

## اثر پوششی لایه‌های الکترونی و قاعده تجربی اسلیتر:

همانطور که لایه‌های ابر مانع نفوذ کامل نور خورشید به سطح زمین است، لایه‌های الکترونی نیز از نفوذ اثر جذب هسته بر هر یک از الکترونها می‌کاهند. اثر کاهش‌دهنده سایر الکترونها اتم را بر بار هسته مؤثر بر یک الکترون، اثر پوششی یا اثر حایل و یا اثر  $S$ ، می‌نامند. می‌توان بار مؤثر هسته  $Z^*$  را که بر یک الکترون معین وارد می‌شود، از کسر کردن اثر حایل برای سایر الکترونها از کل بار هسته (عدد اتمی  $Z$ ) بدست آورد. مقدار  $Z^*$  همیشه از  $Z$  کمتر است.

**مثال.** محاسبه بار مؤثر هسته بر سطحی‌ترین الکترون در پتاسیم.

این مقادیر برای الکترون  $4s$  در پتاسیم عبارت است از:  $Z^* = Z - S$

$$Z = 19 \quad S = 16/8$$

بنابراین بار مؤثر هسته ( $Z^*$ ) که روی الکترون  $4s$  در پتاسیم اثر می‌گذارد برابر  $19 - 16/8 = 2/2$

است. به عبارت دیگر، الکترون  $4s$  در پتاسیم وجود  $2/2$  پروتون و نه  $19$  پروتون را احساس می‌کند!

چون بار مؤثر هسته در بسیاری از بررسیهای کمی به ویژه، تعیین شعاع اتمی و یونی، انرژی

الکترون، انرژی یونیزاسیون، الکترونگاتیوی عناصر، دخالت داشته و در روند تغییرات این خواص نقش

اساسی دارد. با وجود این، برای محاسبه آن روش کاملاً دقیقی وجود ندارد. البته دو روش برای محاسبه

آن ارائه شده است که نتایج حاصل از آنها کم یا بیش تقریبی است.



## روش اسلیتر:

این روش که توسط اسلیتر در سال 1930 ارائه شد، روشی قدیمی، تجربی و تقریبی است. نتایج حاصل از این روش، فقط در مورد اتم هلیم دقیق است و برای عناصر دوره دوم نسبتاً دقیق ولی برای عناصر دوره سوم به بعد تقریبی است. از این رو، فقط در بررسیهای کیفی و مقایسه‌ای و توجیه روند تغییرات خواص عناصر، می‌توان از این روش استفاده کرد. در مورد تقریبی بودن نتایج این روش، می‌توان دو علت زیر را برشمرد:

1. اسلیتر، نقش الکترونی‌هایی را که در تراز بالاتر از الکترون مورد نظر، قرار دارند، از نظر اثر پوششی نادیده گرفته بود.

2. وی فقط عدد کوآنتومی اصلی ( $n$ ) به بیانی دیگر فقط ترازهای اصلی انرژی اتم را مورد توجه قرار داد. یعنی، بین الکترونی‌های ترازهای فرعی مربوط به یک تراز اصلی انرژی تفاوتی قایل نشد. مثلاً، برای تمام الکترونی‌های ترازهای فرعی  $3s$ ،  $3p$  و  $3d$ ، ثابت پوششی برابری در نظر گرفته بود.

اسلیتر برای محاسبه بار مؤثر هسته، قواعدی به شرح زیر وضع کرده بود:

آرایش الکترونی را به ترتیب گروه‌بندی زیر می‌نویسیم:

$$(1s)(2s, 2p)(3s, 3p)(3d)(4s, 4p)(4d)(4f)(5s, 5p)...$$

I. اگر الکترون مورد نظر در ترازهای  $s$  یا  $p$  قرار داشته باشد، برای هر الکترون پوشش دهنده که:

1. نسبت به الکترون مورد نظر، در تراز بالاتری قرار دارد، ثابت پوششی برابر صفر است.

