٤١٠٨١

۱۳۸۱ /۴/ ۲۶

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

بررسی پدیده خاموش شوندگی مواد رنگزای فلورسنت در مخلوط الیاف و پیش بینی رنگ حاصله

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی نساجی و علوم الیاف

مینو نائبه

٤١٠٨١

استاد راهنما

دکتر سید حسین امیر شاهی

۱۳۸۰

٤١٠٨١

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تاریخ ثبت مدارک
۱۳۸۱/۱۰/۲۶

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف مینو نائبه

تحت عنوان:

بررسی پدیده خاموش شوندگی مواد رنگزای فلورسنت در مخلوط الیاف و پیش بینی رنگ حاصله

در تاریخ .....توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت:

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر سید حسین امیر شاهی

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر فرح ترکمنی اذر

۳- استاد داور — دکتر سید عبدالکریم حسینی راوندی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر علی اکبر قره اغاجی

تشکر و قدردانی

سپاس فراوان از استاد عزیز و ارجمندم جناب اقای دکتر سید حسین امیر شاهی که در تمام مدت انجام تحقیق در نهایت شکیبائی با راهنمائیهای عالمانه خویش، راهگشا بودند.

از اساتید بزرگوار سرکار خانم دکتر ترکمنی اذر و اقایان دکتر مرادیان، دکتر حسینی و دکتر قره اغاجی و نیز پرسنل محترم دانشکده نساجی ونیز دوستانی که هر کدام به نحوی مـرا در انجـام ایـن تحقیـق یـاری نمودنـد تشکر مینمایم.

همچنین لازم است از همسر عزیزم جناب اقـای مـهندس حمیـد خیـام کـه بـا فراهـم اوردن شـرایط مناسـب تحصیل مرا تسهیل نمودند، قدردانی نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نواوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه(رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه شده در آرک

تقدیم به پدر و مادرم

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فهرست مطالب		هفت
چکیده		۱
فصل اول : مقدمه		
۱-۱	هدف از انجام پروژه و اهمیت ان	۲
۱-۲	فلورسنس	۳
۱-۲-۱	مواد فلورسنت و کاربرد های ان	٤
۱-۲-۲	خصوصیات طیفی رنگهای فلورسنت	٥
۱-۲-۳	ماهیت اجسام فلورسنت	٦
۱-۲-٤	فاکتور تشعشعات کلی نمونه فلورسنت	۷
۱-۲-٥	خاموش شوندگی رنگهای فلورسنت	۸
۱-۳	مخلوط نمودن الیاف	۱۰
۱-۳-۱	مخلوط نمودن الیاف از قبل رنگرزی شده	۱۱
۱-۳-۲	قوانین اختلاط رنگ	۱۱
۱-۳-۳	مروری بر تحقیقات قبلی در مورد توضیح رنگ مخلوط الیاف از قبل رنگرزی شده	۱٦
۱-٤	روشهای رنگ همانندی	۱۷
۱-٤-۱	رنگ همانندی کالریمتری	۱۷
۱-٤-۲	رنگ همانندی اسپکتروفتومتری	۲٥
۱-٥	رنگ همانندی مواد رنگزای فلورسنت	۲۸
۱-٥-۱	رنگ همانندی جزء فلورسنتی با استفاده از روش تجربی	۲۸
۱-٥-۲	رنگ همانندی کامپیوتری رنگزا های فلورسنت	۲۹
۱-٥-۳	رنگ همانندی با استفاده از روش Funk	۳۰
۱-٥-٤	رنگ همانندی با استفاده از روش Man	۳۱
۱-٦	شبکه های عصبی	۳۲
۱-٦-۱	شبکه های عصبی و ساختار انها	۳٤
۱-٦-۲	الگوریتمهای شبکه های عصبی	۳۷
فصل دوم : اساس تجربی		
۲-۱	مواد مورد استفاده	٤۰
۲-۲	دستگاه ها و وسایل مورد استفاده	٤۱
۲-۳	نحوه تهیه مخلوط ها و نمونه های رنگرزی شده شامل مقادیر یکسان از مواد رنگزا	٤۲
۲-٤	اندازه گیری فاکتور تشعشعات کلی	٤٤

