

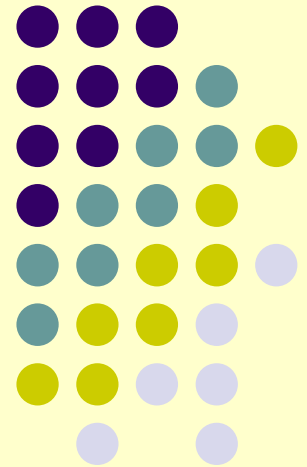
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
دانشکده مهندسی و علم مواد

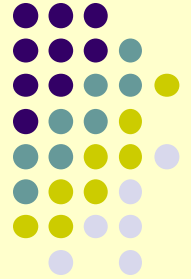


# پلیمرهای پیشرفته

جلسه پنجم  
(روش های پلیمریزاسیون)

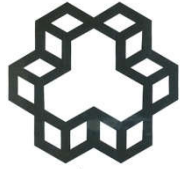
دکتر رضا اسلامی فارسانی



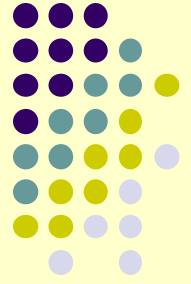


### چگونه واکنش پلیمریزاسیون انجام می شود؟

- پلیمریزاسیون می تواند در حالت های جامد، مایع و گاز انجام شود.
- واکنش های پلیمریزاسیون حالت جامد، کند بوده و بنابراین در عمل کاربرد چندانی ندارند.
- واکنش های پلیمریزاسیون حالت گازی تحت شرایط معمول انجام نمی شوند و به دماهای بالا نیاز دارند.
- تقریباً همه فرآیندهای پلیمریزاسیون تجاری در حالت مایع انجام می شوند.

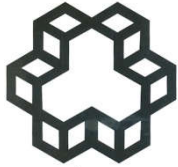


## روش های پلیمریزاسیون

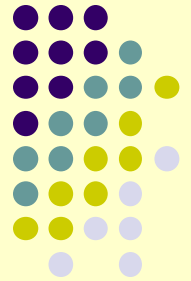


روش های پلیمریزاسیون براساس نوع محیط واکنش به ۷ دسته اصلی تقسیم می شوند. برای تولید انواع مواد پلیمری، فرآیندهای (واکنش های) پلیمریزاسیون (شامل دو نوع زنجیره ای و مرحله ای)، در قالب یکی از ۷ روش مذکور و یا تلفیقی از دو یا چند روش انجام می شوند.

- ۱- توده ای (Bulk)
- ۲- محلولی (Solution)
- ۳- تعلیقی (Suspension)
- ۴- امولسیون (Emulsion)
- ۵- رسوبی (Precipitation)
- ۶- پراکنشی (Dispersion)
- ۷- بین سطحی (Interfacial)

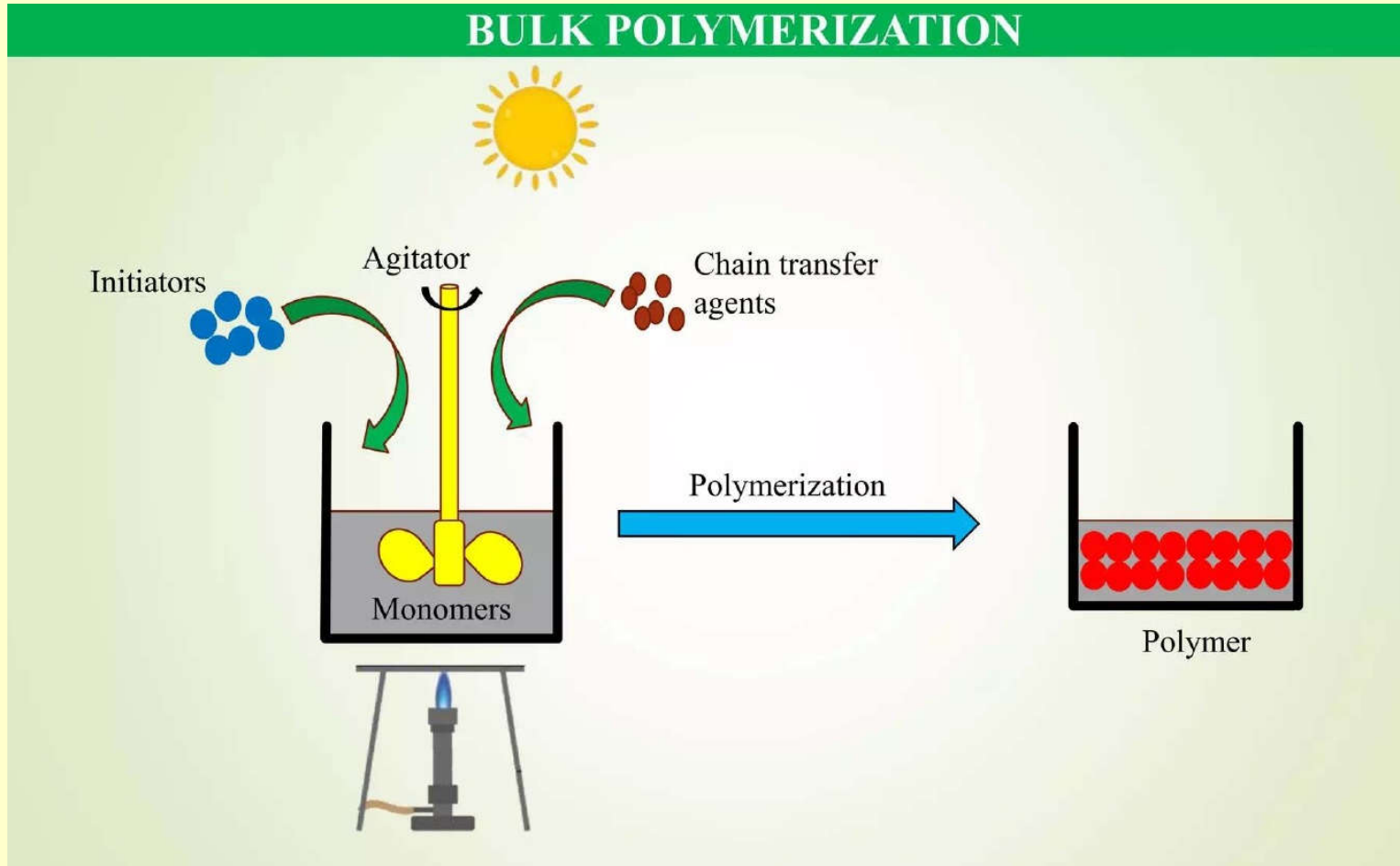
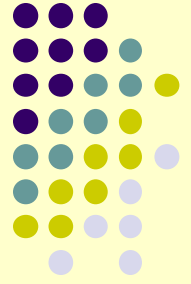
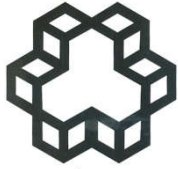


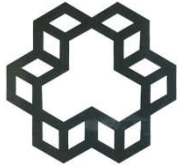
## پلیمریزاسیون توده ای (جرمی)



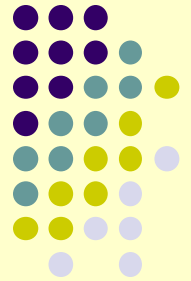
پلیمریزاسیون توده ای یک منومر خالص ساده ترین فرآیند از این نوع است. این پلیمریزاسیون اغلب از طریق **گرمایی** به روش شروع خود به خود و یا با افزودن **شروع کننده (آغازگر)** آغاز می شود. در حالت کلی در این گونه سیستم ها، خوراک ورودی به راکتور شامل منومر خالص و شروع کننده می باشد. در این روش به منومر رقیق نشده کاتالیزور می افزایند و این مخلوط تمام دوره پلیمریزاسیون را طی می کند.

