بسم الله الرحمن الرحیم

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته شیمی تجزیه

دانشکده علوم
گروه علمی شیمی

عنوان پایان نامه:
طراحی و ساخت یک حسگر نوری جدید براساس نشانش ایندوفنول بر روی غشاء تری‌استات سلولز برای اندازه‌گیری یون نیکل

استاد راهنما:
دکتر محمد رضا باعزت

استاد مشاور:
دکتر حسین توللی

نگارش:
مریم کریمی

خرداد۱۳

اثری کوچک است ، خیلی کوچک و شاید هیچ

اما به رسم ادب تقدیم میکنم

به پدر و مادرم ، که عاطفه سرشارو گرمای امید بخش وجودشان در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند و به پاس یک عمر فداکاری جبران ناپذیر که بی ان قدمی پیشتر رفتن ممکن نبود ،

و به همسرم، به پاس تعبیر عظیم و انسانی اش از واژه گذشت و به پاس قلب بزرگش که سرگردانی و ترس در پناه او ، به شجاعت می گراید.

سپاس خدای را

که نومید نیستم از رحمتش ، تهیدست نیستم از نعمتش

و نه مأیوس از مغفرتش و نه سرپیچیده از عبادتش

خدای را که رحمتش پیوسته است و نعمتش ناگسسته

بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر صمیمانه خود را از استاد گرانقدر جناب اقای دکتر محمد رضا باعزت که به عنوان استاد راهنما ، بنده را در تمامی مراحل تحقیق و پژوهش و انجام پایان نامه حاضر یاری نمودند ، ابراز می نمایم.

همچنین از جناب اقای دکتر حسین توللی مدیر محترم گروه شیمی که زحمت مشاوره اینجانب را در این پژوهش بر عهده داشتند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم و امیدوارم در سایه رحمت الهی سربلند و پیروز باشند.

چکیده پایان‌نامه

نام خانوادگی دانشجو: کریمی نام: مریم
عنوان پایان‌نامه: طراحی حسگر نوری برای اندازه گیری نیکل (II) بر اساس نشانش ایندوفنول بر روی غشاء تری استیل سلولز
استاد راهنما: دکتر محمدرضا باعزت
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: شیمی گرایش: شیمی تجزیه
محل تحصیل : دانشگاه پیام نور شیراز دانشکده: علوم پایه
تاریخ فارغ‌التحصیلی: خرداد ۱۳۹۰ تعداد صفحه :۸۰
واژه‌های کلیدی: نیکل- تثبیت ایندوفنول- حسگر نوری – غشاء تری استیل سلولز
چکیده در این پایان نامه خصوصیات غشا یک حسگر نوری برای تعیین یونهای نیکل (II) بر اساس تثبیت ایندوفنول روی غشا تری استیل سلولز، شرح داده شده است. غشا با تغییر رنگ از آبی تیره به بنفش در محلول بافر جهانی با pH=۷ ، به یونهای نیکل پاسخ می دهد. تحت شرایط مناسب، غشاء پیشنهاد شده در طول موج ۶۴۵ نانومتر، دارای حد تشخیص $\mu g\ mL^{-1}$ ۰۳/ $\mu g\ mL^{-1}$ و گستره دینامیکی ۰۵/-۳/۵ می‌باشد. زمان پاسخ اپتد، ۷-۸ دقیقه است که به غلظت یونهای نیکل (II) بستگی دارد. حسگر طراحی شده بوسیله اتیلن دی آمین کاملا قابل بازیابی می باشد و گزینش پذیری آن نسبت به یون نیکل در حضور عناصر دیگر به استثناء cu که تداخل کننده اصلی است، مناسب و کافی می باشد. از روش پیشنهادی برای تعیین نیکل در نمونه های حقیقی استفاده گردید و نتایج رضایت بخشی ارایه داد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مباحث نظری

مقدمه ۲

۱- حسگر ۲

۱-۱- شرایط یک حسگر ایده آل ۲

۱-۲- حسگرهای شیمیایی ۳

۱-۳- حسگرهای زیستی ۴

۱-۳-۱- راه های تثبیت گونه های زیستی ۶

۱-۴- حسگرهای نوری ۸

۱-۴-۱- انواع حسگرهای نوری ۹

۱-۴-۱-۱- حسگرهای یونی ذاتی ۹

۱-۴-۱-۲- حسگرها بر اساس واکنشگرهای مناسب ۹

۱-۴-۱-۳- حسگرها بر اساس فلزات سنگین ۱۰

۱-۵- اساس کار حسگرها ۱۱

۱-۵-۱- حسگرها بر اساس جذب ۱۱

۱-۵-۲- حسگرها بر اساس فلورسانس ۱۳

۱-۵-۳- حسگرها بر اساس رزنانس پلاسما ۱۴
۱-۵-۴- حسگرها بر اساس پراکندگی رامان ۱۴
۱-۵-۵- حسگرها بر اساس نورتابی شیمیایی ۱۵
۱-۶- اپتد ۱۶
۱-۶-۱- اپتد یون گزین ۱۶
۱-۶-۲- دستگاه های اپتد یون گزین مختلف ۱۷
۱-۶-۲-۱- اپتد تجزیه ای تزریق جریان ۱۸
۱-۶-۲-۲- اپتد هدایت موج ۲۰
۱-۶-۲-۳- اپتد صفحه حسی ۲۱
۱-۶-۲-۳-۱- فیلم اپتد بر اساس نشانش شناساگر بر روی ماتریس پلیمری PVC ۲۲
۱-۶-۲-۳-۲- فیلم اپتد بر اساس نشانش شناساگر بر روی ماتریس تری استات سلولز ۲۲
۱-۶-۲-۴- اپتد فیبر نوری ۲۳
۱-۷- تکنیک های نشانش ۲۳
۱-۷-۱- تکنیک نشانش مکانیکی ۲۴
۱-۷-۲- تکنیک نشانش شیمیایی ۲۵
۱-۷-۳- تکنیک نشانش الکترواستاتیکی ۲۶
۱-۷-۴- تکنیک نشانش توسط مواد از پیش فعال شده ۲۶
۱-۸- انواع لایه های محافظ ۲۷

۱-۸-۱- سلولـــــز بـــرای پیوندهای کووالانسی و گیراندازی شناساگرهای ۲۷Ph

۱-۸-۲- شیشه های سل – ژل ۲۷

۱-۹- تکنیک سل – ژل ۲۸

۱-۹-۱- فیلم های نازک تهیه شده از سل – ژل ۲۹

۱-۹-۲- سل – ژل اصلاح شده آلی ۳۰

۱-۱۰- مزایای شیشه های سل – ژل ۳۰

۱-۱۱- معایب شیشه های سل – ژل ۳۱

۱-۱۲- الکترودهای یون گزین ۳۲

۱-۱۲-۱- انواع الکترودهای یون گزین ۳۲

۱-۱۳- شیمی پاسخ حسگر ۳۳

۱-۱۳-۱- مکانیسم پاسخ حسگر ۳۶

۱-۱۳-۱-۱- حسگرها بر اساس تعویض یون ۳۶

۱-۱۳-۱-۲- حسگرها بر اساس مکانیزم هم استخراجی ۳۸

۱-۱۴- خصوصیات ویژه نیکل ۳۹

۱-۱۴-۱- اثرات نیکل بر سلامتی انسان ۴۰

۱-۱۴-۲- تاثیرات زیست محیطی نیکل ۴۱

فصل دوم : مروری بر کارهای انجام شده

۲-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده برای اندازه گیری یون نیکل ۴۴

فصل سوم: محلول سازی و دستگاهوری

۳-۱- محلولها و واکنشگرها ۴۸

۳-۲- تهیه محلول بافر جهانی ۴۸

۳-۳- تهیه محلول $۱۰^{-۳}$ مولار شناساگر ایندوفنول ۴۹

۳-۴- آماده سازی غشاء حسگر ۴۹

۳-۵- دستگاهوری ۵۰

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

۴-۱- عملکرد اصلی ۵۲

۴-۲- خصوصیات طیفی ۵۲

۴-۳- بهینه کردن غشاء ۵۴

۴-۴- بهینه کردن مقدار ایندوفنول در تولید غشاء ۵۴

۴-۵- بهینه کردن مقدار اتیلن دی آمین در ساخت غشاء ۵۵

۴-۶- بهینه کردن زمان در ساخت غشاء ۵۵

۴-۷- بررسی اثر pH روی پاسخ غشاء ۵۷

۴-۸- زمان پاسخ ۵۸

۴-۹- شرایط بهینه ۵۹

۴-۱۰- محدوده دینامیکی خطی (LDR) ۵۹

۴-۱۱- ماندگاری و پایداری غشاء ۶۱

۴-۱۲- بازیابی و احیای حسگر نوری ۶۲
۴-۱۳- تکرارپذیری و تکثیر پذیری ۶۳
۴-۱۴- گزینش پذیری غشاء ۶۵
۴-۱۵- کاربرد ۶۷
۴-۱۵-۱- اندازه گیری نیکل (II) در آب رودخانه و آب معدنی و نمونه سیب و نعنا ۶۷
۴-۱۶- نتیجه گیری ۶۹
منابع ۷۰

فـصل ا ول

مـبـا حـث نـــظـري

مقدمه

شیمی تجزیه شامل جداسازی، تشخیص و تعیین مقادیر نسبی اجزاء موجود در یک ترکیب می باشد. تجزیه کیفی، ماهیت شیمیایی گونه‌های موجود در نمونه را به دست می دهد و تجزیه کمی به منظور تعیین مقدار نسبی یک یا چند گونه شیمیایی یا آنالیت انجام می‌گیرد. هدف یک تجزیه شیمیایی، فراهم آوردن اطلاعاتی درباره ترکیب نمونه ای از یک ماده است . بدون در نظر گرفتن هدف نهایی، اطلاعات مورد نیاز در انتها، توسط اندازه گیری یکی از خواص فیزیکی به دست می آیند، که این خاصیت به طور مشخص به جزء یا اجزاء سازنده مورد نظر مربوط است.

۱- حسگر[۱]

حسگر المان حس کننده ای است که کمیت های فیزیکی مانند: فشار، رطوبت، دما و ... را به کمیت های الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیر پیوسته (دیجیتال) تبدیل می‌کند. در واقع این ابزار یک وسیله الکتریکی است که تغییرات فیزیکی به شیمیایی را اندازه‌گیری می کند و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می نماید.

۱-۱- شرایط یک حسگر ایده آل [۱]:

یک حسگر ایده آل ویژگی های زیر را داراست:

۱- زمان پاسخ سریع

۲- نسبت سیگنال به نوفه مناسب

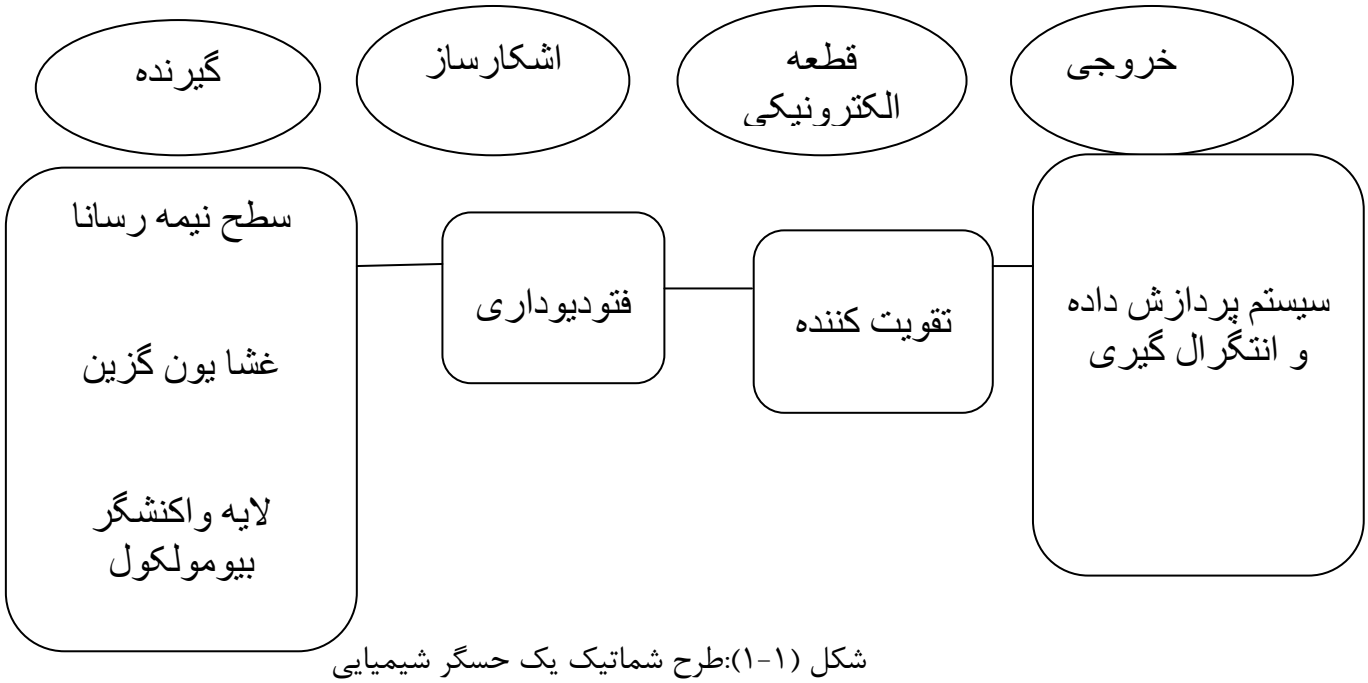
۳- حساسیت[۲] و گزینش پذیری[۳] بالا

[۱] - Sensor
[۲] - Sensitivity
[۳] -selectivity

۱-۲- حسگرهای شیمیایی

به طور کلی یک حسگر شیمیایی یک ابزار یا وسیله کوچکی است که روی یا داخل نمونه قرار گرفته و یک سیگنال الکتریکی را ایجاد می کند که می تواند با یک روش ویژه با غلظت آنالیت مرتبط باشد. (۳و۲).

اصول کلی ساختار یک حسگر شیمیایی و بیوشیمیایی در شکل (۱-۱) نشان داده شده است، مهمترین قسمت، گیرنده[۴] است که فرایند تشخیص یونی یا ملکولی در آنجا رخ می دهد. سطح گیرنده، گاهی اوقات با یک لایه پوشاننده محافظ برای افزایش ماندگاری و گستره خطی حسگر و یا برای پیشگیری از مزاحمت موادی که به سطح گیرنده می رسند، پوشانده می شود (۴). فرایند تشخیص و شناسایی آنالیت هم می تواند روی سطح گیرنده و هم در داخل توده ماده رخ دهد که باعث تغییر غلظت وابسته در بعضی ویژگی های فیزیکی می شود و می تواند توسط آشکارساز[۵] به سیگنال الکتریکی تبدیل شود. آشکارسازها به تنهایی نمی توانند گزینش پذیری را بهبود ببخشند. تنها مورد استثنا در اینجا آشکارسازهای الکتروشیمیایی هستند. در نهایت، سیگنال الکتریکی معمولا به وسیله تقویت کننده[۶]، تقویت می شود و سپس انتگرال گیری می شود(۵).



شکل (۱-۱):طرح شماتیک یک حسگر شیمیایی

[۴] - Rceptor
[۵] - Detector
[۶] - amplifier

اگر یک مکانیزم بیوشیمیایی همانند واکنش هایی که در درون آنزیم ها و پروتئین‌ها و دیگر مولکولهای زیستی اتفاق می افتد، در مرحله شناسایی مولکولی انجام شود، حسگری که حاصل می شود یک بیوحسگر[۷] نام دارد.

۱-۳- حسگرهای زیستی[۸]

در اکثر منابع علمی، مثالی که برای معرفی زیست حسگرها به کار می‌رود، حس بویایی و چشایی انسان است. درحقیقت انسان به کمک این دو حس از وجود مواد فرار بودار و نیز از برخی خواص ترکیبات مختلف نظیر میزان اسیدی بودن آنها مطلع می‌شود. در یک زیست حسگر آزمایشگاهی، به عنوان عنصر شناسایی کننده گونه آزمایشی، از یک ماده زیستی استفاده می‌شود که می تواند در یک برهمکنش کاملا اختصاصی با گونه مورد نظر وارد عمل شود. نتیجه این برهمکنش را می توان پس از تبدیل به علایم قابل دریافت، به صورت تبدیل رنگ یا علایم الکتریکی جریان یا پتانسیل مشاهده کرد (۸و۷و۶).

مواد زیستی که در تهیه زیست حسگرها استفاده می شوند به چهار گروه تقسیم می شوند: آنزیم‌ها، پادتن‌ها[۹]، اسیدهای نوکلئیک و گیرنده ها. پرکابردترین این مواد را آنزیم ها تشکیل می دهند که نقش کاتالیزورهای زیستی را ایفا می‌کنند و می توانند به صورت خالص و یا جای گرفته در درون بافتهای میکروارگانیسم ها به کار می روند.

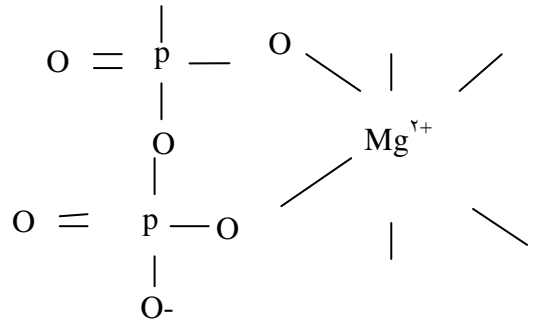
یک آنزیم از نظر ساختمانی، ماکرومولکولی حجیم با ساختار پیچیده و حاوی مقدار زیادی پروتئین است. هر آنزیم معمولا دارای یک گروه فعال[۱۰] می باشد که غالبا حاوی یک یا چند اتم فلزی است. در اکثر آنزیم های به کار رفته در زیست حسگرها، فعالیت آنها به صورت درگیر شدن در یک فرایند اکسیداسیون احیا می باشد که به روش های الکتروشیمیایی قابل تشخیص است. جدول (۱-۱) نمونه هایی از آنزیم های حاوی یون

---

[۷] - Biosensor
[۸] - Biosensors
[۹] - Antibodies
[۱۰] - Proshtetic group

فلزی را نشان می دهد. بزرگترین گروه آنزیم های فلزی[11] را آنزیم واجد یون Mg^{2+} تشکیل می دهند. سوبسترای وابسته به این آنزیم ها، معمولا دارای گروههای فسفات یا پیرو فسفات هستند، زیرا یون منیزیم می تواند با پلی فسفات ها، کمپلکس پایداری را به وجود آورد.

O^-



نمونه هایی اززیست حسگرهایی که در آنها آنزیم را بکار می برند، زیست حسگر حساس به اوره و گلوکز است که به ترتیب از آنزیم اوره آز و آنزیم گلوکز اکسیداز در ساختمان آنها استفاده شود.

[11] - Metallo- enzyme

جدول (۱-۱): نمونه هایی از آنزیم های فلزی

نوع آنزیم	فلز موجود در آنزیم	نقش فلز
کینازها،فسفاتازها، فسفودی استرها	Mg	ایجاد پیوند بافسفات ها و پلی فسفات ها
متالوپروتئازها	Zn	فعالسازی گروه کربونیل در نقش اسید لوئیس
اکسیژنازها	Cu	فعالسازی اکسیژن
هیدراتازها	Mn	اسید لوئیس

۱-۳-۱- راه‌های تثبیت گونه های زیستی

در ساخت زیست حسگرها تثبیت گونه های زیستی (آنزیم ها، پادتن ها، بافتها، و گیرنده ها) بر سطح انتقال دهنده های علائم[۱۲] از اهمیت خاصی برخوردار است. این کار بسته به نوع گونه زیستی به یکی از پنج روش زیر انجام می گیرد.

الف) جذب سطحی[۱۳]: ساده ترین روش تثبیت است و به دلیل سست بودن پیوند گونه زیستی به سطح انتقال دهنده،از آن در آزمایش های اولیه استفاده می شود.

ب) تثبیت درون کپسول[۱۴]: ماده زیستی را درون کپسول یا غشاء نازکی که با انتقال دهنده در تماس است قرار می دهند. در این روش گونه زیستی پایداری خود را حفظ می کند و تحت تاثیر عواملی نظیر دما، pH، نیروی یونی و ترکیب شیمیایی محیط قرار نمی‌گیرد. غشاء بکار رفته معمولا برای گونه ای که ماده زیستی برای آن حساس است، تراوا می باشد.

---
[۱۲] - Signal transducer
[۱۳] - Adsorption
[۱۴] - Microencapsulation

ج) تله انداختن[۱۵]: مخلوطی از گونه زیستی و یک منومر بی اثر درست می کنند که بعدا به دلیل تشکیل یک شبکه پلیمری ژل مانند، گونه زیستی در درون شبکه محبوس می شود. این روش گاهی مانع از ارتباط آسان گونه های آزمایشی با ماده زیستی و نهایتا موجب کند شدن واکنش می شود. ژل های به کار رفته شامل پلی اکریلامید، چسب نشاسته و نایلون است و استفاده از پلیمرهای نظیر پلی پیرون از مزایای خاص برخوردار است.

د) پیوند زنی[۱۶]: در این روش ماده زیستی از طریق یک پیوند شیمیایی به یک تکیه گاه متصل می شود. از معرفهای دو عاملی نظیر گلوتارالدهید برای این منظور استفاده می شود. در این روش نیز انتشار گونه های آزمایشی به سوی ماده زیستی با کمی محدودیت همراه است.

ه) پیوند کووالان[۱۷]: در این روش، بین ماده زیستی و گروه عاملی ویژه ای که روی تکیه گاه مستقر در سطح انتقال دهنده قرار دارد پیوندی ایجاد می شود. گروه های هسته خواه موجود در آمینو اسیدهای از ماده زیستی، که فاقد فعالیت کاتالیزی هستند برای ایجاد پیوند مناسب می‌باشند. در مواردی ممکن است از مواد حد واسط نیز در ایجاد پیوند بین ماده زیستی و تکیه گاه استفاده شود.

به طور کلی هسته به روش تثبیت گونه زیستی روی انتقال دهنده ها، نسبت حسگرهای به دست آمده از طول عمر متفاوتی برخوردارند. بررسی ها نشان داده است که عمر متوسط برای جذب سطحی، یک روز، برای تثبیت درون کپسولی، یک هفته، برای تله اندازی نیز سه تا چهار هفته و در حالت ایجاد پیوند کووالان، چهار تا چهارده ماه است (۱۱و۱۰و۹و۸و۱۲) .

---

[۱۵] - Entrapment
[۱۶] - Cross- linking
[۱۷] - Covalent bonding

۱-۴- حسگرهای نوری[۱۸]

در دهه اخیر، پیشرفت های فوق العاده ای در ساخت حسگرهای نوری صورت گرفته است، به طوری که در شناسایی پارامترهای شیمیایی در بسیاری از صنایع و بویژه در کنترل محیط زیست و زمینه های پزشکی کاربرد فراوانی دارد. حسگرهای نوری فاقد مقاومت الکتریکی هستند. بنابراین در معرض مزاحمتهای الکتریکی و الکترومغناطیسی قرار نمی گیرند. محاسن این حسگرها عبارتند از: انعطاف پذیربودن، حمل و نقل راحت، ارزان قیمت بودن و مقاوم بودن در برابر خوردگی، این حسگرها، نیاز به یک سیستم جداگانه ندارد. به دلیل اینکه اتلاف نور در فیبرها پایین است، این امکان وجود دارد که سیگنالهای نوری در مسافت های خیلی زیاد تا بیش از یک کیلومتر هم انتقال داده شوند.

با توجه به این که این حسگرها اندازه کوچکی دارند، بدون اینکه نمونه را آشفته کنند غلظت آنالیت براحتی تعیین می شود، بنابراین برای آنالیتهای شیمیایی یا زیستی که در بعضی موارد ابزار مناسبی در رابطه با آنها وجود ندارد، می‌توان از این حسگرهای نوری استفاده کرد.

مشکلاتی که این حسگرها می توانند ایجاد کنند عبارتند از:

۱- بدلیل مزاحمتی که نور محیط با اندازه گیری های سیگنال نوری ایجاد می کند این حسگرها فقط در محیط تاریک قابل استفاده هستند.

۲- نشت کردن فاز شناساگر. این مسئله تا حدی با استفاده از نسبت سیگنالهای نوری در دو طول موج اندازه گیری، قابل جبران است (۱۳).

۱

[۱۸] - Optical sensors

۱-۴-۱- انواع حسگرهای نوری

۱-۴-۱-۱- حسگرهای یونی ذاتی[۱۹]

برای بعضی کاتیونها، روشهای حسگری به ویژگی های نوری ذاتی آنها مربوط است. بعضی از یون های فلزی جذب در محدوده UV تا IR نزدیک و بعضی دیگر لومنیسانس را نشان می دهند. به عنوان مثال تشخیص مس (II) (۱۴) یا یون اوانیل (۱۶و۱۵) به کمک ابزارهای فیبر نوری انجام می شود بطوریکه نور به وسیله یک فیبر مستقیما درون نمونه هدایت می شود. بدین ترتیب ویژگی های طیفی آنالیت مشاهده می شود بدلیل مزاحمتی که گونه جاذب در همان طول موج ایجاد می کند و همچنین اگرنمونه تیره و کدر باشد، این حسگرها خاصیت خود را از دست می دهند، زیرا عملکرد آنها بر اساس جذب نور است. ضریب جذب مولی[۲۰] پایین و در محدوده ۱۰۰۰-۱۰ مول بر سانتی متر می باشد (۱۷).

۱-۴-۱-۲- حسگرها بر اساس واکنشگرهای مناسب[۲۱]

با استفاده از واکنشگرهای اسپکتروفتومتری و فلوریمتری،اندازه گیری و تعیین یونها محقق می شود.بر این اساس شناساگر رنگی با یک یون آنالیت طی واکنش اکسایش-کاهش بر هم کنش می کند نتیجه این فرایند این است که شناساگر رنگی که روی یک پایه یا غشاء نشانش شده بودبا یون آنالیت مورد نظر کمپلکس می دهد و یون آنالیت به درون شناساگر نفوذ میکند.بدلیل بعضی ویژگی های شناساگرها،نمی توان از آنها در ساخت حسگرهای نوری استفاده کرد [۱۸].این ویژگی ها عبارتند از :

۱-شناساگرها در طول موج مورد نظر تجزیه می‌شوند.

۲-ضریب جذب مولی شناساگرها پایین است.

۳-پایداری شناساگرها در برابر نور ضعیف است .

---

[۱۹] - Intristic ion sensing
[۲۰] - Molar absorptivity index
[۲۱] - Sensors based on conventional reagents

هم چنین بـه دلیـل اینکـه گـزینش پـذیری بعضـی از شناسـاگرها پـایین اسـت بـرای رسـیدن به شرایط بهینـه، یـک شناسـاگر دیگـر اضـافه مـی شـود بـه عبـارت دیگـر یـک واکنشـگر افزایشـی برای تنظیم شرایط بهینه لازم است (۱۹).

۱-۴-۱-۳- حسگرها بر اساس فلزات سنگین[۲۲]

فلزات سنگین، فلزاتی کمیاب با دانسیته نهایتا پنج برابر آب هستند (۲۰).

به این ترتیب فلزات سـنگین، عناصـر پایـداری هسـتند کـه در بـدن انسـان تجزیـه نمـی‌شـوند و حتی می‌تواننـد بسـیاری از سیسـتم هـای حیـاتی بـدن را دچـار اخـتلال کننـد. ایـن فلـزات مـی توانند در آب آشامیدنی، هوا، غـذا و ... وجـود داشـته باشـند. بـه عنـوان مثـال، سـرب کـه یـک نـوع فلز سنگین است از سـوخت بنـزین در موتـور خودروهـا ناشـی مـی شـود و هـوا را آلـوده مـی کنـد. فلزات سـنگین بـه طـرق مختلـف ماننـد تـنفس، همـراه غـذا یـا جـذب از طریـق پوسـت، وارد بـدن می شوند. با گذشت زمان بـه مقـدار آنهـا در بافـت هـا افـزوده مـی‌شـود و آثـار خـود را بـه جـا مـی گذارد (۲۱).

لازم به ذکر است کـه بعضـی از فلـزات سـنگین در غلظـت هـای پـایین بـرای سـلامتی انسـان ضروری هستند. مثالی در ایـن مـورد آهـن مـی باشـد کـه کمبـود آن در بـدن بـه کـم‌خـونی منجـر می شود ولی در مقادیر بالا به بدن ضرر می رساند.

بـا توجـه اینکـه جوامـع بشـری رو بـه سـمت پیشـرفت و صـنعتی شـدن گذاشـته انـد، بـه موازات این پیشرفت تولیـد آلاینـده هـا از جملـه فلـزات سـنگین را هـم بـه دنبـال دارنـد و انسـانها به اجبار در معـرض آنهـا قـرار مـی گیرنـد. بنـابراین بـرای مشـخص کـردن غلظتهـای خیلـی کـم از ایـن فلـزات در نمونـه هـای مختلـف روشـهای متفـاوتی ارائـه شـده اسـت. بهتـرین روش، روشـی اسـت کـه سـاده، حسـاس و گـزینش پـذیر باشـد. بیشـتر ایـن روشـها بـر اسـاس جـذب و فـرو نشانی[۲۳] فلوئورسانس عمل مـی کننـد. بـا ایـن وجـود محـدودیت هـایی در مـورد حسـگرهای نـوری

[۲۲] - Heavy metals
[۲۳] - Quenchable