

## بنية المادة والنظرية الذرية الحديثة

### Structure of Materiality and Modern

#### Atomic Theory

##### 1- مقدمة

مما تتركب المادة؟ شغل هذا التساؤل أذهان المفكرين والفلاسفة منذ قديم الزمان. وقد بذلوا على مر العصور عدة محاولات للوصول إلى إجابة شافية له. ومن هذه المحاولات ما كان يعتمد على جانب الحدس والتخمين والنظرة الفلسفية للأمور، ومنها ما كان يعتمد على الجانب التجريبي والقياسي.

ومن المحاولات التي اعتمدت على الجانب الأول، ظهور فكرة الفلسفة الإغريقية التي تقول إن المادة تتكون من وحدات متناهية الصغر ولا ترى بالعين المجردة. تسمى كل منها "ذرة"، وهذه الكلمة في اللغة الإغريقية تعني (Atom) أي (غير قابلة للانقسام-أو الغير مرئي). وقد ظلت هذه الفكرة سائدة حتى تباشير التقدم العلمي الهائل في القرن السابع عشر الميلادي. وفي هذا الوقت ظهر العلامة الإنجليزي نيوتن الذي أيد تلك الفكرة عن الذرة فظلت هذه الفكرة هي السائدة إلى أن جاء العالم جون دالتون الإنجليزي عام 1804 حيث بلور أول نظرية في تركيب المادة، وأهم فرضياته هي:

1. كل المواد تتكون من دقائق متناهية في الصغر تسمى الذرات.
  2. الذرة مصمتة وغير قابلة للانقسام أو التجزئة.
  3. ذرات العنصر الواحد متشابهة تماما، وهي تختلف من ذرات أي عنصر آخر.
  4. تتكون الذرة المركبة (ما يسمى الآن الجزيء) من نسبة ثابتة من ذرات العناصر التي تدخل في تركيبه.
- لقد ظل هذا النموذج هو الأساس الذي قام عليه بناء علم الكيمياء أكثر من قرن من الزمان، ثم ظهر عجز نموذج دالتون وقصوره عن تفسير سلوك المادة، مما حدا بالعلماء إلى البحث عن نظريات بديلة وافترض نماذج ذرية جديدة.

فظهرت النظرية الذرية الحديثة التي أثبتت أن الذرة ليست نهاية المادة، وإنما هي جملة معقدة تتألف من وحدات بنيوية أصغر كالإلكترون والبروتون والنيوترون والبوزيترون وغيرها.

سنبداً في هذا الفصل بدراسة مكونات الذرة من خلال الاكتشافات الهامة التي قامت على النظرية الذرية الحديثة، وسندرس بنية الذرة من خلال النماذج الذرية المختلفة التي اقترحت قبل الوصول إلى المفهوم الحالي بفضل الميكانيك الموجي.

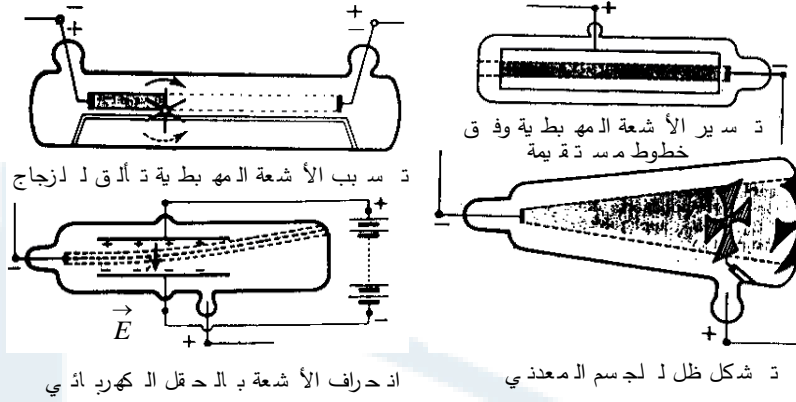
### 1- اكتشاف الإلكترون والبروتون

تابع العالمان وليام كروكس وجان بيران في عام 1885 دراسة طبيعة الأشعة المتولدة في أنبوب الانفراغ الكهربائي (جهاز مخلخل الغازات) بدقة فائقة، في عام 1885 وجد العالمان كروكس وجان بيران أن الأشعة المهبطية (الأشعة المتولدة في أنبوب التفريغ الكهربائي) ما هي إلا تيار من جسيمات عنصرية تنبعث من المهبط إلى المصعد عند تطبيق المجال المغناطيسي مسببة إصدار الضوء (تألق الأشعة داخل الأنبوب) وتتميز هذه الأشعة بشكل خاص بالصفات التالية:

