





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

دانشکده علوم پایه

گروه شیمی

رساله مقطع دکتری

# سنتز و بررسی خواص نانو کامپوزیت‌های جدید مواد منفجره

اساتید راهنما:

دکتر مهرداد مهکام، دکتر محمد قلعه‌اسدی

استاد مشاور:

دکتر ذوالفقار رضوانی

پژوهشگر:

علی تک‌فلاح

اسفند / ۱۳۹۲

تبریز / ایران



تاریخ صدور ۱۳۰۲۶-۱۳۹۲/۱۲/۱۴

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۳-۱۳۹۲

روز چهارشنبه تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۴

۱۱۶۷۴، ۲۶، ۹۲/۱۲/۱۴

طبق درخواست شماره مورخ تحصیلات تکمیلی دانشکده علوم پایه

و مجوز شماره (۴۱۷/۱۱۷) مورخ ۹۲/۱۲/۱۴ تحصیلات تکمیلی دانشگاه، جلسه

تصویر دانشجوی

دانشجو به شماره دانشجویی ۸۷۱۷۰۱۴۰۴

آقای تک فلاح-علی

در رشته شیمی

عنوان سنتز و بررسی نانوکامپوزیت های جدید انفجاری

به ارزش واحد، در ساعت ۱۱:۰۰ مورخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۴ در حضور هیات داوران مرکب از :

نام خانوادگی و نام	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما : مهکام - مهرداد	دانشیار	امضاء
استاد راهنما : قلعه اسدی - محمد	دانشیار	امضاء
استاد مشاور : رضوانی - ذوالفقار	دانشیار	امضاء
داور پایان نامه : مشتقی زنوز - عادل	دانشیار	امضاء
داور پایان نامه : معصومی - بخشعلی	دانشیار	امضاء
نماینده تحصیلات تکمیلی : ابری - عبدالرضا	استادیار	تاریخ و امضاء

برگزار شد و با درجه خوب - نمره ۱۹ - ارزشیابی گردید.



مدیر محترم گروه آموزشی

شیمی

مهر و امضاء

۹۲/۶/۲



تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه

تاریخ صدور ۱۳۹۳/۰۲/۲۱ - ۱۱:۵۰

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۳-۱۳۹۲

روز چهارشنبه تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۴

تصویر دانشجوی

اعضای هیات داوران نسخه نهایی پایان نامه

دانشجو آقای تک فلاح-علی

۸۷۱۷۰۱۴۰۴

ستز و بررسی نانوکامپوزیت های جدید انفجاری

تحت عنوان

را از نظر شکل و محتوا بررسی نموده ، پذیرش آن را جهت نيل به درجه دکتری PhD مورد تایید قرار دادند .

اعضای هیات داوران :

نام خانوادگی و نام	مرتبۀ علمی	امضاء
استاد راهنما : مهکام - مهرداد	دانشیار	
استاد راهنما : قلعه اسدی - محمد	دانشیار	
استاد مشاور : رضوانی - ذوالفقار	دانشیار	
داور پایان نامه : مشتقی زنوز - عادلہ	دانشیار	
داور پایان نامه : معصومی - بخشعلی	دانشیار	
تاییدیه تحصیلات تکمیلی : ابری - عبدالرضا	استادیار	

داور و عضو هیات داوران  
 تاییدیه تحصیلات تکمیلی : ابری - عبدالرضا  
 تاریخ و امضاء  
 ۹۳/۱۲/۱۴

با استعانت از مقام احدیت از

اساتید محترم راهنما

آقایان:

دکتر مهرداد مهکام

دکتر محمد قلعه اسدی

استاد محترم مشاور: آقای دکتر ذوالفقار رضوانی

استاد محترم آقای دکتر حسن ولی زاده

استاد محترم خانم دکتر مشتقی

استاد محترم خانم دکتر باقری

و همه افرادی که در جریان تعریف، پیشرفت، هدایت، مشاوره و

اتمام موفقیت آمیز پایان نامه به صورت مستقیم یا غیرمستقیم

کمک و همیاری نموده‌اند، تشکر می‌شود.

