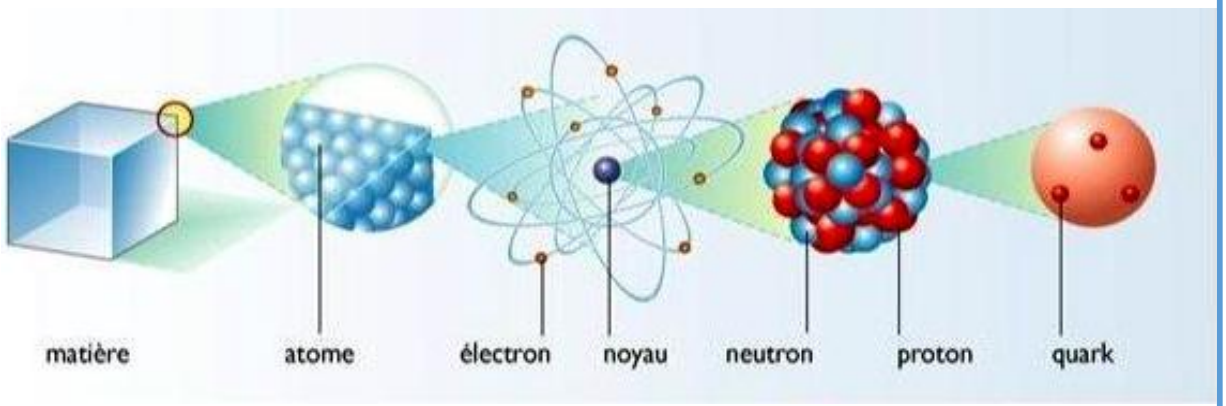
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة -1

السنة الدراسية 2020/2019

# بنية المادة

## دروس وتمارين محلولة




من اعداد الأستاذ: بن سليمان صالح

# الفهرس

## الفصل الأول: مفاهيم أساسية.


| | | |
|---|---|---|
| I. | الخواص الفيزيائية والماكروسكوبية للمادة وتحولاتها | 01 |
| I.1. | المظهر الماكروسكوبي | 01 |
| I.2. | الجسم البسيط والمركب | 01 |
| I.3. | الحالات الفيزيائية للمادة | 01 |
| I.3.1. | الحالة الصلبة | 01 |
| I.3.2. | الحالة السائلة | 01 |
| I.3.3. | الحالة الغازية | 02 |
| I.3.4. | الحالة البلازما | 02 |
| I.4. | التحولات في حالات المادة | 02 |
| I.5. | المادة ومكوناتها | 03 |
| I.5.1. | الذرة | 03 |
| I.5.2. | الجزيء | 03 |
| I.5.3. | المول | 03 |
| I.5.4. | عدد أفوقادرو ($N_A$) Number of AVOGADRO | 03 |
| I.6. | وحدة الكتلة الذرية u.m.a | 03 |
| I.7. | الكتلة المولية (M) | 04 |
| I.8. | الحجم المولي ($V_m$) | 04 |
| I.9. | العلاقة بين كمية المادة n والكتلة المولية M وعدد افوقادرو $N_A$ والحجم المولي$V_m$ | 04 |
| II. | القوانين الوزنية | 06 |
| II.1. | النسبة المئوية الوزنية | 06 |
| II.2. | قانون حفظ الكتلة (لافوازيه Lavoisier) | 06 |
| II.3. | التفاعلات الكيميائية | 06 |
| III. | الجانب النوعي للمادة | 07 |
| III.1. | الجسم النقي | 07 |
| III.2. | الخليط المتجانس | 07 |
| III.3. | الخليط غير المتجانس | 07 |
| IV. | المحاليل | 07 |
| IV.1. | المذاب | 08 |
| IV.2. | المذيب | 08 |
| IV.3. | محلول مائي | 08 |
| IV.4. | المحلول الممدد والمحلول المشبع | 08 |
| V. | الجانب الكمي للمادة | 08 |
| V.1. | كمية المادة | 08 |
| V.2. | التركيز المولي (المولارية) | 08 |
| V.3. | التركيز الكتلي | 08 |

| | | |
|---|---|---|
| .4.V | المولالية | 08 |
| .5.V | النظامية (العيارية) | 09 |
| .6.V | الكسر الكتلي | 09 |
| .7.V | الكسر المولي | 09 |
| .8.V | الكتلة الحجمية | 09 |
| .9.V | الكثافة (d) | 09 |
| | تمارين الفصل الأول | 11 |
| | حلول تمارين الفصل الأول | 13 |


## الفصل الثاني: مكونات الذرة.


| | | |
|---|---|---|
| .I | تجربة فاراداي FARADAY (1834) | 18 |
| .II | مكونات الذرة | 18 |
| .1.II | الإلكترون | 18 |
| .1.1.II | تجربة كروكس W. Crookes (1879) | 19 |
| .2.1.II | تجربة طومسون J.J. Thomson (1895) | 20 |
| .3.1.II | تجربة ميليكان Millikan (1909) | 24 |
| .2.II | مكوناة النواة | 27 |
| .1.2.II | تجربة غولدشتاين Goldstein | 27 |
| .2.2.II | تجربة جيجر و مارسدن Geiger et Marsden (1911) | 28 |
| .3.2.II | تجربة روذرفورد Rutherford (1918) | 29 |
| .4.2.II | تجربة شادويك Chadwick (1930) | 29 |
| .III | نموذج راذرفورد الكوكبي للذرة | 30 |
| .IV | وصف الذرة | 30 |
| .V | النظائر | 30 |
| .1.V | الكتلة المولية للعنصر النظير | 31 |
| .2.V | فصل النظائر | 31 |
| | تمارين الفصل الثاني | 34 |
| | حلول تمارين الفصل الثاني | 36 |


## الفصل الثالث: النشاط الاشعاعي.


| | | |
|---|---|---|
| .I | النقص في الكتلة النووية | 42 |
| .II | طاقة الربط (التماسك) النووية ($\Delta E_N = E_l$) | 43 |
| .III | طاقة الربط لكل نكليون (عامل الاستقرار) | 43 |
| .1.III | منحنى استون Aston | 44 |
| .2.III | منحنى سيقري Segre N=f(Z) | 45 |
| .IV | النشاط الاشعاعي | 46 |
| .1.IV | أنواع (أنماط) الاشعاعات | 46 |
| .1.1.IV | الاشعاع $\alpha$: | 46 |

| | | |
|---|---|---|
| 2.1.IV. | الاشعاع β | 46 |
| 3.1.IV. | الاشعاع γ | 46 |
| 2.IV. | قانون التناقص الإشعاعي (التهافت الإشعاعي) | 47 |
| 3.IV. | النشاط الاشعاعي A (الفعالية المطلقة) | 48 |
| 4.IV. | منحنى التناقص الإشعاعي | 49 |
| 5.IV. | الدور الإشعاعي T (زمن نصف العمر $t_{1/2}$) | 49 |
| V. | الإشعاعية الاصطناعية و التفاعلات الاشعاعية | 50 |
| 1.V. | تفاعل الانشطار النووي | 50 |
| 2.V. | تفاعل الاندماج (الالتحام) النووي | 51 |
| VI. | تطبيقات (استعمالات) الإشعاعية | 53 |
| | تمارين الفصل الثاني | 54 |
| | حلول تمارين الفصل الثالث | 57 |


# الفصل الرابع: التركيب الإلكتروني للذرة.


| | | |
|---|---|---|
| I. | نموذج رذرفورد الذري | 62 |
| II. | الطبيعة الازدواجية للإشعاعات الضوئية | 62 |
| 1.II. | الطبيعة الموجية | 62 |
| 2.II. | الطبيعة الجسيمية | 63 |
| 3.II. | الفعل الكهروضوئي | 64 |
| III. | طيف انبعاث ذرة الهيدروجين | 65 |
| IV. | طيف امتصاص ذرة الهيدروجين | 66 |
| V. | نموذج بور Bohr | 67 |
| 1.V. | مسلمات (فرضيات) بور | 67 |
| 2.V. | حساب انصاف اقطار مدارات بور | 68 |
| 3.V. | حساب طاقات الحالات المستقرة | 70 |
| 4.V. | حساب سرعة الالكترون | 72 |
| 5.V. | علاقة الطاقة بالطيف | 73 |
| 6.V. | الخط الحدي والخط الاولي | 74 |
| 1.6.V. | الخط الحدي (اللانهائي) | 74 |
| 2.6.V. | الخط الاولي | 74 |
| 7.V. | طاقة التاين $E_i$ | 74 |
| VI. | نموذج سومرفيلد Sommerfeld | 75 |
| 1.VI. | العدد الكمي الرئيسي (n) | 76 |
| 2.VI. | العدد الكمي الثانوي (*l*) | 76 |
| 3.VI. | العدد الكمي المغناطيسي (m) فعل زيمان Effet Zeman | 77 |
| 4.VI. | العدد الكمي السبيني (المغزلي) (S) | 78 |
| | تمارين الفصل الرابع | 79 |
| | حلول تمارين الفصل الرابع | 81 |

## الفصل الخامس: الميكانيك الموجي.


| | | |
|---|---|---|
| I. | فرضية لويس دوبروقلي De Broglie (1924) | 90 |
| II. | مبدا الشك لهيزنبارغ Heizenberg (1927) | 91 |
| III. | التابع الموجي | 92 |
| 1.III. | التابع الموجي المستقر | 92 |
| 2.III. | معادلة شرودينجر E. Schrodinger | 92 |
| 3.III. | تطبيق معادلة شرودينجر على الهيدروجين واشباه الهيدروجين | 94 |
| IV. | البنية الالكترونية للذراة متعددة الالكترونات | 99 |
| 1.IV. | تمثيل المحطات الذرية بالحجرات الكوانتية: | 99 |
| 2.IV. | توزيع الالكترونات على المحطات الذرية | 99 |
| 1.2.IV. | عامل الاستقرار | 99 |
| 2.2.IV. | مبدا الاستبعاد لـ باولي Pauli | 100 |
| 3.2.IV. | قاعدة هوند Hund | 100 |
| 3.IV. | طاقة المحطات الذرية | 100 |
| 4.IV. | قاعدة كلايتشوفسكي klechkowski | 101 |
| 1.4.IV. | التوزيع الالكتروني | 102 |
| 2.4.IV. | التشكيل الالكتروني | 102 |
| 3.4.IV. | التوزيع الالكتروني باستعمال الغاز الخامل | 102 |
| 4.4.IV. | الكترونات القلب | 103 |
| 5.4.IV. | الكترونات التكافؤ | 103 |
| 6.4.IV. | العناصر الشاذة | 103 |
| | تمارين الفصل الخامس | 105 |
| | حلول تمارين الفصل الخامس | 107 |


## الفصل السادس: التصنيف الدوري للعناصر.


| | | |
|---|---|---|
| I. | التصنيف الدوري لمندلييف Mendeleïev | 110 |
| II. | التصنيف الدوري الحديث للعناصر | 110 |
| 1.II. | دراسة الدورات (الاسطر) | 111 |
| 2.II. | دراسة الاعمدة | 111 |
| 3.II. | دراسة الأقسام | 112 |
| 4.II. | العائلة الكيميائية | 113 |
| 1.4.II. | قاعدة ساندرسن Sanderson | 113 |
| 2.4.II. | العناصر الانتقالية | 113 |
| 3.4.II. | عائلة اللانتانيدات Lanthanides | 113 |
| 4.4.II. | عائلة الاكتينيدات Actinides | 114 |
| III. | الخواص الدورية للعناصر | 114 |
| 1.III. | نصف القطر الذري | 114 |
| 2.III. | نصف القطر الايوني | 115 |
| 3.III. | طاقة التاين | 115 |
| 4.III. | الالفة الالكترونية | 116 |
| 5.III. | الكهروسالبية | 117 |

| | | |
|---|---|---|
| 6.III. | الكهروجابية | 117 |
| | تمارين الفصل السادس | 118 |
| | حلول تمارين الفصل السادس | 120 |


# الفصل السابع: الروابط الكيميائية.


| | | |
|---|---|---|
| I. | تكافؤ العناصر الكيميائية | 125 |
| 1.I. | التأثير المتبادل بين ذرتين: نموذج لويس للتكافؤ | 126 |
| 2.I. | القاعدة الثمانية (قاعدة الإلكترونات الثمانية) | 126 |
| II. | طاقة الربط | 127 |
| III. | الروابط الكيميائية | 127 |
| 1.III. | الرابطة الشاردية (الأيونية): | 127 |
| 2.III. | الرابطة المشتركة او التساهمية | 128 |
| 1.2.III. | الرابطة التساهمية غير القطبية (غير مستقطبة) | 129 |
| 2.2.III. | الرابطة التساهمية القطبية ( المستقطبة) | 130 |
| 3.2.III. | الرابطة التساهمية المانحة | 133 |
| 3.III. | الرابطة المعدنية | 133 |
| 4.III. | الرابطة الهيدروجينية | 133 |
| 5.III. | رابطة فاندرفالس | 134 |
| IV. | التركيب الفراغي (الهندسي) للجزيئات | 134 |
| 1.IV. | نظرية جيلسبي Gillespie | 134 |
| 2.IV. | القواعد المستنبطة من نظرية جيلسبي | 135 |
| V. | نظرية تهجين المحطات الذرية | 137 |
| 1.V. | التهجين الخطي SP | 138 |
| 2.V. | التهجين $SP^2$ | 140 |
| 3.V. | التهجين $SP^3$ | 142 |
| | تمارين الفصل السابع | 145 |
| | حل تمارين الفصل السابع | 146 |

# الفصل الأول:

# مفاهيم أساسية

## I. الخواص الفيزيائية والماكروسكوبية للمادة وتحولاتها:

### 1.I. المظهر الماكروسكوبي:

تظهر المادة في الحالة العامة على شكل جسم نقي أو خليط. الجسم النقي يظهر على شكل جسم بسيط (Zn ، $N_2$ ، Cu ، Ca، إلخ.) ، أو جسم مركب ($H_2O$ ، $CO_2$ ، $CaCO_3$ ، إلخ) أو جسم معقد (ADN ، دهون ، بروتينات ، إلخ. يتكون الخليط من جسمين أو اكثر(ماء مالح ، ماء الشرب ...)

### 2.I. الجسم البسيط والمركب:

المادة التي يتكون منها الجسم النقي هي نوع كيميائي واحد يتميز بخصائص فيزيائية وكيميائية خاصة مثل الكثافة ودرجات حرارة الانصهار والغليان والرائحة واللون الخ.

يتكون الجسم المركب من أجسام بسيطة. الماء النقي هو مادة طبيعية تتكون من الهيدروجين والأكسجين المرتبطين كيميائياً. يمكن تقسيم الجسم المركب النقي إلى أجسام نقية بسيطة كما يمكن أن يتكون من أجسام بسيطة.

### 3.I. الحالات الفيزيائية للمادة:

تشير كلمة مادة إلى جميع الأشياء الموجودة في الكون، والتي لها كتلة، وتستهلك مساحة، وتتكون كل مادة من مجموعة من الذرات يتم تصنيف المادة على أساس قربها من بعض وترابطها.

يمكن أن توجد المادة في حالات مادية مختلفة ومنها: الحالة الصلبة- الحالة السائلة- الحالة الغازية- الحالة البلازما.

#### 1.3.I. الحالة الصلبة:

تحتفظ المادة الصلبة بحجم وشكل ثابتين، حيث إنها تتكون من جسيمات متراصة بشكل كبير، مما يجعلها غير قادرة على الحركة إلا بشكل بسيط جداً، حيث تقتصر حركتها على اهتزاز بسيط للذرات في مكانها ناتج عن حركة الإلكترونات، لذلك عندما يتم وضع المادة الصلبة في وعاء فإنها لا تأخذ شكل الوعاء ولا حجمه.

#### 2.3.I. الحالة السائلة:

يتم تعريف المادة السائلة على أنها تلك المادة التي تحتفظ بحجمها دون الاحتفاظ بشكلها، حيث إنه عندما يتم سكب المادة السائلة في وعاء؛ فإنها تأخذ شكله مع الاحتفاظ بحجمها طالما لم تحدث عملية التبخر، وتعتبر هذه الخصائص بمثابة معايير يتم من خلالها تمييز المادة السائلة عن باقي المواد كالصلبة والغازية.

### I.3.3. الحالة الغازية:

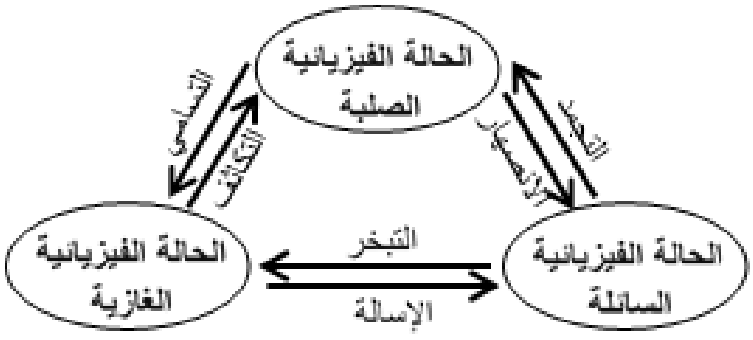
تتميز المادة الغازية بوجود مسافات كبيرة بين جسيماتها، واحتوائها على طاقة حركية كبيرة، لذلك إن لم يتم احتجازها في وعاء فإنها ستنتشر إلى ما لا نهاية، بينما إن تم وضع الغاز في وعاء فإنه سينتشر في جميع أجزاء الوعاء، ويمكن ضغط الغاز عن طريق خفض حجم الوعاء، حيث يؤدي ذلك إلى تقليل المسافات بين أجزاء الغاز، مما يزيد من الاصطدامات التي تحدث بينها، كما يمكن زيادة الضغط من خلال رفع درجة الحرارة، وتحتوي جزيئات الغاز على طاقة حركية كبيرة تمكنها من التغلب على قوة ترابط الجزيئات، ونتيجةً لذلك فإن المادة الغازية لا تحتوي لا على شكل ولا على حجم ثابت.

### I.3.4. الحالة البلازما:

هي حالة متميزة من حالات المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين تكون فيه الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أو بالجزيء. فإذا كانت المادة توجد في الطبيعة في ثلاث حالات: صلبة وسائلة وغازية، فإنه بالإمكان تصنيف البلازما على أنها الحالة الرابعة التي يمكن أن توجد عليها المادة.

## I.4. التحولات في حالات المادة:

التحول الفيزيائي للمادة من شكل إلى آخر دون أي تغير في تركيبها الكيميائي. مثل تحول المادة من حالة صلبة وحالة سائلة وحالة غازية. ويعتمد انتقال مادة ما من حالة لحالة على درجة الحرارة والضغط. وعندما تتحول حالة المادة قد يصاحب ذلك تولد الحرارة أو فقد في الحرارة، إذ أن طاقة حركة جزيئاته تزداد أو تنقص خلال هذا التحول. إذ تتحوّل المادة من حالةٍ لأخرى عبر عدّة مراحل انتقالية لتكوين الحالات الرئيسيّة الثلاث وهي الصلبة، السائلة والغازيّة، ويمكن ذكرها حسب الشكل .1.




الشكل.1. حالات المادة وتحولاتها

## I.5. المادة ومكوناتها :

### I.5.1. الذرة :

هي أصغر جزء من العنصر الكيميائي يمكن الوصول إليه والذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر. عُرفت الذرة على أنها وحدة البناء الرئيسية المكونة للمادة مما يكسبها خصائصها الفيزيائية.

يرمز للذرة بحرف او حرفين من تسميتها اللاتينية حتى يمكن التمييز بينها ( ذرة الحديد Fe، ذرة الزنك Zn، ذرة الكاربون C...).

للذرة كتلة في حدود $10^{-26}$ كيلوغرام ونصف قطر في حدود 1Å ($1A^{\circ}=10^{-10}m$).

### I.5.2. الجزيء :

في الكيمياء، هو أصغر وحدة من المادة الكيميائية النقية يحتفظ بتركيبها الكيميائي وخواصها. وتهتم الكيمياء الجزيئية بالقوانين التي تحكم التفاعلات بين الجزيئات (التفاعلات الكيميائية واصطدام بعضها ببعض). وينتج عن تلك التصادمات والتفاعلات تكوّن جزيئات أكبر (مركبات) أو يحدث تكسير للروابط الكيميائية وانفصال جزيء إلى جزيئات أصغر.

ينتج الجزيء من اتحاد ذرات لنفس النوع من العناصر فيسمى جسما بسيطا مثل: $O_2$، $H_2$، $Cl_2$، $F_2$ ...

ينتج الجزيء من اتحاد ذرات لعناصر مختلفة فيسمى جسما مركبا مثل: $H_2O$، $HNO_3$، $CaCO_3$...

### I.5.3. المول Mole :

المول هو وحدة قياس كمية المادة في الكيمياء. إذ أنها وحدة أساسية في النظام الدولي للوحدات.

ويُعرف أيضاً بأنه كمية المادة التي تحتوي على نفس عدد الذرات التي يحتويها 12 غرام من الكربون، ويرمز له بالإنجليزية (mol). وقد اختير الكربون-12 ليكون المرجع العياري لتعيين المول.

### I.5.4. عدد أفوقادرو ($N_A$) Number of AVOGADRO :

هو عدد الذرات او الجزيئات الموجودة في 1مول من المادة، وقيمته هي :$N_A= 6.02214129.10^{23}$.

أوتعريف اخر: هو عدد ذرات او جزيئات الغاز الموجودة في حجم قدره 22.4 لتر في الشروط النظامية.

## I.6. وحدة الكتلة الذرية (uma) Atomic Mass Unit :

وحدة الكُتلة الذرية (uma) هي وحدة صغيرة للكتلة تستخدم للتعبير عن الكتل الذرية والكتلة الجزيئية. وهي تساوي 1\12 من كتلة ذرة الكربون-12.

$$1uma = \frac{1}{12} m_{C^{12}} \quad / \quad m_{C^{12}} = \frac{M_{C^{12}}}{N_A}$$

$m_c$: كتلة ذرة كاربون.

$M_c$: الكتلة المولية للكاربون

$$1uma = \frac{1}{N_A} = \frac{1}{6{,}023.10^{23}} = 1{,}66.10^{-24}g$$

$$1uma = 1{,}66.10^{-27}kg$$

### 7.I. الكتلة المولية (M):

هي كتلة مول واحد من العنصر أو المركب الكيميائي. في الكيمياء، وهي كتلة عدد أفوغادرو من ذرات العنصر أو كتلة نفس العدد من جزيئات المركب. تكون وحدات الكتلة المولية غرام/مول (g/mol). الكتلة الذرية للعناصر في الجدول الدوري يمكن التعبير عنها بطريقتين: الأولى, كتلة ذرة "متوسطة" للعنصر بوحدة الكتل الذرية (uma), والثانية, هي كتلة مول من العنصر مقدرة بالغرامات.

مثال: حساب الكتلة المولية لجزيء الماء

$$M_{H_2O} = M_H . 2 + M_O = 1 . 2 + 16 = 18\ g/mol$$

### 8.I. الحجم المولي ($V_m$):

وهو الحجم الذي يشغله مول واحد من المادّة (عنصر كيميائي أو مركب كيميائي) في الحالة الغازية وتحت درجة حرارة وضغط معينين. عند الشروط النظامية ($P = 1Atm, t = 0C°$) وجد ان الحجم المولي يساوي 22.4 لتر.

### 9.I. العلاقة بين كمية المادة n والكتلة المولية M وعدد افوقادرو $N_A$ والحجم المولي $V_m$:

لإيجاد أي علاقة نتبع الخطوات التالية:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ mol \longrightarrow M \longrightarrow N_A \longrightarrow V_m \\ n\ mol \longrightarrow m \longrightarrow N \longrightarrow V_g \end{array}\right\} \Rightarrow n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V_g}{V_m}$$

$$\Rightarrow m = \frac{N . M}{N_A} = \frac{V_g . M}{V_m}$$

$$\Longrightarrow N = \frac{V_g . N_A}{V_m} = \frac{m . N_A}{M}$$

**تطبيق:**

1. احسب عدد ذرات الحديد ($M_{Fe}$=56g/mol) الموجودة في كتلة ($m_{Fe}$= 112g).
2. احسب بوحدة الغرام (g) وبوحدة الكتلة الذرية (uma):

a. كتلة ذرة واحدة من الاكسجين ($M_O$=16g/mol).

b. كتلة جزيئة واحدة من NaOH، ($M_{Na}$=23g/mol).

**حل التطبيق:**

1. عدد ذرات الحديد:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ mol \longrightarrow M_{Fe} \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m_{Fe} \longrightarrow N_{Fe} \end{array}\right\} \Rightarrow N_{Fe} = \frac{m_{Fe}.N_A}{M_{Fe}}$$

$$N_{Fe} = \frac{112\ .\ 6{,}023\ .10^{23}}{56} = 12{,}046\ .10^{23}\ \text{atomes}$$

2. a. كتلة ذرة واحدة أكسجين:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ mol_{(O)} \longrightarrow M_{(O)} \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m_{(O)} \longrightarrow 1atome_{(O)} \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(O)} = \frac{M_{(O)}}{N_A}$$

$$m_{(O)} = \frac{16}{6.023\ .10^{23}} = 2{,}656\ .10^{-23}g = 26{,}56\ .10^{-24}g = 26{,}56\ .10^{-27}Kg$$

$$\left.\begin{array}{l} 1uma \longrightarrow 1{,}66\ .10^{-27}Kg \\ m_{(O)} \longrightarrow 26{,}56\ .10^{-27}Kg \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(O)} = \frac{26{,}56\ .10^{-27}}{1{,}66\ .10^{-27}} = 16\ u.m.a$$

b. كتلة جزيئة واحدة من NaOH:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ mol_{(NaOH)} \longrightarrow M_{(NaOH)} \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m_{(NaOH)} \longrightarrow 1atome_{(NaOH)} \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(NaOH)} = \frac{M_{(NaOH)}}{N_A}$$

$$m_{(NaOH)} = \frac{40}{6{,}023\ .10^{23}} = 66{,}41\ .10^{-24}g = 66{,}41\ .10^{-27}Kg$$

$$\left.\begin{array}{l} 1uma \longrightarrow 1{,}66\ .10^{-27}Kg \\ m_{(NaOH)} \longrightarrow 66{,}41\ .10^{-27}Kg \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(NaOH)} = \frac{66{,}41\ .10^{-27}}{1{,}66\ .10^{-27}} = 40\ u.m.a$$

## II. القوانين الوزنية:

### 1.II. النسبة المئوية الوزنية:

النسبة المئوية الوزنية لعنصر في مركب كيميائي هي نسبة تواجد هذا العنصر في المركب.

او هي النسبة بين كتلة العنصر وكتلة المركب الكيميائي.

**مثال:** عين النسبة المئوية الوزنية لعناصر مركب كربونات الصوديوم $Na_2CO_3$.

$$M_{(Na_2CO_3)} = 23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 = 106 \text{ g/mol}$$

نسبة الصوديوم Na:

$$\left.\begin{array}{l} 106\text{ g } (Na_2CO_3) \longrightarrow 100\% \\ 23 \cdot 2 = 46\text{g } (Na_2) \longrightarrow x\% \end{array}\right\} \Rightarrow x = 43{,}39\%$$

نسبة الكربون C:

$$\left.\begin{array}{l} 106\text{ g } (Na_2CO_3) \longrightarrow 100\% \\ 12\ (C) \longrightarrow y\% \end{array}\right\} \Rightarrow y = 11{,}32\%$$

نسبة الاكسجين O:

$$\left.\begin{array}{l} 106\text{ g } (Na_2CO_3) \longrightarrow 100\% \\ 16 \cdot 3 = 48\text{g } (O_3) \longrightarrow z\% \end{array}\right\} \Rightarrow z = 45{,}28\%$$

### 2.II. قانون حفظ الكتلة (لافوازيه Lavoisier) :

لقد بين لافوازيه سنة 1776 انه خلال أي تفاعل كيميائي لا يحدث تغيير في الكتلة بين النواتج والمتفاعلات، أي ان الكتلة تبقى محفوضة: (مجموع كتل المتفاعلات = مجموع كتل النواتج)

**مثال:**

$$\underbrace{H_2 + \frac{1}{2}O_2}_{2+\frac{1}{2}(32)=18g} \rightarrow \underbrace{H_2O}_{2+16=18g}$$

### 3.II. التفاعلات الكيميائية:

هي عبارة عن تكسير روابط كيميائية، في المواد المتفاعلة، لإنتاج روابط جديدة، في المواد الناتجة، مما يؤدي إلى تكوين مواد جديدة مختلفة، في صفاتها الكيميائية والفيزيائية معًا.

التفاعلات الكيميائية تشمل تغير ترتيب الذرات في الجزيئات الكيميائية، و في مثل هذا التفاعل نشهد اتحاد بعض الجزيئات بطرق أخرى لتكوين شكل من مركب أكبر أو أعقد، أو تفكك المركبات لتكوين جزيئات أصغر، أو إعادة ترتيب الذرات في المركب.

### III. الجانب النوعي للمادة:

#### 1.III. الجسم النقي:

هو كل مادة لا يحدث لها أي تحول او تغير عندما تجرى لها كل محاولات الفصل، وهي تتكون من جزيئات متماثلة فيما بينها.

مثل: الماء المقطر ($H_2O$).

#### 2.III. الخليط المتجانس:

الخليط المتجانس هو خليط صلب أو سائل أو غازي يتكون من مواد ذات خواص واحدة في مختلف اجزائها.

مثل: ماء الشرب (معدني)، محلول ملحي.

#### 3.III. الخليط غير المتجانس:

الخليط غير المتجانس متكون من أجسام ذات طبيعة مختلفة ويتكون من عدة أطوار، سهل التمييز بينها.

مثل: (ماء + زيت).

### IV. المحاليل:

في الكيمياء، المحلول هو مزيج متجانس من مادتين نقيتين أو أكثر، لا يمكن عزلهما عن بعضهما البعض بأي أسلوب ميكانيكي، كالترشيح مثلاً ويتكون من مذيب ومذاب. يمكن فصلهما عن طريق التبخير مثلا بحيث لا يتسبب في أي تفاعل كيميائي بين المادتين.

هناك ثلاث أنواع رئيسية من المحاليل:

- **المحلول السائل:** ينتج عن ذوبان صلب في سائل آخر، وكما ينتج عن ذوبان شيء صلب أو غازي أوسائل في سائل. ومن أمثلته: ذوبان الملح في الماء، وذوبان السكر في القهوة.
- **المحلول الغازي:** هو المحلول الذي ينشأ بإذابة المادة الصلبة أو السائلة أو الغازية في المادة غازية، وينتج عن اختلاط الغازات. فالهواء مثلاً هو محلول غازي، يتكون من مزيج من النيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون.
- **السبائك:** تعتبر مصهورات المعادن مع بعضها محاليلا وتسمى سبائك. وعادة تتكون السبيكة من عدة معادن ولا معادن، مثل بعض أنواع مصهورات الفولاذ، فهو يتكون من كروم و فاناديوم و كربون ذائبة في الحديد.

### 1.IV. المذيب :

ويسمى أيضا المحل، وهو سائل او غاز يذيب المذابات الصلبة او السائلة او الغازية وينتج عنه محلول. يعتبر الماء اكثر المذيبات شيوعا.

### 2.IV. المذاب:

هو المادة المذابة في المذيب. مثل: الملح في الماء

### 3.IV. محلول مائي:

هو عبارة عن محلول يكون فيه المذيب هو الماء.

### 4.IV. المحلول الممدد والمحلول المشبع:

تعتمد كمية المذاب التي يمكن ان تذوب (تنحل) في مذيب على ذوبانيتها (إنحلاليتها)، أي إضافة من المذاب أكبر من الذوبانية فإنها تترسب ولا تذوب، ويسمى المحلول مشبع في هذه الحالة. اما إذا كانت كمية المذاب اقل بكثير من الذوبانية يسمى المحلول ممدد (مخفف).

## V. الجانب الكمي للمادة:

### 1.V. كمية المادة:

هي كمية فيزيائية تتناسب مع عدد الجسيمات الأولية الموجودة. وقد تكون الجسيمات الأولية ذرات، أو جزيئات، أو أيونات، أو إلكترونات. وقد يشار إلى كمية المادة بالكمية الكيميائية، ويرمز لها بـ n.

### 2.V. التركيز المولي (المولارية):

هي كمية مادة المذاب (n) المنحلة في 1 لتر من المحلول.

وتعطى بالعلاقة التالية: $$C\ (mol/l) = \frac{n_{(solute)}}{V_{(solution)}}$$

### 3.V. التركيز الكتلي:

هو كتلة المذاب المنحلة في 1 لتر من المحلول.

ويعطى بالعلاقة التالية: $$C\ (g/l) = \frac{m_{(solute)}}{V_{(solution)}}$$

### 4.V. المولالية:

هي كمية مادة المذاب المنحلة في 1Kg من المذيب.

وتعطى بالعلاقة التالية: $$m_{(mol/Kg)} = \frac{n_{(solute)}}{m_{(solvent)}}$$

### 5.V. النظامية (العيارية) :

هي عدد المكافئات الغرامية (n eq) للمذاب المنحلة في 1 لتر من المحلول.

وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\left.\begin{array}{l} N_{(eqg/l)} = \dfrac{neq_{(solute)}}{V_{(solution)}} \\ neq_{(solute)} = \dfrac{eq\ .m}{M} = eq\ .n \end{array}\right\} \Rightarrow N_{(eqg/l)} = eq\ .\frac{n}{V} = C\ .eq$$

حيث يمثل التكافؤ (eq) في تفاعلات الاحماض والاسس عدد البروتونات ($H^+$) التي يحررها الحمض او يكتسبها الأساس، وفي تفاعلات الاكسدة والارجاع يمثل عدد الإلكترونات (é) المكتسبة من طرف المؤكسد او المفقودة من طرف المرجع.

**امثلة:**

$$H_2SO_4 \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ \qquad eq = 2$$

$$S_2O_8^{2-} + 2é \longrightarrow 2SO_4^{2-} \qquad eq = 2$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6é \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \qquad eq = 6$$

$$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^- \qquad eq = 2$$

### 6.V. الكسر الكتلي:

الكسر الكتلي للمذاب هو النسبة بين كتلة المذاب إلى كتلة المحلول (مذاب + مذيب).

الكسر الكتلي للمذيب هو النسبة بين كتلة المذيب إلى كتلة المحلول (مذاب + مذيب).

### 7.V. الكسر المولي:

هو تعبير كيميائي يصف نسبة تواجد المادة في خليط من المواد، ويعطى بالعبارة:

$$x_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

### 8.V. الكتلة الحجمية (ρ):

الكتلة الحجمية تعبر عن مقدار الرابط الذي يربط ما بين الحجم والكتلة.

اوهي صفة فيزيائية للأجسام تعبّر عن علاقة وحدة الحجم بوحدة الكتلة لمادةٍ أو جسمٍ ما، فكلما ازدادت الكتلة الحجمية ازدادت الكتلة لوحدة الأحجام، وعلى هذا فهي كتلة وحدة الحجوم من المادة.

وتعطى عبارة الكتلة الحجمية بالعلاقة التالية:

$$\rho_{(g/cm^3)} = \frac{m}{V}$$

m: كتلة المادة (غرام).

V:حجم المادة (سم$^3$).

**9.V. الكثافة (d):**

وهي على نوعين:

- **كثافة المواد الصلبة والسائلة:** وهي نسبة كتلة حجم من المادة على كتلة نفس الحجم من الماء وتعطى بالعلاقة التالية:

$$d_x = \frac{\rho_x}{\rho_{H_2O}} = \frac{\frac{m_x}{V}}{\frac{m_{H_2O}}{V}} = \frac{m_x}{m_{H_2O}}$$

$m_x$: هي كتلة المادة السائلة أو الصلبة.

$\rho_x$: هي الكتلة الحجمية للمادة السائلة أو الصلبة.

- **كثافة المواد الغازية:** وهي نسبة كتلة حجم من المادة على كتلة نفس الحجم من الهواء وتعطى بالعلاقة التالية:

$$d_{gaz} = \frac{\rho_{gaz}}{\rho_{air}} = \frac{\frac{m_{gaz}}{V}}{\frac{m_{air}}{V}} = \frac{m_{gaz}}{m_{air}}$$

$m_{gaz}$: كتلة المادة الغازية.

$\rho_{air}$: الكتلة الحجمية للهواء. $\rho_{air} = 1{,}293 g/l$ عند الشروط النظامية.

## تمارين الفصل الأول.

### التمرين الأول.

1. احسب عدد ذرات الكبريت S وعدد ذرات الهيدروجين H وعدد ذرات الاكسجين O الموجودة في 49g من حمض الكبريت $H_2SO_4$.
2. ماهو عدد ذرات البلاديوم $^{106}Pd$ الموجودة في قطعة منه كتلتها 1Kg.
3. ماهو عدد جزيئات الازوت $N_2$ الموجودة في حجم قدره 1ل، في الشروط النظامية.
4. احسب كتلة ذرة جيرمانيوم $^{72}Ge$ بوحدة الغرام وبـ u.m.a.
5. ماهو عدد المولات الموافقة لـ: 51023 ذرة من السيليسيوم $^{28}Si$.

### التمرين الثاني.

1. عينة من كبريت الحديد $Fe_xS_y$ تحتوي على 0,465g من الحديد و 0,268g من الكبريت. استنتج صيغته الجزيئية اذا علمت ان الكتلة الذرية للحديد هي 56g/mol والكتلة الذرية للكبريت هي 32g/mol.
2. ماهي الصيغة الجزيئية للمركب الكيميائي النقي الذي يحتوي كل من: Fe, S, O و ماء التبلور $nH_2O$ بنسب كتلية: 23% ,11,6% ,20,1% ,45,3% على الترتيب. اذا علمت ان الكتلة المولية لهذا المركب هي 278g/mol، حيث: H =1g/mol, O =16, S =32, Fe =56.

### التمرين الثالث.

1. احسب المولارية (التركيز المولي) والنظامية (العيارية) للمحلولين الاتيين:
   - نذيب 7,88g من حمض $HNO_3$ في الماء لنحصل على لتر من المحلول.
   - نذيب 26,5g من Na2CO3 في الماء لنحصل على نصف لتر من المحلول.

يعطى: $M_{(Na_2CO_3)} = 106g/mol$ ، $M_{(HNO_3)} = 63,02g/mol$

2. احسب عدد المكافئات الغرامية وكتلة المذاب الموجودة في:
   - 100ml من محلول $H_3PO_4$ 0,2 نظامي.
   - 50ml من محلول HCl 0,1 نظامي.

### التمرين الرابع.

زجاجة تحتوي على محلول حمض الكبريت $H_2SO_4$ بنسبة 72% كتليا، وذو كتلة حجمية $\rho=1,64g/cm^3$. احسب لهذا المحلول:

1. المولارية C.

2. المولالية m.
3. النظامية N.
4. ماهو حجم الماء الواجب اضافته الى 100 ml من الحمض السابق للحصول على محلول حمض الكبريت بنسبة 20% وكتلة حجمية $\rho=1,18g/cm^3$.

## حلول تمارين الفصل الأول.

### حل التمرين الأول.

1. حساب عدد ذرات S و H و O الموجودة في 49غ من حمض الكبريت $H_2SO_4$:

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H + S + 4O$$

أولا: حساب عدد جزيئات $H_2SO_4$ الموجودة في 49غ:

$$\left.\begin{array}{l} 1mol \longrightarrow M_{(H_2SO_4)} \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m \longrightarrow N_{(H_2SO_4)} \end{array}\right\} \Rightarrow N_{(H_2SO_4)} = \frac{m \cdot N_A}{M_{(H_2SO_4)}} = \frac{49 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}}{98}$$

$$N_{(H_2SO_4)} = 3{,}0115 \cdot 10^{23} \text{Molécules}$$

- عدد ذرات الكبريت هي: $N_{(S)} = 3{,}0115 \cdot 10^{23} \text{Atomes}$
- عدد ذرات الهدروجين هي: $N_{(H)} = 2 \cdot 3{,}0115 \cdot 10^{23} = 6{,}023 \cdot 10^{23} \text{Atomes}$
- عدد ذرات الاكسجين هي: $N_{(O)} = 4 \cdot 3{,}0115 \cdot 10^{23} = 12{,}046 \cdot 10^{23} \text{Atomes}$

2. حساب عدد ذرات البلاديوم $^{106}Pd$ الموجودة في قطعة كتلتها 1كغ:

$$\left.\begin{array}{l} 1mol \longrightarrow M_{(Pd)} \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m \longrightarrow N_{(Pd)} \end{array}\right\} \Rightarrow N_{(Pd)} = \frac{m \cdot N_A}{M_{(Pd)}} = \frac{1000 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}}{106}$$

$$N_{(Pd)} = 56{,}82 \cdot 10^{23} \text{Atomes}$$

3. حساب عدد جزيئات الازوت $N_2$ الموجودة في حجم قدره 1ل:

$$\left.\begin{array}{l} 1mol \longrightarrow M_{(N_2)} \longrightarrow N_A \longrightarrow V_M \\ n\ mol \longrightarrow m \longrightarrow N_{(N_2)} \longrightarrow V_{(N_2)} \end{array}\right\} \Rightarrow N_{(N_2)} = \frac{V_{(N_2)} \cdot N_A}{V_M} = \frac{1 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}}{22{,}4}$$

$$N_{(N_2)} = 0{,}2688 \cdot 10^{23} \text{Molécules}$$

4. حساب كتلة ذرة جيرمانيوم $^{72}Ge$:

- **بوحدة الغرام:**

$$\left.\begin{array}{l} 1mol \longrightarrow M_{(Ge)} \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m_{(Ge)} \longrightarrow 1\ Atomes_{(Ge)} \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(Ge)} = \frac{M_{(Ge)}}{N_A} = \frac{72}{6{,}023 \cdot 10^{23}}$$

$$m_{(Ge)} = 119{,}5 \cdot 10^{-24} g$$

- **بوحدة u.m.a:**

$$\left.\begin{array}{l} 1\ \text{u.m.a} \longrightarrow 1,66 .10^{-27}\text{Kg} \\ m_{(Ge)} \longrightarrow 119,5 .10^{-27}\text{Kg} \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(Ge)} = \frac{119,5 .10^{-27}}{1,66 .10^{-27}} = 72\ \text{u.m.a}$$

5. حساب عدد المولات الموافقة لـ: 51023 ذرة من السيليسيوم $Si^{28}$:

$$\left.\begin{array}{l} 1\text{mol}(Si) \longrightarrow M_{(Si)} \longrightarrow N_A \\ n\ \text{mol} \longrightarrow m_{(Si)} \longrightarrow N_{(Si)} \end{array}\right\} \Rightarrow n_{(Si)} = \frac{N_{(Si)}}{N_A} = \frac{51023}{6,023 . 10^{23}}$$

$$n_{(Si)} = 8,47.10^{-20}\text{mol}$$

**حل التمرين الثاني.**

1. استنتاج الصيغته الجزيئية لـ $Fe_xS_y$ :

$$\left.\begin{array}{l} M_{(Fe_x)} = 56x \longrightarrow 0,465g \\ M_{(S_y)} = 32y \longrightarrow 0,268g \end{array}\right\} \Rightarrow 32y . 0,465 = 56x . 0,268$$

$$\Leftrightarrow y = x$$

اذن الصيغة الجزيئية هي: FeS.

2. ايجاد الصيغة الجزيئية للمركب الكيميائي: $Fe_xS_yO_z, nH_2O$ 45,3%, 20,1%, 11,6%, 23% على الترتيب.

$$\left.\begin{array}{l} M_{(Fe_xS_yO_z,nH_2O)} = 278 \longrightarrow 100\% \\ M_{(Fe_x)} = 56x \longrightarrow 20,1\% \end{array}\right\} \Rightarrow x = \frac{278 . 20,1}{5600} = 1$$

$$\left.\begin{array}{l} M_{(Fe_xS_yO_z,nH_2O)} = 278 \longrightarrow 100\% \\ M_{(S_y)} = 32y \longrightarrow 11,6\% \end{array}\right\} \Rightarrow y = \frac{278 . 11,6}{3200} = 1$$

$$\left.\begin{array}{l} M_{(Fe_xS_yO_z,nH_2O)} = 278 \longrightarrow 100\% \\ M_{(O_z)} = 16z \longrightarrow 23\% \end{array}\right\} \Rightarrow z = \frac{278 . 23}{1600} = 4$$

$$\left.\begin{array}{l} M_{(Fe_xS_yO_z,nH_2O)} = 278 \longrightarrow 100\% \\ M_{(nH_2O)} = 18n \longrightarrow 45,3\% \end{array}\right\} \Rightarrow n = \frac{278 . 45,3}{1800} = 7$$

اذن صيغة المركب هي: $FeSO_4,7H_2O$

**حل التمرين الثالث.**

1. حساب المولارية (التركيز المولي) والنظامية (العيارية) :

$$\left.\begin{array}{l} C = \dfrac{n_{(solute)}}{V_{(solution)}} \\ n = \dfrac{m}{M} \end{array}\right\} \Rightarrow C = \frac{m}{M.V}$$

$$\left.\begin{array}{l} N_{(eqg/l)} = \dfrac{neq_{(solute)}}{V_{(solution)}} \\ neq_{(solute)} = \dfrac{eq.m}{M} = eq.n \end{array}\right\} \Rightarrow N_{(eqg/l)} = eq.\frac{n}{V} = C.eq$$

- نذيب 7,88g من حمض $HNO_3$ في لتر من المحلول.

**المولارية (التركيز المولي):** $C = \dfrac{m}{M.V} = \dfrac{7,88}{63,02.1} = 0,125mol/l$

**النظامية (العيارية):** $N_{(eqg/l)} = eq.\dfrac{n}{V} = C.eq = 0,125.1 = 0.125(eqg/l)$ ou N

- نذيب 26,5g من $Na_2CO_3$ في نصف لتر من المحلول.

**المولارية (التركيز المولي):** $C = \dfrac{m}{M.V} = \dfrac{26,5}{106.0,5} = 0,5mol/l$

**النظامية (العيارية):** $N_{(eqg/l)} = eq.\dfrac{n}{V} = C.eq = 0,5.2 = 1(eqg/l)$ ou N

2. حساب عدد المكافئات الغرامية وكتلة المذاب:

- 100ml من محلول $H_3PO_4$ 0,2 نظامي.

عدد المكافئات : $N = \dfrac{neq}{V} \Rightarrow neq = N.V = 0,2.100.10^{-3} = 0,02eq$

الكتلة: $neq = \dfrac{eq.m}{M} \Rightarrow m = \dfrac{neq.M}{eq} = \dfrac{0,02.97,97}{3} = 0,65g$

- 50ml من محلول HCl 0,1 نظامي.

عدد المكافئات : $N = \dfrac{neq}{V} \Rightarrow neq = N.V = 0,1.50.10^{-3} = 0,005eq$

الكتلة: $neq = \frac{eq \cdot m}{M} \Rightarrow m = \frac{neq \cdot M}{eq} = \frac{0,005 \cdot 36,5}{1} = 0,18g$

**حل التمرين الرابع.**

1. حساب المولارية C

الكتلة المولية لحمض الكبريت هي: $M_{(H_2SO_4)} = 2+32+16 \cdot 4 = 98\ g/mol$

$$\rho_{(solution)} = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho.V = 1,64g$$

$$\left.\begin{array}{l} 100g_{(sol)} \longrightarrow 72g_{(H_2SO_4)pur} \\ 1,64g_{(sol)} \longrightarrow m_{(H_2SO_4)pur} \end{array}\right\} \Rightarrow m_{(H_2SO_4)pur} = \frac{1,64 \cdot 72}{100} = 1.1808g$$

$$C = \frac{n}{V_{(sol)}} = \frac{m}{MV_{(sol)}} = \frac{1,1808}{98 \cdot 10^{-3}} = 12,0489 \simeq 12mol/l$$

او بطريقة مباشرة (مختصرة):

$$C = \frac{10.p.d}{M} = \frac{10 \cdot 72 \cdot 1,64}{98} = 12mol/l \quad / \quad (d_{sol} = \rho_{sol})$$

2. حساب المولالية m

$$m = \frac{n}{m_{solvent}} = \frac{m_{solute}}{M.m_{solvent}} = \frac{1,1808}{98 \cdot (1,64 - 1,1808).10^{-3}} = 26,239\ mol/Kg$$

3. حساب النظامية N

$$\left.\begin{array}{l} N_{(eqg/l)} = \frac{n_{eq(solute)}}{V_{(solution)}} \\ n_{eq(solute)} = \frac{eq.m}{M} = eq.n \end{array}\right\} \Rightarrow N_{(eqg/l)} = eq.\frac{n}{V} = C.eq = 12 \cdot 2 = 24\ eqg/l$$

4. حساب حجم الماء V

أولا حساب تركيز المحلول الممدد:

$$C_2 = \frac{10.p.d}{M} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 1,18}{98} = 2,4mol/l$$

من قانون التمديد:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{C_1V_1}{C_2} = \frac{12 \cdot 100}{2,4} = 500\ ml$$

$$V_{H_2O} = V_2 - V_1 = 500-100 = 400ml$$

# الفصل الثاني:

# مكونات الذرة

تتكون المادة من دقائق صغيرة جدا تسمى الذرات. تعتبر الذرة أصغر جزء من العنصر الكيميائي يمكن الوصول إليه والذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر. حيث تختلف ذرات العناصر في كتلتها وتركيبها.

**I. تجربة فاراداي (1834) FARADAY:**

قام فاراداي بعملية التحليل الكهربائي لمركب كبريتات النحاس ($CuSO_4$) فلاحظ ترسب طبقة من النحاس على المهبط واختفاء اللون الأزرق للمحلول، فاستنتج ان الذرة تحتوي شحنات سالبة وموجبة.
نلخص قانوني فاراداي كما يلي:

1. كتلة المادة المتفاعلة في قطب كهربائي أثناء التحليل الكهربائي تتناسب طرديا مع كمية الكهرباء المنقولة في هذا القطب.
2. لكمية معينة من الكهرباء فإن كتلة عنصر ما متفاعل عند قطب كهربائي تتناسب طرديا مع الوزن المكافئ لهذا العنصر.

**الصيغة الرياضية:**

$$m = \frac{Q}{F} * \frac{M}{Z}$$

m: هي كتلة المادة المتفاعلة عند القطب

Q : هي كمية الشحنة الكهربية المنقولة في القطب

F = 96 485 C/mol هو ثابت فرداي

M : هي الكتلة المولية للمادة المتفاعلة

z : معدل نقل الإلكترونات إلى عدد الأيونات.

**II. مكونات الذرة:**

في عام 1808 قدم دالتون النظرية الذرية الأولى التي تنص على أن الذرة هي جسيم صغير غير قابل للتجزئة. وبعد ذلك وجد أن هذا الجسيم يتكون من نواة تحتوي على نويات (بروتونات ونيوترونات) وإلكترونات تنجذب حول النواة.

**1.II. الإلكترون:**

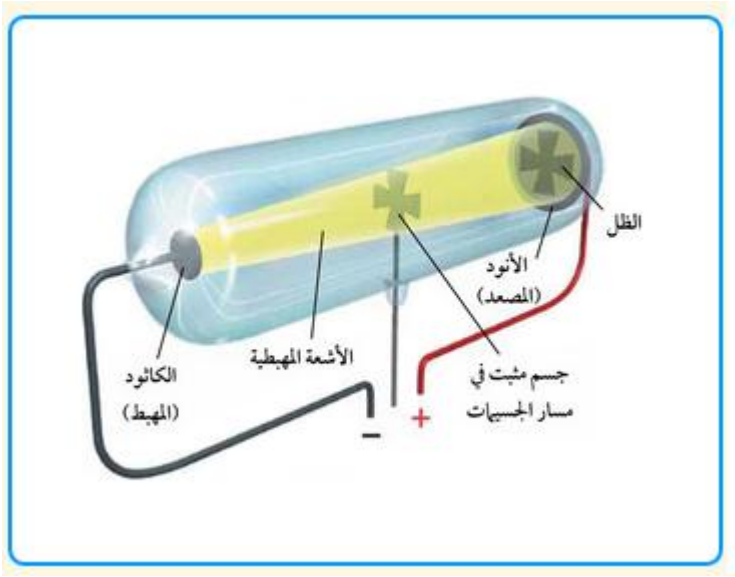
أول جسيم دون ذري هو الإلكترون، الذي يضمن من خلال شحنته السالبة، الإتزان الكهربائي للذرة.

### II.1.1. تجربة كروكس (1879) W. Crookes:

تعتبر الغازات عازلة في الظروف العادية ولكن عندما نعرضها لضغط منخفض (P<10mmHg) وتوتر مرتفع ($U=10^4V$) فإنها تصبح ناقلة للتيار الكهربائي.

عند وضع كمية من غاز داخل أنبوب زجاجي شفاف بين قطبين مضمومين إلى مولد كهربائي فلوحظ لمعان داخل الأنبوب حول المهبط.

عند تخفيض اكثر للضغط داخل الأنبوب نلاحظ ابتعاد اللمعان عن محيط المهبط وانتشاره في كل الأنبوب إلى أن يصل إلى جدران الأنبوب (الشكل-1-).




الشكل-1: تجربة كروكس.

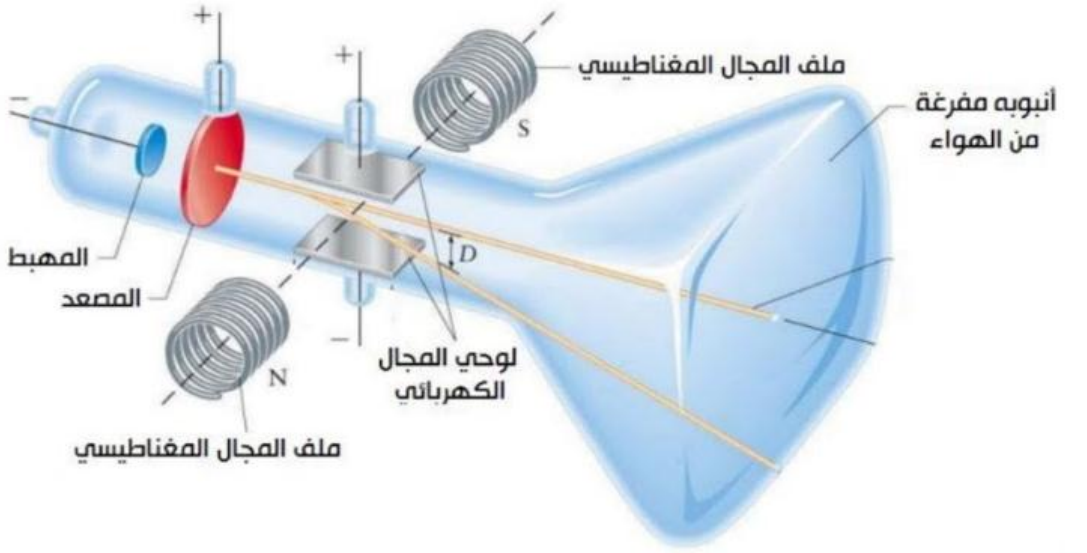
عند تحقيق التجربة المبينة في الشكل 1 إكتشف كروكس أنه يصدر من المهبط أشعة سميت أشعة مهبطية.

- يصطدم هذا الاشعاع مع جزيئات او ذرات الغاز فيؤينها مما يجعلها ناقلة للكهرباء.
- وضع كروكس قطعة معدنية امام الاشعة المهبطية فلاحظ تشكيل خيال هذه القطعة على الشاشة (الحاجز المقابل) وهذا ما جعله يبين ان الاشعة تنتشر في خطوط مستقيمة.
- عند وضع مروحة بين القطبين لوحظ أن المروحة تدور فاستنتج أن لهذه الدقائق كتلة.
- وضع كروكس لبوسي مكثفة مشحونة امام الاشعة فلاحظ إنحراف الاشعة نحو اللبوس الموجب للمكثفة؛ فاستنتج ان الاشعة تحمل شحنة سالبة.

### 2.1.II. تجربة طومسون (1895) J.J. Thomson:

إيجاد النسبة (e/m): حيث e: شحنة الالكترون، m: كتلة الالكترون.

قام العالم ج ج طومسون J. J. Thomson في مختبر كافندش في كامبردج ببريطانيا بإجراء تجربة تمكن فيها من قياس النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته، حيث اعتمد في ذلك على قياس انحراف الاشعة المهبطية (الإلكترون) في وسط فيه مجال كهربي شدته $\vec{E}$ ومجال مغناطيسي شدته $\vec{B}$ كما في الشكل2:




الشكل-2-: تجربة طومسون

#### 1. تاثيرالمجال الكهربائي E

نعلم إن المجال الكهربائي يؤثر على الشحنة الكهربية بقوة كهربائية تعطى بالعلاقة :

$$\overrightarrow{Fe} = e\,\vec{E} \quad \text{.....(1)}$$

e : الشحنة الكهربائية. Fe: هي القوة الكهربائية .

وعليه إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي فإنها سوف تتحرك في اتجاه المجال إذا كانت شحنتها موجبة وتتحرك في عكس اتجاه المجال إذا كانت شحنتها سالبة.

حيث وجد طومسون ان الاشعة تنحرف عكس إتجاة المجال الكهربائي: فهي ذات شحنة سالبة.

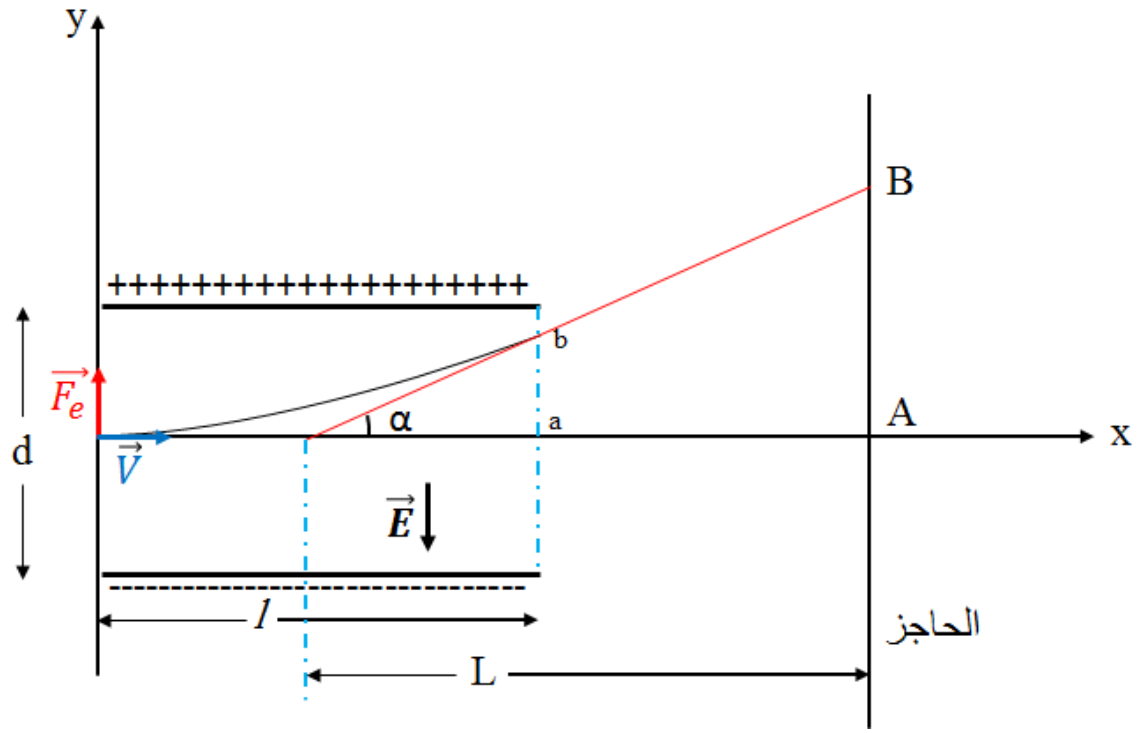
### 2. تاثيرالمجال المغناطيسي B

نعلم أن المجال المغناطيسي يؤثر على الشحنة الكهربائية بقوة مغناطيسية اذا كانت الشحنة تتحرك بسرعة في المجال المغناطيسي. وتعطى القوة المغناطيسية بالعلاقة:

$$\overrightarrow{F_m} = e\ V\ \vec{B} \quad \text{.....(2)}$$

B: المجال المغناطيسي. V: سرعة الشحنة. e : الشحنة الكهربائية. $F_m$ : القوة المغناطيسية.

وعليه إذا أطلقت حزمة من الشحنات في اتجاه مجال مغناطيسي فانه سوف تتحرك في مسار منحني ويمكن تحديد اتجاه القوة المؤثرة على حركة الشحنة باستخدام قاعدة اليد اليمنى وتكون حركة الشحنات السالبة عكس حركة الشحنات الموجبة في المجال المغناطيسي.




الشكل-3-

### 3. تاثيرالمشترك للمجالين الكهربائي المغناطيسي:

وجد انه اذا تساوت شدتا الحقلين فان الاشعة لا تنحرف وتكون علاقة سرعة الشحنة (الالكترون) كما يلي:

بتسوية شدتا الحقلين (القوتين) من العلاقتين 1 و2 نجد:

$$\left\|\overrightarrow{F_m}\right\| = \left\|\overrightarrow{F_e}\right\| \Leftrightarrow F_m = F_e \Leftrightarrow e\,V\,B = e\,E$$

$$V = \frac{E}{B} \quad \text{.....(3)}$$

4. دراسة انحراف الأشعة تحت تأثير المجال الكهربائي فقط:
بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$$\sum \vec{F} = m\,\vec{a} \Leftrightarrow \overrightarrow{F_e} + \vec{P} = m\,\vec{a}$$

باهمال قوة الثقل امام القوة الكهربائية نجد: $\overrightarrow{F_e} = m\,\vec{a}$

1. بالاسقاط على محور الفواصل نجد: $0 = m\,a_x \Rightarrow a_x = 0$

اذن الحركة مستقيمة منتظمة ومعادلتها الزمنية تكون على الشكل:

$$V = \frac{dx}{dt} \Leftrightarrow dx = V\,dt \Leftrightarrow \int_0^x dx = V \int_0^t dt$$

$$x = V\,t \quad \text{.....(4)}$$

2. بالاسقاط على محور التراتيب نجد: $F_e = m\,a \Leftrightarrow e\,E = m\,a \Leftrightarrow a = \frac{e\,E}{m} = Cst$

إذن مسقط الحركة على محور التراتيب تكون مستقيمة متغيرة بانتظام.

كتابة معادلات الحركة: $a = \frac{dV_y}{dt} \Leftrightarrow dV_y = a\,dt \Leftrightarrow \int_0^V dV_y = a \int_0^t dt$

وهي معادلة السرعة $\Leftrightarrow V_y = a\,t \Leftrightarrow V_y = \frac{e\,E}{m}\,t$ ..... (5)

$$V_y = \frac{dy}{dt} \Leftrightarrow dy = V_y dt \Leftrightarrow \int_0^y dy = \int_0^t V_y dt$$

$\Leftrightarrow y = \frac{1}{2}\frac{e\,E}{m}\,t^2$ .....(6) وهي معادلة الحركة اتجاه (oy)

كتابة معادلة المسار: بتعويض الزمن من المعادلة (4) في المعادلة (6) نجد:

$$y = \frac{1}{2}\frac{e\,E}{m\,V^2}\,x^2 \quad \text{.....(7)}$$

وهي معادلة قطع مكافئ إذا المسار عبارة عن قطع جزء لقطع مكافئ.

عند خروج الاشعة (الالكترون) من المجال الكهربائي تكون: $\begin{cases} x = l \\ y = y_b \end{cases}$

ومنه يمكن كتابة معادلة المسار رقم (7) كما يلي:

$$y_b = \frac{1}{2}\frac{e\,E}{m\,V^2}\,l^2 \Leftrightarrow \frac{e}{m} = \frac{2\,V^2\,y_b}{E\,l^2} \quad \text{.....(8)}$$

بتعويض العلاقة (3) في العلاقة (8) نجد:

$$\frac{e}{m} = \frac{2\,y_b}{l^2}\frac{E}{B^2} \qquad / \quad E = \frac{U}{d}$$

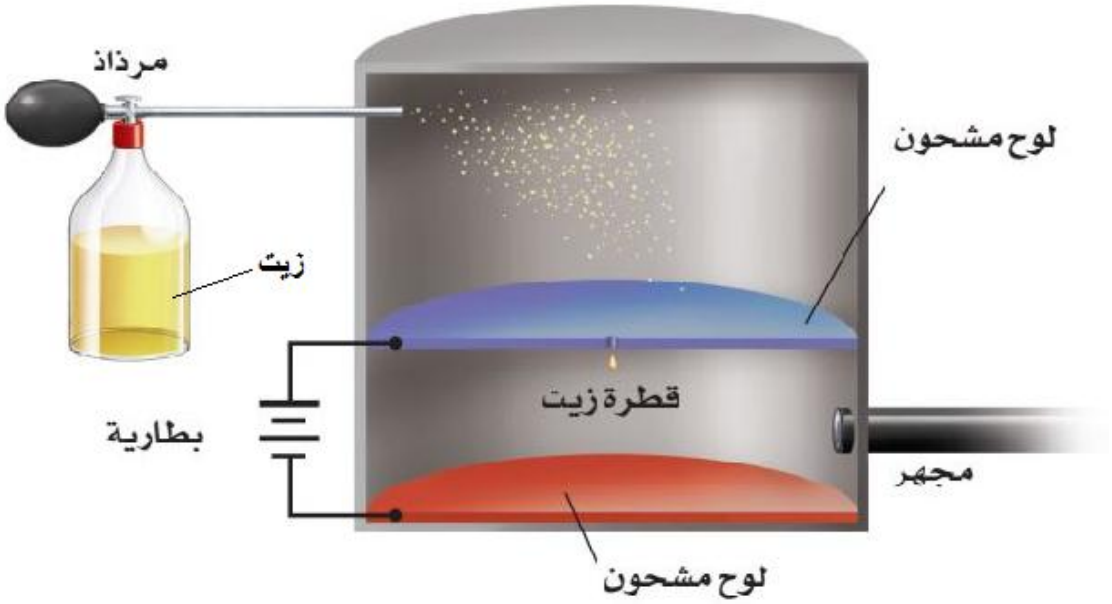
$$\frac{e}{m} = \frac{2\,y_b}{l^2}\frac{U}{d}\frac{1}{B^2} \quad \text{.....(9)}$$

بعد تعويض قيم الثوابت المستعملة في التجربة وجد طومسون أن:

$$\frac{e}{m} = 1{,}759\ 10^{11}\ C/Kg$$

### II.3.1. تجربة ميليكان (1909) Millikan:

وهي من أشهر الطرق لقياس الشحنة الأولية e (وهي شحنة الإلكترون).




الشكل-4- تجربة ميليكان

**وصف الجهاز والتجربة:**

يتكون الجهاز من غرفة منتظمة الحرارة يمكن تغيير الضغط فيها بواسطة مضخة.

يتصل بأعلى الغرفة جهاز رش يبعث قطيرات زيت في منتهى الصغر. لتتكون سحابة من الرذاذ، ثم تتكثف الزيت لتسقط على شكل قطرات. في أسفل الغرفة توجد صفيحتان لمكثفة وتكون الصحيفة العليا مثقوبة لتسمح بسقوط قطيرات الزيت داخل المكثفة.

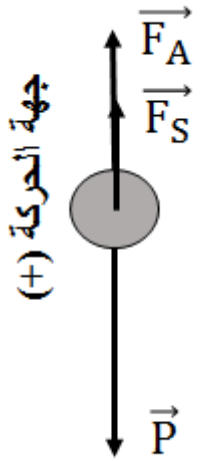
يتاين الغاز(الهواء) الموجود في الغرفة بواسطة الاشعة السينية (RX)، وبهذه الطريقة تصطدم جزيئات الغاز بقطرات الزيت فتاينها (تشحنها) بشحنات موجبة أوسالبة.

بين الصفيحتين تخضع القطرات المشحونة إلى تأثير الحقل الكهربائي، فيمكننا أن نوازن ميكانيكيًّا القوى المؤثرة أو نجعلها تهبط أو ترتفع وذلك بتغيير الجهد بين الصفائح. حيث تتأثر قطرة الزيت بالحقل الكهربائي: $\vec{F_e} = q\,\vec{E}$

أجريت التجربة في غياب الحقل الكهربائي وفي وجوده.

**1. دراسة حركة القطرة في غياب الحقل الكهربائي:**

القوى المؤثرة على قطرة الزيت هي:




✓ **قوة الثقل $\vec{P}$**

جهتها دوما نحو الاسفل

$$P = m\,g \;/\; \rho_h = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho_h\, V$$

$$P = \rho_h V\, g \;/\; V = \frac{4}{3}\pi\, r^3$$

$$P = \frac{4}{3}\pi\, \rho_h\, r^3 g$$

m: كتلة قطرة الزيت، V: حجمها، $\rho_h$: كتلتها الحجمية، r: نصف قطرها.

✓ **قوة مقاومة الهواء "قوة ستوكس" $\overrightarrow{F_S}$**

جهتها عكس جهة الحركة

$$\mathbf{F_S = 6\,\pi\, r\, \eta\, v_0}$$

$\mathbf{v_0}$: السرعة الحدية (m/s).

$\eta$: معامل اللزوجة للهواء.

✓ **قوة دافعة ارخميدس $\overrightarrow{F_A}$**

$$F_A = \frac{4}{3}\,\pi\,\rho_{air}\, r^3\, g$$

جهتها دوما نحو الأعلى.

$\rho_{air}$: الكتلة الحجمية للهواء

5. في لحظات قصيرة تثبت سرعة القطرة حيث تبلغ قيمتها الحدية اذن:

بالاسقاط على اتجاه الحركة نجد:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \overrightarrow{F_S} + \overrightarrow{F_A} = \vec{0}$$

$$\Leftrightarrow P - F_S - F_A = 0 \Leftrightarrow P = F_S + F_A$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{3}\pi \rho_h r^3 g = 6\, r\, \pi\, \eta\, v_0 + \frac{4}{3}\pi \rho_{air} r^3 g$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{3} r^2 g (\rho_h - \rho_{air}) = 6\, \eta\, v_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

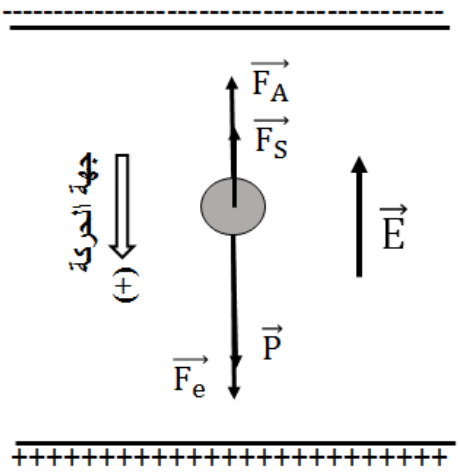
$$\Leftrightarrow r = \sqrt{\frac{9}{2}\frac{\eta\, v_0}{g(\rho_h - \rho_{air})}}$$

كتابة عبارة السرعة الحدية $\mathbf{v_0}$ :

من العلاقة (1) نجد: $v_0 = \frac{2}{9}\frac{r^2 g}{\eta}(\rho_h - \rho_{air})$ .....(2)

**2. دراسة حركة القطرة في وجود الحقل الكهربائي:**

عندما نطبق الحقل الكهربائي تتأثر قطرة الزيت بالإضافة الى القوى السابقة الى القوة الكهربائية Fe.




✓ نختار قطرة ذات شحنة سالبة؛ في هذه الحالة تكون القوى المؤثرة على القطرة متجهة كما يلي:

في احظات قصيرة تثبت سرعة القطرة وتبلغ قيمتها الحدية $(v_1)$.

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F_e} + \vec{F_A} + \vec{F_S} = \vec{0}$$

بالاسقاط على محور الحركة نجد:

$$P + F_e - F_A - F_S = 0 \Leftrightarrow \frac{4}{3}\pi \rho_h r^3 g + q\, E - 6\, r\, \pi\, \eta\, v_1 - \frac{4}{3}\pi \rho_{air} r^3 g = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_h - \rho_{air}) + q E = 6 r \pi \eta v_1$$

$$\Leftrightarrow v_1 = \frac{\frac{4}{3} r^3 g(\rho_h - \rho_{air})}{6 r \pi \eta} + \frac{q E}{6 r \pi \eta}$$

$$\Leftrightarrow v_1 = \underbrace{\frac{2}{9}\frac{r^2 g}{\eta}(\rho_h - \rho_{air})}_{v_0} + \frac{q E}{6 r \pi \eta} \quad .....(3)$$

بتعويض العلاقة (2) في العلاقة (3) نجد: $v_1 = v_0 + \frac{q E}{6 r \pi \eta}$ .....(4)

من العلاقة (4) نجد: $q = \frac{6 \pi r \eta}{E}(v_1 - v_0)$ .....(5)

بعد عدة تجارب وجد ميليكان ان الشحنة المحسوبة (q) تتغير بأضعاف قيمة الشحنة العنصرية (e) والتي هي شحنة الإلكترون أي:

$$q = n(1{,}6\ 10^{-19}) \qquad / \quad n = 1, 2, 3, 4, ...$$

فاستنتج ان شحنة الإلكترون هي: $q_e = 1{,}6\ 10^{-19}\ c$

وبعد تعويض شحنة الإلكترون في علاقة طومسون الأخيرة نجد:

$$\frac{|e|}{m_e} = 1{,}759\ 10^{11} \Leftrightarrow m_e = \frac{1{,}6\ 10^{-19}}{1{,}759\ 10^{11}}$$

$$\Leftrightarrow m_e = 9{,}1\ 10^{-31}\ Kg$$

### 2.II. مكوناة النواة:

### 1.2.II. تجربة غولدشتاين Goldstein :

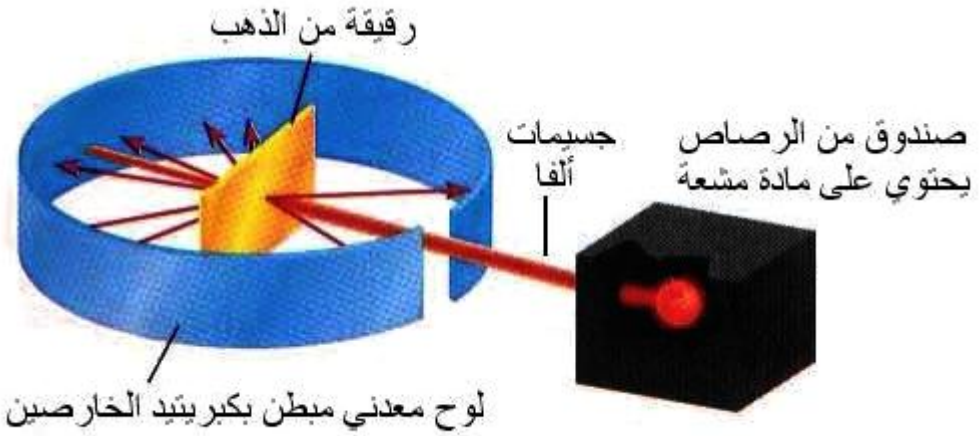
في سبعينات القرن الماضي قام غولدشتاين تحقيقاته الخاصة في أنابيب التفريغ، واطلق على انبعاثات ضوء أشعة مهبطية (أشعة الكاثود). وقد اكتشف فيها العديد من الخصائص الهامة التي ساهمت في التعرف على مااطلق عليه فيما بعد بالجسيمات دون ذرية أو الإلكترون. وقد وجد أن أشعة الكاثود تنبعث

عموديا من سطح المعدن وتحمل معها الطاقة. حاول قياس سرعتها خلال تأثير دوبلر لخطوط الطيف في توهج منبعث من أنابيب كروكس.

واكتشف في 1886 أن أنابيب الكاثود المثقبة تبعث بوهج في نهاية الكاثود. وخلص غولدشتاين أنه بالإضافة إلى أشعة الكاثود التي هي معروفة بالفعل فإنه أقر بعدها أن الإلكترونات تتحرك من الكاثود السلبي نحو الأنود الإيجابي، وهناك أشعة أخرى تتحرك في الاتجاه المعاكس. وبما أن تلك الأخيرة تمر من خلال الثقوب أو قنوات الكاثود فقد أطلق عليها غولدشتاين أشعة القناة (أشعة أنود). وهي تتألف من الأيونات الموجبة ويعتمد تعريفها حسب الغاز المتبقي داخل الأنبوب.

استنتج غولدشتاين انه توجد نواة موجبة الشحنة في الذرة.

### II.2.2. تجربة جيجر و مارسدن (1911) Geiger et Marsden :

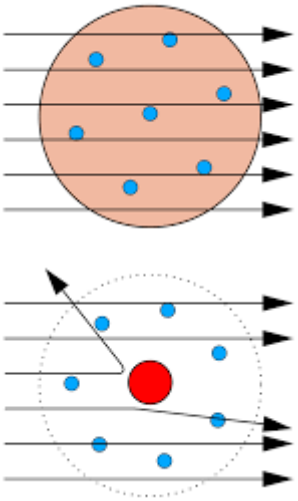



لقد درس كل من جيجر ومارسدن الاثار الناتجة عن تعريض ورقة رقيقة جدا من معدن الذهب سمكها $6.10^{-4}$mm لأشعة ألفا ($\alpha$) فوجد ان اغلب الجسيمات ألفا الموجبة تخترق ورقة الذهب دون إنحراف كما ان القليل منها ينحرف والقليل جدا ينعكس (يرتد) الى الخلف.

اختير الذهب في التجربة لان الذهب من أكثر العناصر قابلية للطرق ، فيمكن تقطيعة لشرائح رقيقة جدا، وهذا يفي بغرض التجربة لان المراد هو شريحة رقيقة كفاية لدراسة اختراق جسيمات ألفا من عدمها.

**استنتاج التجربة:** معظم حجم الذرة فراغ، وأنه يوجد بالذرة جزء ذو كثافة عالية ويشغل حيزاً صغيراً جداً وتتركز فيه كتلة الذرة، وأن نفاذ الأشعة يعني أن معظم حجم الذرة فراغ وانحراف الأشعة يعني أنها

اقتربت من جسم مشحون بشحنة مشابهة (موجبة) لذلك تنافرت معها، أي أن شحنة النواة موجبة. والمخطط اسفله يوضح تفسير التجربة.



### II.3.2. تجربة روذرفورد (1918) Rutherford

- **استخراج البروتون**:

عند قذف الآزوت الغازي بحزمة من الدقائق (α) المسرعة كثيرا، لوحظ أن نواة من كل 10000 نواة آزوت تتحول إلى نواة واحدة أكسيجين وتظهر زيادة على ذلك دقيقة أخف مشحونة ايجابا لا تختلف عن نواة الهيدروجين فسميت بالبروتون. إن شحنة البروتون موجبة وهي تساوي بالقيمة المطلقة شحنة الإلكترون، ($q_p = 1,6\ 10^{-19}c$) أما كتلته فهي اكبر من كتلة الإلكترون ب 1836 مرة، ($m_p = 1,6725\ 10^{-27}\ Kg$).

$$^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}P$$

### II.4.2. تجربة شادويك (1930) Chadwick

- **استخراج النترون:**

عند قذف نواة اللثيوم $^{6}_{3}Li$ او نواة الالمنيوم $^{27}_{13}Al$ بدقائق الفا (α) تتحول هذه الانوية الى انوية جديدة بالإضافة الى ظهور اشعاع ناتج عن جسيم متعادل الشحنة وذو قوة إختراق كبيرة يسمى النترون $\left(^{1}_{0}n\right)$ وكتلته قريبة من كتلة البروتون. ($m_n = 1,674\ 10^{-27}\ Kg = 1,008\ uma$).

قوة الاختراق ناتجة لعدم وجود فعل كهربائي متبادل بينه وبين الانوية.

$$^{4}_{2}He + {}^{6}_{3}Li \longrightarrow {}^{9}_{5}B + {}^{1}_{0}n$$

$$^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}Al \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$$

تعرف البروتونات والنترونات بالدقائق الثقيلة وتوجد في النواة اما باقي حجم الذرة فتشغله الالكترونات.

**III. نموذج راذرفورد الكوكبي للذرة:**

اكتشف رذرفورد من خلال تجاربه بأن الشحنة الموجبة للذرة تتركز في مركزها في نواة صغيرة مكثفة ومتراصة وعلى أساس ذلك وضع نموذجه الذري الذي عرف بالنموذج النووي. افترض رذرفورد عام 1911م النموذج النووي للذرة معتبراً أن الذرة تتكون من كتلة صغيرة جداً وكثيفة جداً ذات شحنة موجبة تسمى النواة وتحتل مركز الذرة وتحتوي نواة الذرة على جميع البروتونات ولذا فان كتلة الذرة هي تعبير عن مجموع كتل البروتونات في نواتها (حيث أن قيمة كتل الإلكترونات صغيرة جداً.... فهي قيم مهملة). كما أن شحنة النواة الموجبة ترجع إلى تمركز البروتونات الموجبة بها. وتتوزع الالكترونات في الذرة حول النواة بنفس الطريقة التي تتوزع بها الأجرام السماوية حول الشمس. وبما أن الذرة متعادلة لذا فعدد الالكترونات يساوي عدد البروتونات بالنواة.

**IV. وصف الذرة:**

يرمز للذرة بالرمز ${}^{A}_{Z}X$ وهي تتميز بالعددين الكتلي A والذري Z :

**Z: يسمى العدد الذري "الشحني"** ويمثل عدد البوتونات في النواة وهو لا يتاثر بالعوامل الطبيعية، لا يفقد ولا يكتسب وهو يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة كهربائيا.

**A: يسمى العدد الكتلي** ويمثل عدد النويات "البروتونات + النيوترونات".

**V. النظائر:**

النظائر هي عبارة عن عناصر لها نفس الخواص الكيميائية، نظائر العنصر الواحد هي عناصر لها نفس العدد الذري Z "نفس عدد البروتونات" وتختلف في العدد الكتلي A؛ ويكون الاختلاف في عدد النيترونات.

امثلة: نظائر الهيدروجين هي: ${}^{1}_{1}H\binom{1p}{0n}, {}^{2}_{1}H\binom{1p}{1n}, {}^{3}_{1}H\binom{1p}{2n}$

نظائر الاكسجين هي: ${}^{16}_{8}O\binom{8p}{8n}, {}^{17}_{8}O\binom{8p}{9n}, {}^{18}_{8}O\binom{8p}{10n}$

### 1.V. الكتلة المولية للعنصر النظير:

هي متوسط الكتل الذرية لنظائر العنصر الواحد، وتحسب بالعلاقة التالية:

$$M = \sum \frac{W_i \ M_i}{100}$$

$W_i$: النسبة المئوية للعنصر.

**مثال:** احسب الكتلة المولية المتوسطة لعنصر الحديد Fe.

| العنصر النظير | $^{54}_{26}Fe$ | $^{56}_{26}Fe$ | $^{57}_{26}Fe$ | $^{58}_{26}Fe$ |
|---|---|---|---|---|
| النسبة W% | 5,82 | 91,66 | 2,19 | 0,33 |

**الحل:**

$$M_{Fe} = \frac{5,82 \ . \ 54 + 91,66 \ . \ 56 + 2,19 \ . \ 57 + 0,33 \ . \ 58}{100}$$

$$M_{Fe} = 55,91 \text{ g/mol}$$

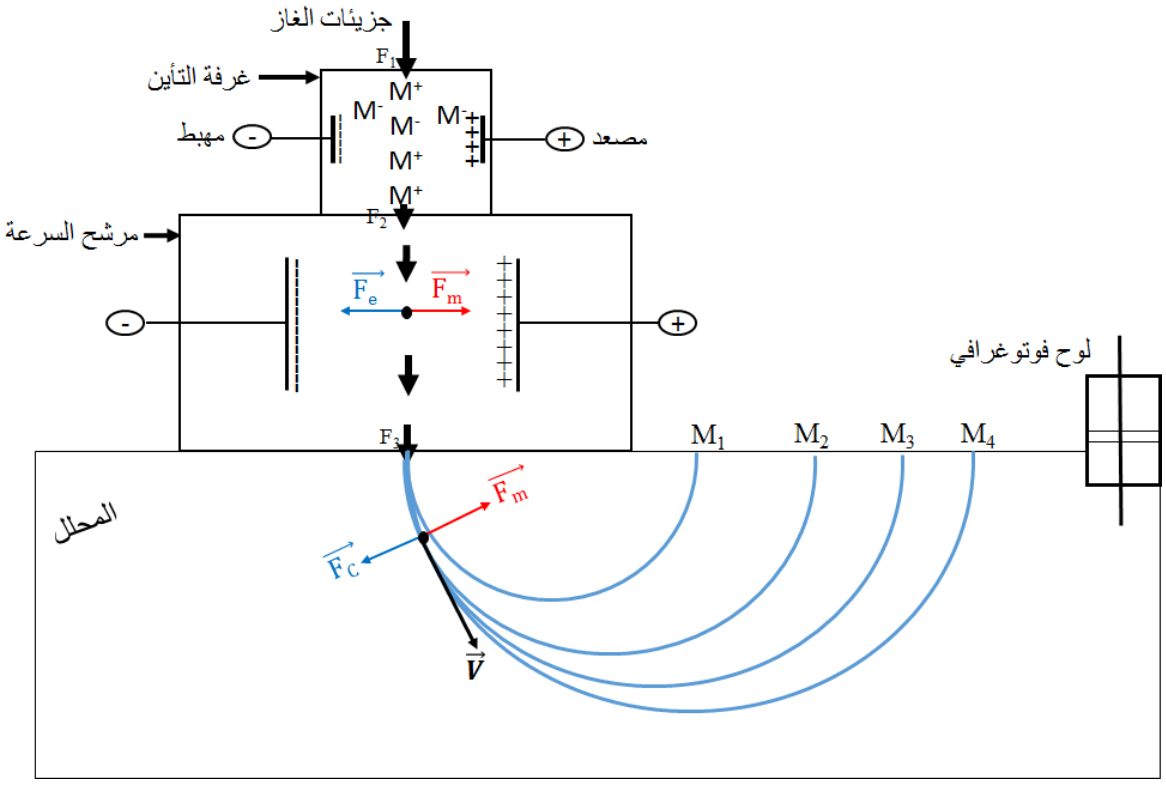
### 2.V. فصل النظائر:

النظائر لها خواص كيميائية متشابهة بسبب تساويها في عددها الذري "الشحني"، ولفصلها تستخدم أجهزة تسمى مطاييف الكتلة وهي تسمح بفصل الايونات الموجبة حسب كتلتها وشحنتها: ومنها مطياف بامبريدج Bainbridge.

- **مطياف بامبريدج Bainbridge:**

يتكون الجهاز من: غرفة التأين - مرشح السرعة – المحلل.

1. **غرفة التأين:** تصدر الالكترونات من المهبط (-) وتصطدم بجزيئات الغاز فتأينها الى شوارد موجبة ($M^+$) وشوارد سالبة ($M^-$).
   تحجز الايونات السالبة وتمر فقط الايونات الموجبة وتدخل الى مرشح السرعة بسرعات مختلفة.
2. **مرشح السرعة:** وفيه حقلان كهربائي $\vec{E}$ ومغناطيسي $\vec{B}$ متعامدان لتعديل خروج الايونات الى المحلل، وتكون سرعة واحدة لجميع الايونات ($M^+$).




الفتحات ($f_1$, $f_2$, $f_3$) تقع على استقامة واحدة. إذا لكي تمر الايونات على الفتحة ($f_3$) يجب ان لا تنحرف لا بتاثير الحقل الكهربائي ولا بتاثير الحقل المغناطيسي. ولذا يجب ان يكون:

$$F_e = F_m \Leftrightarrow q\,E = q\,v\,B$$

$$\Leftrightarrow v = \frac{E}{B} \quad \text{.....(1)}$$

3. **المحلل:** تدخل الايونات ذات الكتلة (m) والسرعة (v) الى المحلل فيطبق عليها مجال مغناطيسي جديد شديد ($B_0$) عمودي على إتجاه حركة الايونات ويؤثر عليها بقوة مغناطيسية جديدة ($F_{m1}$).

$$F_{m1} = q\,v\,B_0 \quad \text{.....(2)}$$

وهذا ما يجعل مسارها دائري نصف قطره (R).

اذا حتى تكون الحركة دائرية يجب ان تكون القوة المغناطيسية ($F_{m1}$) تساوي القوة الطاردة المركزية ($F_c$) حيث:

$$F_C = m\,a_n = m\,\frac{v^2}{R} \quad \text{.....(3)}$$

بتسوية القوتين ($F_{m1}$) و ($F_c$) نجد:

$$F_{m1} = F_C \Leftrightarrow q\, v\, B_0 = m\, \frac{v^2}{R} \Leftrightarrow q\, B_0\, R = m\, v$$

$$\Leftrightarrow \frac{m}{q} = \frac{R\, B_0}{v} \quad \text{.....(4)}$$

بتعويض علاقة السرعة من العلاقة (1) نجد:

$$\frac{m}{q} = \frac{R\, B\, B_0}{E} \quad \text{.....(5)}$$

نضع $R=D/2$ (D هو قطر المسار) نجد:

$$\frac{m}{q} = \frac{D\, B\, B_0}{2E} \quad \text{.....(6)}$$

نضع $m = M/N_A$ (M هي الكتلة المولية و $N_A$ عدد افوقدرو) نجد:

$$\frac{M}{q} = \frac{N_A\, D\, B\, B_0}{2E} \quad \text{.....(7)}$$

من العلاقة (7) نستنتج أن:

- بالنسبة للايونات التي تحمل نفس الشحنة (q=cst): القطر D يزداد بزيادة الكتلة المولية M.
- بالنسبة للايونات التي تحمل نفس الكتلة (M=cst): القطر D يزداد بنقصان الشحنة q.

## تمارين الفصل الثاني

**التمرين الأول.** (تجربة طومسون)

في ابوب مهبطي تصدر الالكترونات بدون سرعة ابتدائية في الفراغ. تسرع هذه الالكترونات بواسطة حقل كهربائي فتكتسب سرعة عند المصعد قيمتها $v_0 = 2 .10^7$ m/s.

1. احسب الطاقة الحركية التي تكتسبها الالكترونات عند المصعد.
2. ماهي قيمة الكمون المسرع $U_1$.
3. تعبر هذه الالكترونات مكثفة طولها $l = 10cm$ والبعد بين لبوسيها $d = 2cm$. يطبق بين لبوسي المكثفة فرق في الجهد $U_2 = 50V$، اوجد عبارة انحراف الالكترونات $y_0$ عند الخروج من المكثفة بدلالة: $U_2, d, l, v_0$ ثم احسب قيمته.
4. ماهي قيمة الحقل المغناطيسي (B) الواجب تطبيقه عموديا مع الحقل الكهربائي لإلغاء الانحراف $y_0$.

**يعطى:** $m_e = 9,1 .10^{-31}kg,\ e = 1,6 .10^{-19}C$

**التمرين الثاني.** (تجربة ميليكان Millikan).

باستخدام الجهاز المستعمل في تجربة ميليكان، نتابع سقوط قطرة زيت كروية الشكل في الهواء بسرعة حدية $v_1 = 3 .10^{-4}m/s$.

1. بإهمال دافعة ارخميدس، ادرس حركة القطرة واحسب نصف قطرها، وحجمها، وكتلتها.
2. في وجود حقل كهربائي $E_1= 3 .10^6$ v/m تصعد قطرة الزيت الى الأعلى باتجاه القطب الموجب للمكثفة بسرعة $v_2 = 15,097 .10^{-4}m/s$.

اكتب عبارة الشحنة الكهربائية ($q_1$) التي تحملها القطرة بدلالة $\eta, r, v_1, v_2, E_1$، واحسب قيمتها.

3. تتغير الشحنة الكهربائية للقطرة لتصبح ($q_2$) تمكن من تثبيتها بين لبوسي المكثفة وذلك تحت حقل كهربائي قدره $E_2 = 331554,6$ v/m، احسب قيمة هذه الشحنة ($q_2$).

**يعطى:** الكتلة الحجمية للزيت: $\rho_h = 900\ Kg/m^3$، معامل لزوجة الهواء $\eta_{air} =17,3.10^{-6}\ Kg/m.s$ تسارع الجاذبية: $g = 9,81m/s^2$.

**التمرين الثالث.** (تجربة بانبريدج Bainbridge).

1. يتكون البور الطبيعي ($_5B$) من النظيرين $^{11}B$ و $^{10}B$ بنسب على التوالي: x% و y%.
   a. اعط لكل نظير: العدد الذري، العدد الكتلي، عدد البروتونات، والنيترونات.
   b. احسب النسب المئوية لكل نظير (x, y)، علما ان الكتلة الذرية المتوسطة لعنصر البور هي: M = 10,811402 u.m.a.

**يعطى:** $M_1\left(^{10}_5B\right) = 10{,}01294$ u.m.a , $M_2\left(^{11}_5B\right) = 11{,}00931$ u.m.a

2. عند ادخال عينة من النظيرين السابقين في غرفة التاين لمطياف بانبريدج الكتلي تتشكل الشوارد: $^{11}B^{2+}$ و $^{10}B^{2+}$.
   a. كم يجب ان تكون سرعة هذه الايونات عند الخروج من مرشح السرعة اذا كانت المسافة بين نقطتي اصطدامهما على اللوح الفوتوغرافي هي d = 2 cm علما ان شدة الحقل المغناطيسي في المحلل هي $B_0 = 0{,}15$ tesla.
   b. اذا افترضنا انه يتشكل في غرفة التاين شوارد أخرى ($B^+$) ماهي عدد نقاط الاصطدام على الكاشف. مثل هذه النقاط بالترتيب على اللوح الفوتوغرافي.