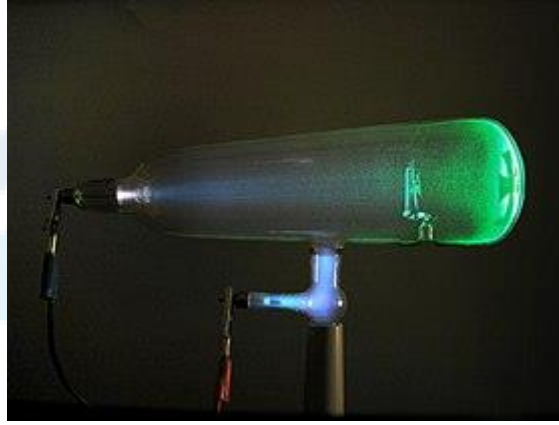
1. تسير وفق خطوط مستقيمة مبتعدة عن المهبط وعمودية عليه، وسرعتها تساوي  $10/1$  من سرعة الضوء.
  2. تسبب تألق بعض المواد مثل الزجاج.
  3. يمكن لبعض الأجسام أن تمتصها ولذلك يتشكل ظل للجسم المعدني الذي يعمل كمصعد، كما هو مبين بالشكل (1).
  4. تتأثر هذه الأشعة بالحقل الكهربائي وتنحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة أي أنها ذات شحنة سالبة، وكذلك تتأثر بالحقل المغناطيسي.
- ومن الهام أن نذكر أن صفات هذه الأشعة هي ذاتها مهما يكن نوع الغاز الموجود في أنبوب التفريغ. إذاً هذه الصفات مرتبطة بوجود دقائق مادية مشحونة سلباً تدخل في تركيب كافة المواد. وفي عام 1874 اقترح الفيزيائي الإنكليزي ستوني اسم الإلكترون لدقيقة هذه الأشعة.



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY



### الشكل (1): صفات الأشعة المهبطية.



تجربة على أنبوب كروكس وهي أول من أظهر طبيعة الجسيم إلكترون. ويبدو بالصورة الشكل الجانبي لهدف مصوب باتجاه واجهة الأنبوب وبواسطة حزمة إلكترونات

وبعدها تمكن العالم ميليكان من قياس شحنة الإلكترون التي تساوي:  $e = 1.602 \times 10^{-19}$  كولون والتي تعادل  $1/1837$  من كتلة ذرة الهيدروجين.

وعندما فرغ تومسون من دراسة الأشعة المهبطية قام بدراسة طبيعة الأشعة المصعدية، فلاحظ أنها تنحرف تحت تأثير الحقل الكهربائي نحو القطب السالب، أي إنها ذات شحنة موجبة، وإن مقدار انحرافها أقل بكثير من انحراف الأشعة المهبطية مما يدل على أن كتلتها أكبر من كتلة الإلكترونات. وتتعلق كتلتها وشحنتها بنوعية الغاز المستخدم في أنبوب التفريغ وهذا ما دفعه للاعتقاد بأن الأشعة المصعدية عبارة عن دقائق موجبة لذرات الغاز المتواجد في الأنبوب.

وفي عام 1922 أطلق عالم الفيزياء الإنكليزي رزورفورد اسم البروتونات على جسيمات العنصرية التي توجد في نوى الذرات، وتحمل الواحدة منها شحنة موجبة تساوي في مقدارها شحنة الإلكترون ووجد أن كتلة البروتون الواحد تساوي 1836 إلكترونًا.

## 2- اكتشاف الأشعة السينية

تم اكتشاف الأشعة السينية (أشعة X) على يد العالم الفيزيائي الألماني ويليام رونتجن William Rontgen في عام 1895 عندما وضع صفيحة معدنية، من النحاس مثلاً، مقابل المهبط أي في مسار الأشعة المهبطية لم تستطع الأشعة المهبطية أن تتابع سيرها في خطوط مستقيمة بعد أن وصلت إلى الحاجز المعدني. ولاحظ رونتجن أن الأشعة الصادرة مشابهة للأشعة الضوئية، غير أنها ذات طول موجي أقصر (0.01-10 نانومتر) وذات قدرة كبيرة على النفوذ، وهي معتدلة كهربائياً، أي لا تنحرف في المجالين الكهربائي والمغناطيسي، فطبيعتها تشبه طبيعة الأشعة المرئية إلى حد كبير، أطلق عليها رونتجن "الأشعة السينية".



## 3- اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي

قام العالم الفرنسي بيكريل بدراسة تأثير هذه الأشعة على الأجسام البلورية، فوجد أن بلورات بعض الأملاح المعدنية تتألق إذا ما عرضت للأشعة السينية، ويترك تألقها آثاراً واضحة على الصفائح الفوتوغرافية (لوحات التصوير)، تظهر على شكل بقع سوداء.

## 4- اكتشاف النيوترون

توقع العالم رودرفورد عام 1920 وبعد إجراء تجربته الشهيرة " تشتيت جسيمات ألفا بواسطة صفائح من الذهب " وجود جسيمات دقيقة معتدلة الشحنة في الذرة وكتلتها تساوي كتلة البروتونات، وهي جسيمات عديمة الشحنة: لا تتأثر بالمجالين الكهربائي والمغناطيسي وذات قدرة عالية على النفوذ، أطلق عليها اسم "نيوترون"

## 5- اكتشاف البوزيترون

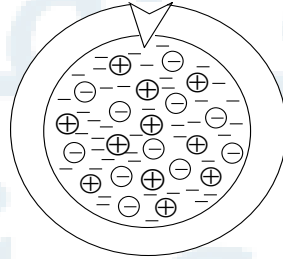
دلت نتائج الأبحاث التي أجراها العالم أندرسون على الأشعة الكونية، الساقطة من الفضاء الخارجي على سطح الأرض، على أن هذه الأشعة تحتوي على جسيمات عنصرية لها كتلة الإلكترونات وشحنة البروتونات (إلكترونات موجبة) أطلق عليها اسم البوزيترونات. يمكن الحصول على البوزيترونات بطرائق عديدة، منها قذف العناصر الخفيفة مثل:  $Al$ ،  $Mg$ ،  $B$  و  $Be$  بدقائق ألفا الموجبة، وكذلك في التفاعلات النووية من تحول البروتون إلى نيوترون وبوزيترون.

## 6- تطور دراسة بنية الذرة

أدى اكتشاف الإلكترون والبروتون وظاهرة النشاط الإشعاعي وغيرها إلى تحطيم الفرضية الكلاسيكية القائلة بأن الذرة جزء أصم غير قابل للتغيير أو الانقسام وإلى التأكيد على التركيب المعقد لبنية الذرة، مما جعل العلماء يولون اهتماما خاصا للتعرف على البنية الداخلية للذرة. ولم يمض إلا وقت قليل حتى ظهرت عدة نماذج حول بنية الذرة المعقدة.

### 1-6- نموذج تومسون للذرة

نصت فرضية تومسون على أن الذرة تتألف من شحنة موجبة متوزعة بشكل منتظم داخل حجمها الكروي تتوضع فيها الإلكترونات ذات الشحنات السالبة مهتزة بطريقة ما محققة للتعاقد الكهربائي. معنى هذا أن الذرة جسم ممتلئ، يوضح

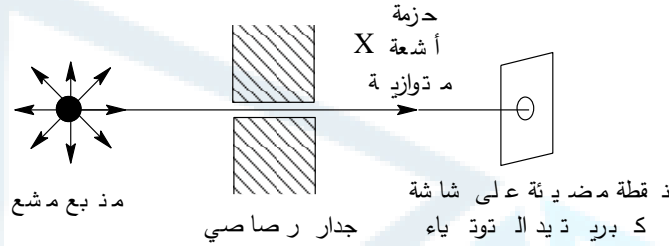


الشكل (2): نموذج تومسون الذري.

### 2-6- نموذج رودرفورد للذرة

تعتبر تجربة رودرفورد التي قام بها من أهم التجارب لتوضيح بنية الذرة، وذلك لدحض فرضية تومسون النظرية.

اعتمدت تجربة رودرفورد على تشتيت جسيمات ألفا على صفيحة معدنية رقيقة جداً، وأجريت على النحو التالي: وجهت حزمة متوازية من دقائق ألفا صادرة عن عنصر مشع عبر ثقب ضيق في جدار رصاصي، وأعطت ومضات ضوئية على حاجز مطلي بمادة كبريتيد التوتياء ZnS، الشكل (3).



