

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته شیمی معدنی

عنوان:

**سنتز، شناسایی و مطالعه طیف سنجی و الکتروشیمی**

**کمپلکس‌های مس با لیگاند ۴، ۵- دی آزافلورن-۹- اون**

استاد راهنما:

دکتر نیلوفر اکبر زاده تربتی

استاد مشاور:

دکتر ملک طاهر مقصودلو

تحقیق و نگارش:

نجمه زورونی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

بهمن ۱۳۹۲

## بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان سنتز و شناسایی کمپلکسهای فلزات واسطه مس با مشتقات فنانترون و لیگانند دافون قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد شیمی معدنی توسط دانشجو نجمه زورونی با راهنمایی استاد پایان نامه خانم دکتر اکبرزاده تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

### نجمه زورونی

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:	خانم دکتر اکبرزاده	
استاد راهنما:		
استاد مشاور:	اقای دکتر مقصدلو	
داور ۱:	اقای دکتر رضوانی	
داور ۲:	خانم دکتر سراوانی	
نماینده تحصیلات تکمیلی:	اقای دکتر رحمانی	



## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب نجمه زورونی تعهد می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نجمه زورونی

امضاء

تقدیم بہ

مادر عزیزم بخاطر تمام صوریہائیں، دعائیں، تنہائیہائیں

و

تمام جانجنگان زلزلہ بم

بخصوص پدر عزیزم، برادرانم و خواہرم

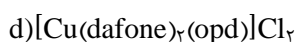
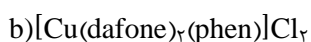
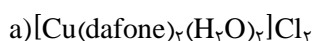
## سپاسگزاری

حمید ایزد سبحان را که قلم را آفرید و به آن سوگند فرمود ، سپاس آفریدگار  
فکرت و به افرو زنده‌ی چراغ دل به نور جان را که آدمی را از تاریکی‌ها به در آورد و  
مشعل حکمت و دانش را خدا رویش نهاد.

به شکرانه بیکران حضرت دوست در به انجام رسانیدن این رساله ، بدین وسیله بر  
خود لازم می دانم ، در نهایت ادب از اساتید عزیزم سرکار خانم دکتر اکبرزاده و  
سرکار خانم سراوانی کمال تشکر و سپاس را داشته باشم.

## چکیده

این پروژه به سنتز و شناسایی کمپلکس‌های عناصر فلزات واسطه‌ی مس با لیگاند مشتق شده از ۱،۱-دیفنانترویلین، ۴، ۵-دی‌آزافلورن-۹-وان می‌پردازد. در این تحقیق چهار کمپلکس تک هسته‌ای (a,b,c,d) سنتز و مورد مطالعات اسپکتروسکوپی و الکتروشیمیایی قرار گرفته‌اند.



ساختار این کمپلکس‌ها توسط تکنیک‌های اسپکتروسکوپی FT-IR، UV-Vis و اسپکتروسکوپی ولتامتری چرخه‌ای (CV) مورد شناسایی و مطالعه قرار گرفته است. نتایج طیف سنجی مادون قرمز نشان می‌دهد که لیگاند فنانترویلین، اورتو فنیل‌دی‌آمین، اتیلن‌دی‌آمین و دافن به صورت دو دندانه از طریق اتم‌های نیتروژن به مرکز فلز متصل شده است. طیف الکترونی کمپلکس‌ها در حلال دی‌متیل فرم‌آمید (DMF) و غلظت‌های  $1 \times 10^{-5}$  و  $1 \times 10^{-6}$  مولار ثبت شد. این طیف‌ها نوارهای جذبی میدان لیگاند (d→d) را در محدوده مرئی و نوارهای جذبی درون لیگاندی ( $n \rightarrow \pi^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$ ) را در محدوده فرابنفش نشان می‌دهد. داده‌های الکتروشیمی کمپلکس‌ها در حلال DMF و در حضور TBAH به عنوان الکترولیت حامل توسط دستگاه ولتامتری چرخه‌ای جمع‌آوری شد. ولتاموگرام این ترکیبات نشان دهنده موج‌های متعلق به اکسایش و کاهش یون‌های فلزی و لیگاند می‌باشد. نتایج بدست آمده از آنالیز عنصری نیز با نتایج تئوری در توافق می‌باشد. در نتیجه شواهد و داده‌های طیفی ساختارهای پیشنهادی را تایید می‌نمایند.

