تسلسل طاقات الاوربيتالات:-

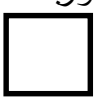
يكون تسلسل الطاقة للاوربيتالات المختلفة في ذرة الهيدروجين التي تحتوي على الكترون واحد كالآتي:-

$$1s < (2s = 2p) < (3s = 3p = 3d) .....etc$$

وفي ذرة متعددة الالكترونات كذرات العناصر الأخرى لا يظل مستوى طاقة أي اوربيتال كما هو عليه في ذرة الهيدروجين بل يتغير بتغير العدد الذري للعنصر وبسبب حجب الالكترونات لبعضها البعض تتغير طاقة جميع الاوربيتالات بتغير العدد الذري (Z). ولغرض ايجاد الترتيب الالكتروني لأي عنصر نستطيع استخدام التسلسل التالي:-

$1s,\ 2s,\ 2p,\ 3s,\ 3p,\ 4s,\ 3d,\ 4p,\ 5s,\ 4d,\ 5p,\ 6s,\ 4f,\ 5d,\ 6p,\ 7s,\ 5f,\ 6d,\ 7p,\ 8s$

ويمكن تذكر هذا التسلسل بتطبيق قاعدة $(l+1)$ واذا تساوت قيمة $(l+1)$ لاوربيتالين أو أكثر فأقلهم طاقة من له أقل قيمة لعدد الكم n . فمثلاً $3s,\ 3p$ حيث قيمة $(l+1)$ لهما على التوالي (3=0+3) و (4=1+3) لذا يكون 3p أكثر طاقة من 3s . ومثال آخر لاحظ الاوربيتالات $4d,\ 5p,\ 6s$ حيث قيمة $(l+1)$ لكل منهم تساوي ستة (6=0+6) و (6=1+5) و (6=2+4) على التوالي فيكون 6s أكثرهم طاقة لأن قيمة n له تساوي ستة يتبعه 5p أقل منه طاقة بينما 4d هو الأقل طاقة.

يجب أن نتذكر أمر مهم إنه لايمكن وضع أكثر من الكترونين في اوربيتال واحد لذا يمكن وضع الكترونين في s وستة في p وعشرة في d وأربعة عشر الكترون في f . ويمكن تمثيل كل اوربيتال بمربع فيستعمل مربع واحد للاوربيتال s  وثلاث مربعات للاوربيتال p وخمس مربعات

للاوربيتال d وسبع مربعات للاوربيتال f . ويتم التمييز بين الالكترونين في الاوربيتال الواحد بواسطة عدد كم البرم فيوضع سهم داخل المربع للدلالة على الالكترون فيوضع سهم متجه الى الاعلى داخل المربع ليدل على أن البرم $m_s = +\frac{1}{2}$ وهو الالكترون الاول (المنفرد) اما الالكترون الثاني المزدوج الذي يدخل المربع فيوضع سهم متجه للاسفل ليدل على ان البرم $m_s = -\frac{1}{2}$ ومن الجدير بالذكر هنا فانه لابد من ذكر القاعدتين التاليتين:-

1. **قاعدة الاستبعاد لباولي:-** التي تنص هذه القاعدة على أنه ((لا يمكن لالكترونين في ذرة واحدة أن يكون لهما نفس قيم أعداد الكم الأربعة)).

2. **قاعدة هوند:-** وضع هوند عدداً من القواعد تنص القاعدة الأولى منها على أن ((الالكترونات تتوزع بصورة منفردة في أوربيتالات متساوية الطاقة قدر المستطاع)).

استناداً الى ما تقدم أصبح الآن بامكاننا بناء الترتيب الالكتروني للذرات وكذلك كتابة قيم اعداد الكم الاربعة لأي الكترون في الذرة آخذين بنظر الاعتبار تسلسل مستويات الطاقة للاوربيتالات وفيما يلي الترتيب الالكتروني وقيم اعداد الكم الاربعة للالكترون الاخير في كل ذرة بدءاً من الهيدروجين وانتهاءاً بالصوديوم

العنصر	الرمز	العدد الذري	الاوربيتالات					أعداد الكم			
			1s	2s	2p		3s	n	*l*	*ml*	*ms*
هيدروجين	H	1	↑					1	0	0	$+\frac{1}{2}$
هيليوم	He	2	↑↓					1	0	0	$-\frac{1}{2}$
ليثيوم	Li	3	↑↓	↑				2	0	0	$+\frac{1}{2}$
بريليوم	Be	4	↑↓	↑↓				2	0	0	$-\frac{1}{2}$
بورون	B	5	↑↓	↑↓	↑			2	1	+1	$+\frac{1}{2}$
كاربون	C	6	↑↓	↑↓	↑	↑		2	1	0	$+\frac{1}{2}$
نتروجين	N	7	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	2	1	−1	$+\frac{1}{2}$
أوكسجين	O	8	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	2	1	+1	$-\frac{1}{2}$
فلور	F	9	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	2	1	0	$-\frac{1}{2}$
نيون	Ne	10	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	2	1	−1	$-\frac{1}{2}$
صوديوم	Na	11	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	3	0	0	$+\frac{1}{2}$

ومن الجدير بالذكر ان العناصر المرتبة على شكل زمر في الجدول الدوري لها نفس الترتيب الالكتروني الخارجي وتختلف هذه العناصر في عدد الاغلفة المملوؤة بالالكترونات وكما موضح أدناه:-

عناصر الزمرة الاولى (القلويات)	
Li	$1s^2\ 2s^1$
Na	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$
K	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$
Rb	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 5s^1$
عناصر الزمرة الثانية (الاتربة القلوية)	
Be	$1s^2\ 2s^2$
Mg	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$
Ca	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$
Sr	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 5s^2$
عناصر الزمرة السابعة (الهالوجينات)	
F	$1s^2\ 2s^2\ 2p^5$
Cl	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
Br	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^5$
I	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^5$

وتزداد عملية توزيع الالكترونات والترتيب الالكتروني للذرات والعناصر الانتقالية وعناصر اللانثانات والاكتينات لأن عملية التوزيع الالكتروني والبناء الالكتروني لاوربيتالات نوع d و f أصعب من التوزيع الالكتروني في اوربيتالات s و p ولنأخذ كمثال على ذلك لغرض التوضيح عناصر الدورة الاولى من دورات العناصر الانتقالية:-

العنصر	الرمز	العدد الذري	3d					4s
بوتاسيوم	K	19						↑
كالسيوم	Ca	20						↑↓
سكانديوم	Sc	21	↑					↑↓
تيتانيوم	Ti	22	↑	↑				↑↓
فناديوم	V	23	↑	↑	↑			↑↓
كروم	Cr	24	↑	↑	↑	↑	↑	↑
منغنيز	Mn	25	↑	↑	↑	↑	↑	↑↓
حديد	Fe	26	↑↓	↑	↑	↑	↑	↑↓
كوبلت	Co	27	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓
نيكل	Ni	28	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓
نحاس	Cu	29	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑
خارصين(زنك)	Zn	30	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

يلاحظ انه بعد اكتمال الترتيب الالكتروني $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ في عنصر الآركون والانتقال الى عنصر البوتاسيوم دخل الالكترون الاضافي الاوربيتال 4s وليس اوربيتال 3d وكذلك الحال بالنسبة للعنصر الذي يليه وهو الكالسيوم. كذلك نلاحظ انه ابتداءاً من العنصر الانتقالي الاول وهو السكانديوم Sc تبدأ الالكترونات الدخول الى الغلاف الثانوي 3d الذي يصبح أقل طاقة من 4s حتى نصل الى عنصر الفناديوم حيث يوجد ثلاثة الكترونات في 3d والكترونين في 4s فنتوقع في العنصر الذي يليه وهو الكروم Cr أن يكون هنالك أربعة الكترونات في الغلاف 3d والكترونين في 4s (أي يكون $3d^4\ 4s^2$) شأنه شأن العناصر التي سبقته ولكننا نجد أن هنالك خمسة الكترونات في شأنه شأن العناصر التي سبقته ولكننا نجد أن هنالك خمسة الكترونات في 3d والكترون واحد في 4s (أي ان الترتيب الالكتروني يكون $3d^5\ 4s^1$) حيث يصبح في هذه الحالة 3d نصف مشبع وكذلك 4s أصبح نصف مشبع ولان الغلاف يكون مستقر اذا كان فارغ أو نصف مشبع أو مشبع فأن الكروم يصبح في هذه الحالة أكثر استقراراً مما لو كان فيه أربع الكترونات في 3d والكترونين في 4s . نفس الشيء يحدث مع النحاس Cu حيث يكون الترتيب الالكتروني الاكثر استقراراً هو $3d^{10}\ 4s^1$ وليس كما هو متوقع $3d^9\ 4s^2$.

تمارين:-

1- عنصر عدده الذري (17) ماهي أعداد الكم الأربعة للالكترون الاخير لهذا العنصر؟

2- عنصر عدده الذري (25) ماهي أعداد الكم الأربعة للالكترون الاخير لهذا العنصر؟

3- استخرج اعداد الكم الاربعة لالكترون التكافؤ للاوكسجين الذي عدده الذري (8) ؟

4- اذا كانت قيم اعداد الكم الاربعة للالكترون الاخير في أيون الالمنيوم (Al^{3+}) هي:-

$$n = 2\ ;\ l = 1\ ;\ m_l = -1\ ;\ m_s = -\frac{1}{2}$$

فما هو العدد الذري لعنصر الالمنيوم ؟

4- في الجدول التالي وضح بالتفصيل اي من اعداد الكم مسموح بها أو غير مسموح بها مع ذكر السبب :-

n	l	m_l	m_s
3	1	2+	$+\frac{1}{2}$
3	2	1+	$-\frac{1}{2}$
1	0	0	$-\frac{1}{2}$
4	2	2+	$+\frac{1}{2}$
5	0	1+	$+\frac{1}{2}$
0	0	0	$+\frac{1}{2}$
1	0	0	$-\frac{1}{2}$
5	0	0	$+\frac{1}{2}$
2	1	1+	0
3	1	2+	$+\frac{1}{2}$