

# نمونه پرسش‌هایی

## از شیمی (۲)

### و آزمایشگاه

اورنگ باقی\* و اکرم پورحیب\*\*

\* کارشناس ارشد شیمی معدنی و معلم شیمی منطقه‌ی تالش، گیلان

\*\* دانشجوی دکترای شیمی تجزیه و معلم شیمی منطقه‌ی سنقر، گیلان

۱. آیا ایزوتوپ‌های یک اتم - برای نمونه، هیدروژن و دوتریم -

طیف‌های نوری یکسانی دارند؟

خیر، از آن‌جا که جرم اتمی ایزوتوپ‌های یک عنصر با هم تفاوت دارند، طول موج خطوط طیفی ایجاد شده، اندکی متفاوت است. برای محاسبه‌ی طول موج این خطوط می‌توان از رابطه‌ی به این قرار استفاده کرد:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

در واقع در رابطه‌های طیفی، استفاده از وارونه‌ی طول موج یا عدد موجی،  $\bar{\nu}$ ، مناسب‌تر است. در این رابطه،  $n_1$  و  $n_2$  عددهای صحیح و نماینده‌ی ترازهای انرژی‌اند و همواره  $n_2 > n_1$  است.  $R$ ، ثابت ریدبرگ است.  $R$  برای دوتریم اندکی بزرگ‌تر از  $R$  برای هیدروژن است و بنا به رابطه‌ی یاد شده، خطوط طیفی دوتریم نسبت به هیدروژن، کمی به سمت طول موج‌های کوتاه تغییر مکان نشان می‌دهند. بر همین اساس و به کمک طیف‌های اتمی وجود برخی از ایزوتوپ‌ها ثابت شده است.

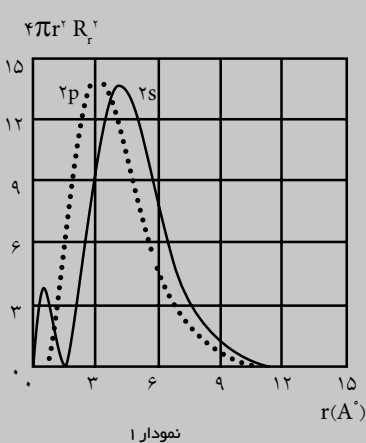
## ۲. آیا در شناسایی نافلزها می توان از آزمون شعله استفاده کرد؟

خیر. برای برانگیخته کردن سست ترین الکترون یک نافلز نیاز به پرتوهای فرابنفش است. بنابراین نافلزها هیچ رنگی از نورمریی را در شعله ایجاد نمی کنند.

## ۳. چرا سطح انرژی ۲s از ۲p پایین تر است؟

اوربیتال ۲s، کروی است و احتمال بزرگی را برای حضور الکترون در نزدیکی هسته یادآور می شود. در حالی که اوربیتال های ۲p دمبلی شکل بوده، دارای یک گره در محل قرار گرفتن هسته اند. یعنی احتمال یافتن الکترون در این اوربیتال، در نزدیکی هسته صفر است. پس در هر اتم، الکترون موجود در اوربیتال ۲s، زمان بیشتری را در نزدیکی هسته می گذراند. از این رو گفته می شود که اوربیتال ۲s نفوذ بیشتری نسبت به اوربیتال ۲p دارد.

بنا به نمودار روبه رو، یک ماکزیمم کوچک در اوربیتال ۲s، در نزدیکی

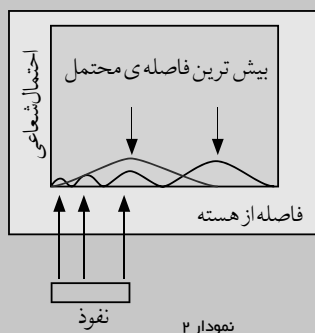


هسته وجود دارد که روی اوربیتال ۲p اثر پوششی ایجاد می کند بنابراین، الکترون در ۲p نسبت به ۲s بار مؤثر کمتری احساس می کند. به هر حال، اوربیتال ۲s از سوی هسته، محکم تر نگه داشته می شود و در نتیجه، انرژی ۲s از ۲p کم تر بوده، الکترون زودتر از اوربیتال ۲p، به ۲s وارد می شود.

## ۴. چرا در دو اتم ${}_{19}\text{K}$ و ${}_{20}\text{Ca}$ ، زیرلایه ی ۴s زودتر از ۳d پرمی شود؟

نمودار روبه رو دو نکته را نشان می دهد؛ یکی این که، محتمل ترین فاصله ی الکترون تا هسته در اوربیتال ۳d کم تر از اوربیتال ۴s است (به پیکان های بالایی توجه کنید) و دیگر آن که، نفوذ اوربیتال ۴s بیش تر از ۳d است (به پیکان های

پایین توجه شود). از این رو، الکترون های نوزدهم و بیستم وارد ۴s می شوند. از سوی دیگر، محاسبه ی بار مؤثر هسته در دو اتم یاد شده نشان می دهد که بار مؤثر هسته برای آرایش ۴s بیش تر از آرایش ۳d است پس در اتم های K و Ca، آخرین الکترون وارد ۴s می شوند.



## ۵. چرا در عنصرهای واسطه، سطح انرژی اوربیتال $3d$ پایین تر از $4s$ است؟

با این که الکترون‌های  $4s$  در لایه‌های درونی نفوذ می‌کنند اما به علت همین نفوذ است که زمان کوتاه‌تری را در نزدیکی هسته می‌گذرانند (به نمودار ۲ توجه کنید). پس الکترون‌های  $4s$  نمی‌توانند پوشش مهمی برای  $3d$  باشند بویژه این که با افزایش بار مؤثر هسته، برای نمونه در  $Sc$ ، الکترون‌هایی که به  $3d$  راه می‌یابند بار مؤثر هسته را بیش تر احساس می‌کنند. در نتیجه سطح انرژی  $3d$  در عنصرهای واسطه کاهش می‌یابد.

## ۶. چرا آرایش الکترونی $Cr$ ، به صورت $3d^5 4s^1$ نوشته می‌شود؟

در بررسی آرایش الکترونی درست، نباید تنها الکترون‌های خارجی را در نظر گرفت بلکه باید به انرژی همه‌ی الکترون‌ها توجه کرد. در کروم، هنگامی که الکترون‌های ظرفیتی به صورت یاد شده در نظر گرفته می‌شوند، مقدار دافعه‌ی الکترونی نسبت به آرایش  $(3d^4 4s^2)$  کاهش می‌یابد زیرا وقتی الکترون‌ها  $4s^2$ ، یکی در  $4s$  و دیگری در  $3d$  قرار می‌گیرند فضاهای اوربیتالی متفاوتی را تجربه می‌کنند و در همین حال، یکسان‌شدن اسپین‌ها اثر بیش‌تری در ایجاد پایداری اتم خواهد داشت. گفتنی است که برخی کتاب‌های شیمی معدنی، اشاره به لایه‌های پر و نیمه‌پر برای دو عنصر مس و کروم را گمراه کننده می‌دانند و با تکیه بر انرژی تبادل، این موضوع را توضیح می‌دهند که توجیه آن به کمک مکانیک کوانتومی پیشرفته امکان‌پذیر است.

## ۷. عوامل مؤثر بر انرژی یک اوربیتال کدامند؟

### (آ) بار مؤثر هسته

انرژی اوربیتال  $1s$  در  $He^+$   $(-5250 \text{ kJ/mol})$  کم‌تر از انرژی اوربیتال  $1s$  در  $H$   $(-1311 \text{ kJ/mol})$  است. در واقع، در  $He^+$ ، جاذبه‌ی هسته روی الکترون بیش‌تر است پس انرژی اوربیتال  $1s$  در  $He^+$  کاهش می‌یابد. هرچه بار مؤثر هسته بیش‌تر باشد انرژی ترازاها کم‌تر می‌شود.

### (ب) افزایش الکترون

سطح انرژی  $1s^2$  در  $He$   $(-2372 \text{ kJ/mol})$  بیش‌تر از سطح انرژی  $1s$  در  $He^+$   $(-5250 \text{ kJ/mol})$  است. افزایش تعداد الکترون در اتم هلیوم سبب دافعه میان الکترون‌ها می‌شود و سطح انرژی  $1s^2$  را در  $He$  افزایش می‌دهد. پس با افزایش تعداد الکترون‌ها، دافعه میان آن‌ها بیش‌تر شده، سطح انرژی اوربیتال نیز زیاد می‌شود.

### (پ) الکترون‌های داخلی

سطح انرژی  $2s$  در  $Li$   $(-520 \text{ kJ/mol})$  بیش‌تر از سطح انرژی  $1s$  در  $Li^{2+}$   $(-2954 \text{ kJ/mol})$  است زیرا اثر پوششی الکترون‌های  $1s^2$  در  $Li$ ، اثر جاذبه‌ی هسته روی  $2s$  را کاهش می‌دهد و در نتیجه سطح انرژی  $2s$  افزایش می‌یابد. یعنی هرچه اثر پوششی الکترون‌های درونی بیش‌تر شود جاذبه‌ی هسته



روی الکترون‌های بیرونی کم‌تر می‌شود و سطح انرژی اوربیتال‌های بیرونی افزایش می‌یابد.

