



اليوم: الأربعاء
التاريخ: 2022/08/17
مدة الامتحان: ساعتان ونصف
مجموع العلامات: (100) علامة

امتحان شهادة الدراسة الثانوية العامة
الدورة الثانية - للعام 2022م

الفرع: العلمي
المبحث: الكيمياء
الورقة: --
الجلسة: --

ملاحظة: عدد أسئلة الورقة (سبعة) أسئلة، أجب عن (خمسة) منها فقط

القسم الأول: يتكون هذا القسم من (ثلاثة) أسئلة، وعلى المشترك أن يجيب عنها جميعاً

بعض الثوابت التي تلزمك في الإجابة: ثابت بور (أ) = $10^{-18} \times 2.18$ جول، ثابت بلانك (هـ) = $10^{-34} \times 6.626$ جول. ثانية،

سرعة الضوء (س) = $10^8 \times 3$ م/ث، ثابت رايبيرج = $10^7 \times 1.1$ م⁻¹.

السؤال الأول: (20 علامة)

(أ) من خلال دراستك لوحدة البناء الإلكتروني للذرة، أجب عن الأسئلة الآتية: (5 علامات)

1. أي الأعداد الكمية تحدد كل من (طاقة الفلك، اتجاه الفلك، اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن دوران غزل الإلكترون).
2. أذكر خاصيتين للطيف المنفصل (الذري).

(ب) من خلال دراستك لوحدة الصفات الدورية ونظرية رابطة التكافؤ، أجب عن الأسئلة الآتية: (8 علامات)

1. ما مبررات التهجين في الذرة المركزية في الجزيئات الآتية (H_2O ، CH_4)؟
2. حدد موقع العنصر (27X) في الجدول الدوري الحديث.

(ج) من خلال دراستك لوحدة الحموض والقواعد وسرعة التفاعل الكيميائي، أجب عن الأسئلة الآتية: (7 علامات)

1. احسب $[H_3O^+]$ في محلول الرقم الهيدروجيني (pH) له يساوي 5.
2. في التفاعل الافتراضي $2A + 3B \rightarrow C$ إذا كانت رتبة التفاعل للمادة $A = 1$ ، وعند مضاعفة تركيز كل من المادتين A, B معاً ثلاث مرات تضاعفت سرعة التفاعل (27) مرة، فما رتبة المادة المتفاعلة B؟

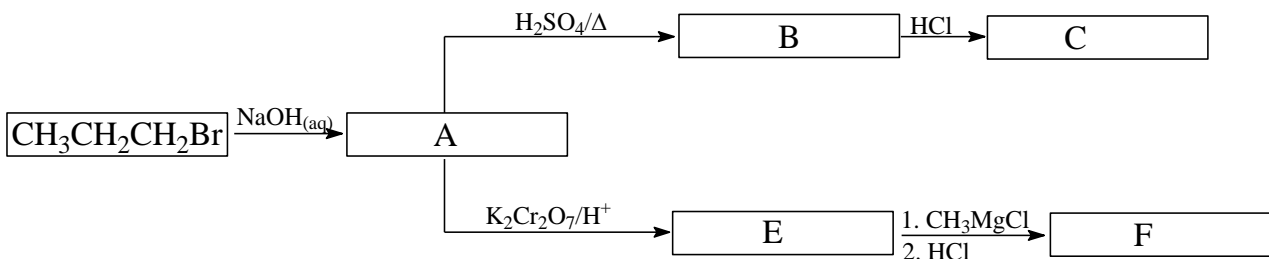
السؤال الثاني: (20 علامة)

(أ) انتقل إلكترون ذرة الهيدروجين المثارة نتيجة امتصاصه لفوتون بطول موجة مقدارها $10^{-6} \times 1.28$ متر من

المستوى الثالث إلى المستوى (ن). أجب عن الأسئلة الآتية: (8 علامات)

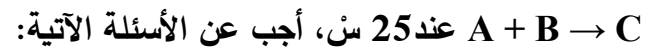
1. ما رقم المستوى (ن) الذي انتقل إليه الإلكترون؟
2. احسب تردد موجة أقل طاقة اشعاع تصدر عن الذرة عند عودة الإلكترون إلى حالة الإستقرار.
3. وضح المقصود بالعدد الكمي الرئيس.

(ب) ادرس المخطط الآتي جيداً، ثم اكتب الصيغ البنائية للمركبات العضوية (A , B , C , E , F). (5 علامات)



تابع السؤال الثاني:

(ج) تم جمع البيانات الآتية للتفاعل الافتراضي



| رقم التجربة | [A]مول/لتر | [B] مول/لتر | سرعة التفاعل مول/لتر.ث |
|-------------|------------|-------------|------------------------|
| 1 | 0.1 | 0.1 | 3 |
| 2 | 0.4 | 0.3 | 27 |
| 3 | 0.5 | 0.1 | 3 |

(7 علامات)

1. اكتب قانون سرعة التفاعل. 2. ما الرتبة الكلية للتفاعل؟ 3. ما قيمة ثابت سرعة التفاعل ووحدته؟

السؤال الثالث: (20 علامة)

(أ) الشكل الآتي يمثل جزءاً من الجدول الدوري برموز افتراضية لبعض العناصر. أجب عن الأسئلة الآتية: (8 علامات)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|
| | J | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | O | Y | | | | Z | |

1. رتب العناصر (M,E,R) حسب طاقة التأين

الأول (مستخدماً إشارة <).

2. ما صيغة المركب الناتج من اتحاد J مع N؟

3. رتب العناصر (Z,O,Y) من حيث الصفات المغناطيسية. 4. قارن بين (X,J) من حيث الحجم الذري.

5. اكتب التركيب الإلكتروني للعنصر O. 6. اكتب التمثيل الفلكي لمستويات التكافؤ للعنصر W.

(ب) محلول منظم يتكون من 0.8 مول/لتر من حمض النيتروز HNO_2 ، و 0.3 مول/لتر من نيتريت البوتاسيوم KNO_2 ، فإذا علمت أن ثابت تأين الحمض $k_a = 5.6 \times 10^{-4}$ ، احسب: (8 علامات)

1. الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول المنظم.

2. مقدار التغير في (pH) عند إضافة 0.2 مول من NaOH إلى 1 لتر من المحلول المنظم. (اهمل التغير في الحجم)

(ج) ما المقصود بكل من: قاعدة لوتشاتيليه، طاقة التأين الثاني؟ (4 علامات)

القسم الثاني: يتكون هذا القسم من (أربعة) أسئلة وعلى المشترك أن يجيب عن (سؤالين) منها فقط.

السؤال الرابع: (20 علامة)

(أ) لديك عنصر الألمنيوم (13Al) أجب عن الأسئلة الآتية: (8 علامات)

1. اكتب الأعداد الكمّية الأربعة للإلكترون الأخير.

2. ما عدد الإلكترونات التي تمتلك الأعداد الكمّية ($n=2, m_l=0$) في ذرة الألمنيوم؟

3. فسّر العبارة الآتية: وجود إلكترونين في فلك واحد على الرغم من تشابه شحنتيهما الكهربائية.

(ب) لديك العناصر الافتراضية الآتية: A,B,C,D,E,F,G متتالية في أعدادها الذرية من A إلى G إذا علمت أن العنصر

D يقع في الدورة الثالثة وله أعلى طاقة تأين أول، أجب عن الأسئلة الآتية: (8 علامات)

1. ما العدد الذري للعنصر F في الجدول الدوري؟

2. أي من هذه العناصر يمثل عنصر (انتقالي، هالوجين، قلوي ترابي)؟

3. قارن بين D و E من حيث نصف قطر التساهم.

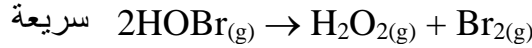
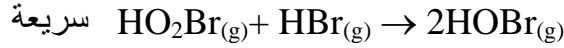
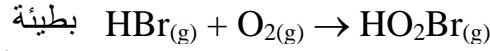
4. ما عدد الكتلونات التكافؤ في العنصر A؟

(ج) من خلال دراستك لوحدة الكيمياء العضوية، بين بالمعادلات كيف يمكن تحضير 1-كلوروبران من حمض البروبانويك

مستخدماً أي مواد غير عضوية تراها مناسبة. (4 علامات)

السؤال الخامس: (20 علامة)

(أ) يتفاعل غاز HBr مع غاز O₂ وفق الآلية الآتية:



1. اكتب معادلة التفاعل الكلية الموزونة.
2. ما المادة (المواد) الوسيطة في خطوات التفاعل؟
3. اكتب قانون سرعة التفاعل.
4. ما المقصود بكل من الآتية: (آلية التفاعل، المعقد المنشط).

(ب) من خلال دراستك لوحدية الكيمياء العضوية، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. اكتب معادلات تميز بها عملياً بين الإيثانول و 2-ميثل-2-بروبانول.
2. فسّر ما يلي: * تذوب الحموض الكربوكسيلية في الماء. * تمتاز الكحولات بالصفات الأمفوتيرية.

السؤال السادس: (20 علامة)

(أ) من خلال دراستك لوحدية الحموض والقواعد، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. محلول مائي لحمض ضعيف HA تركيزه 0.2 مول/لتر ودرجة تأينه تساوي 4% احسب:
* الرقم الهيدروجيني pH للمحلول.
* قيمة K_a للحمض.

- * حدد الزوجين المتلازمين من الحمض والقاعدة عند تفاعل الحمض HA مع الماء H₂O.
2. فسّر السلوك القاعدي لمركب الأمونيا NH₃ عند تفاعله مع حمض HCl حسب مفهوم:
* برونستد-لوري
* لويس

(ب) الفوسجين غاز صيغته الكيميائية COCl₂ : (17Cl ، 8O ، 6C) ، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ارسم شكل لويس للجزيء.
2. ما شكل الجزيء؟
3. ما نوع تهجين الذرة المركزية؟
4. ما مقدار الزاوية المتوقعة بين الروابط؟

السؤال السابع: (20 علامة)

(أ) من خلال دراستك لنظرية الميكانيك الكمي (الموجي) للذرة، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ما الأسس التي قامت عليها هذه النظرية؟
2. في المستوى الرئيس (n=2):

- * اكتب جميع قيم (l) الممكنة في المستوى السابق (n=2).
* اكتب جميع القيم الممكنة للعدد الكمي المغناطيسي m_l في المستوى الفرعي (l = 1).
* ما رمز مجموعة الأفلاك عندما (l) = 1.

(ب) تم معايرة 15 سم³ من محلول حمض النيتريك HNO₃ بتركيز 0.2 مول/لتر مع محلول هيدروكسيد

الصوديوم NaOH بتركيز 0.1 مول/لتر ، احسب:

1. قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول بعد إضافة 10 سم³ من القاعدة NaOH.
2. ما حجم القاعدة NaOH اللازم لمعادلة المحلول الحمضي تماماً؟
3. ما قيمة pH عند نقطة التعادل؟

(ج) حدد درجات الحرارة المناسبة لجعل التفاعل الآتي تلقائياً I₂ (g) → 2I (g) . (علامتان)

انتهت الأسئلة

إجابات امتحان الثانوية العامة / الدورة الثانية (2022)

القسم الأول

السؤال الأول :

1. * طاقة الفلك: العدد الكمي الرئيس (n) والعدد الكمي الفرعي (l).
* اتجاه الفلك: العدد الكمي المغناطيسي (m_l).
* اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن دوران غزل الإلكترون: العدد الكمي المغزلي (m_s).
2. * ينتج عن ذرات العناصر المهيجة في الحالة الغازية.
* يتكون من خطوط ملونة متباعدة.

