



آزمایشگاه نانو

Nano Laboratory

آزمایشگاهی - آموزشی چند رسانه‌ای

عبد الحمید هاتفی مهر جردی

استادیار شیمی تجزیه دانشگاه پیام نور

محمد علی کریمی

دانشیار شیمی تجزیه دانشگاه پیام نور

سرشناسه	: کریمی، محمدعلی، ۱۳۴۳-
عنوان و نام پدیدآور	: آزمایشگاه نانو، آزمایشگاهی - آموزش چندرسانه‌ای = Nano laboratory / محمدعلی کریمی، عبدالحمید هاتفی مهرجردی.
مشخصات نشر	: تهران: پیام‌رسان، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: ۱۰۴ ص.: مصور (رنگی)، نمودار.
شابک	: 978-600-5196-21-4
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: شیمی تجزیه - دست‌نامه‌های آزمایشگاهی
موضوع	: نانوشیمی
شناسه افزوده	: هاتفی مهرجردی، عبدالحمید، ۱۳۵۶-
رده‌بندی کنگره	: QD۷۶/ک۴۱۴ ۱۳۸۹
رده‌بندی دیویی	: ۵۴۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۲۶۲۳۴۷



انتشارات پیام‌رسان

عنوان: آزمایشگاه نانو
 مؤلفین: دکتر محمدعلی کریمی - دکتر عبدالحمید هاتفی مهرجردی
 ناشر: انتشارات پیام‌رسان
 نوبت چاپ: اول - فروردین ۱۳۹۰
 صفحه‌آرا: محمود حلوائی‌پور
 طراح جلد: علی‌اصغر زارع‌پیشه - محمود حلوائی‌پور
 لیتوگرافی، چاپ و صحافی: راوی
 شمارگان: ۲۰۰۰ جلد
 قیمت با سی‌دی همراه: ۱۶۵۰۰ تومان
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۹۶-۲۱-۴
 کلیه حقوق این کتاب برای مؤلفین محفوظ است.

سیرجان: صندوق پستی ۷۸۱۸۵-۳۴۷ تلفن: ۰۳۴۵۵۲۳۳۵۴۱ نمابر: ۰۳۴۵۵۲۳۳۵۴۰
 پایگاه اطلاع‌رسانی: www.nnrlpnu.ac.ir
 پست الکترونیک: m_karimi@pnu.ac.ir & hhatfey@pnu.ac.ir



در سال بین المللی شیمی (سال ۲۰۱۱ میلادی) مراتب سپاس مان را نثار نسلی از پیشکسوتان* علم شیمی در ایران می نماییم که در طی سه دهه تلاش مستمر و خستگی ناپذیرشان منشأ تحول و پیشرفتی عظیم در این رشته علمی مهم شده اند. به طوریکه در نتیجه تلاش زایدالوصف این عزیزان و تربیت چندین نسل بعدی توانمند، در حال حاضر سهم بسزای محققین شیمیدان در ارتقاء جایگاه علمی- بین المللی کشورمان و نیز علم نوظهور نانوفناوری بسیار مشهود و غیرقابل انکار می باشد. لذا مؤلفین این اثر که خود را جزئی از جمیع تربیت یافتگان این بزرگ همتان بی ادعا می دانند، ضمن ارج نهادن به همدی مساعدی و تلاش های ارزشمندشان و گرامیداشت این سال نیکوی جهانی، کتاب حاضر را تقدیم می نمایند به:

روح عظیم پروفیسورهای شادروان و زنده یاد علی معصومی، سید احمد بنی هاشمی و علی اکبر مشفق (دانشگاه شیراز) و حسین نقیبی (دانشگاه شهید باهنر کرمان)

و نیز اساتید حاضر پروفیسورها افسانه صفوی، حبیب فیروزآبادی، عبدالکریم عباسپور، ناصر ایرانپور، علی بوشنری، داریوش مهاجر، جلیل مفدسی، علی حیدر پاکپاری، مهدی رشیدی، مظفر اسدی، بهمن تمامی و هاشم شرقی (دانشگاه شیراز)

سید احمد میر شکرایی (دانشگاه پیام نور)

محمد کاظم امینی، مجید میر محمد صادقی و رضا کریمی شروانی (دانشگاه اصفهان)

محمد علی طاهر و کاظم سعیدی (دانشگاه شهید باهنر کرمان)

ملک طاهر مقصودلو (دانشگاه سیستان و بلوچستان)

محمود چمساز، محمد حسین ارباب زوار، علی سراجی، غلامحسین رونقی، محمد رحیمی زاده، فرامرز طباطبائی، جلال شخص امام پور، سید

محمد سیدی و مهدی بکاوانی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مجتبی شمسی پور، محمد مهدی خدایی و برهمین موثو (دانشگاه رازی کرمانشاه)

عبسی یابوری، سید میر فضل الله موسوی، حسین غریبی، محمد زمان کسایی، خدایار قلیوند، ناصر هادی پور و علیرضا محبوب (دانشگاه تربیت مدرس)

سید مهدی گلایی، محمد حسین پورنقی آذر، علی اکبر انتظامی، علی اکبر خاندان شاه آباد، محمد حسین سرور الدین، جمشید منظوری،

عبدالعلی عالمی، کاظم دیندار صفا، محمد زعفرانی معطر، حبیب اشعری سرخابی و محمد تقی تقی زاده (دانشگاه تبریز)

جبار خلغی، محمد مهدی برادرانی، هدایت راحمی و سیروس نوری (دانشگاه ارومیه)

محمد رضا حاج محمدی، عباسعنی رستمی، محمود تاجبخش و موهبی قاضی (دانشگاه مازندران)

مهدی امیر نصر، امان الله امین زاده گوهری، عبدالحسین دباغ، بیژن نجفی، مهراڻ غیاثی و شادپور ملک پور (دانشگاه صنعتی اصفهان)

ابولقاسم نجفی، مهدی جلالی هروی، محمد رضا سعیدی، فریدون گیل، فیروز مطلوبی مقدم، داور بقائی، محمد رضا غلامی، محمد محمودی

هاشمی، غلامعباس یارسافر و علی پورجوادی (دانشگاه صنعتی شریف)

محمد کاظم رفونلی، جعفر عسکریان دماوندی، محمد علی بیگلرلی، احمد عماد، محمد رضا ملازادی، حسین آقازرگ، حسین آقایی، مرضیه

چالوسی و غلامرضا اسلامپور (دانشگاه تربیت معلم)

منصور عابدینی، علی اکبر موسوی موحدی، هوشنگ پیراللهی، احمد نجات، پرویز رشیدی رنجبر، مهدی قناری و علی مقاری (دانشگاه تهران)

مصطفی محمد پورامینی، ناصر صفری و فرزاد دیهیمی (دانشگاه شهید بهشتی)

حمید میرزاده و محمد ادریسی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

مهناز پوررضا، عباس ترسلی، رشید بدری، عزیزالله بهشتی و محمد کوتی (دانشگاه شهید چمران اهواز)

حسن کی پور، اردشیر خزائی، داود آذری فر، داود حبیبی، سید جواد سیدزاده صابونچی و حسین ایلوخوانی (دانشگاه بوعلی سینا همدان)

کاظم کارگشا و سید محمد بلورچیان (پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران)

اعظم رحیمی (پژوهشگاه پلیمر ایران)

مجید هروی، سید حسین عبدی اسکونی، فائزه فرزانه و محمد رضا جلیلیان حسن پور (دانشگاه انزلی)

ناصر فروغی فر (دانشگاه اراک)

مؤلفین همچنین تقدیر ویژه و سپاس بیکران خویش را به محضر پروفیسورها افسانه صفوی، رضا کریمی شروانی و محمود چمساز

راهنمای بزرگوارشان در مقاطع دکتر و کارشناسی اوشد تقدیم می نمایند.

* پیشکسوتان مد نظر شامل گروهی زاسند می باشد که پس از پیروزی انقلاب اسلامی و انقلاب فرهنگی و درگنجی دانشگاهها با حضور به موقع و وریست چش حریف بر بسیاری از مکانات و موهبت مدنی در آسوی مرزها با ممد و کدر آمدن با بسیاری دکه و کاست ها بانی ستار و پایه ریزی و نسل های روزمند و توانمند را تربیت نمودند و به ایران عزیز عرضه داشتند. هر چند که مؤلفین سعی نموده اند در این قدرشناسی ده همه بن عزیزان لحاظ شود، ما چنانچه سهواً نامی او قله افتاده حسند خواهند شد که با همیاری اساتید و همکاران ارجمند در تجدید چاپ و ویرایش های بعدی لحاظ نمایند.

فهرست مطالب

۱۱	◀ آزمایش اول: تهیه نانوذرات طلا (AuNPs)
۱۲	۱-۱ مقدمه
۱۲	۲-۱ مواد و وسایل مورد نیاز
۱۲	۱-۲-۱ مواد لازم برای ۲۵ بار آزمایش
۱۳	۲-۲-۱ وسایل
۱۳	۳-۱ روش کار
۱۴	۴-۱ مراجع
۱۵	◀ آزمایش دوم: تهیه نانوذرات نقره (AgNPs)
۱۵	۱-۲ مقدمه
۱۶	۲-۲ مواد و وسایل مورد نیاز
۱۶	۱-۲-۲ مواد لازم برای ۸ بار آزمایش
۱۷	۲-۲-۲ وسایل
۱۷	۳-۲ روش کار
۱۹	۴-۲ مراجع
۲۰	◀ آزمایش سوم: تهیه نانوسیم‌های نیکل
۲۰	۱-۳ مقدمه
۲۱	۲-۳ مواد و وسایل مورد نیاز
۲۱	۱-۲-۳ مواد لازم
۲۱	۲-۲-۳ وسایل
۲۱	۳-۳ روش کار
۲۵	۴-۳ مراجع
۲۶	◀ آزمایش چهارم: تهیه فروسیال آبی
۲۶	۱-۴ مقدمه
۲۷	۲-۴ مواد و وسایل مورد نیاز
۲۷	۱-۲-۴ مواد لازم
۲۸	۲-۲-۴ وسایل
۲۸	۳-۴ روش کار
۳۰	۴-۴ مراجع
۳۱	◀ آزمایش پنجم: تهیه نانوذرات کادمیم سولفید
۳۱	۱-۵ مقدمه
۳۳	۲-۵ مواد و وسایل مورد نیاز
۳۳	۱-۲-۵ مواد لازم برای ۱۰۰ بار آزمایش
۳۳	۲-۲-۵ وسایل
۳۳	۳-۵ روش کار

آزمایشگاه نانو

۴-۵ مراجع

۳۵

◁ آزمایش ششم: تهیه و مجزا کردن نانوذرات نقطه کوانتوم کادمیم سولید

۱-۶ مقدمه

۳۶

۳۶

۲-۶ مواد و وسایل مورد نیاز

۳۶

۱-۲-۶ مواد لازم

۳۷

۲-۲-۶ وسایل

۳۷

۳-۶ روش کار

۳۷

۱-۳-۶ تهیه نقاط کوانتومی کادمیم سولید

۳۸

۲-۳-۶ مجزا کردن نقاط کوانتومی کادمیم سولید

۴۰

۴-۶ مراجع

۴۱

◁ آزمایش هفتم: تهیه فیلم‌های نازک آبی پروس الکتروکرومیک

۱-۷ مقدمه

۴۳

۴۲

۲-۷ مواد و وسایل مورد نیاز

۴۴

۱-۲-۷ مواد لازم

۴۴

۲-۲-۷ وسایل

۴۵

۳-۷ روش کار

۴۵

۴-۷ مراجع

۴۷

◁ آزمایش هشتم: ساخت پیل سوختی هیدروژن

۱-۸ مقدمه

۴۸

۴۸

۲-۸ مواد و وسایل مورد نیاز

۴۹

۱-۲-۸ مواد لازم

۴۹

۲-۲-۸ وسایل

۴۹

۳-۸ روش کار

۵۰

۴-۸ مراجع

۵۳

◁ آزمایش نهم: ساخت پیل خورشیدی از تیتانیوم دی اکسید و تمسک

۱-۹ مقدمه

۵۴

۵۴

۲-۹ مواد و وسایل مورد نیاز

۵۴

۱-۲-۹ مواد لازم

۵۴

۲-۲-۹ وسایل

۵۵

۳-۹ روش کار

۵۵

۴-۹ مراجع

۵۸

◁ آزمایش دهم: ساخت یک نانوفیلتر میکروسیالی

۱-۱۰ مقدمه

۵۹

۵۹

۲-۱۰ مواد و وسایل مورد نیاز

۶۰

۱-۲-۱۰ مواد لازم

۶۰

۲-۲-۱۰ وسایل

۶۰

۳-۱۰ روش کار

۶۱

۱-۳-۱۰ تهیه دیواره مجازی و اندازه‌گیری زاویه تماس

۶۱

۲-۳-۱۰ ساخت میکروکانال‌ها و مجراهای عبور سیال

۶۳

فهرست مطالب

۶۴	۳-۳-۱۰ سنتز دانه‌های پلی‌متیل متاکریلات
۶۶	۴-۳-۱۰ تشکیل یک غشای ترکیبی نایلون-اپوکسی
۶۶	۵-۳-۱۰ صاف کردن
۶۶	۶-۳-۱۰ بازده صاف کردن: پراش از نانوذرات کروی PMMA
۶۸	۴-۱۰ مراجع
۶۹	◁ آزمایش یازدهم: نسخه‌برداری از ساختار سطح توسط پلی دی متیل سیلوکسان (لیتوگرافی نرم PDMS)
۶۹	۱-۱۱ مقدمه
۷۲	۲-۱۱ مواد و وسایل مورد نیاز
۷۲	۱-۲-۱۱ مواد لازم
۷۲	۲-۲-۱۱ وسایل
۷۲	۳-۱۱ روش کار
۷۳	۱-۳-۱۱ استفاده از اسلاید تبدیل‌کننده نوری به عنوان الگوی اصلی لیتوگرافی
۷۴	۲-۳-۱۱ استفاده از CD قابل ضبط به عنوان الگوی اصلی لیتوگرافی
۷۵	۳-۳-۱۱ استفاده از DVD قابل ضبط به عنوان الگوی اصلی لیتوگرافی
۷۵	۴-۳-۱۱ پراش نور برای اندازه‌گیری ابعاد شکل‌ها
۷۶	۴-۱۱ مراجع
۷۷	◁ آزمایش دوازدهم: چاپ سه بعدی با استفاده از یک پلیمر نورآغاز (لیتوگرافی سه بعدی)
۷۷	۱-۱۲ مقدمه
۷۹	۲-۱۲ مواد و وسایل مورد نیاز
۷۹	۱-۲-۱۲ مواد لازم
۷۹	۲-۲-۱۲ وسایل
۷۹	۱-۲-۲-۱۲ پرتوافکن داده‌ها
۷۹	۲-۲-۲-۱۲ طراحی سکوی متحرک بالابر
۸۴	۳-۲-۲-۱۲ نصب چاپ گر
۸۵	۴-۲-۲-۱۲ متمرکز کردن تصویر
۸۶	۳-۱۲ روش کار
۸۸	۴-۱۲ مراجع
۸۹	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۹۷	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی

پیشگفتار

تاریخ علم پدیده‌های متعدد و فراوانی را در صفحات خود جای داده است. پس از جنگ جهانی دوم اختراع و کشفاتی نظیر کامپیوتر و DNA، آنچنان خارق‌العاده بودند که به عنوان انقلابی‌ترین دوران در تاریخ علم بشری به‌شمار می‌آمده است. متعاقب آن دستیابی به فناوری‌های نوینی همچون فناوری اطلاعات و زیست فناوری با جایگاه ویژه، پیشرفتهای چشمگیری را موجب شدند. اما با پیشرفت دانش بشری و نزدیکی به مرزهای حقیقی در علم کوانتوم و پدید آمدن واژه‌ای به نام نانو که تاریخچه و شکل‌گیری این علم به زمانی باز می‌گردد که ریچارد فینمن (برنده جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۵۵ میلادی) با سخنرانی معروف خود (با عنوان آن پایین فضای بسیاری هست) به بررسی بعد رشد نیافته مواد پرداخت، توجه اندیشمندان را در جهان به این علم جلب نمود.

مقوله نانوفناوری عینی رغم نوبت بودن توجه بسیاری از پژوهشگران، برنامه ریزان و حتی سیاست‌گزاران کشورهای پیشرفته و در حال توسعه را به خود جلب نموده است. تأسیس مراکز متعدد پژوهشی، اقبال انبوه و فزاینده پژوهشگران به این عرصه و تخصص اعتبارات قابل توجه همگی مؤید این مدعاست. رقابتی که امروزه کشورهای گوناگون جهت دستیابی به این دانش نو و پویا و ارتقاء به سکوی "هدایت و پیشروی" در این عرصه دارند تا بدان حد فشرده است که بالاترین مقامات این کشورها نیز حساسیت موضوع را از نظر دور نمی‌دارند. در کشور ما نیز با توجه به اهمیت موضوع در طی یک دهه اخیر اقدامات زیرساختی قابل توجهی به‌ویژه با شکل‌گیری ستاد ویژه توسعه نانوفناوری جهت گسترش این علم نوظهور صورت گرفته است. نتیجه تلاش و حمایت همه جانبه به ویژه در حوزه‌های نشر مقالات علمی و کتب مختلف موجب ارتقاء مناسب جایگاه جهانی مان در این عرصه شده است.

با توجه به رویکرد اخیر اکثر کشورهای فعال در این حوزه مبنی بر افزایش گستره دانش پژوهان به سطوح مختلف دانشگاهی و دانش آموزی و وجود چالش آموزشی بین اساتید و ایشان در این زمینه، بازنگری و تجدیدنظر در شیوه آموزش فناوری نوظهور و پیشرفته‌ای نظیر نانوفناوری را بیش از پیش ضروری می‌نماید. در همین راستا، ضمن ارج نهادن به تمامی دست‌آورد‌های خطیر همکاران تلاشگر عزیزان به ویژه در حوزه نشر کتاب، عدم وجود یک منبع آزمایشگاهی جدید و معتبر ما ویر آن داشت که مبادرت به تألیف کتابی نو با رویکرد بهره‌گیری حداکثری از فناوری‌های روز آموزشی (چند رسانه‌ای) نماییم. کتاب حاضر اولین کتاب در این رده و در محتوا در حوزه فناوری نانو است که با هدف آموزش عملی دانش پژوهان علاقمند عرصه می‌شود. ویژگی‌های بارز این کتاب عبارتند از:

- ۱) پرهیز از شرح مباحث غیر ضرورت تئوری که معمولاً در اکثر کتب فارسی و غیر فارسی موجود در بازار قابل دسترسی بوده و تأکید نمودن بر جنبه‌های تجربی (آزمایشگاهی) در هر آزمایش
- ۲) عدم استفاده از دستگاه‌های گران قیمت متداول نظیر میکروسکوپ‌های الکترونی، پراش اشعه ایکس، ... در آزمایش. تعیین اندازه و آموزش مفهومی نانومواد
- ۳) سادگی، قابل فهم بودن و برجستگی جنبه‌های آموزشی آزمایش‌های معرفی شده برای تمامی دانش پژوهان دانشگاهی (در سطح مختلف تحصیلی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری) در همه رشته‌های علوم پایه، مهندسی و پزشکی و همچنین دانش آموزان علاقمند به این علم نو
- ۴) استفاده حداکثری از تصاویر در مراحل مختلف هر آزمایش به موازات توضیحات نوشتاری آن
- ۵) بهره‌گیری از فناوری‌های روز در آموزش از طریق ارائه فیلم (به صورت کلیپ‌های مجزا) مربوط به هر آزمایش که در CD همراه کتاب قابل دسترسی می‌باشد
- ۶) امکان دسترسی و استفاده از همه مراجع مورد استناد در آزمایش‌ها، که به صورت فایل‌های pdf در CD همراه کتاب موجود می‌باشند
- ۷) رعایت اصل اهمیت و نوع در آزمایش‌ها در کنار توجه به هر دو مقوله تحقیقات بنیادی و توسعه‌ی صنعتی
- ۸) معرفی و ارائه بعضی از مراجع جدید، مهم و مرتبط با مرجع اصلی هر آزمایش به علاقمندان

در مجموع می‌توانیم با اطمینان اظهار نماییم که دانش پژوهان با انجام هر آزمایش برگرفته از این کتاب ضمن آشنایی با بعضی از اصول شیمیایی اساسی، به درک بهتری نسبت به علم نانو و رابطه خاصیت ساختار مواد دست یافته و نگاه پویاتر و خلاقانه‌تری را به موضوعات بیرونی هر آزمایش خواهند داشت. کتاب از دوازده آزمایش تشکیل شده است، خواننده در آزمایش اول طرز تهیه نانوذرات طلا به عنوان یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین نانوذرات را خواهد آموخت. در این آزمایش

پیشگفتار

پژوهشگر علاوه بر آشنایی با نحوه تهیه این ذرات، مفاهیمی نظیر نقش دو گانه سبترات، تجمع نانوذرات، نقش الکترولیت و خواص منحصر بفرد مواد در مقیاس نانو را از طریق بررسی خواص نوری وابسته به اندازه ذرات می آموزد.

در آزمایش دوم پژوهشگر طرز تهیه نانوذرات نقره به عنوان یکی دیگر از نانوذرات با اهمیت و پر کاربرد (پر کاربردترین ذرات در حوزه نانو پس از نانولوله های کربن) را فرامی گیرد. علاوه بر این، مفاهیمی نظیر نقش PVP، تجمع نانوذرات، نقش الکترولیت و خواص نوری وابسته به اندازه این ذرات را نیز با هزینه ای به مراتب کمتر از آزمایش اول خواهد آموخت. آزمایش سوم به روش تهیه نانوسیم های نیکل اختصاص دارد که با استفاده از روش الکتروشیمیایی ساده ای انجام می شود. در ضمن، دانش پژوه با اعمال میدان مغناطیسی توسط یک آهنربای معمولی، جابجایی و نظم گیری نانوسیم های نیکل را به وسیله یک میکروسکوپ نوری معمولی مشاهده می کند.

در آزمایش چهارم دانش پژوهان روش تهیه فروسیال ماگنتیت و خاصیت منحصر بفرد این مواد در مقیاس نانو را از طریق بررسی رفتار آنها در مقابل یک میدان مغناطیسی خارجی به کمک یک آهنربا خواهند آموخت.

در آزمایش پنجم با توجه به اهمیت نیمه هادی ها، دانش پژوهان طرز تهیه نانوذرات کادمیم سولفید و نقش مایسل ها در کنترل اندازه این ذرات و پتانئول به عنوان یادآور کننده را می آموزند. این آزمایش اختلاف مشهود و قابل اندازه گیری در رنگ نمونه های توده و نانوذرات را که به صورت مرنی نیز برای دانشجویان قابل مشاهده و جذاب است، نشان می دهد. بعلاوه، طرز استفاده از یک طیف نورسنج مرنی برای تعیین اندازه نانوذرات و اثرات کوانتومی آنها را فرامی گیرند.

آزمایش ششم به تهیه نانوبلور های نیمه هادی کادمیم سولفید با اندازه های مختلف اختصاص دارد. یکی از طرف جذاب و آموزنده برای نشان دادن چشمی اثرات کوانتومی استفاده از این نانوبلورها است. به طوریکه انرژی های انتقال آنها را می توان به صورت یک "دوره در جعبه" توصیف کرد. از آنجائیکه خواص نانومواد با اندازه آنها تغییر می کند، تغییر رنگ های قابل مشاهده ناشی از تغییر اندازه نانوذرات کادمیم سولفید در این آزمایش به دوک بهتر این رابطه کمک بسزایی می کند.

آزمایش هفتم به نحوه تهیه فیلم های نازک آبی پروس الکتروکرومیک اختصاص دارد. از بین آزمایش های الکتروشیمیایی، آزمایش رفتار الکتروکرومیک آبی پروس تریسپی بر روی یک الکتروشلف برای دانش پژوهان از جذابیت ویژه ای برخوردار است. تغییرات رنگ ناشی از فرایندهای اکسیداسیون و احیای آبی پروس به نحوی است که آنها نه تنها به صورت چشمی با نحوه تشکیل فیلم های نازک آشنا می شوند، بلکه این آزمایش به آموزش مفهومی مباحث الکتروشیمیایی نیز کمک می کند.

در آزمایش هشتم با توجه به اهمیت و توجه روز افزون به پیل های سوختی و نقش نانومواد در این نوع پیل ها، طرز ساخت یک پیل سوختی هیدروژن و کارکرد آن با وسایلی بسیار ساده معرفی می شود. دانش پژوهان با انجام این آزمایش به خوبی اصول و نحوه عملکرد این نوع پیل ها را خواهند آموخت.

آزمایش نهم نیز با توجه به نقش پیل های خورشیدی به عنوان یکی از مهم ترین و مقرون به صرفه ترین طرق تامین کننده انرژی و جایگزین مناسب انرژی های فسیلی در آینده، به ساخت یک پیل خورشیدی ساده با استفاده از تیتانیوم دی اکسید نانوبلور و عصاره تمسک اختصاص دارد. دانش پژوهان با انجام این آزمایش به خوبی با اصول و نحوه عملکرد این نوع پیل ها و همچنین نقش نانوذرات، الکترولیت ها و رنگدانه (در اینجا تمسک) در این نوع پیل ها آشنا می شوند.

در آزمایش دهم دانش پژوهان ضمن آشنایی با روش سنتز نانوذرات کروی پلی میل متاکریلات، نحوه ساخت یک دستگاه نانوفیلتر میکروسایلی برای صاف کردن محلولی حاوی سوسپانسیون این نانوذرات را خواهند آموخت. با توجه به اهمیت دستگاه های میکروسایلی به عنوان نوع جدیدی از فناوری برای تشخیص و جداسازی مواد در جریانی از سیال، این آزمایش فرصتی را برای تحقیق و تامل در پدیده نانوفناوری و میکروسایلی فراهم می نماید.

در آزمایش یازدهم دانش پژوهان چگونگی نسخه برداری از ساختار سطح و الگوهای مقیاس نانو میکرو و فیلم اسلاید، CD و DVD با برجستگی های ابعادی کوچکتر به عنوان الگوی اصلی لیتوگرافی را می آموزند. آنها همچنین با نحوه فرآوری الاستومر مهم پلی دی متیل سیلوکسان به عنوان ماده اولیه در قالب ریزی تصاویر برجسته (لیتوگرافی نرم) در صنعت لیتوگرافی آشنا می شوند. باید توجه داشت که ساخت ریز مدارها، اجزاء نوری پیچیده های نظیر شبکه های پراش قابل انعطاف، بر اساس به کارگیری این فناوری در لیتوگرافی می باشد. در ضمن با انجام این آزمایش دانش پژوهان علاوه بر یادگیری لیتوگرافی نرم در یک بهتری را از شیمی پلیمر، اندازه گیری ساختاری و رابطه خاصیت-ساختار بدست می آورند.

آزمایش دوازدهم به نحوه ساخت اشیاء سه بعدی (لیتوگرافی سه بعدی) اختصاص دارد. در این آزمایش، دانش پژوهان با استفاده از یک پرتوافکن داده ها، یک سری تصاویر از باوربینت، و محلولی حاوی یک نور آغازگر و مونومر، اجسام سه بعدی ایجاد می کنند. دانشجویان در این آزمایش علاوه بر یادگیری چگونگی ایجاد اشیاء سه بعدی خیلی کوچک، با اصول شیمیایی اساسی نظیر نحوه تشکیل رادیکال های آزاد در معرض نور فرابنفش ناشی از پرتوافکن، شروع و پایان واکنش های زنجیره ای به وسیله واکنش رادیکال های آزاد با مونومرها و نقش مواد جاذب نور فرابنفش در جلوگیری از تشکیل رادیکال های آزاد آشنا می شوند.

در پایان مؤلفین مراتب قدردانی صمیمانه و ویژه خود را از خانواده هایشان به دلیل شکیبایی و محبت بی دریغشان در طی آماده سازی این کتاب ابراز می دارند.

امید است این کتاب ضمن افزایش گستره دانش پژوهان علاقمند به فعالیت در این حوزه علمی نو و آینده ساز، زمینه ساز شکوفایی و بروز استعداد های بسیار و پنهان نژاد جوانان خلاق در سطوح مختلف تحصیلی و علمی این مرز و بوم بوده و به ارتقاء هر چه بیشتر سطح علمی و صنعتی کشور عزیزمان کمک نماید و مرضی حضرت باری تعالی قرار گیرد. ان شاء...

عبدالحمید هائقی مهرجردی
استادیار شیمی تجزیه دانشگاه پیام نور

محمد علی کریمی
دانشیار شیمی تجزیه دانشگاه پیام نور