دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

مرکز تهران

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک (حالت جامد)

گروه فیزیک

جایگزیدگی حالات الکترونی

در سیم‌های مولکولی مبتنی بردنباله‌ای از DNA

مرجان رضائی

دکتر علی اصغر شکری

آبان ۱۳۸۹

دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

مرکز تهران

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک (حالت جامد)

گروه فیزیک

جایگزیدگی حالات الکترونی

در سیم‌های مولکولی مبتنی بردنباله‌ای از DNA

مرجان رضائی

دکتر علی اصغر شکری

آبان ۱۳۸۹

به نام خدا

تقدیم به:

همسرم که بدون کمک‌های او هرگز موفق نمی‌شدم و فرزندانم و آنان که دوستشان دارم.

با تشکر و قدردانی از

آقای دکتر علی اصغر شکری، استاد راهنمای محترمم، که راهنمائی‌های ایشان در تمام مراحل کار مرا یاری می‌کرد و آقای دکتر خوئینی، که از راهنمائی ایشان بهره بردم.

مقدمه	۱
فصل ۱- مروری برفناوری نانو	۵
۱-۱ تعریف فناوری نانو	۶
۱-۲ نانو مواد	۷
۱-۳ نانو زیست‌فناوری	۹
۱-۴ الکترونیک زیست‌مولکولی	۱۳
فصل ۲- مولکول DNA	۱۵
۲-۱ آشنایی با ساختمان DNA	۱۶
۲-۲ انواع DNA	۲۵
۲-۳ آشنایی با مدل های DNA	۳۱
۲-۳-۱ مدل جناغی	۳۱
۲-۳-۲ مدل نردبانی	۳۳
۲-۳-۳ اهمیت رشته DNA: مدل‌های یک بعدی	۳۵
۲-۴ جایگزیدگی الکترون در سیم‌های مولکولی DNA	۳۶
فصل ۳- خواص ترابرد الکتریکی در سیستم‌های مزوسکوپی	۳۸
۳-۱ رهیافت رابطه گرین (تکنیک تابع گرین بازگشتی)	۳۹
۳-۲ عبوردهی در رژیم همدوس	۳۹
۳-۲-۱ انتقال و رویکرد ماتریس انتقال	۳۹
۳-۲-۲ اتصال نمونه به الکترودها	۴۰
۳-۲-۳ رویکردهای مدل بستگی قوی	۴۲
۳-۳ چگالی حالت‌ها (DOS)	۴۲
۳-۴ منحنی مشخصه جریان - ولتاژ	۴۴

۳-۵ طول جایگزیدگی ۴۵

۳-۵-۱ مفهوم جایگزیدگی ۴۵

۳-۵-۲ اطلاعات بیشتر درباره تئوری اندازه‌گیری و جایگزیدگی سیم‌های یک بعدی ۵۲

۳-۶ اثر پیچش در مولکول DNA بر ترابرد الکتریکی ۵۳

فصل ۴- نتایج محاسبات عددی و توصیف آن‌ها ۵۵

۴-۱ مدل نردبانی ساده ۵۶

۴-۲ مدل نردبانی ساده با الکترودهای گرافن ۵۷

۴-۳مدل نردبانی‌ساده برای سیم‌های مولکولی M / DNA /M ۶۱

۴-۴ بررسی ترابرد الکتریکی در اتصالات M / DNA /M ۶۵

۴-۴-۱ عبوردهی الکترون ۶۵

۴-۴-۲ چگالی حالت‌ها ۷۴

۴-۴-۳ بررسی مشخصه جریان - ولتاژ ۸۲

۴-۴-۴ بررسی طول جایگزیدگی ۹۰

۴-۴-۵ بررسی پیچش در مولکول DNA بر ترابرد الکتریکی ۹۸

فصل ۵- بحث و نتیجه‌گیری ۱۰۶

۵-۱ پیشنهاد برای ادامه‌ی کار ۱۱۰

پیوست ۱۱۱

منابع ۱۱۶

مقدمه

چرا اسید دئوکسی ریبونوکلئیک[۱] (DNA) را مطالعه می‌کنیم؟ علی رغم اهمیت زیاد و غیرقابل انکار مولکول DNA در زیست شناسی، این مولکول مشهور به طور برجسته‌ای در حال مطرح شدن در دنیای فناوری نانو است. تمایل دانشمندان رشته فناوری نانو به DNA سه دلیل عمده دارد:

الف) DNA یک ماده طبیعی در مقیاس نانو است.

ب) به سبب فعالیت های زیست شناسان، تکنیک‌های متعددی برای مطالعه این مولکول در حال حاضر وجود دارد.

پ) امکان بهره‌گیری از توانایی این مولکول در حمل اطلاعات (که این نقش اصلی DNA در زیست‌شناسی است) طی فرآیند خود آرایی[۲] است.

یکی از موضوعات جالب و مهم برای طراحی ادوات الکترونیکی در مقیاس نانو، خاصیت جایگزیدگی و گستردگی حالات الکترونی است که در تعیین خواص ترابرد الکتریکی اهمیت دارد. در این پایان‌نامه، خاصیت جایگزیدگی و گستردگی حالات الکترونی سیم‌های مولکولی DNA متصل به دو الکترود نیم‌بی‌نهایت فلزی را با در نظر گرفتن پیکربندی‌های مختلف (با پایه‌های منظم، کاتوره‌ای و فیبوناچی از نوکلوئیدهای مختلف) برای DNA بررسی می‌کنیم. برای این کار مولکول DNA را به صورت یک مدل نردبانی با پایه‌هایی از نوکلوئیدهای مختلف فرمولبندی می‌کنیم. با نوشتن هامیلتونی سیستم در تقریب بستگی قوی که شامل هامیلتونی مولکول DNA، الکترودهای فلزی و هامیلتونی به واسطه میدان خارجی، تابع گرین مولکول DNA را در حضور الکترودها با وارد کردن خودانرژی‌های آنها در نظر می‌گیریم. محاسباتمان مبتنی بر روش تابع گرین است. در چارچوب نظریه لاندائور- بوتیکر می‌توان عبوردهی الکترون و جریان عبوری را در سیستم مورد نظرتعیین کرد. همچنین به منظور بررسی خواص جایگزیدگی الکترونی، نماهای لیاپانف و لاندائو و همچنین طول جایگزیدگی را محاسبه می‌کنیم. همچنین

---

[۱] Deoxyribonucleic acid(DNA)

[۲] self-assembly

می‌توان اثرات مربوط به جفت‌شدگی اتصالات و طول سیم DNA را در حضور میدان خارجی بر روی خواص ترابرد الکتریکی و طول جایگزیدگی مطالعه کرد.

نقش اصلی در انتقال اطلاعات ژنیتیک در علم بیولوژی برای تمام گونه‌های موجودات زنده بر عهده مولکول DNA است. اخیراً فیزیکدانان و شیمیدانان علاقمند شدند موضوع ترابرد الکتریکی را در این مولکول بررسی کنند. برای این کار، آنها DNA را به عنوان یک سیم مولکولی در نظر گرفته‌اند که می‌تواند تحت شرایطی حامل‌های بار الکتریکی را عبور دهد و یا نقش عایق را در این مورد بازی کند. نتایج جالب تجربی و نظری در این موضوع آنها را برای کار بیشتر در این زمینه ترغیب کرده است. خاصیت ترابرد الکتریکی یکی از موضوعات مهم در نانوالکترونیک است که باعث تحول اساسی صنعت الکترونیک شده است. با توجه به کاربردی بودن موضوع در صنایع الکترونیک و اپتوالکترونیک نتایج این تحقیق می‌تواند به طراحی دقیقتر و بهتر این ادوات کمک کند. از طرفی دیگر، اهمیت استفاده از مولکول‌های آلی منفرد از جمله DNA به عنوان اجزاء فعال در قطعات الکترونیکی در تحقیقات نانوالکترونیک در سال‌های اخیر ناشی از مزایای سرعت خیلی بالا (در مقایسه با قطعات سیلیکانی) است. چنین قطعات مولکولی ممکن است از خود مشخصه قطعات مفیدی همچون دیودهای یکسوکننده مولکولی، مقاومت دیفرانسیلی منفی، ترانزیستور اثر میدان نشان دهند. بنابراین با جایگزین شدن قطعات مولکولی با قطعات سیلیکانی در سال‌های آینده و رشد صنعت نانوتکنولوژی، لزوم مطالعه خواص فیزیکی چنین سیستم‌هایی روشن و بدیهی است.

در این تحقیق فرضیه‌های زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

- مولکول آلی DNA را در مدل نردبانی (به صورت یک زنجیره شبه یک بعدی) در نظر می‌گیریم.
- هامیلتونی کل ساختار مورد نظر شامل هامیلتونی مولکول DNA، الکترودهای فلزی و هامیلتونی به واسطه میدان خارجی در تقریب بستگی قوی نوشته می‌شود.
- پیکربندی‌های مختلف (با پایه‌های منظم، کاتوره‌ای و فیبوناچی از نوکلوئیدهای مختلف) برای DNA در نظر می‌گیریم.

– با استفاده از روش تابع گرین در چارچوب نظریه لاندائور- بوتیکر، ضریب عبوردهی الکترون، چگالی جریان الکتریکی، نمای لیاپانف، نمای لاندائو و طول جایگزیدگی محاسبه می‌شوند.

– برای سادگی از مقادیر بیولوژیکی مولکول مانند انرژی یونیزاسیون، الکترونگاتیوتیه و غیره در این محاسبات صرفنظر می‌شود و فقط از مقادیر ساده‌ای مانند انرژی جایگاهی و پرش بین پایه‌های مختلف استفاده می‌کنیم.

هدف این تحقیق عبارت است از: هدف محاسبه خواص ترابرد الکتریکی مانند عبوردهی الکترونی، چگالی حالت‌ها و مشخصه جریان- ولتاژ و طول جایگزیدگی با استفاده از روش تابع گرین در چارچوب نظریه لاندائور- بوتیکر است. همچنین وابستگی کمیات مذکور به پارامترهای خارجی مانند ولتاژ خارجی، دما، طول مولکول آلی، متقارن یا نامتقارن بودن سدها به طور نظری تعیین می‌شود. این ارتباط از طریق نوشتن کد برنامه نویسی در محیط "مطلب" و رسم نمودار با نرم افزارهای گرافیکی انجام می‌شود. همچنین سعی می‌شود که راهی برای بهینه کردن خواص ترابرد الکتریکی در این گونه وسایل الکترونیکی ارائه دهیم.

جنبهٔ جدید بودن و نوآوری تحقیق در این است که: امروزه، مبحث خواص ترابرد الکتریکی در نانوساختارها از موضوعات مهمی می‌باشد که در ادوات نانوالکترونیک کاربرد دارد. در این میان، ترابرد الکتریکی و خواص جایگزیدگی حالات الکترونی در نانوساختارهای مبتنی بر مولکول‌های آلی مانند DNA به دلیل اهمیت پاسخ‌دهی جریان- ولتاژ سیستم مورد نظر به عوامل خارجی مانند ولتاژ خارجی، دما و طول مولکول‌ها برای طراحی و مهندسی ادوات الکترونیکی مهم هستند.

روش انجام تحقیق بدین صورت است که: ساختار مولکول آلی DNA را به صورت یک زنجیره شبه یک بعدی با دو نوکلوئید در هر پایه (مدل نردبانی) در نظر می‌گیریم که به دو الکترود نیم‌بی‌نهایت فلزی متصل است. با محاسبه تابع گرین سطحی، اثرات الکترودها را به صورت خودانرژی‌هایی در تابع گرین مولکول DNA وارد می‌کنیم. با اعمال میدان الکتریکی به کمک روش تابع گرین، عبوردهی الکترونی و جایگزیدگی حالات الکترونی را در ساختار مورد نظر محاسبه و به کمک فرمول لاندائو، رسانش الکتریکی

بدست می‌آید. از روی نتایج عددی محاسبه شده می‌توان به راحتی بحث انتقال بار الکتریکی را در این‌گونه مولکول‌ها بررسی و توصیف کرد. با تغییر پارامترهای قابل کنترل، نتایج عددی مختلفی را با شرایط متفاوت آزمایش می‌کنیم و راه حل بهینه‌ای برای داشتن خواص رسانش الکتریکی مناسبی برای طراحی ادوات الکترونیکی ارائه داده می‌شود.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات بدین صورت است که: برای مشاهده تغییرات مورد نظر و وابستگی کمیات فیزیکی مانند جایگزیدگی حالات الکترونی، عبوردهی الکترون، مشخصه جریان- ولتاژ در نانوساختار مورد نظر در حضور عوامل خارجی نیاز به نوشتن کد برنامه نویسی در محیط مطلب است. بعد از استخراج نتایج عددی در محیط‌های گرافیکی رسم و نتایج، تحلیل و تفسیر فیزیکی می‌شود.

فصل اول

مروری برفناوری نانو

۱-۱ تعریف فناوری نانو[۱]

به دلیل جدید بودن حوزه علوم و فناوری نانو (نانو به معنی یک میلیاردم)، تعریف دقیق و روشنی که همه بر آن اتفاق نظر داشته باشند، وجود ندارد. با این وجود، نیاز به تعیین حدود و مبنای هر علمی ما را به تعریف آن وا می‌دارد. با کمک تعیین حدود و مبناها شاید بتوان علوم نانو را اینگونه توصیف کرد که "توسعه تحقیقات و فناوری در سطوح اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی با طول تقریبی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، برای فراهم آوردن شناخت درست از پدیده‌ها و مواد در مقیاس نانو و برای ساخت و استفاده از ساختارها، قطعات و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک و یا متوسط خود دارای خواص و عملکردهای جدیدی هستند؛ همگی چشم‌انداز جدیدی را در دنیای علم معرفی می‌کند که پژوهشگران آن را فناوری نانو نامیده‌اند" [۱].

فناوری نانو که به طور عمده از مباحث شیمی، فیزیک، علوم‌زیستی و مهندسی بهره می‌گیرد، عرصه جدیدی در علم است که تعاریف گوناگونی از آن وجود دارد، اما سه مشخصه زیر در تعریف آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند:

۱) محدوده ساختارهای نانو از یک تا صد نانومتر است.

۲) ساختارهای نانو به شکل حساب شده‌ای طراحی شده‌اند.

۳) ساختارهای نانو می‌توانند ترکیب شده و ساختارهای بزرگتری را بوجود آورند[۲].

در محدوده مطالعاتی نیز می‌توان فناوری نانو را به سه دسته تقسیم کرد. اگرچه روش‌های تحقیقاتی در آن‌ها با یکدیگر متفاوت است، اما بطور کامل با یکدیگر مرتبط هستند و پیشرفت در یکی از شاخه‌ها می‌تواند در شاخه‌های دیگر نیز کاملا" تاثیرگذار باشد. این سه شاخه عبارتند از :

۱) فناوری نانوی مرطوب: در این شاخه سیستم‌های زنده موجود در محیط‌های آبی مورد مطالعه و تحقیق قرار می‌گیرند. در این شاخه ساختمان مواد ژنتیکی، غشاءها و سایر ترکیبات سلولی در مقیاس نانومتر از موضوعات مورد علاقه پژوهشگران هستند. پژوهشگران موفق شده‌اند ساختارهای زیستی فراوانی

---

[۱] - Nanotechnalogy

تولید کنند که نحوه عملکرد آن‌ها در مقیاس نانویی کنترل می‌شود. این شاخه در برگیرنده علوم پزشکی، دارویی و به طور کلی علوم و روش‌های مرتبط با زیست‌فناوری است.

۲) فناوری نانوی خشک: در این شاخه، علوم پایه (شیمی و فیزیک) نقش مهمی ایفا می‌کنند. مطالعه چگونگی تشکیل ساختارهای کربنی، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزی از اهداف این شاخه است. نکته قابل توجه این است که الکترون‌های آزاد که در فناوری مرطوب موجب انتقال مواد و ایجاد واکنش‌ها می‌شدند، در فناوری خشک خصوصیات فیزیکی ماده را پدید می‌آورند. در نانوتکنولوژی خشک چگونگی کاربرد نانو مواد در علوم دیگر مورد توجه است.

۳) فناوری نانوی محاسباتی: در این شاخه از رایانه‌ها برای شبیه‌سازی فرآیندها و واکنش‌های اتم‌ها و مولکول‌ها استفاده می‌شود. شناختی که به وسیله محاسبه به دست می‌آید، باعث می‌شود که زمان پیشرفت فناوری نانوی خشک کاهش یابد و البته تاثیر مهمی در فناوری نانوی مرطوب نیز خواهد داشت[۲].

۱-۲ نانو مواد[۱]

به هر ماده‌ای که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانو باشد، نانو ماده گفته می‌شود. دو ویژگی مهم که نانومواد را از دیگر گروه‌ها متمایز می‌سازد، عبارتند از: افزایش سطح مواد و تاثیرات کوانتومی. این عوامل می توانند باعث ایجاد تغییرات یا به وجود آمدن خواص ویژه‌ای مانند تاثیر در واکنش‌ها، مقاومت مکانیکی و مشخصه‌های ویژه الکتریکی در نانو مواد شوند. همان‌طور که اندازه مواد کاسته می‌شود، تعداد بیشتری از اتم‌ها در سطح قرار می‌گیرند، در نتیجه نانو مواد در مقایسه با ذرات بزرگتر، دارای سطح بزرگتری در واحد جرم هستند. با توجه به ازدیاد سطح در این مواد،تماس ماده با سایر عناصر بیشتر و موجب افزایش واکنش با آن‌ها می‌شود. این عمل منجر به تغییرات عمده در شرایط مکانیکی و الکترونیکی این مواد خواهد شد. برای مثال سطوح بین ذرات بلورها در بیشتر فلزات باعث تحمل فشارهای مکانیکی

---

[۱]- Nanomatrial

بر آن می‌شود. اگر این فلزات در مقیاس نانو ساخته شوند، با توجه به زیاد شدن سطح بین بلورها، مقاومت مکانیکی آن به شدت افزایش می‌یابد. برای مثال فلز نیکل در مقیاس نانو، مقاومتی بیشتر از فولاد سخت شده دارد. در راستای تاثیر زیاد شدن سطح، اثرات کوانتومی با کاهش اندازه مواد (به مقیاس نانو) موجب تغییر در خواص این مواد می‌شوند.

برای شناخت و مطالعه نانو مواد دسته‌بندی آن‌ها بر اساس مشخصات فیزیکی یا ریخت‌شناسی بسیار اثربخش خواهد بود. نانو مواد را می‌توان از نظر ساختار هندسی به سه دسته اصلی تقسیم کرد:

۱) اولین دسته گروه نانو لایه‌ها[۱] در یک بعد، در اندازه‌های نانو هستند و در دو بعد دیگر توسعه می‌یابند مانند فیلم‌های نازک و پوشش‌ها (برخی از قطعات رایانه جزو این گروه هستند).

۲) گروه بعدی شامل موادی است که دارای دو بعد در اندازه نانو هستند و تنها در یک بعد دیگر گسترش می‌یابند و شامل نانو لوله‌ها [۲] و نانو سیم‌ها[۳] می‌شوند.

۳) گروه مواد سه بعدی در نانو شامل نانو ذرات[۴]، نقطه‌های کوانتومی (ذرات کوچک مواد نیمه‌هادی) و نظایر آن‌ها می‌شوند که در هر سه بعد در اندازه‌های نانو باقی می‌مانند.

فناوری‌های متنوعی برای دستیابی به اینگونه مواد وجود دارند که از جمله می‌توان به لیتوگرافی و کاتالیزور که دو نمونه از فناوری‌های قدیمی هستند، اشاره کرد. به نظر می‌رسد که این دو نانو فناوری رشد شایانی نسبت به گذشته داشته باشند. بیشتر فناوری‌هایی که امروزه وجود دارد و از ماده در مقیاس نانو استفاده می‌کنند توسط افراد غیر متخصص در این زمینه کشف شده‌اند و در اکثر آن‌ها نیز تا مدتی پیش، نقشی که مقیاس نانو بازی کرده است، مورد توجه قرار نمی‌گرفت. به عنوان مثال حالا معلوم شده که اضافه کردن نوعی خاص از خاک رس به لاستیک، به طور قابل توجهی باعث افزایش طول عمر و بهبود خواص سایش آن می‌شود زیرا ذرات نانومتری خاک رس به انتهای مولکول‌های پلیمر می‌چسبد و رشته

---

[۱] - Nanolayer
[۲] - Nanotube
[۳] - Nanowire
[۴] - Nanoparticles

مولکولی تشکیل می‌دهد و آن‌ها را از شکسته شدن باز می‌دارد. این فرآیند ساده باعث بهبود قابل توجهی در خواص این ماده‌ی مرکب - جزئی لاستیک و جزئی خاک رس- شده است.

۱-۳ نانو زیست‌فناوری[۱]

ترکیب نانوفناوری و زیست‌شناسی شاخه‌ای جدید از علم به نام نانو زیست‌فناوری را معرفی می‌کند. این علم در واقع کاربرد فناوری نانو در علوم زیستی است و شامل دو دستاورد مهم است؛ اول، کاربرد ابزار در مقیاس نانو[۲] که می‌تواند در سیستم‌های زیستی بکار رود و دیگری به کارگیری سیستم‌های زیستی به عنوان الگوی گسترش محصولات در مقیاس نانو که مهمترین اصل در طراحی و تولید سازه‌های خوش ساخت دراندازه‌های نانو و با دقت و کارایی زیاد است. در حالی‌که مهندسان و پژوهشگران رویای ساخت سازه‌های مصنوعی قابل کنترل در اندازه‌های میکرومتر و نانومتر را در سر دارند طبیعت به گونه‌ای حیرت‌انگیز و عالی این کار را انجام داده است بطوری که سیستم‌هایی با دقت بسیار زیاد و کارایی بالا در سلول‌های زنده جای گرفته‌اند. در سال‌های اخیر استفاده از مولکول‌های زیستی به عنوان اجزای الکترونیکی در تولید نانو ابزارها مورد توجه قرار گرفته است و تحقیقات زیادی برای پاسخگویی به پرسش‌های اساسی علمی در این زمینه و کاربردهای عملی چنین سیستم‌های ترکیبی در حال اجرا است[۶-۳].

تحقیقات در حوزه الکترونیک مولکولی و زیستی بطور معناداری به سمت ترکیب اصول الکترونیک و علم زیست‌شناسی و زیست‌فناوری پیش می‌رود. در علم زیست‌شناسی، سریعترین و پیچیده‌ترین سیستم‌های محاسباتی و تصویری موجودند که به عنوان مثال اطلاعات نوری را به تصاویر سه بعدی تبدیل می‌کنند و پژوهشگران با الگوبرداری از آن‌ها، به سازه‌های جدیدی می‌اندیشند تا پنجره‌ای جدید در

---

[۱] - Nanobiotechnology

[۲] - Nanoscale

علم و فناوری گشوده شود. از مهمترین محصولات کاربردی این علم حسگرهای زیستی[۱] هستند که می‌توان از آن‌ها به عنوان یک مبدل میان مولفه‌های زیستی و سیگنال‌های الکترونیکی یاد کرد. پیشرفت‌های اخیر در فناوری نانو و به خصوص در زیست‌نانوفناوری افق‌های جدیدی را پیش روی متخصصان علم الکترونیک‌زیستی[۲] گشوده است و با یافتن موادی نظیر نانوذرات فلزی یا نیمه‌هادی، نانو سیم‌ها و یا نانولوله‌های کربنی خواص الکترونیکی جدیدی مورد توجه و شناخت قرار گرفته‌اند. مطالعات اخیر نشان داده است که از کاربرد این مواد در الکترونیک‌زیستی، امکان کوچک شدن بیشتر حسگرهای زیستی، ابزارهای مکانیکی و مدارهای الکترونیکی فراهم می‌آید.

درک پدیده انتقال حامل‌های بار از میان شبکه‌های زیستی در دهه های گذشته مورد توجه بوده است و تاکنون نیز علاقه به شناخت این فرآیند وجود دارد. باید اشاره کرد که در هر دو زمینه مطالعات نظری و مشاهدات آزمایشگاهی گام‌های بلندی برداشته شده است[۷].

با مشاهده و درک چگونگی هدایت یونی موجود در رشته‌های عصبی، می‌توان با ساز و کار هدایت الکترونی در نیمه رساناها، به تولید سیستم‌های ترکیبی عصب - نیمه‌هادی در آینده و استفاده از آن‌ها در حافظه‌های دینامیکی امیدوار بود. به سبب این رابطه تنگاتنگ و دو سویه، داشتن شناخت کافی و دانش مورد نیاز در این رشته‌ها ضروری است. اجزای سیستم‌های فعال در سلول‌های موجودات زنده که در طی حیات با دقت و سرعت شگفت‌انگیزی وظایف خویش را انجام می‌دهند و به عنوان الگویی کارا در اختیار پژوهشگران قرار دارند و از دیگر سو نانو موادی که در دهه‌های اخیر در دسترس قرار گرفته‌اند و امکان کاربرد آن‌ها در بعضی از سیستم‌های زنده مطرح شده است، چشم‌اندازهای جدیدی برای تحقیق و مطالعه را در این زمینه فراهم کرده است.

برخی از محصولات و زمینه‌های فعالیت نانوزیست فناوری عبارتند از:

---

[۱]- Biosensor

[۲] - Bioelectronic

۱) نانو ماشین‌های زیستی[۱]: مهمترین زمینه کاربرد نانو زیست‌فناوری، ساخت ماشین‌های زیستی (ماشین‌های مولکولی با ابعادی در حد نانومتر) است. در یک باکتری هزاران زیست نانوماشین مختلف وجود دارد. نمونه آن‌ها، ریبوزوم دستگاه بسته‌بندی پروتئین را تولید می‌کند. از خصوصیات خوب زیست نانو ماشین‌ها به عنوان مثال حسگرهای نوری یا آنتی‌بادی‌ها، امکان هیبرید کردن آن‌ها با وسایل سیلیکونی با استفاده از فرآیند میکرولیتوگرافی است. به این ترتیب با ایجاد پیوند بین دنیای نانومتری زیست نانو ماشین و دنیای ماکرومتری رایانه، امکان حسگری مستقیم و بررسی وقایع نانویی را می‌توان به وجود آورد. نمونه کاربردی این سیستم، ساخت شبکیه مصنوعی با استفاده از پروتئین باکتریورودوپسین است.

۲) مواد زیستی[۲]: کاربرد دیگر نانوزیست‌فناوری، ساخت مواد زیستی مستحکم و زیست تخریب‌پذیر است. از جمله این مواد می‌توان به DNA و پروتئین‌ها اشاره کرد. مواد و به خصوص در زمینه پزشکی متعدد است. از جمله موارد کاربرد این مواد، استفاده از آن‌ها به عنوان بلوک‌های سازنده نانو مدارها و در نهایت ساخت نانو ابزارها[۳] است.

۳) موتورهای زیست مولکولی: موتورهای زیست مولکولی، موتورهای محرکه سلول هستند که معمولاً از دو یا چند پروتئین تشکیل شده‌اند و انرژی شیمیایی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. از جمله این موتورها، می‌توان به پروتئین میوزین اشاره کرد باعث حرکت فیلامنت‌ها (پروتئین در گیر در تعمیر DNA یا ویرایش RNA[۴]) می‌شود. می‌توان از این موتورها در ساخت نانوروبات‌ها و شبکه‌های هادی و ترانزیستورهای مولکولی در مدارهای الکترونیکی استفاده کرد.

۴) پزشکی: بحث مربوط به کاربرد این علم در پزشکی بسیار مهم است بطوری که بسیاری از کشورهای پیشرفته بودجه‌های کلانی را به آن اختصاص داده‌اند. از استفاده‌های این فناوری می‌توان به

---

[۱] - Nanobiomachines
[۲] - Biomaterial
[۳] - Nanodevice
[۴] - Ribo Nucleic Acid (RND)

تشخیص بیماری‌هاپیش از این‌که علایم بیرونی بیماری ظاهر شوند اشاره کرد. در این روش از نانوپوسته‌های[۱] پوشیده از طلا برای تشخیص این‌که آیا فردی با بیماری ژنتیکی خاصی متولد شده است یا نه استفاده می‌کنند. برای یافتن پاسخ باید نمونه DNA او مطالعه شود. دستورالعمل‌های رمز شده برای همه چیز، از رنگ چشم و اندازه پا گرفته تا بیماری و سطح هوش در DNA وجود دارد. گاهی اگر بدانیم DNAی شخص، حامل رمزی بیماری خاصی است، می‌توان درمان را زودتر شروع یا اقدامات پیشگیرانه سریعتری به عمل آورد. این آزمایش با بهره‌گیری از این موضوع قابل اجراست که رشته‌های DNA ناقص، تمایل ذاتی به کامل کردن توالی خود دارند و با اتصال به قطعات از دست رفته رشته و تشکیل ساختاری پایدار، این تمایل را نشان می‌دهند. پژوهشگران نانوپوسته‌ای از جنس طلا را به قطعات کوچک DNA ناقص متصل می‌کنند و آن را در نمونه‌ای که برای وجود یک توالی ژنتیکی خاص (یک بیماری ژنتیکی) مورد آزمایش قرار گرفته، وارد می‌کنند. در طول آزمایش، قطعات DNA روی نانوپوسته‌ها به طرف توالی‌های ژنتیکی خاص درون نمونه جذب و به آن‌ها متصل می‌شوند. هرچه DNAهای تغییر یافته بیشتری به توالی‌های نمونه خونی بیمار متصل شود، نانوپوسته‌های طلا بیشتر به دام می‌افتند. زمانی‌که مقدار کافی از این نانوپوسته‌ها به توالی‌های موجود در DNA محلول متصل شدند، نمونه تغییر رنگ می‌دهد و تغییر رنگ به این معناست که توالی مورد نظر در DNAی شخص وجود دارد. بنابراین بسیار پیش از ظهور بیماری می‌توان آن را شناسایی کرد. آزمایش دیگری نیز بر اساس تمایل ذاتی DNA به کامل کردن خود و ایجاد یک ساختار پایدار طراحی شده است. در این آزمایش یک اهرم با توالی‌های ناقص DNA پوشانده می‌شود. زمانی‌که نمونه مورد آزمایش در مجاورت این اهرم‌ها قرار می‌گیرد، برخی از توالی‌ها به آن متصل شده و اتصال سبب خمیدگی اهرم کوچک و در نتیجه ظهور یک نشان می‌شود. وجود نشان به این معناست که توالی مورد نظر DNA در نمونه مورد آزمایش موجود است. به این ترتیب پژوهشگران از وجود یک توالی ژنتیکی خاص در نمونه مورد مطالعه مطلع می‌شوند.

---

[۱] - Nanoshell

بسیاری از کاربردهای مبتکرانه فناوری نانو در درمان دارویی از این مقوله‌اند که البته پیش از آزمایش روی انسان باید درباره آن‌ها بیشتر مطالعه کرد. ایده دیگر استفاده از واحدهای ساختاری نانو اندازه برای کمک به پیشرفت بهبودی استخوان‌های شکسته یا بافت‌های غضروفی آسیب دیده است. مولکول‌های مرکب به طور تکه تکه در سطح اتمی ترکیب و موجب ساخته شدن ساختمان‌های جدید در جاهایی می‌شوند که استخوان می‌تواند رشد کند. هنگامی‌که این مولکول‌های کوچک، استخوان‌های شکسته یا غضروف‌های آسیب دیده را هدف می‌گیرند، جذب سلول‌های جدید می‌شوند و رشد آن‌ها را تحریک می‌کنند. با وجود این ساختارهای نانو اندازه در آن محل، رشد سلول‌های جدید در منطقه آسیب دیده نسبت به حالتی که خود بدن کار کند سریعتر به انجام می‌رسد.

در مقایسه با شگفتی‌های ساختمان و عملکرد سلول‌های زنده، نخستین گام‌های علم پزشکی در زمینه فناوری نانو بسیار پیش پا افتاده به نظر می‌رسند. ولی با این‌که نخست، بازده سریعی ندارند، می‌توانند برای توسعه و پیشرفت‌های بنیادی در آینده به شمار روند.

۱-۴ الکترونیک زیست‌مولکولی[۱]

ظهور فناوری‌های نانو در هر یک از رشته‌های علمی و فنی می‌تواند تغییرات گسترده‌ای را ایجاد کند. یکی از این عرصه‌ها الکترونیک است. استفاده از اتم‌ها،سیم‌های اتمی[۲] و مولکول‌ها در ابزارهای الکترونیکی ایده‌ای نسبتاً جدید و بسیار جذاب است زیرا نویدبخش اندازه‌ها و مقیاس‌های جدیدی هستند که امید رسیدن به آن‌ها در آینده وجود دارد. تقریباً از چهل سال پیش تاکنون، شاهد رشد شتابانی در قدرت رایانه‌های الکترونیکی بوده‌ایم. توان پردازش رایانه‌ها با گذشت زمان نسبت به روزهای اولیه زیادتر و در عین حال حجم پردازنده‌های آن‌ها کمتر شده است. البته کاهش حجم پردازنده‌ها تا حد معینی ممکن است و با روش‌های فعلی، بزودی به آخرین حد کوچک کردن نزدیک می‌شویم و سپس به بن‌بست

---

[۱] - Biomolecular electronic

[۲] - Atomic wire