

معاونت پژوهش، برنامه‌ریزی و سنجش مهارت

دفتر پژوهش، طرح و برنامه‌ریزی درسی

استاندارد آموزش شغل

طراح سیستم های نانو الکترومکانیکی

گروه شغلی

فناوری نانو

کد ملی آموزش شغل

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|--------------|------------|---|---|-----------|---|---|------------------|---|---|------|
| ۲ | ۱ | ۴ | ۹ | ۴ | ۰ | ۹ | ۵ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ |
| Isco-08 | | | | سطح مهارت | شناسه گروه | | | شناسه شغل | | | شناسه شایستگی | | | نسخه |

۲۱۴۹-۹۵-۰۰۲-۱

تاریخ تدوین استاندارد: ۱۳۹۴/۰۲/۱



نظارت بر تدوین محتوا و تصویب : دفتر طرح و برنامه های درسی
کد ملی شناسایی آموزش شغل: ۱-۰۲-۹۵-۲۱۴۹

اعضاء کمیسیون تخصصی برنامه ریزی درسی رشته فناوری نانو :

علی موسوی

محمد رضا سیابانی

سید نورالدین موسوی

رامک فرح آبادی

لیلا فرهادی راد

بیبا بهمنیار باروق

حوزه های حرفه ای و تخصصی همکار برای تدوین استاندارد آموزش شغل:
-اداره کل آموزش فنی و حرفه ای استان آذربایجان شرقی

فرآیند اصلاح و بازنگری :

-

-

آدرس دفتر طرح و برنامه های درسی

تهران ، خیابان آزادی ، خیابان خوش شمالی ، نبش خیابان نصرت ، ساختمان شماره ۲ ، سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور ، پلاک

۹۷

تلفن ۶۶۵۶۹۹۰۷ - ۶۶۹۴۴۱۲۰

دورنگار ۶۶۹۴۴۱۱۷

آدرس الکترونیکی : Barnamehdarci@yahoo.com



تهیه کنندگان استاندارد آموزش شغل شایستگی

| ردیف | نام و نام خانوادگی | آخرین مدرک تحصیلی | رشته تحصیلی | شغل و سمت | سابقه کار مرتبط | آدرس ، تلفن و ایمیل |
|------|--------------------|-------------------|-----------------------|---|-----------------|---|
| ۱ | روزبه جعفری | کارشناسی ارشد | مهندسی نانو الکترونیک | مربی | ۳ سال | تلفن ثابت : تلفن همراه : ۰۹۱۴۱۰۶۸۶۷۵ ایمیل : _____ rzbhjafari@gmail.com |
| ۲ | مهرداد سیاهسر | کارشناسی ارشد | مهندسی نانو الکترونیک | کارشناس مدعو | ۳ سال | تلفن ثابت : تلفن همراه : ایمیل : آدرس : |
| ۳ | علی محمدی سفیدان | کارشناسی ارشد | مهندسی مکانیک | مربی | ۲ سال | تلفن ثابت : تلفن همراه : ۰۹۱۴۷۳۷۰۷۱۶ ایمیل : ams.۱۳۶۷@yahoo.com |
| ۴ | امیر لطفی | کارشناسی ارشد | فیزیک حالت جامد | پژوهشگر | ۴ سال | تلفن ثابت : تلفن همراه : ۰۹۱۴۱۰۱۶۲۹۹ ایمیل : آدرس : |
| ۵ | بیبا بهمنیار باروق | کارشناسی | مهندسی مواد | مسئول گروه برنامه ریزی درسی فناوری نانو | ۹ سال | تلفن ثابت : ۰۲۱-۶۶۵۶۹۹۰۰ تلفن همراه : ایمیل : آدرس : دفتر طرح و برنامه های |



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 :

نقشه‌ی 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 حرفه‌ای 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: | |
| طراح سیستم‌های نانو الکترو مکانیکی | |
| شرح استاندارد آموزش شغل : | |
| طراح سیستم‌های نانو الکترو مکانیکی از مشاغل حوزه فناوری نانو بوده و شایستگی‌هایی از قبیل طراحی اولیه و شبیه سازی، طرح ریزی پروژه ساخت و شبیه سازی، نظارت بر تست سیستم پس از ساخت را دارد. | |
| ویژگی های کارآموز ورودی : | |
| حداقل میزان تحصیلات : کارشناسی مواد، فیزیک، الکترونیک، مکانیک، شیمی، کامپیوتر | |
| حداقل توانایی جسمی و ذهنی : سلامت کامل جسمی، ذهنی | |
| مهارت های پیش نیاز : ندارد | |
| طول دوره آموزش : | |
| طول دوره آموزش | : ۱۱۶ ساعت |
| - زمان آموزش نظری | : ۳۶ ساعت |
| - زمان آموزش عملی | : ۸۰ 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 مهندسی نانو الکترونیک، الکترونیک، مکانیک و فیزیک با ۲ سال سابقه کار مرتبط | |



* تعریف دقیق استاندارد (اصطلاحی) :

سیستم‌های نانوالکترومکانیکی (Nanoelectromechanical Systems) شامل دو بخش الکترونیکی و مکانیکی می‌باشند که در مقیاس نانو طراحی و ساخته شده و کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌های صنعت و پزشکی دارند. به منظور طراحی این سیستم‌ها، ابتدا باید بر اساس نیاز مطرح شده طراحی اولیه انجام پذیرفته و شبیه‌سازی‌های عددی برای بررسی کارکرد صحیح طراحی اولیه و انجام تغییرات احتمالی، انجام پذیرد. برای ساخت سیستم فوق، پروسه ساخت به ترتیب بر روی Runcard نوشته شده و پس از شبیه‌سازی مراحل کار در نرم‌افزارهای مربوطه، Runcard نهایی به اتاق تمیز تحویل داده می‌شود. تست نهایی سیستم آخرین مرحله در طراحی NEMS می‌باشد.

* اصطلاح انگلیسی استاندارد (و اصطلاحات مشابه جهانی) :

- Nano electromechanical System Designer

* مهم ترین استانداردها و رشته های مرتبط با این استاندارد :

* جایگاه استاندارد شغلی از جهت آسیب شناسی و سطح سختی کار :

- الف : جزو مشاغل عادی و کم آسیب طبق سند و مرجع
- ب : جزو مشاغل نسبتاً سخت طبق سند و مرجع
- ج : جزو مشاغل سخت و زیان آور طبق سند و مرجع
- د : نیاز به استعلام از وزارت کار



استاندارد آموزش شغل

- شایستگی ها

| ردیف | عناوین |
|------|---------------------------------|
| ۱ | طراحی اولیه و شبیه سازی |
| ۲ | طرح ریزی پروسه ساخت و شبیه سازی |
| ۳ | نظارت بر تست سیستم پس از ساخت |



استاندارد آموزش

- برگه‌ی تحلیل آموزش

| | زمان آموزش | | | عنوان : طراحی اولیه و شبیه سازی |
|--|--|------|------|---|
| | جمع | عملی | نظری | |
| | ۶۳ | ۴۵ | ۱۸ | |
| تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی | دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط | | | |
| رایانه | | | | دانش : |
| وسایل کمک آموزشی | | | | - سیستم‌های الکترومکانیکی |
| کپسول آشنشانی | | | | - سیستم‌های میکرو- و نانو الکترومکانیکی |
| جعبه کمک های اولیه | | | | - اتاق تمیز (Clean Room) |
| وایت برد | | | | - پروسه ساخت در ابعاد نانو (Nanofabrication) |
| ماژیک وایت برد | | | | - روش های نانولیتوگرافی (Nanolithography) |
| نوشت افزار | | | | - روش های لایه نشانی در مقیاس نانو |
| برگه A۴ | | | | - روش های حکاکی و الگوسازی در مقیاس نانو (Etching و Patterning) |
| اتاق تمیز | | | | - ماتریس کمی مقایسه مشخصات سیستم با نیاز مطرح شده |
| | | | | - با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی (Silvaco، COMSOL، Intellisuite) |
| | | | | - نحوه شبیه سازی سیستم |
| | | | | - اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی |
| | | | | مهارت : |
| | | | | - تشکیل ماتریس مقایسه |
| | | | | - طراحی کلی سیستم NEMS |
| | | | | - شبیه سازی نرم‌افزاری سیستم |
| | | | | - تصحیح خطاها و تکمیل |



