، بينما عناصر المجموعة الثانوية b تفضل ان تكون تحت العناصر الخاصة الواقعة في الجانب الايمن منه .

أنواع العناصر

باستخدام خاصية التوزيع الالكتروني نجد اعتياديا اربعة انواع عامة من العناصر وهي :

1- عناصر الغازات النبيلة .

2- العناصر الممثلة .

3- العناصر الانتقالية الرئيسية .

4- العناصر الانتقالية الداخلية .

1- عناصر الغازات النبيلة The Noble Gas Elements

باستثناء الهيليوم الذي يمتلك الترتيب $1s^2$ ، تمتلك جميع اعضاء وهكذا بصورة عامة ، يمكن تمييزها بالترتيب ns^2np^6 وتمثل هذه المجموعة / اصغر صنف من العناصر متكونا من ستة اعضاء .

حتى وقت قريب كانت جميع هذه العناصر تعد خاملة ، ولكن نتيجة لبحوث بارتليت (Bartlett) المنشورة سنة (1962) ، حضرت مركبات للكريبتون والزينون والرادون . ولكن بالرغم من تحضير هذه المركبات فان الاستقرار العالي لهذه العناصر يعود الى الاستقرار العالي الذي يصاحب اوربيتالات s و p الكاملة بالالكترونات . ونتيجة لفقدان خاصية الخمول لهذه العناصر الثقيلة من الغازات الخاملة ، اقترح تغيير اسم العائلة والاشارة اليها بالغازات النبيلة او الغازات النادرة .

Scanned with CamScanner

2- العناصر الممثلة او عناصر sp

The Representative Elements

تمتلك اعضاء هذه العائلة جميعا مستويات طاقة داخلية ممتلئة كليا باستثناء الغلاف الالكتروني الخارجي ، وهكذا ، فأن اي ذرة تمتلك التوزيع الالكتروني الخارجي من ns^1 الى $ns^2 np^5$ تعود الى هذا الصنف . وتصنف هذه العناصر ضمن سبع مجاميع تسمي عناصر المجموعتين Ia و IIa ، التي توجد الكترونات تكافؤها في المستويات الثانوية s فقط ، تسمي بعناصر الركن s . أما المجاميع الاخرى والتي تمتلك ترتيب الكتروني خارجي ينتهي بالمستوى الثانوي p ، تسمى بعناصر الركن p . وهذه المجاميع هي كالاتي :-

رقم المجموعة	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb
اسم المجموعة	الفلزات القلوية	مجموعة الفلزات القلوية الارضية	البورون	مجموعة الكربون	مجموعة النتروجين	مجموعة الاوكسجين	مجموعة الهالوجينات
عناصر المجموعة	Li	Be	B	C	N	O	F
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At
	Fr	Ra					

Scanned with CamScanner

وتصنف هذه العناصر ايضا الى فلزات (metals) ولافلزات (non-metals) واشباه الفلزات (metalloides) . ومن العوامل التي تحدد الخواص الفلزية واللافلزية للعنصر هي عدد الكترونات الخارجية وبعدها عن النواة ، حيث يظهر جليا تأثير عد الالكترونات الخارجية في اضفاء الخواص الفلزية على العنصر من خلال تغيير صفات العناصر من الفلزية الى اللافلزية بازدياد العدد الذري في الدورة الواحدة . كما ويظهر تأثير بعد هذه الالكترونات عن النواة على هذه الخواص في عدد من زمر العناصر في الجدول الدوري ، حيث تزداد الصفة الفلزية بازدياد العدد الذري في المجموعة الواحدة .

ولما كان الترتيب الاكثر استقرارا في عناصر الجدول الدوري هو ترتيب الغازات النبيلة ، لذلك يمكن اعتباره كمقياس لاستقرارية الذرات والايونات الاخرى . واعتمادا على ذلك فأن الترتيب الالكتروني الخارجي لعناصر المجموعتين Ia و IIa تختلف عن ترتيب الغازات النبيلة بالكترون واحد او الكترونين فقط في اوربيتال s للغلاف الالكتروني الخارجي كما في الترتيب التالي لعنصري البوتاسيوم والكالسيوم .

