

## آموزش پلیمر در پژوهشگاه شیمی فرهنگستان علوم چین

هوری میوه چی

عضو هیئت مدیره انجمن پلیمر ایران

### واژه های کلیدی:

دوره آموزشی  
آموزش تحصیلات تکمیلی  
طرح های پژوهشی

### چکیده

این گزارش به نقل از یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی است که دوره دکتری را در پژوهشگاه شیمی فرهنگستان علوم چین سپری کرده است. روند تحصیلات تکمیلی در بخش علوم و مواد پلیمر این گونه است که دانشجویان مقطع دکتری به مدت یکسال دوره جامع آموزشی رشته پلیمر را می گذرانند و سپس دست کم به مدت ۴ سال، پس از گذراندن فعالیت های پژوهشی در آزمایشگاه های خاص به طرح های مشخص با حمایت و اعتبار مالی می پردازند و پس از تکمیل فعالیت ها، با نوشتن رساله از آن دفاع می کنند. محیط علمی، آموزشی و پژوهشی مناسب در فرهنگستان علوم چین، زمینه انجام تحقیقات پیشرفته را با همکاری بین آزمایشگاهی دیگر مراکز پژوهشی فراهم کرده است. ارزیابی عملکرد فرهنگستان موید رضایت متقابل دانشجویان و استادان از فرایندهای آموزشی و پژوهشی است.

### مقدمه

دانشجویی با نام آقای "وای مینگ ما" در پژوهشگاه شیمی فرهنگستان علوم در سپتامبر ۲۰۰۲ ثبت نام کرد و دوره یکساله را در کالج تحصیلات تکمیلی، که به نام دانشگاه علوم فرهنگستان چین در سال ۲۰۱۲ تغییر یافته، سپری کرد. وی کار پژوهشی خود را در آزمایشگاه در سال ۲۰۰۳ آغاز کرد. عنوان پژوهش ایشان تحت نظارت من، "بلوری شدن و انتقال فاز جامد پلیمرها در کربن دیواکسید فوق بحرانی" بود. با توجه به مشخص بودن جزئیات طرح پژوهشی که توسط بنیاد علوم طبیعی چین تأیید شده بود، موضوع شامل اهداف

پژوهشی، فعالیت‌های تجربی مورد نیاز، نحوه تهیه نمونه‌ها، مشخصه‌یابی آن‌ها و خلاصه برنامه کاری از پیش مشخص شده بود.

با توجه به ضرورت ابتکار در عمل و رویکرد انجام پژوهش، من فقط اهداف طرح را در سه سطح مطرح کردم: مجموعه پدیده‌ها، روش دستیابی به آن‌ها و یافتن سازوکارها در انجام پژوهش.

۱۲ ماه بعد این دانشجو اولین مقاله خود را در ماکرومولکول به چاپ رساند. سپس ۳ مقاله دیگر را تا سال ۲۰۰۵ و یک مقاله مروری دیگر را به زبان چینی در سال ۲۰۰۶ چاپ کرد. به علاوه ۳ مقاله نیز تا سال ۲۰۰۷ به چاپ رسانید. در کل وی موفق شد ۹ مقاله به چاپ رساند. پس از فارغ‌التحصیل شدن، دکتر ما همکاری خود را با شرکت داو کیمیکال (Dow Chemical) در شهر شانگهای که قبل از پایان تحصیلات قرار داد بسته بود شروع کرد.

**آموزش پلیمر در کشور چین**

این موضوع در سخنرانی آیوپاک ماکرو سال ۲۰۱۴ گنجانده شد و سردبیر مجله سمپوزیا ماکرومولکول و مدیر سمپوزیوم پروفیسور مورمان (Prof Mormann)، برنامه کلی آموزش پلیمر نسل جدید را در دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و علوم آکادمی ارائه داد. جمع آوری آمار رسمی بسیار وقت گیر است و پرداختن به مجموعه واحدهای آموزشی بسیار دشوار و خارج از حوصله این مقاله است، در ضمن شامل کل مراکز کشور چین نمی‌شود.