در برخی مواقع، افزودنی های بسیار محدودی مانند عوامل انتقال (که جهت کنترل وزن مولکولی بکار می روند) و کاتالیزور نیز به راکتور اضافه می شوند. در نتیجه **پلیمریزاسیون های توده ای دارای دو مزیت نسبت به پلیمریزاسیون های دیگر می باشند.** اول این که مواد افزودنی مانند حلال، امولسیفایر و عوامل تعلیق در این گونه سیستم ها مصرف ندارند. نکته دوم این است که به علت عدم مصرف مواد افزودنی فوق الذکر، ناخالصی در این سیستم ها ناچیز بوده و همچنین به دستگاه های تخلیص کننده خاص احتیاجی نیست.



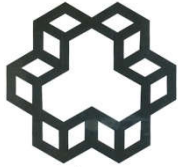


## پلیمریزاسیون توده ای (جرمی)

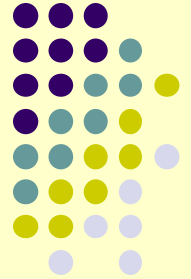


پلیمریزاسیون های توده ای بیشتر در مورد واکنش های **مرحله ای** کاربرد دارند، اما برای زنجیره ای نیز استفاده می شود که البته مشکلاتی نیز دارد. به دلیل **گرمازا بودن واکنش های زنجیره ای، افزایش ویسکوزیته و ممانعت از خروج گرما،** گرمایی بیش از حد در برخی قسمت های محلول ایجاد شده و سبب ذغال شدن و تخریب آن می شود. لذا این روش در بسیاری موارد برای تهیه آزمایشگاهی برخی پلیمرها استفاده شده و **کاربرد صنعتی آن محدود است.**

در مجموع به علت ویسکوزیته بالا، **پدیده ژل شدن** روی داده و اختلاط و پمپ کردن مخلوط مشکل شده و در نتیجه دست یابی به درجات تبدیل بالا به روش پلیمریزاسیون توده ای مشکل است. پلی اتیلن، پلی استایرن و پلی متیل متاکریلات، نمونه هایی از پلیمرهای تولیدی به این روش هستند.

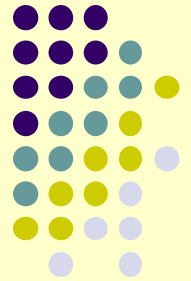
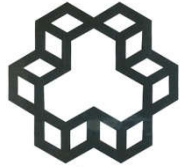


## پلیمریزاسیون توده ای (جرمی)



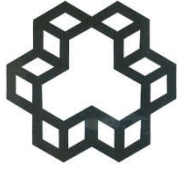
پلیمریزاسیون توده ای می تواند به صورت **تک فازی** (همگن) و **یا چندفازی** (ناهمگن) انجام پذیرند. این نکته وابسته به حلالیت منومر و پلیمر در یکدیگر است. به عنوان مثال منومرهای متیل متاکریلات، استایرن و وینیل استات در پلیمرهایشان قابل حل می باشند که این امر منجر به تشکیل یک محیط تک فازی می گردد. در نقطه مقابل آکریلونیتریل و وینیل کلراید نمونه هایی از محیط های پلیمریزاسیون چندفازی می باشند.





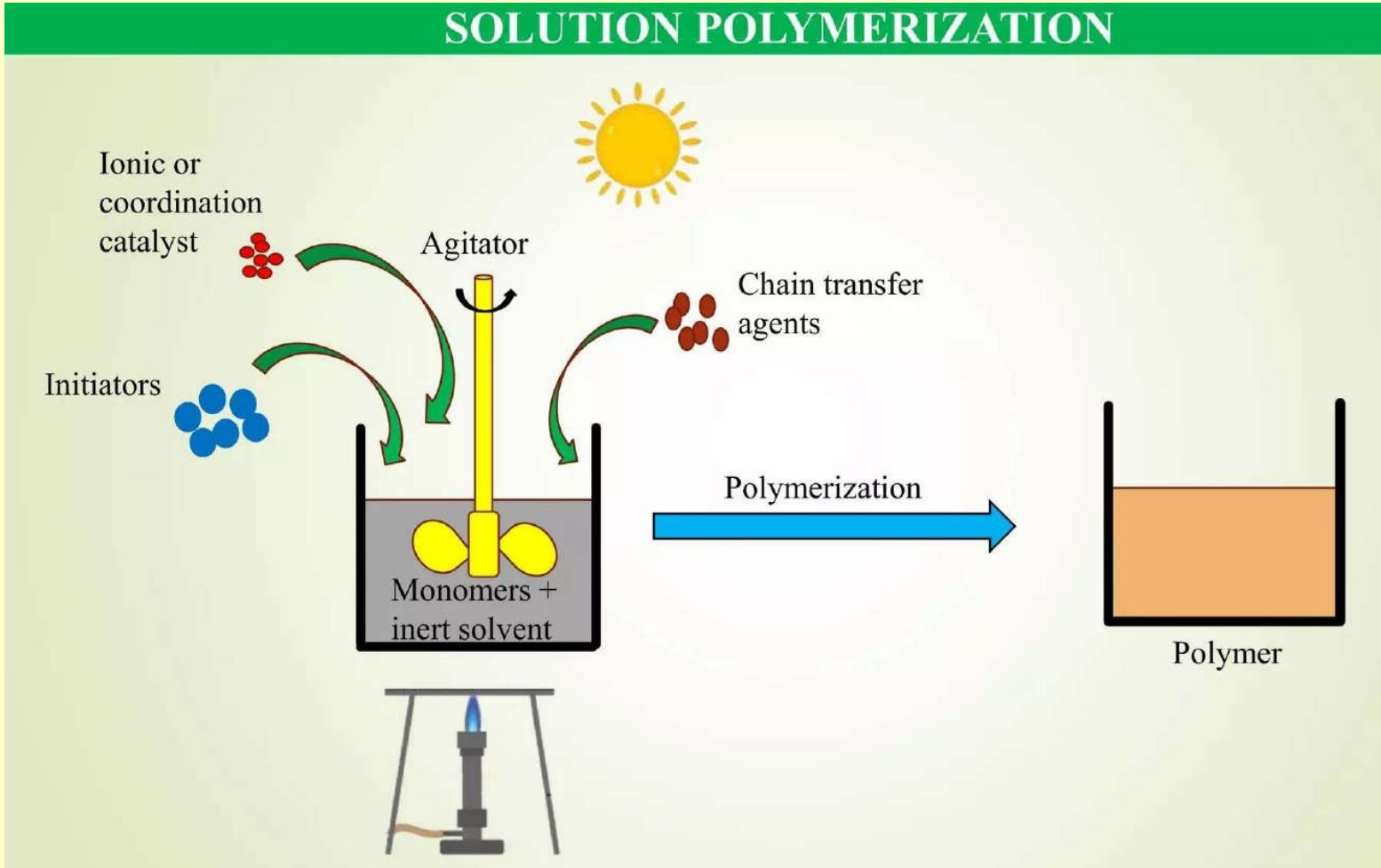
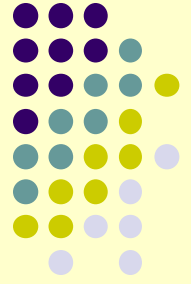
در این روش، **منومر** و **پلیمر** هر دو در **یک حلال**، محلول بوده و به علت وجود محیط حلالی، ویسکوزیته مخلوط نسبت به پلیمریزاسیون توده ای کمتر است که در نتیجه نه تنها اختلاط بهتر انجام گرفته و کارآیی شروع کننده افزایش می یابد، بلکه مسائلی مانند **انتقال حرارت کم** و بوجود آمدن **پدیده ژل** در این سیستم ها ناچیز است. به همین دلیل می توان در این گونه سیستم ها به مقادیر **تبدیل بالاتری** رسید.

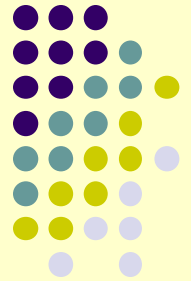
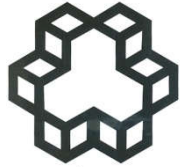
در روش پلیمریزاسیون محلولی نیز دو حالت **تک فازی** و **چند فازی** وجود دارد. اگر چه پلیمریزاسیون های محلولی ابتدا به صورت تک فازی آغاز می شوند، ولیکن در سیستم های چند فازی، پلیمر در منومر خود (یا در محلول منومر - حلال) نامحلول شده و به سرعت با رسوب پلیمر، فاز دوم شروع می شود. به همین دلیل برخی اوقات سیستم های پلیمریزاسیون محلولی چند فازی را سیستم های پلیمریزاسیون ته نشینی و یا رسوبی نیز می نامند.



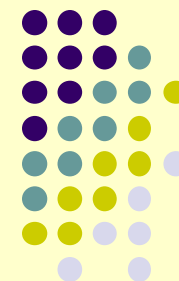
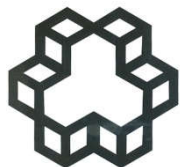
دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین ٹولو

# پلیمریزاسیون محلولی



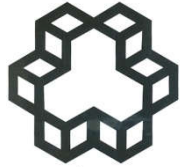


در روش پلیمریزاسیون محلولی، عاری کردن محصول از ذرات بسیار ریز حلال در خاتمه عمل، با مشکل همراه است. از طرفی انتخاب حلال کاملاً بی اثر، به آسانی امکان پذیر نیست، بدین معنا که همواره انتقال زنجیر به حلال و محدود شدن وزن مولکولی محصول وجود خواهد داشت. این نکته، دارای اهمیت زیادی بوده و دلیل کاربرد کم روش محلولی در تولید پلیمرهای مهم اقتصادی است. یکی دیگر از معایب پلیمریزاسیون محلول کاهش غلظت منومر و آغازگر است که منجر به کاهش سرعت واکنش، استفاده از حجم کمتر از راکتور، سمیت و سایر اثرات زیست محیطی اکثر حلال های آلی می شود. همچنین دمای پلیمریزاسیون به نقطه جوش حلال محدود می شود و این امر سرعت واکنش را محدود کرده که در بسیاری از موارد این مسئله منجر به طولانی شدن زمان انجام کامل واکنش می گردد. در مجموع مشکل اساسی در این روش، جداسازی و بازیابی حلال از محلول و هزینه های اضافی مرتبط با آن است.

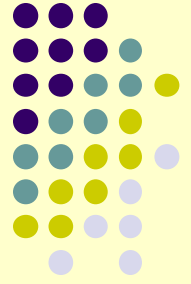


در روش پلیمریزاسیون محلولی، سینتیک کلی واکنش به صورت مجموع سینتیک واکنش های موجود در هر دو فاز غنی از منومر و فاز غنی از پلیمر در نظر گرفته می شود که البته معمولاً در فاز غنی از پلیمر (که بوسیله منومر متورم می شود)، قدرت نفوذ مولکول ها در یکدیگر کنترل کننده واکنش است.

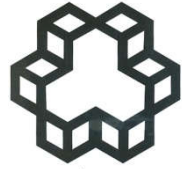
پلیمریزاسیون محلول عمدتاً در کاربردهایی استفاده می شود که به هر حال وجود یک حلال مورد نظر است، همانطور که در مورد لاک و چسبها صدق می کند. یکی دیگر از کاربردهای پلیمریزاسیون محلولی شامل ساخت الیاف به روش های خشک ریزی و تر ریزی و فیلم های پلاستیکی است.



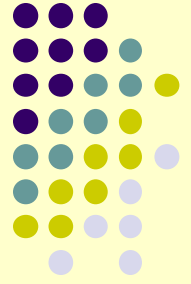
## پلیمریزاسیون تعلیقی



پلیمریزاسیون تعلیقی روشی است که در آن پلیمر در منومر، یا قطرات منومر-حلال در فاز پیوسته (که هم برای منومر و هم برای پلیمر تشکیل شده غیرحلال است)، تشکیل می‌شود. در پلیمریزاسیون تعلیقی، آغازگر عمدتاً در فاز منومر قرار دارد. این پلیمریزاسیون، فرآیندی ناهمگن است که از هم زدن مکانیکی برای مخلوط کردن منومر یا مخلوطی از منومرها در فاز مایع مانند آب استفاده می‌کند، در حالی که منومرها پلیمریزه می‌شوند و کره‌هایی از پلیمر را تشکیل می‌دهند. قطرات منومر (با اندازه ۱۰-۱۰۰۰ میکرون)، در فاز مایع معلق هستند. تک تک قطرات منومر را می‌توان تحت پلیمریزاسیون توده ای در نظر گرفت. فاز مایع خارج از این قطرات به هدایت بهتر گرما و در نتیجه تعدیل افزایش دما کمک می‌کند.



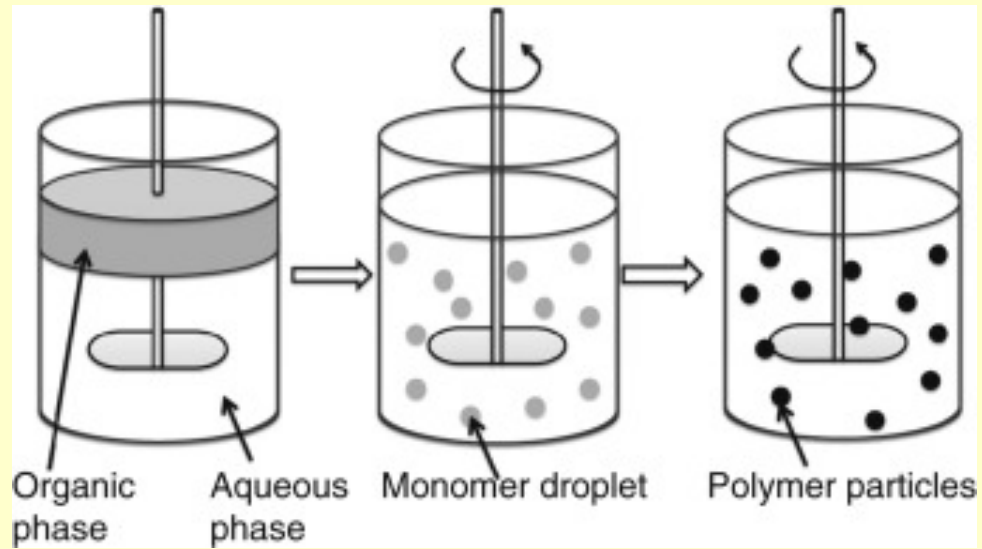
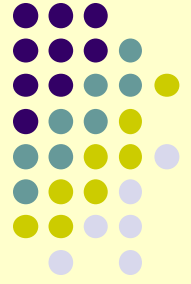
## پلیمریزاسیون تعلیقی

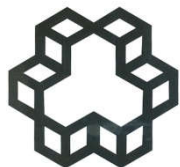


این روش، بسیار شبیه به پلیمریزاسیون محلولی است، با این تفاوت که منومر بجای حل شدن در یک مایع بی اثر (مانند آب) بصورت معلق در آن در می آید. **انتقال حرارت و کاهش ویسکوزیته** همانند پلیمریزاسیون محلولی است، همچنین هم زدن مکانیکی و حضور عوامل معلق کننده برای معلق نگاه داشتن منومر نیز ضروری می باشد. این روش، **روشی مؤثر است زیرا تعداد زیادی از قطرات ریز با این روش پلیمریزه می شوند.**

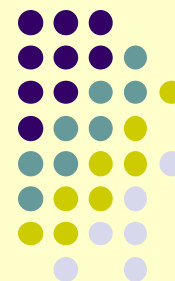
در پلیمریزاسیون تعلیقی، از یک یا چند منومر غیرقابل حل در آب و شروع کننده قابل حل در منومر و مقدار کمی پایدار کننده استفاده می شود که با همزن در یک فاز آبی پیوسته پراکنده می شوند. در پلیمریزاسیون تعلیقی، منومر، بجای حل شدن، در یک مایع بی اثر (معمولاً آب) پلیمریزه می شود.

## پلیمریزاسیون تعلیقی





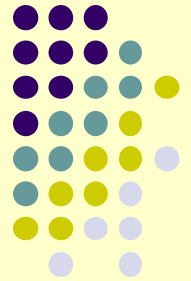
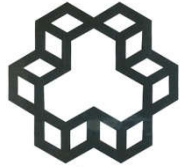
## پلیمریزاسیون تعلیقی



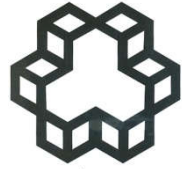
در ابتدای واکنش، قطرات منومر حاوی شروع کننده معمولاً در فاز پیوسته (آب) پخش می شوند و در طول واکنش قطرات به ذرات چسبنده و ویسکوزی حاوی منومر - پلیمر تبدیل شده و نهایتاً ذرات پلیمری سخت و کروی (با اندازه ۵۰-۱۰۰۰ میکرون) بدست می آیند.

هنگامی که منومر بخوبی در آب معلق می شود، واکنش شروع در فاز آبی و با استفاده از شروع کننده هایی که در آب حل می شوند، رخ می دهد و سپس، در قطره های منومر معلق، یک واکنش پلیمریزاسیون توده ای روی می دهد. شروع کننده مورد استفاده باید در قطره های منومر حل شود. عوامل معلق کننده مانند ژلاتین، متیل سلولوز، پلی وینیل کلراید (PVC) و سایر پلیمرهای انحلال پذیر در آب، به منظور حفظ منومر در حالت تعلیق بکار می روند. به عنوان مثال آکریلونیتریل که تا حدود ۸٪ در آب حل می شود، بوسیله پتاسیم پرسولفات پلیمریزه می شود. واکنش شروع در محلول رخ می دهد، اما پلیمر جامد به سرعت جدا می شود و به نظر می رسد که پلیمریزاسیون در فاز جامد ادامه یابد که اصطلاحاً آن را پلیمریزاسیون دوغابی می نامند.

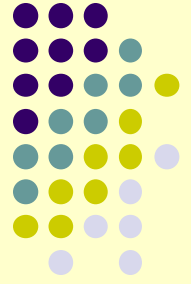




مهمترین مشکل در این گونه پلیمریزاسیون ها، **چسبندگی ذرات به یکدیگر** است. جهت جلوگیری از چسبندگی ذرات منومر- پلیمر، از **عوامل پایدارکننده سطحی** و **هم زدن** و اختلاط مناسب استفاده می شود. بدین دلیل که اکثر پلیمرها نسبت به منومرهای خود دارای دانسیته بیشتری می باشند، اختلاط باید بگونه ای انتخاب شود که در ابتدای واکنش، منومرها را از سطح فاز پیوسته به داخل کشیده و توسط اختلاط در فاز آبی پراکنده گرداند و در پایان واکنش، نیز از رسوب و ته نشینی ذرات جامد پلیمری ممانعت کرده و توسط اختلاط آنها را نیز بطور یکنواخت در داخل فاز پیوسته پراکنده سازد. در روش تعلیقی، معمولاً **محصول** به صورت **دانه های ریزی** است که پس از پایان واکنش این دانه های پلیمری توسط **سانتریفوژ** جدا و خشک می شوند.

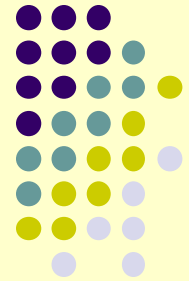
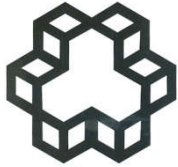


## پلیمریزاسیون تعلیقی



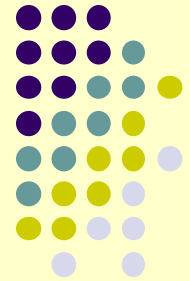
در مواردی در پلیمریزاسیون توده ای به علت عدم دست یابی به درصد تبدیل ۵۰٪ از روش پلیمریزاسیون تعلیقی به عنوان مرحله دوم این سیستم استفاده می شود. روش تعلیقی از نظر **تبادل حرارت** در راکتور نسبت به روش توده ای و از نظر **نداشتن مسائل بازیابی** حلال نسبت به روش پلیمریزاسیون محلولی برتری دارد.

این فرآیند در تولید بسیاری از پلیمرهای تجاری از جمله پلی وینیل کلراید (PVC)، پلی استایرن، پلی (استایرن-اکریلونیتریل) و پلی (متیل متاکریلات) استفاده می شود.



## پلیمریزاسیون امولسیون

پلیمریزاسیون امولسیونی روشی است که به موجب آن منومر(ها)، آغازگر، و احتمالاً پایدار کننده کلوئیدی در ابتدا یک سیستم ناهمگن را تشکیل می دهند که منجر به ایجاد ذراتی با ابعاد کلوئیدی می شود که حاوی پلیمر تشکیل شده است. پلیمریزاسیون امولسیونی معمولاً با امولسیونی شامل آب، منومر و پایدارکننده سطحی شروع می شود. رایج ترین نوع پلیمریزاسیون امولسیونی، امولسیون روغن در آب است که در آن قطرات منومر (روغن) در فاز پیوسته آب امولسیون می شوند (با پایدارکننده سطحی). پلیمرهای محلول در آب، مانند برخی از پلی وینیل الکل ها یا هیدروکسی اتیل سلولزها نیز می توانند به عنوان امولسیفایر/پایدار کننده عمل کنند.

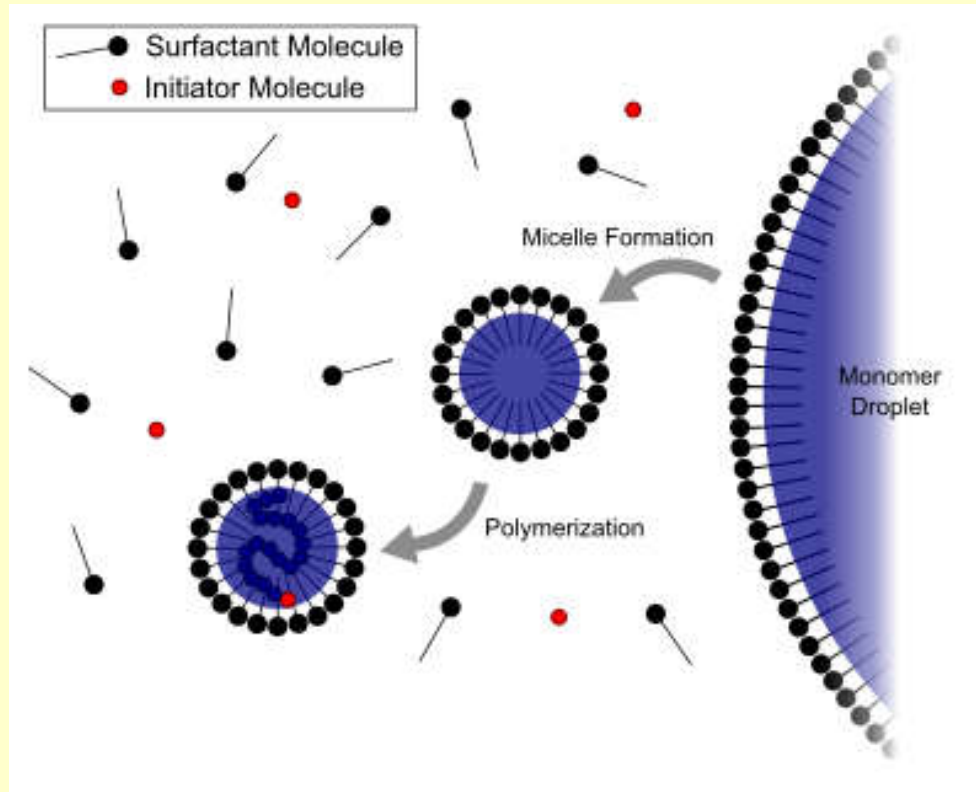
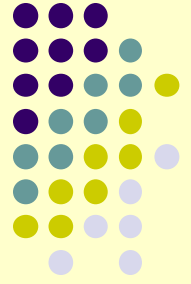


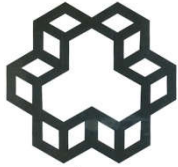
## پلیمریزاسیون امولسیون

در یک پلیمریزاسیون امولسیون، **منومرها** به صورت **ذرات بسیار ریز** (فاز ناپیوسته) در یک **فاز پیوسته** سیال، توسط عوامل پایدارکننده سطحی (به صورت معلق) پلیمریزه می شوند. فاز پیوسته عموماً آب بوده و ذرات معلق کلئیدی در اندازه ای بسیار کمتر از **یک میکرون** می باشند (اندازه معمول ذرات بین ۱۵ نانومتر تا یک میکرون می باشد).

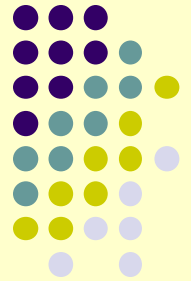
پلیمریزاسیون امولسیونی برای ساخت چندین پلیمر مهم تجاری استفاده می شود. بسیاری از این پلیمرها به عنوان مواد جامد استفاده می شوند و پس از پلیمریزاسیون باید از امولسیون جدا شوند. در موارد دیگر امولسیون خود محصول نهایی است. محصول امولسیونی حاصل از پلیمریزاسیون امولسیونی اغلب لاتکس (بخصوص اگر از لاستیک مصنوعی مشتق شده باشد) یا همان امولسیون نامیده می شود. این امولسیون ها در چسب ها، رنگ ها، پوشش های کاغذی و پوشش های نساجی کاربرد دارند. به دلیل عدم وجود ترکیبات آلی فرار در این کاربردها، آنها اغلب بر محصولات مبتنی بر حلال ترجیح داده می شوند.

# پلیمریزاسیون امولسیون



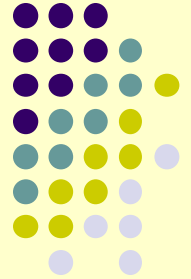
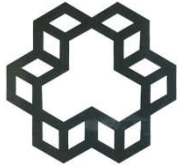


## پلیمریزاسیون امولسیونی



مزایای پلیمریزاسیون امولسیونی عبارتند از:

- ✓ پلیمرهای با وزن مولکولی بالا را می توان با نرخ پلیمریزاسیون زیاد تولید کرد.
- ✓ فاز آب پیوسته یک رسانای عالی گرما است که نرخ پلیمریزاسیون سریع را بدون از دست دادن کنترل دما ممکن می سازد.
- ✓ از آنجایی که مولکول های پلیمر درون ذرات وجود دارند، ویسکوزیته محیط واکنش نزدیک به آب باقی می ماند و به وزن مولکولی وابسته نیست.
- ✓ محصول نهایی را می توان همانطور که هست استفاده کرد و بطور کلی نیازی به تغییر یا پردازش ندارد.
- ✓ همچنین اندازه کوچک ذرات و کنترل دمای آسان از مزایای پلیمریزاسیون امولسیونی است.



## پلیمریزاسیون امولسیون

معایب پلیمریزاسیون امولسیون عبارتند از:

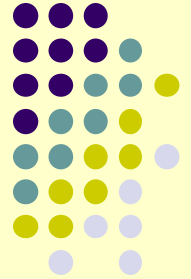
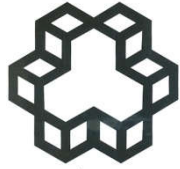
✓ پایدارکننده سطحی و سایر مواد کمکی پلیمریزاسیون در پلیمر باقی می ماند یا به سختی حذف می شوند.

✓ برای پلیمرهای خشک (ایزوله)، حذف آب یک فرآیند انرژی بر است.

✓ پلیمریزاسیون امولسیونی معمولاً به گونه ای طراحی می شوند که با تبدیل زیاد منومر به پلیمر عمل کنند.

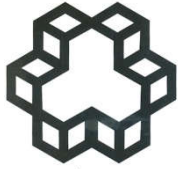
✓ از روش امولسیونی نمی توان برای پلیمریزاسیون تراکمی و یونی استفاده کرد، اگرچه برخی استثناها شناخته شده است.

در این روش، محصول دوغابی بدست آمده، منعقد و یا لخته شده و سپس ذرات پلیمر توسط فیلتر، جدا و خشک می شوند.

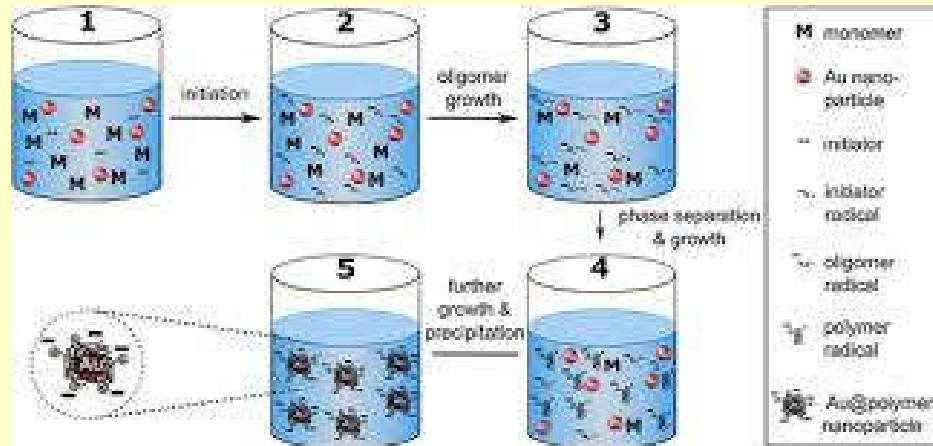
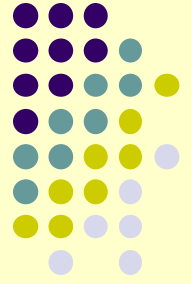


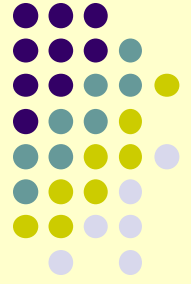
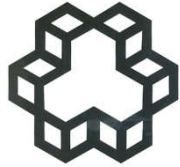
در روش رسوبی، واکنش در یک سیستم همگن که تمام اجزای آن نظیر منومر و شروع کننده در حلال حل شده اند، آغاز می شود، ولی به محض تشکیل پلیمر، حلال واکنش برای پلیمر به یک ضد حلال تبدیل شده و باعث رسوب زنجیره های پلیمری می شود. لذا روش مذکور، روشی غیرهمگن است. این روش تا حدی مشابه روش تعلیقی است که هر ذره به عنوان راکتور عمل کرده و می تواند واکنش پلیمریزاسیون را درون خود انجام دهد.





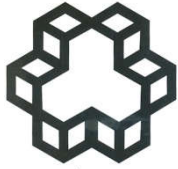
# پلیمریزاسیون رسوبی



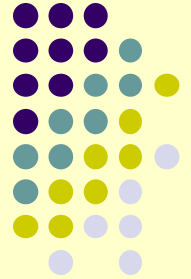


## پلیمریزاسیون رسوبی

پلیمریزاسیون رسوبی تقریباً یکی از جدیدترین روش های پلیمریزاسیون مورد استفاده برای تولید ذرات میکرو و نانو پلیمر است. حتی برای تولید انواع کوپلیمرها یا نانوکامپوزیت های معدنی-آلی مطلوب است. پلیمریزاسیون نانورسوبی زیربخش جدیدی از این نوع پلیمریزاسیون است که برای تولید کوپلیمرهای بلوکی استفاده می شود. پی وی سی و پلی اکریلونیتریل نیز با این روش تولید می شوند. کنترل گرمای تولید شده در حین واکنش و کنترل مورفولوژی ذرات پلیمری از مزایای روش است. سایر مزایای آن مشابه روش تعلیقی است. البته در روش تعلیقی، قطرات منومر مستقیماً به پلیمر تبدیل شده، اما در روش رسوبی نظیر روش امولسیون، دو مرحله هسته گذاری و رشد داریم.

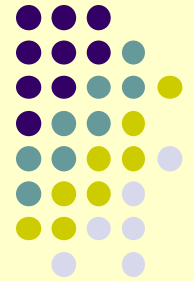


## پلیمریزاسیون پراکنشی



پلیمریزاسیون پراکنشی یک فرآیند پلیمریزاسیون ناهمگن است که در حضور یک پایدارکننده پلیمری در محیط واکنش انجام می شود. در روش پراکنشی، منومر در یک فاز آلی (حلال) حل می شود، ولی زنجیره های پلیمری تشکیل شده در حلال نامحلول هستند و به صورت ذرات معلق پایدار (کلوخه) در می آیند. با جذب پایدارکننده های پلیمری یا مولکول های پراکنده کننده بر روی سطح ذرات معلق، کلوخه ها پایدار می شوند.

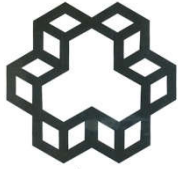
در روش پلیمریزاسیون پراکنشی، با ادامه واکنش پلیمریزاسیون، ذرات پلیمر تشکیل شده و محلولی ناهمگن ایجاد می کنند. در پلیمریزاسیون پراکنشی، این ذرات محل پلیمریزاسیون هستند و منومر در طول واکنش به ذره اضافه می شود.



## پلیمریزاسیون پراکنشی

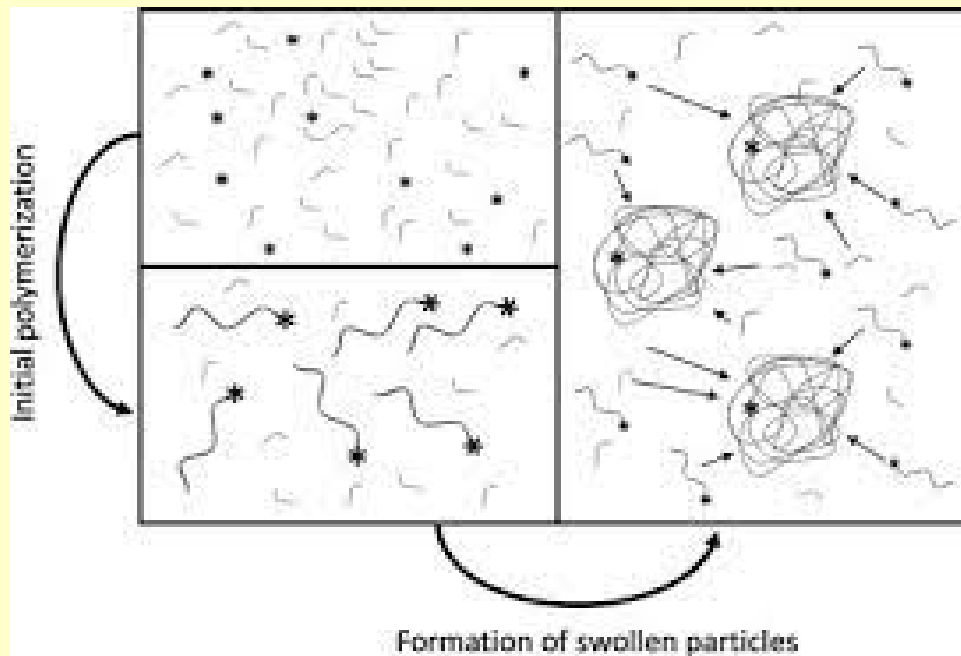
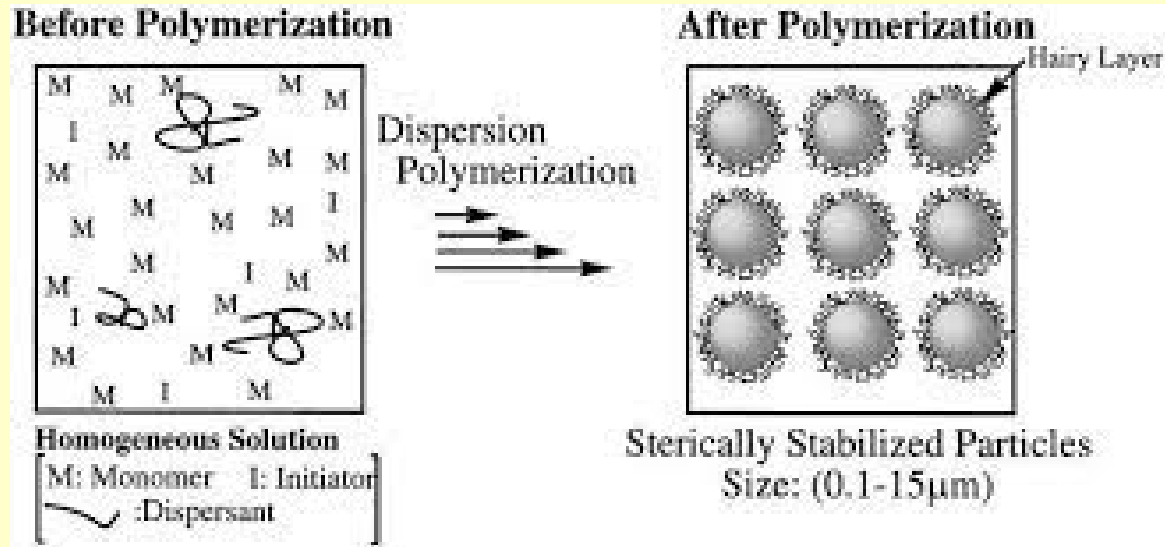
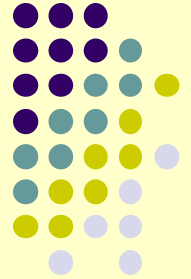
پلیمریزاسیون پراکنشی شبیه روش رسوبی است، به این معنی که حلالی که به عنوان محیط واکنش انتخاب شده است، حلال خوبی برای منومر و آغازگر است، اما برای پلیمر غیرحلال است. با این تفاوت که در آن از رسوب ذرات جلوگیری شده و اندازه ذرات قابل کنترل است. در روش پراکنشی، سیستم، دوغابی شکل باقی می ماند و با افزایش درجه تبدیل، مقدار حجمی فاز پراکنده شده افزایش می یابد.

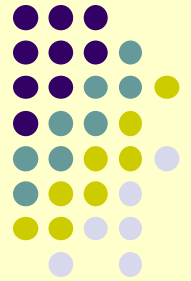
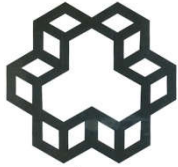
به دلیل شباهت‌ها، باید بین پلیمریزاسیون رسوبی و پراکنشی تمایز قائل شد. پلیمریزاسیون پراکنشی در واقع نوعی پلیمریزاسیون رسوبی است، اما تفاوت در این واقعیت نهفته است که پلیمریزاسیون رسوبی ذرات بزرگتر و کمتر منظمی را در نتیجه وجود پایدار کننده کم یا عدم وجود پایدار کننده ایجاد می کند. همچنین هر ذره یک راکتور است و می تواند واکنش پلیمریزاسیون را در درون خود انجام دهد.



دانشگاه سندھ خواجہ نصیر الدین ٹاؤن

# پلیمریزاسیون پراکشی

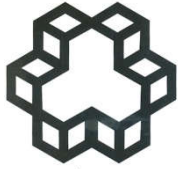




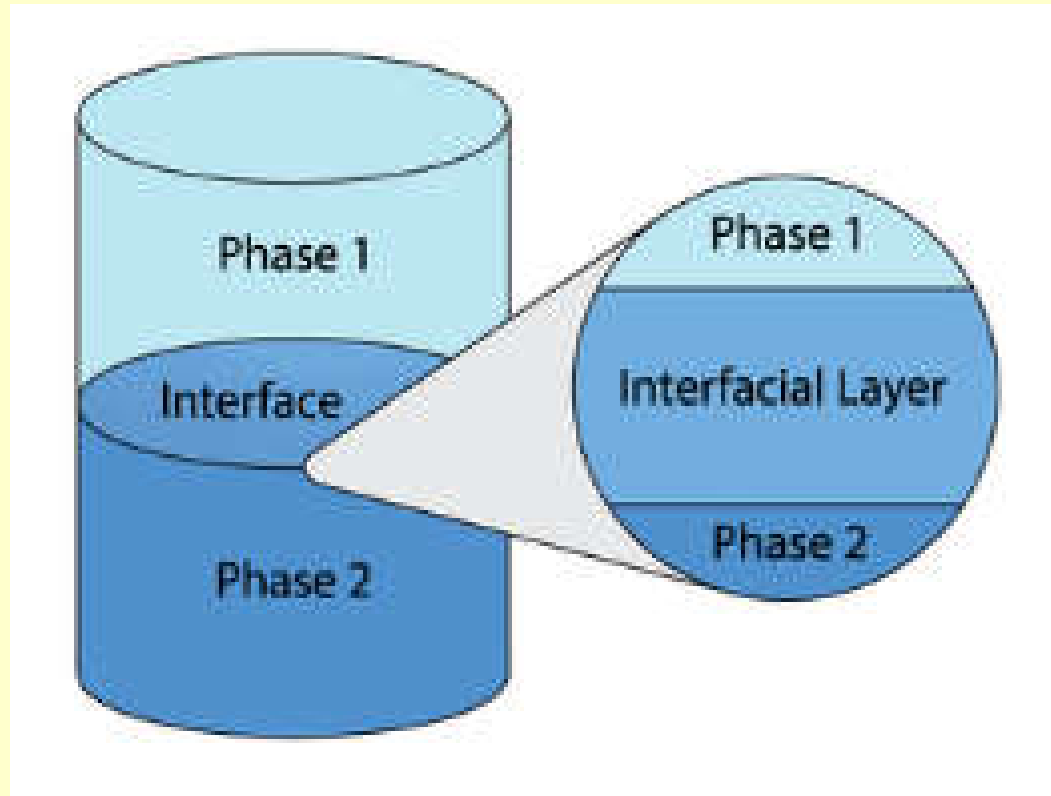
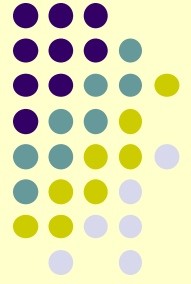
## پلیمریزاسیون بین سطحی

پلیمریزاسیون بین سطحی نوعی پلیمریزاسیون مرحله‌ای است که در آن پلیمریزاسیون در سطح مشترک بین دو فاز غیرقابل امتزاج (معمولاً دو مایع) اتفاق می‌افتد و در نتیجه پلیمر حاصل محدود به سطح مشترک می‌شود.

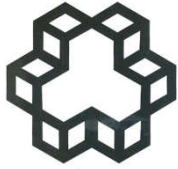
به عنوان نمونه، در این روش، منومرهایی که در ساخت پلیمر محصول شرکت دارند، در دو محلول، که در یکدیگر نامحلول می‌باشند، حل شده و در سطوح فیما بین، واکنش پلیمریزاسیون صورت می‌پذیرد. محصول حاصل از این روش با خارج کردن پیوسته سطح مشترک بدست می‌آید. این روش، بسیار شبیه پلیمریزاسیون‌های محلولی بوده و به همین علت نیز در بسیاری مواقع در گروه پلیمریزاسیون‌های محلولی طبقه بندی می‌شود.



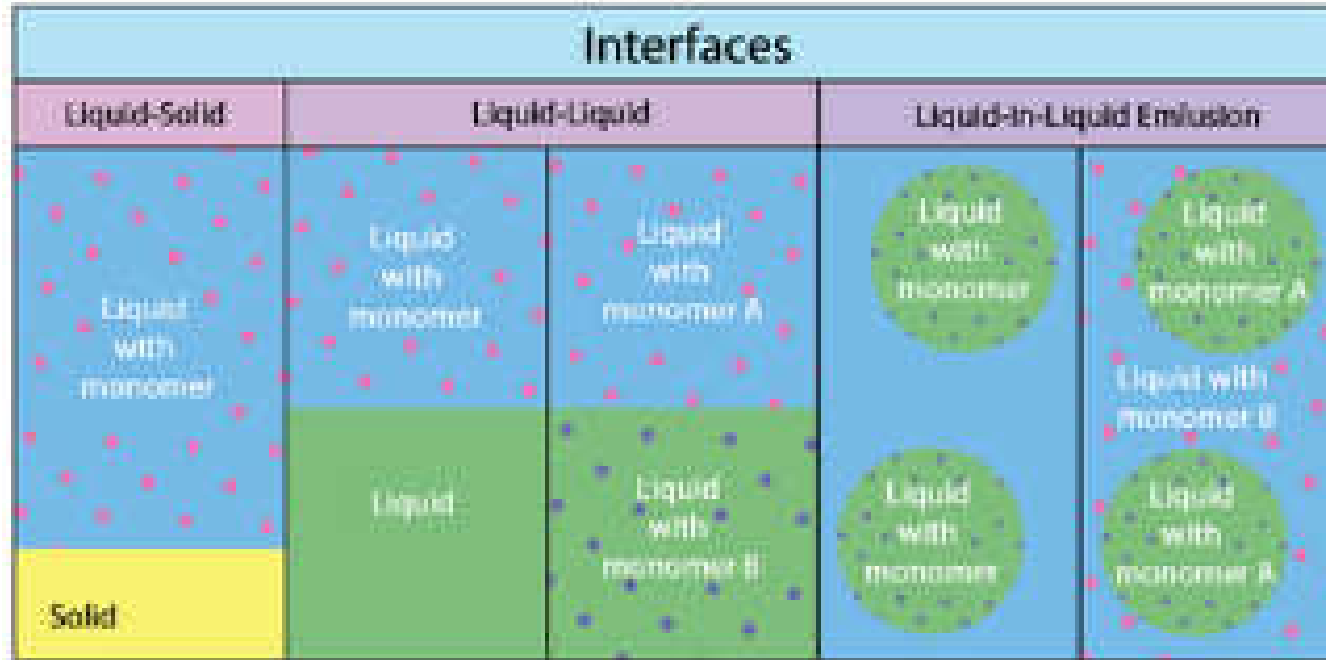
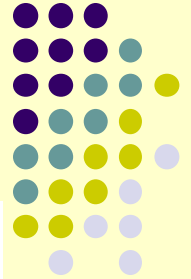
## پلیمریزاسیون بین سطحی



نمونه ای از پلیمریزاسیون سطحی، شامل یک فاز در بالای سطح مشترک قرار دارد و فاز دیگر در زیر آن قرار دارد. پلیمریزاسیون در جایی که دو فاز به هم می رسند، در سطح مشترک روی می دهد.

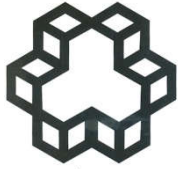


## پلیمریزاسیون بین سطحی

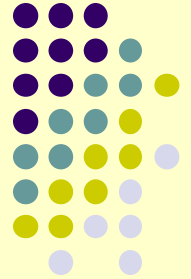


پنج نوع متداول سطح مشترک در پلیمریزاسیون سطحی (از چپ به راست): امولسیون های مایع-جامد، مایع-مایع و مایع در مایع. دو نمونه برای امولسیون مایع-مایع و مایع در مایع وجود دارد که از یک یا دو مونومر استفاده می کنند.

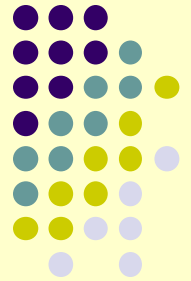
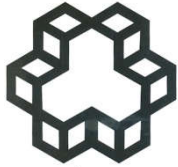




## پلیمریزاسیون بین سطحی



انواع مختلفی از پلیمریزاسیون بین سطحی وجود دارد که منجر به چندین نوع توپولوژی پلیمری مانند فیلم های فوق نازک، نانوکپسول ها و نانوالیاف می شود. در تهیه آزمایشگاهی نوعی نایلون (نایلون ۶۶) این فرآیند با پلیمریزاسیون در سطح مشترک انجام می گیرد. هگزامتیلن دی آمین در آب و آدیپیل کلراید در حلال کلردار (مانند تتراکلرومتان) حل می شوند. دو مایع به یک ظرف منتقل شده و دو لایه غیرقابل امتزاج تشکیل می شود. البته در سطح مشترک، امتزاج کمی وجود داشته و نایلون ۶۶ با وزن مولکولی مناسب تولید می شود.



انتهای واکنش	شروع واکنش	محیط	انواع روش های پلیمریزاسیون
تک فاز (منومر باقیمانده + پلیمر)	تک فاز (منومر + شروع کننده)	توده ای	همگن
تک فاز (منومر باقیمانده + پلیمر + حلال)	تک فاز (منومر + شروع کننده + حلال)	محلولی	
دو فاز فاز پیوسته (حلال) فاز پراکنده (پلیمر)	تک فاز (منومر + شروع کننده + حلال)	رسوبی	نیمه همگن
دو فاز فاز پیوسته (حلال) فاز پراکنده (پلیمر + پایدار کننده)	تک فاز (منومر + شروع کننده + حلال + پایدار کننده)	پراکنشی	
دو فاز فاز پیوسته (آب) فاز پراکنده (پلیمر + عامل فعال سطحی)	دو فاز فاز پیوسته (آب + شروع کننده + عامل فعال سطحی) فاز پراکنده (منومر)	امولسیون	غیر همگن
دو فاز فاز پیوسته (آب) فاز پراکنده (پلیمر + عامل فعال سطحی)	دو فاز فاز پیوسته (آب + عامل فعال سطحی) فاز پراکنده (منومر + شروع کننده)	تعلیقی	