

بسمه تعالی

معاونت پژوهش، برنامه‌ریزی و سنجش مهارت
دفتر پژوهش، طرح و برنامه‌ریزی درسی

استاندارد آموزش شغل

کاروردستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی

گروه فناوری نانو

کد ملی آموزش شغل

۳	۱	۱	۷	۳	۰	۹	۵	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۱
Isco-۰۸				سطح مهارت	شناسه گروه			شناسه شغل			شناسه شایستگی			نسخه

تاریخ تدوین استاندارد: ۱۳۹۵/۱۲/۱

نظارت بر تدوین محتوا و تصویب استاندارد : دفتر پژوهش، طرح و برنامه ریزی درسی

کد ملی شناسایی آموزش شغل : ۳۱۱۷۳۰۹۵۰۰۴۰۰۰۱

اعضاء کارگروه برنامه ریزی درسی : فناوری نانو

ردیف	نام و نام خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	رشته تخصصی	شغل و سمت	سابقه کار
۱	امیر لطفی کلجاهی	کارشناسی ارشد	فیزیک	پژوهشگر	۴ سال
۲	مجید امانی	کارشناسی	مهندسی مکانیک	پژوهشگر	۱سال
۳	رضا بابایی	کارشناس ارشد	نانو فیزیک	کارشناس	۵ سال
۴	وحید لطفی	کارشناس ارشد	شیمی عالی	کارشناس	۳سال
۵	علی ضربایی	دکتری	نانو بیوتکنولوژی	استاد دانشگاه	۹ سال
۶	زهرا میرزاده مدرسی	کارشناس ارشد	مدیریت	مسئول گروه برنامه ریزی درسی فناوری نانو	۱۰سال

کلیه حقوق مادی و معنوی این استاندارد متعلق به سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور بوده و هرگونه سوء استفاده مادی و معنوی از آن موجب پیگرد قانونی است.

آدرس: دفتر پژوهش، طرح و برنامه ریزی درسی

تهران، خیابان آزادی، نبش خیابان خوش جنوبی، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

تلفن ۶۶۵۸۳۶۲۸

دورنگار ۶۶۵۸۳۶۵۸

آدرس الکترونیکی : rpc@irantvto.ir

تعاریف :

استاندارد شغل :

مشخصات شایستگی ها و توانمندی های مورد نیاز برای عملکرد موثر در محیط کار را گویند در بعضی از موارد استاندارد حرفه ای نیز گفته می شود.

استاندارد آموزش :

نقشه ی یادگیری برای رسیدن به شایستگی های موجود در استاندارد شغل .

نام یک شغل :

به مجموعه ای از وظایف و توانمندی های خاص که از یک شخص در سطح مورد نظر انتظار می رود اطلاق می شود .

شرح شغل :

بیانیه ای شامل مهم ترین عناصر یک شغل از قبیل جایگاه یا عنوان شغل ، کارها ارتباط شغل با مشاغل دیگر در یک حوزه شغلی ، مسئولیت ها ، شرایط کاری و استاندارد عملکرد مورد نیاز شغل .

طول دوره آموزش :

حداقل زمان و جلسات مورد نیاز برای رسیدن به یک استاندارد آموزشی .

ویژگی کارآموز ورودی :

حداقل شایستگی ها و توانایی هایی که از یک کارآموز در هنگام ورود به دوره آموزش انتظار می رود .

کارورزی:

کارورزی صرفاً در مشاغلی است که بعد از آموزش نظری یا همگام با آن آموزش عملی به صورت محدود یا با ماکت صورت می گیرد و ضرورت دارد که در آن مشاغل خاص محیط واقعی برای مدتی تعریف شده تجربه شود.(مانند آموزش یک شایستگی که فرد در محل آموزش به صورت تئوریک با استفاده از عکس می آموزد و ضرورت دارد مدتی در یک مکان واقعی آموزش عملی ببیند و شامل بسیاری از مشاغل نمی گردد).

ارزشیابی :

فرآیند جمع آوری شواهد و قضاوت در مورد آنکه یک شایستگی بدست آمده است یا خیر ، که شامل سه بخش عملی ، کتبی عملی و اخلاق حرفه ای خواهد بود .

صلاحیت حرفه ای مربیان :

حداقل توانمندی های آموزشی و حرفه ای که از مربیان دوره آموزش استاندارد انتظار می رود .

شایستگی :

توانایی انجام کار در محیط ها و شرایط گوناگون به طور موثر و کارا برابر استاندارد .

دانش :

حداقل مجموعه ای از معلومات نظری و توانمندی های ذهنی لازم برای رسیدن به یک شایستگی یا توانایی که می تواند شامل علوم پایه (ریاضی ، فیزیک ، شیمی ، زیست شناسی) ، تکنولوژی و زبان فنی باشد .