إن النتائج التجريبية دفعت رودرفورد عام 1911 لاقتراح نموذج جديد حول بنية الذرة، يتلخص بالنقاط التالية:

1. تتألف الذرة من نواة مشحونة ايجابيا والكثرونات مشحونة سلبيا.
2. تتساوى عدد الشحنات الموجبة مع عدد الشحنات السالبة لذلك تعتبر الذرة معتدلة كهربائياً.
3. تتمركز كتلة الذرة مع الشحنة الموجبة في المركز الذري الذي دعي بالنواة، وهو يشغل حيزاً صغيراً بالمقارنة مع حجم الذرة، حيث أن قطر الذرة من مرتبة  $10^{-8}$  ، بينما قطر النواة من مرتبة  $10^{-13}$  .
4. تدور الإلكترونات حول النواة بمدارات دائرية على مسافات كبيرة نسبياً، حيث تؤثر عليها قوتان متساويتان هما: قوة جذب النواة لها وقوة نابذة ناتجة عن دورانها.
5. إن الذرة في تركيبها ونظامها تشبه المجموعة الشمسية إلى حد كبير.

### 3-6- فرضية بور الذرية

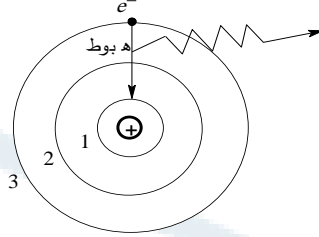
وفي عام 1913 صاغ بور فرضيته الشهيرة حول بنية الذرة والتي تتلخص بالبند التالي:

1. تتحرك الإلكترونات في الذرة على مدارات دائرية محددة، تدعى بالمدارات المستقرة، ويتميز كل مدار منها بطاقة محددة وثابتة لذا تعرف أيضاً بسويات الطاقة.
2. لا يشع الإلكترون أي مقدار من الطاقة أثناء حركته على مداره المستقر.
3. يصدر الإلكترون عند هبوطه من سوية طاقة مرتفعة إلى سوية طاقة منخفضة كم من الإشعاع، طاقته تساوي الفرق بين طاقتي هاتين السويتين، أي إن:

$$E_{n_2 \rightarrow n_1} = E_{n_2} - E_{n_1} = h\nu_{n_2 \rightarrow n_1}$$

ولكي يقفز الإلكترون من السوية المنخفضة  $E_{n_1}$  إلى السوية المرتفعة  $E_{n_2}$  لا بد أن يمتص نفس كمية الطاقة التي أصدرها عند هبوطه، كما في الشكل (3)

4. إن العزم الزاوي (عزم كمية الحركة) للإلكترون يتحرك على مدار مستقر يساوي عددا صحيحا من وحدات الكم.



الشكل (3)

وبعد ذلك جاءت محاولات العالم سمر فيلد لإنقاذ فرضية بور، فتأكد وجود مدارات اهليلجية إلى جانب المدارات الدائرية للإلكترون. ولكن الفرضية الجديدة (بور - سمر فيلد) لم تكن الجواب النهائي لمسألة البنية الذرية. وكان لا بد من البحث عن نظرية أفضل من سابقتها لوضع نموذج صحيح حول بنية الذرة.

من هنا كانت انطلاقة العالم الفرنسي دي بروغلي عام 1924 لوضع حجر الأساس لعلم جديد في الفيزياء النظرية، وهو ما يعرف اليوم بعلم الميكانيك الكمومي الحديث.

#### 7- الميكانيك الكمومي الحديث

استطاع عالم الفيزياء دي بروغلي أن يثبت، بأن الإلكترونات تتمتع بطبيعة موجية مثل الفوتونات إلى جانب خواصها الجسيمية، وتمكن من قياس الأمواج الناتجة عنها.

#### 7-1- الأعداد الكمومية وحالة الإلكترون في الذرة

سنكتفي باستخدام نتائج الميكانيك الكمومي الحديث في تفسير وشرح البنية الإلكترونية للذرات، ونبدأ بالتعرف على الأعداد الكمومية (أرقام الكم) التي تحدد سويات الطاقة المسموح بها، وتصف حالة الإلكترون في الذرة، وكذلك سنسلط الضوء في هذه الفقرة على أنواع المدارات الذرية وأشكال البعض منها.

#### • العدد الكمومي الرئيسي (n):

يرمز لهذا العدد بالحرف (n) وهو يأخذ قيما صحيحة موجبة غير الصفر ويحدد الطبقة الإلكترونية الرئيسية (سوية الطاقة) التي ينتمي إليها الإلكترون. يرمز للطبقات الإلكترونية الرئيسية بأحرف مقابلة للأعداد الصحيحة مشيرة إلى السوية الطاقية.

