

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

عنوان:

**بررسی ترمودینامیکی تشکیل نانو-خوشه بین DNA و دندرونایز پلیمر**

استاد راهنما:

دکتر علی نیک اختر

نگارش:

عفت دریاب

زمستان ۱۳۸۹

تقدیم به:

## مادر مهربان و پدر بزرگوارم

کسانی که زندگی با وجود آنها معنا شد و آرزوهایم با دعای آنها باور شد.  
مدیون آنها هستم و خواهم بود.

## و بهترین همراهان زندگی

خواهران و برادران عزیزم که در تمام طول زندگی همواره راهنمای من  
بوده‌اند و ادامه راه زندگی را برایم آسان کردند.

## تقدیر و تشکر

با سپاس بیکران به درگاه یگانه معبود هستی که این توفیق را نصیب کرد تا در مرحله‌ای

دیگر، گامی هر چند کوچک در تحقق اهداف خویش بردارم.

از استاد راهنمای بزرگواریم جناب آقای دکتر نیک اختر که امر سرپرستی این پایان نامه را

بر عهده داشتند و همواره مرا از راهنمایی‌های ارزنده‌شان بهره‌مند ساختند تشکر می‌کنم. بر

خود لازم می‌دانم که از اساتید بزرگواریم جناب آقای دکتر حقیقی و جناب آقای دکتر فرسی که

امر داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند تشکر کنم، همچنین از جناب آقای دکتر قیامتی

که به عنوان نماینده محترم تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع اینجانب حضور داشتند

سپاسگزارم.

سپاس و قدرانی خود را از صمیم قلب به دوست بسیار خوبم خانم سیمین یزدی نژاد که

همواره یار و همراه من بودند تقدیم می‌کنم و توفیق روز افزون ایشان را از خداوند بزرگ

خواستارم. از دوستان عزیزم آقای مصطفی واحدی پناه و خانم‌ها زبیده مومنی و حلیمه فرزام

که آگاهی فراوانی به من دادند و در هموار کردن این راه گامی برداشتند سپاسگزارم. از هم

اتاقی‌های عزیز و مهربانم خانم‌ها الهام حسین زاده، اکرم خواجه رضا، مریم یآوری، فرزانه بنی

فاطمی و فاطمه عباسلو که بسیار از آن‌ها آموختم و بهترین لحظه‌های زندگی‌م را در کنار آن -

ها سپری کردم متشکرم.

## چکیده

انتقال DNA از خارج به درون سلول، فرآیند مهمی در ژن درمانی می‌باشد که دارای اهمیت زیادی در علم ژنتیک و مهندسی ژنتیک است. اولین مرحله‌ی انتقال ژن، تشکیل نانوخوشه از DNA است که برای این منظور می‌توان از پلی‌الکترولیت‌های کاتیونی مثل دندریمرها استفاده کرد. از برهم‌کنش DNA و دندرونازپلیمر نانوخوشه تشکیل می‌گردد. عامل تشکیل این ساختارها برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک است و پتانسیل تولید شده در اطراف نانوخوشه نقش اساسی در کاربردهای بیولوژیکی ایفا می‌نماید.

در این تحقیق، ترمودینامیک برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک بین DNA و یک نوع از دندریمرها (دندرونازپلیمرها) بررسی می‌گردد. این کار با کمک مدل تصحیح شده در خصوص بارهای ساکن روی DNA و دندرونازپلیمر و پتانسیل‌ها و سپس انرژی‌های آزاد مربوط به فرآیند باردار شدن نانوخوشه محاسبه شده است. سپس به کمک یک سیکل ترمودینامیکی انرژی فرآیند تشکیل نانوخوشه از مواد اولیه محاسبه شده که منفی بودن مقادیر، دلالت بر تمایل برای تشکیل نانوخوشه دارد. در ادامه با کمک وابستگی دمایی انرژی‌های آزاد، آنتالپی‌ها و آنتروپی‌های فرآیند باردار شدن و تشکیل نانوخوشه محاسبه گشت. با مقایسه‌ی این کمیت‌های ترمودینامیکی با مقادیر تصحیح نشده که با کمک توزیع یکنواخت بارهای ساکن به دست آمد مشخص گردید که چگونگی توزیع بارهای ساکن تاثیر قابل توجهی بر کمیت‌های ترمودینامیکی داشته است. با جا به جایی بارهای روی DNA و دندرونازپلیمر و توزیع‌های دقیق تر امکان پیش بینی بهتر و واقعی تر در فرآیند ژن درمانی فراهم خواهد آمد.

کلمات کلیدی: DNA، ژن درمانی، دندرونازپلیمر، نانوخوشه، بار

## فهرست مطالب

### فصل اول: ارتباط زیست نانو فناوری و ژن درمانی

صفحه	عنوان
۲	۱-۱ مقدمه.....
۳	۱-۲ فناوری نانو چیست.....
۳	۱-۲-۱ تاریخچه نانوفناوری.....
۵	۲-۲-۱ مهمترین عناصر پایه در فناوری نانو.....
۵	۳-۲-۱ خواص نانو ذرات.....
۶	۴-۲-۱ کاربرد نانو ذرات.....
۷	۵-۲-۱ کاربرد نانو فناوری در پزشکی.....
۸	۶-۲-۱ فناوری نانو در آینده.....
۱۰	۳-۱ زیست فناوری.....
۱۳	۴-۱ نانوزیست فناوری و زیست نانو فناوری.....
۱۴	۱-۴-۱ رابطه نانوزیست فناوری و زیست نانو فناوری.....
۱۶	۲-۴-۱ نانوزیست فناوری و داروسازی.....
۱۶	۳-۴-۱ پیامدهای نانوزیست فناوری.....
۱۷	۵-۱ ژن درمانی چیست و در چه مرحله ای قرار دارد.....
۱۹	۱-۵-۱ DNA.....
۲۱	۲-۵-۱ بسته بندی ژن.....

### فصل دوم: دندریمرها و دندرونایز پلیمرها

۲۲	۱-۲ مقدمه.....
۲۲	۲-۲ دندریمرها.....

۲۳.....	۱-۲-۲ اجزای تشکیل دهنده دندریمرها.....
۲۵.....	۲-۲-۲ ساختار مولکولی دندریمرها.....
۲۷.....	۳-۲-۲ خواص دندریمرها.....
۳۱.....	۴-۲-۲ خصوصیات هسته در دندریمرها.....
۳۱.....	۵-۲-۲ سنتز دندریمرها.....
۳۲.....	۶-۲-۲ کاربردهای دندریمرها.....
۳۴.....	۳-۲ دندرونایز پلیمرها.....
۳۵.....	۱-۳-۲ سنتز دندرونایز پلیمرها.....
۳۶.....	۲-۳-۲ خواص دندرونایز پلیمرها.....
۳۷.....	۳-۳-۲ ساختار مولکولی و سوپرمولکولی دندرونایز پلیمرها.....
۳۷.....	۱- ۳-۳-۲ شکل دندرونایز پلیمرها.....
۳۹.....	۲-۳-۳-۲ تعیین میزان پوشش در دندرونایز پلیمرها.....
۳۹.....	۴-۳-۲ کاربردهای دندرونایز پلیمرها.....

### فصل سوم: انرژی‌های آزاد

۴۱.....	۱-۳ مقدمه.....
۴۲.....	۲-۳ انواع انرژی‌های آزاد موجود در ساختار نانوخوشه.....
۴۳.....	۳-۳ خواص الکترواستاتیک محلول پلی الکتروولیت.....
۴۳.....	۴-۳ معادله پوآسن-بولتسمان.....
۴۶.....	۵-۳ انرژی آزاد الکترواستاتیک.....
۵۱.....	۶-۳ حل غیر خطی معادله پوآسن-بولتسمان.....
۵۳.....	۷-۳ انرژی آزاد کشسان.....
۵۴.....	۸-۳ انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه.....
۵۶.....	۹-۳ تعیین جایگاه بارهای موجود در روی DNA.....
۵۷.....	۱۰-۳ تعیین جایگاه بارهای موجود در روی دندرونایز پلیمر.....

### فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

۵۹.....	۱-۴ مقدمه.....
۵۹.....	۲-۴ روش محاسبه.....
۶۲.....	۳-۴ انرژی‌های آزاد.....
۶۲.....	۱-۳-۴ انرژی‌های الکترواستاتیکی.....

۶۵.....	۲-۳-۴ انرژی‌های آزاد آنتروپی.....
۶۷.....	۳-۳-۴ انرژی‌های آزاد کَشسان.....
۶۹.....	۴-۴ انرژی‌های آزاد تشکیل نانوخوشه.....
۷۱.....	۵-۴ اثر دما.....
۷۱.....	۱-۵-۴ انرژی‌های آزاد فرآیند باردارشدن.....
۷۲.....	۲-۵-۴ انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه.....
۷۴.....	۳-۵-۴ محاسبه آنتالپی و آنتروپی آزاد فرآیند باردار شدن.....
۷۵.....	۴-۵-۴ محاسبه آنتالپی و آنتروپی تشکیل نانوخوشه.....
۷۶.....	۶-۴ اثر غلظت.....
۷۶.....	۱-۶-۴ انرژی آزاد، آنتالپی و آنتروپی فرآیند باردار شدن.....
۸۱.....	۲-۶-۴ انرژی آزاد، آنتالپی و آنتروپی تشکیل نانوخوشه.....
۸۵.....	۷-۴ بحث ونتیجه گیری.....
۸۶.....	۸-۴ کارهای آینده.....

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

### فصل اول

شکل ۱-۱ نمایش اتصالات دوتایی مارپیچ DNA ..... ۱۸

### فصل دوم

شکل ۱-۲ ساختار شیمیایی دندریمرها..... ۲۴

شکل ۲-۲ مراحل رشد یک دندریمر از نسل ۱ تا نسل ۵ ..... ۲۵

شکل ۳-۲ نمایش نسل چهارم دندریمر..... ۲۶

شکل ۴-۲ نمایش دو نوع مختلف copolymer ..... ۲۶

شکل ۵-۲ کپسوله شدن مولکول مهمان در جایگاه دندریتی دندریمر پلی پروپیلن ایمین..... ۲۸

شکل ۶-۲ نمایش تغییر فتوشیمیایی سطح دندریتی دندریمر..... ۲۹



- شکل ۲-۷ نمایش جذب نور توسط دندریمر..... ۳۰
- شکل ۲-۸ نمایش دو روش جهت سنتز دندریمرها..... ۳۱
- شکل ۲-۹ نمایش ساختاری دندرونایزپلیمرها..... ۳۳
- شکل ۲-۱۰ نمایش سه روش جهت سنتز دندرونایزپلیمرها..... ۳۵

### فصل سوم

- شکل ۳-۱ نمایش نحوه تقسیم فضا به مکعب‌های هم اندازه کوچک..... ۵۱
- شکل ۳-۳ روش محاسبه انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه..... ۵۳

### فصل چهارم

- شکل ۴-۱ نحوه پیچش DNA اطراف دندرونایزپلیمر..... ۵۸

### فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۲ نمایش نحوه تغییرات $\Delta G_{ef}$ نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده.....	۶۰
شکل ۴-۳ نمایش نحوه تغییرات $\Delta G_{em}$ نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده.....	۶۲
شکل ۴-۴ نمایش نحوه تغییرات $\Delta G_{mob}$ نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده.....	۶۴
شکل ۴-۵ نمایش نحوه تغییرات $\Delta G_{solv}$ نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده.....	۶۴
شکل ۴-۶ نمایش نحوه تغییرات انرژی آزاد خمشی نسبت به پای پیچ.....	۶۵
شکل ۴-۷ نمایش نحوه تغییرات انرژی آزاد پیچشی نسبت به پای پیچ.....	۶۷
شکل ۴-۸ نمایش نحوه تغییرات انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح نشده نسبت به پای پیچ.....	۶۷
شکل ۴-۹ نمایش نحوه تغییرات انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح شده نسبت به پای پیچ.....	۶۸
شکل ۴-۱۰ تاثیر دما بر انرژی آزاد کل نانوخوشه با بار تصحیح نشده.....	۶۹

- شکل ۴-۱۱ تاثیر دما بر انرژی آزاد کل نانوخوشه با بار تصحیح شده ..... ۷۰
- شکل ۴-۱۲ تاثیر دما بر انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح نشده ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۳ تاثیر دما بر انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح شده ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۴ نمایش نحوه محاسبه آنتالپی و آنتروپی نانوخوشه در فرآیند باردارشدن ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۵ نمایش نحوه محاسبه آنتالپی و آنتروپی تشکیل نانوخوشه ..... ۷۳
- شکل ۴-۱۶ اثر غلظت بر انرژی آزاد کل نانوخوشه با بار تصحیح نشده ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۷ اثر غلظت بر انرژی آزاد کل نانوخوشه با بار تصحیح شده ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۸ نمودار آنتالپی کل نانوخوشه با بار تصحیح شده در دو محلول با قدرت یونی متفاوت ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۹ نمایش نحوه تغییرات آنتالپی کل نانوخوشه نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده ..... ۷۶
- شکل ۴-۲۰ نمایش نحوه تغییرات آنتروپی کل نانوخوشه با بار تصحیح شده در دو محلول با قدرت یونی متفاوت ..... ۷۷
- شکل ۴-۲۱ نمایش نحوه تغییرات آنتروپی کل نانوخوشه نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده ..... ۷۸
- شکل ۴-۲۲ اثر غلظت بر انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح نشده ..... ۷۹
- شکل ۴-۲۳ اثر غلظت بر انرژی آزاد تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح شده ..... ۷۹
- شکل ۴-۲۴ نمایش نحوه تغییرات آنتالپی تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح شده در دو محلول با قدرت یونی متفاوت ..... ۸۰
- شکل ۴-۲۵ نمایش نحوه تغییرات آنتروپی تشکیل نانوخوشه با بار تصحیح شده در دو محلول با قدرت یونی متفاوت ..... ۸۱
- شکل ۴-۲۶ نمایش نحوه تغییرات آنتالپی تشکیل نانوخوشه نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده ..... ۸۲
- شکل ۴-۲۷ نمایش نحوه تغییرات آنتروپی تشکیل نانوخوشه نسبت به پای پیچ در مدل تصحیح نشده و تصحیح شده ..... ۸۲

# فصل اول

ارتباط زیست نانو فناوری

و ژن درمانی

## ۱-۱ مقدمه:

تعدادی از بیماری‌های مهم انسان در اثر ناتوانی بدن در ساختن پروتئین خاصی ایجاد می‌شود که معمولاً در اثر نقصان آن در بافت، عضو یا در مایعات بدن مانند خون اتفاق می‌افتد. این امر می‌تواند سبب بیماری‌هایی شود که در تمام عمر شخص، همراه او باشد.

برخی از بیماری‌های وراثتی در انسان‌ها از این قبیل اند: تالاسمی، آنمی، هموفیلی، دیستروفی. اولین فعالیت در زمینه‌ی زیست فناوری، تولید این پروتئین‌ها از طریق مهندسی ژنتیک بود تا آن‌ها را در اختیار بیماران قرار دهد که فاقد آن پروتئین‌ها بودند. آن‌ها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که اگر این پروتئین‌ها به صورت خوراکی استفاده شود، هضم شده و بی‌اثر می‌گردد اما روش‌های دیگری نیز برای انتقال این پروتئین‌ها به بدن وجود دارد از جمله تزریق، متاسفانه تزریق‌های مکرر (مثل انسولین) که روزانه، هفتگی یا ماهیانه توسط خود بیمار انجام می‌شد خالی از اشکال نبود، زیرا برخی سلول‌ها نظیر سلول‌های مغزی به علت وجود سد خونی ممکن است نتوانند مقدار مناسبی از دارو را دریافت کنند. خوشبختانه با ظهور ژن درمانی امیدهای تازه‌ای برای این بیماران فراهم شده است.

هدف از ارائه‌ی این پایان‌نامه پرداختن به روشی نظری می‌باشد که به وسیله‌ی آن بخشی از عوامل موثر و اصول حاکم بر انتقال خارجی ژن به داخل سلول را بررسی می‌نماید تا از این طریق، با طراحی شرایط مناسب‌تر بازده انتقال و عمل بخشی آن را بهبود بخشید.

## ۱-۲ فناوری نانو چیست؟

واژه‌ی نانو از کلمه‌ی یونانی نانیوس<sup>۱</sup> مشتق می‌شود که به معنای "مرد پیر کوچولو"<sup>۲</sup> و یا کوتوله<sup>۳</sup> می‌باشد.

فناوری نانو(نانو تکنولوژی<sup>۴</sup>) واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، ظرفیت بار و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب شیمیایی بوجود می‌آید. استفاده از این فناوری به تولید محصولات و تکنولوژی‌های جدید با کارایی بالا منتهی می‌شود که پیش از این میسر نبود[۱].

## ۱-۲-۱ تاریخچه‌ی نانوفناوری

اصل و اساس نانوفناوری در مفهوم فعلی اولین بار توسط پروفیسور نوریو تانگوچی<sup>۵</sup> در دانشگاه توکیو<sup>۶</sup> مطرح شد [۲].

مقدمه و معرفی نانوفناوری برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ انجام شد که در آن به معرفی مواد و روش ساختن آن‌ها با روش‌های نانومتری اشاره شد. اولین گزارش در مورد ساخت نانو مواد از کار بر روی اجزاء کلئید ارائه شد که به وسیله‌ی مایکل فارادی<sup>۷</sup> در حدود سال ۱۸۵۷ انجام شد.

نانوفناوری علمی است با تاریخ تولد مشخص، پنجاه سال پیش ریچارد فاینمن<sup>۸</sup> متخصص کوانتوم نظری و دارنده جایزه‌ی نوبل، هنگام دریافت جایزه‌ی نوبل خود نظریه‌ی جدیدی را مطرح

---

<sup>1</sup>Nanos

<sup>2</sup> Little old man

<sup>3</sup> Dwarf

<sup>4</sup> Nanotechnology

<sup>5</sup> Proffessor Norio Tanguchi

<sup>6</sup> Tokyo science university

<sup>7</sup> Micheal Faraday

<sup>8</sup> Richard feyn man

کرد. او در سخنرانی معروف خود در سال ۱۹۵۹ با عنوان «آن پایین فضای بسیاری هست»<sup>۱</sup> به بررسی بعد رشد نیافته‌ی علم مواد پرداخت. وی در آن زمان اظهار داشت «اصول فیزیک تا آن جایی که من توانایی فهمش را دارم، مخالفتی با ساختن اتم به اتم مواد ندارد» او فرض را بر این گذاشت که اگر دانشمندان فرا گرفته اند که چگونه ترانزیستورها و دیگر سازه‌ها را با مقیاس‌های کوچک بسازند، پس ما خواهیم توانست که آنها را کوچک و کوچک‌تر کنیم. در واقع آن‌ها به مرزهای حقیقی‌شان در لبه‌های نامعلوم کوانتوم نزدیک خواهند شد، به طوری که یک اتم را در مقابل دیگری به گونه‌ای قرار دهیم که بتوانیم کوچک‌ترین محصول ممکن را ایجاد کنیم.

فاینمن در ذهن خود یک "دکتر مولکولی" تصور کرد که صدها بار از یک سلول منحصر به فرد کوچک‌تر است و می‌تواند به بدن انسان تزریق شود و درون بدن جهت مطالعه و تایید سلامتی سلول‌ها، انجام اعمال ترمیمی و یا به طور کلی جهت نگهداری بدن در سلامت کامل به سیر بپردازد.

از وقتی فاینمن نظرات و منطق خود را بازگو کرد، جهان روندی به سوی کوچک شدن در پیش گرفت. دکتر مینسکی<sup>۲</sup> تفکرات بسیار باروری داشت که می‌توانست به اندیشه‌های فاینمن قوت ببخشد. تفکرات مینسکی در دهه‌ی ۱۹۷۰ - ۱۹۶۰ جهان را در تفکراتی که مربوط به آینده می‌شد، رهبری می‌کرد. در اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ درکسلر<sup>۳</sup>، مینسکی را استاد راهنمای خود جهت تکمیل پایان نامه‌اش قرار داد. درکسلر سخت به وسایل کوچک فاینمن علاقه‌مند شد و قصد داشت تا در مورد توانایی‌های آن‌ها به کاوش بپردازد. مینسکی نیز با وی موافقت کرد. درکسلر در اوایل

---

<sup>1</sup> There is plenty of room in the bottom

<sup>2</sup> Mineski

<sup>3</sup> Drexler

دهه‌ی ۱۹۸۰ درجه‌ی دکتری خود را در رشته‌ی علوم کامپیوتر دریافت کرد. وی اولین مقاله‌ی علمی خود را در مورد "نانوفناوری مولکولی" در سال ۱۹۸۱ ارائه داد.

### ۱-۲-۲ مهمترین عناصر پایه در فناوری نانو

تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری‌های دیگر در مقیاس مواد و ساختارهایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳]. این نکته حائز اهمیت است که وقتی اندازه‌ی مواد در این مقیاس قرار می‌گیرد، خصوصیات ذاتی آن‌ها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت خوردگی و غیره تغییر می‌یابد.

در حقیقت اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر بیان نماییم، می‌توانیم وجود "عناصر پایه" را به عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانو مقیاس هستند که خواص آن‌ها در حالت نانو مقیاس با خواصشان در مقیاس بزرگتر فرق می‌کند. اولین و مهمترین عنصر پایه، نانو ذره است. یک نانو ذره یا نانو پودر یک ذره‌ی میکروسکوپی است که حداقل در یک بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر است.

تحقیق در زمینه‌ی نانو ذرات در عصر حاضر به خاطر کاربردهای نامحدود و استفاده‌ی وسیع آن در زمینه‌ی بیوشیمی، اپتیک و الکترونیک مورد توجه وسیعی قرار گرفته است.

### ۱-۲-۳ خواص نانو ذرات

نانو ذرات توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده‌اند، زیرا آنها پلی میان مواد بزرگ و ساختارهای اتمی و مولکولی ایجاد می‌کنند. مواد بزرگ (توده‌ای) باید خواص فیزیکی ثابتی را (بدون توجه به اندازه) داشته باشند، اما در مقیاس نانو چنین چیزی صحت ندارد [۳]. خواص مواد هنگامی که اندازه‌ی آن‌ها به سطح نانو نزدیک می‌شود، تغییر می‌کند و درصد اتم‌هایی که در سطح

یک ماده است اهمیت پیدا می‌کند. برای مواد بزرگ، ( بزرگ‌تر از یک میکرومتر)، درصد اتم‌هایی که در سطح است نسبت به تعداد کل اتم‌های ماده ناچیز می‌باشد.

خواص جالب و گاهی غیرمنتظره‌ی نانو ذرات تا حدودی به علت ابعاد سطحی ماده است که این خواص را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نانو ذرات نسبت به مواد بزرگ خواص به‌خصوصی را از خود نشان می‌دهند، برای مثال خم شدن مس کلوئیدی به‌صورت سیم یا نوار و غیره، با حرکت اتم‌های مس در اندازه‌ی حدود ۵۰ نانومتر رخ می‌دهد اما نانو ذره مس، در اندازه‌ی کوچکتر از ۵۰ نانومتر جزء مواد فوق سخت است که انعطاف پذیری و چکش خواری آن مانند مس حجیم<sup>۱</sup> نیست. این تغییر در خواص همیشه هم مطلوب نیست. مواد فروالکتریک<sup>۲</sup> کوچکتر از ۱۰ نانومتر می‌توانند جهت مغناطیسی شدن خود را با استفاده از انرژی گرمایی اتاق تغییر دهند و بنابراین از آن‌ها نمی‌توان به عنوان حافظه جهت ذخیره سازی اطلاعات استفاده کرد. نانو ذرات نسبت سطح به حجم بالایی دارند و به همین دلیل نفوذپذیری بسیار زیادی در دماهای بالا دارا می‌باشند.

#### ۴-۲-۱ کاربرد نانو ذرات

در کاربردهای زیست دارویی نانوذرات به عنوان حامل دارو و عوامل تصویربرداری استفاده می‌شوند. شناسایی زود هنگام ولی بی ضرر سلول‌های سرطانی، از مزایای منحصر به فرد این مواد است. از کاربردهای دیگر نانو ذرات می‌توان به مواردی چون صنایع بسته بندی، کاتالیزورها، روکش‌ها، افزودنی‌های سوخت و مواد منفجره، ساینده‌ها، باتری‌ها و پیل‌های سوختی، محافظت کننده‌ها و روان کننده‌ها اشاره کرد [۳].

---

<sup>1</sup> Voluminous

<sup>2</sup> Phoroelcteric



## ۱-۲-۵ کاربرد نانوفناوری در پزشکی

همه‌ی جانداران از سلول‌های ریزی به وجود آمده‌اند که خود نیز از واحدهای ساختمانی کوچکتر در حد نانومتر نظیر پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک تشکیل شده‌اند. از این رو شاید بتوان گفت که نانوفناوری به نحوی در عرصه‌های مختلف به خصوص زیست‌شناسی حضور دارد. اما اصطلاح قراردادی «نانوفناوری» به طور معمول برای ترکیبات مصنوعی استفاده می‌شود که از نیمه‌رساناها، فلزات، پلاستیک‌ها، یا شیشه ساخته شده‌اند. نانوفناوری از ساختارهای غیرآلی، بهره می‌گیرد که از بلورهای بسیار ریزی در حد نانومتر تشکیل شده‌اند و کاربردهای وسیعی در زمینه‌ی تحقیقات پزشکی، رساندن داروها به سلول‌ها، تشخیص بیماری‌ها و درمان آن‌ها پیدا کرده‌اند [۴].

در برخی محافل نگرانی شدیدی در مورد جنبه منفی این فناوری به وجود آمده است. آن‌ها گمان می‌کنند که شاید زمانی فرا رسد که این نانو ماشین‌ها از کنترل خارج شده و کل جهان زنده را نابود کنند. با وجود این به نظر می‌رسد که فواید این فناوری بیش از آن چیزی باشد که تصور می‌رود. برای مثال می‌توان با استفاده از نانوفناوری وسایل آزمایشگاهی جدیدی ساخت و از آن‌ها در کشف داروهای جدید و تشخیص ژن‌های فعال در درون سلول‌ها، استفاده کرد. به علاوه نانو ابزارها می‌توانند در تشخیص سریع بیماری‌ها و نقص‌های ژنتیکی نقش مهمی را ایفا کنند.

هیچ بخشی از نانوفناوری بدون توجه به یکی از ظریف‌ترین وسایل در علوم امروزی، یعنی میکروسکوپ اتمی کامل نمی‌شود. روش کار این وسیله برای جستجوی مواد، مانند گرامافون است. گرامافون، سوزن نوک تیزی دارد که با کشیده شدن آن روی یک صفحه، شیارهای روی آن خوانده می‌شود. سوزن میکروسکوپ اتمی بسیار ظریف‌تر از سوزن گرامافون است. به نحوی که می‌تواند ساختارهای بسیار کوچک‌تر را حس کند. متأسفانه، ساخت سوزن‌هایی که هم ظریف باشند و هم

محکم بسیار مشکل است. محققان با استفاده از نانولوله‌های باریک از جنس کربن که به نوک میکروسکوپ متصل می‌شود این مشکل را حل کردند. با این کار امکان ردیابی نمونه‌هایی که اندازه‌ای در حدود چند نانومتر را دارند فراهم می‌شود. به این ترتیب برای کشف مولکول‌های زنده پیچیده و برهم کنش‌های شان وسیله‌ای با قدرت تفکیک بسیار بالا در اختیار محققان قرار گرفت [۵]. این مثال نشان می‌دهد که ارتباط بین نانوفناوری و پزشکی اغلب غیرمستقیم است به نحوی که بسیاری از کارهای انجام شده، در زمینه‌ی ساخت و بهبود ابزارهای تحقیقاتی یا کمک به کارهای تشخیصی است. اما در برخی موارد نانوفناوری می‌تواند در درمان بیماری‌ها مفید باشد. برای مثال می‌توان داروها را درون بسته‌هایی در حد نانومتر قرار داد و آزاد شدن آن‌ها را با روش‌های پیچیده تحت کنترل در آورد.

### ۱-۲-۶ فناوری نانو در آینده

واقعیت این است که بشر در آستانه‌ی بزرگترین تحول و دگرگونی تاریخ خود قرار دارد و این تحول همه چیز را در عرصه‌های زندگی بشر دگرگون خواهد ساخت. فناوری نانو جهان را در آستانه‌ی بزرگترین انقلاب تاریخ قرار داده است. با استفاده از این فناوری امکان ساختن ابزار و وسایل لازم، با بهره‌گیری از روش‌های ساخت مولکولی مشابه با آنچه در اندام انسان روی می‌دهد، فراهم می‌شود [۶].

پیامدهای فناوری نانو با توجه به این نکته که این فناوری می‌تواند در نقطه‌ی تلاقی دانش اطلاعات و دانش زیستی عمل نماید، کاملاً حیرت‌انگیز خواهد بود. رایانه‌های مولکولی با اجزاء زنده در تماس و ارتباط خواهند بود. انسان‌ها در ۲۵ سال آینده وسایل اطلاع‌رسانی مشخص خود را در حالی با خود حمل خواهند کرد که آن را به نوعی پوشیده‌اند و نیروی لازم برای آن را از انرژی جنبشی ناشی از راه رفتن خود تامین می‌کنند. محیط کار ما به طور مجازی و مطابق نیاز و سلیقه

ما خواهد بود و برای مردم همه‌ی دنیا حجم زیادی از اطلاعات در هر زمان و مکان قابل دسترسی خواهد بود. هنگام سفر نیز خودروهای رایانه‌ای و هوشمند در ارتباط شبکه‌ای با پایگاه‌های مرکزی بوده و دسترسی دائمی به آخرین اطلاعات مورد نیاز امکان‌پذیر خواهند بود و قبل از رسیدن به خانه، لوازم منزل و محیط خانه را با برنامه‌ریزی و ارتباط با یکدیگر، مطابق دلخواه ما آماده خواهند کرد.

در زمینه‌ی فناوری میکروالکترومکانیک، ما به وسایلی دست پیدا خواهیم کرد که در آن‌ها حس‌گرها، فرستنده‌ها و گیرنده‌ها در حداقل اندازه‌ی خود هستند و با چنین وسایلی زندگی ما به شدت متحول خواهد شد. به عنوان نمونه هنگام بیماری، پزشکان همزمان با ما و یا حتی زودتر از ما از آن آگاه خواهند شد. در زمینه‌ی فناوری زیستی امکان همانند سازی انسان و سایر موجودات زنده، گزینش جنسیت و حتی صفات خاص در نوزادان فراهم شده و امکان درمان بسیاری از بیماری‌های حاد با فناوری کشت سلولی مقدور خواهد شد.

### ۱-۳ زیست فناوری<sup>۱</sup>

در پاسخ به این سوال که بیوتکنولوژی (زیست فناوری) چیست، افکار متفاوتی در ذهن افراد مختلف وجود دارد. عده‌ای تصور می‌کنند که زیست فناوری، روشی برای تولید انواع جدید جانداران است و در مورد گوسفندانی با پشم‌های رنگارنگ و گاوهایی که شیر طعم‌دار تولید می‌کنند، رویاپردازی می‌شود. برخی تصور می‌کنند راهی به سوی تولید محصولات کشاورزی با توان محصول‌دهی بیشتر یا اشکال متنوع، رنگ‌های غیرعادی، با خواص بیشتر و یا مقاوم در برابر آفت و علف هرز است [۷]. برخی هم در پاسخ به این سوال به سراغ دنیای پزشکی می‌روند و از آن به

---

<sup>۱</sup> Biotechnology

عنوان تولید انسولین و واکسن هپاتیت توسط باکتری‌های دستورزی<sup>۱</sup>، منابع دارویی نامحدود و درمان بیماری‌های وراثتی یاد می‌کنند.

در حقیقت واژه‌ی زیست فناوری به طور کلی بیانگر روش‌های استفاده از موجودات زنده و تولیدات آن‌ها برای بهتر ساختن شرایط زندگی و محیط زیست است. اگر چه واژه‌ی زیست فناوری اغلب برای اشاره به تکنولوژی مهندسی ژنتیک استفاده می‌شود اما در واقع در برگیرنده‌ی دامنه‌ی وسیع‌تری از روش‌های اصلاح زیستی موجودات از طریق دستکاری ژنتیکی آن‌ها در سطح مولکولی، بر اساس نیازهای انسانی است. رشد و شکوفایی زیست فناوری ریشه در ما قبل تاریخ دارد زمانی که انسان‌های اولیه فهمیدند که چگونه می‌توانند گیاهان مورد استفاده‌ی خود را کشت کنند و یا زمانی که تلاش می‌کردند تا حیوانات را اهلی کنند و یاد گرفتند که چگونه آن‌ها را پرورش دهند.

کشف این که شیر می‌تواند به پنیر و ماست تبدیل شود یا از تخمیر میوه‌ها، سرکه و الکل تولید می‌شود، شروع اولین مطالعات زیست فناوری بود. نانوائی‌هایی که فهمیدند که چگونه خمیر صاف و سبکتر عمل آورند، یا دامدارانی که با تشخیص تفاوت‌های فیزیکی در بین دام‌های شان و انتخاب جفت مناسب برای آن‌ها به اصلاح نژاد پرداختند، اولین زیست فناوریست‌ها بودند.

اما در قرن بیست‌ویکم زیست فناوری به صورت رشته‌ای مستقل در آمد. این استقلال نه تنها سبب قطع ارتباط زیست فناوری با رشته‌های دیگر نشد بلکه با فعالیت‌های بیشتر، با رشته‌های بیشتری ارتباط یافتند و نیز باعث ارتباط رشته‌های دیگر با هم شدند. فناوری زیستی بین علوم زیستی از قبیل ژنتیک، میکروبیولوژی، ویروس شناسی، بیوشیمی، زیست‌مولکولی، زیست‌سلولی و جنین شناسی و رشته‌های کاربردی نظیر مهندسی شیمی، الکترونیک، نانوفناوری و فناوری

---

<sup>1</sup> Manipulation