2. در همان تراز اصلی الکترون مورد نظر قرار دارد، ثابت پوششی برابر  $0/35$  است (مگر

در مورد تراز  $1s$  که برابر  $0/30$  در نظر گرفته می‌شود).

3. در تراز اصلی ماقبل تراز اصلی الکترون مورد نظر قرار دارد، ثابت پوششی برابر  $0/85$

است.

4. در ترازهای اصلی پایین‌تر از تراز ماقبل تراز الکترون مورد نظر قرار داشته باشد،

ثابت پوششی برابر واحد است.

II. اگر الکترون مورد نظر در ترازهای  $d$  و  $f$  قرار داشته باشد،

با رعایت قاعده 1 از بند I:

1. برای هر الکترون پوشش دهنده که در همان تراز فرعی  $d$  (یا  $f$ ) قرار دارد، ثابت

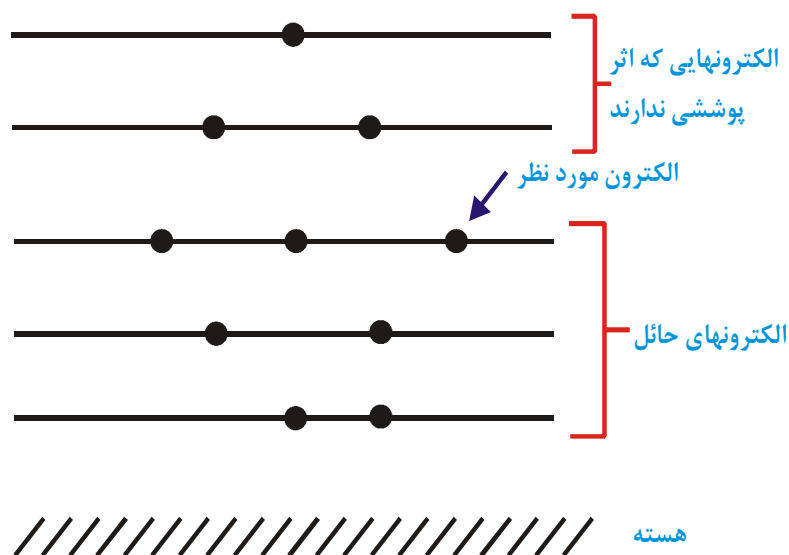
پوششی  $0/35$  در نظر گرفته می‌شود.

2. برای هر یک از الکترونها باقیمانده دیگر، مقدار ثابت پوششی برابر واحد منظور

می‌شود.

شکل و جدول زیر به نحوی، قواعد نامبرده فوق را مجسم می‌کنند.





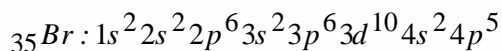
اثر حائل الکترونیهای دیگر روی الکترون مورد نظر

	1s	2s 2p	3s 3p	3d	4s 4p	4d	4f	5s 5p
1s	<b>0/31</b>							
2s 2p	<b>0/85</b>	<b>0/35</b>						
3s 3p	<b>1</b>	<b>0/85</b>	<b>0/35</b>					
3d	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0/35</b>				
4s 4p	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0/85</b>	<b>0/85</b>	<b>0/35</b>			
4d	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0/35</b>		
4f	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0/35</b>	
5s 5p	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0/85</b>	<b>0/85</b>	<b>0/85</b>	<b>0/35</b>

مثال 1. بار مؤثر هسته اتم  $Br$  و یون  $Br^-$  را برای الکترون لایه ظرفیت آنها به روش اسلیتر

حساب کنید.

حل. با توجه به آرایش الکترونی اتم برم یعنی:



اگر، یکی از الکترونهاى لایه ظرفیت آن را به عنوان الکترون مورد نظر کنار بگذاریم، شش

الکترون همتراز در لایه ظرفیت، 18 الکترون در لایه مقابل و 10 الکترون در لایه‌هاى داخلی باقى

می‌ماند. از این رو، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} s = 6 \times 0 / 35 + 18 \times 0 / 85 + 10 \times 1 = 27 / 40 \\ Z^* = Z - s = 35 - 27 / 40 = 7 / 60 \end{cases}$$

در مورد  $\text{Br}^-$  که یک الکترون اضافی در لایه ظرفیت دارد، می‌توان نوشت.

$$\begin{cases} s = 7 \times 0 / 35 + 18 \times 0 / 85 + 10 \times 1 = 27 / 75 \\ Z^* = 35 - 27 / 75 = 7 / 25 \end{cases}$$

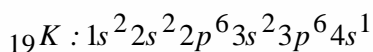
همانطور که ملاحظه می‌شود، بار مؤثر هسته اتم خنثی، همواره از بار مؤثر هسته آنیون مربوطه،

بیشتر است.

**مثال 2.** بار مؤثر هسته را برای الکترون لایه ظرفیت در اتم  $K$  و یون  $K^+$  به روش اسلیتر حساب

کنید.

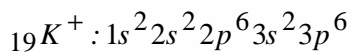
**حل.** با توجه به توضیحی که در مثال قبل داده شد، در مورد اتم پتاسیم می‌توان نوشت:



$$s = 0 \times 0 / 35 + 8 \times 0 / 85 + 10 \times 1 = 16 / 8$$

$$Z^* = Z - s = 19 - 16 / 8 = 2 / 2$$

در مورد یون  $K^+$  نیز داریم:



$$S = 7 \times 0 / 35 + 8 \times 0 / 85 + 2 \times 1 = 11 / 25$$

$$Z^* = Z - S = 19 - 11 / 25 = 7 / 25$$

ملاحظه می‌شود که بار مؤثر هسته برای الکترونهای آخرین تراز در یون  $K^+$  نسبت به اتم خنثی

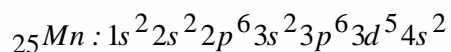
پتاسیم خیلی بیشتر است. اصولاً بر همین اساس است که انرژی دومین یونیزاسیون پتاسیم که در واقع،

انرژی لازم برای جدا شدن الکترون از یون  $K^+$  است (729 کیلوکالری بر مول) از انرژی اولین

یونیزاسیون پتاسیم (99 کیلوکالری بر مول) خیلی بیشتر است.

**مثال 3.** بار مؤثر هسته را برای الکترونهای تراز  $4s$  و  $3d$  در اتم منگنز حساب کنید.

**حل.** ابتدا آرایش الکترونی اتم منگنز را می‌نویسیم:



در مورد محاسبه بار مؤثر هسته برای الکترونهای تراز  $4s$ ، مطابق قواعد بند I، می‌توان نوشت:

$$S_{(4s)} = 1 \times 0 / 35 + 13 \times 0 / 85 + 10 \times 1 = 21 / 4$$

$$Z^*_{(4s)} = 25 - 21 / 4 = 3 / 4$$

برای محاسبه بار مؤثر هسته برای الکترونهای تراز  $3d$ ، مطابق قواعد بند II، می‌توان نوشت:

$$S_{(3d)} = 2 \times 0 + 4 \times 0 / 35 + 18 \times 1 = 19 / 4$$

$$Z^*_{(3d)} = 25 - 19 / 4 = 5 / 4$$

ملاحظه می‌شود که بار مؤثر هسته برای الکترونهای تراز  $d$  نسبت به الکترونهای تراز  $s$  لایه

ظرفیت در اتم منگنز و بطور کلی در اتم هر عنصر واسطه دیگر، بیشتر است. در نتیجه جاذبه هسته نیز

در آنها بر الکترونهای تراز  $d$  لایه ظرفیت بیشتر است. بر همین اساس است که به هنگام یونیزاسیون عناصر واسطه، الکترونهای تراز  $s$  لایه ظرفیت زودتر از الکترونهای تراز  $d$  این لایه، از اتم جدا می‌شوند.

شبکه رشد - شبکه ملی مدارس ایران



[Olympiad.roshd.ir](http://Olympiad.roshd.ir)