الوحـــدة الثالثة

تركيب الذرة ومبادئ التوزيع الإلكتروني

تم التعرف في الوحدة السابقة على مكونات الذرة والتي تتكون من: -

- الكترونات، تقع حول النواة وشحنتها سالبة.
- بروتونات، تقع داخل النواة وشحنتها موجبة.
- نيوترونات، تقع داخل النواة وهي متعادلة الشحنة وكتلتها مساوية لكتلة البروتونات.

الجدول التالي، مقارنة بين مكونات الذرة من حيث الموقع والشحنة والكتلة:

الجسيم		موقعه في الذرة	الشحنة	الكتلة نسبة إلى كتلة ذرة الهيدروجين
e	الإلكترون	حول النواة	سالبة	١ : ١٨٤٠
P	البروتون	داخل النواة	موجبة	١
n	النيوترون	داخل النواة	متعادل الشحنة	١

توزيع الإلكترونات حول النواة

نظرية بوهـــر: وتسمى بنظرية المسارات الذرية الدائرية.

فروض النظرية:

١- تتوزع الإلكترونات حول النواة في مسارات دائرية مغلقة أسميت مستويات الطاقة، وهي:

Q ← P ← O ← N ← M ← L ← K

بحيث أن مستوى الطاقة K هو الأقرب للنواة ومستوى الطاقة Q الأبعد عن النواة.

٢- لكل مستوى طاقة رقم محدد يعرف بعدد الكم الرئيسي ويرمز له بالرمز n، بحيث أن(n=1) لمستوى الطاقة K و(n=2) لمستوى الطاقة L وهكذا، ويكون المستوى الأقرب للنواة هو الأقل طاقة، وتزداد طاقة المستوى وحجمه بزيادة قيمة n حسب عدد الإلكترونات التي تشغله.

يتم تحديد عدد الإلكترونات في كل مستوى بالعلاقة $(2n^2)$ حيث أن n هي مستوى الطاقة ويمكن تطبيق هذه القاعدة إلى المستوى الرابع فقط، مثال ذلك:

في مستوى الطاقة الأول: ٢ن^{٢} = ٢ × (١)^{٢} = ٢، والثاني: ٢ن^{٢} = ٢ × (٢)^{٢} = ٨

٣- تدور الإلكترونات حول النواة بسرعات محددة، حسب العلاقة التالية: $mvr = n\,(h/2\pi)$
حيث أن $(h/2\pi)$ مقدار ثابت و n رقم المستوى و m كتلة الإلكترون و v سرعة الإلكترون و r نصف قطر المدار.

٤- الإلكترونات لا تبعث ولا تمتص أي طاقة عند حركتها حول النواة في نفس المستوى.

٥- الإلكترونات تبعث طاقة عند انتقالها من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى على شكل طيف خطي يسمى طيف الانبعاث.

٦- عندما تنتقل الإلكترونات من مستوى طاقة أدنى إلى مستوى طاقة أعلى فإنها تمتص طاقة على شكل وحدات كمية وينشأ طيف خطي يسمى طيف الامتصاص.

مصطلحات مهمة

العدد الذري هو عدد البروتونات أو عدد الإلكترونات.

العدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات.

النظائر هي عدة صور لعنصر واحد تتفق مع بعضها في العدد الذري وتختلف عن بعضها في العدد الكتلي، حيث أن الاختلاف فيما بين النظائر يكون في عدد النيوترونات.

لتوضيح ذلك أنظر الجدول التالي الذي يوضح الفرق بين نظائر الكربون الثلاثة:

رمز النظير	العدد الذري	العدد الكتلي	عدد الإلكترونات	عدد البروتونات	عدد النيوترونات
C_6^{12}	6	12	6	6	6
C_6^{13}	6	13	6	6	7
C_6^{14}	6	14	6	6	8

نشاط ٣-١

- اختر الإجابة الصحيحة:

أ - نظرية بوهر الفراغات بين المدارات .....

