



الكيمياء اللاعضوية

Inorganic Chemistry

المحاضرة السادسة / 2020-2021

الصف الاول - قسم الكيمياء-

كلية التربية للبنات / جامعة الموصل

الدكتور

أحمد مظفر محمد

الجدول الدوري للعناصر

Periodic Table of the Elements

1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305											13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.294
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.328	57-71	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.085	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 209.987	86 Rn Radon 222.018
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Nh Nihonium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium unknown	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine unknown	118 Og Oganesson unknown
57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967			
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]			
Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide								

بعض الخواص الدورية للذرات

توجد علاقة بين دورية الخواص للعناصر وبين دورية الترتيب الالكتروني لذراتها، ومن هذه الخواص :

1- انصاف الأقطار الذرية والايونية والتساهمية.

2- طاقة التآين

3- الالفة الالكترونية

4- السالبية الكهربية

5- التكافؤ

قبل البدء بدراسة هذه الخواص سنتناول موضوع مهم جداً

الـ وهو موضوع **الحجب Shielding**.

الحجب Shielding

يتضح من المعادلة التي اشتقها العالم بور لحساب طاقة الالكترتون

$$E = \frac{2\pi^2 z^2 e^4 m}{n^2 h^2}$$

ان طاقة الالكترتون تعتمد على قيمة $\frac{z^2}{n^2}$ ولما كان معدل الزيادة في شحنة النواة (z) اكبر من معدل الزيادة في عدد الكم الرئيسي (n)، فمن المتوقع ان تزداد الطاقة اللازمة لنزع الالكترتون من الذرة باستمرار بزيادة العدد الذري. ولكن الواقع غير ذلك كما يتضح من مقارنة طاقة التأين للهيدروجين ($z=1$) والتي تساوي 13.6 الكترتون فولت مع طاقة التأين لليثيوم ($z=3$) والتي تساوي 5.4 الكترتون فولت.

وهذا يعني ان الالكترتون الخارجي لذرة الليثيوم لا يقع تحت التأثير المباشر والكامل لشحنة نواة الليثيوم والتي تساوي $3+$ ، بل ان هذا الالكترتون يحس بشحنة نووية بين $1+$ و $2+$.

ويفسر ذلك بأن الكتروني الغلاف الأول في ذرة الليثيوم يحجبان شحنة النواة عن الكترون الغلاف الثاني.

وقد لاحظ العلماء بأن الاوربيبتالات من نوع (s) ذات نفاذية اكثر من الاوربيبتالات من نوع (p, d)، وهذا يجعل الالكترونات الموجودة في اوربيبتال (s):

أ- تحس بشحنة نووية اكبر من تلك التي تحس بها الكترونات اوربيبتالات (p, d) والتي تنتمي الى نفس الغلاف الالكتروني.

ب- تُحجب شحنة النواة الموجبة عن الالكترونات بدرجة أكبر.

سؤال/ كيف يمكننا حساب الشحنة المؤثرة للنواة؟

الجواب/

يمكننا حساب الشحنة المؤثرة للنواة (Z^*) Effective nuclear charge

والتي يحس بها الكترون ما من المعادلة التالية:

$$Z^* = Z - S$$

حيث:

S: ثابت الحجب، **Z:** الشحنة الحقيقية للنواة، **Z*:** الشحنة المؤثرة للنواة

سؤال/ كيف يمكننا حساب ثابت الحجب s ؟

الجواب/ هنالك بعض القواعد التي وضعها العالم سلاتر لتقدير مدى الحجب التقريبي للإلكترونات والتي تعرف **قواعد سلاتر Slater's rules** يمكن تلخيصها بالاتي:

أولاً / اذا كان الالكترون ينتمي الى اوربيتال من نوع (s) او (p) في الغلاف الرئيسي (n) فنتبع الخطوات الاتية:

1- اكتب الترتيب الالكتروني للعنصر كالاتي:

1s 2s 2p 3s 3p 3d 4s 4p 4d 4f 5s 5p 5d etc

ثم اكتبه بالصيغة الاتية (ضعي اقواس كما مبين ادناه ثم اكتب مجموع الالكترونات على القوس):

(1s) (2s 2p) (3s 3p) (3d) (4s 4p) (4d) (4f) (5s 5p) (5d)..... etc

مع الانتباه المهم الى انه : **يجب ملء اوربيتالات s بالالكترونات قبل d..... لماذا؟**

2- جميع الالكترونات التي تقع الى اليمين من (ns np) لا تدخل في حساباتنا لثابت الحجب.

3- جميع الالكترونات التي تنتمي الى (ns np) تحجب الالكترون المعني الى مدى = 0.35

4- جميع الالكترونات التي تنتمي الى (n-1) تحجب الالكترون المعني الى مدى = 0.85

5- جميع الالكترونات التي تنتمي الى (n-2) والتي بعدها (أي اقل منها) تحجب الالكترون المعني الى مدى = 1، أي انها تحجب الالكترون حجباً كاملاً.

ثانياً/ اذا كان الالكترون ينتمي الى اوربيتال من نوع (d) او (f) في الغلاف الرئيسي (n) فنتبع الخطوات الاتية:

1- اكتب الترتيب الالكتروني للعنصر كالاتي:

1s 2s 2p 3s 3p 3d 4s 4p 4d 4f 5s 5p 5d..... etc

ثم اكتبه بالصيغة الاتية (ضعي اقواس كما مبين ادناه ثم اكتب مجموع الالكترونات على القوس):

(1s) (2s 2p) (3s 3p) (3d) (4s 4p) (4d) (4f) (5s 5p) (5d)... etc

مع ملاحظة انه : **يجب ملء اوربيتالات s بالالكترونات قبل d.**

2- جميع الالكترونات التي تقع الى اليمين من (ns np) لا تدخل في حساباتنا لثابت الحجب.

3- جميع الالكترونات التي تنتمي الى (ns np) تحجب الالكترون المعني الى مدى = 0.35

4- جميع الالكترونات التي تقع الى اليسار من المجموعة (nd) او (nf) تحجب الالكترون المعني حجباً كاملاً بمدى مقداره = 1.

أمثلة وحلول

مثال 1 / ما قيمة الشحنة المؤثرة للنواة (z^*) للإلكترون التكافؤ في الليثيوم ^3Li ؟



$$S = 0 \times 0.35 + 2 \times 0.85 = 1.7$$

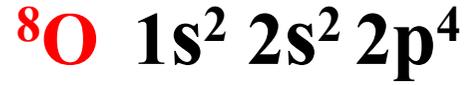
$$z^* = z - s$$

$$z^* = 3 - 1.7 = 1.3$$

توضيح الحل:

- الإلكترون التكافؤ في ذرة الليثيوم كما هو معروف يكون في الغلاف الخارجي (الأخير) $(2s 2p)^1$.
ملاحظة: الإلكترون المعني الذي نناقش حجه لا يدخل في الحسابات لأنه هو محور الحساب، بمعنى أنه في الحقيقة بقي لدينا 0 من الإلكترونات في هذا الغلاف ستدخل في الحساب $(2s 2p)^1$ في مثالنا اعلاه، وبالرجوع الى قواعد سلاتر (الإلكترونات تنتمي الى $(ns np)$ أي الى نفس الغلاف الذي نناقش به حجب الإلكترون المعني) نجد ان في هذا الغلاف تكون قيمة الحجب فيه 0.35 لذا 0×0.35
- جميع الإلكترونات التي تنتمي الى $(n-1)$ تحجب الإلكترون المعني الى مدى 0.85 ولذلك في مثالنا هذا 2×0.85 ، لأنه لدينا إلكترونين في $(1s)^2$.

مثال 2/ ما قيمة الشحنة المؤثرة للنواة (Z^*) للإلكترون التكافؤي في ذرة الاوكسجين ^8O ؟



الجواب/



$$S = 5 \times 0.35 + 2 \times 0.85 = 3.45$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 8 - 3.45 = 4.55$$

توضيح الحل:

- الإلكترون التكافؤي في ذرة الاوكسجين يكون في الغلاف الخارجي $(2s 2p)^6$

ملاحظة: الإلكترون المعني الذي نناقش حجه لا يدخل في الحسابات لأنه هو محور الحساب، بمعنى انه بقي لدينا 5 من الإلكترونات في هذا الغلاف $(2s 2p)^6$ والتي ستدخل في الحساب، و بالرجوع الى قواعد سلاتر (الإلكترونات التي تنتمي الى $(ns np)$ أي الى نفس الغلاف الذي نناقش به حجب الإلكترون المعني) نجد ان في هذا الغلاف تكون قيمة الحجب فيه 0.35 لذا 5×0.35

- جميع الإلكترونات التي تنتمي الى $(n-1)$ تحجب الإلكترون المعني الى مدى 0.85

ولذلك في مثالنا هذا 2×0.85 ، لأنه لدينا إلكترونين في $(1s)^2$.

مثال 3/ ما قيمة الشحنة المؤثرة للنواة التي يحس بها الإلكترون التكافؤي في ذرة الكالسيوم ^{20}Ca وللإلكترون الأخير في أيونه؟



$$S = 1 \times 0.35 + 8 \times 0.85 + 10 \times 1 = 17.15$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 20 - 17.15 = 2.85$$



$$S = 7 \times 0.35 + 8 \times 0.85 + 2 \times 1 = 11.25$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 20 - 11.25 = 8.75$$

مثال 4/ ما قيمة الشحنة النووية المؤثرة للنواة التي يحس بها الإلكترون التكافؤ في ذرة الحديد ^{26}Fe ولإلكترون الأخير في أيونه (II) ؟

^{26}Fe $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$ **الجواب/**

$$(1s)^2 (2s 2p)^8 (3s 3p)^8 (3d)^6 (4s)^2$$

$$S = 1 \times 0.35 + 14 \times 0.85 + 10 \times 1 = 22.25$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 26 - 22.25 = 3.75$$

$^{26}\text{Fe}^{2+}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s 4p 3d^6$

$$(1s)^2 (2s 2p)^8 (3s 3p)^8 (3d)^6$$

$$S = 5 \times 0.35 + 18 \times 1 = 19.75$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 26 - 19.75 = 6.25$$

مثال 5 / ما قيمة الشحنة النووية المؤثرة للنواة التي يحس بها الإلكترون التكافؤ في ذرة الخارصين ولالإلكترون الأخير في أيونه ؟



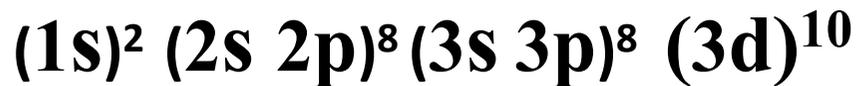
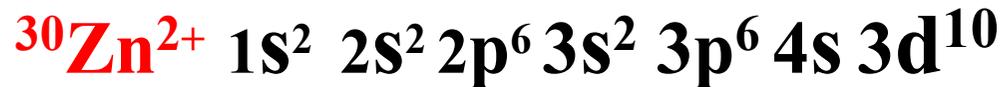
الجواب /



$$S = 1 \times 0.35 + 18 \times 0.85 + 10 \times 1 = 25.65$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 30 - 25.65 = 4.35$$



$$S = 9 \times 0.35 + 18 \times 1 = 21.15$$

$$Z^* = Z - S$$

$$Z^* = 30 - 21.15 = 8.85$$

أسئلة/ واجب

س1/ بيني بأن قواعد سلاتر تعطي قيمة $z^* = 1.95$ لإلكترون 2s في ذرة البريليوم ${}^4\text{Be}$.

س2/ ما قيمة الشحنة المؤثرة للنواة التي يحس بها الإلكترون التكافؤي في ذرة الكوبلت ${}^{27}\text{Co}$ وللإلكترون الأخير في أيونه Co^{+2} ؟

س3/ ما قيمة الشحنة المؤثرة للنواة التي يحس بها الإلكترون التكافؤي في ذرة عنصر الرصاص ${}^{82}\text{Pb}$ ؟

المصادر:

1- الكيمياء اللاعضوية القسم الأول

تأليف د. نعمان النعيمي وجماعته، 1976 .

2- Inorganic chemistry, third edition,
Catherine E. and others, 2008.