۲-٤-۱ اصلاح فاکتور تشعشعات کلی به دلیل اندازه گیری انعکاس الیاف در زیر شیشه ٤٥

فصل سوم : نتایج و بحث

۳-۱ مقدمه ٤٦

۳-۲ مقایسه روشهای اصلاح شیشه ٤٧

۳-۳ توزیع انعکاس کلی مواد رنگزا و سفید کننده نوری مورد استفاده ٤٨

۳-٤ مقایسه منحنی های انعکاسی نمونه های مخلوط از قبل رنگشده و نمونه های رنگرزی شده با مخلوط مواد رنگزا ٤٩

۳-٤-۱ مقایسه بین طول موج حداکثر صدور فلورسنتی در دو گروه ٥۳

۳-٤-۲ مقایسه بین ارتفاع پیک صدور فلورسنس در دو گروه ٥۳

۳-٤-۳ مقایسه خلوص نمونه های نظیر در دو دسته ٥٥

۳-٥ استفاده از شبکه های عصبی در رنگ همانندی نمونه های فلورسنتی ٥٧

۳-٥-۱ توپولوژی شبکه های عصبی مورد استفاده ٥٨

۳-٥-۲ روش های اموزش مورد استفاده ٥٨

۳-٥-۳ افزایش سرعت اموزش ٦٦

فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات

٤-۱ مقدمه ۷۰

٤-۲ نتیجه گیری ۷۱

٤-۲-۱ بررسی منحنی های انعکاسی نمونه هاِی مخلوط از قبل رنگشده و نمونه های رنگرزی شده با مخلوط مواد رنگزا ۷۱

٤-۲-۲ مقایسه الگوریتم ها و روشهای مختلف اموزش برای شبکه های عصبی ۷۱

٤-۲-۳ مقایسه شبکه های عصبی با ورودی انعکاسی و شبکه های عصبی با ورودی محرکه های سه گانه ۷۲

٤-۳ پیشنهادات ۷۳

مراجع ۷٤

ضمائم ۸۰

چکیده

در این رساله پدیده خاموش شوندگی فلورسنس در مخلوط الیاف از قبل رنگرزی شده با مواد رنگزای فلورسنت و سفید کننده نوری و همچنین رنگ همانندی انها با استفاده از شبکه های عصبی مورد مطالعه قرار گرفته است.

در هنگام استفاده از رنگهای فلورسنت و همچنین سفید کننده های نوری مقدار نور بازتاب شده ناشی از وجود پدیده فلورسنت تا مرحله ای با افزایش غلظت ماده فلورسنت افزایش و پس از ان کاهش می یابد.در تحقیق فعلی وقوع این پدیده در مخلوط الیاف از قبل رنگشده با این مواد بررسی و با فراهم نمودن نمونه های مشابهی که با مقدار یکسانی از این مواد در هنگام رنگرزی مخلوط گردیده بودند، اختلاف بین نمونه های مشابه بررسی گردید.نتایج غالبا متفاوتی از حیث مقدار خاموش شوندگی در دو دسته ذکر شده مشاهده گردید.در برخی از نمونه های مخلوط الیاف از قبل رنگشده، ارتفاع پیک صدور فلورسنت بالاتر بود در حالیکه در اکثر نمونه ها، این ارتفاع برای مخلوط مواد رنگزا بیشتر بود، ضمن انکه در بعضی نمونه های نظیر در دو دسته تشابه بسیار زیادی در منحنی های مربوط به فاکتور تشعشعات کلی مشاهده گردید.همچنین خلوص و زاویه فام تمامی نمونه ها در زیر استاندارد نوری D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه تعیین گردید و مشاهده شد که نمونه های مخلوط شده به شکل الیاف از قبل رنگرزی شده غالبا از مقدار خلوص کمتری نسبت به نمونه های نظیر در دسته دیگر برخوردار بودند.زاویه فام نمونه های تهیه شده نظیر در دو سری متفاوت بودو هیچ نظم خاصی دز این خصوص بر روی نتایج حاصله مشاهده نگردید.همچنین مقایسه مقدار روشنائی نشان دادکه نمونه های حاصله از مخلوط الیاف از قبل رنگشده از مقدار روشنائی بیشتری نسبت به نمونه های بدست امده از مخلوط مواد رنگزا برخوردار بودند.

