

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز آموزش و فرهنگی سما قوچان

«نانو فناوری»

نگارنده: الینا ناصری

پایه: هفتم

دبیرستان: دخترانه غیر دولتی سما (دوره اول)

نام معلم: سرکارخانم **نغمه اصغری**

پاییز 1399

مقدمه

نانوفناوری (به انگلیسی: Nanotechnology) رشته‌ای از دانش کاربردی و فناوری است که جستارهای گسترده‌ای را پوشش می‌دهد. موضوع اصلی آن نیز مهار ماده یا دستگاه‌های در ابعاد کمتر از یک میکرومتر، معمولاً حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. وجه منحصر به فرد فناوری نانو داشتن عناصری به نام نانومواد و نانوساختار است. در واقع نانو تکنولوژی فهم و به‌کارگیری خواص جدیدی از مواد و سیستم‌هایی در این ابعاد است که اثرات فیزیکی جدیدی عمدتاً متأثر از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک از خود نشان می‌دهند. فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ای عظیم است که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته و از فناوری‌های نوینی است که با سرعت هرچه تمام تر در حال توسعه می‌باشد.

از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میلادی طراحی و ساخت ساختمان‌ها هر روزه شاهد نوآوری‌های جدیدی در زمینه مصالح کارآمد تر و پربازده تر در مقاومت، شکل‌پذیری، دوام و توانایی بیشتری نسبت به مصالح سنتی دارد. نانوفناوری یک دانش به شدت میان‌رشته‌ای است و به رشته‌هایی چون مهندسی مواد، پزشکی، داروسازی و طراحی دارو، دامپزشکی، زیست‌شناسی، فیزیک کاربردی، ابزارهای نیم رسانا، شیمی ابرمولکول و حتی مهندسی مکانیک، مهندسی برق، مهندسی شیمی و مهندسی کشاورزی نیز مربوط می‌شود.

تحلیل گران بر این باورند که فناوری نانو، زیست فناوری (Biotechnology) و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) سه قلمرو علمی هستند که انقلاب سوم صنعتی را شکل می‌دهند. نانو تکنولوژی می‌تواند به عنوان ادامه دانش کنونی به ابعاد نانو یا طرح‌ریزی دانش کنونی بر پایه‌هایی جدیدتر و امروزی‌تر باشد و فراگیرتر باشد. ایران در زمینه تعداد پتنت‌های منتشر شده در رابطه با فناوری نانو، مقام ۲۹ را در سال ۲۰۱۲ در دنیا کسب کرد. پژوهشگران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل در اردیبهشت ۱۳۹۲ موفق به ارائه و معرفی راه‌های ارتباط بین فناوری نانو و علوم اعصاب به یکدیگر و نیز روشی برای ردیابی پیام رسان‌ها در مغز شدند.

1. معرفی فناوری نانو

نانو یک پیشوند علمی است که به معنی یک میلیاردم (مقیاس کوچک) است و حوزه نانو تکنولوژی در حدود میلیاردم متر است. ابعادی که در آن اتمها با هم ترکیب شده و مولکولها روی هم اثر متقابل دارند.

در این قلمرو، اتمها و ذرات رفتاری غیرمتعارف را از خود به نمایش می‌گذارند و قابلیت‌های این علم فقط توانایی کوچک کردن اجسام نیست. دانشمندان با استفاده از این مواد در تلاشند دستگاه‌ها و ابزارهایی بسازند که از قابلیت‌های بسیار شگفت‌انگیز و غیرمتعارفی برخوردار باشند. متخصصان نانو می‌کوشند با کار بر روی چگونگی حرکت اتمها و نوع قرار گرفتن آنها در کنار یکدیگر و نیز با تغییرات خاص به ترکیبات مقاوم تری از مواد دست یابند و کیفیت مواد تولیدی را بهبود بخشیده و در نهایت تولید مواد مختلف را اقتصادی‌تر کنند.

فناوری نانو توانایی ساخت، کنترل و استفاده ماده در ابعاد نانومتری است. اندازه ذرات در فناوری نانو بسیار مهم است، چرا که در مقیاس نانویی، ابعاد ماده در خصوصیات آن بسیار تأثیرگذار است و خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تک تک اتمها و مولکولها با خواص توده ماده متفاوت است. این اندازه در مواد مختلف متفاوت است، اما به‌طور معمول مواد نانو به موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر باشد گفته می‌شود.

2. تاریخچه فناوری نانو

در حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد مسیح، دموکریتوس فیلسوف یونانی، برای اولین بار واژه اتم را که در زبان یونانی به معنی تقسیم نشدنی است، برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. از این رو شاید بتوان او را پدر فناوری و علوم نانو دانست.

نانو ریشه یونانی «نانس» به معنی کوتوله می‌باشد. فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ای عظیم می‌باشد که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته‌است تا جایی که در یک دهه آینده برتری فرایندها، وابسته به این تحول خواهد بود. ماهیت فناوری نانو توانایی کار کردن در تراز اتمی، مولکولی و فراتر از آن در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم‌ها یا مولکول‌ها با استفاده از مواد، وسایل و سیستم‌هایی با توانایی‌های جدید و با تغییر این ساختارها و رسیدن به بازدهی بیشتر مواد می‌باشد. فناوری نانو فرایند دستکاری مواد در مقیاس اتمی و تولید مواد و ابزار، به وسیله کنترل آن‌ها در سطح اتم‌ها و مولکول‌هاست. در واقع اگر همه مواد و سیستم‌ها ساختار زیربنایی خود را در مقیاس نانو ترتیب دهند؛ آنگاه تمام واکنش‌ها سریع‌تر و بهینه‌تر صورت می‌گیرد و توسعه‌پایدار پیش گرفته می‌شود.

از جمله دستاوردهای فراوان این فناوری کاربرد آن در تولید، انتقال، مصرف و ذخیره‌سازی انرژی با کارایی بالاست که تحول شگرف را در این زمینه ایجاد می‌کند. از اینرو دست‌اندرکاران و محققان علوم نانو در تلاش‌اند تا با استفاده از این فناوری به آسایش و رفاه بیشتر در درون و برون ساختمان با یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با عملکرد بالا و صرفه‌جویی در هزینه‌ها بخصوص در مصرف منابع انرژی و در نهایت به توسعه پایدار دست یابند. فناوری نانو منجر به تغییرات شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب خواهد شد و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد.

3. اصول بنیادی

یک نانومتر (nm) یک میلیاردیم متر است. برای سنجش طول پیوندهای کربن-کربن، یا فاصله میان دو اتم بازه ۰.۱۲ تا ۰.۱۵ نانومتر به کار می‌رود؛ همچنین قطر یک مولکول دی‌ان‌ای دو رشته‌ای نزدیک به ۲ نانومتر است؛ و از سوی دیگر کوچکترین باکتری ۲۰۰ نانومتر است. اگر بخواهیم برای دریافتن مفهوم اندازه یک نانومتر نسبت به متر سنجشی انجام دهیم می‌توانیم اندازه آن را مانند اندازه یک تیله به کره زمین بدانیم. یا به شکلی دیگر یک نانومتر اندازه

رشد ریش یک انسان در طول زمانی است که برای بلند کردن تیغ از صورتش باید بگذرد.

3-1. الکتریسیته ساکن و فناوری نانو

مواد در ابعاد نانو رفتار متفاوتی دارند به عنوان نمونه نیروهای گرانش در ابعاد ماکرو برای ما قابل درک بوده اما این نیرو در ابعاد نانو قابل نظر کردن است. در دنیای نانو الکتریسیته ساکن از اهمیت بالایی برخوردار است. برای درک تأثیر فناوری نانو بر الکتریسیته ساکن، دو عدد لوله آزمایش را در نظر بگیرید که یکی را با توپهای یونولیتی بزرگ و دیگری را با توپهای یونولیتی کوچک پر می‌کنیم. هنگامی که لوله‌ها را با یک تکه پارچه نخی ماساژ می‌دهیم، دو نیرو خلاف یکدیگر عمل می‌کنند. نیروی گرانش توپها را رو به پایین کشیده و در انتهای لوله قرار می‌دهد اما نیروی الکتریسیته ساکن توپها را از یکدیگر دور کرده و سبب می‌شود تا آنها در لوله به حالت معلق قرار بگیرند.

نیروی الکتریسیته ساکن دارای تأثیر قدرتمندی بر روی توپهای کوچک است. اما این نیرو تأثیر بسیار کمی بر روی توپهای بزرگتر دارد. دلیل این پدیده آن است که الکتریسیته ساکن بر روی سطح یا سطح خارجی توپها ایجاد می‌شود و در دنیای نانو مساحت سطح در واحد حجم بسیار بالا می‌باشد. نیروی الکتریسیته ساکن از اهمیت ویژه ای در دنیای نانو برخوردار می‌باشد.

3-2. گرانش و فناوری نانو

با کوچک شدن ابعاد، نیروهای فیزیکی رفتار متفاوتی خواهند داشت. نیروی گرانش در دنیای نانو قابل نظر کردن است.

برای درک این اصل یک فنجان بزرگ و یک فنجان مینیاتوری (با قطر دهانه کمتر از ۱۲۰۵ میلی‌متر) را در نظر می‌گیریم. ریختن آب از درون فنجان بزرگ به راحتی انجام می‌شود و این در حالی است که آب از درون فنجان مینیاتوری به سختی

خارج می‌شود. مشاهده می‌کنید که ابعاد بر نحوه رفتار مواد تأثیر دارد. ابعاد فنجان و میزان آب داخل آن تعیین می‌کند که کدام نیرو از اهمیت بیشتری برخوردار است. گرانش یا کشش سطحی.

هنگامی که سر فنجان رو به پایین گرفته شود، دو نیرو بر خلاف جهت یکدیگر فعال می‌شوند. نیروی گرانش تمایل به خارج کردن آب به سمت زمین را دارد. نیروی کشش سطحی (میل طبیعی مولکول‌های آب برای چسبیدن به یکدیگر) تمایل دارد که آب را درون فنجان نگه دارد. در فنجان معمولی نیروی گرانش بر نیروی کشش سطحی غلبه کرده و در نتیجه آب از فنجان خارج می‌شود. در فنجان مینیاتوری نیروی کشش سطحی بر نیروی گرانش غلبه کرده و آب داخل فنجان باقی می‌ماند. با توجه به این آزمایش ساده می‌توان نتیجه گرفت که با کوچک شدن ابعاد نیروهای فیزیکی متفاوت بر نیروی گرانش غلبه می‌کنند.

3-3. مویینگی و فناوری نانو

هنگامی که مواد کوچک می‌شوند، رفتار آن‌ها تغییر می‌کند. در ابعاد خیلی خیلی کوچک نیروهای فیزیکی، رفتاری متفاوت از خود نشان می‌دهند. به عنوان نمونه، نیروی گرانش در ابعاد ماکرو برای ما اهمیت ویژه‌ای دارد، این در حالی است که این نیرو در ابعاد نانو قابل صرف نظر کردن می‌باشد.

برای درک تأثیر فناوری نانو بر مویینگی، دو تکه شیشه را فرض کنید که توسط یک گیره در کنار یکدیگر قرار داده شده‌اند. این مجموعه در آب قرار می‌گیرد. آب به دلیل خاصیت مویینگی میان دو قطعه شیشه بالا می‌آید. خاصیت مویینگی توانایی یک مایع برای حرکت در یک فضای بسیار باریک در خلاف جهت نیروی گرانش است. سطح آب در محلی که دو قطعه شیشه به یکدیگر نزدیکتر هستند بالاتر است. هر چقدر فضای بین دو قطعه شیشه کوچک و کوچکتر شود، سرعت حرکت آب افزایش می‌یابد. در دنیای نانو خاصیت مویینگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

4. نانو مواد

موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، مواد نانویی یا نانومواد خوانده می‌شوند.

5. تعریف فناوری نانو سازمان استاندارد ملی ایران

فناوری نانو (Nanotechnology) بر اساس استاندارد ملی INSO-ISO 80004-1 که برگرفته از استاندارد بین‌المللی ایزو ISO/TS 80004-1:2015 است، به استفاده از دانسته‌های علمی در دستکاری و کنترل ماده، غالباً در نانومقیاس (محدوده ۱-۱۰۰ نانومتر) برای بهره‌برداری از پدیده‌ها و خواص وابسته به ساختار و اندازه است. این خواص متمایز با خواص اتم‌ها و مولکول‌های منفرد و غیرقابل برون‌یابی (استنتاج) از شکل توده همان ماده هستند.

سازمان ملی استاندارد ایران (ISIRI) تعداد ۶۶ استاندارد مرتبط با فناوری نانو تا پایان سال ۲۰۱۷ منتشر کرده است.

6. مراحل فناوری نانو

در مجموع این فناوری شامل سه مرحله می‌باشد:

- طراحی مهندسی ساختارها در سطح اتم.
- ترکیب این ساختارها و تبدیل آنها به مواد جدید با ساختار نانو با خصوصیات ویژه.
- ترکیب این‌گونه مواد و تبدیل آنها به ابزارهای سودمند.

انتظار می‌رود که نانو تکنولوژی نیاز بشر را به مواد کمیاب کمتر کرده و با کاستن آلاینده‌ها، محیط زیستی سالم‌تر را فراهم کند.

7. محصول فناوری نانو

محصول فناوری نانو (Nanotechnology Product) بر اساس استاندارد ملی INSO-ISO 21145 که برگرفته از استاندارد بین‌المللی ایزو

ISO/TS 18110:2015 است، شامل کالای فناوری نانو (Nanotechnology Goods) و خدمت فناوری نانو (Nanotechnology Service) می‌شود.

کالای فناوری نانو، شامل دو تعریف نانوپدید (Nano-enabled) یا نانوبهبود (Nano-enhanced) می‌شود. هر کالایی حاوی نانوماده که کارکرد یا خاصیت آن با فناوری نانو بهبودیافته (نانوبهبود) یا مبتنی بر فناوری نانو (نانوپدید) باشد، کالای فناوری نانو شناخته می‌شود. به‌طور کلی کالای فناوری نانو شامل یکی از موارد زیر می‌شود:

- نانوماده تولیدشده یا نانوماده مهندسی شده.
- محصول میانی بهبودیافته با نانو یا پدیدار شده با نانو.
- محصول نهایی بهبودیافته با نانو یا پدیدار شده با نانو.

بر اساس تعریف محصول فناوری نانو، تا پایان سال ۲۰۱۷، بیش از ۸۰۰۰ محصول فناوری نانو توسط ۲۰۰۰ شرکت از ۵۶ کشور در بازارهای جهانی عرضه شده‌اند.

خدمت فناوری نانو، خدمتی است که برای ارائه آن از علم نانو یا فناوری نانو استفاده می‌شود که می‌تواند شامل بخش‌های تحقیق و توسعه نیز باشد.

8. فناوری نانو در بهبود کیفیت زندگی مردم

به‌کارگیری فناوری نانو در تولید محصولات می‌تواند موجب بهبود خواص موجود محصولات یا توسعه محصولاتی با ویژگی‌های جدید شود. برای هر یک از محصولات نانو می‌توان میزان رفع مسائل موجود و همچنین راه‌حل‌های ارائه شده با فناوری نانو را بررسی و ارزیابی نمود. با مطالعه مدل‌ها و شاخص‌های جهانی برای ارزیابی میزان کیفیت زندگی، تأثیر محصولات فناوری نانو بر کیفیت زندگی مردم را می‌توان از چهار منظر اقتصاد، سلامت، محیط‌زیست و رفاه و در پنج دسته «درمان مؤثر»، «آب سالم»، «تنفس پاک»، «بهداشت عمومی» و «آسایش خانه» مورد بررسی قرار داد.

در گزارش «بهبود کیفیت زندگی با محصولات نانوفناوری ایرانی»، به معرفی بیش از ۳۰ مورد از محصولات و

فناوری‌های نانویی توسعه‌یافته در داخل ایران پرداخته شده است، که می‌توان به «داروهای ضدسرطان»، «مکمل‌های دارویی»، «سامانه‌های نیترا و آرسنیک‌زدایی آب»، «سامانه‌های تصفیه پساب صنعتی و آب خاکستری»، «نمک‌زدایی آب شور»، «ماسک و فیلترهای هوا»، «شکم‌بندهای ضد امواج»، «پانسمان‌ها و مواد ضد عفونی‌کننده»، «منسوجات متنوع ضدباکتری»، «لوله‌ها و پروفیل ساختمانی» «مصالح ساختمانی از جمله شیشه کم‌گسیل، بتن فوق سبک، رنگ‌ها، کاشی و سرامیک‌های ضد باکتری و ضد آب و لک»، «پاک‌کننده‌های اُرگانیک خانگی»، «ظروف بسته‌بندی و نگه‌داری» و «قطعات پلیمری خودرو» اشاره کرد.

9. رابطه فناوری نانو و معماری

گستره حوزه نانو تکنولوژی، معماری و ساختمان‌سازی را نیز در بر می‌گیرد. اساساً نانو تکنولوژی خود نوعی ساختن و بنا کردن است و از این حیث شباهت زیادی به معماری در مقیاس انسانی دارد. شاید مهم‌ترین فرق، تنها در مقیاس نانو ساختارها با ساختارهای معماری باشد. فناوری نانو، فناوری طبیعت است و در پی حقارت مقیاس انسان در فضا یا دگرگونی انسان در طبیعت نیست. این موضوع اثر مستقیم روی فرهنگ کاربران خواهد داشت.

10. کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان

با توجه به نو بودن این فناوری، هر سال کاربردهای جدیدی از آن در صنایع مختلف معرفی می‌شود. در مورد کاربردهای نانوتکنولوژی در صنعت ساختمان به‌طور خلاصه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) بهبود خواص سیمان و بتن

- بهبود خواص مکانیکی
- افزایش کیفیت سیمان و بتن

- جلوگیری از نفوذ عوامل مخرب خارجی به داخل بتن
- (ب) نانو پوشش‌ها**
- ایجاد پوشش عایق مناسب
- عدم نفوذ عوامل خوردگی
- افزایش مقاومت در برابر انتقال حرارت
- افزایش مقاومت در برابر خوردگی، سایش و پوسیدگی
- خاصیت خود تمیز شونده‌ی سطوح
- رنگ‌های تصفیه‌کننده هوا
- (ج) نانو ضدآب‌کننده‌ها**
- (د) نانو شیشه‌ها**
- شیشه‌های خود تمیز شونده
- شیشه‌های محافظ در برابر آتش
- شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی
- (ه) نانو آسفالت‌ها**
- (و) نانوکامپوزیت‌ها**
- (ز) تصفیه‌کننده‌های آب و فاضلاب**

11. شاخه‌های اصلی نانو

می‌توان موردهای زیر را شاخه‌های بنیادین دانش نانوفناوری دانست:

- (الف) نانو روکشها**
- (ب) نانو مواد**
- نانو شیئ
- نانو ذره
- نانو لوله‌ها (نانو تیوب‌ها)
- نانوصفحات
- نانو کامپوزیت‌ها
- نانو ساختار
- (ج) مهندسی مولکولی**
- موتورهای مولکولی (نانو ماشین‌ها)
- (د) نانو الکترونیک**
- نانوسیم‌ها
- نانو حسگرها

- نانو ترانزیستورها
- (ه) نانو مواد نرم
- لیپید نانوفناوری
- (و) نانو مکانیک
- نانو سیالات
- نانو لیتوگرافی

12. وضعیت فناوری نانو در ایران

آغاز فناوری نانو در ایران و تنظیم سند راهبرد فناوری نانو جرعه‌های اولیه فناوری نانو در ایران در سال ۱۳۸۰ زده و با دستور ریاست جمهور وقت ایران، مطالعات راهبردی فناوری‌نانو آغاز شد. دو سال بعد از شروع این مطالعات، در سال ۱۳۸۲ ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (INIC) تأسیس شد، این ستاد سند راهبردی فناوری‌نانو را در مدت دو سال تهیه و به هیئت وزیران تسلیم نمود. این سند در سال ۱۳۸۴ توسط هیئت وزیران تصویب شد.

در سال ۱۳۸۵ نیز سیاست‌ها و راهبردهای ارتقاء و توسعه فناوری نانو به تصویب رسید. برای توسعه فناوری نانو این ستاد کارگروه‌های مختلفی را دایر کرد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: کارگروه صنعت و بازار، کارگروه توسعه فناوری، کارگروه توسعه منابع انسانی، کارگروه زیرساخت‌های فناوری، کارگروه ترویج و فرهنگسازی، کارگروه روابط بین‌الملل و کارگروه سیاست‌گذاری و ارزیابی.

سند ده ساله دوم توسعه فناوری‌نانو (۱۴۰۴-۱۳۹۴) با توجه به ارزیابی‌های راهبردی، گزارش‌های عملکرد سالانه و بازخوردهای حاصل از اجرای آن، در سال ۱۳۹۴ تدوین شد. در این سند تلاش شده تا اهداف و نحوه دستیابی به آنان به‌گونه‌ای به‌روزرسانی شود که حرکت پیشگامانه کشور در عرصه این فناوری نوظهور، به صورت شتابان تداوم داشته باشد.

بر این اساس، رویکرد کلی حاکم بر سند اول که ناظر بر توسعه و تربیت سرمایه انسانی و تأمین زیرساخت‌های توسعه این فناوری بود، به رویکردهایی از قبیل دستیابی به

مرجعیت علمی نانو در جهان، توسعه فناوری‌های کلیدی، استقرار سیستم نانونماد، ایجاد و ارتقای صنایع نانو و توسعه بازار این فناوری ارتقا یافت. انرژی، بهداشت و سلامت، آب و محیط زیست، و ساخت و ساز، اولویت‌های ملی فناوری نانو در ایران محسوب می‌شوند. حوزه انرژی، با توجه به این که نفت و گاز از صنایع اصلی در ایران هستند از اولویت‌های اصلی تحقیقات فناوری نانو قلمداد می‌شود.

12-1. ترویج عمومی فناوری‌نانو

ترویج عمومی فناوری‌نانو یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد برنامه توسعه فناوری نانو در ایران محسوب می‌شود. در ایران به آموزش عمومی فناوری نانو به ویژه در سطح دانش‌آموزی توجه ویژه ای می‌شود. ستاد نانو به منظور ارتقای آشنایی دانش‌آموزان با علوم و فناوری نانو و زمینه‌سازی تحقیق و پژوهش دانش‌آموزی در این حوزه، اقدام به تأسیس باشگاه دانش‌آموزی نانو نموده است. یکی از برنامه‌های ترویجی ایران برگزاری نوآورانه المپیاد فناوری نانو در این کشور است.

در سال ۱۳۸۳ سایت باشگاه دانش‌آموزی نانو فعالیت‌های آموزشی خود را در فضای مجازی آغاز و از سال ۱۳۸۷ مجموعه فعالیت‌های مختلف آموزشی را برنامه‌ریزی و اجرا کرده است. این مجموعه سعی دارد تا دانش‌آموزان را در طی یک فرایند آموزشی، از یادگیری مفاهیم اولیه تا خلق ایده‌های دانش‌محور هدایت نماید؛ با این هدف که پس از فارغ‌التحصیلی، آموخته‌ها و تجربیات باشگاه پایه پژوهش‌های دانشگاهی شوند. از مهم‌ترین اصول مطرح در باشگاه نانو، فراهم‌سازی امکان تجربه کار گروهی است.

ترسیم ماهیت بین‌رشته‌ای علوم و فناوری‌نانو، مفهومی است که در جریان فعالیت در باشگاه به‌طور تجربی به دانش‌آموزان آموزش داده شده است. ماهنامه زنگ نانو، ماهنامه فناوری نانو و پایگاه مجازی نانوکلوپ از دیگر اقدامات ستاد جهت ترویج این فناوری است. از دیگر برنامه‌های انجام شده در بخش دانش‌آموزی می‌توان به راه‌اندازی ۷ آزمایشگاه دانش‌آموزی در پژوهش‌سراها اشاره کرد.

12-2. توسعه منابع انسانی

با توجه به اهمیت پرورش متخصصان فناوری‌نانو، طی ده سال گذشته در ۲۳ دانشگاه ایران دوره‌های دکتری مرتبط با فناوری‌نانو تأسیس شده‌اند که در آن‌ها دانش‌پژوهان در رشته‌هایی نظیر نانوشیمی، نانوفیزیک، نانومواد، نانوپزشکی و چند رشته مرتبط دیگر تحصیل می‌کنند. همچنین ۶۶ دانشگاه نیز در مقطع کارشناسی ارشد دانشجو می‌پذیرند. تا پایان سال ۹۶، ۳۷۷۰ پروژه دکتری در حوزه فناوری‌نانو به اتمام رسید و ۷۴۰ پروژه نیز در دست انجام بود. در مقطع کارشناسی ارشد نیز بیش از ۱۶۰۰۰ پروژه انجام شد و ۳۴۰۰ پروژه هم در حال انجام بود. اعضاء هیئت عملی فعال در فناوری‌نانو نیز در سال ۱۳۸۳، ۲۴۴ نفر بودند که این رقم در پایان سال ۱۳۹۶ به ۲۴۵۰ نفر رسید.

در کنار این فعالیت‌ها، کتاب‌های متعددی نیز به چاپ رسیده است که از آن جمله می‌توان به ۳۲ کتاب انگلیسی و ۱۲۶ کتاب به زبان فارسی اشاره کرد.

12-3. صنعت

طی ۱۳ سال گذشته از زمان اجرای سند توسعه فناوری نانو در ایران، ۱۷۶ شرکت مبتنی بر فناوری‌نانو در ۱۳ صنعت مختلف تأسیس و مشغول به تولید هستند. حدود یک چهارم از این شرکت‌ها در تجهیزات آزمایشگاهی فعالیت دارند. ساخت تجهیزات آزمایشگاهی و صنعتی مرتبط با فناوری‌نانو یکی از اولویت‌های اصلی متولیان فناوری‌نانو در ایران بوده است. از این رو برنامه‌های تشویقی متعددی برای سوق دادن مخترعان و دانش‌پژوهان به سوی ساخت ادوات و تجهیزات مرتبط با فناوری‌نانو تدوین و اجرا شده‌اند.

پس از تجهیزات، بیشترین شرکت‌ها در صنایع ساخت و ساز، نساجی و پلیمر و کامپوزیت فعال هستند. همچنین تعداد محصولات نانو ساخت ایران موجود در بازار تا اردیبهشت

۹۷، ۴۲۱ محصول بوده است که ۳۵ درصد از آن‌ها (۱۵۰ محصول) را تجهیزات آزمایشگاهی و صنعتی دربرمی‌گیرند. در محصولات نیز پس از تجهیزات سه حوزه پزشکی و سلامت، نساجی و ساخت و ساز بیشترین سهم را دارا هستند. محصولات نانوی ایران در سال ۹۶ به ۴۷ کشور دنیا (عمدتاً در آسیا و اروپا) صادر شده است.

12-4. شاخص‌های علم و فناوری

تعداد مقالات فناوری نانو که در نشریات ISI به چاپ رسیده یکی از شاخص‌های علمی برای بررسی جایگاهی علمی کشورها در این حوزه است. ایران در سال‌های اخیر رشد قابل توجهی در این شاخص داشته است به طوری که از رتبه ۵۶ در سال ۲۰۰۰ به رتبه ۴ در سال ۲۰۱۷ رسیده است. بر اساس اطلاعات پایگاه استنادی در سال ۲۰۱۷ ایران ۸۷۹۱ مقاله نانو به چاپ رسانده که معادل ۵٫۷ درصد از کل مقالات نانوی سال ۲۰۱۷ می‌شود. ایران در این شاخص رتبه اول در حوزه خلیج فارس و همچنین کشورهای اسلامی را دارد. از منظر کیفیت مقالات نانو، مقدار شاخص h-index پنج ساله برای مقالات نانوی ایران (منتشر شده در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۷) ۹۳ و رتبه ایران در این شاخص هجدهم است و همچنین ایران از نظر متوسط ارجاع به مقالات نانو در پنج سال منتهی به ۲۰۱۷ در رده چهل و چهارم دنیا قرار دارد.

ایران در مجموع بیش از ۲۲۰ پتنت مرتبط با فناوری نانو تا سال ۲۰۱۸ در دفاتر ثبت پتنت اروپا و آمریکا ثبت کرده است که این مقدار حدود یک سوم از کل پتنت‌های ایران در حوزه‌های مختلف می‌شود. در سال ۲۰۱۷ رتبه ایران در تعداد پتنت‌های منتشر شده در دفتر ثبت آمریکا (USPTO) بیست و دوم بود.

منابع و مآخذ

- 1) حق پناه، محمد، 1396، سازه‌های نو در ساختمان‌های هوشمند با رویکرد معماری پایدار، همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، بوکان.
- 2) داداش، محمد صالح، ۱۳۹۷، سفری به دنیای نانو، نانو کوچک و متفاوت است، جلد اول، اصفهان، انتشارات صنعت.
- 3) داوودزاده، لیلا، 1395، نقش مصالح نانو در بهبود فضاهای شهری، دانشگاه سما تهران، دانشکده فنی و مهندسی.
- 4) عابدینی، فرهاد، 1392، بررسی و تحلیل چگونگی بهره‌گیری از فناوری نانو در توسعه معماری پایدار، همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، بوکان.
- 5) کرامت، آذر، بیگی، زهرا، 1392، بررسی جایگاه مصالح هوشمند و خود ترمیم در معماری پایدار، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، دانشکده فنی شهید مفتح همدان.
- 6) میرشکاری، جواد، 1396، فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان، دفتر پنجم، تهران: انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی.

7) Jennifer Kahn (2016). "Nanotechnology". National Geographic 2006 (June): 98-119.