بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد شیمی (گرایش معدنی)

تهیه و خواص طیفی و مغناطیسی کمپلکس های یون مس دو ظرفیتی با لیگاند آروماتیکی مشتقات آروماتیکی ازت دار

استاد راهنما :

دکتر سعید امانی

پژوهشگر :

فرشته السادات نوریان

تابستان ۹۲

بسم ا... الرحمن الرحیم

تهیه و خواص طیفی و مغناطیسی کمپلکس های یون مس دو ظرفیتی با لیگاند آروماتیکی مشتقات آروماتیکی ازت دار

توسط:

فرشته السادات نوریان

پایان نامه ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی (گرایش معدنی)

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی.....

آقای دکتر سعید امانی (استاد راهنما و رئیس کمیته).....

خانم دکتر مژگان زنده دل (مدعو داخلی).....دانشیار

آقای دکتر بابایی (مدعو خارجی) ..... دانشیار

تابستان ۱۳۹۲

هو المحبوب

ستایش خداوندی را سزاست که از اسرار نهان ها آگاه است ، و نشانه های آشکاری در سراسر هستی بر وجود او شهادت می دهند، هرگز برابر چشم بینندگان ظاهر نمی گردد.

نه چشم کسی که او را ندیده می تواند انکارش کند و نه قلبی که او را شناخت می تواند

مشاهده اش نماید.

در والایی و برتری از همه پیشی گرفته...

عقل ها را بر حقیقت ذات خود آگاه نساخته ، اما از معرفت و شناسایی خود باز نداشته است.

بار الها

از کوی تو بیرون نشود پای خیالم

نکند فرق به حالم ، چه برانی چه به اوجم برسانی ، چه به خاکم بکشانی

نه من آنم که برنجم ، نه تو آنی که برانی

نه من أنم که ز فیض نگهت چشم بپوشم ...

نه تو آنی که گدا را ننوازی به نگاهی ...

در اگر باز نگردد نروم باز به جایی ، پشت به دیوار نشینم چو گدا بر سر راهی ...

کس به غیر از تو نخواهم ، چه بخواهی چه نخواهی ...

تقدیم به مقدسترین واژه ها در لغت نامه دلم ، مهربان فرشتگانم:

پدر و مادرم...

آنان که از خواسته هایشان گذشتند

سختی ها را به جان خریدند

و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند

تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم

همسرم...

که نشانه لطف الهی در زندگی من است

برادرم

به پاس دلگرمی اش

و به عزیزانی که دوستشان می دارم

راضیه، حسام، مریم، زهرا ...

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را در گزاردن نتوانند. سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم... آنان که وجودمان وامدار وجودشان است و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّو جلّ".

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای پروفسور سعید امانی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این زمینه بر من دریغ ننمودند و زحمت های این رساله را برعهده گرفتند، و از استاد دلسوزم خانم دکتر مژگان زنده دل و استاد گرامی جناب آقای دکتر بابایی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

در این پایان نامه، ابتدا به شرح روش تهیه و بررسی خواص طیفی و مغناطیسی پنج کمپلکس مس(II) با استفاده از نمک های دو ظرفیتی مس از جمله نیترات مس(II) سه آبه، سولفات مس(II) پنج آبه، کلراید مس(II) دوآبه، استات مس(II) یک آبه، برمید مس(II)، در حلال های متانول و دی اتیل اتر با فرمول بسته $[Cu(L)_2(H_2O)_1](NO_3)_2$ ، $[Cu(L)_2(H_2O)_2]SO_4$، $[Cu(L')_2(H_2O)_2]$، $[Cu(L')_2(H_2O)_3]$، $[Cu(L')_2(H_2O)_2]$ پرداخته شده است که در آن از لیگاند (z) -۲- [(۳- متیل پیریدین -۲- ایل ایمینو) متیل] فنول سنتز شده در دانشگاه اراک توسط گروه پیشین، استفاده شده است.

در ادامه پایان نامه، کمپلکس های مورد نظر با روش های اسپکتروسکوپی FT-IR، UV-Vis و AAS مورد بررسی قرار گرفتند. هم چنین آنالیز عنصری و تعیین ممان مغناطیسی برای کمپلکس ها صورت پذیرفت. ساختارهایی برای کمپلکس ها باتوجه به نتایج بدست آمده برای آنالیز عنصری و جذب اتمی پیشنهاد شد.