العدد الكمومي الرئيسي ( $n$ )	1	2	3	4	5	6	7
رمز الطبقة الرئيسية	$K$	$L$	$M$	$N$	$O$	$P$	$Q$

وبما أن الميكانيك الكمومي لا يسمح بتحديد موضع الإلكترون على المدار بدقة فالعدد الكمومي الرئيسي ( $n$ ) يسمح فقط بتعيين البعد الأكثر احتمالاً للإلكترون عن النواة.

ويعبر عن الكثافة الاحتمالية الممثلة لحركة الإلكترون في مجال النواة، والتي غالباً ما تسمى بكثافة الطبقة الإلكترونية أو بالسحابة الإلكترونية، بمربع التابع الموجي الذي يصف حركة الإلكترون على مداراته.

• العدد الكمومي الثانوي ( $\ell$ ):

ويعرف أيضاً بالعدد الكمومي المداري أو العدد الكمومي للعزم الزاوي. يعين شكل المدار وبالتالي شكل الغمامة الإلكترونية، يرمز له بـ ( $\ell$ )، وهو ما يستدل به على الصفة الميكانيكية لحركة الإلكترون داخل الذرة كونه يعين عزم كمية الحركة للإلكترون في جميع أوضاعه داخل الذرة. تبين الدراسات النظرية أن العدد الكمومي الثانوي ( $\ell$ ) يمكن أن يأخذ جميع القيم الصحيحة الموجبة ابتداءً من الصفر وحتى ( $n-1$ )، وذلك من أجل أية طبقة لإلكترونية رئيسية. والقيم الصحيحة التي يأخذها العدد الكمومي ( $\ell$ ) تقابلها مدارات ثانوية يرمز لها بحروف كما يلي:

الجدول (1)

العدد الكمومي الثانوي	0	1	2	3	4	5	.....
الرمز المقابل	$s$	$p$	$d$	$f$	$G$	$h$	.....

ولكل عدد كمومي رئيسي  $n$  يأخذ العدد الكمومي الثانوي  $\ell$  قيماً محصورة بين الصفر ( $n-1$ ) وهذا ما يوضحه

الجدول التالي: الجدول (2)

العدد الكمومي الرئيسي ( $n$ )	1	2	3	4
الطبقة الإلكترونية الرئيسية	$K$	$L$	$M$	$N$
العدد الكمومي الثانوي ( $\ell$ )	0	0, 1	0, 1, 2	0, 1, 2, 3
تمثيل المدار (الغمامة الإلكترونية)	$1s$	$2s2p$	$3s3p3d$	$4s4p4d4f$



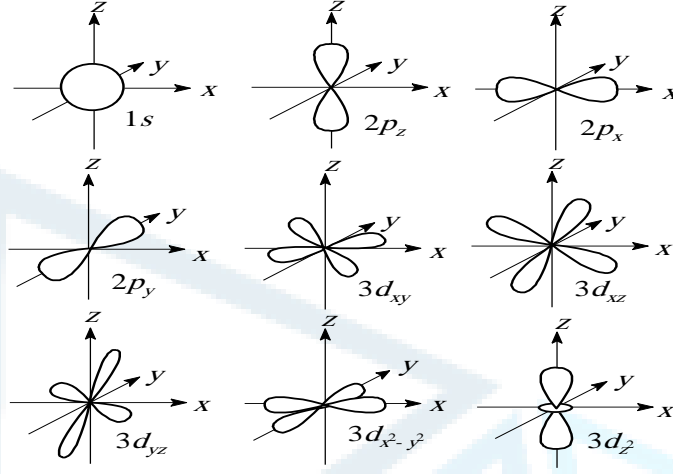
ولتمييز المدارات الثانوية التابعة لطبقة إلكترونية رئيسية ما عن المدارات الثانوية التابعة لطبقة رئيسية أخرى توضع قيمة العدد الكمومي الرئيسي ( $n$ ) المميز للطبقة الإلكترونية الرئيسية قبل الرمز للمدار الثانوي، كما هو موضح في الجدول السابق.

يتعين عدد أنواع المدارات الثانوية في كل طبقة إلكترونية رئيسية بالقيمة التي يأخذها العدد الكمومي الرئيسي ( $n$ ) أو بعدد القيم التي يأخذها العدد الكمومي الثانوي ( $\ell$ )، حيث إن كل قيمة للعدد ( $\ell$ ) يقابلها نوع محدد من المدارات.