کلمات کلیدی: ۴، ۵-دی‌آزافلورن-۹-وان

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : کلیات

۲	۱-۱ عناصر واسطه .....
۳	۱-۱-۱-۱ خواص فیزیکی عناصر واسطه .....
۳	۱-۱-۱-۲ خواص مغناطیسی فلزات واسطه .....
۳	۱-۱-۱-۳ الکترو نگاتیویته عناصر واسطه .....
۴	۱-۱-۱-۴ رسانایی برق و گرما عناصر واسطه .....
۴	۱-۱-۱-۵ اندازه شعاعهای اتمی و کو والانسی .....
۴	۱-۱-۱-۶ حالت اکسایش و پتانسیل الکترودی .....
۵	۲-۱ شیمی مس .....
۵	۱-۲-۱ خواص فیزیکی - مکانیکی و کاربردهای مهم مس .....
۶	۲-۲-۱ خواص اتمی فیزیکی و شیمیایی مس .....
۷	۱-۲-۱-۳ خواص کاتالیزوری ترکیبهای مس و کاربردهای ویژه آنها .....
۸	۱-۲-۱-۴ حالت اکسایش (I) .....
۹	۱-۲-۱-۵ حالت اکسایش (II) .....
۱۰	۱-۲-۱-۶ حالت اکسایش (III) .....
۱۲	۳-۱ سیستمهای هتروسیکل .....
۱۲	۴-۱ شیمی اتیلن دی آمین (en) .....
۱۳	۵-۱ شیمی اورتو فنیلن دی آمین .....
۱۷	۶-۱ فنانترولین و مشتقات آن .....
۱۸	۱-۶-۱ روشهای کلی سنتز ترکیبهای ۱،۱۰- فنانترولین و مشتقات آنها .....
۱۸	۱-۶-۲ مشتقات الیگو فنانترولینی .....
۱۹	۷-۱ شیمی ۴، ۵- دی آزافلورن-۹-اون (دافو-دافن) .....



- ۸-۱- معرفتی روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FT- IR) ..... ۲۱
- ۸-۱-۱- بررسی طیف زیر قرمز (IR) ..... ۲۲
- ۸-۱-۲- بررسی طیف الکترونی (UV-Vis) ..... ۲۳

### فصل دوم: روش‌های آزمایشگاهی

- ۱-۲- مقدمه ..... ۲۵
- ۱-۱-۱- دستگاہها و مواد شیمیایی مورد استفاده ..... ۲۵
- ۱-۱-۱-۲- دستگاہهای مورد استفاده ..... ۲۵
- ۱-۱-۲- دستگاہ طیفسنجی مادون قرمز (FT-IR) ..... ۲۵
- ۱-۱-۳- دستگاہ اسپکتروسکوپی UV-Visible ..... ۲۵
- ۱-۱-۴- ولتاژمتری چرخهای ..... ۲۶
- ۲-۲- حلالها و مواد شیمیایی مورد استفاده ..... ۲۶
- ۳-۲- سنتز لیگاند ..... ۲۶
- ۱-۳-۲- سنتز دافن ..... ۲۷
- ۴-۲- سنتز کمپلکسها ..... ۲۷
- ۱-۴-۲- سنتز کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(H_2O)_2]Cl_2$  ..... ۲۸
- ۲-۴-۲- سنتز کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(phen)]Cl_2$  ..... ۲۸
- ۳-۴-۲- سنتز کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(en)]Cl_2$  ..... ۳۰
- ۴-۴-۲- سنتز کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(opd)]Cl_2$  ..... ۳۰

### فصل سوم : بحث و نتیجه گیری

- ۱-۳- مقدمه ..... ۳۳
- ۲-۳- بحث و بررسی نتایج مربوط به کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(H_2O)_2]Cl_2$  ..... ۳۳
- ۱-۲-۳- بررسی طیف مادون قرمز مربوط به کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(H_2O)_2]Cl_2$  ..... ۳۳
- ۲-۲-۳- بررسی طیف الکترونی کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(H_2O)_2]Cl_2$  ..... ۳۴
- ۳-۲-۳- بررسی ولتاموگرام چرخهای کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(H_2O)_2]Cl_2$  ..... ۳۵
- ۳-۳- بحث و بررسی نتایج مربوط به کمپلکس  $[Cu(dafone)_2(phen)]Cl_2$  ..... ۳۶

۳۶	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (phen) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس قرمز مادون طیف بررسی
۳۷	.....[Cu(dafone) <sub>۲</sub> (phen) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس طیف الکترونی
۳۸	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (phen) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس ولتاموگرام چرخهای
۳۹	.....[Cu(dafone) <sub>۲</sub> (en) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس به نتایج مربوط
۳۹	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (en) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس قرمز مادون طیف بررسی
۴۰	.....[Cu(dafone) <sub>۲</sub> (en) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس طیف الکترونی
۴۱	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (en) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس ولتاموگرام چرخهای
۴۲	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (opd) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس به نتایج مربوط
۴۲	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (opd) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس قرمز مادون طیف بررسی
۴۳	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (opd) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس طیف الکترونی
۴۴	..... [Cu(dafone) <sub>۲</sub> (opd) ]Cl <sub>۲</sub> کمپلکس ولتاموگرام چرخهای
۴۵	..... نتایج آنالیز عنصری
۴۶	..... نتیجه گیری
۴۷	..... پیشنهادات برای مطالعات آینده :
۴۸	..... مراجع
۵۵	..... پیوست

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۷.....	جدول (۱-۱) خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی مس.....
۱۱.....	جدول (۲-۱) حالت‌های اکسایش، عدد کوئوردیناسیون و ساختار کمپلکس‌های مس.....
۱۳.....	جدول (۳-۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اتیلن‌دی‌آمین.....
۴۵.....	جدول (۱-۳) جدول مربوط به نتایج آنالیز عنصری .....



## فصل اول

# فلزات و شیمی لیگاندها

## ۱-۱ عناصر واسطه

عناصر واسطه دسته‌ای از عناصر هستند که در حالت اتمی یا در یکی از حالت‌های اکسایش معمول خود اوربیتال  $d$  یا  $f$  آن‌ها کامل پر نشده باشد. عناصر واسطه بدلیل آرایش‌های کامل نشده، اکثراً پارامغناطیس‌اند. اکثر آن‌ها بدلیل الکتروپوزیتیو بودن در اسیدهای معدنی حل می‌شوند. بی‌نظمی‌های متعددی نیز در آرایش الکترونی عناصر واسطه به چشم می‌خورد. در لایه ظرفیت عنصرهای گروه‌های ۳ تا ۱۲ بر خلاف عنصرهای گروه‌های اول و دوم جدول تناوبی تعداد الکترون‌ها متغیر است. مکان فلزات واسطه در جدول مندلیف از دوره-۴ تا چهارم به بعد و بین گروه دوم و سوم اصلی است.

۱- عناصری که اوربیتال  $d$  آن‌ها کامل پر نشده باشد (عناصر واسطه‌ی داخلی).

۲- عناصری که اوربیتال  $f$  آن‌ها کامل پر نشده باشد (لانتانیدها و اکتینیدها).

