



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۱۹۶

چاپ اول

۱۳۹۵



دارای محتوای رنگی

INSO
21196
1st.Edition
2016

فناوری نانو- آموزش نیروی کار برای تعیین
مشخصات در فناوری نانو- آیین کار

**Nanotechnology- Practice for
workforce education in nanotechnology
characterization**

ICS: 07: 030

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران-ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج-ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود. پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری نانو – آموزش نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو – آیین کار»

رئیس:

نسب، مجتبی

(کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی)

سمت و/ یا نمایندگی

دبیر شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو- ستاد ویژه فناوری نانو

دبیر:

صادق حسنی، صدیقه

(کارشناسی ارشد شیمی)

عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسلامی پور، الهه

(کارشناسی ارشد زیست شناسی)

کارشناس ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

افضلی، جمال الدین

(کارشناسی ارشد فیزیک)

مدیر مراکز رشد پارک علم و فناوری کردستان

ثبات، زهرا

(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس پژوهشگاه صنعت نفت

چوخابی زاده مقدم، امین

(کارشناسی ارشد مواد)

کارشناس ستاد ویژه فناوری نانو

سیفی، مهوش

(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

نایب رئیس کمیته فنی متناظر فناوری نانو

فاضلی، فخرالدین

(کارشناس ارشد مدیریت صنعتی)

کارشناس واحد ارزیابی محصولات موسسه خدمات فناوری تا

بازار

ویراستار:

سیفی، مهوش

(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

کارشناس استاندارد- بازنشسته سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۵	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۱-۳ تعیین مشخصات
۲	۲-۳ آموزش
۲	۴ خلاصه استاندارد
۳	۵ اهمیت و دامنه کاربرد
۳	۶ پیش‌زمینه عمومی دانش و مهارت‌ها
۳	۷ مفاهیم و مهارت‌های تحت پوشش
۴	۸ روش‌های تعیین مشخصات مربوط به آموزش نیروی کار فناوری نانو
۱۰	۹ روش اجرا
۱۱	پیوست الف- (آگاهی دهنده) استانداردهای آموزش نیروی انسانی فناوری نانو
۱۶	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری نانو- آموزش نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو- آیین کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی ایران تهیه و تدوین شده و در سی‌امین اجلاس کمیته ملی فناوری نانو مورخ ۹۵/۸/۲۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM E 3001 – 2015, Standard practice for workforce education in nanotechnology characterization

فناوری نانو- آموزش نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو – آیین کار

هشدار: این استاندارد، تمامی ملاحظات ایمنی در ارتباط با استفاده از آنها را در برنمی‌گیرد. این مسئولیت کاربر است که موارد مربوط به ایمنی و سلامتی را در نظر گرفته و محدودیت‌هایی را که رعایت آنها لازم است قبل از انجام آزمون مدنظر قرار دهد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد ارائه روش‌های تعیین مشخصات مواد در مقیاس نانو برای تدریس کارشناسان است. این آموزش باید گسترده بوده و شامل مجموعه‌ای از روش‌های تعیین مشخصات باشد که یک فرد را برای کار در ظرفیت‌های مختلف یکی از حوزه‌های گوناگون تحقیق، توسعه و ساخت در فناوری نانو آماده سازد.

۱-۲ این استاندارد ممکن است برای توسعه یا ارزیابی یک برنامه آموزشی برای تعیین مشخصات مواد در حوزه فناوری نانو مورد استفاده قرار گیرد. این استاندارد فهرستی از روش‌های کلیدی را که به چنین برنامه‌ای مربوط هستند همراه با حداقل تعداد روش‌هایی که به‌عنوان یک نیاز برای چنین آموزشی تدریس می‌شوند، فراهم می‌کند. این استاندارد محتوای آموزشی خاصی را که در چنین برنامه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، فراهم نمی‌سازد.

۱-۳ این استاندارد همه روش‌های تعیین مشخصات را برای مواد در مقیاس نانو مطرح نمی‌کند و به‌منظور صدور گواهینامه تدوین نشده است. مسئولیت استفاده از این استاندارد براساس شرایط، قوانین و الزامات بومی قابل استفاده برعهده کاربر این استاندارد است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن استاندارد به آنها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک موردنظر نیست. با این حال بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر، آخرین چاپ و/یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM E2456, Terminology Relating to nanotechnology

2-2 BSI PAS 133, Terminology for Nanoscale Measurement and Instrumentation

2-3 ISO/TS 27687, Nanotechnologies – Terminology and Definitions for Nano-Objects – nanoparticle, Nanofibre, and Nanoplate

2-4 ISO/TS 80004-6, Nanotechnologies – Vocabulary – Part 6: Nano-Object Characterization

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO/TS27687، BSI PAS 133، ISO/TS 80004-6 و E2456 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

تعیین مشخصات

characterization

اندازه‌گیری(ها)، با استفاده از یک یا چند روش، برای تعیین ساختار و ترکیب یک ماده و نیز خواص فیزیکی یا شیمیایی آن است.