$$_{19}K : [Ar]\ 4s^1 \quad , \quad _{20}Ca : [Ar]\ 4s^2$$

وحيث ان من الصفات المميزة للعناصرالفلزية هو مدى سهولة ازاحة الكترون واحد او اكثر من الاوربيتالات الخارجية لذراتها لتكون ايونات موجبة مستقرة ، لذلك يمكن اعتبار عناصر هاتين المجموعتين من العناصر الفلزية القوية لمقدرتها العالية على فقد الكترون واحد او الكترونين من مستويات الطاقة الخارجية لذراتهما كما في عنصري K و Ca وكمايلي :

$$K\ ([Ar]\ \ 4s^1) \rightarrow K^+ ([Ar]) + e^-$$

$$Ca\ ([Ar]\ 4s^2) \rightarrow Ca^{2+} ([Ar]) + 2e^-$$

لذلك فالعناصر التي تمتلك عدد قليل فقط من الالكترونات في اوربيتالات s و p في مستوي الطاقة الخارجي تسمي بالفلزات . ومن الصفات

Scanned with CamScanner

الفيزيائية المميزة للفلزات هي قابليتها الجيدة علي : التوصيل الحرا
والكهربائي ، الطرق والسحب .

اما عناصر المجوعتين VIb و VIIb فهي تمتلك ترتيبا الكترونيا خار
ينقص بالكترون واحد او الكترونين عن الترتيب الالكتروني الخار
للعناصر النبيلة لذلك فان ذرات هذه العناصر لها القابلية على امت
الترتيب المستقر للغازات النبيلة باكتساب العدد المطلوب
الالكترونات . مثال على ذلك ، الترتيب الالكتروني لعنصر الكلور ال
يصبح مشابها لعنصر الاركون عند اكتسابه لالكترون واحد ، وتصبح
الكلور بالطبع ، الايون السالب Cl^- وكذلك فان ذرة S تصبح S^{2-}
باكتسابها لالكترونين :

$$Cl\ (\ [Ne]\ 3s^2\ 3p^5\ ) + e^- \rightarrow Cl^-\ (\ [Ar]\ )$$

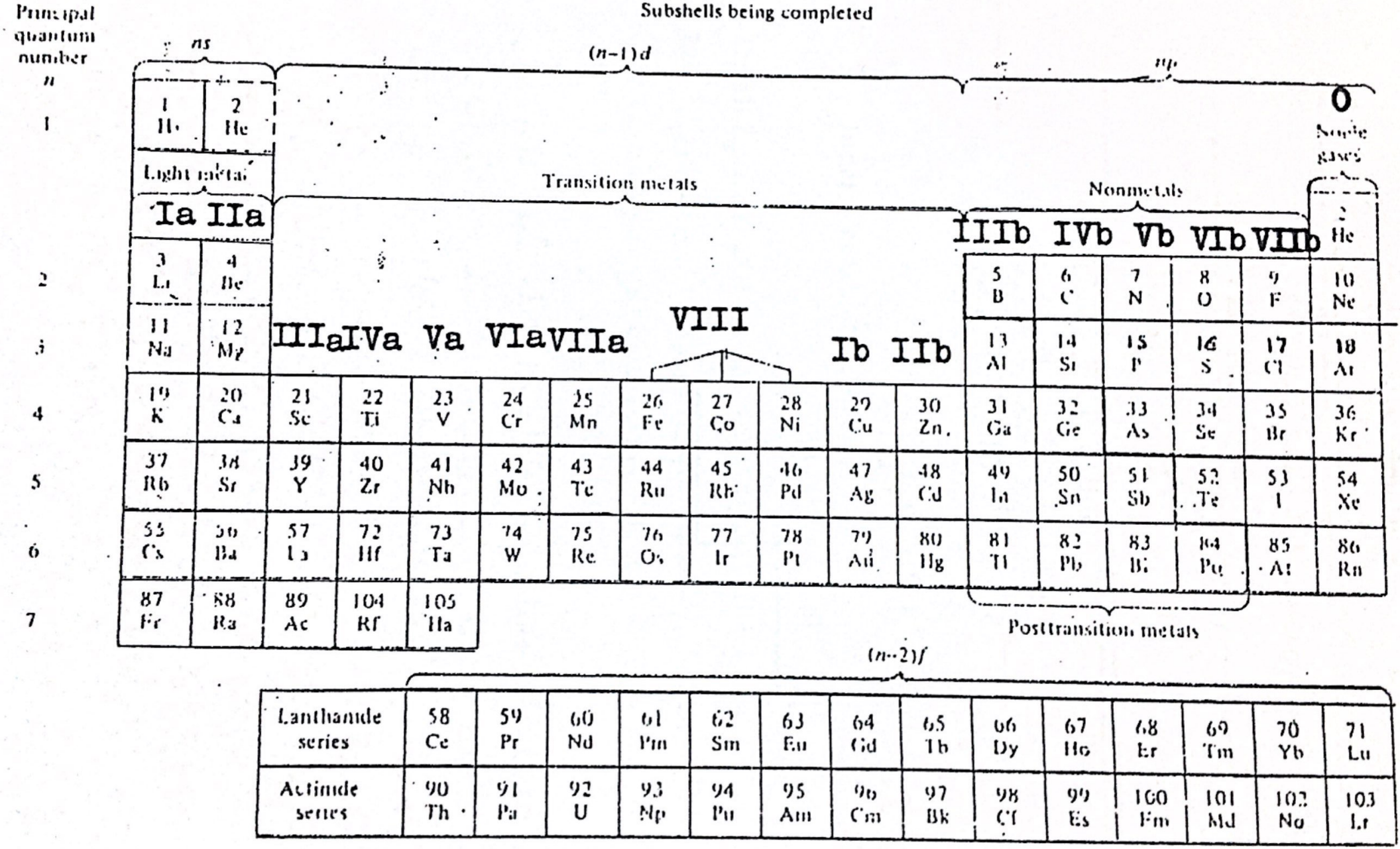
$$S\ (\ [Ne]\ 3s^2\ 3p^4\ ) + 2e^- \rightarrow S^{2-}\ (\ [Ar]\ )$$