**عناصر واسطه دسته  $d$ :** این عناصر با ترازهای پر نشده  $d$  را بصورت دسته جمعی به گروه عناصر واسطه اصلی یا عناصر گروه  $d$  موسومند، مس، طلا و نقره جزو این عناصرند الکترون‌های متمایزکننده اتم این عنصرها در تراز  $(n-d)$  لایه ظرفیت اتم آن‌ها وارد می‌شود و عموماً (غیراز روی و کادمیم)، در حالت اکسایش صفر و یا دست کم در یکی از حالت‌های اکسایش بالاتراز صفر، یک یا چند اوربیتال تک الکترونی در تراز لایه ظرفیت اتم خود دارند. عنصرهای واسطه دوره چهارم (ردیف ۳ $d$ )، دوره پنجم (ردیف ۴ $d$ )، دوره ششم (ردیف ۵ $d$ ) و دوره هفتم (ردیف ۶ $d$ )، جزو این دسته از فلزات هستند.

**عناصر واسطه دسته  $f$ :** این عناصر که الکترون‌های متمایزکننده اتم آن‌ها، در تراز  $f$   $(n-2)$  لایه ظرفیت که ترازهای نسبتاً درونی‌اند قرار می‌گیرند، به عناصر واسطه داخلی معروف‌اند و جزو عنصرهای گروه III B در جدول تناوبی می‌باشند و دو ردیف متمایز از عنصرهای واسطه را شامل می‌شوند که عبارتند از اکتینیدها و لانتانیدها. در سری لانتانیدها سطح  $4f$  پر می‌شود ولی در بعضی اوقات الکترون‌ها وارد سطح  $5d$  نیز می‌شوند.

دراکتیدها پر شدن سطح  $\delta f$  نظم کمتری دارد بخصوص در شروع این سری که سطح انرژی  $6d$  بسیار نزدیک به انرژی  $\delta f$  است.

عناصر واسطه تمایل زیادی برای تشکیل ترکیبات کوئوردیناسیونی دارند. این به دلیل قابل دسترس بودن حالت‌های اکسایش متعدد، اندازه کوچک و توانایی تشکیل پیوند  $\pi$  علاوه بر  $\sigma$  با لیگاندهاست [۱].

### ۱-۱-۱- خواص فیزیکی عناصر واسطه

به غیر از عناصر واسطه گروه IIB (یعنی روی، کادمیم و جیوه) مابقی فلزات واسطه دمای ذوب و جوش، گرمای نهان تبخیر، چگالی و سختی نسبتاً بالایی دارند. از جمله خواص مکانیکی عناصر واسطه انعطاف پذیری، قابلیت مفتول شدن، خاصیت چکش خواری و صیقل پذیری است. همچنین در مقابل فشار و کشش مقاومت دارند (به جز جیوه که مایع است و روی و کروم که شکننده‌اند). فلزهای گروه IB (مس، نقره و طلا) بسیار نرمند. این فلزها با یکدیگر و برخی نافلزات، آلیاژهای بسیار مهمی تشکیل می‌دهند که خواص و کاربردهای ویژه‌ای در پژوهش، علم و صنعت دارند. از آلیاژ این فلزات در ساخت موتور جت هواپیما استفاده می‌شود [۲].

### ۱-۱-۲ خواص مغناطیسی فلزات واسطه

این فلزات عموماً در حالت آزاد و خنثی و یا دست کم در یکی از حالت‌های اکسایش خود در ترکیب‌ها، دارای اوربیتال‌های تک الکترونی هستند. از این رو، غالباً در حالت گازی یا در بسیاری از ترکیبات کوئوردیناسیون خود، دارای خاصیت پارامغناطیسی می‌باشند. بدیهی است که برخی از آن‌ها فاقد الکترون جفت نشده‌اند، حتی در حالت آزاد (گازی) دارای خاصیت دیا مغناطیسی هستند (مانند روی کادمیم) [۲].

### ۱-۱-۳ الکترون‌نگاتیویته عناصر واسطه

عناصر واسطه به علت کوچک بودن اندازه اتم و زیاد بودن بار موثر هسته، نسبت به عناصر اصلی، هم‌دوره خود دارای الکترون‌نگاتیویته و انرژی یونش بیشتری هستند [۲].

