

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی



کاربرد مواد متخلخل میکرو و مزوحفره به عنوان نانو راکتور

نام و نام خانوادگی نویسنده اول: رضا محمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران
rmohammadi811@yahoo.com

چکیده

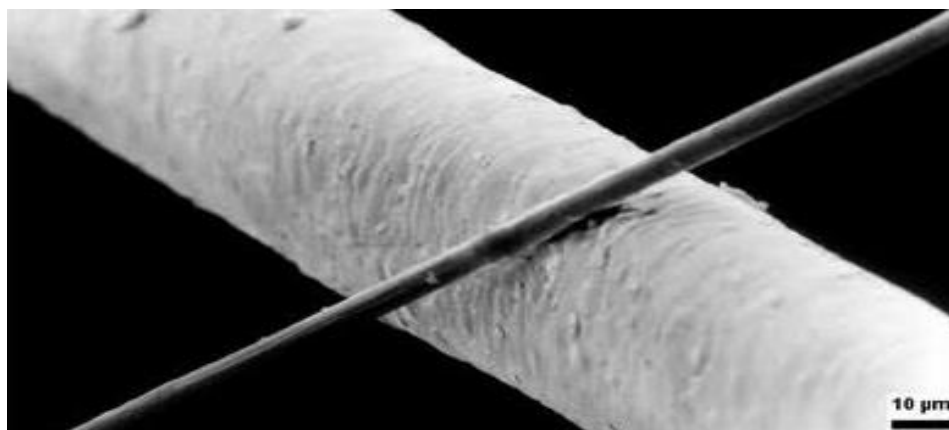
بطور کلی مواد نانو ساختار با اندازه، شکل و هندسه مشخص دارای خواص بی نظیر و متفاوتی از مواد توده ای هستند. با استفاده از محیط های واکنش با ابعاد نانومتری و میکرومتری می توانند نانو مواد جدیدی با خواص جالب و قابل توجه تولید کنند. به طور کلی نانو راکتورها محفظه هایی با ابعاد نانومتری هستند که در آنها واکنش های شیمیایی قابل انجام است. البته نانو راکتورها به نحوی، جزئی از واکنش نیز محسوب می شوند و این تفاوت اصلی آنها با میکرو راکتورها است. یکی از راهکارهای مفید جهت دست یابی به محیط نانو راکتور ها استفاده از مواد متخلخل است، لذا به جهت اهمیت موضوع نانو راکتورها، ساختارهای متخلخل سیلیکات و ژئولیت از بارزترین و پرکاربردترین ترکیبات این گروه می باشند که مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت.

واژگان کلیدی: موادمتخلخل نانو ساختار، نانو راکتور، سیلیکات، ژئولیت



۱- مقدمه

نانو از لغت یونانی Nanos به معنی کوچک مشتق شده است، پیشوند نانو به معنای یک میلیاردم (10^{-9}) است. نانو فناوری در حوزه هایی کار می کند که در آنها ابعاد در محدوده نانومتر است. به عبارتی دیگر، این فناوری با ساختارهای متنوعی از مواد سروکار دارد که ابعادی در محدوده یک میلیارد متر یا به عبارتی یک میلیونیم میلیمتر دارند. برای درک بیشتر موضوع در شکل شماره ۱ مقایسه قطر موی انسان و یک سیم نانویی را نشان داده شده است. نانو فناوری دانش و فنی است که اخیراً توجه زیادی را به خود معطوف کرده است. این فناوری که یک رویکرد جدید در تمامی رشته هاست، توانایی تولید مواد، ابزار و سیستم های نوین را با دست کاری در سطوح اتمی و مولکول دارد. امروزه حوزه کاربردی این فناوری به تمامی علوم کشیده شده و محبوبیت بین رشته ای یافته است. گستره کاربرد این فناوری در علوم پزشکی، فناوری زیستی، مواد، فیزیک، مکانیک، برق، الکترونیک و شیمی و همچنین مهندسی شیمی به حدی است که می توان از آن به عنوان یکی از انقلاب های بزرگ علمی دنیا نام برد. این فناوری روشی نو برای حل مشکلات و پاسخگویی به بسیاری از سوالات مطرح در علوم مختلف ارائه می کند که تاکنون بشر موفق به رفع و یا پاسخ دادن به آنها نشده است. به همین دلیل، از این فناوری به عنوان انقلاب صنعتی و علمی قرن بیست و یکم یاد می کنند که همه امیدوارند بر زندگی بشر اثر شگرف بگذارد. از لحاظ اقتصادی نیز در حال حاضر حجم چند میلیارد دلاری محصولات این فناوری بر آینده بازارها تاثیر گذار بوده و همواره نیز در حال افزایش است. آنجا که خواص مواد در مقیاس نانومتری به نحوی تغییر می کند، نانو فناوری پنجره ای جدید به دنیای مواد باز نموده است که محصول آن امکان ساخت مواد و تجهیزات با کارایی بیشتر است. تقریباً ۴۰ درصد کل شرکت های فعال در زمینه مواد نانو ساختار به تولید یا مصرف نانو ذرات مشغول هستند. در ایران نیز همگام با تلاش های جهانی، فعالیت های زیادی در زمینه فرآوری، خواص و کاربرد نانو ذرات انجام می شود [۱]. در طبیعت، تبدیل های شیمیایی در محیطی محدود و مشخص انجام می شوند و چنان به هم مرتبط و پیوسته هستند که محصول یک واکنش، ماده اولیه یا کاتالیزور واکنش بعدی است. چنین واکنش هایی که دارای پیوستگی در زمان و فضا هستند، مورد توجه روز افزون شیمیدانان قرار گرفته اند چرا که انتظار می رود از این راه، کارایی تبدیل های شیمیایی در مقیاس آزمایشگاهی تا صنعتی افزایش یابد. ایجاد پیوستگی بین واکنش ها و کنترل محصولات در طبیعت به وسیله استفاده از محیط های واکنش مناسب امکان پذیر می شود که از سامانه هایی نسبتاً ساده در اندازه نانومتر نظیر آنزیم ها تا چیدمان هایی بسیار پیچیده و در اندازه میکرومتر نظیر سلول ها را در بر می گیرد. نخستین گام در زمینه سنتز برای پیوسته کردن واکنش ها در زمان و فضا، طراحی و ساخت محیط انجام واکنش یعنی یک راکتور است. برای این منظور سلول اولین الگو می باشد [۸].



شکل ۱: مقایسه قطر موی انسان و یک سیم نانویی



۲- اهمیت نانو راکتورها

یکی از سیستم های کاتالیزوری نانو راکتورها هستند. نانو راکتورها موادی متخلخل می باشند که یکی از ابعاد آنها کوچک تر از ۱۰۰ نانومتر است. نانو راکتورها بسیار متنوع هستند. مواد ساده یا پیچیده، آلی و معدنی با هدایت الکتریکی، حجم و حفره بافت ها به عنوان نانو راکتور به کار می روند. برخلاف میکرو راکتورها، فضای واکنش درون نانو راکتورها بر تحرک و بر هم کنش های بین مولکول های درون آن بسیار اثر می گذارند. بنابراین نانو راکتور تنها یک ظرف نگهدارنده ساده نیست و نقشی مهم در فرآیند شیمیایی دارد. درمهندسی علوم، نانو راکتورها موادی نسبتا نوین است، اما در طبیعت از دیرباز فرآیندهایی مختلف از نانو راکتورها استفاده می گردد.

۳- نانو راکتورها

انجام واکنش های شیمیایی در فضاهای محدود با ابعاد نانومتر (و حجم میکرومتر) منجر به تغییر در سینتیک و مسیر کل فرآیند می گردد. به چنین فضاهای محدود شده ای که جهت انجام واکنش های مشخص شیمیایی به کار می روند نانوراکتور می گویند [۱۳]. نانو راکتورها محفظه های بسیار کوچکی با ابعاد نانومتر هستند که با محافظت از کاتالیزورها در برابر تاثیرات محیطی و نیز محصور کردن واکنشگرها و کاتالیزورها در فضای کوچک به مدت طولانی، پتانسیل زیادی برای بهبود تبدیل های شیمیایی دارند. در واقع نانو راکتورها موادی متخلخل هستند که یکی از ابعاد آنها در مقیاس نانو است. واکنش های بی شمار و همزمان در سلول های موجودات زنده نیز بر همین اصل استوار است. لذا از ساختارهای متنوع زیستی و شیمیایی که خصوصیات یک نانو راکتور را دارا باشند، استفاده می شود [۷].

۴- دلایل و مزایای استفاده از راکتور و نانو راکتورها

در مقیاس ماکروسکوپی، یک راکتور شیمیایی محفظه ای است که انجام واکنش را در حجم مشخصی ممکن می سازد. از مزایای استفاده از راکتور، امکان کنترل دقیق شرایط واکنش نظیر حلال، دما و سرعت هم زدن می باشد. در مقیاس میکرو و نانو نیز می توان محفظه هایی ایجاد کرد که حجم مشخصی از مخلوط واکنش را از محیط توده (Bulk Medium) جدا می کنند [۱۵]. اگر یک واکنش شیمیایی درون چنین محفظه ای محصور شود، در این صورت این محفظه به عنوان یک نانو راکتور تلقی می شود. از مزایای استفاده از نانو راکتورها می توان به اعمال کنترل بیشتر بر انجام واکنش، انتخاب پذیری، جدا کردن مواد سمی و ناپایدار از محیط توده و به دنبال آن کاهش سمیت سیستم یا افزایش پایداری کاتالیزور و ایده آل بودن در فرآیندهایی مانند دارو رسانی (به دلیل اندازه کوچک آنها) اشاره کرد [۶]، و از طرفی در جهان امروز نیاز به تشخیص زودرس بیماری ها و شرایط بهداشتی در حال فزونی است، چرا که همواره پیشگیری بهتر از درمان است. از این رو با تشخیص زودرس بیماری، قابلیت این را خواهیم داشت که از شرایط جدی خودداری کنیم. فناوری های جدید به منظور تسریع در فرآیندهای تشخیص و کمک به دانشمندان و کسانی که در امور بالینی فعالند در درمان های هدفمند و پیگیری پاسخ به درمان، مورد نیازند. این می تواند بسیار برای ما خرسند کننده باشد هنگامی که بسیاری از این نوع فناوری ها به سمت نظارت حالات بیماری از طریق روش های غیر تهاجمی داخل بدنی و ضعیف مختل نشده فیزیکی پیش می روند، بنابراین با کاهش اثرات مواد مصنوعی حاصل از روش های فیزیکی برای نمونه های بیولوژیک مصون می مانند [۴].

۵- تقسیم بندی نانو راکتورها

به طور کلی نانو راکتورها را می توان به دو گروه نانو راکتورهای طبیعی و سنتزی تقسیم نمود. گروه اول عملکردی انتخاب پذیرتر و در عین حال ساختاری پیچیده تر دارند در صورتی که گروه دوم دارای تنوع بیشتر و ساختاری ساده تر هستند.

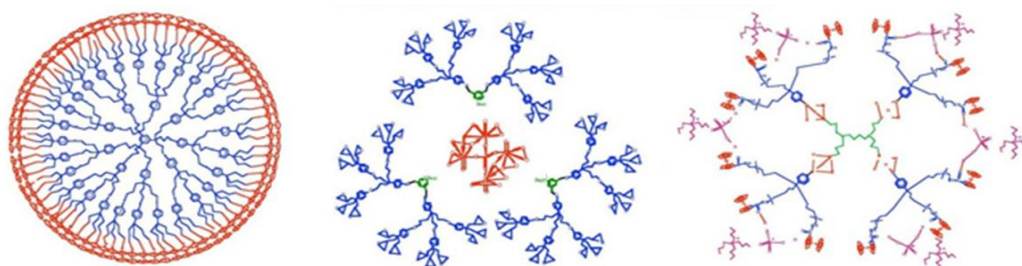


۵-۱- نانو راکتورهای طبیعی

سلول ها و اندامک های سلولی که ایده آل ترین راکتورها محسوب می شوند دارای غشاهای لیپیدی هستند. این نانو راکتورها انتخاب پذیر می باشند. بدین معنی که قادر به تمایز بین مولکول های مختلف بوده و تنها به مولکول های خاصی اجازه ورود به حفره داخلی خود را می دهند. علاوه بر انتخاب پذیری، سلول ها با دارا بودن منافذی در غشا که با محرک های بیرونی نظیر تغییر PH باز و بسته می شوند، دارای حساسیت نیز می باشند. انتخاب پذیری و حساسیت ویژگی همه نانو راکتورهای طبیعی است [۹]. نانوراکتورها طبیعی به سه گروه تقسیم کرد: میکرو محفظه های پروتئینی و باکتریایی، قفس های پروتئینی و ویروس ها.

۵-۲- نانو راکتورهای سنتزی

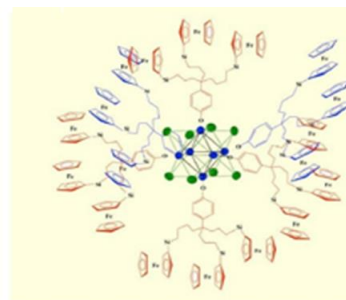
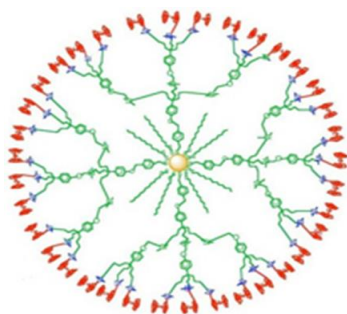
مولکول های سنتزی نانو راکتورهای ساده تری هستند که نسبت به انواع طبیعی آسان تر می توان آنها را کنترل کرد. راکتورهای سنتزی دارای تنوع بیشتر و ساختاری ساده دارند و مولکول های گوناگون و انواع درشت مولکول ها برای تهیه نانو راکتورهای سنتزی مورد استفاده قرار می گیرند. از نانو راکتورهای سنتزی می توان نانو راکتورهای مولکولی، مواد جامد متخلخل، نانو لوله ها، نانو ساختارهای پوسته - هسته، مینی امولسیون ها را نام برد. هر چند پوسته های پروتئینی ساختارهای طبیعی منحصر بفردی برای کاتالیز کردن واکنش ها در مقیاس نانومتر محسوب می شوند، اما این ترکیبات بسیار پیچیده هستند. مولکول های سنتزی نانو راکتورهای ساده تری هستند که نسبت به انواع طبیعی آسان تر می توان آنها را کنترل کرد. راکتورهای سنتزی دارای تنوع بیشتر و ساختاری ساده دارند و مولکول های گوناگون و انواع درشت مولکول ها برای تهیه نانو راکتورهای سنتزی مورد استفاده قرار می گیرند، نمونه ای از این نانوراکتورها که دارای شاخه های انتخاب پذیر و حساس به دما می باشد به عنوان یک کاتالیزور همگن در اکسایش تیول ها به کار رفته است که نمونه ای از این نوع راکتورها در شکل های شماره ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است [۶]. در این مقاله از بین نانو راکتورهای سنتزی، مواد جامد متخلخل مورد توجه قرار گرفته است. راکتورهای سنتزی دارای تنوع بیشتر و ساختاری ساده دارند و مولکول های گوناگون و انواع درشت مولکول ها برای تهیه نانو راکتورهای سنتزی مورد استفاده قرار می گیرند.



شکل ۲: نمونه ای از نانو راکتورهای سنتزی که از راست به چپ دارای پیوند های هیدروژنی، یونی و کووالانسی است.



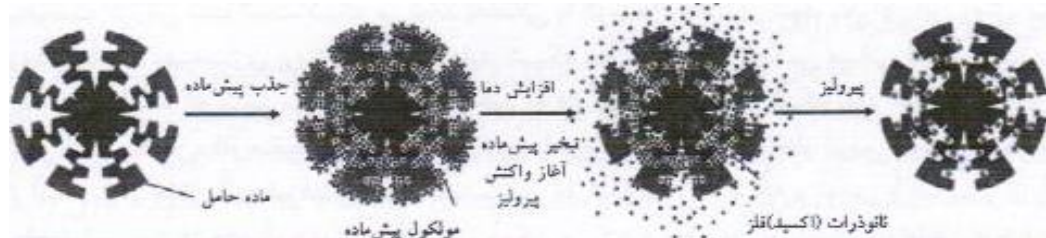
شکل ۳: نمونه ای از نانو راکتورهای سنتزی که از راست به چپ دارای بسیار پر شاخه و بسیار ستاره ای است.



شکل 4: نمونه ای از نانو راکتورهای سنتزی که از راست به چپ داری پیوند های کوردیناسیونی (دارای هسته کمپلکس فلزی) و کوردیناسیونی (دارای هسته نانو ذره) است.

۶- مواد جامد متخلخل

مفهومی جدید از نانو راکتورها که در آن از یک ماده متخلخل مزوحفره برای مثال کربن فعال برای انجام واکنش پیرولیز ترکیبات فرار استفاده می شود، معرفی شده است. در این دستاورد، محصولات جامد مانند نانو ذرات تیتانا درون حفره های حامل با بهره خوب تشکیل می شوند که در شکل شماره ۵ نشان داده شده است [۵].



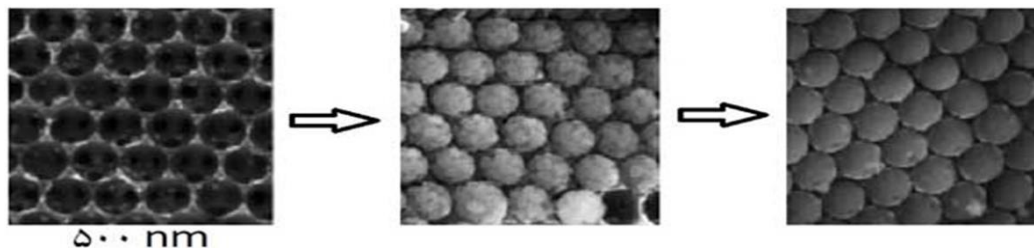
شکل ۵: مفهومی از بار گذاری نانو ذرات (اکسید) فلزات روی یک ماده حامل متخلخل

ماده متخلخل حامل که می تواند سیستمی با تخلخل تصادفی باشد، ابتدا با جذب از فاز گازی با پیش ماده بارگذاری می شود. پیش ماده در مزو و یا ماکرو حفره ها و روی سطح متراکم می شود. وقتی واکنش پیرولیز با افزایش دما شروع شود، مولکول های پیش ماده که روی سطح خارجی و حفره ها جذب شده بودند قبل از تشکیل محصول تبخیر می شوند [۱۶]. به علت مقاومت انتقال جرم و تراکم مویینه، واجذب و تبخیر پیش ماده به تعیق می افتد، بنابراین محصول جامد می تواند در حفره های حامل تشکیل شود. با این روش نانو ذرات (اکسید) فلزی تنها درون حفره های کوچک تر تشکیل می شوند و سطح خارجی حامل به حالت اولیه خود باقی می ماند. با این روش از بلوکه کردن ورودی های حفره جلوگیری و بنابراین ساختار حفره ماده حامل حفظ می شود.

از مثال های واضح این گروه ساختارهای متخلخل سیلیکات و زئولیت را می توان نام برد. فضای خالی داخل این ذرات می تواند از چند آنگستروم تا چند نانومتر باشد. از حفرات داخل آنها می توان به عنوان نانو راکتور به منظورهای متفاوت استفاده کرد. این ساختارها برای تولید نانو ذرات، به عنوان سطحی برای قرار گرفتن آنزیم و سایر کاربردها مورد استفاده قرار داد. ساختار حفرات آنها را می توان با اضافه کردن مولکول هایی از قبیل سیکلودکسترین دستکاری کرد. لازم به ذکر است که واکنش رخ داده در داخل حفرات این ساختارها نیز مانند سایر نانو راکتورها متفاوت از واکنش رخ داده در محیط اطراف (حلال توده ای) است. ساختارهای متخلخل زئولیت و سیلیکات از بارزترین و پرکاربردترین ترکیبات این گروه می باشند. زئولیت ها ترکیبات متخلخلی هستند که عمدتاً از آلومینوسیلیکات تشکیل شده اند. ابعاد حفره های داخل زئولیت ها وسیلیکات ها از چند آنگستروم تا چند نانومتر متغیر است. این ساختارها به عنوان نانو راکتور در فرآیندهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته اند. به



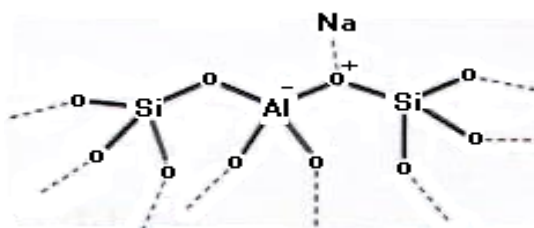
عنوان مثال، سیلیکات متخلخل عامل دار شده با گروه سیانو که دارای قطر حفره میانگین ۱۸ نانومتری است، برای فرآیند پروتئین کافت (Proteolysis) به کار رفته است. همچنین از زئولیت هایی که درون حفره های خود دارای کمپلکس های فلزی با فعالیت کاتالیزوری هستند در واکنش های اکسایش، هیدروژن دار کردن، تبدیل ایزومری کاتالیز شده با اسید و برای تولید نانو ذرات استفاده شده است. که این موضوع در شکل شماره ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶: تصویر SEM از رشد نانو ذرات نقره در یک نانوراکتور زئولیتی

۷- زئولیت ها

زئولیت ها مواد معدنی طبیعی هستند که در سنگ های آتشفشانی وجود دارند و با فرآیندهای هیدروترمال ساخته می شوند. زئولیت ها مواد معدنی طبیعی هستند که در سنگ های آتشفشانی وجود دارند و با فرآیندهای هیدروترمال (گرمابی) ساخته می شوند. عبارت زئولیت را اولین بار کارشناس سوئدی، کروئستد، استفاده کرد. او بر اساس مشاهده مقادیر زیاد آب، که می تواند طی حرارت دادن از زئولیت ها آزاد شود، این نام را انتخاب کرد. در واقع واژه زئولیت از کلمه زئین به معنی جوشیدن و لیتوس به معنی سنگ مشتق شده و زئولیت به معنی سنگ جوشان است [۱۲]. زئولیت ها از نظر ساختاری، مواد معدنی آلومینا سیلیکایی با کانال های میکرو منظم و متصل به هم هستند. قطر این کانل ها ۰,۲ تا ۲۰ آنگستروم است. ویژگی منحصر به فرد این ترکیبات از جمله، سطح تماس بالا و ویژگی های میکرو حفره ای آنها باعث کاربرد این مواد در زمینه های مختلف گردیده است. این ترکیبات به علت همین خواص در جذب انتخابی مولکول های مختلف به عنوان الک های مولکولی شناخته شده اند و در جدا سازی گاز کاربرد دارند [۱۷]. با توجه به اهمیت این نانو راکتور معدنی تولید سالانه زئولیت سنتزی به حدود ۱,۵ میلیون تن رسیده است. تعداد ساختارهای شناخته شده زئولیتی ۱۷۴ نوع است. اما برحسب مطالعات تئوری بر پایه ساختارهای پایدار موجود، این تعداد می تواند، به چندین میلیون ساختار برسد. فرمول ساختاری کلی زئولیت ها در شکل شماره ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷: فرمول ساختاری کلی زئولیت ها



۷-۱- طبقه بندی زئولیت ها

زئولیت ها را می توان از دو نظر تقسیم بندی کرد:

۱- نسبت سیلیسیم به آلومینیوم

۲- منشاء زئولیت ها

بر اساس نسبت سیلیسیم به آلومینیوم به سه دسته تقسیم می گردد:

۱- زئولیت با سیلیکای پایین، سیلیسیم به آلومینیوم ۱ الی ۱٫۵ است.

۲- زئولیت با سیلیکای متوسط، سیلیسیم به آلومینیوم ۲ الی ۵ است.

۳- زئولیت با سیلیکای بالا، سیلیسیم به آلومینیوم ۱۰ الی ۱۰۰ است.

تا کنون بیش از چهل نوع زئولیت طبیعی شناخته شده است و همچنین بیش از یکصد نوع زئولیت مصنوعی ساخته شده است.

۸- تفاوت زئولیت های طبیعی و سنتزی

درصد خلوص زئولیت های سنتزی بالاتر و ترکیب آنها از زئولیت های طبیعی یکنواخت تر است. بنابراین زئولیت های سنتزی

برای کاربرد صنعتی و آزمایشگاهی مناسب تر است.

۹- ساختار زئولیت ها

اسکلت زئولیت ها از چهار وجهی هایی با چهار اتم اکسیژن در اطراف یک اتم سیلیسیم است. این واحدهای ساختاری به واحدهای اولیه معروف هستند. رئوس این چهار وجهی ها با به اشتراک گذاردن اتم اکسیژن به هم متصل می شوند و واحدهای ساختمانی کوچک ثانویه را تشکیل می دهند. این واحدهای ساختمانی کوچک ثانویه با اتصال به هم دامنه ای وسیع از چند وجهی ها را تشکیل می دهند. بار منفی از اختلاف ظرفیت سیلیسیم و آلومینیوم ایجاد و با افزودن کاتیون هایی مانند سدیم خنثی می شود. همچنین یون های پتاسیم، کلسیم و آمونیم هم می توانند وجود داشته و این یون ها می توانند به شکلی برگشت پذیر تعویض شوند. این امر مهمترین کاربرد زئولیت ها را که همان تعویض یون است را ممکن می کند [۱۴].

۱۰- معرفی ترکیبات مزوحفره

تعریف IUPAC درباره مواد متخلخل برحسب اندازه حفره:

میکرو حفره ها (قطر کوچک تر از ۲ نانومتر)

مزو حفره ها (قطر ۲ تا ۵۰ نانومتر)

ماکرو حفره ها (قطر بیش از ۵۰ نانومتر)

چون قطر حفره در زئولیت ها کمتر از ۲ نانومتر است، زئولیت ها در دسته مواد میکروحفره قرار می گیرند. یکی از معایب زئولیت ها آن است که به علت اندازه کوچک حفرات مولکول های آلی بزرگ نمی توانند درون حفره ها قرار گیرند: به این علت به مواد مزوحفره به عنوان کاتالزور بیش از پیش توجه شده است.

۱۱- ترکیبات سیلیس مزوحفره

دانشمندان شرکت موبیل آمریکا اولین بار خانواده ترکیبات سیلیکای مزوحفره را ساختند که سیستم های کانالی منظم داشتند. در میان موادی مختلف که این شرکت در سال ۱۹۹۲ ساخت آنها را گزارش کرد، ترکیب MCM-41 (عدد ۴۱ در این نام گذاری تاریخ کشف این ترکیبات است) آرایه های شش وجهی بسیار منظم حفره های لوله ای تک بعدی داشته که



ابعاد ذرات آن ۱،۵ تا ۱۰ نانومتر بود. MCM-48 نیز ترکیبی دیگر از این خانواده است که ساختار مکعبی با ساختمان حفرات سه بعدی دارد. در همان دوران، یانگیساوا و همکارانش دستاوردی دیگر را در زمینه ساخت ترکیبات مزوحفره سیلیکایی با استفاده از سیلیکای لایه ای کانامیت به عنوان منبع سیلیکا ارائه کردند. ماده ای که این دانشمندان تولید کرده بودند کاملاً شبیه بود، MCM-41 اما FSM-n نامیده شد. در این نام گذاری n تعداد اتم های کربن در زنجیر سورفکتانت استفاده شده در ساخت این ترکیبات است. در این ترکیبات آرایه های منظم مزو حفره وجود دارند، اما دیواره های حفره ها از سیلیکای بی شکل ساخته شده اند. ترکیبات سیلیس مزوحفره حفراتی بزرگ تر از زئولیت ها دارند [۱۸]، اما زئولیت ها در برابر اسیدها بسیار پایدارند. یکی دیگر از تفاوت های زئولیت ها با مواد سیلیس مزوحفره آن است که در ساختار زئولیت ها، اتم های آلومینیوم و سیلیس وجود دارند که باعث خاصیت تبادل یونی زیاد زئولیت ها می شود، در حالی که ترکیبات سیلیس مزوحفره ساختار فقط سیلیسی دارند. ساختارهای سیلیس مزوحفره هگزگونالی بسیار منظم SB با حفرات بزرگ (بیش از ۳۰ نانومتر) یک دست و قابل تنظیم دسته ای دیگر از ترکیبات سیلیسی مزوحفره هستند. در این ترکیبات، پایداری حرارتی به ضخامت دیواره و پیش ماده سیلیسی استفاده شده در طول ساخت بستگی دارد.

ترکیبات سیلیس مزوحفره حفراتی بزرگ تر از زئولیت ها دارند، اما زئولیت ها در برابر اسیدها بسیار پایدارند. یکی تفاوت زئولیت ها با مواد سیلیس مزوحفره آن است که در ساختار زئولیت ها، اتم های آلومینیوم و سیلیس وجود دارند که باعث خاصیت تبادل یونی زیاد زئولیت ها می شود، در حالی که ترکیبات سیلیس مزوحفره ساختار فقط سیلیسی دارند [2].

۱۱-۱- مهمترین مشکل مواد مزوحفره سیلیکایی

مهمترین مشکل مواد مزوحفره سیلیکایی، پایداری کم این ترکیبات در شرایط آبی است. برای موادی با دیواره حفره نازک تر، به خصوص MCM-41، هیدرولیز پل های سیلوکسان می تواند به تخریب ساختار منجر شود. ماده جایگزین این ترکیبات کربن مزوحفره است. بر خلاف سیلیکا، کربن در شرایط آبی بسیار پایدار و از نظر الکتریکی نیز خنثی است و به این دلیل احتمال تغییر شکل مولکول های زیستی تثبیت شده در حفره های آن کمتر است. کربن مزوحفره را می توان با پلیمریزاسیون منبع کربن درون قالب مزوحفره ای سیلیکا تهیه کرد.

۱۲- عامل دار کردن دیواره حفره ها

یکی از مهم ترین ویژگی های مواد مزو حفره منظم آن است که گروه های عاملی می توانند به دیواره حفره آنها متصل و با مولکول های زیست مختلف وارد واکنش شوند. گروه های عاملی معمول عبارت اند از: آمین ها، اسید کربو کسلیک، سیانو برمید یا سولفو هیدریدل هایی مانند دی سولفید ها یا مالا یمیدها. در مواد مزو حفره سیلیکایی این گروه های عاملی با افزایش یک ارگانوسیلان دو عاملی به دیواره حفره متصل می شوند. در یک انتهای ارگانوسیلان، گروه آلوکوسی سیلا مانند تری اتوکوسی سیلا وجود دارد تا بتوان به شبکه سیلیکا پیوند کووالانسی بدهد و در انتهای دیگر، یک گروه عاملی هست که از نظر زیستی فعال است. مثالی از این دست، آمینوپروپیل تری اتوکوسی سیلان است. مزیت این روش توزیع هموزن ارگانوسیلان در کل شبکه سیلیکاست. به هر حال، ارگانوسیلان می توان بر پایداری دیوار سیلیکا و انرژی در سطح تماس بین فاز سیلیکا و میسل اثر گذارد و به مزو ساختارهایی با پایداری کمتر منجر شود و یا تقارن مواد را تغییر دهد. سازو کار اتصال پس از ساخت به یک مرحله ساخت اضافی نیاز دارد که در آن ارگانوسیلان پس از ساخت ماده مزو حفره و حذف قالب آلی اضافه می شود. اگر ارگانوسیلان بسیار بزرگ باشد، می تواند حفره را ببندد و نفوذ مواد بیولوژیکی را درون ماده مزوحفره کاهش دهد [۵].



۱۳- کنترل قطر مزوحفره

یکی از ویژگی های منحصر به فرد مواد مزوحفره امکان دست کاری اندازه حفره با تغییر طول زنجیر آلکیل سورفکتانت است. با افزودن کربن ها به سورفکتانت آمونیوم نوع چهارم $C_nH_{2n+1}[N(CH_3)_3]^+$ برای $14 < n < 22$ ، قطر اولیه حفره ۰٫۱ تا ۰٫۱۲ نانومتر به ازای هر اتم کربن افزایش می یابد. روش دیگر افزایش قطر حفره ها در مواد مزوحفره، اضافه کردن هیدروکربن های کمکی مانند بنزن های آلکیله است (برای مثال، ۱،۳،۵- تری متیل بنزن). این مولکول های آلی کوچک به " وسعت دهنده " معروف اند و درون آرایه های میسل وارد و به افزایش اندازه آنها منجر می شوند.

۱۴- نانوراکتورهای متخلخل دیگر

اخیرا ساخت نانو کره های توخالی اکسید قلع با استفاده از نانو راکتور سیلیکای مزوحفره گزارش شده است. برای این منظور، از هیدرات نمک فلز مذاب به عنوان پیش ماده استفاده شد. این ماده می تواند از پوسته مزوحفره نانو راکتور عبور کند، نانو فیبرها پلی اتیلن با استفاده از کاتالیزور تیتانوسن نهشته شده روی فیبر های سیلیکای هم به عنوان نانو راکتور عمل می نمایند [۳].

۱۵- مواد مزوحفره و کاربردهای بیولوژیکی

نانو مواد با ساختارها و عاملیت های مشخص برای کاربردهای بیولوژیکی بسیار به کار رفته اند. با توسعه نانو فناوری، نانو راکتورهای مختلف با حساسیت های بالا ساخته شدند و در انتقال دارو، رشد کریستال و سنسورها به کار رفتند. اخیراً نانو و میکرو راکتورهایی برای برطرف کردن نیاز به واکنش های کارآمد آنزیمی استفاده شده اند. و مواد فوق نانوراکتورهایی خوب محسوب می شوند، زیرا حفره هایی نسبتا بزرگ و حجم حفره آنها نیز زیاد است [۱۱]. علی رغم پیشرفت ها در این زمینه، عمل کرد نانو راکتورهای توسعه یافته برتسریع سینتیک های واکنش آنزیمی متمرکز بوده است، بنابراین دست یابی به چند عمل کرد مشکل است و بنابراین نانو راکتورهای جدید چند عاملی باید توسعه یابد. هضم و تجزیه و تحلیل بسیاری از فسفوپپتیدها بسیار دشوار است زیرا بسیاری از این پروتئین ها که هدف فسفوریلاسیون قرار می گیرند، از نظر فیزیولوژیکی در غلظت های بسیار کم باقی می مانند. در زمینه غنی سازی فسفوپپتیدها پیشرفت هایی رخ داده اند، اما بیش تر استراتژی ها به فرآیندهایی متعدد نیاز دارند، پیش هضم وقت گیر و مشکل فسفوپروتئین ها و سپس غنی سازی و جداسازی، نانو راکتوری پیشرفته که بتواند کارهای گفته شده را با هم در یک مرحله ترکیب کند بسیار اهمیت دارد. مواد مزوحفره نانو راکتورهایی خوب محسوب می شوند، زیرا حفره هایی نسبتا بزرگ دارند و حجم حفره آنها نیز زیاد است. مواد مزوحفره برای پیش تثبیت غلظت های زیاد آنزیم ها (یا پروتئین ها) درون نانو حفره ها به کار رفته اند تا سرعت واکنش های آنزیمی را افزایش دهند و زمان هضم را کم کنند. به هر حال، قیمت افزایش مقدار آنزیم، پروتئین و فرآیند پیش تثبیت برای عملیات کاربردی مناسب نیست.

به همان اندازه که دانسته های بشر زیاد می شوند، تمایل او برای دستیابی به روش هایی برای دست کاری سیستم های سلولی و قرار دادن آنها در شرایط مورد نظر بیشتر می شود. برای نمونه می توان به تحریک بافت های عصبی از دست رفته برای رشد مجدد و یا حتی رشد قسمت هایی از بدن که بعدا در آزمایشگاه انجام می شوند، اشاره کرد. امروزه در جراحی های ترمیمی، جایی که مثلا برای یک بینی جدید ساختار پایه ای را رشد می دهند، از این فناوری می توان استفاده کرد. اخیرا ابزاری ساخته شده است که می تواند به خوبی در سیال های زیستی عمل کنند و وظایف مکانیکی خود را مانند بازوهایی که برای دست کاری در اندازه سلول ها به کار می روند، انجام دهند. ساخت باطری های سازگار با بدن که می توانند از گلوکز و اکسیژن خون الکتریسته تولید کنند، نمونه دیگری از موفقیت و کاربرد نانو فناوری در علوم زیستی است.



۱۵-۱- آشکار سازهای زیستی

موادی با ساختار نانو که با کریستال های مایع و گیرنده های شیمیایی همراه باشند، امکان تولید آشکار سازهای زیستی ارزان قیمت و قابل حمل را فراهم می سازند. این مواد را می توان به عنوان علائم هشدار دهنده ای در نظر گرفت که برای نمونه در صورت تغییر شیمیایی، تغییر رنگ می دهند و بنابراین از آنها می توان در محیط های خطرناک استفاده کرد. ردیابی مولکول های منفرد توسط آشکار سازهای فوتونی مثال دیگری از کاربرد نانو فناوری در علوم زیستی است. تحت این شرایط، اگر فوتون ها در اثر حضور یک مولکول خاص در یک محیط زیستی ساطع شوند، می توان توسط ردیابی فوتونی آن مولکول را شناسایی و ردیابی کرد. می دانیم که ابزارهای زیادی برای ردیابی یک فوتون در اختیار است.

۱۵-۲- دارو رسانی

انتقال دارو به بدن به موضعی که نیاز است یکی از زمینه هایی است که توجه زیادی را به خود جلب کرده است. هم اکنون، تمام داروهای مورد مصرف، به صورت کامل به درون بدن بیمار فرستاده و در تمام بدن پخش می شوند. این در حالی است که تنها در عضو بیمار یا اصولا جایی که مورد نیاز است، حضور این مواد مفید خواهد بود. توجه داشته باشیم که استفاده اینگونه از داروها همیشه بی ضرر نیست. برای نمونه، در موادی که داروها به منظور کشتن سلول ها (مثلا سرطانی) به کار می روند. استفاده از روش مرسوم دارو رسانی عوارض جانبی بسیاری را در پی دارد. کوشش های زیادی برای رساندن مستقیم دارو به مجموعه مشخصی از سلول در حال انجام است. افزودن مواد رادیواکتیو به نوع خاصی از پادتن ها به منظور شناسایی و نشان دادن علائم بر سطح سلول های سرطانی نمونه ای از پیشرفت های اخیر است. در صورتی که انتقال مواد رادیواکتیو توسط نانو ذرات انجام شود، در این صورت می توان گفت که نانو فناوری در پیشرفت این زمینه نقش قابل ملاحظه ای داشته است. به هر حال، لازم است دارو به گونه ای به داخل بدن فرستاده شود که تا زمان رسیدن به عضو یا منطقه مورد نظر از بدن، توسط بافت های زنده قابل شناسایی نباشد. در حقیقت اگر بتوان کپسول یا قرص های کوچکی ساخت که از جنس دارو نباشند و به اندازه کافی نیز بزرگ باشند که بتوانند مواد زیستی را در آنها جای داد و در عین حال به اندازه ای کوچک باشند که بتوانند آزادانه در داخل بدن حرکت کنند، در این صورت یک سیستم دارو رسانی موثر به وجود خواهد آمد. این کپسول ها می توانند به صورت ذرات نانومتری تو خالی یا مواد جامد محتوی دارو باشند. با حل شدن طبیعی پوسته کپسول در محل سلول و با شکسته شدن آن توسط امواج ماوراء صورت و یا نفوذ عادی دارو به داخل سلول، انتقال و رهایش مواد صورت می گیرد و بدن عوارض جانبی بهبودی بیمار حاصل می شود [۱۰].

۱۶- نتیجه گیری:

بر اساس تجارب و مطالعات صورت گرفته مشخص است که یکی از مشکلات اساسی در طراحی و ساخت دستگاه ها و داروها و مواد شیمیایی جدید و نو ترکیب مورد نیاز بشر و صنعت و همچنین تجهیزات آزمایشگاهی و تحقیقاتی و در نهایت تولید علم برای رفاه و رفع هر چه بیشتر نیاز مردم به عنوان عامل پیشرفت علمی کشور، نمود مطالعات کافی در زمینه مربوطه می باشد. لذا در صورتی که با اساس هر نیازی در جامعه علمی کشور، اگر مطالعات گسترده و همتی بلند اتخاذ گردد، می توان بر تکنولوژی های نوین برای راحتی و آسایش بشریت دست یافت.

در این تحقیق نیز براساس بررسی و مطالعات به عمل آمده در خصوص نانو راکتورها، موفق به جمع آوری اطلاعاتی ارزشمند در مورد شناخت و دست یابی به راکتورهای در ابعاد و اندازه نانو، گردید. نتایج و قابلیت های این تحقیق به شرح ذیل است:



- ۱- فناوری نانو روشی نو برای حل مشکلات و پاسخگویی به بسیاری از سوالات مطرح در علوم مختلف ارائه می کند که تاکنون بشر موفق به رفع و یا پاسخ دادن به آنها نشده است.
- ۲- فناوری نانو امکان دست کاری و آرایش دوباره اتم ها را در اختیار انسان قرار داده است تا آنها بتوانند با تغییر در چیدمان اتم ها علاوه بر امکان تولید مواد جدید با خواص دلخواه خود بتوانند موادی با ساختار ساده و ارزان تولید نمایند. نانو فناوری به عنوان دانشی که در درمان سرطان، حذف عفونت ها و افزایش آگاهی و قدرت استدلال انسان و در نتیجه افزایش بقای بشر کمک می کند.
- ۳- در این مطالعه نانو راکتورها را به دو گروه نانو راکتورهای طبیعی و سنتزی تقسیم نموده، چرا با مشاهده دقیق به طبیعت می توان نمونه های بسیاری از نانو راکتورهای طبیعی را مشاهده نمود.
- ۴- انجام واکنش های شیمیایی در فضاهای محدود با ابعاد نانومتر و حجم میکرومتر منجر به تغییر در سینتیک و مسیر کل فرآیند می گردد. به چنین فضاهای محدود شده ای که جهت انجام واکنش های مشخص شیمیایی به کار می روند، نانو راکتور می گویند.
- ۵- نانو راکتورها محفظه های بسیار کوچکی با ابعاد نانومتر هستند که با محافظت از کاتالیزورها در برابر تاثیرات محیطی و نیز محصور کردن واکنشگرها و کاتالیزورها در فضای کوچک به مدت طولانی، پتانسیل زیادی برای بهبود تبدیل های شیمیایی دارند.
- ۶- نانو راکتورها موادی متخلخل هستند که یکی از ابعاد آنها در مقیاس نانو است. این ترکیبات بسیار متنوع اند و مواد ساده و مواد آلی و معدنی با هدایت الکتریکی، حجم و بافت حفره متفاوت به عنوان نانو راکتور به کار رفته اند.
- ۷- بر اساس بررسی های انجام شده ملاحظه گردید که، نانو راکتورها موادی متخلخل محفظه های نانو متری هستند که معمولاً با مواد متخلخلی که یک بعد آنها کمتر از ۱۰۰ nm است. و اصولاً محفظه هایی با قطر کمتر از ۵۰۰ nm را به عنوان نانو راکتور در نظر گرفته می شوند و در حالت کلی تر، قطر نانو راکتور را $1 \mu\text{m} \leq$ در نظر می گیرند.
- ۸- نانوراکتورها به نحوی، جزئی از واکنش نیز محسوب می شوند و این تفاوت اصلی آنها با میکروراکتورهاست.
- ۹- فضای واکنش درون نانو راکتورها برتحرک و برهم کنش های بین مولکول های درون آن بسیار اثر می گذارند. بنابراین نانو راکتور تنها یک ظرف نگهدارنده ساده نیست و نقشی مهم در فرآیند شیمیایی دارد.
- ۱۰- زئولیت و مزوحفره سیلیکایی نمونه ای از مواد متخلخل است که می توان به عنوان نانو راکتور از آنها بهره برد. که خود اینها می توانند به عنوان قالب یا محیط سنتز در تهیه نانو مواد به کار برد.
- ۱۱- به دلیل مزایای بسیاری نظیر امکان کنترل واکنش و محافظت از کاتالیزورها در برابر تاثیرات محیطی، انتخاب پذیری، جدا کردن مواد سمی و ناپایدار از محیط توده و دنبال آن کاهش سمیت سیستم با افزایش پایداری کاتالیزور و ایده آل بودن در فرآیندهایی مانند داروسازی به دلیل اندازه کوچک آنها همواره باید از نانو راکتورها و از این میان نانو راکتورها موادی متخلخل استفاده گردد.
- ۱۲- با مشاهده دقیق به طبیعت می توان نمونه های بسیاری از نانو راکتورهای طبیعی را مشاهده کرد. از این موارد می توان به اندامک های سلولی و یا حفرات ترشچی و داخل سلولی (که آبشاری از واکنش ها در آنها رخ می دهد) اشاره کرد.
- ۱۳- نانو راکتورها محفظه های نانومتری هستند که می توان آنها را از ترکیبات مختلفی شامل مولکول ها، درشت مولکول های سنتزی و درشت مولکول های زیستی تهیه کرد. در این ساختارها مواد اولیه و محصولات بین محلول توده و حفره نانو راکتور مبادله می شوند و به همین سبب، نفوذپذیری غشاء نقش مهمی در عملکرد انتخاب پذیر آنها ایفاء می کند. به دلیل مزایای بسیاری نظیر امکان کنترل واکنش و محافظت از کاتالیزورها در برابر تاثیرات محیطی، انواع واکنش های کاتالیزوری و آنزیمی و نیز تهیه نانو ساختارهای گوناگون درون نانو راکتورها انجام می شود.



۱۴- از بسیاری ساختارهای زیستی و شیمیایی (سنتزی) می توان در نقش نانو راکتورها استفاده کرد. پیوند در میان اجزای این ساختارها کوالانسی یا غیر کوالانسی است. مینی امولسیون ها، میسل ها، اندامک های سلولی، پلیمرزوم، لیپوزوم، وزیکول، هیدروژل، درخت سان، ژئولیت و نانو لوله کربنی نمونه ای از نانو راکتورها هستند. هر یک از موارد ذکر شده خصوصیات خاص خود را دارند و می توانند به عنوان قالب یا محیط سنتز در تهیه نانو مواد نیز به کار برده شوند.

۱۵- طبیعت، نانو کارخانه حیات را درون سلول ها قرار داده است. با آنکه تا رسیدن به ساخت یک سلول کامل فاصله زیادی وجود دارد اما مشابه های سلول ها که از خودآرایی واحدهای سازنده سنتزی و زیستی تشکیل می شوند، پیشرفت قابل ملاحظه ای به حساب می آیند. مولکول ها، درشت مولکول ها و درشت مولکول های زیستی هر کدام مزایای قابل توجهی در تشکیل نانو راکتورهای خودآرا که بتوانند گونه ای را درون کپسول خود قرار دهند نشان می دهند. نکته حائز اهمیت آن است که با وجود پیچیدگی ها، هر چقدر از واحدهای سازنده طبیعی مانند گونه های دوگانه دوست مبتنی بر آنزیم و کپسید و ویروس ها بیشتر استفاده شود به هدف مدل سازی سامانه های طبیعی نزدیک تر می شویم.

۱۲- مراجع

- [1] احمدی، حجت، فناوری نانو نگرش هزاره سوم، مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، چاپ اول، تابستان ۱۳۸۶
- [2] سیم چی، عبدالرضا، آشنایی با نانو ذرات(خواص، روشهای تولید و کاربرد)، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف تهران، چاپ اول، بهار ۱۳۸۷
- [۳] حبیب نژاد کورایم، مهدی، شریعتی نیاسر، حامد، نانولوله های کربنی(سنتز، خواص و کاربردها)، انجمن علمی دانشجویی دانشکده مواد دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۳۸۶
- [۴] عترتی خسروشاهی، سید محمد، غضنفری، لیدا، سلیمی، حسن، زیست نانوفناوری، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر، چاپ اول، ۱۳۸۸
- [۵] السادات سجادی، سماحه، نانوراکتورها، مرکز پژوهشگاه صنعت نفت، چاپ اول، زمستان ۱۳۹۱
- [۶] پرهیزگار، گلناز، لندران اصفهانی، امیر، نانوراکتورها، سیستم جامع آموزشی فناوری نانو، ۱۳۹۳
- [۷] سید محمد، امینی، سروری، محسن، نانوراکتورها، سیستم جامع آموزشی فناوری نانو، ۱۳۹۳
- [۸] پرهیزگار، گلناز، لندران اصفهانی، امیر، نانوراکتورهای خودآرا، سیستم جامع آموزشی فناوری نانو، ۱۳۹۳
- [9] Renggli, K., Baumann, P., Langowska, K., Onaca, O., Bruns, N., Meier, W. "Selective and Responsive Nanoreactors", *Advanced Functional Materials*, Vol. 21, pp. 1241-1259, (2011).
- [10] M.A, Lopez, Quintela, "Synthesis of Nanomaterials in microemulsions Formation Mechanisms and Growth control", *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, Vol. 8, 2003, pp.137-144.
- [11] Niemeyer, C. M. "Nanoparticles, Proteins, and Nucleic Acids: Biotechnology Meets Materials Science", *Angew. Chem., Int. Ed.*, 40,4128,2001
- [12] Mao, C. B., C. E. Flynn, A. Hayhurst, R. Sweeney, J. F. Qi, G. Georgiou, B. Iverson & A. M. Belcher. "Viral Assembly of Oriented Quantum Dot Nanowires", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 100, 6946, 2003.
- [13] Arunkumar, E., C. C. Forbes & B. D. Smith. "Improving the Properties of Organic Dyes by Molecular Encapsulation", *Eur. J. Org. Chem.*, 19, 4051-4059, 2005.
- [14] Arunkumar, E., C. C. Forbes & B. D. Smith. "Squaraine Derived Rotaxanes: Sterically Protected Fluorescent Near IR Dyes", *Eur. J. Am. Chem. Soc.*, 127, 3288-3289, 2005.
- [15] Nanobiotechnology, concept, application, prespective C.M.N.a.a.C.A. Mirkin, Editor. 2004 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- [16] Ryu, E.H., H.K. Cho, and Y. Zhao, Catalyzing Methanolysis of Alkyl Halides in the Interior of an Amphiphilic Molecular Basket. *Organic Letters*, 2007. 9(25): p. 5147-5150.
- [17] Nishioka, Y., et al., Unusual cycloadditions of arenes in the confined cavity of self-assembled cages. *Journal of the American Chemical Society*, 2007. 129(22): p. 7000-7001
- [18] Musyanovych, A., Mailander, V., Landfester, K. "Miniemulsion Droplets as Single Molecule Nanoreactors for Polymerase Chain Reaction", *Biomacromolecules*, Vol. 6, pp. 1824-1828, (2005).

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی

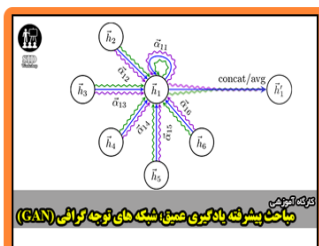


عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی