

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده شیمی

گروه کاربردی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد شیمی کاربردی

عنوان:

بررسی حذف آلاینده های رنگی در محیط آبی به روش فوتوکاتالیستی با استفاده از اکسید  
های فلزی مختلط با ساختار نانو

اساتید راهنما:

پروفسور سیروس نوری - دکتر سید علی حسینی

پژوهشگر:

رامین سعیدی

بهمن ۹۳

## چکیده

در این پروژه حذف فوتوکاتالیتیکی رودامین B توسط سیستم UV/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> مطالعه گردید و متیل اورانژ توسط سیستم Vis light/Ag<sub>2</sub>O-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> مورد بررسی قرار گرفت. نانو بیسموت اکسید با استفاده از روش رسوبی و نانو کامپوزیت Ag<sub>2</sub>O-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> به روش هم رسوبی تهیه گردید. نمونه های سنتز شده توسط الگوی پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی و اسپکتروسکوپی تبدیل فوریه IR شناسایی شدند. بررسی ساختاری نشان داد بیسموت اکسید سنتزی دارای ساختار کریستالی می باشد و متوسط اندازه کریستال ها ۲۲/۴ nm است. مورفولوژی آن نیز با استفاده از تصاویر SEM بررسی شد و مشخص شد که اندازه ذرات در محدوده ۱۶-۲۲ nm است. فعالیت فوتوکاتالیتیکی نانو-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در حذف رودامین B به عنوان مدل یک آلاینده رنگی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از نرم افزار مینی تب و با روش رویه سطح (باکس - بنکن) طراحی آزمایش انجام شد تا شرایط بهینه برای آزمایش بدست آید. چهار متغیر تاثیر گذار بر فرآیند فوتوکاتالیستی حذف رنگ شامل غلظت اولیه رنگ، زمان، pH و مقدار کاتالیست در این طراحی مورد مطالعه قرار گرفت و مقادیر بهینه به ترتیب برابر ۱۲/۵ ppm، ۷، ۰/۰۷۵ g و ۰/۰۷۵ g بدست آمد. نانو-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> سنتز شده در این تحقیق فعالیت بسیار بالایی در حذف رودامین B در ناحیه فرابنفش نشان داد به طوری که بیش از ۹۵ درصد در مدت ۱۲۰ دقیقه تخریب شد. خصلت فوتوکاتالیتیکی نانو کامپوزیت Ag<sub>2</sub>O-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در فرآیند حذف متیل اورانژ تحت نور مرئی توسط طراحی آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. در این طراحی سه متغیر مستقل شامل مقدار کاتالیست، زمان و pH اولیه انتخاب شد و مقادیر بهینه به ترتیب برابر ۰/۲۵ g، ۶۰ min و ۵/۵۸ بدست آمد. کامپوزیت کردن اکسید نقره با اکسید بیسموت باعث کاهش گپ انرژی و پاسخ به نور مرئی شد. به دلیل اینکه درصد بالایی از نور خورشید را نور مرئی تشکیل می دهد، بنابراین نانو کامپوزیت Ag<sub>2</sub>O-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> می تواند به عنوان یک کاتالیست مؤثر برای حذف آلاینده های رنگی توسط نور خورشید مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: فوتوکاتالیست، بیسموت اکسید، نانو کامپوزیت، حذف رنگ، رودامین B، روش رویه پاسخ

فصل اول: بررسی منابع

عنوان	صفحه
۱-۱- آب .....	۲
۲-۱- وضعیت کنونی بحران آب در جهان.....	۲
۳-۱- آلودگی آب شرب و اهمیت تصفیه آن.....	۳
۴-۱- منابع آلودگی آب.....	۳
۵-۱- انواع رنگ ها .....	۴
۱-۵-۱- رنگ های اسیدی .....	۴
۲-۵-۱- رنگ های بازی .....	۴
۳-۵-۱- رنگ های مستقیم.....	۵
۴-۵-۱- رنگ های دیسپرس .....	۵
۵-۵-۱- رنگ های گوگردی .....	۵
۶-۵-۱- رنگ های خمی .....	۵
۷-۵-۱- رنگ های آزوئیک.....	۶
۸-۵-۱- رنگ های راکتیو.....	۶
۹-۵-۱- رنگ های دندانان ای ( رنگ های کروم دار یا متا کروم ).....	۶
۱۰-۵-۱- پیگمنت ها.....	۷
۱۱-۵-۱- درخشان کننده های فلورستی.....	۷
۱۲-۵-۱- رنگ های آزو.....	۷
۶-۱- رودامین B .....	۸
۱-۶-۱- روش سنتز.....	۹
۷-۱- روش های تصفیه پساب های حاوی مواد رنگ زا .....	۹
۱-۷-۱- روش های تخریبی.....	۹

۱۰	۱-۷-۲- روش جذب سطحی.....
۱۰	۱-۷-۳- روش های شیمیایی.....
۱۱	۱-۸- پیشینه استفاده از فوتوکاتالیست ها .....
۱۱	۱-۹- فرآیند های اکسایش فوتوکاتالیتیکی.....
۱۲	۱-۱۰- اهمیت و قابلیت نانوفناوری.....
۱۴	۱-۱۱- اهمیت نانوفناوری در زمینه سنتز کاتالیست.....
۱۵	۱-۱۲- مطالعه کلی نحوه انجام فرآیند های اکسایش فوتوکاتالیتیکی.....
۱۶	۱-۱۳- تحقیقات انجام یافته توسط فوتوکاتالیست های مورد استفاده در اکسایش فوتوکاتالیتیکی.....
۱۸	۱-۱۴- بیسموت اکسید.....
۱۹	۱-۱۵- تکنیک های سنتز.....
۱۹	۱-۱۵-۱- آسیاب های گلوله ای یا آسیاب های گلوله ای با انرژی بالا.....
۱۹	۱-۱۵-۲- تکنیک هیدروترمال.....
۱۹	۱-۱۵-۳- روش سل - ژل.....
۲۰	۱-۱۵-۴- روش هم رسوبی شیمیایی.....
۲۰	۱-۱۵-۵- تکنیک میسل معکوس.....
۲۱	۱-۱۶- روش های بررسی تخریب رنگ.....
۲۱	۱-۱۷- پارامتر های موثر روی فرآیند های فوتوکاتالیزوری.....
۲۲	۱-۱۷-۱- شدت نور.....
۲۲	۱-۱۷-۲- ماهیت فوتوکاتالیست.....
۲۲	۱-۱۷-۳- غلظت فوتوکاتالیست.....
۲۲	۱-۱۷-۴- دمای واکنش.....
۲۳	۱-۱۷-۵- اکسیژن محلول.....
۲۳	۱-۱۸- طراحی آزمایش.....

۲۴	۱-۱۹- اهداف کار پیشنهادی حاضر.....
<b>فصل دوم: مواد و روش</b>	
۲۶	۱-۲- مواد مورد استفاده.....
۲۶	۲-۲- لوازم و تجهیزات مورد استفاده برای آنالیز و حصول داده ها.....
۲۷	۲-۳- نرم افزار های مورد استفاده.....
۲۷	۲-۴- روش تهیه محلول های مورد استفاده.....
۲۷	۲-۵- روش سنتز نانو ذرات.....
۲۷	۲-۵-۱- سنتز $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .....
۲۸	۲-۵-۲- سنتز $\text{Ag}_2\text{O-Bi}_2\text{O}_3$ .....
۲۸	۲-۶- روش های آنالیز.....
۲۸	۲-۶-۱- تکنیک XRD.....
۲۹	۲-۶-۲- تکنیک SEM.....
۲۹	۲-۶-۳- تکنیک UV/Vis.....
۲۹	۲-۶-۴- تکنیک FTIR.....
۳۰	۲-۷- تست عملکرد فوتوکاتالیست ها ( $\text{Bi}_2\text{O}_3, \text{Ag}_2\text{O-Bi}_2\text{O}_3$ ).....
۳۰	۲-۷-۱- سیستم آزمایشی.....
۳۱	۲-۷-۲- انجام آزمایش های فوتوکاتالیستی.....
۳۱	۲-۸- تعریف کسر تبدیل (x).....
۳۱	۲-۹- بهینه و مدل سازی فرآیند حذف فوتوکاتالیستی رودامین B با استفاده از روش رویه پاسخ.....
۳۳	۲-۱۰- بهینه و مدل سازی فرآیند حذف فوتوکاتالیستی متیل اورانژ با استفاده از روش رویه پاسخ.....
<b>فصل سوم: نتایج و بحث</b>	
۳۵	۳-۱- بررسی ساختار XRD نانو بیسموت اکسید.....
۳۶	۳-۲- بررسی طیف FTIR نانو بیسموت اسید.....

۳۷	۳-۳- بررسی طیف FTIR نانو کامپوزیت Ag <sub>2</sub> O-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....
۳۸	۴-۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشی ( SEM ) نانو اکسید بیسموت.....
۳۹	۵-۳- تعیین طول موج ماکزیمم رودامین B و رسم نمودار عیار سنجی.....
۴۰	۶-۳- تعیین طول موج ماکزیمم متیل اورانژ و رسم نمودار عیار سنجی.....
۴۲	۷-۳- طراحی آزمایش به روش رویه پاسخ ( باکس - بنکن ) با نرم افزار مینی تب.....
۴۲	۱-۷-۳- طراحی آزمایش برای سیستم UV/Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....
۴۷	۲-۷-۳- طراحی آزمایش برای سیستم Vis-light/Ag <sub>2</sub> O-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....
۴۹	۸-۳- تحلیل واریانس ( ANOVA ) نتایج حاصل.....
۵۱	۹-۳- مقایسه درصد حذف رودامین B با انواع سیستم های آزمایشی.....
۵۱	۱-۹-۳- فوتولیز ( UV ).....
۵۱	۲-۹-۳- جذب سطحی ( Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....
۵۱	۳-۹-۳- فرآیند فوتوکاتالیستی ( UV/ Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....
۵۳	۱۰-۳- مقایسه فعالیت فوتوکاتالیستی Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> و کامپوزیت Ag <sub>2</sub> O- Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....
۵۴	۱۱-۳- تاثیر متغیر ها به عنوان رویه پاسخ و نمودارهای کانتور.....
۵۴	۱۲-۳- تاثیر pH.....
۵۴	۱-۱۲-۳- بررسی مقدار جذب سطحی.....
۵۵	۲-۱۲-۳- نقش pH در فرآیند فوتوکاتالیستی.....
۵۶	۱-۲-۱۲-۳- فرآیند فوتوکاتالیستی در pH = ۲.....
۵۹	۲-۲-۱۲-۳- فرآیند فوتوکاتالیستی در pH = ۷.....
۶۰	۳-۲-۱۲-۳- فرآیند فوتوکاتالیستی در pH = ۱۲.....
۶۲	۱۳-۳- تاثیر غلظت رنگ.....
۶۳	۱۴-۳- تاثیر مقدار کاتالیست.....
۶۵	۱۵-۳- تاثیر زمان واکنش.....

۶۵.....	۱۶-۳- نمودار های کانتور و رویه سطح برای حذف متیل اورانژ.....
۶۵.....	۱-۱۶-۳- تاثیر همزمان pH اولیه و زمان واکنش بر درصد حذف.....
۶۶.....	۲-۱۶-۳- تاثیر همزمان pH اولیه و مقدار کاتالیست بر درصد حذف.....
۶۸.....	۳-۱۶-۳- تاثیر همزمان زمان واکنش و مقدار کاتالیست بر درصد حذف.....
۶۹.....	۱۳-۳- نتیجه گیری.....
۷۱.....	۱۴-۳- پیشنهادها برای کارهای بعدی.....
۷۲.....	فهرست منابع.....



صفحه	عنوان
۲۶	جدول ۱-۲: مواد شیمیایی مورد استفاده
۳۲	جدول ۲-۲: آزمایش های پیشنهادی توسط روش باکس - بنکن
۳۳	جدول ۳-۲: آزمایش های پیشنهادی توسط روش باکس - بنکن برای سیستم نور مرئی
۴۳	جدول ۱-۳: آزمایشات چهار فاکتوری طراحی شده و نتایج بدست آمده
۴۵	جدول ۲-۳: طراحی باکس - بنکن چهار فاکتوری و پاسخ های بدست آمده
۴۷	جدول ۳-۳: ماتریس سه فاکتوری طراحی شده و نتایج بدست آمده
۴۸	جدول ۴-۳: طراحی باکس - بنکن سه فاکتوری و پاسخ های بدست آمده
۵۰	جدول ۵-۳: تحلیل واریانس (ANOVA) فرآیند حذف فوتوکاتالیتیکی رودامین B
۵۰	جدول ۶-۳: تحلیل واریانس (ANOVA) فرآیند حذف فوتوکاتالیتیکی متیل اورانژ
۵۲	جدول ۷-۳: آزمایشات انجام گرفته و نتایج بدست آمده به تفکیک سیستم آزمایشی
۵۵	جدول ۸-۳: مقدار درصد جذب سطحی در لحظه صفر (30min در تاریکی)

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۱ : ساختار شیمیایی رودامین B.....
۳۰	شکل ۱-۲ : فوتوراکتور مورد استفاده برای حذف رنگ رودامین B طی فرآیند UV/Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....
۳۵	شکل ۱-۳ : تصویر XRD نانو بیسموت اکسید...../.....
۳۶	شکل ۲-۳ : طیف FTIR نانو بیسموت اکسید.....
۳۷	شکل ۳-۳ : طیف FTIR نانو کامپوزیت Ag <sub>2</sub> O-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....
۳۸	شکل ۴-۳ : تصاویر SEM نانو بیسموت اکسید.....

عنوان	صفحه
نمودار ۳-۱: طیف جذبی محلول ۲۰ ppm رودامین B.....	۳۹
نمودار ۳-۲: نمودار کالیبراسیون رودامین B در طول موج ۵۵۳ nm.....	۴۰
نمودار ۳-۳: طیف جذبی محلول ۱۰ ppm متیل اورانژ.....	۴۱
نمودار ۳-۴: نمودار عیارسنجی متیل اورانژ در طول موج ۴۶۵ nm.....	۴۱
نمودار ۳-۵: مقادیر تجربی در مقابل مقادیر ارائه شده توسط مدل (نرم افزار) برای حذف فوتوکاتالیتیکی رودامین B.....	۴۶
نمودار ۳-۶: مقادیر تجربی در مقابل مقادیر ارائه شده توسط مدل (نرم افزار) برای حذف فوتوکاتالیتیکی متیل اورانژ.....	۴۹
نمودار ۳-۷: نمودار رویه سطح غلظت اولیه رنگ و pH در مقابل درصد حذف.....	۵۷
نمودار ۳-۸: نمودار کانتور غلظت اولیه رنگ و pH اولیه.....	۵۷
نمودار ۳-۹: نمودار رویه سطح زمان واکنش و pH در مقابل درصد حذف.....	۵۸
نمودار ۳-۱۰: نمودار کانتور زمان واکنش و pH اولیه.....	۵۸
نمودار ۳-۱۱: نمودار رویه سطح غلظت اولیه رنگ و pH در مقابل درصد حذف.....	۵۹
نمودار ۳-۱۲: نمودار کانتور غلظت اولیه رنگ و pH اولیه.....	۶۰
نمودار ۳-۱۳: نمودار رویه سطح زمان واکنش و pH در مقابل درصد حذف.....	۶۱
نمودار ۳-۱۴: نمودار کانتور زمان واکنش و pH اولیه.....	۶۱
نمودار ۳-۱۵: نمودار رویه سطح زمان و غلظت رنگ در برابر درصد حذف.....	۶۲
نمودار ۳-۱۶: نمودار کانتور زمان و غلظت رنگ.....	۶۳
نمودار ۳-۱۷: نمودار رویه سطح زمان و مقدار کاتالیست در برابر درصد حذف.....	۶۴
نمودار ۳-۱۸: نمودار کانتور زمان و مقدار کاتالیست.....	۶۴
نمودار ۳-۱۹: نمودار رویه سطح pH اولیه و زمان واکنش در برابر درصد حذف.....	۶۵
نمودار ۳-۲۰: نمودار کانتور pH اولیه و زمان واکنش.....	۶۶
نمودار ۳-۲۱: نمودار رویه سطح pH اولیه و مقدار کاتالیست در برابر درصد حذف.....	۶۷

نمودار ۳-۲۲ : نمودار کانتور pH اولیه و مقدار کاتالیست ..... ۶۷

نمودار ۳-۲۳ : نمودار رویه سطح مقدار کاتالیست و زمان واکنش در برابر درصد حذف ..... ۶۸

نمودار ۳-۲۴ : نمودار کانتور مقدار کاتالیست و زمان واکنش ..... ۶۸

## فصل اول

### بررسی منابع

## ۱-۱- آب

آب به عنوان ماده اصلی حیات و یکی از فراوان ترین مواد مرکب بر روی سطح کره زمین است که بدون آن امکان حیات و زندگی وجود ندارد.

آب ترکیبی بی بو، بی رنگ و بی طعم است و خواص ویژه ای دارد که آن را از دیگر مایعات جدا کرده است. از این خواص ویژه می توان به ظرفیت گرمایی بالا، افزایش غیر عادی حجم به هنگام انجماد، کشش سطحی بالا، گرانشی بسیار پایین و بالا بودن گرمای نهان تغییر فاز اشاره نمود. دلیل بسیاری از این خاصیت ها وجود پیوند هیدروژنی در میان مولکول های آب است. چگالی آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱ اتمسفر برابر ۰/۹۹۹ گرم بر سانتیمتر مکعب است. همچنین آب در ۴ درجه سانتی گراد بیشترین چگالی یعنی ۱ گرم بر سانتی متر مکعب را دارد، که این مسئله از لحاظ علمی بسیار جالب است و یک استثنا به شمار می آید .

از دیگر خواص آب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

به عنوان یک حلال بسیار قوی در بدن انسان

رقیق کننده و روان کننده مناسب برای بسیاری از سیستم ها

تنظیم درجه حرارت و خنک سازی

## ۱-۲- وضعیت کنونی بحران آب در جهان

اگر چه حجم کلی آب های موجود بر روی سطح زمین نسبتا زیاد است اما متجاوز از ۹۷ درصد این آب ها در دریاها و اقیانوس ها متمرکز هستند و حدود ۲ درصد نیز به صورت یخچال ها در مناطق قطبی تجمع یافته است. از یک درصد آب باقی مانده نیز بخش زیادی در اعماق زمین بوده که استخراج آن مشکل و دور از دسترس است.

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت، توسعه صنایع و افزایش آلودگی منابع آب شیرین، دسترسی به آب کافی و مناسب در برخی از کشور ها به یک بحران جدی تبدیل شده است.

### ۳-۱- آلودگی آب شرب و اهمیت تصفیه آن

آلودگی آب می تواند از منابع و راه های مختلف وارد آب شود. علت ایجاد آلودگی هرچه باشد آب را زمانی آلوده می نامیم که میزان مواد خارجی موجود در آب به اندازه ای باشد که استفاده از آن سبب بروز اثرات زیان آور به طرق مختلف شود [۱]. امروزه این منابع محدود آب شیرین قابل دسترس در معرض انواع آلودگی های میکروبی و شیمیایی قرار گرفته و آلاینده های فراوانی از طریق فاضلاب های صنعتی و کود های شیمیایی، منابع حیاتی انسان ها را به طور جدی تهدید می کند.

### ۴-۱- منابع آلودگی آب

منابع آلودگی را با توجه به منشأ آلودگی می توان به شرح زیر طبقه بندی نمود :

۱- آلودگی ناشی از فاضلاب های شهری و خانگی

۲- آلودگی ناشی از کشاورزی

۳- آلودگی ناشی از نزولات جوی

۴- آلودگی ناشی از صنایع

متأسفانه با توسعه و صنعتی شدن جوامع، فاضلاب های صنعتی، مواد سمی، فلزات سنگین همچون جیوه، سرب، مس و آلودگی های مضر که برای سلامتی تهدید به شمار می آیند و موادی از قبیل گازهای سمی، مواد رادیواکتیو، ترکیبات اسیدی و قلیایی، میکرو ارگانیزم های بیماری زا، چربی و روغن و غیره به راحتی وارد آب های شیرین قابل دسترس می شوند. این ضایعات برای خنثی شدن مقدار زیادی از اکسیژن محلول را به مصرف رسانیده و موجب کاهش اکسیژن مورد نیاز برای آبزیان می شوند و موجب از بین رفتن آن ها می شوند. از طرف دیگر بسیاری از ضایعات سمی بوده و موجب مسمومیت آبزیان می شوند.

از دیگر آلاینده ها که از طریق صنایع وارد آب می شود مواد رنگ زا می باشد. استفاده از مواد رنگ زای مصنوعی در بسیاری از صنایع از جمله نساجی، چرم، پلاستیک، کاغذ و غذا منجر به ایجاد سطح بالایی از پساب های رنگی می شود. بیش از ۱۰۰۰۰ نوع رنگدانه صنعتی وجود دارد که اکثر آن ها به خاطر داشتن ساختار آروماتیک در مقابل نور و اکسیداسیون پایدار بوده و به آسانی تخریب پذیر نمی باشند. بسیاری از این پساب ها سمی و خطرناک هستند و می توانند منجر به برخی از بیماری ها همچون سرطان و حساسیت های پوستی شوند. مواد رنگی در صورتی که وارد آب شود موجب رنگی شدن و مانع از عبور نور خورشید

می شود و از این رو بر زندگی آبزیان و چرخه مواد غذایی اثر می گذارند [۲] از این رو ترکیبات رنگی نیاز به فرآیند تخلیه ویژه ای دارند.

## ۱-۵- انواع رنگ ها

### ۱-۵-۱- رنگ های اسیدی

مهمترین مصرف این رنگ ها در رنگرزی پشم بوده ولی گاهی برای رنگرزی ابریشم ، پلی آمیدها ، آکرلیک و الیاف پروتئینی دیگر نیز به کار می روند . معمولاً محیط حمام رنگرزی این رنگ ها اسیدی و شامل اسید سولفوریک ، اسید فرمیک و اسید استیک می باشد ولی گاهی بعضی از آنها در محیط های خنثی و کمی قلیایی نیز به کار برده می شوند. مقاومت این نوع رنگ ها بسیار متغیر است و به ساختمان شیمیایی آنها بستگی دارد . این رنگ ها بر روی انواع مختلف پشم ، نخ ، نمد ، آستری و گاهی ابریشم ، پلی آمیدها ، الیاف آکرلیک و الیاف پروتئینی رنگهای روشن ایجاد می نمایند.

### ۱-۵-۲- رنگ های بازی

رنگ های بازی که از نظر شیمیایی به رنگ های کاتیونی معروف هستند ، به صورت نمک بوده و سیستم کروموفریک آن در قسمت کاتیون می باشد . این رنگ ها از اولین رنگ های سنتزی بوده ولی امروزه به مقدار خیلی زیاد تهیه می شوند . رنگ های بازی از شفافیت به خصوصی برخوردار هستند و رنگ های قرمز ، بنفش ، آبی و سبز را تولید می کنند . در مقابل نور مقاومت خوبی از خود نشان نمی دهند ولی در عوض اغلب الیاف را توسط آنها می توان رنگ نمود. سیستم کروموفوری آن شامل کربن مرکزی بوده که سه حلقه آروماتیک به آن متصل است. رنگ و خواص ترکیب بستگی به نوع و تعداد آکسوکرومهایی از قبیل  $\text{OH} - \text{NR}_2$  - ( آریل آلکیل ، آریل یا آلکیل = R ) و غیره در سه محل پارا خواهد داشت . نمونه هایی از این رنگ ها سبز مالاکیت ، بنفش کریستال و آبی میکرول هیدرول می باشد . این رنگ ها برای رنگرزی پشم ، ابریشم و الیاف آکرلیک به کار می روند .



### ۱-۵-۳- رنگ های مستقیم

از آنجایی که این رنگ ها بدون دندان به کار برده می شوند ، لذا به رنگ های مستقیم معروف هستند . این دسته رنگ ها آنیونی بوده که در محیط آبی شامل الکترولیت برای رنگرزی الیاف سلولزی مصرف می شوند . در ضمن بعضی از این رنگها توسط واکنشهای آزوتاسیون مستقیماً بر روی الیاف ظاهر می گردند.

### ۱-۵-۴- رنگ های دیسپرس

این رنگ ها که از نوع شیمیایی آزو ، آنتراکینونی و نیترو می باشند ، اغلب دارای گروه های آمینو یا آمینوی استخلاف شده هستند. ولی گروه های قابل حل نظیر اسید سولفونیک ندارند و در محیط های آبی همراه با مواد دیسپرس کننده به کار می روند. موارد استعمال اصلی این رنگ ها در رنگرزی استات سلولز ، نایلون ، پلی استر ، الیاف آکرلیک ، پشم و الیاف پلی آمیدی است.

### ۱-۵-۵- رنگ های گوگردی

این رنگ ها که عمدتاً برای رنگرزی الیاف سلولزی به کار می روند دارای ثبات متوسط در مقابل اکثر عوامل خارجی هستند . نمونه های سیاه ، سبز ، آبی و قهوه ای این رنگ ها ثبات خوبی در مقابل نور از خود نشان می دهند . آنها رنگ های غیر قابل حل در آب هستند که شامل گوگرد در سیستم کروموفری و هم جزء زنجیر پلی سولفید می باشند . این رنگ ها معمولاً در حمام سولفید سدیم به کار رفته و می توانند به فرم قابل حل در آب احیاء گردند و توسط هوا، اکسیداسیون دوباره رنگ بر روی الیاف انجام می پذیرد.

### ۱-۵-۶- رنگ های خمی

این رنگ ها که گروه بزرگی را تشکیل می دهند عمدتاً از انواع نیلی و نیلی گوگردی می باشند . این رنگ ها نامحلول بوده و به کمک سود سوزآور و سدیم هیدروسولفیت احیاء می شوند و به صورت محلول در می آیند. این رنگ ها در درجه اول برای رنگرزی پنبه و در درجه دوم برای پشم، ابریشم و استات سلولز مورد استفاده قرار می گیرند.

### ۱-۵-۷- رنگ های آزوئیک

این رنگ ها، رنگ های آزوی غیر قابل حل می باشند که بر روی الیاف تشکیل می گردند و اغلب از ترکیبات نفتل ها و مشتقاتشان با نمک های دی آزونیم حاصل می شوند. ثبات این نوع رنگ ها در روی الیاف سلولزی نظیر پنبه در مقابل نور و شستشو بسیار ساده است.

### ۱-۵-۸- رنگ های راکتیو

این رنگ ها در سالهای اخیر کشف شده است و از مشخصات آنها وجود یک اتم و یا مجموعی از اتم های مستعد فعل و انفعالات مانند  $\text{NH}_2$   $\text{OH}$   $\text{Cl}$  می باشد که با عامل هیدروکسیل سلولز و یا عامل آمین و آمید پشم و بالاخره با الیاف سنتتیک مشابه واکنش می دهد. مواد رنگریزی راکتیو هم اکنون از اهمیت قابل توجهی برای رنگریزی الیاف سلولزی، به تنهایی و یا در مخلوط با دیگر الیاف برخوردارند. آنها همچنین برای رنگریزی الیاف پشمی و ابریشمی نیز به کار می روند. گروه کوچکی از مواد رنگریزی دیسپرس راکتیو به نام پرسینیل قابل استفاده برای رنگریزی نایلونها هستند.

### ۱-۵-۹- رنگ های دندان ابی ( رنگ های کروم دار یا متا کروم )

این رنگ ها شامل انواع شیمیایی آزو و آنتراکینونی می باشند. بعضی از رنگ های اسیدی نیز با فلزات کمپلکس و بر روی الیاف لاک تولید می نمایند ( به عنوان مثال با کروم ) که دارای مقاومتی بهتر از رنگ اسیدی در مقابل آب و رطوبت می باشد. رنگ های کمپلکس فلزی همان لاکهای کروم دار است که از کمپلکس فلزی رنگ های دی هیدروکسی تهیه شده و برای رنگریزی پشم و الیاف پلی آمیدی به کار می روند. رنگ های کمپلکس فلزی بر حسب کاربردشان در حمام های مختلف رنگریزی به دو دسته تقسیم می شوند:

الف ) رنگ های فلزی با رنگریزی در محیط اسیدی ( رنگ های آزو با فلز کروم به نسبت ۱:۱ )

ب ) رنگ های فلزی با رنگریزی در محیط خنثی ( رنگ های آزو با فلزات کروم یا کبالت به نسبت ۲:۱ )

## ۱-۵-۱۰- پیگمنت ها

اساس کاربرد پیگمنت ها برای رنگ کردن الیاف نساجی کاملاً با طبقات مواد رنگرزی ذکر شده که در آنها نفوذ مولکول ماده رنگرزی به داخل لیف یک مرحله اساسی فرآیند رنگرزی می باشد، متفاوت است. پیگمنت ها چون از نظر فیزیکی دارای ذرات درشت غیر محلول در آب می باشند، بنابراین آنها را نمی توان در هر مرحله ای از فرآیند نساجی به داخل لیف وارد کرد. به هر حال پیگمنت ها را می توان در طی تولید الیاف با مواد تشکیل دهنده الیاف که به صورت پلیمر می باشد، قبل از عمل ریسندگی که منجر به تشکیل فیلامنت ها می گردد مخلوط نمود. چنین فرآیندی را رنگ کردن توده پلیمری می نامند. کالای رنگ شده ثابت شستشویی بالایی دارد. این روش به رنگ کردن الیاف مصنوعی محدود شده است.

## ۱-۵-۱۱- درخشان کننده های فلورسنتی

این مواد ترکیبات بی رنگی هستند که تشعشعات ماوراء بنفش را جذب نموده و تبدیل به تشعشعات نور مرئی که معمولاً بین طیف آبی تا بنفش می باشند می نمایند. هنگامی که این مواد را برای سفید کردن کالاهای نساجی به کار می برند، به خاطر نور آبی منتشر شده از سطح کالای نساجی اثر زردی کالا را خنثی می کنند. به طوری که مقدار کلی نور منتشر شده را افزایش داده و کالا سفیدتر و درخشان تر به نظر می رسد. درخشان کننده های فلورسنتی به معرفهای آبی کننده قدیمی مثل اولترامارین متیل بنفش برتری دارند. این مواد به مقدار زیاد در تهیه صابون و پودر های رختشویی مصرف می شوند. به منظور رنگرزی در درجه اول برای پنبه و در درجه دوم برای پشم و نایلون به کار می روند.

## ۱-۵-۱۲- رنگ های آزو

این رنگ ها دارای گروه آزو ( $N=N$ ) می باشند. در یک روش رنگرزی رنگ آزو مورد نظر مستقیماً بر روی رشته های نخ تشکیل می شود. این اتفاق از طریق واکنش بین رشته های نخ با یک ترکیب دی آزو رخ می دهد. با تثبیت کردن مناسب شرایط حمام رنگرزی، واکنش تشکیل رنگ آزو انجام می شود. این روش رنگرزی یک روش منحصر به فرد است زیرا میزان رنگ نهایی به وسیله دستکاری در میزان ماده دی آزو و کنترل واکنش جفت شدن<sup>۱</sup>، کنترل می شود [۳].

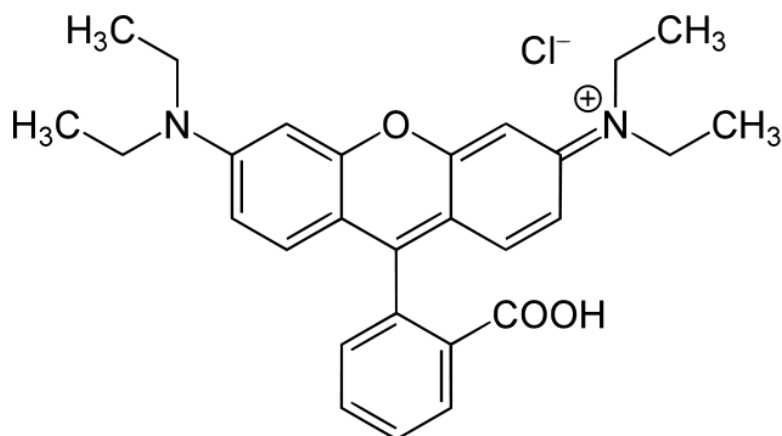
<sup>1</sup> - Coupling

رنگ های آزو تقریباً نیمی از رنگ های معمول مورد استفاده در صنایع را تشکیل می دهند. این رنگ ها دارای گروه آزو (N=N) و حلقه های آروماتیک هستند که گروه آزو در این رنگ ها به عنوان یک کروموفور عمل می کند. این رنگ ها در بسیاری از صنایع مثل نساجی، صنایع غذایی، دارو سازی، مواد آرایشی، حلال ها، روغن ها، واکس، پلاستیک ها و جوهر های چاپ استفاده می شوند، که بیشترین استفاده مربوط به صنعت نساجی است و می توان گفت دلیل عمده ی استفاده زیاد، قیمت پایین این رنگ ها است [۴].

در این پروژه حذف رنگ رودامین B و متیل اورانژ مورد مطالعه قرار گرفته است.

### ۱-۶- رودامین B<sup>۱</sup>:

رودامین B با فرمول شیمیایی  $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$  یک رنگ سنتزی است که در دسته رنگ های زانتن قرار می گیرد. رودامین B یک پودر بنفش مایل به قرمز با نقطه ذوب  $165^{\circ}C$  است و به خوبی در آب حل می شود. این رنگ خاصیت فلرسانس کنندگی خوبی دارد. فرمول ساختاری آن به صورت زیر می باشد:



شکل ۱-۱. ساختار شیمیایی رودامین B

<sup>1</sup> - RhodamineB