

## تدریس آرایش الکترونی اوربیتالی بر مبنای آرایش الکترونی بور

علیرضا ناصری مود\*

کارشناس ارشد شیمی فیزیک، دبیر شیمی دبیرستانهای شهرستان زاوه، استان خراسان رضوی

### چکیده

آموزش رسم آرایش الکترونی به روش اوربیتالی به دانش آموزان پایه دوم رشته های علوم تجربی یا ریاضی فیزیک آنهم در بخش اول کتاب درسی شیمی (۲) و آزمایشگاه بی شک شاید از دشواریهای تدریس این کتاب برای دبیران شیمی باشد. در این مقاله نویسنده سعی در بیان شیوه جدیدی به منظور یاددهی رسم آرایش الکترونی عناصر به روش اوربیتالی دارد که از یک طرف برای دبیر سهولت در فرایند آموزش آن و از طرف دیگر برای فراگیر سهولت فهم و یادگیری را به دنبال خواهد داشت. این مهم تنها به کمک رسم یک دیگرام و با تأکید بر آرایش الکترونی بور صورت می گیرد. نگارش دیگرام بصورت عمودی و با رسم آرایش الکترونی بور در بالا آغاز می شود و سپس با تدریس همزمان اعداد کوانتومی چهارگانه با پیشرفتی رو به پایین ادامه می یابد، بطوریکه در پایین دیگرام آرایش الکترونی به روش اوربیتالی حاصل می شود.

### کلمات کلیدی

آرایش الکترونی، روش بور، روش اوربیتالی، دیگرام، اعداد کوانتومی

## ۱- مقدمه

مدل اتمی بور، یکی از مدل‌هایی است که برای توضیح ساختمان اتم ارائه شد. کاشف مدل اتمی بور، نیلز بور فیزیک‌دان دانمارکی در زمینه چگونگی طیف نشری خطی اتم عناصر با پذیرفتن مدل اتمی رادرفورد چنین پیشنهاد داد که الکترون‌ها در اطراف هسته اتم در سطوح انرژی مشخصی قرار دارند و در این سطوح به دور هسته اتم در حال چرخش هستند. انرژی الکترون‌هایی که در سطوح انرژی پایین تر، به هسته نزدیک تر هستند، نسبت به الکترون‌هایی که از هسته دورند، کمتر می باشد. پس برای انتقال الکترون از سطح انرژی پایین به سطح انرژی بالا، باید انرژی معادل اختلاف انرژی بین آن دو سطح را به آن الکترون بدهیم، بنابراین انرژی الکترون‌ها در یک اتمکوانتیده (گسسته) است.

مدل اتمی بور نشان داد که طیف نشر خطی که از اتم عناصر گسیل می‌شود، بر اثر انتقال الکترون‌ها از سطوح انرژی بالا به سطوح انرژی پایین است، که در این انتقال انرژی الکترون کاهش می‌یابد و به صورت نور و گرما آزاد می‌شود. اگر نور آزاد شده را از منشور عبور دهیم طیف نشری آن مشخص می‌شود. بور مدل اتمی خود را بر اساس آزمایش‌هایی که با اتم‌های هیدروژن و هلیوم انجام شده بود مطرح می‌ساخت به همین دلیل مدل اتمی او (که به مدل منظومه شمسی معروف است) برای اتم‌های سنگینی مانند اورانیوم، آهن و ... صدق نمی‌کرد. براین اساس مدل اتمی کوانتومی (یا ابر الکترونی) با همکاری بسیاری از دانشمندانمانند هایزنبرگ، پلانک و شرودینگر مطرح شد. البته اینشتین با ارائه فرمول‌های خود نیز توانست به این مدل اتمی کمک کند. آرایش الکترونی برای اولین بار به طور مؤثر توسط مدل اتمی بور بهتر درک شد به طوری که هنوز هم استفاده از اصطلاحات لایه و زیرلایه برای درک مکانیک کوانتوم و طبیعت عناصر رایج است.

این درحالیست که یاددهی طریقه رسم آرایش الکترونی اوربیتالی همواره از دغدغه‌های دبیران درس شیمی می باشد. چراکه برای آموزش آن به پیش نیازهای زیادی نیاز است، که مهمترین آنها آموزش مفهومی چهار عدد کوانتومی اصلی، اوربیتالی، مغناطیسی و مغناطیسی اسپین به دانش آموزان می باشد. بنابراین دانش آموز در عبور گذرا و کلی از مبحث مدل اتمی بور و در راه رسیدن به مدل کوانتومی اتم با ابهامات زیادی مواجه خواهد بود و لازم است ارتباطی معنادار و پیوسته بین آنها وجود داشته باشد. در این مقاله کوشش شده است، تا با رسم دیگرامی که نقطه شروع آرایش الکترونی بور و نقطه پایانش آرایش الکترونی اوربیتالی است، این ارتباط ایجاد گردد.

## ۲- طریقه آموزش آرایش الکترونی اوربیتالی بر مبنای آرایش لایه ای بور

اگر مطابق سرفصل‌های کتاب با نگاهی گذرا از مدل بور به آموزش مدل کوانتومی اتم بپردازیم و مستقیماً دانش آموزان را با چهار عدد کوانتومی اصلی، اوربیتالی، مغناطیسی و مغناطیسی اسپین روبرو کنیم بی شک دشوارتر از زمانی خواهد بود که ابتدا بطور کامل، مدل اتمی بور و رسم آرایش الکترونی بور را برای عناصر جدول تناوبی ارائه دهیم و سپس با رسم دیگرامی خلاقانه از آرایش لایه ای الکترون‌های مدل بور به تدریج به دانش آموزان مفهوم عدد کوانتومی اصلی، سپس مفهوم عدد کوانتومی اوربیتالی، در مرحله بعد عدد کوانتومی مغناطیسی و در آخرین مرحله با آموزش عدد کوانتومی مغناطیسی اسپین به آرایش الکترونی اوربیتالی اولیه برای یک عنصر دست می‌یابیم.

در حقیقت لایه‌های الکترون یک فضای قابل دسترس است که الکترون تنها مجاز است این فضا را اشغال کند و با عدد کوانتومی اصلی (که با نماد  $n$  نمایش داده می‌شود)، شناخته می‌شود. در خود لایه‌ها نیز زیرلایه‌هایی وجود دارند که با عدد کوانتومی اوربیتالی شناخته می‌شوند و با نماد  $l$  نشان داده می‌شوند و دارای ارزش‌های  $0, 1, 2, 3$  می‌باشند که به ترتیب نمایانگر زیرلایه‌های  $s, p, d, f$  هستند. در هر لایه، الکترون‌ها در درون زیرلایه‌های خود قرار می‌گیرند، برای مثال در لایه اول حداکثر ۲ الکترون در یک زیرلایه از نوع  $(s)$  و برای لایه‌ی دوم حداکثر ۸ الکترون در دو زیرلایه از نوع  $(s, p)$  و در لایه‌ی سوم حداکثر ۱۸ الکترون در سه زیرلایه  $(s, p, d)$  قرار دارند. هر زیرلایه نیز از اوربیتال‌هایی دسته‌بندی شده‌اند که در هر کدام

۲ الکترون قرار می‌گیرند. عاملی که به این دو الکترون اجازه می‌دهد تا بتوانند کنار هم قرار گیرند، اسپین نامیده می‌شود، بطوریکه هر دو الکترون در یک اوربیتال بایستی دارای اسپین مخالف باشند. یکی با اسپین  $+1/2$  که با یک فلش به سمت بالا نمایش داده می‌شود و دیگری با اسپین  $-1/2$  که با فلش به سمت پایین نشان داده می‌شود. البته نظر به اینکه هدف این مقاله بیشتر بیان روشی خلاقانه برای بیان ارتباطی معنادار میان آرایش الکترونی کوانتومی با آرایش الکترونی بور می‌باشد، از ذکر جزئیات چگونگی محاسبه و تعیین اعداد کوانتومی چهارگانه اجتناب شده است.

## ۱-۲ چگونگی تبدیل آرایش لایه اول الکترونی بور به آرایش کوانتومی

همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود بر اساس آرایش الکترونی بور برای لایه اول الکترونی یک زیرلایه وجود دارد که با نماد  $l=0$  نمایش داده می‌شود، و برای تنها زیرلایه آن نیز بر اساس قاعده  $m_l = -l, \dots, 0, \dots, +l$  از آنجاییکه  $l=0$  می‌باشد، فقط یک اوربیتال با  $m_l=0$  وجود دارد (شکل شماره ۱).

شکل ۱: تبدیل آرایش لایه اول الکترونی بور به آرایش کوانتومی

## ۲-۲ چگونگی تبدیل آرایش لایه دوم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

به همین ترتیب برای لایه دوم الکترونی نیز دو زیرلایه وجود دارد که با نمادهای  $l=0$  و  $l=1$  نشان داده می‌شوند، که البته براساس قاعده مطرح شده در بخش ۱-۲ برای زیرلایه با  $l=0$  تنها یک اوربیتال با  $m_l=0$  و برای زیرلایه  $l=1$  تنها سه اوربیتال با  $m_l = -1, 0, +1$  قابل محاسبه میباشد (شکل شماره ۲).

شکل ۲: تبدیل آرایش لایه دوم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

## ۳-۲ چگونگی تبدیل آرایش لایه سوم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

برای لایه سوم الکترونی نیز سه زیرلایه وجود دارد که با نمادهای  $l=0, l=1, l=2$  نمایش داده می شود، برای زیرلایه  $l=0$  فقط یک اوربیتال با  $m_l=0$  وجود دارد، برای زیرلایه با  $l=1$  سه اوربیتال با  $m_l=-1, 0, +1$  قابل محاسبه میباشد و برای زیرلایه با  $l=2$  پنج اوربیتال با  $m_l=-2, -1, 0, +1, +2$  تعیین می شود (شکل شماره ۳).

شکل ۳: تبدیل آرایش لایه سوم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

#### ۲-۴ چگونگی تبدیل آرایش لایه چهارم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

برای لایه چهارم الکترونی نیز چهار زیرلایه وجود دارد که با نمادهای  $l=0, l=1, l=2, l=3$  نمایش داده می شود، برای زیرلایه  $l=0$  فقط یک اوربیتال با  $m_l=0$  وجود دارد، برای زیرلایه با  $l=1$  سه اوربیتال با  $m_l=-1, 0, +1$ ، برای زیرلایه با  $l=2$  پنج اوربیتال با  $m_l=-2, -1, 0, +1, +2$  و برای زیرلایه با  $l=3$  نیز هفت اوربیتال شامل  $m_l=-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$  قابل محاسبه میباشد که البته در دو بخش زیر بیان شده است (شکلهای شماره ۴ و ۵).

شکل ۴: تبدیل آرایش لایه چهارم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

شکل ۵: ادامه تبدیل آرایش لایه چهارم الکترونی بور به آرایش کوانتومی

## ۲-۵ ترسیم آرایش الکترونی اوربیتالی اولیه

بر مبنای شکل‌های ۱ تا ۵ قادر هستیم به ازای هر لایه الکترونی از مدل بور به معادل اوربیتالی آن در آرایش کوانتومی دست یابیم و بدین ترتیب از آرایش الکترونی لایه ای بور به آرایش الکترونی اوربیتالی یا همان مدل کوانتومی اتم برسیم. البته آرایش الکترونی اوربیتالی بدست آمده هنوز هم از نظر انرژی دارای اشکال می باشد.

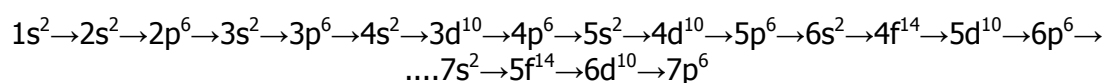
آرایش الکترونی اوربیتالی اولیه از لحاظ عدم رعایت افزایش تدریجی انرژی در لایه ها و به پیرو آن زیرلایه ها که قبلا بور آنرا بیان نموده بود، ایراداتی دارد از جمله تقدم زیرلایه  $3d$  با انرژی زیاد بر زیرلایه با انرژی بیشتر  $4s$  که در جدول شماره ۱ این مهم نیز مرتفع شده است (جدول شماره ۱).

البته در این جدول تنها به زیرلایه های منتج شده از چهار لایه اول الکترونی بور اشاره شده است و مقایسه انرژی تنها بر روی آنها انجام شده، اما در ادامه با بسط نتایج حاصل از جدول شماره ۱ بر روی کل زیرلایه ها می توان به آرایش کامل زیر لایه های منشعب شده از تمامی ۷ لایه الکترونی بور رسید، و این همان آرایش الکترونی اوربیتالی می باشد.

جدول ۱: چگونگی تصحیح تقدم و تأخر زیرلایه ها بر مبنای افزایش انرژی

آرایش الکترونی اولیه	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$3d^{10}$	$4s^2$	$4p^6$	$4d^{10}$	$4f^{14}$	...
$n$ (عدد کوانتومی اصلی)	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	...
$l$ (عدد کوانتومی اوربیتالی)	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	...
$n+l$ (معادل انرژی)	1	2	3	3	4	5 ?	4	5	6	7	...
آرایش الکترونی تصحیح شده	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^2$	$3d^{10}$	$4p^6$	.....		

بنابراین ترتیب پر شدن زیرلایه ها با الکترون (به ترتیب افزایش سطح انرژی) بصورت زیر میباشد.



همانگونه که ملاحظه می شود نتیجه همان آرایش الکترونی اوربیتالی است که در نتیجه آغاز بحث از آرایش الکترونی بور حاصل شد.

## ۳- نتیجه گیری

آموزش طریقه ترسیم آرایش الکترونی اوربیتالی به دانش آموزان برای درس شیمی (۲) در پایه دوم تجربی یا ریاضی فیزیک همواره می تواند از دشواری و اهمیت خاصی برخوردار باشد. در این مقاله سعی شده بود با تکیه بر آرایش الکترونی لایه ای بور این مهم را به انجام برساند. در راستای این مهم از هر لایه الکترونی تعریف شده در مدل اتمی بور و با تأکید بر مفهوم هر یک از اعداد کوانتومی اصلی، اوربیتالی و مغناطیسی به زیرلایه ها و اوربیتالهای الکترونی مرتبط با آن لایه الکترونی می

رسمو سپس بر مبنای آموزه های مبتنی بر عدد کوانتومی مغناطیسی چهارم نسبت به قرار دادن الکترونها در اوربیتالها اقدام نمود. بنابراین می توان از آرایش الکترونی بور به آرایش الکترونی اوربیتالی رسید.

## مراجع

- [۱] پارسافر، غلامعباس ... (و دیگران)؛ شیمی با نگرش تحلیلی، ویراسته آرمیون، مریم؛ جلد اول؛ چاپ اول، تهران، انتشارات فاطمی، ۱۳۸۸
- [۲] صادقی، محبوبه؛ صیرفی زاده، فرشاد؛ کتاب کار و راهنمای مطالعه دانش آموز شیمی (۲) و آزمایشگاه؛ ویراسته عابدینی، منصور؛ چاپ بیست و دوم، تهران، انتشارات فاطمی، ۱۳۹۰
- [۳] مورتیمر، چارلز؛ شیمی عمومی، ترجمه پورجوادی، علی؛ خواجه نصیر طوسی، احمد؛ ویراسته پورجوادی، علی؛ جلد اول، چاپ چهارم، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۷
- [۴] شعبانی، حسن؛ مهارتهای آموزشی و پرورشی، جلد اول، چاپ بیست و دوم، تهران، انتشارات سمت، زمستان ۱۳۸۷