## حلول تمارين الفصل الثاني

**حل التمرين الأول.** (تجربة طومسون).

1. حساب الطاقة الحركية التي تكتسبها الالكترونات عند المصعد:

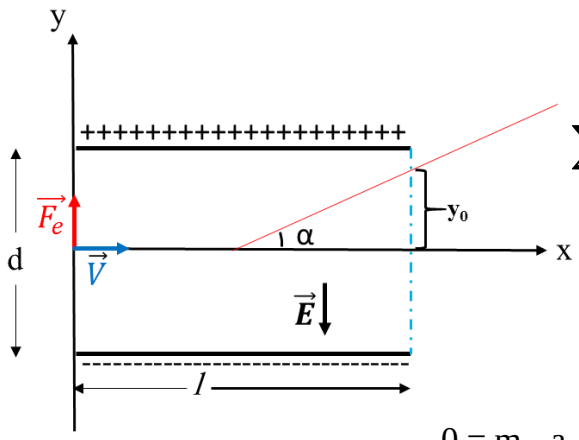
$$E_C = \frac{1}{2} m_e v_e^2 = \frac{1}{2} .9{,}1 .10^{-31}.\left(2 .10^{7}\right)^2 = 18{,}2 .10^{-17} J$$

2. حساب قيمة الكمون المسرع $U_1$:

$$E_C = e.U \Rightarrow U = \frac{E_C}{e} = \frac{18{,}2 .10^{-17}}{1{,}6 .10^{-19}} = 113{,}5 \text{ V}$$

3. اوجد عبارة انحراف الالكترونات $y_0$ عند الخروج من المكثفة بدلالة: $U_2$, d, l, $v_0$ وحساب قيمته:

دراسة الحركة:




$$\sum \vec{F} = m_e . \vec{a} \Leftrightarrow \vec{Fe} = m_e . \vec{a}$$

بالإسقاط على محاور الحركة:

- **على ox:**

$$0 = m_e . a_x \ / \begin{cases} m_e \neq 0 \\ a_x = 0 \end{cases} \Rightarrow$$ الحركة مستقيمة منتظمة

معادلتها من الشكل:

$$v = v_0 = Cst \Rightarrow \frac{dx}{dt} = v_0 \Leftrightarrow dx = v_0.dt \Leftrightarrow \int_0^x dx = v_0.\int_0^t dt$$

$$\Leftrightarrow x(t) = v_0\, t \text{ .....(1)}$$

- **على oy:**

$$Fe = m_e . a_y \Rightarrow a_y = \frac{Fe}{m_e} = \frac{e . E}{m_e} = Cst \Rightarrow$$ الحركة مستقيمة متغيرة بإنتظام

معادلتها من الشكل: $\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{e \cdot E}{m_e}$ بالتكامل مرتين نجد: $y = \frac{1}{2}\frac{e \cdot E}{m_e} t^2$ .....(2)

من المعادلة (1) نجد: $\left( t = \frac{x}{v_0} \right)$ بالتعويض في المعادلة (2) نجد: $y = \frac{1}{2}\frac{e \cdot E}{m_e} \cdot \frac{x^2}{v_0}$ .....(3)

عند خروج الالكترون من المكثفة فإن: $\begin{cases} x = l \\ y = y_0 \end{cases}$ بالتعويض في (3) نجد:

$$y_0 = \frac{1}{2}\frac{e \cdot E}{m_e} \cdot \frac{l^2}{v_0} \quad / \quad \left( E = \frac{U_2}{d} \right)$$

$$y_0 = \frac{1}{2}\frac{e \cdot U_2}{m_e . d} \cdot \frac{l^2}{v_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,6 .10^{-19} . 50 . (0,1)^2}{9,1 .10^{-31} . 2 .10^{-2} . (2 .10^7)^2} = 0,549.10^{-2} \text{ m} = 0,549 \text{ cm}$$

4. ايجاد قيمة الحقل المغناطيسي (B) الواجب تطبيقه عموديا مع الحقل الكهربائي لإلغاء الانحراف:

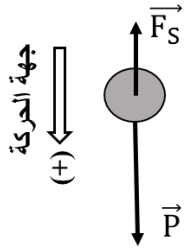
لكي لايكون انحراف يجب ان تكون القوة الكهربائية تساوي القوة المغناطيسية:

$$Fe = Fm \Rightarrow e \cdot E = e \cdot v_0 \cdot B$$

$$\Rightarrow B = \frac{E}{v_0} = \frac{U_2}{d \cdot v_0} = \frac{50}{2 .10^{-2} . 2 .10^7} = 12,5.10^{-5} \text{ Tesla}$$

**حل التمرين الثاني.** (تجربة ميليكان).

1. دراسة حركة القطرة وحساب نصف قطرها (r)، وحجمها (V) ، وكتلتها (m) :




$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F_s} = \vec{0}$$

بالاسقاط على الاتجاه الموجب (جهة الحركة) نجد:

- **نصف القطر:**

$$P - F_s = 0 \Leftrightarrow P = F_s \Leftrightarrow m \cdot g = 6 \pi r \eta v_1 \quad / \quad m = \rho_H . V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_H$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_H g = 6 \pi r \eta v_1 \text{ .....(*)}$$

$$\Leftrightarrow r^2 = \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta v_1}{\rho_H g} \Leftrightarrow r = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta v_1}{\rho_H g}} = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{17,3 .10^{-6} . 3 .10^{-4}}{900 . 9,81}} = 1,62.10^{-6} \text{ m}$$

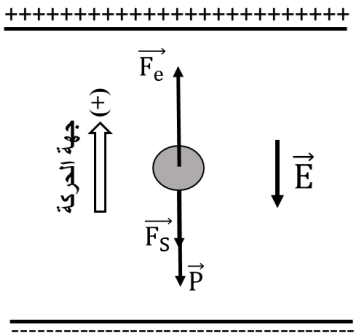
$$\Leftrightarrow r = 1,62.10^{-6} \text{ m}$$

- **الحجم:** $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}.\,3{,}14\,.\,\left(1{,}62\,.10^{-6}\right)^3 = 11\,.10^{-18}m^3$

- **الكتلة:** $\rho_H = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho_H.V = 900\,.\,11\,.10^{-18} = 9900.10^{-18} \cong 10^{-14}Kg$

2. في وجود حقل كهربائي $E_1 = 3\,.10^6$ v/m تصعد قطرة الزيت الى الأعلى باتجاه القطب الموجب للمكثفة بسرعة $v_2 = 15{,}097\,.10^{-4}m/s$

كتابة عبارة الشحنة الكهربائية $(q_1)$ التي تحملها القطرة بدلالة $\eta, r, v_1, v_2, E_1$، وحساب قيمتها:




- **دراسة الحركة:**

$$\sum\vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F_s} + \vec{F_e} = \vec{0}$$

بالاسقاط جهة الحركة نجد:

$$Fe - P - F_s = 0 \Leftrightarrow q_1E_1 - \frac{4}{3}\pi r^3\rho_H g - 6\pi r\,\eta\,v_2 = 0$$

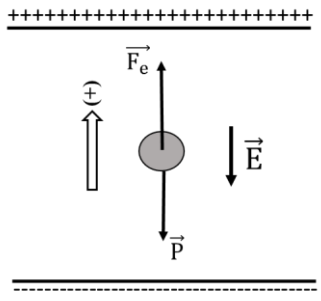
من العلاقة $(*)\left(\frac{4}{3}\pi r^3\rho_H g = 6\pi r\,\eta\,v_1\right)$

$$q_1 = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho_H g + 6\pi r\,\eta\,v_2}{E_1}$$

$$q_1 = \frac{6\pi r\,\eta\,v_1 + 6\pi r\,\eta\,v_2}{E_1} = \frac{6\pi r\,\eta\left(v_1 + v_2\right)}{E_1}$$

$$\Leftrightarrow q_1 = \frac{6\,.\,3{,}14\,.\,1{,}62\,.10^{-6}.17{,}3\,.10^{-6}\left(3 + 15{,}097\right)\,.10^{-4}}{3.10^6} = 3{,}18.10^{-19}\ C$$

3. حساب قيمة شحنة القطرة $(q_2)$:




$$\sum\vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{Fe} = \vec{0}$$

بالاسقاط نجد:

$$Fe - P = 0 \Leftrightarrow P = Fe$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{3}\pi r^3\rho_H\,g = q_2\,E_2 \Leftrightarrow q_2 = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho_H\,g}{E_2} = \frac{4\pi r^3\rho_H\,g}{3E_2}$$

$$\Leftrightarrow\ q_2 = \frac{4\ .\ 3{,}14.\left(1{,}62\ .10^{-6}\right)^3.900\ .\ 9{,}81}{3\ .\ 331554{,}6} =\ 4{,}75.10^{-19}\text{C}$$

**حل التمرين الثالث.** (تجربة بانبريدج Bainbridge).

1. يتكون البور الطبيعي ($_5$B) من النظيرين $^{11}$B و $^{10}$B

c. اعطاء لكل نظير: العدد الذري، العدد الكتلي، عدد البروتونات، والنيترونات.

$$^{A}_{Z}\text{X}:\begin{cases}\text{A: nombre massique}\\ \text{Z: nombre atomique}\end{cases}$$

A: هو العدد الكتلي ويمثل عدد البروتونات (Z) زائد عدد النيوترونات (N)

| العنصر النظير | العدد الكتلي A | العدد الذري Z | عدد البروتونات | عدد النيترونات |
|---|---|---|---|---|
| $^{10}_{5}$B | 10 | 5 | 5 | 5 |
| $^{11}_{5}$B | 11 | 5 | 5 | 6 |

d. حساب النسب المئوية لكل نظير (x, y):

$$\begin{cases} x.M_1 + y.M_2 = 100.M \\ x + y = 100\% \Rightarrow\ y = 100 - x \end{cases} \Leftrightarrow 10{,}01294.x + 11{,}00931.(100 - x) = 100\ .10{,}811402$$

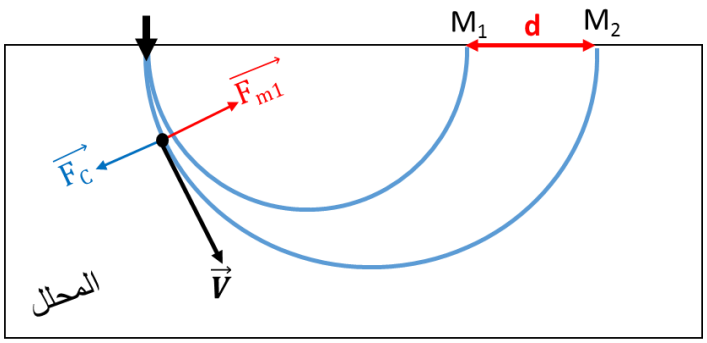
$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = 19{,}89\% \\ y = 80{,}11\% \end{cases}$$

2. حساب سرعة الايونات عند الخروج من مرشح السرعة ودخولها المحلل:

في المحلل الايونات تخضع لقوتين متساويتين في القيمة ومتعاكستين في الاتجاه هما:

$$\begin{cases} Fc = m\dfrac{v^2}{R} \\ Fm_1 = q\ v\ B_0 \end{cases}$$

Fc: القوة الطاردة المركزية، $Fm_1$: القوة المغناطيسية:




$$Fc = Fm_1 \Leftrightarrow m\frac{v^2}{R} = q\,v\,B_0 \Leftrightarrow R = \frac{m\,v}{q\,B_0} \quad / \quad R = \frac{D}{2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{D}{2} = \frac{m\,v}{q\,B_0} \Leftrightarrow D = \frac{2\,m\,v}{q\,B_0}$$

من اجل الايون $^{10}B^{2+}$:

$$D = D_1 = \frac{2\,m_1\,v}{q\,B_0}$$

من اجل الايون $^{11}B^{2+}$:

$$D = D_2 = \frac{2\,m_2\,v}{q\,B_0}$$

$$d = D_2 - D_1 \Rightarrow d = \frac{2\,m_2\,v}{q\,B_0} - \frac{2\,m_1\,v}{q\,B_0} = \frac{2\,v}{q\,B_0}(m_2 - m_1)$$

$$\Leftrightarrow v = \frac{d\,q\,B_0}{2(m_2 - m_1)} = \frac{2.\,10^{-2}\,2\,.1{,}6\,.10^{-19}.\,0{,}15}{2(11{,}00931 - 10{,}01294).\,1{,}66\,.10^{-27}} = 2{,}9.10^5 m/s$$

اذا تشكل في غرفة التاين شاردة أخرى $(B^+)$ فان عدد نقاط الاصطدام على الكاشف هي:4

$$^{10}_{5}B\begin{cases} ^{10}_{5}B^{+} \\ ^{10}_{5}B^{2+} \end{cases}, \quad ^{11}_{5}B\begin{cases} ^{11}_{5}B^{+} \\ ^{11}_{5}B^{2+} \end{cases}$$

تمثيل هذه النقاط بالترتيب على اللوح الفوتوغرافي: $D = \frac{2\,m\,v}{q\,B_0}$

في حالة الشحنة ثابتة $(q = Cst)$ فان القطر يزداد بزيادة الكتلة $(m)$.

في حالة الكتلة ثابتة $(m = Cst)$ فان القطر يتناقص بزيادة الشحنة $(q)$.

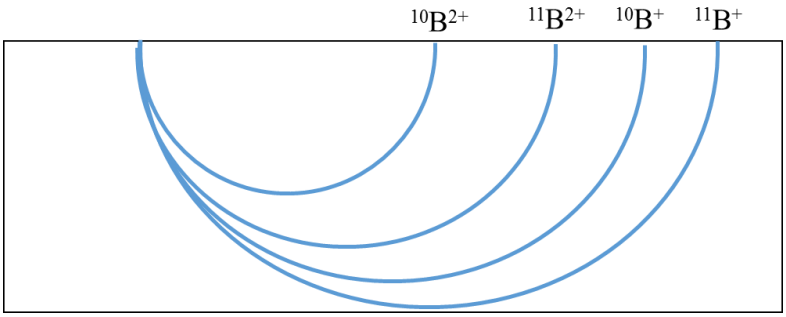
حسابيا:

$$D_{\left(^{10}_{5}B^{2+}\right)} = \frac{2\,m\,v}{q\,B_0} = \frac{2\,.\,10{,}01294\,.\,1{,}66\,.10^{-27}.1{,}9\,.10^{5}}{2\,.\,1{,}6\,.10^{-19}.\,0{,}15} = 13{,}1\ cm$$

$$D_{\left(^{11}_{5}B^{2+}\right)} = \frac{2\,m\,v}{q\,B_0} = \frac{2\,.\,11{,}00931\,.\,1{,}66\,.10^{-27}.1{,}9\,.10^{5}}{2\,.\,1{,}6\,.10^{-19}.\,0{,}15} = 14{,}4\ cm$$

$$D_{\left(^{10}_{5}B^{+}\right)} = 2D_{\left(^{10}_{5}B^{2+}\right)} = 26{,}2\ cm$$

$$D_{\left(^{11}_{5}B^{+}\right)} = 2D_{\left(^{11}_{5}B^{2+}\right)} = 28{,}8\ cm$$



# الفصل الثالث:

# النشاط الاشعاعي

## I. النقص في الكتلة النووية:

لقد وجد تجريبيا انه اثناء أي تفاعل نووي ينتج عنه ضياع في الكتلة قدره ($\Delta m$).

$$ {}^{A}_{Z}X + {}^{A'}_{Z'}Y \longrightarrow {}^{A+A'}_{Z+Z'}L + \Delta E_N $$

$$ \Delta m = \left| \sum m_{Produits} - \sum m_{Réactifs} \right| $$

ووجد أيضا انه عند بناء (تكوين) نواة من نوياتها (نيكليوناتها) أي من بروتوناتها ونيتروناتها ينتج عنه ضياع في الكتلة قدره ($\Delta m$).

$$ Z\ {}^{1}_{1}P + \left(A - Z\right) {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + \Delta E_N $$

$$ \Delta m = \left| Z m_p + \left(A - Z\right) m_n - m_{{}^{A}_{Z}X} \right| $$

**مثال:** أحسب النقص الكتلي لنواة الحديد $\left({}^{56}_{26}Fe\right)$ علما أن:

$$ \begin{cases} m_{\left({}^{1}_{1}p\right)} = 1{,}00728 \text{ uma} = 1{,}6720848.\ 10^{-27}\ \text{Kg} \\ m_{\left({}^{1}_{0}n\right)} = 1{,}00866 \text{ uma} = 1{,}6743756.\ 10^{-27}\text{Kg} \\ m_{\left({}^{56}_{26}Fe\right)} = 55{,}93493 \text{ uma} = 92{,}85198.\ 10^{-27}\text{Kg} \end{cases} $$

**الحل:**

$$ 26\ {}^{1}_{1}P + \underbrace{\left(56 - 26\right)}_{30} {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{56}_{26}Fe + \Delta E_N $$

$$ \Delta m = \left| 26 m_p + \underbrace{\left(56 - 26\right)}_{30} m_n - m_{{}^{56}_{26}Fe} \right| $$

$$ \Delta m = \left| 26\ .1{,}6720848 + 30\ .\ 1{,}6743756 - 92{,}85198 \right| .10^{-27} $$

$$ \Delta m = 0{,}58349\ 10^{-27}\text{kg} $$

**II. طاقة الربط (التماسك) النووية ($\Delta E_N = E_l$):**

هي الطاقة التي توفرها النواة لكي ترتبط نوياتها مشكلة نواة أو هي اللازمة لتفكيك النواة الى نويات (بروتونات + نيوترونات)؛ حيث يمكن حسابها من علاقة انشتاين: $\Delta E_N = \Delta m\, C^2$

C: سرعة الضوء في الفراغ $(C = 3 .10^8\ m/s)$، $\Delta m$: النقص الكتلي (Kg).

**III. طاقة الربط لكل نكليون (عامل الاستقرار):**

هي طاقة الربط للنواة مقسمة على عدد نوياتها وتعطى بالعلاقة: $\left(\frac{\Delta E_N}{A}\right)$ او $\left(\frac{E_l}{A}\right)$ووحدتها هي ميغاإلكترون فواط/نيكليون $(Mev/N)$

A: العدد الكتلي (عدد النويات).

وحدات الطاقة: الجول (J)، الاé فولط (ev)، ميقاالكترون فولط (Mev).

$$1(ev) = 1{,}6\ 10^{-19}(J) = 10^{-6}(Mev)$$

**مثال:** حساب طاقة كتلة قدرها: (m = 1uma)

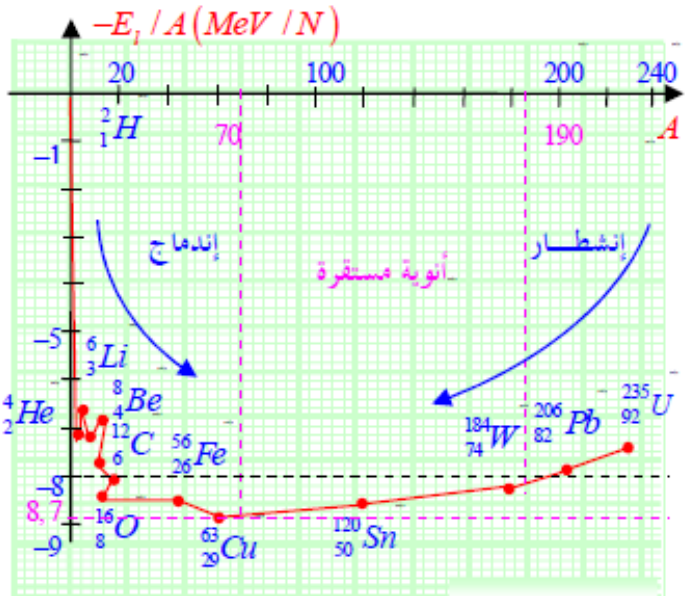
$$1\ uma = 1{,}66\ 10^{-27}\ Kg$$

$$E = \Delta m\, C^2 = 1{,}66 .10^{-27}.\ \left(3.10^8\right)^2 = 1{,}49 .10^{-10} J$$

$$E = \frac{1{,}49 .10^{-10}}{1{,}6 .10^{-19}} = 931{,}5 .10^6\ ev = 931{,}5\ Mev$$

### 1.III. منحنى استون Aston :

يمثل عكس طاقة الربط لكل نوية $-\left(\frac{E_l}{A}\right)$ بدلالة عدد النويات (A).




يمكن تقسيم منحنى استون الى ثلاثة مناطق:

- **المنطقة الأولى 20<A<190:**

تحتوي هذه المنطقة على اغلب الانوية المستقرة وتكون فيها $\left(\frac{E_l}{A}\right) > 8\ (Mev/N)$ حيث

تحتوي هذه المنطقة على منطقة الاكثر استقرار وهي محصورة في المجال 50<A<75 وتكون

فيها $\left(\frac{E_l}{A}\right) \simeq 8{,}7\ (Mev/N)$.

- **المنطقة الثانية A<20:**

تحتوي هذه المنطقة على انوية خفيفة اقل إستقرار حيث تحاول هذه الانوية ان تكون اكثر استقرار فتسعى للاندماج لتكوين نواة اثقل واكثر إستقرار.

- **المنطقة الثالثة A>190:**

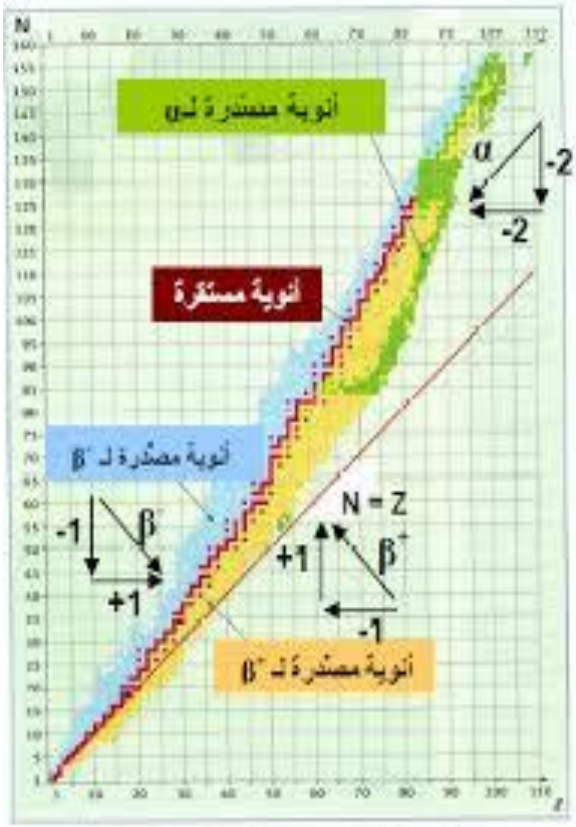
تحتوي على انوية ثقيلة اقل استقرار تكون فيها $\left(\frac{E_l}{A}\right) < 8\ (Mev/N)$، تحاول هذه الانوية ان تكون اكثر استقرار فتسعى للإنشطار لتكوين انوية اخف واكثر استقرار.

### 2.III. منحنى سيقري Segre N=f(Z):

هو مخطط يمثل عدد النترونات (N) بدلالة عدد البروتونات (Z) حيث يمكننا من معرفة الانوية المستقرة وغير المستقرة مع نوع الاشعاع الصادر من الانوية المشعة.

يمكن تقسيم منحنى سيقري الى اربعة مناطق:

- **المنطقة الاولى (الخط الاحمر):** يمثل مجموع الانوية المستقرة ويسمى كذلك وادي الاستقرار، حيث يكون منطبق المنحنى N=Z من اجل الانوية ذات $Z \leq 20$.
- **المنطقة الزرقاء:** وتكون فوق وادي الاستقرار، حيث تتميز الانوية التي تنتمي الى هذه المنطقة بفائض من النترونات فتسعى الى الاستقرار باصدار اشعاع $(\beta^-)$.
- **المنطقة الصفراء:** وتكون تحت وادي الاستقرار، حيث تتميز الانوية التي تنتمي الى هذه المنطقة بفائض من البروتونات فتسعى الى الاستقرار باصدار اشعاع $(\beta^+)$.
- **المنطقة الخضراء:** تنتمي اليها مجموعة الانوية الثقيلة حيث تسعى الى الاستقرار باصدار اشعاع $(\alpha)$.



## IV. النشاط الاشعاعي:

ان انوية بعض العناصر تكون غير مستقرة لان طاقة ربط النكليون في النواة غير كافية وبالتالي تتفكك (تتهافت) تلقائيا معطية عناصر جديدة واشعاعات ولذا سمي بالنشاط الاشعاعي.

### 1.IV. أنواع (أنماط) الاشعاعات:

#### 1.1.IV. الاشعاع α:

على الرغم من تسميتها أشعة إلا أنها عبارة عن نواة ذرة الهليوم $^{4}_{2}\mathrm{He}$ وتتكون من بروتونين ونيوترونين. وهي تمتاز بطاقة عالية وسرعة ضعيفة وهي قليلة النفاذ في المواد.

مثال: $$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

#### 2.1.IV. الاشعاع β:

وهي جسيمات لها قوة اختراق كبيرة وتكون على نوعين:

1. **الاشعاع** $\beta^-$: ويسمى النيقاتون $\left(e^0_{-1}\right)$ يؤدي هذا النشاط الى انبعاث الكترون من النواة (يتحول النيترون الى الكترون وبروتون).

**مثال :** $$^{214}_{82}\mathrm{Pb} \longrightarrow {}^{214}_{83}\mathrm{Bi} + e^0_{-1}$$

2. **الاشعاع** $\beta^+$: ويسمى البوزيتون $\left(e^0_{+1}\right)$ يؤدي هذا النشاط الى انبعاث الكترون موجب او يسمى مضاد الالكترون من النواة (يتحول البروتون الى نيترون وبوزيتون).

**مثال:** $$^{22}_{11}\mathrm{Na} \longrightarrow {}^{22}_{10}\mathrm{Ne} + e^0_{+1}$$

#### 3.1.IV. الاشعاع γ:

عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية عالية السرعة لها نفس طبيعة الأشعة الضوئية تتميز بقدرة كبيرة على اختراق المادة. عند انبعاث الأشعة (γ) تنتقل النواة من حالة مثارة (طاقة زائدة) إلى حالة اقل طاقة اكثر استقرار.

**مثال:**

$$^{60}_{27}\mathrm{Co} \longrightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni}^{*} + e^0_{-1}$$

$$^{60}_{28}\mathrm{Ni}^{*} \longrightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + \gamma$$

### 2.IV. قانون التناقص الإشعاعي (التهافت الإشعاعي):

بينت الدراسات الأولية لظاهرة النشاط الإشعاعي أنها ذات طبيعة إحصائية إذ تتعلق سرعة التفكك فقط بنوع العنصر المشع وتكون مستقلة عن العوامل الخارجية وتكون في تناسب طردي مع عدد الأنوية المشعة الموجودة في اللحظة الزمنية t.

ويعطى النشاط الاشعاعي بالعلاقة: $$A = \lambda N = -\frac{dN}{dt}$$

A: نشاطية عينة مشعة او هو عدد التفككات التي تنتج في الثانية.

λ: ثابت التفكك الاشعاعي يميز كل عنصر مشع.

$$\lambda N = -\frac{dN}{dt} \Leftrightarrow -\frac{dN}{N} = \lambda\, dt$$

نتكامل الطرفين نجد: $$-\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = \lambda \int_{0}^{t} dt \;\Leftrightarrow\; -\left[LnN\right]_{N_0}^{N} = \lambda\left[t\right]_0^t$$

$$\Leftrightarrow\; LnN - LnN_0 = -\lambda t \;\Leftrightarrow\; Ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

وهو قانون التناقص الاشعاعي $$\Leftrightarrow\; N(t) = N_0\, e^{-\lambda t} \quad \text{.....(1)}$$

N(t): عدد الانوية المشعة عند اللحظة (t).

$N_0$: عدد الانوية المشعة الابتدائية عند اللحظة t=0.

يمكن التعبير عن قانون التناقص الاشعاعي بدلالة الكتلة (m) وكذلك بدلالة كمية المادة (n) كما يلي:

$$\left.\begin{array}{l} 1mol \longrightarrow M \longrightarrow N_A \\ n\ mol \longrightarrow m \longrightarrow N \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{cases} N = \dfrac{m}{M} N_A \\ N_0 = \dfrac{m_0}{M} N_A \end{cases}$$

بتعويض N، $N_0$ في العلاقة (1) نجد:

$$\frac{m}{M} N_A = \frac{m_0}{M} N_A e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{m}{M} = \frac{m_0}{M} e^{-\lambda t}$$

$$\Leftrightarrow n(t) = n_0 e^{-\lambda t} \quad .....(2)$$

$$\frac{m}{M} = \frac{m_0}{M} e^{-\lambda t} \Leftrightarrow m(t) = m_0 \ e^{-\lambda t} .....(3)$$

m(t): كتلة العينة (الانوية) المشعة عند اللحظة (t).

$m_0$: كتلة العينة (الانوية) المشعة عند اللحظة 0.

### 3.IV. النشاط الاشعاعي A (الفعالية المطلقة):

عمليا يصعب معرفة عدد الأنوية الأصلية في المادة المشعة أو المتبقية بعد زمن t، لهذا نقيس عدد الأنوية التي تفككت خلال مدة زمنية معينة وذلك بحساب عدد الاصطدامات التي يسجلها كاشف جيجر Geiger لأن كل صدمة توافق دقيقة تخرج من نواة إذن بالتعريف الفعالية A هي عدد التفككات التي تنتج خلال وحدة الزمن.

$$A = \lambda N = -\frac{dN}{dt}$$

بتعويض علاقة N من العلاقة (1) نجد:

$$A = -\frac{d\left(N_0 \ e^{-\lambda t}\right)}{dt} = \underbrace{\lambda N_0}_{A_0} \ e^{-\lambda t} \Leftrightarrow A(t) = A_0 \ e^{-\lambda t} .....(4)$$

A(t): نشاطية عينة مشعة عند اللحظة (t).

$A_0$: النشاطية الابتدائية.

وحدات النشاط الاشعاعي هي:

**dps**: تفكك في الثانية (désintégration par seconde) او بيكريل (Bq).

**dpm** : تفكك في الدقيقة (désintégration par minute).

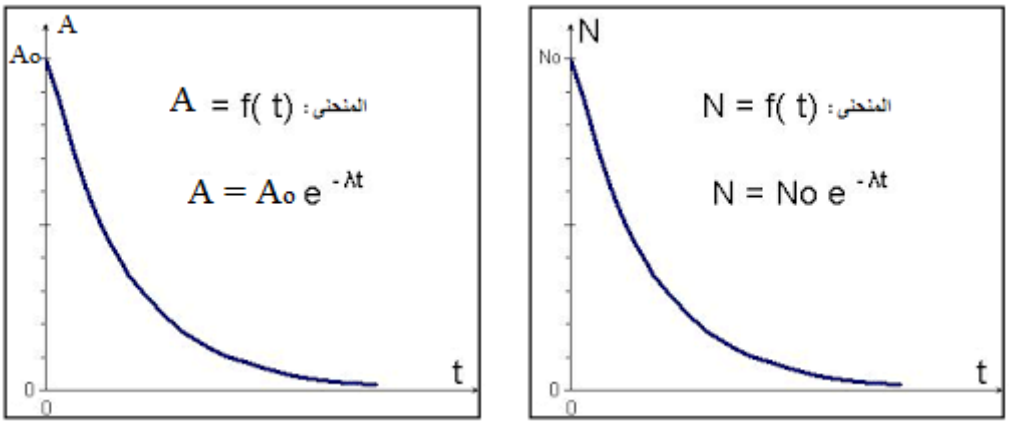
**dph**: تفكك في الساعة (désintégration par heur).

**dpa**: تفكك في السنة (désintégration par an).

Ci: الكيري (curie) حيث $1Ci = 3,7 \cdot 10^{10}$ dps

### 4.IV. منحنى التناقص الإشعاعي:

يمثل المنحنيين المقابلين تغيرات كل من عدد الانوية المشعة ونشاط العينة المشعة بدلالة الزمن.




### 5.IV. الدور الإشعاعي T (زمن نصف العمر $t_{1/2}$):

هو الزمن اللازم لتهافت (تفكك) نصف عدد الانوية المشعة الابتدائية.

تختلف انصاف اعمار العناصر المشعة باختلاف ثابت التفكك الاشعاعي $\lambda$.

يمكن كتابة عبارة نصف العمر بدلالة ثابت التفكك كما يلي:

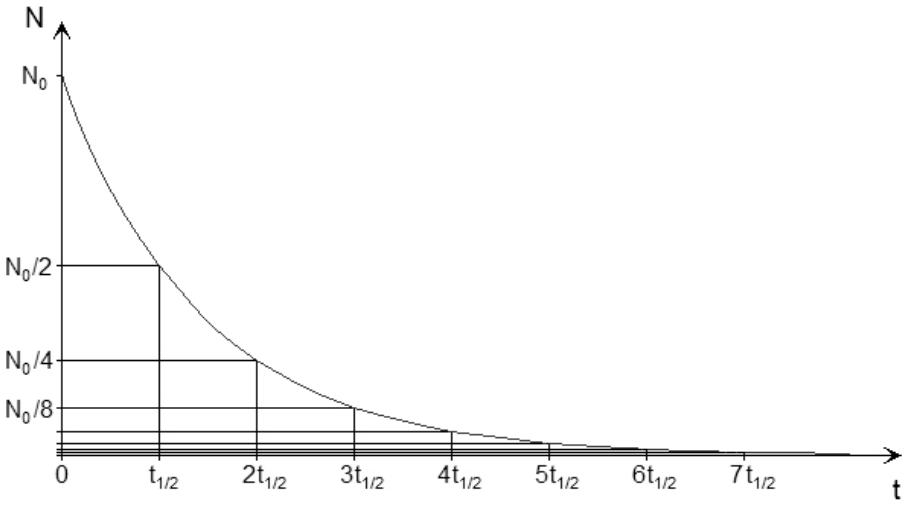
$$t = T = t_{1/2} \Rightarrow N(T) = \frac{N_0}{2}$$

بالتعويض في العلاقة (1) نجد:

$$\frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda T} \Leftrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$\Leftrightarrow \mathrm{Ln}\frac{1}{2} = -\lambda T \Leftrightarrow T = t_{1/2} = \frac{\mathrm{Ln}2}{\lambda}$$

كما يمكن إيجاد قيمة الدور الاشعاعي من منحنى التناقص الاشعاعي:




## V. الإشعاعية الاصطناعية و التفاعلات الاشعاعية:

هو نشاط إشعاعي يتم عن طريق تعريض المادة المستقرة للإشعاع لتصبح غير مستقرة وبالتالي مشعة. معظم النشاط الإشعاعي لا ينتج مواد مشعة أخرى. تم اكتشاف هذا النشاط الإشعاعي بواسطة إيرين جوليو-كوري وفردريك جوليو-كوري عام 1934. وهو نشاط إشعاعي صناعي (من صنع الإنسان). وأظهر إيرين وفردريك أنه عند قذف العناصر الأخف مثل الألومنيوم والبورون بجسيمات α، فإنه يستمر انبعاث الإشعاعات، حتى بعد إزالة مصدر α.

مثال:

تقذف ذرات الازوت 14 بدقائق α فتولد ذرات الأكسجين 17 مع البروتون حسب التفاعل الآتي:

$$^{17}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{p}$$

اما الكتابة المختصرة الهذا التفاعل هي: $^{14}_{7}\mathrm{N}(\alpha,\mathrm{p})^{17}_{8}\mathrm{O}$ .

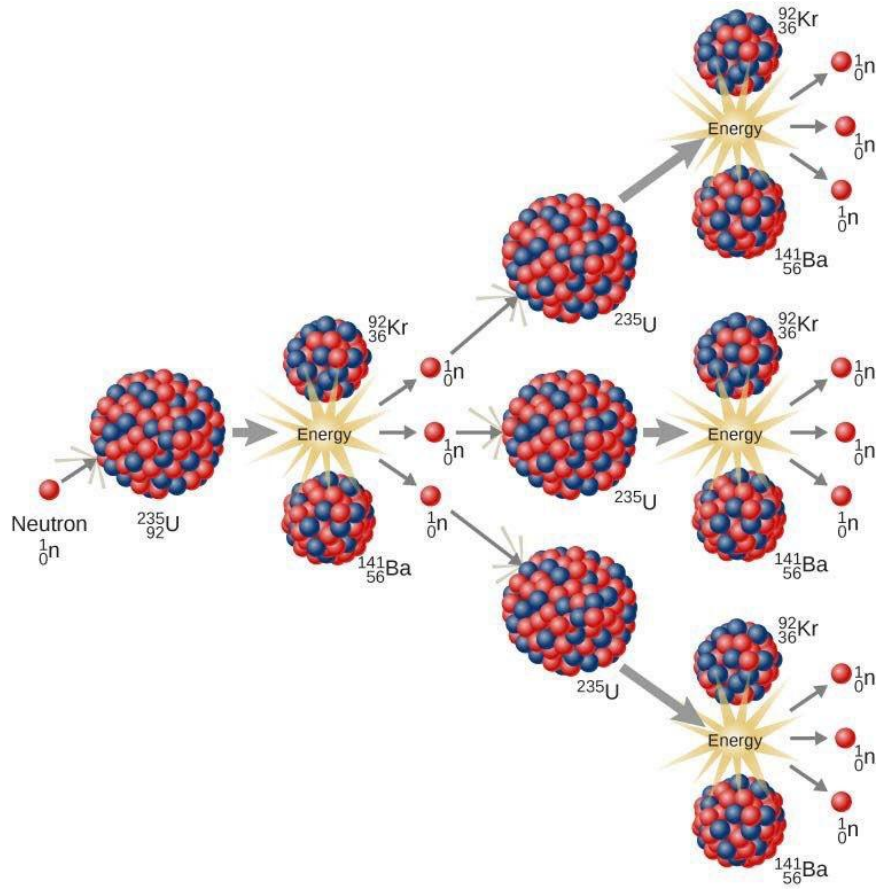
### 1.V. تفاعل الانشطار النووي:

هو تفاعل نووي يتم خلاله قذف (تصادم) نواة ثقيلة بنيترون فتنقسم الى نواتان خفيفتان ونيوترونات. او هو عملية إنقسام نواة ذرة ثقيلة إلى قسمين أو أكثر، وبهذه العملية يتحول عنصر معين إلى عنصر أخر وينتج عن عملية الانشطار نيوترونات وفوتونات عالية الطاقة (بالاخص أشعة غاما γ) وجسيمات نووية مثل جسيمات ألفا (α) وأشعة بيتا (β) . يؤدي انشطار العناصر الثقيلة إلى تولد كميات ضخمة من الطاقة الحرارية والإشعاعية.

**مثال:**

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{142}_{56}Ba + {}^{91}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n + \Delta E_{lib}$$

النيترونات الناتجة من تفاعل الانشطار يمكنها ان تصطدم بانوية أخرى محدثة لها انشطار كذلك وتنتج نيترونات أخرى التي تصطدم بدورها بأنوية أخرى وينتج عنه عددا أكبر من النيترونات تشترك في التفاعل وهكذا سمي الانشطار النووي التسلسلي (انظر الشكل).

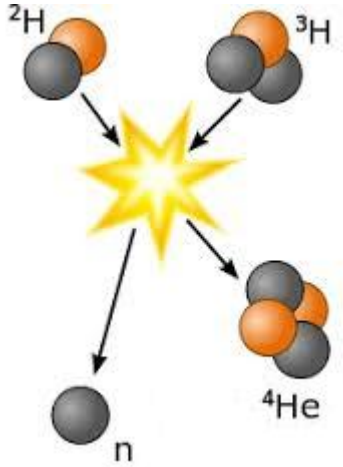



## 2.V. تفاعل الاندماج (الالتحام) النووي:

الاندماج النووي عملية تتجمع فيها نواتان ذريتان لتكوين نواة واحدة أثقل. ويلعب اندماج الأنوية الخفيفة مثل البروتون وهو نواة ذرة الهيدروجين والديوترون نواة الهيدروجين الثقيل والتريتيون وهو نواة التريتيوم دوراً هائلاً في العالم وفي الكون، حيث ينطلق خلال هذا الاندماج كمية هائلة من الطاقة تظهر على شكل حرارة وإشعاع كما يحدث في الشمس، فتمدنا بالحرارة والنور والحياة. فبدون هذا التفاعل ما

وُجدت الشمس وما وُجدت النجوم، ولا حياة من دون تلك الطاقة المسماة طاقة الاندماج النووي. وتنتج تلك الطاقة الهائلة عن فقد في وزن النواة الناتجة عن الاندماج النووي، وهذا الفقد في الكتلة يتحول إلى طاقة طبقاً لمعادلة ألبرت أينشتاين التي تربط العلاقة بين الكتلة والطاقة.

**امثلة:**




$$^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{2}_{1}H + e^{0}_{+1} + \Delta E_{lib}$$

$$^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{1}H + e^{0}_{+1} + \Delta E_{lib}$$

$$^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + \Delta E_{lib}$$

**تطبيق:**

احسب الطاقة الناتجة عن تفاعل الاندماج التالي:

$$^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}H + {}^{1}_{0}n + \Delta E_{lib}$$

/

$m_{^{3}_{1}H}$ = 3,01604 uma
$m_{^{2}_{1}H}$ = 2,0141 uma
$m_{^{4}_{2}He}$ = 4,0026 uma
$m_{^{1}_{0}n}$ = 1,00866 uma

**الحل:**

$$\Delta E_{lib} = \Delta m\,(Kg) \,.\, C^2 = \Delta m\,(uma) \,.931{,}5\,(Mev)$$

$$\Delta m = \left|\sum m_{Produits} - \sum m_{Réactifs}\right| = \left|m_{^{4}_{2}He} + m_{^{1}_{0}n} - \left(m_{^{3}_{1}H} + m_{^{2}_{1}H}\right)\right| = 0{,}0188 \text{ uma}$$

$$\Delta E_{lib} = 0{,}0188 \,.\, 931{,}5 = 17{,}5122 \text{ Mev}$$

## VI. تطبيقات (استعمالات) الإشعاعية:

للإشعاعية الطبيعية والاصطناعية عدة تطبيقات جد مهمة منها:

1. تستغل الطاقة التي يحررها إنشطار الأنوية داخل مفاعل نووي للحصول على الطاقة الكهربائية.
2. بعد معرفة الإنسان للإشعاعية والطاقة الهائلة المخزنة في النواة تمكن من صناعة السلاح النووي.
3. تستخدم الإشعاعية الطبيعية في تحديد عمر بعض المستحثات والصخور والمياه الجوفية و القطع الاثرية التي تعود إلى العصور القديمة سواء بالاعتماد على $^{14}C$ أو $^{236}U$ اوعناصر مشعة أخرى.
4. كما يستخدم في الطب $^{226}Ra$ لإتلاف الخلايا المصابة بداء السرطان.
5. تستخدم بعض الإشعاعات الصادرة عن أنوية مشعة في تعقيم الأدوات الطبية أو المواد الغذائية لحفظها أو معالجة أمراض.

كما لا يخلو النشاط الاشعاعي من المخاطر ومنها:

1. إن تعرض الإنسان للإشعاع النووي قد يسبب لو الإصابة بمختلف أنواع الأمراض السرطانية، ويعتمد ذلك على مقدار الجرعة الإشعاعية والمنطقة التي تتعرض للإشعاع.
2. هناك من الأدلة ما يشير إلى إن تعرض الأعضاء التناسلية إلى جرعات معينة من الإشعاع يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعقم.
3. يحدث تلف في خلايا المخ وخلايا النخاع الشوكي وخلايا الجهاز الهضمي والتنفسي، مما يؤدي إلى الإصابة بسرطانات خطيرة ،من بينها :سرطان الدم، وسرطان الرئة ،وسرطان الغدة الدرقية، وسرطان العظام، والإصابة بعتمة عدسة العين، واورام خبيثة أخرى.
4. تلوث المسطحات المائية والمياه الجوفية و التربة والطبيعة.

## تمارين الفصل الثاني

### التمرين الأول.

1. يعبر الجدول التالي عن معطيات بعض انوية الذرات:

| الانوية | $^{2}_{1}H$ | $^{3}_{1}H$ | $^{4}_{2}He$ | $^{14}_{6}C$ | $^{14}_{7}N$ | $^{94}_{38}Sr$ | $^{140}_{54}Xe$ | $^{235}_{92}U$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الكتلة (u.m.a) | 2,0136 | 3,0155 | 4,0015 | 14,0065 | 14,0031 | 93,8945 | 139,8920 | 234,9935 |
| طاقة الربط $E_N$ (Mev) | 2,23 | 8,57 | .... | 99,54 | 101,44 | 810,5 | 1164,75 | .... |
| $\frac{E_N}{A}$ (Mev) | 1,11 | ... | 7,1 | ... | 7,25 | 8,62 | ... | ... |

a. اكتب عبارة طاقة ربط النواة (X) بدلالة: كتلة النواة $m_x$ ، وكتلة النيترون $m_n$، وكتلة البروتون $m_p$، والعدد الكتلي A، والعدد الذري Z، وسرعة الضوء في الفراغ C.

b. اكمل فراغات الجدول السابق.

c. ماهي النواة من بين الانوية المذكورة في الجدول الأكثر استقرار.

2. لتكن التحولات النووية لبعض العناصر من الجدول السابق.

- يتحول $^{14}_{6}C$ الى $^{14}_{7}N$.
- ينتج $^{4}_{2}He$ ونيوترون من نظيري الهيدروجين.
- قذف $^{235}_{92}U$ بنيوترون يعطي $^{140}_{54}Xe$ و $^{94}_{38}Sr$ ونيوترونين.

a. عبر عن كل تحول نووي بمعادلة نووية كاملة وموزونة.

b. صنف التحولات السابقة الى: انشطارية، اشعاعية (تفككية)، اندماجية.

c. احسب الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار وتفاعل الاندماج بوحدة Mev.

d. احسب كمية الطاقة الناتجة عن انشطار 1Kg من العنصر المنشطر.

e. احسب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة، حيث ان 1Kg من البترول ينتج $42 .10^6 J$ من الطاقة.

**يعطى:** $m_n = 1,0087$ u.m.a, $m_p = 1,0073$ u.m.a, $C = 3 .10^8 m/s$

**التمرين الثاني.**

إليك مستخرج من الجدول الدوري لبعض العناصر الكيميائية:

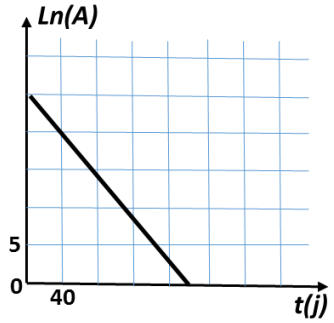
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $_{25}Mn$ | $_{84}Po$ | $_{23}V$ | $_{22}Ti$ | $_{82}Pb$ | $_{20}Ca$ |

تتفكك نواة البزموث $\left({}^{210}_{83}Bi\right)$ بنشاط اشعاعي $(\beta^-)$.

1. اكتب المعادلة المعبرة عن التحول النووي الحادث وبين كيف نتج الالكترون المرافق للاشعاع.
2. نعتبر عينة من البزموث 210 عدد انويتها عند اللحظة t هي N(t).

عبر عن عدد الانوية المتفككة $N_d(t)$ بدلالة: الزمن t، عدد الانوية الابتدائية $N_0$، ثابت التفكك الاشعاعي $\lambda$.

3. بواسطة برنامج خاص تم رسم المنحنى $LnA = f(t)$ حيث A هو النشاط الاشعاعي للعينة في اللحظة t.




a. عرف النشاط الاشعاعي واكتب وحدته في النظام الدولي للوحدات (SI).

b. عبر عن LnA بدلالة $\lambda$ و $A_0$ النشاط الاشعاعي الابتدائي، t.

c. استنتج من المنحنى: قيمة ثابت النشاط الاشعاعي $\lambda$ للبزموث 210، وقيمة $A_0$.

d. احسب عدد الانوية الابتدائية $N_0$.

e. احسب الزمن الازم حتى يبقى 100/1 من عدد الانوية الابتدائية.

**التمرين الثالث.**

من بين نظائر عنصر الكلور الطبيعية نظيران مستقران هم: $^{35}Cl$ و $^{37}Cl$ ونظير اخر مشع هو $^{36}Cl$.

يتفكك الكلور 36 الى الارغون 36. نصف عمر $^{36}Cl$ يقدر بـ $3.10^5$ ans. 301.

**1.** ماذا تمثل القيمتان 35 و37 لنظيري الكلور المستقرين؟ اكتب رمز نواة الكلور 36.

**2.** احسب طاقة الربط لنواة الكلور 36 بـ Mev.

**3.** اكتب معادلة التفكك النووي للكلور 36.

**4.** في المياه السطحية يتجدد الكلور 36 باستمرار مما يجعل نسبته ثابتة، والعكس بالنسبة للمياه الجوفية، حيث ان الذي يتفكك لايتجدد. هذا مايجعله مناسبا لتأريخ المياه الجوفية القديمة.

وجد في عينة من مياه جوفية ان عدد انوية الكلور 36 تساوي 38% من عددها الموجودة في الماء السطحي.

احسب عمر المياه الجوفية.

**يعطى:** $C = 3 .10^{8}$ m/s, $1Mev = 1,6 .10^{-13}$ J, $m_p=1,67262 .10^{-27}Kg$, $m_n=1,67492.10^{-27}Kg$, $m_{(^{36}Cl)} = 59,71128 .10^{-27}Kg$, العدد الشحني للكلور 36 هو 17، وللارغون هو 18.

## حلول تمارين الفصل الثالث

**حل التمرين الأول.**

1. معطيات الجدول:

a. عبارة طاقة ربط النواة (X) بدلالة: كتلة النواة $m_x$ ، وكتلة النيترون $m_n$، وكتلة البروتون $m_p$، والعدد الكتلي A، والعدد الذري Z، وسرعة الضوء في الفراغ C.

$$\Delta E_N = E_l = \Delta m \,.\, C^2 = \underbrace{\left| Zm_p + (A - Z)m_n - m_X \right|}_{(Kg)} .C^2 \ (J)$$

b. تكملة الجدول: يمكن كتابة طاقة الربط كما يلي:

$$\Delta E_N = E_l = \Delta m \,.\, 931{,}5 = \underbrace{\left| Zm_p + (A - Z)m_n - m_X \right|}_{(u.m.a)} .931{,}5 \ (Mev)$$

بتعويض القيم المعطاة في التمرين بالنسبة لنواتي الهيليوم $^4_2He$ و اليورانيوم $^{235}_{92}U$ نجد:

- $^4_2He$ :

$$\Delta E_N = E_l = (2\,.1{,}0073 + 2\,.1{,}0087 - 4{,}0015).\ 931{,}5 = \ 28{,}41 \text{ Mev}$$

- $^{235}_{92}U$ :

$$\Delta E_N = E_l = (92\,.1{,}0073 + 143\,.1{,}0087 - 234{,}9935).\ 931{,}5 = \ 1790{,}529 \text{ Mev}$$

| الانوية | $^2_1H$ | $^3_1H$ | $^4_2He$ | $^{14}_6C$ | $^{14}_7N$ | $^{94}_{38}Sr$ | $^{140}_{54}Xe$ | $^{235}_{92}U$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الكتلة (u.m.a) | 2,0136 | 3,0155 | 4,0015 | 14,0065 | 14,0031 | 93,8945 | 139,8920 | 234,9935 |
| طاقة الربط $E_N$ (Mev) | 2,23 | 8,57 | **28,41** | 99,54 | 101,44 | 810,5 | 1164,75 | **1790,529** |
| $\frac{E_N}{A}$ (Mev) | 1,11 | **2,85** | 7,1 | **7,11** | 7,25 | 8,62 | **8,319** | **7,619** |

c. تعيين النواة الأكثر استقرار من بين الانوية المذكورة في الجدول:

كلما زادت قيمة $\frac{E_N}{A}$ زاد الاستقرار اذا: نواة $^{94}_{38}Sr$ هي الأكثر اسقرار.

2. لتكن التحولات النووية لبعض العناصر من الجدول السابق.

a. التعبير عن كل تحول نووي بمعادلة نووية كاملة وموزونة.

- يتحول $^{14}_{6}C$ الى $^{14}_{7}N$.

b. تصنيف التحولات:

تحول اشعاعي (تفكك) $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^{-}$

- ينتج $^{4}_{2}He$ ونيوترون من نظيري الهيدروجين.

اندماج نووي $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

- قذف $^{235}_{92}U$ بنيوترون يعطي $^{140}_{54}Xe$ و $^{94}_{38}Sr$ ونيوترونين.

انشطار نووي $^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

c. حساب الطاقة المحررة:

- **تفاعل الانشطار:** $^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

$$\Delta E_{lib} = \Delta m(Kg) \,.\, C^2 = \Delta m(u.m.a) \,.\, 931,5$$

$$\Delta E_{lib} = \left(\left|\sum m_{produits} - \sum m_{réactifs}\right|\right).931,5$$

$$\Delta E_{lib} = \left(\left|m_{\left(^{94}_{38}Sr\right)} + m_{\left(^{140}_{54}Xe\right)} + 2.m_{\left(^{1}_{0}n\right)} - m_{\left(^{235}_{92}U\right)} - m_{\left(^{1}_{0}n\right)}\right|\right).931,5$$

$$\Delta E_{lib} = \left(\left|93,8945 + 139,8920 + 1,0087 - 234,9935\right|\right).931,5 = 184,716 \text{ Mev}$$

- **تفاعل الاندماج:** $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

$$\Delta E_{lib} = \left(\left|\sum m_{produits} - \sum m_{réactifs}\right|\right).931,5$$

$$\Delta E_{lib} = \left(\left|m_{\left(^{4}_{2}He\right)} + m_{\left(^{1}_{0}n\right)} - m_{\left(^{2}_{1}H\right)} - m_{\left(^{3}_{1}H\right)}\right|\right).931,5$$

$$\Delta E_{lib} = \left(\left|4,0015 + 1,0087 - 2,0136 - 3,0155\right|\right).931,5 = 17,6 \text{ Mev}$$

d. حساب كمية الطاقة الناتجة عن انشطار 1Kg من $^{235}_{92}U$:

- أولا حساب عدد انوية $^{235}_{92}U$ الموجودة في 1Kg:

$$N_{\left(^{235}_{92}U\right)} = \frac{m}{M}.N_A = \frac{1000}{235}.\,6,023\,.10^{23} = 25,629\,.10^{23}$$

- وعليه تكون الطاقة الناتجة عن انشطار 1Kg من $^{235}_{92}U$ هي:

$\Delta E_{lib}(1Kg) = 184,716 \cdot 25,629 \cdot 10^{23} = 4,73 \cdot 10^{26} Mev$

e. حساب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة:

$42 \cdot 10^{6} J = \frac{42 \cdot 10^{6}\ J}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 26,25 \cdot 10^{19}\ Mev$ تحويل طاقة 1Kg من البترول

$$\left.\begin{array}{l} 1Kg \longrightarrow 26,25 \cdot 10^{19} Mev \\ m \longleftarrow 4,73 \cdot 10^{26} Mev \end{array}\right\} \Rightarrow m = \frac{4,73 \cdot 10^{26}}{26,25 \cdot 10^{19}} = 1,6 \cdot 10^{6} Kg$$

**حل التمرين الثاني.**

1. كتابة المعادلة المعبرة عن التحول النووي الحادث:

$$^{210}_{83}Bi \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

لإيجاد كل من (A, Z) نطبق قانوني الإنحفاض " الكتلة والشحنة".