وكما نلاحظ من الجدول (2) إن الطبقة الإلكترونية الرئيسية الأولى ( $n=1$ )  $K$  تحتوي على مدار ثانوي واحد تقابله قيمة واحدة ممكنة للعدد ( $\ell$ ) هي الصفر. وتحتوي الطبقة الإلكترونية الثانية ( $n=2$ )  $L$  على نوعين مختلفين من المدارات الثانوية، أحدهما هو النوع  $s$  ويقابل القيمة ( $\ell=0$ ) والآخر هو النوع  $p$  ويقابل القيمة الممكنة الثانية ( $\ell=1$ )، وهكذا ...

تتميز المدارات الثانوية  $s$ ،  $p$  و  $d$  بأشكالها المختلفة المطابقة لأشكال السحابات الإلكترونية العائدة لإلكترونات هذه المدارات، فالسحابة الإلكترونية العائدة لإلكترون المدار  $s$  تتمتع بتناظر كروي وتأخذ شكل الكرة، في حين تكون السحابات الإلكترونية العائدة لإلكترونات المدارات  $p$  على شكل اهليلجي (مثل الرقم 8 وهو مفلطح)، بينما تكون أشكال المدارات  $d$  و  $f$  أكثر تعقيدا، كونها غير متناظرة، ويظهر الشكل (4) أنماط السطوح الحدية للمدارات  $s$ ،  $p$  و  $d$ .

وأخيرا تجدر الإشارة إلى أن طاقة الإلكترون الموجود في ذرة متعددة الإلكترونات لا تتعلق فقط بقيمة العدد الكمومي الرئيسي ( $n$ ) كما هو الحال بالنسبة لذرة الهيدروجين، وإنما تتعلق أيضا بقيمة العدد الكمومي الثانوي ( $\ell$ ) ونختلف هذه الطاقة باختلاف المدار الثانوي، وتزداد بازدياد قيمة العدد ( $\ell$ )، أي في الاتجاه  $s \rightarrow p \rightarrow d$ .



الشكل (4): أوضاع المدارات s، p و d في الفراغ

#### • العدد الكمومي المغناطيسي (m)

إن حركة الإلكترون على مداره أشبه ما تكون بمرور تيار كهربائي في دائرة مغلقة، لذا فلا بد أن يتمتع المدار الإلكتروني بخاصة مغناطيسية تنشأ عن حركة الإلكترون وعن عزمه الزاوي. والعدد الكمومي المغناطيسي يعرف بالرمز (m) ويحدد الاتجاهات والأوضاع الممكنة التي يأخذها المدار الإلكتروني في الفراغ عند إخضاع الذرة لحقل مغناطيسي خارجي.

إن الاختلاف في توجيه الغمامات الإلكترونية بالنسبة لبعض بعضا يوضح سبب ظهور أطيف الذرات في الحقل المغناطيسي وعند تأثير الحقل المغناطيسي الخارجي على الذرات تشتت خطوط أطيفها وتظهر خطوط جديدة مجاورة بسبب تغير وضع الغمامة الإلكترونية بالنسبة إلى بعضها بعضا بانحرافات مختلفة (مسموح بها) لكل غمامة في المجال المغناطيسي.

وبناء على ما تقدم فإن عدد الأوضاع التي يمكن أن تأخذها المدارات الثانوية في الفراغ هي:

فمن أجل إلكترونات s ( $\ell=0$ ) هناك توضع واحد ممكن للسحابة الإلكترونية العائدة للمدار الثانوي s، كما هو موضح على الشكل (4).

ومن أجل الإلكترونات p ( $\ell=1$ ) تكون هناك ثلاث أوضاع مختلفة في الفراغ للسحب الإلكترونية العائدة للمدار الثانوي p يشار إليها بالرموز  $p_x$ ،  $p_y$  و  $p_z$ ، كما هو مبين في الشكل (4).

ومن اجل الإلكترونات d ( $\ell=2$ ) هناك خمسة أوضاع مختلفة في الفراغ للسحب الإلكترونية العائدة للمدار

الثانوي d يوضحها الشكل (4) ويشار إليها بالرموز:  $d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, d_{x^2-y^2}, d_{z^2}$

وأما عن كيفية توزيع الإلكترونات على المدارات الثانوية فقد وجد أنه من المناسب أن يستعان على تمثيل الأوضاع الممكنة التي تأخذها السحب الإلكترونية في الفراغ بحجيرات مربعة □ تعرف بالحجيرات الكمومية: وكل حجيرة تتسع فقط لإلكترونين متعاكسين.