ب) 1. مبررات التهجين:

| الجزء | مبررات التهجين |
|------------------|---|
| CH ₄ | 1. عدم توفر العدد اللازم من الأفلاك نصف الممتلئة لدى ذرة الكربون من أجل تكوين (4) روابط بين ذرة الكربون وذرات الهيدروجين. 2. الزاوية المحصورة بين الروابط لا تساوي 90° بل 109.5° ، وهذا يدل على عدم استخدام ذرة الكربون أفلاك p المتعامدة في تكوينها للروابط مع ذرات الهيدروجين. |
| H ₂ O | الزاوية المحصورة بين الروابط لا تساوي 90° بل تساوي 104.5° ، مما يدل على عدم استخدام ذرة الأكسجين أفلاك p المتعامدة في تكوينها للروابط مع ذرات الهيدروجين. |

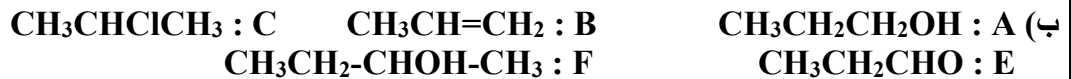
2. $27X : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$ ← الدورة : الرابعة ، المجموعة : الثامنة B (VIII B).

- ج) 1. $10^{-5} \times 1 = \text{pH} - 10 = [\text{H}_3\text{O}^+]$ مول/لتر
2. بما أن رتبة المادة A لا تساوي معامل A في معادلة التفاعل الموزونة، فهذا يعني أن التفاعل ليس أولياً.
نسبة تضاعف السرعة = (نسبة تضاعف تركيز A)^ص × (نسبة تضاعف تركيز B)^ص
 $27 = (3)^1 \times (3)^ص$ (بقسمة الطرفين على 3):
 $9 = (3)^ص$ ← ص = (رتبة المادة B) = 2

السؤال الثاني :

- أ) $1.1 = \frac{1}{L} = \frac{1}{N_2} - \frac{1}{N_1} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$
 $1.1 = \frac{1}{6 \times 10^{-6}} - \frac{1}{9}$ (بقسمة الطرفين على 1.1×10^7):
 $0.07 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$
 $0.11 - 0.11 =$
 $0.04 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$ ← $2 = N_2 = \frac{1}{0.04} = 25$ (المستوى الذي انتقل إليه الإلكترون).
2. أقل طاقة إشعاع ستكون عند عودة الإلكترون من المدار الخامس إلى المدار الرابع: $N_1=5$ ، $N_2=4$ ، $T=?$
 $\Delta E = \frac{1}{N_1} - \frac{1}{N_2}$
 $\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \times \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{4} \right) = 0.0225 \times 10^{-18} = 2.25 \times 10^{-20}$ جول
∴ ط فوتون = $|\Delta E| = 2.25 \times 10^{-20}$ جول
ط فوتون = هـ × ت ← $T = \frac{2.25 \times 10^{-20}}{7.4 \times 10^{13}} = 3.05 \times 10^{-34}$ هيرتز
* يمكن حل المطلوب رقم (2) بطريقة أخرى بحيث نحسب (ل) ثم نحسب (ت).

3. العدد الكمي الرئيسي: العدد الذي يشير إلى مستويات الطاقة الرئيسية في الذرة، ويحدد طاقة المستوى الرئيسي، والبعيد عن النواة، وعدد الإلكترونات في المستوى، وحجم الحيز الذي يشغله الإلكترون، ويأخذ قيمة صحيحة (1, 2, 3, ... ∞).



ج) 1. سرعة التفاعل $k = [A]^m [B]^n$ ، من التجريبتين (1, 3) حيث تركيز B ثابت، يتم إيجاد رتبة A:

من التجربة (1): $k = 3 (0.1)^m (0.1)^n$ ص (1)

من التجربة (3): $k = 3 (0.5)^m (0.1)^n$ ص (2) بقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1) ينتج أن:

$5 = 1 \Rightarrow m = 0$ ، أي أن رتبة التفاعل بالنسبة للمادة A = صفر (*) يظهر ذلك من الجدول بما أن تغير تركيز المادة A مع ثبات تركيز المادة B لا يؤثر على سرعة التفاعل، فهذا يدل على أن رتبة المادة صفر). لإيجاد رتبة B نأخذ التجريبتين (1, 2):

من التجربة (1): $k = 3 (0.1)^m (0.1)^n$ ص (1)

من التجربة (2): $k = 27 (0.4)^m (0.3)^n$ ص (2) بقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1) ينتج أن:

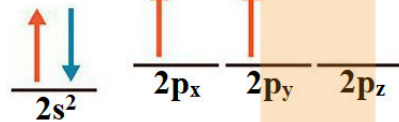
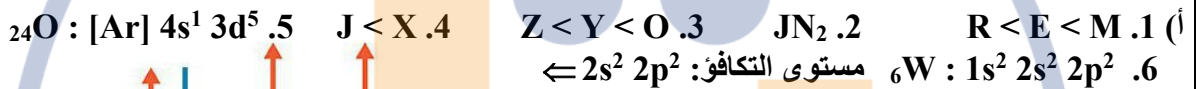
$9 = 3 \Rightarrow n = 2$ (رتبة B)

قانون سرعة التفاعل : سرعة التفاعل $k = [B]^2$

2. رتبة التفاعل الكلية = ص + ص = صفر + 2 = 2

3. $k = 3 (0.1)^2 = 300$ لتر/مول.ث

السؤال الثالث :



$$[HNO_2] / [NO_2^-][H_3O^+] = K_a$$

$$10^{-4} \times 5.6 = [H_3O^+] \Leftrightarrow 0.8 / 0.3 \times [H_3O^+] = 10^{-3} \times 1.5$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log (1.5 \times 10^{-3}) = 2.82$$

2. عند إضافة NaOH فإن أيونات OH⁻ سوف تتفاعل مع أيونات H₃O⁺ مما يؤدي نقص في أيونات H₃O⁺، وحسب قاعدة لوتشاتيليه فإن التفاعل سوف ينعاز نحو المواد الناتجة (نحو اليمين) لتعويض النقص في أيونات H₃O⁺ ، مما يؤدي إلى نقص في تركيز HNO₂ بمقدار [OH⁻] المضاف وهو 0.2 مول/لتر، وبالمقابل سوف يزداد تركيز NO₂⁻ بمقدار 0.2 مول/لتر:

$$[HNO_2] \text{ الجديد} = 0.8 - 0.2 = 0.6 \text{ مول/لتر} ، [NO_2^-] \text{ الجديد} = 0.2 + 0.3 = 0.5 \text{ مول/لتر}$$

$$K_a = [NO_2^-] / [HNO_2] = 10^{-4} \times 6.72 = 0.5 / 0.6 \Rightarrow 10^{-4} \times 6.72 = 0.833$$

$$pH \text{ الجديدة} = -\log (10^{-4} \times 6.72) = 3.17$$

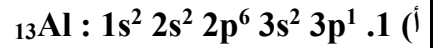
$$\therefore \text{التغير في قيمة pH بعد إضافة NaOH} = 3.17 - 2.82 = 0.35 \text{ (زيادة)}$$

ج) * قاعدة لوتشاتيليه : إذا تعرض نظام متزن إلى مؤثر خارجي أحدث فيه اضطراباً، فإن النظام يعدل من حالته إلى أن يصل إلى حالة اتزان جديدة للتخفيف من أثر ذلك المؤثر.

* طاقة التأين الثاني : الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون الأضعف ارتباطاً بنواة الأيون الأحادي الموجب (1+) وهو في الحالة الغازية.

القسم الثاني

السؤال الرابع :



| m_s | m_l | l | n |
|----------------------------------|---------------|-----|-----|
| $-\frac{1}{2}$ أو $+\frac{1}{2}$ | +1 أو 0 أو -1 | 1 | 3 |

2. إلكترونين في فلك $2s^2$ وإلكترونين في أحد أفلاك المستوى الفرعي $2p^6 \leftarrow (4)$ إلكترونات.
3. لأن كل إلكترون يدور باتجاه غزل معاكس للآخر فينشأ عن ذلك تكوين مجالين مغناطيسيين متعاكسين، فيحدث تجاذب بينهما يضعف من تأثير التنافر الكهربائي.

ب) العنصر D هو عنصر نبيل يقع في الدورة الثالثة والمجموعة VIIIA، والذي يليه يبدأ بدورة جديدة هي الدورة الرابعة، فيكون موقع العنصر هو:

| العنصر | A | B | C | D | E | F | G |
|----------|----|-----|------|-------|----|-----|------|
| الدورة | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| المجموعة | VA | VIA | VIIA | VIIIA | IA | IIA | IIIB |

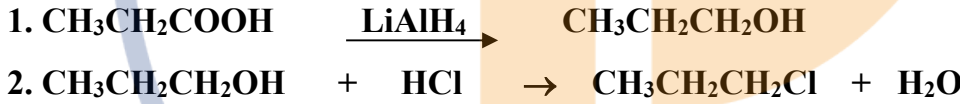
1. F يقع في الدورة الرابعة والمجموعة IIA : $F : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$ عدده الذري = 20

2. عنصر انتقالي : G ، هالوجين : C ، قلوي ترابي : F

3. $D < E$

4. (5) إلكترونات.

ج) يتم اختزال حمض بروبانويك إلى 1-بروبانول بواسطة LiAlH_4 فينتج كحول 1-بروبانول، ثم نفاعل 1-بروبانول مع HCl فينتج 1-كلوروبروبان:



السؤال الخامس :

أ) يتم جمع خطوات التفاعل الأولية التي تتكون منهم آلية التفاعل، بحيث يتم حذف المواد الوسيطة:



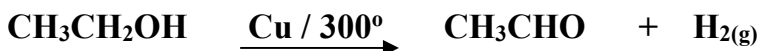
2. المواد الوسيطة : HOBr و HO_2Br

3. سرعة التفاعل $k = [\text{O}_2] [\text{HBr}]$

4. آلية التفاعل : مجموعة من الخطوات الأولية التي تصف كيفية حدوث التفاعل وتكوين النواتج.

المعقد المنشط : بناء جديد ينتج كحالة انتقالية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، عند اقتراب المواد المتفاعلة بعضها من بعض، يمتلك طاقة حركة منخفضة وطاقة وضع عالية مما يجعله غير مستقر.

ب) 1. الإيثانول كحول أولي، 2-ميثيل-2-بروبانول كحول ثالثي، يتم التمييز بينهما باستخدام مادة تعمل كعامل مؤكسد، لذلك يستخدم KMnO_4 في وسط حمضي حيث يحدث تفاعل مع الإيثانول ويتكون راسب بني من MnO_2 ، بينما لا يحدث تفاعل مع 2-ميثيل-2-بروبانول، أو استخدام النحاس الساخن حيث يحدث تفاعل مع الإيثانول مطلقاً غاز H_2 ولا يحدث تفاعل مع 2-ميثيل-2-بروبانول:



2. * لأنها تمتلك خواص قطبية، ولها القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء.

* يعود ذلك إلى وجود مجموعة الهيدروكسيل، حيث تسلك كحموض في الوسط القاعدي لوجود ذرة هيدروجين حمضية متصلة بذرة الأكسجين، كما تسلك كقواعد في الوسط الحمضي لوجود زوجين من الإلكترونات غير الرابطة على ذرة الأكسجين.

السؤال السادس :

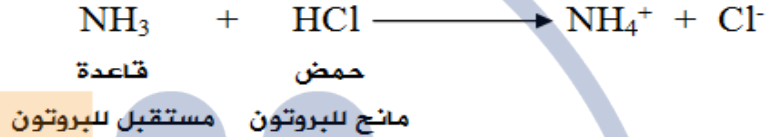
أ) $1. [H_3O^+] = \text{درجة التآين} \times \text{تركيز الحمض الضعيف} = 0.2 \times (100/4) = 5 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر}$
 $\text{pH} = -\log [H_3O^+] = -\log (5 \times 10^{-3}) = 2.1$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{HA} & + & \text{H}_2\text{O} & \rightleftharpoons & \text{A}^- & + & \text{H}_3\text{O}^+ \\ 0.2 & & & & 5 \times 10^{-3} & & 5 \times 10^{-3} \end{array}$$

 $4 \times 10^{-4} \times 3.2 = 0.2 / (5 \times 10^{-3})^2 = [HA] / [A^-][H_3O^+] = K_a$
 * الزوجين المتلازمين: (H_3O^+ / H_2O) ، (A^- / HA)