١	مشغولة	٢	غير مشغولة	٣	تعتمد على الحركة	٤	ليس مما سبق

ب - أثناء دوران الإلكترونات حول النواة .....

١	تبعث طاقة	٢	تبعث وتمتص طاقة	٣	تمتص طاقة	٤	لا تبعث ولا تمتص طاقة

ج - كم عدد الإلكترونات الموجودة في المستوى ٤ .....

١	٣٢	٢	٨	٣	١٦	٤	٤

د - العالم الذي وضع نظرية مستويات الطاقة .....

١	شرودنجر	٢	دالتون	٣	بوهر	٤	شادويك

هـ - العدد الذري هو عدد البروتونات .....

١	أو عدد النيوترونات	٢	أو عدد الإلكترونات	٣	وعدد الإلكترونات	٤	وعدد النيوترونات

و – تختلف نظائر العنصر فيما بينها في .....

١	عدد النيوترونات	٢	العدد الكتلي	٣	عدد البروتونات	٤	١ و ٢ صحيح

النظرية الميكانيكية الموجية للذرة

مقدمة: نجحت نظرية بوهر في تفسير أطياف ذرة الهيدروجين والأيونات التي تحتوي على إلكترون واحد مثل أيون الهيليوم وأيون الليثيوم، ولكنها فشلت في تفسير أطياف الذرات التي تحتوي على أكثر من إلكترون.

بعد ذلك استخدم العالم شرودنجر الرياضيات في إيجاد معادلة رياضية سميت باسمه في تفسير الحركة الموجية للإلكترون وتوصل إلى انه لا يمكن تحديد مكان وسرعة الإلكترون في الوقت ذاته وتوصل (هو ومجموعة من العلماء) إلى النظرية الحديثة للذرة وهي النظرية الميكانيكية الموجية للذرة، أو نظرية الأفلاك الذرية.

فروض النظرية:

١- الإلكترونات تتحرك حول النواة في فراغات هندسية تسمى بالأفلاك الذرية.

٢- لكل فلك طاقة محددة وشكل وحجم يميزه عن غيره.

يتم تحديد حجم وشكل الفلك والموقع المحتمل للإلكترون من خلال أعداد الكم.

هناك ثلاثة من أعداد الكم ناتجة نظريا من معادلة شرودنجر وتم إيجاد عدد كم رابع يحدد دوران الإلكترون حول نفسه.

أعـــــداد الـــــكم

عندما تسأل شخص ما: أين تسكن؟ فيجيبك، في المنزل الثالث في الطابق الرابع مثلاً، أي أنه يصف مكان سكنه بالأرقام، كذلك الإلكترونات يمكن أن نصف تموضعها في الذرة بالأعداد وهذه الأعداد تسمى أعداد الكم.

١ عدد الكم الرئيسي n:

هو عدد يحدد مستويات الطاقة الرئيسية وكلما زادت قيمته تزداد طاقة المستوى والمسافة التي تفصله عن النواة، وقيمته تحدد حجم المستوي ويأخذ أعداد صحيحة ١ ، ٢ ، ٣ و ٠٠٠٠الخ.

1S 2S 3S 4S .....

هنا ستكون طاقة المستوى 1S هي الأقل طاقة، وتزداد الطاقة بزيادة رقم المستوى.

٢ عدد الكم الثانوي L

هو عدد يحدد عدد المستويات الفرعية في كل مستوى طاقة رئيسي، ويحدد شكل السحابة الإلكترونية التي يحتمل وجود الإلكترونات فيها.

في كل مستوى طاقة رئيسي يوجد واحد أو أكثر من المستويات الفرعية، عدد المستويات الفرعية يكون مساوي لقيمة n في مستوى الطاقة الرئيسي.

عدد الكم الثانوي يأخذ قيم تبدأ بالـ صفر وتنتهي بـ (n-1)

- في مستوى الطاقة الرئيسي الأول قيمة n تساوي ١ عدد المستويات الفرعية فيه ١
- في مستوى الطاقة الرئيسي الثاني قيمة n تساوي ٢ عدد المستويات الفرعية فيه ٢
- في مستوى الطاقة الرئيسي الثالث قيمة n تساوي ٣ عدد المستويات الفرعية فيه ٣
- في مستوى الطاقة الرئيسي الرابع قيمة n تساوي ٤ عدد المستويات الفرعية فيه ٤

عندما (n=1) فإن قيمة L تبدأ بـ ٠ وتنتهي بـ ١-١ = ٠ قيمة واحده هي (٠).
عندما (n=2) فإن قيمة L تبدأ بـ ٠ وتنتهي بـ ٢-١ = ١ أي قيمتين هما (٠ ، ١).
عندما (n=3) فإن قيمة L تبدأ بـ ٠ وتنتهي بـ ٣-١ = ٢ أي ثلاث قيم هي (٠ ، ١ ، ٢).
عندما (n=4) فإن قيمة L تبدأ بـ ٠ وتنتهي بـ ٤-١ = ٣ أي أربع قيم هي (٠ ، ١ ، ٢ ، ٣).

كل قيمة من قيم عدد الكم الثانوي يقابلها رمز للمستوى الفرعي الدال عليه والجدول التالي يوضح ذلك.

قيمة عدد الكم الثانوي	٠	١	٢	٣
الحرف الدال عليها	S	P	d	f

٣ عدد الكم المغناطيسي ml:

هو رقم يدل على عدد الأفلاك الموجودة في كل مستوى طاقة فرعي، يأخذ القيم من +L إلى -L أي تتراوح قيمته بين (+L، صفر، -L) وتعطى بالعلاقة:

$$mL = 2L + 1$$

ومن العلاقة يتبين أن قيم عدد الكم المغناطيسي تأخذ أعداد صحيحة موجبة وسالبة والصفر.

- عندما L = ٠ (s) فإن mL لها قيمة واحده هي (٠)

٠

- عندما L = ١ (P) فإن mL لها ثلاث قيم هي (+١ ،. ، -١)

+١	٠	-١

- عندما L = ٢ (d) فإن mL لها خمس قيم هي (+٢ ، +١ ،. ، -١ ، -٢)

+٢	+١	٠	-١	-٢

- عندما L = ٣ (f) فإن mL لها سبع قيم هي (+٣ ، +٢ ، +١ ، . ، -١ ، -٢ ، -٣)

+٣	+٢	+١	٠	-١	-٢	-٣

٤ عدد الكم المغزلي ms

هو عدد يدل على دوران الإلكترون حول نفسة إما باتجاه عقارب الساعة و يأخذ القيمة $+\frac{1}{2}$ أو عكس اتجاه عقارب الساعة ويأخذ القيمة $-\frac{1}{2}$

خلاصة الصفات المميزة للإلكترون في الذرة

- عدد الكم الرئيسي يدل على نظام ترتيب الإلكترونات بزيادة المسافة عن النواة.
- عدد الكم الثانوي يصف نوع الفلك الذي يشغله الإلكترون.
- عدد الكم المغناطيسي يحدد أي فلك من أفلاك المستوى الثانوي يحتمل وجود الإلكترون فيه.
- عدد الكم المغزلي يحدد أي اتجاه من الدوران يقوم به الإلكترون.

نشاط ٣-٢

- اختر الإجابة الصحيحة:

أ - عدد الكم n يحدد .....

١	عدد الإلكترونات	٢	عدد البروتونات	٣	رقم المستوى	٤	عدد الأفلاك

ب - عدد الكم الثانوي L يرمز له بـ .....

١	أعداد	٢	رموز	٣	أعداد ورموز	٤	صفر

ج - شكل الفلك يتحدد من خلال عدد .....

١	الكم الرئيسي	٢	الكم الثانوي	٣	الكم المغناطيسي	٤	الكم المغزلي

د - عدد الكم الرئيسي ممكن أن يكون .....