در طیف FT-IR ارتعاشات مهم مربوط به Cu-O و Cu-N به ترتیب در محدوده های cm^{-1} ۵۵۰-۴۰۰ و cm^{-1} ۶۵۰-۵۵۰ در کمپلکس ها مشاهده می شود.

در طیف UV-Vis کمپلکس های سنتز شده جذب های d-d و $\pi \rightarrow \pi^*$ و $n \rightarrow \pi^*$ مربوط به لیگاند مشاهده می شود.

ممان مغناطیسی مربوط به کمپلکس ها نیز تک هسته ای بودن آنها را تایید می کند.

عنوان .....صفحه

چکیده.....I

فهرست.....II

فصل اول : مقدمه و تئوری

۱-۱- عنصر مس ۳

۱-۱-۱- تاریخچه ۳

۱-۱-۲- ویژگی ها ۴

۱-۱-۳- کانی های مس ۶

۱-۱-۴- کاربردهای مس ۶

۱-۱-۵- حالات اکسیداسیون ۷

۱-۱-۵-۱- حالت مس(I) ۷

۱-۱-۵-۲- حالت مس(II) ۸

۱-۱-۵-۳- حالت های مس(III) و (IV) ۹

۱-۲- نقش بیولوژیکی مس ۱۰

۱-۲-۱- متابولیسم مس ۱۱

۱-۲-۲- کمبود مس ۱۲

۱-۲-۳- مازاد مس ۱۳

۱-۲-۴- سرطان ۱۴

۱-۳- مس در خاک ۱۴

۱-۴- جذب مس در گیاهان ۱۵

۱-۵- فعالیت ضد باکتری مس ۱۵

۱-۶- تاریخچه و کاربردهای بازشیف ها ۱۶

۱-۶-۱- روش سنتز بازشیف ها ۱۸

۱-۶-۲- انواع لیگاندهای بازشیف ۱۹

۱-۶-۲-۱- لیگاندهای بازشیف دودندانه ۱۹
۱-۶-۲-۲- لیگاندهای بازشیف سه دندانه ۱۹
۱-۶-۲-۳- لیگاندهای بازشیف چهار دندانه ۲۰
۱-۶-۲-۴- لیگاندهای باز شیف چند دندانه و بزرگ حلقه ۲۱
۱-۷- خواص مغناطیسی ۲۱
۱-۸- مغناطیس پذیری ۲۲
۱-۹- مواد از نظر خواص مغناطیسی ۲۳
۱-۹-۱- دیامغناطیس ۲۴
۱-۹-۲- پارامغناطیس ۲۵
۱-۹-۳- فرومغناطیس ۲۶
۱-۹-۴- آنتی فرومغناطیس ۲۸
۱-۹-۵- فری مغناطیس ۲۹
۱-۱۰- تاثیرپذیری مغناطیسی و محاسبه آن ۳۰
۱-۱۱- روش گوی ۳۶
۱-۱۲- خواص مغناطیسی کمپلکس های مس(II)..... ۴۰
۱-۱۳- اندازه گیری میزان مس موجود در نمونه ها ۴۴
۱-۱۴- طیف مادون قرمز ۴۶
۱-۱۴-۱- دستگاه طیف سنج مادون قرمز ۴۷
۱-۱۴-۲- تهیه نمونه برای طیف سنج مادون قرمز ۴۸
۱-۱۵- طیف الکترونی نمونه ها ۴۹
۱-۱۵-۱- تئوری میدان بلور ۴۹
۱-۱۵-۲- شکافتن اوربیتال های d در میدان بلور ۵۰
مراجع ۵۶