فهرست شرکت کنندگان و پژوهشگاه‌های آن‌ها در سمپوزیوم مهم ملی پلیمر در چین بر پایه اطلاعات مستند در سال ۲۰۱۳ بالغ بر ۳۰۰۰ نفر بود. در این سمینار بر اساس انتظار عمومی هدف آن ارائه آخرین و برجسته‌ترین دستاوردهای علمی در پیشبرد و توسعه علمی و آشنایی با یکدیگر بوده است. در سال ۲۰۱۴ نیز سمپوزیوم علوم و مهندسی مواد پلیمری برگزار شد. در این همایش، بیش از ۶۰۰ نفر شرکت کرده بودند. تعداد مراکز پژوهشی - دانشگاهی و پژوهشگاه‌های فعال در زمینه پلیمر بیش از ۱۷۰ در کل سرزمین چین است. البته این مراکز وظایف و معیارها و برنامه‌های متفاوت برای اعطای مدارک کارشناسی دارند. برای اخذ مدرک در تحصیلات تکمیلی، دانشجویان موظف به چاپ مقالات در مجلات معتبر و تحت داوری جهانی هستند.

تعداد و گسترش آموزش علوم پلیمر انعکاسی از اهمیت و جهان مدار شدن مواد پلیمری است.

آموزش تحصیلات تکمیلی در فرهنگستان علوم چین روند کامل آموزش از سطح کارشناسی برای اخذ مدرک دکتری در همه مراکز دانشگاهی و پژوهشگاهی چین ۵ سال به طول می‌انجامد. این دوره شامل یکسال آموزش جامع و حداقل ۴ سال فعالیت پژوهشی آزمایشگاهی تحت نظر استاد راهنمای خود در هر مرکز خاص است. واحد کل مورد نیاز برای اخذ مدرک دکتری ۴۲ واحد است که شامل ۵ واحد الزامی و ۳۷ واحد آموزش دوره است. بخش الزامی آن شامل ارائه کتبی پیشنهاد طرح پژوهشی، موفقیت در ارزیابی میان ترمی، ارائه گزارش علمی، شرکت فعال در همایش‌های علمی مربوط و دفاع از رساله در هر مرکز پژوهشی است. ۳۷ واحد دوره شامل ۳۱ واحد یا بیشتر در سال اول و ۶ واحد یا بیشتر برای دوره دکتری است (۲ واحد دوره انگلیسی برای مقطع دکتری) و ۴ واحد برای دوره ویژه در بخش نهایی است. بخش مهم ۳۱ واحد شامل ۱۹ واحد دوره اجباری (۱۲ واحد آن تخصصی و ۷ واحد آن عمومی) و سایر واحدها از دوره‌های اختیاری کسب می‌شوند. دوره‌های مرتبط با نیازهای شیمی و فیزیک پلیمر از میان جدول‌های ۱ تا ۳ انتخاب می‌شوند. دوره‌های عمومی شیمی و فیزیک پلیمر در جدول ۱ و دوره‌های ویژه شیمی و فیزیک پلیمرها در جدول ۲ و دوره آزمایشگاهی شیمی و فیزیک پلیمرها در جدول ۳ آمده است. همه دانشجویان دکتری جدا از درس اختیاری و اجباری و ویژه باید در ارائه پژوهش علمی از ابتکار عمل و خلاقیت لازم برخوردار باشند. باید حداقل ۴ سال فعالیت پژوهشی تحت نظارت اساتید راهنما در آزمایشگاه انجام شود. عنوان‌های پژوهشی توسط اساتید و به ویژه از طرح‌هایی که مورد حمایت مالی ملی و یا بین‌المللی است، انتخاب می‌شود و باید دارای نوآوری و نگرش مبتکرانه باشد تا به انتشار مقالات علمی داوری شده در سطح بین‌المللی و یا داخلی بینجامد که پیوست رساله دکتری می‌شود.