علی تک فلاح

اسفند ۱۳۹۲

تهران، ایران

تشکر و قدردانی

از همسر گرامیم که زحمات چندین ساله‌ام را با روی گشاده  
و بزرگواری تحمل کردند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۰	چکیده
۱۱	فصل اول: مقدمه
۱۲	۱-۱- مواد پرانرژی
۱۳	۲-۱- غیرحساس سازی مواد پرانرژی
۱۴	۳-۱- نانو تکنولوژی
۱۵	۴-۱- رهاسازی کنترل شده دارو
۱۶	۵-۱- نانوکامپوزیت های پلیمری
۱۷	۱-۵-۱- نانوکامپوزیت های عادی
۱۷	۲-۵-۱- نانوکامپوزیت های با صفحه های موازی
۱۷	۳-۵-۱- نانوکامپوزیت های با صفحات نامنظم
۱۹	۶-۱- مایعات یونی
۱۹	۱-۶-۱- مزایای مایعات یونی
۲۱	۲-۶-۱- کاربرد مایعات یونی در فرآیندهای شیمیایی
۲۳	۷-۱- عوامل پایدارکننده ترکیبات پرانرژی
۲۳	۱-۷-۱- تشکیل نمک
۲۴	۲-۷-۱- مایعات یونی پلیمری
۲۴	۳-۷-۱- مایعات یونی بعنوان سوخت
۲۵	۴-۷-۱- نانوکامپوزیت ها
۲۵	۸-۱- نانوکامپوزیت پرانرژی

۹-۱-۱	نانوکامپوزیت پرانرژی پلی وینیل نیترات هیبریدی بانانو رس مونت موریلونیت	۲۶
۱۰-۱-۱	معرفی بتونیت , LDH	۲۸
۱-۱۰-۱	تاریخچه	۲۸
۲-۱۰-۱	هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای	۲۹
۳-۱۰-۱	کاربرد LDH	۳۰
۴-۱۰-۱	شیمی جایگیری آنیون‌ها	۳۲
۵-۱۰-۱	ترتیب قدرت جذب آنیون‌ها در LDH	۳۲
۱۱-۱-۱	روش‌های تهیه LDH	۳۳
۱-۱۱-۱	سنتز مستقیم	۳۳
۲-۱۱-۱	تعویض آنیونی	۳۳
۱۲-۱-۱	مروری بر مطالعات انجام شده	۳۳
۱۳-۱-۱	اهداف	۳۴
۳۶	<b>فصل دوم: بخش تجربی</b>	
۱-۲-۱	مواد شیمیائی	۳۷
۲-۲-۱	دستگاه‌های آنالیز و طیف‌سنجی	۳۷
۳-۲-۱	تهیه نانو کامپوزیت پلیمری	۳۸
۱-۳-۲	تهیه مایع یونی ۴- (دی متیل آمینو)-۱- (۴- وینیل بنزیل) پیریدینیوم کلراید	۳۸
۲-۳-۲	تهیه مایع یونی ۱- متیل-۳- (۴- وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم کلراید	۳۸
۴-۳-۲	ایترکلشن مایع یونی ۱- متیل-۳- (۴- وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم کلراید در مونت موریلونیت	۳۸
۵-۳-۲	ایترکلشن مایع یونی ۴- (دی متیل آمینو)-۱- (۴- وینیل بنزیل) پیریدینیوم کلراید در مونت موریلونیت	۳۹
۵-۳-۲	سنتز نمونه P-۱ در اثر واکنش کوپلیمریزاسیون مایع بونی ۱- متیل-۳- (۴- وینیل بنزیل)	۳۹
۳۹	ایمیدازولیوم کلراید ایترکالاته با متاکریلیک اسید (MAA)	۳۹



- ۲-۳-۶- سنتز نمونه P-۲ در اثر واکنش کوپلیمریزاسیون مایع بونی ۱- متیل-۳- (۴- وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم کلراید ایترکالاته با متاکریلیک اسید (MAA)..... ۳۹
- ۲-۳-۷- سنتز نمونه P-۳ در اثر واکنش کوپلیمریزاسیون مایع یونی ۴- (دی متیل آمینو) -۱- (۴- وینیل بنزیل) پیریدینیوم کلراید ایترکالاته با متاکریلیک اسید (MAA)..... ۳۹
- ۲-۳-۸- سنتز نمونه P-۴ در اثر واکنش کوپلیمریزاسیون مایع یونی ۴- (دی متیل آمینو) -۱- (۴- وینیل بنزیل) پیریدینیوم کلراید ایترکالاته با متاکریلیک اسید (MAA)..... ۴۰
- ۲-۳-۷- بارگیری نانوکامپوزیت با داروی آنیونی ..... ۴۰
- ۲-۳-۸- رهایش دارو در pH=1, pH=7.4 ..... ۴۰
- ۲-۴-۴- تهیه تری نیترو بنزوئیک اسید ..... ۴۰
- ۲-۵-۵- تهیه مایع یونی انرژتیک - سنتز مایع یونی پلیمری ..... ۴۱
- ۲-۶-۶- روش سنتز نمک یونی پرانرژی پلیمری ..... ۴۱
- ۲-۶-۱- تهیه مایع یونی پرانرژی پلی متیل-۳- (وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم نترات ..... ۴۱
- ۲-۶-۲- تهیه مایع یونی پرانرژی پلی متیل-۳- (وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم آزید ..... ۴۱
- ۲-۶-۳- تهیه مایع یونی پرانرژی پلی متیل-۳- (وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم پر کلرات ..... ۴۲
- ۲-۶-۴- تهیه مایع یونی پرانرژی پلی متیل-۳- (وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم پیکرات ..... ۴۲
- ۲-۶-۵- تهیه مایع یونی پرانرژی پلی متیل-۳- (وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم تری نیتروبنزوات ..... ۴۲
- ۲-۷-۷- روش تهیه نانوهیبرید پرانرژی LDH(Al-Zn) ..... ۴۳
- ۲-۷-۱- سنتز LDH ..... ۴۳
- ۲-۷-۲- روش تهیه نانوهیبرید پرانرژی نترات ..... ۴۳
- ۲-۷-۳- روش تهیه نانوهیبرید پرانرژی ازید ..... ۴۳
- ۲-۷-۴- روش تهیه نانوهیبرید پرانرژی پر کلرات ..... ۴۳
- ۲-۷-۵- روش تهیه نانوهیبرید پرانرژی پیکرات ..... ۴۴
- ۲-۷-۶- روش تهیه نانوهیبرید پرانرژی تری نیتروبنزوات ..... ۴۴

۴۵	..... فصل سوم: نتایج و بحث
۴۶	..... ۳-۱- بحث
۸۸	..... ۳-۲- نتایج
۸۸	..... ۳-۳- پیشنهادات
۹۰	..... منابع و مراجع

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲۲	شکل ۱-۱- کاتیون و آنیون‌های انرژتیک .....
۲۵	شکل ۲-۱- ساختار مولکولی کامپوزیت‌های پرانرژی .....
۲۶	شکل ۳-۱- مقایسه قدرت و انرژی ذرات معمولی و نانو .....
۲۶	شکل ۴-۱- برخی کاربردهای نانو ذرات .....
۲۷	شکل ۵-۱- پیک‌های XRD مونت موریلونیت (۱) اصلاح شده (۲) اصلاح نشده .....
۲۷	شکل ۶-۱- طیف XRD نانوکامپوزیت .....
۲۸	شکل ۷-۱- شکل‌های عمومی LDH .....
۳۰	شکل ۸-۱- کاربردهای اصلی هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای .....
۳۲	شکل ۹-۱- مکانیزم داروسازی از طریق هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای .....
۳۳	شکل ۱۰-۱- فرآیند جایگیری آنیون‌ها .....

## فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۵۰	نمودار ۱-۳- طیف XRD اینترکلیشن منومر یونی N,N-دی متیل آمینوپیریدین در مونت موریلونیت
۵۱	نمودار ۲-۳- طیف XRD اینترکلیشن منومر یونی متیل ایمیدازول در مونت موریلونیت
۵۲	نمودار ۳-۳- بررسی رهایش دارو با دستگاه UV
۵۳	نمودار ۴-۳- طیف NMR تری نیترو بنزوئیک اسید
۵۴	نمودار ۵-۳- طیف IR تری نیترو بنزوئیک اسید
۵۵	نمودار ۶-۳- طیف IR مربوط پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم کلراید
۵۷	نمودار ۷-۳- طیف IR مربوط پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم نترات
۵۸	نمودار ۸-۳- طیف آنالیز حرارتی کامپوزیت پرانرژی پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم نترات
۵۹	نمودار ۹-۳- طیف IR مربوط پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم آزید
۶۰	نمودار ۱۰-۳- طیف آنالیز حرارتی کامپوزیت پرانرژی پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم آزید
۶۱	نمودار ۱۱-۳- طیف IR مربوط پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم پرکلرات
۶۲	نمودار ۱۲-۳- طیف آنالیز حرارتی کامپوزیت پرانرژی پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم پرکلرات
۶۳	نمودار ۱۳-۳- طیف IR مربوط پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم پیکرات
۶۴	نمودار ۱۴-۳- طیف آنالیز حرارتی کامپوزیت پرانرژی پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم پیکرات
۶۵	نمودار ۱۵-۳- طیف IR مربوط پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم تری نیترو بنزوات
۶۶	نمودار ۱۶-۳- طیف آنالیز حرارتی کامپوزیت پرانرژی پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم تری نیترو بنزوات
۶۷	نمودار ۱۷-۳- آنالیز حرارتی نمونه‌های مایعات یونی
۶۸	نمودار ۱۸-۳- طیف IR مربوط به LDH
۶۹	نمودار ۱۹-۳- طیف XRD مربوط به LDH
۷۰	نمودار ۲۰-۳- طیف آنالیز حرارتی LDH
۷۱	نمودار ۲۱-۳- طیف IR LDH (Al-Zn-NO <sub>3</sub> )

- ۷۲ ..... نمودار ۳-۲۲- طیف XRD (Al-Zn-NO<sub>3</sub>)LDH
- ۷۳ ..... نمودار ۳-۲۳- طیف آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت پرانرژی (Al-Zn-NO<sub>3</sub>)LDH
- ۷۴ ..... نمودار ۳-۲۴- طیف IR مربوط به (Al-Zn-N<sub>3</sub>)LDH
- ۷۵ ..... نمودار ۳-۲۵- طیف XRD (Al-Zn-N<sub>3</sub>)LDH
- ۷۶ ..... نمودار ۳-۲۶- طیف آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت پرانرژی (Al-Zn-N<sub>3</sub>)LDH
- ۷۷ ..... نمودار ۳-۲۷- طیف IR (Al-Zn-ClO<sub>4</sub>) LDH
- ۷۸ ..... نمودار ۳-۲۸- طیف XRD اینترکالاسیون پرکلرات
- ۷۹ ..... نمودار ۳-۲۹- طیف آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت پرانرژی LDH (Al-Zn-ClO<sub>4</sub>)
- ۸۰ ..... نمودار ۳-۳۰- طیف IR مربوط (Al-Zn-Pic)LDH
- ۸۱ ..... نمودار ۳-۳۱- طیف XRD اینترکالاسیون یون پیکرات
- ۸۲ ..... نمودار ۳-۳۲- طیف آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت پرانرژی (Al-Zn-Pic)LDH
- ۸۳ ..... نمودار ۳-۳۳- طیف IR مربوط به LDH (Al-Zn- TNB)
- ۸۴ ..... نمودار ۳-۳۴- طیف XRD اینترکالاسیون TNB
- ۸۵ ..... نمودار ۳-۳۵- آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت LDH (Al-Zn- TNB)
- ۸۶ ..... نمودار ۳-۳۶- طیف XRD مجموعه نمونه‌های نانوکامپوزیت‌ها
- ۸۶ ..... نمودار ۳-۳۷- آنالیز حرارتی مجموعه نمونه‌های نانوکامپوزیت‌ها
- ۸۷ ..... نمودار ۳-۳۸- شمای جایگیری TNB در داخل LDH

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۳	جدول ۱-۱- ساختار و خواص حرارتی نمک‌های چهارتایی ایمیدازولیم
۵۱	جدول ۱-۳- ترکیب نانوکامپوزیت‌ها و اطلاعات DSC

## فهرست شماها

صفحه	عنوان
۳۷	شمای ۱-۲- پلی وینیل بنزیل کلرید پلیمریزه شده از منومرهای ۳ و ۴- کلرومتیل استیرن ۶۰/۴۰
۴۶	شمای ۱-۳- واکنش سنتز مایع یونی ۴- (دی متیل آمینو)-۱-(۴- وینیل بنزیل) پیریدینیوم
۴۷	شمای ۲-۳- اطلاعات طیف‌های HNMR و IR مایع یونی. DVPC
۴۸	شمای ۳-۳- واکنش سنتز مایع یونی ۱- متیل-۳-(۴- وینیل بنزیل) ایمیدازولیوم کلراید
۴۹	شمای ۳-۴- اطلاعات طیف‌های HNMR و IR مایع یونی MVIC
۵۳	شمای ۳-۵- واکنش اکسیداسیون تی. ان. تی
۵۶	شمای ۳-۶- واکنش تعویض آنیونی پلی متیل وینیل بنزیل ایمیدازولیوم کلراید با آنیون پرانرژی

## چکیده

اختلاط مواد پرانرژی با مواد آلی پلیمری و نانو کامپوزیت‌های معدنی منجر به محصولات کامپوزیت و نانو کامپوزیت پرانرژی می‌گردد. پلی کلرومتیل استیرن در اثر واکنش با متیل ایمیدازول تشکیل مایع یونی پلی (۱-متیل -۳- وینیل بنزیل ایمیدازولیوم کلرید) را می‌دهد که در تهیه نانو ذرات فلزی همانند نانو ذرات طلا کاربرد دارد. پلی (۱-متیل -۳- وینیل بنزیل ایمیدازولیوم کلرید) در اثر واکنش تعویض آنیون کلر با آنیون‌های پرانرژی تشکیل نمک‌های پرانرژی را می‌دهد. اینترکلشن آنیون‌های پرانرژی با نانو کامپوزیت معدنی LDH تحت واکنش تعویض آنیونی قرار گرفته، محصول سنتزی نانو هیبریدی را می‌دهد که از نظر خواص فیزیکی و انفجاری با ماده پرانرژی خالص متفاوت می‌باشد. در این تحقیق ضمن سنتز کامپوزیت و نانو هیبرید ماده پرانرژی تری نیتروبنزوئیک اسید، طیف‌های FT-IR، TGA و XRD نانو کامپوزیت‌های پرانرژی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. بر اساس محاسبات طیف‌های XRD، اینترکلشن تری نیتروبنزوات موجب افزایش ضخامت لایه LDH به اندازه‌های ۰/۷۷۱ تا ۰/۸۹۰ نانومتر می‌گردد. همچنین بر اساس طیف TGA، پایداری حرارتی نانو هیبرید تری نیترو بنزوات کمتر از ماده خالص قبل از اینترکلشن بوده است.

کلید واژه: مایع یونی، تری نیتروبنزوئیک اسید، هیدروکسید دولایه، اینترکلشن، پایداری حرارتی



# فصل اول:

## مقدمه

## ۱-۱- مواد پرنرژي

مواد شيميائي که بالقوه داراي انرژي ذخيره مي‌باشند و هر گاه در معرض ضربه، شوک، اصطکاک، الکتريسيته و موج انفجار قرار گيرند از خود انرژي زيادي را آزاد نمايند، مواد پرنرژي گويند. در صورتي که سرعت آزاد شدن انرژي پائين باشد به آن فرايند سوختن و يا احتراق مي‌گويند و در غير اينصورت فرايند انفجار رخ مي‌دهد [۱]. انفجار هنگامی روی می‌دهد که انرژي از قبل ذخيره شده‌ای بطور ناگهانی آزاد شود تا بر محيط اطراف اثر بگذارد. اگرچه همه انفجارات در واقع آزادسازی ناگهانی انرژي هستند، اما عکس اين موضوع درست نيست و همه فرايندهای آزادسازی ناگهانی انرژي انفجار نيستند.

مواد پرنرژي مفهوم وسيع‌تری نسبت به مواد منفجره دارند. اگر در زمان‌های گذشته مواد منفجره به تعداد محدودی از مواد اطلاق می‌شد امروزه تعداد مواد پرنرژي و دسته‌بندی‌های آن متعدد می‌باشد. به فهم و بيان ساده می‌توان هر نوع ماده که بتواند توليد انرژي کند به آن ماده پرنرژي می‌توان گفت. حال اين ماده خالص باشد و يا مخلوط، با محرک منفجر شود و يا بطور خودبخود، انرژي آن بصورت صوت باشد و يا نور.

در حقيقت انرژي توليدي ماده پرنرژي می‌باشد که بشر را از قرن‌های گذشته و داشته است که بجای استفاده از نيروي دست و بازوي خويش برای پرتاب سنگ و نیزه و يا ترکاندن يا شکستن سنگ و معدن از انرژي باروت استفاده نمايد.

پيشرفت‌های مهم ماده پرنرژي در چند قرن اخير، به ویژه قبل از جنگ جهانی اول و ساخت نيتر و گليسيرين و ديناميت بر می‌گردد. توليد تي.ان.تي که تاکنون پر قدرت‌ترین ماده پرنرژي جهان بوده است در طی جنگ جهانی اول و دوم به دست آمد. از آن زمان پژوهش‌های فراوانی در زمينه توليد، سنتز و کاربري مواد پرنرژي صورت گرفته است. امروزه در زمينه‌های مختلف نظامی، معادن، راهسازی گرفته تا فيلمسازی و خودروسازی از مواد پرنرژي استفاده می‌گردد [۲].

محدودیت‌های منابع انرژي‌های طبيعي مانند باد و نيروي آب انسان را وادار نموده است که از انرژي‌های پنهان و بالقوه موجود در مواد پرنرژي استفاده نمايد. لذا برای تحقق اين خواهش، استفاده بهينه و با بهره‌وری بالا از اين مواد، در راس پژوهش و تحقيقات مراکز ذی‌ربط قرار گرفته است.

سنتز مواد پرنرژي جديد و طراحی مولکول‌های جديد، از جدی‌ترین فعاليت‌های تحقيقاتی چند دهه اخير بوده است. محققين علم شيمي، به ویژه گرايش شيمي آلی مقالات زيادي را در مجلات و سمینارها

منتشر و به چاپ رسانده‌اند. ویژگی این مولکول‌های جدید، بالا بودن دانسیته انرژی آنها می‌باشند. محققین در این زمینه کوشیده‌اند که بتوانند مولکول‌های با وزن مولکولی و گروه‌های عاملی پرنانرژی حداکثری مانند گروه نیترو را در بر داشته باشند. همت و فعالیت‌های این محققین منجر به سنتز مولکول‌های پرنانرژی بسیاری شده است که تعدادی از این مواد وارد فاز تولید انبوه و صنعت رسیده‌اند. اما بسیاری از پژوهش‌ها به دلایلی، راه به صنعت نگشوده‌اند [۳].

دسته دیگری از محققین، از مسیر دیگری جهت نیل به هدف اصلی، طی طریق کردند [۴]. این افراد بجای طراحی و سنتز مولکول‌های جدید، که مستلزم پرداخت اندیشه، هزینه انسانی و مادی فراوانی می‌باشد با استفاده از تکنیک‌های جدید مانند نانو تکنولوژی مطالعات و تحقیقاتشان را آغاز نمودند و تاکنون به دستاوردهای بسیاری رسیده‌اند. نانو تکنولوژی، فناوری می‌باشد که در صورت کاربری برای هر یک از مواد و تحقق و نیل به نانوذرات، موجب پیشگیری هزینه‌ها جهت سنتز نمونه‌ها و مولکول‌های جدید شده و از سوی دیگر باعث استفاده هر چه بهتر و بیشتر مواد موجود نیز می‌گردد و این از نظر اقتصادی و تجاری بسیار کار سودمندی می‌باشد. روش‌های مختلفی در زمینه نانو تکنولوژی مواد پرنانرژی، ارائه گردیده است. یکی این روش‌ها روش سل - ژل می‌باشد. این روش برای مواد نانو تکنولوژی بسیار متداول و معمول است. روش دیگری که در زمینه داروسازی متداول است، نانوکامپوزیت‌ها می‌باشد. برای کاربری این روش در زمینه مواد پرنانرژی، تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. یکی از دلایل این امر نوع و ساختار مولکول‌های پرنانرژی می‌باشد که کمتر از بیومولکول‌ها می‌توانند به حالت یونی درآیند. نانوکامپوزیت‌ها اغلب پذیرای ذرات بحالت یونی هستند که بتوانند میهمان را در حفره‌ها جایگزین نمایند. کم حساس سازی و کم آسیب پذیری مواد پرنانرژی موضوع دیگری است که در این تحقیق با استفاده از مایع یونی پلیمری به آن پرداخته شده است.

## ۱-۲- غیر حساس سازی مواد پرنانرژی

کاهش حساسیت مهمات نسبت به آتش، شوک، ضربه، اصطکاک و موج انفجار بدون اینکه از کارایی آن کاسته شود، غیر حساس سازی مهمات نامیده می‌شود که شامل سوخت‌ها، منفجره‌ها که مواد شکننده‌ای می‌باشند تا کامپوزیت‌های منفجره‌های جامد با بایندهای پلیمری می‌شود.

معمول‌ترین بایندها برای مهمات سوخت و منفجره هیدروکسی ترمینایتد پلی بوتادی ان<sup>۱</sup> می‌باشد که ویسکوزیته پائین آن موجب می‌شود که اجزاء جامد بیشتری را در بر گیرد. بنابراین برای اینکه مهمات دارای آسیب‌پذیری کمتری باشند و در عین حال از کارایی خوبی برخوردار شوند لذا از بایندهای پرانرژی استفاده می‌گردد. با این وصف تحقیق و توسعه برای سنتز و فرمولاسیون بایندهای پرانرژی شدت پیدا کرده است. پلیمرهای پرانرژی می‌توانند دارای گروه‌های عاملی نیترو، نترات و آزید باشند. دو روش برای سنتز برای این بایندها وجود دارد. روش اول پلیمریزاسیون مونومر پرانرژی و روش دوم وارد ساختن گروه‌های عاملی پرانرژی به داخل رشته‌های پلیمری می‌باشد. روش اولی مستلزم داشتن تکنولوژی بالا و همچنین ریسک‌پذیری بالا می‌باشد، در صورتی که روش دوم را می‌توان با تکنولوژی پائین‌تر انجام داد و از ریسک کمتری برخوردار بود.

### ۱-۳- نانو تکنولوژی

نانو تکنولوژی تولید کارآمد مواد و دستگاه و سیستم با کنترل ماده در مقیاس طولی نانومتر و بهره‌برداری از خواص و پدیده نوظهوری است که در مقیاس نانو توسعه یافته‌اند. یک نانومتر یک میلیاردمتر ( $10^{-9}$  m) است. این مقدار حدوداً چهار برابر قطر یک اتم است و در مقیاسه یک جسم نانومتری با اندازه‌ای حدود ۱۰ نانومتر، هزار برابر کوچکتر از قطر یک موی انسان است.

امکان مهندسی در مقیاس مولکولی برای اولین بار توسط ریچارد فاینمن<sup>۲</sup>، برنده جایزه نوبل فیزیک، مطرح شد. فاینمن طی یک سخنرانی در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا در سال ۱۹۵۹ اشاره کرد که اصول و مبانی فیزیک امکان ساخت اتم به اتم مواد را رد نمی‌کند. وی اظهار داشت که می‌توان با استفاده از ماشین کوچک ماشینی هایی به مراتب کوچکتر ساخت و سپس این کاهش ابعاد را تا سطح خود اتم ادامه داد. همین عبارت افسانه‌وار فاینمن راهگشای یکی از جذابترین زمینه نانو تکنولوژی یعنی ساخت روبات‌هایی در مقیاس نانو شد. در واقع تصور در اختیار داشتن لشکری از نانو ماشین‌هایی در ابعاد میکروپ که هر کدام تحت فرمان یک پردازنده مرکزی هستند، هر دانشمندی را به وجد می‌آورد.

چرا این مقیاس طول اینقدر مهم است؟ خواص موجی شکل الکترون داخل ماده و اثر متقابل اتم با یکدیگر از جابجایی مواد در مقیاس نانومتر اثر می‌پذیرند. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان

1- HTPB

2- R.Feynman