الباب الرابع

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الرابع

التوزيع الإلكتروني للذرات

Electronic Structure of Atoms

مازال العلماء حتى يومنا هذا يبحثون عن حقائق الأشياء، ولا شك أن الذرة من المعضلات الهامة لمعرفة المزيد من التفاعلات الكيميائية الغامضة التي تشكل أساسيات علم الكيمياء وما فتئ العلماء، يبحثون عن طبيعة وهيئة الذرة وما إذا كان من الممكن تقدير وزنها أو معرفة أجزاء لها إن وجدت!

وضع جون دالتون (John Dalton) أول نظرية علمية للذرة أطلق عليها اسم نظرية دالتون الذرية، والتي سبق أن تطرقنا إليها في الباب الثاني، وفي هذا الباب سنتطرق لتوزيع الإلكتروني للذرة وكيفية الاستفادة من ذلك في معرفة وضع العناصر في الجدول الدوري وعلاقته بخواص تلك العناصر.

4 - 1 خواص الموجات الكهرومغناطيسية:-

للموجة ثلاث خواص رئيسية هي:

أ - طول الموجة (wavelength) ويرمز لها بالعلامة (λ) وهي المسافة بين القمتين لموجتين متقاربتين.

ب- الذبذبة (frequency) ويرمز لها بالحرف (υ) وهي عبارة عن عدد الموجات في الثانية الواحدة والمارة عبر نقطة معينة ووحدتها مقلوب الثانية (S^{-1}) أو هيرتز (Hz).

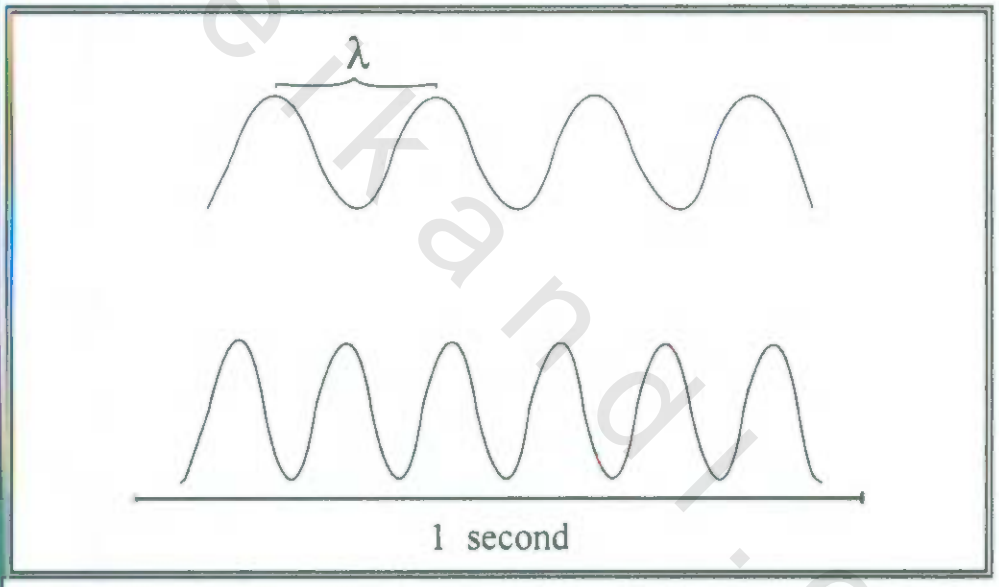
obeikandl.com

جـ – سرعة الموجة والتي تصل سرعة الضوء(C) المقدرة بـ (2.9979×10^8 m/s) فالعلاقة بين طول الموجة وذبذبتها علاقة عكسية فالموجة القصيرة لها ذبذبة صغيرة والموجة الطويلة لها ذبذبة كبيرة حيث يمكن تفسير ذلك بالعلاقة الحسابية التالية :

$$\lambda\nu = c$$

شكل رقم 1-4

الشكل يبين طول الموجة



مثال 1 - 4 ❖ ❖ ❖

عند حرق الفضلات وإشتعال النار يظهر لونها في بعض الأحيان محمراً نتيجة حرق بعض المواد والأملاح المعدنية مثل أملاح السيزيوم (Cs) والأسترنشيوم (Sr) فإذا كان انبعاث الضوء الذي طول موجته ٥٩٥ نانوميتر (595 nm)، احسب ذبذبة هذا الضوء؟

