة  $2L$  ودرجة حرارتهما  $27^\circ C$  وعند فتح الصمام يتفاعل غاز النشادر مع غاز كلور الهيدروجين وينتج ملح كلوريد الأمونيوم الصلب والمطلوب:

- 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.

علماً أن: ( $R: 0.082 \text{ Cl: } 35.5 \text{ H: } 1 \text{ N: } 14$ )

**الحل:**



$$n_{(NH_3)} = \frac{m}{M} = \frac{85 \times 10^{-1}}{17} = 0.5mol$$

$$n_{(HCl)} = \frac{m}{M} = \frac{73 \times 10^{-1}}{365 \times 10^{-1}} = 0.2mol$$

بما أن عدد مولات غاز النشادر أكبر من عدد مولات غاز كلور الهيدروجين فالنشادر هو الغاز المتبقي بعد انتهاء التفاعل.

3. بما أن نسبة التفاعل 1: 1 فإن عدد المولات المتبقي يساوي:

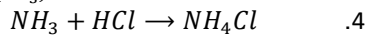
$$n_{(NH_3)} = 0.5 - 0.2 = 0.3mol$$

$$P_{(NH_3)} \cdot V = n_{(NH_3)} RT$$

$$P_{(NH_3)} = \frac{n_{(NH_3)} RT}{V}$$

$$P_{(NH_3)} = \frac{3 \times 10^{-1} \times 82 \times 10^{-3} \times 300}{4}$$

$$P_{(NH_3)} = 184.5 \times 10^{-2} atm$$



$$\frac{1mol}{0.2mol} \quad \frac{53.5g}{Y}$$

$$Y = \frac{535 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-1}}{1}$$

$$Y = 10.7g$$

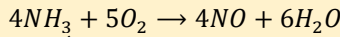
$$n_{\text{بوتان}} = 19 \times n_{\text{أرغون}} \\ n_{\text{أرغون}} = 19 \times 0.5 \\ n_{\text{أرغون}} = 9.5 \text{ mol} \\ m_{\text{أرغون}} = n_{\text{أرغون}} \times M \\ m_{\text{أرغون}} = 9.5 \times 40 \\ m_{\text{أرغون}} = 380 \text{ g} \\ P_t = n_t \frac{RT}{V} \quad -2 \\ P_t = \frac{(0.5+9.5) \times 82 \times 10^{-3} \times 400}{164 \times 10^{-1}} \\ P_t = 20 \text{ atm}$$

سرعة التفاعل الكيميائي

السرعة الوسطية للتفاعل:

المسألة الأولى:

يحترق غاز النشادر وفق المعادلة الآتية:

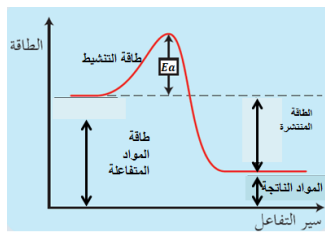


- 1- اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك الأوكسجين وعبارة السرعة الوسطية لتشكيل NO.
- 2- اكتب عبارة السرعة الوسطية للتفاعل.
- 3- اكتب عبارة السرعة الوسطية التي تربط استهلاك الأوكسجين مع تكون بخار الماء.
- 4- إذا كانت السرعة الوسطية لاحتراق النشادر  $0.24 \text{ mol.l}^{-1}$  احسب السرعة الوسطية لتشكيل بخار الماء والسرعة الوسطية للتفاعل.

الحل:

$$v_{\text{avg}}(\text{O}_2) = -\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \quad v_{\text{avg}}(\text{NO}) = +\frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} \quad -1 \\ v_{\text{avg}} = -\frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = -\frac{1}{5} \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = +\frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} = +\frac{1}{6} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t} \quad -2 \\ v_{\text{avg}}(\text{O}_2) = \frac{5}{6} \times v_{\text{avg}}(\text{H}_2\text{O}) \quad -3 \\ v_{\text{avg}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{6}{4} \times v_{\text{avg}}(\text{NH}_3) \quad -4 \\ v_{\text{avg}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{6}{4} \times 24 \times 10^{-2} \\ v_{\text{avg}}(\text{H}_2\text{O}) = 36 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ v_{\text{avg}} = \frac{1}{4} \times v_{\text{avg}}(\text{NH}_3) \\ v_{\text{avg}} = \frac{1}{4} \times 24 \times 10^{-2} \\ v_{\text{avg}} = 6 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

ارسم المخطط الطاقى لتفاعل ناشر للحرارة ثم عدد المراحل التي تمر من خلالها التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط وبماذا تتعلق طاقة التنشيط.



فسر ما يلي:

- 1- التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تكون سريعة؟  
ج: لأن عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون كبيراً.
- 2- التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط كبيرة تكون بطيئة؟  
ج: لأن عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون صغيراً.

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل:

1. طبيعة المواد المتفاعلة:

فسر: سرعة احتراق غاز البوتان  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  أكبر من سرعة احتراق غاز الأوكتان  $(\text{C}_8\text{H}_{18})$ ؟

ج: لأن عدد الروابط  $\text{C}-\text{H}$  و  $\text{C}-\text{C}$  في غاز البوتان أقل منها في غاز الأوكتان.

2. درجة الحرارة:

فسر: تزداد سرعة التفاعل الكيميائي بزيادة درجة الحرارة.

بسبب ازدياد عدد الجزيئات التي تملك طاقة حركية أكبر أو تساوي طاقة التنشيط فيزداد عدد التصادمات الفعالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل.

المسألة الثانية:

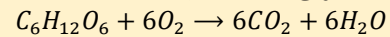
مزيج حجمه  $24.6 \text{ m}^3$  يحوي على  $3.2 \text{ Kg}$  من غاز الميثان  $(\text{CH}_4)$  و  $18 \text{ Kg}$  من غاز الإيثان  $(\text{C}_2\text{H}_6)$  و  $8.8 \text{ kg}$  من غاز البروبان  $(\text{C}_3\text{H}_8)$ ، وكمية من غاز مجهول فإذا علمت أن الضغط الكلي للوعاء  $1.1 \text{ atm}$  عند الدرجة  $27^\circ\text{C}$ ، احسب عدد مولات الغاز المجهول، علماً أن  $(R = 0.082 \text{ C: } 12 \text{ H: } 1)$

الحل:

$$P_t = n_t \frac{RT}{V} \quad n_{(\text{CH}_4)} = \frac{m}{M} \quad n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} = \frac{m}{M} \\ n_t = \frac{P_t V}{RT} \quad n_{(\text{CH}_4)} = \frac{32 \times 10^{-1} \times 10^{+3}}{11 \times 10^{-1} \times 246 \times 10^{-1} \times 10^{+3}} \quad n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} = \frac{88 \times 10^{-1} \times 10^{+3}}{88 \times 10^{-1} \times 10^{+3}} \\ n_t = \frac{82 \times 10^{-3} \times 300}{11 \times 10^{-1} \times 246 \times 10^{-1} \times 10^{+3}} \quad n_{(\text{CH}_4)} = 200 \text{ mol} \quad n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} = 200 \text{ mol} \\ n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} = \frac{m}{M} \quad n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} = \frac{18 \times 10^{+3}}{30} \quad n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} = 600 \text{ mol} \\ n_t = n_{(\text{CH}_4)} + n_{(\text{C}_2\text{H}_6)} + n_{(\text{C}_3\text{H}_8)} + n_x \\ 1100 = 200 + 600 + 200 + n_x \\ n_x = 100 \text{ mol}$$

المسألة الثالثة:

يتأكسد سكر العنب وفق المعادلة الآتية:



والمطلوب:

- 1- احسب حجم غاز  $\text{CO}_2$  نتيجة تأكسد  $0.9 \text{ g}$  من سكر العنب عند درجة الحرارة  $37^\circ\text{C}$  والضغط  $0.93 \text{ atm}$
- 2- ضغط غاز الأوكسجين اللازم لأكسدة  $3 \text{ g}$  إذا كان حجمه  $0.6 \text{ L}$  ودرجة الحرارة  $300 \text{ K}$  علماً أن:  $R = 0.082$

الحل:

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \quad 1. \\ 180 \text{ g} \quad 6 \text{ mol} \\ 0.9 \text{ g} \quad \text{nmol} \\ n_{(\text{CO}_2)} = \frac{6 \times 9 \times 10^{-1}}{180} = 0.03 \text{ mol} \\ P_{(\text{CO}_2)} V_{(\text{CO}_2)} = n_{(\text{CO}_2)} RT \\ V_{(\text{CO}_2)} = \frac{n_{(\text{CO}_2)} RT}{P} \\ V_{(\text{CO}_2)} = \frac{3 \times 10^{-2} \times 82 \times 10^{-3} \times 310}{93 \times 10^{-2}} \\ V_{(\text{CO}_2)} = 0.82 \text{ L} \\ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \quad 2. \\ 180 \text{ g} \quad 6 \text{ mol} \\ 3 \text{ g} \quad \text{nmol} \\ n_{(\text{O}_2)} = 0.1 \text{ mol} \\ P_{(\text{O}_2)} V = n_{(\text{O}_2)} RT \\ P_{(\text{O}_2)} = \frac{n_{(\text{O}_2)} RT}{V} \\ P_{(\text{O}_2)} = \frac{10^{-1} \times 82 \times 10^{-3} \times 300}{6 \times 10^{-1}} \\ P_{(\text{O}_2)} = 4.1 \text{ atm}$$

المسألة الرابعة:

يحضر مزيج غازي مؤلف من 5% بوتان و 95% أرغون بملء وعاء مخلى من الهواء حجمه  $16.4 \text{ L}$  بغاز البوتان حتى يصبح الضغط  $1 \text{ atm}$  ودرجة الحرارة  $127^\circ\text{C}$  والمطلوب حساب:

- 1- كتلة غاز الأرغون في المزيج.
  - 2- الضغط الكلي للمزيج النهائي.
- علماً أن  $(Ar: 40 \text{ C: } 12 \text{ H: } 1 \text{ R} = 0.082)$

الحل:

$$P \cdot V = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} \quad -1 \\ n_{\text{بوتان}} = \frac{1 \times 16.4 \times 10^{-1}}{82 \times 10^{-3} \times 400} \\ n_{\text{بوتان}} = 0.5 \text{ mol} \\ \text{نحسب نسبة غاز البوتان لغاز الأرغون} \quad \frac{5}{95} = \frac{1}{19} \text{ و بالتالي فإن عدد مولات غاز الأرغون:}$$



▪ نعوض قيم التجربة الأولى

$$K = \frac{v}{[NO]^2 \cdot [H_2]}$$

$$K = \frac{123 \times 10^{-5}}{10^{-2} \times 10^{-1}} \Rightarrow K = 123 \times 10^{-2}$$

$$v = K[NO]^2 \cdot [H_2] \quad -3$$

$$v = 123 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-1}$$

$$v = 369 \times 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

#### مخطط حساب السرعة الابتدائية $v_0$

1. معي تراكيز البدء فوراً نعوض في عبارة السرعة - معي مولات البدء والحجم نحسب تراكيز البدء $C = \frac{n}{V}$ ونعوض في عبارة السرعة	2. مزج حجم + تركيز نحسب تراكيز البدء من: بعد $n = n'$ قبل $C \cdot V = C' \cdot V'$ $C' = \frac{CV}{V'}$ ونعوض من عبارة السرعة	لإضافة حجم + عدد مولات نحسب تراكيز البدء من $C = \frac{n}{V'}$ حيث: $V' = (V_1 + V_2)$ ونعوض في عبارة السرعة
--	---	--

#### المسألة الأولى:

وضع  $8 \text{ mol}$  من المادة  $A$  في وعاء مغلق سعته  $10 \text{ L}$  فحدث التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة الآتية:  $2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$ ، والمطلوب:

- 1- كيف تتغير السرعة الابتدائية لهذا التفاعل إذا أصبح حجم الوعاء الذي يحدث فيه التفاعل نصف ما كان عليه بثبات درجة الحرارة.
- 2- بين بالحساب كيف تتغير السرعة الابتدائية إذا تضاعف الحجم.
- 3- بين بالحساب كيف تتغير السرعة الابتدائية إذا تضاعف الضغط.