١	عدد صحيح	٢	عدد كسري	٣	صفر	٤	ليس مما سبق

هـ - عندما يكون عدد الكم الرئيسي ٣ فإن قيمة عدد الكم الثانوي .....

١	صفر	٢	١	٣	٢	٤	كل ما سبق

و - ما عدد الكم الذي يحدد عدد الأفلاك .....

١	mL	٢	ms	٣	L	٤	n

ز - يكون عدد الكم المغناطيسي .....

١	صفر	٢	أعداد موجبة	٣	أعداد سالبة	٤	كل الإجابات صحيحة

ح - كم تكون قيمة mL إذا كان في المستوى الفرعي f .....

١	-٢ و +٢	٢	-٣ و +٣	٣	-٤ و +٤	٤	-٥ و +٥

ط - عندما يكون عدد الكم الثانوي مساوياً للصفر فإن عدد الكم المغناطيسي يساوي .....

١	١	٢	٠	٣	-١	٤	٢

ي - إذا كان عدد الكم المغناطيسي ٣ فإن عدد الكم الثانوي .....

١	٠	٢	١	٣	٢	٤	-١

ك - العلاقة بين عدد الكم الثانوي وعدد الكم الرئيسي هي .....

١	n-1	٢	n+1	٣	2n-1	٤	2n+1

ل - اتجاه دوران الإلكترونات .....

١	١ و -١	٢	٢/١ و -٢/١	٣	٢ و -٢	٤	١ و ٢ صحيح

م - عدد الكم المغزلي يحدد عدد .....

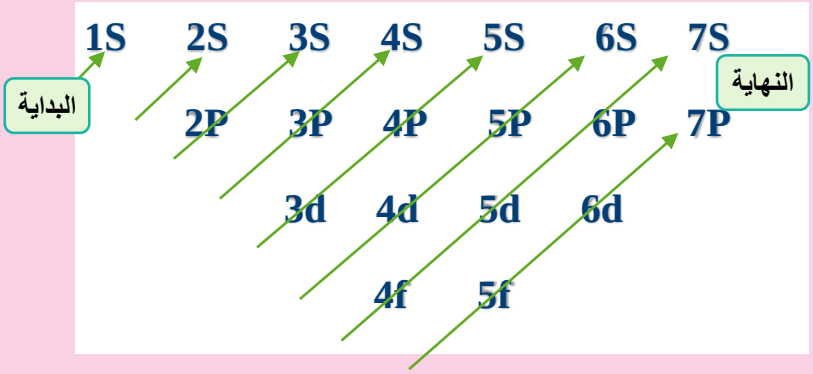
١	الأفلاك	٢	المدارات	٣	الإلكترونات	٤	مستويات الطاقة

توزيع الإلكترونات في الذرات

توزيع الإلكترونات في الذرة يعتمد على التالي: -

١ مبدأ البناء التدريجي:

ينص على أنه يتم ملء المستويات الفرعية الأقل طاقة بالإلكترونات ثم الأعلى طاقة وذلك على النحو التالي:



ولتسهيل الحفظ:

يتم حفظها بهذا الترتيب (اس اس بس بس دبس دبس فدبس فدب).

S S P S P S d P S d P S f d P S f d P

البدء بترقيم المستويات الفرعية، بحيث يبدأ ترقيم الـ S من الرقم 1 والـ P من الرقم 2 والـ d من الرقم 3 والـ f من الرقم 4

كل S يمتلئ بـ 2 الكترونات وكل P بـ 6 وكل d بـ 10 وكل f بـ 14 إلكترون.

تطبيقات على التوزيع الإلكتروني

اكتب التوزيع الإلكتروني للذرات التالية Br^{35} Ca^{20} Fe^{26}

1- Fe^{26} $1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6\ 4S^2\ 3d^6$

2- Ca^{20} $1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6\ 4S^2$

3- Br^{35} $1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6\ 4S^2\ 3d^{10}\ 4P^5$

نشاط ٣-٣

١- على ماذا ينص مبدأ البناء التدريجي؟

٢- حسب قاعد البناء التدريجي أكتب التوزيع الإلكتروني للذرات التالية:

Cl^{17}

I^{53}

Ba^{56}

Pb^{82}

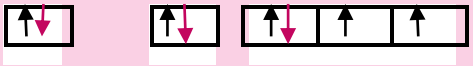
Ra^{88}

٢ قاعدة هوند:

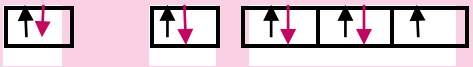
تنص على أن الإلكترونات تتوزع في غرف المدار بشكل مفرد أولاً ثم يحصل الازدواج في المستويات الفرعية التي تحتوي على أكثر من مدار وهي P d f

أمثلة:

O^8 $1S^2$ $2S^2$ $2P^4$



F^9 $1S^2$ $2S^2$ $2P^5$



في الأمثلة السابقة تتوزع الإلكترونات في المستويات الفرعية أولاً بشكل مفرد (الإلكترونات المميزة بلون أسود)، ثم يحصل الازدواج (الإلكترونات المميزة بلون أحمر).

٣ قاعدة الاستثناء لـ باولي

لا يمكن لإلكترونين في ذرة واحدة أن يكون لهما نفس أعداد الكم الأربعة.

الشكل التالي يوضع أعداد الكم الأربعة لذرة البورون ومقارنة بينها في القيم.

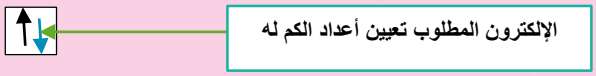
B^5 $1S^2$ $2S^2$ $2P^1$

عدد الكم / الإلكترون	n	L	mL	ms
الأول	1	0	0	+1/2
الثاني	1	0	0	-1/2
الثالث	2	0	0	+1/2
الرابع	2	0	0	-1/2
الخامس	2	1	-1	+1/2

تطبيقات على أعداد الكم

عين أعداد الكم الأربعة للإلكترون الأخير للذرات التالية Mg^{12} Cl^{17}؟

١- Mg^{12} أولا يتم كتابة التوزيع الإلكتروني له $1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2$



$n=3$ لأن الإلكترون الأخير يقع في المستوى الثالث.

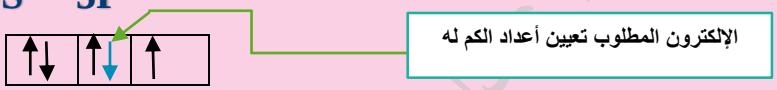
$L=0$ لأن الإلكترون الأخير يقع في المستوى الفرعي S (قيمة L فيه تساوي ٠)

$mL=0$ لأن الإلكترون الأخير يقع في المستوى الفرعي S (قيمة mL فيه تساوي ٠)

$ms=-\frac{1}{2}$ لأن الإلكترون الأخير يدور بعكس اتجاه عقارب الساعة

٢- Cl^{17} أولا يتم كتابة التوزيع الإلكتروني له

$1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ \ 3S^2\ \ 3P^5$



$n=3$(لأن الإلكترون الأخير يقع في المستوى الثالث)

$L=1$ لأن الإلكترون الأخير يقع في المستوى الفرعي P (قيمة L فيه تساوي 1)

$mL=0$ (لأن الإلكترون الأخير في التوزيع الإلكتروني يقع في مدار المستوى الفرعي P الذي قيمة $mL=0$)

$ms=-\frac{1}{2}$ لأن دوران الإلكترون الأخير بعكس اتجاه عقارب الساعة

نشاط ٣-٤

١- على ماذا تنص قاعدة هوند؟

٢- على ماذا ينص مبدأ الاستبعاد لباولي؟

٢- صمم جدول لرصد أعداد الكم الأربعة لإلكترونات ذرة البريليوم Be^4 ثم قارن بينها من حيث الاتفاق والاختلاف: