



## نانومترولوژی و چالش‌های تنظیم مقررات سلامتی

### تهیه و جمع‌آوری

ترجمه شده در گروه استاندارد و ایمنی فناوری نانو

### چکیده

نانومترولوژی موضوعی است که در آن به اندازه‌گیری گونه‌ها یا رویدادها در مقیاس نانومتری پرداخته می‌شود برای مثال، برهم‌کنش میان مولکول‌ها و زیست‌مولکول از جمله موارد مورد بحث در نانومترولوژی است. بزرگترین چالش در حوزه نانومترولوژی، توسعه و ایجاد روش‌های اندازه‌گیری جدید است که بتواند با دقت بالا نتایج مورد نظر محققان را ارائه کند. این نوع اندازه‌گیری برای صنایع بسیار مفید و مناسب است. در این گزارش به بررسی جنبه‌های مختلف نانومترولوژی و دسته بندی صورت پذیرفته و همچنین به بررسی قانون‌گذاری این حوزه در اروپا و آمریکا می‌پردازیم.

## ۱. متروولوژی

متروولوژی علمی است که تمام جنبه‌های نظری و عملی مربوط به اندازه‌گیری را در بر می‌گیرد و منظور اندازه‌گیری‌هایی است که دارای دقت بالایی هستند. زمانی که قرار است در مورد موضوع مهمی تصمیم‌گیری شود توجه زیادی به مفاهیم متروولوژیکی می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها در هر کجا که لازم باشد قابل تبدیل شدن به سیستم بین‌المللی (IS) است. در حال حاضر به دلیل اندازه‌گیری‌های دقیق، نتایج آزمایشگاهی که امروزه انجام و ارائه می‌شود، بهتر از سوی مردم پذیرفته می‌شود. براساس الزامات استاندارد ISO/IEC 17025 اندازه‌گیری که قابل رهگیری نباشد دقیق نیست. شواهدی که برای رهگیری یک اندازه‌گیری جمع‌آوری می‌شوند از نقطه نظر ارزیابی کیفیت اهمیت زیادی دارند.

یکی از مهمترین اصول برای ایجاد نتایج قابل اعتماد، انجام مقایسه‌های بین آزمایشگاهی در سطح بین‌المللی است. برای انجام چنین مقایسه‌هایی باید نتایج گزارش شده حاوی اعداد مربوط به عدم قطعیت بوده و در آن از نمونه استانداردهای اصلی و بین‌المللی با قابلیت رهگیری استفاده شده باشد. در بخش صنعت، قابلیت اطمینان نتایج اندازه‌گیری شده، پایه و اساس تولید محصولات یا ارائه خدمات با کیفیت بالا هستند. این موضوع موجب شده تا کسب و کار ملی و بین‌المللی کشورها متأثر از متروولوژی بوده و علاقه زیادی برای فائق آمدن بر سدهای موجود در این مسیر وجود داشته باشد.

## ۲. فناوری نانو و نانومترولوژی

به اجسامی که یکی از ابعاد آنها بین یک تا صد نانومتر باشد، نانومواد اطلاق می‌شود. نانومواد معمولاً باید به شکلی باشند که نیمی از جمعیت ذرات به هم نچسبیده و یکی از ابعاد آنها در مقیاس یک تا صد نانومتر باشد.

نانومترولوژی موضوعی است که در آن به اندازه‌گیری گونه‌ها یا رویدادها در مقیاس نانومتری پرداخته می‌شود برای مثال، برهم‌کنش میان مولکول‌ها و زیست‌مولکول از جمله موارد مورد بحث در نانومترولوژی است. بزرگترین چالش در حوزه نانومترولوژی، توسعه و ایجاد روش‌های اندازه‌گیری جدید است که بتواند با دقت بالا نتایج مورد نظر محققان را ارائه کند. این نوع اندازه‌گیری برای صنایع بسیار مفید و مناسب است. برزیل به‌عنوان یکی از کشورهای سرمایه‌گذاری کننده در حوزه نانومترولوژی شناخته می‌شود. این کشور در سال ۲۰۰۸ اقدام به تاسیس مرکز نانومترولوژی در سازمان ملی فناوری، کیفیت و متروولوژی کرد. اتحادیه اروپا نانومترولوژی را به چند حوزه مختلف دسته‌بندی کرده است: لایه‌های نازک، الکتریکی، مکانیکی، زیستی، شیمیایی، ابعادی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی.

## ۳. ابعادی

نانومترولوژی ابعادی، به‌صورت مستقیم به اندازه‌گیری خواص ابعاد ماده در مقیاس نانو می‌پردازد. با توجه به کاربردهای مختلف فناوری نانو، کنترل

دقیق ابعاد در فرآیند تولید اهمیت زیادی دارد. بنابراین، روش‌های اندازه‌گیری می‌تواند منجر به ارائه نتایج با ارزشی شود. در حال حاضر برای تعیین ابعاد ذرات از روش‌هایی نظیر میکروسکوپ الکترونی، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و اینترفرومتری نوری استفاده می‌شود.

میکروسکوپ نیروی اتمی مدت‌هاست که به‌عنوان ابزاری رایج برای اندازه‌گیری در فناوری نانو استفاده می‌شود. این دستگاه می‌تواند با قدرت تفکیک بالا و با استفاده از نوک بسیار تیز خود تصویربرداری کند. قدرت تفکیک این میکروسکوپ هم به‌صورت جانبی و هم عمودی قابل ارائه است. این دستگاه قادر به تصویربرداری در مقیاس نانومتری بوده و معمولاً به‌صورت مکمل با دیگر روش‌های اندازه‌گیری به کار می‌رود. موسسه ملی متروولوژی، اینترفرومتری نوری را به‌عنوان ابزار اصلی برای اندازه‌گیری تفاوت بسیار ناچیز میان ارتفاع دو جسم پیشنهاد می‌کند. در حال حاضر امکان ارائه قدرت تفکیک زیر یک نانومتر با این ابزار میسر است. با این حال این دستگاه دارای اشکالاتی است برای مثال، در محدوده‌های نانومتری و زیر یک نانومتری خطاهایی وجود دارد که با استفاده از الگوریتم‌هایی این خطاها قابل رفع و رجوع است. در حال حاضر در حوزه متروولوژی اینترفرومتری نوری به محدودیت عملکردی خود رسیده است. موسسات متروولوژی مختلف در حال ارائه روش‌هایی برای بهبود این ابزار هستند.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) قادر است هم در مقیاس‌های بالا و هم در پایین تصویربرداری کند. پرتوی برخورد کرده به سطح، بعد از بازگشت و رسیدن به شناساگر موجب تشکیل تصویر می‌شود. این میکروسکوپ تنها از سطوح مسطح و دوبعدی تصویر گرفته و تمام فرآیند نیز در خلاء انجام می‌شود. در حال حاضر موسسات متروولوژی مختلف از این ابزار برای کالیبراسیون نانوذرات استفاده می‌کنند.

## ۴. شیمیایی

در نانومترولوژی شیمیایی، اندازه‌گیری خواص و ترکیب شیمیایی مواد، حالات شیمیایی و خواص ساختاری مواد در مقیاس نانومتری ارائه می‌شود. این روش‌ها می‌تواند به‌صورت مکمل هم مورد استفاده قرار گیرند. از این دسته روش‌ها می‌توان به طیف‌سنجی‌های EELS، AES، XPS، SIMS و EDS اشاره کرد. طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس (XPS) روشی است که در آن، غلظت و گونه‌های شیمیایی مواد به‌صورت کمی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این روش برای مشخصه‌یابی نانوذرات استفاده می‌شود. AES (اسپکتروسکوپی الکترون اوزه) برای شناسایی ترکیب شیمیایی سطح نانو ساختارها تا ابعاد ۱۰ نانومتر استفاده می‌شود. این روش، برای تعیین شیمی فضایی نیمه‌هادی‌ها به‌ویژه نقاط کوانتومی و همچنین سنجش آلودگی شیمیایی در ادوات الکترونیکی استفاده می‌شود. طیف‌سنجی جرمی یون‌های ثانویه (SIMS) برای تعیین ساختاری شیمیایی سطح مواد استفاده می‌شود. این روش حساسیت بالایی داشته و توسط صنایع الکترونیک و گروه‌های زمین‌شناسی مورد استفاده

۱- مشخصه‌یابی خواص شیمیایی، فیزیکی، ساختاری و مکانیکی نانویست‌مواد و سطوح زیستی و همچنین ساختارهای زیستی مهندسی شده.

۲- سنجش کمی، تعیین توزیع، شناسایی ساختاری و فعالیت‌های مواد زیستی.

۳- اندازه‌گیری و توزیع نانوذرات در سیستم‌های زیستی.

تعیین مشخصات ساختارهای نانومقیاس بدون تغییر خواص اولیه نمونه، اهمیت زیادی در تحقیقات فناوری نانو دارد. روش‌های مختلفی با هدف افزایش دقت در آنالیز ساختارهای زیستی نظیر اسپیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، سلول‌ها و میکرواورگانیزم‌ها ابداع شده‌است. روش‌هایی نظیر انتقال انرژی رزونانس فلورسانس (FRET)، رزونانس پلاسما سطحی، میکروبالانس بلوری کوارتز، طیف‌سنجی رامان و IR از روش‌های رایجی است که در متروولوژی محیط‌های زیستی استفاده می‌شود.

نانویست متروولوژی برای اندازه‌گیری دقیق ساختار، ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی زیست‌مواد نانوساختار کاربرد دارد. در حال حاضر از نانوذرات در بخش پزشکی و داروسازی استفاده می‌شود. نانوذراتی که برای این کار استفاده می‌شود، با رسیدن به سلول‌ها، توسط دیواره سلولی بلعیده شده و در نهایت وارد سلول می‌شوند. این کار می‌تواند موجب بروز مشکلاتی در سلول‌ها شود که دلیل این امر، رهایش گونه‌های مخرب اکسیژن، نظیر رادیکال‌های اکسیدکننده توسط این نانوذرات است. هنوز اثرات متقابل میان نانوذرات و محیط‌زیست برای محققان خیلی شفاف و روشن نیست و گروه‌های مختلف تحقیقاتی برای بررسی اثرات سمی این نانومواد روی محیط‌زیست در حال مطالعه هستند. برای ایجاد ایمنی در محصولات باید قوانین مناسبی وضع شود. در حال حاضر نیاز مبرم و فوری به تحقیقات روی اثر نانوذرات بر بدن وجود دارد که در این تحقیقات نانومترولوژی می‌تواند نقش بسیار مهمی ایفا کند. روش‌ها و ابزارهای مختلفی برای بررسی، مشخصه‌یابی، توزیع و سیستم‌های زیستی وجود دارند. آگلومره شدن (تجمع ذرات) در نتیجه ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی سطوح نانوذرات اتفاق می‌افتد. وجود برخی ویژگی‌های سطحی موجب اتصال نانوذرات به زیست مولکول‌ها می‌شود. پدیده آگلومره شدن در نتیجه اتفاقات مختلفی نظیر جذب و واجذب زیست مولکول‌ها در سطح نانوذرات است که این فرآیند پیچیدگی بالایی دارد.

طبیعت کمپلکس پروتئین نانوذره اثر شگرفی روی نوع برهم‌کنش میان نانوذرات و سیستم‌های زیستی دارد و همین برهم‌کنش‌ها هستند که تعیین کننده میزان سمی بودن نانوذرات هستند. به همین دلیل، نیاز جدی به ارائه روش‌های دقیق و قابل رهگیری در ارزیابی توزیع نانوذرات در محیط‌های زیستی وجود دارد. از آنجایی که دامنه کاربرد نانوذرات در سیستم‌های زیستی نظیر نانودارو و نانوحامل‌ها رو به افزایش است بنابراین، باید هر چه سریع‌تر روش‌های ارزیابی توسط سازمان‌های نانومترولوژی تدوین شوند.

قرار می‌گیرد. اسپکتروسکوپی اشعه X انرژی متفرق (EDS) روشی است که معمولاً با میکروسکوپ الکترونی جفت می‌شود و در نهایت، عناصر موجود در نمونه را با استفاده از نشر پرتو ایکس و اختلاف انرژی موجود در پرتو ایکس ایجاد شده شناسایی می‌کند. طیف نگاری الکترونی افت انرژی (EELS) با میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) جفت می‌شود و گونه‌های شیمیایی یک ماده را شناسایی می‌کند. همچنین نوع پیوند شیمیایی مواد با این روش قابل استخراج است. علاوه بر این روش‌ها، طیف‌سنجی رامان (Raman) و تبدیل فوریه ی مادون قرمز (FTIR) نیز برای تعیین گروه‌های عاملی نمونه‌های جامد، مایع و گاز و همچنین لایه‌های نازک با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر به کار می‌رود. طیف‌سنجی رامان معمولاً با FTIR جفت شده تا بتواند با حساسیت بالا نانوساختارهای کربنی نظیر نانولوله، گرافن و نانورویان را مشخصه‌یابی کند.

برای این دسته از روش‌ها، نمونه‌های استاندارد مختلف ساخته شده‌است اما هنوز نیاز زیادی در حوزه ساخت مواد استاندارد و مرجع وجود دارد. همچنین باید این روش‌ها را به‌گونه‌ای بهبود داد که امکان افزایش قدرت تفکیک و حساسیت وجود داشته باشد.

## ۵. زیست‌شناسی

نانویست متروولوژی از علوم نوظهوری است که به دنبال مشخصه‌یابی مواد زیستی در مقیاس نانومتری است. این رشته در حوزه‌های داروسازی و پزشکی کاربرد داشته و از آن می‌توان در بخش ساخت ادوات قابل کاشت در بدن، نانویست‌مواد مهندسی شده و پزشکی شخصی استفاده کرد.

از نقطه نظر سلامت، فناوری نانو می‌تواند برای تشخیص و رصد بیماری و همچنین درمان برخی بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرد. فناوری نانو موجب ظهور صنایع جدیدی شده که محصولات، تجهیزات و داروهای مختلفی نتیجه ظهور این فناوری‌ها است. یکی از کاربردهای نانویست‌فناوری، اندازه‌گیری دما در سلول‌های زنده در مقیاس نانومتری است که در نتیجه آن امکان تعیین نقشه گرادیان دمایی درون سلولی فراهم می‌شود. نانومترولوژی زیستی یک علم کاربردی در بخش‌های مختلف سلامت و علوم زیستی است که به شکل روزافزونی در حال نفوذ در لایه‌های مختلف جامعه است. این کار با ارائه محصولات نظیر حسگرهای گلوکز و نانوداروهای ضدسرطان در حال انجام است. با تمام این پتانسیل‌ها، متروولوژی در حوزه زیستی هنوز در مراحل اولیه رشد خود قرار دارد و نیاز مبرمی برای توسعه ابزارها و روش‌های اندازه‌گیری دارد.

موسسه‌های متروولوژی در سراسر جهان درگیر فعالیت‌های متروولوژی در حوزه نانویست‌فناوری هستند. در اروپا کونانومت گزارشی درباره اولویت‌های تحقیقاتی آینده در حوزه متروولوژی زیستی منتشر کرده است که این حوزه‌ها به قرار ذیل هستند:

## ۶- نانومترولوژی و قوانین مربوط به سلامت

بازارهای نوظهور برای محصولات فناوری‌نانو نظیر نانوداروها، قطعات الکترونیک و نانومواد رو به افزایش است. با گسترش این بازار لازم است که پیشگامی‌های استانداردسازی و متولیان قانون‌گذاری در حوزه فناوری‌نانو به سرعت به وضع قوانین در این حوزه پردازند تا جامعه با فراق بال و آسوده خاطر به استفاده از محصولات ایمن فناوری‌نانو بپردازد.

ارزیابی ریسک خطرات نانوذرات برای سلامتی انسان یک دغدغه بزرگ در ایالت متحده آمریکا، اروپا و کشورهای نظیر برزیل است. هر چند پژوهش‌های زیادی در حوزه نانوذرات انجام شده‌است اما اطلاعات کمی در مورد برهم‌کنش میان نانوذرات و سلول‌های زنده وجود دارد به‌طوری که تاثیر نانوذرات روی سلامت انسان هنوز مشخص نیست و قوانینی در مورد آن وضع نشده‌است. در حال حاضر، روش شناسایی قابل اعتمادی در این باره وجود نداشته و نمی‌توان تفاوت میان خواص مواد در مقیاس نانو و ماکرو را به‌طور کامل مشخص کرد.

تحقیقات قابل توجهی در آمریکا و اروپا در مورد ارزیابی خطرات بالقوه نانوذرات انجام شده‌است و دولت‌ها سرمایه‌گذاری قابل توجهی در این حوزه انجام داده‌اند. از سال ۲۰۰۰ مقالات عملی مختلفی در این باره منتشر شده‌است اما هنوز عدم قطعیت جدی در مورد اثرات زیست‌محیطی نانوذرات و همچنین تاثیر این نانومواد روی سلامت انسان وجود دارد. در آمریکا سازمان‌های مختلفی برای وضع قوانین فناوری‌نانو وجود دارند که از آن جمله می‌توان به آژانس محافظت از محیط‌زیست (EPA) اشاره کرد. در این سازمان تحقیقات گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف نانومواد انجام می‌شود که این حوزه‌ها به قرار ذیل است: شناسایی منابع نانومواد، سرنوشت نانومواد، انتقال و جابه‌جایی نانومواد، درک اثر آنها روی سلامت انسان و محیط‌زیست، توسعه راهبردهای ارزیابی خطر و کاهش این خطرات.

سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) مسئول حفاظت از سلامت عمومی جامعه است که این کار با وضع قوانین، نظارت بر سلامت غذا، تولید واکسن، زیست داروها، ادوات پزشکی و محصولات دامپزشکی انجام می‌شود. موسسه ملی ایمنی و حفاظت از مشاغل (NIOSH) تحقیقات مختلفی در حوزه ایمنی نانومواد انجام داده است تا مشکلات و بیماری‌های ناشی گرفته از استنشاق یا تماس ناخواسته با نانومواد را به حداقل برساند. هر چند سیستم وضع قوانین آمریکا در این حوزه به‌صورت غیرمتمرکز است، با این حال پیشگامی ملی فناوری‌نانو (NNI) در این کشور با هدف توسعه فناوری‌نانو تاسیس شده‌است که از سال ۲۰۰۰ با ۲۵ آژانس فدرال مختلف در حوزه فناوری‌نانو در ارتباط بوده است.

وجود این ساختار در آمریکا موجب شده تا زیرساخت‌های لازم برای ارزیابی خطرات فناوری‌نانو فراهم شود. برای مثال، در سال ۲۰۰۶، EPA تصمیم گرفت تا در مورد ماشین‌های لباس‌شویی اقدام به وضع قوانینی کند چرا که این ادوات حاوی نانوذرات نقره بودند که به‌عنوان میکروب کش مورد

۴ | تهیه شده در گروه استاندارد و ایمنی فناوری نانو

استفاده قرار می‌گیرد. یکی از وظایف این سازمان‌ها، یافتن خلاءهای علمی و عدم قطعیت‌های موجود در حوزه نانومواد است. برای مثال، EPA به بررسی و شناسایی نیازهای تحقیقاتی در حوزه سم‌شناسی و اثرات سمی نانومواد روی محیط‌زیست می‌پردازد. این سازمان توصیه می‌کند که سازمان‌های مختلف در این باره همکاری بیشتری با یکدیگر داشته باشند. این سازمان یک پیشگامی داوطلبانه برای ارائه اطلاعات در حوزه فناوری‌نانو به شرکت‌ها راه‌اندازی کرده است. این پیشگامی از تولیدکنندگان نانومواد می‌خواهد تا گزارشی کوتاه درباره محصولات خود تهیه کنند. در سال ۲۰۰۹ گزارشی از اهم فعالیت‌های این سازمان منتشر شد؛ در یکی از این گزارش‌ها، از عدم تمایل شرکت‌ها به نگارش چنین اطلاعاتی پرده برداشته شده بود به همین دلیل، این سازمان تصمیم گرفت تا به دنبال وضع قوانینی به‌منظور اجباری کردن درج اطلاعات ایمنی نانومواد باشد.

دولت‌های اروپایی نیز با مشکلات مشابهی دست به گریبان هستند. فقدان دانش و عدم قطعیت‌ها در حوزه فناوری‌نانو از جمله این مشکلات هستند. اتحادیه اروپا در ارائه برنامه‌های تشویقی و ترغیبی برای توسعه فناوری‌نانو بسیار فعال است. در کنار این، اتحادیه اروپا تاکید زیادی بر وضع قوانین مناسب برای حفظ سلامت عمومی جامعه و محیط‌زیست دارد تا سرمایه‌گذاران، مصرف‌کنندگان و کارگران، از ایمنی این حوزه اطمینان یابند.

برخی محققان و شرکت‌ها به‌صورت داوطلبانه روی موضوع ایمنی نانومواد فعالیت می‌کنند تا پتانسیل‌های اثر گذاری این نانوساختارها روی محیط‌زیست و سلامت افراد مشخص شود. در اروپا، نانومواد براساس REACH قانونمند می‌شود. برپایه REACH نانومواد شبیه مواد شیمیایی هستند و خطرات آنها متناسب با نوع نانومواد و کاربردهای آنها است. قانون‌گذار مجموعه‌ای از ابزارها را در اختیار دارد که با استفاده از آنها و با روش‌های خاص خود، اقدام به انجام آزمون‌ها و جمع‌آوری اطلاعات می‌کند. با این اطلاعات قانون‌گذار می‌تواند در مورد محدود کردن میزان استفاده از یک ماده تصمیم‌گیری کند.

اتحادیه اروپا با استفاده از این روش اقدام به ارائه خطرات و قوانین مربوط به نانومواد کرده است. کمیسیون اروپا گزارشی حاوی این قوانین را در سال ۲۰۰۸ منتشر کرده است. در حال حاضر سه کمیته علمی مستقل، اطلاعات علمی مورد نیاز را در این حوزه استخراج می‌کنند. این کمیته‌ها عبارتند از:

Scientific Committee on Consumer Products (SCCP)

the Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER)

the Scientific Committee on Emerging and Newly - Identified Health Risks (SCENIHR)

در اروپا و آمریکا هیچ قانونی موجب ممانعت از ارزیابی اثرات نانومواد نمی‌شود. محصولات تولید شده پیش از ورود به بازار باید مجوز لازم را از سازمان‌های مرتبط دریافت کنند. همچنین شرکت‌ها باید نتایج آنالیزهای مختلف خود را در طول زمان‌های مختلف به سازمان‌ها تسلیم کنند. طی سال‌های اخیر، کشور برزیل اقدام به توسعه علم و فناوری‌نانو کرده است و نیروهای انسانی مختلفی را برای این کار تربیت نموده است. در این بین، توسعه استانداردهای مناسب با این فناوری ضروری بوده و باید موضوع ایمنی نانومحصولات نیز در نظر گرفته شود. برای این کار، برزیل باید اقدام به سرمایه‌گذاری در بخش تأسیس موسسه‌های استاندارد و متروولوژی کند.

نانومترولوژی نقش مهمی در وضع قوانین مرتبط با فناوری‌نانو دارد که این کار با مشخصه‌یابی نانومواد، آنالیز و روش‌شناسی‌های مختلف قابل انجام است. برای این کار، باید روش‌های مشخصه‌یابی مختلف و جدیدی با دقت بالا برای تعیین مشخصات نانومواد به ویژه نانوساختارهایی با ابعاد زیر ۱۰ نانومتر ارائه کرد. روش‌های کالیبراسیون و صحت‌گذاری تجهیزات باید توسعه یابند. مشکل فقدان رهگیری اندازه‌گیری‌ها و مواد مرجع باید با ارائه روش‌های اندازه‌گیری جدید و مواد مرجع مناسب رفع شوند.

مقالات متعددی در مورد سم‌شناسی نانوذرات منتشر شده‌است. در حال حاضر آزمون‌های سم‌شناسی استاندارد مختلفی در دسترس بوده که با استفاده از آن می‌توان پاسخ زیستی به مواد شیمیایی مختلف را مورد ارزیابی قرار داد. هم اکنون نیاز به استانداردهای جدید برای ارزیابی سم‌شناسی نانوذرات وجود دارد.

این خوشه نانویمنی در واقع پیشگامی اروپا در حوزه ایمنی است تا همگرایی میان برنامه چارچوب ششم و هفتم (۶FP و ۷FP) را با تمام جنبه‌های ایمنی فناوری‌نانو تضمین کند. برای این کار، از بانک‌های اطلاعاتی، مدل‌سازی، استاندارد سازی و نانومترولوژی استفاده می‌کند.

در سال ۲۰۱۳، قانونی برای ایمنی محصولات آرایشی بهداشتی در اتحادیه اروپا به اجرا در آمد. هدف از این قانون جدید، اطلاع‌رسانی به مصرف کنندگان درباره فرمولاسیون این محصولات بود. در تعاریف اولیه، نانوذرات به ترکیباتی اطلاق می‌شد که قابل انحلال در آب نباشند و ابعادی بین یک تا صد نانومتر داشته باشند اما با ظهور نانوذرات لیپیدی، لیپوزوم و نانومولوسایون‌ها، این تعریف در قوانین مربوط به لوازم آرایشی بهداشتی تغییر کرد. براساس قوانین جدید، هر تولیدکننده‌ای که بخواهد این نانوساختارها را در محصولات خود به کار ببرد باید حضور این نانومواد را پیش از تجاری‌سازی به اطلاع کمیسیون اروپا برساند.

اتحادیه اروپا و آمریکا از طریق همکاری و توسعه اقتصاد بین‌المللی (OECD) و سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) همکاری‌هایی با هم دارند. در سال ۲۰۰۵، OECD همکاری بین‌المللی را آغاز کرد که در آن به ارزیابی اثر نانومواد روی سلامت انسان و محیط‌زیست پرداخت. هدف از این پروژه، ارزیابی خطرات نانومواد بود که در نهایت، نتایج به‌دست آمده در این پروژه به‌صورت گزارشی منتشر شد. سازمان استاندارد ISO و IEC نیز فعالیت‌های مشابهی در حوزه فناوری‌نانو داشته‌اند. کمیته فنی مربوط به فناوری‌نانو در سال ۲۰۰۵ راه‌اندازی شد و گزارش‌های مختلفی درباره واژه‌شناسی، متروولوژی و تجهیزات منتشر کرد.

### جمع بندی

فناوری‌نانو متعلق به آینده است که می‌تواند تأثیرات زیادی روی افراد و جامعه داشته باشد. در کنار این پتانسیل‌های مثبت، نگرانی‌هایی نیز در مورد تولید و استفاده از نانومواد وجود دارد. در حال حاضر ساختارهای قانون‌گذاری در حال توسعه هستند. باید روش‌ها و دستورالعمل‌های مختلفی برای آماده‌سازی و مشخصه‌یابی نانوساختارها ارائه کرد تا بتوان از ایمن بودن آن روی سلامت فرد و جامعه اطمینان یافت.

### منبع

Nanometrology - challenges for health regulation, Vigilância Sanitária em Debate 11/2013; 1(4)