بار مؤثر هسته اتم:

همانطور که می‌دانیم که انرژی الکترون در اتم تابعی از Z^2/n^2 است. چون با افزایش عدد اتمی، بار هسته‌ای (Z) سریعتر از عدد کوانتومی اصلی (n) افزایش می‌یابد، انتظار می‌رود که پتانسیل لازم برای جدا کردن یک الکترون از یک اتم با افزایش عدد اتمی بطور پیوسته افزایش یابد. ولی این پدیده مشاهده نمی‌شود. مثلاً در مورد هیدروژن ($Z=1$)، پتانسیل یونیزاسیون برابر $13/6\ eV$ است. در حالی‌که برای لیتیم ($Z=3$) پتانسیل یونیزاسیون لازم برابر $5/4eV$ است. این مقدار پتانسیل یونیزاسیون مربوط به الکترونی است که تحت تأثیر بار هسته‌ای $Z<3$ قرار گرفته باشد، یعنی آن بار هسته‌ای که الکترون واقعاً احساس می‌کند. کم شدن پتانسیل یونیزاسیون که نشانه کم شدن وابستگی الکترون خارجی به هسته و کم شدن تأثیر بار هسته روی این الکترون است، چه دلیلی می‌تواند داشته باشد؟ کم شدن تأثیر بار هسته به خاطر اثر پوششی ایجاد شده توسط دو الکترون داخلی $1s$ است. اثر پوششی این دو الکترون سبب می‌شود که الکترون خارجی $2s$ تمام بار هسته را احساس نکند، بلکه فقط تحت تأثیر بار مؤثر هسته (Z^*) قرار گیرد.

در یک اتم چند الکترونی، بار منفی هر الکترون، مقداری از بار مثبت هسته آن اتم را خنثی کرده و از تأثیر تمامی بار مثبت آن بر الکترونهای دیگر، به میزان معینی می‌کاهد. عمل جلوگیری کردن الکترونها از تأثیر تمامی بار مثبت هسته بر الکترون مورد نظر در یک اتم (یا یون)، اصطلاحاً اثر پوششی آن الکترونها نامیده می‌شود. کسری از واحد بار مثبت هسته که به وسیله هر الکترون در آن اتم پوشیده می‌شود، به ثابت (یا ضریب) پوششی آن الکترون موسوم است و با علامت s (و یا گاهی با σ) نشان داده می‌شود.

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

مقداری از بار مثبت هسته که پس از تأثیر اثر پوششی الکترونهای پوشش دهنده، از بـار حقیقـی هسته اتم (Ze) برای الکترون مورد نظر باقی می‌ماند، بار مؤثر هسته اتم برای آن الکترون نامیده شـده و با علامت Z^*e ، نشان داده می‌شود. بار مؤثر هسته برحسب واحد نسبی بار الکترون ($e=1$) از رابطه زیـر قابل محاسبه است:

$$Z^* = Z - s$$

s ثابت پوششی کل الکترونهای پوشش دهنده (یعنی تمام الکترونهای اتم غیر از الکترون مورد نظر) است.

اگر اثر پوششی دو الکترون $1s$ در اتم لیتیم کامل می‌بود، الکترون خارجی می‌بایستی تحت تأثیر بار مؤثر هسته $Z^*=3-2=1$ قرار می‌گرفت. اما وجود مقـداری از دانـسیته الکترونـی اوربیتـال $2s$ در نزدیکی هسته، مبین این واقعیت است که الکترون موجود در اوربیتال $2s$ در پوسته $1s$ نفوذ می‌کند و در نتیجه تحت تأثیر بار هسته‌ای بیشتر از آنچه در مورد پوشش کامل محاسبه کردیم، قرار می‌گیرد.

قدرت نفوذ ابرهای الکترونی در یکدیگر به نوع اوربیتالها بـستگی دارد. اوربیتالهـای s بـه علـت وجود یک یا چند ماکزیمم نزدیک هسته نسبت به اوربیتالهای p ، d و f قدرت نفوذ بیشتری دارند و بـه همین دلیل مقدار قابل توجهی از دانسیته الکترونی مربوط به اوربیتالهای s در نزدیکـی هـسته متمرکـز است. در نتیجه این اوربیتالها کمتر تحت تأثیر پوشش الکترونهای داخلی قرار مـی‌گیرنـد و نـسبت بـه اوربیتالهای p ، d و f اثر پوششی بیشتری روی الکترونهای خارجی دارند. از طرف دیگر چون اوربیتالهای p , d , f قدرت نفوذ کمتری دارند، اثر پوششی آنها برای الکترونهای خارجی نیز کمتر است. عـلاوه بـر این در مقایسه با قدرت پوششی الکترونهای داخلی‌تر، الکترونهایی که در پوسته یکسانی قرار دارند، اثر پوششی کمتری بر یکدیگر وارد می‌کنند. به عنوان مثال در مورد عنصر بـریلیم ($Z=4$) دو الکتـرون در

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

اوربیتال $2s$ وجود دارد. چون این الکترونها در اوربیتال یکسانی قرار دارنـد، اثـر پوشـشی نـاچیزی بـر یکدیگر وارد می‌کنند ولی تحت تأثیر اثر پوششی الکترونهای اوربیتال $1s$ هستند. به همـین جهـت بـار مؤثر هسته روی الکترونهای $2s$ در این مورد بیشتر از بار مؤثر هسته بر الکترون $2s$ عنصر لیتـیم اسـت (توجه داشته باشید که بار هسته‌ای لیتیم $Z = 3$ و بار هسته‌ای بریلیم $(Z = 4)$ است).

بطور کلی اثر پوششی الکترونهای پوسته‌های داخلی سبب می‌شود که بار مؤثر هـسته (Z^*) روی الکترونهای خارجی همیشه بطور قابل توجهی کمتر از بار واقعی هـسته (Z) باشـد. امـا چـون ایـن اثـر پوششی کامل نیست، با زیاد شدن بار هسته (Z)، بار مؤثر هـسته (Z^*) بـرای الکترونهـای خـارجی بـا سرعت کمتری افزایش می‌یابد.

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