الحل:

$$V' = \frac{V}{2} \Rightarrow C' = 2C \quad -1$$

$$[A]' = 2[A]$$

$$v' = K[A]^2$$

$$v' = K(2[A])^2$$

$$v' = 4K[A]^2$$

$$v' = 4v$$

تزداد أربع مرات.

$$v' = 2v \Rightarrow C' = \frac{C}{2} \quad -2$$

$$[A]' = \frac{[A]}{2}$$

$$v' = K[A]^2$$

$$v' = K\left(\frac{[A]}{2}\right)^2$$

$$v' = \frac{K[A]^2}{4}$$

$$v' = \frac{v}{4} \quad \text{أي تنقص أربع مرات.}$$

$$P' = 2P \Rightarrow V' = \frac{V}{2} \Rightarrow C' = 2C \quad -3$$

نتابع الحل كما في الطلب الرابع.

#### المسألة الثانية:

مزج  $600 \text{ ml}$  من المادة  $A$  ذات التركيز  $0.8 \text{ mol.l}^{-1}$  مع  $200 \text{ ml}$  من المادة  $B$  ذات التركيز  $0.8 \text{ mol.l}^{-1}$  لتتشكل المادة  $C$  في شروط مناسبة وفق التفاعل الأولي الآتي:  $3A(aq) + B(aq) \rightarrow 2C(aq)$

- 1- احسب سرعة التفاعل الابتدائية يفرض أن  $K = 0.1$
- 2- احسب سرعة التفاعل عندما يصبح تركيز المادة  $C$  مساوياً  $0.2 \text{ mol.l}^{-1}$
- 3- احسب تراكيز المواد  $A \setminus B \setminus C$  عند توقف التفاعل.

الحل:

$$-1 \quad \text{بعد المزج} \quad n = n' \quad \text{قبل المزج}$$

$$C \cdot V = C' \cdot V'$$

$$C' = \frac{CV}{V'}$$

$$[A]_0 = \frac{8 \times 10^{-1} \times 600}{800}$$

$$[A]_0 = 0.6 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[B]_0 = \frac{8 \times 10^{-1} \times 200}{800}$$

$$[B]_0 = 0.2 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$v_0 = K[A]_0^3 \cdot [B]_0$$

$$v_0 = 10^{-1} \times (6 \times 10^{-1})^3 \times 2 \times 10^{-1}$$

3. الوسيط:

مسرّع للتفاعل يدعى حفاز - يبطئ للتفاعل يدعى مثبط

فسر: تحفظ الأغذية المعبأة لفترة طويلة دون أن تفسد؟

نتيجة إضافة مواد حافظة إليها تبطئ سرعة تفاعل تحللها.

4. تأثير التركيز:

تفاعلات متجانسة: تكون فيها المواد المتفاعلة والناجمة في طور واحد.

تفاعلات غير متجانسة: تكون فيها المواد المتفاعلة والناجمة في أطوار مختلفة.

- يتفاعل حمض الكبريت الممدد مع قطعة حديد اقترح طريقتين لزيادة سرعة هذا التفاعل؟

1- زيادة تركيز حمض الكبريت.

2- تحويل قطعة الحديد إلى مسحوق لزيادة سطح التماس بين المواد المتفاعلة.

فسر: يحترق مسحوق الفحم في الهواء بسرعة أكبر من احتراق قطعة فحم مماثلة له بالكتلة

أو: احتراق نشارة الخشب أسرع من احتراق قطعة خشب مماثلة له بالكتلة.

أو: تصدأ برادة الحديد بسرعة أكبر من قطعة الحديد؟

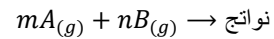
الحل: بسبب زيادة مساحة سطح التماس بين المواد المتفاعلة

1- تزداد سرعة التفاعل الكيميائي المتجانس بازدياد تراكيز المواد المتفاعلة.

الحل: بسبب ازدياد عدد التصادمات الفعالة بين جزيئات المواد المتفاعلة.

السرعة اللحظية للتفاعل:

▪ يحدث التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة الآتية:



1- اكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية.

2- بماذا تتعلق قيمة ثابت السرعة.

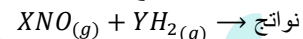
الحل:

$$v = K[A]^m \cdot [B]^n \quad -1$$

2- طبيعة المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة

رتبة التفاعل:

▪ يتفاعل أكسد النيتروجين مع الهيدروجين وفق المعادلة:



وسجلت على البيانات الآتية عند إجراء التجربة لعدة مرات:

رقم التجربة	$[H_2] \text{ mol.l}^{-1}$	$[NO] \text{ mol.l}^{-1}$	سرعة التفاعل $\text{mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
1	0.1	0.1	$1.23 \times 10^{-3}$
2	0.2	0.1	$2.46 \times 10^{-3}$
3	0.1	0.2	$4.92 \times 10^{-3}$

والمطلوب:

1- أوجد علاقة سرعة التفاعل وحدد رتبة التفاعل.

2- احسب قيمة ثابت السرعة.

3- احسب سرعة التفاعل عندما يكون:

$$[H_2] = 0.3 \text{ mol.l}^{-1} \quad [NO] = 0.1 \text{ mol.l}^{-1}$$

الحل:

$$-1 \quad \text{عبارة سرعة التفاعل اللحظية} \quad v = k[NO]^x \cdot [H_2]^y$$

▪ نعوض في نتائج التجربة الأولى:

$$v_1 = k(0.1)^x \cdot (0.1)^y = 123 \times 10^{-5}$$

▪ نعوض في نتائج التجربة الثانية:

$$v_2 = K(0.1)^x \cdot (0.2)^y = 246 \times 10^{-5}$$

▪ نعوض في نتائج التجربة الثالثة:

$$v_3 = k(0.2)^x \cdot (0.1)^y = 492 \times 10^{-5}$$

$$- \quad \text{نقسم} \quad \frac{v_3}{v_1}$$

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{k(0.2)^x \cdot (0.1)^y}{k(0.1)^x \cdot (0.1)^y} = \frac{492 \times 10^{-5}}{123 \times 10^{-5}} \Rightarrow (2)^x = 4 \Rightarrow (x = 2)$$

$$- \quad \text{نقسم} \quad \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{K(0.1)^x \cdot (0.2)^y}{k(0.1)^x \cdot (0.1)^y} = \frac{246 \times 10^{-5}}{123 \times 10^{-5}} \Rightarrow (2)^y = 2 \Rightarrow (Y = 1)$$

تكون عبارة سرعة التفاعل:  $v = k[NO]^2 \cdot [H_2]$

$$x + y$$

$$2 + 1 = 3$$

التفاعل من الرتبة الثالثة

$$-2 \quad v = k[NO]^2 \cdot [H_2]$$

### التوازن الكيميائي

#### 1- حالة التوازن:

##### ملاحظة هامة جداً:

عند التوازن:

- 1- تتساوى سرعة التفاعل المباشر وسرعة التفاعل العكسي.
- 2- تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والنواتجة.

اعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

- 1- يسمى التوازن في التفاعلات الكيميائية بالتوازن الحركي.  
ج: لأن التوازن يحدث عندما تتساوى سرعة التفاعل المباشر مع سرعة التفاعل العكسي ولا تكون قيمة السرعة لأي تفاعل معدومة.
  - 2- لا تستهلك المواد المتفاعلة كلياً في التفاعل المتوازن.  
ج: لأن المواد الناتجة تتفاعل فيما بينها لتعطي المواد المتفاعلة في نفس الشروط.
- تمرين: ليكن لدينا التفاعل المتوازن الآتي:
- $$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$
- بفرض أن كل من التفاعلين المباشر والعكسي أوليان.  
المطلوب: ماهي العبارة الرياضية لسرعة التفاعل المباشر والتفاعل العكسي، ثم استنتج منهما عبارة ثابت التوازن.

الحل:

سرعة التفاعل المباشر (1):  $v_1 = k_1[A]^a[B]^b$   
سرعة التفاعل العكسي (2):  $v_2 = k_2[C]^c[D]^d$

عند التوازن يكون:  $v_1 = v_2$

$$k_1[A]^a[B]^b = k_2[C]^c[D]^d$$

نعزل الثوابت لطرف والتراكيز لطرف آخر:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

حيث أن النسبة  $\frac{k_1}{k_2}$  مقدار ثابت نرمز له بـ  $k_C$

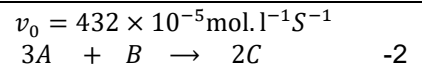
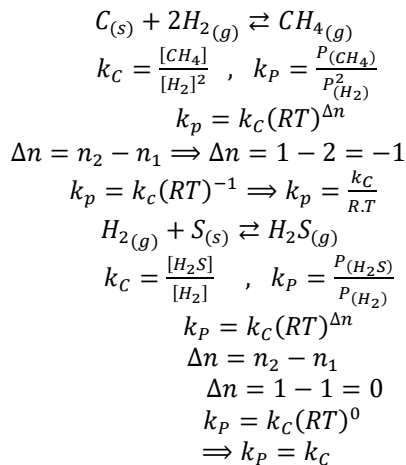
$$k_C = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

وهي عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز ( $k_C$ )

ملاحظات:

1. يمكن التعبير (في التفاعلات الغازية) عن ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية:  
 $k_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$
2. إن  $k_p$ ,  $k_C$  مقداران ثابتان ليس لهما وحدة.
3. لا تظهر المواد الصلبة (s) و السائلة (l) (كمذيبات فقط مثل الماء) في عبارة ثابت التوازن (علل) لأن تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميتها.
4. لا تتغير قيمة  $k_C$  و  $k_p$  لتفاعل محدد إلا بتغير درجة الحرارة.
5. العلاقة التي تربط بين  $k_C$  و  $k_p$ :  
 $k_p = k_C(RT)^{\Delta n}$

- اكتب علاقة ثابتي التوازن  $k_C$  و  $k_p$  لكل من التفاعلات الآتية، ثم اكتب العلاقة التي تربط بينهما لكل منها:



بدء	0.6	0.2	0
بعد زمن	$0.6 - 3x$	$0.2 - x$	$+ 2x$

$$[C] = 0.2 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$2x = 0.2$$

$$x = 0.1 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[A] = 0.6 - 3x \Rightarrow 0.6 - 0.3 = 0.3 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[B] = 0.2 - x \Rightarrow 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$v = K[A]^3 \cdot [B]$$

$$v = 10^{-1} \times (3 \times 10^{-1})^3 \cdot 10^{-1}$$

$$v = 27 \times 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

3- عند توقف التفاعل  $v = 0$  لكن  $K \neq 0$

$$[A] = 0 \quad \text{إما:}$$

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

$$[B] = 0.2 - x$$

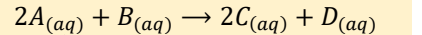
$$[B] = 0.2 - 0.2$$

$$[B] = 0 \text{ mol.l}^{-1}$$

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

المسألة الثالثة:

يضاف 200ml تحوي على 1.2mol من محلول المادة A إلى 200ml تحوي على 0.8mol من محلول المادة B فيتم التفاعل الأولي الآتي:



1- احسب سرعة التفاعل الابتدائية علماً أن:  $K = 2 \times 10^{-2}$

2- احسب سرعة التفاعل بعد زمن يتشكل فيه 0.4mol من المادة D.

3- تركيز كل المادتين C, B عند توقف التفاعل.

$$C = \frac{n}{V'} \quad -1$$

$$[A]_0 = \frac{12 \times 10^{-1}}{400 \times 10^{-3}}$$

$$[A]_0 = 3 \text{ mol.l}^{-1}$$

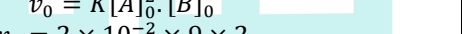
$$[B]_0 = \frac{8 \times 10^{-1}}{400 \times 10^{-3}}$$

$$[B]_0 = 2 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$v_0 = K[A]_0^2 \cdot [B]_0$$

$$v_0 = 2 \times 10^{-2} \times 9 \times 2$$

$$v_0 = 36 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$



بدء	3	2	0	0
بعد زمن	$3 - 2x$	$2 - x$	$+ 2x$	$+ x$

$$[D] = \frac{n}{V'}$$

$$[D] = \frac{4 \times 10^{-1}}{400 \times 10^{-3}}$$

$$[D] = 1 \text{ mol.l}^{-1} \Rightarrow x = 1 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[A] = 3 - 2x \Rightarrow 3 - 2 = 1 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[B] = 2 - x \Rightarrow 2 - 1 = 1 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$v = K[A]^2 \cdot [B]$$

$$v = 2 \times 10^{-2} \times 1 \times 1$$

$$v = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

3- عند توقف التفاعل  $v = 0$  لكن  $K \neq 0$

$$[A] = 0 \quad \text{إما:}$$

$$3 - 2x = 0 \Rightarrow 2x = 3 \Rightarrow x = 1.5 \text{ mol.l}^{-1}$$

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

$$[C] = 2x = 3 \text{ mol.l}^{-1}$$

مقبول .

$$[B] = 0 \quad \text{أو}$$

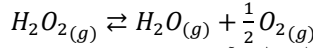
$$2 - x = 0 \Rightarrow x = 2 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$[A] = 3 - 2x \Rightarrow [A] = 3 - 4 = -1 \text{ mol.l}^{-1}$$

مرفوض

لا يؤثر زيادة أو إنقاص الضغط على حالة التوازن لأن عدد المولات متساوي على جانبي التفاعل	زيادة الضغط: ينزاح التوازن في الاتجاه الذي عدد مولاته أقل	نقصان الضغط: ينزاح التوازن في الاتجاه الذي عدد مولاته أكبر
--	---	--

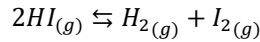
- يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:



المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغير	حالة التوازن	كمية المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة الضغط	يرجح التفاعل العكسي	تزداد	تتناقص	لا تتغير
نقصان الضغط	يرجح التفاعل المباشر	تتناقص	تزداد	لا تتغير

- في التفاعل المتوازن الآتي:



بين أثر الضغط الكلي على حالة التوازن، فسر إجابتك.

ج: لا تتأثر حالة التوازن لأن عدد المولات الغازية متساوية في الطرفين.

3- تأثير تغير درجة الحرارة:

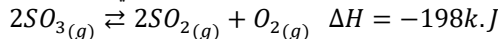
1. التفاعلات الناشئة للحرارة  $\Delta H_{rxn} < 0$

2. التفاعلات الماصة للحرارة  $\Delta H_{rxn} > 0$

- زيادة درجة الحرارة يرحب التفاعل بالاتجاه الماص.

- نقصان درجة الحرارة يرحب التفاعل بالاتجاه الناشئ.

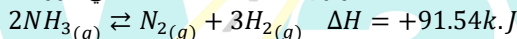
- يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:



المطلوب أكمل الجدول الآتي:

التغير	حالة التوازن	كمية المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة درجة الحرارة	يرجح التفاعل العكسي	تزداد	تقل	تقل
خفض درجة الحرارة	يرجح التفاعل المباشر	تقل	تزداد	تزداد

- يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:



المطلوب أكمل الجدول الآتي:

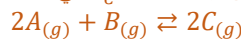
التغير	حالة التوازن	كمية المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
رفع درجة الحرارة	يرجح التفاعل المباشر	تتناقص	تزداد	تزداد
خفض درجة الحرارة	يرجح التفاعل العكسي	تزداد	تتناقص	تتناقص

4- تأثير الحفز على حالة التوازن:

عند إضافة حفاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التفاعل المباشر وبالمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التفاعل العكسي أي أنه يسرع الوصول إلى حالة التوازن ولا يؤثر على قيمة ثابت التوازن.

حساب قيمة ثابت التوازن من خلال المعادلات:

- إذا علمت أن قيمة  $k_c = 10$  في التفاعل الآتي:



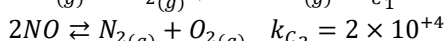
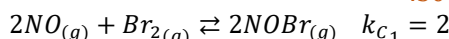
فتكون قيمة  $k_c$  للتفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:



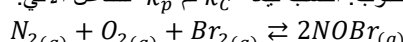
$$k'_c = \left(\frac{1}{k_c}\right)^2 = \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.01$$

الحل:

- لكن لديك المعادلات التي تمثل التفاعلات المتوازنة الآتية عند الدرجة  $300K$ :



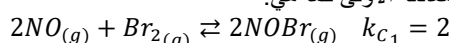
المطلوب: احسب قيمة  $k_c$  ثم  $k_p$  للتفاعل الآتي:



$$R = 0.082$$

الحل:

تبقى المعادلة الأولى كما هي:

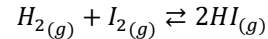


اختر الإجابة الصحيحة:

في التفاعل المتوازن الآتي $A_{(g)} + XB_{(g)} \rightleftharpoons 3C_{(g)}$ يكون $k_c = k_p(RT)$ عندما تكون قيمة $x$ مساوية:			
(a) 2	(b) 3	(c) 4	(d) 5
(الجواب b)			

عند مزج حجمين متساويين من غازي الهيدروجين وبخار اليود ذو اللون البنفسجي في شروط مناسبة يلاحظ تضائل اللون البنفسجي ثم ثباته، اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل مفسراً بقاء اللون البنفسجي ثم اكتب عبارة كل من  $k_p$ ,  $k_c$ .

الحل:



سبب ثبات اللون البنفسجي دليل على عدم استهلاك اليود كلياً على الرغم من مزج لمواد بنسب التفاعل مما يدل على أن التفاعل متوازن:

$$k_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]}, \quad k_p = \frac{P^2(HI)}{P(H_2) \cdot P(I_2)}$$

حاصل التوازن:

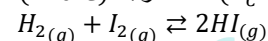
تمثل عبارة حاصل التفاعل ( $Q$ ) عبارة ثابت التوازن ( $k_c$ ) حيث تؤخذ التراكيز في لحظة ما دون شرط الوصول لحلة التوازن ونميز ثلاث حالات:

1-  $Q < k_c \Rightarrow$  تراكيز المواد الناتجة أقل من تراكيزها في حالة التوازن  $\Rightarrow$  يرحب التفاعل المباشر على التفاعل العكسي للوصول إلى حالة التوازن.

2-  $Q = k_c \Rightarrow$  التفاعل في حالة توازن

3-  $Q > k_c \Rightarrow$  تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيزها في حالة التوازن  $\Rightarrow$  يرحب التفاعل العكسي على التفاعل المباشر للوصول إلى حالة التوازن.

تطبيق: وضع  $(4 \times 10^{-2} mol)$  من  $HI$  مع  $(10^{-2} mol)$  من  $H_2$  و  $(2 \times 10^{-2} mol)$  من  $I_2$  في وعاء سعته  $(2L)$ ، فإذا علمت أن قيمة ثابت التوازن ( $K_c = 50.5$ ) عند الدرجة  $(440^\circ C)$  للتفاعل الآتي:



المطلوب:

1- احسب حاصل التفاعل  $Q$ .

2- حدد التفاعل الراجح (المباشر / العكسي) مع التفسير

الحل:

$$C_{mol.l^{-1}} = n/V$$

$$[HI] = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} = 2 \times 10^{-2} mol.l^{-1}$$

$$[I_2] = \frac{2 \times 10^{-2}}{2} = 10^{-2} mol.l^{-1}$$

$$[H_2] = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} mol.l^{-1}$$

$$Q = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{(5 \times 10^{-3})(10^{-2})} = 8$$

2- التفاعل لم يصل إلى حالة التوازن لأن  $(Q \neq k_c)$  والتفاعل

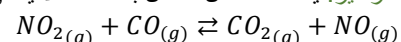
المباشر هو التفاعل الراجح لأن  $(Q < k_c)$

العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

قاعدة لوشاتولييه: إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائية متوازنة مثل درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط يخل التوازن فيرجع التفاعل في الاتجاه الذي يعاكس فيه هذا التغير.

↑ ناتج  $\Rightarrow$  متفاعل مباشر  
↓ ناتج  $\Rightarrow$  متفاعل عكسي

1- تأثير تغير التراكيز: يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية في شروط



مناسبة: المطلوب أكمل الجدول الآتي:

التغير	حالة التوازن	كمية المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة كمية $NO_2$	يرجح التفاعل المباشر	تتناقص	تزداد	لا تتغير
نقصان كمية $NO$	يرجح التفاعل المباشر	تتناقص	تزداد	لا تتغير
زيادة كمية $CO_2$	يرجح التفاعل العكسي	تزداد	تتناقص	لا تتغير
نقصان كمية $CO$	يرجح التفاعل العكسي	تزداد	تتناقص	لا تتغير

2- تأثير تغير الضغط:

$\Delta n \neq 0$	$\Delta n = 0$
-------------------	----------------

المسألة الثانية:

مزج  $2mol$  من مادة  $A$  مع  $2mol$  من مادة  $B$  في وعاء سعته  $10L$  فيحدث التفاعل المتوازن وفق المعادلة:  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  فإذا علمت قيمة سرعة التفاعل المباشر  $k_1 = 8.8 \times 10^{-2}$  وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي  $k_2 = 2.2 \times 10^{-2}$  والمطلوب حساب:

الحل:

$$k_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{8.8 \times 10^{-1} \times 10^{-2}}{2.2 \times 10^{-1} \times 10^{-2}} = 4$$

$$k_p = k_c(RT)^{\Delta n}$$

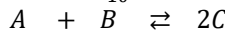
$$\Delta n = 2 - 2 = 0$$

$$k_p = k_c = 4$$

$$C = \frac{n}{V}$$

$$[A]_0 = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[B]_0 = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol. l}^{-1}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{بدء} & 0.2 & 0.2 & 0 \\ \text{توازن} & 0.2 - x & 0.2 - x & + 2x \end{array}$$

$$k_c = \frac{[C]^2}{[A].[B]}$$

$$4 = \frac{4x^2}{(0.2-x)^2}$$

$$2 = \frac{2x}{0.2-x}$$

$$2x = 2(0.2 - x)$$

$$2x = 0.4 - 2x$$

$$4x = 0.4$$

$$x = 0.1 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[A]_{eq} = 0.2 - x \Rightarrow 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[B]_{eq} = 0.2 - x \Rightarrow 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[C]_{eq} = 2x = 0.2 \text{ mol. l}^{-1}$$

المسألة الثالثة:

لديك التفاعل المتوازن الآتي:  $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO(g) + O_{2(g)}$  فإذا علمت أن تراكيز التوازن بوحدة  $\text{mol. l}^{-1}$  هي:  $[NO_2]_{eq} = 0.06$ ,  $[NO]_{eq} = 0.24$ ,  $[O_2]_{eq} = 0.12$  المطلوب حساب:

الحل:

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

$$k_c = \frac{(24 \times 10^{-2})^2 \times 12 \times 10^{-2}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 192 \times 10^{-2}$$

$$k_c = 192 \times 10^{-2}$$

$$\begin{array}{ccc} 2NO_2 & \rightleftharpoons & 2NO + O_2 \\ \text{بدء} & [NO_2]_0 & 0 & 0 \\ \text{توازن} & [NO_2]_0 - 2x & +2x & +x \\ & 0.06 & 0.24 & 0.12 \end{array}$$

$$x = 0.12 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[NO_2]_0 - 2x = 0.06 \Rightarrow [NO_2]_0 = 0.06 + 0.24 = 0.3 \text{ mol. l}^{-1}$$

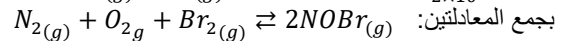
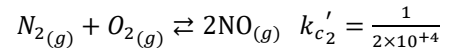
$$-3 \text{ كل } 0.3 \text{ يتفكك منه } 0.24$$

$$\text{كل } 100 \text{ يتفكك منه } y$$

$$y = \frac{24 \times 10^{-2} \times 100}{3 \times 10^{-1}}$$

$$y = 80\%$$

نعكس المعادلة الثانية:



$$k_c = k_{c1} \times k'_{c2} \Rightarrow k_c = 2 \times \frac{1}{2 \times 10^{-4}} \Rightarrow k_c = 10^{-4}$$

$$k_p = k_c(RT)^{\Delta n}$$

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

$$k_p = \frac{k_c}{R.T} \Rightarrow k_p = \frac{10^{-4}}{82 \times 10^{-3} \times 300} \Rightarrow k_p = \frac{10^{-3}}{246} \Rightarrow k_p = \frac{1}{246000}$$

مخطط حساب  $K_c$

(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
غير الحالات السابقة نحسب تراكيز التوازن من السطرين ثم نعوض في عبارة $k_c$ ..... -وضع مزج تفاعل (حالة ابتدائية) $k_c$ إذا معنا قيمة واحتجنا قيمة $x$ ونعوض في عبارة $k_c$ إذا معنا مخطط استنتج منه قيمة $x$	ترتيب معادلات معي $k_{c1}$ و $k_{c2}$ نرتب المعادلات: $k_c = k_{c1} \times k_{c2}$	معي $k_1$ و $k_2$ نحسب $k_c$ من $K_c = \frac{k_1}{k_2}$	معي مولات التوازن و الحجم نحسب تراكيز التوازن من $C = \frac{n}{V}$ ونعوض في عبارة ثابت التوازن	معي تراكيز التوازن نعوض فوراً في عبارة $K_c$

المسألة الأولى:

يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI(g)$  في وعاء حجمه  $10l$  عند بلوغ التوازن كان عدد مولات الهيدروجين  $7.2 \text{ mol}$  وعدد مولات اليود  $2.4 \text{ mol}$  وعدد مولات يود الهيدروجين  $0.4 \text{ mol}$  والمطلوب حساب:

الحل:

$$1. \quad C = \frac{n}{V}$$

$$[H_2]_{eq} = \frac{72 \times 10^{-1}}{10} = 0.72 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[I_2]_{eq} = \frac{24 \times 10^{-1}}{10} = 0.24 \text{ mol. l}^{-1}$$

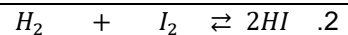
$$[HI]_{eq} = \frac{4 \times 10^{-1}}{10} = 0.04 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$k_c = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} = \frac{10}{72 \times 10^{-2} \times 24 \times 10^{-2}} = \frac{1}{108}$$

$$k_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = 2 - 2 = 0$$

$$k_p = k_c \Rightarrow k_p = \frac{1}{108}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{بدء} & [H_2]_0 & [I_2]_0 & 0 \\ \text{توازن} & [H_2]_0 - x & [I_2]_0 - x & +2x \\ & =0.72 & =0.24 & =0.04 \end{array}$$

$$[HI]_{eq} = 2x$$

$$0.04 = 2x$$

$$x = 0.02 \text{ mol. l}^{-1}$$

$$[H_2]_0 - x = 0.72$$

$$[H_2]_0 = 0.72 + 0.02$$

$$[H_2]_0 = 0.74 \text{ mol. l}^{-1}$$

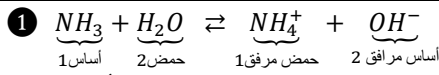
$$[I_2]_0 - x = 0.24$$

$$[I_2]_0 = 0.24 + 0.02$$

$$[I_2]_0 = 0.26 \text{ mol. l}^{-1}$$

3. زيادة تركيز  $H_2$  / زيادة تركيز  $I_2$  / سحب  $HI$  من الوسط.





- أي أساس يحوي OH لا نكتب في معادلة التأين الماء.
- تطبيق: محلول مائي لحمض سيانيد الهيدروجين، المطلوب:
- (a) اكتب معادلة تأين هذا الحمض وحدد عليها الأزواج المترافقة
- أساس/حمض حسب نظرية برونشتد - لوري
- (b) اكتب علاقة ثابت تأين هذا الحمض  $k_a$  بدلالة التراكيز (يمكن أن يغير الحمض) / نفس التطبيق/

الحل:



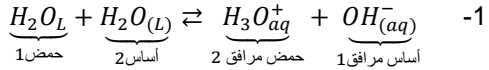
$$(a) \quad (HCN/CN^-) - (H_3O^+/H_2O)$$

$$(b) \quad K_a = \frac{[CN^-][H_3O^+]}{[HCN]}$$

التأين الذاتي للماء و ثابت تأينه:

- يعد الماء ناقلاً رديئاً للتيار الكهربائي لاحتوائه على أيونات قليلة، المطلوب:
- 1- اكتب معادلة التأين الذاتي للماء وحدد الأزواج المترافقة أساس / حمض حسب نظرية برونشتد - لوري.
- 2- اكتب عبارة ثابت التوازن (ثابت تأين الماء)
- 3- فسر يعد الماء مركب مذذب

الحل:

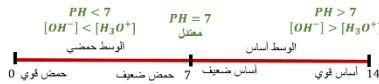


- 2-  $K_w = [H_3O^+].[OH^-]$
- 3- لأنه يسلك سلوك حمض أحياناً وسلوك أساس أحياناً أخرى.
- اختر الإجابة:

أحد الأزواج الاتية لا يشكل (أساس/حمض) حسب برونشتد-لوري	
$\text{HCN}/\text{CN}^-$ (b)	$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ (a)
$\text{HNO}_3/\text{HNO}_2$ (d)	$\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$ (c)

الإجابة d.

#### الأس الهيدروجيني PH



تطبيق: لديك المحاليل المتساوية التراكيز الآتية:



- 1- رتب هذه المحاليل تصاعدياً وفق تزايد قيمة PH ((يمكن أن يأتي تنزلياً أو على شكل اختر))
- الحل:  $\text{HCL} \rightarrow \text{HCOOH} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{KOH}$
- قوة الحمض وقوة الأساس:
- كلما كان الحمض أقوى كان أساسه المرافق أضعف (والعكس صحيح).
- كلما كان الأساس أقوى كان حمضه المرافق أضعف (والعكس صحيح).

تطبيق: إذا كان  $\text{NO}_2^-$  أقوى من  $\text{NO}_3^-$  كأساس والمطلوب:

- 1- اكتب صيغة الحمض المرافق لكل منهما.
- 2- بين أي الحمضين أقوى.
- الحل:
- (a)  $\text{NO}_2^-$  حمضه المرافق هو  $\text{HNO}_2$
- $\text{NO}_3^-$  حمضه المرافق هو  $\text{HNO}_3$
- (b)  $\text{HNO}_3$  أقوى من  $\text{HNO}_2$  كحمض لأن  $\text{NO}_2^-$  أقوى من  $\text{NO}_3^-$  كأساس الحمض المرافق الأقوى لكونه مع الأساس الأضعف.

#### الحموض و الأسس

نظريات في الحموض و الأسس:

1. نظرية أرينوس:
2. نظرية برونشتد - لوري:
- الحمض: كل مادة كيميائية قادرة على منح بروتون  $\text{H}^+$  أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.
- الأساس: كل مادة كيميائية قادرة على استقبال بروتون  $\text{H}^+$  أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.
- تطبيق:
- لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$
- والمطلوب:
- وضح أي المركبين يسلك سلوك حمض، وأيها يسلك سلوك أساس حسب نظرية برونشتد - لوري.
- $\text{HA}$  يمنح بروتون، ويسلك سلوك حمض.
- $\text{H}_2\text{O}$  يستقبل بروتون، يسلك سلوك أساس.
3. نظرية لويس:
- الحمض: كل مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج إلكتروني أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.
- الأساس: كل مادة كيميائية قادرة على منح زوج إلكتروني أو أكثر لمادة أخرى تتفاعل معها.
- ملاحظة:
- أساس لويس: مركب يحوي N - أيون سالب.
- حمض لويس: مركب يحوي B - أيون موجب.

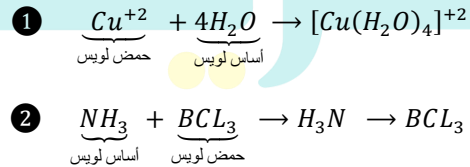
تطبيق:

- لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية:
- المطلوب:  $\text{NH}_3 + \text{BF}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{N} \rightarrow \text{BF}_3$
- 1. وضح ما نوع الرابطة بين ذرتي البور والنتروجين.
- 2. حدد الحمض والأساس حسب نظرية لويس مع التفسير.

الحل:

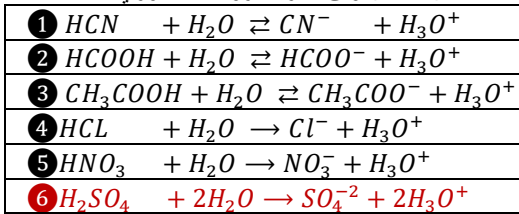
- 1- تساندية.
- 2-  $\text{NH}_3$  أساس لويس لأنه منح زوج إلكتروني.
- $\text{BF}_3$  حمض لويس لأنه استقبل زوج إلكتروني.

تطبيق: حدد كلاً من حمض لويس وأساس لويس في كل من المعادلتين الآتيتين:



تذكرة:

- الحموض القوية: كلور الماء \  $\text{HCl}$  الكبريت \  $\text{H}_2\text{SO}_4$  الآزوت \  $\text{HNO}_3$
- الحموض الضعيفة: سيانيد الهيدروجين \  $\text{HCN}$  النمل \  $\text{HCOOH}$  الخلد \  $\text{CH}_3\text{COOH}$  الكربون \  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- الأسس القوية: هيدروكسيد الصوديوم \  $\text{NaOH}$  هيدروكسيد البوتاسيوم \  $\text{KOH}$
- الأسس الضعيفة: هيدروكسيد الأمونيوم \  $\text{NH}_4\text{OH}$  النشادر \  $\text{NH}_3$
- قوي تام التأين ( $\rightarrow$ )
- ضعيف جزئي التأين ( $\rightleftharpoons$ )
- معادلات التأين الحموض:
- والأزواج المترافقة أساس/حمض وفق نظرية برونشتد - لوري:



جميع ما سبق حمض مرافق 2 أساس مرافق 1 حمض 1 معادلات تأين الأسس:

$$[H_3O^+] = 10^{-PH} = 10^{-6} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-6}}{10^{-5}} = 10^{-1}$$

$$[H_3O^+] = \frac{[H_3O^+]}{10}$$

- تنقص عشر مرات

$$\left. \begin{array}{l} 1 \rightarrow 10 \\ 2 \rightarrow 100 \\ 3 \rightarrow 1000 \end{array} \right\} \text{اختر}$$

العلاقة عكسية

المسألة الثانية:

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

1- قيمة  $[H_3O^+]$ ,  $[OH^-]$

2- قيمة  $PH$ ,  $PoH$  للمحلول.

3- حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 50ml من المحلول السابق ليصبح تركيزه  $10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$

الحل:

$$M(NaOH) = 40 \text{ g.mol}^{-1} \quad -1$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{8}{40} = 0.2 \text{ mol}$$

$$C_b = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ mol.l}^{-1}$$

- بما أن الأساس قوي وأحادي الوظيفة الأساسية

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

$$[H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-13} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$PoH = -\log[OH^-] \quad -2$$

$$PoH = -\log(10^{-1})$$

$$PoH = 1$$

$$PH = -\log[H_3O^+]$$

$$PH = -\log 10^{-13}$$

$$PH = 13$$

$$-3 \text{ بعد } n = n \text{ قبل}$$

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$V_2 = \frac{C_1V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{10^{-1} \times 50}{10^{-3}}$$

$$V_2 = 5000 \text{ mL}$$

$$V = V_2 - V_1$$

$$V = 5000 - 50$$

$$V = 4950 \text{ mL}$$

المسألة الثالثة:

محلول مائي لحمض الكبريت بفرض أنه تام التأين له قيمة  $PH = 1$ ،  
والمطلوب:

1- احسب تركيز هذا الحمض ب،  $\text{mol.l}^{-1}$

2- احسب كتلة حمض الكبريت في 50 ml من محلول الحمض السابق.

3- يضاف بالتدريج 10ml من محلول الحمض السابق إلى 90ml من الماء المقطر احسب قيمة  $PH$  للمحلول الجديد

علماً أن (H: 1 O: 16 S: 32)

الحل:

$$[H_3O^+] = 10^{-PH} = 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1} \quad -1$$

- بما أن حمض الكبريت قوي وثنائي الوظيفة الحمضية:

$$[H_3O^+] = 2C_a$$

$$C_a = \frac{[H_3O^+]}{2} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ mol.l}^{-1}$$

$$m = C_{\text{mol.l}^{-1}} \times V \times M \quad -2$$

$$M(H_2SO_4) = 98 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m = 5 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} \times 98$$

$$m = 0.245 \text{ g}$$

$$-3 \text{ بعد } n = n \text{ قبل}$$

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

قوانين الحموض والأسس

$$1. [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14} / [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \\ [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]}$$

$$2. PH + PoH = 14 / PH = 14 - PoH / PoH = 14 - PH$$

$$3. PH = -\log[H_3O^+] / [H_3O^+] = 10^{-PH}$$

$$4. PoH = -\log[OH^-] / [OH^-] = 10^{-PoH}$$

5. التركيز الابتدائي للحمض  $[H_3O^+] = Ca$  حمض قوي  
التركيز  $[H_3O^+] = 2Ca$  ثنائي الوظيفة

$$6. [H_3O^+] = \sqrt{k_a \cdot C_a} \\ K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} \quad C_a = \frac{[H_3O^+]^2}{K_a}$$

ثابت تأين الحمض

$$7. \alpha = \frac{[H_3O^+]}{Ca} \times 100\% / [H_3O^+] = \frac{\alpha \cdot C_a}{100\%}$$

درجة تأين حمض ضعيف

$$/C_a = \frac{[H_3O^+]}{\alpha} \times 100\%$$

8. التركيز الابتدائي للأساس  $[OH^-] = C_b$  أساس قوي

$$9. [OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$$

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b} / C_b = \frac{[OH^-]^2}{K_b}$$

ثابت تأين الأساس

$$10. \alpha = \frac{[OH^-]}{C_b} \times 100\% / [OH^-] = \frac{\alpha \cdot C_b}{100\%}$$

درجة تأين أساس ضعيف

$$C_b = \frac{[OH^-]}{\alpha} \times 100\%$$

$n = \frac{m}{M}$ عدد المولات	$Cg, l^{-1} = C \text{ mol.l}^{-1} \times M$
$C \text{ mol.l}^{-1} = \frac{n}{V}$ التركيز المولي	$m = C \text{ mol.l}^{-1} \times V \times M$ الكتلة
$Cg, l^{-1} = \frac{m}{V}$ التركيز الغرامي	

اختر الإجابة الصحيحة:

- محلول مائي لحمض النمل $HCOOH$ تركيزه الابتدائي $0.5 \text{ mol.l}^{-1}$ وثابت تأينه $2 \times 10^{-4}$ فتكون قيمة $PH$ مساوية:	-a 2	-b 12	-c $10^{-2}$	-d $10^{-12}$
--	------	-------	--------------	---------------

الحل:

$$[H_3O^+] = \sqrt{k_a \cdot C_a} \Rightarrow \\ [H_3O^+] = \sqrt{2 \times 10^{-4} \times 5 \times 10^{-1}} = 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1} \\ PH = -\log[H_3O^+] \Rightarrow PH = -\log(10^{-2}) \Rightarrow PH = 2$$

المسألة الأولى:

محلول مائي لحمض سيانيد الهيدروجين له  $PH = 5$  ودرجة تأينه  $5 \times 10^{-3}\%$

1- احسب التركيز الابتدائي للحمض و ثابت تأينه.

2- بين بالحساب كيف يتغير  $[H_3O^+]$  عندما تصبح  $PH = 6$

الحل:

$$-1 \quad [H_3O^+] = 10^{-PH}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} \times 100\%$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{[H_3O^+]}{\alpha} \times 100\%$$

$$C_a = \frac{10^{-5} \times 100\%}{5 \times 10^{-3}\%}$$

$$C_a = 0.2 \text{ mol.l}^{-1}$$

- بإهمال القيمة الصغيرة المتأينة من الحمض.

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$$

$$\Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a}$$

$$K_a = \frac{10^{-10}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-10}$$

$$-2 \quad [H_3O^+] = 10^{-PH} = 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$$

2- $K_{sp}(BaSO_4) = [Ba^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}]$
3- $H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{-2}$ عند إضافة حمض الكبريت يزداد تركيز أيونات الكبريت فيصبح $Q > K_{sp}$ أي المحلول فوق مشبع فترسب كمية إضافية من كبريتات الباريوم للوصول إلى حالة توازن جديدة وهذا يتفق مع قاعدة لوشاتولييه.
إضافة مادة تامة التآين تحوي أحد أيونات الملح مثل $Na_2SO_4$ مادة تامة التآين ترسب تحتوي أيون يماثل أحد أيونات الملح قليل الذوبان

2. إذابة ملح قليل الذوبان:

- لديك محلول مشبع من ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم  $Ca_3(PO_4)_2$  قليل الذوبان، والمطلوب:
- 1- اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
- 2- اكتب عبارة ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$ .
- 3- صف ما يحدث عند إضافة حمض كلور الماء (اشرح آلية إذابة الملح).
- 4- اقترح طريقة ثانية لإذابة الملح.

الحل:

1- $Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{+2} + 2PO_4^{-3}$
2- $K_{sp}(Ca_3(PO_4)_2) = [Ca^{+2}]^3 \cdot [PO_4^{-3}]^2$
3- $HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$
4- عند إضافة حمض كلور الماء تتحد أيونات الهيدرونيوم الناتجة عن تأينه مع أيونات الفوسفات وينتج حمض الفوسفور $H_3PO_4$ ضعيف التآين فيتناقص تركيز أيونات الفوسفات و يصبح $Q < K_{sp}$ المحلول غير مشبع فتذوب كمية إضافية من ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم حتى الوصول إلى حالة توازن جديدة وهذا يتفق مع لوشاتولييه. مادة تامة التآين إذابته تحتوي أيون يتحد مع أحد أيونات الملح قليل الذوبان ويشكلان معاً مركب ضعيف التآين

#### مخطط حساب $K_{sp}$

ملح	ملحين يعطيان ملح
مع $k_{sp}$ نحسب التراكيز من عبارة $k_{sp}$	مع $k_{sp}$ نحسب التراكيز من عبارة $k_{sp}$
مع $k_{sp}$ نحسب التراكيز من عبارة $k_{sp}$	مع $k_{sp}$ نحسب التراكيز من عبارة $k_{sp}$

تطبيق:

محلول مائي لكبريتات الفضة قليل الذوبان إذا علمت أن له  
 $K_{sp}(AgCl) = 6.25 \times 10^{-10}$  في شروط التجربة، والمطلوب:

1. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
2. احسب تركيز أيونات الكلوريد والفضة في المحلول.
3. احسب ذوبانية هذا الملح مقدراً بـ  $g \cdot l^{-1}$ .
4. يضاف إلى المحلول السابق ملح نترات الفضة بحيث يصبح تركيزه  
 $1.5 \times 10^{-5} mol \cdot l^{-1}$  اكتب معادلة إمالة نترات الفضة ثم بين  
بالحساب إن كان ملح كلوريد الفضة يترسب أم لا؟
5. اقترح طريقة ثانية لترسيب هذا الملح في محلوله المشبع.

الحل:

1- $AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$
2- $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$ S S S حيث: $S = C mol \cdot l^{-1}$ $K_{sp}(AgCl) = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$ $6.25 \times 10^{-10} = S^2$ $S = 2.5 \times 10^{-5} mol \cdot l^{-1}$ $[Ag^+] = S = 2.5 \times 10^{-5} mol \cdot l^{-1}$ $[Cl^-] = S = 2.5 \times 10^{-5} mol \cdot l^{-1}$
3- $S_{gl^{-1}} = S_{mol \cdot l^{-1}} \times M$ $M_{AgCl} = 143.5 g \cdot mol^{-1}$ $S_{gl^{-1}} = 2.5 \times 10^{-5} \times 143.5 \times 10^{-1}$

$C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2}$ $C_2 = \frac{5 \times 10^{-2} \times 100}{100}$ $C_2 = 5 \times 10^{-3} mol \cdot l^{-1}$ $[H_3O^+] = 2C_a = 10^{-2} mol \cdot l^{-1}$ $PH' = -\log[H_3O^+]$ $PH' = -\log(10^{-2})$ $PH' = 2$
---

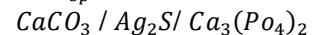
#### الأملاح

سؤال: علل: تتمتع الأملاح بخاصية قطبية:

ج: لأنها مركبات أيونية تتألف من جزء أساسي موجب و جزء حمضي سالب.  
تصنيف الأملاح وفق ذوبانيتها:

الأملاح قليلة الذوبان	أملاح جيدة الذوبان
جزئي في المحاليل المائية ( $\rightleftharpoons$ )	تام في المحاليل المائية ( $\rightarrow$ )
غير متجانسة	متجانسة
كبريتات الباريوم $BaSO_4$ كلوريد الفضة $AgCl$ كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ كلوريد الرصاص $PbCl_2$ فوسفات ثلاثي الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ كبريتات الفضة $Ag_2SO_4$	أملاح: $K^+/CH_3COO^-/Na^+$ $NH_4^+$ $NO_3^-$ كلوريد الباريوم $BaCl_2$ كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$
المسائل	ثابت جداء الذوبان $K_{sp}$

نشاط: اكتب معادلة التوازن غير المتجانس للأملاح قليلة الذوبان الآتية ثم  
اكتب عبارة جداء الذوبان  $K_{sp}$  لكل منها:



1. $CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{+2}_{(aq)} + CO_3^{-2}_{(aq)}$ $k_{sp}(CaCO_3) = [Ca^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}]$
--

تمرين:

عند وضع كمية من ملح كلوريد الرصاص (ملح قليل الذوبان) في الماء  
يحصل توازن غير متجانس بين الطور الصلب و الطور المذاب، والمطلوب:

- 1- اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
- 2- اكتب عبارة الجداء الأيوني  $Q$ .
- 3- اكتب عبارة ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  إذا كان محلوله مشبعاً.

الحل:

1- $PbCl_2 \rightleftharpoons Pb^{+2}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$
2- $Q = [Pb^{+2}] \cdot [Cl^-]^2$
3- $K_{sp}(PbCl_2) = [Pb^{+2}] \cdot [Cl^-]^2$

المحلول مشبع

تطبيق:

محلول مائي مشبع لملح كربونات الفضة ذوبانيته المولية  $S$ ، المطلوب:

- 1- اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
- 2- اكتب العلاقة المعبرة عن ثابت جداء الذوبان ثم استنتج قيمة جداء الذوبان  
بدلالة  $S$ .

الحل:

1- $Ag_2CO_3 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CO_3^{-2}$
2- $K_{sp}(Ag_2CO_3) = [Ag^+]^2 \cdot [CO_3^{-2}]$ $Ag_2CO_3 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CO_3^{-2}$ S 2S S $K_{sp}(Ag_2CO_3) = 4S^2 \cdot S$ $K_{sp}(Ag_2CO_3) = 4S^3$

تطبيقات جداء الذوبان:

1. ترسب الملح في محلوله المشبع.

- لديك ملح كبريتات الباريوم قليل الذوبان، والمطلوب:

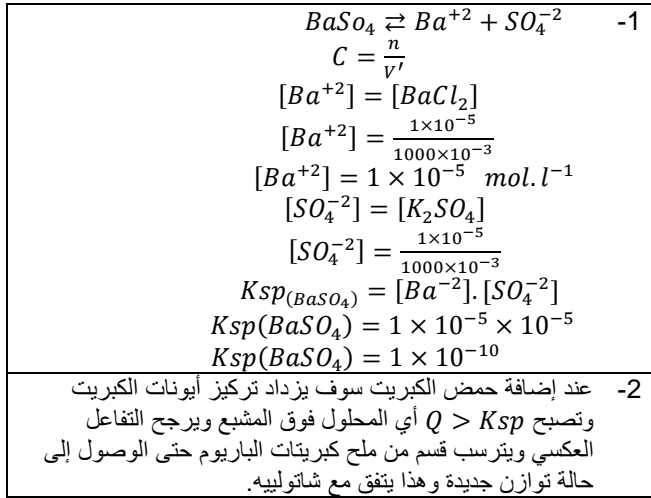
1. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
2. اكتب عبارة ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  بفرض المحلول مشبع .
3. صف ما يحدث عند إضافة حمض الكبريت.
4. اقترح طريقة ثانية لترسيب الملح في المحلول.

الحل:

1- $BaSO_4_{(s)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO_4^{-2}_{(aq)}$
--

2- يضاف قطرات من محلول حمض الكبريت المركز إلى المحلول المشبع السابق، ماذا نتوقع أن يحدث؟ فسر إجابتك وبين إذا كان ذلك يتفق مع لوشاتولييه.

الحل:



حلقة الأملاح:

تذكرة:

نتائج عن حمض قوي $SO_4^{2-} \setminus Cl^- \setminus NO_3^-$	لا يتحلل ويحدد قيمة PH
نتائج عن أساس قوي $Ca^{2+} \setminus K^+ \setminus Na^+$	
نتائج عن حمض ضعيف $CO_3^{2-} \setminus CH_3COO^- \setminus HCOO^- \setminus CN^-$	يتحلل
نتائج عن أساس ضعيف $NH_4^+$	

تطبيق:

اكتب معادلة إمامة كلوريد البوتاسيوم، ثم حدد طبيعة الوسط مفسراً الإجابة.

$$KCl \xrightarrow{H_2O} K^+ + Cl^-$$

الحل:

الوسط معتدل  $PH = 7$  لأن أيونات الملح حيادية لا تتفاعل مع الماء.

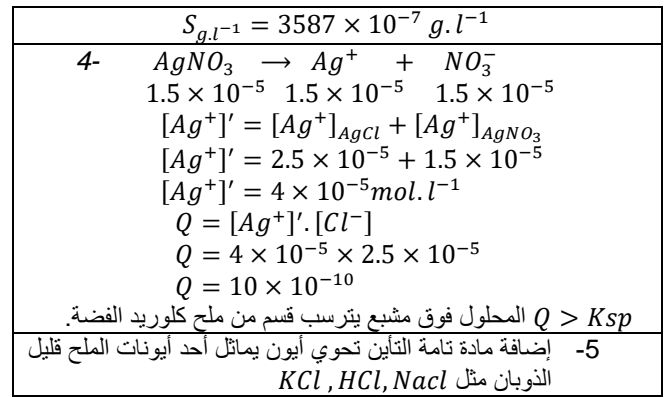
اختبر الإجابة الصحيحة:

1- الملح الذائب الذي يتحلل في الماء من الأملاح الأتية هو:	$CaSO_4$	$NH_4NO_3$	$NaNO_3$	$KCl$
2- الملح الذائب الذي لا يتحلل في الماء من بين الأملاح الأتية هو:	$KCN$	$HCOONH_4$	$NaNO_3$	$NH_4Cl$
3- الأيون الحيادي الذي لا يتحلل في الماء من الأيونات الأتية هو:	$NH_4^+$	$CN^-$	$SO_4^{2-}$	$CH_3COO^-$
4- الملح الذائب الذي قيمة $PH = 7$ لمحلوله المائي من الأملاح الأتية المتساوية التراكيز هو:	$Na_2SO_4$	$HCOONH_4$	$NH_4NO_3$	$KCN$
5- الملح الذائب الذي قيمة $PH < 7$ لمحلوله المائي من الأملاح الأتية المتساوية التراكيز هو:	$Na_2SO_4$	$NH_4NO_3$	$KCN$	$KCl$
6- المحلول المائي الذي له أكبر قيمة $PH$ من المحاليل الأتية المتساوية التراكيز هو:	$CH_3COONa$	$NH_4NO_3$	$CH_3COONH_4$	$NaCl$
7- محلول مائي لملاح $CaCl_2$ له $PH = 7$ يمدد بالماء المقطر مائة مرة فإن قيمة $PH'$ للمحلول الناتج تساوي:	$PH' = 7$	$PH' = 0.7$	$PH' = 9$	$PH' = 5$

تطبيق:

لديك المحاليل المائية المتساوية في التراكيز الأتية:  
 $(NaCl \setminus HCl) \setminus (HCOONa \setminus NH_4NO_3 \setminus Ca(OH)_2)$   
الـ  $PH$ :

الحل:

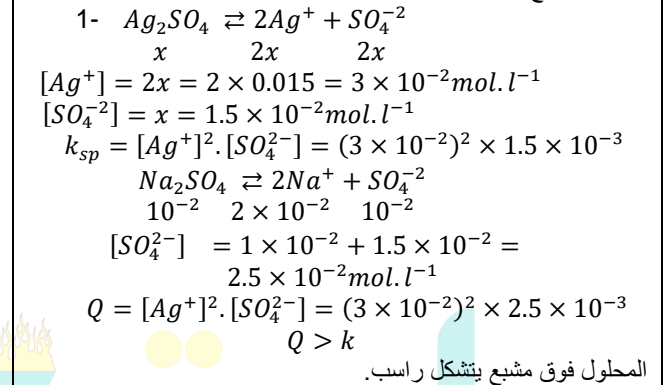
$$HCl \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow NaCl \rightarrow HCOONa \rightarrow Ca(OH)_2$$


تطبيق:

محلول مائي مشبع لملاح كبريتات الفضة  $Ag_2SO_4$  تركيزه  $0.015 \text{ mol.l}^{-1}$  إذا أضيف إليه ملح كبريتات الصوديوم  $Na_2SO_4$  بحيث يصبح تركيزه في المحلول  $0.01 \text{ mol.l}^{-1}$ ، بين حسابياً إن كان ملح كبريتات الفضة يترسب أم لا؟

الحل:

المحلول مشبع:



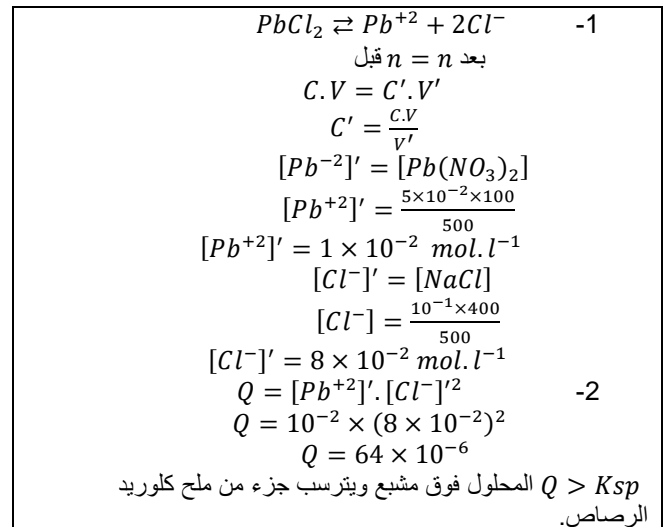
تطبيق:

يضاف  $100 \text{ ml}$  من محلول نترات الرصاص  $Pb(NO_3)_2$  ذي التركيز  $0.05 \text{ mol.l}^{-1}$  إلى  $400 \text{ ml}$  من محلول كلوريد الرصاص  $NaCl$  ذي التركيز  $0.1 \text{ mol.l}^{-1}$  فإذا كان  $K_{sp}(PbCl_2) = 1.6 \times 10^{-6}$  في شروط التجربة، والمطلوب:

1- اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لملاح كلوريد الرصاص.

2- بين حسابياً إن كان جزء من ملح كلوريد الرصاص يترسب أم لا؟

الحل:



تطبيق:

يضاف  $200 \text{ ml}$  من محلول يحتوي  $1 \times 10^{-5} \text{ mol}$  من كلوريد الباريوم إلى  $800 \text{ ml}$  من محلول يحتوي على  $1 \times 10^{-5} \text{ mol}$  من كبريتات البوتاسيوم للحصول على محلول مشبع من كبريتات الباريوم، والمطلوب:

1- احسب قيمة جداء الذوبان لملاح كبريتات الباريوم.



$\Rightarrow Kh = \frac{Kw}{Kb} = \frac{10^{-14}}{18 \times 10^{-6}} = \frac{1}{18} \times 10^{-8}$	
$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$ $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$	-2
بدء 0.18 0 0 حلمة 0.18 - x + x + x	
$Kh = \frac{[NH_3].[H_3O^+]}{[NH_4^+]}$	
$\frac{1}{18} \times 10^{-8} = \frac{x^2}{18 \times 10^{-2} - x}$	
$x^2 = 10^{-10} \Rightarrow x = 10^{-5} mol.l^{-1}$	
$[H_3O^+] = x = 10^{-5} mol.l^{-1}$	
$[H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$	
$\Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} mol.l^{-1}$	
$PH = -\log[H_3O^+]$	-3
$PH = -\log(10^{-5}) \Rightarrow PH = 5$	
الوسط حمضي لأن $PH < 7$	-
كل 0.18 يتحلل منه $10^{-5}$	-4
كل 100 يتحلل منه y	
$y = \frac{100 \times 10^{-5}}{18 \times 10^{-2}} = \frac{1}{18} \times 10^{-1} \%$	

تطبيق:

- محلول مائي لملاح كلوريد الأمونيوم تركيزه  $0.2 mol.l^{-1}$ ، وله قيمة  $PH = 5$ ، والمطلوب:
- اكتب معادلة حلمة هذا الملح.
  - احسب قيمة ثابت الحلمة.
  - احسب قيمة ثابت تاين النشادر.
  - يضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.01 mol.l^{-1}$ ، احسب النسبة المئوية المتحللة من ملح كلوريد الأمونيوم في هذه الحالة.

الحل:

$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$ إمالة	-1
$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$ حلمة	
$[H_3O^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-5} mol.l^{-1}$	-2
$NH_4 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$	
بدء 0.2 0 0 حلمة 0.2 - x + x + x	
$Kh = \frac{[NH_3].[H_3O^+]}{[NH_4^+]} = \frac{x^2}{0.2 - x}$	
تعمل x المطروحة في المقام لصغرها.	-
$Kh = \frac{10^{-10}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-10}$	
$Kw = Kh.Kb$	-3
$\Rightarrow Kb = \frac{Kw}{Kh} = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-10}} = \frac{1}{5} \times 10^{-4}$	
$\Rightarrow Kb = 2 \times 10^{-5}$	
$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$	-4
$10^{-2} \quad 10^{-2} \quad 10^{-2}$	
$NH_4 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$	
بدء 0.2 0 0 حلمة 0.2 - x' + x' 10 <sup>-2</sup> + x'	
$Kh = \frac{[NH_3].[H_3O^+]}{[NH_4^+]}$	
$5 \times 10^{-10} = \frac{x'(10^{-2} + x')}{0.2 - x'}$	
تعمل x' المجموعة في البسط والمطروحة في المقام لصغرها.	-
$x' = \frac{5 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^{-1}}{10^{-2}}$	
$x' = 10^{-8} mol.l^{-1}$	
كل 0.2 يتحلل منه $10^{-8}$	
كل 100 يتحلل منه y	
$y = \frac{100 \times 10^{-8}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-6} \%$	

أولاً: حلمة ملح ناتج عن حمض قوي وأساس ضعيف:

تطبيق: محلول مائي لملاح نترات الأمونيوم، والمطلوب:

- اكتب معادلة إمالة الملح.
- اكتب معادلة حلمة الملح ثم حدد طبيعة الوسط الناتج.
- اكتب عبارة ثابت حلمة هذا الملح بدلالة التراكيز، وبدلالة ثابت تاين الماء (استنتج).

الحل:

$NH_4NO_3 \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + NO_3^-$	-1
$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$	-2
الوسط حمضي بسبب ظهور أيونات الهيدرونيوم في معادلة الحلمة	
$PH < 7$	
$Kw = Kh.Kb$ $Kh = \frac{Kw}{Kb} / Kh = \frac{[NH_3].[H_3O^+]}{[NH_4^+]}$	-3

ثانياً: حلمة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس قوي:

تطبيق: محلول مائي لملاح سيانيد الصوديوم، والمطلوب:

- اكتب معادلة إمالة هذا الملح.
- اكتب معادلة حلمة الملح ثم حدد طبيعة الوسط الناتج.
- اكتب عبارة ثابت حلمة هذا الملح بدلالة التراكيز / وبدلالة ثابت تاين الماء (استنتج)

الحل:

$NaCN \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CN^-$	-1
$CN^- + H_2O \rightleftharpoons HCN + OH^-$	-2
$Kw = Kh.Ka$ $Kh = \frac{Kw}{Ka} / Kh = \frac{[HCN].[OH^-]}{[CN^-]}$	-3

ثالثاً: حلمة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف

تطبيق: محلول مائي لملاح خلات الأمونيوم، والمطلوب:

- اكتب معادلة إمالة الملح.
- اكتب معادلة حلمة هذا الملح؟
- عبارة ثابت حلمة هذا الملح Kh بدلالة التراكيز / بدلالة ثابت تاين الماء.

الحل:

$CH_3COONH_4 \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^- + NH_4^+$	-1
$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$	-2
$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$	
بجمع المعادلتين:	
$CH_3COO^- + NH_4^+ \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_3$	
$Kh = \frac{[CH_3COOH].[NH_3]}{[CH_3COO^-].[NH_4^+]}$	-3
$Kw = Kh.Ka.Kb \Rightarrow Kh = \frac{Kw}{Ka.Kb}$	

المحلول المنظم للحموضة (الموقي):

يتألف من محلول حمض ضعيف وأحد أملاحه الذوابة.

أو محلول أساس ضعيف وأحد أملاحه الذوابة.

مثال اختر:

المحلول المنظم للحموضة من بين المحاليل الآتية هو:	
$HCl/KCl$ (b)	$HCOOH/HCOOK$ (a)
$NaOH/NaNO_3$ (d)	$NH_4OH/NaCl$ (c)
الجواب: (a)	

فسر ما يلي:

- ذوبان ملح نترات البوتاسيوم في الماء لا يعد حلمة؟
- ج: لأن الأيونات الناتجة عن تاين هذا الملح حيادية لا تتفاعل في الماء.
- أملاح الصوديوم جيدة الذوبان بالماء؟ ج: لأن قوى التجاذب بين أيونات الملح في بلوراته أصغر من قوى التجاذب بين أيونات الملح وجزئيات الماء أثناء عملية الذوبان.

تطبيق:

- محلول مائي لملاح كلوريد الأمونيوم تركيزه  $0.18 mol.l^{-1}$ ، إذا علمت أن ثابت تاين محلول النشادر عند الدرجة  $25^\circ C$  يساوي  $1.8 \times 10^{-5}$  احسب:
- قيمة ثابت الحلمة لهذا الملح.
  - احسب قيمة  $[H_3O^+]$  و  $[OH^-]$
  - قيمة  $PH$  المحلول ثم حدد طبيعة الوسط.
  - النسبة المئوية المتحللة من هذا الملح.
- 1  $Kw = Kh.Kb$

المعطيات:

$$V_2 = 10\text{mL} \quad C_2 = ? \quad \text{NaCl}$$

$$V_1 = 20\text{mL} \quad C_1 = 5 \times 10^{-2} \text{mol.l}^{-1} \quad \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \quad -1$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-) \quad -2$$

$$2C_1.V_1 = C_2.V_2$$

$$C_2 = \frac{2C_1.V_1}{V_2} = \frac{2 \times 5 \times 10^{-2} \times 20}{10} = 0.2 \text{mol.l}^{-1}$$

-3  $\text{PH} = 7$  لأن أيونات الملح الناتجة عن معايرة حمض قوي بأساس قوي حيادية لا تتفاعل مع الماء.

-4 أزرق البروم التيمول لأن مداه  $7.6 \rightarrow 6$  تقع ضمنه قيمة  $\text{PH}$  عند نقطة نهاية المعايرة.

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_3\text{O}^-) \quad -5$$

$$2C.V = 2C_1.V_1 \Rightarrow C = \frac{C_1.V_1}{V} = \frac{5 \times 10^{-7} \times 20}{30}$$

$$C = \frac{1}{30} \text{mol.l}^{-1}$$

حل آخر:

$$n(\text{NaSO}_4) = n(\text{OH}^-)$$

$$2.C.V = C_2.V_2 \Rightarrow C = \frac{C_2.V_2}{2V} = \frac{2 \times 10^{-1} \times 10}{2 \times 30} = \frac{1}{30} \text{mol.l}^{-1}$$

عند معايرة 20mL من محلول حمض النمل، لزم 15mL من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه  $0.02 \text{mol.l}^{-1}$ ، والمطلوب:

-1 اكتب المعادلة الأيونية للتفاعل.

-2 احسب تركيز حمض النمل المعاير.

-3 احسب كتلة حمض النمل اللازم لتحضير 400mL من محلوله السابق.

-4 أتعرف أفضل المشعرات الواجب استخدامه.

الحل:

المعطيات:

$$V_2 = 15\text{mL} \quad C_2 = 2 \times 10^{-2} \quad \text{KOH}$$

$$V_1 = 20\text{mL} \quad C_1 = ? \quad \text{HCOOH}$$

$$\text{HCOOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O} \quad -1$$

$$n(\text{HCOOH}) = n(\text{OH}^-) \quad -2$$

$$C_1.V_1 = C_2.V_2 \Rightarrow C_1 = \frac{C_2.V_2}{V_1} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 15}{20}$$

$$C_1 = 15 \times 10^{-3} \text{mol.l}^{-1}$$

-3  $M(\text{HCOOH}): 46 \text{g.mol}^{-1}$

$$m = C \text{mol.l}^{-1} \times V \times M$$

$$m = 15 \times 10^{-3} \times 400 \times 10^{-3} \times 46 = 0.276 \text{g}$$

-4 الفينول فتالين.

يعاير 50mL من محلول هيدروكسيد الأمونيوم بمحلول حمض الأزوت تركيزه  $0.1 \text{mol.l}^{-1}$  فيلزم منه 25mL لإتمام المعايرة، والمطلوب:

-1 اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.

-2 احسب تركيز محلول هيدروكسيد الأمونيوم المستعمل.

الحل:

المعطيات:

$$V_2 = 5 \text{mL} \quad C_2 = ? \quad \text{mol.l}^{-1} \quad \text{NH}_4\text{OH}$$

$$V_1 = 25\text{mL} \quad C_1 = 10^{-1} \text{mol.l}^{-1} \quad \text{HNO}_3$$

$$\text{HNO}_3 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad -1$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{NH}_4\text{OH})$$

$$C_1.V_1 = C_2.V_2 \Rightarrow C_2 = \frac{C_1.V_1}{V_2} = \frac{10^{-1} \times 25}{50}$$

$$C_2 = 5 \times 10^{-2} \text{mol.l}^{-1}$$

تذاب عينة غير نقية من هيدروكسيد البوتاسيوم كتلتها 5.6g في الماء المقطر، ويكمل الحجم إلى 800mL، فإذا كان تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم السابق  $0.1 \text{mol.l}^{-1}$ ، المطلوب حساب:

- 1 قيمة  $\text{PH}$  محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المستعمل.
- 2 كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقي في العينة.
- 3 النسبة المئوية للشوائب في العينة السابقة.
- (K: 39 , H: 1 , O: 16)

الحل:

$$[\text{KOH}] = 10^{-1} \text{mol.l}^{-1} \quad -1$$

تطبيق:

محلول مائي لملاح خلاات البوتاسيوم تركيزه  $0.2 \text{mol.l}^{-1}$  فإذا علمت أن:

$\text{PH} = 9$  له عند الدرجة  $25^\circ\text{C}$ ، والمطلوب:

-1 اكتب معادلة حلمة هذا الملح.

-2 احسب قيمة  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ .

-3 احسب قيمة ثابت الحلمة للمحلول الملحي.

-4 احسب ثابت تأين حمض الخل.

-5 احسب النسبة المئوية المتحلمة.

-6 ما طبيعة الوسط الناتج من الحلمة؟ علل إجابتك.

الحل:

-1  $\text{CH}_3\text{COOK} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{K}^+$  إمهة

-2  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$  حلمة

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{PH}} = 10^{-9} \text{mol.l}^{-1} \quad -2$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad -3$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-9}}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{mol.l}^{-1} . x$$

$$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$$

بدء	0.2	0	0
	-x	+x	+x

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}].[\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{x^2}{0.2-x}$$

- تهمل x المطروحة في المقام لصغرها.

$$K_h = \frac{10^{-10}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-10}$$

-4  $K_w = K_h . K_a$

$$\Rightarrow K_a = \frac{K_w}{K_h} = \frac{10 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$$

-5 كل 0.2 يتحلّم منه  $10^{-5}$

كل 100 يتحلّم منه y

$$y = \frac{100 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-3} \%$$

-6 الوسط أساسي لأن  $\text{PH} > 7$ .

مخطط مسائل المعايرة:

1. معايرة حمض بأساس
$n(\text{حمض}) = n(\text{أساس})$
$C_1V_1 = C_2V_2$
2. معايرة حمض بأساسين:
$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)_1 + n(\text{OH}^-)_2$
$C.V = C_1V_1 + C_2V_2$
3. معايرة أساس بحمضين:
$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+) + n(\text{H}_3\text{O}^+)$
$C.V = C_1V_1 + C_2V_2$
4. حساب كتلة الحمض أو الأساس:
$m = C \text{mol.l}^{-1} \times V \times M$
5. حساب تركيز الملح:
$n(\text{ملح}) = n(\text{حمض أو أساس})$
$C.V = \frac{C_1V_1}{C_2V_2}$
6. حساب كتلة الملح:
$n(\text{ملح}) = n(\text{أساس})$
$\frac{m}{M_{\text{ملح}}} = \frac{C_1V_1}{C_2V_2}$

تطبيق:

يؤخذ 20mL من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{mol.l}^{-1}$  ويضاف إلى 10mL من محول هيدروكسيد الصوديوم حتى تمام التعديل، والمطلوب:

- 1 اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة.
- 2 احسب تركيز هيدروكسيد الصوديوم المستعمل.
- 3 ما قيمة  $\text{PH}$  المحلول الناتج عن المعايرة.
- 4 اكتب اسم أفضل مشعر يجب استخدامه.
- 5 احسب التركيز المولي الحجمي لملاح كبريتات الصوديوم الناتج.

الحل:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_2} \Rightarrow V_2 = \frac{5 \times 10^{-2} \times 40}{10^{-1}}$$

$$V_2 = 20 \text{ mL}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad -b$$

$$m = C \cdot \text{mol} \cdot l^{-1} \cdot V \cdot M$$

$$m = 10^{-1} \times 8 \times 10^{-1} \times 40 = 3.2 \text{ g}$$

محلول مائي لحمض الأزوت تركيزه  $0.1 \text{ mol} \cdot l^{-1}$ ، والمطلوب:

- 1- اكتب معادلة تأين الحمض.
- 2- احسب قيمة  $PH$  لمحلول الحمض السابق.
- 3- يعاير  $50 \text{ mL}$  من محلول الحمض السابق بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $0.2 \text{ mol} \cdot l^{-1}$ ، والمطلوب:
- a- احسب حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم اللازم لإتمام المعايرة.
- b- احسب كتلة هيدروكسيد الصوديوم في  $200 \text{ mL}$  من محلوله المستعمل.
- c- ما طبيعة الوسط عند الوصول لنقطة نهاية المعايرة علل إجابتك.

الحل:

- 1-  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- 2- بما أن الحمض قوي وأحادي الوظيفة الحمضية.
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = C_a \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1} \text{ mol} \cdot l^{-1}$
- $PH = -\text{Log}[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow PH = -\text{Log}(10^{-1}) = 1$
- 3-
- a-  $C_2 = 2 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot l^{-1}$  و  $V_1 = 50 \text{ mL}$   
 $V_2 = ?$  و  $C_1 = 1 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot l^{-1}$   
 $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$   
 $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_2} = 25 \text{ mL}$
- b-  $m = C \cdot \text{mol} \cdot l^{-1} \times V \times M$   
 $m = 2 \times 10^{-1} \times 200 \times 10^{-3} \times 40 = 16 \times 10^{-1}$   
 $m = 1.6 \text{ g}$
- c- الوسط معتدل،  $PH = 7$  لأن أيونات الملح الناتجة عن معايرة حمض قوي لأساس قوي حيادية لا تتفاعل مع الماء.

انتهت..

$$[\text{OH}^-] = 10^{-1} (\text{mol} \cdot l^{-1})$$

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

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} (\text{mol} \cdot l^{-1})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-PH}$$

$$PH = 13$$

$$M_{\text{KOH}} = 39 + 16 + 1 \quad -2$$

$$M_{\text{KOH}} = 56 (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$m = CV \cdot M$$

$$m = 0.1 \times 0.8 \times 56$$

$$m = 4.48 \text{ g}$$

3- كتلة الشوائب

$$m' = 5.6 - 4.48$$

$$m' = 1.12 (\text{g}) \quad \text{..... نسبة الشوائب:}$$

- كل  $5.6 (\text{g})$  تحوي شوائب  $1.12 (\text{g})$

- كل  $100 (\text{g})$  تحوي شوائب  $y (\text{g})$

$$y = \frac{1.12 \times 100}{5.6}$$

$$y = 20 (\text{g})$$

$$y = 20\%$$

تذاب عينة غير نقية كتلتها  $2.8 \text{ g}$  من هيدروكسيد البوتاسيوم في الماء ويكمل الحجم على  $200 \text{ mL}$  فإذا علمت أنه يلزم لتعديل  $25 \text{ mL}$  منه  $30 \text{ mL}$  من حمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol} \cdot l^{-1}$  و  $20 \text{ mL}$  من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol} \cdot l^{-1}$ ، والمطلوب:

1- حساب تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم.

2- حساب كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقي في العينة

3- النسبة المئوية للشوائب في العينة.

الحل:

$$V_2 = 20 \text{ mL} \quad C_2 = 5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot l^{-1} \quad \text{H}_2\text{SO}_4 \quad -$$

$$V_1 = 30 \text{ mL} \quad C_1 = 10^{-1} \text{ mol} \cdot l^{-1} \quad \text{HCl} \quad -$$

$$V = 25 \text{ mL} \quad C = ? \quad \text{KOH} \quad -$$

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+)_1 + n(\text{H}_3\text{O}^+)_2 \quad -1$$

$$C \cdot V = C_1 \cdot V_1 + 2C_2 V_2$$

$$C \cdot 25 = 10^{-1} \times 30 + 2 \times 5 \times 10^{-2} \times 20$$

$$25C = 3 + 2 \Rightarrow 25C = 5 \Rightarrow C = \frac{5}{25} = \frac{1}{5}$$

$$C = 0.2 \text{ mol} \cdot l^{-1}$$

$$M_{\text{KOH}} = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad -2$$

$$m = C \cdot \text{mol} \cdot l^{-1} \times V \times M$$

$$m = 2 \times 10^{-1} \times 200 \times 10^{-3} \times 56$$

$$m = 224 \times 10^{-2} = 2.24 \text{ g}$$

$$m' = 2.8 - 2.24 = 0.56 \text{ g} \quad -3$$

كل  $2.8 \text{ g}$  تحوي شوائب  $0.56 \text{ g}$

كل  $100 \text{ g}$  تحوي شوائب  $y$

$$y = \frac{0.56 \times 100}{2.8} = 20\%$$

محلول مائي لحمض الخل تركيزه  $0.05 \text{ mol} \cdot l^{-1}$  وله  $PH = 3$ .

1- اكتب معادلة تأين الحمض.

2- احسب  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  المحلول.

3- احسب ثابت تأين هذا الحمض.

4- لمعايرة محلول هيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $0.1 \text{ mol} \cdot l^{-1}$  يلزم

$40 \text{ mL}$  من محلول الحمض السابق.

a- احسب حجم هيدروكسيد الصوديوم اللازم لإتمام المعايرة.

b- كتلة هيدروكسيد الصوديوم اللازم لتحضير  $0.8 \text{ L}$  من المحلول السابق.

الحل:

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \quad -1$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ mol} \cdot l^{-1} \quad -2$$

3- بإهمال القيمة الصغيرة المتأينة من الحمض.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{k_a \cdot C_a}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C_a} = \frac{10^{-6}}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow K_a = 2 \times 10^{-5} \quad -4$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{OH}^-) \quad -a$$