

# میلادیم

سپاه پاسداران اسلامی دانشجویی پیغمبر اکرم (صلوات الله علیه و سلام) طیب طلاق

سال پنجم شماره نهم قابسستان ۱۴۰۲



کاربرد فناوری نانو در ژن درمانی  
سیستم های حامل آنتی ژن و DNA  
ویروزوم ها  
Virosomes  
آشنایی با نانوبیوفناوری  
زندگی پدیده ای در مقیاس نانو



دانشگاه خلیج فارس



انجمن علمی دانشجویی بین‌رشته‌ای نانو  
دانشگاه خلیج فارس

کاربرد فناوری نانو در ژن درمانی: ویدرزووم  
سیستم‌های حامل آنتی ژن و VIROSOMES-  
DNA

آشنایی با نانوبیوفناوری

زندگی پدیده‌ای در مقیاس نانو

# مدل‌بازدیده

نشریه انجمن علمی دانشجویی بین‌رشته‌ای نانو دانشگاه خلیج فارس

صاحب امتیاز : انجمن علمی دانشجویی بین‌رشته‌ای نانو دانشگاه خلیج فارس  
 مدیر مسئول : بنیامین بردبار  
 سردبیر : بنیامین بردبار

pgunano@gmail.com

benyaminbordbar@gmail.com

pgu\_nano

pgu\_nano

# خن‌ردبیر

به نام ایزد یکتا  
رشد و توسعه دانش و فناوری‌های نوین ، همواره یکی از دغدغه‌های بومیت بشری بوده و اهمیت آن بر هیپکس پوشیده نیست. کشور ما نیز از مسئله غافل نمانده و همپای سایر کشورها به فعالیت پژوهش و قدرت نمایی می‌کند  
امروزه کمتر کسی است که در این کشور پهناور کلمه «نانو» را نشنیده باشد؛ و این به لطف تلاش‌ها و کوشش‌های جوانان و مقغان این مرز و بوم است  
ما از سال تحصیلی ۹۷-۹۶ تلاش کرده‌ایم تا با راه اندازی انبمن علمی دانشجویی بین رشته‌ای نانو دانشگاه فلیچ فارس کامی هر پند کوچک در بحث افزایش آگاهی و تامین فوراًک فکری علاقه مندان به این حوزه را فراهم نماییم  
آنون خرست را غنیمت شمرده و با ایجاد نشریه تخصصی در حوزه فناوری نانو کامی دیگر در بحث اهداف سند راهبردی انبمن برداشته‌ایم  
نشریه‌ای که در دست شماست هشتاد و شماره از نشریه میلیاردیم است که امیدواریم بتواند مورد رضایت مقاطبان قرار گیرد

بنیامین بردار  
شهریورماه ۱۴۰۲

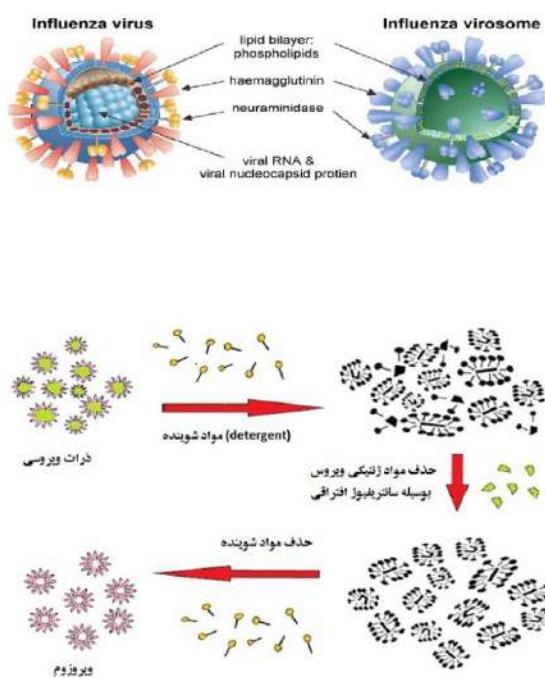
کند و از خود علائم حیاتی بروز دهد باید ابتدا به داخل سلول میزبان نفوذ کند و در داخل فضای سیتوپلاسمی سلول میزبان به کمک امکانات آن سلول اقدام به تکثیر کند. برای این منظور باید گیرنده‌های (Receptor) اختصاصی خود را بروی غشای سلولی هدف شناسایی کند و سپس به این گیرنده‌ها وصل شوند. ویروس با مکانیسم‌های مختلفی از جمله اندوستیوز (فرایندی فعال که در آن سلول، مولکول‌ها یا اجسامی را به داخل خود می‌برد) از دیواره غشای سلول به داخل سلول میزبان کشیده می‌شود. بعد از اینکه ویروس وارد سلول میزبان شد (سلولی که رسپتور یا گیرنده ویروس را دارد) سلول را آلوده می‌کند. طی مراحل منظمی که به نام رپلیکاسیون ویروسی نامیده می‌شود و همچنین به کمک سیستم پروتئین سازی سلول، ویروس قطعات مختلف خود را در داخل سلول می‌سازد و این قطعات با هم ادغام می‌شوند و ذرات جدید ویروسی تشکیل می‌شوند. ویروزوم‌ها برخلاف ویروس‌ها بدلیل فقدان مواد ژنتیکی لازم برای همانندسازی قادر به همانند سازی خود نیستند، ولی بدلیل دارا بودن پروتئین‌های اتصالی ویروس می‌تواند به صورت فعال با گیرنده‌های موجود در غشای سلول هدف ادغام شده و وارد سیتوپلاسم سلول گردد. برخلاف لیبوزوم‌ها، ویروزوم‌ها دارای گلیکوپروتئین‌های پوشش (envelope) ویروسی مثل هماگلوتینین (HA) و نورآمینیداز (NA) در غشای خود هستند که آنها را قادر می‌سازد به راحتی با غشاء دو لایه

## -Virosomes ها سیستم‌های حامل آنتی ژن و DNA

ویروزوم‌ها وزیکول‌های فسفولیپیدی (تک لایه یا دو لایه) هستند که پروتئین‌های اتصالی ویروسی در ساختار آنها بکار رفته است. ویروزوم‌ها به عنوان سیستم‌های تحویل دارو یا واکسن به سلول‌ها عمل می‌کنند و باعث ایجاد پاسخ ایمنی مطلوب می‌شوند. پروتئین‌های پوشش ویروسی بکار رفته در ساختار ویروزوم‌ها به آنها این اجازه را می‌دهد تا با سلول هدف به راحتی ادغام گردند. در این مقاله مروری خواهیم داشت بر ترکیب و محتوای ویروزوم‌ها، نحوه‌ی فرمولاسیون و مکانیسم نفوذ ویروزوم به سلول‌های هدف و در نهایت روش‌های مختلفی که برای آنالیز و شناسایی ویروزوم‌ها به کار گرفته می‌شود.

ویروزوم‌ها وزیکول‌های فسفولیپیدی تک لایه کروی با میانگین قطر حدود ۱۵۰ نانو متر هستند که لایه لیپیدی آن‌ها با پروتئین‌های ادغامی ویروسی ترکیب شده است. ویروس‌ها عواملی هستند که واجد اسید نوکلئیک هستند و دارای پوشش پروتئینی (کپسید) در اطراف اسید نوکلئیک هستند اما چون فاقد آنزیم‌های لازم برای متابولیسم هستند یا محدودی از آنها را دارا می‌باشد، لذا برای تکثیر یافتن بایستی از ماشین سنتزی سلول میزبان استفاده نمایند. برای آنکه یک ویروس بتواند تکثیر پیدا

مهم است که آنتی ژن‌ها به گونه‌ای به سیستم ایمنی بدن عرضه شوند که باعث القای یک پاسخ ایمنی خاص و قوی در برابر عوامل پاتوژن گردد. پیشرفت‌های زیادی در ساخت واکسن‌ها صورت گرفته و نکته کلیدی در توسعه واکسن‌های نسل دوم رساندن آنتی ژن‌ها به سلول‌های عرضه کننده آنتی ژن (Antigen Presenting Cell، APC) است. ویروزوم‌ها برای رساندن آنتی ژن به سلول‌های عرضه کننده آنتی ژن (APC) که القا کننده پاسخ‌های ایمنی سلولی هستند، استفاده می‌شوند. در اصل ویروزوم‌ها پتانسیل بالایی در ایجاد واکنش‌های سیستم ایمنی دارا هستند علاوه بر اینکه عوارض جانبی را هم کاهش می‌دهند.



ای فسفولیپیدی سلول هدف برهمکنش کنند و بتوانند به سلول وارد شوند. خواص منحصر به فرد ویروزوم‌ها مربوط به وجود گلیکوپروتئین HA در غشای ویروزوم است که باعث ثبات ساختاری ویروزوم و همچنین وجود خواص ایمونولوژیک آن می‌شود و به همین دلیل از سیستم‌های حامل لیپوزومی و پروتلیپوزومی متمازیز است. هماگلوتینین در ویروس‌ها از طریق برهمکنش با اسید سیالیک گلیکوپروتئین‌های سطحی غشاء، عمل اندوسیتوز ویروس به سلول را انجام می‌دهد. بعد از اتصال گیرنده سطحی سلول به هماگلوتینین ویروسی، اندوزوم تشکیل می‌شود که شامل گیرنده و ویروس می‌باشد. به خاطر pH اسیدی داخل اندوزوم هماگلوتینین دچار تغییر شکل فضایی در ساختمان خود شده و با غشا اندوزوم ادغام می‌شود و در نتیجه غشا اندوزوم از هم پاشیده و محتویات ویروس را بداخل سیتوپلاسم رها می‌کند. در اصل هماگلوتینین در ویروزوم‌ها همین نقش را بر عهده دارد و باعث می‌شود ویروزوم بداخل سیتوپلاسم سلول رها شود. واکسن‌های سنتی به طور کلی متشكل از میکروارگانیسم‌های غیر فعال یا ضعیف شده هستند که خواص بیماری زایی خود را از دست داده‌اند، و یا متشكل از زیر واحد‌های سازنده مانند پروتئین پوشش بیرونی ارگانیسم هستند. این واکسن‌های پروفیلاکتیک (پیشگیری کننده) باعث ایجاد پاسخ ایمنی هومورال و تحریک سیستم ایمنی بدن می‌شوند، اما آنها اغلب با عوارض ایمنی نامطلوب همراه هستند. از این رو

مهندسی بافت، در کم اصول رشد بافت و بکارگیری آن برای ایجاد نمونه‌های جهت استفاده کلینیکی و درمانی است) اشاره کرد.

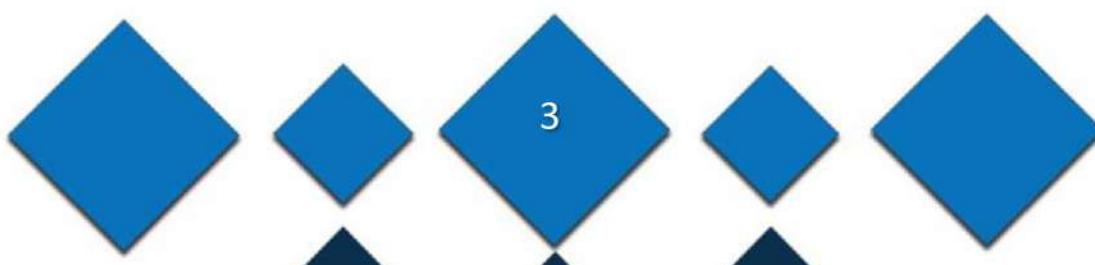
استفاده از موتورهای زیستی در مدارهای الکترونیک نمونه‌ای از کاربرد این علم در زمینه الکترونیک است. امروزه با استفاده از این علم نانوفیلترهایی ساخته شده است که قادر به بازیابی ویروس‌ها و باکتری‌ها از آب می‌باشد که در امر رفع آلودگی آب‌های آشامیدنی بسیار مفید واقع شده‌اند. در این بخش به مفاهیم کلی بیوفناوری و نانویوفناوری و کاربرد این علوم در حوزه‌های مختلف پرداخته می‌شود.

بیوفناوری کلاسیک به معنی "استفاده از ریزسازوارها مانند باکتری‌ها، مخمرها و یا مواد زیستی مانند آنزیم‌ها برای انجام فرآیندها تولیدی یا صنعتی خاص" می‌باشد. تولید استون از تخمیر نشاسته با باکتری کلستریدیوم (Clostridium acetobutylicum) استوباتیلیکام (Clostridium acetobutylicum) و تولید آنتی بیوتیک پنیسلیوم از باکتری پنیسلیوم ناتام (Penicillium notatum) در زمینه پزشکی، از جمله کاربردهای صنعتی بزرگ مقیاس فرآیندهای زیستی به شمار می‌روند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، بیوفناوری از روزهای اولیه تمدن بشری در حوزه‌های مختلف مانند محصولات غذایی (تولید پنیر، نانو غیره با استفاده از باکتری و مخمر) مورد استفاده قرار گرفت.

## آشنایی با نانویوفناوری

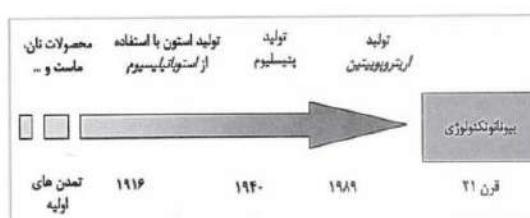
تل斐ق علوم فناوری و نانوفناوری موضوع نسبتاً جدیدی است که به آن اصطلاحاً نانویوفناوری گفته می‌شود. ترکیب این حوزه‌های مهم تحقیقاتی دست‌آوردهای فوق العاده‌ای را به همراه داشته است. بیوفناوری با ارائه مدل‌های زیستی با استفاده از آجرهای ساختمانی زیستی (مانند پروتئین، پپتید، لیپید و غیره) منجر به توسعه نانوفناوری می‌شود. در حالی که نانوفناوری با در اختیار گذاشتن ابزار برای بیوفناوری آن را در رسیدن به اهدافش یاری می‌رساند. نانوفناوری به عنوان یکی از حوزه‌های کلیدی، امکان تعامل با سیستم‌های زنده را در مقیاس مولکولی فراهم می‌آورد.

به طور کلی نانویوفناوری طیف وسیعی از فناوری‌ها، فرآیندها، دستگاه‌ها و کاربردها را در حوزه‌هایی مانند پزشکی، داروسازی، الکترونیک، تغذیه، مواد و کاتالیست پوشش می‌دهد. استفاده از فناوری‌های دستکاری و ساخت در مقیاس نانو به منظور تولید روش‌های تشخیصی دقیق‌تر و حساس‌تر مانند سوخت نانوحسگرها (Nanosensores) و آزمایشگاه بر روی تراشه (Lab-on-a-Chip) نمونه‌ای از کاربردهای نانویوفناوری در حوزه پزشکی است. از کاربردهای دیگر در این حوزه می‌توان به استفاده از ماتریکس‌های نانومقیاس برای رهایش کنترل شده دارو، ترمیم و مهندسی کردن بافت (Tissue engineering)



انتقال ایمن داروهای پروتئینی و پپتیدی از میان مسیرهای گوارشی و رهایش آنها در روده توسط نانوحامل‌ها، امکان‌پذیر شد. به منظور درمان بیماری‌هایی مانند تومورهای مغزی و سایر ضایعات مغزی، قابلیت انتقال داروهای پروتئینی و پپتیدی توسط نانوحامل‌ها از میان مواد خونی-مغزی مورد مطالعه قرار گرفت. نانوحامل‌ها علاوه بر ترکیبی از مواد غیر زیستی (مانند نانوذرات طلا، نانوذرات اکسید آهن و غیره)، می‌توانند به تنها بی از طریق خود آرایی مواد زیستی (مانند نانوکره‌های پپتیدی) تشکیل شوند.

مسئله دیگر، اعمال موضعی داروهای پروتئینی و پپتیدی می‌باشد. در این مورد نیز نانوفناوری می‌تواند راه حل‌های مهم و مفیدی ارائه دهد. برای مثال آرایه‌هایی از صدها یا هزاران نانو سرنگ (Nano-syringes) بدون هیچ دردی برای کاربرد پوستی عوامل زیست‌مولکولی می‌شوند.



با گذشت زمان، تعریف کاربردی بیوفناوری مبهم‌تر شد. فعالیت‌های بیوفناوری از تولید مولکول‌های زیستی (مانند پروتئین یا آنتی‌بادی) تا کاربردهای دارویی برای توسعه ابزارهای تشخیصی جدید گسترش پیدا کرد. کاربردهای تشخیصی بر اساس برهمکنش زیست مولکول‌های خاصی مانند برهمکنش آنتی‌زن-آنتمی‌بادی به عنوان کمیت‌های ایمنی‌سنجدی (Immunoassays) آزمایش تشخیصی است که در آن از واکنش آنتی‌بادی با آنتی‌زن استفاده می‌شود) و برهمکنش اسید نوکلئیک‌های مکمل به عنوان میکروتراسه ساخته شده از DNA می‌باشد.

استفاده از پروتئین‌ها در کاربردهای دارویی توسعه پیدا کرده است. اما عدم قابلیت رهایش کنترل شده داروهای پروتئینی و پپتیدی در بدن مانع استفاده رایج آن‌ها می‌شود. برخلاف داروهای کوچک مولکول، که به شکل قرص و شربت رایج هستند، داروهای پروتئینی و پپتیدی در عبور از مسیر گوارشی تعزیز می‌شوند. بنابراین کنترل داروهای پروتئینی و پپتیدی در هنگام تزریق دشوار بوده و براحتی توسط بیماران در مراکز پزشکی استفاده نمی‌شود. ساخت نانوحامل‌ها (Nano carriers) در حوزه نانوفناوری این مشکل را حل کرد.

مغناطیسی متفاوتی را به وضوح نشان می‌دهند. چند سال بعد، به دنبال اختراع میکروسکوپ تونلی، بشر توانست تکاتم‌ها را دستکاری کند و در ساختارهای کوانتمی جای دهد؛ پس از آن، نانولوله‌های کربنی اختراع شد. این پیشرفت‌ها نشان داد که محدودیت در ابعاد تعیین‌کننده خواص ذاتی مواد ساختاریافته است، اما اندازه به تنها‌ی دلیل خواص پدید آمده از مقیاس نانو نیست. به طور کلی، این پدیده‌ها به‌وسیله نسبت سطح به حجم تعریف می‌شوند. بنابراین ذرات با حجم ثابت اما با شکل متغیر می‌توانند خواص متفاوتی داشته باشند. از این‌رو، تلاش‌های گسترده‌ای برای ساخت نانومواد به شکل‌های میله‌ای، صفحه‌ای و ساختارهای چندگانه که ناهمسانی زیادی با هم دارند، انجام گرفته است. به طور مشابه، ساختار نیز مانند اندازه، نقشی کلیدی در تعیین خواص فلزی/نیمه‌هادی نانولوله‌های کربنی دارد. همچنین کاهش نقص‌های کریستالی، کاهش زبری سطوح و انتخاب سطوح کریستالی پارامترهای دیگری هستند که امروزه در تحقیقات نانو پویا است.

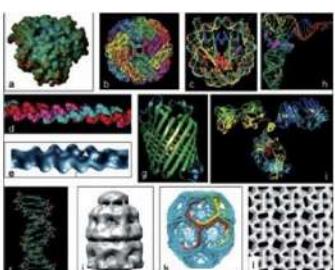
## زندگی پدیده‌ای در مقیاس نانو

مقیاس نانو نه تنها یک زمینه بین دیدگاه‌های مولکولی و ماکروسکوپی است، بلکه اندازه‌ای است که به جمع‌آوری، پردازش و انتقال اطلاعات شیمیایی می‌پردازد. در این‌جا یک سلول زنده را به عنوان یک سامانه شیمیایی پیچیده، یکپارچه و خودتنظیم‌کننده در نظر می‌گیریم. این سلول از طریق کوچک‌سازی تا مقیاس نانو عمل می‌کند و این سطح ویژه از اندازه از ملزمات زندگی سلولی است. ما در این‌جا جنبه‌های کلیدی ساختار و عملکرد سلول و عملکرد متابولیک داخلی را از طریق بزرگ‌سازی مقیاس اجزای مولکولی به مقیاس نانو (پروتئین‌های درونی غشا، آنزیم‌ها، گیرنده‌ها و...) و ساختارهای بزرگ‌تر از قبیل میکروتوبول‌ها، ریبوزوم‌ها و موتورهای مولکولی مورد بحث قرار می‌دهیم. تحولات علم نانو در آینده می‌تواند پایه‌ای جهت زندگی مصنوعی فراهم آورد.

در دهه اخیر، علم نانو رشد فزاینده‌ای داشته و واسطه‌ای مهم بین علوم شیمی، فیزیک، پزشکی و علوم تحلیلی به وجود آورده است. اما می‌توان پرسید که چرا تحقیق در این حوزه از علم بسیار بر جسته و متمایز است. ییش از بیست سال است که مشخص شده وقتی ابعاد نیمه‌هادی‌های ذاتی و اکسیدهای آهن به چند نانومتر محدود می‌شود، به ترتیب، خواص الکترونی و

سال پنجم، شماره نهم، تاپستان ۱۴۰۲

گسترده فعالیت‌ها نشان می‌دهد که چگونه در سال‌های اخیر، علم نانو نسبت به گذشته اهمیت قابل توجهی یافته است. در آغاز، تمرکز به روی اصلاح و تغییر خواص ذاتی منعکس از محدودیت ابعاد بود، اما اخیراً تلاش‌ها بر این تغییر و تحول باعث نزدیکی علم نانو به علم زیست‌شناسی شده است. بدیهی است که کوچک‌سازی در مقیاس نانو تدبیری پایه‌ای در زیست‌شناسی است و باعث وابستگی تکامل زندگی به وجود اشکال متعدد اجسام در ساختار نانو می‌شود. این ساختارها (شکل ۱ و جدول ۱) به عنوان اجزای کوچک‌شده‌ای از سامانه‌های پردازشی پیچیده به کار برده شده‌اند و با توجه به مبنای مولکولی متابولیسم، این سؤال را مطرح می‌کنند: چرا این ساختارها تا این اندازه بزرگ هستند و چه خصوصیات کلیدی در اشیای متیاس نانو وجود دارد که در مولکول‌های کوچک نیست و در نهایت منجر به سامانه‌های شیمیایی پایدار خود تجدید و خود تکرار پذیر می‌شود؟



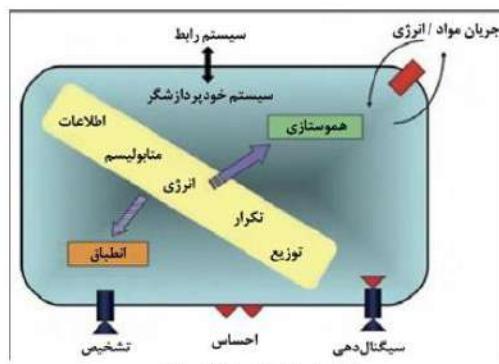
۱- نمونه هایی از گویه های با ابعاد ناگو در میانه ( زندگان مولکولی، کروی، (۲) فرشتن با ساختار پستنت هسته ای نوکلئیک، (۳) مونکلوزم بین و تاب خودر، (۴) لازرن، (۵) آتمنی، (۶) مارپیچ DNA، (۷) پورین، (۸) اپوتوقوکین، (۹) چیرون، (۱۰) کافترن، (۱۱) آباده S ماتریکس

جدول ۱ ارجاع ناوسخنارهای بیولوژیکی		
اندازه (تالومنتر)	مثال	نوع
<۲۵	سپاریو از پروتئین‌ها	
۱۲	آلوکرتنین	ناتوذرات کروی توخالی
۱۵	سنزا لیوزین	
۲۸	دیروس cowpea chlorotic mottle	
۲۰ ۴ + ۴ پوسته هسته	(LDL) لیپوپروتئین فرتین‌ها	ناتوذرات پوسته - هسته
۱۱	توکلوزوم‌ها	ساخترهای پیچ و تاب خوده
۳ (پهنا)	DNA	
۴/۱ × ۳۰۰	کلان	
۲ × ۱۳۵	میوسین	مارپیچ‌های دورشتهای زنجیرهای
۷ × ۳۶	F-اکتین	
۳۰ (پهنا)	دی‌اکسی‌هموگلوبین	
۱۸ × ۳۰۰	دیروس موزاریک تنبایکو	
۲۵ (پهنا)	میکرووالهها	
۱ × ۵	پورین‌ها	ناتولولهها
۵/۴ - ۵/۱ × ۱۰	-هملولوزین	
۲ × ۴۵	کلانترین	
۴ × ۵ × ۸	IgG	ناتوغلافها
۵/۵ × ۷	tRNA	
۱۴ × ۱۵	چیروین	ناتوشکه‌ها
۱۵ × ۱۱	بروتونزوم	
۶-	کاتترین	ناتوقفس‌ها
(F <sub>1</sub> ) ۸×۱ و (F <sub>2</sub> ) ۱۲×۵	F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> -ATPase	ناتورورهای جری
(۵) (ضخامت)	دولایه جری	ناتوصفات

وجه به موارد فوق این حقیقت را آشکار می کند که فقط تعداد محدودی از مواد خواص ذاتی و مفید وابسته به اندازه ارائه می کنند. با وجود این، علم نانو دامنه‌ای گسترده دارد. این موضوع به این دلیل است که پیشرفت متوالی علم و مهندسی در کوچک‌سازی نتیجه مستقیم علم نانو است. خواص جمعی مواد، همچون آبرآب‌گریزی، جفت‌شدن پلاسمونیک و خواص مغناطیسی/الکترونیکی را می‌توان با کوچک‌سازی اجزای ساختاری آنها و ساخت مجموعه‌های آبرشبکه‌ای کم یا زیاد کرد. به نظر می‌رسد توانایی ساخت نانومواد از منظر پایین به بالا با استفاده از ساختارها و اجزا هیبریدی چالشی عمدی و فرصتی چشم‌گیر در علوم شیمی و مواد است. این دامنه بسیار

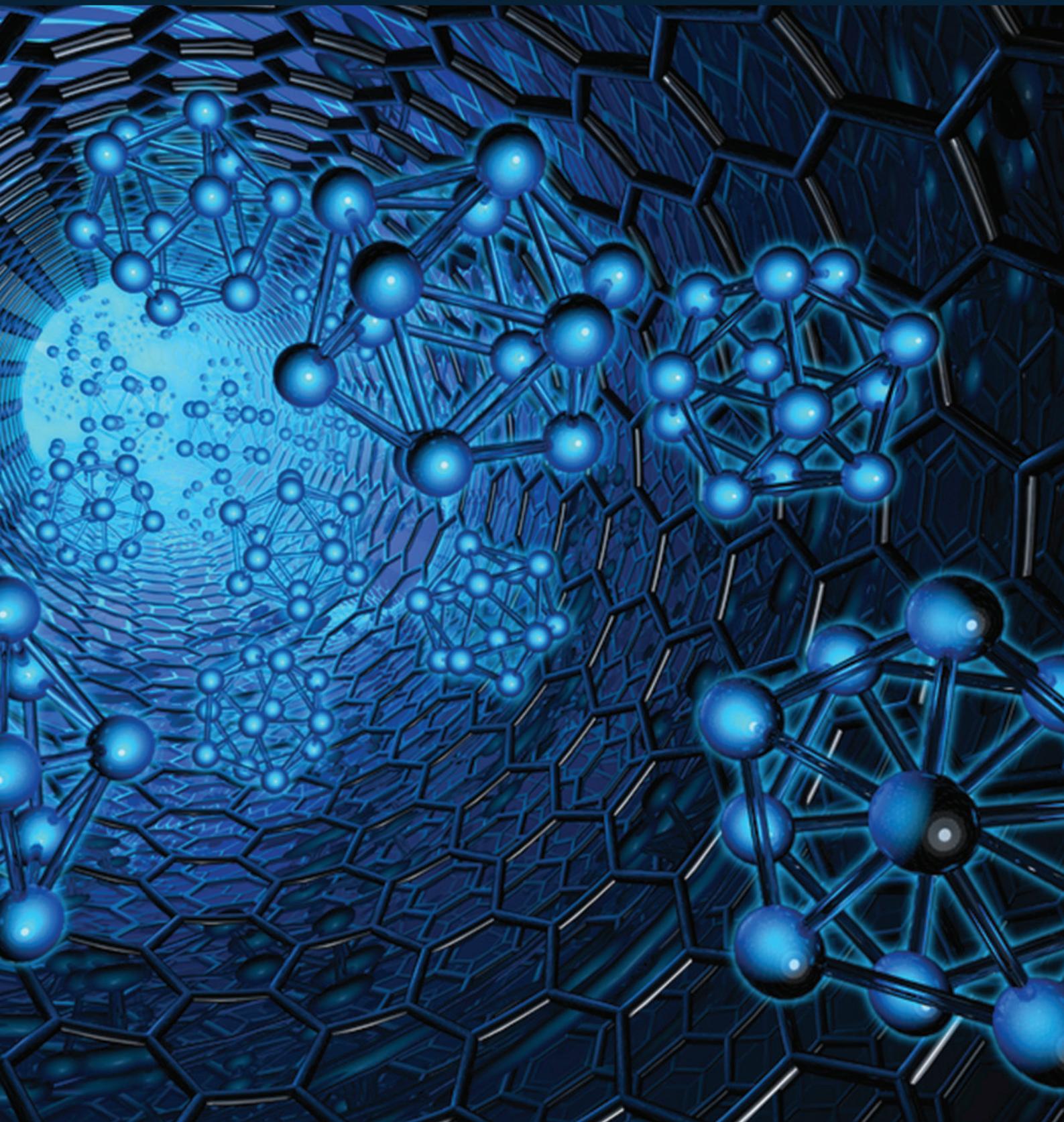
جدول ۷. مثال‌هایی از عملکرد سیستم‌های بیولوژیکی در مقیاس نانو

مثال	عملکرد	
پورین‌ها، شکاف اتصالات	انتقال غیرفعال	جزیان مواد / انرژی
پمپ‌ها (اسیدهای آمینه، سدیم - پتاسیم، $H^+$ لاتوز)	انتقال فعال	
کلاترین، اندوسیتوز	تبادل یک طرفه	
گیرنده‌های شیمیایی	کموناکسی	حسر
گیرنده / G - پروتئین	علامت‌دهی هورمونی	
گیرنده‌های استیل کولین، کتوکلامین	انتقال‌دهی نوروژی	
اینترگرین	انتی‌ذُن‌های ماتربیسی و سلوانی	
F - آکتین، توبولین، کلازن	ساختار	
پروتئین‌های کروی	کاتالیز	
کالmodولین	علامت‌دهی	متabolیسم
ایمونوگلوبین	تشخیص	
اکتن / میوزن	موتور	
ریزوم	سنتر پروتئین	
چیرونین، غشا شیکه آندوپلاسمی	ناخودن / انتقال پروتئین	
غشا میوتکندری	انرژی	
فریتین	ذخیره‌سازی	
لیزوزوم، برآکسیزوم	سوزدایی	
نوکلوزوم	ذخیره‌سازی	
هلیکاز، جبراز	بازسازی	
پلیمراز RNA/DNA	همانندسازی	
DNA	تصحیح خطأ	
لیگاز	تعضیر	
tRNA/mRNA	ترجمه	
پروتئین‌های پیرایش‌کننده	پیرایش	



شکل ۷. سامانه‌های زندگی سلولی

در این مقاله نشان می‌دهیم که ارتباط بین زیست‌شناسی و علم نانو بسیار مهم و برجسته است و خصوصیات ارثی پدیده‌های نانومتری در ظهور سامانه‌های پیچیده شیمیایی نهفته است. ما سلول زنده را به عنوان یک ماشین خودتنظیم کامل در نظر می‌گیریم که به وسیله کوچک‌سازی تا مقیاس نانو حرکت می‌کند و پیشنهاد می‌کنیم که این سطح ویژه از کوچک‌سازی برای سلول الزامی است. نظم و غایت کار سامانه‌ها بر اساس داده‌ها و واکنش مولکول‌های کوچک در مقیاس نانو و نیز دگرگونی به سمت تسهیل در جمع‌آوری، پردازش و انتقال اطلاعات شیمیایی است. در ک طبیعت مولکولی سامانه‌های شیمیایی به یک نتیجه بدیهی از بزرگ‌سازی مورد نیاز پردازش و یک پیش‌نیاز طبیعی برای مکانیزم خودکار بستگی دارد. ما سلول را طبق شرایط قبلی به عنوان یک سامانه شیمیایی خودتنظیم، مناسب رشد و با دوام معرفی می‌کنیم و سپس، درباره اهمیت بنیادی و مزیت‌های مقیاس نانو در پیدایش پیوند بین سامانه‌ها بحث می‌کنیم.



 pgunano@gmail.com

 benyaminbordbar@gmail.com

 pgu\_nano

 pgu\_nano