۲-۳

آموزش

education

تدریس عناوین خاص به‌عنوان بخشی از برنامه اعطای درجه یا گواهینامه یا به‌عنوان آموزش برای ارتقای دانش و مهارت است.

۴ چکیده آموزش

۱-۴ این استاندارد فهرستی از نوزده روش تعیین مشخصات را تعیین می‌کند که مرتبط با آموزش نیروی کار در فناوری نانو است، روش‌ها در دو سطح دسته‌بندی شده‌اند، با پنج روش در سطح ۱ و مابقی در سطح ۲. انتخاب روش و طبقه‌بندی سطح‌ها بر اساس داده‌ها از صنعت، مربیان فناوری نانو و متخصصین موضوع است.

۲-۴ از این فهرست، پنج روش در سطح ۱ طبقه‌بندی شده‌اند. یک برنامه آموزشی باید حداقل سه روش از سطح ۱ را برای آموزش با جزئیات انتخاب کند و دو روش باقی‌مانده در سطح ۱ را به‌اضافه حداقل پنج روش از سطح ۲ در سطح مقدماتی، آموزش دهد.

یادآوری - روش‌های سطح ۱ به‌عنوان روش‌های کلیدی در نظر گرفته می‌شوند. این شرط تضمین می‌نماید که همه روش‌های سطح ۱ آموزش داده می‌شوند، حتی هنگامی که در عمل، برای مقدار محتوای آموزشی که می‌تواند تحت پوشش یک برنامه برای کارشناسان قرار گیرد، محدودیت‌های زمانی وجود داشته باشد.

۳-۴ این رویکرد هم آموزش گسترده و هم تأکید در عمق برای موضوعات کلیدی را در محدودیت‌های زمانی یک برنامه یا محتوای آموزشی فراهم می‌کند.

۵ اهمیت و استفاده

۵-۱ این استاندارد یک ساختار اساسی برای آموزش تعیین مشخصات مواد در مقیاس نانو را برای کارشناسان ایجاد می‌نماید. رویکرد اتخاذ شده، روش‌های خاص تعیین مشخصات را در دو سطح طبقه‌بندی می‌کند، با حداقل تعداد روش‌هایی که باید از هر سطح انتخاب شده و به‌صورت عمیق و یا در سطح مقدماتی آموزش داده شوند. این استاندارد با وجود این که تناسب نیازهای منطقه‌ای صنعت را در نظر می‌گیرد، هم عمق آموزش و هم گستره آموزش را به میزان زیادی حفظ می‌کند.

۵-۲ نقش کارگران ممکن است در محل کار تغییر یابد. شرکت‌کنندگان در چنین آموزشی درک وسیعی از روش‌های تکمیلی تعیین مشخصات خواهند داشت، بنابراین قابلیت حضور آنها در بازار کار در داخل و همچنین در خارج از حوزه فناوری نانو افزایش می‌یابد.

۵-۳ این استاندارد یکی از مجموعه استانداردهای تدوین شده برای آموزش نیروی کار در جنبه‌های مختلف فناوری نانو است. این استاندارد در فراهم ساختن یک تشکیلات ساختاری اساسی برای توسعه یک برنامه قابل اجرا در بسیاری از حوزه‌های فناوری نانو کمک خواهد کرد، بنابراین آموزش نیروی کار پویا و در حال تحول را میسر می‌سازد.

۶ پیش زمینه عمومی دانش و مهارت‌ها

۶-۱ جبر مقدماتی، شیمی، فیزیک، و آمار در سطح دانشگاه

۶-۲ خطرات زیست محیطی، سلامتی و ایمنی^۱ (HSE) ناشی از مواد نانومقیاس می‌توانند با خطراتی که به‌وسیله مواد توده مطرح می‌شوند، بسیار متفاوت باشند. دانشجویان هنگامی که با مواد نانومقیاس کار می‌کنند باید یک درک اساسی نسبت به عوامل منحصر بفرد HSE داشته باشند.

۶-۳ توصیه می‌شود دانشجویان، دانش بنیادی در مورد ویژگی‌های منحصر بفرد شیمیایی و فیزیکی مواد نانومقیاس و مواد توده هم‌ارز آنها را داشته باشند.

۷ مفاهیم و مهارت‌های تحت پوشش

۷-۱ توصیه می‌شود روش‌های تعیین مشخصات، شامل: مواردی بر پایه روش‌های پرتو الکترونی، پروبی روبشی، نوری، پرتو یونی و پرتو ایکس و همچنین اندازه‌گیری‌های الکتریکی، مکانیکی و حرارتی باشد. انتخاب روش براساس اطلاعات دریافتی از صنعت، مریدان فناوری نانو و کارشناسان این موضوع انجام می‌شود. ۷-۲ استفاده از روش‌های مناسب برای یک نوع و یک مقدار ماده یا نمونه داده شده، همراه با آماده‌سازی نمونه و روش‌شناسی تجزیه و تحلیل داده‌ها تحت پوشش قرار می‌گیرد.

۷-۳ روش‌های مرتبط با آموزش نیروی کار در تعیین مشخصات در فناوری نانو در بند ۸ ارائه شده است که باید با موضوعات مهم برای هر یک از روش‌های ذکر شده به‌طور خاص پوشش داده شود. روش‌ها یا موضوعات تکمیلی یا هر دو مورد ممکن است بر اساس نیاز افزوده شوند.