#### ۱-۱-۴ رسانایی برق و گرما عناصر واسطه

فلزات واسطه عموماً جریان برق را به خوبی هدایت می‌کند، قدرت رسانایی عنصرهای گروه IB(Cu,Ag,Au) از فلزهای دیگر بیشتر است(دلیل آن پر بودن اوربیتال‌های تراز d و وجود اوربیتال تک الکترونی S لایه ظرفیت است). رسانایی گرمایی این فلزات به موازات رسانایی الکتریکی آن‌ها افزایش می‌یابد[۲].

#### ۱-۱-۵ اندازه شعاع‌های اتمی و کووالانسی

اندازه و تفاوت بین شعاع‌های عناصر واسطه در مقایسه با عناصر اصلی، کوچک است. اندازه شعاع‌های اتمی و کووالانسی در هر دو ردیف در ابتدا با افزایش عدد اتمی به دلیل افزایش بار موثر هسته کاهش می‌یابد سپس با افزایش تعداد الکترون‌ها و زیاد شدن دافعه بین آن‌ها، در دو عنصر آخر افزایش می‌یابد. در یک گروه از عناصر واسطه ردیف اول به دوم شعاع بزرگ‌تر می‌شود. عناصر ردیف دوم و سوم به دلیل انقباض لانتانیدی تفاوت چشمگیری ندارد[۱].

#### ۱-۱-۶ حالت اکسایش و پتانسیل الکترونی

عناصر واسطه اصلی عموماً اعداد اکسایش متفاوتی دارند. برای تمام ترکیبات عناصر واسطه سری اول و اکثر سری‌های دوم و سوم حالت‌های اکسایش II و III وجود دارد. حالت‌های اکسایش پایین‌تر از II عموماً با لیگاندهای  $\pi$  اسید یا در ترکیبات آلی فلزی یافت می‌شود. به طور مثال  $\text{Cr}(\text{CO})_6$  یک ترکیب آلی فلزی است که در آن اتصال به فلز از طریق اتم کربن انجام می‌شود و گروه کربونیل با کروم (۰) تشکیل کمپلکس می‌دهد. بالاترین عدد اکسایش با تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اتم مطابقت دارد. به‌طور کلی برای عناصر واسطه، حالت‌های اکسایش متداول اغلب در محلول آبی وجود دارد. هر چه عدد اکسایش یون‌های فلزی بالاتر باشد، گونه‌ها بیشتر اسیدی(کمتر بازی) و اکساینده هستند. همچنین پتانسیل الکترونی آن‌ها بیشتر است. به طور مثال  $\text{CrO}_3$  خصلت اسیدی دارد. پایداری نسبی اعداد اکسایش و پتانسیل الکترونی با تشکیل کمپلکس تغییر می‌کند. در هر ردیف بالاترین حالت اکسایش از III شروع و پس از رسیدن به VII(در ردیف اول) و VIII(در ردیف‌های دوم و سوم)، در آخرین عنصر ردیف به II ختم می‌شود. در میان فلزهای عناصر واسطه ردیف اول، به جز مس مقدار  $E^0$  در حالت اکسایش II منفی است[۴].



لیگاندهایی را که دارای دو یا تعداد بیشتری اتم‌های الکترون دهنده‌ای که هر یک از آن اتم‌ها به‌طور هم‌زمان می‌توانند دهنده‌ی یک زوج الکترون برای پیوند به یک یون فلز باشند لیگاندهای چند دندانه می‌نامند. این لیگاندها را لیگاندهای کی لیت ( از زبان یونانی به معنای چنگال ) نیز می‌نامند زیرا به نظر می‌آید که این لیگاندها کاتیون‌های مربوطه را در بین دو یا چند اتم الکترون دهنده محکم نگه می‌دارند [۴-۱].

از آنجا که در این پژوهش از فلز مس استفاده شده لذا مختصری در مورد این فلز و ویژگی‌های آن بحث می‌شود و سپس مروری بر شیمی لیگاندها خواهیم داشت.