### 8- البنية الإلكترونية للذرات متعددة الإلكترونات

#### 8-1- ترتيب السويات الطاقية

وجدنا حسب فرضية بور أن إلكترون ذرة الهيدروجين يتأثر بالقوة الجاذبة المركزية الناشئة عن النواة ذات الشحنة الموجبة (قوة كولون)، وإن طاقة هذا الإلكترون تتعلق فقط بالعدد الكمومي الرئيسي ( $n$ ). ولكن الأمر يبدو أكثر تعقيدا في الذرات متعددة الإلكترونات، حيث تتداخل المدارات الإلكترونية فيما بينها ويزداد ذلك بازدياد بعد هذه المدارات عن النواة، فإذا وجد إلكترونان على مدارين مختلفين فإن الإلكترون المتواجد على المدار الأقرب للنواة يكون أقل طاقة من الإلكترون المتواجد على المدار الأبعد عن النواة.

يمكن ترتيب المدارات الإلكترونية وفقا لتزايد طاقاتها على النحو التالي:

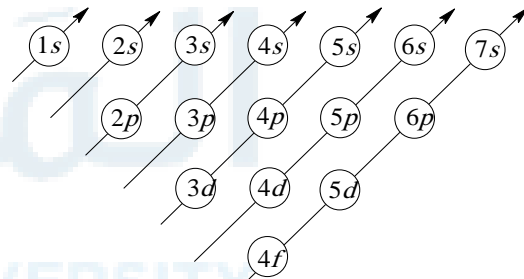
1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s → تزايد الطاقة

ولكي تسهل معرفة هذا الترتيب ترسم المدارات الإلكترونية على شكل دوائر في شكل هرم معكوس ومن ثم تملأ المدارات في اتجاه الأسهم الموضحة في الشكل (5).

العدد الكمي الثانوي المداري  $l$

	0	1	2	3
العدد الكمي الرئيسي $n$	1 1s	2 2s	2 2p	3 3s
3	3s	3p	3d	4s
4	4s	4p	4d	4f
5	5s	5p	5d	5f
6	6s	6p	6d	6f
7	7s	7p	7d	7f

المجموع ( $n+l$ )



الشكل (5): ترتيب امتلاء المدارات الإلكترونية.

### 3-8- البنية الإلكترونية للذرات

بعد أن تعرفنا على ترتيب المدارات الإلكترونية المحيطة بنواة الذرة علينا أن نقوم بتوزيع إلكترونات الذرة على مداراتها وذلك بالاعتماد على قواعد البناء الإلكتروني التالية:

1- مبدأ الثبات: وينص على أن الذرة تكون في حالة ثبات أعظمي عندما تشغل الإلكترونات في الحالة الأساسية مستويات الطاقة الأخفض، ووفقاً لهذا المبدأ تكون ذرة الهيدروجين في حالة ثبات أعظمي عندما يشغل إلكترونها الوحيد المدار  $1s$  الأخفض طاقة من جميع المدارات الأخرى.

2- مبدأ الاستبعاد: تم وضع هذا المبدأ من قبل العالم باولي عام 1925، وينص هذا المبدأ على أنه لا يمكن لإلكترونين في ذرة واحدة أن يملكا نفس الأعداد الكمومية الأربعة. فلو وجد إلكترونان يملكان نفس الأعداد الكمومية  $(n, l, m)$  في الذرة فلا بد أن يختلفا بالعدد الكمومي السبيني  $(s)$ ، أي إنه يشترط عند تواجد إلكترونين في حجرة كمومية أن يكونا متعاكسين باللف الذاتي (متزاوجين)، وهذا ما يمثل بسهمين متوازيين ومتعاكسين في الاتجاه  $\uparrow \downarrow$ .

3- قاعدة هوند: صاغ هذه القاعدة عالم الفيزياء الألماني هوند، وهي تنص على أن الإلكترونات التي تمتلك نفس الطاقة، تتوزع على الحجيرات الإلكترونية بشكل يكون معه عدد الإلكترونات المتساوية في قيم لهما الذاتي

(العازية) أعظمي شريطة عدم الإخلال بمبدأ الاستبعاد. وليس بالشكل  $\uparrow \downarrow \uparrow \square$   $\uparrow \uparrow \uparrow$

الأمثلة الآتية لتوضيح عملية التوزيع الإلكتروني، وفي أثناء ذلك سنكتفي برمز العنصر مقرونا بعدده الذري  $Z$ :