در دنباله کار پژوهشی انجام شده، رنگ همانندی مخلوط الیاف از قبل رنگشده با مواد رنگزای فلورسنت و سفید کننده نوری صورت گرفت.رنگ همانندی مواد رنگزای فلورسنت بدلیل عدم تبعیت رنگها از نظریه رایج کیوبلکا مانک به سادگی میسر نیست و این مشکل در صورت اختلاط الیاف از قبل رنگشده مضاعف میگردد.در این پروژه از شبکه های عصبی برای پیشگوئی رنگ اینگونه مخلوط ها استفاده گردید.دو سری شبکه عصبی با معماری متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند به نحویکه در یکی از انها ورودیهای شبکه،مقادیر فاکتور انعکاس کلی نمونه ها و خروجی ان مقادیر درصد اجزا مخلوط ها بودند.در شبکه دیگر، ورودی ها مقادیر محرکه های سه گانه در فضا رنگ $CIEL^*a^*b^*$ بوده و خروجی ها مشابه شبکه قبل، درصد حضور اجزا موجود در مخلوط ها بودند.شبکه های مزبور با نمونه های تهیه شده، اموزش داده شدند و از انها در پیشگوئی درصد حضور هر لیف رنگین در مخلوط های متفاوت استفاده گردید.روشهای مختلفی جهت تسریع در سرعت اموزش و تقلیل مقدار خطا مورد بررسی قرار گرفتند.نتایج حاصله نشان داد که:

- استفاده از مقادیر انعکاس کلی نمونه ها بعنوان ورودی های شبکه، مناسبتر از روش اموزش با استفاده از مقادیر محرکه های سه گانه بوده است.
- انتخاب وفقی الگوها با توجه به موقعیت قرار گیری انها در فضارنگ $L^*a^*b^*$ علاوه بر کاهش مقدار خطا برای برخی از نمونه ها از تعداد تکرارها نیز به نحو محسوسی کاسته شده است.
- عبور مقادیر خروجی از توابع خطی (نرمالیز کردن غلظتها) نتایج مناسبتری را نسبت به حالتی که از غلظتهای اولیه استفاده میگردد، بدست میدهد.

فصل اول
مقدمه

۱-۱ هدف از انجام پروژه واهمیت ان

در سالهای اخیر استفاده از رنگهای فلورسنت بسیار معمول شده است.به عنوان مثال استفاده از این رنگها در مداد های شمعی،رنگهای پوشاننده سطوح،اسباب بازیها،وسایل هشدار دهنده،پوسترهای تبلیغاتی ومقاصد نظامی بسیار متداول گردیده است[۵-۱].در نساجی نیز رنگرز ها از رنگ فلورسنت جهت ایجاد رنگهای فوق العاده درخشان استفاده می نمایند [٦].از طرف دیگر رنگ همانندی رنگزاهای فلورسنت از قوانین عادی رنگ همانندی پیروی نمی نمایدومشکلاتی را در پیشگوئی و رنگ همانندی ایجاد می کنند که علت اصلی ان رفتار ویژه نوری این رنگها وارتباط نور بازتاب شده به شدت و طول موج پرتوهای تابیده به جسم و غلظت ماده رنگزای فلورسنت می باشد [۱۳-٦و٤].به همین دلیل انجام رنگ همانندی در این رنگها جهت رسیدن به فام مطلوب معمولا با انجام ازمون حدس و خطای مکرر و در نتیجه صرف هزینه سنگین صورت می پذیرد.یکی از مسائل مهمی که در هنگام کار با رنگزاهای فلورسنت می باید به ان توجه نمود،پدیده خاموش شوندگی [1] رنگهای فلورسنت می باشد.به عبارت دیگر در هنگام کار با این مواد با پدیده کاهش و یا ضعیف شدن فلورسنس مواجه می شویم [۱۰و۷].در انجام عملیات رنگرزی وقوع پدیده خاموش شوندگی باعث کاهش مقدار فلورسنس محصول در صورت افزایش غلظت ماده رنگزا از یک حد بخصوص خواهد شد که این مساله با هدف استفاده از رنگزا های فلورسنت که افزایش انعکاس در طول موج های خاص است در تضاد می باشد.

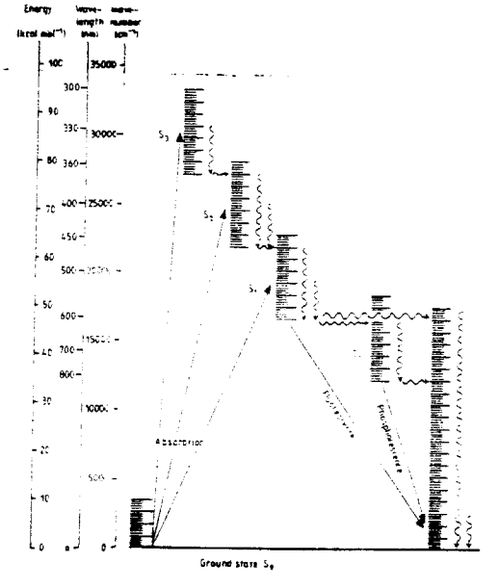
---

[1] quenching effect

از طرف دیگر اختلاط الیاف در صنعت نساجی به دلایل چندی حائز اهمیت می باشد[۱٤]اما اختلاط الیاف از قبل رنگرزی شده با رنگزا های فلورسنت و رفتار نوری انها کمتر مورد توجه قرار گرفته است.در این پروژه با توجه به نکات فوق الذکر،وقوع پدیده خاموش شوندگی در مخلوط الیاف از قبل رنگرزی شده با مواد رنگزای فلورسنت بررسی گردیده ونتایج حاصله با الیافی که در حمامی حاوی مخلوط مواد رنگزا ،به همان مقدار،رنگرزی شده اند،مقایسه گردیده است.همچنین با توجه به فقدان تئوری های کاربردی ساده در رنگ همانندی مواد رنگزای فلورسنت،امکان رنگ همانندی نمونه های فلورسنس با استفاده از شبکه های عصبی در مخلوط اینگونه الیاف نیز مورد بررسی قرار گرفته وشبکه های مناسب در این زمینه طراحی گردیده است.

۱-۲ فلورسنس

فلورسنس یک شکل از فتولمینسنس[1] است که در تعریف به شکل نور منتشرشده در هنگام جذب تشعشعات ماورابنفش یا مرئی توسط یک ماده تعریف گردیده است.نور منتشر شده معمولا از طول موج هائی تشکیل شده است که بلند تر از طول موج تحریک فلورسنت می باشد[٤].به عبارت دیگر بر طبق قانونی که به صورت تجربی توسط استوک ارائه شده است،طول موج بازتاب فلورسنس همیشه بزرگتر(یا در شرایط محدودی برابر با)از طول موج نور تحریک کننده فلورسنس است.در شرایط معمول محدوده این مقدار انتقال کوچک می باشداگرچه در صورت وقوع پدیده جذب در ناحیه ماورابنفش بازتاب فلورسنس در ناحیه مرئی طیف نتیجه میشود[۲].پدیده فلورسنس به اسانی با استفاده از دیاگرام سطوح انرژی ،شکل (۱-۱)، قابل توضیح می باشد[۹].