## ۲-۱ شیمی مس

مس یکی از عناصر جدول تناوبی است که نشان آن Cu و عدد اتمی آن ۲۹ می‌باشد. مس فلز نسبتاً قرمز رنگی است که از خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار بالایی برخوردار است. (در بین فلزات خالص، تنها خاصیت هدایت الکتریکی نقره در حرارت اتاق از مس بیشتر است) چون قدمت مصنوعات مسی کشف شده به ۸۷۰۰ سال قبل از میلاد برمی‌گردد، احتمالاً این فلز قدیمی‌ترین فلز مورد استفاده انسان می‌باشد. مس علاوه بر اینکه در سنگ‌های معدنی گوناگون وجود دارد، به حالت فلزی نیز یافت می‌شود. (مثلاً مس خالص در بعضی مناطق). این فلز را یونانیان تحت عنوان Chalkos می‌شناختند. چون مقدار بسیار زیادی از این فلز در قبرس استخراج می‌شد رومیان آن را aes Cyprium می‌نامیدند. بعدها این واژه به فرم ساده تر cuprum درآمد و در نهایت در زبان انگلیسی copper شده و به لغت مس تبدیل شد.

## ۱-۲-۱- خواص فیزیکی و مکانیکی و کاربردهای مهم مس

مس فلزی است سرخ رنگ با حجم اتمی نسبتاً کم، چگالی زیاد، بسیار نرم و سختی آن  $۰/۳$  سختی الماس است. به صورت مکعبی انباشته متبلور می‌شود [۱]. رسانایی برقی ویژه آن ۵۷ برابر جیوه ( وجود ناخالصی، رسانایی برقی آن را به شدت کاهش می‌دهد) و رسانایی گرمایی آن ۴۶ برابر آب است. به هر نسبتی با طلا و نقره آلیاژ می‌شود. با فلزهای دیگر نیز آلیاژ می‌دهد ( با قلع آلیاژ مفرغ و با روی، آلیاژ برنج تشکیل می‌دهد) [۱].

۲-۲-۱ خواص اتمی فیزیکی و شیمیایی مس

جدول (۱-۱) خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی مس [۶]

خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی مس	
۲۹	عدد اتمی
۶۳/۵۴	وزن اتمی
$1083^{\circ}C$	نقطه ذوب
$2595^{\circ}C$	نقطه جوش
$1/57 \text{ \AA}$	شعاع اتمی
۱۰۲	ظرفیت
سبز - آبی	رنگ
جامد	حالت استاندارد
۱۱	گروه
$7/726 \text{ KJ/mol}$	انرژی یونیزاسیون
$0/096 \text{ nm (+1)} ; 0/069 \text{ nm (+3)}$	شعاع یونی
$[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$	ساختار الکترونی
۱.۹	الکترونگاتیوی
۸/۹۶	دانسیته
$8/94 \text{ g/cm}^3$	چگالی
۴	دوره تناوبی
۶	ایزوتوپ
$0/128 \text{ nm}$	شعاع واندروالس
$300/3 \text{ KJ/mol}$	گرمای تبخیر

کاربردهای عمده آن عبارتند از:

۱- لوله‌های مسی و سیم‌های مسی

۲- آهنرباهای الکتریکی

۳- موتورها، مخصوص موتورهای الکترو مغناطیسی

۴- ماشین آلات صنعتی

۵- به علت خاصیت هدایت بهتر آن نسبت به آلومینیوم، کاربرد مس در ICها به جای آلومینیوم رو به افزایش است.

۶- CuO، در تهیه شیشه بی رنگ، تهیه لعاب و در تهیه نیم رساناها مصرف دارد.

۷-  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  به عنوان ضد انگل در کشاورزی و در تهیه رنگ‌های معدنی مصرف می‌شود

## هشدارها

با تمامی ترکیبات مس باید بطوری رفتار شود گویی سمی هستند. این فلز در حالت پودری خطر آتش‌زای دارد. ۳۰ گرم مس سولفات برای انسان کشنده است. مقدار خطر مس در آب آشامیدنی برای انسان بر حسب منبع آن بین ۱/۵ تا ۲ میلی گرم در هر لیتر می‌باشد [۵].

