

## مهندسی شیمی؛ گذشته، حال و آینده آن

محمد خسنودی

گروه مهندسی شیمی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

**چکیده:** در این مقاله نخست مراحل شکل‌گیری و پیشرفت حرفه مهندسی شیمی در دوست سال گذشته (۱۹۶۰-۱۷۶۰ م) مرور می‌شود، در باره آموزش و کاربردهای شیمی و شیمی صنعتی در اروپا به ویژه آلمان توضیح داده می‌شود، تأسیس دانشگاه‌های مهم در اروپا و آمریکا و روند پیشرفت آموزش و پژوهش در امر مهندسی شیمی در قرن بیستم به صورت تقویم‌نگاری ارائه و پیامدهای دو جنگ جهانی در جهت‌گیری مهندسی شیمی، محتوای آموزشی و کاربردهای گوناگون آن بررسی می‌شود، وضعیت شیمی، مهندسی شیمی و صنایع شیمیایی در ایران در قرن حاضر نیز بررسی می‌گردد و سپس شاخه‌های مختلف مهندسی شیمی و پیشرفت‌های هر یک و آثار آن بر تمدن دوران معاصر (۲۰۰۰-۱۹۶۰) مورد بررسی قرار می‌گیرد و مهم‌ترین نقاط عطف در مسیر تحول و سمت‌گیری مهندسی شیمی در هر دهه معرفی می‌شود. آمار دانش‌آموختگان مهندسی شیمی در سال‌های اخیر در جهان و در ایران و نیز مهم‌ترین چالش‌های این حرفه در آستانه قرن بیست و یکم بررسی می‌شود.

در بخش سوم، چشم‌انداز مهندسی شیمی در آینده (۲۰۲۰-۲۰۰۰) بررسی می‌شود. پیشرفت‌های نرم‌افزاری و شبکه‌های کامپیوتری، کاربردهای هوش مصنوعی، فناوری‌ها و ابزار نوین، آموزش مهندسی شیمی در آینده، فرصت‌ها، بازارها و محرک‌های نو معرفی و در پایان به مسئله توسعه پایدار و نقش مهندسی شیمی با تأکید بر مسائل ایران پرداخته می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** مهندسی شیمی، تاریخ مهندسی شیمی، چشم‌انداز مهندسی شیمی، آموزش، کاربردها، شمار فارغ‌التحصیلان.

## ۱. مهندسی شیمی، نگاهی به گذشته (۱۹۶۰-۱۷۶۰)

در دوست سال گذشته دانش شیمی تحولات، کشفیات و نقاط عطف فراوانی داشته است. روند تاریخی گذار از شیمی به شیمی کاربردی، شیمی صنعتی و سرانجام به مهندسی شیمی نیز ماجرای مفصل و آموزنده‌ای دارد. این تحولات در اروپا (به ویژه آلمان) و از سوی دیگر، در آمریکا به شکل متفاوت و شاید رقابت‌آمیزی پیش رفته است. تقویم‌نگاری مهم‌ترین این تحولات، یافته‌ها و چگونگی گذار از شیمی به مهندسی شیمی به همراه برخی حوادث مهم در تاریخ ایران و جهان را به صورت زیر می‌توان نشان داد:

- ۱۷۶۶ کاوندیش انگلیسی، کشف هیدروژن
- ۱۷۷۸ پریتلی انگلیسی، کشف اکسیژن
- ۱۷۹۰ لاوازیه - بنیانیانگذار شیمی نوین در فرانسه، انتشار کتاب "Traite Elementair de Chimie"
- ۱۸۰۰ پیدایش علوم جدید، انقلاب صنعتی، جمهوری فرانسه و آغاز سلسله قاجار (۱۱۷۴ ه. ش.)
- ۱۸۰۷ انتشار کتاب سیستم شیمی تامسون انگلیسی
- ۱۸۰۸ انتشار کتاب سیستم جدید فلسفه شیمی دالتون انگلیسی و طرح نظریه اتمی دالتون
- ۱۸۰۹ گیلوساک فرانسوی، مطالعه حجم گازها و انبساط گرمایی گازها
- ۱۸۱۰ دیوی انگلیسی، مطالعه الکتروشیمی
- ۱۸۲۰ برزیوس سوئدی، اصلاح نظریه اتمی دالتون
- ۱۸۲۴ کارنو فرانسوی، طرح بازده ترمودینامیکی ماشین‌های گرمایی
- ۱۸۲۵ فارادی انگلیسی، مایع کردن گازهای  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{SO}_2$ ،  $\text{NH}_3$ ،  $\text{Cl}_2$
- ۱۸۳۰ وهلر آلمانی، سنتزاوره و آغاز بیوشیمی
- ۱۸۳۰ تأسیس مدرسه علمی شیمی در دانشگاه گیسن آلمان توسط فون لیگ و الکساندر فون هامبولت، اعطای دکترای شیمی، پذیرش دانشجو از انگلستان، فرانسه و آمریکا و تأسیس کالج سلطنتی شیمی توسط هوفمان
- ۱۸۴۱ تأسیس انجمن سلطنتی شیمی انگلستان RCS
- ۱۸۵۰ تأسیس مدارس فنی در آلمان (Technische-Hochschulen)، آغاز آموزش رسمی

- مهندسى مکانیک در اروپا، تأسیس دارالفنون تهران (۱۲۳۰ ش.) و شکوفایی شیمی آلی و رنگدانه‌ها در دانشگاه‌های گیسن و گوتینگن آلمان
- ۱۸۵۷ کلوزیوس آلمانی (مفهوم اتروپی) و ماکسول انگلیسی (نظریه جنبشی گازها)
- ۱۸۶۰ کنگره کالسروهه و نامگذاری‌های شیمی مدرن
- ۱۸۶۱ تأسیس کالج‌های فنی کشاورزی و مکانیکی در آمریکا
- ۱۸۶۵ تأسیس انستیتو تکنولوژی ماساچوست MIT در آمریکا
- ۱۸۷۰ آماگات فرانسوی، معادله گاز آرمانی  $PV=nRT$ ، اندروز انگلیسی، دمای بحرانی  $T_c$ ، فشار بحرانی  $P_c$  و مندلیف روسی، جدول تناوبی عناصر
- ۱۸۷۳ گیسس آمریکایی، ترمودینامیک شیمیایی، قاعده فاز
- ۱۸۷۵ وان در والز هلندی، معادله گاز حقیقی  $PV=ZnRT$
- ۱۸۸۰ پاستور فرانسوی، رشد بیوشیمی
- ۱۸۸۰ آغاز صنایع شیمیایی در آلمان
- ۱۸۸۸ آغاز دوره مهندسی شیمی در MIT آمریکا، پیوند شیمی و مهندسی مکانیک، طرح سرفصل دروس "شیمی صنعتی، فلزشناسی، الکتروشیمی، شیمی تجزیه، تجزیه گرمایی، سنتز مواد، تولید و توزیع گاز زغال، تکنولوژی بخار و گاز، مکانیک و طراحی ماشین"
- ۱۸۹۰ وانتهوف هلندی و آرنیوس سوئدی، سینتیک و تعادل شیمیایی، لويس آمریکایی، فوگاستیه، اکتیویته و تعادل فازها
- ۱۹۰۰ اختراعات گوناگون صنعتی، فیزیک مدرن، صنعت اتومبیل و دوران سلطنت مظفرالدین شاه قاجار (۱۲۸۰ ش.)
- ۱۹۰۱ انتشار نخستین Handbook مهندسی شیمی، جورج دیویس از دانشگاه منچستر انگلستان
- ۱۹۰۶ وقوع انقلاب مشروطه در ایران (۱۲۸۵ ش.)
- ۱۹۰۸ تأسیس AICHE در فیلادلفیا توسط واکراز MIT آمریکا، مخالفت انجمن شیمی آمریکا ACS
- ۱۹۰۸ فریتس هابر، تثبیت ازت جو و سنتز کاتالیزی آمونیاک در مدرسه فنی کالسروهه در آلمان
- ۱۹۱۰ گسترش صنعت اکتشاف استخراج نفت در خاورمیانه و حفر نخستین چاه نفت ایران در مسجد سلیمان

- ۱۹۱۱ مادام کوری و آغاز کاربرد رادیو اکتیویته در فرانسه
- ۱۹۱۳ هابر و بوش از BASF آلمان و احداث نخستین واحد صنعتی تولید آمونیاک
- ۱۹۱۵ عملیات واحد و مدرسه کارآموزی مهندسی شیمی در MIT توسط لیتل لويس
- ۱۹۱۶ آغاز جنگ جهانی اول، قطع کود شیمیایی نترات طبیعی از شیلی به آلمان و گسترش صنایع شیمیایی در آلمان
- ۱۹۱۸ اهدای نخستین جایزه نوبل مهندسی شیمی به هابر به دلیل کاربرد تکنولوژی کاتالیزی فشار بالا (سپس بوش ۱۹۳۱)
- ۱۹۱۹ پایان جنگ جهانی اول، تأسیس بخش پژوهشی و مهندسی R&D در شرکت نفت ESSO آمریکا توسط هوارد و لويس، انعقاد قرارداد و ثوق الدوله و آغاز فعالیت شرکت نفت ایران و انگلیس در جنوب
- ۱۹۲۰ ایجاد کرسی مهندسی شیمی در امپریال کالج دانشگاه لندن، سپس در UMIST و مخالفت دانشگاه‌های سنتی آکسفورد و کمبریج
- ۱۹۲۱ تأسیس شرکت‌های صنایع شیمیایی در آمریکا، یونون کارباید، آمریکن سیانامید، دوپان و تولید بسیار و رنگدانه
- ۱۹۲۲ تأسیس پالایشگاه آبادان، آغاز دوران سلطنت پهلوی (۱۳۰۴ ش.)
- ۱۹۲۳ انتشار کتاب اصول مهندسی شیمی واکر، لويس و مک آدامز از MIT و ارائه سرفصل‌های "تقطیر، انتقال حرارت، ترمودینامیک، تبخیر، جریان سیالات، خردکن‌ها و فیلترها"، تدریس احتراق و کوره در MIT توسط هوتل
- ۱۹۲۵ تأسیس شرکت فارین آلمان توسط بوش و دويزبرگ، طرح‌های تولید متانول، بنزین از زغال سنگ، استیلن فرایندهای کاتالیزی و همکاری با شرکت‌های شیمیایی آمریکا
- ۱۹۲۶ تأسیس شرکت صنایع شیمیایی سلطنتی انگلستان ICI
- ۱۹۲۸ الکساندر فلمینگ انگلیسی، کشف پنی سیلین و آغاز بیوتکنولوژی
- ۱۹۳۰ رشد صنایع استخراج و پالایش نفت، نیروی محرک اصلی مهندسی شیمی
- ۱۹۳۲ تأسیس دانشگاه تهران (۱۳۱۳ ش.)، آغاز آموزش شیمی جدید در ایران، دانشسرای عالی
- ۱۹۳۶ آغاز جنگ جهانی دوم، قطع لاستیک طبیعی از آسیا به آمریکا، تولید لاستیک سنتزی و آغاز صنایع پتروشیمی و پلاستیک

۱۹۳۸ تأسیس دانشکده نفت آبادان (۱۳۱۸ ش.) برای تأمین نیروهای فنی پالایشگاه آبادان و صنعت نفت ایران

۱۹۴۰ تأسیس رشته مهندسی شیمی در دانشگاه توکیو ژاپن

۱۹۴۶ پایان جنگ جهانی دوم، پیروزی مهندسی شیمی آمریکا بر شیمی صنعتی آلمان و تأسیس دانشگاه تبریز (۱۳۲۶ ش.)، پیشه‌وری

۱۹۴۷ انتشار اولین کتاب مهندسی واکنش‌های شیمیایی هوگن و کنت، آغاز صنایع هسته‌ای، غنی‌سازی اورانیوم، تأسیس نیروگاه‌های هسته‌ای و انتشار کتاب لاستیک سنتزی هوارد (تقدیم به مهندسی شیمی)

۱۹۵۰ گسترش صنایع پتروشیمی، پالایش نفت، تأسیس شرکت‌های شیمیایی آمریکا و انگلیس، Scientific Design, Foster Wheeler, Badger و مدیریت شرکت‌های شیمیایی آلمان توسط دکترای شیمی

۱۹۵۳ ملی شدن صنعت نفت ایران توسط دکتر محمد مصدق (۱۳۳۲ ش.)، تأسیس شرکت ملی نفت ایران و تأسیس دانشگاه‌های شیراز، پلی‌تکنیک تهران، اصفهان و مشهد

۱۹۵۵ آغاز دوره دکترای مهندسی شیمی (فرایند) در آلمان (Verfahrens Ingenieur) و آغاز دوره شش ساله مهندسی عمومی در دانشکده نفت آبادان (۱۳۳۵ ش.)

۱۹۶۰ انتشار کتاب پدیده‌های انتقال برد، استوارت، لایت فوت از دانشگاه ویسکانسن آمریکا و ارائه سرفصل‌های "پدیده‌های انتقال، ترمودینامیک شیمیایی، سینتیک شیمیایی و طراحی فرایند"، آموندسون، مدل‌سازی ریاضی فرایندها، پرازنیتز و گروه مهندسی شیمی دانشگاه برکلی آمریکا، تعادل فازها، UNIFAC, UNIQUAC, NRTL، کاربرد ترمودینامیک آماری در تعادل، رشد صنایع نفت و گاز در کشورهای حاشیه خلیج فارس و ورود کامپیوتر به مهندسی شیمی در دانشگاه‌ها و صنایع جهان

## ۲. مهندسی شیمی، پیشرفت‌های کنونی (۲۰۰۰-۱۹۶۰)

امروزه، مهندسی شیمی در تولید کالاها، ارائه خدمات، رشد صنایع و به طور کلی بر زندگی و تمدن کنونی ما نقش اساسی ایفا می‌کند. مهم‌ترین دستاوردها و زمینه‌های فعالیت مهندسان شیمی را در چهل سال گذشته به صورت زیر می‌توان برشمرد:

۱.۲ مهندسی شیمی در جهان

گسترش صنایع نفت، گاز و پتروشیمی  
 گسترش صنایع بسیار، پلاستیک و نساجی  
 گسترش صنایع کودهای شیمیایی، شوینده‌ها و تصفیه آب  
 گسترش صنایع فناوری زیستی، فراورش غذایی و مهندسی ژنتیک  
 گسترش صنایع الکتروشیمی، فلزات و الکترونیک  
 گسترش صنایع هسته‌ای، رادیوشیمی، صنایع نظامی و هوافضا  
 پژوهش‌هایی در باره آلودگی هوا، آلودگی دریا و مهندسی محیط زیست  
 گسترش کاربرد کامپیوتر، شبیه‌سازی و نرم‌افزارها

۲.۲ مهم‌ترین نقاط عطف

ورود کامپیوتر (۱۹۶۰)  
 بحران انرژی (۱۹۷۰)  
 هشدار محیط زیست (۱۹۸۰)  
 انقلاب فناوری اطلاعاتی IT (۱۹۹۰)  
 توسعه صنعتی پایدار (۲۰۰۰)

شمار تقریبی فارغ‌التحصیلان مهندسی شیمی در آمریکا و اروپا

(بر یک میلیون نفر جمعیت در سال)

| کشور نمونه با ۶۰ میلیون جمعیت | ۱۹۹۵ | ۱۹۶۵ |  |
|-------------------------------|------|------|--|
| دکترای مهندسی شیمی            | ۲    | ۰/۵  |  |
| دکترای شیمی                   | ۲۰   | ۵    |  |
| کارشناسی ارشد مهندسی شیمی     | ۲۰   | ۵    |  |
| کارشناسی مهندسی شیمی          | ۲۰۰  | ۵۰   |  |

### ۳.۲ مهم‌ترین چالش‌های مهندسی شیمی در پایان قرن بیستم

محیط زیست، آلودگی گرمایی زمین، بازیافت، فناوری زیستی، مهندسی پزشکی، مهندسی مواد، الکترونیک، عملیات واحد هیبریدی، کاتالیزگرهای نوین، سوخت‌ها و انرژی‌های نو، بنزین‌های بدون سرب، شبیه‌سازی دینامیکی، شبکه‌های کامپیوتری، تخصص‌های میان‌رشته‌ای و توسعه پایدار.

تاریخ تحولات و شکل‌گیری مهندسی شیمی در ایران را می‌توان به دو بخش پیش و پس از انقلاب شکوهمند اسلامی تقسیم کرد.

### ۴.۲ مهندسی شیمی در ایران پیش از انقلاب اسلامی (۱۳۴۰-۱۳۵۷)

۱۳۴۰ تأسیس شرکت‌های صنایع پتروشیمی ایران، کارخانه‌های پتروشیمی شیراز و آبادان در ایران، ژاپن - خارک، صنایع شیمیایی خصوصی، ایجاد مدیریت صنایع شیمیایی در وزارت صنایع، تأسیس پالایشگاه‌های شیراز، تهران و تبریز، گسترش فعالیت‌های نفتی در فلات قاره، احداث اسکله‌های بارگیری خارک، ایجاد مرکز تحقیقات وزارت نفت و ورود کامپیوتر به دانشگاه‌ها

۱۳۴۱ آغاز دوره چهارساله مهندسی نفت و پالایش در دانشکده نفت آبادان

۱۳۴۵ تأسیس دانشگاه صنعتی شریف

۱۳۴۶ تأسیس شرکت ملی گاز ایران، صدور گاز طبیعی به شوروی و راه‌اندازی شبکه‌های گازرسانی و خطوط لوله انتقال گاز

۱۳۴۸ آغاز دوره مهندسی شیمی و مهندسی گاز در دانشکده نفت آبادان

۱۳۵۰ تأسیس ذوب‌آهن اصفهان، صنایع آلومینیوم، فلزات غیرآهنی، مجتمع مس سرچشمه، مرکز تحقیقات هسته‌ای امیرآباد دانشگاه تهران و رشد صنایع غذایی

۱۳۵۲ بروز بحران افزایش بهای نفت و تشکیل اوپک (۱۹۷۳ م.)

۱۳۵۳ تأسیس دانشگاه سیستان و بلوچستان (مهندسی شیمی ۱۳۵۷)

۱۳۵۵ تأسیس دانشگاه صنعتی اصفهان، تأسیس مرکز تحقیقات خواص مواد و نیرو، تأسیس

دانشگاه مازندران، مؤسسه عالی شیمی، تأسیس سازمان انرژی اتمی ایران و تأسیس

سازمان محیط زیست

۱۳۵۶ انعقاد پیمان نامه کویت برای حفاظت از محیط زیست خلیج فارس (ROPME)

۵.۲ مهندسی شیمی در ایران پس از انقلاب اسلامی (۱۳۷۸-۱۳۵۷)

۱۳۵۷ پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی

۱۳۵۹ وقوع انقلاب فرهنگی و تعطیلی دانشگاه‌ها

۱۳۶۲ بازگشایی دانشگاه‌ها و آغاز گرایش‌های جدید مهندسی شیمی شامل پالایش، نفت، گاز، پتروشیمی، فرایند، غذایی، معدنی و کاردانی‌ها

۱۳۶۵ تأسیس مرکز تحقیقات پلیمری ایران، صنایع فولاد مبارکه، تأسیس دانشگاه تربیت مدرس، آغاز دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته مهندسی شیمی، تأسیس انجمن شیمی و مهندسی شیمی ایران و تشکیل کنگره‌های سالانه و تأسیس مرکز تحقیقات شیمی و مهندسی شیمی ایران

۱۳۷۰ آغاز دوره‌های دکترای مهندسی شیمی در دانشگاه‌ها، راه‌اندازی پالایشگاه هفتم اراک و پتروشیمی اراک، تبریز و خراسان

۱۳۷۲ تأسیس انجمن مهندسان شیمی ایران (IACHE)

۱۳۷۵ راه‌اندازی پالایشگاه هشتم بندرعباس

۱۳۷۸ طرح منطقه آزاد انرژی بندر عسلویه و گسترش صنایع پتروشیمی نوین

۶.۲ ترتیب آغاز آموزش مهندسی شیمی در دانشگاه‌های ایران

دانشکده نفت آبادان، فنی تهران، پلی تکنیک، شیراز، صنعتی شریف، صنعتی اصفهان، سیستان و یلوچستان، علم و صنعت، فردوسی، آزاد اسلامی، بوشهر، شهید باهنر کرمان، اصفهان، سهند، آب و برق، علوم و فنون مازندران و محقق اردبیلی

۷.۲ شمار تقریبی فارغ‌التحصیلان مهندسی شیمی در ایران در هر سال

کارشناسی ۵۰۰ نفر، کارشناسی ارشد ۵۰ نفر و دکتری ۱۰ نفر



### ۳. مهندسی شیمی، چشم انداز آینده (۲۰۲۰-۲۰۰۰)

با توجه به رشد سریع تحولات، یافته‌ها، اختراعات و کاربردهای فزاینده، پیش‌بینی مسیر تحولات آینده مهندسی شیمی آسان نیست، اما برای یک چشم‌انداز کوتاه مدت بیست ساله برخی از مهم‌ترین زمینه‌های رشد و توسعه و سرفصل‌های مهم را به شرح زیر می‌توان بر شمرد:

#### ۱.۳ گسترش کاربردهای کامپیوتر

##### ۱.۱.۳ پیشرفت نرم‌افزاری حالت پیا

قابلیت گرافیکی، تجزیه و تحلیل حساسیت، مشخصات طراحی و بهبود شبیه‌سازی‌های ASPEN، HYSIM و PROVISION.

##### ۲.۱.۳ پیشرفت‌های نرم‌افزاری دینامیکی

شبیه‌سازی فرایندهای ناپیوسته و شبیه‌سازهای پیشرفته SPEED-UP، PROTISS و HYSYS.

##### ۳.۱.۳ اینترنت (WWW)

کنترل واحد از راه دور، ارتباط شبکه‌های کامپیوتر در صنایع و ارتباط واحدها و مدیران در سراسر جهان.

#### ۲.۳ کاربردهای هوش مصنوعی

##### ۱.۲.۳ شبکه‌های عصبی

شبیه‌سازی فرایند یادگیری مغز انسان، مدل نرون (Perceptron)، آموزش، لایه‌های نهان، شبکه‌ها و منطق شولا.

##### ۲.۲.۳ سیستم‌های خبره

ترکیب تجربه کاربرهای ماهر (دانش کم‌ژرفا) با قوانین بنیادی (دانش ژرف) پایگاه دانش، ماشین استنباط، درخت تصمیم‌گیری، ابتکار و برخورد با موقعیت‌های غیرمترقبه.

### ۳.۲.۳ الگوریتم‌های ژنتیکی

الگوهای تکاملی رشته‌ها، برازش برتر، جستجوی جامع، پرش‌های خردمندانه، عملگرهای تکثیر، جهش، تقاطع ژنتیکی و کاربردهای بهینه‌سازی.

### ۴.۲.۳ شبیه‌سازی مولکولی

طراحی و ساخت مواد با خواص شیمیایی مورد نظر، پیش‌بینی خواص بسپارها و کمپوزیت‌ها.

### ۳.۳ فناوری‌های نوین

#### ۱.۳.۳ عملیات واحد هیبریدی

واکنش و جداسازی همزمان (Reactive Distillation)، غشاهای کاتالیزی (Membrane Catalysts)، کاهش فرآورده‌های جنبی ناخواسته و افزایش بهره واکنش‌های با ثابت تعادل کم.

#### ۲.۳.۳ بازگشت فرایندهای ناپيوسته (Batch)

انعطاف پذیری و اقتصادی بودن.

#### ۳.۳.۳ واکنشگاه‌های پیوسته رومیزی

(Micro Reactors, Mimi Reactors): ایمنی، کنترل و هزینه کمتر.

#### ۴.۳.۳ فناوری زیستی

مهندسی ژنتیک، مهندسی متابولیسم، مهندسی پزشکی، مهندسی زیست فرایند، بیودیزل و بیوبنزین (Biofuels).

#### ۵.۳.۳ کاتالیزگرهای نوین

پایداری، گزینش ناپذیری، مسمومیت‌پذیری، چندمنظوره بودن و کاربرد در تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع (GTL).

### ۴.۳ ابزار نوین

انتقال تکنولوژی لیزر از آزمایشگاه به واحدهای صنعتی شیمیایی، کاربرد طیف‌سنجی زیر قرمز با تبدیل فوری، طیف‌بینی رامان، کنترل درون‌خطی (Online)، زمان حقیقی (Real Time) و ارتباط دستگاه‌های تجزیه با شبکه‌های کامپیوتری برای تفسیر بهتر و سریع‌تر.

### ۵.۳ آموزش نوین

#### ۱.۵.۳ کامپیوتر در آموزش

کلاس درس الکترونیکی، ویدیوکنفرانس، اطلاع‌رسانی، منشی الکترونیکی و E-Mail.

#### ۲.۵.۳ آزمایشگاه مجازی (Virtual Laboratories)

شیبه‌سازهای ابرپیشرفته و عملیات واحدهای مجازی مهندسی شیمی.

#### ۳.۵.۳ بازگشت به کارآموزی

تجربه‌های مدرسه تابستانی MIT، دانشکده نفت آبادان، کارآموزی تابستانی و کارورزی یکساله و بازنگری برنامه‌های عملی در آغاز انقلاب فرهنگی ایران.

### ۶.۳ فرصت‌های تازه

۱.۶.۳ تخصص‌های میان‌رشته‌ای (Interdisciplinary) زیست‌شناسی، مواد، مهندسی ژنتیک، مهندسی پزشکی و الکترونیک.

#### ۲.۶.۳ بازارهای نو

میدان‌های نفت و گاز در دریای چین جنوبی، کشورهای آسیای جنوب شرقی، بازارهای چین، کشورهای آسیای میانه و نفت و گاز دریای خزر.

#### ۳.۶.۳ محرک‌های سنتی

صنایع پتروشیمی و پلیمری، صنایع نفت و گاز و غذایی.

### ۴.۶.۳ محرک‌های تازه

فناوری زیستی، مهندسی زیست فرایند، انرژی‌های نو، محیط زیست و توسعه پایدار.

## مراجع

۱. پیر روسو، تاریخ علوم، ترجمه حسن صفاری، امیرکبیر، ۱۳۵۵.
۲. جان هودسون، تاریخ شیمی، ترجمه احمد خواجه‌نصیر طوسی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۴.
۳. آر لاندائو، "آموزش مهندسی شیمی، گذار از شیمی به مهندسی شیمی"، ترجمه منصور عابدینی، مجله شیمی، سال دهم، شماره ۱، ۱۳۷۶.
۴. دی. ایچ. کوچ، "مهندسی شیمی و چالش‌های آن در آستانه قرن بیست و یکم"، ترجمه محمد خشنودی، مجله شیمی، سال دهم، شماره ۲، ۱۳۷۶.
۵. ایرج گودرزینیا، "پیدایش آموزش مهندسی شیمی در جهان"، چهارمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۷.
۶. حسنعلی شیبانی، "پیدایش و سابقه شیمی در ایران"، پنجمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین‌المللی مهندسی شیمی، دانشگاه شیراز، ۱۳۷۹.
7. J.Y. Ying, "Designer Materials Through Nano Processing", *Frontiers of Engineering, Nat. Acad. of Eng. Washington, DC*, pp. 23-27, 1996.
8. H. Muller-Steinhagen, "The Future of Chemical Engineering Education", *Proc. 3rd. National Congress of Iranian Chemical Engineering, University of Petroleum Industry, Ahwaz*, 1998.
9. J.C. Charpentier, "Future of Chemical Engineering", *AI. O., 14th. Int. Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 2000, Praha*, 2000.
10. J.E. Gillett, "The Education of Chemical Engineers in the Third Millenium", *A5.0, CHISA 2000, Praha*, 2000.
11. D. Bricknell, "Sustainable Industrial Development myth or reality?", *A7.0, CHISA 2000, Praha*, 2000.

(تاریخ دریافت مقاله: ۷۹/۸/۲۹)