مهارت :

حداقل هماهنگی بین ذهن و جسم برای رسیدن به یک توانمندی یا شایستگی . معمولاً به مهارت های عملی ارجاع می شود .

نگرش :

مجموعه ای از رفتارهای عاطفی که برای شایستگی در یک کار مورد نیاز است و شامل مهارت های غیر فنی و اخلاق حرفه ای می باشد .

ایمنی :

مواردی است که عدم یا انجام ندادن صحیح آن موجب بروز حوادث و خطرات در محیط کار می شود .

توجهات زیست محیطی :

ملاحظات است که در هر شغل باید رعایت و عمل شود که کمترین آسیب به محیط زیست وارد گردد.

نام استاندارد آموزش شغل :	
کارور دستگاه نانولیتوگرافی پروبروبی	
شرح استاندارد آموزش شغل :	
کارور دستگاه نانولیتوگرافی پروبروبی از مشاغل حوزه فناوری نانو بوده و شایستگی هایی از قبیل راه اندازی و کنترل دستگاه، آماده سازی نمونه و تهیه الگوی مورد نظر با پروبروبی بر مبنای AFM و STM را دارد. و با مشاغل حوزه فناوری نانو در ارتباط است.	
ویژگی های کارآموز ورودی :	
حداقل میزان تحصیلات : کارشناسی (متالورژی، مکانیک و الکترونیک)، شیمی و فیزیک حداقل توانایی جسمی و ذهنی : سلامت کامل جسمی، ذهنی مهارت های پیش نیاز : ندارد	
طول دوره آموزش :	
طول دوره آموزش	: ۱۱۵ ساعت
- زمان آموزش نظری	: ۳۰ ساعت
- زمان آموزش عملی	: ۸۵ ساعت
- زمان کارورزی	: - ساعت
- زمان پروژه	: - ساعت
بودجه بندی ارزشیابی (به درصد)	
- کتبی :	۲۵%
- عملی :	۶۵%
- اخلاق حرفه ای :	۱۰%
صلاحیت های حرفه ای مربیان :	
- دارا بودن مدرک کارشناسی ارشد در رشته نانوفناوری، مواد، شیمی، الکترونیک و فیزیک با ۲ سال سابقه کار مرتبط	

*** تعریف دقیق استاندارد (اصطلاحی) :**

نانولیتوگرافی یکی از روش‌های ساخت در مقیاس نانو با رویکرد بالا به پایین است که به طور گسترده در صنایع الکترونیک کاربرد دارد. امروزه در زمینه نانولیتوگرافی از میکروسکوپ‌های پروب روبشی نظیر (AFM=Atomic Force Microscopy) و (STM=Scanning Tunneling Microscopy) برای ایجاد خراش و کندن اتم‌های سطحی در مناطق خاص، حکاکی و یا جابجایی برخی اتم‌های موضعی با اتم‌های مورد نظر، همزمان با تصویربرداری از سطح استفاده می‌شود که تحت عنوان لیتوگرافی پروب روبشی (SPL= Scanning Probe Lithography) شناخته می‌شوند. در میان روش‌های ساخت نانوساختارهای موجود، لیتوگرافی پروب روبشی (SPL) یکی از روش‌های بسیار نویدبخش برای تولید در مقیاس نانو می‌باشد. با استفاده از سوزن‌های تیز و شارپ و همچنین ایجاد برهم‌کنش‌های قوی و موضعی بین سوزن-سطح می‌توان از (SPM=Scanning Probe Microscopy) به عنوان روشی برای دستکاری اتم‌ها بر روی سطوح فلزات و تولید نانوالگوها بر روی سطوح فلزات و نیمه‌هادی‌ها استفاده نمود که این موضوع سبب تسریع در ظهور تکنیک‌های جدید SPL گردیده است. با این حال SPL نمی‌تواند به سرعت روش‌هایی همچون لیتوگرافی نوری و لیتوگرافی الکترونی‌الگوها را تولید کند. اما این روش به علت توانایی در تولید و ایجاد تصویر به طور همزمان و با دقت بسیار بالا، مورد توجه محققان قرار گرفته است. در طول زمان با پیشرفت ابزارها و ظهور تکنولوژی‌های جدید، این تکنیک به صورت روش‌های بسیار پیچیده و دقیق به تحت عنوان نانولیتوگرافی، برای معماری در ابعاد مولکولی و نانو توسعه داده شده‌اند؛ به طوری که در دهه‌های اخیر از این روش به طور وسیع برای ساخت مدارهای مجتمع، ابزارهای ذخیره اطلاعات، سنسورهای مینیاتوریزه شده، سیستم‌های میکروالکترومکانیک (MEMS) و نانوالکترومکانیک (NEMS) تراشه‌های زیستی استفاده می‌شود. امروزه محصولاتی که بطور مستقیم با این روش تولید می‌شوند و یا این روش بخشی از فرایند تولید آن‌هاست، بخش عظیمی از بازار فناوری‌های جدید را بخود اختصاص می‌دهند.

*** اصطلاح انگلیسی استاندارد (و اصطلاحات مشابه جهانی) :**

Scanning Probe Lithography Systems Technician

*** مهم‌ترین استانداردها و رشته‌های مرتبط با این استاندارد :**

*** جایگاه استاندارد شغلی از جهت آسیب‌شناسی و سطح سختی کار :**

- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| الف : جزو مشاغل عادی و کم آسیب | <input type="checkbox"/> | طبق سند و مرجع |
| ب : جزو مشاغل نسبتاً سخت | <input type="checkbox"/> | طبق سند و مرجع |
| ج : جزو مشاغل سخت و زیان‌آور | <input type="checkbox"/> | طبق سند و مرجع |
| د : نیاز به استعلام از وزارت کار | <input checked="" type="checkbox"/> | |

استاندارد آموزش شغل

- شایستگی ها

ردیف	عناوین
۱	راه اندازی دستگاه نانولیتوگرافی پروبروبشی
۲	آماده سازی نمونه
۳	نانولیتوگرافی پروبروبشی بر مبنای AFM
۴	نانولیتوگرافی پروبروبشی بر مبنای STM

	زمان آموزش			عنوان :
	جمع	عملی	نظری	
	۱۷	۱۲	۵	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
رایانه				دانش :
وسایل کمک آموزشی				- مفهوم لیتوگرافی، انواع و کاربردها
کپسول آشنشانی				- نانولیتوگرافی پروب روبشی ، کاربردها، مزایا و معایب
جعبه کمک های اولیه				-بخش های مختلف دستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی
وایت برد				-انواع پورت ها و نحوه اتصال آن ها
ماژیک وایت برد				-اصول راه اندازی دستگاه لیتوگرافی پروب روبشی
نوشت افزار				-اصول جایگذاری پروب بر روی دستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی
دستگاه نانولیتوگرافی پروب				-اصول جایگذاری و برداشت نمونه
روبشی				-اصول تمیز کردن و نگهداری دستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی
لباس کار				-عیوب احتمالی دستگاه و نحوه رفع عیوب
دستکش				-اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی
کفش مخصوص آزمایشگاه				مهارت :
				-رعایت موارد ایمنی
				-اتصال پورت های ورودی
				-راه اندازی دستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی
				-جایگذاری و برداشت نمونه
				- تمیز نمودن دستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی
				نگرش :
				-دقت در انجام کار
				-پیروی از دستورالعمل ها
				-استفاده و نگهداری مناسب و صحیح از تجهیزات و ابزار
				-درک استفاده بهینه از انرژی

	زمان آموزش			عنوان : راه اندازی دستگاه نانولیتوگرافی پروب روبشی
	جمع	عملی	نظری	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
	<p>ایمنی و بهداشت :</p> <p>- رعایت اصول ارگونومی</p> <p>- رعایت موارد ایمنی</p> <p>- استفاده از وسایل حفاظت فردی (لباس کار، دستکش، کفش مخصوص آزمایشگاه)</p>			
	<p>توجهات زیست محیطی :</p> <p>- آراستگی محیط کار</p> <p>- مدیریت مصرف انرژی</p> <p>- نصب صحیح پورت فاضلاب جهت جلوگیری از آلودگی محیط زیست</p>			

	زمان آموزش			عنوان: آماده سازی زیرلایه
	جمع	عملی	نظری	
	۱۸	۱۳	۵	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
رایانه وسایل کمک آموزشی کپسول آتشنشانی جعبه کمک های اولیه وایت برد ماژیک وایت برد نوشت افزار مواد مخصوص آماده سازی ماسک بر روی زیرلایه خشک کن الکل استون لباس کار دستکش کفش مخصوص آزمایشگاه				دانش :
				-اصول تمیز نمودن زیرلایه
				-انواع زیرلایه های مناسب برای نانولیتوگرافی پروب روبشی و ویژگی آنها
				-اصول آماده سازی الگو
				-تاثیر آلودگی زیرلایه بر کیفیت نانولیتوگرافی
				-اصول ماسک گذاری
				-اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی
				مهارت :
				-رعایت موارد ایمنی
				- برش و تمیز نمودن و خشک کردن زیرلایه
				-آماده سازی الگو
				-ماسک گذاری
				نگرش :
				-دقت در انجام کار -پیروی از دستورالعمل ها -استفاده و نگهداری مناسب و صحیح از تجهیزات و ابزار -درک استفاده بهینه از انرژی
				ایمنی و بهداشت :
			-رعایت اصول ارگونومی -رعایت موارد ایمنی -استفاده از وسایل حفاظت فردی(لباس کار، دستکش، کفش مخصوص آزمایشگاه)	
			توجهات زیست محیطی :	
			-آراستگی محیط کار -مدیریت مصرف انرژی -نصب صحیح پورت فاضلاب جهت جلوگیری از آلودگی محیط زیست	