قانون إنحفاض الكتلة: $210 = A + 0 \Rightarrow A = 210$

قانون إنحفاض الشحنة: $83 = Z + (-1) \Rightarrow Z = 84$

اذن النواة الناتجة هي $\left(^{210}_{84}Po\right)$ وتكون المعادلة كما يلي: $^{210}_{83}Bi \longrightarrow {}^{210}_{84}Po + \beta^{-}$

2. التعبير عن عدد الانوية المتفككة $N_d(t)$ بدلالة: الزمن t، عدد الانوية الابتدائية $N_0$، ثابت التفكك الاشعاعي $\lambda$:

من قانون التناقص الاشعاعي: $N(t) = N_0\ e^{-\lambda t}$

$$N_0 = N(t) + N_d(t) \Rightarrow N(t) = N_0 - N_d(t)$$

بتعويض $N(t)$ في معادلة التناقص الاشعاعي نجد:

$$N_0 - N_d(t) = N_0\ e^{-\lambda t} \Leftrightarrow N_d(t) = N_0\left(1 - e^{-\lambda t}\right)$$

3. بواسطة برنامج خاص تم رسم المنحنى $LnA = f(t)$

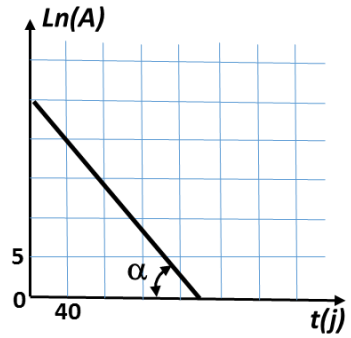
a. النشاط الاشعاعي هو عدد الانوية المتفككة في الثانية ووحدته الدولية هي: dps (تفكك/الثانية)

b. التعبير عن LnA بدلالة $\lambda$ و $A_0$ النشاط الاشعاعي، t.

من قانون التناقص الاشعاعي:

$$\left.\begin{array}{l} N(t) = N_0\ e^{-\lambda t} \\ A = \lambda N = -\dfrac{dN}{dt} \end{array}\right\} \Rightarrow A = -\dfrac{d\left(N_0\ e^{-\lambda t}\right)}{dt} = \underset{A_0}{\lambda N_0}\ e^{-\lambda t} \Leftrightarrow A(t) = A_0\ e^{-\lambda t}$$

c. حساب قيمة الثابت $\lambda$، وقيمة $A_0$.




البيان عبارة عن خط مستقيم معادلته:

$$y = a.x + b \ .....(*)$$

ويمكن كتابة قانون التناقص الاشعاعي كما يلي:

$$LnA = \lambda.t + LnA_0 \ .....(**)$$

بالمطابقة بين (*) و (**) نجد:

$$\begin{cases} \lambda = a = tg\alpha = \dfrac{0 - 25}{180 - 0} = 0{,}138\ j^{-1} = \dfrac{0{,}138}{24.3600} = 1{,}59.10^{-6} s^{-1} \\ b = LnA_0 = 25 \Rightarrow A_0 = e^{25} = 7{,}2\ .\ 10^{10}\ dps \end{cases}$$

d. حساب عدد الانوية الابتدائية $N_0$:

$$A_0 = \lambda N_0 = 7{,}2\ .10^{10} \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{7{,}2\ .10^{10}}{1{,}59\ .10^{-6}} = 4{,}528.10^{16}\ Noyau$$

e. حساب الزمن الازم حتى يبقى 100/1 من عدد الانوية الابتدائية:

من قانون التناقص الاشعاعي: $N(t) = N_0\ e^{-\lambda t}$

$$N(t) = \frac{1}{100} N_0 \Rightarrow \frac{1}{100} N_0 = N_0\ e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{1}{100} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow Ln\left(\frac{1}{100}\right) = -\lambda t$$

$$\Leftrightarrow t = -\frac{1}{\lambda} Ln\left(\frac{1}{100}\right) = \frac{Ln(100)}{0{,}138} = 33{,}37\ j$$

**حل التمرين الثالث.**

1. تمثل القيمتان 35 و 37 لنظيري الكلور المستقرين: العدد الكتلي (عدد النويات)

رمز نواة الكلور 36 هو: $^{36}_{17}Cl$.

2. حساب طاقة الربط لنواة الكلور 36 بـ .Mev:

$$E_l = \Delta E_N = \Delta m \,.\, C^2 = \left(17m_p + (36-17)m_n - m_{\left(^{36}_{17}Cl\right)}\right).C^2$$

$$E_l = \Delta E_N = (17\,.1{,}67262 + 19\,.1{,}67492 - 59{,}71128).10^{-27}.\left(3\,.10^8\right)^2 = 4{,}92\,.10^{-11}J$$

$$E_l = \Delta E_N = \frac{4{,}92.10^{-11}}{1{,}6.10^{-13}} = 307{,}5\ Mev$$

3. كتابة معادلة التفكك النووي للكلور 36:

$$^{36}_{17}Cl \longrightarrow {}^{36}_{18}Ar + {}^{0}_{-1}e$$

4. حساب عمر المياه الجوفية:

من قانون التناقص الاشعاعي:

$$N(t) = N_0\ e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow Ln\frac{N(t)}{N_0} = -\lambda\ t$$

$$\Leftrightarrow t = -\frac{1}{\lambda}.\ Ln\frac{N(t)}{N_0} = -\frac{1}{\frac{Ln2}{T}}.\ Ln\frac{N(t)}{N_0} = -\frac{T}{Ln2}.\ Ln\frac{N(t)}{N_0}$$

$$\Leftrightarrow t = -\frac{301.10^3}{Ln2}.\ Ln\left(\frac{38\%}{100\%}\right) = 420\ .10^3\ ans$$

.

# الفصل الرابع:

# التركيب الالكتروني للذرة

## I. نموذج رذرفورد الذري:

إفترض رذرفورد ان الالكترونات تتحرك حول النواة بسرعة كافية لتكوين قوة طرد مركزية تعادل قوة جذب النواة، إلا ان قوانين الفيزياء أثبتت بأن أي جسم كالإلكترون عندما يدور حول النواة سوف يشع طاقة اثناء حركته، وبالتالي سوف يقترب بمسار حلزوني نحو النواة وفي النهاية يستقر فيها، وبالتالي سينهار النموذج وفق تصور رذرفورد له. ولحل هذه المعضلة لجأ علماء الطاقة الى نظرية جديدة تسمى نظرية تكميم الطاقة.

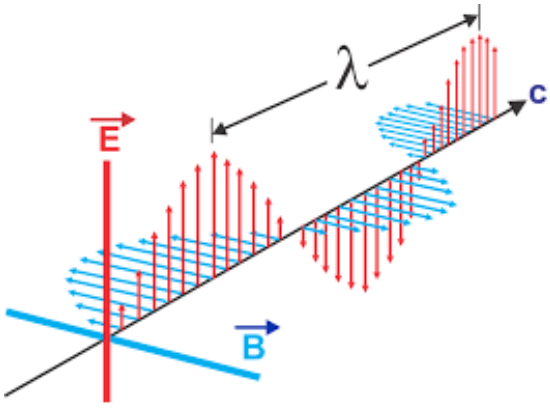
## II. الطبيعة الازدواجية للإشعاعات الضوئية:

الإشعاع الكهرومغناطيسي هو أحد الطرق الكثيرة التي تنتقل بها الطاقة عبر الفضاء. إن الحرارة الناتجة عن الحريق المشتعل، وضوء الشمس، والأشعة السينية التي يستخدمها الطبيب، وكذلك الطاقة المستخدمة لطهي الطعام في الميكروويف كلها أشكال من الإشعاع الكهرومغناطيسي. في حين أن هذه الأشكال من الطاقة قد تبدو مختلفة تمامًا عن بعضها البعض، إلا أنها مرتبطة من حيث أنها جميعًا تظهر الطبيعة الموجية للضوء. ولقد اختلفت نظريات علماء الضوء والفيزياء، حول طبيعة الضوء، هل الضوء عبارة عن مجموعة موجات أم أنه يعبر عن تدفق لمجموعة من الجسيمات الضئيلة.

ولقد أثبت ظواهر عديدة الطبيعة الموجية للضوء، دون أن يتم نفي طبيعة أنه ناتج لتدفق مجموعة من الجسيمات. وقد تم الاتفاق في علم الفيزياء على إمكانية الضوء للتبني السلوكين الموجي والجسيمي.

### 1.II. الطبيعة الموجية:

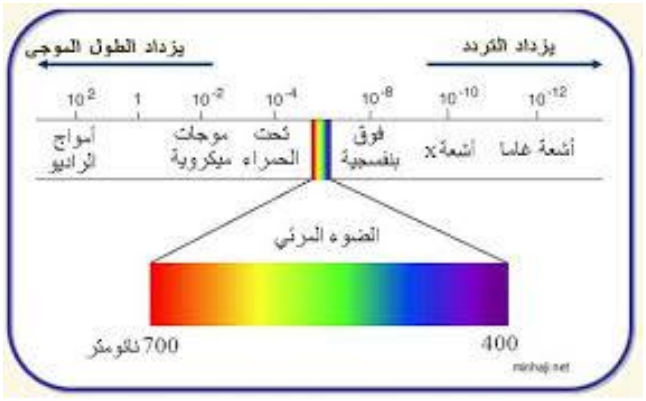
إن الاشعاع الضوئي هو انتشار لحقلان احدهما كهربائي $(\vec{E})$ والاخر مغناطيسي $(\vec{B})$ متعامدان وعموديان على منحى الانتشار، وكلاهما تابع جيبي بالنسبة للزمن.




الموجة الضوئية تنتشر في الفراغ بسرعة : $C = 2,99 \cdot 10^8$ m/s.

تتميز الموجة بـ: تواترها ($\upsilon$) وطولها ($\lambda$) $\lambda = C\,T = \frac{C}{\upsilon}$ ، $\upsilon = \frac{1}{T}$ ، T: دور الحركة.

حيث يكون المجال المرئي لعين الانسان كما في الشكل:




### 2.II. الطبيعة الجسيمية:

إن الطبيعة الموجية للضوء لا تسمح بشرح الانقطاع في الطاقة وبالتالي فهي لا تسمح بشرح ظواهر أخرى مثل الفعل الكهروضوئي Effet photoélectrique، وهذا مما جعل ماكس بلانك Max Planck و انشتاين Einstein يقترحان نظرية تكميم الطاقة.

- لقد بين ماكس بلانك Max Planck سنة (1900) ان الطاقة التي تحملها الموجة الضوئية هي مقادير محددة يطلق على الواحد منها اسم الكم وتحمل طاقة قدرها: $E = h\,\upsilon$

  $\upsilon$: تواتر الاشعاع الضوئي.

  h: ثابت بلانك $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J.Sec

- كما بين انشتاين Einstein سنة (1905) ان الاشعاع الضوئي يتكون من جسيمات متناهية في الصغر تسمى فتونات تنقل طاقة قدرها: $E = m\,C^2$

  C : سرعة الضوء. m: كتلة الفوتون.

من العلاقتين السابقتين يمكن كتابة:

$$\left.\begin{array}{l} E = h\,\upsilon \\ E = m\,C^2 \end{array}\right\} \Rightarrow h\,\upsilon = m\,C^2 \Rightarrow \upsilon = \frac{m\,C^2}{h} \quad / \quad \upsilon = \frac{C}{\lambda}$$

$$\frac{C}{\lambda} = \frac{m\,C^2}{h} \Leftrightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{m\,C}{h} \Leftrightarrow \lambda = \frac{h}{m\,C}$$

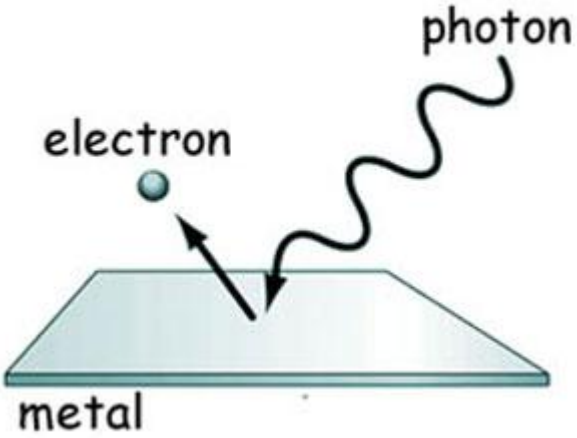
### 3.II. الفعل الكهروضوئي:

عندما تسقط حزمة ضوئية طاقتها $E_{ph} = h\upsilon$ على سطح معدن فإن جزء من هذه الطاقة يستهلك في نزع الالكترونات من شطح المعدن والجزء الاخر يظهر على شكل طاقة حركية $(E_c)$ تنقل الالكترونات المنزوعة من سطح المعدن الى مستويات عليا حيث: $E_{ph} = W_0 + E_C$ .

$E_{ph}$: طاقة الاشعاع الضوئي.

$W_0 = h\upsilon_0$ : العمل اللازم لنزع الالكترونات من سطح المعدن، $\upsilon_0$: تواتر العتبة وهو خاص بالمعدن.

$E_C = \frac{1}{2}m v^2$ : هي الطاقة الحركية التي تنقل الالكترونات الى المستويات العليا.




$$E_{ph} = W_0 + E_C = h\,\upsilon_0 + \frac{1}{2}m v^2 = h\upsilon$$

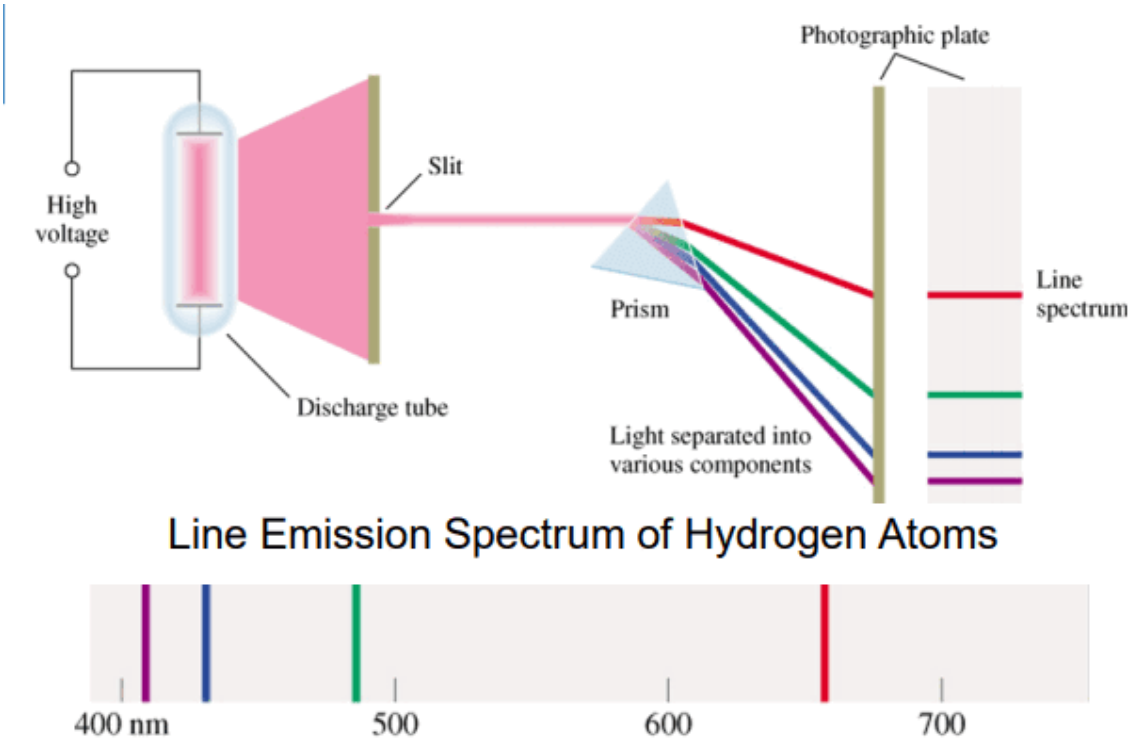
$$h(\upsilon - \upsilon_0) = \frac{1}{2}m v^2 \Leftrightarrow v^2 = \frac{2h(\upsilon - \upsilon_0)}{m}$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2h(\upsilon - \upsilon_0)}{m}}$$

وهي علاقة سرعة الالكترونات المنزوعة من سطح المعدن.

حتى يحدث فعل كهروضوئي يجب ان يكون $(\upsilon \geq \upsilon_0)$ أي $(E_{ph} \geq W_0)$.

## III. طيف انبعاث ذرة الهيدروجين:




باستعمال التفريغ الكهربائي داخل أنبوب يحتوي على غاز الهيدروجين تحت ضغط منخفض وبتطبيق توتر عالي يتم اثارة ذرات الهيدروجين مما يؤدي الى توهجها حيث ينتج ضوء احمر اللون.

وعند مرور هذا الاشعاع الضوئي على موشور فانه يتحلل الى خطوط طيفية متقطعة تظهر على اللوح الفوتوغرافي في منطقة فوق البنفسجية (UV)، وفي المرئية (V)، وتحت الحمراء (IR).

يمثل كل خط من هذا الطيف اشعاعا كهرومغناطيسيا (ضوئيا) موافق لتواتر معين، تسمى مجموعة هذه الخطوط : طيف انبعاث ذرة الهيدروجين.

يعطى العدد الموجي لكل خط بالعلاقة: $$\sigma = \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

وتسمى هذه العلاقة بعلاقة ريدبورق التجريبية الخاصة بذرة الهيدروجين.

$R_H$: ثابت ريدبورق ($R_{H(exp)}=10967758 \cong 1{,}1 \cdot 10^7\ m^{-1}$).

$n_i, n_f$: اعداد طبيعية تمثل المستوى الابتدائي والنهائي اللذان ينتقل بينهما الالكترون.

- **تفسير الطيف المنبعث من ذرة الهيدروجين:**

✓ عند تعريض ذرات الهيدروجين للضغط المنخفض والتسخين فهذا يؤدي الى اثارتها (تنشيطها او تحريضها) لينتقل الالكترون الوحيد من المستوى الابتدائي ($n_i$) الى مستوى اعلى ($n_f$).

✓ الالكترون لا يستقر في المستويات العليا بل سرعان ما يفقد طاقته المكتسبة ليعود الى المستوى الأساسي (مستوى الاستقرار) إما في خطوة واحدة او تدريجيا عبر المستويات الأخرى ليعطي سلاسل طيفية.

✓ تعرف خمسة سلاسل طيفية تحمل كل واحدة إسم مكتشفها:

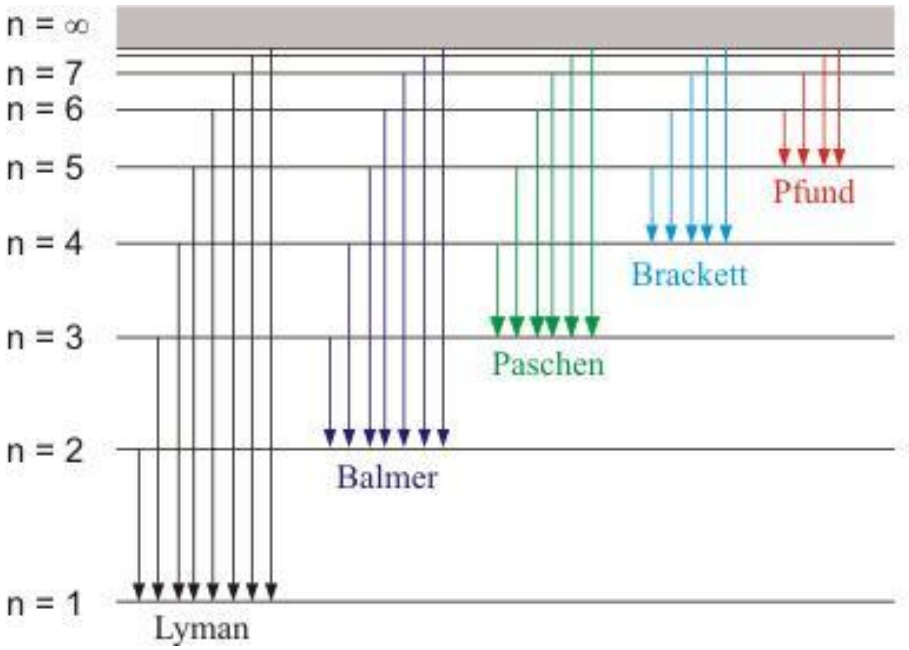
$n_i$=1: سلسلة ليمان Lyman $n_f$ = 2, 3, 4, 5, ….∞ (UV).

$n_i$=2: سلسلة بالمر Balmer $n_f$ = 3, 4, 5, 6, ….∞ (V).

$n_i$=3: سلسلة باشن Baschen $n_f$ = 4, 5, 6, 7, ….∞ (IR).

$n_i$=4: سلسلة براكت Brachett $n_f$ = 5, 6, 7, 8, ….∞ (IR).

$n_i$=5: سلسلة بفوند Pfund $n_f$ = 6, 7, 8, 9, ….∞ (IR).




**IV. طيف امتصاص ذرة الهيدروجين:**

إن الذرات لا تنبعث فقط بالضوء وإنما تمتصه أيضاً. ولكي نتعرف على امتصاص الضوء، نعرض أنبوبة مملوءة بذرات الهيدروجين الى حزمة من الضوء، فنلاحظ ان طيف الضوء الصادر يظهر على اللوح الفوتوغرافي على شكل خطوط سوداء (مظلمة) تفصلها نقاط مضيئة.

تمثل مجموعة الخطوط المظلمة طيف امتصاص ذرة الهيدروجين والذي يعطي اطوال موجة في منطقة الطيف فوق البنفسجية (UV).

عندما يمتص الكترون ذرة الهيدروجين اشعاعا ضوئيا (كمية من الطاقة) فإنه ينتقل الى مستويات عليا.

عندما يفقد الكترون ذرة الهيدروجين اشعاعا ضوئيا (كمية من الطاقة) فإنه يعود الى مستويات دنيا.

في كلتا الحالتين امتصاص او انبعاث فإن كمية الطاقة تعطى بالعلاقة:

$$\Delta E = \left| E_{n_f} - E_{n_i} \right| = h\upsilon$$

## V. نموذج بور Bohr :

يصوّر نموذج بور (بالإنجليزية: Bohr model) الذرة كنواة صغيرة موجبة الشحنة محاطة بالإلكترونات الموجودة في مدارات - وذلك مثل النظام الشمسي. ونظرا لسهولة هذا النموذج فإنه لا يزال يستخدم كمقدمة لدارسي ميكانيكا الكم. سمي هذا النموذج "نموذج بور " على اسم العالم الفيزيائي الكبير نيلس بور الذي اقترحه لتمثيل ذرة الهيدروجين بحيث يتطابق هذا النموذج مع خطوط الطيف المنبعثة من ذرات الهيدروجين ويفسرها .

يقتصر هذا النموذج على دراسة الذرات ذات الكترون واحد، ومنها الهيدروجين ($_1H$) واشباه الهيدروجين (الهيدروجينويد Les hydrogénoides).

أشبه الهيدروجين هي شوارد تحتوي على الكترون واحد مثل الهيدروجين وتختلف في عدد البروتونات ومنها: $_5B^{4+}$ ، $_4Be^{3+}$ ، $_3Li^{2+}$ ، $_2He^{+}$.

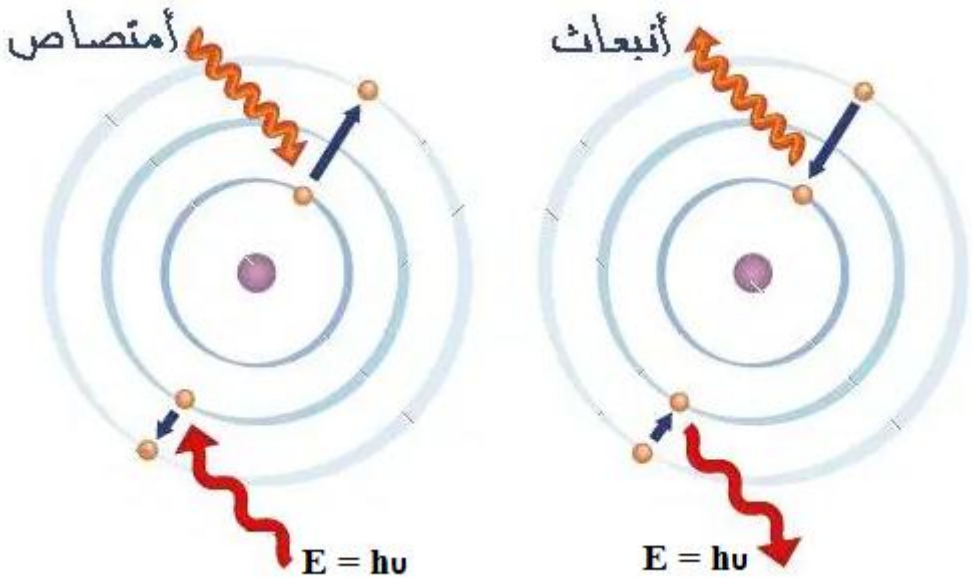
$$_2He \longrightarrow {}_2He^{+} + e^{-}$$
$$_3Li \longrightarrow {}_3Li^{2+} + 2e^{-}$$
$$_4Be \longrightarrow {}_4Be^{3+} + 3e^{-}$$

### 1.V. مسلمات (فرضيات) بور:

في نموذج بور يمكن للإلكترونات أن تكون فقط على مسافة محددة من البروتون المرتبطة به. وعند تواجدها في أى مكان أخر فإنه يستلزم فقد طاقة (بالإشعاع الضوئي) وأخيرا يقل نصف قطر دوران الإلكترون حول البروتون حتى تسقط فيه مما يؤدى لتدمير الذرة. وقد كان هناك دعم لهذه النظرية بخطوط الطيف، والتي وضحت أن الإلكترونات التي تدور في مدارات ينبعث منها ضوء في ترددات وطاقات معينة (كمات).

وعلى هذا فقد اقترح بور الفرضيات التالية:

1. يدور الإلكترون في مدارات دائرية لها طاقات كمية منفصلة حول البروتون تحت تأثير قوة التجاذب لكولوم، في هذه الحالة الذرة لا تشع وتسمى هذه المدارات بالمدارات المستقرة.
2. عندما يقوم إلكترون بعمل قفزة من مدار لأخر فإن فرق الطاقة إما يكتسب أو يفقد بوحدة واحدة كمية من الطاقة (تسمى فوتون)، والذي له طاقة تساوى الفرق بين طاقتى المدارين وتعطى بالعلاقة: $\Delta E = \left|E_{n_f} - E_{n_i}\right| = h\upsilon$.




3. عزم كمية الحركة للإلكترون (العزم الزاوي m.v.r) لا يأخذ إلا كميات متميزة مساوية لمضاعفات القيمة $\left(\frac{h}{2\pi}\right)$.

$$m\,v\,r = n\frac{h}{2\pi} \quad .....(1)$$

n: عدد طبيعي

$n = 1, 2, 3, 4, ...$

**2.V. حساب انصاف اقطار مدارات بور:**

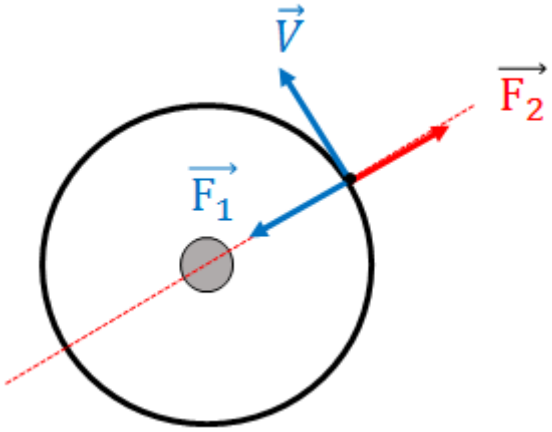
بالنسبة لذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين حسب نموذج بور، نصف القطر هو المسافة بين الإلكترون و النواة.

ذرة الهيدروجين ($_1H$) واشباه الهيدروجين $\left({}_ZX^{(Z-1)+}\right)$ تحتوي على الكترون سالب وعلى نواة موجبة (+Ze)، اذن توجد قوة جذب بين الالكترون والنواة تعطى بعلاقة كولوم:

$$F_1 = K\frac{q_1\, q_2}{r^2} \quad / \quad q_1 = Z\, e,\ q_2 = -e$$

$$F_1 = -\,K\,Z\frac{e^2}{r^2} \text{.....(2)} \quad \text{إذن:} \left(K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \ (SI)\right) \text{ ثابت :K}$$

وبما أن الإلكترون يرسم مدارات مستقرة ولايسقط على النواة فهو يكون خاضعا لقوة ثانية ($F_2$) تسمى القوة الطاردة المركزية تساوي ($F_1$) في القيمة وتعاكسها في الاتجاه.




$$F_2 = m\, a_n = m\frac{v^2}{r} \text{.....(3)}$$

$$\left\|\overrightarrow{F_1}\right\| = \left\|\overrightarrow{F_2}\right\| \Leftrightarrow K\,Z\frac{e^2}{r^2} = m\,\frac{v^2}{r}$$

$$\Leftrightarrow r = K\,Z\,\frac{e^2}{m\,v^2} \text{.....(4)}$$

من العلاقة (1) يمكن كتابة:

$$v = n\,\frac{h}{2\pi\, m\, r} \text{.....(5)}$$

بتعويض العلاقة (5) في العلاقة (4) نجد:

$$r = K\,Z\frac{e^2}{m\left(\frac{n\,h}{2\pi\, m\, r}\right)^2} = \frac{4\pi^2 m\, K\, Z\, e^2}{n^2\, h^2} r^2$$

$$r_n = \frac{n^2}{Z}\underbrace{\left(\frac{h^2}{4\pi^2 m\, K\, e^2}\right)}_{a_0} \quad .....(6)$$

$$r_n = \frac{n^2}{Z}\, a_0 \quad .....(7) \;/\; a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m\, K\, e^2} = 0{,}529 \cdot 10^{-10}\text{m} \simeq 0{,}53\text{A}°$$

ومنه العلاقة رقم (7) هي العبارة العامة لحساب نصف قطر ذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين.

**مثال:**

بالنسبة لذرة الهيدروجين (H).

$$\begin{cases} r_1 = \frac{1^2}{1} a_0 = a_0 = 0{,}53\text{A}° \\ r_2 = \frac{2^2}{1} a_0 = 4\, a_0 = 4 \cdot 0{,}53 = 2{,}12\text{A}° \\ r_3 = \frac{3^2}{1} a_0 = 9\, a_0 = 9 \cdot 0{,}53 = 4{,}77\text{A}° \\ r_4 = \frac{4^2}{1} a_0 = 16\, a_0 = 16 \cdot 0{,}53 = 8{,}48\text{A}° \end{cases}$$

بالنسبة لشبيه الهيدروجين ($_2He^+$)

$$\begin{cases} r_1 = \frac{1^2}{2} a_0 = \frac{a_0}{2} = \frac{0{,}53}{2} = 0{,}265\text{A}° \\ r_2 = \frac{2^2}{2} a_0 = \frac{4\, a_0}{2} = 2\, a_0 = 2 \cdot 0{,}53 = 1{,}06\text{A}° \\ r_3 = \frac{3^2}{2} a_0 = \frac{9\, a_0}{2} = \frac{9 \cdot 0{,}53}{2} = 2{,}385\text{A}° \\ r_4 = \frac{4^2}{2} a_0 = \frac{16\, a_0}{2} = 8\, a_0 = 8 \cdot 0{,}53 = 4{,}24\text{A}° \end{cases}$$

### 3.V. حساب طاقات الحالات المستقرة:

الطاقة الكلية للالكترون في مداره المستقر تساوي مجموع طاقته الحركية وطاقته الكامنة:

$$E_T = E_P + E_C \quad .....(8)$$

الطاقة الكامنة ($E_P$) تساوي عمل قوة كولوم عندما يتحرك الالكترون ذو الشحنة السالبة من مسافة (r) الى ($\infty$) وتكتب كما يلي:

$$E_P = \int_r^{\infty} F_1 \, dr = \int_r^{\infty} K \frac{q_1 q_2}{r^2} dr$$

$$E_P = -\int_r^{\infty} K Z \frac{e^2}{r^2} dr = -K Z e^2 \int_r^{\infty} \frac{1}{r^2} dr$$

$$E_P = - \frac{K Z e^2}{r} \quad .....(9)$$

الطاقة الحركية ($E_C$) تكتب كما يلي: $E_C = \frac{1}{2} m v^2$

من العلاقة (4) نجد: $v^2 = \frac{K Z e^2}{m r}$ بالتعويض في علاقة الطاقة الحركية ($E_C$) نجد:

$$E_C = \frac{1}{2} m \left( \frac{K Z e^2}{m r} \right) = \frac{K Z e^2}{2 r} \quad .....(10)$$

ومنه الطاقة الكلية تكون على الشكل:

$$E_T = E_n = E_P + E_C = -\frac{K Z e^2}{r} + \frac{1}{2} \frac{K Z e^2}{r}$$

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{K Z e^2}{r_n}$$

بتعويض علاقة ($r_n$) رقم (6) نجد:

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{K Z e^2}{\left( \frac{n^2}{Z} \frac{h^2}{4\pi^2 K Z e^2 m} \right)} = \frac{Z^2}{n^2} \underbrace{\left( -\frac{2\pi^2 K^2 e^4 m}{h^2} \right)}_{E_0}$$

$$E_n = \frac{Z^2}{n^2} E_0 \quad .....(11)$$

$$E_0 = -\frac{2\pi^2\ K^2\ e^4\ m}{h^2} = -21{,}76\ .\ 10^{-19}(J) = -13{,}6\ (ev)$$

وهي العلاقة العامة لحساب طاقات الحالات المستقرة في ذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين.

**مثال:**

بالنسبة لذرة الهيدروجين (H).

$$\begin{cases} E_1 = \frac{1^2}{1^2}E_0 = E_0 = -13{,}6\ ev \\ E_2 = \frac{1^2}{2^2}E_0 = \frac{E_0}{4} = \frac{-13{,}6}{4} = -3{,}4\ ev \\ E_3 = \frac{1^2}{3^2}E_0 = \frac{E_0}{9} = \frac{-13{,}6}{9} = -1{,}511\ ev \\ E_4 = \frac{1^2}{4^2}E_0 = \frac{E_0}{16} = \frac{-13{,}6}{16} = -0{,}85\ ev \end{cases}$$

بالنسبة لشبيه الهيدروجين ($_2He^+$)

$$\begin{cases} E_1 = \frac{2^2}{1^2}E_0 = 4E_0 = -54{,}4\ ev \\ E_2 = \frac{2^2}{2^2}E_0 = \frac{4E_0}{4} = E_0 = -13{,}6\ ev \\ E_3 = \frac{2^2}{3^2}E_0 = \frac{4E_0}{9} = \frac{4\ .\ (-13{,}6)}{9} = -6{,}04\ ev \\ E_4 = \frac{2^2}{4^2}E_0 = \frac{4E_0}{16} = \frac{E_0}{4} = \frac{-13{,}6}{4} = -3{,}4\ ev \end{cases}$$

### 4.V. حساب سرعة الالكترون:

من العلاقة (1) نكتب: $v_n = \dfrac{n\ h}{2\pi\ m\ r_n}$

بتعويض علاقة ($r_n$) رقم (6) نجد:

$$v_n = \frac{n\ h}{2\pi\ m\left(\frac{n^2}{Z}\frac{h^2}{4\pi^2 m\ K\ e^2}\right)} = \frac{Z}{n}\underbrace{\left(\frac{2\pi\ K\ e^2}{h}\right)}_{v_0}$$

$$v_n = \frac{Z}{n} v_0 \quad .....(12)$$

$$v_0 = \frac{2\pi K e^2}{h} = 2{,}18 \cdot 10^6 (m/s)$$

وهي العلاقة العامة لحساب سرعة الالكترون في مداره بالنسبة لذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين.

**5.V. علاقة الطاقة بالطيف:**

من علاقة الطاقة ($E_n$) من اجل المستويين ($n_1$) و($n_2$) ومن الفرضية الثانية لبور يمكن كتابة:

$$\left.\begin{aligned} E_{n_1} &= \frac{Z^2}{n_1^2}\left(-\frac{2\pi^2 K^2 e^4 m}{h^2}\right) \\ E_{n_2} &= \frac{Z^2}{n_2^2}\left(-\frac{2\pi^2 K^2 e^4 m}{h^2}\right) \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta E = \left|E_{n_2} - E_{n_1}\right| = h\upsilon$$

$$\Delta E = \frac{2\pi^2 m K^2 e^4}{h^2} Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) = h\upsilon = hC\frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\Delta E}{hC} = \underbrace{\frac{2\pi^2 m K^2 e^4}{h^3 C}}_{R_H} Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \quad .....(13)$$

بمقارنة العلاقة (13) مع علاقة ريدبورق التجريبية نجد:

$$R_H = \frac{2\pi^2 m K^2 e^4}{h^3 C} = 10973800\ m^{-1} = 1{,}0973800 \cdot 10^7 \simeq 1{,}1 \cdot 10^7 m^{-1}$$

وهي القيمة المحسوبة لهذا الثابت حسب نظرية بور بالنسبة لذرة الهيدروجين وهذا ما يؤكد صحة نظرية بور.

ومنه العلاقة العامة لحساب العدد الموجي للخطوط الطيفية في ذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين هي:

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad \text{.....(14)}$$

### 6.V. الخط الحدي اللانهائي والخط الحدي الاولي:

تتميز كل سلسلة طيفية بخطين أساسيين هما الخط الحدي اللانهائي والخط الحدي الاولي.

### 1.6.V. الخط الحدي اللانهائي:

وينتج عنه انتقال الالكترون من ($n_i$) الى ($\infty$) او العكس، بحيث يتميز هذا الخط بعدد موجي اعظمي:

$$\sigma_{max} = \frac{1}{\lambda_{min}} = R_H Z^2 \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Leftrightarrow \sigma_{max} = \frac{1}{\lambda_{min}} = \frac{R_H Z^2}{n_i^2}$$

### 2.6.V. الخط الحدي الاولي:

وينتج عنه انتقال الالكترون من (n) الى (n+1) او العكس، بحيث يتميز هذا الخط بعدد موجي اصغري:

$$\sigma_{min} = \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H Z^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right)$$

### 7.V. طاقة التاين $E_i$:

هي الطاقة اللازمة لانتقال الالكترون من المستوى (n) الى المستوى اللانهائي ($\infty$) وتعطى بالعبارة:

$$E_i = (E_\infty - E_n) = \frac{Z^2}{\infty^2} E_0 - \frac{Z^2}{n^2} E_0$$

$$E_i = - \frac{Z^2}{n^2} E_0 \quad \text{.....(15)}$$

**مثال:**

1. حساب طاقة التاين لذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية.

$$E_{i(H)} = (E_\infty - E_1) = - \frac{Z^2}{1^2} E_0 = -\frac{1^2}{1^2}(-13,6) = +13,6 \text{ ev}$$

2. حساب طاقة التاين لذرة الهيدروجين في حالتها المثارة الأولى.

$$E_{i(H)} = (E_\infty - E_2) = -\frac{Z^2}{2^2}E_0 = -\frac{1^2}{2^2}(-13,6) = +3,4\ ev$$

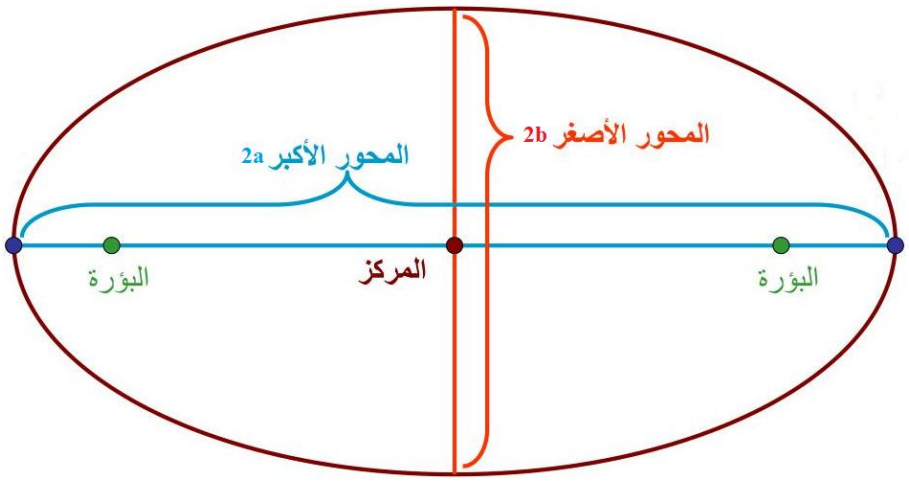
3. حساب طاقة التاين لشاردة الهيليوم $\left({}_2He^+\right)$ في حالتها الأساسية.

$$E_{i\left({}_2He^+\right)} = (E_\infty - E_1) = -\frac{Z^2}{1^2}E_0 = -\frac{2^2}{1^2}(-13,6) = +54,4\ ev$$

## VI. نموذج سومرفيلد Sommerfeld:

يعتبر نموذج سومرفيلد الذري امتدادًا أو إضافة على نموذج بور الذري، فبينما أستطاع بور في نموذجه أن يضع معادلات توضح طاقة الإلكترونات في كل مستوى طاقة، وطبق ذلك على ذرة الهيدروجين، وكذلك وضع تفسيرًا لطيفًا لأيونات الهيدروجين، بصورة محققًا نتائج تتفق مع نتائج التجارب العملية، مما جعل نموذجه مقبولاً عالمياً. إلا أن التجارب التي تمت بعد بضع سنوات باستخدام أجهزة أكثر دقة وعلى طاقات أعلى أتضح أن الطيف الناتج لم يكن خطا واحداً بل كان خطوطاً رفيعة متقاربة جداً. لم يستطيع بور أن يفسر تلك الظاهرة من خلال نموذجه الذري، حتى جاء سومرفيلد ليقوم ببعض التعديلات على النموذج بما يسمح بتفسير تلك الظاهرة.

طبقًا لسومرفيلد، فإن المدارات الثابتة التي تدور فيها الإلكترونات حول النواة في الذرة، ليست دائرية وإنما بيضاوية (اهليليجية) الشكل.




الاهليليج (القطع الناقص) هو شكل هندسي يتميز بـ:

- المحور الكبير (الأكبر) طوله 2a، المحور الصغير (الأصغر) طوله 2b.
- بؤرتي (محرقي) الاهلليج.

قام سومرفيلد بإضافة تعديلين رئيسيين لنموذج بور حتى يستطيع تفسير تلك الخطوط الرفيعة:

مدار الإلكترون حول النواة هو اهليليجي بحيث تكون النواة في بؤرة (محرق) أحد الجانبين تتغير سرعة حركة الإلكترون حسب موقعه في المدار بحيث تزيد سرعته كلما أقترب من النواة وتقل سرعته عندما يبتعد عن النواة.

ولأن أي شكل اهليليجي له محورين، ولتحديد النسبة بين أطوال المحاور استخدم سومرفيلد عددين كميين ليتم من خلالهما تحديد شكل المدار:

العدد الكمي الأصلي والذي أقترحه بور في نظريته والذي يحدد طاقة الإلكترون ونرمز له بالحرف n.

العدد الكمي الجديد والذي أطلق عليه العدد الكمي المداري ونرمز له بالقيمة ( $l$)، وهو يحدد قيمة العزم الزاوي للإلكترون في مداره ويمكن أن يأخذ هذا العدد قيمًا صحيحة تبدأ ب 0 وتنتهي ب n-1.

### 1.VI. العدد الكمي الرئيسي (n):

تتوزع الالكترونات في مدارات مستقرة تعرف بالطبقات الالكترونية يرمز لها بالحروف اللاتينية:

K, L, M, N, O, P, Q, ….. وكل طبقة توافق مستوى طاقوي يحدده العدد الكمي الرئيسي (n) حيث n = 1, 2, 3, 4, 5, ….

$$\begin{cases} n = 1 \longrightarrow K \\ n = 2 \longrightarrow L \\ n = 3 \longrightarrow M \end{cases}$$

### 2.VI. العدد الكمي الثانوي ($l$):

يدل هذا العدد على مقدار انحراف المسار الاهليليجي عن المسار الدائري، حيث يتبين من هذه الفرضية ان المسارات تكون اهليليجية وان المسار الدائري هو حالة خاصة منها حيث يتساوى نصف القطر الكبير والصغير للاهلليج (a = b).

يكون نصف القطر الكبير للاهليليج (a) هو نفسه ($r_n$) الذي حسبه بور: $a = r_n = \frac{n^2}{Z} a_0$

يعطى مقدار انحراف المسار الاهليليجي عن المسار الدائري بالعلاقة: $\frac{b}{a} = \frac{l+1}{n}$

$$0 < \frac{b}{a} \leq 1 \Leftrightarrow 0 < \frac{l+1}{n} \leq 1 \Leftrightarrow 0 < l+1 \leq n \Leftrightarrow -1 < l \leq n-1$$

اذن: $n \in [0, n-1]$ $0 \leq l \leq n-1$

**مثال:**

$$K \longrightarrow n = 1 \longrightarrow l = 0$$
$$L \longrightarrow n = 2 \longrightarrow l = 0, 1$$
$$M \longrightarrow n = 3 \longrightarrow l = 0, 1, 2$$

يحدد العدد الكمي الثانوي ($l$) الطبقات الثانوية (التحتية) يرمز لها بـ: s, p, d, f والتي توافق على الترتيب: $l = 0, 1, 2, 3$. بينما مستويات الطاقة للطبقات الثانوية يرمز لها بـ: ns, np, nd, nf.

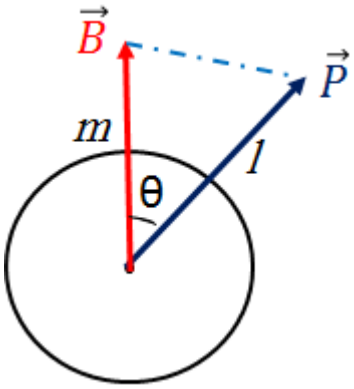
**مثال:**

$$n = 1 \longrightarrow l = 0 \longrightarrow 1s$$
$$n = 2 \longrightarrow l = \begin{cases} 0 \longrightarrow 2S \\ 1 \longrightarrow 2p \end{cases}$$
$$n = 3 \longrightarrow l = \begin{cases} 0 \longrightarrow 3S \\ 1 \longrightarrow 3p \\ 2 \longrightarrow 3d \end{cases}$$

### 3.VI. العدد الكمي المغناطيسي (m) فعل زيمان Effet Zeman:

هو عبارة عن انشطار الخطوط الطيفية (امتصاص او انبعاث) عندما تخضع ذرات غاز ما الى فعل حقل مغناطيسي خارجي شدته $(\vec{B})$ لتاخذ اتجاهات مختلفة.

يمثل العدد الكمي المغناطيسي (m) عدد المحطات الذرية في الطبقة الالكترونية.




زاوية الانحراف $(\theta)$ لهذه الخطوط هي الزاوية التي يصنعها محور العزم الحركي $(\vec{P})$ مع محور الحقل المغناطيسي $(\vec{B})$ حيث:

$$\cos\theta = \frac{m}{l} \Leftrightarrow m = l\cos\theta$$

$$\Leftrightarrow -l \leq m \leq +l \Leftrightarrow m \in [-l, +l]$$

اذن مجموع قيم m هي: $\sum m = 2l + 1$

**مثال:**

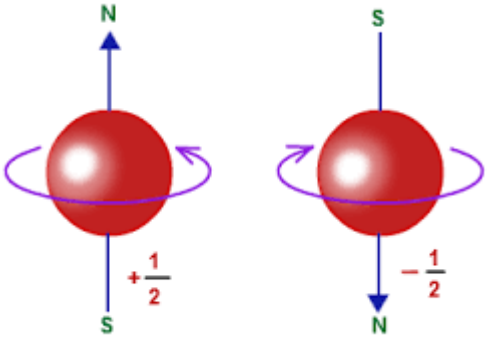
$n = 1 \longrightarrow l = 0 \longrightarrow m = 0$

$$n = 2 \longrightarrow l = \begin{cases} 0 \longrightarrow m = 0 \\ 1 \longrightarrow m = -1,0,1 \end{cases}$$

$$n = 3 \longrightarrow l = \begin{cases} 0 \longrightarrow m = 0 \\ 1 \longrightarrow m = -1, 0, 1 \\ 2 \longrightarrow m = -2, -1, 0, 1, 2 \end{cases}$$

### 4.VI. العدد الكمي السبيني (المغزلي) (S):

هو عدد يحدد نوع حركة جسيم دون ذري (مثل الإلكترون) المغزلية حول محوره Spin. فقد تتخذ اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة. أو هو العدد الذي يحدد نوع حركة الإلكترون المغزلية داخل المدار. حيث وجد ان الالكترون وهو يدور حول النواة فانه كذلك يدور حول نفسه. حيث يأخذ العدد السبيني (S) قيمتين هما: $\left(S = +\frac{1}{2}\right)$ يدور نحو الأعلى و $\left(S = -\frac{1}{2}\right)$ يدور نحو الأسفل.



