نوشتن آرایش الکترونی

برای تعیین آرایش الکترونی اتمها، نه تنها درباره ترازهای انرژی اصول و قواعدی باید مورد توجه قرار گیرد، بلکه در هر تراز انرژی، در مورد چگونگی اشغال شدن اوربیتالها به وسیله الکترونها نیز اصول و قواعدی وجود دارد که باید رعایت شوند.

اصل طرد پائولی:

این اصل را این طور می‌توان بیان کرد که «در هیچ اتمی نمی‌توان دو الکترون یافت که چهار عدد کوآنتومی یکسان داشته باشند». با توجه به اینکه هر تراز فرعی دارای اعداد کوآنتومی n و l مشخص و ثابتی است و در هر یک از اوربیتالهای آن تراز نمی‌تواند بیش از دو الکترون قرار گیرد و چون هر اوربیتال نیز عدد کوآنتومی m_l مشخص دارد، در این صورت سه عدد کوآنتومی n، l و m_l آن دو الکترون با هم برابر خواهند بود. از آنجا که عدد کوآنتومی اسپین الکترون فقط دو مقدار $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ را می‌تواند داشته باشد، پس برای رعایت اصل طرد پاولی، حداکثر دو الکترون می‌تواند در هر اوربیتال وارد شود که تفاوت آنها در عدد کوآنتومی اسپین است. زیرا، اگر الکترون سومی به یک اوربیتال اضافه شود، در آن صورت عدد کوآنتومی اسپین آن با یکی از دو الکترون دیگر برابر و اصل طرد پاولی نقض خواهد شد.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

اصل طرد پاولی بر این اساس استوار است که وقتی دو الکترون در یک اوربیتال اتمی قرار می‌گیرند، چون فاصله بین آنها فوق‌العاده کم می‌شود،نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین آنها به شدت افزایش یافته و باعث ناپایداری اتم می‌شود. اما اگر این دو الکترون دارای اسپینهای مخالف باشند، ضمن چرخش به دور محور خود مانند عقربه مغناطیسی که قطبهای غیر همنام آنها در مجاورت هم قرار داشته باشند، عمل می‌کنند. در نتیجه، نیروی جاذبه مغناطیسی بین آنها به وجود می‌آید که با نیروی دافعه الکتروستاتیکی حاصل از بارهای الکتریکی همنام آنها مقابله می‌کند. در نتیجه پایداری اتم تامین می‌شود. از این رو، دو الکترون در یک اوربیتال اتمی با اسپینهای مخالف جفت می‌شوند، یعنی عدد کوآنتومی اسپین برای یکی از آنها $+\frac{1}{2}$ و برای دیگری $-\frac{1}{2}$ است.

قاعده هوند:

در یک تراز فرعی، الکترونها ابتدا تک‌تک و با اسپین موازی، اوربیتال‌ها را پر می‌کنند و سپس الکترونهای دیگر با آنها جفت می‌شوند.

برای نوشتن آرایش الکترونی کار را با اتم هیدروژن که یک الکترون در اوربیتال $1s$ دارد، آغاز می‌کنیم به این ترتیب از عنصری به عنصر بعدی می‌رویم تا به آرایش الکترونی اتم مورد نظر می‌رسیم.

الکترونی که در روش بناگذاری، به آرایش الکترونی یک عنصر افزوده می‌شود تا عنصر بعدی به دست آید الکترون متمایزکننده نامیده می‌شود. این الکترون آرایش الکترونی اتم یک عنصر را از اتم عنصر پیشین متمایز می‌کند. الکترون متمایز کننده در هر مرحله به اوربیتال خالی دارای کمترین انرژی افزوده می‌شود.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

انرژی همه اوربیتال‌های یک پوسته فرعی، یکسان است. مثلاً انرژی هر اوربیتال $3p$ برابر انرژی هر یک از دو اوربیتال $3p$ دیگر است.تمام پنج اوربیتال $3d$ نیز انرژی یکسان دارند. اما در یک پوسته اصلی، پوسته‌های فرعی مختلف انرژی متفاوت دارند. برای هر مقدار n ، انرژی پوسته‌های فرعی، به ترتیب $s < p < d < f$ افزایش می‌یابند. در پوسته $n=3$، اوربیتال $3s$ کمترین انرژی، اوربیتال $3p$ انرژی متوسط و اوربیتال $3d$ حداکثر انرژی را دارند. گاهی، انرژی اوربیتال‌های مربوط به پوسته‌های مختلف، همپوشانی دارند. مثلاً در بعضی اتمها، اوربیتال $4s$، کم‌انرژی از اوربیتال $3d$ است.

ترتیب معینی برای قرار دادن متوالی اوربیتال‌ها بر حسب انرژی، که برای تمام اتمها صدق کند، وجود ندارد. در فرایند فرضی بناگذاری، خصلت اتم به موازات افزایش یافتن تعداد پروتون و نوترون در هسته و نیز اضافه شدن تعداد الکترونها تغییر می‌کند. خوشبختانه، تغییرات ترتیب انرژی اوربیتالی از عنصری به عنصر بعد به تدریج و به طور منظم صورت می‌پذیرد. در نتیجه می‌توان ترتیب بناگذاری را به دست آورد.

این ترتیب تنها برای موقعیتهای اوربیتالی که الکترون متمایز کننده، در فرایند بناگذاری در آن جا می‌گیرد صادق است. آرایشهای الکترونی را می‌توان با پر کردن متوالی اوربیتالها به دست آورد. به این ترتیب که از پایین شروع می‌کنیم و به تدریج اوربیتال‌های بالاتر را پر می‌کنیم. باید توجه داشت که در پوسته فرعی p سه اوربیتال، در d پنج و در f هفت اوربیتال وجود دارد. هر پوسته فرعی را پیش از آنکه به پوسته بعدی الکترون داده شود پر می‌کنیم.

- به مثالهای زیر توجه کنید:

مثال. نماد الکترونی مربوط به آرایش الکترونی قلع $(Z=50)$ را بنویسید.

www.ShimiPedia.ir

حل. با استفاده از جدول مسیر خود را به طریق زیر دنبال می‌کنیم. الکترونها را به هر عنصر اضافه می‌کنیم تا به عنصر 50 برسیم. این روش را با کمک جدول تناوبی کنترل کنید.

تناوب اول: $1s^2$ **(که ما را تا عنصر** $_2He$ **می‌رساند)**

تناوب دوم: $2s^2 2p^6$ **(که ما را تا عنصر** $_{10}Ne$ **می‌رساند)**

تناوب سوم: $3s^2 3p^6$ **(که ما را تا عنصر** $_{18}Ar$ **می‌رساند)**

تناوب چهارم: $4s^2 3d^{10} 4p^6$ **(که ما را تا عنصر** $_{36}Kr$ **می‌رساند)**

تناوب پنجم: $5s^2 4d^{10} 5p^2$ **(که ما را تا عنصر** $_{50}Sn$ **می‌رساند)**

جملات دوباره نویسی می‌شوند، تا نماد الکترونی به ترتیب صحیح به دست آید.

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$$

مثال. نماد الکترونی مربوط به آرایش الکترونی نیودیمیم $(Z=60\ ,Nd)$ **را بنویسید.**

حل.

تناوب اول: $1s^2$

تناوب دوم: $2s^2 2p^6$

تناوب سوم: $3s^2 3p^6$

تناوب چهارم: $4s^2 3d^{10} 4p^6$

تناوب پنجم: $5s^2 4d^{10} 5p^6$

تناوب ششم: $6s^2 4f^4$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

پس از نوآرایی، جملات بالا به صورت نماد الکترونی زیر در می‌آید:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{\ 4} 5s^2 5p^6 6s^2$$

نماد الکترونی برای لانتان $(Z=57)$ و لانتانیدها (Z برابر **58** تا **71**)، مساله‌ای پیش می‌آورد. نماد $_{57}La$ به $4f^{\ 0} 5s^2 5p^6 5d^1 6s^2$ ... ختم می‌شود. می‌توان انتظار داشت که نماد عنصری بعدی $_{58}Ce$ به $4f^{\ 1} 5s^2 5p^6 5d^1 6s^2$... ختم شود. اما الکترون متمایزکننده‌ای که در $_{57}La$ به اوربیتال $5d$ افزوده شده بود به پوسته فرعی $4f$ بر می‌گردد، به نحوی که نمایش الکترونی $_{58}Ce$ با $4f^{\ 4} 5s^2 5p^6 5d^0 6s^2$... ختم می‌شود.

در عناصر بعدی آرایشهای الکترونی به $4f^{\ 3} 5s^2 5p^6 5d^0 6s^2$... (برای $_{59}Pr$) و $4f^{\ 4} 5s^2 5p^6 5d^0 6s^2$... (برای $_{60}Nd$) ختم می‌شوند.

مثال. نماد الکترونی مربوط به آرایش الکترونی تنگستن $(W\ ,\ Z=74)$ را بنویسید.

حل.

تناوب اول	$1s^2$
تناوب دوم	$2s^2 2p^6$
تناوب سوم	$3s^2 3p^6$
تناوب چهارم	$4s^2 3d^{10} 4p^6$
تناوب پنجم	$5s^2 4d^{10} 5p^6$
تناوب ششم	$6s^2 4f^{\ 14} 5d^4$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

از نوآرایی جملات، نماد الکترونی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^4 6s^2$$

گاهی نمادهای الکترونی به صورتی خلاصه نوشته می‌شوند. بدین گونه که نماد اتمی یک گاز نجیب درون یک قلاب برای نشان دادن آرایش الکترونی لایه‌های داخلی به کار برده می‌شوند. بنابراین مثلاً

$_{53}I$ **به صورت** $[Kr]4d^{10}5s^2 5p^5$ **نشان داده می‌شود.**

در اینجا نماد $[Kr]$ **به جای آرایش الکترونی** Kr **نشسته است که نماینده 36 الکترون لایه‌های درونی** I **است:** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$**. به شیوه‌ای مشابه:**

$_3Li$ **به جای** $1s^2 2s^1$ **به صورت** $[He]2s^1$ **نشان داده می‌شود.**

$_{12}Mg$ **به جای** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ **به صورت** $[Ne]3s^2$ **نشان داده می‌شود.**

$_{26}Fe$ **به جای** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ **به صورت** $[Ar]3d^6 4s^2$ **نشان داده می‌شود.**

در جدول زیر، نماد الکترونی پوسته‌های بیرونی اتمهای سه تناوب اول، نشان داده شده است. در اتمهای دارای پوسته‌های درونی، این پوسته‌ها کامل شده‌اند. به تشابه آرایش الکترونی عناصر یک گروه توجه کنید. مثلاً تمام عناصر گروه IA**، یک الکترون در اوربیتال** s **پوسته بیرونی دارند. تشابه آرایش الکترونی عناصر یک گروه، خواص مشابه آنها را توجیه می‌کند.**

پوسته بیرونی این عناصر پوسته والانس و الکترونهای این پوسته الکترونهای والانس نامیده می‌شوند. برای عناصر موسوم به عناصر نماینده (عناصری که در جدول، در گروههای A **قرار دارند).**

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

تعداد الکترونهای والانس، برابر شماره گروه است. گازهای نجیب (گروه صفر) در پوسته والانس خود هشت الکترون دارند، بجز هلیم که دارای دو الکترون است.

جدول آرایش الکترونی پوسته بیرونی عناصر سه تناوب اول

I A							VIII A
$_1H$							$_2He$
$1s^1$	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	$1s^2$
$_3Li$	$_4Be$	$_5B$	$_6C$	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$
$2s^1$	$2s^2$	$2s^22p^1$	$2s^22p^2$	$2s^22p^3$	$2s^22p^4$	$2s^22p^5$	$2s^22p^6$
$_{11}Na$	$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
$3s^1$	$3s^2$	$3s^23p^1$	$3s^23p^2$	$3s^23p^3$	$3s^23p^4$	$3s^23p^5$	$3s^23p^6$

در جدول بعدی صورت کاملی از آرایش الکترونی عناصر داده شده است. این جدول که مشاهده‌های حاصل از اسپکتروسکپی و سایر داده‌های تجربی را در نظرگرفته، با جدولی که فقط بر مبنای اصل کلی آفبا ساخته می‌شود، تفاوتهای جزئی دارد. در هر مورد که استثنایی پیش آید، با یک فلش مشخص می‌شود. در این موارد، ترازهای انرژی فوق‌العاده به یکدیگر نزدیک بوده و عوامل دیگری از قبیل اثرات متبادل الکترونها و رسیدن به حالتهای نیمه‌پایدار، تکلیف نهایی انرژی اربیتال را تعیین می‌کند.

بنابراین همواره به خاطر داشته باشیم که طرح آفبا یک ابداع نظری است و چنانچه زیاده از حد تعمیم یابد، به اشتباهات و سردرگمی‌هایی منجر می‌گردد.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

به جای شکل تفصیلی طرح آفبا، می‌توان از ترتیب زیر نیز برای مرور سریع دوره‌هـای تنـاوبی از نظر ترازهای انرژی، استفاده کرد. در این ترتیب نیز دیده می‌شود که براساس بار هسته و تعدادی عوامل دیگر، برخی جابجایی‌ها، صورت می‌گیرد:

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s <$$

$$4d < 5p < 6s < 5d \quad 4f < 6p < \underline{7s < 6d < 5f}$$

آرایش الکترونی عناصر جدول تناوبی[1]

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

1	H	$1s$	تناوب اول
2	He	$1s^2$	

3	Li	K	$2s$
4	Be	K	$2s^2$
5	B	K	„ $2p$
6	C	K	„ $2p^2$
7	N	K	„ $2p^3$
8	O	K	„ $2p^4$
9	F	K	„ $2p^5$
10	Ne	K	$2s^2 2p^6$

تناوب دوم

11	Na	K L	$3s$
12	Mg	K L	$3s^2$
13	Al	K L	„ $3p$
14	Si	K L	„ $3p^2$
15	P	K L	„ $3p^3$
16	S	K L	„ $3p^4$
17	Cl	K L	„ $3p^5$
18	Ar	K L	„ $3p^6$

تناوب سوم

19	K	K L	„ „		$4s$
20	Ca	K L	„ „		$4s^2$
*21	Sc	K L	„ „	$3d$	„
*22	Ti	K L	„ „	$3d^2$	„
*23	V	K L	„ „	$3d^3$	„
*24	Cr	K L	„ „	$3d^5$	$4s$
*25	Mn	K L	„ „	$3d^5$	$4s^2$

تناوب چهارم

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

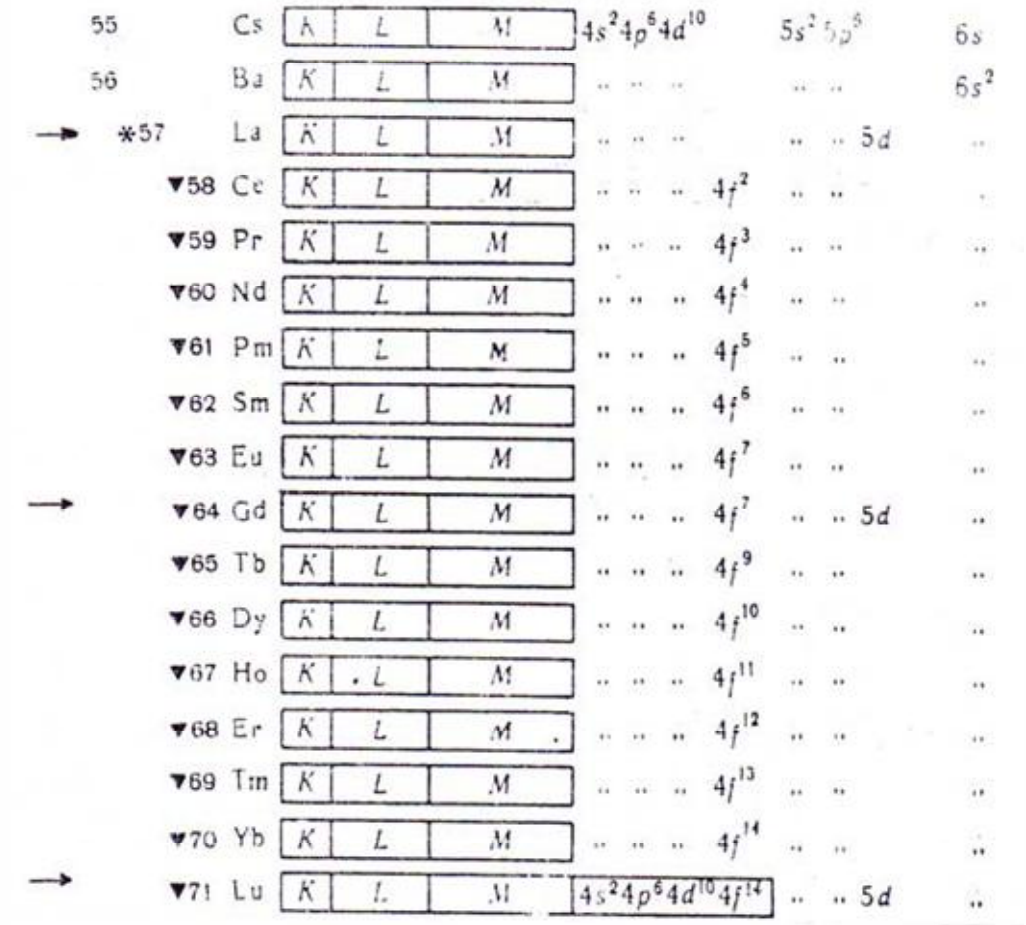
	*26	Fe	K	L	$3s^2 3p^6 3d^6$	$4s^2$
	*27	Co	K	L	.. .. $3d^7$	..
	*28	Ni	K	L	.. .. $3d^8$	..
→	*29	Cu	K	L	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^1$
	*30	Zn	K	L	M	$4s^2$
	31	Ga	K	L	M	.. $4p$
	32	Ge	K	L	M	.. $4p^2$
	33	As	K	L	M	.. $4p^3$
	34	Se	K	L	M	.. $4p^4$
	35	Br	K	L	M	.. $4p^5$
	36	Kr	K	L	M	.. $4p^6$

تناوب چهارم

	37	Rb	K	L	M	.. ..	$5s^1$
	38	Sr	K	L	M	.. ..	$5s^2$
	*39	Y	K	L	M	.. .. $4d$	..
	*40	Zr	K	L	M	.. .. $4d^2$	..
→	*41	Nb	K	L	M	.. .. $4d^4$	$5s^1$
→	*42	Mo	K	L	M	.. .. $4d^5$	$5s^1$
	*43	Tc	K	L	M	.. .. $4d^5$	$5s^2$
→	*44	Ru	K	L	M	.. .. $4d^7$	$5s^1$
→	*45	Rh	K	L	M	.. .. $4d^8$	$5s^1$
→	*46	Pd	K	L	M	.. .. $4d^{10}$	
	*47	Ag	K	L	M	.. .. ..	$5s$
	*48	Cd	K	L	M	.. .. ..	$5s^2$
	49	In	K	L	M	.. .. ..	.. $5p$
	50	Sn	K	L	M	.. .. ..	.. $5p^2$
	51	Sb	K	L	M	.. .. ..	.. $5p^3$
	52	Te	K	L	M	.. .. ..	.. $5p^4$
	53	I	K	L	M	.. .. ..	.. $5p^5$
	54	Xe	K	L	M	.. .. ..	.. $5p^6$

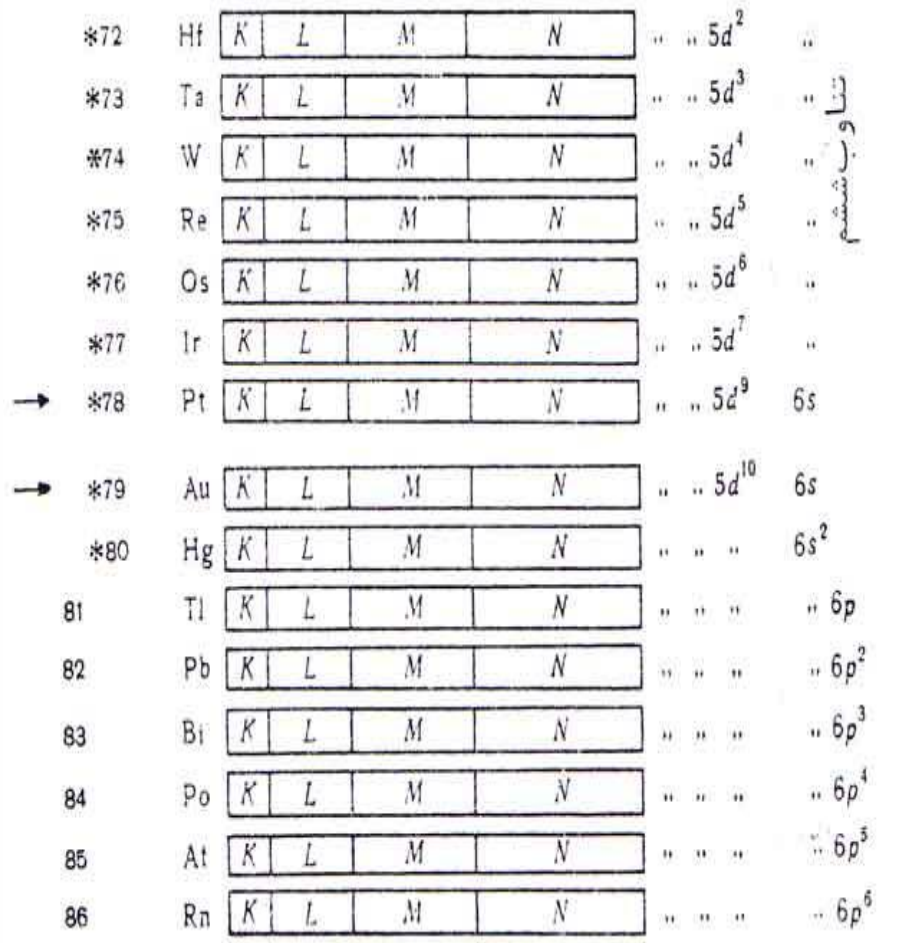
تناوب پنجم

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir



مثلث نماینده سری عناصر لانتانیدها

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir



1 فلش نماینده آرایشهای غیرعادی و متفاوت با طرح آفبا ستاره نماینده عناصر واسطه سریهای سه‌گانه معروف به عناصر واسطه d (عناصر واسطه خارجی)

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir