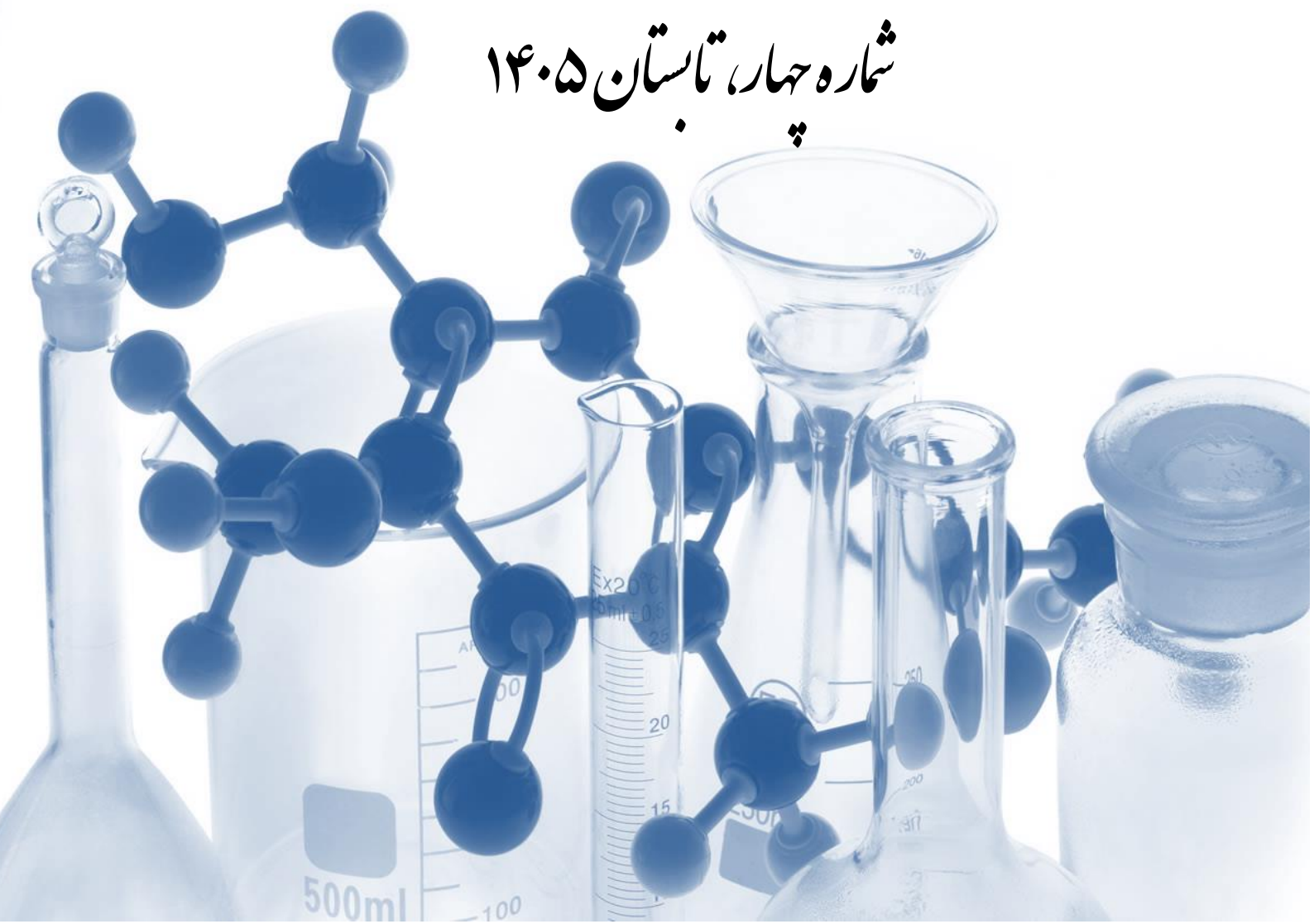




برونداد تخصصی گروه پژوهشی شیمی و فرآیند

شماره چهار، تابستان ۱۴۰۵



بروندادهای تخصصی

گروه پژوهشی شیمی و فرایند

صاحب امتیاز: پژوهشگاه نیرو

مدیر مسئول: دکتر عباس یوسف پور

سر دبیر: دکتر زینب نوروزی تیسسه

مدیر اجرایی: دکتر زینب نوروزی تیسسه

گرافیکست و صفحه آرا: دکتر زینب نوروزی تیسسه

ویراستار: دکتر عباس یوسف پور

عکس روی جلد: دکتر امیرحسین خلیلی

➤ همکاران این شماره:

همکاران گروه: دکتر محسن اسماعیل پور، دکتر

علی اکبر اصغری نژاد، مهندس فرزاد برهان آزاد،

دکتر امیرحسین خلیلی، مهندس علی سبزی،

دکتر مرتضی فقیهی، دکتر مجید قهرمان افشار،

مهندس جواد قوامی، مهندس حسین قاسمی

نژاد، مهندس فرزانه عزیززاده، دکتر زینب

نوروزی تیسسه، دکتر عباس یوسف پور

همکاران معاونت پژوهشی: دکتر امیرفرهنگ

ستوده، نوشین فرودی

➤ ناشر:

نشانی الکترونیکی: publications@nri.ac.ir

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای پونک

باختری، پژوهشگاه نیرو، گروه شیمی و فرایند

تلفن: ۰۲۱-۴۳۷۶۷۰۰۰

دورنگار: ۰۲۱-۸۸۰۷۸۲۹۶

اعضای هیأت تحریریه:

دکتر محسن اسماعیل پور، مهندس فرزاد برهان

آزاد، مهندس علی سبزی، دکتر مرتضی فقیهی،

دکتر مجید قهرمان افشار، مهندس جواد قوامی،

مهندس فرزانه عزیززاده، دکتر زینب نوروزی

تیسسه، دکتر عباس یوسف پور

اعضای هیأت داوران:

دکتر علی اکبر اصغری نژاد، دکتر امیرحسین

خلیلی، دکتر زینب نوروزی تیسسه، دکتر عباس

یوسف پور

اهداف و رویکرد:

«بروندادهای تخصصی گروه پژوهشی شیمی و

فرایند» با هدف فراهم آوردن بستری مناسب برای

تبادل اطلاعات و انتشار مطالب مرتبط با مواد و

فرایندهای شیمیایی مورد استفاده در بخش‌های

مختلف صنعت برق به صورت داخلی منتشر

می‌شود.

این مجموعه از هرگونه پیشنهاد یا انتقاد برای

هرچه بهتر شدن مطالب استقبال می‌کند و استفاده

از مطالب آن با ذکر منبع بلامانع است.

مسئولیت مطالب، مقالات و پژوهش‌های درج

شده بر عهده نویسندگان است.

فهرست مطالب

• سخن سردبیر

۱

• معرفی گروه شیمی و فرایند

۲

• سنتز، تعیین مشخصه و کاربرد صنعتی حسگر پایش یون Cu^{2+} در نمونه-های نیروگاهی

۶

• امکان‌سنجی فنی-اقتصادی-زیست‌محیطی جهت ارتقاء و توسعه روش‌های پیش تصفیه آب نیروگاه شهید بهشتی لوشان

۲۱

• معرفی آزمایشگاه‌های مرجع و تحقیقاتی گروه پژوهشی شیمی و فرایند

۲۴



سخن سردبیر

سپاس خدایی را که اوّل و آخر وجود است، بی آنکه اوّلی بر او پیشی بگیرد یا آخری پس از او باشد؛ امروزه، تحقیق و پژوهش و دستیابی به علوم و فناوری های نوین از ارکان پیشرفت و توسعه صنعتی و اقتصادی است. بنابراین انتشار این دستاوردها نقش موثری در پیشبرد اهداف تکنولوژی خواهد داشت. نشریه حاضر چهارمین برون داد تخصصی گروه پژوهشی شیمی و فرایند است که با تلاش پژوهشگران گروه تهیه و گرد آوری شده است. توسعه دانش فنی ساخت مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق، توسعه روش های بهره برداری از نیروگاه ها، افزایش راندمان حرارتی و توسعه دانش فنی مانیتورینگ تجهیزات صنعت برق با استفاده از روش های شیمیایی از مهم ترین اهداف این گروه است. به طور کلی محورهای تخصصی گروه پژوهشی شیمی و فرایند عبارت است از:

- ❖ تصفیه آب و کنترل شیمیایی
- ❖ فناوری های نوین و مهندسی فرایندهای شیمیایی
- ❖ ترکیبات شیمیایی در صنعت برق
- ❖ سوخت و روغن
- ❖ الکتروشیمی و ذخیره سازهای انرژی شیمیایی (هیدروژن، متانول، آمونیاک و ...)، الکتروشیمیایی (باتری های غیرلیتیومی) و حرارتی)

در این راستا، ایجاد ارتباط موثر با دانشگاه ها و مراکز صنعتی، مدیریت دانش، پژوهش و شناسایی فناوری های نوین و تهیه و تدوین سندهای راهبردی و نقشه راه از مهم ترین وظایف این گروه پژوهشی است. امید است با همکاری اعضای محترم هیات تحریریه، هیات داوران و پژوهشگران این حوزه انتشار برون داد تخصصی گروه شیمی در قالب فصلنامه ادامه یابد و بدین ترتیب گامی موثر در ارتقا سطح دانش و پژوهش برداشته شود. در این مجال از کلیه همکاران گرامی، خوانندگان ارجمند و صاحب نظران اندیشمند تقاضا می شود با راهنمایی مشفقانه خویش ما را در ادامه مسیر یاری فرمایند.

زینب نوروزی تیسه

گروه پژوهشی شیمی و فرایند



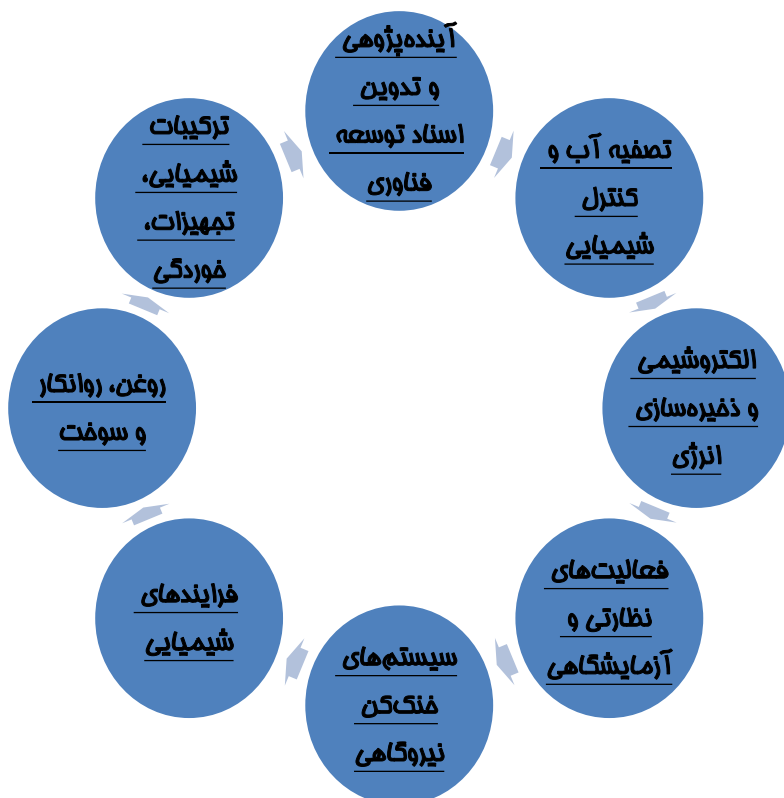
معرفی گروه شیمی و فرایند

گروه پژوهشی شیمی و فرایند با بهره‌گیری از ظرفیت اعضای هیات علمی، پژوهشگران، کارشناسان خبره و متخصص و آزمایشگاه‌های مجهز خود، انجام امور پژوهشی در زمینه‌های مختلف شیمی و فرایند در صنعت آب، برق و انرژی را بر عهده دارد. گستره فعالیت‌های این گروه شامل انجام تحقیقات کاربردی، اجرای پروژه‌های صنعتی، ارائه خدمات مشاوره، آموزش، بازرسی و خدمات آزمایشگاهی می‌باشد. کادر تحقیقاتی گروه پژوهشی شیمی و فرایند از متخصصین شیمی و مهندسی شیمی با گرایش‌ها و مدارج علمی مختلف تشکیل شده‌است. از مهمترین اهداف این گروه می‌توان به توسعه دانش فنی ساخت مواد شیمیایی و اجرای فرایندهای بهینه شیمیایی نیروگاهی، استفاده از مواد و روش‌های شیمیایی جهت افزایش ضریب دسترسی و راندمان حرارتی نیروگاه‌ها و توسعه مانیتورینگ تجهیزات صنعت برق، بازرسی خطوط تولید محصولات

ردیف	نام محور	زمینه کاری
۱	ترکیبات شیمیایی در صنعت برق	ترکیبات شیمیایی و پلیمری مصرفی در فرایندهای تصفیه آب و کنترل شیمیایی، بازدارنده های خوردگی، افزودنی های شیمیایی و پلیمری مورد استفاده در روغن های عایق و صنعتی، ترکیبات مزاحم و زائدات ایجاد شده در فرایندهای شیمیایی، رنگ ها و پوشش های آلی
۲	تصفیه آب و کنترل شیمیایی	طراحی و بهینه‌سازی سیستم های پایش، نمونه برداری و کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار، اتوماسیون عملیات کنترل شیمیایی، کاهش مصرف مواد شیمیایی در سیکل نیروگاه، طراحی و بهینه‌سازی فرایندهای شیمیایی و مکانیکی تولید آب بدون یون، توسعه و بهینه سازی فرایندهای شیرین سازی آب، توسعه و بهینه‌سازی فرایندهای پیش‌تصفیه آب، کاهش مصرف آب در نیروگاه‌ها، کاهش حجم درین‌ها و بازیافت آنها، توسعه فرایندهای بیولوژیک در تصفیه آب
۳	فناوری‌های نوین و مهندسی فرایندهای شیمیایی	توسعه و افزایش مقیاس فرایندهای جدید، طراحی و بکارگیری فناوری های غشایی در صنعت برق، سنتز، بازیابی، اصلاح ساختار و مشخصه‌یابی غشاهای، طراحی و توسعه فرایندهای کاتالیتی در صنعت آب و برق، سنتز، بازیابی، اصلاح ساختار و مشخصه‌یابی کاتالیزورها و فتوکاتالیزورها و جذب ها، توسعه دانش فنی ساخت رزین‌های تبادل یونی، افزایش ظرفیت و طول عمر سیستم‌های تبادل یونی رزینی و غشائی، مدل سازی، شبیه سازی، طراحی و بهینه‌سازی انواع واکنش‌های شیمیایی و کاتالیتی، نانو شیمی، ارگانیکی الکترونیک ها، سیالات یونی
۴	سوخت و روغن	توسعه کاربرد افزودنی های سوخت جهت افزایش راندمان احتراق و کاهش آلایندة ها، شیرین‌سازی سوخت‌های مایع، توسعه و کاربرد سوخت‌های سنتزی و زیستی، توسعه تکنیک‌های مدرن آنالیز روغن های صنعتی، ارزیابی وضعیت ترانسفورماتورها از طریق آنالیزروغن و کاغذ عایق، ارزیابی وضعیت تجهیزات فرایندی و مکانیکی از طریق آنالیز روانکارها، توسعه و انجام آزمون های تخصصی و نوین جهت پایش انواع روغن های عایقی و صنعتی
۵	الکتروشیمی و ذخیره سازهای انرژی شیمیایی (هیدروژن، متانول، آمونیاک و ...)، الکتروشیمیایی (باتری‌های غیرلیتیومی) و حرارتی	آزمون های سیستم های ذخیره سازی (شیمیایی - الکتروشیمیایی)، آزمون های الکتروشیمیایی خوردگی، آزمون های الکتروشیمیایی الکترودها و الکترولیت ها، فرایند های نوین الکتروشیمی، ساخت و طراحی سنسورهای الکتروشیمیایی، سامانه‌های ذخیره‌سازی الکتروشیمیایی برق، ذخیره‌سازهای انرژی حرارتی، سامانه‌های تولید و ذخیره سازی هیدروژن، ذخیره سازی انرژی مکانیکی

شیمیایی صنعت برق و نهایتاً کاهش وابستگی علمی، فنی و تجهیزاتی به خارج از کشور و حرکت در جهت اعتلا و خودکفایی صنعت برق اشاره نمود. در همین راستا، محورهای تحقیقاتی این گروه از این قرار طراحی شده‌اند:

حوزه‌های پژوهشی:



اولویت‌ها؛ دستاوردهای مورد انتظار؛ راهبردها

- اصلاح روش‌های کنترل شیمیایی نیروگاه‌های حرارتی به منظور کاهش مصرف مواد شیمیایی، افزایش طول عمر و ضریب دسترسی نیروگاه
- بهینه‌سازی چرخه مصرف آب در نیروگاه‌های حرارتی
- توسعه سبد سوخت در نیروگاه‌های حرارتی کشور
- شناسایی و بومی سازی افزودنی های سوخت نیروگاهی
- توسعه روش‌های نوین تصفیه شیمیایی و فیزیکی روغن‌ها
- حذف ترکیبات خورنده از روغن‌های ترانسفورماتور
- امکان‌سنجی و تولید افزودنی روغن‌های مصرفی نیروگاه

- جذب و بکارگیری دی اکسید کربن نیروگاه های حرارتی کشور
- احیاء و بازیافت غشاهای مستعمل در نیروگاه های کشور
- بومی سازی تولید مواد مصرفی نیروگاه ها (هیدرازین و ...)
- بازیابی رزین های مصرفی نیروگاه ها

فعالیت های آینده نگرانه و سیاست گذارانه

ایجاد الگوریتم ارزیابی وضعیت شیمی به منظور ارائه راهکارهای ارتقاء و توسعه و اجرا در یک نیروگاه منتخب
توسعه آزمایشگاه های حوزه شیمی نیروگاه با هدف تنوع بخشی به آزمون ها (تعیین آزمایشات و تجهیزات و اولویت بندی توسعه)
تدوین سند و نقشه راه بومی سازی و توسعه کاربرد فرایندهای غشایی در تامین آب و انرژی پایدار در کشور
تدوین دستورالعمل خرید و ارزیابی کیفی مواد شیمیایی نیروگاه
امکانسنجی تدوین فرآیند ارزیابی اقتصادی شیمی نیروگاه : کمی سازی میزان تاثیر ارتقاء، توسعه، ارزیابی وضعیت و بهبود عملکرد بر مدیریت هزینه
مطالعات فنی - اقتصادی الحاق سیستم های بکارگیری هیدروژن در نیروگاه های حرارتی
شناسایی آزمون ها و تجهیزات لازم جهت سنجش و کنترل کیفیت اقلام مصرفی نیروگاه های حرارتی
آینده پژوهی کاربرد ساز و کارهای الکتروشیمیایی در صنعت برق
ساخت و ارزیابی کاتالیست های نوین و سیستم راکتوری بهینه جهت تبدیل CO ₂ به مواد با ارزش افزوده
آینده پژوهی سنتز غشاهای پلیمری مورد استفاده در فرایند اسمز معکوس
آینده پژوهی آزمون های جامع ذخیره سازهای الکتروشیمیایی پر کاربرد کشور (در افق ۱۰ ساله)
مطالعه و امکانسنجی ساخت سلول آزمایشگاهی الترابتری (باتری سرب اسیدی پیشرفته)
تدوین سند و نقشه راه بومی سازی کاتالیست های مورد استفاده در صنعت آب و برق
آینده پژوهی بررسی توسعه بکارگیری تکنیک های نوین آنالیز شیمیایی و کاربرد آنها در پایش وضعیت تجهیزات توزیع و تولید صنعت برق
آینده پژوهی مواد ذخیره کننده انرژی حرارتی و کاربرد آنها در صنعت برق و انرژی
آینده پژوهی اورگانیک الکترونیک ها و کاربرد آنها در صنعت برق و انرژی
تدوین سند راهبردی و نقشه راه روش های تولید، خالص سازی و کاربردهای هیدروژن
چشم انداز بازیافت گاز CO ₂ نیروگاه ها و استفاده آن در محصولات دارای ارزش افزوده
طرح آزمایشگاهی تبدیل CO ₂ به سوخت (گاز سنتز) در یک رآکتور فوتوکاتالیستی

فعالیت های حوزه بهینه سازی چرخه آب نیروگاه و پیشگیری از خوردگی

ارزیابی وضعیت کنونی و ارائه پیشنهاد رژیم کنترل شیمیایی چرخه آب خنک کن نیروگاه حرارتی لوشان
بررسی و تعیین رژیم شیمیایی مناسب برج خشک نیروگاه شهید مفتاح براساس ملاحظات فنی و اقتصادی
امکانسنجی فنی-اقتصادی - زیست محیطی جهت ارتقاء و توسعه روش های پیش تصفیه آب نیروگاه شهید بهشتی لوشان
بررسی میزان خوردگی مس و آهن به روش کوپن گذاری در چرخه خنک کن نیروگاه منتظر قائم قبل و بعد از تغییر رژیم شیمیایی مشاوره و نظارت بر پروژه تغییر رژیم شیمیایی برج خنک کن واحد بخار نیروگاه منتظر قائم
امکانسنجی فنی - اقتصادی تولید داخل هیدرازین جهت مصارف نیروگاهی
طراحی و ساخت نانو حسگر شیمیایی آنتراکوئینونی به منظور تشخیص انتخاب گزین یون مس دو ظرفیتی در کنترل و پایش نیروگاه
طراحی و ساخت جاذب پلیمری چاپ یونی مغناطیسی به منظور حذف گزینشی کاتیون های فلزی آب نیروگاهی
ارائه راهکارهای عملیاتی کاهش مصرف آب چرخه خنک کن نیروگاه منتظر قائم از طریق اصلاح شیمیایی آب بلودان و بازیابی آن
بررسی و ارزیابی فنی و اقتصادی روش های کاهش مصرف آب در نیروگاه های دولتی (۵ نیروگاه منتخب) و ارائه راهکارهای اجرایی
بررسی روش های رفع فولینگ و امکانسنجی بازیابی ظرفیت رزین های تعویض یونی کار کرده نیروگاه رامین
طراحی و ساخت بازدارنده خوردگی سیلیکا عامل دار شده با گروه های آمینی
بررسی خوردگی میکروبی در ۵ نیروگاه منتخب و ارائه راهکارهای شیمیایی اصلاحی و پیشگیرانه
بررسی و امکانسنجی گندزدایی آب با محلول مولتی اکسیدان و مطالعه موردی احداث واحد تولیدی مربوطه در نیروگاه طرشت
بررسی روش های کنترل شیمیایی نیروگاه های بخار و ارائه راهکار بهینه کنترل شیمیایی برای یک نیروگاه منتخب
تعیین رژیم شیمیایی مناسب بویلرهای کمکی و اواپراتورهای آب مقطر ساز با توجه به افزایش پارامترهای شیمیایی آب تغذیه آن ها به تبع تغییر رژیم آب رودخانه کارون
آینده پژوهی رزین های مبادله کننده یون مورد استفاده در صنعت برق
طراحی و ساخت نانو ذرات مغناطیسی اصلاح شده سطحی با ترکیبات آلی به منظور حذف فلزات سنگین از پساب نیروگاه
توسعه روش اندازه گیری مقادیر بسیار ناچیز آتیونها و کاتیونها در آب فوق العاده خالص چرخه آب و بخار نیروگاه های حرارتی
طراحی و ساخت مواد بازدارنده هیبریدی چند منظوره سبز با هدف کنترل شیمیایی و صرفه جویی در مصرف آب برج های خنک کننده تر نیروگاه ها
آینده پژوهی فناوری های شیرین سازی آب دریا با استفاده از تکنولوژی های نوین در افق ۱۰ ساله
بررسی عملکرد بازدارنده های پلیمری بر روی آب های خنک کن نیروگاه ها
اولویت بندی فنی-اقتصادی-سیاستی بهینه سازی چرخه آب نیروگاهی

فعالیت‌ها در حوزه سوخت، روغن و روانکار

مطالعه و بررسی ایجاد روش توسعه یافته برای آنالیز سوخت گاز نیروگاه‌ها
بررسی فنی-اقتصادی و امکان‌سنجی مسیرهای تامین مالی پروژه های بازیافت و بکارگیری دی اکسید کربن در نیروگاه‌های حرارتی
بررسی فنی و اقتصادی بکارگیری سوخت‌های جایگزین و توسعه سبد سوخت در نیروگاه های حرارتی
مطالعات امکان‌سنجی فنی-اقتصادی-اجرایی بکارگیری افزودنی‌های سوخت مازوت در نیروگاه‌های بخار کشور
بررسی فرآیندهای بازیافت گاز همراه میادین نفت و فلر به منظور تولید برق
بررسی فرآیندهای کاربردی به منظور دستیابی به روش‌های بهینه تولید محصولات با ارزش افزوده از گاز دودکش نیروگاه‌ها
امکان‌سنجی تعیین درصد ترکیبات شیمیایی گاز فلر به منظور تولید برق
تدوین نقشه جامع و اجرایی بکارگیری گاز همراه میادین نفت و فلر به منظور تولید برق
تصفیه شیمیایی و فیزیکی روغن سیستم کنترل نیروگاه، شناسایی و افزودن ادتیوها به روغن و همچنین بررسی جایگزینی روغن کنترل موجود با روغن‌های مناسب دیگر
بررسی فنی و اقتصادی تعویض یا تصفیه فیزیکی و شیمیایی روغن ترانسفورماتورهای منتخب
آینده‌پژوهی در روغن‌های صنعتی و روانکارهای مورد استفاده در صنعت برق
بررسی و شناسایی عوامل آلاینده‌ی روغن هیدرولیک سیستم کنترل توربین (EH) و ارائه راهکار مناسب جهت احیاء سیستم تصفیه روغن
تدوین دستورالعمل به منظور ارزیابی وضعیت کاغذ ترانسفورماتور با استفاده از روش نشانگر متانول
بررسی اثر دمای روغن ترانس به صورت کمی و اثر تصفیه فیزیکی به صورت کیفی بر نشانگرهای تخمین عمر کاغذ ترانس
ارزیابی وضعیت کاغذ ترانسفورماتور با استفاده از نشانگر نوین متانول
تدوین دانش فنی طراحی و ساخت جاذب رسوبات و رطوبت جهت تصفیه فیزیکی روغن ترانسفورماتور نیروگاهی
سنتز و کاربرد ماده تانو نوین به منظور بکارگیری در روغن ترانسفورماتورها جهت بهبود عملکرد حرارتی و عایقی ترانس‌های روغنی



سنتز، تعیین مشخصه و کاربرد صنعتی حسگر پایش یون Cu^{2+} در نمونه‌های نیروگاهی

نویسنده: محسن اسماعیل‌پور و مجید قهرمان افشار
گروه شیمی و فرایند، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش هدف بر آن است یک سنسور پایش مس با بکارگیری فناوری الکتروود خمیر کربن و استفاده از ترکیب شناساگر سنتزی طراحی شود. بدین منظور در ابتدا ترکیب شناساگر مس با اتصال مولکول‌های آنتراکوئینونین که در ادامه ترکیب انتخابگر سنتز شده به عنوان عامل شناساگر در ساختار الکتروود خمیر کربن قرار گرفته و برای پایش یون مس در نمونه‌های نیروگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ساخت ترکیب شناساگر یون مس، در ابتدا نانوذرات هسته-پوسته مغناطیسی $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ با بکارگیری روش‌های هم‌رسوبی و اشتوبر سنتز شدند و پس از عامل‌دار شدن با مولکول‌های آنتراکوئینونین و کئوردینه شدن با یون مس دو ظرفیتی به عنوان عامل شناساگر در ساختار سنسور مس بکارگرفته می‌شود. بررسی خصوصیات ساختاری ترکیب شناساگر یون مس با استفاده از تکنیک‌های XRD ، FTIR ، FE-SEM ، TEM ، DLS ، VSM ، TGA ، XPS ، BET و ICP انجام گرفت. همچنین الکتروود خمیر کربن ساخته شده به روش‌های CV ، DPV و پتانسیومتری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. آب چرخه خنک کن نیروگاه منتظر قائم به عنوان یک نمونه حقیقی مورد استفاده قرار گرفت و این سنسور حد تشخیص در حدود 10^{-7} M و باز خطی روش برابر 10^{-2} M - 10^{-6} M را نمایش می‌دهد. همچنین با توجه به کاربردهای کلیدی این سنسور در پایش‌های نیروگاهی توجیهات فنی-اقتصادی ساخت این سنسور نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

۱- مقدمه

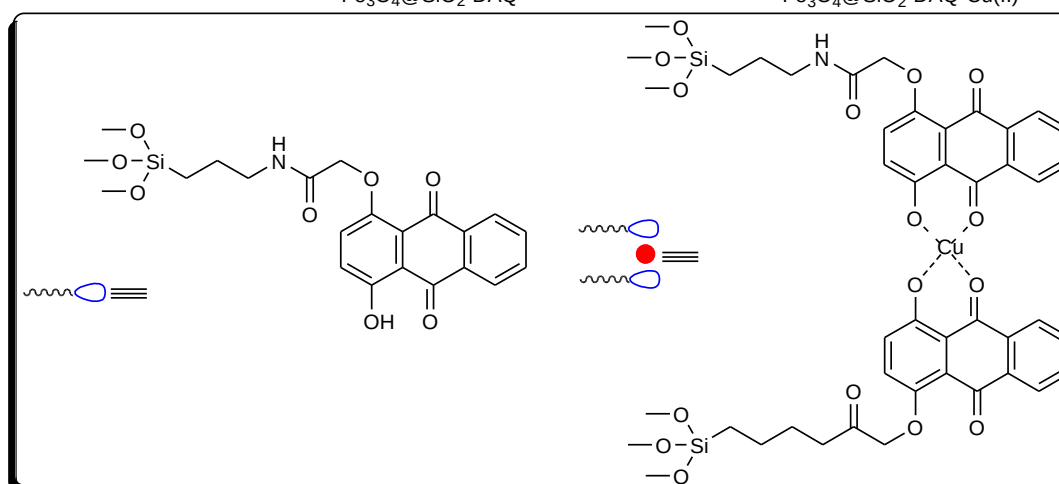
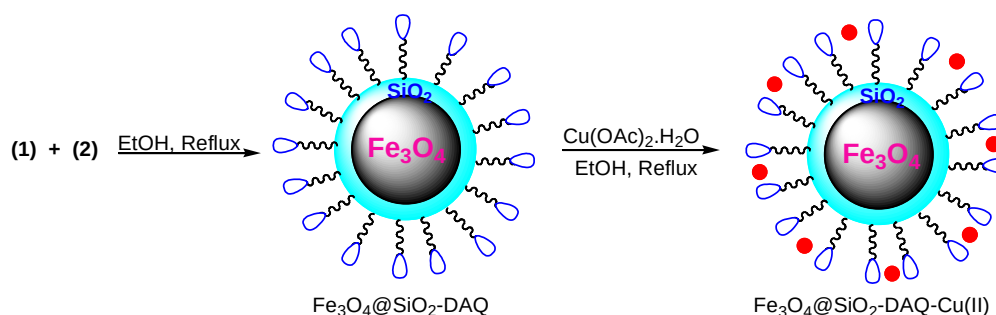
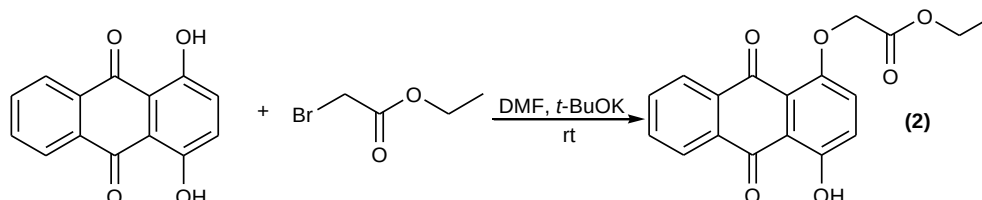
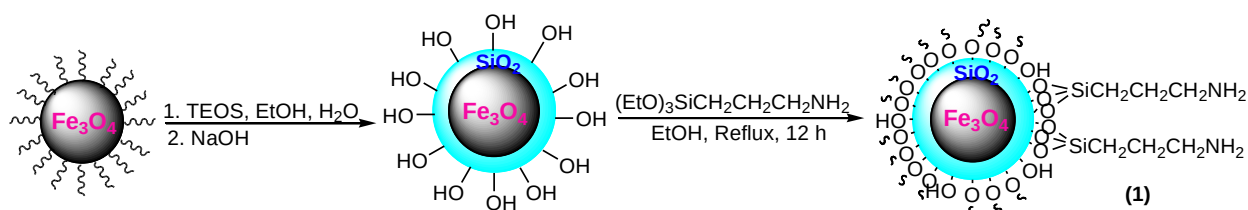
پایش یون مس در آب چرخه خنک‌کن از درجه اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. مس یک عنصر اساسی در سیستم‌های فرایندی می‌باشد که پایش آن در آب خام، آب چرخه خنک‌کن و پساب خروجی حائز اهمیت است. از طرف دیگر حضور یون مس در سیکل گردش آب در صنایع منجر به ایجاد پیل‌های الکتروشیمیایی و نهایتاً

خوردگی و آسیب به تجهیزات می‌شود. بنابراین پایش یون‌های مس از موضوعات پژوهشی حائز اهمیت در صنعت برق می‌باشد.

در سالیان اخیر، روش‌های تجزیه‌ای مختلفی مانند الکتروشیمیایی، کروماتوگرافی و جذب اتمی و غیره برای اندازه‌گیری و تشخیص یون مس ارائه شده‌اند. از میان این روش‌ها، سنسورهای شیمیایی به دلیل هزینه پایین، حساسیت بالا، غیرمخرب بودن مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند. اما عمده این سنسورها انتخابگری بسیار پایینی نسبت به یون هدف دارند. از اینرو در این تحقیق هدف بر آن است که اصلاح انتخابگری نانوسنسور با سنتز مولکول انتخابگر آنتراکوئینونی و استفاده از این ترکیب در پایش یون مس طی دو مرحله به شرح ذیل انجام گیرد.

در مرحله اول، سنتز نانوذرات هسته-پوسته مغناطیسی $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ عامل‌دار شده با مولکول‌های آنتراکوئینون به عنوان عامل شناساگر حسگر صورت می‌گیرد. به منظور انجام این سنتز، در ابتدا نانوذرات مگنتیت با بکارگیری روش هم‌رسوبی سنتز می‌شوند و سپس پوشش سطحی این نانوذرات با لایه سیلیکا در حضور تترااتوکسی سیلان و بکارگیری از روش اشتوبر انجام می‌گیرد که منجر به سنتز نانوذرات مغناطیسی $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ خواهد شد. سپس نانوسیلیکا مغناطیسی با مولکول‌های تری‌اتوکسی سایلنیل پروپیل آمین و متعاقباً با مولکول ۴-دی هیدروکسی آنتراکوئینون عامل‌دار می‌شوند. نهایتاً نانوذرات سنتزی در حضور یون مس قرار می‌گیرند و به این ترتیب عامل شناسایی سنسور شیمیایی مورد نظر سنتز می‌شود. خصوصیات و ویژگی عامل شناسایی سنسور بسیار نسبت به مس انتخابگر هستند بر روری نانوذرات هسته-پوسته مغناطیسی $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ قرار گرفتند

سنتزی با بکارگیری آنالیزهای تکنیک‌های XPS , TGA , VSM , DLS , TEM , FE-SEM , XRD , FTIR و BET و ICP مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد (طرح ۱). در مرحله دوم، عامل شناسایی انتخابگر یون مس سنتز شده به ساختار الکتروکود خمر کربن افزوده می‌گردد. میزان دقت و صحت عملکرد سنسور طراحی شده با آزمون‌های الکتروشیمیایی و عملکردی تعیین می‌گردد. آزمون‌های الکتروشیمیایی سنجش شامل روش‌های CV , DPV , امپدانس و پتانسیومتری در محیط‌های الکتروشیمیایی مشابه شرایط نیروگاهی انجام گرفت. در این مرحله کالیبراسیون یون مس در نمونه‌های استاندارد و حقیقی و در نهایت ارزیابی روش پیشنهادی صورت می‌پذیرد. در انتها توجیهات فنی-اقتصادی سنسور طراحی شده در قیاس با سایر سنسورهای تجاری ارائه می‌گردد.



طرح ۱: فرایند سنتزی نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ عامل دار شده با ۱ و ۴-دی هیدروکسی آنتراکوئینون-مس.

۲- بخش تجربی

۲-۱- روش انجام کار

در این مرحله به شرح دو مرحله اصلی انجام کار خواهیم پرداخت. در مرحله اول، عامل شناسایی پیشنهادی کاربردی در سنسور مطابق دستورالعمل ها سنتز و تعیین مشخصه گردیده است که در طرح ۱ مراحل سنتز مشخص گردیده است. سپس در مرحله دوم، الکتروود خمیر کربن با افزودن عامل شناساگر پایش یون مس طراحی می گردد. در نهایت سنسور پیشنهادی کالیبره می گردد و در یک نمونه آب نیروگاه مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.



۲-۲- تهیه الکتروود کار

به منظور تهیه الکتروود خمیر کربن، مقدار ۰.۲۴ گرم گرافیت، ۰.۱ گرم ترکیب سنتزی پیشنهادی و ۰.۰۸ گرم ترکیب نانولوله کربنی چند دیواره در یک هاون مخلوط گردید. بعد از آن پارافین در یک ظرف در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی گراد ذوب شد. مخلوط ترکیب انتخابگر پیشنهادی، گرافیت و MWCNT به پارافین مذاب اضافه شد و خمیری هموژن تهیه شد. این خمیر برای پر کردن یک لوله شیشه‌ای (به قطر ۵mm و طول ۱۲cm) استفاده گردید. یک سیم مسی (قطر ۴mm، طول ۱۵cm) در سر دیگر لوله شیشه‌ای وارد گردید و در آخر سطح الکتروود با یک کاغذ روغنی پولیش داده شد.

۲-۴-۲- آزمون پاسخ الکتروود به روش الکتروشیمیایی

هر الکتروود تازه تهیه شده را در محلول 10^{-4} M یون مس حاوی ۰.۰۵ M بافر استات در pH برابر با ۵ قرار داده، محلول با یک سرعت ثابت به مدت بیست دقیقه هم زده می‌شود. در طول این مدت استخراج خود به خودی (جریان یون مس از محلول به ساختار الکتروود و بالعکس) انجام می‌گیرد. نمونه‌های الکتروود کار ساخته شده در محلول حاوی عامل یون مس در pH در حدود ۵ بافر استات ۰.۰۵M قرار داده می‌شوند. الکترودهای مرجع و الکتروود شمارش‌گر در ظرف نمونه قرار داده می‌شود. دستگاه پتانسیواستات با استفاده از نرم‌افزار مربوط به دستگاه (PStrace 5.2)، نمودارهای ولتامتری چرخه‌ای، تست تافل و امپدانس که در نرم‌افزار رسم می‌شود را به همراه اطلاعات مربوطه به آزمایش از قبیل شیب آندی و شیب کاتدی، جریان پلاریزاسیون و سایر اطلاعات مورد نیاز به منظور پایش مس را در اختیار قرار می‌دهد.

۳- بحث و نتایج

بحث‌ها و نتایج در این تحقیق شامل دو بخش اصلی می‌باشد. بخش اول پیرامون تعیین مشخصه ترکیب سنتز شده انتخابگر یون مس می‌باشد. بخش دوم پیرامون انجام آزمون‌های الکتروشیمیایی، عملکردی و ارزیابی سنسور طراحی شده می‌باشد.

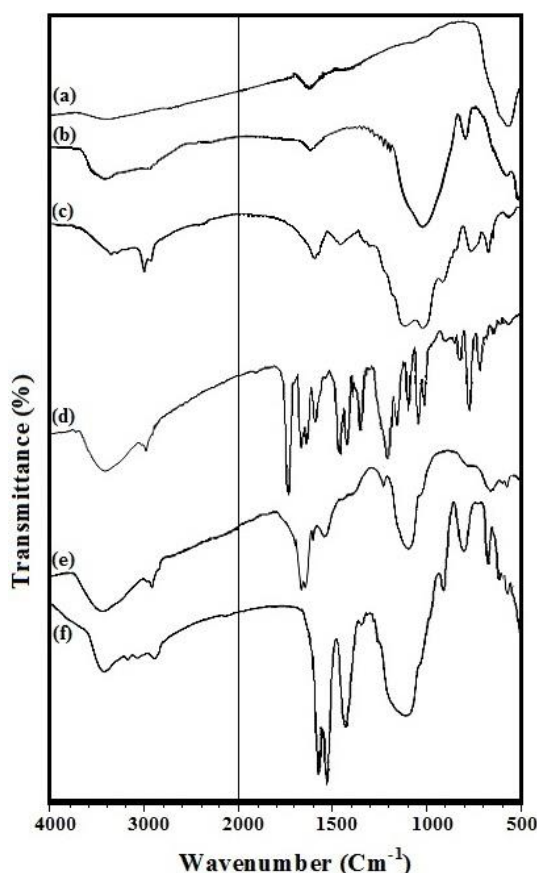
۳-۱- تعیین مشخصه ترکیب سنتزی

۳-۱-۱- نتایج FTIR ترکیب سنتزی

طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه جهت آنالیز و تحلیل شیمیایی مواد با دقت زیاد مورد استفاده قرار گرفته است. با گسترش روش‌های تبدیل فوریه امروز امکان آنالیز، تحلیل و بررسی مواد جامد بوسیله‌ی این روش‌ها فراهم شده است. بنابراین بررسی مرحله به مرحله سنتز نانوحسگر با بکارگیری این آنالیز مورد ارزیابی قرار گرفت.



طیف مادون قرمز نانوذرات و ترکیبات سنتزی Fe_3O_4 ، $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ ، استر (۲)، $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ}$ و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل ۱(a-f) پیک‌هایی در ناحیه 3400 cm^{-1} و 1620 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی و خمشی O-H برای نانوذرات مغناطیسی مشاهده می‌شود و پیک در ناحیه 570 cm^{-1} به پیوند Fe-O ترکیب Fe_3O_4 مربوط می‌شود (شکل ۱a). طیف مادون قرمز مربوط به نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ ، پیک‌هایی را در ناحیه 576 cm^{-1} (Fe-O)، 807 cm^{-1} (ارتعاشات کششی متقارن Si-O-Si) و 1081 cm^{-1} (ارتعاشات کششی نامتقارن Si-O-Si) را نشان می‌دهد (شکل ۱b). در طیف FT-IR ترکیب $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-NH}_2$ ، پیک‌هایی در نواحی 577 ، 1150 – 1000 ، 1410 – 1400 ، 1546 و 2986 cm^{-1} ظاهر شدند که به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی Fe-O، ارتعاشات کششی نامتقارن Si-O-Si، ارتعاشات کششی C-N، ارتعاشات خمشی N-H، و ارتعاشات کششی C-H هستند. همچنین پیک در ناحیه 3390 – 3165 cm^{-1} به ارتعاشات کششی N-H مربوط می‌شود (شکل ۱c). حضور پیک‌های جذبی در ناحیه 3031 – 2878 ، 1734 ، 1665 ، 1476 و 1355 cm^{-1} که اختصاص به ارتعاشات کششی C-H، C=O (استر)، C=O (کتون)، ارتعاشات خمشی CH_2 و CH_3 دارند مؤید سنتز ترکیب استری (۲) می‌باشد. همچنین پیک‌ها در ناحیه‌های 1038 و 1594 cm^{-1} مرتبط با گروه‌های کربونیلی می‌باشند که از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی با گروه هیدروکسی مولکول آنتراکوئینون ایجاد شده است (شکل ۱d). پیک‌های جذبی در 1645 و 1544 cm^{-1} متعلق به ارتعاشات کششی C=O (آمید و آنتراکوئینون) و C=O (پیوند هیدروژنی با گروه هیدروکسی حلقه) و همچنین 1150 – 1000 cm^{-1} (ارتعاشات کششی Si-O-Si) و 578 cm^{-1} (ارتعاشات کششی Fe-O) نشان می‌دهد که نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-NH}_2$ با ترکیب استر (۲) عامل‌دار شده است (شکل ۱e). علاوه بر این، حضور پیک‌های ارتعاشی در 3400 (کششی O-H)، 2880 – 3090 (کششی C-H)، 1580 (کششی آمید C=O)، 1531 (کششی C=O کئوردینه نشده با مس)، 1436 (کششی C=O کئوردینه شده با مس)، 1150 – 1000 (ارتعاشات نامتقارن Si-O-Si) و 675 cm^{-1} (کششی Cu-O) نشان می‌دهد که نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ به خوبی با مولکول‌های ۱ و ۴-دی‌هیدروکسی آنتراکوئینون مس (II) عامل‌دار شده‌اند (شکل ۱f).

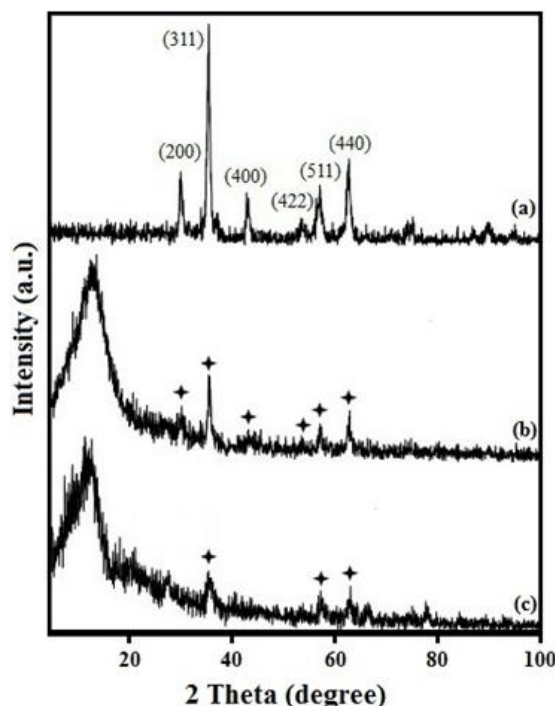


شکل ۱: طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (a) Fe_3O_4 ، (b) $Fe_3O_4@SiO_2$ ، (c) $Fe_3O_4@SiO_2-NH_2$ ، (d) $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ$ ، (e) $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ و (f) $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ$

۲-۱-۳- نتایج XRD ترکیب سنتزی

بررسی ساختارهای کریستالی نانوذرات سنتزی با استفاده از پراش اشعه ایکس (XRD) انجام گرفت. الگوهای پراش اشعه ایکس برای نانوذرات Fe_3O_4 ، $Fe_3O_4@SiO_2$ و $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ در شکل ۲ نشان داده شده است. در شکل ۲a پیک‌های پراش در $2\theta = 30.1^\circ$ ، 35.4° ، 43.1° ، 53.4° ، 57° و 62.6° و اندیس‌های میلر (۲۲۰)، (۳۱۱)، (۴۰۰)، (۴۲۲)، (۵۱۱) و (۴۴۰) اختصاص داده شده‌اند که به خوبی حضور هسته Fe_3O_4 با ساختارهای کریستالی را تأیید می‌کنند. در شکل (b,c) الگوهای پراش اشعه ایکس $Fe_3O_4@SiO_2$ و $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ چندین پیک پراش در ناحیه $20^\circ-70^\circ$ را نشان می‌دهند که کاملاً مشابه با نانوذرات Fe_3O_4 می‌باشد. بنابراین این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات سطحی نانوذرات Fe_3O_4 منجر به تغییر فاز نمی‌شود. بعد از پوشش نانوذرات Fe_3O_4 با سیلیکا و عامل دار شدن سطحی، شدت پیک‌ها به طور واضح کاهش می‌یابد و یک پیک پهن مربوط به سیلیکات بی‌شکل در ناحیه $10^\circ-20^\circ$ در طیف دیده می‌شود (شکل ۲b).

برای نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ بخاطر اثر تداخلی سیلیکات بی شکل و ترکیبات آلی پیک پهن به زاویه های پایین تر منتقل می شود (شکل ۲c). همچنین اندازه ذرات کریستالی میانگین Fe_3O_4 از طریق معادله شرر و از طریق پیک (۳۱۱) قابل محاسبه می باشد. بر این اساس اندازه ذرات مگنتیت محاسبه شده از طریق معادله شرر برای نانوذرات Fe_3O_4 ، $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ به ترتیب برابر با ۱۱.۳۳، ۱۲.۶۴ و ۱۴.۵۳ نانومتر می باشد.

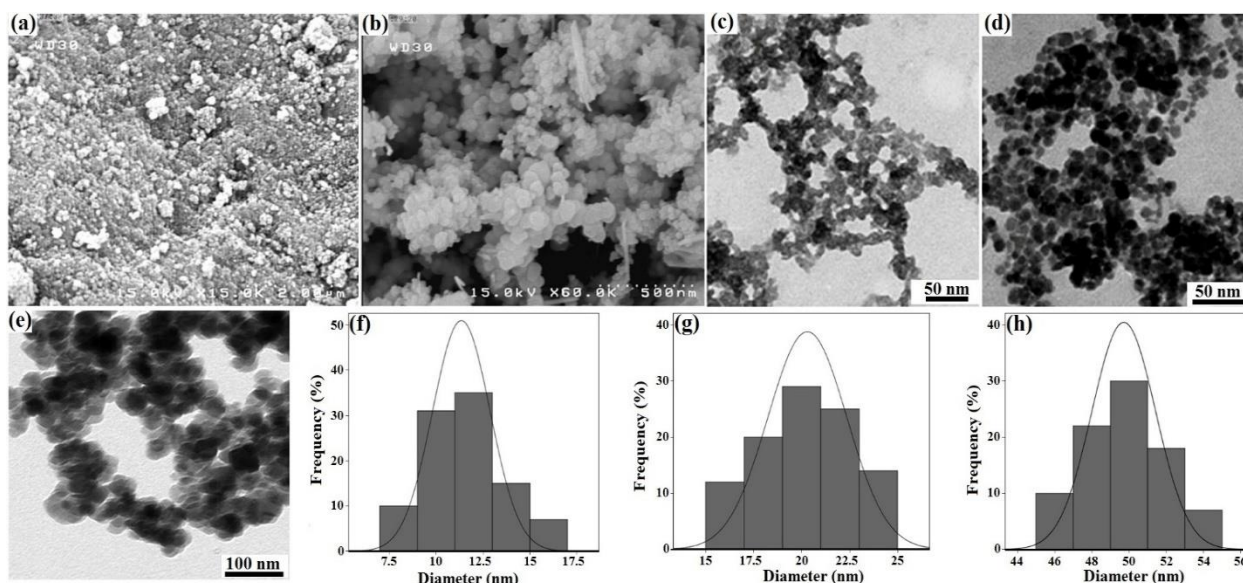


شکل ۲: طرح پراش اشعه ایکس برای نانوذرات Fe_3O_4 (a)، $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ (b) و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ (c).

۳-۱-۳- نتایج FE-SEM، TEM و DLS

مورفولوژی نانوذرات سنتزی Fe_3O_4 (a) و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ (b) با بکارگیری میکروسکوپ الکترونی روبشی همانگونه که در شکل ۳a,b قابل مشاهده می باشد مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر FE-SEM نشان می دهد که نانوذرات Fe_3O_4 به طور موفقیت آمیزی با لایه سیلیکا پوشش داده شده اند و این نانوذرات دارای مورفولوژی تقریباً کروی می باشند. یکی از راه های تشخیص دقیق اندازه مواد نانویی، استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) می باشد. بنابراین مورفولوژی و ساختارهای نانوذرات سنتزی در مراحل مختلف با بکارگیری میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳c-e). تصویر TEM آشکار می سازد که قطر نانوذرات Fe_3O_4 حدود ۱۰ نانومتر و به صورت یکدست و یکنواخت می باشند (شکل ۳c). بعد از پوشش با لایه سیلیکا قطر نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ افزایش و حدود ۲۰ نانومتر خواهد شد که ضخامت لایه سیلیکا تقریباً برابر با ۵ نانومتر

می باشد (شکل ۳d). همچنین تصویر TEM نشان می دهد که نانوذرات $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ به شکل کروی با قطر تقریبی ۵۰ نانومتر می باشند (شکل ۳e). همچنین توزیع اندازه ذرات برای نانوذرات سنتزی Fe_3O_4 ، $Fe_3O_4@SiO_2$ و $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ مطابق با شکل ۳f-h مورد بررسی قرار گرفت.



این توزیع اندازه ذرات به ترتیب در مقادیر ۱۲، ۲۰ و ۵۰ نانومتر متمرکز می باشند که در توافق خوبی با اندازه ذرات مشاهده شده در تصاویر TEM می باشند.

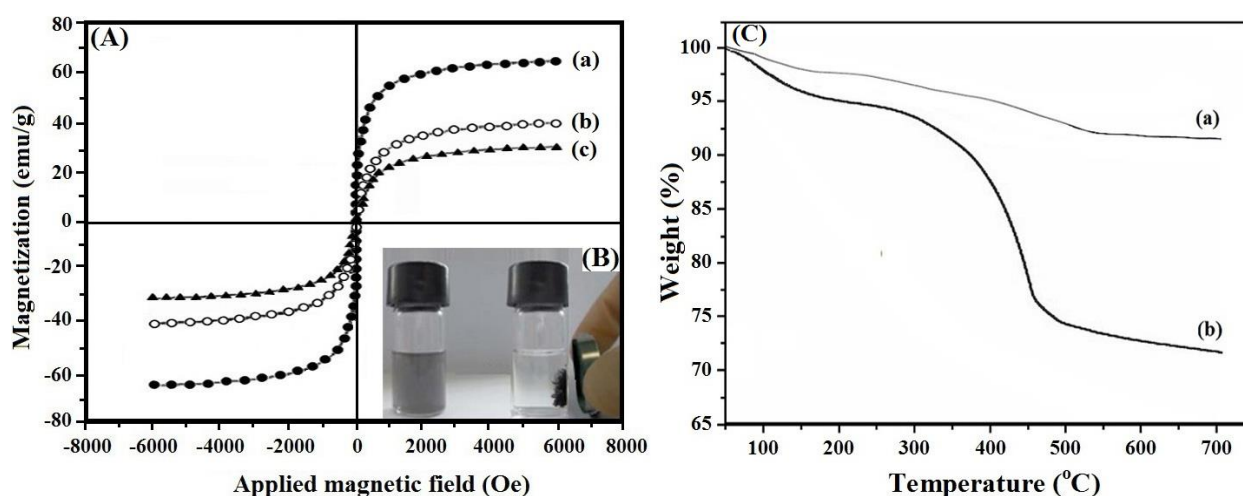
شکل ۳: تصاویر FE-SEM نانوذرات (a) Fe_3O_4 ، (b) $Fe_3O_4@SiO_2$ و تصاویر TEM (c) Fe_3O_4 ، (d) $Fe_3O_4@SiO_2$ و توزیع اندازه ذرات (e) $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ ، (f) Fe_3O_4 ، (g) $Fe_3O_4@SiO_2$ و (h) $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$.

۳-۱-۴- نتایج VSM نانوذرات سنتزی

خواص مغناطیسی نانوذرات Fe_3O_4 ، $Fe_3O_4@SiO_2$ و $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ با استفاده از مغناطیس سنج نمونه مرتعش (VSM) در دمای اتاق مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴A). نتایج نشان می دهد که مقدار مغناطیس اشباع برای نانوذرات Fe_3O_4 ، $Fe_3O_4@SiO_2$ و $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ به ترتیب برابر با ۴۰.۳، ۳۰.۷ emu/g و ۴۰.۳ می باشد. آن واضح است که مقدار مغناطیس اشباع نانوذرات Fe_3O_4 با افزایش سیلیکا و لیگاند کمپلکس تدریجاً کاهش می یابد. این نانوذرات سوپرپارا مغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی خارجی دارای ممان های مغناطیسی دائمی نمی باشند اما در حضور میدان مغناطیسی مسئولیت مغناطیسی خود را بروز می دهند (شکل ۴B).

۳-۱-۵- نتایج TGA نانوذرات سنتزی

بررسی آنالیز حرارتی-وزنی (TGA) نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ در یک دامنه حرارتی ۷۰۰-۵۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت (شکل ۴C). این نانوذرات دو مرحله کاهش وزنی را در این دامنه دمایی از خود نشان می دهند که کاهش زیر دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد مربوط به حذف حلال یا آب می باشد درحالی که مرحله کاهش وزنی ثانویه در دمای بالاتر از ۱۵۰ درجه سانتی گراد مربوط به تجزیه ترکیبات آلی روی بستر مغناطیسی می باشد. مطابق با شکل ۴Ca، کاهش وزنی در دامنه ۲۰۰-۵۰ درجه سانتی گراد مربوط به نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ بخاطر تبخیر آب و اتانول جذب سطحی می باشد در حالی که کاهش وزنی بین دمای ۲۰۰-۵۶۰ درجه سانتی گراد بدلیل آزاد شدن آب ساختاری از نانوذرات می باشد. منحنی TGA برای نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ یک کاهش وزن اولیه ۵.۱ درصد در زیر دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد نشان می دهد که بخاطر حذف مولکول های آب از گروه های هیدروکسی سطحی می باشد. همچنین کاهش وزنی حدود ۲۴.۸ درصد در دامنه ۷۰۰-۲۰۰ درجه سانتی گراد بدلیل تجزیه ترکیبات آلی بروی سطح نانوذرات می باشد (شکل ۴Cb).

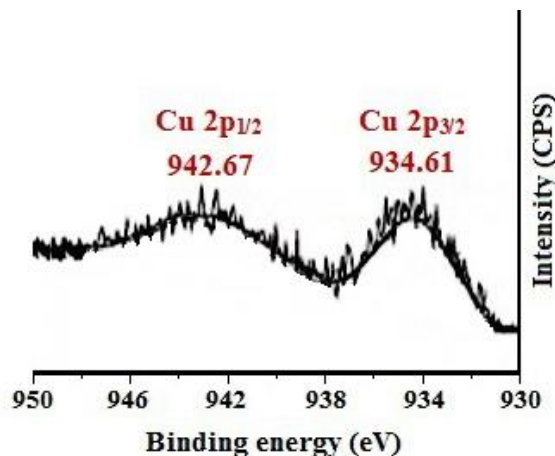


شکل ۴: منحنی های مغناطیسی در ۳۰۰ درجه کلین برای نانوذرات (a) Fe_3O_4 ، (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ و (c) $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$. (B) فرآیند جداسازی $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ با استفاده از یک مگنت مغناطیسی و (C) آنالیز تجزیه گرمایی نانوذرات (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ و (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$.

۳-۱-۶- نتایج XPS نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$

به منظور بررسی حالت اکسایش مس در نانوذرات سنتزی $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ از آنالیز طیف سنجی فوتوالکترونی پرتو ایکس استفاده شد و انرژی پیوندی (Binding Energy) بدست آمده از نانوذرات سنتزی با موقعیت پیک ها در $\text{Cu}^{2+} 2p_{3/2}$ و $\text{Cu}^{2+} 2p_{1/2}$ مقایسه شد. نتایج حاکی از آن است که پیک های اصلی $\text{Cu} 2p_{3/2}$ و

$\text{Cu } 2p_{1/2}$ در نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ حدوداً برابر با 934.61 eV و 942.67 eV می باشد که نشاندهنده آن است که Cu به حالت مس دوظرفیتی وجود دارد.



شکل ۵: طیف XPS نانوحسگر $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$

۳-۱-۷- نتایج ICP نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$

به منظور تعیین مقدار مس در ساختار نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ از آنالیز پلاسمای جفت شده القایی استفاده شد. نتایج حاصل نشان می دهد که مقدار یون مس ساپورت شده بروی نانوذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ}$ برابر با 0.23 mmol/g می باشد.

۳-۱-۸- نتایج BET نانوذرات سنتزی

بطور تجربی می توان مساحت سطح نانوذرات را بوسیله آنالیز ایزوترم های جذب نیتروژن یا دیگر گازها و با استفاده از معادله BET بدست آورد. ناحیه سطح ویژه و قطر منافذ نانوذرات سنتزی با بکارگیری روش های BET و BJH محاسبه شدند و نتایج نشان می دهد که ناحیه سطح ویژه برای نانوذرات Fe_3O_4 ، $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$ به ترتیب برابر با ۴۸۰، ۴۳۰ و $362 \text{ m}^2/\text{g}$ می باشد (جدول ۱).



جدول ۱: نتایج BET نانوذرات Fe_3O_4 ، $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ و $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$

ردیف	نمونه	ناحیه سطح ویژه (m^2/g)	حجم منافذ (cm^3/g)	میانگین قطر منافذ (nm)
۱	Fe_3O_4	۴۸۰	۰.۸۰۳	۱.۲۵۴
۲	$\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$	۲۳۰	۰.۷۵۵	۱.۷۸۷
۳	$\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-DAQ-Cu(II)}$	۳۶۲	۰.۷۳۰	۱.۸۳۳

۲-۳- طراحی الکتروود شناسایی یون مس

۱-۲-۳- بهینه سازی درصد ترکیبات الکتروود خمیر کربن شناساگر یون مس

در این بخش نسبت ترکیبات سازنده الکتروود CPE شامل گرافیت، پارافین، ترکیب سنتزی و MWCNTs بهینه می گردند. بهینه سازی براساس بررسی پاسخ در منحنی CV و DPV براساس افزایش شدت پیک اکسیداسیون یون مس بررسی می گردد.

بهینه مقدار گرافیت برای الکتروود شناساگر مس در حدود 0.24g می باشد و افزایش مقدار گرافیت تا 0.24g منجر به افزایش پاسخ می شود. افزایش بیشتر مقدار گرافیت از 0.24g منجر به کاهش پاسخ می شود. افزایش اولیه به خاطر توانایی انتقال الکترون می باشد. به هر حال، مقادیر زیاد گرافیت باعث کاهش مقدار ترکیب سنتزی شناساگر در سطح الکتروود شده و در نتیجه منجر به کاهش سایت های فعال و در نهایت کاهش پاسخ سنسور می شود. در این تحقیق مقدار 0.1g ترکیب سنتزی به عنوان مقدار بهینه انتخاب می گردد. مقادیر بالاتر از ترکیب شناساگر مس در حدود بیشتر از 0.1g پاسخ سنسور را بیشتر خواهد کرد. دلیل این پدیده وجود مکان های انتخابگر بیشتر و حفره های بیشتری برای به دام انداختن یون مس است. مقادیر کمتر ترکیب سنتزی شناساگر به معنای کاهش حفره ها در سطح الکتروود و کاهش سیگنال می باشد. زمانی که مقدار ترکیب انتخابگر سنتزی از 0.1g بیشتر می شود هدایت الکتروود کاهش می یابد زیرا پلیمر یک ماده نارسا است. در نتیجه مقادیر زیاد ترکیب سنتزی در کامپوزیت، کاهش هدایت سنسور و پاسخ را به دنبال دارد.

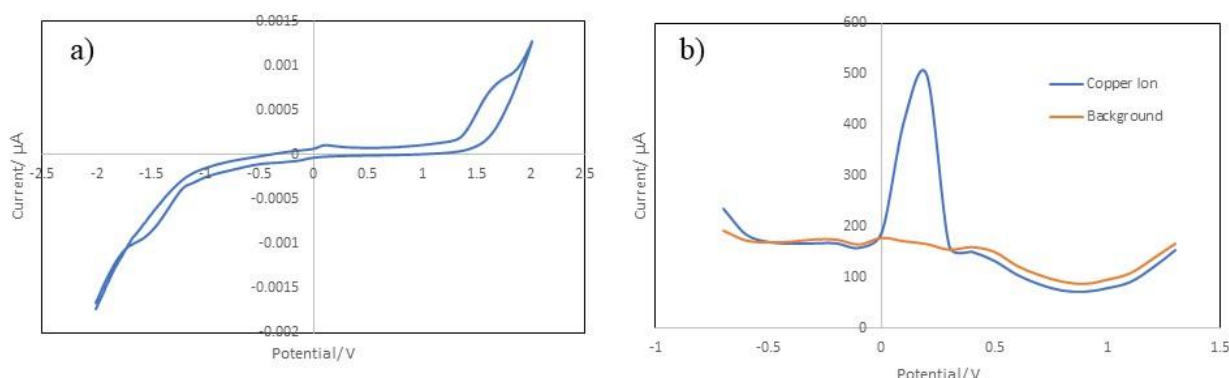
حداقل مقدار 0.08g از کامپوزیت باید پارافین پیونددهنده باشد تا خواص شیمیایی و فیزیکی الکتروود مناسب باشد. کمتر از این مقدار پارافین، تهیه ی خمیر کربن بسیار سخت می باشد زیرا در مقادیر ناچیز پارافین خمیر کربنی به سختی تهیه می شود و بسیار شکننده است. مقادیر بسیار زیاد پیونددهنده، اثر بسیار منفی بر کارایی الکتروود دارد و منجر به کاهش پاسخ می شود زیرا پیونددهنده نارسا است و هدایت الکتروود را کاهش می دهد. با افزایش مقدار MWCNT از مقدار 0.02g تا 0.05g در کامپوزیت CPE پاسخ الکتروود به اندازه ی 0.5 واحد افزایش پیدا می کند. همانطور که قبلاً گزارش شده است MWCNT می تواند کارایی سنسور را به دو دلیل افزایش هدایت کامپوزیت و

بهینه کردن خواص انتقال بار افزایش دهد. با افزایش مقدار MWCNT از ۰.۰۲g تا ۰.۰۶g پاسخ الکتروکاتالیز پدید می‌آید. از آنجایی که پاسخ الکتروکاتالیز تحت تأثیر دو فاکتور هدایت توده الکتروکاتالیز و در دسترس بودن مکان‌های فعال در سطح الکتروکاتالیز قرار دارد لذا مقادیر زیاد MWCNT، سایت‌های انتخابگر را در سطح الکتروکاتالیز می‌دهد. از اینرو در اینجا، یک شرایط بینابین بهینه با میزان ۰.۰۲g از MWCNT انتخاب می‌گردد.

۲-۲-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی مس با روش‌های CV و DPV

رفتار الکتروشیمیایی یون مس توسط یک الکتروکاتالیز بهینه شده CPE با ترکیب شناساگر سنتزی بررسی می‌گردد. برای این هدف، الکتروکاتالیز CPE وارد سل الکتروشیمیایی حاوی ۰.۰۵M بافر استات با pH برابر با ۵ و محلول ۱mM یون مس می‌شود و سپس روش CV انجام می‌گردد. مکانیسم اکسیداسیون یون مس در شکل ۶a نشان داده شده است که این مکانیسم احتمالی در مقالات نیز پیشنهاد شده است. براساس این شکل یون مس در یک مرحله به صورت کامل به مس (II) در ناحیه حدود ۰.۲V اکسید می‌گردد. در برگشت یون مس (II) به فلز مس در ناحیه ۰.۲V- احیاء می‌گردد. پیک اکسیداسیون و احیاء مس بطور کامل برگشت پذیر می‌باشد و هر دو پیک اکسیداسیون و احیاء در نمودار CV مشخص می‌باشد.

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد پس از بهینه‌سازی درصد ترکیب الکتروکاتالیز ساخته شده روش DPV برای یک نمونه یون مس به غلظت ۱mM در بافر استات به غلظت ۰.۰۵M در pH برابر ۵ مورد آنالیز و بررسی قرار می‌گیرد. همانطوری که در شکل ۶b مشاهده می‌گردد پیک شارپ یون مس در بازه حدود ۰.۲۵V مشاهده می‌گردد. همچنین لازم به ذکر است که پیک زمینه در ناحیه ولتاژ مورد نظر، فاقد پیک و سطح جریان پایینی را دارا می‌باشد. همچنین نتایج DPV الکتروکاتالیز CPE بهینه از نقطه نظر پتانسیل اکسیداسیون، نتایج CV نمونه را نیز تأیید می‌کند. موارد نشان- دهنده پیک اکسیداسیون مس در بازه ۰.۲V می‌باشد.

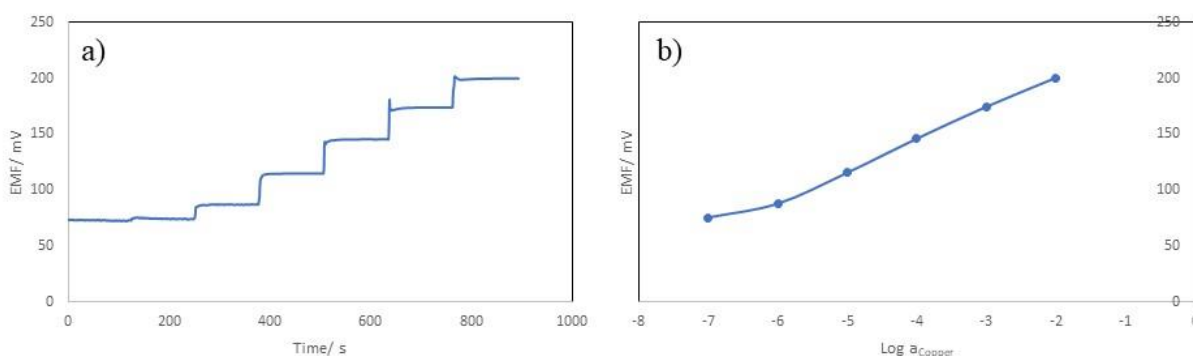


شکل ۶: (a) منحنی رفتار الکتروشیمیایی الکتروکاتالیز پیشنهادی در ساختار بهینه شده الکتروکاتالیز خمیر کربن در محلول ۱ mM یون مس و (b) منحنی DPV الکتروکاتالیز بهینه شده حاوی ترکیب سنتزی پیشنهادی در محلول ۱ mM یون مس.

۳-۲-۳- بررسی رفتار الکتروشیمیایی یون مس با روش پتانسیومتری

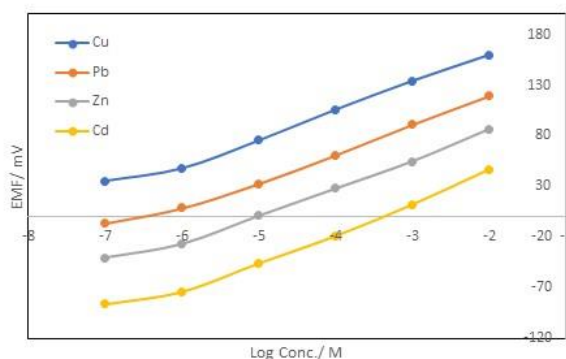
برای انجام تمام اندازه‌گیری‌های پتانسیومتری در نمونه‌های استاندارد از الکتروود با بهینه‌سازی مقادیر (۰.۱g) ترکیب انتخابگر، ۰.۲۴ g، گرافیت، ۰.۰۸g پارافین و ۰.۰۲g MWCNT) استفاده شده است. منحنی کالیبراسیون از محلول-های استاندارد و با به کارگیری روش الکتروشیمیایی پتانسیومتری به دست می‌آید. گستره خطی روش، معادله خط، میزان انحراف از خطی بودن و مزاحمت‌ها در روش پتانسیومتری مورد محاسبه قرار می‌گیرد. حد تشخیص روش و ضریب تغییرات روش به ترتیب نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

همانطوری که در منحنی کالیبراسیون مشاهده می‌گردد، زمانی که پتانسیل به صورت تابعی از لگاریتم غلظت رسم می‌گردد مطابق رابطه نرنست منحنی کالیبراسیون از یک تابع خطی پیروی می‌کند. براساس داده‌های منحنی کالیبراسیون حد تشخیص روش 10^{-7} M و باز خطی روش برابر 10^{-6} - 10^{-2} M می‌باشد.



شکل ۷: (a) پاسخ پتانسیومتری سنسور پیشنهادی در پله‌های غلظتی در بازه 10^{-8} - 10^{-2} M در بافر زمینه استات با pH=۵ و (b) منحنی کالیبراسیون یون مس در بازه غلظتی 10^{-8} - 10^{-2} M در بافر استات.

براساس داده‌های بدست آمده در آزمون انتخابگری پاسخ سنسور به یون مس در قیاس با سایر یون‌های مزاحم شامل سرب، روی و کادمیوم، الکتروود طراحی شده انتخابگری مناسبی را از خود نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۸ پاسخ الکتروود به یون هدف و تمامی یون‌های مزاحم از تابع نرنست پیروی می‌کند و شیبی در حدود ۲۸ mV/dec را دارد. همانطوری که مشاهده می‌گردد عرض از مبدأ یون مس نسبت به سایر یون‌های مزاحم بسیار بیشتر است که حکایت از انتخابگری یون مس نسبت به یون‌های سرب، روی و کادمیوم دارد.



شکل ۸: پاسخ انتخابگری سنسور پیشنهادی الکتروود مس براساس یونهای مزاحم سرب، روی و کادمیوم.

براساس نتایج جدول زیر الکتروود طراحی شده با توجه به ضریب K_{ij} بالای بدست آمده برای یون مس نسبت به سایر یونهای مزاحم سرب، روی و کادمیوم پاسخ بسیار ایده آلی در نمونههای حقیقی و بطور ویژه در نمونههای نیروگاهی داشته باشد. براساس نتایج جدول ۲ میزان K_{ij} در حدود ۲، ۳ و ۵ برای یونهای سرب، روی و کادمیوم بدست آمده است.

جدول ۲: جدول محاسبه ضریب انتخابگری K_{ij} برای فلزات یون فلزات مزاحم سرب، روی و کادمیوم.

Interference Ion	Cu	Pb	Zn	Cd
Slope	۲۸.۳۷	۲۷.۹	۲۸.۱	۲۷.۲۴
Intercept	۲۱۸.۱۰	۱۷۴.۰۴	۱۴۱.۰۲۳	۱۰۴.۲۰
r^2	۰.۹۹۹	۰.۹۹۹	۰.۹۹۹	۰.۹۹۸
K_{ij}	-	-۲.۸۷	-۳.۹۹	-۵.۲۶

۳-۳- کاربرد سنسور در نمونههای آب چرخه خنک کن نیروگاهی

برای اندازه گیری مس در نمونه آب چرخه خنک کن نیروگاه، نمونه آب چرخه خنک کن نیروگاه منتظر قائم با اضافه کردن ۱ mL بافر استات به غلظت ۱M در pH=۵ به pH بهینه رسانده شده است. سپس پلههای غلظتی مس به آن اضافه می شود. الکتروودهای بهینه در نمونه حقیقی فرو برده می شود و پس از ثبات پاسخ سنسور در حدود ۲ تا ۳ دقیقه، پتانسیل خوانده و براساس منحنی کالیبراسیون غلظت محاسبه می گردد (جدول ۳). در ادامه غلظت مس در نمونه آب نیروگاهی به روش استاندارد دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج دستگاه جذب اتمی مقدار مس نمونه آب نیروگاهی را حدود ۰.۲۳۸ ppm نشان می دهند و نتایج روش مرجع مقدار آنرا ۰.۲۴ ppm نشان می دهد (جدول ۳). روش سنجش مطرح شده نیاز به مرحله آماده سازی نمونه ندارد. این روش قادر به اندازه گیری مقادیر بسیار ناچیز مس در نمونههای آب چرخه خنک کن می باشد.



جدول ۳: نتایج عملکرد سنسور پیشنهادی در نمونه آب چرخه خنک کن نیروگاه

Sample	Cu/ppm - Sensor	Cu/ ppm – Ref.	RSD (%)
Cooling Tower Sample	0.23	0.24	1.2
	0.25	0.23	0.8
	0.22	0.24	0.7
	0.24	0.25	0.7
	0.25	0.24	0.6

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق یک ترکیب سنتزی پیشنهادی به عنوان عنصر شناساگر یون مس در ساختار CPE استفاده می شود و MWCNT برای بهبود خواص هدایت در الکتروود به کار گرفته می شود. الکتروود طراحی شده دارای حد تشخیص در حدود $10^{-7}M$ و باز خطی روش برابر $10^{-6}M$ - $10^{-2}M$ می باشد. در نهایت از الکتروود طراحی شده برای پایش یون مس در نمونه های نیروگاهی استفاده گردید که نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی با روش مرجع در تطابق قرار دارد. نتایج حاکی از آن است که اندازه گیری مس در نمونه های پیچیده نظیر آب چرخه خنک کن کاملاً موفق می باشد و قابلیت اجرا در مقیاس عملیاتی را دارد. الکتروود تهیه شده حساسیت بالا، انتخابگری قابل قبول، پایداری طولانی مدت و کارایی مناسبی دارد. همچنین این روش آسان، سریع و ارزان است. از نقطه نظر فنی-اقتصادی هزینه طراحی و ساخت حسگر سنتزی $Fe_3O_4@SiO_2-DAQ-Cu(II)$ نسبت به حسگرهای موجود در بازار بسیار پایین می باشد.

امکان سنجی فنی-اقتصادی- زیست محیطی جهت ارتقاء و توسعه روش های پیش تصفیه

آب نیروگاه شهید بهشتی لوشان

نویسنده: مرتضی فقیهی

فرآیند پیش تصفیه، آب را برای ورود به هر نوع تصفیه خانه (به عنوان مثال، نیروگاه، صنایع شیمیایی، پتروشیمی و غیره) آماده می کند. فرآیند پیش تصفیه مناسب می تواند بار عملیاتی بر روی تصفیه خانه و هزینه های مرتبط را کاهش دهد. آب ورودی به نیروگاه شهید بهشتی لوشان از طریق چاه های کم عمق حفر شده در رودخانه شاهرود که در مجاورت نیروگاه واقع است، تأمین می گردد. نظر به تغییر کیفیت آب رودخانه شاهرود طی سالهای اخیر و بروز مشکلات متعاقب آن، در این پروژه ضمن مطالعه و بررسی روش های پیش تصفیه جهت ارتقاء سیستم موجود در نیروگاه، روش های مختلف شیمیایی و مکانیکی از جنبه های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و در انتهای پروژه طراحی روش بهینه از لحاظ فنی، اقتصادی و زیست محیطی پیشنهاد شد. ذکر این نکته ضروری است که استفاده حداکثری از زیرساخت موجود در نیروگاه شهید بهشتی جهت پیش تصفیه در دستور کار تیم پروژه قرار داشت تا علاوه بر کاهش هزینه در فرآیندهای آتی، ارتقاء و توسعه روش ها با کمترین تغییر در زیرساخت به انجام برسد. با توجه به افت کیفیت آب ورودی به نیروگاه، اصلاح روش پیش تصفیه آب می تواند از خوردگی تجهیزات جلوگیری کند، میزان هزینه تعمیرات و نگهداری را کاهش دهد و بار عملیاتی بر روی رزین های تصفیه خانه را کم کند. همچنین به تولید برق پایدار در نیروگاه کمک شایانی نماید.

پروژه "امکان سنجی فنی-اقتصادی- زیست محیطی جهت ارتقاء و توسعه روش های پیش تصفیه آب نیروگاه شهید بهشتی لوشان" طی سه مرحله کلی با ابلاغ کارفرمای محترم شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی، ذیل طرح ارتقا و توسعه شیمی نیروگاه و در گروه پژوهشی پشتیبان شیمی و فرآیند انجام گرفت.

در فاز اول پروژه بررسی اولیه شرایط آب ورودی و پیش تصفیه نیروگاه با انجام کوپن گذاری و آزمون های فیزیکی / شیمیایی انجام شد. نتایج مطالعات و بررسی نشان داد که کیفیت آب ورودی طی دهه های اخیر به شدت افت داشته است. میزان کندانکتیویته آب ورودی به نیروگاه در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۳۰ نسبت به سال ۱۳۵۳ به ترتیب ۲/۳ و ۲/۷ برابر شده است. این امر لزوم به روز رسانی، تغییر یا احداث واحد در سیستم پیش تصفیه و تصفیه نیروگاه را یادآور می شود. سه نقطه آب ورودی (آب خام)، آب بعد از کلاریفایر و آب بعد از فیلتر شنی به عنوان سه نقطه مهم در مسیر پیش تصفیه آب نیروگاه انتخاب شد و نمونه برداری از آنها انجام گرفت. نتایج آزمون های فیزیکی در محل نیروگاه نشان داد که میزان کندانکتیویته و TDS در طول مسیر پیش تصفیه از آب خام تا بعد از فیلتر شنی تغییری ندارد. همچنین نتایج آزمون های فیزیکی / شیمیایی نشان داد که در طی مسیر پیش تصفیه تغییری در میزان یون های مثبت سدیم، پتاسیم و منیزیم ایجاد نمی شود و تنها میزان ناچیزی کاهش در کلسیم داریم. همچنین کاهش در میزان قلیائیت بعد از کلاریفایر مشاهده شد که عملکرد مناسب کلاریفایر از این حیث را نشان داد. با



تزریقات فعلی کلاریفایر، میزات قلیائیت حدود ۴۴٪ کاهش یافته است. اما سایر یون‌های موجود با تزریقات فعلی تغییری نداشته است و لزوم بهینه سازی تزریقات را نشان داد. بالا بودن سولفات در آب ورودی از دیگر نکات بارز نیروگاه است که نتایج آزمون میکروبی هم فعالیت باکتری SRB را نشان داد و تأییدی بر بالا بودن سولفات در آب است.

نتایج کوپن گذاری اولیه نشان داد که میزان خوردگی برای کربن استیل $0/1360 \text{ mm/y}$ بوده که نشانگر خوردگی متوسط (Moderate) است. این امر نشان می‌دهد که خوردگی در لوله‌های مسیر پیش تصفیه در حال رخ دادن است و کیفیت آب در مسیر پیش تصفیه و بعد از آن نیازمند اصلاح است. از طرفی میزان رسوب گذاری در حدود $0/0167$ میلی گرم در روز گزارش شد که عدد قابل توجهی می‌باشد. جمع بندی این نتایج نشان از نیاز به اصلاح فرآیند پیش تصفیه در جهت کاهش خوردگی و بهبود عملکرد نیروگاه دارد.

در ادامه و در بخش دیگری از شرح خدمات پروژه، با کمک ارزیابی مقالات، گزارش‌ها، و منابع علمی، روش‌های مؤثر پیش تصفیه مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعات و بررسی‌ها در خصوص انواع روش‌های مهم پیش تصفیه و تصفیه در مرحله پایانی فاز اول انجام شد و نتایج مطالعات نشان داد که روش اسمز معکوس یکی از بهینه ترین روش‌های بهبود پیش تصفیه می‌باشد.

در ادامه پروژه و با در نظر گرفتن شرایط فعلی نیروگاه، سعی شد در خصوص بهبود شرایط پیش تصفیه فعلی نیز مطالعات و آزمایش‌هایی صورت گیرد. از این رو انجام آزمون‌های مختلف جهت بررسی منعقد کننده‌های مختلف و اثر آنها بر فرآیند پیش تصفیه آب انجام شد. با بررسی منابع مختلف تئوری و عملیاتی، شش منعقد کننده جهت بررسی عملکرد بر روی آب کلاریفایر انتخاب شدند و مورد آزمون جار قرار گرفتند. جمع بندی آزمون‌های جار نشان داد که سه منعقد کننده از بین شش منعقد کننده اولیه، نتایج بهتری دارند که شامل پلی آلومینیوم کلراید (PAC)، کربنات سدیم (Na_2CO_3) و پلی آکریل آمید (PAM) بودند. در ادامه آزمون‌های کوپن گذاری، فیزیکی / شیمیایی، میکروبی و آنالیز رسوب برای تأثیر سه منعقد کننده بررسی شد و نتایج نشان داد که پلی آلومینیوم کلراید (PAC) به عنوان بهترین منعقد کننده در نمونه آب کلاریفایر عمل می‌کند. با تزریق 5 ppm از منعقد کننده PAC به پایلوت خوردگی، حدود ۲۰٪ کاهش در سرعت خوردگی کوپن کربن استیل مشاهده شد.

در بخش دیگری از پروژه بررسی فنی و اقتصادی اجرای واحد اسمز معکوس در نیروگاه انجام شد. نتایج بررسی پیشنهاد فنی دو شرکت نشان داد که با سرمایه گذاری حدود ۱۰ میلیارد تومان می‌توان واحد اسمز معکوس مناسب برای نیروگاه اجرا نمود. برای مطالعه دقیق‌تر بحث مدیریت پساب واحد اسمز معکوس هم در نظر گرفته شد. برای اجرای مدیریت پساب، پیشنهاد اول اجرای یک واحد در سطح یک و شامل یک واحد با فیلتر UF و سیستم RO است تا حجم پساب را کاهش دهد. در نیروگاه‌هایی که در سیستم تصفیه‌خانه از فیلترهای غشایی RO استفاده می‌کنند با توجه به اینکه حجم آب نمک دفع شده (کانستریت) و شستشو (فلاشینگ) فیلترهای RO قابل ملاحظه

می‌باشد. از لحاظ ارزیابی فنی استفاده از یک مرحله نرم‌سازی و سپس بکارگیری از فیلترهای غشایی به منظور تصفیه و بازچرخانی کانستریت فیلترهای RO و اجرای صحیح آن منجر به تولید آب با کیفیت بالا و با راندمان حدود ۷۵٪ (با کیفیت آب کمتر از $50 \mu\text{S}/\text{Cm}$) خواهد شد و از این راهکار در کشورهای پیشرفته و توسعه یافته به منظور تصفیه آب و پساب‌های صنعتی استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی اقتصادی راهکار پیشنهادی، مواردی همچون هزینه تجهیزات مورد نیاز و هزینه‌های نصب و راه‌اندازی در نظر گرفته شد. تخمین و محاسبات اولیه نشان داد که با سرمایه‌گذاری ۸ میلیارد تومانی می‌توان پساب واحد اسمز معکوس را در سطح خوبی مدیریت نمود. واحد اسمز معکوس پیشنهادی می‌تواند بار عملیاتی بر روی تصفیه خانه را به میزان زیادی کاهش دهد، مصرف مواد شیمیایی را کم کند و تولید پایدار برق نیروگاه را از جهت تأمین آب سیکل بهبود بخشد. جمع بندی بررسی ها در این پروژه نشان داد که فرآیند پیش تصفیه نیروگاه نیاز به اصلاح دارد. در نتیجه مطالعات، آزمون‌ها و پایش‌ها، دو روش اصلاحی برتر جهت بهبود فرآیند پیش تصفیه مشخص شدند. یک روش بهبود تزریقات در کلاریفایر با افزودن PAC است. روش دیگری احداث واحد اسمز معکوس قبل از تصفیه خانه نیروگاه می‌باشد. در جدول این دو پیشنهاد اصلاحی با جمع بندی نکات آنها آمده است.

جمع بندی دو پیشنهاد فنی برتر جهت بهبود فرآیند پیش تصفیه نیروگاه شهید بهشتی لوشان.

روش	اولویت	نوع اقدام
اجرای اسمز معکوس پیش از تصفیه خانه به همراه واحد مدیریت پساب اسمز معکوس	اول	میان مدت (۸ تا ۱۱ ماه)
تزریق منعقد کننده PAC در کلاریفایر	دوم	کوتاه مدت (۱ تا ۲ ماه)

با توجه به جمیع جهات و بررسی نتایج آزمون‌ها و پایش‌ها، روش برتر جهت بهبود فرآیند پیش تصفیه نیروگاه، اجرای واحد اسمز معکوس قبل از تصفیه خانه می‌باشد. این روش می‌تواند به طور مشخص و با اطمینان بالاتری نسبت به پیشنهاد تزریق PAC عمل کرده و نتایج بهتری در بهبود کیفیت آب داشته باشد. روش اسمز معکوس نسبت به تزریق PAC در کلاریفایر، جهت رفع مشکلات پیش تصفیه نیروگاه قابلیت اطمینان بالاتری دارد و می‌توان به جواب دهی این روش بسیار امیدوار بود. اجرای روش اسمز معکوس می‌تواند تا سالها، تأمین پایدار آب با کیفیت برای سیکل نیروگاه را تضمین کند و به تولید پایدار برق کمک شایانی نماید. از این رو پیشنهاد با اولویت اول و روش برتر جهت اصلاح پیش تصفیه آب نیروگاه، اجرای روش اسمز معکوس می‌باشد. لازم به ذکر است که زمان ارائه این پیشنهادات در سال ۱۴۰۴ بوده است و جهت اجرا در سال‌های آتی باید بحث تورم در مبالغ اقتصادی مد نظر قرار گیرد.

معرفی آزمایشگاه مرجع سوخت و روغن

مواد مورد آزمون

- روغن های عایقی؛
- روغن های سنتزی و روغن های معدنی
- روغن های صنعتی؛
- روغن های کمپرسور، روغن های هیدرولیک، روغن ترمزها، روغن موتور ها و روغن های توربین
- سوخت ها؛
- سوخت های سبک و سنگین
- گریس ها؛
- گریس های پایه کلسیم، سدیم، لیتیم و بنتونی



آزمایشگاه مرجع سوخت و روغن

کنترل کیفیت سوخت و روغن مورد استفاده در صنعت برق، در افزایش طول عمر تأسیسات، تجهیزات و جلوگیری از وقفه در تولید برق نقش بسیار مهمی دارد. در همین راستا **آزمایشگاه مرجع سوخت و روغن** پژوهشگاه نیرو با سابقه ی طولانی یکی از مجهزترین آزمایشگاه ها در این زمینه می باشد.

آزمایشگاه مرجع سوخت و روغن در رابطه با تعیین مشخصات فنی و کنترل کیفیت سوخت ها و روغن های مورد استفاده در صنعت برق و ارائه نظرات کارشناسی و همچنین ارائه خدمات آزمایشگاهی به پروژه های تحقیقاتی در دست انجام مربوط به صنعت برق، فعالیت می نماید.



پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی شیمی و فرایند
آزمایشگاه مرجع سوخت و روغن

نشانی: شهرک قدس - انتهای بلوار
شهید دادمان - پژوهشگاه نیرو
شماره تماس: ۸۸۰۷۹۴۰۰
داخلی: ۴۱۷۶
asabzi@nri.ac.ir

معرفی آزمایشگاه مرجع سوخت و روغن

دامنه فعالیت ها

- انجام آزمون های کنترل کیفی روغن ترانس کار کرده و تفسیر نتایج مطابق IEC 60422
- انجام آزمون های کنترل کیفی روغن ترانس نو مطابق IEC 60296
- پایش وضعیت ترانسفورماتور و کاغذ عایقی با استفاده از گاز کروماتوگرافی، تست فورفورال و متانول
- انجام تست های کنترل کیفیت روغن های توربین، هیدرولیک، روانکاری، دنده و ...
- انجام آنالیزهای مربوط به سوخت های گازوئیل و مازوت
- انجام تست های مربوط به نمونه های گریس



تجهیزات

- دستگاه های آنالیز GC TOGA, GC-MS, HPLC
- دستگاه های اندازه گیری خواص فیزیکی، شیمیایی و الکتریکی روغن های عایقی (کشش سطحی، ولتاژ شکست عایقی، اسیدیته و ...)
- دستگاه های لازم جهت کنترل کیفیت روغن های صنعتی (شامل روغن توربین، هیدرولیک، کمپرسور، گیربکس، دیزل، موتور و....) (آزاد سازی هوا، تیراتور، کارل فیشر، ویسکومتر، تست کف و ...)
- دستگاه های لازم جهت کنترل کیفیت و اندازه گیری خواص سوخت های مایع (بمب کالریمتر، فلش پوینت بسته، اندازه گیری نقطه ریزش و ...)



همکاری با شرکت ها و صنایع

- شرکت های مدیریت تولید
- شرکت های توزیع برق
- شرکت های برق منطقه ای
- نیروگاه ها
- شرکت های تابعه صنعت برق
- شرکت های سازنده نیروگاه ها و پالایشگاه ها
- مجتمع های پتروشیمی
- پالایشگاه ها
- مناطق عملیاتی انتقال گاز
- سازمان بنادر و کشتیرانی
- صنایع سیمان



معرفی آزمایشگاه مرجع آب و بخار



پژوهشگاه نیرو
Niroo Research Institute

NRI

آزمایشگاه مرجع آب و بخار

Reference Water & Steam Laboratory

خدمات تخصصی آزمون، کنترل کیفیت و مشاوره در
حوزه آب، بخار، پساب، مواد شیمیایی و رزین‌های تبادل یونی



آب



بخار



مواد شیمیایی



رزین‌های
تبادل یونی



تلفن: 02143767455



ایمیل: reflab@nri.ac.ir



نشانی: تهران - شهرک غرب - انتهای بلوار دادمان -
پژوهشگاه نیرو - آزمایشگاه آب و بخار

معرفی آزمایشگاه مرجع آب و بخار



پژوهشگاه نیرو
Niroo Research Institute

NRI

دامنه فعالیت و موارد مورد آزمون

— دامنه فعالیت این آزمایشگاه شامل موارد زیر می‌باشد: —

1



انجام آزمون‌های تخصصی مربوط به انواع آب‌های مصرفی، آب خام، آب خنک‌کننده، پساب‌ها و چرخه آب و بخار نیروگاه‌ها.

2



آنالیز رسوبات سطح لوله‌های بویلر، پره‌های توربین و رسوبات فیلترهاوس.

3



آزمون فیزیکی-شیمیایی و خوردگی ضلیخ و آب‌خنک‌کن‌ها.

4



کنترل کیفیت مواد شیمیایی شامل: انواع سودها، اسیدها، کربنات سدیم، مواد منعقدکننده من‌جمله کرومیک و تری سدیم فسفات

5



کنترل کیفیت انواع نمک‌های صنعتی و خوراکی، آرموئیب‌ها و مواد بازدارنده از خوردگی، آبی‌اسکالانت‌ها و مواد ضد رسوب.

6



آنالیز هیدرازین، سیلیکاژل، آزمون‌های رزین تبادل یونی، بر اساس استانداردهای بین‌المللی و ملی ایران



تلفن: 02143767455

ایمیل: reflab@nri.ac.ir

نشانی: تهران - شهرک غرب - انتهای بلوار دامن - پژوهشگاه نیرو - آزمایشگاه آب و بخار

معرفی آزمایشگاه مرجع آب و بخار



پژوهشگاه نیرو
Niroo Research Institute





سایر خدمات و مشتریان خدمات آزمایشگاهی

سایر خدمات

این آزمایشگاه همچنین آمادگی خدمات مشاوره‌ای در زمینه‌های مرتبط با: آب، پساب‌های صنعتی و بهداشتی، مواد شیمیایی مورد مصرف در سیکل آب و بخار، رزین‌های تبادل یونی را نیز دارد.

با توجه به اینکه این آزمایشگاه دارای گواهینامه تأیید صلاحیت ISO/IEC 17025:2017 از مرکز ملی تأیید صلاحیت ایران می‌باشد، لذا تولیدکنندگان: ضدیخ و آب-خنک‌کن، کربنات سدیم، نمک طعام، اسید کلریدریک، اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم، آب باتری، اسید باتری، کثیف‌کن، کثیف‌کن رزین‌های تبادل یونی جهت کنترل کیفیت و یا تمدید پروانه استاندارد می‌توانند از خدمات این آزمایشگاه بهره‌مند گردند.

مشتریان خدمات آزمایشگاهی

- شرکت‌های تابعه وزارت نیرو، شرکت‌های مدیریت تولید برق، برق منطقه‌ای، آب و فاضلاب و ...
- شرکت‌های طراح سیستم‌های آب و فاضلاب و تأمین‌کننده تجهیزات مربوطه
- شرکت‌های پیمانکار اسیدشویی و قلیاشویی نیروگاه‌ها و صنایع دیگر
- شرکت‌های تأمین‌کننده مواد شیمیایی مورد استفاده در نیروگاه‌ها و صنایع دیگر
- شرکت‌های مشاور
- سایر صنایع

تلفن: 02143767455

ایمیل: reflab@nri.ac.ir

نشانی: تهران - شهرک غرب - انتهای بلوار دادمان - پژوهشگاه نیرو - آزمایشگاه آب و بخار

معرفی آزمایشگاه مرجع آب و بخار



پژوهشگاه نیرو

Niroo Research Institute



آزمون‌های قابل انجام

— فهرست نام آزمون و روش آزمون

روش آزمون	نام آزمون	روش آزمون	نام آزمون	روش آزمون	نام آزمون
ASTM 1177	Freezing Point	3500-Fe SMWW	Fe(non-S)	4500H+SMWW	pH
ASTM 1120	Boiling Point	4500-Cl-G SMWW	Chlorine	2510 B SMWW	Cond.
ASTM 1881	Foam	4500-CO2 SMWW	CO2	2130 SMWW	Turbidity NTU
ASTM 1882	Effect on Paint	4500-O-C SMWW	D.O	2540D SMWW	TSS
ASTM 1298	Density	3111 SMWW	Metals(Air/C2H2)	2540 C SMWW	TDS
ASTM 1287	(50%)pH	3111 SMWW	Metals(N2O/C2H2)	2120 B SMWW	Color as Hazen
ASTM 1121	Res.Alk	5210-B SMWW	B.O.D	2340 C SMWW	Total Hardness
ASTM 1744	Water Content	5220-B SMWW	C.O.D	3500-Ca SMWW	Ca
ASTM 1119	Ash	3500-V SMWW	V	3500-Mg SMWW	Mg
3111SMWW	Scale Analysis	4500-B SMWW	B	3500 Na-B SMWW	Sodium
ASTM D 3483	Scale	3500-AI SMWW	AI	3500-K-B SMWW	Potassium
NACE-TM0374	Scale Inhibitor	5520 D SMWW	Oil and grease mg/l	4500Cl SMWW	Cl
NACE-TM0193	Solution -Armohib Cleaning	ASTM 2188	Total Capacity	2320 B SMWW	Alkalinity
IS 12086	hydrazine	ASTM 2187	P.S.D Resin	4500 SO4 SMWW	SO4
ISIRI 3601	FeCl3	ASTM 2187	U.C(Resin)	4500-NO3 SMWW	NO3
ASTM 1384	Cooling Water	ASTM 2188	Mean Size(Resin)	4500-NO2 SMWW	NO2
IS13186	citric Acid	ASTM 2187	Effective Size(Resin)	4500-SiO2-C SMWW	Total SiO2
ISIRI7898	TSP	ASTM 2187	Moisture(Resin)	4500-SiO2-C SMWW	R SiO2
ISIRI 209	HCl	ASTM 2187	Backwash Density(Resin)	4500-P SMWW	PO4
ISIRI 210	Sulfuric Acid	ASTM 2187	Density(Resin)	4500 F-D SMWW	F
ISIRI 3769	نمک صنعتی	ASTM 2187	(Resin) Fouling	4111 SMWW	Anions(Cl,SO4,F,NO3)
ISO 108	آمونیاک	ASTM 1520	Corrosion of Anti-Freeze	3500-Fe SMWW	Fe(S)

 تلفن: 02143767455

 ایمیل: reflab@nri.ac.ir

 نشانی: تهران - شهرک غرب - انتهای بلوار دادمان - پژوهشگاه نیرو - آزمایشگاه آب و بخار

معرفی آزمایشگاه مرجع رنگ و پوشش

NRI

Niroy Research Institute

پژوهشگاه نیرو

آزمایشگاه مرجع رنگ و پوشش



آدرس: تهران - شهرک قدس - انتهای بلوار شهید
دادمان - پژوهشگاه نیرو
تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۰-۴
فاکس: ۸۸۰۷۸۲۹۶

Email : analabs@nri.ac.ir
Web: <http://www.nri.ac.ir>

Chemistry & Materials

www.nri.ac.ir

معرفی آزمایشگاه مرجع رنگ و پوشش

به منظور حفاظت سطوح تجهیزات صنعت برق در شرایط فیزیکی، مکانیکی و محیطی مختلف از انواع رنگ و پوشش استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت رنگ و پوشش و هزینه‌های بالای اعمال رنگ، لازم است مشخصات فنی رنگ‌های مورد استفاده تعیین گردیده و کیفیت آنها کنترل گردد. آزمایشگاه رنگ و پوشش پژوهشگاه نیرو بمنظور انجام آزمونهای رنگ بر طبق استانداردهای ملی و بین‌المللی و رفع نیازهای صنعت برق در این زمینه تأسیس گردیده است. برای انجام پروژه‌های تحقیقاتی مربوط به رنگ از امکانات این آزمایشگاه استفاده بعمل می‌آید. این آزمایشگاه علاوه بر بخش‌های تولید، انتقال و توزیع صنعت برق به سایر صنایع (از قبیل صنایع نفت، پتروشیمی، گاز، خودرو و ...) نیز می‌تواند خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای ارائه دهد.

آزمایشگاه مرجع رنگ و پوشش بنا به ضرورت و اهمیت آزمونهای رنگ و پوشش در استانداردهای بین‌المللی (*ISO, BS, DIN, ASTM*) و ملی، دارای تجهیزات و دستگاههای مورد نیاز جهت آزمایشهای لازم به منظور کنترل کیفیت انواع رنگهای محیطهای صنعتی، دریائی، شیمیائی، ترافیکی و ... به شرح زیر می‌باشد:

- آزمونهای تعیین مشخصه‌های فیزیکی رنگ (سلامت ظاهری - درجه تهنشینی - دانه‌بندی - قدرت پوشش - قدرت گسترش رنگ - ویسکوزیته - دانسیته - درصد حجمی مواد جامد - درصد وزنی مواد جامد - ضخامت فیلم رنگ - نقطه اشتعال - زمان خشک شدن رنگ و ...)
- آزمونهای تعیین مشخصه‌های مکانیکی رنگ (چسبندگی - مقاومت در برابر ضربه - مقاومت در برابر سایش - مقاومت در برابر خمش - شویش - جامی شدن - سختی)
- آزمونهای شیمیائی و محیطی رنگها و سایر پوششها (تعیین مقاومت در محیط با رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد - تعیین مقاومت در محیط مه نمکی - غوطه‌وری در محیطهای شیمیائی مختلف - تعیین مقاومت در محیط با تابش اشعه ماوراء بنفش - تعیین مقاومت حرارتی - تعیین مقاومت در محیط خورنده SO_2)

رنگ ها و پوشش های تحت آزمون:

- رنگهای اپوکسی (اپوکسی غنی از روی - کولتار اپوکسی - اپوکسی پلی آمین - اپوکسی پلی آمید) رنگهای الکید - اکریلیک - پلی یورتان - وینیلی - لاستیک کلرینه - سیلیکونی - آلومینیومی - اتیل سیلیکات روی - فسفات روی - اکسید آهن میکائی - گالوانیزه و ..

تجهیزات:



تجهیزات و دستگاههای آزمایشگاه براساس آزمونهای کنترل مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی - محیطی به سه دسته زیر تقسیم می گردد:

- دستگاههای تعیین مشخصات فیزیکی رنگ تر (مانند دستگاههای اندازه گیری دانسیته، نقطه اشتعال، ضخامت، ...)
- دستگاههای تعیین مشخصات فیزیکی و مقاومت مکانیکی رنگ خشک (مانند دستگاههای اندازه گیری چسبندگی، سختی، مقاومت خمشی، ...)
- دستگاههای بررسی مقاومت شیمیایی و محیطی رنگ و پوشش (مانند دستگاههای تعیین مقاومت در محیط گاز SO_2 ، تعیین مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش و ...)

سایر خدمات قابل انجام:

- ارزیابی کارشناسی انواع رنگهای صنعتی، ترافیکی، دریائی و نسوز
- تعیین و انتخاب رنگها و پوششهای مناسب جهت کاربردهای مختلف
- ارائه دوره های آموزشی در زمینه آزمایشهای رنگها و پوششها

معرفی آزمایشگاه مرجع رنگ و پوشش

آزمون های قابل انجام

ردیف	عنوان آزمون	شماره استاندارد
۱	ضخامت سنجی فیلم خشک پوشش	ASTM D 1186, D 1400
۲	آزمون ضخامت سنجی بر روی رنگ تر	ASTM D 4414
۳	آزمون تعیین زمان خشک شدن رنگ	ASTM D 1640
۴	آزمون تعیین درصد حجمی مواد جامد	ASTM D 2697
۵	آزمون تعیین درصد وزنی مواد جامد	ASTM D 2369
۶	آزمون تعیین دانه بندی	ASTM D 1210
۷	آزمون تعیین ویسکوزیته رنگ	ASTM D 1200, D2196, D562
۸	آزمون تعیین دانسیته	ASTM D 1475
۹	آزمون تعیین مقاومت چسبندگی	ASTM D 3359, D4541
۱۰	آزمون تعیین مقاومت ضربه	ASTM D 2794
۱۱	آزمون تعیین مقاومت سایشی (سایش خشک)	Instruction Manual
۱۲	آزمون تعیین مقاومت سایشی (سایش تر)	ASTM D 2486
۱۳	آزمون تعیین براقیت	ASTM D 523
۱۴	آزمون تعیین سختی	D3363, BS EN ISO 1522

ردیف	عنوان آزمون	شماره استاندارد
۱۵	آزمون تعیین مقاومت جامی شدن	BS EN ISO 1520
۱۶	آزمون تعیین مقاومت خمشی	ASTM D 522
۱۷	آزمون مه نمکی (سالت اسپری)	ASTM B 117
۱۸	آزمون تعیین مقاومت پوششها در برابر رطوبت	ASTM D 2247
۱۹	آزمون تعیین مقاومت پوششها در برابر UV با لامپ زنون	ASTM D 5071, ISO 11341
۲۰	آزمون تعیین مقاومت پوششها در برابر مواد شیمیایی	ASTM G 20, ASTM D 1308
۲۱	آزمون تعیین مقاومت پوششها در برابر آب	ASTM D 870
۲۲	آزمون تعیین مقاومت در برابر حرارت	ASTM D 2485
۲۳	آزمون تعیین نقطه اشتعال	ASTM D 3278
۲۴	آزمون تعیین مقاومت در محیط خورنده گوگردی (SO ₂)	DIN 50018, EN ISO 6988
۲۵	آزمون لاینینگها در محیط سیالهای خورنده	ASTM C541, C543
۲۶	آزمون پوششهای اپوکسی مورد استفاده در تاسیسات آب شرب	AWWA C210
۲۷	آزمون مقاومت رنگ در برابر شره	ASTM D 4400

مستول آزمایشگاه : مرتضی فقیهی ایمیل mfaghihi@nri.ac.ir تلفن: 021 – 43767361	کارشناس آزمایشگاه : حسین قاسمی نژاد ایمیل Hghaseminejad@nri.ac.ir تلفن: 021 – 43767369
--	---

معرفی آزمایشگاه آنالیز سوخت گاز

معرفی

آزمایشگاه آنالیز سوخت گاز پژوهشگاه نیرو با هدف ارائه خدمات آزمایشگاهی و انجام آنالیز گاز طبیعی مورد مصرف به عنوان سوخت نیروگاه ها تجهیز و راه اندازی گردیده است. همچنین این آزمایشگاه قادر به ارائه خدمات در ارتباط با سوخت گاز مورد استفاده در سایر صنایع نیز بوده و امکان ارائه نظرات کارشناسی و ارائه راهکار در زمینه استفاده بهینه از سوخت گاز را نیز دارا می باشد.

دامنه فعالیت

در این آزمایشگاه خدماتی از قبیل اندازه گیری نقطه شبنم و میزان رطوبت، انجام آنالیز کمی و کیفی ترکیبات موجود در سوخت گاز، خواص فیزیکی گاز نظیر ارزش حرارتی خالص و ناخالص، فاکتور تراکم پذیری و طبق استانداردهای معتبر نظیر ASTM و GPA ارائه می گردد.

آزمون های قابل انجام و برخی از استانداردهای مربوطه

Test item	استاندارد	عنوان آزمون
Hydrocarbon analysis	ASTM D1945 GPA 2261 & GPA 2286	آنالیز هیدرو کربنها
CO ₂ analysis	ASTM D1945	میزان CO ₂
N ₂ analysis	ASTM D1945	میزان N ₂
Water Dew point	ASTM D1142	نقطه شبنم آب
Absolute & Relative Humidity	ASTM D1142	میزان رطوبت مطلق و نسبی
Hydrocarbon Dew point	ASTM D1945	نقطه شبنم هیدروکربن
Net heating value	ASTM D3588	ارزش حرارتی خالص
Gross heating value	ASTM D3588	ارزش حرارتی ناخالص
Gas Density	ASTM D3588	دانشیه گاز
Specific gravity	ASTM D3588	وزن مخصوص
Compressibility factor (Z)	ASTM D3588	فاکتور تراکم پذیری
Molecular weight	ASTM D3588	جرم مولکولی
Wob index	ASTM D3588	ضریب اصلاح وب

معرفی آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی و فرایند



نام آزمون	شماره استاندارد
USP38, USP 41, NF36	آماده سازی نمونه برای آزمون سنجش الکترولیت و ماده موثره
USP 41, NF36 ,USP38	سنجش ماده موثره در نمونه به روش کروماتوگرافی یونی
USP 41, NF36 ,USP38	سنجش الکترولیت در نمونه به روش کروماتوگرافی یونی
App Note Corr-1, STP1506, ASTM G59, ASTM G1	پایش خوردگی به روش آزمون تافل یا پلاریزاسیون خطی
STP1000, STP866, ASTM G1 ,STP1056	پایش خوردگی به روش آزمون اسپکتروسکوپی امپدانس
GC_TCD	آزمون سنجش درصد ترکیبات هوا در محفظه انبارش باتری
Gas tight syringe	نمونه برداری گازها
USP 41, NF36 ,USP38	آماده سازی نمونه برای آزمون سنجش الکترولیت و ماده موثره
ASTM F136	آزمون موت شاتکی
ASTM D1319	تست تعیین مشخصات سیلیکاژل
ASTM D5827	Analysis of Engine Coolant for Anions
D20:E48-	تست های کروماتوگرافی و ولتامتری چرخه ای
	کوره تیوپی تحت اتمسفر گاز نیتروژن
	کوره باکسی عملیات حرارتی (12*10*18) 1200 درجه
	کوره باکسی عملیات حرارتی (21*16*35) 1100 درجه
	میکروسکوپ نوری
	سنجش میزان اکسیژن

معرفی آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی و فرایند

آزمایشگاه تحقیقاتی شیمی و فرایند دارای برنامه جامع مبنی بر تحقیقات، ارائه خدمات و نوآوری در حوزه تعریف شده برای آزمایشگاه و با رویکردی استراتژیک به سمت پیشرفت مستمر می باشد. در حال حاضر این واحد آزمایشگاهی با در اختیار داشتن تجهیزات متناسب با حوزه شیمی، توانایی پاسخ دهی به نیازهای اساسی صنعت برق و سایر صنایع مانند مواد شیمیایی، ذخیره سازها و تحقیقات در دانشگاه ها و مراکز پژوهشی را دارد. لازم به ذکر است که زمینه کاری آزمایشگاه در بخش آنالیزها و فعالیت های آزمایشگاهی سه بخش اصلی شیمی، الکتروشیمی، جداسازی و بخش طراحی، ساخت و کاربرد پایلوت را در بر می گیرد.

دامنه فعالیت و تجهیزات مورد آزمون

- پلاریزاسیون تافل جهت تشخیص میزان خوردگی و رسوبات تجهیزات نیروگاهی
- اسپکتروسکوپی امپدانس تعیین مقاومت الکتریکی تجهیزات نیروگاهی
- بررسی غلظت عوامل خوردنده، بازدارنده های خوردگی و معرف های ضد رسوب گذاری
- بررسی تاثیرات عوامل خوردنده، بازدارنده های خوردگی و معرف های ضد رسوب گذاری در پایلوت شبیه ساز شرایط دینامیکی کندانسور و سیستم آب خنک کن نیروگاه
- سنجش غلظت بازدارنده های خوردگی و ضد رسوب در محیط های آبی نیروگاهی به روش کروماتوگرافی یونی
- سنجش ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در صنایع مختلف و تعیین خلوص آنها
- انجام انواع تست های الکتروشیمیایی در حوزه نانو مواد، پینسورها و ذخیره سازهای الکتروشیمیایی (ابرخازن ها، تولید و ذخیره سازی الکتروشیمیایی هیدروژن...)
- خدمات سنتز نانو مواد (کوره باکسی و تیوپ تحت اتمسفر بی اثر، التراسونیک، آون، اکسیژن متر، پمپ پرستالتیک...)

مشتریان خدمات آزمایشگاهی

- صنعت برق (نیروگاه ها و همه شرکتهای تابعه صنعت برق که نیاز به آنالیزهای آب، خوردگی و پساب دارند)
- کنترل کیفی مواد شیمیایی مصرفی مورد استفاده در صنعت برق (بازدارنده ها، ضد رسوبها...)
- مراکز پژوهشی و دانشگاه ها
- کلیه صنایع جهت اطمینان از کیفیت آب مصرفی، ضد یخ ها....
- تست های خوردگی در صنایع مختلف
- ذخیره سازهای الکتروشیمیایی (ابرخازن ها، باتری ها، الکترولیت ها)