

## چشم انداز آینده صنایع شیمیائی

### ۱- دیدگاه نیازهای جامعه

دکتر رضا ارشدی

مدرسه عالی علوم - کاشان

چکیده

صنایع شیمیائی هم تحت تاثیر نوآوری های بنیادی، و هم با توجه به نیازهای جامعه گسترش می یابند. نوآوری های بنیادی به ندرت رخ می دهند، و قابل پیش بینی نیز نیستند. بنابراین هرگونه تصویری از چشم انداز آینده صنایع شیمیائی باید در زمینه ای از نیازهای جامعه ترسیم گردد. عمده ترین نیازهای جامعه عبارتند از کمتر مصرف کردن ماده و انرژی، انعطاف پذیری در انتخاب مواد اولیه، و حفاظت محیط زیست. برای پاسخ به این نیازها، کاتالیست های انتخابی تر، شیمی  $C_1$  (ومخصوصاً "شیمی متانل)، و فرآیند های غشائی، احتمالاً در بین عواملی هستند که در آینده صنایع شیمیائی نقش های مهمی به عهده خواهند داشت. از نظر سرمایه ای به نظر می رسد که بیشتر و بیشتر دولت ها و شرکت های بزرگ دست اندرکار صنایع شیمیائی بزرگ آینده خواهند بود.

### ۱. مقدمه

های صنعتی و اقتصادی برای ما می توانند مفید باشند. هنگامی که صحبت از صنایع شیمیائی به میان می آید، اگر طرف سخن دانشجویان شیمی باشند خواه ناخواه فهرست مفصلی از واکنش های شیمیائی خود را به مورد بحث می گذارند، و نتیجه بحث هم حداکثر تصویر این واکنش ها در مقیاس صنعتی است. از طرف دیگر، اگر طرف سخن زمینه مهندسی داشته باشد، موضوع بحث بیشتر به صورت تصویر و تصویری از چگونگی عملیات واحد (۱) و احتمالاً "تحلیل های مهندسی تبدیل های شیمیائی در می آید. در نوشتار حاضر سعی بر این است که هر دو پرده شیمیائی و مهندسی را از جلو چشم انداز صنایع شیمیائی به کناری زده و خود صنعت شیمیائی را مورد توجه قرار دهیم. البته منظور از بیان فوق این نیست که اهمیت تصویر شیمیائی یا مهندسی صنعت شیمیائی را نادیده بگیریم. منظور این است که صنعت شیمیائی خود نهادی در ورای این دو تصویر است، و فقط از دیدگاه خود این نهاد است که می توان چشم در چشم انداز آینده صنعت شیمیائی انداخت و تکنولوژی آن را به بحث گرفت. حتی از این دیدگاه هم پیش بینی تکنولوژی صنایع شیمیائی در آینده لزوماً امر مشکلی است. عامل اصلی در چگونگی آینده صنایع شیمیائی تنها این نیست که امکانات و فرصت های جدید چه و کجا هستند، بلکه باید پیش بینی کرد که این امکانات و فرصت ها چگونه و در چه مقطع زمانی مورد بهره برداری قرار خواهند گرفت. به علاوه اکثر نوآوری های مهم صنایع شیمیائی قرن بیستم، مانند پنیسلین، نیروی هسته ای و یا

شناخت، توسعه، و پیشبرد صنایع شیمیائی در ایران باید از دو نظر مورد توجه قرار گیرد. اولاً از این نظر که صنعت شیمیائی همیشه و در همه جا یکی از عمده ترین پیش نیازهای صنعتی شدن بوده است، و ثانیاً از این نظر که ذخایر عظیم نفت و گاز و دیگر کانی های فلزی و غیرفلزی در پهنه وسیع سرزمین ما پشتوانه عظیم و محکمی برای رشد دراز مدت صنایع شیمیائی در این مملکت می باشند.

همچنین توانائی بالقوه شیمیدانان و مهندسان و کارشناسان صنایع شیمیائی در مملکت قطعاً به اندازه ای هست که بتوان تلاش همه جانبه و برابری را در این زمینه پی ریزی و پی گیری کرد. طبیعی است که در چنین تلاشی نه باید و نه می توان، موقعیت بین المللی صنایع شیمیائی را نادیده گرفت. نوشتار حاضر به عنوان تصویر کوچکی از میدان بزرگ سیاست ها و برنامه ریزی های صنایع شیمیائی کشورهای پیشرفته است، و بدین امید تهیه شده است که در این تلاش مخصوصاً چشم اندازی از آینده صنایع شیمیائی را در مقابل دانشجویان علوم و فنون شیمیائی قرار دهد.

در اینجا یادآوری این نکته بجا است که شاید به نظر بعضی از خوانندگان طرح مطالبی چون مساله کمبود مواد نفتی، یا بحث شیمی متانول، رابطه چندانی با مسایل کنونی و آینده نزدیک صنایع شیمیائی ایران ندارد. اولاً به دلیل تجربی بودن آگاهی های شیمیائی، این مسائل چندان بدیهی نیستند، و ثانیاً "آشنائی با مسائل و مشکلات پیشگامان صنایع شیمیائی هم از نظر آموزشی و هم از دیدگاه سیاست

## نویدی برای علاقمندان دانش و تکنیک پیشرفته و معاصر جهان

انتشارات ایران ارشاد بمنظور تهیه ، تحویل و ارسال تازه ترین کتب منتشره خود جهادهای دانشگاهی ، مرکز نشر دانشگاهی ، کتب درسی دانشگاهی وسایر ناشران معتبر را به علاقمندان سراسر کشور اقدام به تأسیس کلوپ کتب علمی ، فنی پزشکی و دانشگاهی نموده و با شرایط ویژه عضو می پذیرد . در صورت تمایل به عضویت و آگاهی از شرایط خواهشمند است فرم درخواست اشتراك را تکمیل و هر چه سریعتر به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۳۱۸۵/۵۹۱ انتشارات ایران ارشاد ارسال فرمائید .

فرم درخواست ارسال شرایط عضویت در  
کلوپ کتب علمی ، فنی ، پزشکی و دانشگاهی

### انتشارات ایران ارشاد

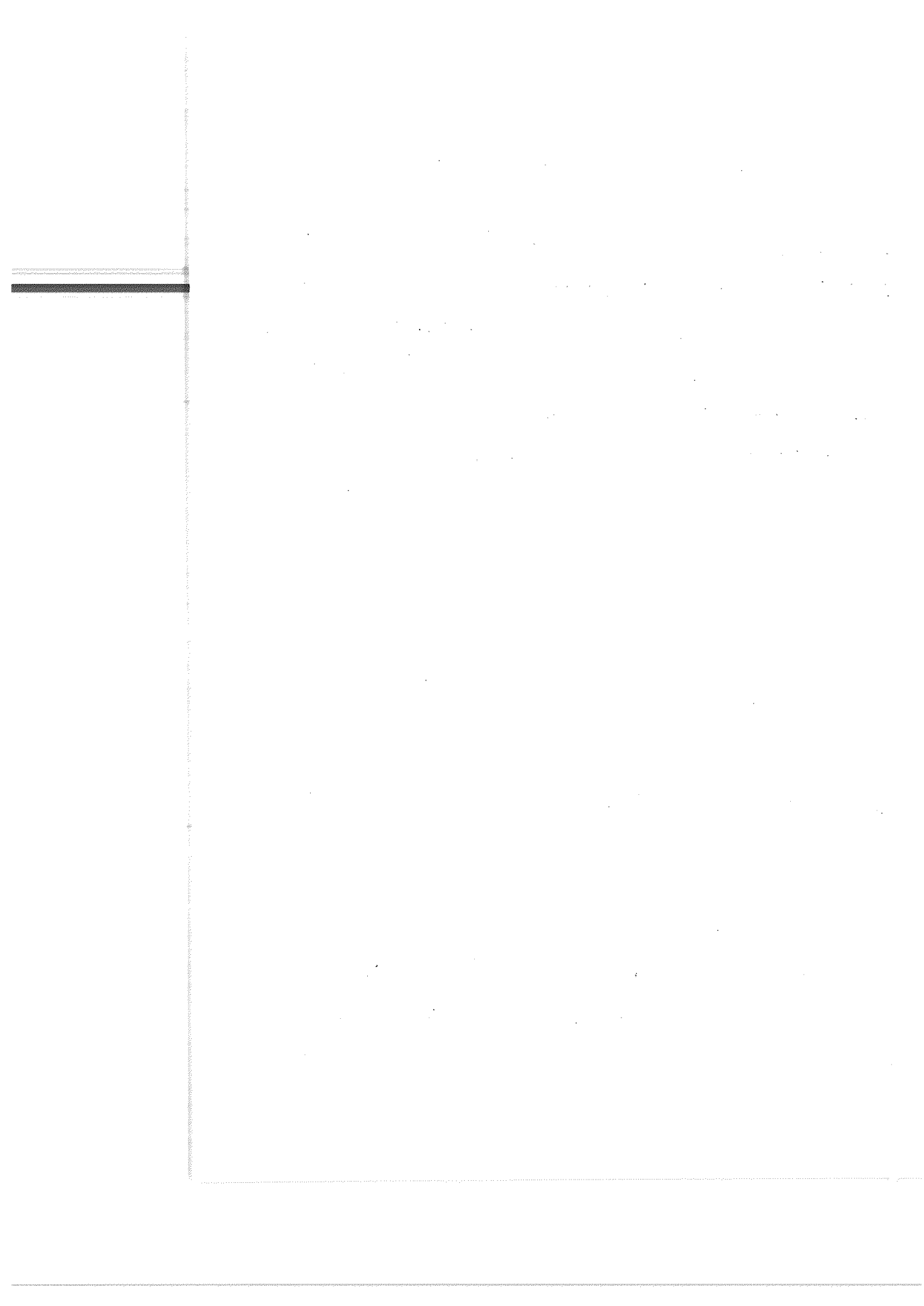
خواهشمند است شرایط عضویت در کلوپ (طرح فروش پستی) کتب علمی ، فنی پزشکی و دانشگاهی آن موسسه را برای اینجانب ارسال نمائید .

نام و نام خانوادگی ..... میزان تحصیلات .....

شغل ..... علاقمند به دریافت کتب فنی  پزشکی  سایر علوم

سایر کتب دانشگاهی  میباشم نشانی و تلفن اینجانب بشرح زیر میباشد .

نشانی دقیق پستی - کد پستی و شماره تلفن قابل تماس : .....



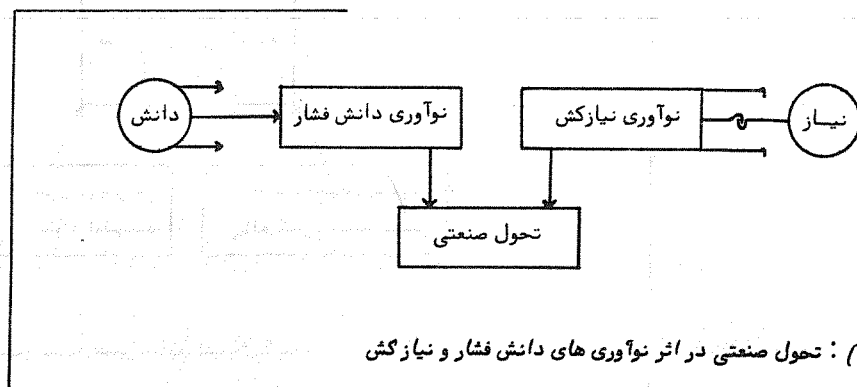
پلیمریزاسیون فضا منظم (۲)، هرگز قبل از کشف آن‌ها قابل پیش بینی نبودند. این مثال‌ها، و به طور کلی برداشت عمومی ما از نوشته‌های علمی، ما را قویاً "در پیش بینی مسیر آینده علوم و تکنولوژی محتاطی می‌سازند."

تا آنجا که به علم شیمی مربوط می‌شود تقریباً "همه چیز تجربی است، و فقط تجربه در حد فاصل بین معلوم و نامعلوم، یعنی زمان حاضر و آینده، قرار می‌گیرد، ولی در بالا اشاره کردیم که صنعت شیمیایی شیمی نیست. صنایع شیمیایی عظیمی چون صنعت نفت، پتروشیمی، پلاستیک، داروسازی، و غیره، اگر چه بر پایه علوم، ولی با سیاست‌ها و برنامه‌های معین و با توجه به نیازهای جوامع بدینجا رسیده‌اند. دقت در سرگذشت این صنایع و دیگر صنایع شیمیایی کوچک و بزرگ در گذشته، ناخود آگاه ما را به پیش بینی سرنوشت صنایع شیمیایی وادار می‌سازد. پیش بینی سرنوشت صنایع شیمیایی در آینده یعنی برآورد احتمال موقعیت و یا شکست این و بیان فرآیند و یا تکنولوژی مربوطه. به علاوه، تجربه نشان می‌دهد که ارزش سرمایه مرتباً "در حال افزایش است. این امر می‌رساند که هزینه اشتباهات در توسعه صنعتی نیز مرتباً "افزایش می‌یابد. این دلائل و دلائل وابسته اجتماعی و سیاسی، مدیران و سیاست‌گذاران صنایع شیمیایی را بر آن می‌دارند که کمتر چشم به راه نوآوری‌های غیرمنتظره داشته و بیشتر در فکر توسعه ایده‌های حساب شده باشند.

با استفاده از مقدمه بالا دو تئوری موازی برای چشم انداز آینده صنایع شیمیایی می‌توان ترسیم کرد: این دو تئوری را به ترتیب "تئوری فشاری (۳)" و "تئوری کششی (۴)"، یا به اصطلاح ساده‌تر "تئوری عرضه و تقاضا" و "تئوری تقاضا و عرضه" نوآوری‌ها می‌نامند. در تئوری اول نوآوری و اختراع زائیده فعالیت‌های صرفاً "علمی است. با این تعبیر، نوآوری و اختراع امری است کاملاً "خودجوش و خود ساز. در تئوری دوم نوآوری و اختراع عکس‌العملی است که علم، در موقعیت خصوصی، و در مقابل نیاز مندی‌های جامعه از خود نشان می‌دهد. در این معنی علم نقش خلاقه خود را تاحدی از دست می‌دهد، و این در واقع محیط است که خلاقیت را از علم طلب می‌کند. این دو تئوری به طور شماتیک در شکل ۱ نمایش داده شده‌اند.

طبیعی است که منشاء فعالیت در حوزه هریک از این دو تئوری کاملاً "متفاوت است. در حوزه تئوری اول سؤالانی از قبیل، از اینجا به کجا می‌توان رسید؟ و یا در این مسیر چه شگفتی‌ها و یا خطرناکی نهفته‌اند؟ مطرح است. در حالی که در حوزه تئوری دوم سؤالاتی نظیر، از اینجا به کجا می‌خواهیم برسیم؟ و یا چگونه می‌توان به آنجا رسید؟ پرسیده می‌شوند. در عمل، دانشمندان و پژوهشگران با هر دو نوع سؤال آشنایند، یعنی هر دو تئوری فشاری و کششی نوآوری‌ها در جای خود و به سهم خود تحولات صنعتی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. تغییرات تکنولوژی هم تابع دستاورد های علمی و هم تابع نیازهای جامعه‌اند، منتها میزان تاثیر این دو تابع با هم متفاوت است. به علاوه تاثیر نوآوری‌های علمی را نمی‌توان پیش بینی کرد. برای نمونه تا قبل از کشف پلی پروپیلین، بازار مصرفی برای آن متصور نبود، ولی وقتی کشف شد بازار عمده‌ای را به خود اختصاص داد. متأسفانه تاریخ ۳۰ سال گذشته به ندرت نوآوری‌هایی از نوع پلی پروپیلین به یاد دارد. از طرف دیگر، پیش بینی موفقیت نوآوری‌هایی که در جواب نیاز جوامع و تقاضای بازار عرضه می‌شوند، نسبتاً "ساده تر است. این دسته از نوآوری‌ها به دلیل این که بازار در انتظار آن‌ها است معمولاً "به سادگی مورد قبول قرار می‌گیرند و اغلب موفق از آب درمی‌آیند. در اینجا عامل اصلی در ظهور نوآوری تشخیص دقیق نیاز جامعه است. یادآوری می‌شود که مفهوم نوآوری در اینجا تعریف نسبتاً "محدودی پیدا می‌کند مثلاً "یک فرآیند نو فقط وقتی نوآوری محسوب می‌شود که استفاده صنعتی از آن موجب پیدایش مواد جدید گردد و یا مزایایی نسبت به فرآیند های موجود داشته باشد.

نتیجه‌ای که از این بحث عاید می‌شود این است که پیش بینی امکانات جدید باید قبل از هر چیز بر پایه نیازها و کشش‌های جامعه استوار گردد. آگاهی از این کشش‌ها می‌تواند رهنمود مفیدی در برنامه ریزی توسعه صنعتی باشد. در واقع می‌توان گفت که آگاهی از کشش‌های جامعه معادل این است که "چه باید کرد". از طرف دیگر، و در مقابل جریان‌هایی که از کشش‌های جامعه خبر می‌دهند، آشنایی با تاریخ و توسعه صنایع شیمیایی نشان می‌دهد که چگونه برخی از نوآوری‌ها، به دلیل وجود نکته ضعف‌های ذاتی، کم اثر و یا اصولاً



شکل (۱): تحول صنعتی در اثر نوآوری‌های دانش فشار و نیازکش

## ۲. ۱. مصرف کمتر ماده

تکنولوژی صنایع شیمیایی در آینده باید بر پایه مصرف کمتر ماده استوار باشد. ذخیره اکثر مواد خام به سرعت رو به کاهش می رود، و در این میان کاهش ذخیره کربن و هیدروژن - یعنی نفت و گاز - از همه چشمگیر تر است. در زمینه مصرف کمتر ماده، یادآور واقع اتلاف کمتر منابع تغذیه صنایع شیمیایی، مهم ترین کاری که می توان انجام داد کوشش در انتخابی تر کردن تبدیل های شیمیایی است. افزایش انتخاب یا سلکتیویتی<sup>(۵)</sup> در هر واکنش دوزیت عمده دارد. اول این که بازده واکنش را اساساً بالا می برد، و دوم این که با ساده تر شدن عمل های جدا سازی بازده فرآورده خالص را به مقدار واقعی نزدیک تر می سازد.

مساله سلکتیویتی در واکنش های شیمیایی عمدتاً به عملکرد و کارآئی کاتالیست ها (آسانگر ها) مربوط می شود. افزایش سلکتیویتی و واکنش ها را در دو جهت باید جستجو کرد:

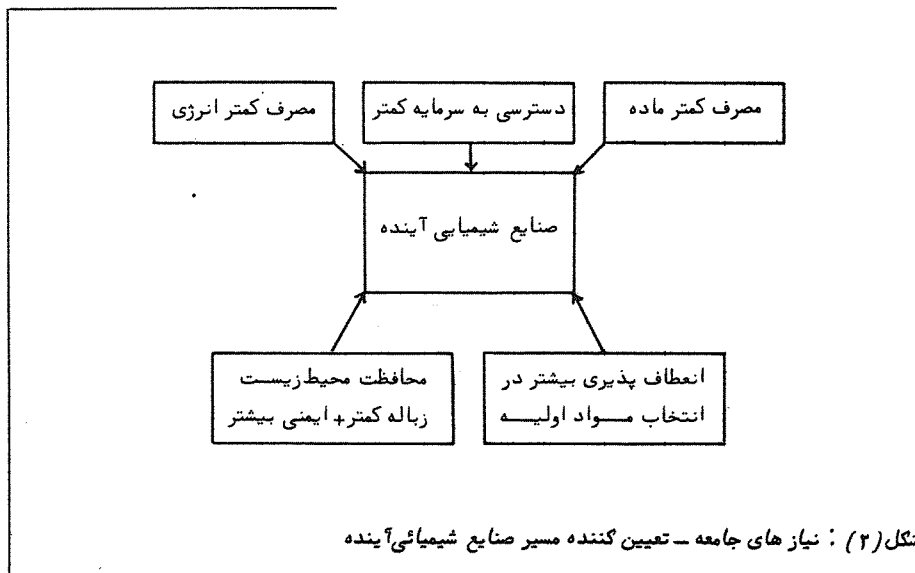
الف - انتخاب موقعیتی از سوبسترات<sup>(۶)</sup> که بیشترین واکنشگرائی<sup>(۷)</sup> را دارا می باشد و پیدا کردن کاتالیستی با حداکثر سلکتیویتی برای واکنش مورد نظر.

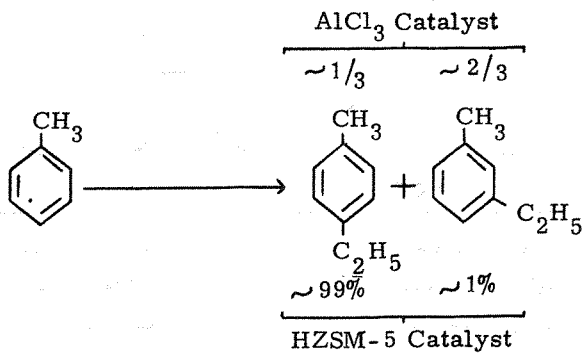
ب - انتخاب قویترین (سر بهترین) کاتالیست برای واکنش مورد نظر و جستجوی موقعیتی از سوبسترات که کمترین واکنشگرائی را دارا باشد. مدل ایده آل سلکتیویتی در هر دو مورد را باید در طبیعت جستجو کرد. واکنش های آنزیمی عموماً "هم سریع و هم بسیار انتخابی می باشند. توانائی تقلید ما از طبیعت هنوز محدود است. ولی بی تردید کوشش در این جهت تقلید ما را روز به روز کامل تر می سازد. با توجه به تجربیات موجود در زمینه انواع کاتالیست های شیمیایی، و

بی اثر می مانند. آگاهی از این نکته ضعف ها به ما می آموزد که "چه باید نکرد". در بخش های بعدی این نوشتار، ابتدا اشاره هائی در باره آنچه باید کرد، و به دنبال آن مثالی چند از نقطه ضعف های صنایع شیمیایی و آنچه باید نکرد، را از نظر می گذرانیم. در نوشتار دیگری، چشم انداز آینده صنایع شیمیایی را از دیدگاه تئوری موجی تکنولوژی به بحث خواهیم گرفت، و بالاخره در مقاله سومی نویسنده نظریات خود را در باره چشم انداز آینده صنایع شیمیایی در ایسرا ن ارائه خواهد نمود.

## ۲. نیازمندی های جامعه؛ آنچه باید کرد

صنایع شیمیایی باید در حلقه محدودیت های متعددی به مسیر (پیشرفت) خود ادامه دهند. اولین گروه از این محدودیت ها مربوط به اتلاف مواد خام و انرژی و سرمایه، و دومین گروه زائیده مسائل ایمنی و حفاظت محیط زیست می باشد. در محدودیت های گروه اول، حرکت صنایع شیمیایی به سوی آینده باید با توجه به نیاز های جامعه در مصرف کمتر ماده و انرژی، انعطاف پذیری برای مواد اولیه همچنان کمتر بجای نهادن زباله شیمیایی، انجام گیرد. به علاوه افزایش امکانات سرمایه گذاری در زمینه هائی خارج از صنعت شیمیایی، سازش با سرمایه کمتر را نیز به محدودیت های بالا اضافه می کند. در محدودیت های گروه دوم، باید گفت که آشنائی تدریجی جامعه با خطرات بالقوه و احتمالی مواد شیمیایی، صنایع شیمیایی را از نظر ایمنی و حفاظت محیط زیست در محدوده استاندارد های بیشتر و تنگتری قرار می دهد. چگونگی هر دو دسته محدودیت ها در شکل ۲ به طور شماتیک نشان داده شده است، و در زیر مختصراً "مورد بحث قرار می گیرد.





مزایای سلکتیویتی بالا :

- کمتر مصرف کردن مواد اولیه
- عدم احتیاج به جدا سازی

شکل (۳): مقایسه سلکتیویتی دو کاتالیست در آلکیلیدن تولوئن

همچنین آگاهی امروزی ما از واکنش‌های آنزیمی ، می توان پنج استراتژی متفاوت برای افزایش سلکتیویتی در سنتز های پیچیده آلی پیشنهاد کرد : کاهش واکنشگرایی معرف ، واکنش از طریق حالت - گذرای حلقه های شش ضلعی ، واکنش از طریق حالت گذرای (۸) حلقه های بیش از شش ضلعی ، کنترل هندسه مرکز واکنش (۹) به وسیله شبکه میسلی ، و وجود گروه های جحیم در معرف .

برای روشن شدن اهمیت عملی سلکتیویتی واکنش ها در صنایع شیمیائی ، به توسعه جدیدی در زمینه سنتز منومر های استیرنی اشاره می کنیم . از مدت ها قبل این آگاهی وجود داشته است که پلی ( پارامتیل استیرن ) مزایای چندی نسبت به پلی استیرن معمولی دارد . مثلا " دانستیه آن کمتر ، دمای عبور شیشه ای ( دمای نرم شدن ) آن بالا تر ، خواص مکانیکی آن بهتر و آتشگیری آن به مراتب کمتر است . از طرف دیگر ، تنها عیب این پلی مر نسبت به پلی استیرن مشکل بودن سنتز منومر آن ، یعنی پارامتیل استیرن ، است . این مزایا و معایب پلی ( پارا - متیل استیرن ) نسبت به پلی استیرن در جدول ۱ خلاصه شده اند .

جدول ۱ : مزایا و معایب پلی ( پارا - متیل استیرن ) نسبت به پلی استیرن

مزایا	معایب
=====	=====
- کمتر بودن دانسیته	- نارسا تر بودن سنتز منومر
- بالا تر بودن Tg	
- بهتر بودن خواص مکانیکی	
- آتش نگیری بهتر	

مشکل عمده در سنتز متیل استیرن از اینجا ناشی می شود که در آلکیلیدن ( آلکیلاسیون ) تولوئن در حضور کاتالیست های اسید لوئیس ( مثلا AlCl<sub>3</sub> ) مخلوطی از دو ایزومر متا و پارا به نسبت ۱ به ۲ به دست می آید . در این سنتز نه تنها بازده واکنش بسیار پایین است ، بلکه جدا کردن دو ایزومر هم از یکدیگر عملی نیست . اخیرا " کاتالیست جدیدی به نام HZSM-5 ( نوعی زئولیت ) توسعه یافته است که در حضور آن محصول واکنش آلکیلیدن تولوئن عمدتا " ایزومر پارا است ، و در شرایط دقیقا " مهار شده ایزومر پارا در مخلوط به حدود ۹۹% می رسد . تفاوت این سلکتیویتی برای دو کاتالیست در آلکیلیدن تولوئن در شکل ۳ نمایش داده شده است . سلکتیویتی بالای HZSM-5 در این واکنش زاغیده شکل و اندازه حفره های موجود در ساختمان ذرات زئولیت است . در مورد این مثال به خوبی مشهود است که با به کار گرفتن کاتالیست جدیدی با سلکتیویتی بیشتر هم در مصرف ماده اولیه صرفه جویی می شود ، و هم مشکل خالص کردن فرآورده حل می گردد .

۲۰۲ . مصرف کمتر انرژی

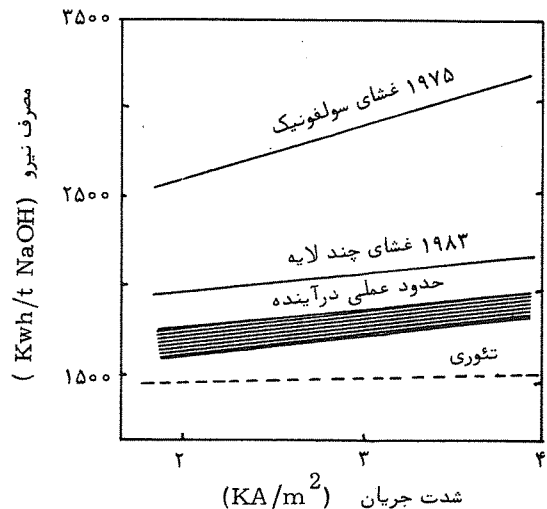
صنایع شیمیائی بزرگ ترین مصرف کننده انرژی به حساب می آیند . به همین دلیل صرفه جویی در انرژی مصرفی صنایع شیمیائی می تواند تاثیر قابل توجهی در صرفه جویی کلی انرژی داشته باشد . تفاوت عمده در بین گذشته و آینده از نظر انرژی در این است که علیرغم عدم افزایش قیمت نفت در یکی دو سال اخیر ، انتظار می رود که قیمت واقعی نفت مرتبا " افزایش یابد . این افزایش قیمت شاید سالانه تا حدود ۱۰-۵% بیش از مقدار تورم برسد .

در طی ۱۵-۱۰ سال گذشته ، به دلیل افزایش سریع قیمت نفت و مشکلات مالی دیگر ، صرفه جویی های چشمگیری در مصرف انرژی به عمل آمده است . اما این صرفه جویی ها عمدتا " با وسایلی کم خرج ، نظیر اصلاح فرآیند های موجود ، تغییر رویه ها ، و یا استفاده بیشتر از گرمای تلف شدنی ، صورت پذیرفته اند . در برخی موارد انتگراسیون چند فرآیند نیز به صرفه جویی انرژی کمک می کند . در انتگراسیون فرآیند ها ، طراحی یک سری فرآیند به نحوی صورت می گیرد که گرمای آزاد شده در یک قسمت بتواند در قسمت دیگر مصرف شود . مسأله افزایش هزینه انرژی در دراز مدت ایجاب می کند که ، علاوه بر اصلاحات بالا ، در تکنولوژی آینده صنایع شیمیائی تغییرات اساسی صورت گیرد . مثلا " باید سعی کرد مصرف انرژی در هر فرآیند تا آنجا که ممکن است به حد تئوری آن نزدیک شود . چگونگی های صرفه جویی انرژی از طریق اصلاحات بالا ، و یا تغییرات اساسی در آینده ، در جدول ۲ خلاصه شده اند .

جدول (۲) : چگونگی های کم کردن مصرف انرژی در فرآیند های شیمیایی

زمان حاضر (مثال هایی از اصلاحات کم خرج)	آینده (مثال هایی از نوآوری های پس خرج)
– اصلاح فرآیندها	– روش های که ترانرژی گیر
– تغییر رویه ها	– استفاده بهتر از مواد اولیه
– بازیابی گرمای تلف شدنی	– روش های جداسازی جدید
– انترگراسیون بهتر فرآیند ها	– ترکیب عملیات

نمونه ای از صرفه جویی انرژی به کمک اصلاح تکنولوژی غشایی مربوط به تولید کلر – سود در شکل ۴ داده شده است . به طوری که در این شکل دیده می شود ، صرفه جویی چشمگیری در طی ده سال گذشته صورت گرفته است . به علاوه طراحی غشا ها هنوز در حال تکامل است . هدف ایده آل برای آینده در تولید کلر – سود همان مقداری تئوری حدود  $1500 \text{ Kwh} / \text{t NaOH}$  است . مقدار مصرف فعلی حدود  $600 \text{ Kwh}$  بیش از این مقدار است . برای آینده هم ، در عمل هدف را احتمالاً " به مقدار تئوری نمی توان رسانید ، چون برای این منظور باید رسائی غشاء ۱۰۰% و اورولتاژ ( اضافه ولتاژ) الکترودها و افت اهمی باتری ها صفر باشد .



شکل (۴) : چگونگی صرفه جویی با اصلاح غشا در فرآیند تولید کلر – سود

یکی از حوزه های جالب برای کاهش مصرف انرژی در صنایع شیمیایی آینده ، پژوهش در روش های جداسازی است . در یک فرآیند نوعی شیمیایی ، حدود ۵۰% ( و برخی اوقات تا ۸۰% ) انرژی مصرف

شده در واحد صرف عملیات تغلیط و جداسازی می گردد . دلیل اصلی این مساله این است که اکثر عملیات واحد ، مانند تقطیر ، درجذبی (۱۰) ، و استریپینگ (۱۱) ، شامل یک تغییر فاز انرژی گیر می باشند . روش های جدا سازی دیگری را می توان تصور نمود که انرژی گیری کمتری داشته باشند . برای نمونه جداسازی غشایی (۱۲) از نظر ترمودینامیکی بالاترین رسائی انرژی را دارد . در این روش عملیاتی نظیر تقطیر ، تغلیط ، و یا جز به جز کردن ، همه با عمل ساده عبور انتخابی ملکول ها از یک غشا جایگزین می شوند . در عبور ملکول ها از یک غشا هیچگونه تغییر فاز یا تغییر حالتی صورت نمی گیرد ، و در نتیجه از اتلاف انرژی جلوگیری می شود .

نمونه عمومی دیگری از صرفه جویی انرژی در صنایع شیمیایی عبارت است از ترکیب عملیات واحد و یا تبدیل های شیمیایی در یک فرآیند ، یعنی طراحی فرآیند به نحوی که واکنش و یا واکنش های شیمیایی و جدا سازی فرآورده همه در یک مرحله انجام گیرند . برای مثال جالبی در این زمینه می توان به تکنیکی موسوم به تقطیر کاتالیتیکی ، که اخیراً " برای تولید MTBE ( متیل ترسیو – بوتیل اتر) پیشنهاد شده است ، اشاره کرد . به طور کلی در این فرآیند از ترکیب متانول و ایزو بوتیلن حاوی بوتیلن های خطی (۱ – بوتن ، سیس و ترانس – ۲ – بوتن ) MTBE تولید می شود .

رزین اسیدی ( کاتالیست ) مورد استفاده در این واکنش سلکتیو به زیادی برای ایزوبوتیلن دارد ، و از ایزو ایزومر های خطی عملاً " وارد واکنش نمی شوند و می توان آن ها را بازیابی کرد . تکنولوژی سنتی این سنتز یک فرآیند چند مرحله ای است که در آن پس از انجام واکنش ، یک مرحله بازیابی بوتیلن های واکنش نداده ( خطی ها ) ، و یک مرحله حذف متانول موجود است . در تکنولوژی جدید ، یعنی تقطیر کاتالیتیکی ، تشکیل MTBE ، بازیابی بوتن های خطی ، و حذف متانول همه در یک مرحله صورت می گیرند . در اینجا ترکیب واکنش شیمیایی با عمل تقطیر جزء به جزء بسیار رسا است ، زیرا تقریباً تمام انرژی حاصل از واکنش گرما را برای جدا سازی گرما گیر مصرف می شود .

راکتور ها یا واکنشگاه های غشایی مثال جالب دیگری از ترکیب عملیات را در تکنولوژی پیشرفته صنایع شیمیایی نشان می دهند . در این تکنولوژی یک غشای منفرد ، هم بستری است برای کاتالیست واکنش و هم عمل جداسازی را انجام می دهد .

### ۳.۲.۰ انعطاف پذیری در انتخاب مواد اولیه

انعطاف پذیری هر چه بیشتر در انتخاب مواد اولیه یکی دیگر از نیاز های جامعه است . اکنون تقریباً " این اطمینان وجود دارد که ذخائر نفت خام برای ۲۰ تا ۳۰ سال آینده ته نخواهند کشید ، ولی از طرف دیگر پیش بینی قیمت فرآورده های مختلف نفتی در طی این مدت کار مشکلی است . منابع تغذیه بالقوه مناسب برای صنایع شیمیایی در شکل

۵ نمایش داده شده اند .

در حال حاضر نفتا نقش مهمی به عنوان منبع تغذیه صنایع شیمیایی ایفا می کند . به تدریج که نفتا و دیگر فرآورده های نفتی که نسبت H به C بالا دارند گرانتر می شوند ، فرآورده های سنگین تر نفتی ( با نسبت H به C کمتر ) بیشتر مورد توجه قرار می گیرند .

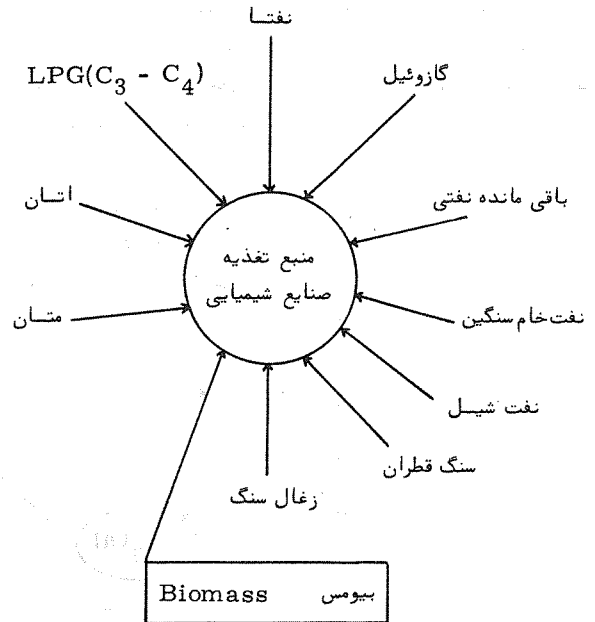
کنونی نفتا در صنایع شیمیایی را به یک تکنوازی نفتا در بین دو کسرت ذغال سنگ و ذغال سنگ - تشبیه کرده اند . می دانیم که قبل از توسعه فرآورده های نفتی ، ذغال سنگ منبع عمده تغذیه صنایع شیمیایی را تشکیل می داد . شکل ۶ موقعیت ذغال سنگ را نسبت به نفت و گاز از نظر منبع تغذیه صنایع شیمیایی ، از ۱۶۰۰ تا ۲۴۰۰ میلادی ، نشان می دهد .

جایگزین شدن تدریجی ذغال سنگ بجای نفت در صنایع شیمیایی از هم اکنون شروع شده است . اخیراً " تنسی ایستمن در آمریکا واحدی برای تولید استیک انیدرید از ذغال سنگ ایجاد نموده است . در هر حال ، عبور صنایع شیمیایی از تغذیه نفتی به ذغال سنگ از طریق گاز سنتز (سینگاز (۱۳)  $CO/H_2$ ) در حال حاضر آن قدرها هم جذاب نیست . حداقل سه دلیل عمده ما را بر این فرض وامی دارد که از زمان حاضر تا سال ۲۰۰۰ میلادی جایگزینی ذغال سنگ به جای نفت نسبتاً اندک خواهد بود . این سه دلیل در جدول ۳ خلاصه شده اند .

جدول (۳) : دلایل عمده برگردنی جایگزینی ذغال سنگ بجای نفت

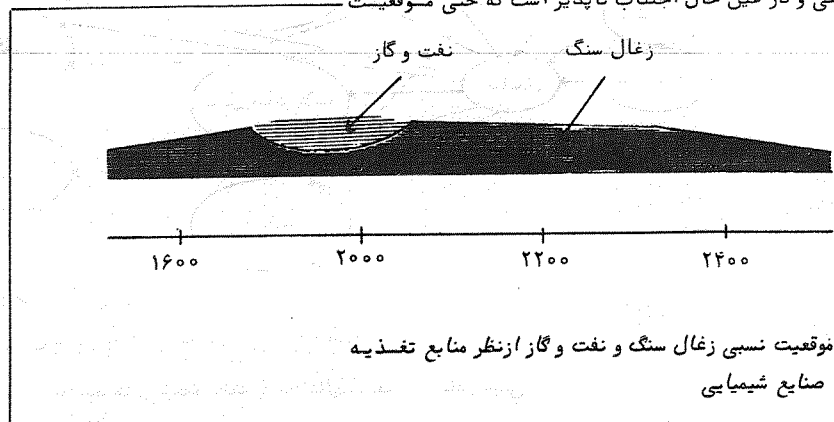
- ۱- پائین بودن قیمت نسبی نفت و فرآورده های نفتی
- ۲- توسعه بسیار زیاد تکنولوژی تولید شیمیایی ها از نفت
- ۳- بالا تر بودن هزینه شیمی ذغال نسبت به شیمی نفت

با کاهش قیمت واقعی نفت در یکی دو سال اخیر ، پیش بینی می شود که قیمت نفت خام تا سال ۱۹۹۰ از حدود ۵۰ دلار در بشکه تجاوز نکند ، و این تقریباً " نصف قیمتی است که چند سال قبل برآورد می شد . تکنولوژی تبدیل نفت و فرآورده های نفتی امروزه توسعه زیادی یافته است ، و به دلایل متعدد نمی توان به سادگی از آن ها چشم پوشید . به علاوه ، سرمایه گذاری های لازم برای تولید شیمیایی ها از ذغال سنگ به مراتب بیشتر از آن شیمی نفت ( پتروشیمی ) است . علاوه بر شیمی ذغال بر مبنای گاز سنتز ، امکان استفاده بالقوه از  $CH_3OH$  و  $CO$  نیز موجود است . شکل ۷ امکانات بالقوه شیمی  $C_1$  (یعنی شیمی  $CO/H_2$  ،  $CO$  ، و  $CH_3OH$ ) را با امکانات



شکل (۵) : انعطاف پذیری بالقوه در انتخاب مواد اولیه صنایع شیمیایی

از نظر سنگینی یا نسبت H به C ، ذغال سنگ درست در مقابل نفت و فرآورده های نفتی قرار می گیرد . ذغال سنگ تنها منبع هیدروکربنی است که به مقدار معتناهی موجود است . احتمال استفاده از ذغال سنگ به عنوان منبع تغذیه عمده در صنایع شیمیایی در آینده به قدری عملی و در عین حال اجتناب ناپذیر است که حتی موقعیت



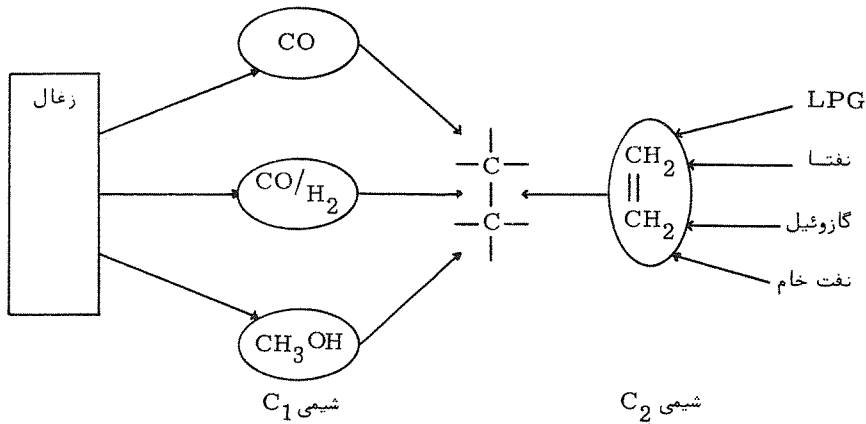
شکل (۶) : فوقیت نسبی زغال سنگ و نفت و گاز از نظر منابع تغذیه صنایع شیمیایی



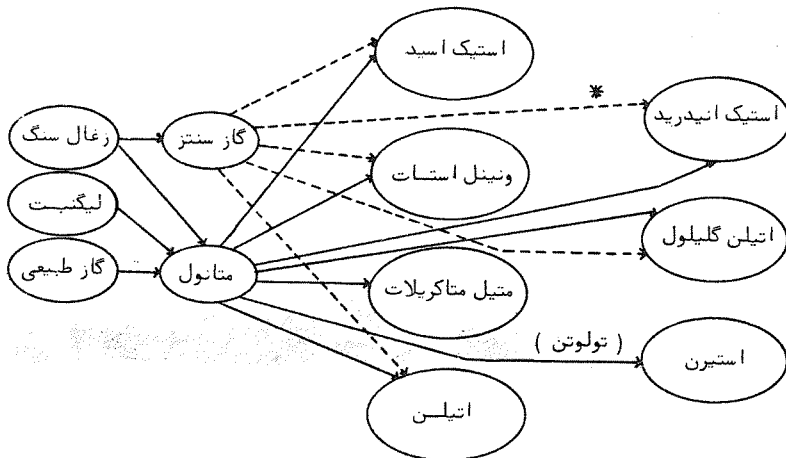
در آینده نزدیک ، در هر حال تکنولوژی موجود شیمی نفت در درجه اول اهمیت خواهد بود .

در چشم انداز دورتر ، یعنی از حوالی سال ۲۰۵۰ میلادی به بعد ممکن است متانول اهمیت خاصی در صنایع شیمیایی پیدا کند . این امکان بالقوه برای شیمی متانول در شکل ۸ با آن سینگاز مقایسه شده است . در حال حاضر ، اکثر منابع گاز طبیعی ، ذغال سنگ و لیگنیت به دلیل پائین بودن کیفیت ، و یا دور بودن از بازار ، تقریباً بی مصرف مانده اند . این منابع به راحتی قابل تبدیل به متانول می باشند ، به علاوه هزینه حمل و نقل متانول در بین فواصل دور فقط حدود دو برابر نفت خام است .

موجود برای شیمی  $C_2$  (یعنی پتروشیمی اتیلن) مقایسه می کند . به طور کلی هنوز معلوم نیست که پروژه های فعلی شیمی  $C_1$  قادر خواهند بود در آینده نزدیک سرمایه خود را مستهلک کنند ، و یا باید منتظر بود که دو باره افزایش قیمت نفت خام آن ها را مورد توجه قرار دهد . در مجموع می توان انتظار داشت که در طی ده سال آینده ممکن است فقط معدودی واحد تولیدی بر مبنای ذغال سنگ و لیگنیت توسعه یابند . چنین واحدهایی احتمالاً "در نقاطی که به منابع ذغال ارزان قیمت دسترسی دارند ( مثلاً آمریکا و استرالیا ) تاسیس خواهند شد . در اروپا احتمالاً " در طی ده سال آینده استفاده از فرآورده های نفت و گاز از دریای شمال و خاور میانه مناسبتر خواهد بود . برای خود مادر ایران



شکل (۷) : مقایسه امکانات شیمی  $C_1$  و شیمی  $C_2$



\* = در حال حاضر وارد مرحله تجارتي شده است .

شکل (۸) : فرآیندهای توسعه یافته یا در حال توسعه بر مبنای شیمی متانول

از نظر صرفا " شیمی پایه ، در نقش آینده متانول ابهامی وجود ندارد . به طوری که در شکل ۸ دیده می شود ، هم اکنون فرآیندهای متعددی بر مبنای متانول توسعه یافته و یا در حال توسعه می باشند . از طرف دیگر ، شیمی نفت و یا در واقع پتروشیمی اتیلن در حال حاضر توسعه زیادی یافته است . به همین دلیل ، سؤال مهم این است که آیا و چگونه می توان با تکنولوژی موجود نفت از متانول استفاده کرد . به عبارت دیگر ، این تکنولوژی تبدیل متانول به اتیلن می باشد که در حال حاضر نکته ابهام آینده شیمی متانول است ، و در این زمینه هنوز پیشرفت چشمگیری حاصل نشده است . شاید حل این مشکل خود در دست تکنولوژی کاتالیست ها باشد .

بیومس (۱۴) یکی دیگر از نامزد های سلطه بر دنیای آینده صنایع شیمیایی است ، و یا حداقل در مرتبه رسانه های گروهی خوشبخت چینی است ، مثلاً گفته می شود که ... بالاخره کشاورزی ممکن است روزی مشکل کمبود نفت را آسان کند ... یا تکنولوژی مهندسی ژنتیک و تولید آنزیم های اصلاح شده خواهند توانست سنتزهای آلی پیچیده را مشکل گشا باشد . متأسفانه بسیاری از این پیش بینی ها شبیه همان اخباری است که حدود ۱۵ - ۱۰ سال قبل در مورد نفت می شنیدیم ، خوب به خاطر داریم که در آن روز ها می گفتند ... و در آینده نه چندان دور نفت گره مشکلات غذایی سرنشینان کره خاکی را خواهد گشود . تنها چیزی که در حال حاضر می توان راجع به بیومس گفت این است که بیومس احتمالاً " می تواند سهم مؤثری در صنایع شیمیایی آینده داشته باشد .

در میان فرآورده های فتو-سنتز ، احتمالاً گلوکز و پلیمرهای آن ( عمدتاً نشاسته و سلولز ) از عمده ترین منابع تغذیه بالقوه برای صنایع شیمیایی به حساب می آیند . بسیاری از میکروارگانیسم ها گلوکز را به عنوان یک منبع انرژی و کربن برای تولید صد ها نوع مواد شیمیایی ، بسیار دوست می دارند . اما این سؤال که آیا تولید انبوه مواد شیمیایی از این طریق می تواند اقتصادی باشد یا نه ، هنوز منتظر جواب است . منابع تغذیه بیومس نسبت به منابع غنی ذغال سنگ و گاز ، بسیار پراکنده و رقیق می باشند ، و از این رو جمع آوری و بهره برداری از آن ها دچار موانع زیادی است .

برای آشنائی بیشتر با موقعیت فعلی بیومس و تکنولوژی مربوطه ، به زبانزدترین و احتمالاً " مهمترین موضوع بیومس ، یعنی تولیداتانول به وسیله تخمیر ، اشاره می کنیم . مزایا و معایب بیوتکنولوژی در جدول ۴ خلاصه شده اند . از یک طرف فرآیند تخمیر بسیار ساده است و تجارب زیادی در مورد تکنولوژی آن در دست می باشد . از طرف دیگر ، اتلاف ماده در فرآیند تخمیر بسیار زیاد است ، یعنی برای تولید هر تن الکل به بیش از دو تن شکر نیاز است . این زیادی اتلاف ماده در تبدیل گلوکز به الکل یک مسأله شیمیایی پایه است ، و بهیچوجه قابل اصلاح نمی باشد ، البته به دلیل رقابت مربوطه ارزش غذایی مواد گیاهی ( چه در حال و چه در آینده ) مناسبترین ماده اولیه بیومس احتمالاً "چوب و زباله های سلولزی خواهند بود ، در واقع می توان با

اطمینان پیش بینی کرد که هیچ ماده دیگری به فراوانی سلولز وجود نخواهد داشت .

جدول (۴): مزایا و معایب بیومس به عنوان مواد اولیه صنایع شیمیایی

نقاط مثبت	نقاط منفی
منابع گسترده و فراوان	هزینه جمع آوری زیاد
سادگی تکنولوژی	اتلاف ماده اولیه

مثال: تولید اتانول

$$C_6H_{10}O_6 + O_2 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

۲ تن ۱ تن

نتیجه بحث بالا در مورد سرنوشت منابع تغذیه صنایع شیمیایی آینده را می توان به صورت جدول ۵ خلاصه نمود . آنچه بیش از هر چیز در آینده صنایع شیمیایی جلب توجه خواهد نمود ، تنوع منابع تغذیه ، و در نتیجه تنوع تکنولوژی آن ها خواهد بود . منابع تغذیه پیش سازهای (۱۵) پتروشیمیایی به تدریج از نفتابه LPG ، گازوئیل ، و فرآورده های سنگین تر تغییر خواهند کرد . چشم انداز مربوط به شیمی C<sub>1</sub> و بیومس بیشتر به عواملی نظیر موقعیت جغرافیایی ، سیاست های اقتصادی ، و استقلال صنعتی بستگی خواهد داشت . در مجموع می توان گفت که شیمی صنایع شیمیایی فردا متنوع تر از امروز خواهد بود ، و احتمالاً " متانول سهم بزرگی از این شیمی را به خود اختصاص خواهد داد .

جدول (۵): منابع تغذیه احتمالی صنایع شیمیایی آینده

منبع تغذیه	مبنای تکنولوژیکی	عوامل تعیین کننده در انتخاب
نفت	شیمی اتیلن - C <sub>2</sub>	قیمت
LPG		قابلیت دسترسی
گازوئیل		چگونگی تکنولوژی
باقی مانده نفت	شیمی C <sub>1</sub>	سرمایه
متان		مسایل سیاسی
ذغال سنگ		عوامل اقتصادی
متانول		عوامل جغرافیایی
بیومس	بیوتکنولوژی	

۰۴۰۲ . زباله کمتر و ایمنی بیشتر

وظیفه دست اندرکاران پژوهش و توسعه (۱۶) در تکنولوژی امروزی- صنایع شیمیایی حفظ تعادل و تناسبی بین جنبه های اقتصادی فرآیند

( ماده، انرژی و غیره ) از یک طرف ، و جنبه های ایمنی ( بهداشت کار، آب و هوا ، و محیط تمیز ) از سوی دیگر می باشد . جنبه های ایمنی صنایع شیمیائی لزوماً " مسائل پیچیده ای را شامل می شوند . درپیشاپیش این مسائل ، عدم آگاهی کافی در زمینه خطرات و مضرات بالقوه هزاران ماده بر روی انسان ، حیوان ، گیاه ، و حتی جامدات است . درمواردی هم که این آگاهی به طور کامل یا نسبی وجود دارد باز هم ممکن است مسائل حقوقی و اجتماعی در عمل مانع تصمیم گیری قاطع در مقابل آن ها باشند . تا آنجا که به شیمی و تکنولوژی صنایع شیمیائی مربوط می شود ، می توان گفت که در این زمینه پیشرفت های قابل توجهی حاصل شده است . بسیاری از فرآیندهای خطرناک به وسایل کنترل و حفاظتی مجهز می باشند . با وجود این ، فاجعه اخیر ( سال گذشته ) در یکی از واحدهای یونیون کار باید در بوپال هند حاکی از خطرات عظیم پیش بینی نشده در صنایع شیمیائی است .

برای صنایع شیمیائی فردا باید نهاد ایمنی ذاتی (۱۷) را در فرآیندها مورد توجه قرار داد ، به عبارت دیگر باید هر خروار کنترل و محافظت را بایک مثقال پیشگیری جایگزین کرد . باید خطرات در مرحله طراحی فرآیند پیش بینی و پیش گیری شده ، و تا آنجا که ممکن است آنها را در فرآیند راه نداد . چگونگی برخورد با مسایل ایمنی صنایع شیمیائی در گذشته و در آینده در جدول ۶ مقایسه شده است . در این زمینه شیمیدان ها ، یعنی افرادی که در مرحله آزمایشگاهی فرآیند ها کار می کنند مسؤلیت سنگینی به عهده دارند .

جدول (۶) : چگونگی برخورد با مسایل ایمنی صنایع شیمیائی در گذشته و آینده

در گذشته : اصلاح فرآیند و تکنولوژی

- کاهش خطرات و مضرات
- اصلاح استاندارد های ایمنی
- کنترل و محافظت از خطرات
- در آینده : نهاد ایمنی ذاتی
- راه ندادن خطرات و مضرات در واحد

مرحله آزمایشگاهی اولین و بهترین فرصتی است که طی آن می توان خطرات و مضرات بالقوه فرآیند را به حداقل رساند ، و یا به طور کلی دفع کرد . اهمیت دفع خطر در مرحله توسعه مخصوصاً " از این جهت است که اگر داده های کافی در مورد خطرات احتمالی وجود داشته باشند ، تکنولوژیست ها می توانند وسایل ایمنی ذاتی را در طراحی فرآیند منظور نمایند . از جمله مسائلی که بررسی آن ها از نظر نهاد ایمنی ذاتی فرآیند اهمیت خاصی دارند می توان نکات زیر را مورد تأکید قرار داد .

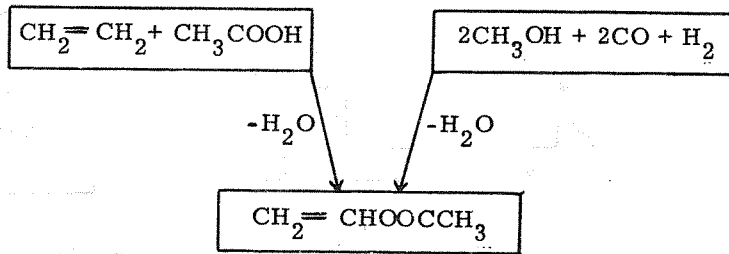
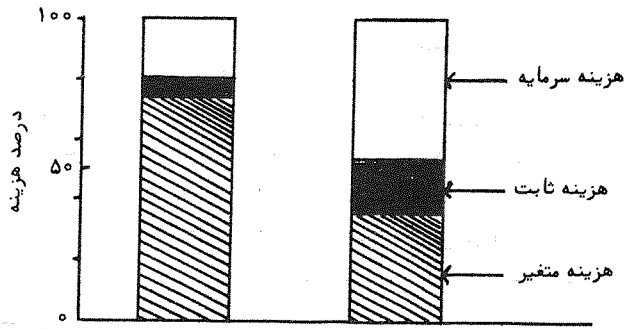
- تشخیص تمامی اجزا و ناخالصی های دخیل در فرآیند .
- تعیین خواص فیزیکی و شیمیائی اجرا و ناخالصی های فوق الذکر
- تعیین داده های سینتیکی و گرمائی کلیه واکنش های احتمالی .
- تشخیص کلیه خطرات احتمالی آتشگیری و انفجاری .
- مطالعه شرایط کاری فرآیند در حوزه بسیار وسیعتری از محدود ه غلظت ، دما ، و فشار معمولی .

لازم به یادآوری است که اغلب پس از بروز حوادث ، بررسی و پژوهش های مفصلی برای بی بردن به عوامل بروز حادثه انجام می گیرد . به عنوان مثال می توان از فاجعه بوپال در هند نام برد . بسیار بجا و عاقلانه است که در مرحله آزمایشگاهی توسعه فرآیند چنین حوادثی را تصور نموده و به بررسی عوامل احتمالی آن ها بپردازیم .

۵۰۲ . سرمایه گذاری کمتر

یافتن راه حلی برای نیاز های سرمایه ای جامعه از نظرتئوری خود مسأله مشکلی است . صنایع شیمیائی همیشه یکی از مصرف کنندگان بزرگ سرمایه و پول بوده اند ، و هیچ دلیل منطقی وجود ندارد که فرض کنیم این وضع درآینده عوض خواهد شد . عنصر عمده در صنایع شیمیائی هزینه دستگاه ها و واکنشگاه های پیچیده فرآیند ها است . این دستگاه ها اغلب باید از مواد مخصوص تهیه شوند تا در برابر عواملی چون دمای بالا ، فشار بالا ، و مواد شیمیائی خورنده مقاوم باشند . همچنین رسائی قابل تحسین عملیات گوناگون اغلب زاپیده شکل ها و همبندی های غیر عادی و پیچیده دستگاه هائی است که با صرف هزینه های کلان ساخته و پرداخته شده و یا به هم متصل می گردند . به علاوه ، این که توسعه این دستگاه ها از بدو شروع تا تکمیل سال ها طول می کشد ، و چون سرمایه در طی این مدت عملاً " حکم سرمایه را کد را دارد ، این امر نیز نیاز به سرمایه جاری را افزایش می دهد .

در مجموع ، تا آنجا که به سرمایه مربوط می شود ، با اطمینان می توان پیش بینی کرد که محدوده تکنولوژی های مستقر در چشم انداز صنایع شیمیائی فردا ، فقط در اختیار دولت ها و معدودی از کمپانی های بزرگ خواهد بود ، به علاوه ، آنچه در مرحله آزمایشگاهی به عنوان یک جهش به سوی جلو تلقی گردد ، لزوماً " نخواهد توانست دامنه جهش خود را تا مرحله تولید حفظ کند . برای نمونه می توان به فرآیند بسیار جالب جدیدی در مورد سنتز وینیل استات از متانول اشاره کرد . مشخصات این فرآیند جدید با مشخصات فرآیند قدیمی برمبنای اتیلن در شکل ۹ مقایسه شده اند . در فرآیند قدیمی هزینه متغیر ( هزینه جاری یا هزینه ماده اولیه و انرژی ) بسیار بالا است . در فرآیند جدید این هزینه به طور چشمگیری کمتر است ، ولی در مقابل هزینه سرمایه - گذاری آن به حدی بالا است که مجموع هزینه در هر دو فرآیند تقریباً " یکسان است .



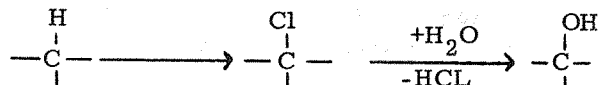
شکل (۹) : مقایسه هزینه تولید وینیل استات بر مبنای شیمی متانول و شیمی اتیلن

### ۱۰.۳. عسای شیمیایی

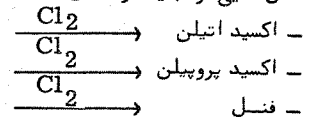
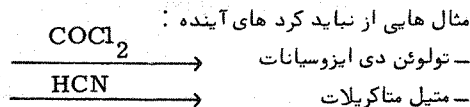
اصطلاح عسای شیمیایی برای ترکیبی انتخاب شده است که در واکنش مصرف می شود بدون این که در ساختمان فرآورده نهایی موجود باشد. واکنش هایی مانند ایجاد گروه هیدروکسیل روی ترکیبات از طریق کلریدن (کلرآسیون) و هیدرولیز متعاقب آن ها، نمونه های کلاسیک عسای شیمیایی را در بر می گیرند. امروزه می دانیم که برای تولید فرآورده هایی نظیر اکسید اتیلن، اکسید پروپیلن و فنل بیشتر و بیشتر از روش های بدون عسای شیمیایی استفاده می شود. این موضوع به طور شماتیک در شکل ۱۱ نمایانده شده است. شکل ۱۱ همچنین دو نمونه عسای شیمیایی دیگر، یعنی فسژن و اسید سیانیدریک، را نشان می دهد که به ترتیب در تولید تولوئن دی ایزوسیانات (TDI) و متیل متاکریلات (MMA) به کار گرفته می شوند، و باید در آینده فکری برای آن ها کرد.

### ۴. آشنائی با تاریخ صنایع شیمیایی : آنچه باید نکرده

صنعت شیمیایی امروز عمدتاً "صنعتی است که از زمان جنگ جهانی دوم، یعنی از حدود ۴۵ سال قبل بدین طرف توسعه یافته است. بی تردید پیشرفت صنعت شیمیایی در این دوران رو به مرته تحسین انگیز است. با وجود این، و مخصوصاً "از دیدگاه بحث ما، بیافتن نقطه ضعف های عمده ای در این صنعت مشکل نیست. جستجوی این نقطه ضعف ها بسیار مفید است، چون پیدا کردن آن ها به ما می آموزد که در مسیر پیشبرد صنعت شیمیایی "چه باید نکرده". برای نمونه هایی از آنچه "باید نکرده" در اینجا به شرح مختصر چهار نقطه ضعف می پردازیم. این نقطه ضعف ها عبارتند از عسای شیمیایی (۱۸) تولید همفرآورده (۱۹)، افت ارزش عنصری (۲۰)، و سنتز چند مرحله ای (۲۱)



مثال هایی از نباید کرد های گذشته :

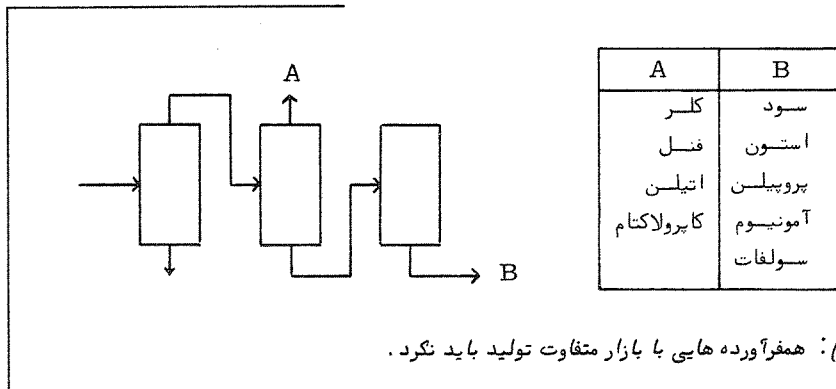


شکل (۱۱) : از عسای شیمیایی استفاده باید نکرده.

## ۲.۴. تولید همفرآورده

نایلون) را مورد توجه قرار می دهیم . در این فرآیند بازاری هر تن لاکتام تا حدود ۴/۵ تن سولفات آمونیوم تولید می گردد . تحلیل اقتصادی این مسأله در شکل ۱۳ نشان داده شده است . این شکل نشان می دهد که قیمت فروش نمک حتی ارزش آمونیاک و اسید مصرفی را نیز تامین نمی کند . به عبارت دیگر تولید همفرآورده سولفات آمونیوم در هزینه تمام شده کاپرولاکتام تأثیر منفی دارد . به علاوه نظر به این که مصرف جهانی سولفات آمونیوم تقریباً " ثابت است ولی تولید آن در

تولید همفرآورده یکی دیگر از نقطه ضعف های برخی از فرآیند های شیمیائی است . تولید همفرآورده عمدتاً " از این نظر مایه درد سر است که هریک از دو و یا بیشتر همفرآورده ممکن است بازاری متفاوت داشته باشند . برخی از فرآیند های شیمیائی عمده که در آن هادو همفرآورده تولید می گردد در شکل ۱۲ نشان داده شده اند .

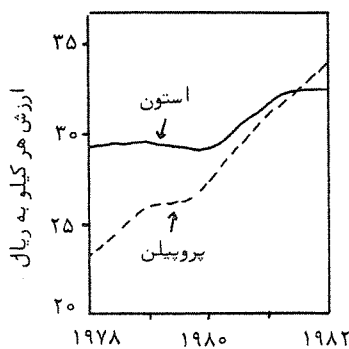


شکل (۱۲): همفرآورده هایی با بازار متفاوت تولید باید نکرد .

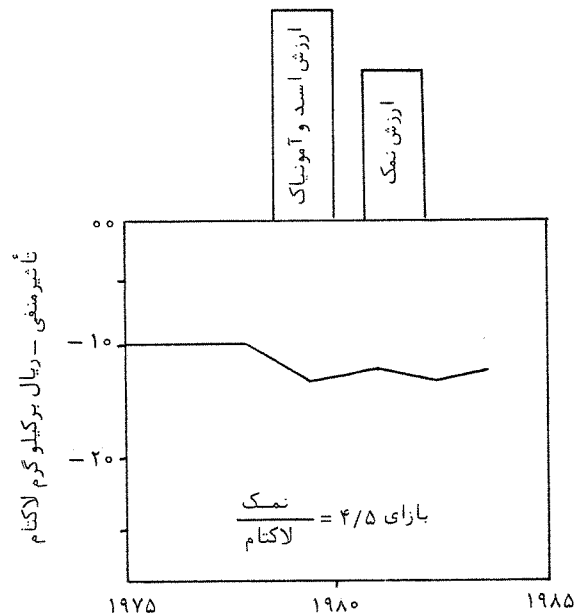
کشور های در حال توسعه به تدریج افزایش می یابد ، تأثیر منفی آن در فرآیند کاپرولاکتام همه ساله افزوده می شود .

به عنوان نمونه ای دیگر ، می توان به همفرآورده استون در تولید فنل از کومن اشاره کرد . شکل ۱۴ قیمت استون را در سال های اخیر با قیمت پروپیلن مقایسه می کند ( در واقع این پروپیلن است که به استون تبدیل می شود ) . به طوری که در شکل دیده می شود ، در گذشته استون تولید شده در فرآیند فنل از پروپیلن مصرف شده گرانتر بود ، ولی در سال های اخیر استون تولید شده از پروپیلن مصرف شده ، ارزانتر شده است .

در گذشته که مواد اولیه صنایع شیمیائی اغلب با قیمت های بسیار پائین تدارک می شد ، و هزینه های انبارداری و ترابری و غیره هم زیاد نبود ، تولید همفرآورده مشکلی ایجاد نمی کرد . امروزه این موضوع یک مشکل بسیار جدی است . برای نمونه فرآیند کاپرولاکتام ( ماده اولیه



شکل (۱۴): نوسان قیمت استون به پروپیلن در سال های اخیر .

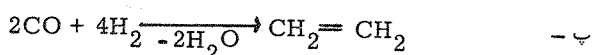
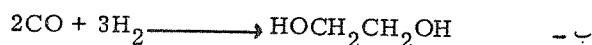
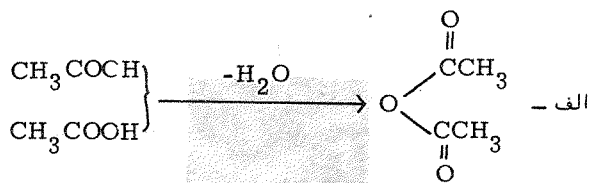


شکل (۱۳): تأثیر منفی تولید همفرآورده سولفات آمونیوم در فرآیند کاپرولاکتام .

نتیجه می‌رسیم که تکنولوژی آینده صنایع شیمیایی باید جوابگوی چندین نیاز متفاوت، و گاهی متناقض، باشد. این بیان به تعبیری ممکن است وظیفه دانشمندان و صنعتگران را در راه رسیدن به فرآیند های ایده آل که در آن ها صرفه جوئی عمومی منابع مطرح است، مشکل سازد. از سوی دیگر، همین دشواری و تناقض ممکن است به یافتن چشم انداز های جذیدی در آینده صنایع شیمیایی کمک کند. برای ذکر نمونه ای از یک فرآیند تقریباً "ایده آل می‌توان به تکنولوژی باصطلاح "نسل سوم" پلیمریزاسیون پروپیلین اشاره کرد. در این فرآیند جدید افزایش قابل توجه فعالیت کاتالیست پلیمریزاسیون، همراه با اصلاحات فنی دیگر، فرآیند پلیمریزاسیون پروپیلین را به طور تحسین آمیزی بهبود بخشیده است.

تکنولوژی نسل سوم پلیمریزاسیون پروپیلین در شکل ۱۰ با تکنولوژی های نسل دوم و نسل اول مقایسه شده است. در تکنولوژی جدید به ازای هر گرم کاتالیست حاملدار (۲۲)، ۳۰-۴۰ کیلوگرم پلی پروپیلین تولید می‌شود. در حالی که این مقدار برای تکنولوژی نسل دوم ۱۵-۱۰ و برای تکنولوژی نسل اول کمتر از یک کیلوگرم بود. در فرآیند جدید، به دلیل رسائی بسیار عالی کاتالیست، عملاً نیازی به جدا سازی کاتالیست، مونمر، و پلیمری موزون (آتاکتیک) (۲۳) در بین نیست. به علاوه با تولید پلیمر به صورت دانه های بسیار ریز، مرحله لپه کردن پلیمر توده نیز از فرآیند حذف می‌شود. این اصلاحات در مجموع منجر به صرفه جوئی های زیر می‌گردد: سرمایه گذاری ثابت ۵۰% مصرف نیرو ۳۰%، و مصرف بخار آب ۹۰%. به علاوه در فرآیند جدید می‌توان به جای پروپیلین مرغوب از پروپیلین نوع ارزانتری استفاده کرد، بدون این که در کیفیت پلی پروپیلین حاصل خللی ایجاد شود.

عدم استفاده کامل از مواد اولیه، یافت ارزش عنصری (۲۲)، در بسیاری از فرآیند های امروزی دیده می‌شود. نمونه ساده ای از این نوع نارسائی در تولید استیک انیدرید از استیک اسید، یعنی در شکل ۱۵ الف، به چشم می‌خورد. در این فرآیند هیدروژن و اکسیژن پر ارزش موجود در اسید به هیدروژن و اکسیژن کم ارزش موجود در آب تبدیل می‌گردند، و یا عملاً "تلف می‌شوند. در توسعه شیمی C<sub>1</sub> باید مخصوصاً موضوع افت ارزش عنصری مورد توجه کامل قرار گیرد. به طور کلی از دو نوع واکنشی که در شکل ۱۵ ب و ۱۵ پ نمایش داده شده‌اند، واکنش نوع پ از واکنش نوع ب راساتر است.



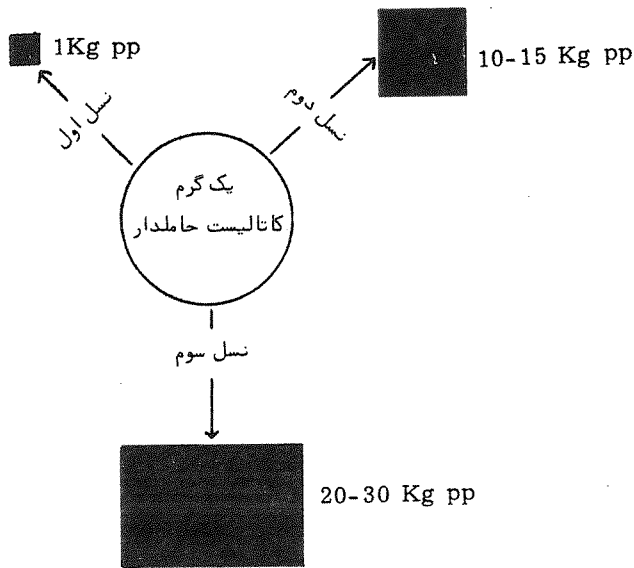
شکل (۱۵): افت ارزش عنصری در فرآیند باید نداشت.

#### ۴۰۳. سنتز چند مرحله ای

سنتز های چند مرحله ای علی الاصول از نظر صنعتی نارسا می‌باشند. مثلاً "در یک سنتز پنج مرحله ای، اگر بازده در هر مرحله ۸۰% باشد، بازده کل ۳۳% خواهد بود. در این نوع فرآیند ماده اولیه تبدیل نشده، و یا تبدیل شده به مواد بی مصرف، باید از مخلوط جدا شود. به طور کلی، اتلاف مواد اولیه، هزینه جداسازی، دردسر و هزینه مربوط به حجم زیاد زباله (۶۷% مواد اولیه در مورد مثال بالا)، انبار و نگهداری مواد میانی، در اکثر موارد غیر قابل تحمل می‌شوند. حتی اگر بازده مراحل متعدد بالاتر هم باشند، باز هم سنتز هایی با مراحل کمتر همیشه بر سنتز هایی با مراحل بیشتر ارجحیت دارند. توصیه ای که در این زمینه می‌توان ارائه نمود این است که معمولاً "هزینه سرمایه گذاری و گردش فرآیند های اختصاصی کم مرحله ای به مراتب کمتر از فرآیند های عمومی پر مرحله ای است.

#### ۴. فرآیند های ایده آل فردا

از بحث بالا در مورد نیاز های جامعه و "آنچه باید کرد"، بدین



### مزایای تکنولوژی نسل سوم

- عدم نیاز به :
- جداسازی کاتالیست
- جداسازی و بازیابی منومر
- جداسازی پلیمر ناموزون
- لپه کردن ( خرد کردن ) پلیمر
- صرفه جویی در :
- سرمایه ۵۰ درصد
- مصرف نیرو ۳۰ درصد
- بخار آب ۹۰ درصد
- انعطاف پذیری :
- پروپیلن نامرغوب

شکل (۱۰) : تکنولوژی نسل سوم پلیمریزاسیون اتیلن .

زیر نویس ها

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Unit operations             | 14. Biomass                  |
| 2. Streoregular Polymerization | 15. Prec ursor               |
| 3. Push theory                 | 16. Research and development |
| 4. Pull theory                 | 17. Intrinsic safety         |
| 5. Selectivity                 | 18. Supported catalyst       |
| 6. Substrate                   | 19. Atactic                  |
| 7. Reactivity                  | 20. Chemical crutch          |
| 8. Transis                     | 21. Co-production            |
| 8. Transition state            | 22. Elemental devaluation    |
| 9. Reaction centre             | 23. Multi-step synthesis     |
| 10. Absorption                 |                              |
| 11. Stripping                  |                              |
| 12. Membrane separation        |                              |
| 13. Synthesis gas(Syngas)      |                              |