

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم تحقیقات فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

موضوع:

سنتز نانو کمپلکس‌های بین پلیمری از طریق چند پلیمر زیست تخریب پذیر و کاربرد آن در انتقال دارو

استاد راهنما :

دکتر بهمن واشقانی فراهانی

استاد مشاور :

دکتر فرزانه حسین پوررجبی

تهیه و تنظیم : سمیه بحری

بهمن ۹۰

بسمه تعالی

دانشگاه بین المللی امام خمینی



دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
معاونت آموزشی دانشگاه - مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت پایان نامه

اینجانب سعید جبری دانشجوی رشته فلسفه مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد بدین وسیله اصالت کلیه مطالب موجود در مباحث مطروحه در پایان نامه / تز تحصیلی خود، با عنوان تأثیر فلسفه معاصر بر مبانی اندیشه اسلامی تایید کرده، اعلام می نمایم که تمامی محتوی آن حاصل مطالعه، پژوهش و تدوین خودم بوده و به هیچ وجه رونویسی از پایان نامه و یا هیچ اثر یا منبع دیگری، اعم از داخلی، خارجی و یا بین المللی، نبوده و تعهد می نمایم در صورت اثبات عدم اصالت آن و یا احراز عدم صحت مفاد و یا لوازم این تعهد نامه در هر مرحله از مراحل منتهی به فارغ التحصیلی و یا پس از آن و یا تحصیل در مقاطع دیگر و یا اشتغال و ... دانشگاه حق دارد ضمن رد پایان نامه نسبت به لغو و ابطال مدرک تحصیلی مربوطه اقدام نماید. مضافاً اینکه کلیه مسئولیت ها و پیامدهای قانونی و یا خسارت وارده از هر حیث متوجه اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو سعید جبری

امضاء و تاریخ

۹۰/۱۲/۶



دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
معاونت آموزشی - مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره ۳۰

فرم تأییدیهی هیأت داوران جلسه دفاع از پایان نامه / رساله

بدین وسیله گواهی میشود جلسه دفاعیه از پایان نامه کارشناسی ارشد/ دکتری سمیه بحری دانشجوی رشته شیمی گرایش شیمی فیزیک تحت عنوان سنتز نانو کمپلکسهای بین پلیمری از طریق چند پلیمر زیست تخریب پذیر و کاربرد آن در انتقال دارو در تاریخ ۱۳۹۰ / ۱۲ / ۶ در دانشگاه برگزار گردید و این پایان نامه با نمره ۱۹/۲۵ (نوزده و بیست و پنج صدم) و درجه عالی مورد تأیید هیأت داوران قرار گرفت.

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبهی دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	دکتر بهمن واشقانی فراهانی	دانشیار	دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)	
۲	استاد مشاور	دکتر فرزانه حسین پور رجبی	دانشیار	دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)	
۳	داور خارج	دکتر قاسم رضا نژاد	استاد یار	پیام نور قزوین	
۴	داور داخل	دکتر غلامرضا رضایی بهبهانی	دانشیار	دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)	
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی آبکار	دانشیار	دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)	

تقدیم به پدر و مادر عزیزم :

به پاس وجود پر از محبتشان که همواره مشوق و قوت قلبم بوده اند و تمام زندگیم را مدیون زحمتهای و دلسوزیهایشان می‌دانم.

تقدیم به همسر مهربانم :

به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از آرامش و سلامت و امنیت را برای من فراهم آورده است و همواره یار و یاور من بوده است .

چکیده:

در این پروژه هدف سنتز نانو کمپلکس‌های بین پلیمری است که به عنوان حامل دارورسان زیست تخریب پذیر به کار برده شود. در ادامه رهائش داروی بارگذاری شده در شرایط آزمایشگاهی و منطبق با شرایط زیستی بدن به کمک مدل‌های ریاضی بررسی خواهد شد.