## ایزوتوپ‌های مس

عنصر مس دارای دو ایزوتوپ پایدار  $^{63}\text{Cu}$ ،  $^{65}\text{Cu}$  و ۲۷ ایزوتوپ ناپایدار است. در میان این ایزوتوپ‌ها پرتوزا  $^{67}\text{Cu}$  با نیمه عمر ۶۳/۸۳ ساعت پایدارترین و  $^{64}\text{Cu}$  با نیمه عمر ۷۵ نانو ثانیه ناپایدارترین آن‌ها است [۷]

## ۱-۲-۳ خواص کاتالیزوری ترکیب‌های مس و کاربردهای ویژه آنها

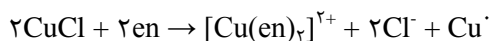
ترکیب‌های مس کاتالیزورهای خوبی برای واکنش‌های همگن و ناهمگن، در فاز بخار، در حلال‌های آلی و در آب می‌باشند. بسیاری از واکنش‌ها به ویژه در محیط آب، به تبدیل اکسایش-کاهش  $\text{Cu}^{+2} \rightarrow \text{Cu}^{+1}$  مربوط است که گاهی اکسیژن نیز در آن دخالت دارد. افزون بر آن، ترکیب‌های مس اهمیت زیست شناختی مهمی دارند [۸،۹].

#### ۴-۲-۱ حالت اکسایش (I)

مس در این حالت اکسایش آرایش  $d^9$  دارد و بنابراین ترکیبات دیامغناطیس می‌دهد که در صورت نبودن انتقال بار بی رنگ می‌باشد. پایداری این حالت اکسایش در محلول آبی بستگی به نوع آنیون دارد و بین دو حالت اکسایش I و II تعادل زیر وجود دارد:



با توجه به  $E^0$  واکنش فوق، یون  $Cu^+$  در آب پایدار نیست و دستخوش تسهیم نامتناسب می‌شود. اما، در حلال‌های غیر آبی، مثل استونیتریل به علت حلال‌پوشی شدن موثر در مقایسه با مس (II) پایدارتر است و در آب نیز وجود آنیون‌هایی که قابلیت تشکیل پیوند کووالانسی با  $Cu^+$ ، و در نتیجه ترکیبات نامحلول دارند، مثل  $I^-$ ،  $CN^-$  و  $Me_2S$ ، تعادل فوق را به طرف ایجاد  $Cu^+$  پیش می‌برند. برعکس، حضور آنیون‌هایی که نمی‌توانند پیوند کووالانسی تشکیل دهند یا با افزایش یک لیگاند کمپلکس دهند، مثل اتیلن‌دی‌آمین و غیره سبب انتقال تعادل به طرف تشکیل  $Cu^{2+}$  می‌گردد.



علت این انتقال، پایدارتر بودن کمپلکس‌های  $Cu^{2+}$  با آرایش  $d^9$  نسبت به  $Cu^+$  با آرایش  $d^1$  است. ثابت تعادل واکنش فوق به نوع لیگاند بستگی دارد. برای مثال، برای اتیلن دی‌آمین و آمونیاک به ترتیب  $10^5$  و  $10^{-5}$  است. برای حالت اکسایش I ترکیبات دوتایی مثل اکسید، کلرید، سیانید، سولفید و غیره وجود دارند و تعدادی کمپلکس نظیر  $Cu(CN)_2^-$ ،  $CuLX_2$ ،  $CuXL_3$ ،  $CuL_4^+$ ،  $CuL_3^+$  ( $L=$  یک لیگاند خنثی) وجود دارند. همچنین کمپلکس‌هایی از مس یک ظرفیتی [1]، با لیگاند تری‌آزین و تری‌فنیل فسفین شناخته شده است. علاوه بر ترکیبات بالا کمپلکس‌های دو هسته‌ای نظیر  $Cu_2X_2L_4$  برای مس وجود دارد و در حالت اکسایش I این فلز دارای ترکیبات آلی فلزی متعددی است که در سیستم‌های بیولوژیکی فقط مس (I) می‌تواند با اتیلن واکنش دهد، یکی از کمپلکس‌های آن با اتیلن به عنوان هورمون در گیاهان عمل می‌کند.