الحل:

$$\gamma = \frac{c}{\lambda}$$

نحول طول الموجة للمتر:

$$595\ nm \times \frac{1\ m}{10^9\ nm} = 5.95 \times 10^{-7}\ m$$

$$\upsilon = \frac{2.9979 \times 10^8\ m\ S^{-1}}{5.95 \times 10^{-7}\ m} = 5.04 \times 10^{14}\ S^{-1} = 5.04 \times 10^{14} Hz$$

4 - 2 نظرية الكم (Quantum theory)

أ – تتواجد الذرات في حالات طاقة معينة (states) ويمكن لهذه الذرات تغيير حالاتها إما باكتساب أو فقدان طاقة تقدر بالفرق بين طاقة الحالتين وتسمى بالكم (Quantum) ومن المفيد أن نذكر هنا أن للذرات طاقات مختلفة الأنواع منها الطاقة الإلكترونية والناتجة عن التحريك المستمر للإلكترونات حول نواة الذرة الموجبة.

تسمى الطاقة الإلكترونية الدنيا بحالة الخمود (ground state) والطاقة الإلكترونية الأعلى بحالة التهيج (excited state).

ب– في حالة تحول الإلكترون من حالة إلى أخرى ينبعث أو يمتص ضوء بطول موجة تتناسب مع قيمة الفرق في طاقة الحالتين بالمعادلة التالية:

$$E_{hi} - E_{lo} = \frac{hc}{\lambda} = \Delta E = E_{final} - E_{initial}$$

E_{hi} هي طاقة الحالة العليا والنهائية (E_{final})

E_{lo} هي طاقة الحالة الدنيا والبدائية ($E_{initial}$)

h ثابت بلانك (Blanck)

c هي سرعة الضوء

obeikandl.com

هذا وفي حالة انتقال الذرة من الحالة الدنيا إلى الحالة العليا تكون القيمة موجبة حيث تمتص الطاقة وفي حالة انتقالها من الحالة العليا إلى الدنيا تكون القيمة سالبة حيث تنبعث الطاقة الزائدة.

جـ - يمكن وصف الكم أي حالات الطاقة المسموح بها بأرقام تسمى بأرقام الكم (quantum numbers) سيأتي تفصيلها في نهاية هذا الباب.

من هنا يتضح لنا أن لكل ذرة قدرة لامتصاص طاقة بقدر معين يتناسب مع مستوى الإلكترونات، وتختلف من ذرة لأخرى، وعند الامتصاص ينتقل إلكترون الذرة من مستوى طاقة دنيا إلى مستوى طاقة، عليا وتُعد هذه الذرة متهيجة أي مثارة (excited) وغير ثابتة، فتعود الإلكترونات إلى حالتها الدنيا الطبيعية المستقرة فتنطلق أي تنبعث بذلك طاقة تسمى بطاقة الانبعاث (emitted energy) بقدر معين أي بطول موجة محدد وخاص بتلك الذرة وهذا الانبعاث يكون في خطوط متفرق بمختلف الألوان والأطياف، فمثلاً نجد أن ذرة الصوديوم ينبعث منها اللون الأصفر الغامض بطول موجة 589.5 نانوميتر / وذرة الإسترنشيوم(Sr) ينبعث عنها اللون الأحمر القرمزي بطول موجة 650 نانوميتر (650 nm) وهكذا فلكل عنصر طول موجة محدد.