فصل دوم : بخش تجربی

۲-۱- مقدمه ۶۵

۲-۱-۱-دستگاه ها و مواد مورد نیاز ۶۵
۲-۱-۱-۱- دستگاه ها ۶۵
۲-۱-۲-۲- مواد شیمیایی ۶۵
۲-۲- طرز کار و ساخت کمپلکس ها ۶۶
۲-۲-۱- کمپلکس شماره ۱ .....۶۶
۲-۲-۲- کمپلکس شماره ۲ ..... ۶۷
۲-۲-۳- کمپلکس شماره ۳ ..... ۶۷
۲-۲-۴- کمپلکس شماره ۴ ..... ۶۸
۲-۲-۵- کمپلکس شماره ۵ ..... ۶۸
۲-۳- شناسایی کمپلکس ها ۶۸
۲-۳-۱- اندازه گیری میزان مس موجود در نمونه ها ۶۹
۲-۳-۱-۱- روش کار ۶۹
۲-۳-۲- محاسبات C.H.N نمونه ها ۷۲
۲-۳-۳- طیف مادون قرمز کمپلکس ها..... ۷۳
۲-۳-۴- طیف الکترونی کمپلکس ها ۷۳
۲-۳-۵- بدست آوردن ممان مغناطیسی کمپلکس ها ۷۳

فصل سوم : بحث و نتیجه گیری

۳-۱- بخش اول ۷۷
۳-۱-۱- نتایج تجزیه عنصری(C.H.N) و جذب اتمی ۷۷
۳-۲- بخش دوم ۷۸
۳-۲-۱- بررسی طیف های FT-IR لیگاند و کمپلکس ها ۷۸
۳-۲-۱-۱- بررسی طیف FT-IR لیگاند (L)..... ۷۹
۳-۲-۱-۲- بررسی طیف FT-IR کمپلکس شماره ۱ ..... ۷۹
۳-۲-۱-۳- بررسی طیف FT-IR کمپلکس شماره ۲ ..... ۷۹
۳-۲-۱-۴- بررسی طیف FT-IR کمپلکس شماره ۳ ..... ۸۰

۳-۲-۱-۵- بررسی طیف FT-IR کمپلکس شماره ۴ ..... ۸۱
۳-۲-۱-۶- بررسی طیف FT-IR کمپلکس شماره ۵ ..... ۸۱
۳-۳- بخش سوم ۸۲
۳-۳-۱- بررسی طیف الکترونی لیگاند و کمپلکس ها ۸۲
۳-۳-۱-۱- بررسی طیف الکترونی لیگاند (L) ۸۲
۳-۳-۱-۲- بررسی طیف الکترونی کمپلکس شماره ۱ ..... ۸۲
۳-۳-۱-۳- بررسی طیف الکترونی کمپلکس شماره ۲ ..... ۸۳
۳-۳-۱-۴- بررسی طیف الکترونی کمپلکس شماره ۳ ..... ۸۳
۳-۳-۱-۵- بررسی طیف الکترونی کمپلکس شماره ۴ ..... ۸۳
۳-۳-۱-۶- بررسی طیف الکترونی کمپلکس شماره ۵ ..... ۸۴
۳-۴- بخش چهارم ۸۴
۳-۴- ۱- بررسی خواص مغناطیسی کمپلکس ها ۸۴
مراجع ۸۶
ضمیمه طیف ها ۸۷

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) : مکانیسم تراکم ترکیبات کربونیل با آمین ها ۱۹
شکل (۱-۲) : دو نمونه از بازهای شیف دودندانه ۱۹
شکل (۱-۳) : دو نمونه از بازهای شیف سه دندانه ۲۰
شکل (۱-۴) : دو نمونه از بازهای شیف چهار دندانه ۲۰
شکل (۱-۵) : دو نمونه از بازهای شیف چند دندانه و بزرگ حلقه ها ۲۱
شکل (۱-۶) : نمایش خطوط نیروی مغناطیسی در خلأ، در حضور یک جسم پارامغناطیس و دیامغناطیس ۲۴
شکل (۱-۷) : نمایش حوزه های مغناطیسی در مواد فرومغناطیس ۲۷
شکل (۱-۸) : تأثیر میدان مغناطیسی اعمال شده بر جهت یابی حوزه های الکترونی یک ماده فرومغناطیس ۲۷
شکل (۱-۹) : نمایش حوزه های مغناطیسی در مواد انتی فرومفناطیس..... ۲۹

شکل (۱-۱۰) : تأثیر میدان مغناطیسی بر جهت یابی حوزه های الکترونی یک ماده آنتی فرومغناطیس و تبدیل آن به حالت پارامغناطیس معمولی ۲۹
شکل (۱-۱۱) : نمایش چگونگی سمت گیری دوقطبی های مغناطیسی اولیه توسط جفت شدگی تبادلی در فرومغناطیس و انتی فرومغناطیس و فری مغناطیس ۳۰
شکل (۱-۱۲) : وابستگی تأثیرپذیری مغناطیسی با درجه حرارت برای فرو مغناطیس، پارامغناطیس و آنتی فرومغناطیس ۳۳
شکل (۱-۱۳) : نمای ترازوی گوی با نمونه واقع در میدان مغناطیسی ۳۸
شکل (۱-۱۴) : نمایش ساختمان اوربیتال مولکولی در دیمر مس(II) ۴۲
شکل (۱-۱۵) : مسیر برهم کنش میان دو یون مس(II) ۴۳
شکل (۱-۱۶) : بر هم کنش میان دو یون مس در یک دیمر در دو مسیر a و b ۴۳
شکل (۱-۱۷) : ترازهای انرژی الکترونی و انتقالی ۵۱
شکل (۲-۱) : نمودار کالیبراسیون استاندارد استات مس(II)..... ۷۰

فهرست جداول

جدول (۲-۱) : تهیه محلول های استاندارد (ppm ۴-۱) ۷۰
جدول (۲-۲) : جذب محلول های استاندارد (ppm ۴-۱) ۷۰
جدول (۳-۱) : درصد تئوری و تجربی بدست آمده از تجزیه عنصری و جذب اتمی ۷۷
جدول (۳-۲) : جرم مولکولی کمپلکس ها ۷۸
جدول (۳-۴) : اندازه گیری ممان مغناطیسی ۸۵

فهرست شکل های ضمیمه

شکل (۳-۱) : طیف FT-IR لیگاند (L)..... ۸۹
شکل (۳-۲) طیف گسترده FT-IR لیگاند (L) ۹۰
شکل (۳-۳) : طیف FT-IR کمپلکس شماره ۱ ..... ۹۱
شکل (۳-۴) : طیف گسترده FT-IR کمپلکس شماره ۱ ..... ۹۲
شکل (۳-۵) : طیف FT-IR کمپلکس شماره ۲ ..... ۹۳
شکل (۳-۶) : طیف گسترده FT-IR کمپلکس شماره ۲ ..... ۹۴
شکل (۳-۷) : طیف FT-IR کمپلکس شماره ۳ ..... ۹۵

شکل (۳-۸) : طیف گسترده FT-IR کمپلکس شماره ۳ ..... ۹۶
شکل (۳-۹) : طیف FT-IR کمپلکس شماره ۴ ..... ۹۷
شکل (۳-۱۰) : طیف گسترده FT-IR کمپلکس شماره ۴ ..... ۹۸
شکل (۳-۱۱) : طیف FT-IR کمپلکس شماره ۵ ..... ۹۹
شکل (۳-۱۲) : طیف گسترده FT-IR کمپلکس شماره ۵..... ۱۰۰
شکل (۳-۱۳) : طیف UV لیگاند (L) ۱۰۱
شکل (۳-۱۴) : طیف UV-Vis کمپلکس شماره ۱ ..... ۱۰۲
شکل (۳-۱۵) : طیف UV-Vis کمپلکس شماره ۲ ..... ۱۰۳
شکل (۳-۱۶) : طیف UV-Vis کمپلکس شماره ۳ ..... ۱۰۴
شکل (۳-۱۷) : طیف UV-Vis کمپلکس شماره ۴ ..... ۱۰۵
شکل (۳-۱۸) : طیف UV-Vis کمپلکس شماره ۵ ..... ۱۰۶

فصل اول

مقدمه و تئوری

۱-۱ - عنصر مس :

۱-۱-۱- تاریخچه :

شواهد باستانی نشان می دهد که مس یکی از نخستین فلزاتی است که مورد استفاده بشر بوده و حداقل از ۱۰۰۰۰ سال پیش برای مواردی چون سکه و زیورآلات در آسیای غربی مورد استفاده قرار گرفته می شده است[۱].

نشانه هایی مبنی بر ذوب و خالص کردن مس از اکسیدهای آن مانند مالاکیت[۱] و آزوریت[۲] تا سال ۵۰۰۰ قبل از میلاد وجود دارد. مصنوعات مسی و برنزی که از شهرهای سومری و مصنوعات مصری که از مس و آلیاژ آن با قلع یافت شده، تقریباً متعلق به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد هستند. بعضی از دانشمندان و باستان شناسان بر این عقیده هستند که اولین بار مس در ایران به کار رفته است. در ایران نقطه ای که تاکنون قدیمی ترین اطلاعات در مورد ذوب مس بدست آمده، سیلک کاشان است. قدیمی ترین معدن مس ایران، معدن مس طالمسی در نزدیکی انارک است و خیلی احتمال می رود که اهالی سیلک کاشان مس خود را از این معدن تأمین نموده اند[۲].

مصریان دریافتند افزودن مقدار کمی قلع، قالب گیری مس را آسان می کند. بنابراین آلیاژهای برنزی که در مصر کشف می شود، تقریبا قدمتی همانند مس دارند، استفاده از مس در چین باستان حداقل به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد بوده است. اکتشافات، نو آوری ها و اختراعات مربوط به برق و مغناطیس در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم توسط دانشمندان مانند آمپر، فارادی و اهم و محصولات ساخته شده از مس به راه اندازی انقلاب صنعتی و سوق دادن مس به یک دوره جدید کمک کرده است. امروزه مس هم چنان برای خدمت به نیازهای جامعه است، اگرچه مس در

1- Malachite

2- Azurite

استفاده از حداقل ۱۰۰۰۰ سال پیش بوده است. برنامه های کاربردی نوآورانه برای مس هنوز هم در حال توسعه تراشه مس توسط نیمه هادی صنعت مشهود است[۱].

۱-۱-۲- ویژگی ها :

مس عنصر شیمیایی با نماد Cu (از اسم لاتین cuprum) با عدد اتمی ۲۹ است. مس و نقره و طلا در گروه (XI) جدول تناوبی هستند و آنها در ویژگی های معینی مشترک هستند، آنها یک الکترون اوربیتال s در بالاترین لایه پرشده، الکترون d دارند و به وسیله رسانایی الکتریکی و خاصیت لوله شدن بالا، مشخص می شوند. لایه های d پرشده آنها در این عناصر موجب بر هم کنش های بین اتمی نمی شود و آنها به وسیله الکترونهای s به کمک باندهای فلزی چیره شده اند[۱].

بر خلاف فلزات با لایه های d نیمه پر نرمی بالا، باندهای فلزی در مس فاقد یک ویژگی کووالانسی و نسبتا ضعیف هستند. این سختی کم و نرمی بالای کریستال های منفرد مس را توضیح می دهد[۳].

در مقیاس ماکروسکوپی، معرف نقص های گسترده شبکه کریستالی، مانند مرز دانه ها، مانع از جریان مواد تحت تنش به کاربرده شده می شود که سختی را افزایش می دهد. به خاطر همین، مس معمولا در شکل پلی کریستالی با دانه بندی ریز مطالعه می شود که استحکام بیشتری از شکل های تک کریستاله دارد. سختی کم مس تا حدودی هدایت الکتریکی بالا ($۵۹/۶\times۱۰^{۶}$ s/m) و هم چنین هدایت گرمایی بالا را تفسیر می کند[۴].

مس خالص قرمز- نارنجی است و هنگامی که در معرض هوا قرار داده می شود، رنگ قرمز تیره به دست می آورد. رنگ مس خالص از انتقالات الکترونی بین لایه پر 3d و لایه های اتمی 4s خالی - نیمه پر نتیجه می شود. اختلاف انرژی بین این لایه ها طوری است که با نور نارنجی مطابقت می کند. همان مکانیسم برای رنگ زرد طلا توضیح داده می شود[۳].

