بسم الله الرحمن الرحیم

**دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی**

**دانشکده علوم پایه ، گروه شیمی**

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد(M.Sc)

**گرایش :** شیمی تجزیه

**عنوان :**

# طراحی و ساخت الکترود یون گزین هولمیوم بر اساس یونوفر خنثی 3-[(pyridine -2- ylmethylene)-amino]-2-thioxo-4-one

**استاد راهنما:**

دکتر هایده باقری صادقی

**استاد مشاور:**

دکتر عاطفه تمدن

**پژوهشگر:**

سمیه ملائی

زمستان۸۹ ۱۳

# ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

# TEHRAN BRANCH

Faculty od Scince-Department of Chemistry

(M.Sc)Thesis

On Analytical

**Subject:**

# PVC Membrane Potentiometric Sensor Based on a New Schiff Base for Determination of $Ho^{3+}$

**Thesis Advisor:**

Hayedeh Bagheri Sadeghi Ph.D

**Consulting Advisor:**

Atefe Tamadon

**By**:

Somayeh Mollaei

Winter 2011

## سپاسگزاری :

فرض بود بر همه شکر و سپاس
شکر و سپاسی نه به حد قیاس
شکر و سپاسی که خدا را سزد
خالق ما، رازق ما را سزد

با سپاس ازسه وجود مقدس:
آنان که ناتوان شدند تا ما به توانايي برسيم...
موهايشان سپيد شد تا ماروسفيد شويم...
و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان
مادرانمان
استادانمان

با سپاس فراوان از راهنمايی هاي استادان ارجمندم سرکار خانم دکتر باقري صادقی و سرکار خانم دکتر عاطفه تمدن که مشاورت آنها راه گشاي مشکلات من بود.

**تقدیم به:**

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید
و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

**فهرست**

چکیده

عنوان ..... صفحه

**فصل اول:مقدمه ای بر الکترود های یون گزین**

۱-۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۲- طبقه بندی الکترود های یون گزین ..... ۲

۱-۲-۱- الکترود هایی با غشاء شیشه ای ..... ۲

۱-۲-۲- الکترود هایی با غشاء مبادله کننده مایع ..... ٤

۱-۲-۳- الکترود هایی با غشاء حالت جامد ..... ٥

۱-۲-٤- الکترود هایی با غشاء حساس به گاز ..... ۷

۱-۲-٥- الکترود های آنزیمی ..... ۸

**فصل دوم:ویژگی های الکترود های یون گزین**

۲-۱- مکانیزم پاسخ دهی ..... ۹

۲-۲- گزینش پذیری ..... ۱۲

۲-۲-۱- گزینش پذیری نیکولسکی آیزمن ..... ۱۲

۲-۲-۲- گزینش پذیری نوین ..... ۱۴

۲-۳- روش های تعیین ضرایب گزینش پذیری ..... ۱٤

۲-۳-۱- روش محلول مجزا(SSM) ..... ۱٥

۲-۳-۲- روش مزاحمت ثابت(FIM) ..... ۱۷

۲-۳-۳- روش یون اصلی ثابت(FPM) ..... ۱۸

۲-۳-٤- روش محلول مختلط (MSM) ..... ۱۸

۲-۳-۵- روش پتانسیل همتا شده(MPM) ..... ۱۹
۲-۳-٦- ضرایب گزینش پذیری بی انحراف..... ۲۱
۲-٤- حد تشخیص ..... ۲۳
۲-٥- گستره اندازه گیری ..... ۲٥
۲-٦- زمان پاسخ دهی ..... ۲۷
۲-۷- برگشت پذیری الکترود های یون گزین ..... ۳۰
۲-۸- سایر ویژگی ها .....
۲-۸-۱- محدوده pH الکترود ..... ۳۲
۲-۸-۲- طول عمر غشاء ..... ۳۲

**فصل سوم:اجزای سازنده و کاربرد الکترود های یون گزین**

۳-۱- اجزای سازنده غشاهای یون یون گزین ..... ۳٤
۳ -۱-۱- یونوفر ..... ۳٤
۳-۱-۲- پیکره پلیمری(ماتریس پلیمری) ..... ۳۹
۳-۱-۳- حلال غشاء(پلاستی سایزر) ..... ٤۰
۳-۱-٤-افزودنی های یونی ..... ٤۲
۳-۲- مروری بر تاریخچه استفاده از الکترود های غشایی یون گزین ..... ٤۳

**فصل چهارم:بخش تجربی**

٤-۱- مقدمه ..... ٤۸
٤-۲- تاریخچه روش های مختلف اندازه گیری هولمیوم ..... ٥۰
٤-۳- مواد ..... ٥۲
٤-٤- وسایل مورد استفاده ..... ٥۳
٤-٥- تهیه غشاء الکترود ..... ٥۳

٤-٦- اندازه گیری EMF ..... ٥٣
٤-٧- آزمایش های اولیه ..... ٥٤
٤-٧-١- دست یابی به شرایط بهینه و بحث در موردآن .....
٤-٧-١-١- تاثیر ترکیب درصد غشاء بر پاسخ الکترود ..... ٥٥
٤-٧-١-٢- تاثیر pH بر پاسخ الکترود ..... ٥٦
٤-٧-١-٣- زمان پاسخ دهی و طول عمر الکترود ..... ٥٨
٤-٧-١-٤- منحنی کالیبراسیون ..... ٥٩
٤-٧-١-٥- گزینش پذیری الکترود ..... ٦٠
٤-٧-٢- کاربرد های تجزیه ای .....
٤-٧-٢-١- تعیین فلوراید دهان شویه ..... ٦١
٤-٧-٢-٢- تعیین یون هولمیوم در نمونه های آب ..... ٦٣
٤-٧-٢-٣- اندازه گیری مستقیم Ho(III) در مخلوط های دو تایی ..... ٦٤
٤-٨- مقایسه و نتیجه گیری .....
٤-٨-١- مقایسه با الکترود های طراحی شده اخیر ..... ٦٥
٤-٨-٢- نتیجه گیری ..... ٦٦
فهرست منابع ..... ٦٧

## فهرست جدول ها

عنوان ..... صفحه

جدول۲-۱- ضرایب گزینش پذیری بدست آمده از تمامی روش ها ..... ۲۲

جدول۳-۱- الکترودهای ساخته شده اخیر برای برخی از کاتیون های قلیایی- قلیایی خاکی و عناصر واسطه ..... ٤٥

جدول ۳-۲- الکترودهای ساخته شده اخیر برای برخی از لانتانید ها ..... ٤٧

جدول٤-۱- بهینه کردن اجزاء مختلف غشاء ..... ٥٦

جدول٤-۲- ضرایب گزینش پذیري الکترود طراحي شده ..... ٦١

جدول٤-۳- نتایج تعیین فلوراید در دهان شویه ..... ٦٣

جدول٤-٤- تعیین یون هولمیوم در نمونه های آب ..... ٦٣

جدول٤-٥- تعیین یون هولمیوم در مخلوط های دو تایی ..... ٦٤

جدول٤-٦ - مقایسه الکترودهای ساخته شده اخیر با الکترود طراحي شده هولمیوم ..... ٦٥

## فهرست شکل ها

عنوان ..... صفحه

شکل۱-۱- ساختار دو نمونه از الکترود های شیشه ای حساس به $H^+$ ..... ۳

شکل۱-۲- الکترود غشایی مبادله کننده مایع ..... ۵

شکل۱-۳- طرحی از الکترود یون گزین فلورید ..... ٦

شکل۱-٤- طرحی از الکترود حساس به گاز $CO_2$ ..... ۷

شکل۱-٥-الکترود آنزیمی حساس به اوره ..... ۸

شکل۲-۱- تعیین ضرایب گزینش پذیری به روش محلول مجزا ..... ۱٥

شکل۲-۲- تعیین ضرایب گزینش پذیری و به روش مزاحمت ثابت ..... ۱۷

شکل۲-۳- تعیین ضرایب گزینش پذیری به روش پتانسیل همتا شده ..... ۱۹

شکل۲-٤- نحوه محاسبه حد تشخیص بالا و پائین برای یک الکترود یون گزین طبق توصیه IUPAC ..... ۲٤

شکل۲-٥- گستره اندازه گیری یک الکترود یون گزین ..... ۲٦

شکل۲-٦- منحنی اندازه گیری زمان پاسخ دهی به روش ایستا(استاتیک) ..... ۲۸

شکل۲-۷- منحنی اندازه گیری زمان پاسخ دهی به روش پویا(دینامیک) ..... ۲۹

شکل۲-۸- منحنی برگشت پذیری رفتار یک الکترود یون گزین به روش High to Low- Low to High ..... ۳۱

شکل ٤-۱- ساختار یونوفر (PMAT) ..... ٥۱

شکل٤-۲- طیفهای منطبق شده که در گستره طول موج های 250-400nm گرفته شده است ..... ٥٥

شکل٤-۳- منحني تغییرات پاسخ الکترود بر حسب تغییرات pH ..... ٥۷

شکل٤-٤- منحني پاسخ ديناميكي الكترود به تغييرات غلظتي ..... ٥٨
شکل٤-٥- منحنی اندازه گیری زمان پاسخ دهی به روش ایستا(استاتیک) ..... ٥٩
شکل٤-٦- نمودار کالیبراسیون یون هولمیوم ..... ٦٠
شکل ٤-٧- منحنی تیتراسیون پتانسیومتری محلول دهان شویه باهولمیوم $^{3-}$١٠×١ مولار .. ٦١

**چكيده:**

اين پايان نامه برمبنای طراحي و ساخت سنسور يون گزين پتانسيومتري،براي اندازهگيري يون Ho(III) بر پايه يونوفرخنثی

3-[(pyridine 2-- ylmethylene)-amino]-2-thioxo-4-one ارائه شده است.

اين الكترودغشايي از پلي وينيل كلرايد(PVC) يك شيف باز (PMAT) به عنوان حامل خنثي، پتاسيم تتراكيس(۴-كلرو فنيل)بورات (KTpCIPB) به عنوان افزودنی يونی و دی بوتيل فتالات (DBP)به عنوان پلاستي سايز طراحي و ساخته شد.غشاي الكترود پاسخ خطي نسبت به Ho(III)درمحدوده غلظت هاي$^{-۲}$۱۰×۱ –$^{-۶}$۱۰×۱ مولار از خود نشان می دهد و دارای حد تشخيص $^{-۷}$۱۰×۷/۰ مولار

می باشد، تأثيرات تركيب غشا و pH روي پاسخ پتاسيومتري حسگر بررسي شده است.اين سنسور در محدوده غلظتي$^{-۲}$۱۰×۱ –$^{-۶}$۱۰×۱ مولار از هولميوم يك پاسخ نرنستي برابر ۰/۴ ± ۲۱/۰ ميلي ولت از خود نشان می دهد.اين پاسخ در محدوده pH، ۴تا ۷/۵ تقريبا ثابت است.

زمان پاسخ دهي الكترود در حدود ۱۰ ثانيه مي‌باشد. سنسور مورد نظر مي‌تواند بدون تغيير قابل توجه در پتانسيل به مدت ۴ هفته مورد استفاده قرارگيرد.

ضرايب گزينش پذيری با استفاده از روش پتانسيل همتا شده بدست آمده است و نتايج بدست آمده از اين روش نشان می دهد مزاحمت ناچيز است. در حضور چندين يون فلزي حسگر گزينش پذيري خوبي نسبت به يون هولميوم ( III) نشان مي‌دهد.

هم چنين حسگر مورد نظر به منظور اندازه گيری فلوئورايد در يک نمونه دهان شويه نيز مورد استفاده قرار گرفته و نتايج قابل قبولی ارائه داده است.سنسور Ho(III) مورد نظر در شرايط آزمايشگاهي به خوبي قابل استفاده است.

# فصل اول

# مقدمه ای بر الکترود های یون گزین

فصل اول

مقدمه ای بر الکترود های یون گزین

**۱ - مقدمه:**

پتانسیومتری یکی از ساده ترین روش های دستگاهی است. سادگی بنیادین آن به این معنا نیست که کاربردهای این روش محدود می باشد.حسگرهای پتانسیومتری فرصت بسیار خوبی را برای انجام آنالیزهای صنعتی،زیست محیطی و زیست پزشکی فراهم می کنند.

به طور ویژه الکترودهای یون گزین دامنه کاربرد پتانسیومتری را به شدت گسترش داده اند.یک الکترود یون گزین ایده آل شامل یک عملیات تک مرحله ای ساده است که نیاز به دستگاه پیچیده ای نداشته،سریع بوده و نیاز به مراحل آماده سازی فاز آبی نداشته یا به میزان اندکی به این مراحل نیاز دارد.و در عین حال از دقت ،حساسیت ،حد تشخیص و گزینش پذیری مناسبی بر خوردار می باشد [۱,۲]که می توان از این روش به راحتی برای تجزیه یک نمونه خاص استفاده کرد.

همچنین الکترود یون گزین (ISE)[۱] به عنوان الکترود یون خاص (SIE)[۲] نیز شناخته می شود که مبدل یا سنسوری می باشد که فعالیت یون خاصی در محلول را تبدیل به پتانسیل الکتریکی می کند که می تواند توسط ولت متر یاpH متر اندازه گیری شود.ولتاژ تئوری بر اساس معادله نرنست بستگی به فعالیت لگاریتمی یون مورد نظر دارد.بخش سنجشی الکترود معمولا از یک غشاء (یونی گزین) همراه با یک الکترود مرجع ساخته می شود.

الکترودهای یون گزین دسته ای متدوال از الکترود های شناساگر هستند که در شیمی تجزیه، تحقیقات بیوشیمیایی و بیوفیزیکی نیزاستفاده می شوند،این الکترودها شامل یک پروب می باشند که یون های خاص و گازهای موجود در محلول ها را اندازه گیری می کند. استفاده از این الکترودها از نظر زیست محیطی دارای چندین مزیت نسبت به سایر روش های تجزیه ای می باشد ،اولین مزیت ، هزینه راه اندازی نسبتا کم این روش می باشد،که راه اندازی اولیه شامل، پتانسیومتر متر(که قادر به خواندن میلی ولت است)، پروب(ردیابی که برای هر آنالیت به طور جداگانه انتخاب می شود)و مواد مصرفی مختلف برای تنظیم pH یا قدرت یونی می باشدو به طور قابل ملاحظه ای هزینه ای کمتراز سایر روش ها مانند اسپکتروفوتومتر جذب اتمی یا کروماتوگرافی یونی دارا است.

سنسورهای الکترو شیمیایی رشد بسیار وسیعی در شیمی تجزیه داشته اند.یک سنسور مناسب وسیله ای است که بتواند پاسخ گزینش پذیری نسبت به تغییر غلظت گونه خاص از خود نشان دهد.

---

[۱] .Ion selective electrode

[۲] . selective Ion electrode

**۱-۲-طبقه بندی الکترود های غشایی:**

الکترود های غشایی را با توجه به ماهیت غشای به کار رفته در ساختمانشان می توان به ۵ گروه زیر تقسیم بندی کرد:

۱- الکترود هایی با غشاء شیشه

۲- الکترود هایی با غشاء مبادله کننده مایع

۳- الکترود هایی با غشای متشکل از رسوب ها یا الکترود هایی با غشاء جامد

۴- الکترود هایی باغشاء حساس به گاز

۵- الکترود های آنزیمی

که به ترتیب خلاصه ای از ویژگی های هر یک از این الکترود ها در ذیل ارائه می گردد:

**۱-۲-۱-الکترود هایی با غشاء شیشه ای:**

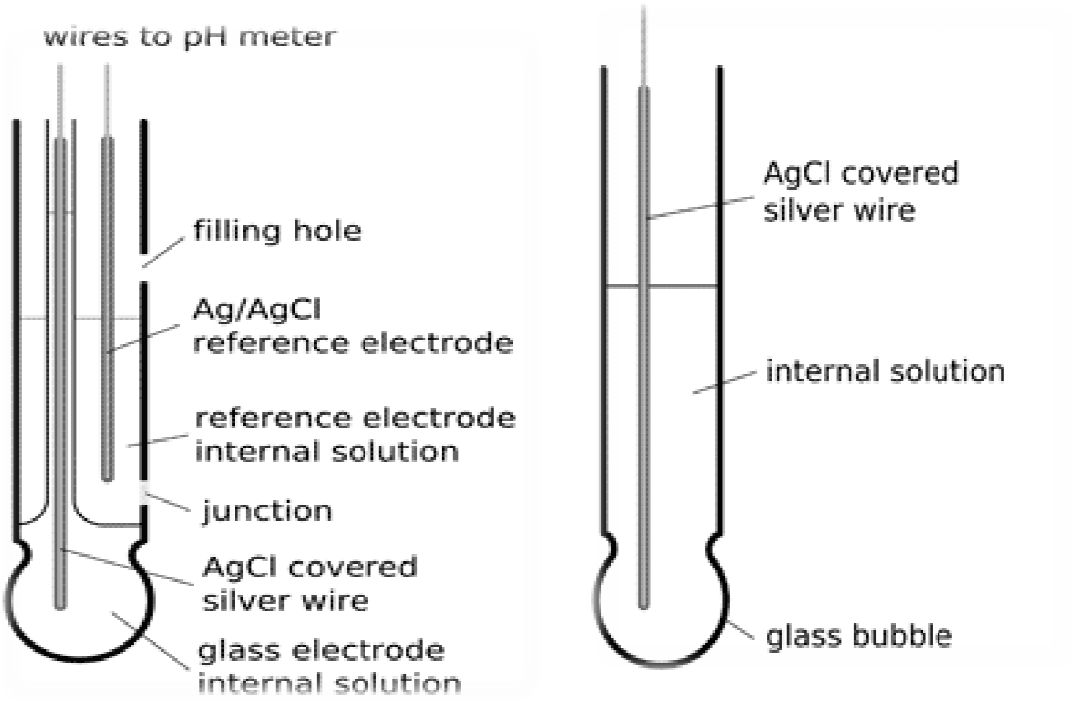
متداول ترین نوع الکترود های غشایی هستند که اغلب برای تعیین و اندازه گیری pH از آن ها استفاده

می شود.اصلی ترین قسمت الکترودهایی با غشاء شیشه لایه نازکی از شیشه با ساختمان مخصوص

می باشد،که این لایه نازک دارای گروهای آنیونی ثابت (سلیکات) و کاتیون های متحرک قابل تعویض (کاتیون های قلیایی) بوده که می تواند به عنوان یک غشاء مبادله کننده یون عمل کند.

وقتی این غشاء بین دو محلول حاوی کاتیون $M^+$ (که غشاء نسبت به آن حساس است)قرار گیرد، بدلیل اختلاف نفوذ کاتیون $M^+$ در درون غشاء و محلول مجاور آن اختلاف پتانسیلی بین هر یک از دو طرف غشاء و محلول مجاور آن ایجاد می گردد، که میزان این اختلاف پتانسیل را می توان با قرار دادن دو الکترود مرجع در محلول در دو طرف غشاء اندازه گیری کرد. مهمترین و اصلی ترین مورد استفاده از الکترود های غشایی شیشه در اندازه گیری یون پروتونیم $H_3O^+$ می باشد.

ساختار دو نمونه متداول از الکترود های شیشه حساس به $H^+$ در زیر ارائه شده است.




(ب)　　(الف)

شکل(۱-۱)ساختار دو نمونه از الکترود های شیشه ای حساس به $H^+$ : الف)الکترود شیشه ای انفرادی
ب)الکترود شیشه ای مرکب

در اندازه گیری pH محلول ها با استفاده از الکترود های شیشه ای انفرادی (شکل الف) استفاده از یک الکترود شاهد بیرونی که معمولا الکترود کالومل اشباع می باشد، ضروری است ولی در اغلب موارد برای اینکه بتوان اندازه گیری pH را در حجم های کوچکی از محلول ها انجام داد به جای استفاده از این نوع الکترود،ازالکترود شیشه ای مرکب(شکل ب) استفاده می شود.این الکترود در حقیقت از قرار دادن الکترود شاهد بیرونی در محفظه ای در اطراف بدنه الکترود شیشه درست شده است.

به دلیل استفاده از الکترود شیشه در اندازه گیری pH انواع محلول ها در محیط های مختلف (نظیر اندازه گیری pH در درون محیط های زنده،در داخل خاک ،در حجم های بسیار کم و ...)فناوری های خاصی برای ساختمان الکترود های شیشه ای و هم چنین استحکام فیزیکی آن ها

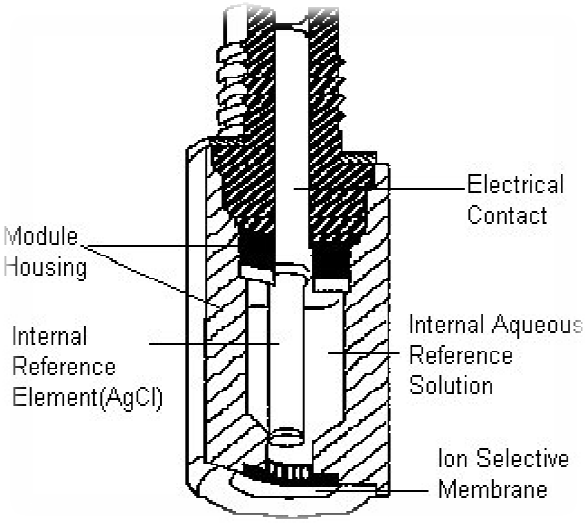
به کار رفته است.به طوری که امروزه متناسب با هر نوع کاربردی می توان از یک الکترود شیشه ای با شکل فیزیکی خاص استفاده کرد.

**۱-۲-۲-الکترود هایی با غشای مبادله کننده مایع:**[1]

در ساختمان غشایی این دسته از الکترود هااز یک مبادله کننده مایع غیر قابل اختلاط با آب استفاده می شود که این مبادله کننده یونی می تواند به طور انتخابی یون های موجود در محلول آزمایشی را مبادله کند.این الکترود ها از لحاظ ساختار شباهت های بسیاری با الکترود غشایی شیشه ای دارند، با این تفاوت که در آن ها به جای استفاده از یک لایه نازک شیشه ای به عنوان غشاء از یک صفحه پلیمری آب گریز حاوی مبادله کننده مایع استفاده می شود.این مبادله کننده مایع یا یونوفر معمولا به صورتی است که به دلیل وجود گروه های عاملی خاص یا داشتن حفرات با سایز های معین یا وجود گروه های عاملی دهنده یا گیرنده و... یک بر همکنش خاص و انتخابی با آنالیت مربوطه دارد.

در سال های اخیر انواع جدیدی از الکترودهایی با غشای مایع در کار های تحقیقاتی ارائه شده که در آن ها مبادله کننده مایع به صورت ژل پلی ونیل کلرایدی به کار رفته است.

در این الکترود ها مبادله کننده مایع،درون غشاء نازکی از یک پلیمر آب گریز(معمولا PVC) قرار داده شده،واین صفحه پلیمری در انتهای یک سل شیشه ای نشانده می شود.سل توسط محلولی با غلظت مشخص از آنالیت پر می شود که به این عمل اصطلاحا آماده سازی گفته می شود.از این الکترود ها اخیرا برای اندازه گیری بسیاری از آنیو ن ها و کاتیون ها استفاده شده است.




شکل(۱-۲)الکترود غشایی مبادله کننده مایع

[1] .Liquid membrane electrodes

**۱-۲-۳-الکترود هایی با غشاء حالت جامد:**

*این نوع از الکترود ها معمولا دارای ترکیبات یونی و تک بلورند که به صورت پودر شکسته،ذوب و شکل یافته هستند.در ساختار غشای استفاده شده برای این الکترود معمولا از نمک های کم محلولی استفاده می شود که دارای سایت های مختلف آنیونی یا کاتیونی هستند.به طور مثال از ترکیب باریم برای ساختن الکترود غشایی برای یون سولفات و یا از هالوژن های نقره برای تهیه الکترود غشایی حساس به یون های هالوژن استفاده شده است.*

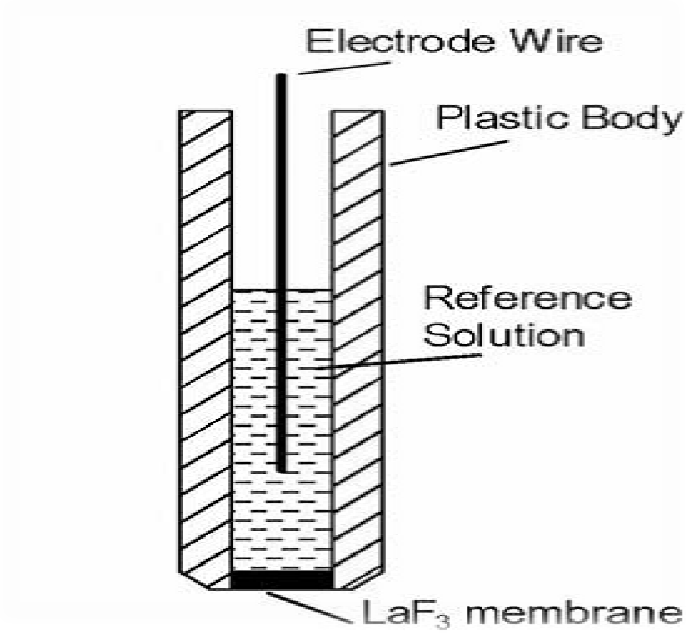
*یکی از نکات بسیار مهمی که در ساختن غشاهای جامد باید به آن توجه شود استفاده از روش های مخصوصی است که طی آن غشاء تهیه شده استحکام بالا، هدایت الکتریکی مناسب و مقاومت لازم را در برابر ساییدگی و خوردگی داشته باشد.*

*برای ساختن الکترود های غشایی با غشاء جامد برای یون های کلرید، برمید، یدید و تیوسیانات می توان به ترتیب از نمک های کم محلول کلرید، برمید، یدید و تیوسیانات نقره به عنوان مبادله کننده یون در بستری[1] از سولفید نقره استفاده کرد در ضمن خود سولفید نقره را هم می توان برای ساختن الکترود های غشایی حساس به یون های سولفید و نقره استفاده نمود. هم چنین به دلیل تحرک مناسب یون های نقره در ترکیبات کم محلول آن می توان از آن ها به عنوان زمینه یا بستر در ساختن الکترود های کادمیم، سرب و مس که سولفید آن ها هدایت الکتریکی لازم را برای استفاده مستقیم از آن ها به عنوان مبادله کننده در غشاء جامد ندارد استفاده کرد.و سولفید های کادمیم، سرب ومس را به صورت مختلط با سولفید نقره برای ساختن الکترود های $Pb^{2+}$ ، $Cd^{2+}$ و $Cu^{2+}$ به کار برد، که در این غشاء های مختلط نقش هدایت الکتریکی به عهده یون نقره می باشد.*

*یک نمونه بسیار مهم از الکترود های یون گزین با غشاء جامد الکترود یون گزین فلورید می باشد که استفاده از نمونه تجاری آن در آنالیز های کلینیکی و صنعتی و... بسیار معمول است.در این الکترود در pHهای بالا احتمال دخالت $OH^-$ وجود دارد و در pH های پائین نیز $F^-$ به HF تبدیل می شود که الکترود به آن حساس می باشد. در شکل زیر شمایی کلی از آن ارائه شده است.*

در ساخت این الکترونداز بلور لانتانیم فلوراید به عنوان غشاء استفاده شده است .

[1] .Matrix




شکل(۱-۳)طرحی از *الکترود یون گزین فلورید*

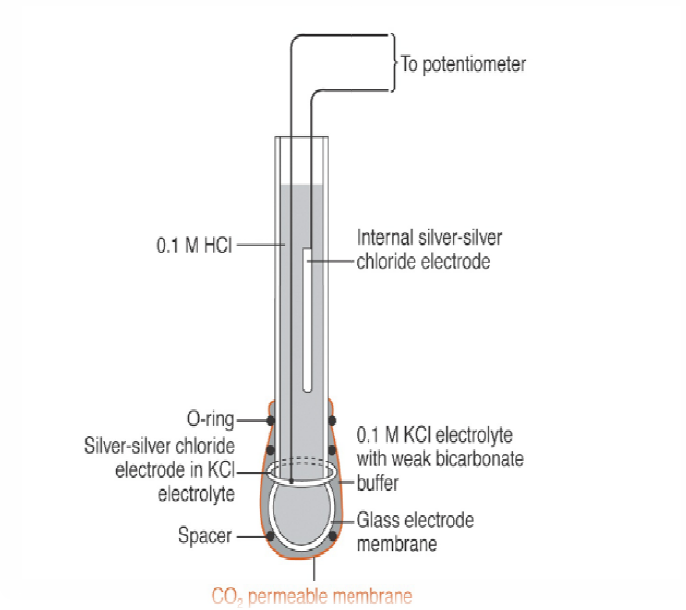
**۱-۲-۴-الکترود هایی با غشاء حساس به گاز:**[1]

از این الکترود ها تحت عنوان الکترود های غشایی نوع دوم نیز یاد می شود چون در این الکترود ها از طریق اندازه گیری فعالیت محصول یک واکنش شیمیایی که بین گاز مورد نظر با ترکیب یا ترکیبات دیگری صورت می گیرد گاز مورد نظر را اندازه گیری می کنند.این الکترود در اصل برای سنجش دی اکسید کربن ساخته شده است اما اصل بر این است که این الکترود به صورت عمومی عمل بکند. برای ساختن الکترود حساس به گاز $CO_2$ ،الکترودی از شیشه حساس به یون $H_3O^+$ به کار می برند که در محلولی از کربنات هیدروژن سدیم قرار دارد واین محلول با گاز $CO_2$ مجاور می باشد که در اثر این مجاورت تعادل زیر جابجا شده و فعالیت یون $H_3O^+$ تغییر می کند:

$$CO_2 + 2H_2O \rightarrow HCO_3^- + H_3O^+$$

که میزان تغییرات فعالیت $H_3O^+$ هم متناسب با غلظت و فعالیت $CO_2$ محلول می باشد واز روی تغییر پتانسیلی که در الکترود حساس به $H_3O^+$ در اثر تغییر فعالیت $H_3O^+$ ایجاد می گردد و با توجه به وابسته بودن تغییرات مناسب $H_3O^+$ به غلظت $CO_2$ محیط می توان غلظت $CO_2$ را اندازه گیری نمود.در شکل (۱-۴)طرحی از این الکترود ارائه شده است.

[1] .Gas sensing electrode




شکل(۱-۴)طرحی از الکترود حساس به گاز $CO_2$

در حال حاضر الکترود های حساس به گاز هایی مانند $CO_2$، $NO_2$، $NH_3$ و ... به طور تجاری ساخته شده و مورد استفاده قرار می گیرد.

### ۱-۲-۵-الکترود های آنزیمی:

این الکترود ها معمولا یک طرح ترکیبی هستند که تلفیقی از یک الکترود قرار دادی و یک غشاء اضافی می باشند.از این الکترود ها می توان در اندازه گیری سوبستراهای مربوط به آنزیم و یا خود آنزیم ها استفاده کرد.از نمونه های شاخص این نوع الکترود ها می توان از الکترود اوره آز[1] نام برد،که برای اندازه گیری سریع اوره و مایعات بیولوژیکی استفاده می شود.

الکترود شناساگر در این الکترود در واقع الکترود شیشه حساس به یک یون یک ظرفیتی مثل $NH_4^+$است ،که در دماغه آن یک لایه ژلی از آنزیم اوره آز قرار داده شده است و در این لایه در اثر مجاورت با محلول حاوی اوره واکنش هیدرولیز سریع نیز اتفاق می افتد:

$$NH_2CONH_2 + 2H_2O + H^+ \xrightarrow{\text{urease}} 2NH_4^+ + HCO_3^-$$

در اثر تغییر غلظت $NH_4^+$ پتانسیل الکترود شیشه حساس به ان تغییر کرده و با توجه به متناسب بودن غلظت $NH_4^+$ به غلظت اوره موجود در محلول(مطابق معادله فوق)واز میزان این تغییر پتانسیل

[1] .Urease electrode