مثال 2 - 4 ❖ ❖ ❖

احسب كمية الطاقة المنبعثة من حرق كربونات الاسترنشيوم

(Strontium carbonate $SrCO_3$)

عند طول موجة 650 نانوميتر (650 nm) والناتجة عن سقوط إلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى أدنى؟

الحل:

obeikandi.com

$$\Delta E = h\gamma$$

$$\upsilon = \frac{c}{l} = \frac{2.9979 \times 10^{8}\ mS^{-1}}{6.50 \times 10^{-7}\ m} = 4.61 \times 10^{14}\ S^{-1}$$

$$\Delta E = 4.61 \times 10^{14}\ S^{-1} \times 6.626 \times 10^{-34}\ J.S / Particle$$

$$= 3.05 \times 10^{-19}\ J / Particle$$

ويمكن تحويل القيمة بالكيلو جول / مول كما يلي:

$$= 3.05 \times 10^{-19} \frac{J}{particle} \times 6.022 \times 10^{23} \frac{particle}{1\ mol} \times \frac{KJ}{10^{3} J}$$

$$= 1.84 \times 10^{2}\ KJ/mol$$

4-3 نظرية بوهر لذرة الهيدروجين: (Bohr Theory)

ولما كانت ذرة الهيدروجين هي أول وأصغر الذرات المعروفة في الطبيعة، والتي تتكون من إلكترون واحد وبروتون واحد مضافاً إليها نيوترون، أصبح من السهل تصور شكلها العام، فافترض بوهر (Bohr) أن الإلكترون في حالة دوران مستمر حول النواة ذات البروتون الموجب، فينجذبان بقوة الطرد المركزي معتمداً في ذلك على قانون كولومب (Coulomb) للجذب الإلكتروستاتيكي (electrostatic attraction)، وقانون نيوتن (Newton) للحركة وبذلك أدخل بوهر قطر مدار الإلكترون في حساباته ووصفه بعزم الزاوية (angular momentum) كما في المعادلة التالية:

$$mvr = nh/2\Pi$$

حيث ن:

m هي كتلة الإلكترون.

obeikandl.com

υ هي سرعة الإلكترون.

r هي نصف قطر مدار الإلكترون حول النواة.

h هي ثابت بلانك.

n هي العدد الكمي (quantum number).

حيث يمكن كتابة المعادلة مبسطة كما يلي:

$$E = \frac{-B}{r^2} = \frac{-2.179 \times 10^{-18}}{n^2} \frac{J}{particle}$$

حيث إن n هي من 1 إلى مالا نهاية.

B ثابت.

ويمكن تحويل التمييز للطاقة لتصبح كيلو جول / مول:

$$E = \frac{-2.179 \times 10^{-18}}{n^2} \frac{J}{particle} \times \frac{6.022 \times 10^{23}}{1mol} particle \times \frac{1kJ}{10^3 J}$$

$$E = \frac{-1312}{n^2} \frac{KJ}{mol}$$

لقد افترض بوهر أن للإلكترون في جميع حالاته مع الذرة طاقة سالبة القيمة وللانفصال التام بينهما تحتاج العملية لطاقة تعادل في قيمتها هذه الطاقة السالبة فحينما تصبح طاقة الإلكترون صفراً تتم هذه العملية.

افترض بوهر أيضًا أنه حينما يكون الإلكترون في حالة الخمود يصبح العدد الكمي (n) له القيمة واحد، فيرتفع إلى حالات أكثر إثارة عند امتصاصه لطاقة وبذلك تكون قيمة العدد الكمي مساوية لاثنين لحالة الإثارة الأولى وثلاثة لحالة الإثارة الثانية وأربعة لحالة الإثارة الخامسة وهكذا.

تنطلق الطاقة حينما يسقط الإلكترون من الحالات العليا إلى الدنيا

فالإلكترونات التي تسقط إلى حالة الخمود أي (n=1) تسمى بخطوط لايمن (Lyman Lines) والخطوط الناتجة عن سقوط الإلكترونات إلى حالة الإثارة الأولى (n=2) تسمى بسلسلة بالمر (Balmer Series) والتي تسقط إلى حالة الإثارة الثانية (n=3) تسمى بسلسلة باسكن (Paschen Series) .