مس یک عنصر فلزی چکش خوار، انعطاف پذیر است که هادی بسیار عالی گرما و برق، هم چنین مقاوم در برابر خوردگی و ضد میکروب است. مس به طور طبیعی در پوسته زمین به شکل های مختلف است. مس می تواند در کانسارهای سولفیدی (مانند کالکوپیریت[۱]، بورنیت[۲]، کلکوسیت[۳]، کولیت[۴])، در کانسارهای کربناتی (مانند آزوریت و مالاکیت)، در کانسارهای سیلیکاتی (chrysycolla و dioptase) به عنوان مس خالص بومی یافت شود[۱]. این فلز را می توان به وسیله برشته کردن کانی مس و ذوب فلز استخراج کرد یا به وسیله شستشو دادن کانی مس، مس را از محلول های سولفات از راه الکترولیز رسوب داد[۵]. مس در یک تنوع وسیعی از ترکیبات با حالات اکسیداسیون ۱+ و۲+ شکل می گیرد که اغلب کوپروس (cuprus) و کوپریک (cupric) به ترتیب نامیده می شوند. مس با آب واکنش نمی دهد. اما به آرامی با اکسیژن اتمسفر تشکیل یک لایه قهوه ای – سیاه اکسید مس می دهد. در مقایسه با اکسید آهن به وسیله رطوبت هوا، این لایه اکسیدی، خوردگی جسم را بیشتر متوقف می کند. یک لایه سبز رنگ استات مس (کربنات مس) می تواند اغلب روی تراکم های مس قدیمی دیده می شود، مانند مجسمه آزادی که بزرگترین مجسمه مسی در جهان است[۶].

1- Chalcopyrite

2- Bornite

3- Chalcosit

4- Colitis

۱-۱-۳- کانی های مس :

از مهم ترین کانی های مس می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- آزوریت[1] : با فرمول شیمیایی $Cu(OH)_2{,}2CuCO_3$ کانی نرم مس است.

۲- انارژیت[2] : با فرمول شیمیایی $CuAsS_4$ از مجموعه کانی هاست.

۳- فیروزه : فرمول این کانی $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8.4H_2O$ است.

٤- تنانتیت[3] : دارای فرمول شیمیایی $Cu_{12}As_4S_{13}$ است.

٥- کالکوپیریت[4] : با فرمول شیمیایی $CuFeS_2$ و یا $Fe_2S_3.Cu_2S$ است.

٦- مالاکیت[5] یا مالاخیت: با فرمول شیمیایی $CuCO_3$ و $Cu(OH)_2$ است.

۷- کوپریت[6] : فرمول آن Cu_2O است[۷و۸].

۱-۱-۴- کاربردهای مس :

از مس به عنوان یک فلز بیشتر در سیم های الکتریکی (۶۰٪)، بام و ساختمان سازی(۲۰٪)، ماشین آلات صنعتی(۱۰٪)، استفاده می شود. اما هنگامی که سختی بالاتر نیاز باشد، نیاز است تا با دیگر عناصر برای ساختن یک آلیاژ مانند برنج یا برنز ترکیب شود[۹].

در اینجا موارد مختصری از کاربردهای مس ذکر می شود:

1- Azurite
2- Enargite
3- Tennantite
4- Chalcopyrite
5- Malachite
6- Cuprite

الکترونیک و دستگاه های مربوطه، موتورهای الکتریکی و برق، الکترونیک و سایر ارتباطات، ساخت و احداث، ترابری و حمل و نقل، ماشین آلات و تجهیزات صنعتی.

۱-۱-۵- حالات اکسیداسیون :

مس نخستین عنصر گروه IB جدول تناوبی است و از خود ۴ حالت اکسیداسیون را بروز می دهد: Cu(0)، Cu(I)، Cu(II)، Cu(III)، به ندرت Cu(IV) .

۱-۱-۵-۱- حالت مس(I) :

ترکیبات یک ظرفیتی مس را ترکیبات کوئیورو یا کوپروس می نامند. یون مس(I) دارای آرایش d^{10} است. بنابراین ترکیبات آن دیا مغناطیس هستند و در صورت عدم وجود انتقال بار یا انتقالات درون لیگاندی، بی رنگ می باشند. در محلول های آبی، پایداری این حالت اکسایش به نوع آنیون موجود بستگی دارد. پایداری یون های مس(I) و مس (II) از پتانسیل های کاهش استاندارد معلوم می شود:

$Cu^{+} + e \leftrightarrow Cu$ $\quad E° = 0/52\ v$

$Cu^{2+} + e \leftrightarrow Cu^{+}$ $\quad E° = 0/153\ v$

$Cu + Cu^{2+} \leftrightarrow 2Cu^{+}$ $\quad E° = -0/37\ v$ $\quad K = \frac{[Cu^{2+}]}{[Cu^{+}]^2} = 10^6$

پایداری این حالت ها اکسایش بستگی زیادی به ماهیت آنیون یا سایر لیگاندها، حلال ها یا ماهیت اتم های مجاور در یک بلور دارد.