در ابتدا با استفاده از سیستم میزبان - میهمان ، کمپلکس‌های بین پلیمری (PAA/PEO) پلی آکرلیک اسید و پلی اتیلن اکساید به صورت نانو درآمد که بتاسیکلودکسترین (β CD) به عنوان یک میزبان مناسب و زیست تخریب پذیر به کار گرفته شد . خصوصیات شیمی فیزیکی نانو ذرات حاصله با استفاده از دستگاه‌های طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) ، میکروسکوپ الکترون عبوری (TEM) ، مورد ارزیابی قرار گرفت. طیف سنجی مادون قرمز تشکیل پیوند هیدروژنی بین دو پلیمر را ثابت کرد و تصاویر SEM مورفولوژی سطح ذرات را تعیین کرد در نهایت به کمک TEM اندازه ذرات در محدوده ۱۲ نانومتر ارزیابی شد.

در مرحله بعد داروی ناپروکسن روی این نانو کمپلکس سه تایی (PAA/PEO/ β CD) بارگذاری شد. پس از تعیین بازده بارگذاری دارو، آزادسازی ناپروکسن در دمایی مطابق با محیط زیستی بدن یعنی ۳۷ درجه سانتیگراد و محیطی با pH ۲/۱ (معده) و pH ۷/۴ (روده) با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتری (UV) مورد بررسی قرار گرفت و سینتیک رهائش دارو با استفاده از مدل‌های ریاضی در هر دو محیط بافری بررسی شد.

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم .

از جناب آقای دکتر بهمن واشقانی فراهانی به عنوان استاد راهنما و از سرکار خانم فرزانه حسین پوررجبی به عنوان استاد مشاور که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند کمال تشکر را دارم .

از جناب آقای دکتر غلامرضا رضایی بهبهانی به پاس راهنمایی‌های ارزشمندشان و از جناب آقای محمد حسین احمدی از غندی به خاطر همکاری و مساعدت در تمام مراحل نگارش پایان نامه , بسیار ممنون و سپاسگذارم.

فهرست

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱ تعریف نانو ذرات..... ۲
- ۲-۱ خواص نانو ذرات..... ۳
- ۳-۱ کمپلکس های بین پلیمری..... ۴
- ۴-۱ نیروهای پیوندی ثانویه در کمپلکس های بین پلیمری..... ۴
- ۵-۱ انواع کمپلکس های بین پلیمری..... ۴
- ۱-۵-۱ کمپلکس هایی با پیوند هیدروژنی..... ۵
- ۶-۱ پیوند هیدروژنی بین پلی اکریلیک اسید و یک پلی باز..... ۱۰
- ۷-۱ میهمان- میزبان ۱۱
- ۸-۱ سیکلودکسترین ها ۱۵
- ۱-۸-۱ سیکلو دکسترین به عنوان میزبان سوپر مولکولی..... ۱۶
- ۲-۸-۱ دلایل انتخاب سیکلودکسترین به عنوان میزبان..... ۱۶
- ۳-۸-۱ مزیت های سیکلودکسترین در انتقال دارو..... ۱۷
- ۹-۱ دستیابی به سایزهای کوچکتر از طریق سیستم میزبان- میهمان..... ۱۸

۱۰-۱ تاریخچه دارورسانی..... ۱۸

۱۱-۱ رسانش دارویی..... ۲۱

۱-۱۱-۱ انواع روش‌های انتقال دارو ۲۱

۱۲-۱ نتیجه گیری..... ۲۵

فصل دوم: تئوری

۱-۲ استفاده از کمپلکس‌ها با پیوند هیدروژنی به عنوان حامل دارو..... ۲۸

۲-۲ سیر تکاملی استفاده از پلی‌اکریلیک اسید و پلی‌اتیلن اکساید و سیکلودکسترین به عنوان حامل‌های دارو..... ۲۸

۳-۲ نتیجه‌گیری از بحث‌های مطرح شده..... ۳۳

۴-۲ خصوصیت سنج‌های به کارگرفته در تحقیق..... ۳۴

۱-۴-۲-۱ طیف‌سنجی مادون قرمز..... ۳۴

۲-۴-۲-۲ طیف‌سنجی ماورابنفش_ مرئی..... ۳۴

۳-۴-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)..... ۳۵

۴-۴-۲-۴ میکروسکوپ الکترونی اسکن‌کننده (SEM)..... ۳۵

۵-۲ از دارورسانی سنتی تا دارورسانی نوین..... ۳۶

۶-۲ بارگذاری دارو..... ۳۹

۷-۲ فناوری نانو در دارورسانی..... ۳۹

۴۰ ۸-۲ رهائش دارو.....

فصل سوم: روش کار

۴۲ ۱-۱-۳ پلی اکریلیک اسید (PAA).....

۴۳ ۲-۱-۳ پلی اتیلن اکساید (PEO).....

۴۴ ۳-۱-۳ بتا سیکلو دکستیرین (β CD).....

۴۵ ۴-۱-۳ ناپروکسن.....

۴۵ ۲-۳ وسایل و تجهیزات مورد نیاز.....

۴۵ ۱-۲-۳ وسایل آزمایشگاهی.....

۴۶ ۲-۲-۳ دستگاه های مورد استفاده برای شناسایی و خصوصیات آنها.....

۴۶ ۱-۲-۲-۳ طیف سنجی مادون قرمز.....

۴۷ ۲-۲-۲-۳ طیف سنجی مرئی.....

۴۷ ۴-۲-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی.....

۴۷ ۵-۲-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری.....

۴۸ ۳-۳ مراحل انجام کار.....

۴۸ ۱-۳-۳ تشکیل کمپلکس سه تایی PEO/PAA/ β -CD.....

۵۰ ۲-۳-۳ بارگذاری دارو.....

- ۵۱ ۳-۳-۳ رهایش دارو.....
- ۵۲ ۴-۳-۳ تهیه بافر فسفات ۰/۱ مولار با ۷/۴pH و ۲/۱.....
- ۵۳ ۵-۳-۳ رسم منحنی کالیبراسیون و تعیین بازده بارگذاری دارو.....

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

- ۵۵ ۱-۴ تحلیل نتایج با دستگاه فرابنفش (UV-Vis).....
- ۵۶ ۲-۴ تحلیل نتایج با دستگاه مادون قرمز (IR).....
- ۶۱ ۳-۴ تحلیل نتایج با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM).....
- ۶۴ ۴-۴ تحلیل نتایج دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM).....
- ۶۷ ۵-۴ بررسی رهایش دارو با دستگاه طیف سنجی مرئی- فرابنفش.....
- ۶۷..... ۱-۵-۴ رسم منحنی کالیبراسیون و آنالیز داروها.....
- ۶۸ ۲-۵-۴ تعیین بازده بارگذاری دارو.....
- ۶۹ ۳-۵-۴ رهایش داروها.....
- ۷۳ ۶-۴ بحث و نتیجه گیری.....
- ۷۴..... ۷-۴ بررسی سینتیک رهایش داروها با استفاده از مدل های ریاضی.....
- ۷۵ ۱-۷-۴ مدل ها و نظریه های سینتیکی.....
- ۷۵ ۱-۱-۷-۴ نظریه های بنیادی سینتیک رهایش دارو.....

- ۷۵ قانون بنیادی نويز- ويتنی برای رهائش دارو..... ۱-۱-۱-۷-۴
- ۷۵..... تئوری سطح نرنست وبرونر..... ۲-۱-۱-۷-۴
- ۷۶ مدل‌های سینتیکی..... ۲-۱-۷-۴
- ۷۶ مدل سینتیکی درجه صفر..... ۱-۲-۱-۷-۴
- ۷۷ مدل سینتیکی درجه یک..... ۲-۲-۱-۷-۴
- ۷۷ مدل هیگوچی..... ۳-۲-۱-۷-۴
- ۷۸ مدل هیکسون-کرول..... ۴-۲-۱-۷-۴
- ۷۹ مدل کرسیمر-پاس..... ۵-۲-۱-۷-۴
- ۸۰ رسم نمودارها و محاسبه پارامترهای سینتیکی..... ۲-۷-۴
- ۸۲..... نمودارهای رهائش ناپروکسن در بافر ۷/۴..... ۱-۲-۷-۴
- ۸۶..... نمودارهای رهائش ناپروکسن در بافر ۲/۱..... ۲-۲-۷-۴
- ۹۰ مراجع.....

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سیکلودکسترین‌های طبیعی..... ۱۶
- جدول ۱-۴ تغییرات درصد روشنایی بر حسب مقدار سیکلودکسترین..... ۵۵
- جدول ۲-۴ سایز محلول‌های سه تایی PAA/PEO/ β CD ۶۵
- جدول ۳-۴ داده‌های نمودار کالیبراسیون ناپروکسن..... ۶۷
- جدول ۴-۴ ساز و کارهای مختلف رهش از سامانه‌های پلیمری با در نظر گرفتن توان n ۸۰
- جدول ۴-۵ پارامترهای رهش داروی ناپروکسن در محیط بافری ۷/۴ ۸۱
- جدول ۴-۶ پارامترهای حاصل از رهش ناپروکسن در محیط بافری ۷/۴ با استفاده از مدل‌های ریاضی..... ۸۴
- جدول ۴-۷ پارامترهای رهش داروی ناپروکسن در محیط بافری ۲/۱ ۸۵
- جدول ۴-۸ پارامترهای حاصل از رهش ناپروکسن در محیط بافری ۲/۱ با استفاده از مدل‌های ریاضی..... ۸۸

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ شکل‌گیری و از بین رفتن کمپلکس بین پلیمری بین PAA و PEO ۶
- شکل ۲-۱ چگونگی شکل‌گیری کمپلکس بین پلیمری ۷
- شکل ۳-۱ انواع ترکیبات میزبان ۱۳
- شکل ۴-۱ ساختار مولکولی α و β و γ سیکلودکسترتین ۱۵
- شکل ۱-۳ ساختار مولکولی مونومر پلی‌اکریلیک اسید ۴۲
- شکل ۲-۳ ساختار مولکولی مونومر پلی‌اتیلن اکساید ۴۳
- شکل ۳-۳ ساختار مولکولی بتا سیکلو دکسترتین و ابعاد آن ۴۴
- شکل ۴-۳ ساختار مولکولی داروی ناپروکسن ۴۵
- شکل ۵-۳ کمپلکس‌های سه تایی PAA/PEO/ β -CD با درصدهای مولی مختلف از بتاسیکلودکسترتین ۵۰
- شکل ۶-۳ سیستم رهایش دارو ۵۱
- شکل ۱-۴ نمودار تغییرات درصد روشنایی بر حسب مقدار سیکلودکسترتین ۵۵
- شکل ۲-۴ طیف FT-IR مربوط به پلی‌اکریلیک اسید خالص ۵۷

- شکل ۴-۳ طیف FT-IR مربوط به پلی اتیلن اکساید خالص..... ۵۷
- شکل ۴-۴ طیف FT-IR مربوط به کمپلکس PAA/PEO/ β CD ۵۸
- شکل ۴-۵ طیف FT-IR مربوط به داروی ناپروکسن..... ۶۰
- شکل ۴-۶ طیف FT-IR مربوط به کمپلکس PAA/PEO/ β CD/naproxen ۶۰
- شکل ۴-۷ تصویر SEM از پلی اکریلیک اسید خالص..... ۶۱
- شکل ۴-۸ تصویر SEM از کمپلکس PAA/PEO ۶۲
- شکل ۴-۹ تصویر SEM از کمپلکس PAA/PEO در مقیاس ۱ میکرومتر..... ۶۲
- شکل ۴-۱۰ تصویر SEM از کمپلکس سه تایی PAA/PEO/ β CD ۶۳
- شکل ۴-۱۱ تصویر SEM از کمپلکس سه تایی PAA/PEO/ β CD در مقیاس ۲۰ میکرومتر..... ۶۳
- شکل ۴-۱۲ تصویر TEM از کمپلکس PAA/PEO بدون حضور بتاسیکلودکسترین..... ۶۴
- شکل ۴-۱۳ تصویر TEM از کمپلکس PAA/PEO در حضور ۱۰٪ بتاسیکلودکسترین..... ۶۵
- شکل ۴-۱۴ اندازه کمپلکس سه تایی PAA/PEO/ β CD در حضور غلظت‌های مختلف بتاسیکلو
دکسترین..... ۶۶
- شکل ۴-۱۵ منحنی کالیبراسیون ناپروکسن ۶۷
- شکل ۴-۱۶ نمودار رهایش داروی ناپروکسن با حامل نانو ذرات در بافر ۷/۴ ۷۰
- شکل ۴-۱۷ نمودار رهایش داروی ناپروکسن با حامل نانو ذرات در بافر ۲/۱ ۷۰

- شکل ۴-۱۸ مدل مرتبه صفر رهایش ناپروکسن در بافر ۷/۴ ۸۲
- شکل ۴-۱۹ مدل مرتبه یک رهایش ناپروکسن در بافر ۷/۴ ۸۲
- شکل ۴-۲۰ مدل هیکسون-کرول رهایش ناپروکسن در بافر ۷/۴ ۸۳
- شکل ۴-۲۱ مدل هیگوچی رهایش ناپروکسن در بافر ۷/۴ ۸۳
- شکل ۴-۲۲ مدل کرسیمر-پپاس رهایش ناپروکسن در بافر ۷/۴ ۸۴
- شکل ۴-۲۳ مدل مرتبه صفر رهایش ناپروکسن در بافر ۲/۱ ۸۶
- شکل ۴-۲۴ مدل مرتبه یک رهایش ناپروکسن در بافر ۲/۱ ۸۶
- شکل ۴-۲۵ مدل مرتبه هیکسون - کرول رهایش ناپروکسن در بافر ۲/۱ ۸۷
- شکل ۴-۲۶ مدل مرتبه هیگوچی رهایش ناپروکسن در بافر ۲/۱ ۸۷
- شکل ۴-۲۷ مدل کرسیمر پپاس رهایش ناپروکسن در بافر ۲/۱ ۸۸

فصل ۱

مقدمه

در حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد مسیح ، دموکریتیس فیلسوف یونانی ، برای اولین بار واژه اتم را که در زبان یونانی به معنی تقسیم نشدنی است، برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. از این رو شاید بتوان او را پدر فناوری و علوم نانو دانست

۱-۱ تعریف نانو ذرات [۱]

یک نانوذره، ذره ای است که ابعاد آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. یک نانومتر (nm) یک میلیاردمتر است. برای سنجش طول پیوندهای کربن-کربن، یا فاصله‌ی میان دو اتم بازه‌ی ۱۲ تا ۱۵ نانومتر به کار می‌رود؛ همچنین طول یک جفت دی‌ان‌ا^۱ نزدیک به ۲ نانومتر است. و از سوی دیگر کوچک‌ترین باکتری سلول‌دار ۲۰۰ نانومتر است. اگر بخواهیم برای دریافتن مفهوم اندازه‌ی یک نانومتر نسبت به متر سنجشی انجام دهیم می‌توانیم اندازه‌ی آن را مانند اندازه‌ی یک تپاله به کره‌ی زمین بدانیم.

نانوذرات رایج‌ترین عناصر در علم و فناوری نانو بوده و خواص جالب توجه آنها باعث گردیده است کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی ، الکترونیک و کشاورزی داشته باشند. با توجه به ترکیب شیمیایی، این ذرات به انواع فلزی، سرامیکی، پلیمری و نیمه‌هادی تقسیم می‌شوند. سنتز شیمیایی و فرآیندهای حالت جامد نظیر آسیاب کردن و چگالش بخار روش‌های معمول برای ساخت نانوذرات هستند. کنترل فرایند تولید در سطح نانو برای رسیدن به نانوذرات با خواص مناسب اهمیت بالایی دارد.

نانوذرات علاوه بر نوع فلزی، عایق‌ها و نیمه‌هادی‌ها، نانوذرات ترکیبی نظیر ساختارهای هسته‌لایه را نیز در بر می‌گیرند. همچنین نانوکره‌ها، نانومیله‌ها، و نانوفنجان‌ها تنها اشکالی از نانو ذرات در نظر گرفته میشوند. نانوذرات در اندازه‌های پایین نانو خوشه به حساب می‌آیند. نانوبلورها و نقاط کوانتومی نیمه‌هادی نیز زیرمجموعه نانوذرات هستند. چنین نانوذراتی در کاربردهای بیودارویی به عنوان حامل دارو و عوامل تصویربرداری استفاده می‌شوند.

^۱ -DNA

کاربردها

گوناگونی مواد نانوذره‌ای به اندازه تنوع کاربردهای آنها است، زمینه‌هایی که نانوذرات کاربرد دارند، عبارتند از: مواد کامپوزیت، کامپوزیت‌های ساختاری، کاتالیزور، بسته‌بندی، روکش‌ها، افزودنی‌های سوخت و مواد، منفجره، ساینده‌ها، باتری‌ها و پیل‌های سوختی، روان‌کننده‌ها، پزشکی و داروسازی، دارو رسانی، محافظت‌کننده‌ها، آنالیز زیستی و تشخیص پزشکی، لوازم آرایشی و...

۱-۲ خواص نانوذرات [۲]

با گذر از میکرو ذرات به نانوذرات، با تغییر بر خی از خواص فیزیکی روبه رو می شویم که دو مورد مهم از آنها عبارتند از: افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی. افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم که به تدریج با کاهش اندازه ذره رخ می دهد، باعث غلبه یافتن رفتار اتم‌های واقع در سطح ذره به رفتار اتم‌های درونی می شود. این پدیده بر خصوصیات ذره در حالت انزوا و بر تعاملات آن با دیگر مواد اثر می گذارد. افزایش سطح، واکنش پذیری نانوذرات را به شدت افزایش می دهد زیرا تعداد مولکولها یا اتمهای موجود در سطح در مقایسه با تعداد اتمها یا مولکولهای موجود در توده نمونه بسیار زیاد است، به گونه ای که این ذرات به شدت تمایل به آگلومره یا کلوخه ای شدن دارند. به عنوان مثال در مورد نانوذرات فلزی، به محض قرار گیری در هوا، به سرعت اکسید می شوند. در بعضی مواقع برای حفظ خواص مطلوب نانوذرات، جهت پیشگیری از واکنش بیشتر، یک پایدار کننده را بایستی به آنها اضافه کرد که آنها را قادر می سازد تا در برابر سایش، فرسودگی و خوردگی مقاوم باشند .

۱-۳ کمپلکس های بین پلیمری^۱

کمپلکس های بین پلیمری از بر همکنش بین مولکولی از دو پلیمر مجزا (از طریق نیروهای پیوندی ثانویه) تشکیل می شوند. در واقع این کمپلکس ها زمانی تشکیل می شوند که برهمکنش های بین پلیمرها در یک محلول از برهمکنش پلیمر- حلال فزون تر باشد. تشکیل رسوبات در مخلوط دو یا چند محلول پلیمری بیانگر وجود واکنش بین پلیمری قویست و حاکی از تشکیل کمپلکسهای بین پلیمری است.

۱-۴ نیروهای پیوند ثانویه در کمپلکس های بین پلیمری

نیروهای پیوند ثانویه، در کمپلکس های بین پلیمری بصورت زیر قابل تقسیم بندی می باشند:

۱. نیروهای کولمبی (نیروهای برهمکنش های الکتروستاتیکی)

۲. پیوند هیدروژنی

۳. نیروهای واندروالسی

۴. برهمکنش های انتقال بار

۵. مبادله دافعی

۶. برهمکنش های آبگریزی (هیدروفوبیکی)

۱-۵ انواع کمپلکس های بین پلیمری [۳-۸]

کمپلکس های بین پلیمری را می توان به به چهار نوع زیر تقسیم بندی کرد:

۱. کمپلکس های پلی الکترولیتی^۲

^۱ -Interpolymer complex
^۲ Polyelectrolyte complexes