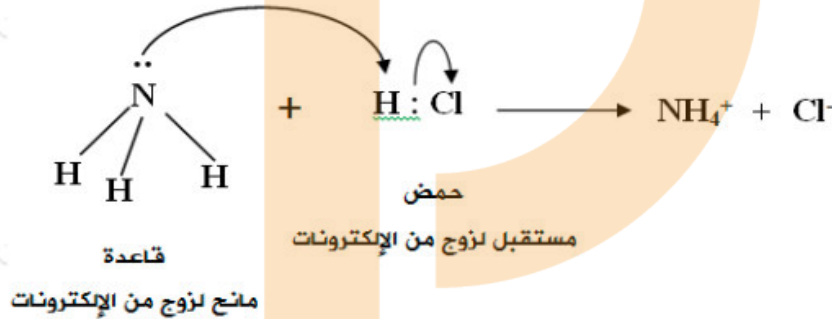
2. * مفهوم برونستد-لوري:

تُعد NH_3 قاعدةً حسب مفهوم برونستد - لوري لأن لها القدرة على استقبال بروتون من حمض HCl :



* مفهوم لويس:

تُعد NH_3 قاعدةً حسب مفهوم لويس لاحتوائها على زوج من الإلكترونات غير الرابطة تستطيع أن تمنحه لحمض HCl، الذي يحتوي على فلك فارغ.



1. مثلث مستوي 2. sp^2 3. 120° 4. مانح لزوج من الإلكترونات



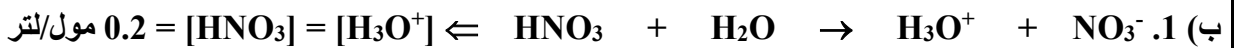
السؤال السابع :

أ) 1. * الطبيعة الموجية للجسيمات المتحركة للعالم دي برولي. * معادلة الموجة للعالم شرودنغر.

2. * قيم (l) الممكنة: 0 ، 1

* قيم (m_l) الممكنة للمستوى الفرعي (l = 1): -1 ، 0 ، +1

* رمز مجموعة الأفلاك عندما (l = 1): 2p



* عدد مولات H_3O^+ = ت × ح = $0.015 \times 0.2 = 0.003$ مول



* عدد مولات OH^- = ت × ح = $0.01 \times 0.1 = 0.001$ مول

بما أن عدد مولات H_3O^+ أكبر من عدد مولات OH^- ، فإن يوجد فائض في أيونات H_3O^+ (المحلول حمضي):

عدد مولات H_3O^+ الفائضة (غير المتفاعلة) = $0.003 - 0.001 = 0.002$ مول

الحجم الكلي للمحلول الناتج بعد عملية الإضافة = $15 + 10 = 25$ سم³ = 0.025 لتر

$[H_3O^+]$ في المحلول الناتج بعد عملية الإضافة = عدد المولات الفائضة / الحجم الكلي

$$= 0.002 / 0.025 = 0.08 \text{ مول/لتر}$$

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] = -\log 0.08 = 1.1$$

2. عند التعادل يكون عدد مولات H_3O^+ = عدد مولات OH^-

$$ح \times ت (OH^-) = ح \times ت (H_3O^+)$$

$$0.1 \times 15 = ح \times 0.2 \Rightarrow ح = 0.1 / 0.2 \times 15 = 7.5 \text{ سم}^3 \text{ (حجم NaOH اللازم)}$$

3. pH عند نقطة التعادل = 7

(ج) * التفاعل ماص للحرارة نتيجة لعملية كسر الرابطة التساهمية في جزيء I_2 ΔH موجبة.

* التفاعل تم فيه تحويل 1 مول من I_2 إلى 2 مول من I ، مما أدى إلى زيادة عدد الدقائق الغاز فتزداد العشوائية ΔS موجبة.

∴ يكون التفاعل تلقائي عند درجات الحرارة المرتفعة حيث يكون $T > \Delta S / \Delta H$ فتصبح ΔG سالبة.