لذلك يمكن تعريف العناصر اللافلزية بأنها تلك العناصر التي تستط
ذراتها التوصل الى الترتيب الالكتروني للغاز النبيل باكتسابها عدد قل
من الالكترونات . ومن الصفات الفيزيائية المميزة للافلزات هي ع
قابليتها على التوصيل الحراري والكهربائي .

أما ماتبقى من مجاميع العناصر الممثلة وهي عناصر المجاميع IIIb ,
و Vb فمن الصعوبة وضعها جميعا مع الفلزات او مع اللافلزات . فأن بعض
عناصر هذه المجاميع تصنف بصورة اكيدة وقطعية مع اللافلزات
والبعض الاخر يصنف بما لايقبل الشك مع الفلزات . القليل من هذه
العناصر ، كذلك ، تملك بعض الصفات الفلزية من جانب وتمتلك صفات
اخرى لافلزية من جانب اخر . هذه العناصر تدعى اشباه الفلزات .

ان موقع الفلزات ، اللافلزات ، اشباه الفلزات وعناصر الغازات النبيلة
في الجدول الدوري موضحة في الشكل (1-30) .

Scanned with CamScanner



شكل 1-30 : الجدول الدوري .

Scanned with CamScanner

من الضروري فصل العناصر الفلزية عن اللافلزية في الجدول الدو
بخط شبيه بالسلم المدرج كالموضح ادناه . ومن المعروف ان العنا
المجاورة الى الخط تظهر خواصا مزدوجة ، فلزية ولافلزية ، بمعنى آخر
اشباه فلزات .

رقم المجموعة	VIIb	VIb	Vb	IVb	lb
	F	O	N	C	
(لافلزات)	Cl	S	P	Si	l
	Br	Se	As	Ge	a
	I	Te	Sb	Sn	
	At	Po	Bi	Pb	

3- العناصر الانتقالية الرئيسية -

he Main Transition Elements

تمتلك العناصر الانتقالية الرئيسية اوربيتالات خارجية غير مم
تماما . ويعرف العنصر الانتقالي بأنه العنصر الذي لذرته او احد اين
الكترون واحد او اكثر في الغلاف الثانوي ns بالاضافة الى عدد
الالكترونات يتراوح بين 1 الى 9 في الغلاف الثانوي (n-1)d . لذلك تد
هذه العناصر ايضا بعناصر الركن d . وتتجمع هذه العناصر ضمن
دورات وثماني مجاميع وكما موضح أدناه :

Scanned with CamScanner

	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIII			Ib	IIb	
السلسلة الانتقالية الاولى (3d)	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	
السلسلة الانتقالية الثانية (4d)	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pb	Ag	Cd	
السلسلة الانتقالية الثالثة (5d)	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	

4- العناصر الانتقالية الداخلية

The Inner Transition Elements

في هذه المجموعة من العناصر تكون مستويات الكم الاساسية الثلاثة الخارجية غير ممتلئة الى سعتها القصوى . بعبارة اخرى لاتحتوي الاغلفة الثانوية ns , (n-1)d و f (n-2) على الكترونات كافية لكي تصبح مشبعة .