استاندارد آموزش

- برگه‌ی تحلیل آموزش

| | زمان آموزش | | | عنوان : طراحی اولیه و شبیه سازی |
|--|---|------|------|------------------------------------|
| | جمع | عملی | نظری | |
| | | | | |
| تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی | دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط | | | |
| | نگرش : -انتخاب بهینه مواد مصرفی مورد نیاز در طراحی برای ساخت -توجه به سازگاری سیستم با محیط کاری آن -دقت در انجام کار -پیروی از دستورالعمل ها | | | |
| | ایمنی و بهداشت : -رعایت اصول ارگونومی | | | |
| | توجهات زیست محیطی : -آراستگی محیط کار -مدیریت مصرف انرژی | | | |



استاندارد آموزش
- برگه‌ی تحلیل آموزش

| | زمان آموزش | | | عنوان : طرح ریزی پروسه ساخت و شبیه سازی |
|---|--|------|-----|--|
| | نظری | عملی | جمع | |
| | ۱۰ | ۲۵ | ۳۵ | |
| 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 برگه A۴ | دانش : | | | |
| | -نحوه طراحی ماسک | | | |
| | - نرم افزار L-Edit | | | |
| | -روش شبیه سازی پروسه ساخت با نرم افزار Intellisuite | | | |
| | -مفهوم Run card | | | |
| | - اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی | | | |
| | مهارت : | | | |
| | -طراحی ماسک در نرم افزار L-Edit | | | |
| | -نگارش Run card | | | |
| | -شبیه سازی در نرم افزار Intellisuite | | | |
| | -تصحیح خطاها و تکمیل پروسه | | | |
| | -شبیه سازی عملکرد سیستم پس از طی پروسه ساخت در نرم افزار Intellisuite | | | |
| | -پر کردن ماتریس مقایسه با نتایج شبیه سازی | | | |
| | نگرش : | | | |
| | -توجه به تطابق محیط شبیه سازی با محیط کاری سیستم به هنگام شبیه سازی عملکرد | | | |
| -دقت در نگارش و شبیه سازی | | | | |
| -پیروی از دستورالعمل ها | | | | |
| -انتخاب بهینه مواد مصرفی مورد نیاز در طراحی برای ساخت | | | | |
| ایمنی و بهداشت : | | | | |
| - رعایت اصول ارگونومی | | | | |
| توجهات زیست محیطی : | | | | |
| -آراستگی محیط کار | | | | |
| -مدیریت مصرف انرژی | | | | |



استاندارد آموزش

- برگه‌ی تحلیل آموزش

| | زمان آموزش | | | عنوان : |
|--|--|------|------|--|
| | جمع | عملی | نظری | |
| | ۲۸ | ۲۰ | ۸ | |
| تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی | دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط | | | نظارت بر تست سیستم پس از ساخت |
| رایانه | | | | دانش : |
| وسایل کمک آموزشی | | | | - روش های اندازه‌گیری خواص |
| کپسول آتشنشانی | | | | - روش های سنجش طول در مقیاس نانو |
| جعبه کمک های اولیه | | | | - روش های سنجش جرم در مقیاس نانو |
| وایت برد | | | | - روش های سنجش پارامترهای الکتریکی در مقیاس نانو |
| ماژیک وایت برد | | | | - اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی |
| نوشت افزار | | | | مهارت : |
| برگه A4 | | | | - رعایت موارد ایمنی |
| تخته پاک‌کن | | | | - اندازه‌گیری خواص مکانیکی سیستم |
| نوشت افزار | | | | - اندازه‌گیری خواص الکترونیکی سیستم |
| برگه | | | | - اندازه‌گیری خواص شیمیایی سیستم |
| اتاق تمیز | | | | - پر کردن ماتریس مقایسه و تطبیق آن با ماتریس شبیه سازی |
| میکروسکوپ SEM | | | | نگرش : |
| میکروسکوپ AFM | | | | - توجه به فاکتور کیفیت یا هزینه که در اولویت درخواست است |
| نانوآمپر متر | | | | - دقت در انجام اندازه‌گیری‌ها و تطبیق جداول |
| میکروسکوپ HRTEM | | | | - پیروی از دستورالعمل‌ها |
| | | | | ایمنی و بهداشت : |
| | | | | - رعایت اصول ارگونومی |
| | | | | توجهات زیست محیطی : |
| | | | | - آراستگی محیط کار |
| | | | | - مدیریت مصرف انرژی |