استفاد الباحثون من هذه النتائج لحساب قيمة طول الموجة والطاقة المنطلقة أو المكتسبة لانتقال الإلكترونات من حالة إلى أخرى كما في المثال التالي :

مثال 3 - 4

❖ ❖ ❖

احسب طول الموجة الناتجة عن انتقال إلكترون من حالة الإثارة الثالثة إلى حالة الإثارة الثانية؟

الحل:

تحسب طاقة الإلكترون حينما يكون في حالة الإثارة الثالثة أي أن (n = 4) كما يلي :

$$E_4 = \frac{-1312}{n^2} = \frac{-1312}{16} \text{ KJ/ mol} = -82.0 \text{ kJ/ mol}$$

وبالمثل :

$$E_3 = \frac{1312}{9} = -145.8 \text{ KJ/ mol}$$

$$E_{hi} - E_{lo} = E_4 - E_3 = -145.8 - -82.0$$

$$= -63.8 \text{ KJ/mol}$$

ولحساب طول الموجة

$$\lambda = \frac{hc}{E_{hi} - E_{lo}} =$$

obeikandi.com

$$= 6.626\times10^{-34}\times2.998\times10^{8}\ \frac{J.m}{perticle}\times6.022\times10^{23}\ \frac{perticle}{1mol}\times\frac{1kJ}{10^{3}J}\times\frac{1nm}{10^{-9}m}+$$

$$-63.8\frac{KJ}{mol}$$

$$=1.87\times10^{3}\ nm$$

4-4 نظرية شرودنجر للذرة:

انطلاقًا من نظرية بوهر السابقة والتي تدلُّ على أن الإلكترون عبارة عن جسيَم له صفات موجبة. جاء بعد ذلك العالم الأسترالي، شرودنقر (Schrodinger) وركز جُلّ اهتمامه على الصفة الموجبة للإلكترون وشاركه في ذلك العالم ديبورجلي (de Borglie) واعتبرا أن الإلكترون المرتبط بنواة الذرة عبارة عن موجة ثابتة وذلك في عام 1925م فتوصل شرودنقر لمعاملة الإلكترون بهذا المفهوم ولا يسع المجال لإعطاء مزيد من التفاصيل الدقيقة لحساباته ونكتفي بكتابة المعادلة وهي:

$$\hat{H}\Psi = E\Psi$$

حيث إن Ψ هي دالة موجبة (wave function) تحدد موقعها بالإحداثيات الثلاث x, y, z وأن H عبارة عن مجموعة من الأوامر تسمى بالمشغِّل (operator) تحتوى على مجموعة من الأرقام الحسابية والتي بواسطتها تنتج الطاقة الكلية للذرة.

وأن E هي الطاقة الكلية للذرة وهي عبارة عن مجموعة طاقة الجذب والطاقة الحركية للإلكترون حول الذرة.

وعند تحليل معادلة شرودنقر أعلاه توصل إلى عدة حلول كل واحد منها يحتوي على دالة موجبة له خاصية معينة للطاقة وتسمى بالمدار (orbital) وهذا يعني احتمالية وجود الإلكترون في موضع ما أثناء حركته حول النواة.

4-5 الأرقام الكمية: (Quantum numbers)

هذه السلسلة من الأرقام الكمية هي التي تحدد مختلف صفات المدارات الناتجة عن حل معادلة شرودنقر أعلاه وهي :

أ – الرقم الكمي الأساسي (principle quantum number)

ويرمز له بالحرف (n) وقيمته التكاملية تبدأ من واحد وأعلى من ذلك حيث يدل على حجم وقيمة الطاقة للمدار فكلما كبرت القيمة دلَّ ذلك على كبر حجم المدار وبُعْد الإلكترون عن نواة الذرة وقلة انجذابها نحو النواة، وتصبح الطاقة أقل سالبية أي طاقتها أكبر. هذا ويطلق على الأرقام الكمية الأخرى بالمستويات الدنيـ (sublevels) كما يلي تفصيله.