1-Environmental, Health and Safety (HSE)

۸ روش‌های تعیین مشخصات مربوط به آموزش نیروی کار فناوری نانو

۸-۱ میکروسکوپی الکترونی روبشی^۱ (SEM) یا میکروسکوپی الکترونی روبشی نشر میدانی، یا هر دو:

۸-۱-۱ عملکرد سیستم خلا؛

۸-۱-۲ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛

۸-۱-۳ محدوده بزرگنمایی؛

۸-۱-۴ آماده‌سازی نمونه؛

۸-۱-۵ مراقبت از نمونه‌های زیستی؛

۸-۱-۶ نوع نشر؛

۸-۱-۷ تأثیر انرژی پرتو و اندازه آن؛

۸-۱-۸ آشکارسازی^۲ الکترون‌های ثانویه؛

۸-۱-۹ آشکارسازی الکترون‌های برگشتی؛

۸-۱-۱۰ تصحیح دوبینی^۳ و تاری تصویر^۴.

۸-۲ میکروسکوپی الکترونی عبوری^۵ (TEM):

۸-۲-۱ عملکرد سیستم خلا؛

۸-۲-۲ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛

۸-۲-۳ محدوده بزرگنمایی؛

۸-۲-۴ آماده‌سازی نمونه و روش‌های نازک‌سازی نمونه؛

۸-۲-۵ مراقبت از نمونه‌های زیستی؛

۸-۲-۶ حالت زمینه روشن؛

۸-۲-۷ تباین^۶ پراش؛

۸-۲-۸ تأثیر انرژی پرتو؛

۸-۲-۹ تصحیح دوبینی و تاری تصویر.

۸-۳ طیف‌نگاری پراش انرژی پرتو ایکس^۷ (EDS):

۸-۳-۱ عملکرد سیستم خلا؛

-
- 1- Scanning Electron Microscopy (SEM)
 - 2- Detection
 - 3- Astigmatism
 - 4- Aberration
 - 5- Transmission Electron Microscopy (TEM)
 - 6- Contrast
 - 7- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)

- ۲-۳-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛
- ۳-۳-۸ منبع پرتو الکترونی؛
- ۴-۳-۸ آشکارساز پرتو ایکس؛
- ۵-۳-۸ تجزیه و تحلیل طیف و داده‌ها؛
- ۶-۳-۸ حد تشخیص.
- ۴-۸ میکروسکوپی پروبی روبشی^۱ (SPM):
- ۱-۴-۸ میکروسکوپی نیروی اتمی^۲ (AFM)؛
- ۱-۱-۴-۸ فناوری سوزن AFM و ساخت سوزن؛
- ۲-۱-۴-۸ الزامات حذف لرزش و راه حل‌ها؛
- ۳-۱-۴-۸ اهرم^۳ نوری؛
- ۴-۱-۴-۸ آشکارساز فتودیود؛
- ۵-۱-۴-۸ سازوکار قرار دادن پروب؛
- ۶-۱-۴-۸ ثابت فنر تیرک^۴ و بسامد تشدید^۵؛
- ۷-۱-۴-۸ آماده‌سازی نمونه و قرار دادن آن؛
- ۸-۱-۴-۸ جهت‌گیری لیزر روی تیرک؛
- ۹-۱-۴-۸ حالت‌های کاری: تماسی، ضربه‌ای، و غیر تماسی.
- ۲-۴-۸ میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی^۶ (STM):
- ۱-۲-۴-۸ رسانایی سوزن و نمونه؛
- ۲-۲-۴-۸ الزامات حذف لرزش و راه حل‌ها؛
- ۳-۲-۴-۸ همواری^۷ نمونه؛
- ۴-۲-۴-۸ سازوکار قرارگیری پروب؛
- ۵-۲-۴-۸ ساخت سوزن پروب؛
- ۶-۲-۴-۸ روبشگر پیزوالکتریک لوله‌ای^۸؛
- ۷-۲-۴-۸ کنترل حلقه بازخورد متناسب با انتگرال - مشتق^۹ (PID)؛
- ۸-۲-۴-۸ مواردی که برای اندازه‌گیری به خلأ بسیار بالا نیاز دارند؛
- ۹-۲-۴-۸ محدوده عملکرد.

-
- 1- Scanning probe microscopy (SPM)
 2- Atomic Force Microscopy (AFM)
 3- Lever
 4- Cantilever spring constant
 5- Resonance frequency
 6- Scanning Tunneling Microscopy (STM)
 7- Flatness
 8- Pizelectric tube scanner
 9- Feedback loop proportional-integral-derivative (PID) control

۵-۸ زبری سنجی^۱:

۱-۵-۸ مواد مناسب برای تجزیه و تحلیل؛

۲-۵-۸ محدوده عملکرد؛

۳-۵-۸ واسنجی^۲؛

۴-۵-۸ طراحی های قلم^۳ و نیروهای قلم.

۶-۸ طیف نگاری رامان:

۱-۶-۸ مفهوم عملکرد؛

۲-۶-۸ مواد مناسب برای تجزیه و تحلیل؛

۳-۶-۸ پیوندهای شیمیایی و برهمکنش های داپلر.

۷-۸ طیف نگاری مادون قرمز تبدیل فوریه^۴ (FTIR):

۱-۷-۸ مواد مناسب برای تجزیه و تحلیل؛

۲-۷-۸ آماده سازی نمونه؛

۳-۷-۸ نشر دهنده مادون قرمز؛

۴-۷-۸ عملکرد تداخل سنج مایکلسون؛

۵-۷-۸ بررسی اجمالی تئوری تبدیل های فوریه؛

۶-۷-۸ تجزیه و تحلیل تداخل.

۸-۸ طیف سنجی نوری^۵:

۸-۱-۸ مواد مناسب برای تجزیه و تحلیل؛

۲-۸-۸ حالت عبوری و بازتابی؛

۳-۸-۸ آماده سازی نمونه و کاوت ها^۶.

۹-۸ میکروسکوپی نوری:

۱-۹-۸ میکروسکوپی نوری؛

۱-۱-۹-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛

۲-۱-۹-۸ محدوده بزرگنمایی و محدودیت های توان تفکیک؛

1- Profilometry

2- Calibration

3- Stylus

4- Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

5 - Spectrophotometry

6- Cuvettes

- ۳-۱-۹-۸ تفسیر زمینه روشن و زمینه تاریک.
- ۲-۹-۸ میکروسکوپی فلورسانس:
- ۱-۲-۹-۸ منابع نوری؛
- ۲-۲-۹-۸ کاربرد در نمونه‌های زیستی؛
- ۳-۲-۹-۸ محدودیت‌ها؛
- ۳-۹-۸ میکروسکوپی هم‌کانون روبشی:
- ۱-۳-۹-۸ حالت‌های روبش: روبش لیزر و دیسک چرخان؛
- ۲-۳-۹-۸ بازسازی^۱ تصویر سه بعدی و همپوشانی تصویر چند کانال.

۱۰-۸ بیضی سنجی:

- ۱-۱۰-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛
- ۲-۱۰-۸ اندازه‌گیری‌های تک زاویه‌ای در برابر دو زاویه‌ای؛
- ۳-۱۰-۸ اطلاعات استوکیومتری.
- ۱۱-۸ اندازه‌گیری زاویه تماس:
- ۱-۱۱-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛
- ۲-۱۱-۸ انرژی سطح؛
- ۳-۱۱-۸ ارتباط انرژی سطح برای چسبندگی آب، پروتئین و پیامدهای آن برای سازگاری زیستی.

۱۲-۸ طیف‌نگاری الکترونی اوژه^۲ (AES):

- ۱-۱۲-۸ عملکرد سیستم خلا؛
- ۲-۱۲-۸ انتقال الکترونی و اثر اوژه؛
- ۳-۱۲-۸ تجزیه و تحلیل طیف و داده؛
- ۴-۱۲-۸ دستگاهوری^۳؛
- ۵-۱۲-۸ تجزیه و تحلیل کمی؛
- ۶-۱۲-۸ مشخصات در عمق^۴.

۱۳-۸ طیف‌سنجی جرمی یون ثانویه^۵ (SIMS):

- ۱-۱۳-۸ عملکرد سیستم خلا؛
- ۲-۱۳-۸ مواد مناسب برای تجزیه و تحلیل؛

1- Reconstruction
 2 - Auger Electron Spectroscopy (AES)
 3 - Instrumentation
 4 - Depth profile
 5 - Secondary-Ion Mass Spectroscopy (SIMS)

- ۳-۱۳-۸ محدوده حساسیت عنصری؛
- ۴-۱۳-۸ منبع یون؛
- ۱-۴-۱۳-۸ انتخاب پرتو یون و برهمکنش با سطح؛
- ۲-۴-۱۳-۸ یونیزاسیون گازی به وسیله یونیزاسیون الکترونی؛
- ۳-۴-۱۳-۸ یونیزاسیون سطحی یون های Cs؛
- ۴-۴-۱۳-۸ یونیزاسیون فلز مایع.
- ۵-۱۳-۸ تفاوت روش های اندازه گیری ایستا در برابر پویا؛
- ۱-۵-۱۳-۸ میزان کندوپاش^۱.
- ۶-۱۳-۸ انواع نشر؛
- ۷-۱۳-۸ تأثیر انرژی پرتو؛
- ۸-۱۳-۸ باردار کردن نمونه و کاهش بار منفی.

۱۴-۸ طیف نگاری فوتوالکترون پرتو ایکس^۲ (XPS):

- ۱-۱۴-۸ عملکرد سیستم خلا؛
- ۲-۱۴-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛
- ۳-۱۴-۸ منبع پرتو ایکس؛
- ۴-۱۴-۸ آشکارساز الکترون؛
- ۵-۱۴-۸ تجزیه و تحلیل طیف و داده؛
- ۶-۱۴-۸ حد تشخیص.