– برگه استاندارد تجهیزات، ابزار و مواد مصرفی

| ردیف | نام | مشخصات فنی و دقیق | تعداد | توضیحات |
|------|------------------------|--|-------------------------------|--|
| ۱ | سیستم کامپیوتری | Core-iv, ۸G RAM, ۵۰۰G Hard | ۱۵ | |
| ۲ | میکروسکوپ SEM | با متعلقات | ۱ عدد | |
| ۳ | میکروسکوپ AFM | دارای قابلیت کار در محیط بیولوژیکی | ۱ عدد | |
| ۴ | نانوآمپرمتر | با دقت ۰/۰۱ | ۳ عدد | |
| ۵ | میکروسکوپ HRTEM | با متعلقات | ۱ عدد | |
| ۶ | اتاق تمیز و پروسه ساخت | برای مقیاس نانو | ۱ واحد | دارای قابلیت لیتوگرافی، لایه نشانی و حکاکی در مقیاس نانو |
| ۷ | وایت برد | بزرگ | ۱ عدد | |
| ۸ | ماژیک وایت برد | در رنگ های مختلف | از هر کدام ۱ عدد برای هر دوره | |
| ۹ | تخته پاک کن | مخصوص وایت برد | ۲ عدد | |
| ۱۰ | برگه | A۴ | ۳ بسته | |
| ۱۱ | نوشت افزار | مداد و خودکار | ۲ عدد از هر کدام | |
| ۱۲ | کپسول آتشنشانی | ۶ کیلو گرمی کف شیمیایی و CO _۲ | ۲ عدد | |
| ۱۳ | جعبه کمک های اولیه | با تمام وسایل | ۱ جعبه | |
| ۱۴ | وسایل کمک آموزشی | سری کامل | ۱ سری | |

توجه :

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

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

– 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 | مقدمه ای بر فناوری نانو | چارلز پی. پول، فرانک جی. اونسز | نیما تقوی نیا | ۱۳۹۳ | تهران | کوچک آموز |
| ۲ | مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو | باشگاه نانو | - | ۱۳۹۱ | تهران | کوچک آموز |
| ۳ | Silvaco | Ivan Pesic | - | - | http://www.silvaco.com/ | Silvaco |
| ۴ | IntelliSuite | IntelliSense | - | - | http://www.intellisense.com/index.aspx | IntelliSense |
| ۵ | L-Edit | Tanner-EDA | - | - | www.tannereda.com/l-edit-pro | |
| ۶ | COMSOL | Svante Littmarck | - | - | www.comsol.com | |
| ۷ | مروری بر فرآیندها و تجهیزات تولید مواد نانو | مهندس امیر بهرامی | - | ۱۳۸۷ | تهران | شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو |



– 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 | MEMS Materials and Processes Handbook | ۲۰۱۱ | Reza Ghodssi, Pinyen Lin | – | New York | Springer | – |
| ۲ | Nano- and Micro electromechanical Systems | ۲۰۰۱ | Sergey Edward Lyshevski | – | Florida | CRC Press | – |
| ۳ | Nanofabrication Techniques and Principles | ۲۰۱۱ | Maria Stepanova, Steven Dew | – | New York | Springer | – |

فهرست سایت های قابل استفاده در آموزش استاندارد

| ردیف | عنوان |
|------|---|
| ۱ | http://www.edu.nano.ir/ |
| ۲ | http://www.silvaco.com/ |
| ۳ | http://www.intellisense.com/index.aspx |
| ۴ | www.nextnano.com |
| ۵ | http://www.tannereda.com/l-edit-pro |
| ۶ | http://iranmems.ir/ |

فهرست معرفی نرم افزارهای سودمند و مرتبط

(علاوه بر نرم افزارهای اصلی)

| ردیف | عنوان نرم افزار | تهیه کننده | آدرس | توضیحات |
|------|-----------------|-----------------|--|---------|
| ۱ | Nextnano | Stefan Birner | www.nextnano.com | – |
| ۲ | CST | Thomas Weiland | www.cst.com | – |
| ۳ | ANSYS | John A. Swanson | www.ansys.com | – |