## تمارين الفصل الرابع

**التمرين الأول.** (الفعل الكهروضوئي)

اشعاع ضوئي وحيد اللون تواتره $\upsilon = 5,1 .10^{14}$ Hz.

1. احسب: طول الموجة ($\lambda$)، العدد الموجي ($\sigma$)، الدور (T) وطاقة الفوتون المحمولة من قبل هذا الاشعاع الضوئي.
2. يصطدم هذا الاشعاع الضوئي بصفيحة معدنية من الزنك (Zn) حيث: $W_0(Zn) = 3,4$ ev، هل يحدث فعل كهروضوئي؟

يصطدم هذا الاشعاع الضوئي بصفيحة معدنية من السيزيوم (Cs) حيث: $W_0(Cs) = 1,9$ ev هل يحدث فعل كهروضوئي؟ اذا كان كذلك احسب الطاقة الحركية للالكترون المتحرر، ثم احسب سرعة الالكترونات المتحررة من معدن السيزيوم.

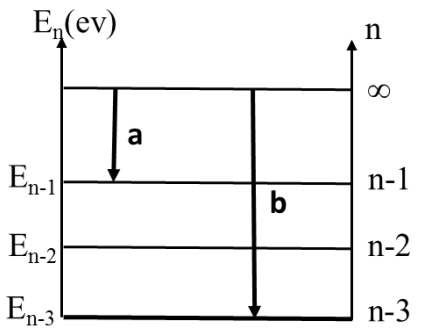
يعطى: $h = 6,62 .10^{-34}$ J.sec, $C = 3 .10^8$ m/sec, $m_e = 9,1 .10^{-31}$ Kg

**التمرين الثاني.** (ذرة الهيدروجين).

1. احسب طول الموجة الموافقة للخط الاولي والخط الحدي (اللانهائي) لسلاسل: ليمان، بالمر، باشن، براكت.
2. احسب طاقة التاين لذرة الهيدروجين في حالتها المثارة الأولى.
3. احسب نصف القطر ($r_n$)، والطاقة ($E_n$)، والسرعة ($V_n$) من اجل n = 1, 2, 3, 4 حسب نموذج بور.
4. مثل على مخطط طاقوي الانتقالات الموافقة للخط الاولي لطيف امتصاص في سلسلة ليمان والخط الثانوي لطيف انبعاث في سلسلة باشن.
5. ليكن الانتقالين a ,b الموضحين على المخطط المقابل: اذا كان $\left(\frac{\Delta E_b}{\Delta E_a} = \frac{25}{9}\right)$ حيث: $\Delta E$ هو الفرق في الطاقة.

حدد العدد n الموضح على المخطط الطاقوي.

اذكر اسم كل سلسلة طيفية الموافقة لكل انتقال.



**التمرين الثالث.** (اشباه الهيدروجين).

1. اكتب شاردة الهيدروجينويد الخاصة بكل من: $_2He$, $_3Li$, $_4Be$, $_5B$.
2. لكل شاردة (شبيه هيدروجين) احسب انصاف اقطار مدارات بور والطاقات الموافقة لها من اجل $n = 1, 2, 3, 4$.
3. احسب طاقة التاين لكل هيدروجينويد من الحالة الاساسية
4. ليكن الهيدروجينويد $_zX^{a+}$ الذي يوجد في حالة أساسية وعند امتصاصة مقدار من الطاقة يصبح في حالة مثارة أولى.
   a. اذا كانت طول الموجة الموافقة للانتقال الموافق هي $\lambda = 75,75A°$ اوجد العدد الذري (Z) لهذا الهيدروجينويد بطريقتين، ثم اكتب عبارة الشاردة الموافقة.
   b. احسب الطاقة الممتصة وكذلك التواتر والعدد الموجي الموافق للانتقال السابق.
5. من اجل الطبقة الالكترونية الرئيسية N
   a. حدد الاعداد الكمية الأربعة لالكترون شبيه الهيدروجين $_4Be^{3+}$ .
   b. احسب بواسطة نظرية سومرفيلد Sommerfeld انصاف اطوال المحاور الصغيرة (b) والكبيرة (a) للمدارات الالكترونية الممكنة.

## حلول تمارين الفصل الرابع

**حل التمرين الأول.**

1. حساب طول الموجة، العدد الموجي، الدور، الطاقة:

$$C = \lambda \upsilon \Rightarrow \lambda = \frac{C}{\upsilon} = \frac{3 .10^{8}}{5,1 .10^{14}} = 5880 .10^{-10} m = 5880 A°$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5880 .10^{-10}} = 17 .10^{5} \ m^{-1}$$

$$T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{5,1 .10^{14}} = 0,196 .10^{-14} \ sec$$

$$E_{ph} = h \upsilon = 6,62 .10^{-34}. 4,1 .10^{14} = 3,3762 .10^{-19} \ J = \frac{3,3762 .10^{-19} \ J}{1,6 .10^{-19}} = 2,11 \ ev$$

2. اثبات هل يحدث فعل كهروضوئي على صفيحة الزنك ام لا:

$$\left.\begin{array}{c} E_{ph} = h \upsilon = 2,11 \ ev \\ W_0(Zn) = h \upsilon_0 = 3,4 \ ev \end{array}\right\} \Rightarrow E_{ph} < W_0(Zn)$$

لا يحدث فعل كهروضوئي لان:

3. اثبات هل يحدث فعل كهروضوئي على صفيحة السيزيوم ام لا:

$$\left.\begin{array}{c} E_{ph} = h \upsilon = 2,11 \ ev \\ W_0(Cs) = h \upsilon_0 = 1,9 \ ev \end{array}\right\} \Rightarrow E_{ph} > W_0(Cs)$$

اذن يحدث فعل كهروضوئي على السيزيوم

حساب الطاقة الحركية للالكترونات:

$$E_{ph} = W_0 + E_C \Leftrightarrow E_C = E_{ph} - W_0 = 2,11 - 1,9 = 0,21 \ ev$$

حساب سرعة الالكترونات:

$$E_{ph} = W_0 + E_C \Leftrightarrow E_{ph} = W_0 + \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v^2 = E_{ph} - W_0$$

$$\Leftrightarrow v^2 = \frac{2\left(E_{ph} - W_0\right)}{m} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2\left(E_{ph} - W_0\right)}{m}} =$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2\left(2{,}11\text{-}1{,}9\right).1{,}6 .10^{-19}}{9{,}1 .10^{-31}}} = 2{,}71.10^5 \text{m/sec}$$

**حل التمرين الثاني.**

1. حساب طول الموجة الموافقة للخط الاولي والخط الحدي (اللانهائي) لسلاسل: ليمان، بالمر، باشن، براكت.

من علاقة ريدبورق: $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

- **سلسلة ليمان $n_1 = 1$:**

✓ الخط الاولي $n_2 = 2$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4} R_H \\ \lambda_1 = \frac{4}{3R_H} = \frac{4}{3 .1{,}1 .10^7} = 1{,}212 .10^{-7} = 1212 \text{ A°} \end{cases}$$

✓ الخط اللانهائي $n_2 = \infty$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = R_H \\ \lambda_\infty = \frac{1}{R_H} = \frac{1}{1{,}1 .10^7} = 0{,}909 .10^{-7} = 909 \text{ A°} \end{cases}$$

- **سلسلة بالمر $n_1 = 2$:**

✓ الخط الاولي $n_2 = 3$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{5}{36} R_H \\ \lambda_1 = \frac{36}{5R_H} = \frac{36}{5 .1{,}1 .10^7} = 6{,}545 .10^{-7} = 6545 \text{ A°} \end{cases}$$

الخط اللانهائي $n_2 = \infty$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{R_H}{4} \\ \lambda_\infty = \frac{4}{R_H} = \frac{4}{1{,}1 .10^7} = 3{,}636 .10^{-7} = 3636 \text{ A°} \end{cases}$$

- **سلسلة باشن $n_1 = 3$:**

✓ الخط الاولي $n_2 = 4$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) = \frac{7}{144}R_H \\ \lambda_1 = \frac{144}{7R_H} = \frac{144}{7\ .1{,}1\ .10^7} = 18{,}701\ .10^{-7} = 18701\ A° \end{cases}$$

✓ الخط اللانهائي $n_2 = \infty$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{R_H}{9} \\ \lambda_\infty = \frac{9}{R_H} = \frac{9}{1{,}1\ .10^7} = 8{,}181.10^{-7} = 8181\ A° \end{cases}$$

- **سلسلة براكت $n_1 = 4$:**

✓ الخط الاولي $n_2 = 5$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right) = \frac{9}{400}R_H \\ \lambda_1 = \frac{400}{9R_H} = \frac{400}{9\ .1{,}1\ .10^7} = 40{,}404\ .10^{-7} = 40404\ A° \end{cases}$$

✓ الخط اللانهائي $n_2 = \infty$:

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{R_H}{16} \\ \lambda_\infty = \frac{16}{R_H} = \frac{16}{1{,}1\ .10^7} = 14{,}545.10^{-7} = 14545\ A° \end{cases}$$

2. حساب طاقة التأين لذرة الهيدروجين في حالتها المثارة الأولى $n_i = 2$:

$$E_i = \left(E_\infty - E_{n_i}\right) = -E_{n_i} = -\frac{Z^2}{n_i^2}E_0 = -\frac{1}{2^2}(-13{,}6) = 3{,}4\ ev$$

3. حساب نصف القطر $(r_n)$، والطاقة $(E_n)$، والسرعة $(V_n)$ من اجل $n = 1, 2, 3, 4$ حسب نموذج بور.

- **نصف القطر $r_n$:**

$$\begin{cases} r_1 = \frac{1^2}{1} a_0 = a_0 = 0{,}53A° \\ r_2 = \frac{2^2}{1} a_0 = 4\ a_0 = 4 \cdot 0{,}53 = 2{,}12A° \\ r_3 = \frac{3^2}{1} a_0 = 9\ a_0 = 9 \cdot 0{,}53 = 4{,}77A° \\ r_4 = \frac{4^2}{1} a_0 = 16\ a_0 = 16 \cdot 0{,}53 = 8{,}48A° \end{cases}$$

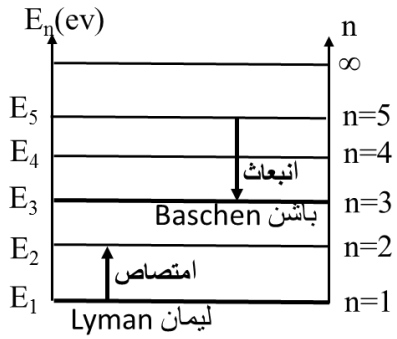
- **الطاقة $E_n$:**

$$\begin{cases} E_1 = \frac{1^2}{1^2} E_0 = E_0 = -13{,}6\ ev \\ E_2 = \frac{1^2}{2^2} E_0 = \frac{E_0}{4} = \frac{-13{,}6}{4} = -3{,}4\ ev \\ E_3 = \frac{1^2}{3^2} E_0 = \frac{E_0}{9} = \frac{-13{,}6}{9} = -1{,}511\ ev \\ E_4 = \frac{1^2}{4^2} E_0 = \frac{E_0}{16} = \frac{-13{,}6}{16} = -0{,}85\ ev \end{cases}$$

- **السرعة $V_n$:**

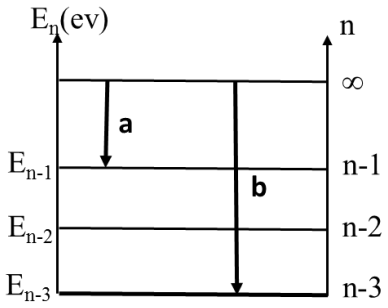
$$\begin{cases} v_1 = \frac{1}{1} v_0 = v_0 = 2{,}18 \cdot 10^6 m/sec \\ v_2 = \frac{1}{2} v_0 = \frac{v_0}{2} = \frac{2{,}18}{2} = 1{,}09 \cdot 10^6 m/sec \\ v_3 = \frac{1}{3} v_0 = \frac{v_0}{3} = \frac{2{,}18}{3} = 0{,}726 \cdot 10^6 m/sec \\ v_4 = \frac{1}{4} v_0 = \frac{v_0}{4} = \frac{2{,}18}{4} = 0{,}545 \cdot 10^6 m/sec \end{cases}$$

4. التمثيل على مخطط طاقوي الانتقالات الموافقة:




- للخط الاولي لطيف امتصاص في سلسلة ليمان:
- الخط الثانوي لطيف انبعاث في سلسلة باشن:

5. تحديد العدد n الموضح على المخطط الطاقوي اذا كان $\left(\frac{\Delta E_b}{\Delta E_a} = \frac{25}{9}\right)$




$$\Delta E_a = E_\infty - E_{n-1} = 0 - \frac{Z^2}{(n-1)^2} E_0$$

$$\Delta E_b = E_\infty - E_{n-3} = 0 - \frac{Z^2}{(n-3)^2} E_0$$

$$\left(\frac{\Delta E_b}{\Delta E_a} = \frac{25}{9}\right) \Leftrightarrow \frac{\Delta E_b}{\Delta E_a} = \frac{-\frac{Z^2}{(n-3)^2} E_0}{-\frac{Z^2}{(n-1)^2} E_0} = \frac{(n-1)^2}{(n-3)^2} = \frac{25}{9}$$

$$\Leftrightarrow \frac{(n-1)}{(n-3)} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow 3n - 3 = 5n - 15 \Leftrightarrow n = 6$$

الانتقال (a) : سلسلة بفوند

الانتقال (b): سلسلة باشن.

**حل التمرين الثالث.**

1. كتابة شاردة الهيدروجينويد الخاصة بكل من: $_2He$, $_3Li$, $_4Be$, $_5B$

$$_2He \rightarrow {}_2He^+ + e^- \quad \Rightarrow \quad {}_2He^+$$

$$_3Li \rightarrow {}_3Li^{2+} + 2e^- \quad \Rightarrow \quad {}_3Li^{2+}$$

$$_4Be \rightarrow {}_4Be^{3+} + 3e^- \quad \Rightarrow \quad {}_4Be^{3+}$$

$$_5B \rightarrow {}_5B^{4+} + 4e^- \quad \Rightarrow \quad {}_5B^{4+}$$

2. حساب انصاف اقطار والطاقات الموافقة لمدارات بور لشاردتي $_2He^+$ ، $_3Li^{2+}$ :

- **شاردة الهيليوم $_2He^+$ :**

$$\begin{cases} r_1 = \frac{1^2}{2} a_0 = \frac{a_0}{2} = \frac{0,53}{2} = 0,265A° \\ r_2 = \frac{2^2}{2} a_0 = \frac{4\,a_0}{2} = 2\,a_0 = 2 \,.\, 0,53 = 1,06A° \\ r_3 = \frac{3^2}{2} a_0 = \frac{9\,a_0}{2} = \frac{9 \,.\, 0,53}{2} = 2,385A° \\ r_4 = \frac{4^2}{2} a_0 = \frac{16\,a_0}{2} = 8\,a_0 = 8 \,.\, 0,53 = 4,24A° \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 = \frac{2^2}{1^2} E_0 = 4E_0 = -54,4 \text{ ev} \\ E_2 = \frac{2^2}{2^2} E_0 = \frac{4E_0}{4} = E_0 = -13,6 \text{ ev} \\ E_3 = \frac{2^2}{3^2} E_0 = \frac{4E_0}{9} = \frac{4 \,.\, (-13,6)}{9} = -6,04 \text{ ev} \\ E_4 = \frac{2^2}{4^2} E_0 = \frac{4E_0}{16} = \frac{E_0}{4} = \frac{-13,6}{4} = -3,4 \text{ ev} \end{cases}$$

- **شاردة اللثيوم** $_3Li^{2+}$ :

$$\begin{cases} r_1 = \frac{1^2}{3}a_0 = \frac{a_0}{3} = \frac{0,53}{3} = 0,176A° \\ r_2 = \frac{2^2}{3}a_0 = \frac{4\,a_0}{3} = \frac{4\,.\,0,53}{3} = 0,706A° \\ r_3 = \frac{3^2}{3}a_0 = \frac{9\,a_0}{3} = 3.\,0,53 = 1,59A° \\ r_4 = \frac{4^2}{3}a_0 = \frac{16\,a_0}{3} = \frac{16.\,0,53}{3} = 2,82A° \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 = \frac{3^2}{1^2}E_0 = 9E_0 = -122,4\ ev \\ E_2 = \frac{3^2}{2^2}E_0 = \frac{9E_0}{4} = \frac{9(-13,6)}{4} = -30,6\ ev \\ E_3 = \frac{3^2}{3^2}E_0 = \frac{9E_0}{9} = E_0 = -13,6\ ev \\ E_4 = \frac{3^2}{4^2}E_0 = \frac{9E_0}{16} = \frac{9(-13,6)}{16} = -7,65\ ev \end{cases}$$

3. حساب طاقة التاين لكل هيدروجينويد من الحالة الأساسية: $n_i = 1$

- **شاردة الهيليوم :** $E_i = \left(E_\infty - E_{n_i}\right) = -E_{n_i} = -\frac{Z^2}{n_i^2}E_0 = -\frac{2^2}{1^2}(-13,6) = 54,4\ ev$
- **شاردة الليثيوم:** $E_i = \left(E_\infty - E_{n_i}\right) = -E_{n_i} = -\frac{Z^2}{n_i^2}E_0 = -\frac{3^2}{1^2}(-13,6) = 122,4\ ev$
- **شاردة البيريليوم:** $E_i = \left(E_\infty - E_{n_i}\right) = -E_{n_i} = -\frac{Z^2}{n_i^2}E_0 = -\frac{4^2}{1^2}(-13,6) = 217,6\ ev$
- **شاردة البور:** $E_i = \left(E_\infty - E_{n_i}\right) = -E_{n_i} = -\frac{Z^2}{n_i^2}E_0 = -\frac{5^2}{1^2}(-13,6) = 340\ ev$

4. بالنسبة لشبيه الهيدروجين $_zX^{a+}$ الذي يوجد في حالة أساسية وعند امتصاصة مقدار من الطاقة يصبح في حالة مثارة أولى.

a. ايجاد العدد الذري (Z) لهذا الهيدروجينويد بطريقتين وكتابة عبارة الشاردة الموافقة.اذا كانت طول الموجة الموافقة للانتقال هي $\lambda = 75,75A°$ :

- **الطريقة الأولى:**

$$\Delta E = (E_2 - E_1) = h\upsilon = \frac{h\,C}{\lambda} \Leftrightarrow (E_2 - E_1) = \frac{h\,C}{\lambda} \quad / \quad \begin{cases} E_2 = \dfrac{Z^2}{2^2} E_0 \\ E_1 = \dfrac{Z^2}{1^2} E_0 \end{cases}$$

$$\left(\frac{Z^2}{2^2} E_0 - \frac{Z^2}{1^2} E_0\right) = \frac{h\,C}{\lambda} \Leftrightarrow -\frac{3}{4} Z^2 E_0 = \frac{h\,C}{\lambda}$$

$$Z^2 = -\frac{4\,h\,C}{3\,E_0\,\lambda} \Leftrightarrow Z = \sqrt{\left(-\frac{4\,h\,C}{3\,E_0\,\lambda}\right)} = \sqrt{\left(-\frac{4\,.6{,}62\,.10^{-34}.3\,.10^{8}}{3\,.(-13{,}6)\,.1{,}6\,.10^{-19}.75{,}75\,.10^{-10}}\right)} = 4$$

- **الطريقة الثانية:**

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2\,R_H\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) \quad / \quad n_i = 1,\ n_f = 2$$

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2\,R_H\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4} Z^2\,R_H \Leftrightarrow Z^2 = \frac{4}{3\,\lambda\,R_H}$$

$$Z = \sqrt{\frac{4}{3\,\lambda\,R_H}} = \sqrt{\frac{4}{3\,.75{,}75\,.10^{-10} 1{,}1\,.10^{7}}} = 4$$

اذا عبارة الشاردة تكون كما يلي: $X^{3+}{}_4$.

b. حساب الطاقة الممتصة وكذلك التواتر والعدد الموجي الموافق للانتقال السابق.

- **الطاقة:**

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{16}{4} E_0 - \frac{16}{1} E_0 = 163{,}2 \text{ ev}$$

طريقة ثانية:

$$\Delta E = \frac{h\,C}{\lambda} = \frac{6{,}62\,.10^{-34}.3\,.10^{8}}{75{,}75\,.10^{-10}} = 0{,}2621\,.10^{-16} \text{ J} = \frac{0{,}2621\,.10^{-16}}{1{,}6\,.10^{-19}} = 163{,}8 \text{ ev}$$

- **التواتر:** $\Delta E = h\,\upsilon \Rightarrow \upsilon = \dfrac{\Delta E}{h} = \dfrac{0{,}2621\,.10^{-16}}{6{,}62.10^{-34}} = 39{,}6\,.10^{15} \text{ Hz}$

- **العدد الموجي:** $\sigma = \dfrac{1}{\lambda} = \dfrac{1}{75{,}75\,.10^{-10}} = 13{,}2.10^{7} \text{ m}^{-1}$

5. من اجل الطبقة الالكترونية الرئيسية N

a. تحديد الاعداد الكمية الأربعة (n, *l*, m, s) لالكترون شبيه الهيدروجين $_4Be^{3+}$ .

$$N \rightarrow n = 4 \rightarrow \begin{cases} l = 0 \\ l = 1 \\ l = 2 \\ l = 3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m = 0 \\ m = -1,0,1 \\ m = -2,-1,0,1,2 \\ m = -3,-2,-1,0,1,2,3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} s = +\frac{1}{2} \\ s = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

b. حساب انصاف اطوال المحاور الصغيرة (b) والكبيرة (a) للمدارات الالكترونية الممكنة بواسطة نظرية سومرفيلد Sommerfeld

- نصف القطر الكبير a:

$$N \rightarrow n = 4 \rightarrow a = r_4 = \frac{4^2}{4} a_0 = 4a_0 = 4 \,.\, 0{,}53 = 2{,}12A°$$

- نصف القطر الصغير b:

$$\frac{b}{a} = \frac{l+1}{n} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{l+1}{4} \quad / \quad l = 0, 1, 2, 3$$

$$\begin{cases} l = 0 \rightarrow \frac{b}{a} = \frac{1}{4} \rightarrow b = \frac{a}{4} = \frac{4a_0}{4} = a_0 = 0{,}53A° \\ l = 1 \rightarrow \frac{b}{a} = \frac{2}{4} \rightarrow b = \frac{2a}{4} = \frac{8a_0}{4} = 2a_0 = 1{,}06A° \\ l = 2 \rightarrow \frac{b}{a} = \frac{3}{4} \rightarrow b = \frac{3a}{4} = \frac{12a_0}{4} = 3a_0 = 1{,}59A° \\ l = 3 \rightarrow \frac{b}{a} = \frac{4}{4} = 1 \rightarrow b = a = 4a_0 = 2{,}12A° \end{cases}$$

# الفصل الخامس:

# الميكانيك الموجي

أدى اكتشاف الخواص الموجية للجسيمات إلى نتائج خطيرة بالنسبة لتفسير حركة الجسيمات وكذلك بالنسبة للميكانيكا بشكل عام. ولابد أن نبحث في الظروف التي تجعل الطبيعة الموجية للجسيمات من الأهمية بمكان بحيث تجعلنا نعدل من الوصف الكلاسيكي (التقليدي) لسلوك الجسيمات. ويمكننا في هذا السبيل أن نعول على معارفنا السابقة حول السلوك الموجي. من أجل هذا كله كان من اللازم البحث عن نموذج جديد بمفاهيم غير الميكانيكا الكلاسيكية لفهم بنية الذرات والجزيئات.

## I. فرضية لويس دوبروقلي (1924) De Broglie:

في بداية القرن العشرين (1905) نجح اينشتاين في تفسير الظاهرة الكهروضوئية بالعودة إلي النظرية الجسيمية وفرضه أن الضوء عبارة عن جسيمات " أو كمات " وسمي كل جسيم بالفوتون. فأصبح هناك تناقض وغموض في طبيعة الضوء هل هو موجة أم جسيم، وظل هذا الغموض حتى عام 1924 عندما تقدم العالم الفرنسي لويس دو بروقلي "Louis de Broglie" بفكرته الثورية عن الخاصية الثنائية للمادة وفيها أوضح أن للضوء صفة مزدوجة فهو يسلك سلوك موجة تحت بعض الظروف (مما يتفق ونظرية هيجنز)، وجسيم أو فوتون تحت ظروف أخرى (مما يتفق مع نظرية نيوتن). وتتلخص الخاصية الثنائية لدو بروقلي في أن الجسيم والموجه وجهان لعملة واحدة حيث:

طبيعة موجية: $E = h\upsilon$

طبيعة جسيمية: $E = mC^2$

من العلاقتين السابقتين اعتمد دوبروقلي الفرضية التالية:

كل دقيقة متحركة كتلتها (m) وسرعتها (v) مواكبة (مصاحبة) لموجة طولها ($\lambda$) وتعطى بالعبارة:

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{h}{P}$$

h: ثابت بلانك. P: كمية الحركة.

- يمكن للدقيقة المتحركة ان تكون جسما عينيا (كرة، رصاصة،...) كما يمكن ان تكون جسما مجهريا (ذرة، بروتون، فوتون، الكترون،...).
- اذا خضع الجسم المجهري الى تسريع بفرق في الجهد (U) فان طول الموجة ($\lambda$) يعطى بالعلاقة: $E_C = e\,U = \frac{1}{2} m\,v^2 \Leftrightarrow m^2\,v^2 = 2m\,e\,U \Leftrightarrow m\,v = \sqrt{2m\,e\,U}$

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{h}{\sqrt{2m\,e\,U}}$$

**II. مبدا الشك لهيزنبارغ Heizenberg (1927):**

يعتبر مبدأ عدم التحديد أو مبدأ عدم التأكد أو مبدأ الريبة أو مبدأ اللايقين أو مبدأ الشك (بالإنجليزية: Heisenberg Uncertainty Principle) من أهم المبادئ في نظرية الكم بعد أن صاغه العالم الألماني هايزنبرج عام 1927 وينص هذا المبدأ على أنه لا يمكن تحديد خاصيتين مقاستين من خواص جملة كمومية إلا ضمن حدود معينة من الدقة، أي أن تحديد أحد الخاصيتين بدقة متناهية (ذات عدم تأكد ضئيل) يتبع بعدم تأكد كبير في قياس الخاصية الأخرى، ويشيع تطبيق هذا المبدأ بكثرة على خاصيتي تحديد الموضع والسرعة لجسيم أولي. فهذا المبدأ معناه أن الإنسان ليس قادرا على معرفة كل شيء بدقة 100%. ولا يمكنه قياس كل شيء بدقة 100%، إنما هناك قدر لا يعرفه ولا يستطيع قياسه.

الارتياب في الموقع $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$:

$$\begin{cases} \Delta P_x . \Delta x \geq h \\ \Delta P_y . \Delta y \geq h \\ \Delta P_z . \Delta z \geq h \end{cases}$$

$\Delta P = m . \Delta v$: الارتياب المطلق على قياس كمية الحركة، $\Delta v$: الارتياب في السرعة.

**مثال:**

اذا كان الارتياب المطلق في الفاصلة $(\Delta x)$ لالكترون ذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية هو $(\Delta x = 0{,}05 A°)$.

أحسب الارتياب المطلق في السرعة $(\Delta v)$.

**الحل:**

$$\Delta P . \Delta x \geq h \Leftrightarrow \Delta P \geq \frac{h}{\Delta x} \Leftrightarrow m \Delta v \geq \frac{h}{\Delta x} \Leftrightarrow \Delta v \geq \frac{h}{m \Delta x}$$

$$\Delta v \geq \frac{6{,}62 . 10^{-34}}{0{,}05 . 10^{-10} . 9{,}1 . 10^{-31}} \Leftrightarrow \Delta v \geq 1{,}4549 . 10^{8} (m/sec)$$

اصغر قيمه هي: $\Delta v = 1{,}4549 . 10^{8} (m/sec)$

نلاحظ ان الارتياب المطلق في سرعة الالكترون في المدار الاول كبير جدا وهو من رتبة سرعة الضوء. إذن نستنتج ان سرعة الالكترون تكون كبيرة جدا ولايمكن تحديدها، وبالتالي لايمكن تحديد المسار الذي

الذي يسلكه الالكترون وهذا ما ادى الى الغاء فكرة المسارات الدائرية لبور وتعويضها بالمحط الذري (Orbitale Atomique OA).

### III. التابع الموجي Ψ:

كل دقيقة متحركة كتلتها (m) وسرعتها (v) تصاحبها موجة طولها $\left(\lambda = \frac{h}{m\,v}\right)$ وتابعها الموجي (دالتها الموجية) $\Psi(M, t)$ حيث: M نقطة من الفراغ إحداثياتها (x, y, z)، t: هو الزمن.

في حالة الكترون يكون التابع الموجي هو بيان الدالة $\Psi(M, t)$.

### 1.III. التابع الموجي المستقر:

يوجد في الطبيعة نوع من الأمواج تدعى الأمواج المستقرة الناتجة من ذهاب موجة ثم عودتها على نفس المسار. يمكن الحصول

على هذا النوع من الأمواج بتثبيت حبل من طرفيه وإحداث إهتزاز.

تجريبيا وجد أن هذا النوع من الأمواج المنتشرة في الفضاء يقدم أحسن النتائج عند استخدامها لوصف حركة إلكترون حول نواة.

العبارة التحليلية للتوابع الموجية المستقرة أحادية البعد (x) تعطى بالعبارة:

$$\Psi(x, t) = A\,\mathrm{Cos}\frac{2\pi}{\lambda}x\,\mathrm{Cos}\,\omega t$$

A: ثابت، λ: طول الموجة، ω: السرعة الزاوية ($\omega = 2\pi\upsilon$).

### 2.III. معادلة شرودينجر E. Schrodinger:

في ميكانيكا الكم، معادلة شرودينجر عبارة عن معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية تصف كيفية تغير الحالة الكمية لنظام فيزيائي مع الزمن، وقد صاغها عالم الفيزياء النمساوي إرفين شرودينجر في أواخر عام 1925 ونشرها عام 1926. تصف هذه المعادلة حالات النظم الكمومية المعتمدة على الزمن. وتحتل هذه المعادلة أهمية خاصة في ميكانيكا الكم حيث تعتبر بمثابة قانون التحريك الثاني لنيوتن الذي يعتبر أساسيا في الفيزياء الكلاسيكية.

لتكن الموجة المستقرة أحادية البعد (x) تابعها الموجي:

$$\Psi(x, t) = A\,\mathrm{Cos}\frac{2\pi}{\lambda}x\,\mathrm{Cos}\,\omega t$$

$$\frac{d\Psi}{dx} = -\frac{2\pi}{\lambda} A \operatorname{Sin}\frac{2\pi}{\lambda} x \operatorname{Cos}\omega t$$

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \underbrace{A \operatorname{Cos}\frac{2\pi}{\lambda} x \operatorname{Cos}\omega t}_{\Psi}$$

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2}\Psi \Leftrightarrow \frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{4\pi^2}{\lambda^2}\Psi = 0 \quad \text{.....(1)}$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية حلولها توابع مستقرة أحادية البعد $\Psi(x, t)$، بتعويض $\left(\lambda = \frac{h}{m\,v}\right)$ في المعادلة (1) نجد:

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{4\pi^2 m^2 v^2}{h^2}\Psi = 0 \quad \text{.....(2)}$$

ومن جهة أخرى: $E_T = E_C + V \Leftrightarrow E_C = E - V$

V: الطاقة الكامنة.

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} m\,v^2 = E - V \Leftrightarrow m^2V^2 = 2m(E - V) \quad \text{.....(3)}$$

بتعويض المعادلة (3) في المعادلة (2) نجد:

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E - V)\Psi = 0 \quad \text{.....(4)}$$

وهي معادلة شرودينجر من اجل دقيقة كتلتها (m) وطاقتها الكلية (E) وطاقتها الكامنة (V) في الفراغ احادي البعد (x).

عند تقسيم المعادلة (4) على الابعاد الثلاثة (x, y, z) نجد:

$$\underbrace{\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)}_{\Delta}\Psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E - V)\Psi = 0$$

Δ: معامل لابلاس

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E - V)\Psi = 0 \quad \text{.....(5)}$$

يمكن كتابة المعادلة (4) على الشكل:

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} E\,\Psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\,\Psi$$

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\,\Psi = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} E\,\Psi$$

$$-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\frac{d^2\Psi}{dx^2} + V\,\Psi = E\,\Psi$$

$$\underbrace{\left(-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\frac{d^2}{dx^2} + V\right)}_{H}\Psi = E\,\Psi \Leftrightarrow H\,\Psi = E\,\Psi \quad \text{.....(6)}$$

H :Opérateur Haméltoniène.

### 3.III. تطبيق معادلة شرودينجر على الهيدروجين واشباه الهيدروجين:

تتكون ذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين من الكترون وحيد يدور حول نواة ساكنة البعد بينهما (r).

تعطى عبارة الطاقة الكامنة بالعبارة: $V = -\frac{K Z e^2}{r}$

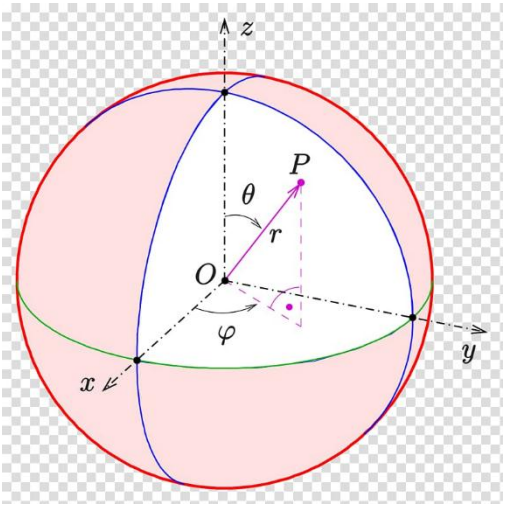
بتعويض عبارة الطاقة الكامنة في معادلة شرودينجر رقم (5) نجد:

$$\Delta\Psi(x,y,z) + \frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E + \frac{K Z e^2}{r}\right)\Psi(x,y,z) = 0 \quad \text{.....(7)}$$

وهي معادلة شرودينجر في الاحداثيات الديكارتية (x, y, z) من اجل ذرة الهيدروجين واشباه الهيدروجين.

كما يمكن كتابة هذه المعادلة في الاحداثيات الكروية (r, θ, φ) كما يلي:

$$\Delta\Psi(r,\theta,\varphi) + \frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E + \frac{K Z e^2}{r}\right)\Psi(r,\theta,\varphi) = 0 \quad \text{.....(8)}$$




المعادلة (8) تتكون من قسمين:

القسم الشعاعي : ويتعلق بـ (r). Partie radiale

القسم الزاوي: ويتعلق بـ (θ, φ). Partie angulaire

حيث :

$$\Psi(r,\theta,\varphi) = \underbrace{R(r)}_{\text{Radiale}}\ \underbrace{\theta(\theta)\Phi(\varphi)}_{\text{Angulaire}}$$

لحل معادلة شرودينجر يجب اتباع عدة مراحل:

تحويل المعادلة المعطاة في الاحداثيات الديكارتية (x,y,z) إلى الإحداثيات الكروية (r, θ, φ).

وقد وجد عدد لا متناهي من الحلول إلا أن الحلول الصحيحة (المعقولة) هي التي تفي بالشروط الآتية:

- يجب أن تكون دالة الموجة Ψ معرفة ومستمرة وأن لا تأخذ مقدار الصفر من أجل المتغيرات φ، θ، r.
- من أجل قيم محدودة φ، θ، r لا يجب أن نجد أكثر من قيمة واحدة للدالة Ψ
- يجب أن تكون الدالة Ψ ناظمية أي يجب ان يكون:

$$\iiint |\Psi|^2 dx\, dy\, dz = 1$$

أي إن احتمال وجود الإلكترون في كل الفضاء يساوي الواحد (شرط التسوية).

حل المعادلة التفاضلية رقم (8) يؤدي الى ثلاثة اعداد كمية (n, *l*, m).

يمثل التابع الموجي Ψ في الاحداثيات الكروية بثلاثة اعداد كمية (n, *l*, m) حيث:

$$\Psi_{n,l,m}(r,\theta,\varphi) = R_{n,l}(r)\ \theta_{l,m}(\theta)\Phi_m(\varphi)$$

كل تابع موجي $\Psi_{n,l,m}$ يحدد سطحا حديا يتمثل في السحابة الالكترونية تسمى المحط الذري (Orbitale Atomique OA) يحدد نوعه العدد الكمي الثانوي (*l*) وطبقته الرئيسية يحددها العدد الكمي الرئيسي

(n) وعدده واتجاهه يحدده العدد الكمي المغناطيسي (m)، حيث يكون عدد المحطات الذرية هو: $\sum m = 2l + 1$.

| الطبقات الثانوية (التحتية) | ns | np | nd | nf |
|---|---|---|---|---|
| العدد الكمي الثانوي $l$ | 0 | 1 | 2 | 3 |
| نوع المحط الذري | $\Psi_{ns}$ | $\Psi_{np}$ | $\Psi_{nd}$ | $\Psi_{nf}$ |
| عدد المحطات الذرية | 1 | 3 | 5 | 7 |

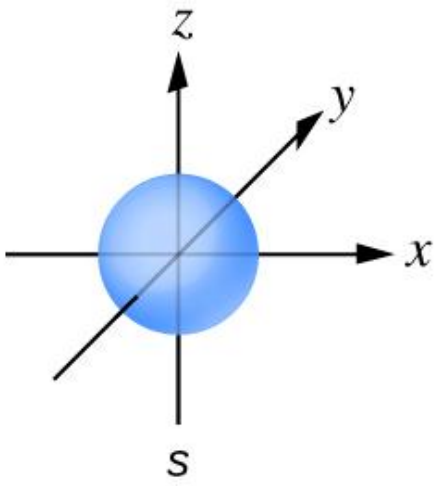
حسب هذا الجدول توجد أربعة أنواع من المحطات الذرية (OA) وهي:

1. **المحطات الذرية $\Psi_{ns}$:** (محط واحد).

$$\forall n \geq 1 \quad \exists l = 0 \Rightarrow m = 0$$

اذن:

$$\Psi_{n\,l\,m} \equiv \Psi_{n\,s} \equiv \Psi_{n,\,0,\,0}$$

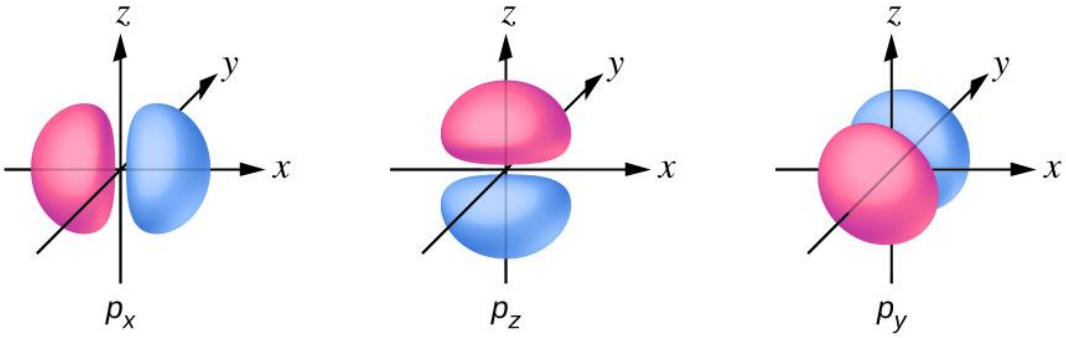



2. **المحطات الذرية $\Psi_{np}$:** (ثلاثة محطات).

$$\forall n \geq 2 \quad \exists l = 1 \Rightarrow m = -1, 0, 1$$

اذن:

$$\Psi_{n\,l\,m} \equiv \Psi_{n\,\mathrm{p}} \equiv \begin{cases} \Psi_{n,1,-1} \\ \Psi_{n,1,0} \\ \Psi_{n,1,1} \end{cases}$$

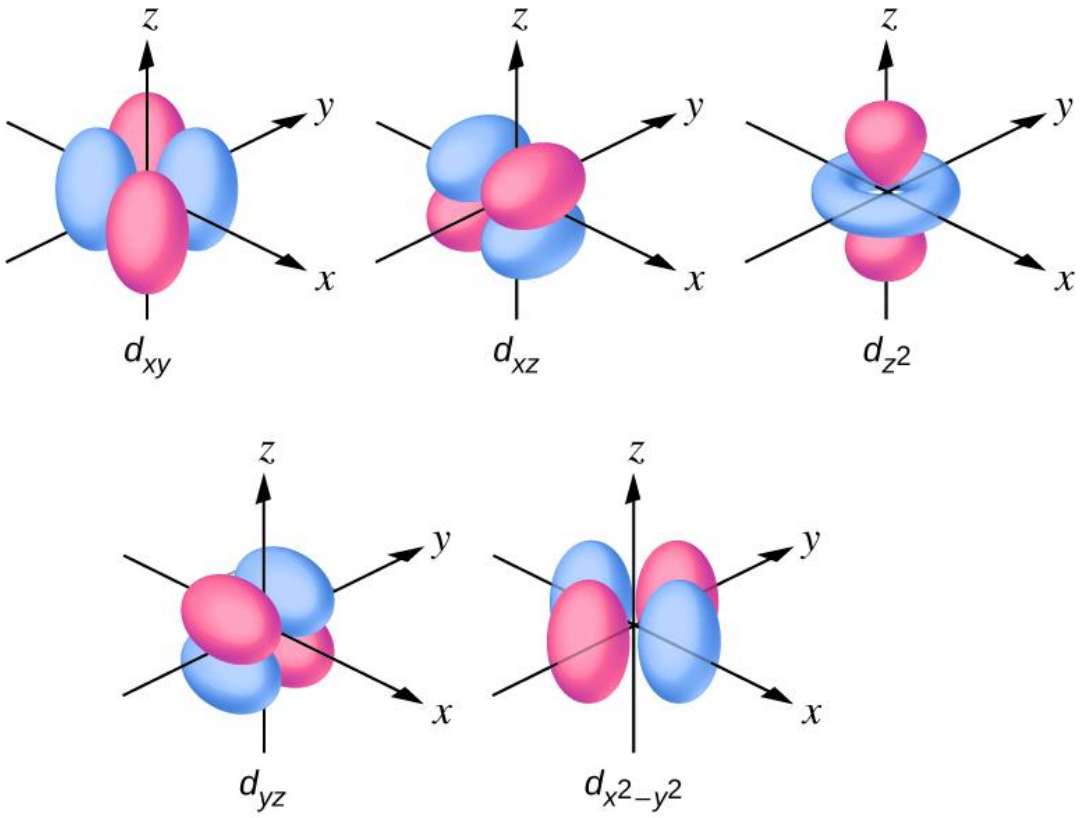



**3. المحطات الذرية $\Psi_{nd}$:** (خمسة محطات).

$$\forall\ n \geq 3 \quad \exists\ l = 2 \ \Rightarrow\ m = -2, -1, 0, 1, 2$$

اذن:

$$\Psi_{n\,l\,m} \equiv \Psi_{n\,\mathrm{d}} \equiv \begin{cases} \Psi_{n,2,-2} \\ \Psi_{n,2,-1} \\ \Psi_{n,2,0} \\ \Psi_{n,2,1} \\ \Psi_{n,2,2} \end{cases}$$

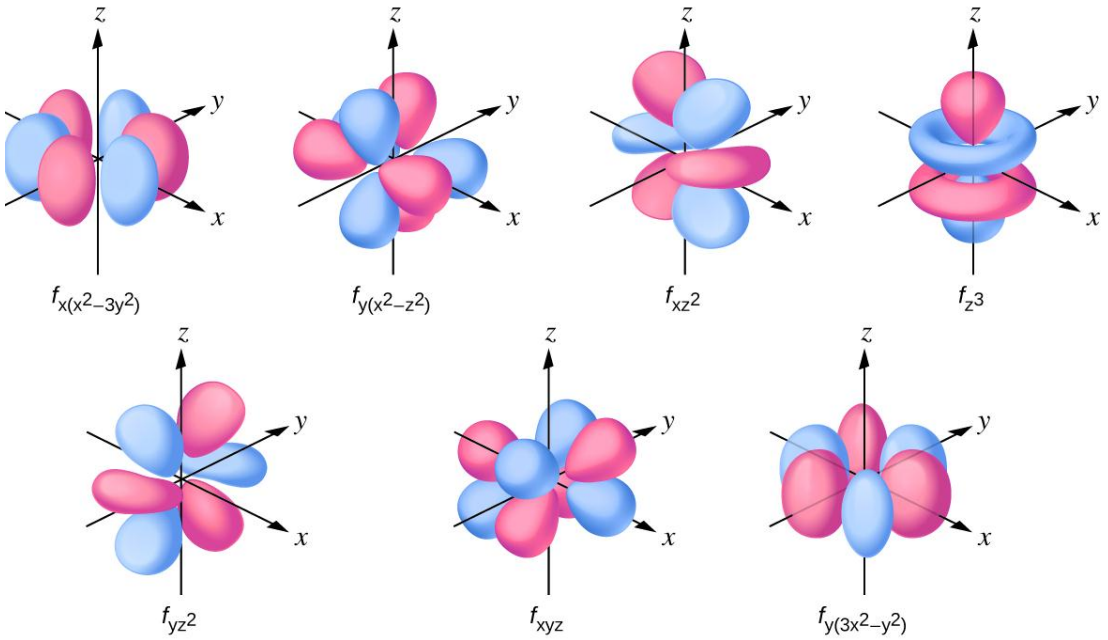



**4. المحطات الذرية $\Psi_{nf}$:** (سبعة محطات).

$$\forall\ n \geq 4 \quad \exists\ l = 3 \ \Rightarrow\ m = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$$

اذن:

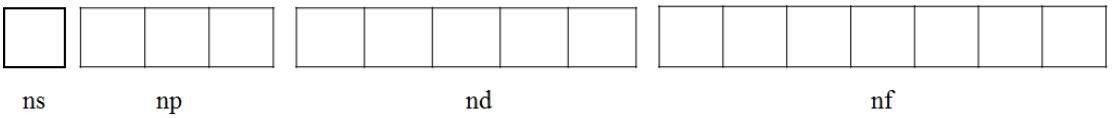
$$\Psi_{n\,l\,m} \equiv \Psi_{n\,f} \equiv \begin{cases} \Psi_{n,3,-3} \\ \Psi_{n,3,-2} \\ \Psi_{n,3,-1} \\ \Psi_{n,3,0} \\ \Psi_{n,3,1} \\ \Psi_{n,3,2} \\ \Psi_{n,3,3} \end{cases}$$




## IV. البنية الالكترونية للذراة متعددة الالكترونات:

### 1.IV. تمثيل المحطات الذرية بالحجرات الكوانتية:

تمثل المحطات الذرية بواسطة مربعات تدعى الحجرات الكوانتية، تجمع المحطات الذرية لنفس تحت الطبقة كما يلي:




كل حجيرة تحتوي على الكترونين على الأكثر يمثلان بنصف سهمين متوازيين ومتعاكسين في الاتجاه ⇅ الالكترونين لهما نفس الاعداد الكمية (n, *l*, m) ويختلفان في العدد الكمي السبيني (s)، $s = \pm\frac{1}{2}$ موجب نحو الأعلى وسالب نحو الأسفل.

### 2.IV. توزيع الالكترونات على المحطات الذرية:

يخضع توزيع الالكترونات على الطبقات الى ثلاثة عوامل:

#### 1.2.IV. عامل الاستقرار:

فى الحالة الأساسية تشغل الالكترونات أخفض مستويات الطاقة و الذي يعطي للذرة استقرارا.

**مثال:**

$$_{2}He: 1s^{2}$$

$$_{3}Li: 1s^{2}\ 2s^{1}\ 2p^{0}$$

$$_{6}C: 1s^{2}\ 2s^{2}\ 2p^{2}$$

### 2.2.IV. مبدا الاستبعاد لـ باولي Pauli:

ينص هذا المبدا على انه في أي ذرة لا يوجد الكترونان لهما نفس الاعداد الكمية الأربعة (n, l, m, s) وهذا يعني انه يجوز (يمكن) ان يشترك الكترونين في ثلاثة اعداد كمية ولكنهما لابد ان يختلفان في العدد الكمي الرابع.

**مثال:** $_{2}He: 1s^{2}$ ⇅ $\Psi_{1,0,0,+\frac{1}{2}}$ , $\Psi_{1,0,0,-\frac{1}{2}}$

### 3.2.IV. قاعدة هوند Hund:

في نفس الطبقة اذا وجد عدد غير كاف من الالكترونات لملا كل الحجيرات الكمية فان هذه الالكترونات توزع على شكل الكترون واحد في كل حجيرة (اعزب) ثم تتزاوج.

**مثال:**

$_{6}C: 1s^{2}\ 2s^{2}\ 2p^{2}$ ⇅ ⇅ ↑ ↑ _

$_{7}N: 1s^{2}\ 2s^{2}\ 2p^{3}$ ⇅ ⇅ ↑ ↑ ↑

$_{8}O: 1s^{2}\ 2s^{2}\ 2p^{4}$ ⇅ ⇅ ⇅ ↑ ↑

يسمى الالكترون الذي يشغل الحجيرة الكمية لمفرده الكترون اعزب.

يسمى الزوج الالكتروني (الالكترونين) الذين يشغلان الحجيرة الكمية الواحدة الكترونين متزاوجين.

## 3.IV. طاقة المحطات الذرية:

تتعلق طاقة المحط الذري بقيم كل من ( $l$, n).

- من اجل قيمة ثابتة لـ ($l$) فان الطاقة تزداد بزيادة (n).

**مثال:**

$$\begin{cases} l = 0 \longrightarrow E_{(1s)} < E_{(2s)} < E_{(3s)} \\ l = 1 \longrightarrow E_{(2p)} < E_{(3p)} < E_{(4p)} \end{cases}$$

- من اجل قيمة ثابتة لـ (n) فان الطاقة تزداد بزيادة ($l$).

**مثال:**

$$\begin{cases} n = 3 \longrightarrow \underset{l=0}{E_{(3s)}} < \underset{l=1}{E_{(3p)}} < \underset{l=2}{E_{(3d)}} \\ n = 4 \longrightarrow \underset{l=0}{E_{(4s)}} < \underset{l=1}{E_{(4p)}} < \underset{l=2}{E_{(4d)}} < \underset{l=3}{E_{(4f)}} \end{cases}$$

### 4.IV. قاعدة كلايتشوفسكي klechkowski:

وهي القاعدة التي يبنى عليها توزيع الالكترونات على الطبقات الفرعية وذلك تبعا للطاقة المتزايدة لقيم (n + l).

**مثال:** 3d يأتي بعد 4s لأن:

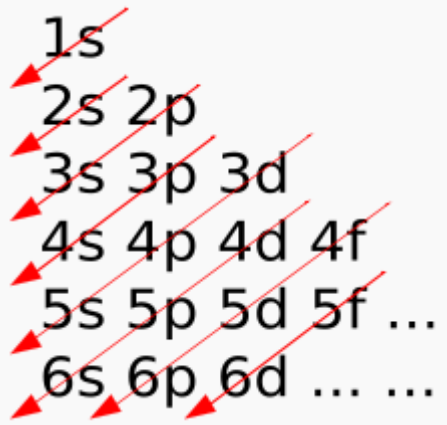
$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{(n+l)}_{(4s)} = (4+0) = 4 \\ \underbrace{(n+l)}_{(3d)} = (3+2) = 5 \end{array}\right\} \Rightarrow \underbrace{(n+l)}_{(3d)} > \underbrace{(n+l)}_{(4s)}$$

اما في حالة تساوي القيمة (n+l) في طبقتين فان الترتيب يخضع لقاعدة تزايد (n).

**مثال:** 3s يأتي بعد 2p لأن:

$$\left.\begin{array}{l} \underbrace{(n+l)}_{(3s)} = (3+0) = 3 \\ \underbrace{(n+l)}_{(2p)} = (2+1) = 3 \end{array}\right\} \Rightarrow \underbrace{(n=3)}_{(3s)} > \underbrace{(n=2)}_{(2p)}$$

اذن ترتب الطبقات الفرعية حسب قاعدة كلايتشوفسكي وفق المخطط التالي:




### IV.1.4. التوزيع الالكتروني:

يسمى ترتيب الطبقات الفرعية حسب قاعدة كلايتشوفسكي بالتوزيع الالكتروني ويكون كما يلي:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6\ 7s^2\ 5f^{14}\ 6d^{10}\ 7p^6$$

**مثال:** $_{63}X: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6\ 6s^2\ 4f^7$

### IV.2.4. التشكيل الالكتروني:

يسمى ترتيب الطبقات الفرعية تبعا لقيم (n) المتزايدة بالتشكيل الالكتروني وهو يستنتج من التوزيع الالكتروني.

**مثال:** $_{63}X: \underset{n=1}{1s^2}\ \underbrace{2s^2\ 2p^6}_{n=2}\ \underbrace{3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}}_{n=3}\ \underbrace{4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 4f^7}_{n=4}\ \underbrace{5s^2\ 5p^6}_{n=5}\ \underset{n=6}{6s^2}$

### IV.3.4. التوزيع الالكتروني باستعمال الغاز الخامل:

الغازات الخاملة هي ذرات طبقتها الخارجية مشبعة بالالكترونات ليس لها ميول لفقد او اكتساب الكترونات، وينتهي توزيعها الالكتروني بـ ($np^6$) باستثناء الهيليوم ($_2He : 1s^2$) وتصنف (تنتمي) جميعها الى العمود الأخير من الجدول الدوري وهي: $_2He,\ _{10}Ne,\ _{18}Ar,\ _{36}Kr,\ _{54}Xe,\ _{86}Rn$.

يستعمل الغاز الخامل في التوزيع وفي التشكيل الالكتروني للاختصار في الكتابة ويكون كما يلي:

- **في التوزيع الالكتروني:** $_ZX: [Gaz]\ ns^2\ (n-2)f^{14}\ (n-1)d^{10}\ np^6$.
- **في التشكيل الالكتروني:** $_ZX: [Gaz]\ (n-2)f^{14}\ (n-1)d^{10}ns^2\ np^6$

**امثلة:** كتابة التوزيع والتشكيل الالكتروني للعناصر التالية: $_{26}Fe$, $_{12}Mg$, $_{16}S^{2-}$

| العنصر | التوزيع الالكتروني | التشكيل الالكتروني |
|---|---|---|
| $_{26}Fe$ | $_{26}Fe:[_{18}Ar]\ 4s^2 3d^6$ | $_{26}Fe:\ [_{18}Ar]\ 3d^6 4s^2$ |
| $_{12}Mg$ | $_{12}Mg:[_{10}Ne]\ 3s^2$ | $_{12}Mg:[_{10}Ne]\ 3s^2$ |
| $_{16}S^{2-}$ | $_{16}S^{2-}:[_{10}Ne]\ 3s^2 3p^6$ | $_{16}S^{2-}:[_{10}Ne]\ 3s^2 3p^6$ |
| $_{86}Rn$ | $_{86}Rn:[_{54}Xe]\ 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$ | $_{86}Rn:[_{54}Xe]\ 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$ |

### 4.4.IV. الكترونات القلب:

هي الكترونات الغاز الخامل بالإضافة (زائد) الكترونات الطبقات الثانوية (n-2)f ,(n-1)d عندما تكون مشبعة (مملوءة).

### 5.4.IV. الكترونات التكافؤ:

هي الالكترونات المحمولة على الطبقات التحتية التكافؤية وتشكل البنية الالكترونية الخارجية وهي التي تساهم في تشكيل الروابط الكيميائية. او هي الالكترونات التي تلي الكترونات القلب.

**امثلة:**

- $_{35}Br:[_{18}Ar]\ 4s^2 3d^{10} 4p^5$

عدد الكترونات القلب هي 28 الكترون وعدد الكترونات التكافؤ هي 7 الكترونات.

- $_{84}Po:[_{54}Xe]\ 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^4$

عدد الكترونات القلب هي 78 الكترون وعدد الكترونات التكافؤ هي 6 الكترونات.

### 6.4.IV. العناصر الشاذة:

وهي عناصر من الجدول الدوري لايخضع توزيعها الالكتروني لقاعدة كلاينشوفسكي، ومنها العناصر ذات (n-2)f ,(n-1)d المشبعة والنصف مشبعة بالالكترونات تكون اكثر استقرار.

**امثلة:**

$$_{24}Cr: \left[_{18}Ar\right]4s^2\,3d^4 \longrightarrow \left[_{18}Ar\right]4s^1\,3d^5$$

$$_{29}Cu: \left[_{18}Ar\right]4s^2\,3d^9 \longrightarrow \left[_{18}Ar\right]4s^1\,3d^{10}$$

$$_{47}Ag: \left[_{36}Kr\right]5s^2\,4d^9 \longrightarrow \left[_{36}Kr\right]5s^1\,4d^{10}$$

$$_{79}Au: \left[_{54}Xe\right]\,6s^2\,4f^{14}5d^9 \longrightarrow \left[_{54}Xe\right]\,6s^1\,4f^{14}5d^{10}$$

## تمارين الفصل الخامس

**التمرين الأول.**

احسب طول الموجة المواكبة للاجسام التالية:

1. كرة كتلتها $m = 5g$ وسرعتها $v = 20m/s$.
2. الكترون ذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية ($m_e = 9,1 .10^{-31}Kg$).
3. بروتون مسرع بفرق في الجهد قدره $U = 100v$، ($m_p = 1,67 . 10^{-27}Kg$).

**التمرين الثاني.**

1. اكتب العلاقة الرياضية المعبرة عن مبدا الشك لهيزنبورق Hiesnborg
2. احسب الارتياب المطلق الأدنى المرتكب في السرعة ($\Delta v$) والارتياب النسبي في السرعة للاجسام التالية:
   a. رصاصة كتلتها $m = 10g$ وتتحرك بسرعة $v = 1600\ m/s$، عرف موقعها (فاصلتها) بارتياب قدره $\Delta x = 0,1Cm$.
   b. الكترون مسرع بفرق في الجهد قدره $U = 1200\ volts$ وحدد موقعه (فاصلته) بارتياب قدره $\Delta x = 1A°$.
3. اذا كانت طول الموجة المواكبة لالكترون هي $\lambda = 6,61A°$.
   a. احسب سرعة هذا الالكترون.
   b. اذا كانت سرعة الالكترون مقاسة بارتياب نسبي قدره 0,01 احسب الارتياب في الموضع (الفاصلة $\Delta x$).

المعطيات: $h = 6,62 . 10^{-34}\ J.Sec$ ، $m_e = 9,1 . 10^{-31}\ Kg$، $1A° = 10^{-10}\ m$.

**التمرين الثالث.**

1. ماهي الاعداد الكمية الأربعة المميزة لالكترون في الحالة $4S^1$.
2. اعط الاعداد الكمية ($n, l$) للمدارات 3S, 4p, 4d, 5S, 5f.
3. اكتب مختلف المحطات الذرية التي تصف الكترون ذرة هيدروجين في المدار $n = 3$.
4. صنف التوابع الموجية التالية الى الصحيحة منها والخاطئة:

$$\Psi_{0,0,0}, \Psi_{3,0,0}, \Psi_{3,1,-2}, \Psi_{2,2,0}, \Psi_{2,1,-1}, \Psi_{3,3,3,\frac{1}{2}}, \Psi_{3,2,1,-\frac{1}{2}}$$

**التمرين الرابع.**

في جدول اكتب التوزيع والتشكيل الالكتروني ثم حدد عدد الكترونات القلب والكترونات التكافؤ للعناصر التالية: $_{27}Co$, $_{29}Cu$, $_{35}Br$, $_{47}Ag$ $_{79}Au$, $_{84}Po$, $_{118}Og$

## حلول تمارين الفصل الخامس.

### حل التمرين الأول.

1. $\lambda_1 = \frac{h}{m\,v} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 6{,}62 \cdot 10^{-33}\ (m)$

2. $\lambda_2 = \frac{h}{m\,v_0} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 2{,}18 \cdot 10^{6}} = 3{,}33 \cdot 10^{-10}\ (m)$

3. $\lambda_3 = \frac{h}{\sqrt{2m_p\ q_p U}} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{2}}} = 2{,}86 \cdot 10^{-12}\ (m)$

### حل التمرين الثاني.

1. العلاقة الرياضية لمبدا الشك لهيزنبورق تعطى كما يلي:

الارتياب في الموقع $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$:
$$\begin{cases} \Delta P_x \cdot \Delta x \geq h \\ \Delta P_y \cdot \Delta y \geq h \\ \Delta P_z \cdot \Delta z \geq h \end{cases}$$

$\Delta P = m \cdot \Delta v$: الارتياب المطلق على قياس كمية الحركة، $\Delta v$: الارتياب في السرعة.

2. حساب الارتياب المطلق الأدنى المرتكب في السرعة $(\Delta v)$.

a. رصاصة كتلتها $m = 10g$ وتتحرك بسرعة $v = 1600\ m/s$، $\Delta x = 0{,}1Cm$.

$$\Delta P \cdot \Delta x \geq h \Leftrightarrow \Delta P \geq \frac{h}{\Delta x} \Leftrightarrow m\,\Delta v \geq \frac{h}{\Delta x} \Leftrightarrow \Delta v \geq \frac{h}{m\,\Delta x}$$

$$\Delta v_{min} = \frac{h}{m \cdot \Delta x} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-2}} = 6{,}62 \cdot 10^{-29}\ m/sec$$

الارتياب النسبي في السرعة: $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{min} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-29}}{1600} = 4{,}13 \cdot 10^{-32}$

b. الكترون مسرع بفرق في الجهد قدره $\Delta x = 1A°,\ U = 1200\ volts$.

$$\Delta v_{min} = \frac{h}{m \cdot \Delta x} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}} = 7{,}27 \cdot 10^{6}\ m/sec$$

حساب السرعة:

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2 = e \cdot U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1200}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} = 2{,}054 \cdot 10^6 \text{ m/sec}$$

الارتياب النسبي في السرعة: $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{min} = \frac{7{,}27 \cdot 10^6}{2{,}054 \cdot 10^6} = 3{,}54$

3. طول الموجة المواكبة لإلكترون هي $\lambda = 6{,}61 A°$.

a. حساب سرعة هذا الالكترون:

$$\lambda = \frac{h}{m v} \Rightarrow v = \frac{h}{\lambda m} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{6{,}61 \cdot 10^{-10} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}} = 1{,}1 \cdot 10^6 \text{ m/sec}$$

b. حساب الارتياب في الفاصلة $\Delta x$.

$$m \cdot \Delta v \cdot \Delta x \geq h \Rightarrow \Delta x_{min} = \frac{h}{m \cdot \Delta v} \quad \text{.....(1)}$$

$$\frac{\Delta v}{v} = 0{,}01 \Rightarrow \Delta v = 0{,}01 \cdot v \quad \text{.....(2)}$$

بتعويض العلاقة (2) في العلاقة (1) نجد:

$$\Delta x_{min} = \frac{h}{m \cdot 0{,}01 v} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 0{,}01 \cdot 1{,}1 \cdot 10^6} = 6{,}613 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

**حل التمرين الثالث.**

1. الاعداد الكمية الأربعة المميزة لإلكترون في الحالة $4S^1$ هي:

$n = 4, l = 0, m = 0, S = +1/2$ ou $S = -1/2$.

2. الاعداد الكمية $(n, l)$ للمدارات 3S, 4p, 4d, 5S, 5f هي:

| المدار | 3S | 4p | 4d | 5S | 5f |
|---|---|---|---|---|---|
| n | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| $l$ | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 |

3. كتابة مختلف المحطات الذرية التي تصف الكترون ذرة هيدروجين في المدار $n = 3$

$$l=0\rightarrow m=0\rightarrow 3S$$

$$n=3\Rightarrow \quad l=1\rightarrow \begin{cases} m=+1\rightarrow 3p_x \\ m=0\rightarrow 3p_y \\ m=-1\rightarrow 3p_z \end{cases}$$

$$l=2\rightarrow \begin{cases} m=+2\rightarrow 3d_2 \\ m=+1\rightarrow 3d_1 \\ m=0\rightarrow 3d_0 \\ m=-1\rightarrow 3d_{-1} \\ m=-2\rightarrow 3d_{-2} \end{cases}$$

4. تصنيف التوابع الموجية الى الصحيحة منها والخاطئة:

$$\begin{cases} \Psi_{0,0,0} \rightarrow \text{faux} \\ \Psi_{3,0,0} \rightarrow \text{vrai} \\ \Psi_{3,1,-2} \rightarrow \text{faux} \\ \Psi_{2,2,0} \rightarrow \text{faux} \end{cases} \qquad \begin{cases} \Psi_{2,1,-1} \rightarrow \text{vrai} \\ \Psi_{3,3,3,\frac{1}{2}} \rightarrow \text{faux} \\ \Psi_{3,2,1,-\frac{1}{2}} \rightarrow \text{vrai} \\ \Psi_{5,2,2,+\frac{1}{2}} \rightarrow \text{vrai} \end{cases}$$

**حل التمرين الرابع.**

| العنصر | التوزيع الالكتروني | التشكيل الالكتروني | الكترونات القلب | الكترونات التكافؤ |
|---|---|---|---|---|
| $_{27}Co$ | $[_{18}Ar]\ 4s^2\,3d^7$ | $[_{18}Ar]\ 3d^7\,4s^2$ | 18 | 9 |
| $_{29}Cu$ | $[_{18}Ar]\ 4s^1\,3d^{10}$ | $[_{18}Ar]\ 3d^{10}\,4s^1$ | 28 | 1 |
| $_{35}Br$ | $[_{18}Ar]\ 4s^2\,3d^{10}\,4p^5$ | $[_{18}Ar]\ 3d^{10}\,4s^2\,4p^5$ | 28 | 7 |
| $_{47}Ag$ | $[_{36}Kr]\ 5s^1\,4d^{10}$ | $[_{36}Kr]\ 4d^{10}\,5s^1$ | 46 | 1 |
| $_{79}Au$ | $[_{54}Xe]6s^1\,4f^{14}\,5d^{10}$ | $[_{54}Xe]4f^{14}\,5d^{10}\,6s^1$ | 78 | 1 |
| $_{84}Po$ | $[_{54}Xe]6s^2\,4f^{14}\,5d^{10}\,6p^4$ | $[_{54}Xe]4f^{14}\,5d^{10}\,6s^2\,6p^4$ | 78 | 6 |
| $_{118}Og$ | $[_{86}Rn]\ 7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6$ | $[_{86}Rn]\ 5f^{14} 6d^{10} 7s^2 7p^6$ | 78 | 8 |

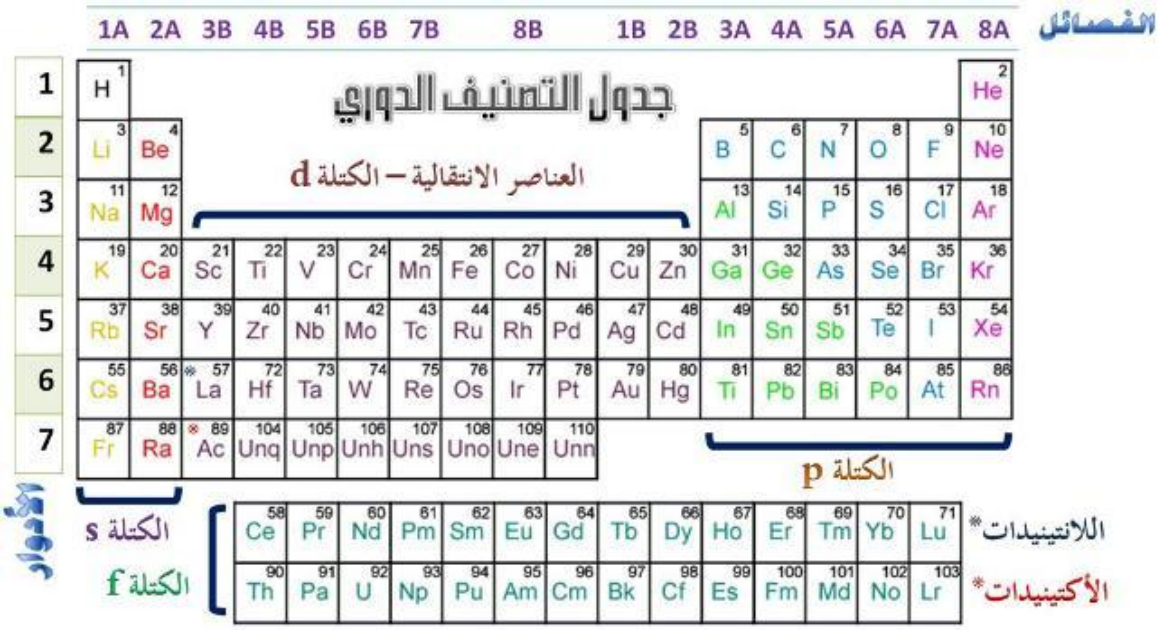
# الفصل السادس:

# الجدول الدوري للعناصر

مع تزايد العناصر الكيميائية المكتشفة والمصنعة أصبح ترتيبها حسب معايير محددة ضرورة ملحة، ويعد ماندلييف أهم من أنجز ترتيبا دوريا سنة 1869م. وبعد تطور الابحاث واكتشاف أنواع جديدة استقر الأمر على الترتيب الحالي والذي يضم 118عنصرا. إن أهم خصائص الترتيب الدوري للعناصر الكيميائية، هو تصنيف العناصر على شكل مجموعات كيميائية، حيث تتصف عناصر المجموعة الواحدة بخواص كيميائية متشابهة جدا.

## I. التصنيف الدوري لمنديليف Mendeleïev :

يعتبر العالم مندلييف أول من رتب العناصر في جدول ترتيبا يبرز خواصها الدورية فقد وجد أنه لدى ترتيب العناصر في سلاسل أفقية وفق الزيادة في الأوزان الذرية فإن خواص هذه العناصر وتكافؤها يتغير بصورة تدريجية ودورية، فوضع العناصر المتشابهة الخواص فوق بعضها البعض في مجموعات شاقولية معتبرا أن خواص العناصر دالة دورية لأوزانها الذرية.




## II. التصنيف الدوري الحديث للعناصر:

يحتوي الجدول الدوري الحديث على سبعة اسطر تسمى الدورات، وعلى ثمانية عشرة عمود تسمى الاعمدة او المجموعات.

يتم تصنيف العناصر في الجدول الدوري حسب تزايد العدد الذري (Z) للعناصر من اليسار الى اليمين في السطر الواحد، ومن الأعلى الى الأسفل في العمود الواحد.

عند الانتقال من حجرة في الجدول الدوري الى أخرى موالية في نفس السطر فان العدد الذري (Z) يزداد بواحد.

## 1.II. دراسة الدورات (الاسطر):

يحدد السطر (الدورة) الذي ينتمي اليه العنصر من اعلى قيمة للعدد الطبيعي (n) في التوزيع الالكتروني.

K: السطر الأول (الدورة الأولى) n = 1: تحت الطبقة $1s^2$ ويوافق عنصرين هما: ($_1H$, $_2He$).

L: السطر الثاني (الدورة الثانية) n = 2: تحت الطبقات $2s^2$, $2p^6$ ← ($8e^-$) ⇐ توافق 8 عناصر هي: $_3Li$, $_4Be$, $_5B$, $_6C$, $_7N$, $_8O$, $_9F$, $_{10}Ne$.

M: السطر الثالث (الدورة الثالثة) n = 3: تحت الطبقات $3s^2$, $3p^6$ ← ($8e^-$) ⇐ توافق 8 عناصر وهي: $_{11}Na$, $_{12}Mg$, $_{13}Al$, $_{14}Si$, $_{15}P$, $_{16}S$, $_{17}Cl$, $_{18}Ar$.

N: السطر الرابع (الدورة الرابعة) n = 4: تحت الطبقات $4s^2$, $3d^{10}$, $4p^6$ ← ($18e^-$) ⇐ توافق 18 عنصر وهي: $_{19}K$, $_{20}Ca$, $_{21}Sc$, $_{22}Ti$, $_{23}V$, $_{24}Cr$, $_{25}Mn$, $_{26}Fe$ ⟶ $_{36}Kr$.

O: السطر الخامس (الدورة الخامسة) n = 5: تحت الطبقات $5s^2$, $4d^{10}$, $5p^6$ ← ($18e^-$) ⇐ توافق 18 عنصر وهي: $_{37}Rb$, $_{38}Sr$, $_{39}Y$, $_{40}Zr$, $_{41}Nb$, $_{42}Mo$, $_{43}Tc$, $_{44}Ru$ ⟶ $_{54}Xe$.

P: السطر السادس (الدورة السادسة) n = 6: تحت الطبقات $6s^2$, $4f^{14}$, $5d^{10}$, $6p^6$ ← ($32e^-$) ⇐ توافق 32 عنصر وهي: $_{55}Cs$, $_{56}Ba$, $_{57}La$ ⟶ $_{71}Lu$, $_{72}Hf$, $_{73}Ta$ ⟶ $_{86}Rn$.

Q: السطر السابع (الدورة السابعة) n = 7: تحت الطبقات $7s^2$, $5f^{14}$, $6d^{10}$, $7p^6$ ← ($32e^-$) ⇐ توافق 32 عنصر وهي: $_{87}Fr$, $_{88}Ra$, $_{89}Ac$ ⟶ $_{103}Lr$, $_{104}Rf$, $_{105}Db$ ⟶ $_{118}Og$.

## 2.II. دراسة الاعمدة:

- ان العناصر المصنفة في نفس العمود من الجدول الدوري لها خواص كيميائية واحدة، هذه العناصر تسمى مجموعات كيميائية اوفئات كيميائية.
- يتالف الجدول الدوري من 18 عمود مقسم الى 8 مجموعات معبر عنها بالأرقام الرومانية من (I الى VIII).
- تتكون المجموعات (الفئات) من مجموعتين ثانويتين هي (A, B).

| المجموعات الاساسية | I | | II | | III | | IV | | V | | VI | | VII | | VIII | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المجموعات الثانوية | $1_A$ | $1_B$ | $2_A$ | $2_B$ | $3_A$ | $3_B$ | $4_A$ | $4_B$ | $5_A$ | $5_B$ | $6_A$ | $6_B$ | $7_A$ | $7_B$ | $8_A$ | $8_B$ | | |
| رقم العمود | 1 | 11 | 2 | 12 | 13 | 3 | 14 | 4 | 15 | 5 | 16 | 6 | 17 | 7 | 18 | 8 | 9 | 10 |

**ملاحظات:**

1. اذا كان اخر الكترون في التوزيع الالكتروني يوجد في احد الطبقتين الثانويتين (ns او np) فان العنصر يكون من المجموعة (A)، اما اذا وجد في (n-1)d او (n-2)f فان العنصر يكون من المجموعة (B).
2. عدد الكترونات التكافؤ التي يحتويها العنصر يمثل رقم المجموعة (الفئة).

### 3.II. دراسة الأقسام:

قسم جدول مندلييف الى أربعة أقسام حيث يصنف العنصر في القسم حسب توزيع اخر الكترون:

- **القسم s :** الإلكترونات الخارجية تشغل محط من النوع (S) ويتكون من عمودين. العمود الأول المحط (S) يحمل إلكترون واحد والثاني يحمل إلكترونين.
- **القسم p :** الإلكترونات الخارجية تشغل محط (p) ويتكون من ستة أعمدة حسب عدد الإلكترونات الموجودة في المحط (p) ويبدأ ظهور القسم (p) في الدور الثاني.
- **القسم d :** الإلكترونات الخارجية تشغل محط (d) ويتكون من عشر أعمدة ويبدأ ظهور القسم (d) في الدور الرابع.
- **القسم f :** الإلكترونات الخارجية تشغل محط (f) ويتكون من أربعة عشر عمود ويبدأ القسم (f) في الظهور ابتداءا من الدور السادس. ويظهر اسفل الجدول الدوري.

**مثال:**

تحديد السطر والمجموعة والقسم الذي ينتمي اليهم العناصر:

| العنصر | التوزيع الالكتروني | e القلب | e التكافؤ | الدورة | المجموعة | القسم |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $_{6}C$ | $[_{2}He]\ 2s^2 2p^2$ | 2 | 4 | n = 2 | $IV_A$ | P |
| $_{24}Cr$ | $[_{18}Ar]\ 4s^1 3d^5$ | 18 | 6 | n = 4 | $VI_B$ | d |
| $_{14}Si$ | $[_{10}Ne]\ 3s^2 3p^2$ | 10 | 4 | n = 3 | $IV_A$ | P |
| $_{20}Ca$ | $[_{18}Ar]\ 4s^2$ | 18 | 2 | n = 4 | $II_A$ | S |
| $_{57}La$ | $[_{54}Xe]\ 6s^2 4f^1$ | 54 | 3 | n = 6 | $III_B$ | f |

## 4.II. العائلة الكيميائية:

### 1.4.II. قاعدة ساندرسن Sanderson:

يعتبر العنصر معدن اذا كان عدد الكترونات الطبقة الالكترونية ذات اكبر قيمة لـ (n) اصغر او يساوي من رقم السطر الذي ينتمي اليه هذا العنصر.

**مثال:**

اليود ($_{53}I$) ليس معدن لان: عدد الالكترونات $7 > (n=5)$ رقم السطر. $_{53}I:[_{36}Kr]\ 5s^2 4d^{10} 5p^5$

الحديد ($_{26}Fe$) معدن لان: عدد الالكترونات $2 > (n=4)$ رقم السطر. $_{26}Fe:[_{18}Ar]\ 4s^2 3d^6$

**المجموعات**

- المجموعة $I_A$: تسمى عناصر هذه المجموعة بالمعادن الأساسية (القاعدية) وتسمى كذلك المعادن القلوية.
- المجموعة $II_A$: تسمى عناصر هذه المجموعة بالمعادن الترابية او القلوية الترابية.
- المجموعات $III_A, IV_A, V_A, VI_A$: بعضها من عائلة المعادن وبعض من اللامعادن.
- المجموعة $VII_A$: تسمى عناصر هذه المجموعة الهالوجينات.
- المجموعة $VIII_A$: تسمى عناصر هذه المجموعة الغازات الخاملة.
- المجموعتان $I_B, II_B$: تسمى عناصر هاتين المجموعتين المعادن الخفيفة.
- المجموعة $III_B$: من عائلة اللانتانيدات والاكتينيدات.
- المجموعات $IV_B, V_B, VI_B, VII_B, VIII_B$: تسمى عناصر هاته المجموعات المعادن الانتقالية.

### 2.4.II. العناصر الانتقالية:

هي معادن عديدة التكافؤ يكون توزيعها الالكتروني من الشكل: $ns^2 (n-1)d^{1\longrightarrow 8}$

**مثال:** الحديد ($_{26}Fe$) معدن انتقالي $\longrightarrow$ $_{26}Fe:[_{18}Ar]\ 4s^2 3d^6$

الموليبدان ($_{42}Mo$) معدن انتقالي $\longrightarrow$ $_{42}Mo:[_{36}Kr]\ 5s^2 3d^4$

### 3.4.II. عائلة اللانتانيدات Lanthanides:

هي عناصر من الدورة (السطر) السادسة والمجموعة ($III_B$) ينتهي توزيعها الالكتروني بـ $4f^{1\longrightarrow 14}$

لها نفس خواص عنصر Lanthane ($_{57}$La) وتصنف جميعها في الجدول الدوري في حجرة واحدة وهي حجرة ($_{57}$La) وتظهر في السطر الأول اسفل الجدول الدوري وهي:

$_{57}$ La, $_{58}$ Ce, $_{59}$ Pr, $_{60}$ Nd, $_{61}$ Pm, $_{62}$ Sm, $_{63}$ Eu, $_{64}$ Gd, $_{65}$ Tb, $_{66}$ Dy, $_{67}$ Ho, $_{68}$ Er, $_{69}$ Tm, $_{70}$ Yb, $_{71}$ Lu

### II.4.4. عائلة الاكتينيدات Actinides:

هي عناصر من الدورة (السطر) السابع والمجموعة ($III_B$) ينتهي توزيعها الالكتروني بـ $5f^{1\longrightarrow 14}$ لها نفس خواص عنصر Actinium ($_{89}$Ac) وتصنف جميعها في الجدول الدوري في حجرة واحدة وهي حجرة ($_{89}$Ac) وتظهر في السطر الثاني اسفل الجدول الدوري وهي:

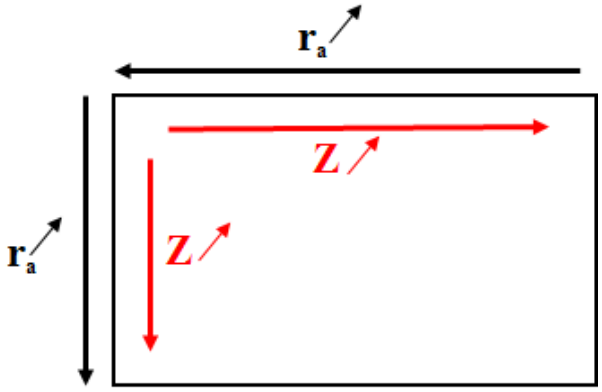
$_{89}$ Ac, $_{90}$ Th, $_{91}$ Pa, $_{92}$ U, $_{93}$ Np, $_{94}$ Pu, $_{95}$ Am, $_{96}$ Cm, $_{97}$ Bk, $_{98}$ Cf, $_{99}$ Es, $_{100}$ Fm, $_{101}$ Md, $_{102}$ No, $_{103}$ Lr

## III. الخواص الدورية للعناصر:

### III.1. نصف القطر الذري:

هو نصف المسافة بين نواتين لعنصر باعتبار أن ذرة ذلك دائرية تماماً ويستخدم لوصف حجم الذرة. وتقاس بوحدة أنجستروم. كما يطلق نصف القطر التساهمي على نصف القطر الذري (عند تكون رابطة تساهمية)، نصف القطر الفلزي في حالة العناصر الفلزية. وتقنيا فإن نصف القطر الذري هو نصف مسافة الاتزان بين ذرتين متجاورتين، (واللتان ترتبطان معا برابطة تساهمية، أو يتواجدا بقرب بعضهما البعض في شكل شبكة بلورية لأي عنصر.

- **تغير نصف القطرالذري في العمود:** عند الإنتقال من الأعلى إلى الأسفل في الجدول الدوري (في نفس العمود) فإن عدد الطبقات يزداد مما يؤدي إلى التزايد في حجم الذرة أي أن نصف قطر الذرات يزداد، اذا نصف القطر يزداد من الأعلى الى الأسفل.
- **تغير نصف القطرالذري في الدورة:** في نفس الدور يكون للعناصر نفس عدد الطبقات في حين يزداد العدد الشحني (عدد البروتونات) من اليسار نحو اليمين. ثبوت عدد الطبقات وازدياد العدد الشحني يؤدي إلى الزيادة في قوة جذب الإلكترون في الطبقة الخارجية من طرف النواة مما يؤدي إلى اقتراب هذا الإلكترون أكثر من النواة أي أن نصف قطر الذرة يتناقص، اذا نصف القطر يتناقص بزيادة العدد الشحني.




### 2.III. نصف القطر الايوني:

نصف القطر الأيوني هو نصف القطر للشاردة، وهذه الاخيرة هي الذرة التي فقدت أو اكتسبت الكترونات.

**مثال:**

- ذرة الصوديوم Na اذا فقدت الكترونا تصبح شاردة موجبة $Na^+$.
- ذرة الكلور Cl اذا اكتسبت الكترونا تصبح شاردة سالبة $Cl^-$.

بصفة عامة: نصف القطر الذري للذرة (X) أكبر من نصف القطر الأيوني للشاردة الموجبة $(X^+)$ وأقل من نصف القطرالأيوني للشاردة السالبة $(X^-)$.

$$r_{a(X^+)} < r_{a(X)} < r_{a(X^-)}$$

- في حالة الأيونات ذات البنية الإلكترونية المتساوية ينقص نصف القطر الأيوني بازدياد العدد الذري (Z).

**مثال:** $r_{(_{20}Ca^{2+})} < r_{(_{19}K^{+})} < r_{(_{17}Cl^{-})}$

### 3.III. طاقة التاين $E_i$:

هي الطاقة اللازمة لنزع الكترون واحد او (n) الكترون من نفس الذرة في حالتها الغازية.

طاقة التاين الأولى: $X_{(g)} \longrightarrow X^+_{(g)} + e^- \Rightarrow E_{i(1)}$

طاقة التاين الثانية: $X^+_{(g)} \longrightarrow X^{2+}_{(g)} + e^- \Rightarrow E_{i(2)}$

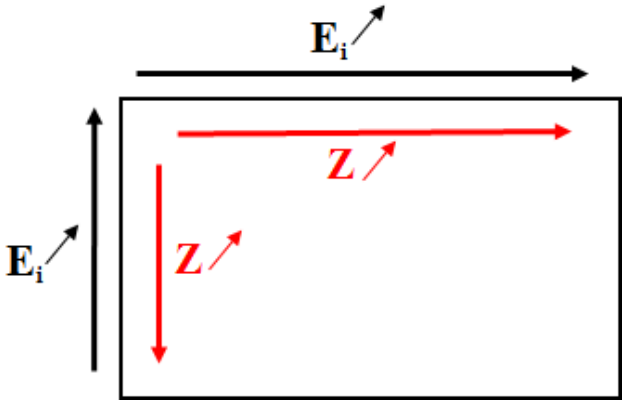
طاقة التاين من الرتبة n: $X^{(n-1)+}_{(g)} \longrightarrow X^{n+}_{(g)} + e^- \Rightarrow E_{i(n)}$

كلما نزعنا الكترون اقتربنا اكثر من النواة فيزداد الارتباط (تزداد طاقة التاين):

$$E_{i(5)} < E_{i(4)} < E_{i(3)} < .... < E_{i(n)}$$

- **تغير طاقة التاين في الجدول الدوري:**

تتغير طاقة التاين في الجدول الدوري عكس تغير نصف القطر الذري ($r_a$) حيث كلما نقص نصف القطر زاد الارتباط ومنه تزداد طاقة التاين.

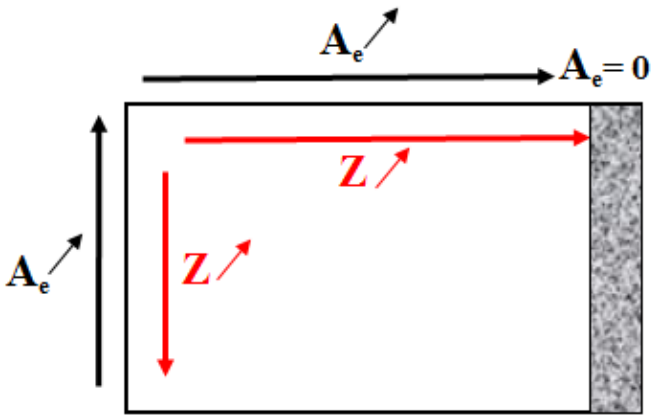



### 4.III. الالفة الالكترونية $A_e$:

هي الطاقة التي تحررها ذرة في حالتها الغازية عند اكتسابها إلكترون واحد.

مثال: $X_{(g)} + e^- \longrightarrow X^-_{(g)} + A_e$

- **تغير الالفة الالكترونية في الجدول الدوري:** تتغير الالفة الالكترونية في الجدول الدوري مثل تغير طاقة التاين الأولى باستثناء المجموعة $VIII_A$ (عمود الغازات الخاملة) فهي تمتاز بألفة الكترونية معدومة.



### 5.III. الكهروسالبية $E_n$:

تعرف الكهروسالبية بانها قدرة الذرة على جذب الإلكترونات التي تربطها بذرة أخرى في الجزيء.

و يمكن حسابها من خلال:

- ✓ سلم (علاقة) Mulliken و هي نصف حاصل جمع قيم الألفة الإلكترونية و طاقات التأين :

$$E_{n(X)} = \frac{E_{i(X)} + A_{e(X)}}{2}$$

- ✓ سلم (علاقة) Pauling: من اجل الجزيء X-Y

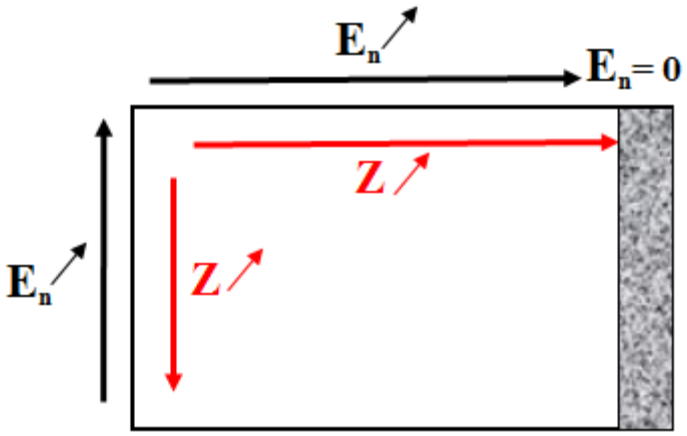
$$E_{n(X)} - E_{n(Y)} = 0{,}102\sqrt{\Delta H}$$

حيث: $E_{n(X)} > E_{n(Y)}$

$$\Delta H = E_{(X-Y)} - \frac{\left(E_{(X-X)} + E_{(Y-Y)}\right)}{2}$$

$E_{(X-Y)}$, $E_{(X-X)}$, $E_{(Y-Y)}$ : طاقات الروابط (X-Y, X-X, Y-Y) على الترتيب.

- **تغير الكهروسالبية في الجدول الدوري:** تتغير الكهروسالبية في الجدول الدوري مثل تغير الالفة الالكترونية.




### 6.III. الكهروجابية $E_p$:

تعرف الكهروجابية بانها قدرة الذرة على فقد الإلكترونات التي تربطها بذرة أخرى في الجزيء، وهي تتغير في الجدول الدوري عكس تغير الكهروسالبية.

## تمارين الفصل السادس

**التمرين الأول.**

1. ما هو العنصر الذي ينتمي الى الدورة (السطر) الثالثة وله نفس الخواص الكيميائية لعنصر الباريوم $_{56}Ba$.
2. حدد العناصر التي عدد الكتروناتها اقل من 18 الكترون وتملك الكترونين عازبين في الحالة الأساسية. من بين هذه العناصر أيها ينتمي الى دورة $_{4}Be$ ومجموعة $_{32}Ge$.
3. يملك عنصر 6 الكترونات في الطبقة الخارجية ذات الدالة الموجية $\Psi_{5,1}$، اكتب التوزيع والتشكيل الالكتروني لهذا العنصر في الحالة الأساسية، ثم استنتج عدد ه الذري Z.
4. ماهو العدد الذري Z للذرة X حيث: $X^{2+}$ تملك نفس البنية الالكترونية للارقون $_{18}Ar$.
5. اذا كانت البنية الالكترونية لـ: $Y^{3+}$ من الشكل $Y^{3+}:[_{36}Kr]5s^2 4d^{10}5p^1$ فما هو العدد الذري Z للعنصر Y وما هو موقعه في الجدول الدوري (الدورة والمجموعة).

**التمرين الثاني.**

1. من بين العناصر التالية ما هو العنصر الأكبر حجما:

   Br(Z=35), Ga(Z=31), Ca(Z=20), K(Z=19), Cs(Z=55)
2. ارفق كل عنصر من العناصر التالية الكهروسالبية الموافقة له:

   $_{1}H$, $_{2}He$, $_{3}Li$, $_{7}N$, $_{8}O$, $_{9}F$, $_{11}Na$, $_{37}Rb$

   الكهروسالبية: 3,5 ; 1,0 ; 3,0 ; 0,8 ; 0 ; 2,1 ; 4,0 ; 0,9
3. رتب هذه الايونات حسب تزايد احجامها : $_{34}Se^{2-}$, $_{35}Br^{-}$, $_{37}Rb^{+}$, $_{38}Sr^{2+}$
4. احسب كهروسالبية Br, I حسب سلم ميليكان Mulliken حيث:

   $E_{i(Br)}$= 1140 KJ/mol, $A_{e(Br)}$= 324,6 KJ/mol

   $E_{i(I)}$= 1013 KJ/mol, $A_{e(I)}$= 332,0 KJ/mol
5. احسب كهروسالبية F في جزيء F-Cl حسب سلم باولينغ Pauling اذا علمت ان:

   $E_{n(Cl)}$= 3,2 échelle Pauling ; $E_{(F-F)}$= 155 KJ/mol

   $E_{(Cl-Cl)}$= 240 KJ/mol ; $E_{(F-Cl)}$=249 KJ/mol

**التمرين الثالث.**

تعطى العناصر: D, C, B, A في الحالة الأساسية حيث:

- العنصر A ينتمي الى الدورة 4 والمجموعة $VII_A$.
- الشاردة المستقرة $B^-$ للعنصر B لها نفس التوزيع الالكتروني لعنصر ($_{86}Rn$).

- العنصر C ينتمي الى الدورة 6 ويحتوي 12 الكترون في الطبقة الثانوية ذات: (n=4, *l*=3).
- العنصر D يحتوي 4 الكترونات متزاوجة في الطبقة الثانوية 5d.

1. اوجد العدد الذري Z للعناصر D, C, B, A.
2. في جدول اكتب التوزيع الالكتروني وحدد الدورة والمجموعة والعائلة (معدن-غير معدن).
3. قارن بين العنصرين A, B من حيث طاقة التاين الأولى.
4. قارن بين العناصر B, C, D من حيث نصف القطر الذري.
5. قارن بين A, D من حيث الكهروسالبية واستنتج ترتيبهما ومن حيث الكهروجابية.

**حلول تمارين الفصل السادس.**

**حل التمرين الأول.**

1. العنصر الذي ينتمي الى الدورة (السطر) الثالثة وله نفس الخواص الكيميائية لعنصر الباريوم $_{56}Ba$. (نفس الخواص الكيميائية يعني نفس المجموعة)

$$_{56}Ba:[_{54}Xe]6s^2 \qquad \text{المجموعة } II_A$$

اذن نبحث عن عنصر ينتمي الى الدورة الثالثة $n = 3$ والى المجموعة $II_A$ وليكن X.

$_{12}X:[_{10}Ne]3s^2$ اذن العنصر هو $_{12}Mg$.

2. تحديد العناصر التي عدد الكتروناتها اقل من 18 الكترون وتملك الكترونين عازبين في الحالة الأساسية:

$$[_2He]2s^2 2p^2 \Leftrightarrow {}_6C$$
$$[_2He]2s^2 2p^4 \Leftrightarrow {}_8O$$
$$[_{10}Ne]3s^2 3p^2 \Leftrightarrow {}_{14}Si$$
$$[_{10}Ne]3s^2 3p^4 \Leftrightarrow {}_{16}S$$

تحديد أيها ينتمي الى دورة $_4Be$ ومجموعة $_{32}Ge$

$_4Be:[_2He]2s^2 \rightarrow$ الدورة $n = 2$

$_{32}Ge:[_{18}Ar]4s^2 3d^{10} 4p^2 \rightarrow$ المجموعة $IV_A$

أي ان العنصر ينتهي توزيعه الالكتروني بـ $2p^2$: فهو عنصر الكاربون $_6C:[_2He]2s^2 2p^2$

3. كتابة التوزيع والتشكيل الالكتروني لعنصريملك 6 الكترونات في الطبقة الخارجية ذات الدالة الموجية $\Psi_{5,1}$، في الحالة الأساسية:

$$\Psi_{n,l} \equiv \Psi_{5,1} \Rightarrow \begin{Bmatrix} n = 5 \\ l = 1 \end{Bmatrix} \Rightarrow 5p^6$$

التوزيع الالكتروني: $[_{36}Kr]5s^2 4d^{10} 5p^6$

التشكيل الالكتروني: $[_{36}Kr]4d^{10} 5s^2 5p^6$

عدده الذري هو $Z = 54$ وهو عنصر $_{54}Xe$.

4. العدد الذري Z للذرة X:

$X^{2+}$ تملك نفس البنية الالكترونية للارقون $_{18}Ar$ : $_Z X^{2+} \equiv [_{18}Ar] \Rightarrow \quad Z = 18 + 2 = 20$

5. تحديد العدد الذري Z للعنصر Y حيث البنية الالكترونية لـ: $Y^{3+}$ من الشكل:

$$Z = 52 \Leftarrow Y:[_{36}Kr]5s^2 4d^{10}5p^4 \Leftarrow Y^{3+}:[_{36}Kr]5s^2 4d^{10}5p^1$$

تحديد موقعه في الجدول الدوري (الدورة والمجموعة):

الدورة n = 5، المجموعة $VI_A$.

**حل التمرين الثاني.**

1. تعيين العنصر الأكبر حجم:

Br(Z=35), Ga(Z=31), Ca(Z=20), K(Z=19), Cs(Z=55)

الدورة الرابعة، المجموعة $I_A$ $_{19}K:[_{18}Ar]4s^1$

الدورة الرابعة، المجموعة $II_A$ $_{20}Ca:[_{18}Ar]4s^2$

الدورة الرابعة، المجموعة $III_A$ $_{31}Ga:[_{18}Ar]4s^2 3d^{10}4p^1$

الدورة الرابعة، المجموعة $VII_A$ $_{35}Br:[_{18}Ar]4s^2 3d^{10}4p^5$

الدورة السادسة، المجموعة $I_A$ $_{55}Cs:[_{54}Xe]6s^1$

يتغير حجم الذرة بتغير نصف القطر:

نصف القطر(الحجم) يزداد من اليمين الى اليسار في نفس السطر (الدورة) اذن: العناصر التي تنتمي الى نفس الدورة يكون ترتيبها كما يلي: $V_K > V_{Ca} > V_{Ga} > V_{Br}$ .....(1)

في نفس المجموعة يزداد نصف القطر (الحجم) من الأعلى الى الأسفل أي بزيادة الدورات اذن:

$$V_{Cs} > V_K \quad .....(2)$$

من (1) و (2) نستنتج الترتيب التالي: $V_{Cs} > V_K > V_{Ca} > V_{Ga} > V_{Br}$

ومنه عنصر Cs هو الأكبر حجما.

2. الكهروسالبية الموافقة لكل عنصر:

$_1H$, $_2He$, $_3Li$, $_7N$, $_8O$, $_9F$, $_{11}Na$, $_{37}Rb$

الكهروسالبية: 3,5 ; 1,0 ; 3,0 ; 0,8 ; 0 ; 2,1 ; 4,0 ; 0,9

تتغير الكهروسالبية في الجدول الدوري عكس تغير نصف القطر حيث تمتاز الغازات الخاملة بكهروسالبية معدومة. ويمتاز الهيدروجين بكهروسالبية اكبر من المعادن واصغر من اللامعادن.

الدورة الثانية، المجموعة $I_A$ $_3Li:[_2He]2s^1$

الدورة الثانية، المجموعة $V_A$ $_7N:[_2He]2s^2\,2p^3$

الدورة الثانية، المجموعة $VI_A$ $_8O:[_2He]2s^2\,2p^4$

الدورة الثانية، المجموعة $VII_A$ $_9F:[_2He]2s^2\,2p^5$

الدورة الثالثة، المجموعة $I_A$ $_{11}Na:[_{10}Ne]3s^1$

الدورة الخامسة، المجموعة $I_A$ $_{37}Rb:[_{36}Kr]5s^1$

اذن يكون الترتيب كما يلي:

$$En_{(Rb)} < En_{(Na)} < En_{(Li)} < En_{(H)} < En_{(N)} < En_{(O)} < En_{(F)}$$

| العنصر | F | O | N | H | Li | Na | Rb | He |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| En | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0 |

3. ترتيب هذه الايونات حسب تزايد احجامها : $_{34}Se^{2-}$, $_{35}Br^-$, $_{37}Rb^+$, $_{38}Sr^{2+}$

في حالة الأيونات ذات البنية الإلكترونية المتساوية ينقص نصف القطر(الحجم) الأيوني بازدياد العدد الذري (Z) اذن: $V_{(_{38}Sr^{2+})} < V_{(_{37}Rb^+)} < V_{(_{35}Br^-)} < V_{(_{34}Se^{2-})}$

4. حساب كهروسالبية Br, I حسب سلم ميليكان Mulliken حيث:

$E_{i(Br)}$= 1140 KJ/mol, $A_{e(Br)}$= 324,6 KJ/mol

$E_{i(I)}$= 1013 KJ/mol, $A_{e(I)}$= 332,0 KJ/mol

$$E_{n(X)} = \frac{E_{i(X)} + A_{e(X)}}{2}$$

- عنصر اليود I:

$$E_{n(I)} = \frac{E_{i(I)} + A_{e(I)}}{2} = \frac{1013 + 332}{2} = 672,5\ KJ/mol$$

$$E_{n(I)} = \frac{672,5\ KJ/mol}{6,023 \cdot 10^{23}} = 111,655 \cdot 10^{-20}\ J$$

$$E_{n(I)} = \frac{111,655 \cdot 10^{-20}\ J}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,978\ ev$$

- عنصر البروم Br:

$$E_{n(Br)} = \frac{E_{i(Br)} + A_{e(Br)}}{2} = \frac{1440 + 324,6}{2} = 882,3 \text{ KJ/mol}$$

$$E_{n(Br)} = \frac{882,3 \text{ KJ/mol}}{6,023 \cdot 10^{23}} = 146,488 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$E_{n(Br)} = \frac{146,488 \cdot 10^{-20} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 9,155 \text{ ev}$$

5. حساب كهروسالبية F في جزيء F-Cl حسب سلم باولينغ Pauling

$E_{n(Cl)}$= 3,2 échelle Pauling ; $E_{(F-F)}$= 155 KJ/mol

$E_{(Cl-Cl)}$= 240 KJ/mol ; $E_{(F-Cl)}$=249 KJ/mol

بمأن : $E_{n(F)} > E_{n(Cl)}$ وذلك حسب قاعدة تغير الكهروسالبية في الجدول الدوري.

$$E_{n(F)} - E_{n(Cl)} = 0,102\sqrt{\Delta H} \quad / \quad \Delta H = E_{(F-Cl)} - \frac{\left(E_{(F-F)} + E_{(Cl-Cl)}\right)}{2}$$

$$\Delta H = 249 - \frac{(155 + 240)}{2} = 51,5 \text{ KJ/mol}$$

$$E_{n(F)} = 0,102\sqrt{\Delta H} + E_{n(Cl)}$$

$$E_{n(F)} = 0,102\sqrt{51,5} + 3,2 = 3,93 \text{ échelle Pauling}$$

**حل التمرين الثالث.**

1. تحديد العدد الذري Z:

- العنصر A: $A \in \left(n = 4, VIII_A\right) \Rightarrow A:\left[_{18}Ar\right]4s^2 3d^{10} 4p^5 \Rightarrow Z = 35$
- العنصر B: $B^- \equiv {}_{86}Rn \Rightarrow B^- :\left[_{54}Xe\right]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 \Rightarrow Z = 85$
- العنصر C: $C\left(n = 6, 4f^{12}\right) \Leftrightarrow C:\left[_{54}Xe\right]6s^2 4f^{12} \Rightarrow Z = 68$
- العنصر D: يحتوي 4e متزاوجة في 5d اذن: $5d^9$

$$D:[_{54}Xe]6s^2 4f^{14} 5d^9 \Rightarrow Z = 79$$

2. التوزيع الالكتروني، الدورة، المجموعة والعائلة (معدن او ليس معدن).

| العنصر | التوزيع الالكتروني | الدورة | المجموعة | العائلة |
|---|---|---|---|---|
| $_{35}A$ | $[_{18}Ar]\ 4s^2 3d^{10} 4p^5$ | 4 | $VII_A$ | ليس معدن |
| $_{85}B$ | $[_{54}Xe]\ 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^5$ | 6 | $VII_A$ | ليس معدن |
| $_{68}C$ | $[_{54}Xe]\ 6s^2 4f^{12}$ | 6 | $III_B$ | معدن |
| $_{79}D$ | $[_{54}Xe]\ 6s^1 4f^{14} 5d^{10}$ | 6 | $I_B$ | معدن |

3. المقارنة بين A, B من حيث طاقة التاين:

بما ان A, B ينتميان الى نفس المجموعة وهي $VII_A$ وطاقة التاين تزداد من الأسفل الى الأعلى فان: $Ei_{(_{85}B)} < Ei_{(_{35}A)}$ .

4. المقارنة بين B, C, D من حيث نصف القطر:

العناصر B, C, D تنتمي الى نفس الدورة وهي n = 6 ونصف القطر الذري يزداد من اليمين الى اليسارعكس زيادة العدد الذري (Z)، اذن: $r_{a(_{85}B)} < r_{a(_{79}A)} < r_{a(_{68}C)}$ .

5. المقارنة بين A, D من حيث الكهروسالبية والكهروجابية:

العنصران A, D لايشتركان لا في المجموعة ولا في الدورة ولذا نستعمل عنصر وسيط $(_ZX)$

حيث: X ينتمي الى الدورة 4 والمجموعة $I_B$ اذن: $_Z X:[_{18}Ar]\ 4s^1 3d^{10} \Rightarrow Z = 29$

بما ان العنصران $_{29}X$, $_{35}A$ ينتميان الى نفس الدورة الرابعة فان:

$$E_{n(_{29}X)} < E_{n(_{35}A)} .....(*)$$

وبما ان العنصران $_{29}X$, $_{79}D$ ينتميان الى نفس المجموعة وهي $I_B$ فان:

$$E_{n(_{79}D)} < E_{n(_{29}X)} .....(**)$$

من العلاقتين (*) و(**) نستنتج ان: $E_{n(_{35}A)} > E_{n(_{79}D)}$

وبما ان الكهروجابية تتغير عكس الكهروسلبية فان: $Ep_{(_{35}A)} < Ep_{(_{79}D)}$

# الفصل السابع:

# الروابط الكيميائية

تعتبر الروابط الكيميائية بأنواعها وخصائصها بالإضافة إلى التفاعلات الكيميائية إحدى أحجار الأساس لعلم الكيمياء، وهي العملية الناتجة عن التصاق الذرات المتجاورة ببعضها البعض في المركبات والبنية البلورية نتيجة قوى الجذب فيما بينها، مما يؤدي لتشكل المركبات الكيميائية المختلفة.

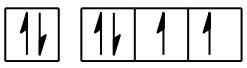
الرابطة الكيميائية هى ظاهرة تواجد الذرات متماسكة معا في الجزيء أو البلورة. وجميع الروابط الكيميائية ترجع لتفاعل الإلكترونات الموجودة في الذرة. وهذه الإلكترونات جزء من المدار الذري للذرة (Atomic Orbital) ولكن في الرابطة, يقوموا بتكوين مدار جزيئي. وتفاعلات هذه الإلكترونات النووية تنتج من القوى الأساسية للكهرومغناطيسية. وتكون الذرات رابطة لو أن مداراتها أصبحت أقل في الطاقة بعد تفاعلها مع بعضها البعض.

**I. تكافؤ العناصر الكيميائية:**

إن تكافؤ العنصر هو عدد الإلكترونات الموجودة في المدار الخارجي للذرة والتي تحتاجها لإتمام الاتحاد مع ذرات العناصر الأخرى وتُدعى بإلكترونات التكافؤ، وعادة ما يتوافق التكافؤ مع عدد الالكترونات العازبة في التوزيع الالكتروني. ويحسب التّكافؤ بعدد الإلكترونات المكتسبة أو الفاقدة أو المتشاركة مع ذرّة أخرى لتكوين رابطة كيميائية، ويعود هذا الأمر إلى الفراغ الحجمي في المدار الأخير للنّواة.

ومع ذلك ليس بالضرورة أن يتساوى تكافؤ الذرة مع عدد إلكترونات التكافؤ في جميع الحالات.

فمثلًا يمتلك الأكسجين ستة إلكترونات تكافؤ بينما تكافؤه 2.

$_8O:[_2He]2s^2\,2p^4$ 

التكافؤ 2

كما يمكن زيادة او تخفيض تكافؤ العنصر عن طريق اثارته حيث يمكن للالكترونات ان تغير الحجيرة الكمية. حيث لايمكن اثارة ذرة بزيادة تكافؤها الا إذا كانت تمتلك في نفس الوقت ازواج الكترونية، وحجيرات كمية فارغة في الطبقة الخارجية.

**مثال:**

ذرة البور $_5B$ تكافؤها 1 وعند اثارتها يصبح 3:

$_5B:[_2He]2s^2\,2p^1 \longrightarrow {}_5B^*:[_2He]2s^1\,2p^2$

التكافؤ 1 التكافؤ 3

### 1.I. التأثير المتبادل بين ذرتين: نموذج لويس للتكافؤ

أدى اكتشاف البنية الإلكترونية للذرة إلى تفسير طبيعة وآلية تجمع الذرات أي تشكل الرابطة الكيميائية.
يتم الربط عندما تقترب ذرتان من بعضهما فيحصل بينهما نوعان من التأثير المتبادل:

- قوى التدافع بين سحابتيهما الالكترونيتين وبين نواتيهما
- قوى التجاذب بين الكترونات إحداها ونواة الذرة الأخرى.

**مثال:** اقتراب ذرتي هيدروجين من بعضهما

يوجد بين منطقتي التجاذب والتدافع هاتين، منطقة ينعدم فيها التأثير المتبادل بين الذرتين، هي وضعية التوازن التي تميل لها الذرتان بشكل تلقائي للتموضع والبقاء، وإذا ابتعدت الذرتان قليلا عن هذه الوضعية فان قوة التجاذب تبرز لتقريبهما من بعضهما، وعلى العكس إذا ما اقتربتا قليلا من بعضهما انطلاقا من هذه الوضعية فإن قوة التدافع هي التي تبرز لتبعدهما عن بعضهما.
إذن يمكن للذرتين أن تهتزا حول منطقة التوازن هذه. تحدث هذه الاهتزازات في الواقع باستمرار بين الذرتين المرتبطتين، وتكون تواتراتها مميزة لخواص الذرتين ولطريقة ارتباطهما. لذا يمكن تشبيه جملة الذرتين المرتبطتين بنابض مرن يرجع دوما الى طوله الأصلي.

### 2.I. قاعدة الثمانية (قاعدة الإلكترونات الثمانية):

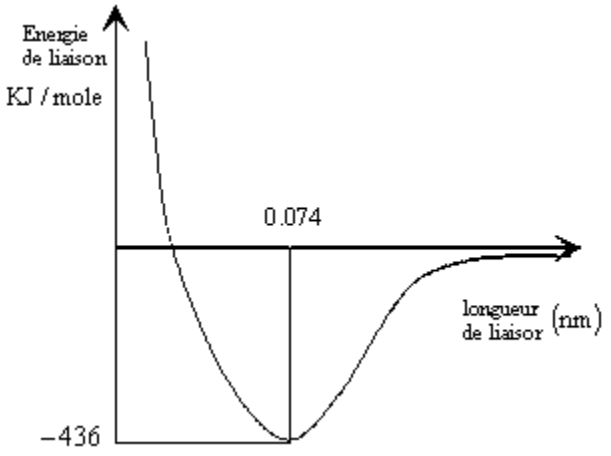
تسعى ذرة العنصر أثناء التفاعل إلى كسب أو التخلي أو مشاركة عددٍ مُحددٍ من الإلكترونات الموجودة في المدار الخارجي حتى تصل إلى ثمانية إلكتروناتٍ فقط؛ فعدد الإلكترونات المكتسبة أو المتشاركة أو المفقودة للوصول إلى ثمانية إلكترونات يُعرف بسعة الذرة الذي يحدد التكافؤ الكيميائي الخاص بها.
مثلًا تحتوي ذرة الهيدروجين في مدارها الخارجي على إلكترونٍ واحدٍ لذلك تحتاج إلى خسارة هذا الإلكترون لتصل إلى الاستقرار وبالتالي يُعتبر التكافؤ الكيميائي للهيدروجين 1، أما المغنيزيوم فيمتلك إلكترونين في مداره الخارجي وعليه أن يفقدهما ليُصبح مُستقرًا ويُحقق قاعدة الثمانية، لذلك يُعتبر تكافؤ المغنيزيوم 2، بينما تمتلك ذرة الفلور 7 إلكترونات في المدار الخارجي ولأنه من الصعب فقدانها كلها تميل الذرة إلى اكتساب إلكترون فيُعتبر تكافؤ الفلور 1 أيضًا.
يمكن معرفة عدد إلكترونات تكافؤ العناصر من خلال الجدول الدوري؛ فمثلًا عدد إلكترونات التكافؤ للعناصر الموجودة في العمود 1 مثل الهيدروجين والليثيوم والصوديوم هو إلكترون واحد؛ لذلك تُدعى بالعناصر وحيدة التكافؤ، بينما عدد إلكترونات التكافؤ للعناصر في العمود 2 مثل الكالسيوم والمغنيزيوم والراديوم إلكترونين اثنين وتدعى بالعناصر ثنائية التكافؤ، أما عناصر العمود 7 فهي مُتعددة التكافؤ حيث يبلغ عدد إلكترونات التكافؤ فيها 7، لكن في العمود 18 الذي يضمُّ العناصر الخاملة فإن عدد إلكترونات التكافؤ هو ثمانية وبالتالي يُصبح التكافؤ فيها صفرًا.

## II. طاقة الربط:

تعرف طاقة الربط في حالة جزيء مكون من ذرتين مثلا بالطاقة المنتشرة عند تشكل الجزيء من الذرتين في الحالة الغازية، أو بالطاقة اللازمة (الممتصة) لكسر الرابطة والحصول على الذرتين في الحالة الغازية, تتغير الطاقة الكامنة للجملة المكونة من ذرتين بدلالة المسافة بينهما (طول الرابطة) كما هو موضح في الشكل (1).

يوجد اعتمادا على عمليتي التجاذب والتدافع اللتين تحدثان بين ذرتين، مسافة بينهما تكون من أجلها الطاقة الكامنة للجملة أصغرية.

يمثل الفرق في الطاقة بين حالة الذرتين المنفصلتين وحالة الذرتين المرتبطتين في آن واحد الطاقة المحررة عندما تتشكل الرابطة والطاقة التي يجب بذلها لكسرها، تسمى طاقة الرابطة.




**الشكل (1).**

## III. الروابط الكيميائية:

تصنف الروابط الكيميائية بالاعتماد على كيفية مساهمة الكترونات التكافؤ في تشكيل الرابطة التي يمكن أن تكون أحد الأشكال التالية:

### 1.III. الرابطة الشاردية (الأيونية):

توجد الرابطة الشاردية في المركبات التي نتجت من تفاعل ذرات عنصر معدني مع ذرات عنصر لا معدني حيث ينتقل الكترون من الطبقة الخارجية لذرة المعدن إلى ذرة اللامعدن، تسمى هذه المركبات بالمركبات الشاردية (Ionic Compounds).

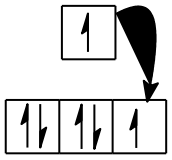
تصادف الرابطة الشاردية في المركبات الناتجة عن اتحاد عناصر ذات كهروسلبية كبيرة جدا (مثل الهالوجينات) مع ذرات أخرى ذات كهروجابية كبيرة جدا مثل عناصر العمود الأول للجدول الدوري.

**مثال:**

يمِكن توضيح الرابطة الشاردية في مركب كلور الصوديوم NaCl. يوجد في الطبقة الخارجية لذرة الصوديوم الكترون وحيد $3S^1$. وكما رأينا سابقاً أن طاقة التشرد لذرة الصوديوم منخفضة، لذلك يمكن نزع هذا الالكترون بمقدار قليل من الطاقة، ويصبح لشاردة الصوديوم الموجبة ترتيبا الكترونيا مساويا الترتيب الأكتروني للغاز الخامل وهو النيون $_{10}Ne$.

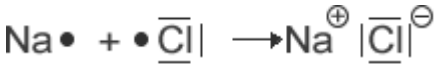
أما الترتيب الالكتروني لذرة الكلور يدل على وجود سبعة الكترونا ت في الطبقة الخارجية، وطاقة تشردها عالية جداً والفتها الالكترونية أيضاً عالية جداً، لذلك تستقبل الالكترون الذي فقدته ذرة الصوديوم ويصبح الترتيب الالكتروني لشاردة الكلور السالبة مساوياً للترتيب الالكتروني للغاز الخامل المجاور لها وهو الأرغون $_{18}Ar$.

$$_{11}Na:[_{2}He]2s^2\,2p^6\,3s^1 \qquad _{11}Na^{+}:[_{2}He]2s^2\,2p^6 \equiv {}_{10}Ne$$



$$_{17}Cl:[_{10}Ne]3s^2\,3p^5 \qquad _{17}Cl^{-}:[_{10}Ne]3s^2\,3p^6 \equiv {}_{18}Ar$$

ويكون التشكيل الالكتروني للشوارد المتشكلة مثل الغازات الخاملة القريبة منها:



### 2.III. الرابطة المشتركة او التساهمية

تم اكتشافها لأول مرة عام 1916 على يد الكيميائي ج. لويس حيث تحدث تلك الرابطة عندما لا يمكن للإلكترون الانتقال من ذرةٍ لأخرى بسبب فرق الكهرسلبية الكبير بين الذرتين، وتكون إما بمشاركة كلٍّ من الذرتين لإلكترونٍ بشرط أن تكون الذرتان من شحنتين مختلفتين، أو أن تقوم ذرةٌ بتقديم إلكترونٍ وبالمقابل تقوم الذرة الثانية بتقديم مدارٍ له.

او هي رابطة تنتج لما تكون قوة جذب الإلكترونات بين الذرات متساوية أو متقاربة وتكون بين عناصر متماثلة أو بين عناصر لها كهروسلبية أو كهروإيجابية متقاربة، وهي على ثلاثة أنواع:

### 1.2.III. الرابطة التساهمية غير القطبية (غير مستقطبة):

هي رابطةٌ تتشكل بين ذرتين متطابقتين تكون فيها أزواج الإلكترونات على مسافةٍ واحدةٍ من نواتي الذرتين، وتتواجد في السوائل والغازات والأجسام الصلبة سريعة الذوبان.

او هي رابطة عندما تتشارك الذرتان عددًا متساوٍ من الإلكترونات، وتقتصر هذه الخاصية فقط على الذرات المتشابهة تمامًا، مثل: $H_2$، $Cl_2$، $O_2$، $N_2$.

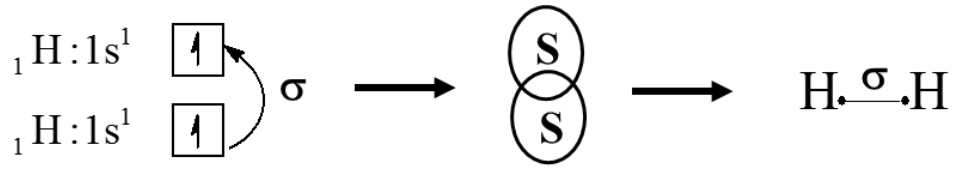
- **الرابطة التساهمية البسيطة:**

تساهم فيها كل ذرة منفصلة في جزيء بالكترون واحد.

وتسمى هذه الرابطة : رابطة σ حيث تتشكل بتغطية محورية (التحام المحاور) عندما تتحد ذرتان تحتويان على الكترون اعزب في المحط الثانوي ns او np:

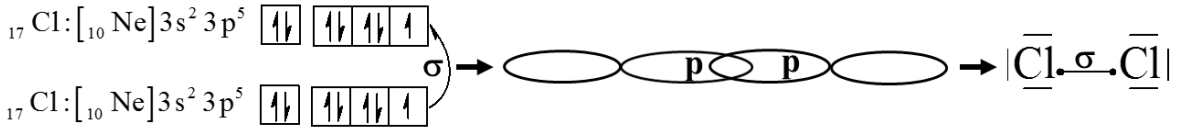
- محطين ذريين من نمط s:

**مثال:** $H_2$




- محطين ذريين من نمط p:

**مثال:** $Cl_2$.

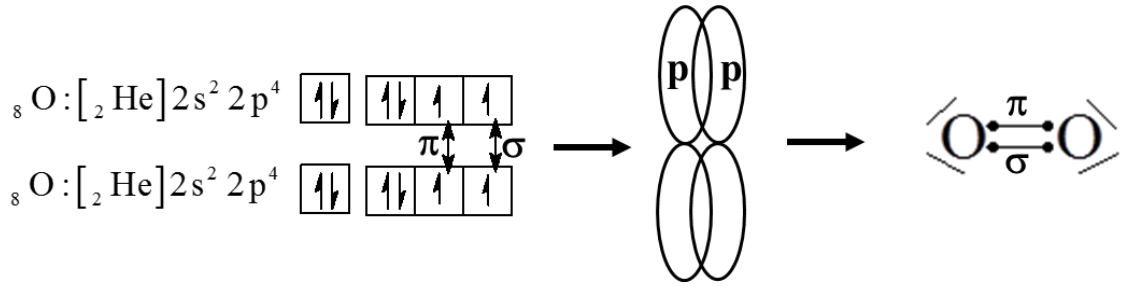


- **الرابطة التساهمية المتعددة:**

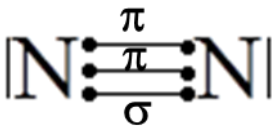
ويساهم فيها زوج من الالكترونات او ثلاثة ازواج بين ذرتين لتشكيل رابطة ثنائية احداهما (الأولى) تسمى الرابطة σ والثانية تسمى الرابطة π او ثلاثية الأولى تسمى الرابطة σ والثانية والثالثة تسمى الرابطة π.

وتتشكل هذه الرابطة π بتغطية جانبية عندما تتحد ذرتان تحتويان على الكترونات عازبة في المحط : $np_y$, $np_z$. حيث يمكن تشكيل الرابطة π من محطين ذريين من نمط p فقط، ويكون بعد تشكيل رابطة من نوع σ.

**مثال:** $O_2$، $N_2$...




رابطة ثلاثية




### 2.2.III. الرابطة التساهمية القطبية ( المستقطبة):

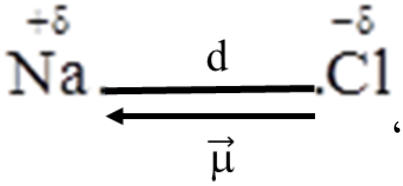
تنشأ هذه الرابطة بين ذرتين مختلفتين في الكهرسالبية حيث لا يكون الإلكترون المشترك على مسافةٍ واحدةٍ من نواتي الذرتين بل يكون أقرب لذرة منهما، ومن أهم الأمثلة على هذه الرابطة هو: الماء ($H_2O$).

- **عزم ثنائي القطب $(\overrightarrow{\mu})$:**

هو الخاصية التي يمكن قياسها من توزيع الشحنة الكهربية لجزئ ما من خلال قياس مدى عدم انطباق مركز التوزيع الإلكتروني في الجزئ على مركز توزيع الشحنة النووية الموجبة.

او بتعريف اخر عزم ثنائي القطب $(\overrightarrow{\mu})$ هو شعاع القوة الذي ينتج بين شحنتين معاكستين (بين ذرتين مختلفتين في الكهروسلبية) البعد بينهما d (طول الرابطة بالمتر).

مثل: Na-Cl في هذا المثال (Cl) اكثر كهروسلبية من (Na) اذن تكون الشحنة الجزئية (δ-) من جهة Cl والشحنة الجزئية (δ+) من جهة Na.




حيث يكون اتجاه العزم من السالب الى الموجب،

ويعطى بالعلاقة: $\|\vec{\mu}\| = |e|.|\delta|.d$

يقاس العزم $(\mu)$بوحدة ديباي (Debye) ويرمز لها بـ (D) حيث:

$1D = 3{,}3 \cdot 10^{-30}$ Coulomb.meter (en SI)

في الرابطة الشاردية $Na^+, Cl^-$ يرمز لعزم الرابطة بـ $(\mu_{ionique})$وتكون في هذه الحالة الشحنة الجزئية $(\delta = 1)$. اذن: $\mu_i = e \cdot d$

- **النسبة المئوية لطبيعة الرابطة:**

الاستقطاب داخل رابطة يمكن أن يكون معدوما في حالة رابطة بين ذرتين متماثلتين أو أعظمي $(\delta = 1)$ في المركبات الأيونية أو يكون بين الحالتين.

النسبة المئوية لطبيعة الرابطة تحدد نسبة الخاصية الأيونية في الرابطة وتعطى بالعبارة:

$$\delta\% = \frac{\mu}{|e| \cdot d}*100 = \frac{\mu}{\mu_i}*100$$

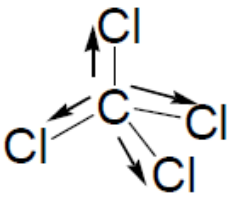
$\mu_i$

- **العزم الكلي لجزيء:**

ذا كان الجزئ يتكون من عدة ذرات فأن عزم الرابطة يساوي محصلة متجهات عزم الروابط المختلفة للجزئ حيث تعتمد قطبية الجزئيات على فارق الكهروسالبية لذرات العناصر وعلى الشكل الهندسي للجزئ وكذلك وضع الأزواج الإلكترونية غير الرابطة.

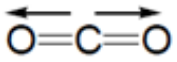
1. حالة الجزيئات غير القطبية:

مثال 1: $CCl_4, CH_4$:




في كلتا الحالتين يكون العزم القطبي معدوم $(\mu = 0)$ لان لكل منهما شكل هرم رباعي فيكون مركز الشحنة الموجب متطابق مع مركز الشحنة السالب أي ان محصلة الكميات المتجهة يساوي الصفر.

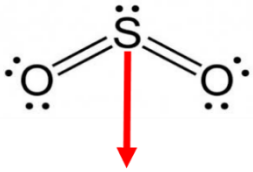
مثال 2: $CO_2$



قيمة العزم القطبي لهذا الجزيء معدوم لان العزمين متساويين ومتعاكسين في الاتجاه.

2. حالة الجزيئات القطبية:

مثال : $SO_2$

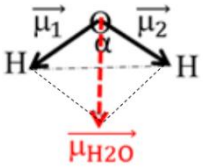


رغم تشابه هذا الجزيء في الصيغة الجزيئية مع $CO_2$ الا انه يختلف عنه في قيمة العزم، لان الجزيء $SO_2$ منحني وليس خطي وذلك راجع الى وجود الزوج الالكتروني غير الرابط على ذرة الكبريت (S).

**تطبيق**

احسب العزم القطبي ($\mu_{OH}$) للرابطة O-H في جزيء الماء ثم احسب النسبة المئوية للرابطة.

علما ان جزيء الماء غير خطي والزاوية $\hat{HOH} = \alpha = 105°$ ، العزم القطبي الكلي لجزيئة الماء هو $\mu_{(H_2O)} = 1,85\ D$ وطول الرابطة O-H هو $d = 0,958A°$.




**الحل:** ($\mu_{OH} = \mu_1 = \mu_2$)

$$Cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\frac{\mu_{(H_2O)}}{2}}{\mu_{(OH)}} \Rightarrow \mu_{(OH)} = \frac{\frac{\mu_{(H_2O)}}{2}}{Cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{\mu_{(H_2O)}}{2Cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\mu_{(OH)} = \frac{1,85}{2\,Cos(105/2)} = 1,52\ D = 1,52*3,3\ .\ 10^{-30} = 5,016\ .10^{-30} C.m$$

النسبة المئوية:

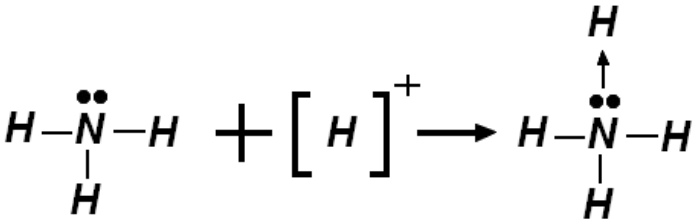
$$\mu_{(OH)} = e\,\delta\,d \Rightarrow \delta = \frac{\mu_{(OH)}}{e\,d} = \frac{5,016.10^{-30}}{1,6.10^{-19}.0,958.10^{-10}} = 0,327$$

$$\delta\% = \delta*100 = 0,327*100 = 32,7\%$$

### 3.2.III. الرابطة التساهمية المانحة:

هي نوع من أنواع الروابط التساهمية تتكون نتيجة مساهمة ذرة مع الأخرى بزوج من الإلكترونات غير المشتركة في روابط. تسمى الذرة التي تقدم زوجا من الإلكترونات بالذرة المانحة، والذرة الأخرى تسمى بالذرة المستقبلة والتي تقدم مدارًا فارغًا. وتنشأ هذه الرابطة بين الذرات لتكوين جزيئات، أو بين ذرة في جزيء وأيون، أو بين ذرة في جزيء وذرة في جزيء آخر.

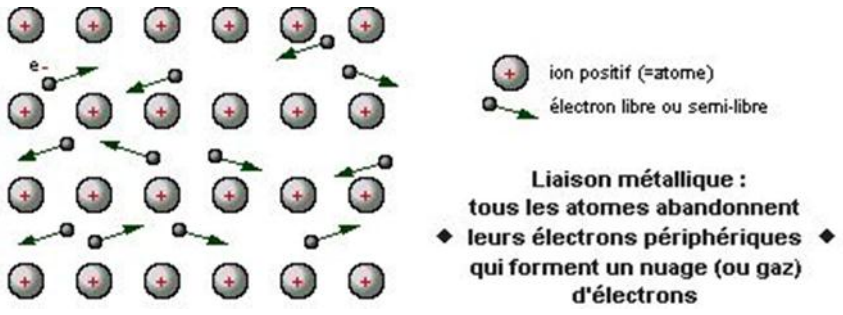
**مثال:** الرابطة في أيون الامونيوم $NH_4^+$



### 3.III. الرابطة المعدنية:

الرابطة المعدنية هي الرابطة التي تجمع الذرات فيما بينها داخل المعادن، والفارق بينها وبين الروابط السابقة هي أن الإلكترون فيها لا يتشارك بين ذرتين فقط بل يطوف بحريةٍ خلال نسيجٍ من نوى المعدن، مما يعطي للمعدن العديد من الخصائص المميزة مثل نقل الحرارة والكهرباء، درجة انصهار عالية وقدرة كبيرة على التحمل.

ويحدث هذا النوع من الروابط عندما تتم مشاركة إلكترونات التكافؤ في ذرات المعدن مع أكثر من ذرةٍ مجاورةٍ، ليصبح المعدن عندها نسيج من الأيونات الموجبة تغطيها سحابة من الإلكترونات التي تبقي الأيونات قريبةً من بعضها مهما تنافرت بسبب الشحنة السالبة لتلك للسحابة كما هو موضح في الشكل (2).

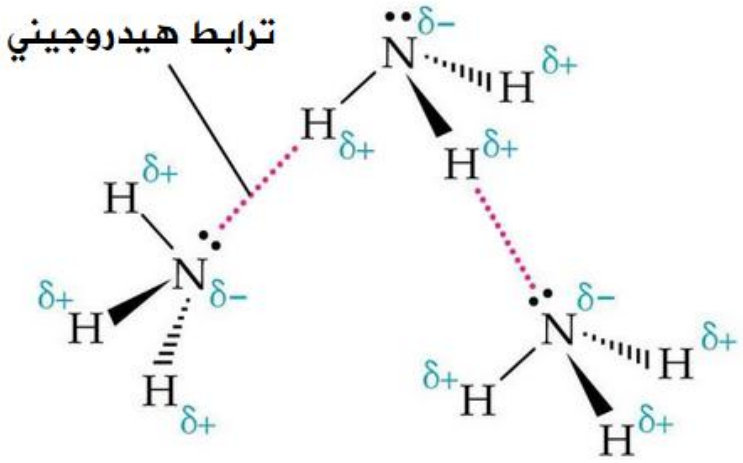



**الشكل (2)**

### 4.III. الرابطة الهيدروجينية:

تنتج طبيعة وخصائص هذه الرابطة عن قدرة ذرة الهيدروجين H على صنع رابطة جديدة ناتجة عن خصائص قوى الكهرباء الساكنة، فعلى سبيل المثال سحب الإلكترون في جزيء النشادر منحازة بشكلٍ

كبيرٍ نحو ذرة الازوت مما يجعل الفضاء حول ذرة هذا المكون مشبعةً بحقلٍ كهربائيٍّ سالب الشحنة، بينما حول ذرة الهيدروجين المحرومة من إلكترونها الوحيد تكون الأمور بالعكس تمامًا فحقل الإلكترون حولها ضعيفٌ جدًا، ونتيجةً لهذا تكون الشحنة فيها موجبةً مما يسبب تجاذب الشحنتين الموجبة والسالبة وتشكل رابطة هيدروجينية كما في الشكل (3).




**الشكل (3)**

### 5.III. رابطة فاندرفالس:

هي مجموعة قوى التجاذب الكهربائي بين الذرات والجزيئات القطبية التي تحدث نتيجة تجاذب النوى الموجبة لأحد الجزيئات مع إلكترونات التكافؤ لجزيءٍ آخر مستندة في ذلك إلى المسافة الفاصلة بين الذرات والجزيئات. تختلف هذه القوى عن قوى الترابط الكيميائي ثنائية القطب والأيونية كونها تنتج عن التغيرات في كثافة الشحنات، وتعتبر من أضعف الروابط الكيميائية إلا أنها تؤثر تأثيرًا هامًّا في خصائص الجزيئات المختلفة.

## IV. التركيب الفراغي (الهندسي) للجزيئات:

بعد التعبيرعن الجزيء بتركيب لويس المناسب، نلجأ الى محاولة معرفة التركيب الفراغي ( الهندسي) للجزيء. ولذلك نستخدم نظرية تنافر ازواج الالكترونات لمدارات التكافؤ. تتلخص هذه النظرية في ان ازواج الكترونات التكافؤ حول الذرة تترتب في الفراغ بحيث يكون التنافر فيما بينها اقل ما يمكن.

### 1.IV. نظرية جيلسبي Gillespie:

هي نموذج يستخدم في الكيمياء بغرض تعيين الشكل الهندسي الذي يتخذه جزيء على أساس عدد الألكترونات المزدوجة التي تحيط بالذرة المركزية. تسمى هذه النظرية أيضا باسم مكتشفيها "نظرية جيليسبي -نيهولم" ؛ حيث صاغها العالمان : "رونالد جليسبي " و" سير رونالد سيدني نيهولم".

وتعرف كذلك باسم نظرية فسيبر( VSEPR) وتعني نظرية تدافع الزوج الإلكتروني في مدارات التكافؤ (Valence shell electron pair repulsion theory).

حيث يستند العالمان في نظريتهما إلى ان إلكترونات التكافؤ المزدوجة التي تحيط بذرة تتنافر عن بعضها البعض بسبب شحنتها السالبة؛ وعلى هذا السبيل فإنهما سوف يتخذان دورانا في شكل هندسي يخفض من شدة تنافرهما؛ بذلك يشكلان الشكل الهندسي للجزيء ككل. كما أكد "جليسبي" على أن التنافر بين إلكترونين الناشيء عن مبدأ استبعاد باولي يكون أقوى في تكوين شكل الجزيء من تاثير التنافر الإلكتروستاتيكي بينهما.

### 2.IV. القواعد المستنبطة من نظرية جيلسبي:

استنبطت من نموذج فسيبر (VSEPR) القواعد التالية للجزيئات من النوع: $AX_nE_m$

A: الذرة المركزية، X: الذرة المرتبطة بـ A، n: عدد الذرات X المرتبطة بـ A.

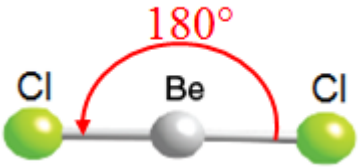
E: الزوج الالكتروني الحر حول الذرة المركزية A، m: عدد الأزواج الحرة لـ A.

- الزوج الإلكتروني الخاص بالذرة المركزية A في الجزيء يتشكل بحيث تكون المسافة بينهما أكبر ما يمكن.
- أزواج الإلكترونات الحرة يشغلون حجما أكبر من الحجم الذي تشغله ازواج الإلكترونات الرابطة، وتؤدي إلى تضخيم الزاوية X-A-E وتصغير الزاوية X-A-X.
- وجود اختلاف كبير في الكهروسلبية بين A و X تقلل من حجم الرابطة الكيميائية.
- تحتاج الرابطة كثيرة العدد (رابطة ثنائية أو رابطة ثلاثية) إلى شغل حجم أكبر مما تحتاجة الرابطة الأحادية ، حيث يتصاعد الحجم اللازم للرابطة بتصاعد رتبة الرابطة.
- وبغرض تعيين البنية التقديرية لجزيء تؤخذ فقط الروابط سيغما في الحسبان.

**امثلة:**

1. **حالة زوجان مشاركان:** مثال: $BeCl_2$ ⇐ Cl-Be-Cl.

يوجد زوجان من الالكترونات حول ذرة البيريليوم (Be) وافضل ترتيب للازواج "اقل تنافر" عندما تكون الزاوية بين الرابطتين هي 180° وعليه فان الجزيء يكون خطي.

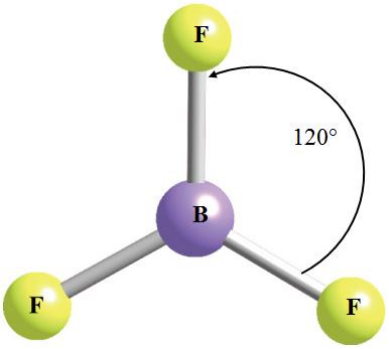



حيث يكون عدد الاكترونات الخارجية المكونة لروابط الجزيء هي 2+7+7 = 16 الكترون. وتكون الذرة المركزية (Be) محاطة برابطتين تساهميتين.

2. **حالة ثلاثة ازواج ربطية:** مثال: $BF_3$

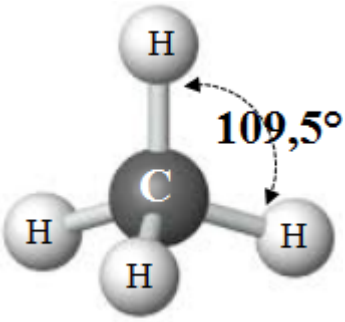
تحتوي الذرة المركزية في هذه الحالة على ثلاثة ازواج ربطية فقط، ويكون أفضل ترتيب لهذه الأزواج عندما تقع الروابط في نفس المستوي وبين كل رابطتين زاوية قدرها 120°.

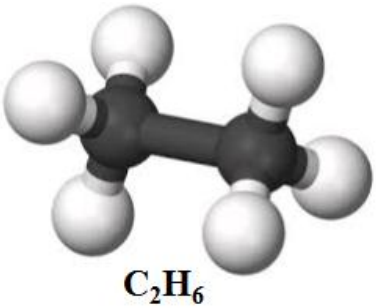
ويسمى الشكل الهندسي لهذا المركب مثلث مستوي.




3. **حالة أربعة ازواج ربطية:** مثال: $CCl_4, C_2H_6, CH_4$

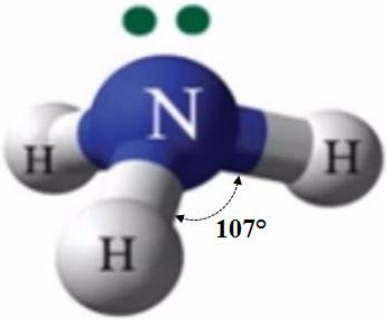
يكون حول الذرة المركزية أربعة روابط، ويكون أفضل ترتيب للروابط هو تشكيل هرم رباعي الوجوه. والزاوية بين كل رابطتين هي 109,5°.




4. **حالة ثلاثة ازواج ربطية وزوج غير ربطي:** مثال: $NH_3$

تكون الذرة المركزية في هذه الحالة محاطة بثلاثة روابط وزوج الكتروني غير ربطي (حر). حيث يتحدد الشكل الهندسي بالروابط، بينما يؤثر الزوج الالكتروني الحر على الشكل النهائي للروابط، حيث في هذه الحالة تترتب الأزواج مثل ترتيبها في جزيء الميثان ($CH_4$)، لكن $NH_3$ يظهر في صورة هرم ثلاثي الأوجه. ويلعب الزوج الالكتروني الحر دوره في كبس أوجه الهرم لتصبح الزاوية بين الروابط حوالي 107°.

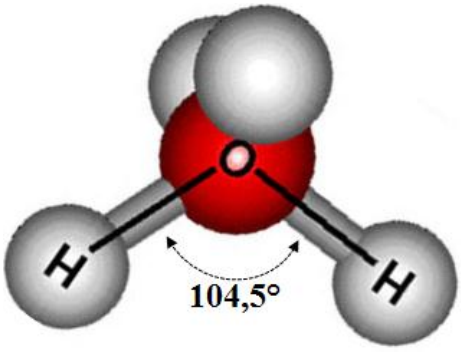


5. **حالة زواجان ربطيان وزوجان حران (غير ربطيان):** مثال: جزيء الماء $H_2O$

تتكون حول الذرة المركزية رابطتين وعليها كذلك زوجين حريين (غير ربطيين)، في هذه الحالة كذلك تؤثر الأزواج الالكترونية الحرة على الشكل النهائي للروابط.

حيث نلاحظ في جزيء الماء ($H_2O$) الأزواج تترتب كما في جزيء الميثان ($CH_4$) في رباعي الأوجه ولكن جزيء الماء يظهر في صورة خط منكسر.

حيث يكون دور الزوجين الحرين هو كبس الخط المنكسر لتصبح الزاوية اقل، أي حوالي 104,5°.



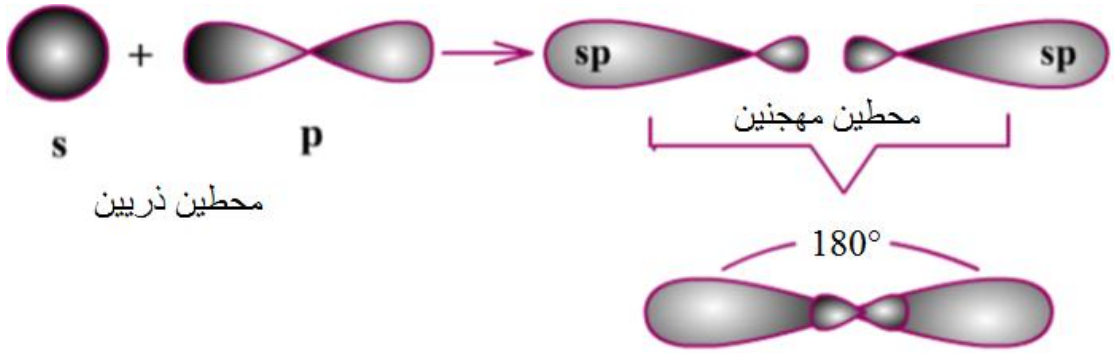

## V. نظرية تهجين المحطات الذرية :

في علم الكيمياء التهجين هو عملية خلط أو اندماج أو اتحاد بين مدارين مختلفين أو أكثر للإلكترونات في نفس الذرة. ويكونان متقاربين في الطاقة لتنتج مدارات مهجنة جديدة متكافئة في الطول والطاقة. ويحدث التهجين في نفس الذرة الواحدة وينتج مدارات متكافئة في الشكل والطول والطاقة. ويجب أن تكون الذرة مثارة. وأن تكون المدارات متقاربة في الطاقة مثل 2S مع 2P أو 4S مع 3d. وتكون عدد المدارات المهجنة مساوية لعدد المدارات النقية الداخلة في التهجين. وتكون المدارات المهجنة أكثر بروزاً إلى الخارج لتكون قدرتها على التداخل أقوى من قدرة المدارات العادية.

نقدم فيما يلي ثلاثة أنواع من تهجين المحطات الذرية وآلية تشكل الربط في جزيئاتها وأنواع البنى الهندسية الناتجة عنها.

### 1.V. التهجين الخطي SP:

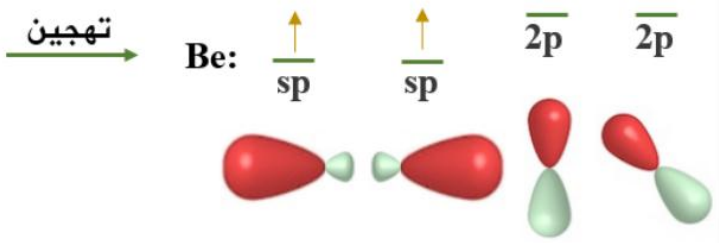
يحدث للذرات المركزية تهجين SP عند خلط محط ذري S للذرة المركزية، مع محط ذري P لنفس الذرة فينتج محطين جديدين من نوع SP تسمى (المحطات الهجينة SP) وتتجه هذه المحطات المهجنة في الفراغ بحيث يكون التنافر بين الكتروناتها اقل ما يمكن لتأخذ الشكل الهندسي الخطي (مستقيم) وتكون الزاوية فيما بينها 180°.



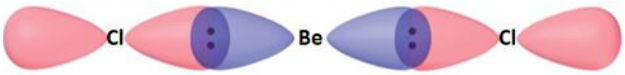

**مثال 1:** جزيء $BeCl_2$ او $BeH_2$ $_4Be:[_2He]2s^2\,2p^0$

لكي ترتبط ذرة بريليوم بذرتي كلور او هيدروجين يجب ان يكون لديها الكترونين اعزبين، وعليه تقوم ذرة البريليوم بعملية ترقية الالكترون من المحط 2S الى المحط 2P.

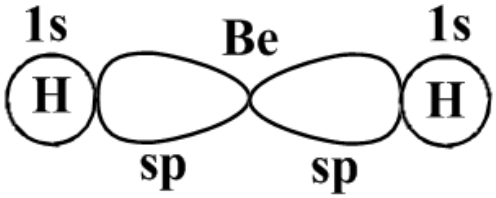
تقوم ذرة البريليوم بمساوات طاقة المحطين اللذين يحتويان على الكترونين اعزبين، وتخلطهما معا لتكوين محطين (فلكين) مهجنين في الفراغ باتجاهين متعاكسين بحيث يكون التنافر بين الكتروناتهما اقل ما يمكن.



**حالة $BeCl_2$:** ثم تقدم كل ذرة كلور محطا ذريا من نوع (P) الى كل محط مهجن SP كما يلي:




**حالة $BeH_2$:** ثم تقدم كل ذرة هيدروجين محطا ذريا من نوع (S) الى كل محط مهجن SP كما يلي:

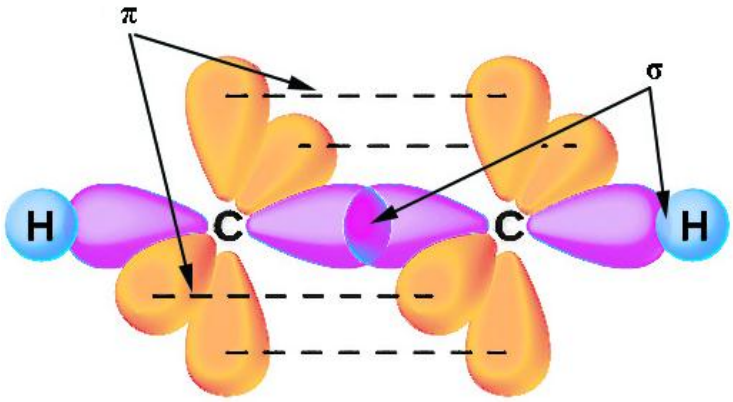



**مثال 2:** تهجين جزيئة الاسيتلين $C_2H_4$ $\Leftarrow$ $H\text{-}C\equiv C\text{-}H$

الرابطة σ بين ذرتي الكربون ناتجة عن ترابط المحطين (SP-SP).

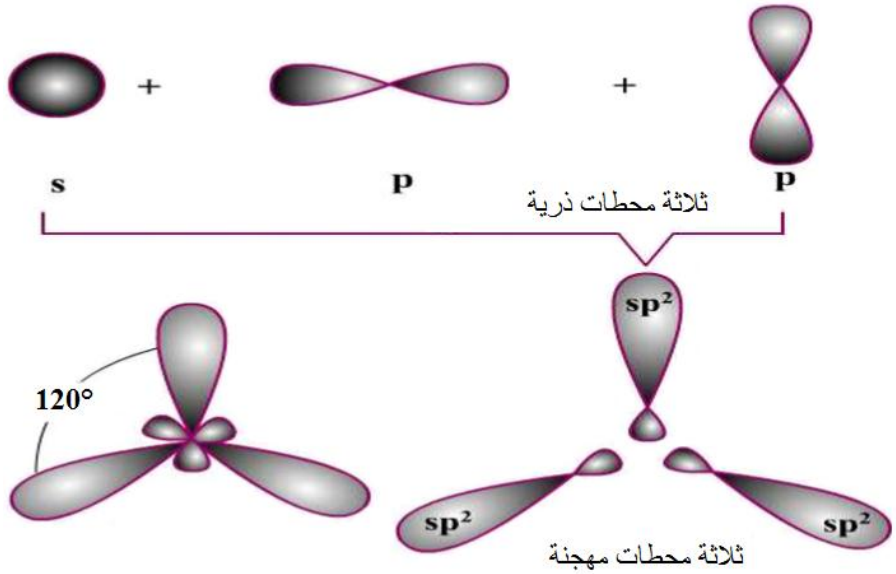
الرابطة σ بين ذرتي الكربون والهيدروجين ناتجة عن ترابط المحط S لذرة (H) مع المحط SP للكربون.

الرابطتين π بين ذرتي الكربون تتشكلان من المحطان المقابلين $P_y$, $P_z$ لذرتي الكربون.



### 2.V. التهجين $SP^2$:

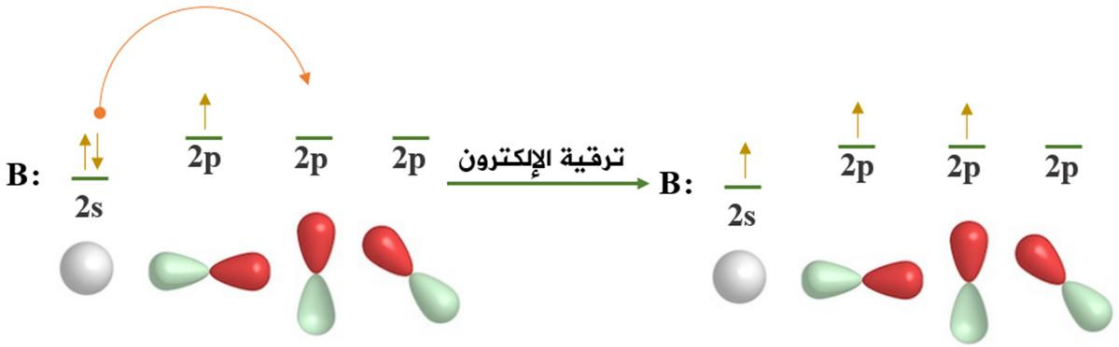
يحدث للذرات المركزية تهجين $SP^2$ اذا اختلط المحط (S) للذرة المركزية، مع محطين من نوع (P) لنفس الذرة وبالتالي تتكون ثلاثة محطات مهجنة ($SP^2$) وتتجه هذه المحطات المهجنة في الفراغ بحيث يكون التنافر بين الكتروناتها اقل ما يمكن لتأخذ شكل مثلث مستوي (مسطح).



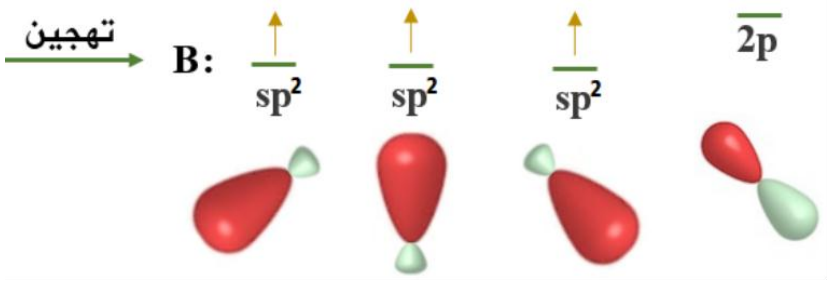

**مثال 1:** جزيء $BCl_3$.

$$_5B:[_2He]2s^2\,2p^1$$

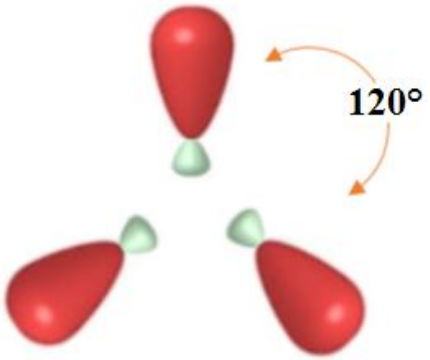
لكي ترتبط ذرة البور (B) بثلاثة ذرات كلور يجب ان يكون لديها ثلاثة الكترونات عزباء، وعليه تقوم ذرة البور بعملية ترقية الالكترون من المحط 2S الى المحط 2P.



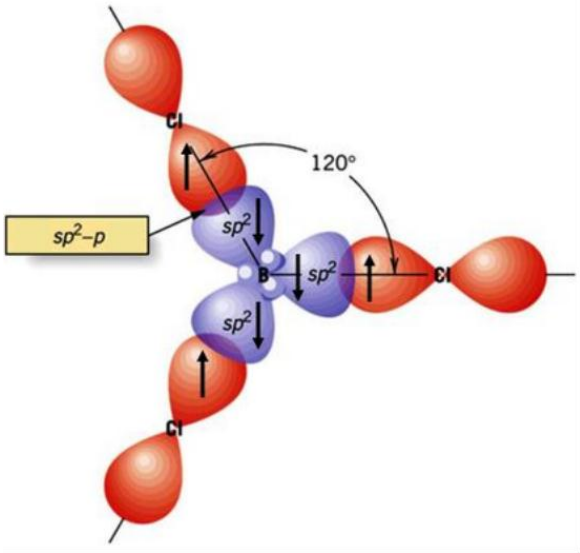

تقوم ذرة البور بمساوات طاقة المحطات التي تحتوي على الكترونات عزباء، وتخلطهم معا لتكوين ثلاثة محطات (افلاك) مهجنة في الفراغ يسمى كل واحد منها $SP^2$.

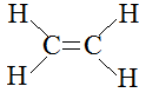



تتجه المحطات المهجنة في الفراغ بثلاثة اتجاهات بحيث يكون التنافر بين الكتروناتها اقل ما يمكن.




ثم تقدم كل ذرة كلور محطا ذريا من نوع (P) الى كل محط مهجن $SP^2$ كما يلي:

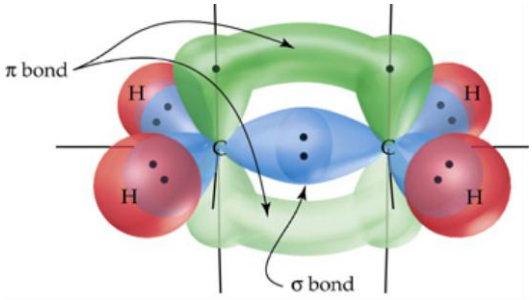



**مثال 2:** تهجين جزيئة الايتيلين $C_2H_4$ $\Leftarrow$ 


الرابطة σ بين ذرتي الكربون ناتجة عن ترابط المحطين ($SP^2$-$SP^2$).

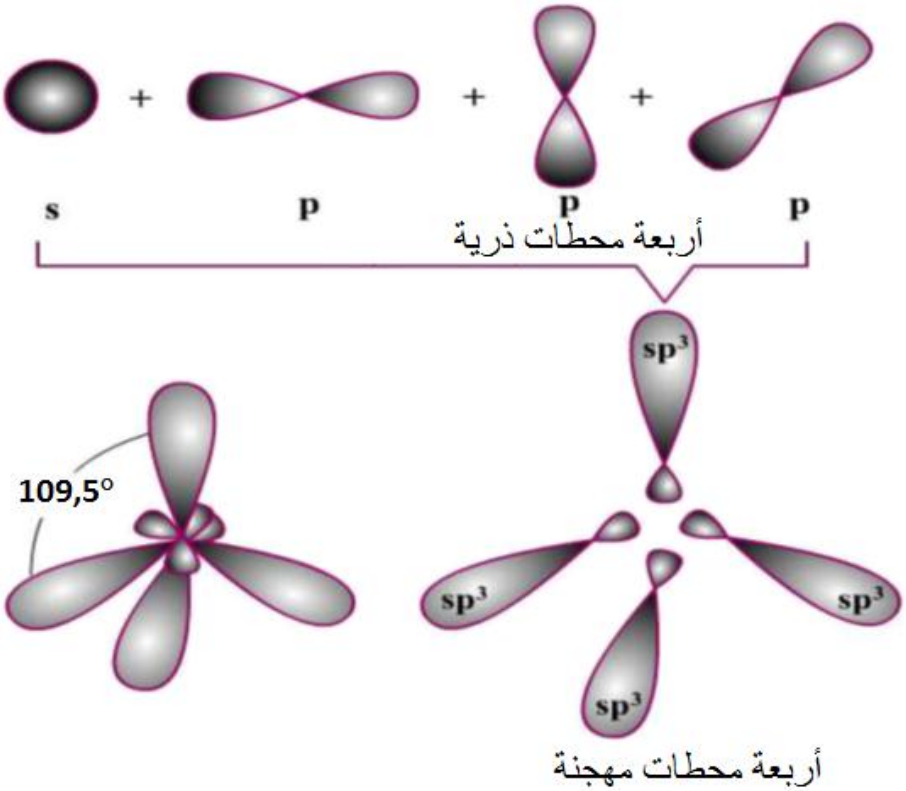
الرابطة σ بين ذرتي الكربون والهيدروجين ناتجة عن ترابط المحط S لذرة (H) مع المحط $SP^2$ لذرة الكربون.

الرابطة π بين ذرتي الكربون تتشكل من المحطين المقابلين $P_z$ لذرتي الكربون.

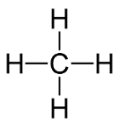



### 3.V. التهجين $SP^3$:

تجري الذرات المركزية تهجين $SP^3$ اذا اختلط المحط (S) للذرة المركزية، مع ثلاثة محطات من نوع (P) لنفس الذرة وبالتالي تتكون اربعة محطات مهجنة ($SP^3$) وتتجه هذه المحطات المهجنة في الفراغ بحيث يكون التنافر بين الكتروناتها اقل ما يمكن لتأخذ شكل رباعي الاوجه.

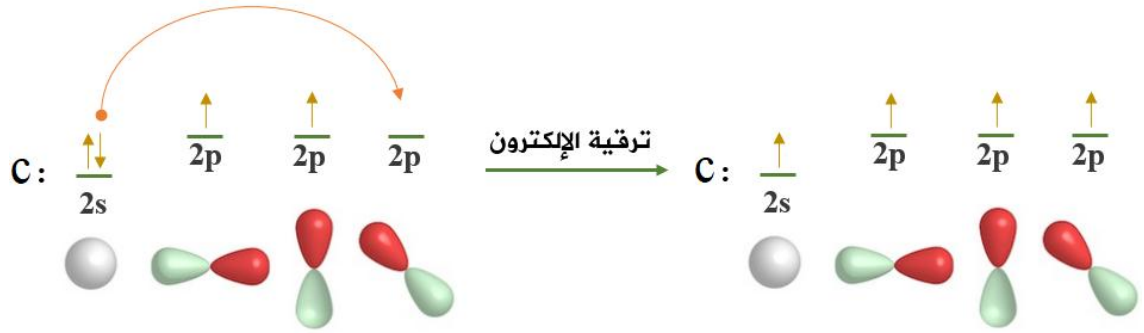



**مثال1:** جزيء $CH_4$ ⇐

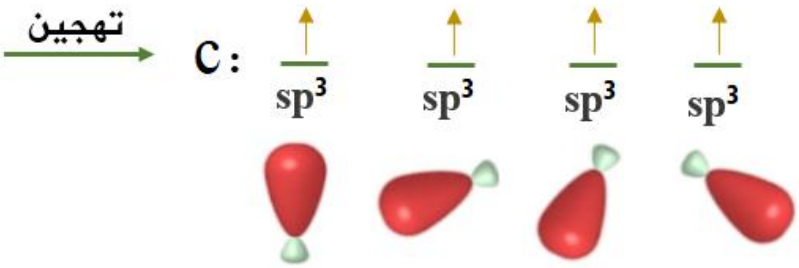


$${}_6C:[{}_2He]2s^2\,2p^2$$

لكي ترتبط ذرة الكربون (C) باربعة ذرات هيدروجين يجب ان يكون لديها اربعة الكترونات عزباء، وعليه تقوم ذرة الكربون بعملية ترقية الالكترون من المحط 2S الى المحط 2P.

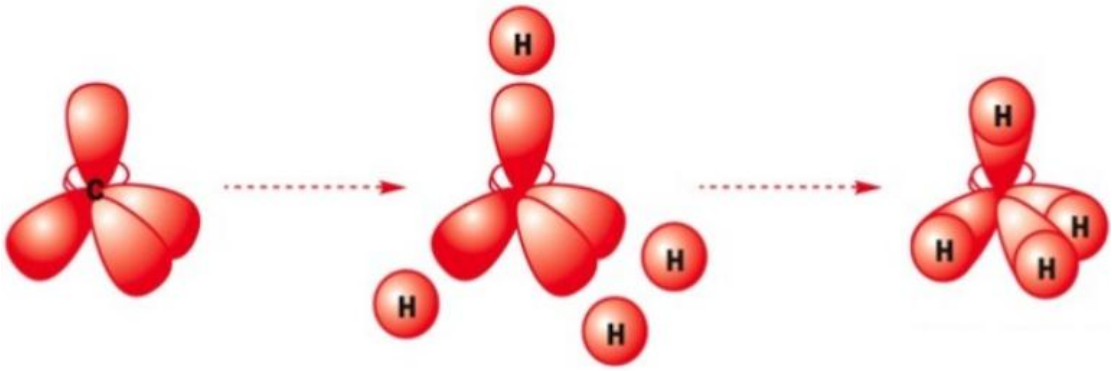



ولكي تكون ذرة الكربون اربعة روابط متكافئة مع اربعة ذرات هيدروجين تقوم بمساوات طاقة المحطات التي تحتوي على الكترونات عزباء، وتخلطهم معا لتكوين اربعة محطات (افلاك) مهجنة في الفراغ يسمى كل واحد منها $SP^3$.




تتجه المحطات المهجنة في الفراغ بأربعة اتجاهات بحيث يكون التنافر بين الكتروناتها اقل ما يمكن لتاخذ المحطات شكل رباعي الاوجه.

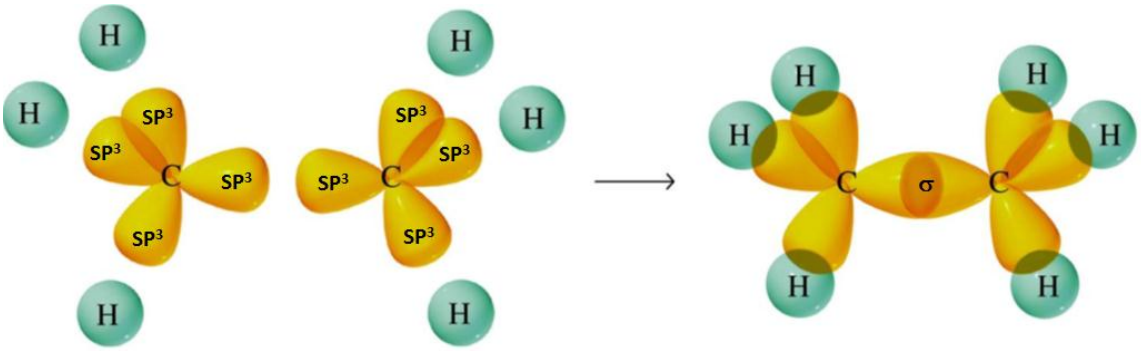
ثم تقدم كل ذرة هيدروجين محطا ذريا من نوع (S) الى كل محط مهجن $SP^3$ كما يلي:




**مثال 2:** تهجين الايثان $C_2H_6$

الرابطة بين ذرتي الكربون ناتجة عن ترابط المحطين ($SP^3$-$SP^3$).

الرابطة بين ذرتي الكربون والهيدروجين ناتجة عن ترابط المحط S لذرة (H) مع المحط $SP^3$ لذرة الكربون.



## تمارين الفصل السابع

**التمرين الأول.**

اعط تمثيل لويس للجزيئات والشوارد التالية مع تعيين الطريقة.

$H_2O$, $NH_3$, $H_2S$, $PF_3$, $BF_3$, $NH_4^+$, $CH_4$, HF, $H_2CO_3$, $COF_2$, $P_2O$, , $ClO_4^-$, $PO_4^{3-}$,

**التمرين الثاني.**

تتميز جزيئة $SO_2$ بهندسة من الشكل V حيث الزاوية بين الرابطتين S-O هي $\alpha = 119°$ والعزم الكلي للجزيئة هو $\mu_T = \mu_{SO_2} = 1,633D$ ، طول الرابطة S-O هي $d = 1,435\ A°$.

1. اعط تمثيل لويس لهذه الجزيئة ($SO_2$).
2. احسب عزم ثنائي القطب الجزئي للرابطة S-O بطريقتين.
3. احسب الشحنة الجزئية ($\delta$) للذرتين S و O.
4. احسب النسبة الايونية للرابطة ($\delta\%$).

**التمرين الثالث.**

اعط تمثيل لويس والتمثيل الهندسي حسب نظرية جيلسبي VSEPR وتهجين المركبات التالية:

$BeH_2$, $BeCl_2$, $BF_3$, $SO_2$, $SO_3$, $H_2S$, $H_2O$, $SnCl_2$, $CH_4$, $NH_3$, $H_3O^+$, $NH_4^+$, $O_3$, NOCl, $COCl_2$, $AlCl_3$, $SCl_2$, $C_2H_6$.

## حل تمارين الفصل السابع

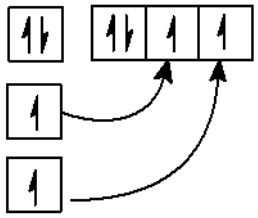
### حل التمرين الأول.

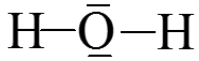
**$H_2O$ :**

$_8O:[_2He]2s^2\,2p^4$

$_1H:1s^1$

$_1H:1s^1$





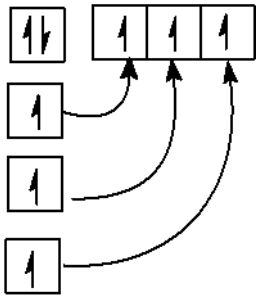
**$NH_3$ :**

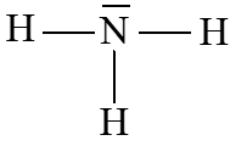
$_7N:[_2He]2s^2\,2p^3$

$_1H:1s^1$

$_1H:1s^1$

$_1H:1s^1$



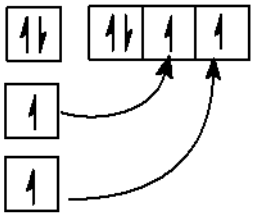


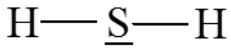
**$H_2S$ :**

$_{16}S:[_{10}Ne]3s^2\,3p^4$

$_1H:1s^1$

$_1H:1s^1$





**$NH_4^+$ :**

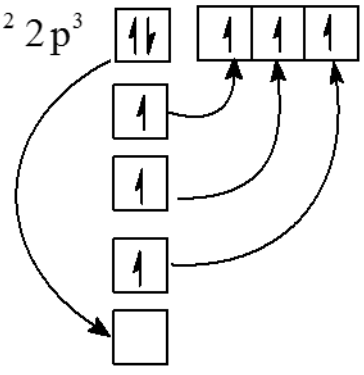
$_7N:[_2He]2s^2\,2p^3$

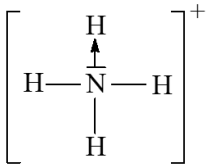
$_1H:1s^1$

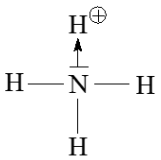
$_1H:1s^1$

$_1H:1s^1$

$_1H^+:1s^0$

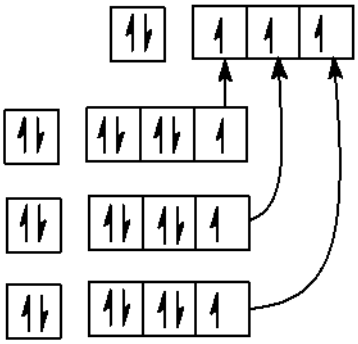






**$PF_3$:**

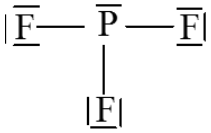
$${}_{15}P:[{}_{10}Ne]3s^2\,3p^3$$



$${}_{9}F:[{}_{2}He]2s^2\,2p^5$$

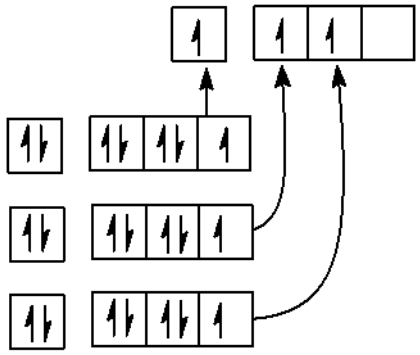
$${}_{9}F:[{}_{2}He]2s^2\,2p^5$$

$${}_{9}F:[{}_{2}He]2s^2\,2p^5$$



**$BF_3$:**

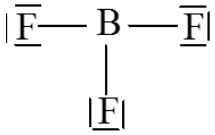
$${}_{5}B:[{}_{2}He]2s^2\,2p^1 \Rightarrow {}_{5}B:[{}_{2}He]2s^1\,2p^2$$



$${}_{9}F:[{}_{2}He]2s^2\,2p^5$$

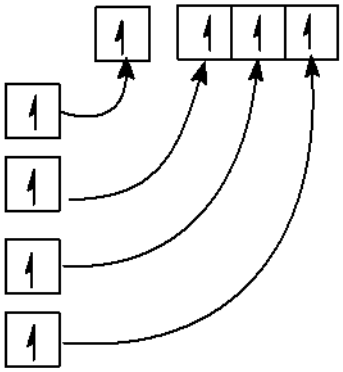
$${}_{9}F:[{}_{2}He]2s^2\,2p^5$$

$${}_{9}F:[{}_{2}He]2s^2\,2p^5$$



**$CH_4$:**

$${}_{6}C:[{}_{2}He]2s^2\,2p^2 \Rightarrow {}_{6}C:[{}_{2}He]2s^1\,2p^3$$

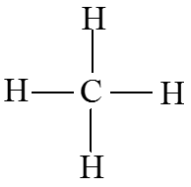


$${}_{1}H:1s^1$$

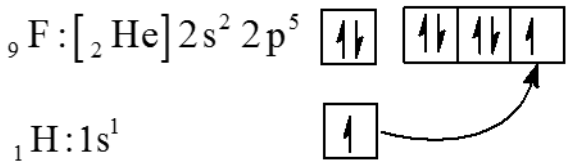
$${}_{1}H:1s^1$$

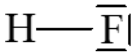
$${}_{1}H:1s^1$$

$${}_{1}H:1s^1$$

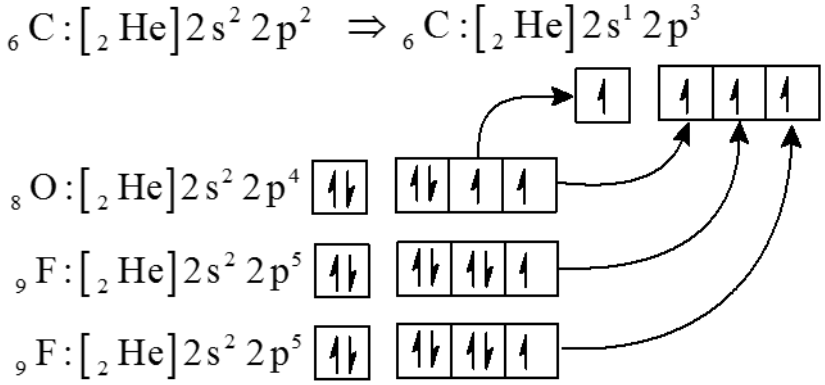


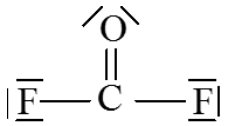
**HF :**



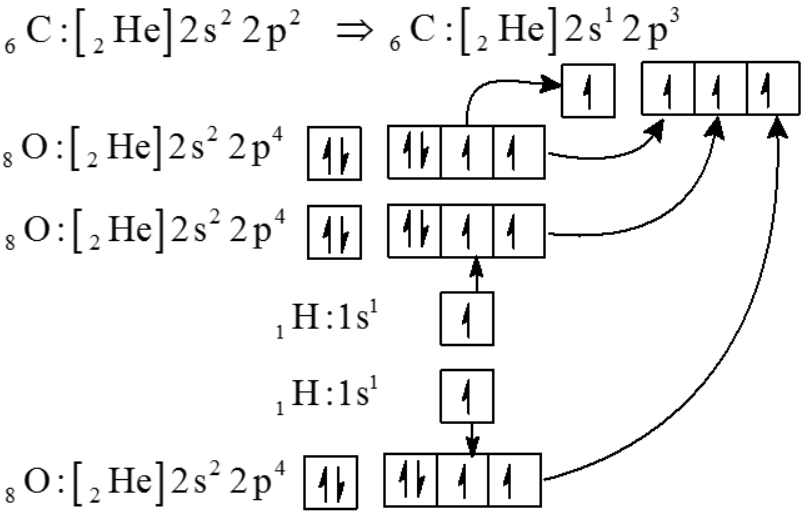



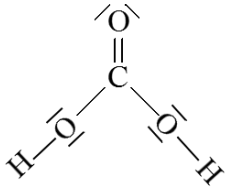

**$COF_2$ :**



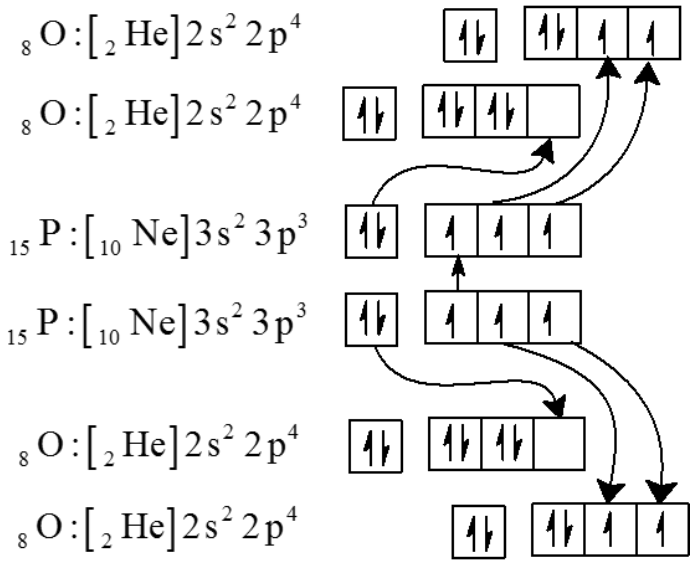



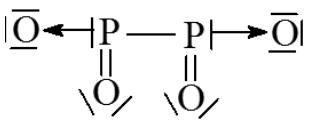

**$H_2CO_3$ :**



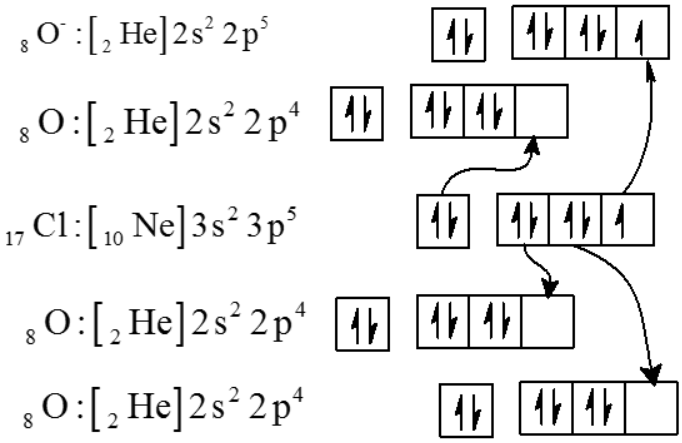



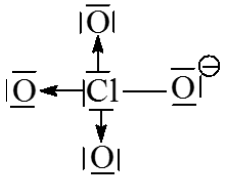
**$P_2O_4$ :**

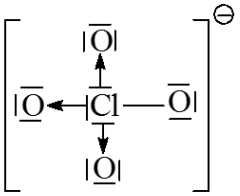


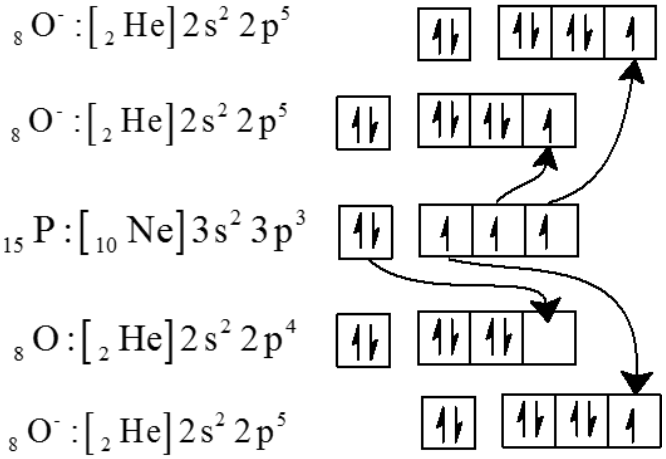
**$ClO_4^-$ :**

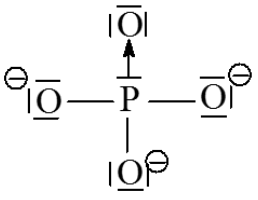


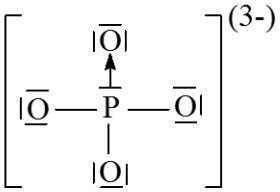





**$PO_4^{3-}$ :**

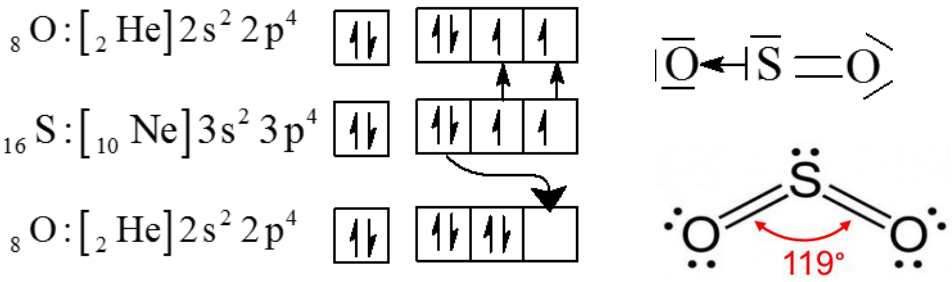




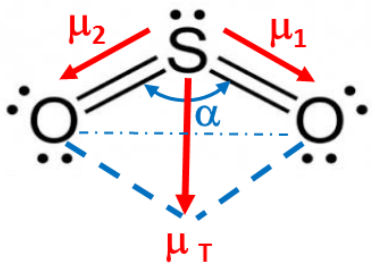
**حل التمرين الثاني.**

1. تمثيل لويس لجزيئة $SO_2$:




2. حساب عزم ثنائي القطب الجزئي للرابطة S-O:

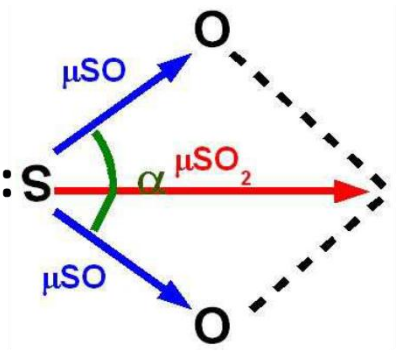
- **الطريقة الأولى:**

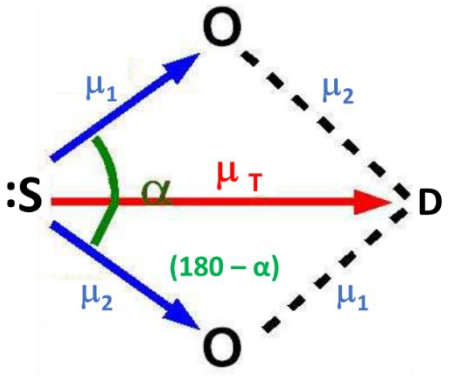



$$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\frac{\frac{\mu_T}{2}}{\mu_1}\Rightarrow \mu_1=\frac{\frac{\mu_T}{2}}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}=\frac{\mu_T}{2\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\mu_1=\frac{1{,}633}{2\cos\left(\frac{119}{2}\right)}=1{,}6087\ D$$

- **الطريقة الثانية:**




من المثلث SOD يمكن كتابة العلاقة التالية:

$$\mu_T^2=\mu_1^2+\mu_2^2-2\mu_1\mu_2\cos(180-\alpha)$$

$$\mu_T^2 = \mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1\mu_2 \text{Cos}\ (\alpha)$$

$$\mu_T^2 = 2\mu_1^2 + 2\mu_1^2\ \text{Cos}\ (\alpha) = 2\mu_1^2\ (1+\text{Cos}\,\alpha)$$

$$\mu_1^2 = \frac{\mu_T^2}{2\ (1+\text{Cos}\alpha)} \Leftrightarrow \mu_1 = \frac{\mu_T}{\sqrt{2\ (1+\text{Cos}\alpha)}} = \frac{1{,}633}{\sqrt{2(1+\text{Cos}(119))}} = 1{,}6087\ \text{D}$$

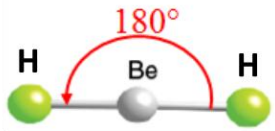
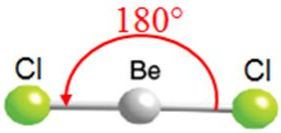
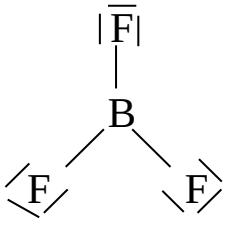
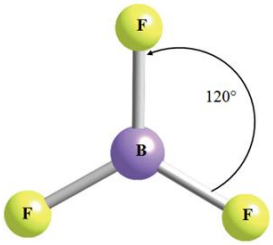
3. حساب الشحنة الجزيئية $\delta$ على كل ذرة:

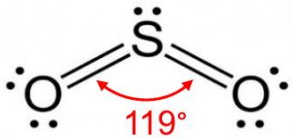
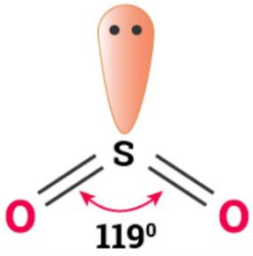
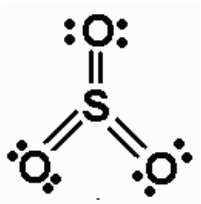
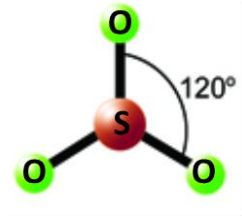
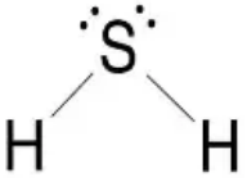
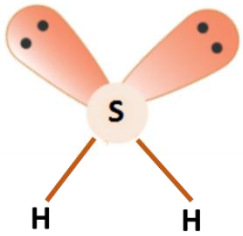
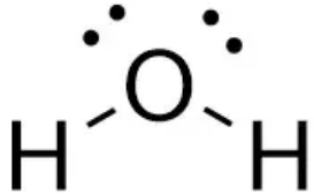
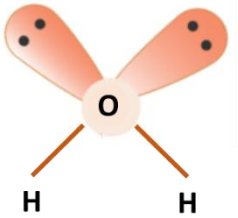
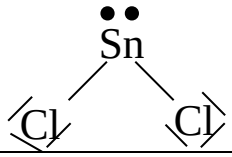
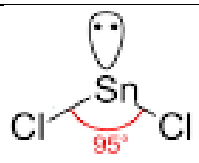
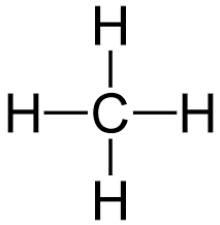
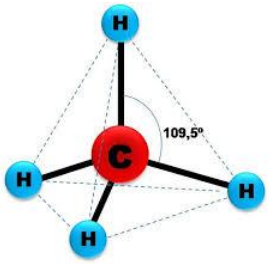
$$\mu_1 = \delta\ e\ d \Rightarrow \delta = \frac{\mu_1}{e\ d} = \frac{1{,}6087\ .\ 3{,}33\ .\ 10^{-30}}{1{,}6\ .\ 10^{-19}.1{,}435\ .\ 10^{-10}} = \pm\ 0{,}23$$

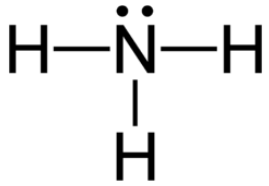
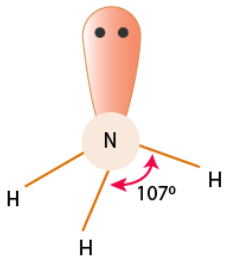
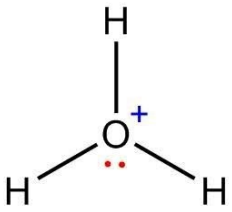
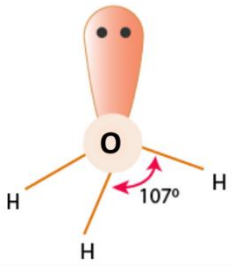
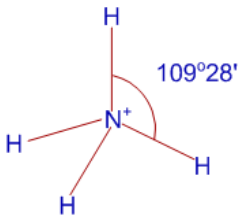
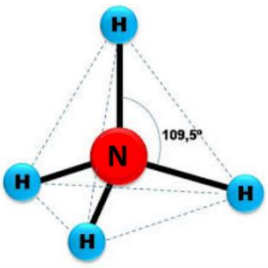
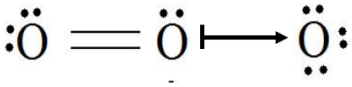
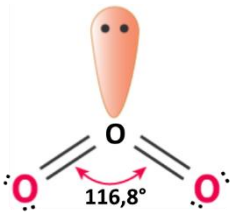
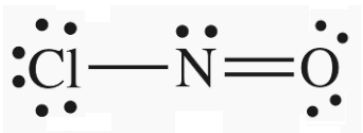
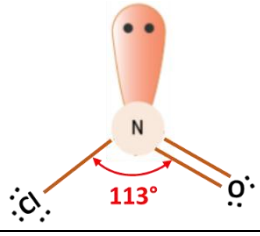
4. حساب النسبة الايونية للرابطة S-O:

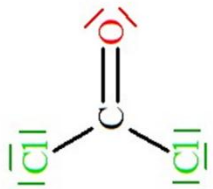
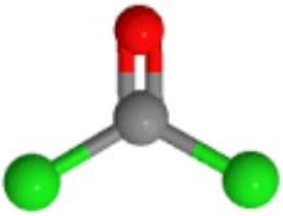
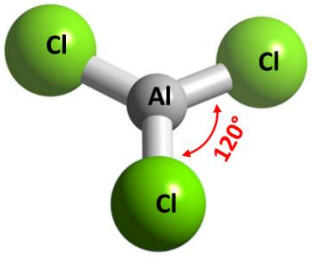
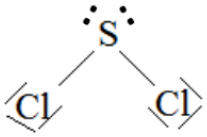
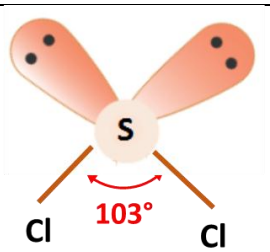
$$\delta\% = i\% = \delta\ .\ 100 = 0{,}23\ .\ 100 = 23\%$$

**حل التمرين الثالث.**

| الجزيء | تمثيل لويس | VSEPR | التمثيل الهندسي | التهجين |
|---|---|---|---|---|
| $BeH_2$ | $H-Be-H$ | $AX_2$ |   | sp |
| BeCl | $\|\overline{Cl}—Be—\overline{Cl}\|$ | $AX_2$ |   | sp |
| $BF_3$ |   | $AX_3$ |   | $sp^2$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $SO_2$ |  | $AX_2E$ |  | sp |
| $SO_3$ |  | $AX_3$ |  | $Sp^2$ |
| $H_2S$ |  | $AX_2E_2$ |  | $Sp^3$ |
| $H_2O$ |  | $AX_2E_2$ |  | $Sp^3$ |
| $SnCl_2$ |  | $AX_2E$ |  | $Sp^2$ |
| $CH_4$ |  | $AX_4$ |  | $Sp^3$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $NH_3$ |  | $AX_3E$ |  | $Sp^3$ |
| $H_3O^+$ |  | $AX_3E$ |  | $Sp^3$ |
| $NH_4^+$ |  | $AX_4$ |  | $Sp^3$ |
| $O_3$ |  | $AX_2E$ |  | $Sp^2$ |
| NOCl |  | $AX_2E$ |  | $Sp^2$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $COCl_2$ |  | $AX_3$ |  | $Sp^2$ |
| $AlCl_3$ | | $AX_3$ |  | $Sp^2$ |
| $SCl_2$ |  | $AX_2E_2$ |  | $Sp^3$ |

# الملاحق

# الملحق 1

**وحدات الرئيسية للقياس في النظام الدولي:**

| | الكمية المقاسة | رمز الكمية المقاسة | تعريف الوحدة | رمز الوحدة |
|---|---|---|---|---|
| **الوحدات الأساسية** | الطول | L | المتر | m |
| | الكتلة | m | الكيلوغرام | Kg |
| | الزمن | t | الثانية | S |
| | شدة التيار الكهربائي | i | الامبير | A |
| | درجة الحرارة | T | الكلفن | K |
| | كمية المادة | n | المول | mol |
| **الوحدات الميكانيكية** | القوة | F | النيوتن | N |
| | العمل (الشغل) | W | الجول | J |
| | الطاقة | E (N.m) | الجول | J |
| | كمية الحرارة | Q | الجول | J |
| | الاستطاعة | P ($N.m.s^{-1}$) | الواط | W |
| | الضغط | P | الباسكال | Pa |
| **الوحدات الكهربائية** | الشحنة | q | الكولوم | C |
| | فرق الكمون الكهربائي | U (W/A) | الفولط | V |
| | المقاومة | R (V/A) | الاوم | Ω |
| | السعة | C (C/V) | الفاراد | F |
| | تدفق مغناطيسي | ϕ (V.s) | ويبر | Wb |
| **الاشعاعية** | النشاطية (النشاط) | A | البيكريل | Bq |
| | الدور الاشعاعي | T | الثانية | S |
| | ثابت التفكك | λ | 1/الثانية | $S^{-1}$ |

# الملحق 2

## 1. أهم الثوابت الفيزيائية:

| تعريف الثابت | الرمز | القيمة | الوحدة الدولية |
|---|---|---|---|
| سرعة الضوء | C | $2,99776 . 10^{8}$ | m/s |
| تسارع الجاذبية الارضية | g | 9,81 | $m/s^2$ |
| ثابت بلانك | h | $6,62 .10^{-34}$ | J.s |
| ثابت بولت زمان | k | $1,38 . 10^{-23}$ | J/K |
| ثابت الغازات المثالية | R | 8,314 | $J . K^{-1}. mol^{-1}$ |
| الحجم المولي | $V_m$ | $22,41 . 10^{-3}$ | $m^3$ /mol |
| عددافوقادرو | $N_A$ | $6,023 . 10^{23}$ | |
| شحنة الالكترون | e | $-1,6 . 10^{-19}$ | C (coulomb) |
| كتلة الالكترون | $m_e$ | $9,11 . 10^{-31}$ | Kg |
| شحنة البروتون | $q_p$ | $+1,6 . 10^{-19}$ | C (coulomb) |
| كتلة البروتون | $m_p$ | $1,675 . 10^{-27}$ | Kg |
| كتلة النيوترون | $m_n$ | $1,674929 . 10^{-27}$ | Kg |

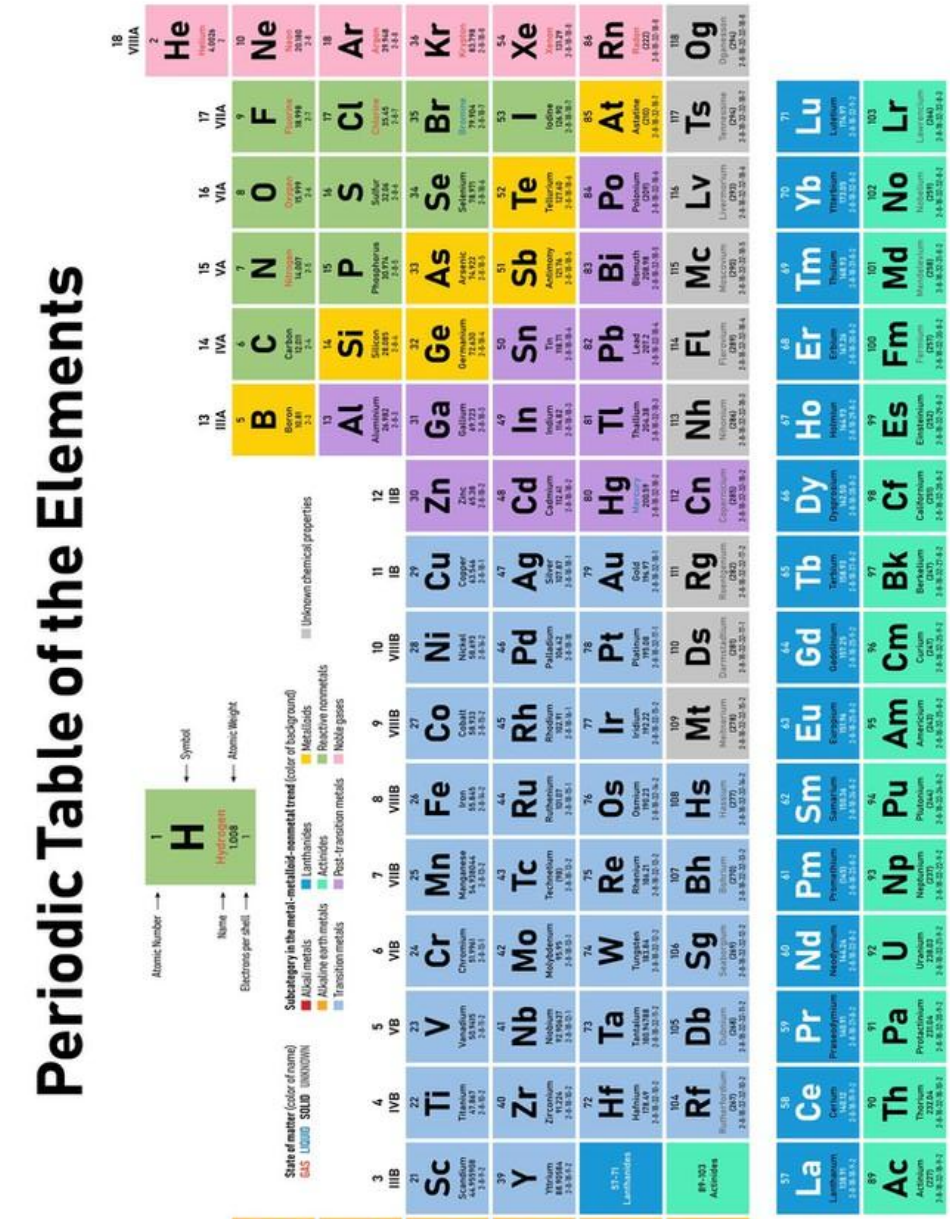
## 2. تحويل الوحدات:

| الطاقة | الجول (J) | الحريرة (Cal) | الكترون فولط (ev) |
|---|---|---|---|
| **1J** | 1 | 0,239 | $0,624 . 10^{+19}$ |
| **1Cal** | 4,184 | 1 | $2,611 . 10^{+19}$ |
| **1ev** | $1,602 . 10^{-19}$ | $0,383 . 10^{-19}$ | 1 |

| الضغط | الباسكال (Pa) | البار (bar) | الجو (atm) | الميليمتر زئبقي (mmHg) |
|---|---|---|---|---|
| **1Pa** | 1 | $10^{-3}$ | $9,869 . 10^{-6}$ | $7,5 . 10^{-3}$ |
| **1bar** | $10^{5}$ | 1 | 0,987 | 750,062 |
| **1atm** | 101325 | 1,01325 | 1 | 760 |
| **1mmHg** | 133,322 | $1,333 . 10^{3}$ | $1,316 . 10^{3}$ | 1 |

# الملحق 3

**جدول التصنيف الدوري للعناصر:**



# المراجع


- Chimie Générale – 3e Edition corrigée, 1986. R. Ouahes, B. Devallez.
- Précis de la structure de la matière – 1ère Année L.M.D, 2007. Nadia Ouabadi-Serkhane.
- Chimie Générale – 3e Edition ; traduction de la 4e édition américaine par Jean Toullec, Paris, 2013. Mc Quarrie, P.A. Rock, E.A. Gallogly.
- Chimie Générale – Rappels de cours, Exercices avec corrigés détaillés, Dunod, Paris, 2009. Élisabeth Bardez.