۸۶ | فصل‌نامه علمی - ترویجی پژوهش و توسعه فناوری پلیمر ایران

جدول ۱ دوره‌های عمومی شیمی و فیزیک پلیمر

واحد	کلاس (زمان/ ساعت)	دوره
۲	۴۰	فیزیک پلیمر
۲	۴۰	شیمی پلیمر
۲	۴۰	پلیمرهای عامل‌دار
۲	۴۰	مواد نرم
۲	۴۰	فراورش مواد پلیمری
۲	۴۰	آمیخته‌های پلیمر و کامپوزیت‌ها
۲	۴۰	تجزیه و شناسایی پلیمر
۲	۴۰	شبیه‌سازی نظری و کاربرد
۲	۴۰	مواد عامل‌دار پیشرفته
۲	۴۰	شیمی غشاها
۲	۴۰	اصول و کاربرد طیف‌بینی *EPR

\*رزونانس پارامگنتیک الکترونی

جدول ۲ دوره‌های ویژه شیمی و فیزیک پلیمر

واحد	کلاس (زمان/ ساعت)	دوره
۲	۴۰	نور شیمی پلیمر
۱/۵	۳۰	پلیمرهای طبیعی
۲	۴۰	تجزیه و تحلیل ساختاری و بلورها
۲	۴۰	تجزیه و تحلیل طیف بینی ترکیبات آلی

جدول ۳ دوره‌های تجربی شیمی و فیزیک پلیمر

واحد	کلاس (زمان/ ساعت)	دوره
۱	۴۰	سنتز پلیمر و قالب‌گیری
۲	۷۰	سنتز پیشرفته و جداسازی در شیمی آلی و پلیمر
۱	۳۲	کروماتوگرافی و طیف‌سنجی
۱	۲۶	ساختار مواد و تجزیه و تحلیل و خواص

## آموزش پلیمر در پژوهشگاه شیمی فرهنگستان علوم چین

دانشجویانی که با مدرک کارشناسی در این فرهنگستان ثبت نام می‌کنند باید رساله خود را تحت نظارت استادی در پژوهشگاه که در سال ۱۹۵۶ در پکن تاسیس یافته گذرانده، ارائه دهند. این مرکز یک پژوهشگاه چند نظمی است که به مسائل بنیادی علوم شیمیایی می‌پردازد و توسعه کلیدی و ابتکار در فناوری‌های پیشرفته و مطالعه مسائل ملی و اهداف بلند مدت راهبردی و کاربرد و انتقال فناوری از اهداف آن است. خطوط اصلی پژوهشی در این فرهنگستان شامل علوم پلیمر، شیمی فیزیک، شیمی آلی، شیمی تجزیه و شیمی معدنی با تمرکز بر زمینه‌های زیر است: مرزهای مولکولی و نانو مولکولی، مواد آلی و پلیمر، شیمی زیست شناختی و انرژی و شیمی سبز. در این مسیر دانشجویان پس از اخذ مدرک کارشناسی، نقش مهمی در تحقق اهداف و فعالیت‌های پژوهشی این مرکز به عهده دارند. عنوان‌های پژوهشی آن‌ها از طرح‌های حمایت شده مالی، بطور مشخص از بنیاد علوم طبیعی ملی انتخاب می‌شوند. در بخش مواد پلیمری، فرهنگستان دارای سه بخش آزمایشگاهی است.

الف: آزمایشگاه کلیدی دولتی فیزیک و شیمی پلیمرها که فعالیت آن منحصر به پژوهش‌های بنیادی و ارتباط ساختار و خواص مرتبط با دستگاه‌ها است.  
ب: پژوهشگاه شیمی کاربردی (پژوهشگاه چانگ چون)، که به ویژه به تحقیقات کاربردی و توسعه فناوری مواد پلیمر می‌پردازد.

ج: آزمایشگاه مواد پلیمری پیشرفته که روی سنتز و کاربرد پلیمرها با عملکرد فوق پیشرفته در صنایع هوایی، فضانوردی با رویکرد رفع نیازهای ملی فعالیت دارد. در این آزمایشگاه‌ها پژوهش با تمرکز بر نکات بنیادی به شرح زیر است:

شیمی پلیمر، کاتالیزورهای جدید و مونومرها، روش‌های پلیمر شدن و ساختار زنجیر و کنترل ساختاری، در فیزیک پلیمرها شامل محلول‌های پلیمری، مذاب‌های پلیمری، شبیه‌سازی و تشخیص ساختاری، و در مواد پلیمری و کامپوزیت‌ها شامل فراورده پلیمری و فراورش در مقیاس میکروپلیمرهای دوگانه (دو رگه Hybrid) و فراورش پلیمرهای کارآمد است.

در آغاز کار در آزمایشگاه دانشجویان باید کار با

دستگاه‌هایی مانند طیف بینی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی پویشی، میکروسکوپ الکترونی تونل زنی (STM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، طیف بینی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) را فرا گیرند و پس از قبولی در امتحانات و نحوه صحیح کار با دستگاه‌ها، دانشجویان اجازه رسمی کار مستقل را با دستگاه‌ها در آزمایشگاه دریافت می‌کنند. پژوهش‌های تعیین شده همراه با مطالعات کتابخانه‌ای تحت نظارت استاد راهنما انجام و پیگیری می‌شوند. بطور خاص انجام مشاوره و نشست‌های با دانشجویان، با هدف انتقال توانایی و مهارت‌ها به یکدیگر در استفاده از دستگاه‌ها و روش‌های پژوهشی از فعالیت‌های دوره است. چنین فضای همفکری در محیط پژوهشی فرهنگستان به خوبی نمایان است.

دانشجویان در عین حال از فرصت خوبی برای ملحق شدن به فعالیت‌های فرهنگی بین‌المللی برخوردارند. در فصل‌های گرم سال، سمینارهای علمی دانشجویان تنظیم و اجرا می‌شوند به گونه‌ای که از کارهای پژوهشی خود دور نشوند. بجز سمینارهایی که توسط پژوهشگران بین‌المللی صورت می‌گیرد، تبادل علمی بین‌المللی نیز به شکل فرصت مطالعاتی کوتاه مدت به طور مثال: همکاری چین-اروپا، اردوی تابستانی باسف (BASF)، کالج زمستانی هسته آسیایی و سخنرانی‌ها و کنفرانس‌ها و کارگاه‌ها انجام می‌شود. رساله دکتری (PhD) با عنوان مشخص آن و فصل‌های مختلف و نتایج به زبان چینی نوشته می‌شود. شکل کلی ارائه بخش‌های رساله شامل چکیده، مقدمه، مواد و تجربی، نتایج و بحث و در انتها نتیجه‌گیری است. نتایج چاپ شده باید بطور روشن و منطقی در فصل‌های مربوط به هریک وارد شود و از کپی برداری و چسباندن از مقاله‌های چاپ شده خود داری شود. نتیجه‌گیری نیز باید تصویر روشنی از نتایج و مسیرهای مشخص کار توسط دانشجویی که ۴ سال در امر کار تجربی مشغول بوده ارائه کند. این فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در سطح عالی، برای دانشجویان و استاد هر دو و مراکز پژوهشگاهی و دانشگاهی نفع دارد. از سال ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۳ تعداد ۵۰۱۶ نفر در فرهنگستان ثبت نام کرده‌اند. تا سال ۲۰۱۳ تعداد ۲۰۱ نفر و در سال ۲۰۱۴ تعداد ۲۲۳ نفر فارغ التحصیل شدند و در مجموع تعداد فارغ التحصیلان به ۴۶۸۰ نفر رسیده است و با توجه به

جدول ۴ مشاغل فارغ التحصیلان فرهنگستان

سال	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	کل
فارغ التحصیل	۱۸۷	۱۹۶	۱۸۴	۲۰۸	۲۰۱	۹۷۶
اشتغال	۱۸۷	۱۹۶	۱۸۴	۲۰۸	۲۰۱	۹۷۶
پس از فارغ التحصیلی						
سفر به خارج	۴۱	۳۶	۳۷	۳۴	۳۸	۱۸۶
پژوهش فوق دکتری یا مطالعات دکتری	۲۲	۲۴	۲۰	۳۱	۴۳	۱۴۰
پژوهشگاهها	۴۵	۴۷	۴۵	۴۰	۳۶	۲۱۳
دانشگاهها	۱۹	۲۴	۲۱	۲۵	۳۲	۱۲۱
شرکتها (درون کشور و خارجی)	۱۹	۱۹	۲۵	۲۵	۲۰	۱۰۸
سایر	۲۴	۲۲	۲۲	۲۷	۱۶	۱۱۱
استخدام موقت	۱۷	۲۴	۱۴	۲۶	۱۶	۹۷
کل	۱۸۷	۱۹۶	۱۸۴	۲۰۸	۲۰۱	۹۷۶
نرخ (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

از خود نشان داده اند. این شاخص در جدول های ۵ و ۶ مشهود است. در جدول ۶، تعداد و مرتبه مقاله های SCI و تعداد مراجعات ثبت شده به آنها، تصویر کلی خوبی ارائه می دهد، به طوری که به ۵۷۹۷ مقاله، ۱۴۶۲۸۹ بار ارجاع داده شده است. باید ذکر کرد که برای هر

کیفیت و کمیت دوره، خوشبختانه همه آنها موفق به یافتن شغل در زمینه های مختلف پلیمر شده اند. جدول ۴ آمار شاغلان را بعد از فارغ التحصیلی از فرهنگستان نشان می دهد. از لحاظ توانایی و نرم افزاری، دانشجویان سهم بسیار بزرگی در انجام پروژه های علمی

جدول ۵ چاپ مقالات در بخش علوم پلیمر و مواد

ثبت اختراع	چاپ SCI			سال	
	کاربردی	رسمی	کل		
		IF>۳	IF<۳	کل	۲۰۰۸
۱۸	۴۲	۸۴	۹۷	۱۸۱	۲۰۰۹
۱۸	۴۴	۷۲	۷۹	۱۵۱	۲۰۱۰
۳۴	۴۲	۱۰۴	۷۱	۱۷۵	۲۰۱۱
۲۶	۵۶	۱۰۷	۷۹	۱۸۶	۲۰۱۲
۲۶	۵۳	۱۳۶	۵۹	۱۹۵	۲۰۱۳
۱۲	۳۴	۱۱۵	۳۴	۱۴۹	کل
۱۳۴	۲۷۱	۶۱۸	۴۱۹	۱۰۳۷	

جدول ۶ مقاله‌های فرهنگستان در سال‌های اخیر

مرتبۀ		IF=۳~۷	IF>۷	مقالات ISI	سال
ارجاع SCI	مقالات SCI				
۱	۱	۱۸۸	۳۴	۵۳۰	۲۰۰۵
۱	۱	۲۳۹	۳۸	۶۱۹	۲۰۰۶
۱	۱	۲۹۱	۳۶	۶۵۰	۲۰۰۷
۱	۱	۳۰۷	۶۲	۶۴۸	۲۰۰۸
۱	۱	۳۶۳	۵۰	۶۴۱	۲۰۰۹
۱	۱	۴۷۷	۷۰	۶۵۱	۲۰۱۰
۱	۱	۵۱۳	۷۴	۷۳۴	۲۰۱۱
۱	۲	۶۱۰	۸۵	۷۲۵	۲۰۱۲
۱	۲	۵۴۶	۱۰۸	۷۴۹	۲۰۱۳

کار در جزئیات شامل مسیرهای آزمایشی، طراحی، نحوه اندازه‌گیری‌ها و تحلیل داده‌ها و نگارش آنهاست.

#### مرجع:

Jiasong He, Macromol Symposia 2015, 355-, 52-60.

عضو هیئت علمی، ۳ دانشجوی در نظر گرفته می‌شود که در سطح دکتری یا کارشناسی ارشد فعالند. تاکید زیادی روی فعالیت استاد راهنما وجود دارد که باید دانشجوی را با توان و فهم علمی قوی پرورش دهد تا بتواند کار پژوهشی موثر انجام دهد. این آمادگی با روشن کردن