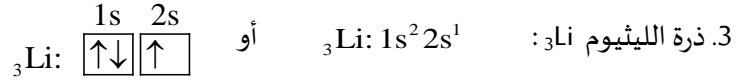
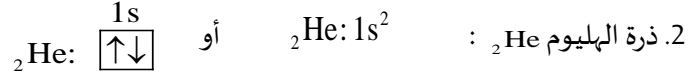
1- ذرة الهيدروجين  ${}^1_1\text{H}$ :

تحتوي هذه الذرة إلكترونًا واحدًا، سيحتل المدار الأدنى طاقة  $1s$ ؛ وبذلك يأخذ التوزيع الإلكتروني للهيدروجين الشكل الآتي:  ${}^1_1\text{H}: 1s^1$

ويمثل هذا التركيب بالشكل الآتي أيضاً:

${}^1_1\text{H}: \uparrow$

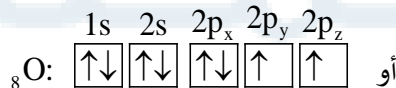
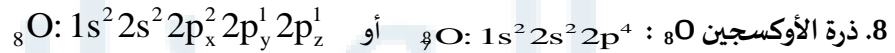
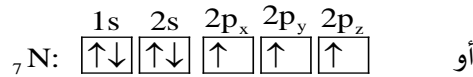
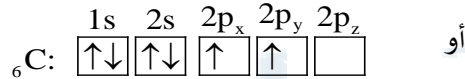
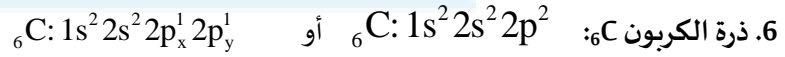
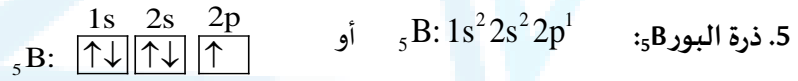
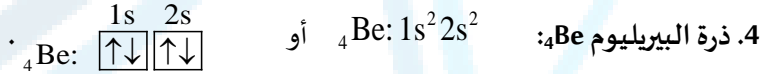
فيسمى حينئذ المخطط المداري. وسنتبع التمثيلين السابقين في أثناء قيامنا بالتوزيع الإلكتروني لبقية العناصر.



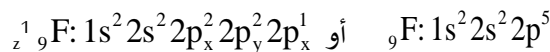
وبما أن المدار  $1s$  في  $\text{Li}$  مماثل في تركيبه الإلكتروني لذرة الهليوم؛ لذا يمكن كتابة التركيب الإلكتروني، والمخطط المداري لذرة الليثيوم أيضا كالاتي:



يسمى كل من التمثيلين السابقين التركيب الإلكتروني المختصر، أو المخطط المداري المختصر.

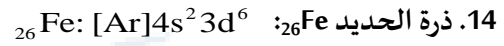
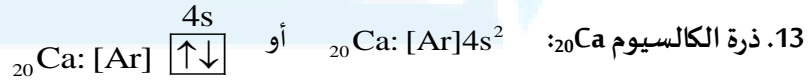
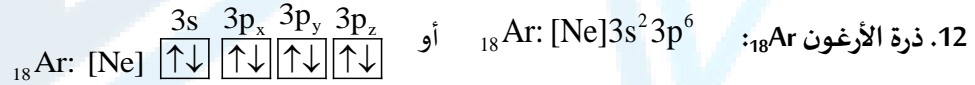
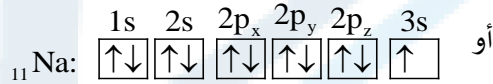
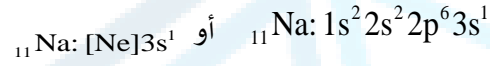
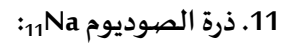
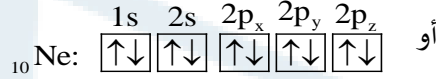
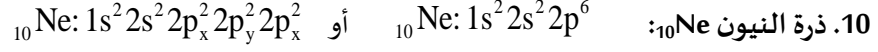
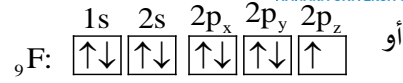


9. ذرة الفلور  ${}^9\text{F}$ :





جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY



وقد اصطلح على كتابة هذا الترتيب بالصيغة:  ${}_{26}\text{Fe}: [\text{Ar}]3d^6 4s^2$  وهكذا....

جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY