

دانشگاه لرستان  
دانشکده علوم پایه  
گروه شیمی

عنوان پایان نامه

- ۱- طراحی و ساخت حسگر نوری جدید به روش سل-ژل برای اندازه گیری pH در محلول های آبی بر پایه شناساگر Bromopyrogallol Red
- ۲- بحث و مطالعه ولتامتری و پتانسیومتری کمپلکس شدن ۱-آمینو آنتراکینون با آلومینیوم (III) بر پایه الکتروود خمیر کربن

نگارش

مریم دیناروند

استاد راهنما

دکتر عبدالله یاری

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته شیمی تجزیه

خرداد ۱۳۹۰

همه امتیازات این پایان نامه به دانشگاه لرستان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب در مجلات ، کنفرانس ها یا سخنرانی ها، باید نام دانشگاه لرستان (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر اینصورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

بخش اول - فصل اول

۳	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- اجزای اصلی تشکیل دهنده حسگر نوری
۵	۱-۲-۱- حامل یون
۶	۲-۲-۱- افزودنی های یونی
۶	۳-۲-۱- حلال پلیمر
۸	۴-۲-۱- بافت های پلیمری
۸	۱-۴-۲-۱- انواع پلیمرهای استفاده شده در حسگرها
۹	۱-۱-۴-۲-۱- پلیمرهای چربی دوست
۹	۲-۱-۴-۲-۱- پلیمرهای آبدوست
۱۰	۳-۱-۴-۲-۱- پلیمرهای یونی
۱۱	۴-۱-۴-۲-۱- پلیمرهای قالب مولکولی
۱۱	۵-۱-۴-۲-۱- سل - ژل شیشه ای
۱۲	۳-۱- بررسی خواص حسگرهای نوری
۱۲	۱-۳-۱- گزینش پذیری
۱۲	۲-۳-۱- حد تشخیص
۱۲	۳-۳-۱- محدوده اندازه گیری
۱۳	۴-۳-۱- زمان پاسخ
۱۳	۴-۱- حسگرهای شیمیایی نوری سل - ژل
۱۳	۱-۴-۱- برخی مزایای فرایند سل - ژل (برای تهیه شیشه)
۱۴	۲-۴-۱- برخی معایب فرایند سل - ژل

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴	۵-۱- شیمی سل- ژل
۱۶	۱-۵-۱- تشکیل سل اولیه (واکنش های هیدرولیز و تراکمی)
۱۷	الف- اثر pH
۱۷	الف-۱- هیدرولیز
۱۸	الف-۲- واکنش های تراکمی
۱۹	ب- ماهیت و غلظت کاتالیزور
۱۹	ب-۱- هیدرولیز
۱۹	ب-۲- تراکم
۱۹	ب-۳- مرفولوژی شبکه های تشکیل شده
۲۰	ج- نسبت مولی آب به سیلیسیم (R)
۲۰	۱-۵-۲- ژل شدن
۲۱	۱-۵-۳- خشک شدن
۲۱	۱-۵-۴- پیر شدن
۲۱	۱-۵-۵- روش های اعمال دمای بالا
۲۲	۱-۶- روش های تثبیت سازی واکنشگرها
۲۲	۱-۶-۱- تثبیت شیمیایی به وسیله پیوند کووالانسی
۲۲	۱-۶-۲- دوپینگ شیمیایی
۲۲	۱-۷- تهیه پوشش های مناسب
۲۳	۱-۷-۱- تهیه پوشش ها از طریق فروردن در مایع
۲۴	۱-۷-۲- تهیه پوشش های مناسب از طریق چرخش
۲۴	۱-۷-۳- مزایای پوشش دهی سل- ژل نسبت به دیگر روش های متداول
۲۵	۱-۸- کاربردهای تکنولوژی سل- ژل
۲۵	۱-۸-۱- کاربردهای نوری و فوتونی
۲۵	۱-۸-۲- کاربردهای الکترونیکی