شکل شماره(۱-۱) :دیاگرام سطوح انرژی (اقتباس از مرجع شماره ۷٦)

[1] photoluminescence

این نمودار سطوح انرژی الکتریکی ($s_0, s_1, ...$)و سطوح انرژی ارتعاشی یک مولکول را نشان می دهد .هنگامی که یک مولکول که در پائین ترین سطح انرژی یا حالت پایه(s_0)قرار دارد،فتون های نور تابیده شده را جذب نماید،میتواندیک الکترون را به تعدادی سطوح ارتعاشی در حالت انرژی بالاترsinglet (s_1)منتقل نماید.مقیاس زمانی برای جذب در حدود 10^{-5}ثانیه می باشد.در واقع فلورسنس به معنای صدور یک فتون از حالت بر انگیخته الکترونی s_1به دنبال ان،بازگشت مولکول به حالت پایه s_0 می باشد.صدور معمولا از پائین ترین سطح ارتعاشی از s_1 پس از یک تبدیل سریع داخلی صورت میگیرد.نتیجه این میگردد که صدور فلورسنت در یک طول موج بالاتر نسبت به طول موج جذب اتفاق می افتد[۹].مدت زمانی که یک مولکول در حالت برانگیخته،قبل از صدور فتون،باقی می ماند بسیار کوتاه ودر حدود 10^{-8} ثانیه و یا حتی کمتر می باشد.به این دلیل صدور فلورسنت تنها در زمانی که جسم در معرض تابش قرار دارد قابل مشاهده است[۹و٤].در واقع زمان باقی ماندن در حالت بر انگیخته، تفاوت میان فلورسنس و فسفرسنس را روشن می نماید.این زمان برای مواد فسفرسنت میتواند در حد دقیقه باشد.به همین دلیل مواد فسفرسنت به صدور فتون ها حتی پس از طی زمانی طولانی از قطع منبع نورانی ادامه میدهند.علت درخشش مواد فسفرسنت در تاریکی از همین پدیده ناشی میشود در حالیکه چنین پدیده ای برای مواد فلورسنس اتفاق نمی افتد[۲و۹].

۱-۲-۱ مواد فلورسنت و کاربردهای ان

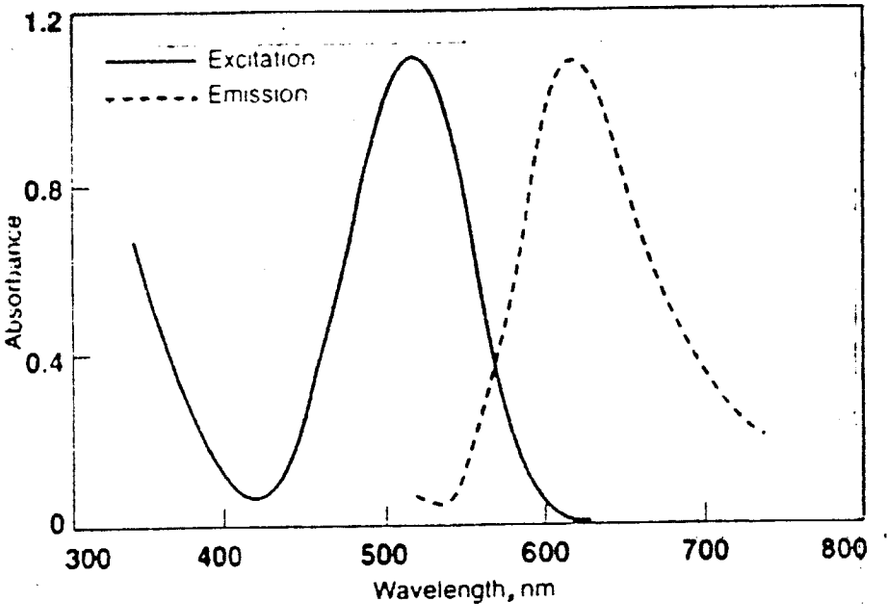
اجسامی که توانائی جذب نور در طول موج های کوتاهتر وانتشار ان در طول موج های بلندتر را دارند،به علت رنگ ودرخشندگی استثنائی خود ،ظاهری غیر معمول را پدید می اورند.اینگونه مواد و یا پیگمنت هائی که جهت سفید نمودن نوری و رنگ نمودن کالاها مورد استفاده قرار می گیردفلورسنت نامیده شده است[۵].دو دسته اصلی در بین مواد فلورسنت که در مقیاس وسیع مورد استفاده قرار می گیرند وجود دارند.دسته اول موادی هستند که به عنوان مواد سفید کننده نوری[1](FWAs)شناخته میشوندو دسته دوم موادی هستند که در انها از رنگها یا پیگمنت های رنگی فلورسنت استفاده شده است.مواد سفید کننده فلورسنت از نظر تجاری حائز اهمیت می باشندو در صنایع صابون و دترجنت سازی، در تولید کاغذ های سفید،منسوجات،پلاستیک ها و رنگهای پوشاننده سطوح کاربرد دارند[٤].اگرچه رنگهای فلورسنت از مدتها قبل شناخته شده بودند اما استفاده از مقدار کمی از انها در پوسترهاو تابلو های تبلیغاتی،در دهه های چهل وپنجاه میلادی بسیار مورد توجه قرار گرفت.علت اصلی استقبال از این رنگها درخشندگی بسیار زیاد این رنگها در مقایسه با رنگهای معمول بود[٤و۲].ازرنگهای فلورسنت که معمولا در فامهای زرد ته سبز، نارنجی

[1] fluorescent whitening agents

وقرمز مورد استفاده قرار می گیرند در تولید لباسهای ایمنی و حفاظتی همـانند لبـاس موتـور سـوارها وپلیـس استفاده می شود.این اجسام از قابلیت دید بالائی برخوردارندو در مواردی که احتمال خطربه دلیل عدم رویت جسم وجود دارد مورد استفاده قرار می گیرند[٤].همچنین از این رنگـها در تولیـد منسـوجات زنانـه،لباسـهای ورزشی ونمایشی ونیز در مقاصد نظامی ودر امور مربوط به راهنمائی ورانندگی استفاده میشود[٥-١].علاوه بر موارد استفاده فوق،رنگهای انتخابی فلورسنت در مخلوط با سایر رنگـهای غـیر فلورسـنت،در صنـایع نسـاجی جهت ایجاد پدیده های رنگی ویژه مورد استفاده قرار می گیرند.اگرچه میزان فلورسنس منتج در ایـن حـالت پائین می باشد،اما لزوما مقدار ان ناچیز نمی باشد[٤].

۱-۲-۲ خصوصیات طیفی رنگهای فلورسنت

منحنـی طیفـی تـهییج ـ صـدور در شـکل (۱-۲) بـرای یـک مـاده رنگـزای فلورسـنت نشـان داده شـده است[۱۰].نوارهای پهن تهییج و صدور همراه با تصویر اینه ای متقارن تهییج و صدور[۱۵و۹] از مشخصه هـای مواد فلورسنت می باشد.اثر تصویر ائینه ای به این دلیل اتفاق می افتد که انتقالهای الکترونی مشابه در جذب و صدور اتفاق می افتد .نوارهای پهن طیفی نیز از تعدد سطوح ارتعاشی در حالت پایـه و در حـالت بـر انگیختـه مولکول،ناشی می شوند[۹].رنگهای فلورسنت خواص غیر معمول بصری خود را مدیون توانائی جذب انرژی تابشی بالاتر (طول موج کوتاه)و سپس صدور مجدد انرژی در طول موج هـای بـالاتر(انـرژی پـائین تـر) مـی باشند [۹و٥].

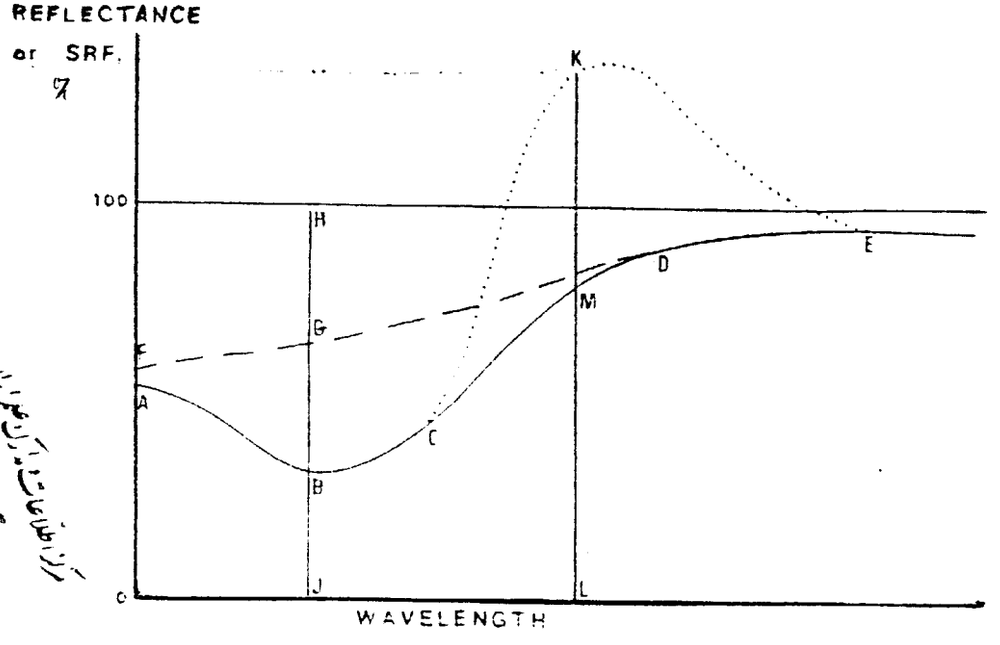


شکل شماره (۱-۲): منحنی طیفی تهییج-صدور برای یک ماده رنگزای فلورسنت[۱۰]

در واقع رنگهای فلورسنت مشابه هر رنگ معمولی،بخشی از نور مرئی را به طور معمول جذب می کنند ولی انچه که باعث درخشندگی فوق العاده انان میگردد،بازتاب دوباره بخشی از امواج جذب کرده در طول موج های بلندتر است .محدوده جذب این رنگها می تواند به نواحی غیر مرئی طیف نیزتعمیم یابد[۱۰و۱].به بیان دیگر میتوان گفت که رنگهای فلورسنت در طول موجهای بازتاب فلورسنتی همانند یک منبع نوری عمل کرده وانرژی کسب کرده در طول موجهای پائین را ذخیره نموده وبلافاصله ان را در طول موجهای بالاتر پس می دهند[۲].

۱-۲-۳ ماهیت اجسام فلورسنت

هنگامیکه نور در طول موجی در ناحیه مرئی طیف به یک نمونه غیر فلورسنت که پشت پوش است (همانند نمونه های معمول نساجی)برخورد نماید،بخشی از ان جذب می شود وبقیه ان منعکس می گردد.انرژی تابشی جذب شده به صورت گرما پراکنده می شود.نورجذب و یا منعکس شده رنگ نمونه را مشخص می نماید و به وسیله اسپکتروفتومتر به شکل منحنی که درصد نور منعکس شده در محور عمودی وطول موج درمحور افقی ان قراردارد نشان داده می شود.شکل (۱-۳)یک چنین منحنی را نشان میدهد.



شکل شماره(۱-۳) :منحنی های ایده ال انعکاس و فاکتور صدور فلورسنتی[٦]

منحنیABCMDE میتواند به عنوان انعکاس یک نمونه رنگرزی شده با یک رنگ قرمز غیر فلورسنت در نظر گرفته شود.در این شکل مشاهده میشود که نور بیشتری در سمت راست طیف (قسمت قرمز) نسبت به سمت چپ ان (قسمت ابی) منعکس شده است.منحنیFGDE که بخشی از ان به صورت نقطه چین و بخش دیگر

به صورت خط پر نمایش داده شده است،انعکاس نمونه را قبل از رنگزی با رنگ قرمز نشان می دهد.در صورتی که طول موجی که توسط خط JBGH نشان داده شده است در نظر گرفته شود،بخش JB نشان دهنده ان جز از نور است که در ان طول موج انعکاس نمونه رنگزی شده اتفاق افتاده و بخش BH نشان دهنده کسری از نور جذب شده توسط نمونه رنگزی شده است. به طور مشابه،بخشJG ، بیانگر بخشی از نور منعکس شده از زمینه قبل از رنگزی است و بخش GH بخش جذب شده توسط زمینه قبل از رنگزی میباشد. بنا براین خط BG نشانگر انرژی جذب شده توسط نمونه است که در صورت عدم حضور رنگ جذب نمی گردید.اگر کل طیف در نظر گرفته شود مشاهده میگردد که ناحیه FGDMCBA سمبل انرژی تشعشعی جذب شده توسط مولکول های رنگ حاضر در نمونه است.از ان جائی که نمونه غیر فلورسنت می باشد، این انرژی جذب شده به گرما تبدیل میشود[٦].

در صورتی که نمونه فلورسنت باشد،در هر صورت،موقعیت پیچیده تری اتفاق می افتد.برخی از انرژی های جذب شده به نور تبدیل میشود،که طول موج ان با طول موج نور تابیده شده به نمونه متفاوت است.به عنوان مثال فرض می گردد که شکل (۱-۳) مربوط به یک نمونه فلورسنت باشد.همه چیز درست به همان صورتی که برای نمونه غیر فلورسنت شرح داده شد،در اینجا هم اتفاق می افتد با این تفاوت که اکنون نور جذب شده توسط رنگ در طول موج ارائه شده توسط خط عمودی JBGH در طول موج های بالاتر تابیده خواهد شد.همین مساله برای نور جذب شده توسط رنگ فلورسنت در طول موج های دیگر هم صادق است که توسط ناحیهFGDMCBA نشان داده شده است.منحنی نقطه چین CKE سهم افزایشی نور فلورسنت در مقایسه با نور منعکس شده از نمونه را نشان می دهد.از ان جاییکه منحنی ABCMDE بیانگر نور منعکس شده است،ناحیهCKEDMC معرف انرژی فلورسنت می باشد.بنابر این جذب در ناحیه FGDMCBA باعث ایجاد فلورسنس در ناحیهCKEDMC شده است[٦].

۱-۲-٤ فاکتور تشعشعات کلی[1] (TRF) نمونه فلورسنت

برخلاف رنگهای عادی نور بازتابی توسط یک رنگ فلورسنت که فاکتور تشعشعات کلی و یا فاکتور تشعشعات طیفی[2] نامیده میشود،شامل دو جز است که این دو جز عبارتند از :

الف- فاکتور انعکاس طیفی که همانند رنگزاهای غیرفلورسنت مستقل از منبع نوری است،

ب- فاکتور صدور فلورسنتی که وابسته به شدت تشعشعات منبع نوری و راندمان کوانتومی ماده رنگزا میباشد [۱۷-۱٦و۱].

---

[1] total radiance factor

[2] spectral radiance factor