### ت) شکل اوربیتال

سطح انرژی  $2p$  در  $Li$  ( $-341 \text{ kJ/mol}$ ) بیش‌تر از سطح انرژی  $2s^1$  در  $Li^+$  ( $-520 \text{ kJ/mol}$ ) است. اوربیتال  $2s$  تا نزدیکی هسته نفوذ می‌کند در نتیجه، اثر جاذبه‌ی هسته بر الکترون  $2s$  بیش‌تر است. پس سطح انرژی این اوربیتال کاهش می‌یابد. اما در اوربیتال  $2p$  که در هسته‌ی اتم، چگالی الکترونی صفر است الکترون‌ها به اندازه‌ی وقتی که در اوربیتال  $2s$  هستند نمی‌توانند به هسته نزدیک شوند. پس سطح انرژی  $2p$  بالاتر از  $2s$  خواهد بود. هرچه اثر نفوذ اوربیتالی بیش‌تر باشد جاذبه‌ی هسته روی آن بیش‌تر بوده، سطح انرژی آن کاهش می‌یابد.

### ۸ علت شکافته شدن یک لایه‌ی اصلی به چند زیرلایه چیست؟

اتم هیدروژن و یون‌های هیدروژن مانند، تنها شامل یک الکترون هستند پس در معادله‌ی موج آن‌ها پتانسیل دافعه‌ای دخالتی ندارد:

$$\nabla^2 \psi + \frac{\lambda \pi^2 m}{h^2} \left( E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0$$

از این‌رو، همه‌ی ترازهای انرژی فرعی مربوط به هر یک از سطوح انرژی در اتم آن‌ها هم‌ترازند. اما در اتم‌های چند الکترونی پتانسیل دافعه‌ی الکترواستاتیکی میان الکترون‌ها در معادله‌ی موج وارد می‌شود. پس انرژی الکترون نه تنها به عدد کوانتومی اصلی، بلکه به عدد کوانتومی اوربیتالی ( $l$ ) نیز وابستگی پیدا می‌کند. در نتیجه هم‌ترازی سطوح انرژی فرعی از بین می‌رود و یک لایه‌ی اصلی به چند زیرلایه شکافته می‌شود.

### ۹ چرا اتم مس با آرایش الکترونی $4s^1$ و $3d^10$ ، در بیش‌تر ترکیب‌های خود دو ظرفیتی است؟

انرژی پایداری میدان بلور آرایش  $(3d^10 4s^1)$  در مس، نسبت به آرایش  $(3d^9 4s^2)$ ، تنها  $30 \text{ kcal}$  بیش‌تر است. این انرژی پایداری ناچیز، این امکان را فراهم می‌کند تا تراز  $3d^10$  به راحتی بتواند در واکنش‌های شیمیایی شرکت کرده، یون  $Cu^{2+}$  ایجاد کند.

### ۱۰ چرا فلز روی، چند ظرفیت ندارد؟

اوربیتال‌های  $d$  در  $Zn$  به علت وجود تقارن کروی، پایدارند. برداشتن یک الکترون از این اوربیتال نیاز به انرژی زیادی دارد. پس الکترون‌های اوربیتال  $d$  نمی‌توانند در واکنش‌های شیمیایی وارد شوند و در تشکیل پیوند شرکت کنند. در نتیجه تنها ۲ الکترون موجود در اوربیتال  $4s^2$  در واکنش‌ها شرکت می‌کنند و  $Zn$  تنها دارای ظرفیت ۲ است.



- Housecroft, C.; Sharpe, A.G. Inorganic Chemistry, 3rd Ed., 2008.
- Cotton, F.A.; Wilkinson, G., Gaus, P.L. Basic Inorganic Chemistry, 3rd Ed., 1994.
- K.F. Purcell, K.F., Kotz, J.C. "Inorganic Chemistry". W. B Saunders Company, Japan, 1985.
- Chang, Raymond, Chemistry, 8th Ed., McGraw Hill, 2005.
- Zumdahl, S.S., Chemistry, Fourth Edition, D. C. Health and Company, 1997.
- Lagowski, J.J. Chemistry, Foundations and Applications, Macmillan Reference USA, 2004.