صفحه	عنوان
۲۶	۳-۸-۱- کاربردهای زیست مولکولی
۲۷	۴-۸-۱- کاربردهای الکتروشیمیایی
۲۷	۱-۴-۸-۱- الکترودهای اصلاح یافته مسطح
۲۸	۲-۴-۸-۱- الکترودهای کامپوزیتی سرامیک-کربن
۲۸	۳-۴-۸-۱- سنسورهای شیمیایی بر پایه سل-ژل
۲۸	۱-۳-۴-۸-۱- سنسورهای نوری برای اندازه گیری pH
۲۹	۲-۳-۴-۸-۱- سنسورهایی برای ترکیبات یونی
۲۹	۳-۳-۴-۸-۱- سنسورهای گازی
<b>بخش اول - فصل دوم</b>	
۳۱	۱-۲- مفهوم pH
۳۱	۲-۲- اهمیت اندازه گیری pH
۳۱	۳-۲- روشهای تعیین pH
۳۲	۱-۳-۲- شناساگرهای pH
۳۲	۲-۳-۲- کاغذ pH
۳۲	۳-۳-۲- الکترودهای فلزی
۳۲	۱-۳-۳-۲- الکترودهای هیدروژن
۳۳	۲-۳-۳-۲- الکترودهای آنتیموان
۳۳	۳-۳-۳-۲- الکترودهای هیدروکینون
۳۳	۴-۳-۳-۲- الکترودهای شیشه
۳۴	۴-۲- حسگرهای نوری
۳۴	۱-۴-۲- بستریهای به کار رفته در تهیه حسگرهای نوری
۳۵	۵-۲- بخش تجربی
۳۵	۱-۵-۲- معرفی مواد شیمیایی
۳۶	۲-۵-۲- ابزارها و دستگاهها

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۶	۲-۵-۳- تهیه حسگر نوری به روش سل-ژل
۳۶	۲-۵-۳-۱- تهیه سل
۳۶	۲-۵-۳-۲- طریقه فعال کردن لامل ها
۳۷	۲-۵-۳-۳- پوشش دادن اسلایدهای شیشه ای
۳۷	۲-۵-۳-۴- فرایند عمومی
۳۷	۲-۵-۳-۵- بهینه سازی ترکیب سل
۳۸	۲-۶-۱- نتایج و بحث
۳۸	۲-۶-۱- بررسی ویژگیهای طیفی حسگر
۴۰	۲-۶-۲- عملکرد تجزیه ای
۴۱	۲-۶-۲-۱- محدوده پاسخ حسگر نوری
۴۲	۲-۶-۲-۲- برگشت پذیری و تکرارپذیری حسگر
۴۳	۲-۶-۲-۳- زمان پاسخ
۴۴	۲-۶-۲-۴- اثر غلظت شناساگر
۴۵	۲-۶-۲-۵- گزینش پذیری
۴۶	۲-۶-۲-۶- پایداری و طول عمر
۴۶	۲-۶-۲-۷- اثر قدرت یونی
۴۷	۲-۶-۲-۸- تجزیه نمونه های حقیقی
۴۸	۲-۷- نتیجه گیری
۵۰	فهرست منابع

بخش دوم - فصل اول

۵۷	۱-۱- مقدمه
۵۸	۲-۱- ولتامتری
۵۹	۱-۲-۱- فرآیندهای الکتروشیمیایی در سطح الکتروود
۵۹	۲-۲-۱- حرکت ذرات در یک محلول
۶۱	۳-۲-۱- الکتروولیت حامل
۶۲	۴-۲-۱- جریان فارادای و جریان خازنی
۶۳	۵-۲-۱- لایه نفوذ
۶۵	۶-۲-۱- تکنیک‌های ولتامتری
۶۵	۱-۶-۲-۱- ولتامتری روبش خطی
۶۶	۲-۶-۲-۱- ولتامتری چرخه ای
۶۷	۳-۶-۲-۱- ولتامتری پلکانی
۶۸	۴-۶-۲-۱- ولتامتری پالس تفاضلی
۶۹	۵-۶-۲-۱- ولتامتری موج مربعی
۷۰	۶-۶-۲-۱- ولتامتری هیدرودینامیک
۷۱	۷-۶-۲-۱- ولتامتری عاری سازی
۷۲	۱-۷-۶-۲-۱- ولتامتری عاری سازی آندی
۷۳	۲-۷-۶-۲-۱- ولتامتری عاری سازی کاتدی
۷۳	۳-۷-۶-۲-۱- ولتامتری عاری سازی جذب سطحی
۷۳	۸-۶-۲-۱- تکنیک‌های پلاروگرافی
۷۵	۷-۲-۱- کاربرد ولتامتری
۷۶	۳-۱- پتانسیومتری
۷۷	۴-۱- الکتروودهای مورد استفاده در الکتروشیمی
۷۷	۱-۴-۱- الکتروود مرجع

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷۷	۱-۴-۲- الکتروود کمکی
۷۸	۱-۴-۳- الکتروود کار
۷۸	۱-۵-۵- سنسورهای پتانسیومتری
۷۹	۱-۵-۱- الکتروود با غشاء شیشه
۸۰	۱-۵-۲- الکتروود با غشاء مبادله کننده مایع
۸۰	۱-۵-۳- الکتروود با غشاء جامد
۸۱	۱-۳-۵-۱- الکتروود کربن شیشه ای
۸۱	۱-۳-۵-۲- الکتروود گرافیت پیرولیتیک
۸۱	۱-۳-۵-۳- الکتروود کربن سرامیکی
۸۲	۱-۳-۵-۴- الکتروود فیبر کربن
۸۲	۱-۳-۵-۵- الکتروود نانو لوله کربنی
۸۴	۱-۳-۵-۶- الکتروود خمیر کربن
۸۶	۱-۳-۵-۶-۱- الکتروودهای اصلاح یافته شیمیایی
۸۷	۱-۶-۱- اهمیت آلومینیوم
۸۹	۱-۷-۱- اهمیت ترکیبات آنتراکینونی
<b>بخش دوم - فصل دوم</b>	
۹۲	۲-۱-۱- معرف ها و مواد شیمیایی
۹۲	۲-۲-۱- ابزارها و دستگاهها
۹۳	۲-۳-۱- بررسی اسپکتروفتومتری لیگاند
۹۴	۲-۳-۱- تعیین نسبت مولی آلومینیوم با لیگاند
۹۵	۲-۴-۱- بررسی ولتامتری چرخه ای
۹۵	۲-۴-۱-۱- بررسی ولتامتری چرخه ای لیگاند
۹۷	۲-۴-۲- بررسی ولتامتری چرخه ای لیگاند با آلومینیوم
۹۹	۲-۵-۱- بررسی ولتامتری موج مربعی



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۹	۱-۵-۲- بررسی ولتامتری موج مربعی آلومینیوم
۱۰۰	۲-۵-۲- بررسی ولتامتری موج مربعی کمپلکس آلومینیوم با لیگاند
۱۰۲	۳-۵-۲- محاسبه نسبت مولی آلومینیوم با لیگاند با استفاده از ولتامتری موج مربعی
۱۰۳	۶-۲- ولتامتری پالس تفاضلی
۱۰۳	۱-۶-۲- ولتامتری پالس تفاضلی کمپلکس آلومینیوم با لیگاند
۱۰۵	۲-۶-۲- محاسبه استوکیومتری با استفاده از روش نسبت های مولی
۱۰۶	۷-۲- نتیجه گیری
	<b>بخش دوم - فصل سوم</b>
۱۰۸	۱-۳- معرفیها و مواد شیمیایی
۱۰۸	۲-۳- ابزارها و دستگاهها
۱۰۹	۳-۳- ساخت الکتروود خمیر کربن و مطالعات پتانسیومتری
۱۰۹	۱-۳-۳- تهیه الکتروود خمیر کربن
۱۰۹	۲-۳-۳- بهینه سازی ترکیب الکتروود
۱۱۰	۳-۳-۳- ویژگیهای پاسخ
۱۱۰	۱-۳-۳-۳- تاثیر pH
۱۱۱	۲-۳-۳-۳- محدوده پاسخ
۱۱۲	۳-۳-۳-۳- زمان پاسخ
۱۱۳	۴-۳-۳-۳- گزینش پذیری
۱۱۴	۵-۳-۳-۳- برگشت پذیری
۱۱۵	۶-۳-۳-۳- پایداری وزمان عمر
۱۱۶	۴-۳-۳- کاربرد الکتروود
۱۱۷	۴-۳- بررسی ولتامتری الکتروود پیشنهادی
۱۱۷	۱-۴-۳- بررسی ولتامتری چرخه ای الکتروود
۱۱۹	۲-۴-۳- بررسی ولتامتری چرخه ای الکتروود با آلومینیوم

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۲۱	۳-۴-۳- ولتامتری موج مربعی الکتروود
۱۲۲	۳-۴-۴- ولتامتری موج مربعی الکتروود با آلومینیوم
۱۲۴	۳-۴-۵- تعیین محدوده پاسخ از داده های موج مربعی
۱۲۵	۳-۵- نتیجه گیری
۱۲۷	فهرست منابع

**بخش اول - فصل دوم**

۳۸	جدول (۱-۲): بهینه سازی ترکیب غشاء
۴۶	جدول (۲-۲): بررسی طول عمر حسگر نوری
۴۷	جدول (۳-۲): نتایج به دست آمده از بررسی قدرت یونی
۴۷	جدول (۴-۲): تجزیه نمونه های حقیقی

**بخش دوم - فصل اول**

۷۵	جدول (۱-۱): گروههای عاملی اصلی آلی قابل شناسایی با تکنیک های ولتامتری
----	---

**بخش دوم - فصل دوم**

۹۵	جدول (۱-۲): پارامترهای ولتامتری چرخه ای لیگاند در حلال DMF
۹۷	جدول (۲-۲): پارامترهای ولتامتری چرخه ای مخلوط لیگاند و آلومینیوم
۹۹	جدول (۳-۲): پارامترهای مربوط به ولتامتری موج مربعی
۱۰۳	جدول (۴-۲): پارامترهای مربوط به ولتامتری پالس تفاضلی

**بخش دوم - فصل سوم**

۱۱۰	جدول (۱-۳): بهینه سازی ترکیب غشا
۱۱۶	جدول (۲-۳): اندازه گیری غلظت آلومینیوم در نمونه های حقیقی
۱۱۷	جدول (۳-۳): پارامترهای ولتامتری چرخه ای الکتروود در محلول آبی
۱۱۹	جدول (۴-۳): پارامترهای ولتامتری چرخه ای الکتروود با آلومینیوم
۱۲۱	جدول (۵-۳): پارامترهای مربوط به ولتامتری موج مربعی

### بخش اول - فصل اول

- شکل (۱-۱): دو نمونه حلال پلیمری مورد استفاده در حسگرهای شیمیایی ۷
- شکل (۲-۱): دو نمونه از پلیمرهای چربی دوست مورد استفاده در حسگرهای شیمیایی ۹
- شکل (۳-۱): دو نمونه از پلیمرهای آب دوست مورد استفاده در حسگرهای شیمیایی ۱۰
- شکل (۴-۱): نمونه ای از پلیمر یونی مورد استفاده در حسگرهای شیمیایی ۱۰
- شکل (۵-۱): نمایی از تکنولوژی سل-ژل برای تهیه محصولات مختلف ۱۵
- شکل (۶-۱): واکنش های سل-ژل ۱۶
- شکل (۷-۱): نمودار واکنش سرعت pH برای هیدرولیز در محلول های آبی ۱۸
- شکل (۸-۱): نمایی شماتیک از زمینه اولیه شبکه ژل در نتیجه واکنش های کاتالیز شده ۲۰
- شکل (۹-۱): شمایی از فرایند پوشش دار کردن در اثر فرو بردن ۲۳
- شکل (۱۰-۱): شمایی از مراحل فرایند پوشش دادن در اثر چرخش ۲۴

### بخش اول - فصل دوم

- شکل (۱-۲): ساختار شیمیایی لیگاند ۳۵
- شکل (۲-۲): طیف جذبی شناساگر تثبیت شده در نتیجه تغییرات pH بافر سیترات ۳۹
- شکل (۳-۲): طیف جذبی محلول شناساگر در نتیجه تغییرات pH بافر سیترات ۴۰
- شکل (۴-۲): منحنی محدوده پاسخ حسگر ۴۱
- شکل (۵-۲): نمودار برگشت پذیری حسگر نوری ۴۲
- شکل (۶-۲): زمان پاسخ حسگر نوری ۴۳
- شکل (۷-۲): اثر غلظت شناساگر بر میزان جذب حسگر ۴۴
- شکل (۸-۲): منحنی کالیبراسیون حسگر مورد نظر نسبت به کاتیون های مختلف ۴۵

### بخش دوم - فصل دوم

- شکل (۱-۱): همرفت در یک محلول در حال چرخش ۶۰
- شکل (۲-۱): مهاجرت در یک محلول ساکن ۶۰
- شکل (۳-۱): نفوذ در یک محلول ساکن ۶۱
- شکل (۴-۱): لایه دو گانه الکتریکی ۶۳

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۶۴	شکل (۵-۱): لایه نفوذ
۶۵	شکل (۶-۱): فرایند احیاء در طی روبش پتانسیل
۶۶	شکل (۷-۱): ولتامتری روبش خطی
۶۷	شکل (۸-۱): ولتاموگرامهای چرخه ای
۶۸	شکل (۹-۱): ولتامتری پلکانی
۶۹	شکل (۱۰-۱): ولتامتری پالس تفاضلی
۷۰	شکل (۱۱-۱): ولتامتری موج مربعی
۷۱	شکل (۱۲-۱): الکتروود چرخان
۷۴	شکل (۱۳-۱): الکتروود قطره جیوه کلاسیکی
۹۰	شکل (۱۴-۱): ساختار شیمیایی مشتقات آنترآکینونی
۹۰	شکل (۱۵-۱): ساختار شیمیایی لیگاند ۱-آمینوآنترآکینون
<b>بخش دوم - فصل دوم</b>	
۹۳	شکل (۱-۲): طیف جذبی تیتراسیون محلول AAQ با AI در حلال DMF
۹۴	شکل (۲-۲): تعیین نسبت استوکیومتری
۹۶	شکل (۳-۲): ولتامتری چرخه ای لیگاند
۹۸	شکل (۴-۲): ولتامتری چرخه ای مخلوط لیگاند با آلومینیوم
۱۰۰	شکل (۵-۲): ولتامتری موج مربعی محلول آلومینیوم
۱۰۱	شکل (۶-۲): ولتامتری موج مربعی حاصل از تیتراسیون آلومینیوم با لیگاند
۱۰۲	شکل (۷-۲): نمودار نسبت استوکیومتری فلز آلومینیوم با لیگاند
۱۰۴	شکل (۸-۲): ولتامتری پالس تفاضلی حاصل از تیتراسیون آلومینیوم با لیگاند
۱۰۵	شکل (۹-۲): تعیین نسبت استوکیومتری با استفاده از روش نسبت های مولی
<b>بخش سوم - فصل سوم</b>	
۱۱۱	شکل (۱-۳): اثر pH محلول آزمایش بر روی پاسخ پتانسیل الکتروود
۱۱۲	شکل (۲-۳): منحنی پاسخ الکتروود مورد نظر نسبت به AI

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۱۱۳	شکل (۳-۳): تعیین زمان پاسخ عملی
۱۱۴	شکل (۴-۳): منحنی کالیبراسیون الکتروود مورد نظر نسبت به کاتیون های مختلف
۱۱۵	شکل (۵-۳): نمودار برگشت پذیری الکتروود
۱۱۸	شکل (۶-۳): ولتامتری چرخه ای الکتروود در محلول آبی
۱۲۰	شکل (۷-۳): ولتامتری چرخه ای الکتروود در حضور نیترات پتاسیم با محلولی از آلومینیوم
۱۲۲	شکل (۸-۳): ولتامتری موج مربعی الکتروود
۱۲۳	شکل (۹-۳): ولتاموگرام موج مربعی در اثر افزودن آلومینیوم
۱۲۴	شکل (۱۰-۳): محدوده پاسخ الکتروود مورد نظر به آلومینیوم از داده های موج مربعی

## ۱-۱- مقدمه

حسگرهای شیمیایی<sup>۱</sup> کمک زیادی در شناسایی و اندازه گیری مواد و اجزای سازنده آن ها فراهم آورده است. حسگر های شیمیایی زیادی برای استفاده در صنعت و سیستم های بیولوژیکی و ... تولید شده است که روز به روز بر کاربرد و توسعه آن ها افزوده می شود. حسگرهای شیمیایی گزینه های مناسبی در به دست آوردن اطلاعات شیمیایی صحیح و قابل اعتماد هستند، به ویژه در مواردی که نیاز به اندازه گیری سریع است و نیز زمانی که بخواهیم چند آنالیت را به طور همزمان اندازه گیری کنیم. با ایجاد تغییراتی در طراحی ساختار یک حسگر شیمیایی می توان کارایی آن را برای کاربردهای مختلف بهبود بخشید. طبق اعلامیه آیوپاک عبارت حسگر شیمیایی به ابزاری اطلاق می شود که اطلاعات شیمیایی را به علائم مفید تبدیل می کند [۱].

یک حسگر ایده ال باید دارای مشخصات زیر باشد [۲]:

۱- سیگنال خروجی آن متناسب با میزان آنالیت موجود در نمونه باشد.

۲- پاسخ آن سریع باشد.

۳- نسبت سیگنال به نوفه آن خوب باشد.

۴- گزینش پذیری و حساسیت بالایی داشته باشد.

---

۱- Chemical Sensors

حسگرهای نوری<sup>۱</sup> جزو حسگرهای شیمیایی هستند و با نام اُپتد یا اپتروُد<sup>۲</sup> معروف هستند و از سال ۱۹۷۰ توجه زیادی را به خود جلب کرده اند [۳]. اصطلاح اپتد نشان دهنده ترکیب اندازه گیری های نوری همراه با ترتیب و اجرا، مشابه الکتروُد می باشند، که در آن ها اندازه گیری های شیمیایی و بیوشیمیایی بر اساس بر همکنش نور با یک محیط شیمیایی یا بیوشیمیایی و تبدیل سیگنال های نوری به سیگنال های الکتریکی صورت می گیرد. در سال های اخیر نیاز به ساخت سنسور شیمیایی برای اندازه گیری سریع و اقتصادی نمونه های محیطی به ویژه برای یون های فلزات سنگین باعث توسعه این حسگرها شده است. این حسگرها مزایایی چون گزینش پذیری بالا، ساخت با اندازه کوچک، حد تشخیص پایین، طول عمر بالا و توانایی تولید با قیمت پایین را دارا می باشند. از دیگر مزایای این سنسورها این است که مزاحمت الکتریکی در آن ها نفوذ ندارد که علت آن هم نداشتن اتصالات الکتریکی است [۳-۵]. یکی از دلایل پیشرفت اُپتد در طول ده سال اخیر، این بوده است که این حسگرها می توانند بدون تغییر ساختار شیمیایی نمونه مورد استفاده قرار گیرند [۶-۸]. هم اکنون اُپتدها برای اندازه گیری شیمیایی و بیوشیمیایی آنالیت ها در نمونه های محیطی، کنترل فرایندهای شیمیایی، صنعتی، زیست- فناوری، داروسازی و بسیاری از موارد دیگر، توسعه یافته و به کار گرفته شده اند. توسعه موارد جدید و طراحی اُپتد به طور پیوسته ای حوزه کاربرد اُپتدها را افزایش داده است. در طراحی حسگرهای نوری، تثبیت عامل ایجاد سیگنال با روش های فیزیکی (جذب، سل ژل و غیره) و یا روش های شیمیایی (پیوند کووالانسی) انجام می شود [۹]. پاسخ حسگرهای نوری ممکن است یک پدیده سطحی باشد (حسگر- های نوری سطحی) یا مربوط به تغییرات غلظت در داخل توده فاز مجزا (حسگر های نوری توده) باشد [۱۰-۱۱]. در هر دو حالت، غشاهای آب دوست و یا فیلم های آبگریز به عنوان بستر<sup>۳</sup> استفاده می شوند. در حسگر نوری سطحی، اغلب گروه تشکیل دهنده براساس پلی آکریل آمید یا دیگر هیدروژل ها می باشد که استفاده از مشتقات شناساگرهای قابل حل در آب را امکان پذیر می سازد. در حالی که حسگر

۱- Optical Sensor

۲- Optrode

۳- Matrix



دوم براساس پلی وینیل کلرید<sup>۱</sup> یا پلیمرهای مشابه است و گزینش پذیری بالایی را در گونه های چربی دوست نشان می دهد.

## ۱-۲-۱- اجزای اصلی تشکیل دهنده حسگر نوری

اجزای اصلی تشکیل دهنده حسگر نوری شامل حامل یون<sup>۲</sup>، افزودنی های یونی<sup>۳</sup>، حلال پلیمر<sup>۴</sup> و بافت پلیمری<sup>۵</sup> می باشند که به اختصار مورد بررسی قرار می گیرند:

### ۱-۲-۱-۱- حامل یون

مهم ترین بخش یک غشاء یون گزین، که در واقع بخش اصلی تولید علامت نوری در حسگر می باشد، یک عامل کمپلکس دهنده غیر قابل حل در آب است که به صورت برگشت پذیر با یون های مورد نظر بر هم کنش دارد و یونفور نامیده می شود.

مبنای انتخاب یک گونه حامل یون مناسب برای تهیه غشاء های یون گزین عبارتند از [۱۲]:

۱- توانایی تشکیل کمپلکس گزینشی با یون اصلی

۲- عدم پاسخ به سایر کاتیون ها و آنیون ها

۳- چربی دوستی بالا

۴- مناسب بودن یون گزین از نظر اندازه

۵- مناسب بودن ثابت پایداری کمپلکس

۶- انحلال پذیری حداقل در محیط های آبی

۱- Poly vinyl choloride

۴- Plasticizer

۲- Ionophore

۵- Polymer Matrix

۳- Ionic additive

برای افزایش گزینش پذیری و داشتن حداکثر حساسیت، باید گروه های قطبی در ساختمان گونه های یون گزین وجود داشته باشد و آرایش آن ها طوری باشد تا برهم کنش های قوی با یون اصلی داشته باشند [۱۳].

### ۱-۲-۲- افزودنی های یونی

نفوذ پذیری انتخابی نسبت به یون اصلی و جلوگیری از نفوذ مقادیر قابل توجه از یون های همراه به طرف غشاء، یکی از ویژگی ها و نیاز اصلی برای ایجاد پاسخ در غشاهای یون گزین می باشد که با افزودن نمک های چربی دوست به دست می آید [۱۴]. اضافه کردن یک نمک چربی دوست، به دلایل زیر لازم و ضروری است:

۱- کاهش مزاحمت یون مخالف (نفوذ انتخابی)

۲- کاهش مقاومت الکتریکی غشاء

۳- بهبود گزینش پذیری

۴- افزایش حساسیت در مواردی که توانایی استخراج ضعیف است

۵- کاتالیز کردن سرعت تبادل یون در مرز تماس محلول- غشاء

مشتقات متفاوت تترافنیل بورات به عنوان افزودنی های یونی به کار می روند. اما متأسفانه پایداری شیمیایی آن ها خصوصاً در حضور اسیدها، اکسیدانت ها و نور محدود است و به علت حمله به فنیل، تجزیه آن ها اتفاق می افتد. پایداری آن ها با استخلاف های الکترون کشنده افزایش می یابد. نمک های چربی دوست مانند تری دودسیل متیل آمونیم کلرید بعنوان افزودنی های کاتیونی مناسب اند و از نشت افزودنی های یونی، با ایجاد پیوند کووالانسی با شبکه پلیمری، جلوگیری به عمل می آورد.

### ۱-۲-۳- حلال پلیمر

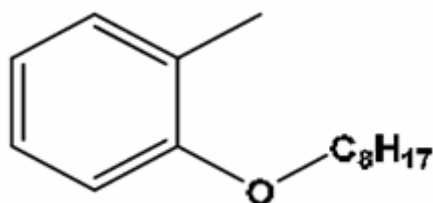
بیشتر حسگرهای حاوی PVC حاوی نرم کننده یا حلال پلیمر می باشند تا انعطاف پذیری و نرمی غشاء افزایش پیدا کند و در نتیجه غشاء دارای خاصیت فیزیکی مناسب شود. نرم کننده ها اغلب دمای

جوش بالایی دارند که دمای انتقال شیشه پلیمرها<sup>۱</sup> (که در آن پلیمر از حالت ترد و شکننده به حالت انعطاف پذیر تغییر می کند) را کاهش می دهند.

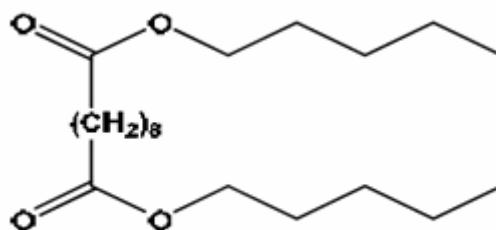
یک نرم کننده در غشا باید دارای خصوصیات زیر باشد [۱۵]:

- ۱- چربی دوستی بالا
- ۲- حلالیت بالا در غشای پلیمری
- ۳- عدم ترشح و نشت از غشاء
- ۴- فراهم نمودن شرایط برای گزینش پذیری بالا
- ۵- ثابت دی الکتریک بالا

نرم کننده ها بایستی فاقد گروه های عاملی فعال باشند تا نتوانند با حامل، برای برهمکنش با یون مورد نظر رقابت کنند [۱۵]. هرچه در ساختمان نرم کننده، گروه عاملی که بتواند با یون گزین رقابت کند وجود نداشته باشد گزینش پذیری بالاتر است [۱۶].



CPOE<sup>۲</sup>



DBS<sup>۳</sup>

شکل (۱-۱): دو نمونه حلال پلیمری (نرم کننده) مورد استفاده در حسگرهای شیمیایی [۱۷]

۱- Temperature Glass ( $T_g$ )  
 ۲- ۱-methyl-۲-(octyloxy)benzene  
 ۳- dipentyl decanedioate

## ۱-۲-۴- بافت های پلیمری

تاکنون پلیمرهای زیادی به عنوان بافت پلیمری حسگر نوری مورد استفاده قرار گرفته اند. این مواد به عنوان بستر جامد برای تثبیت شناساگرها استفاده می شوند و نیز بر نفوذ گزینش پذیرگونه ها اثر می- گذارند. مبنای انتخاب یک پلیمر به عنوان بافت پلیمری استاندارد برای حسگر، دمای انتقال شیشه ای آن می باشد که بایستی پایین تر از دمای اتاق باشد [۱۹-۱۸].

مزایای بافت های پلیمری در حسگرهای مختلف عبارتند از [۲۰]:

- ۱- ثابت نگه داشتن شناساگر شیمیایی (بدون نشت در نمونه)
- ۲- حل کردن شناساگر شیمیایی (به عنوان حلال برای فرآیندهای شیمیایی)
- ۳- تأثیر جدی برگزینش پذیری و حساسیت
- ۴- پایداری مکانیکی
- ۵- امکان ایجاد نیمه تراوایی (مثلاً غیر تراوایی برای یونها اما تراوایی برای گازها)
- ۶- پایداری در دماهای بالا
- ۷- پایداری و شفافیت در برابر نور
- ۸- پایداری شیمیایی

## ۱-۲-۴-۱- انواع پلیمرهای استفاده شده در حسگرها :

- ۱- پلیمرهای چربی دوست
- ۲- پلیمرهای آبدوست
- ۳- پلیمرهای یونی
- ۴- پلیمرهای قالب مولکولی
- ۵- پلیمرهای سل-ژل