ومن المظاهر المهمة لهذه العناصر هو التشابه الكبير الذي تظهره خواصها الكيميائية والفيزيائية . وتشمل على مجموعتين من العناصر هما : مجموعة اللانثانات Lanthanide وهي العناصر التي تلي اللانثنوم في الدورة 6 ومجموعها اربعة عشر عنصرا بدءاً بعنصر السيريوم (Ce) ذي العدد الذري 58 وانتهاءا بعنصر اللوتسيوم (Lu) ذي العدد الذري 71 .

اما المجموعة الثانية فهي مجموعة الاكتينات التي تلي عنصر الاكتينيوم في الدورة 7 وتشمل العناصر من الاكتينيوم (Ac) ذي العدد الذري 89 والى عنصر اللورنسيوم (Lr) ذي العدد الذري 103 . ولما كانت هذه العناصر تمتلك اوربيتالات f الممتلئة جزئيا ، لذلك يشار اليها بعناصر الركن f .

Scanned with CamScanner

لقد ذكرنا سابقا ان العناصر التي تمتلك الكترون واحد او الكترونين في اوربيتال s التكافؤي تعتبر من الفلزات ، وبما ان معظم العناصر الانتقالية تمتلك اما الكترونا واحدا او الكترونين في اوربيتال s للغلاف التكافؤي ، لذلك فهي تعتبر من الفلزات .

عندما تفقد ذرات العناصر الانتقالية الكتروناتها فانها لاتستطيع التوصل الى الترتيب الالكتروني للغازات النادرة ، كذلك وتحت ظروف معينة تستطيع الفلزات الانتقالية ان تفقد اعدادا مختلفة من الالكترونات ، حيث تستطيع ذرة الحديد ، مثلا ، ان تفقد الكترونين لتكوين الايون Fe^{2+} او قد تفقد ثلاثة الكترونات لتكون الايون Fe^{3+}

رموز روسل – ساندروز Russell - Sounders Symbols

كنا قد ذكرنا عند كتابة الترتيب الالكتروني لذرة متعددة الالكترونات (وقد اعطيتا مثالاً ذرة الكربون) اننا سنواجه صعوبة عند وضع هذه الالكترونات في اوربيتالات متساوية الطاقة كأوربيتلات p ، مثلا ، ولغرض اختيار الوضع الانسب للالكترون في هذه الاوربيتالات تم الاعتماد على اختيار رموز الحالات المستقرة للذرات ، أو تسمى برموز الحد (term symbols) وقد تم تصنيف اية حالة ذرية بدلالة الزخم الزاوي الكلي للاوربيتال (L) والبرم الكلي للالكترون (S) (تستعمل الحروف الكبيرة دائما لانظمة تتكون من عدد من الالكترونات . أما الحروف الصغيرة فتستعمل للالكترونات كل على انفراد) .

وتدعى هذه الطريقة بطريقة (LS-Coupling) وتستعمل عندما لاتزدوج الحركة البرمية كثيراً مع الزخم الزاوي للاوربيتال . وتصح هذه الطريقة لجميع العناصر التي اعدادها الذرية اقل من ثلاثين .

فعند وجود نظام يتألف من n من الالكترونات تفترض هذه الطريقة ان يكون التداخل بين العزوم الاوربيتالية المنفردة والعزوم البرمية المنفردة اقوى من التداخل الاوربيتالي – البرمي . ويظهر هذا التداخل على شكل محصلة لجميع الحركات المغزلية للالكترونات والزخم الزاوي لاوربيتالاتها ،

Scanned with CamScanner

ويرمز (J) للعدد الكمي لهذه المحصلة وتساوي :

$$J = /L + S/ , \ldots\ldots , /L - S/$$

فعندما تكون قيم $L = 3$ و $S = 1$ تكون هناك ثلاثة قيم من J وهي :-

$$J = /3 + 1/ , \ldots\ldots , /3 - 1/$$
$$4 \quad , \quad 3 \quad , \quad 2$$

ويلاحظ هنا ان J تأخذ القيم الموجبة فقط أو قيمة الصفر ، وتكون قيمها صحيحة حيث تكون قيم S صحيحة ، وقيم كسرية (انصاف الاعداد الصحيحة) ، حيث تكون قيم S كسرية .

اما قيم L و S فتحدد بالمجموع الجبري لعددي الكم المغناطيسي والبرمي لعدد (n) من الالكترونات على التوالي . اي ان :

$$L = \sum m_l$$

$$L = m_{l1} + m_{l2} + m_{l3} + \ldots + m_{ln}$$

$$S = \sum m_s$$

$$S = m_{s1} + m_{s2} + m_{s3} + \ldots + m_{sn}$$

ولتمثيل الحالة الالكترونية للذرة بصورة كاملة يستخدم عادة نظاما يعتمد على رموز الحد الطيفية (Spectral term symbols) وقد وضعت حروف الحد التي تتفق مع قيم L كالاتي :-

عندما $L = 0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5$

فان حروف الحد هي S P D F G H

Scanned with CamScanner

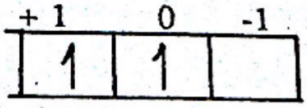
ويسبق حروف الحد رقما علويا يمثل مضاعفات الحد (2S + 1) او مايسمى بمضاعفات البرم (spin multiplicity) وتتبع برقم سفلي يمثل قيمة J كالاتي:

رمز الحد $= {}^{2S+1}L_J$

فمثلا اذا كانت L = 2 و S = 1 فان رمز الحد يكون D ، وبما ان قيم J الممكنة هي 3 ، 2 و 1 ، فهناك ثلاث حالات لرمز الجد وهي $^3D3$ ، $^3D2$ و $^3D1$.

ففي حالة ذرة الكربون المستقرة ، على سبيل المثال ، يكون الترتيب الالكتروني لها كالتالي $1s^2\ 2s^2\ sp^2$

$_6C$



حيث تكون قيم L و S كمايلي :-

$$L = +1 + 0 = +1$$

وهي اعلى قيمة لـ (L) يمكن الحصول عليها ، وبذلك يكون رمز الحد المختار هو p

$$S = +\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

$$2S + 1 = 2 \times 1 + 1 = 3$$

اما قيم J فستكون مساوية الى

$$J = 2\ ,\ 1\ ,\ 0$$

∴ رموز الحد المحتملة هي :

$$^3p_2\ ,\ ^3p_1\ ,\ ^3p_0$$

حالما تتم معرفة هذه الحدود من الضروري ايجاد اي المكونات يمتلك أوطا طاقة ، بمعنى آخر ، اي منها يمثل حالة الاستقرار ؟ ولاجل ذلك ، ينبغي ان نتبع مجموعة من القواعد تسمي قواعد هوند وهي كالاتي :-

1- من حالات روسل - ساندروز الناتجة من الترتيب الالكتروني المعبر والمسموح بها حسب قاعدة ، باولي للاستبعاد ، فان الحالة الاكثر استقرارا هي التي تمتلك اكبر قيمة من S وبالتالي من (2S + 1) .

Scanned with CamScanner

2- لمجموعة من الحدود ، فان الحد الذي يمتلك اكبر قيمة من L يقع عند أوطأ طاقة (اكثر استقرارا) .

3- اذا كان الغلاف الثانوي يحتوي على اقل من عدد الالكترونات اللازمة ليكون نصف مشبع ، فأن الحالة ذات أصغر قيمة من J تكون عادة ، اكثر الحالات استقرارا . وللترتيب المتكون من اكثر من عدد الالكترونات اللازمة ليكون نصف مشبع ، تكون الحالة ذات اكبر قيمة من J هي الاكثر استقرارا . ومما ينبغي ملاحظته ان الذرة او الايون الذي يتكون من اغلفة ثانوية مشبعة او نصف مشبعة يكون هناك قيمة واحدة للعدد J .

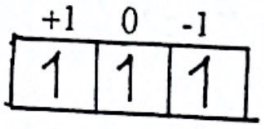
وتطبيقا لهذه القواعد فان رمز الحد للحالة الاكثر استقرارا لذرة الكربون آنفة الذكر هو $^3P_0$.

أمثلة وتمارين

جد رمز الحد لكل من الذرات والايونات المستقرة التالية :

$_{24}Cr^{2+}$ ، $_{24}Cr$ ، $_{22}Ti$ ، $_{17}Cl$ ، $_{7}N$

$_{7}N$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ الترتيب الالكتروني



2p

$L = +1 + 0 + (-1) = 0$

∴ رمز الحد هو S

$$S = +\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$2S+1 = 2 \times \frac{3}{2} + 1 = 4$$

Scanned with CamScanner

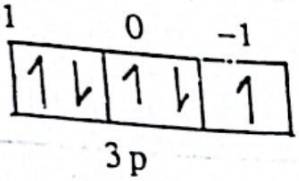
$$J = (L+S)/ \ , \ldots\ldots \ , /L-S/$$

$$= /0 + \frac{3}{2} / \ , \ldots . \ , /0 - \frac{3}{2} /$$

$$= \frac{3}{2}$$

∴ رمز الحد لذرة النيتروجين المستقرة يتمثل بـ $(^4S_{\frac{3}{2}})$

$_{17}Cl$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ الترتيب الالكتروني :



∴ الرمز هو p .

$$L = 2(+1) + 2(0) + 1(-1) = 1$$

$$S = 2(0) + 2(0) + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$2S + 1 = 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2$$

$$J = /1 + \frac{1}{2} / \ , /1/ \ , /1 - \frac{1}{2} /$$

$$= \frac{3}{2} \ , 1 \ , \frac{1}{2}$$

بما ان المستوى الثانوي اكثر من نصف مشبع ∴ نختار اكبر قيمة لـ J وهي $\frac{3}{2}$

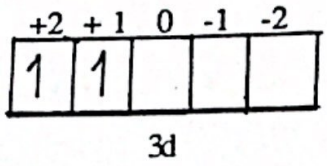
∴ رمز الحد لـ $_{17}Cl$ هو $(^2P_{\frac{3}{2}})$

Scanned with CamScanner

الترتيب الالكتروني $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^2\ 4s^2$ $_{22}Ti$

ليس هناك تأثير لالكترونات 4 s على رموز الحد وذلك لان قيم m_l و m_s مساوية الى صفر . باعتباره اوربيتالا مشبعا .

∴ الالكترونات التي تدخل ضمن الحسابات هي الكترونات d فقط .



∴ الرمز هو F

$$L = +2 + 1 = 3$$

$$S = +\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

$$2S+1 = 2 \times 1 + 1 = 3$$

$$J = /3+1/\ ,\ /3/\ ,\ /3-1/$$

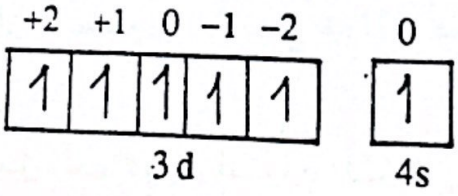
$$= 4\ ,\ 3\ ,\ 2$$

بما ان المستوى الثانوي أقل من نصف مشبع ∴ نختار أقل قيمة لـ J وهي 2

∴ رمز الحد لذرة عنصر $_{22}Ti$ في الحالة المستقرة هو :

$$(\ ^3F_2)$$

الترتيب الالكتروني $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$ $_{24}Cr$



$$L = 1(+2) + 1(+1) + 1(0) + 1(-1) + 1(-2) + 1(0) = 0$$

Scanned with CamScanner

بما ان S :

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

$$2S+1 = 2 \times 3 + 1 = 7$$

$$J = /0+3/ , ... , /0-3/$$

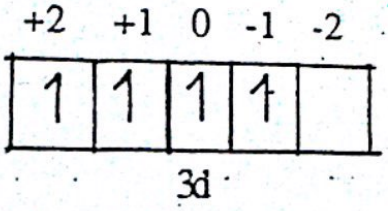
$$= 3$$

بما ان المستوى الثانوي هو نصف مشبع ∴ هناك قيمة واحدة لـ J وهي 3.

وبذلك يكون رمز الحد لذرة الكروم $_{24}Cr$ المستقرة هو

$$(^7S_3)$$

$_{24}Cr^{2+}$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^4$ الترتيب الالكتروني



∴ الرمز هو F

$$L = 1(+2) + 1(+1) + 1(0) = 3$$

$$S = +\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 2$$

$$2S+1 = 2 \times 2 + 1 = 5$$

$$J = /3+2/ , ... , /3-2/$$

$$= 5 , 4 , 3 , 2 , 1$$

بما ان المستوى الثانوي هواقل من نصف مشبع ∴ نختار اقل قيمة لـ J وهي 1

∴ رمز الحد لايون الكروم الثنائي الموجب المستقر هو :

$$(^5F_1)$$

Scanned with CamScanner