ب– الرقم لكمي السمتي (Azimuthal quantum number)

وهذا الرقم يرمز له بالحرف (l) ويوصف بالسمتي (Azimuthal) لعلاقته بتحديد شكل المدار ومما يدل على البعد المتساوي من نواة الذرة وقيمته التكاملية تبدأ من الصفر وحتى تصل إلى (n - 1) فحينما تكون قيمته صفراً يرمز للمدار بالحرف (s) وحينما تكون قيمته واحداً يرمز للمدار بالحرف (p) وحينما تكون قيمته اثنين يرمز للمدار بالحرف (d) ويرمز للمدار بالحرف (f) حينما تكون قيمته ثلاثة.

جـ – الرقم لكمي المغناطيسي (magnetic quantum number)

ويرمز له بالحرفين (m_l) وقيمته التكاملية أعلاها قيمة (l) موجبة وأدناها قيمة (l) سالبة متضمنا تلك القيمة الصفرية. وهذه القيمة هي التي تحدد اتجاه المدار في الفراغ بالنسبة للمدارات الأخرى في الذرة.

openkandil.com

جدول رقم 1 - 4

الجدول يبين الأرقام الكمية ونوع المدارات وعددها وشكلها وموضع الإلكترون.

n	l	نوع المدار	m_l	موضع الإلكترون (المستويات الدنيا)	عدد المدارات (عدد المستويات الدنيا)
1	0	S	0	1S	1
2	0	S	0	2S	1
	1	P	−1, 0 + 1	2P	3
3	0	S	0	3S	1
	1	P	−1, 0 + 1	3P	3
	2	d	−2, −1, 0, +1, +2	3d	5
4	0	S	0	4S	1
	1	P	−1, 0 + 1	4P	3
	2	d	−2, −1, 0, +1, +2	4d	5
	3	f	−3, −2, −1, 0, +1, +2, +3	4f	7

ويتضح من الجدول أعلاه أن الرقم الكمي الأساسي (n) يحدد عدد المستويات الدنيا فمثلاً: إذا كانت قيمة (n) تساوي (1) فيوجد مستوى أدني واحد فقط وهو (s) وإن كانت قيمته (2) فيوجد مستويان فقط وهما (s) و (p) وإن كانت قيمتهما (3) فيوجد ثلاث مستويات دنيا فقط وهي (s) و (p) و (d) إن كانت قيمته (4) فتوجد أربع مستويات دنيا وهي (s)و (p)و (d)و (f) حيث تعطي

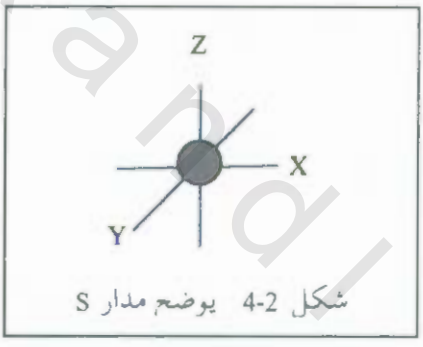
obeikandl.com

المستويات الدنيا نفس رقم المستوى الأساسي وتكتب بترتيب الزيادة في الطاقة كما يلي للمستوى الأساسي الرابع:

4s 4p 4d 4f

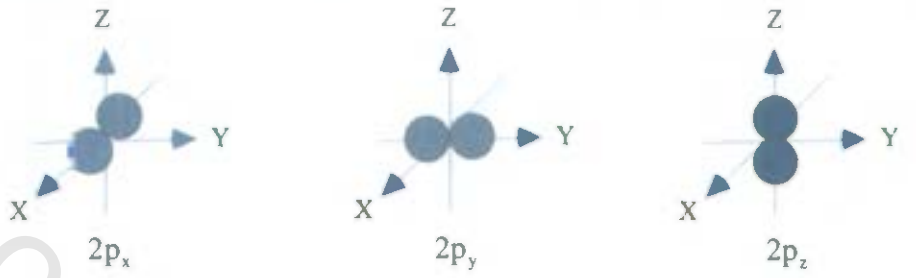
4-6 أشكال المدارات:

لقد اتضح مما سبق أن المدارات ناتجة عن احتمالات وجود الإلكترون حول النواة فإذا نظرنا إلى شكل المدار (s) كما هو موضح في الصورة أدناه (2-4) نجد أن اتجاه كثافة الإلكترونات لا صلة له بنواة الذرة فكل مدارات (s) دائرية الشكل ويكبر حجمها كلما كبرت قيمة (n):



شكل 2-4 يوضح مدار S

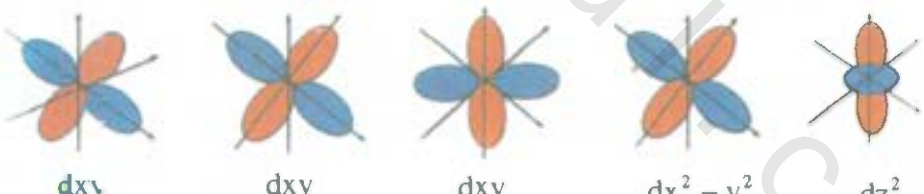
وبالنسبة لمدارات (p) والتي تبدأ من (2p) حيث لا يوجد مدار (p) في المستوى الأول كما هو واضح في الجدول (1-5) فإن الإلكترونات تتركز في خط مستقيم مارة بمركز النواة فتارة نجد الإلكترونات في جهة من النواة وتارة أخرى في الجهة الأخرى وعليه يمكن أن تتركز الإلكترونات في اتجاه الحيثيات الثلاثة معطيةً بذلك احتمالات الثلاثة أنواع من المدارات يرمز لها بـ P_X ، P_Y ، P_Z كما يتضح من الشكل 3 - 4 أدناه:



الشكل 3-4 يوضح مختلف أشكال المدار 2p

وبالنسبة لمدارات (d) والتي تبدأ من المستوى الثالث (3d) حيث لا توجد مدارات (d) في المستويين الأول والثاني كما هو مبين في الجدول 1-3 ، تتركز الإلكترونات حول الحيثيات الثلاث وأيضًا حول الفراغ بينها مما ينتج عن ذلك خمس مدارات مختلفة يرمز لها كالتالي :

$dyz , dxz, dxy, dx^2 - y^2 , dz^2$



الشكل 4-4 يوضح مختلف أشكال المدار 3d

أما بالنسبة للمدار (f) والذي يبدأ من المستوى الرابع (4f) فيبدو أكثر تعقيداً وله سبعة أشكال تختلف بتركيز الإلكترونات بالنسبة للحيثيات الثلاث ويمكن تفصيلها في مقرر متقدم.

obeikandl.com

4-7 الرقم الكمي المتعلق بغزل الإلكترون: (m_s)

ويُعد غزل (spin) الإلكترون هو الرقم الكمي الرابع ويرمز له بـ (m_s) والمتعلق بانطلاق طاقة إشعاعية نتيجة دوران الإلكترون حول محوره وله قيمتان فقط 1/2 + و1/2 – مما يدل على غزل الإلكترون باتجاهين فقط وهذه الظاهرة نتج عنها قانون بولي الاستبعادي (Pauli exclusion principle) والذي ينص على أنه لا يمكن أن يجتمع إلكترونان في ذرة واحدة ولهما نفس أرقام الكم الأربعة (n, l, ml, ms) أي أنه لا يمكن لإلكترونين أن يكونا في المدار نفسه ويكون لهما الغزل نفسه. وعليه فالمدار الواحد يشغله إلكترونان فقط وبذلك يمكن معرفة عدد الإلكترونات في المستويات الأساسية والمستويات الأدنى وكذلك في كل مدار على حدة.

مثال 4-4 ❖ ❖ ❖

أوجد عدد الإلكترونات في المستوى الأساسي الرابع أي n=4.

الحل:

بما أن n=4، يعني ذلك وجود أربعة مستويات دنيا وهي 4s، 4p، 4d، 4f.

يحتوي 4s على مدار واحد يحتوي على إلكترونين فقط ويحتوي 4p على ثلاثة مدارات يحتوي كل واحد منها على إلكترونين ويصبح مجموع الإلكترونات 6 في هذا المستوى.

وكذلك يحتوي 4d على خمسة مدارات يحتوي كل واحد منها على إلكترونين ويصبح المجموع 10 إلكترونات.

وأخيراً يحتوى 4f على ٧ مدارات يحتوي كل واحد منها على إلكترونين ويصبح المجموع 14 إلكتروناً.

openkandi.com

وعليه يكون المجموع 32=2+6+10+14 إلكترون

4-8 توزيع الإلكترونات في الذرة:

يُتَبَعْ في توزيع الإلكترونات في الذرة ثلاث طرق يجيء تفصيلها فيما يلي:

أ - طريقة الترتيب الإلكتروني (electron configuration)

وفي هذه الطريقة تُملأ الإلكترونات في المدارات الأقل طاقة قبل المدارات الأعلى طاقة ويجب إكمال سعة المدارات في المستوى قبل البدء في ملء المستوى الذي يليه - تكتب عدد الإلكترونات في الجهة اليمنى العليا للمدار وعليه يمكن توزيع الإلكترونات في الذرات بالجدول الدوري بطريقة الترتيب الإلكتروني ابتداءً من ذرة الهيدروجين كما يلي:

$_{1}H$ Is^1

$_{2}He$ Is^2

$_{3}Li$ $Is^2 2s^1$

$_{4}Be$ $Is^2 2s^2$

$_{5}B$ $Is^2 2s^2 2p^1$

$_{10}Ne$ $Is^2 2s^2 2p^6$

$_{11}Na$ $Is^2 2s^2 2p^6 3s^1$

$_{13}Al$ $Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

$_{18}Ar$ $Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

$_{19}K$ $Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

$_{21}Sc$ $Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$

obeikandl.com

$_{31}Ga \quad Is^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$

يلاحظ هنا كتابة (45) قبل (3d) وذلك حسب القانون الذي يبين أنه يجب كتابة المدار ذات القيمة الأقل لمجموع (n + l) حيث يجب ملؤه بالإلكترونات أولاً لأن مجموع (n + l) للأول (4 = 0 + 4) وللثاني (5 =3+ 2) وينطبق هذا القانون في كل الحالات وعلى سبيل المثال لا الحصر في المستوى السادس حيث يبدأ مدار f بالرقم 4f وتكتب المستويات بالترتيب التالي :

6s 4f 5d 6p

فمجموع (n+l) للمدارات على التوالي هي (6 = 0 + 6)، (7 = 3 + 4)، (5 +) 2 = 7، (7 = 1 +6) . فالقانون أعلاه ينطبق تماماً على وضع 6s قبل 4f أما وضع الثلاثة الباقيات بذاك الترتيب بسبب تساويهم في قيمة (n + l) فيأتي المدار ذو الرقم الكمي الأصغر أولا .

وفي هذا المساق ولتسهيل كتابة الترتيب الإلكتروني لجأ العلماء للاختصار ذلك بكتابة الترتيب الإلكتروني مبتدئين بكتابة رمز العنصر الخامل الذي يسبق العنصر المعي في المستوي الأعلى منه مباشرة ثم ملء بقية الإلكترونات في المدارات في ذاك المستوى وعلى سبيل المثال يمكن كتابة الترتيب الإلكتروني لعنصر الكالسيوم كما يلي :

$_{18}[Ar]\ 4s^2$

ولعنصر الكادميوم :

$_{36}[Kr]\ 5s^2 4d^{10}$

obeikandl.com

ب – طريقة رسم المدار (Orbital Diagram)

تفيد هذه الطريقة في شرح كيفية وضع وتوزيع الإلكترون في المدار ونتوصل إلى هذا النوع من التوزيع بعد معرفة توزيع الإلكترونات بطريقة الترتيب الإلكتروني السابقة فنبدأ بها أولاً ثم نرسم خانة واحدة ممثلة بقوسين معكوسين لمدار s وثلاث لمدار p وخمس لمدار d وسبع لمدار f ثم نملأ الخانات يُملأ المدار بإلكترونين أحدهما لأعلى (↑) ويمثل الغزل $+\frac{1}{2}$ والآخر لأسفل (↓) ويمثل الغزل $-\frac{1}{2}$ كما هو موضح للعناصر التالية :

B $1s^2 2s^2 2p^1$ (↑↓) (↑↓) (↑) ( ) ( )

1s 2s 2p

N $1s^2 2s^2 2p^3$ (↑↓) (↑↓) (↑) (↑) (↑)

1s 2s 2p

ويلاحظ هنا وضع إلكترون واحد فقط في كل من المدار 2p بالغزل ($+\frac{1}{2}$) وذلك تطبيقًا لقانون هند (Hund's rule) الذي ينص على أنه عند ملء المدارات في مستوى واحد لابد من الاحتفاظ بأكبر عدد من المدارات نصف مملوءة بالإلكترونات وبغزل في اتجاه واحد .

وعليه فإن ذرة الأكسجين لها إلكترونين منفردين :

O $1s^2 2s^2 2p^4$ (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑) (↑)

1s 2s 2p

وبالمثل فإن ذرة الكوبالت لها ثلاثة إلكترونات منفردة أي غير متزاوجة (unpaired) أي حرة .

obeikandl.com

Co $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$

(↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑) (↑)

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d

جـ – طريقة الأرقام الكمية: (Quantum numbers)

بهذه الطريقة يمكن وضع أرقام كمية للإلكترون في الذرة وبترتيب واحد لهذه الأرقام كما يلي:

n و l و ml و ms

وعلى سبيل المثال يمكن وصف الإلكترون الأخير في ذرة النيتروجين على ضوء طريقة رسم المدار أعلاه كالتالي: ($2p^1$)

2 و 1 و - 1 و +½

وللإلكترون في ذرة الهيدروجين كما يلي:

1 و 0 و 0 و +½

وللثلاثة إلكترونات الأخيرة في ذرة الفنيديوم (V) ذي الترتيب الإلكتروني التالي:

$[Ar]\ 4s^2 3d^3$

كما لمي:

3 و 2 و 1 و 0 و -1 و 2 و 3 و +½ و +½ و +½

obeikandl.com

أسئلة وتمارين

١- احسب عدد الإلكترونات غير الزوجية الموجودة في ذرة الكوبالت

(الوزن الذري = 27)

(الإجابة = 3)

٢- ما هو التوزيع الإلكتروني لأيون الماغنيزيوم (الوزن الذري = 12)

(الإجابة : $1s^2 2s^2 2p^6$)

٣- احسب طول الموجة بالنانوميتر (nm) لانتقال إلكترون من مستوى الطاقة الرابع لمستوى الطاقة الأول .

(الإجابة = 434.1)

٤- احسب التردد في الثانية للضوء الأصفر ذي طول موجة قدرها 411.6 نانوميتر .

(الإجابة = 7.284×10^{14})

٥- ما هو التوزيع الإلكتروني المختصر لأيون الكروم ثلاثي التكافؤ (Cr^{3+}) .

(الإجابة = $[Ar]3d^3$)

٦- احسب تردد خط الهيدروجين سلسلة ليمان (Lyman series) الناتج عن الانتقال من المستوى (n=3) إلى (n=1) .

(الإجابة = $2.922 \times 10^{15} H_z$)

٧- اكتب مجموعة العدد الكمي (quantum number) للإلكترون الأخير لعنصر التيتانيوم (Ti) .

(الإجابة = $+\frac{1}{2}$ و 1 و 2 و 3)

٨- ما هو العدد الذري لأول عنصر يملأ المستوى 4d؟

(الإجابة = 47)

obeikandl.com