



غلظت یون کلرید در سمت چپ واکنش تعادلی افزایش می‌یابد و واکنش در جهت راست جابه‌جا می‌شود. در نتیجه این جابه‌جایی، غلظت آنیون تتراکلرو مس (II)، در محلول افزایش می‌یابد و رنگ محلول سبز زیتونی می‌شود.

از آنجا که دانش‌آموزان با مفهوم ترکیب پیچیده و لیگاند آشنایی ندارند در صورت صلاح‌دید، می‌توان به جای استفاده از نام کامل این ترکیب‌ها، شرکت‌کننده در واکنش را از سمت چپ به ترتیب مس (II) سولفات و مس (II) کلرید نامید و توجه دانش‌آموزان را تنها به تغییر رنگ محلول‌ها جلب کرد.

\* در قسمت (پ) با قرار دادن لوله آزمایش ۴ در بشر حاوی آب داغ، رنگ محلول سبز می‌شود. با قرار دادن لوله آزمایش ۵ در بشر حاوی مخلوط آب و یخ، رنگ محلول آبی می‌شود. این بدان معناست که واکنش گرماگیر است. این واکنش از نظر آنتروپی، انجام‌پذیر است زیرا سمت چپ معادله واکنش، حاوی ۵ گونه و سمت راست آن، حاوی ۷ گونه است. بنابراین آنتروپی سامانه در جهت رفت افزایش می‌یابد. از طرف دیگر از آنجا که لیگاندهای کلرید، پیوندهای کوئوردیناسیونی چندان قوی تشکیل نمی‌دهند بنابراین ترکیب به دست آمده با عدد کوئوردیناسیون ۴، نسبت به ترکیب اولیه که عدد کوئوردیناسیون آن ۶ بود، ناپایدارتر است و واکنش با توجه به آنتالپی آن، گرماگیر است.

### نتیجه‌گیری

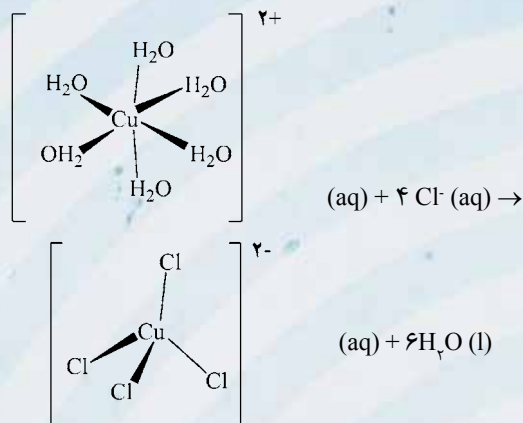
نوآوری محرک اصلی توسعه هر جامعه است. آزمایشگاه مدارس به‌عنوان واحد عملیاتی نظام آموزشی، با پرورش تفکر خلاق و تربیت افرادی کاوشگر نقش مهمی در شکوفایی نوآوری در دانش‌آموزان دارد و با دارا بودن اعضای علمی باتجربه، متعهد و تجهیزات مناسب، بهترین محیط برای پرورش دانش‌آموزان است. در چنین مکانی قدرت اندیشه و مهارت ذهنی بچه‌ها تقویت می‌شود چنان‌که آنان می‌توانند برای دست یافتن به راه‌حل‌های مناسب و واقع‌بینانه به خلق ایده‌های نو بپردازند. بنابراین با انجام آزمایش‌های ساده شبیه به نمونه اشاره شده در این مقاله، از یک سو به دانش‌آموزان فرصت داده می‌شود تا شرکت در فعالیت‌های گروهی را تمرین و مهارت ذهنی خود را تقویت کنند و از سوی دیگر، با توجه به اینکه این آزمایش در ارتباط عرضی با کتاب شیمی پایه یازدهم است، می‌توانند مباحث کتاب درسی را به خوبی یاد بگیرند.

### \* بی‌نوشت‌ها

1. macroscopic 2. microscopic 3. complex 4. hexa aqua copper (II) sulfate 5. ligand exchange

### \* منابع

1. web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/academic-resource-center/pdfs/Equilibrium.pdf
2. en.wikibooks.org/wiki/A\_level\_Chemistry/AQA/Module5/Reaction\_of\_inorganic\_compounds\_in\_aqueous\_solution, edited on 30 July 2017.
3. www.chemguide.co.uk/inorganic/complexions/ligandexch.html
4. www.chemguide.co.uk/inorganic/complexions/names.html
5. www.chemthes.com.



### ب) بررسی تأثیر غلظت بر جابه‌جایی تعادل

- لوله آزمایش ۱ (حاوی محلول آبی فیروزه‌ای) را به عنوان شاهد نگه دارید. این لوله حاوی محلول تعادلی است.
- به لوله آزمایش ۲، حدود ۲ تا ۳ میلی‌لیتر آب بیفزایید. رنگ محلول آبی می‌شود.
- به لوله آزمایش ۳، حدود ۲ تا ۳ میلی‌لیتر محلول سیرشده آب نمک، یا یک قاشقک نمک خوراکی جامد اضافه کنید و آن را هم بزنید. رنگ محلول سبز می‌شود.

### پ) بررسی تأثیر دما بر جابه‌جایی تعادل

- لوله آزمایش ۴ را در بشر حاوی آب داغ قرار دهید. رنگ محلول سبز می‌شود.
- لوله آزمایش ۵ را در مخلوط آب و یخ قرار دهید. رنگ محلول آبی می‌شود.

### تفسیر یافته‌ها

\* رنگ آبی محلول مس (II) سولفات به دلیل تشکیل ترکیب پیچیده<sup>۲</sup> هگزا آکوا مس (II) سولفات<sup>۴</sup>، در محلول آبی است.  
\* در قسمت (آ) از آزمایش، با افزایش نمک خوراکی به محلول، واکنش تعویض لیگاند<sup>۵</sup> انجام می‌شود. در این واکنش یون‌های منفی کلرید، با لیگاندهای آب جایگزین می‌شوند. در این جابه‌جایی عدد کوئوردیناسیون از ۶ به ۴ کاهش می‌یابد زیرا یون‌های کلرید به دلیل اندازه بزرگ‌تر و دارا بودن بار منفی، یکدیگر را دفع می‌کنند و در نتیجه، بیش از ۴ یون کلرید نمی‌توانند اطراف یون مس قرار گیرند. این واکنش یک واکنش تعادلی است و بسته به غلظت یون‌های کلرید، رنگ محلول می‌تواند از آبی فیروزه‌ای تا سبز زیتونی تغییر کند.  
\* در قسمت (ب) این آزمایش، افزایش آب به لوله آزمایش ۲، سبب جایگزینی لیگاندهای آب با کلرید می‌شود بنابراین، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، غلظت یون  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  در محلول تعادلی افزایش می‌یابد و محلول آبی‌رنگ می‌شود. با افزایش محلول سیرشده نمک خوراکی به لوله آزمایش ۳،