۱۵-۸ پراش پرتو ایکس:

- ۱-۱۵-۸ تولید پرتو ایکس و تعیین مشخصات آن؛
- ۲-۱۵-۸ صفحات شبکه و قانون براگ؛
- ۳-۱۵-۸ آماده سازی نمونه؛
- ۱-۳-۱۵-۸ پراش نمونه های پودری؛
- ۲-۳-۱۵-۸ پراش نمونه های لایه نازک.
- ۴-۱۵-۸ مقایسه با طیف مرجع؛
- ۱-۴-۱۵-۸ ترکیب عنصری؛
- ۲-۴-۱۵-۸ پارامترهای شبکه.

۱۶-۸ اندازه گیری های الکتريکی:

1- Sputter rate
2- X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)

- ۱-۱۶-۸ اندازه‌گیری‌های جریان برحسب ولتاژ (I-V)؛
- ۲-۱۶-۸ اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه؛
- ۳-۱۶-۸ اندازه‌گیری‌های ظرفیت.

۱۷-۸ اندازه‌گیری‌های مکانیکی:

- ۱-۱۷-۸ خواص مکانیکی مواد،
- ۲-۱۷-۸ آماده‌سازی مواد برای انجام تجزیه و تحلیل،
- ۳-۱۷-۸ حالت‌های اندازه‌گیری:
- ۱-۳-۱۷-۸ فروروندگی^۱؛
- ۲-۳-۱۷-۸ ایجاد خراش.
- ۴-۱۷-۸ جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل.

۱۸-۸ آنالیز وزن‌سنجی گرمایی^۲ (TGA):

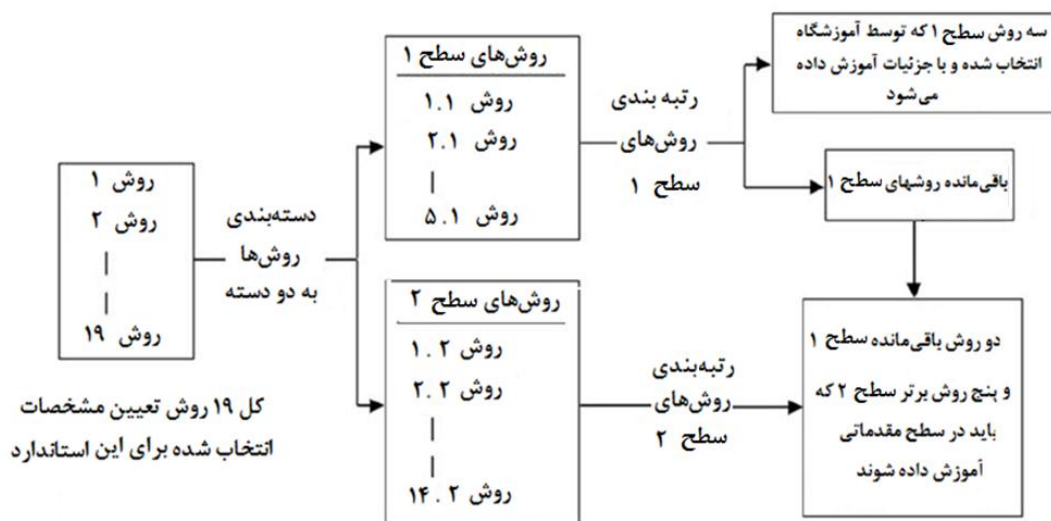
- ۱-۱۸-۸ اصول TGA؛
- ۲-۱۸-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل؛
- ۳-۱۸-۸ آماده‌سازی نمونه؛
- ۴-۱۸-۸ تجزیه و تحلیل منحنی TGA.

۱۹-۸ تفرق نور پویا^۳ (DLS):

- ۱-۱۹-۸ اصول DLS،
- ۲-۱۹-۸ مواد مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل،
- ۳-۱۹-۸ آماده‌سازی نمونه؛
- ۴-۱۹-۸ قطر هیدرودینامیکی؛
- ۵-۱۹-۸ تجزیه و تحلیل اندازه نانوذره؛
- ۶-۱۹-۸ توزیع اندازه نانوذره؛
- ۷-۱۹-۸ اثرات لیگاندهای مختلف بر خواص نانوذرات اندازه‌گیری شده.

۲۰-۸ برای روش‌هایی که در بالا ذکر شده، SEM، TEM، XRD، SPM، EDS و بیضی‌سنجی در سطح یک طبقه‌بندی می‌شوند. سیزده روش دیگر در روش‌های سطح ۲ طبقه‌بندی می‌شوند. یادآوری: روش پراش پرتو ایکس نیز در سطح ۱ طبقه‌بندی می‌شود.

1- Indentation
2- Thermal Gravimetric Analysis
3- Dynamic Light Scattering (DLS)



شکل ۱- نمایی از فرایند رتبه بندی و انتخاب روش های تعیین مشخصات.

۹ روش اجرایی

۹-۱ واحدی که برنامه آموزشی را ارائه می دهد باید روش های سطح ۱ را که در بخش ۸-۲۰ ذکر شده است، با در نظر گرفتن مجموعه مهارت های مورد نیاز صنعت بومی رتبه بندی کند، سپس سه روش برتر را انتخاب کرده و آنها را با جزئیات دقیق آموزش دهد.

۹-۲ دو روش دیگر باید در سطح مقدماتی و به همراه سایر روش های انتخابی سطح ۲ تدریس شوند.

۹-۳ در صورتی که صنعت متقاضی یک روش بغیر از روش های ارائه شده در سطح ۱ است، واحد ارائه دهنده برنامه آموزشی دارای این اختیار است که این روش را به سه روشی که در بند ۹-۱ انتخاب کرده است، اضافه نماید.

۹-۴ از ۱۴ روشی که در سطح ۲ و در بند ۸ فهرست شده اند، الزام استاندارد این است که از واحد ارائه کننده برنامه آموزشی خواسته شود، ۵ روش را برای تدریس در سطح مقدماتی انتخاب نماید. اضافه شدن این موضوع به همراه دو روش ذکر شده در بند ۹-۲ در مجموع ۷ روشی را که در سطح مقدماتی آموزش داده می شوند، به وجود می آورد.

۹-۵ در شکل ۱ نمایی از فرایند رتبه بندی و انتخاب روش های تعیین مشخصات نشان داده شده است.

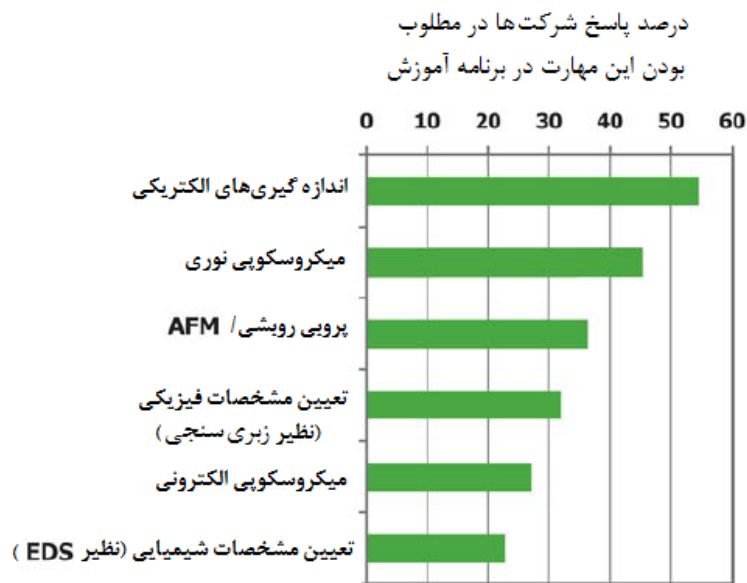
پیوست الف

(آگاهی دهنده)

استانداردهای آموزش نیروی انسانی فناوری نانو

الف-۱ کاربردهای فناوری نانو و شبکه دانش حرفه‌ای

هدف از این استاندارد، تعریف و تدوین مجموعه‌ای از استانداردهای بنیادی برای آموزش نیروی انسانی کارشناس فناوری نانو است، به گونه‌ای که صلاحیت فارغ التحصیلان چنین برنامه آموزشی را برای پاسخگویی به نیازهای علمی و صنعتی به سمت یکنواخت شدن هدایت کند. اما در هر صورت این استانداردها به منظور صدور مدرک نمی‌باشند. استاندارد حاضر در مورد تعیین مشخصات، یک استاندارد در میان مجموعه‌ای از استانداردهای تدوین شده است.



شکل الف ۱-۲- برترین مهارت‌های مطلوب تعیین مشخصات برای پاسخ دهندگان در یک نظر سنجی صنعتی

الف-۲ داده‌های گردآوری شده از صنعت

الف-۲-۱ داده‌های مهارت‌های تعیین مشخصات

الف-۲-۱- همان‌طور که در بندهای ۴ و ۷ تا ۹ ذکر شد، داده‌های صنعتی برای کمک به تصمیم‌گیری در مورد این که چه روش‌هایی در تعیین مشخصات باید در یک برنامه آموزش نیروی انسانی قرار داده شود، استفاده می‌شوند.

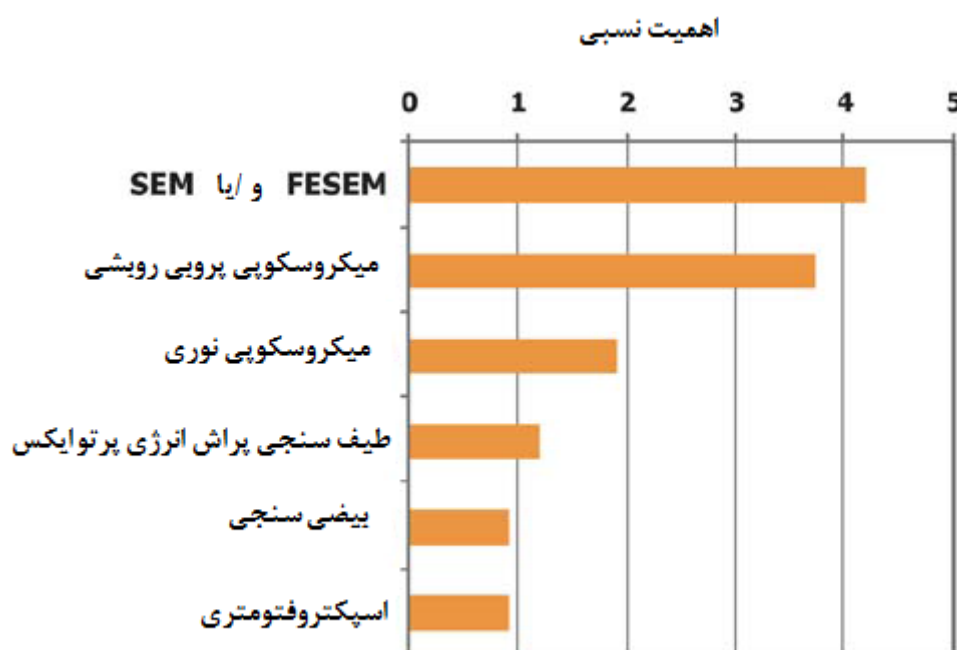
برای روشن شدن موضوع برخی نتایج یک نظرسنجی نشان داده شده است.

یادآوری - فقط داده صنعتی نیست که برای تدوین این استاندارد به کار می‌رود. این موضوع در این جا فقط به عنوان یک نمونه دستیابی به نیازهای بومی / منطقه‌ای صنعتی نشان داده شده است.

الف-۲-۱-۲ در این نظرسنجی، از نماینده شرکت‌ها خواسته شده تا همه مهارت‌های مرتبط با تعیین مشخصات را که شرکت تمایل دارد تکنسین‌ها و کمک مهندسی‌اش داشته باشند، انتخاب نماید (این مطلب برای رسیدن به انواع موقعیت‌های شغلی فارغ التحصیلان برنامه آموزش نیروی انسانی فناوری نانو تأثیرگذار است).

از شرکت‌ها خواسته نشد که انتخاب‌هایشان را رتبه‌بندی کنند. شکل الف ۱-۲ خلاصه‌ای از برترین مهارت‌های انتخاب شده را نشان می‌دهد.

الف-۲-۱-۳ پاسخ‌دهندگان به نظرسنجی، از بیش از ۱۶ بخش تجاری مربوط به فناوری میکرو و نانو بودند. این واقعیت در انتخاب مهارت‌های دلخواه منعکس شده است و بر اهمیت دستیابی آموزش‌دهندگان به اطلاعات نظرسنجی بومی تأکید دارد.



یادآوری - نمره عددی بالاتر نشان‌دهنده رتبه بالاتر است.

شکل الف-۱-۳- نتایج یک تحقیق رتبه‌بندی برای روش‌های سطح ۱ که توسط یک گروه از مربیان فناوری نانو انجام شده است.

الف-۳ داده‌های گردآوری شده از مربیان فناوری نانو

الف-۳-۱ نمونه یک روش رتبه‌بندی

الف-۳-۱-۱ از یک گروه از مربیان فناوری نانو خواسته شد فهرستی از روش‌ها را مشابه با قسمت ۸ در پنج روش برتر سطح ۱ رتبه‌بندی کنند. نتایج در شکل الف ۳-۱ نشان داده شده است.

الف-۳-۱-۲ نتیجه رتبه‌بندی نشان می‌دهد که یکی از زیر مجموعه‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است. این توضیح نشان می‌دهد که روش توضیح داده شده در بند ۹-۱، که در آن سه روش برتر سطح ۱ برای آموزش کامل انتخاب شدند، یک رویکرد عملی برای عمق دادن در یک دوره یا برنامه آموزشی با محدودیت‌های زمانی و منابع است.

الف-۴ مطالعه موردی: طراحی یک دوره تعیین مشخصات فناوری نانو واقعی

الف-۴-۱ مرور دوره

الف-۴-۱-۱ دوره آموزشی نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو

تعیین مشخصات در فناوری نانو، یک دوره آموزش فنی حرفه‌ای به مدت سه ماه (۱۱ هفته، و ۵/۵ ساعت حضوری در هفته) است. این دوره آزمایشگاه محور به عنوان بخشی از دو سال دوره دانشجویی علوم کاربردی فناوری نانو و گواهی یک ساله در فناوری نانو مورد نیاز است.

الف-۴-۱-۲ هدف این دوره معرفی روش‌های تعیین مشخصات نانومواد^۱ و دستگاه‌های آزمون می‌باشد. موضوعاتی شامل:

الف-۴-۱-۲-۱ روش‌های تصویربرداری که شامل SEM, TEM, AFM و میکروسکوپی روبشی هم کانون لیزری (LSCM) است.

الف-۴-۱-۲-۲ روش‌های تعیین مشخصات ترکیبات مانند EDS و XRD

الف-۴-۱-۲-۳ روش‌های آنالیز سطحی و اندازه‌شناسی مانند AFM و زبری‌سنجی

الف-۴-۱-۲-۴ روش‌های تعیین مشخصات الکتریکی نظیر پروب چهار نقطه‌ای و اندازه‌گیری‌های I-V

الف-۴-۲ تدوین دوره

الف-۴-۲-۱ روش‌شناسی^۲

الف-۴-۲-۱-۱ برای تهیه برنامه فناوری نانو به منظور تعیین مهارت‌های لازم برای یک کاربر موفق و مؤثر در صنعت فناوری نانو، یک نظرسنجی صنعتی انجام شده است. نتایج این نظرسنجی برای تدوین دوره آموزشی نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو مورد استفاده قرار گرفته است.

الف-۴-۲-۲ نتایج نظرسنجی صنعتی

1- Nanomaterials

2- Methodology

الف-۴-۲-۲-۱ نتایج نظرسنجی نشان داد که شرکت‌های فناوری نانوی مورد بررسی بسیار متفاوت می‌باشند. شرکت‌ها از نظر اندازه رتبه‌بندی می‌شوند، از شرکت‌های کوچک تازه راه اندازی شده (استارت آپ) تا شرکت‌های بزرگ چند ملیتی.

شرکت‌ها همچنین در حوزه کاربردها شامل نیمه‌هادی، بیوتکنولوژی و صنایع سنگین رتبه‌بندی می‌شوند. در میان چشم‌انداز گسترده کارفرمایان، دو گرایش پدیدار شد.

الف-۴-۲-۲-۲ هر شرکت تعدادی از روش‌های تعیین ویژگی‌ها در فناوری نانو را استفاده می‌کند. به دلیل تنوع حوزه‌های کاربرد، هر شرکت بر مجموعه متفاوتی از روش‌ها تکیه می‌کند. در مجموع ۱۹ روش مختلف تعیین مشخصات گزارش شدند.

الف-۴-۲-۳ توسعه برنامه‌های آموزشی

الف-۴-۲-۳-۱ تدوین موضوعات دوره با توجه به ۱۹ روش تعیین مشخصات مختلف شناسایی شدند که برای استفاده در صنعت فناوری نانو استفاده می‌شوند. در یک دوره سه ماهه زمان کافی برای آموزش عمیق دانشجویان در همه ۱۹ روش وجود ندارد. علاوه بر این، هزینه خریدن ابزارهای همه ۱۹ روش تعیین مشخصات فناوری نانو بالا بوده و فراتر از منابع مالی و مکانی در دسترس می‌باشد.

الف-۴-۲-۳-۲ یک سیستم منظم برای پرداختن به موضوعی که در بالا اشاره شد، تدوین شده است. نوزده روش تعیین مشخصات بر اساس تعداد شرکت‌های مشارکت کننده در هر روش و اهمیت آن روش برای یک شرکت خاص، دسته بندی شد.

این دسته‌بندی به یک قالب آموزشی منجر می‌شود که دارای ۴ روش تعیین مشخصات است که با جزئیات درس داده می‌شود و ۱۱ روش که با جزئیات کمتر درس داده می‌شود.

دسته اول شامل روش‌هایی است که در تعداد زیادی از شرکت‌ها استفاده می‌شود و این روش‌ها دارای اهمیت بالایی برای یک شرکت می‌باشند. اما دسته دوم شامل روش‌هایی است که به وسیله تعداد کمی از شرکت‌ها استفاده می‌شود و این روش‌ها از اهمیت کمتری برای یک شرکت برخوردارند.

الف-۴-۲-۳-۳ روش‌هایی که با جزئیات بیشتر آموزش داده می‌شوند، عبارتند از روش‌های SEM (به همراه LSCM، AFM، EDS) و زبری‌سنجی است.

الف-۴-۲-۳-۴ روش‌هایی که با جزئیات کمتر آموزش داده می‌شوند شامل: TEM، FTIR، طیف‌سنجی نوری، بیضی‌سنجی، اندازه‌گیری زاویه تماس، XPS، XRD، پروب چهار نقطه‌ای، DLS، TGA، کالریمتری روبروشی تفاضلی، کروماتوگرافی گازی، طیف‌سنجی جرمی، پرتو یونی متمرکز و میکروسکوپی نوری می‌باشند.

کتابنامه

E2535 Standard Guide for Handling Unbound Engineered Nanoscale Particles in Occupational Settings

E2996 Standard Guide for Nanotechnology Workforce Education in Health and Safety

ISO/TS 10797 Nanotechnologies – Characterization of Single-Wall Carbon Nanotubes Using Transmission Electron Microscopy (TEM)

ISO/TS 10798 Nanotechnologies – Characterization of Single-Wall Carbon Nanotubes Using Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectrometry Analysis

ISO/TR 12885 Nanotechnologies – Health and Safety Practices in Occupational Settings Relevant to Nanotechnologies

ISO/TS 17200 Nanotechnologies – Nanoparticles in Powder Form: Characteristics and Measurements

ASTM E2456 Terminology Relating to nanotechnology

BSI PAS 133 Terminology for Nanoscale Measurement and Instrumentation

ISO/TS 27687 Nanotechnologies – Terminology and Definitions for Nano-Objects – Nanoparticle, Nanofibre, and Nanoplate

ISO/TS 80004-6 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 6: Nano-Object Characterization