	زمان آموزش			عنوان : نانولیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای AFM
	جمع	عملی	نظری	
	۴۰	۳۰	۱۰	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
رایانه				دانش :
وسایل کمک آموزشی				- دستگاه AFM ، مدهای کاری و کاربردها
کپسول آشنشانی				- کاربرد نانولیتوگرافی بر پایه AFM
جعبه کمک های اولیه				- لیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای AFM
واپت برد				- انواع سوزن AFM
ماژیک واپت برد				-مد کارکرد لیتوگرافی AFM
نوشت افزار				- نحوه حمل کاتالیست به نقاط واکنشی فعال سطحی توسط سوزن AFM
دستگاه لیتوگرافی پروب				-نحوه اتصال مولکول ها بر روی سطوح توسط سوزن AFM
رویشی				- اکسیداسیون موضعی مستقیم سطوح
لباس کار				-پارامترهای موثر در لیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای AFM
دستکش				-اصول وارد کردن الگو لیتوگرافی
کفش مخصوص آزمایشگاه				-اصول انتخاب پروب مناسب
				-اصول کنترل فرایند لیتوگرافی
				-روش محاسبه نرخ لیتوگرافی
				-اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی
				-موارد ایمنی
				-اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی
				مهارت :
				-رعایت موارد ایمنی
				-اجرای الگو لیتوگرافی در نرم افزار سیستم
				- لیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای AFM
				- کنترل فرایند لیتوگرافی
				نگرش :
				-دقت در انجام کار
				-پیروی از دستورالعمل ها
				-استفاده و نگهداری مناسب و صحیح از تجهیزات و ابزار
				-درک استفاده بهینه از انرژی

	زمان آموزش			عنوان : نانولیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای AFM
	جمع	عملی	نظری	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
	ایمنی و بهداشت : - رعایت اصول ارگونومی - رعایت موارد ایمنی هنگام نصب پورت ها و راه اندازی - استفاده از وسایل حفاظت فردی (لباس کار، دستکش، کفش مخصوص آزمایشگاه)			
	توجهات زیست محیطی : - آراستگی محیط کار - مدیریت مصرف انرژی			

	زمان آموزش			عنوان : نانولیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای STM
	نظری	عملی	جمع	
	۱۰	۳۰	۴۰	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
رایانه وسایل کمک آموزشی کپسول آشنشانی جعبه کمک های اولیه وایت برد ماژیک وایت برد نوشت افزار دستگاه لیتوگرافی پروب روبشی لباس کار دستکش کفش مخصوص آزمایشگاه	دانش :			
				- دستگاه STM ، مدهای کاری و کاربردها
				- لیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای STM
				- کاربرد نانولیتوگرافی بر پایه STM
				- انواع سوزن STM
				- اصول تعیین اندازه موثر پروب
				- مفهوم جریان ثابت و ارتفاع ثابت در لیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای STM
				- تولید الگو با نشر میدانی
				- تولید الگو با الکترون القا شده تونل زنی
				- تولید الگو با برهمکنش بین اتمی /مولکولی
				- تولید الگو با میدان موضعی
				- پارامترهای موثر در لیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای AFM
				- اصول انتخاب پروب مناسب
				- اصول کنترل فرایند لیتوگرافی
				- روش محاسبه نرخ لیتوگرافی
				- اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی
				- موارد ایمنی
				- اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی
				مهارت :
				- رعایت موارد ایمنی
			- اجرای الگو لیتوگرافی در نرم افزار سیستم	
			- تعیین اندازه موثر پروب	
			- انتخاب سوزن مناسب با کاربرد	
			- انتخاب بهترین روش برای نانولیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای STM بر اساس کاربرد	
			- نانولیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای STM	
			- کنترل فرایند نانولیتوگرافی	

