به نام هستی بخش یکتا

۱۰۲۳۲

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده علوم-بخش شیمی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد شیمی معدنی

ارزیابی کلینیکی ترکیبی دزفری اکسامین و دفریپرون در دفع فلزات سمی بیسموت و وانادیم از بدن موجودات زنده

استاد راهنما :
دکتر سید جمیل الدین فاطمی

استاد مشاور :
دکتر محمد میرزایی

نگارش :
سلماز طوبی فرد

۱۳۸۷/۲/۱۷

خرداد ماه ۱۳۸۶

۱۰۲۳۲۷

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

بخش شیمی

دانشکده علوم

دانشگاه شهید با هنر کرمان

تسلیم شده است وهیچ گونه مدرکي به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمي شود.

دانشجو : سولماز طوبی فرد

استاد راهنما: دکتر سید جمیل الدین فاطمی

استاد مشاور پروژه : دکتر محمد میرزایی

داور۱ : دکتر ایران شیخ شعاعی

داور۲ : دکتر مهرجی خسروان

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکترمحمد رضا اسلامی

حق چاپ محفوظ و متعلق به مولف است

تقدیم به

مادر مهربانم که هر چه دارم از اوست

سپاس و تشکر

با سپاس از خداوند یکتا که به من سعادت کسب علم را عطا فرمود در اینجا لازم می دانم که نهایت قدردانی را نسبت به استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سید جمیل الدین فاطمی که صبورانه راهنمایم بوده اند ابراز نموده همچنین از جناب آقای دکتر محمد میرزایی استاد مشاور و جناب آقای دکتر مهرجی خسروان و خانم دکتر ایران شیخ شعاعی که زحمت داوری و تصحیح این پایان نامه را متحمل شدند تشکر نمایم.

از راهنمایی های بی دریغ جناب آقای مهندس مسعود ترکزاده، دکتر امیری و خانم موسوی بسیار سپاسگذارم از دوستان بسیار خوبم خانم ها آوید حسن پور، خدیجه سالاری، زهرا زارع، سمیرا سالاری، لیلا رستم پور و دوستان مهربانم در مشهد که در وقت دلتنگی همواره به یادم بودند و هیچگاه مرا تنها نگذاشتند متشکرم.

همچنین از زحمات آقای آرمان مرادی که تا انتها کمک های بی شائبه خود را دریغ نکردند کمال تشکر را دارم. برای کارکنان بخش شیمی دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی آرزوی توفیق و سلامتی دارم.

چکیده

گرچه نمکهای بیسموت در آب به میزان کمی حل می شوند، اما بعد از جذب نمکهای معدنی، بیسموت به صورت محلول در می آید.غلظت نرمال بیسموت در خون بین ۱۵-۱میکرو گرم در لیتر است. اما از طریق مصرف خوراکی، افزایش قابل ملاحظه ای در غلظت آن ایجاد می کند.بیشترین غلظت یافت شده در کلیه می باشد.بیسموت و نمکهای آن موجب تخریب بافت کلیه ها می گردند. اثرات سمی بیسموت به صورت احساس خستگی در بدن، وجود آلبومین و دیگر پروتئین ها در ادرار، اسهال، واکنشهای پوستی، اختلال در تنفس، کاهش وزن، پدیدار شدن خطوط سیاه بر روی لثه ها، کم خونی و اثرات مخرب بر روی کبد ظاهر می گردد. این علائم همراه با کاهش میزان آهن و افزایش بیسموت در خون ،کبد و کلیه همراه است.

غلظت وانادیم در بدن انسان کمتر از ۱ میکرو گرم در لیتر است. مصرف ترکیبات وانادیم به هر شکلی و از هر طریقی بسیار سمی می باشند.تحقیقات نشان داده است که مصرف ترکیبات وانادیم از طریق خوراکی بسیار سمی می باشد. اثرات این مسمومیت با تاثیر بر متابولیسم پروتئین ها، کاهش غلظت آلبومین سرم، افزایش گلوبولین سرم و تغییر در غلظت آمینو اسید پلاسما همراه است.تغییرات متعددی در فعالیت آنزیمها در خون مشاهده شده است.به خصوص وانادیم مانع ار عملکردآنزیم مونوآمینو اکسیداز شده و سطح سروتونین بافتها را تغییر می دهد. تاثیرات متابولیکی دیگر شامل کاهش سنتز سیستئین ، کوآنزیم آ و کاهش مقدار ATP می باشد. یون وانادات باعث افزایش ادرار و کاهش سدیم در بدن موشها می گردد.

برای درک بهتر اثرات بیسموت و وانادیم،یک سری آز مایشات از قبل طراحی شده بر روی توزیع این فلزات در بافتهای مختلف بدن موشهای آزمایشگاهی صورت گرفت.

کیلیت درمانی روشی است که، جهت خروج عناصر سمی از یک کیلیتور به صورت تزریقی و یا خوراکی استفاده می شود.

به منظور بررسی توانایی دو کیلیتور دزفری اکسامین و دفریپرون جهت دفع فلزات بیسموت و وانادیم از بدن، آزمایشهای متعددی بر روی موشهای آزمایشگاهی به عنوان مدل بیولوژیکی انجام گرفت. این دو فلز از طریق روشهای مختلف وارد بدن موشهای آزمایشگاهی گردید. هدف از این آزمایشات، بررسی توانایی دو کیلیتور یاد شده به صورت مجزا و ترکیبی بود.

بعد از ورود فلزات مورد نظر به مدت ۵۵ روز ، علائم مسمومیت شامل کاهش وزن، وجود تیرگی در کبد و لثه های موش های تحت رژیم و ناراحتی های پوستی ظاهر گردید.کیلیت درمانی به مدت یک هفته به صورت تزریقی و خوراکی انجام شد.سپس حیوانات کشته شدند و نمونه های خون ،کلیه، کبد و قلب جدا گردید.سرم خون نمونه ها توسط دستگاه سانتریفیوژ جدا شد. نمونه ها به مدت سه روز در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد جهت عمل هضم در آون قرار داده شدند. آنالیز نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی انجام گرفت.

نتایج کیلیت درمانی نشان می دهد که دو کیلیتور دزفری اکسامین و دفریپرون توانایی دفع این دو فلز را داشته و بعد از کیلیت درمانی، سطح آهن به حالت طبیعی باز می گردد.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که این روش ممکن است جهت آزمایشات مقدماتی در مورد تاثیر عوامل کیلیت دهنده مفید باشد.بنابراین، این دو کیلیتور می توانند به عنوان دارو جهت درمان مسمومیت با بیسموت و وانادیم استفاده گردند

فصل اول مقدمه

۱-۱ مسمومیت ۱

۱-۲ عناصر ناچیز ۲

۱-۳ ضرورت و سمیت ۲

۱-۴ تاریخچه ۳

۱-۵ بیسموت ۴

۱-۵-۱ شیمی بیسموت ۴

۱-۶ کاربرد ۶

۱-۷ فراوانی ۷

۱-۸ روشهای مطالعه بیسموت ۸

۱-۹ ترکیبات بیسموت (III) ۸

۱-۹-۱ ترکیبات بیسموت (V) ۹

۱-۹-۲ دیگر ترکیبات بیسموت ۹

۱-۱۰ مسمومیت ناشی ازبیسموت ۱۰

۱-۱۱ کیلیتورهای بکار رفته در دفع بیسموت ۱۱

۱-۱۲ کاربرد بیسموت در پزشکی ۱۳

۱-۱۳ تاریخچه ۱۴

۱-۱۴ شیمی وانادیم ۱۵

۱-۱۵ خواص فیزیکی و شیمیایی ۱۵

۱-۱۶ منابع ۱۶

۱-۱۷ کاربرد وانادیم ۱۷

۱-۱۸ نقش بیولوژیکی ۱۸

۱-۱۹ سمیت ۱۹

۱-۱۹-۱ علائم مسمومیت ۱۹

۱-۲۰ کیلیتورهای بکار رفته در دفع وانادیم ۲۰

۱-۲۱ ترانسفرین ۲۱

۱-۲۲ دز فری اکسامین ۲۲

۱-۲۳ دفریپرون ۲۵

۱-۲۴ کیلیت درمانی ۲۶

۱-۲۴-۱ انواع مختلف کیلیت درمانی ۲۶

۱-۲۴-۱-۱ کیلیت درمانی توسط یک لیگاند ۲۶

۱-۲۴-۱-۲ کیلیت درمانی توسط دولیگاند ۲۶

۱-۲۵ اسپکتروسکوپی جذب اتمی ۲۷

۱-۲۵-۱ اصول جذب اتمی ۲۷

۱-۲۵-۲ دستگاه جذب اتمی ۲۸

۱-۲۵-۳ اتمی کننده شعله ای ۲۸

۱-۲۵-۴ اتمی کننده الکتروترمال ۳۰

۱-۲۵-۵ مراحل اتمی کردن نمونه در روش الکتروترمال ۳۰

۱-۲۵-۵-۱ تبخیر حلال ۳۱

۱-۲۵-۵-۲ خاکستر کردن ۳۱

۱-۲۵-۵-۳ اتمی کردن ۳۲

۱-۲۵-۵-۴ تمیز کردن ۳۲

۱-۲۵-۶ مزایای اتمی کننده الکتروترمال ۳۳

فصل دوم بخش تجربی

فصل تجربی اول

۲-۱ وسایل مورد استفاده ۳۴

۲-۲ مواد شیمیایی مورد استفاده ۳۴

۲-۲-۱ حیوانات آزمایشگاهی ۳۴

۲-۳ تهیه محلولهای مورد نیاز ۳۴

۲-۴ تحقیقات انجام شده بر روی حیوانات آزمایشگاهی ۳۵

۲-۴-۱ نحوه ورود بیسموت به بدن موشهای آزمایشگاهی ۳۵

۲-۴-۲ گروه‌بندی موشهای آزمایشگاهی ۳۵

۲-۴-۳ نمونه برداری از گروههای مختلف موشهای تحت رژیم ۳۶

۲-۴-۴ آماده‌سازی نمونه‌های گرفته شده از موشهای آزمایشگاهی ۳۶

۲-۴-۴-۱ جداسازی سرم خون موشها ۳۷

۲-۴-۴-۲ عمل هضم بر روی نمونه‌ها به روش مرطوب ۳۷

۲-۵ اندازه‌گیری بیسموت توسط دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی ۳۷

۲-۵-۱ بهینه سازی دمای اتمی کردن بیسموت ۳۸

۲-۵-۲ بهینه سازی دمای خاکستر کردن برای سنجش بیسموت ۳۹

۲-۵-۳ اندازه‌گیری بیسموت در بافتهای کلیه، کبد، قلب و خون ۴۰

۲-۶ اندازه‌گیری آهن به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی ۴۰

فصل تجربی دوم

۲-۷ محلول های مورد نیاز ۴۲

۲-۸ اندازه گیری وانادیم توسط دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی ۴۲

۲-۸-۱ بهینه سازی دمای اتمی کردن وانادیم ۴۲

۲-۸-۲ بهینه سازی دمای خاکستر کردن برای سنجش وانادیم ۴۴
۲-۸-۳ اندازه گیری وانادیم در بافت های کلیه، کبد، قلب و خون ۴۴

فصل سوم نتیجه و بحث

۳-۱ کیلیت درمانی ۴۵
۳-۱-۱ دز فری اکسامین و دفریپرون ۴۵
۳-۲ اثرات بیسموت بر موش های آزمایشگاهی ۴۶
۳-۲-۱ علائم ظاهری ناشی از ورود بیسموت (III) ۴۶
۳-۳ منحنی کالیبراسیون جهت اندازه گیری بیسموت ۴۷
۳-۴ نتایج حاصل از اندازه گیری بیسموت در بافت های مختلف ۴۸
۳-۴-۱ نتایج اندازه گیری بیسموت در کبد ۴۸
۳-۴-۲ نتایج اندازه گیری بیسموت در کلیه ۵۰
۳-۴-۳ نتایج اندازه گیری بیسموت در قلب ۵۱
۳-۴-۴ نتایج اندازه گیری بیسموت درخون ۵۳
۳-۵ اثرات وانادیم بر موش های آزمایشگاهی ۵۵
۳-۵-۱ علائم ظاهری ناشی از ورود وانادیم (III) ۵۶
۳-۶ منحنی کالیبراسیون جهت اندازه گیری وانادیم ۵۶

۳-۲ نتایج حاصل از اندازه گیری وانادیم در بافت های مختلف..... ۵۷
۳-۲-۱ نتایج اندازه گیری وانادیم در کبد ۵۸
۳-۲-۲ نتایج اندازه گیری وانادیم در کلیه ۶۰
۳-۲-۳ نتایج اندازه گیری وانادیم در قلب ۶۱
۳-۲-۴ نتایج اندازه گیری وانادیم درخون ۶۳
۳-۸ اندازه گیری آهن در خون موش های آزمایشگاهی..... ۶۵
۳-۸-۱ منحنی کالیبراسیون جهت اندازه گیری آهن..... ۶۶
۳-۸-۲ نتایج اندازه گیری آهن در بدن موش های آزمایشگاهی..... ۶۷

فصل چهارم

نتیجه گیری..... ۸۴
مراجع ۹۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱ . مسمومیت[1]

مسمومیت عبارتست از به هم خوردن تعادل فیزیولوژیکی، فیزیکی و روانی موجود زنده که در اثر ورود ماده خارجی سمی ایجاد می‌شود. بروز سمیت با ظاهر شدن علائم و عوارض خاصی همراه است و شدت آن بستگی به نوع ماده سمی و مقدار آن، تماس و طول مدت ورود به بدن دارد.

مسمومیت به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شود:

I – مسمومیت حاد [2]

II – مسمومیت مزمن [3]

I – مسمومیت حاد

در این نوع مسمومیت معمولاً ماده سمی، یکباره به مقدار زیادی وارد بدن موجود زنده می‌شود. علائم این نوع مسمومیت اغلب سریع و شدید است و در صورت عدم معالجه به مرگ منتهی می‌شود.

II – مسمومیت مزمن

در این نوع مسمومیت، ماده سمی به مقدار کم و در درازمدت به بدن موجود زنده وارد می شود و علائم آن به کندی و پس از گذشت زمان طولانی ظاهر می‌گردد. این نوع مسمومیت ممکن است مدت طولانی مخفی بماند. توسط آزمایشات خاص بیوشیمیایی، بیولوژیکی و کلینیکی این نوع مسمومیت را می‌توان تشخیص داد[۱] .

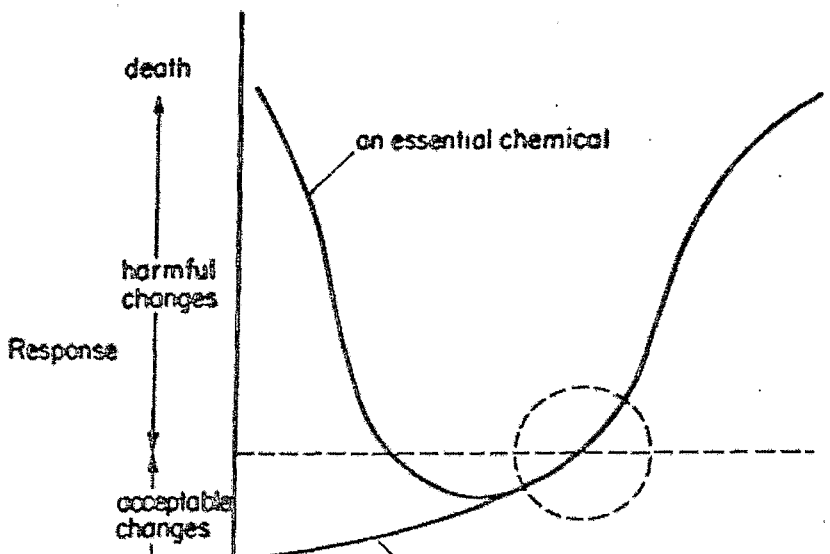
1. Intoxication
2. Acute intoxication
3. Chronic intoxication

۱-۲. عناصر ناچیز[1]

در طبیعت عناصر زیادی هستند که وجود آنها در رژیم غذایی برای رشد و سلامت انسان ضروری می‌باشند[۲]. این عناصر در غلظت‌های بسیار کم، نقش متابولیکی ویژه خود را ایفا می‌کنند و نسبت به تغییرات غلظت بسیار تأثیر پذیرند[۳]. افزایش غلظت این عناصر حتی در مقادیر کم سبب اختلال در متابولیسم موجودات زنده می‌شود. از این رو به عنوان عناصر کمیاب معرفی می‌شوند.

۱-۳. ضرورت و سمیت

منحنی [۱-۱] عکس العمل بیولوژیکی سلول زنده را در برابر غلظت یک ماده ضروری و یک ماده سمی نشان می‌دهد[۴] .



شکل (۱-۱): عکس العمل بیولوژیکی موجودات زنده نسبت به تغییرات غلظت عناصر ضروری

1.trace element

منحنی خط یر نشانگر عکس العمل سلول زنده در مقابل غلظت یک ماده ضروری و منحنی خط چین نشان دهنده پاسخ سیستم بیولوژیکی به ماده سمی را نشان می‌دهد. این منحنی نشان می دهد که هر ماده ضروری هنگامی که غلظتش از حد معینی بالاتر رود نقش سمی پیدا می کند. بنابراین موجودات زنده، با واکنش‌های ویژه فیزیولوژیکی غلظت مواد را در حد مناسب نگه می‌دارند [۵].

فلزات، فعال کننده بسیاری از آنزیم‌های بدن می‌باشند. بسیاری از پروتئینها حاوی گروههای سولفیدریل می‌باشند که جایگاه مناسبی برای پیوند شدن یونهای فلزی مانند Cd^{2+} و Pb^{2+} به آنهامی‌باشند[۶].

اکثر فلزات در غلظت‌های بالا سمی هستند. اما تعدادی از آنها مانند کادمیم، جیوه، آرسنیک، سرب، سلنیم، آنتیموان، اسمیم و بیسموت حتی در غلظت‌های پایین نیز سمی می‌باشند [۹,۸,۷].

قابلیت انحلال یک عنصر در میزان مسمومیت مؤثر می‌باشد. تفاوت یون Ba^{2+}، که مسموم کننده است، در مقابل $BaSO_4$ که در عکس‌برداری به وسیله اشعه ایکس استفاده می شود نمونه بارزی از این دسته می‌باشد. قابلیت انحلال کم $BaSO_4$ در اسیدهای معده مانع از هر گونه مسمومیتی می گردد.

تحقیقات اخیر نشان داده است که فلز بیسموت و وانادیم از طریق اختلال در عملکرد متابولیسم آهن،اثرات خود را نشان می‌دهد. از این رو در این بخش به بررسی شیمی بیسموت و وانادیم می‌پردازیم.

۱-۴. تاریخچه

بیسموت برای یونانیها و رومیهای باستان ناشناخته بود اما در قرون وسطی کاملاً شناخته شد. در سال ۱۴۵۰ باسیل ولنتاین[1] آنرا ویسموت[2] نامید و خواص آن را به عنوان یک فلز ارائه داد. چند سال بعد پاراسلسوس[3] آنرا ویسمات[4] نامید و به طبیعت شکننده آن اشاره کرد و آن را یک فلز دو رگه و یا نیمه فلز نامید.

1. Basil Valentine
2. Wismuth
3. Paracelsus
4. Wissmat

جورجیوس آگریکولا[1] عبارت Wissmuth را که لاتین آن Bismutum می‌شود و همچنین عبارت Plumbun cineareuma را انتخاب کرد.

خواص اولیه بیسموت به صورت ناقص درک شده بود. گونه‌های ناخالص آن توسط اولین شیمیدانها بدست آمده و در برخی موارد، با فلزاتی نظیر قلع، سرب،آنتیموان، روی و دیگر فلزات اشتباه گرفته می‌شد. در سال ۱۵۹۵،آندریاس لیباویوس[2] آنرا با آنتیموان و در سال ۱۶۷۵، نیکلاس لمری[3] آن را با روی اشتباه گرفت.

این ابهامات، توسط تحقیقات یوهان هنریش پت[4] که شاگرد استال[5] بود (۱۷۷۷-۱۶۹۲) روشن گردید.نتیجه تحقیقات او در سال ۱۷۶۹ منتشر شد[۱۱].

۱-۵. بیسموت

بیسموت با عدد اتمی ۸۳، وزن اتمی ۲۰۸/۹۸۰۳۸amu با نماد Bi سنگین‌ترین عنصر پایدار در جدول تناوبی است. این فلز شکننده، سه ظرفیتی، رنگ صورتی متمایل به سفید است و خواصی مشابه مانند آرسنیک وآنتیموان دارد.

۱-۵-۱. شیمی بیسموت

بیسموت از نظر مغناطیسی پارا مغناطیس است و از لحاظ رسانایی گرما بعد از جیوه ضعیف ترین فلز است. این فلز در شکل اصلی خود دارای مقاومت بالای الکتریکی است و بیشترین اثر Hall[6] را نسبت به فلزات دیگر دارد (مقاومت الکتریکی آن زمانی که در یک میدان مغناطیسی قرار می گیرد افزایش می‌یابد). بیسموت با شعله آبی در هوا می‌سوزد و اکسید آن دود زردرنگ ایجاد می کند.

خواص فیزیکی بیسموت به صورت زیر است:

1. Georgius Agricola
2. Anderas Libavius
3. Nicolas Lemery
4. Johann Heinrich patt
5. Stahl
6. Hall effect

نقطه ذوب: 271/3 °C (520/3397F, 544/45K)

نقطه جوش: 1560 °C (2840/0F, 1833/15K)

عدد اتمی: 83

تعداد نوترونها: 126

طبقه‌بندی: فلزات

ساختمان بلور: رمبوهدرال

سختی در 293K: 9/8 gr/cm^3

رنگ: سفید

بیسموت در اثر سرد شدن منبسط می‌شود و مدتهای زیادی به عنوان یک جز مهم و اصلی در آلیاژهای با نقطه ذوب پایین در چاپگرها و حروف‌چینی که نیاز به منبسط شدن برای پر کردن قالب‌های چاپگرها بود مورد استفاده قرار می‌گرفت.

نیمه عمر عنصر Bi، 10^{19} سال است و اشعه α ساطع می کند و بنابراین بیسموت به مقدار جزئی رادیواکتیو است و نیمه عمر آن بیشتر از یک بیلیون بار از زمان پیدایش هستی طولانی‌تر است. با توجه به این نیمه عمر، بیسموت می‌تواند پایدار و غیر رادیواکتیو تصور شود.

کریستالهای بیسموت در طبیعت دیده نمی‌شوند. بیسموت با درصد خلوص بسیار بالا، کریستالهای مشخص قیفی شکل ایجاد می‌کند،این کریستالهای آزمایشگاهی رنگی و معمولاً جامد هستند.

بیسموت در مقابل اکسیژن و آب پایدار است اما در بخار نیتریک اسید غلیظ حل می‌شود. تمام نمکهای بیسموت ترکیبات نامحلولی در آب هستند. حلالیت بوسیله اسیدیته محیط و وجود ترکیبات معینی با گروههای هیدروکسی یا سولفیدریل تغییر می کند.

بیسموت در طبیعت به صورت فلزی یافت می‌شود و به صورت کریستال در سنگهای سولفیدی نیکل، کبالت، نقره و قلع وجود دارد. به طور معمول بیسموت در طبیعت به صورت اکسید Bi_2O_3،کربنات $(BiO_2)CO_3$ و سولفید Bi_2S_3 وجود دارد.

همچنین به عنوان محصول جانبی در فرایند استخراج سرب، روی و مس بیسموت نیز تولید می‌شود.

بسیاری از ایزوتوپهای بیسموت شناخته نشده‌اند ، تنها I=9/2 به صورت طبیعی ایجاد می‌شود. دو عدد اکسایش اصلی بیسموت III و V است اما اعداد اکسایش II و IV نیز وجود دارند. عدد اکسایش(III) معمول‌ترین و پایدارترین عدد اکسایش برای بیسموت است، آزایش الکترونی Bi (III) و Bi (IV) به صورت زیر است:

$$Bi\ (III):\ (Xe)\ 4F^{14}\ Sd^{10}\ 6S^{2}$$

و

$$Bi\ (IV):\ (Xe)\ 4F^{14}\ Sd^{10}$$

بیسموت (V) یک اکسید کننده قوی در محلول آبی می‌باشد.اگرچه اخیراً دوکمپکس از Bi(V) با بنزوئید و نانبنزوئید آرنها به طور پایدار در محلولهای آبی گزارش شده است [۱۰]. ولی اطلاعات کمی در مورد خاصیت احیاکنندگی برای کمپکس‌های Bi(III) یا Bi(V) گزارش شده است.

۱-۶. کاربرد

بعضی از کاربرد های بیسموت به صورت زیر است:

اکسی کلرید بیسموت به طور وسیع در محصولات آرایشی استفاده می‌شود. مشتقات نیترات و کربونات بیسموت در پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مشتقات سالیسیلات بیسموت (Pepto- Bismol) به عنوان ضداسهال و در درمان برخی از بیماریهای گوارشی کاربرد دارد.

مگنتهای قوی دائمی می‌توانند از آلیاژهای بیسمانول[1] (Mn Bi) تولید شوند[۱۲].

بسیاری از آلیاژهای بیسموت نقطه ذوب پایین دارند و به طور گسترده برای تشخیص آتش و سیستم‌های امنیتی بکار می‌رود.

بیسموت به عنوان عامل آلیاژ کننده در تولید آهن چکش خور بکار می‌رود.

به عنوان یک کاتالیست برای تولید فیبرهای آکریلیک قابل استفاده است.

1. Bismanol