	زمان آموزش			عنوان : نانولیتوگرافی پروب روبشی بر مبنای STM
	جمع	عملی	نظری	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
	<p>نگرش :</p> <ul style="list-style-type: none"> -دقت در انجام کار -پیروی از دستورالعمل ها -استفاده و نگهداری مناسب و صحیح از تجهیزات و ابزار -درک استفاده بهینه از انرژی 			
	<p>ایمنی و بهداشت :</p> <ul style="list-style-type: none"> -رعایت اصول ارگونومی -رعایت موارد ایمنی هنگام نصب پورت ها و راه اندازی -استفاده از وسایل حفاظت فردی(لباس کار، دستکش، کفش مخصوص آزمایشگاه) 			
	<p>توجهات زیست محیطی :</p> <ul style="list-style-type: none"> -آراستگی محیط کار -مدیریت مصرف انرژی 			

۳- برگه استاندارد تجهیزات

ردیف	نام	مشخصات فنی و دقیق	تعداد	توضیحات
۱	دستگاه نانو لیتوگرافی پروب- رویشی AFM و STM	Multi Mode SPM	۱ دستگاه	
۲	دستگاه حمام التراسونیک	۳ لیتری	۱ دستگاه	
۳	استیلایزر	فاراتل مدل STB۲۰۰۰	۱ دستگاه	

توجه:

- تجهیزات برای یک کارگاه به ظرفیت ۱۵ نفر در نظر گرفته شود.

۴- برگه استاندارد مواد

ردیف	نام	مشخصات فنی و دقیق	تعداد	توضیحات
۱	الکل	خلوص ۹۹/۹۹	۱ لیتر برای هر دوره	
۲	استون	خلوص ۹۹/۹۹	۱ لیتر برای هر دوره	
۳	چسب نقره	چسب رسانای تک جزئی نقره آرسین	۱۰ گرم	
۴	پروب AFM تماسی	Bruker AFM Probes	۵ عدد	
۵	پروب STM	سیم های تنگستنی، Pt-Ir و Pt-Rh	هر کدام یک رول یک متری	

توجه:

- مواد به ازاء یک نفر و یک کارگاه به ظرفیت ۱۵ نفر محاسبه شود.

۵- برگه استاندارد ابزار

ردیف	نام	مشخصات فنی و دقیق	تعداد	توضیحات
۱	رایانه	کامپیوتر رومیزی ویندوز ۷	۱ عدد	
۲	پروژکتور	MP-CL\ Portable	۱ عدد	
۳	کپسول آتشنشانی	۶ کیلو گرمی کف شیمیایی و CO ₂	۲ عدد	
۴	جعبه کمک های اولیه	با تمام وسایل	۱ جعبه	
۷	وایت برد	بزرگ	۱ عدد	
۸	ماژیک وایت برد	در رنگ های مختلف	از هر کدام ۱ عدد برای هر دوره	
۹	لباس کار	مخصوص آزمایشگاه	۱ دست برای هر نفر	
۱۰	کفش	مخصوص آزمایشگاه	۱ جفت برای هر نفر	
۱۱	ماسک ایمنی	فیلتر دار	۲ عدد برای هر نفر	
۱۲	دستکش	نخی	۱ جفت برای هر نفر	

توجه: ابزار به ازاء هر سه نفر محاسبه شود.

– منابع و نرم افزار های آموزشی (اصلی مورد استفاده در تدوین و آموزش استاندارد)

ردیف	عنوان منبع یا نرم افزار	مؤلف	مترجم	سال نشر	محل نشر	ناشر یا تولید کننده
۱	مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو	باشگاه نانو	-	۱۳۹۱	تهران	کوچک آموز
۲	فیزیک لایه های نازک	لودمیلا اکرخوا	دکتر هادی سوالونی	۱۳۸۵	تهران	مرکز نشر دانشگاهی

– سایر منابع و محتواهای آموزشی (پیشنهادی گروه تدوین استاندارد) علاوه بر منابع اصلی

ردیف	نام کتاب یا جزوه	سال نشر	مؤلف / مولفین	مترجم / مترجمین	محل نشر	ناشر	توضیحات
۱	Nanolithography: The Art of Fabricating Nanoelectronic and Nanophotonic Devices and Systems	۲۰۰۴	M Feldman	-	USA	Elsevier Science	
۲	Nanolithography and Patterning Techniques in Microelectronics	۲۰۰۵	D Bucknall	-	USA	CRC Press	
۳	Nanotechnology ۱۰۱	۲۰۰۷	Mongillo, J.	-	UK	GreenWood Press	

فهرست سایت های قابل استفاده در آموزش استاندارد

ردیف	عنوان
۱	www.edu.nano.ir
۲	www.nanosun.ir