

سلام الافضل

برستان



تأییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهایی پایان نامه خانم/ آقای الهام رحمانیان رشته : فیزیک اتمی و مولکولی تحت عنوان:
« : کاربرد طیفسنجی رامان و SERS در مطالعه ی مرکب های نسخ خطی » را از نظر فرم و محتوا بررسی
نموده و آن را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد و برگزاری جلسه دفاعیه در تاریخ ۹۱ / ۴ / ۷ مورد تأیید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر رسول ملک فر	دانشیار	
۲- استاد ناظر داخلی	دکتر احمد یزدانی	دانشیار	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر شاهرخ پرویزی	استادیار	
۴- استاد ناظر خارجی	دکتر پرویز پروین	استاد	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر شاهرخ پرویزی	استادیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب الهام رحمانیان دانشجوی رشته فیزیک ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۸ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده علوم پایه متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:

تاریخ:

۹۳،۲،۲

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته فیزیک است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر رسول ملک فر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

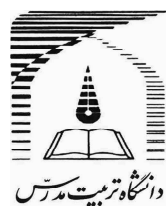
ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب الهام رحمانیان دانشجوی رشته فیزیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: الهام رحمانیان

تاریخ و امضا:

۹۲،۲،۲



دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
فیزیک (اتمی-مولکولی)

کاربرد طیف سنجی لیزری رامان و SERS در مطالعه مرکب‌های نسخ خطی

نگارش:

الهام رحمانیان

استاد راهنما:

دکتر رسول ملک فر

تیرماه ۹۱

تقدیم به

عزیزترین‌های زندگی‌ام، پدر و مادر مهربانم

تشکر و قدردانی

سپاس خداوندی که آفرید هستی را، تا انسان بیاندیشد و سپاس از تمامی کسانی که در مسیر اندیشیدن روشنای راهم بوده‌اند.

مراتب قدردانی خود را از جناب آقای دکتر رسول ملک فر که در مقام استاد راهنما از هیچ کمک و کوششی دریغ نکرده‌اند، ابراز می‌نمایم.

از پدر و مادر عزیز و دوستان مهربانم که با محبت وصف نشدنی‌شان، همراه همیشگی‌ام بوده‌اند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

طیف سنجی رامان ارتقا یافته سطحی (SERS) یک روش طیف سنجی رامان است که سیگنال رامان ارتقا یافته بزرگی را برای مولکول‌های هدفی که بر روی سطوح فلزی معین جذب سطحی شده‌اند، به دست می‌دهد.

در این پژوهش ابتدا دو زیرلایه مختلف SERS ساخته و مشخصه‌یابی شدند. زیرلایه‌های ساخته شده عبارتند از:

(۱) نانو ذرات نقره کلوئیدی ساخته شده به روش لی و میسل،

(۲) نانو ذرات نقره کلوئیدی ساخته شده به روش کریتون اصلاح شده.

برای مشخصه‌یابی نانو ذرات کلوئیدی از طیف سنجی UV/Vis و پراکندگی پویای نور (DLS) استفاده شد. طیف SERS محلول مرکب سیاه جهت بررسی امکان کاربرد این روش در شناسایی مرکب‌ها ثبت گردید و نقش بار سطحی نانوذرات در نتایج SERS در محلول‌های کلوئیدی مورد آزمایش قرار گرفت. سپس مرکب‌های سه نسخه‌ی خطی قرآنی متعلق به دوران صفویه و قاجار که با نام‌های Safavid1، Safavid2 و Qajar در متن مشخص شده‌اند با استفاده از روش SERS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مرکب‌های سیاه نسخه‌ی Safavid1، دارای پایه کربنی بوده و Ivory black و Lamp black تشخیص داده شدند. مرکب قرمز این نسخه با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عنصری SEM-EDX، که به عنوان روش تکمیلی در شناسایی مرکب‌ها به کار رفته است، مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که از شنگرف (سولفید جیوه) ساخته شده است. مرکب‌های سیاه نسخه‌های Safavid2 و Qajar هر دو Carbon black تشخیص داده شدند.

برای تعیین ترکیب‌های به کار رفته در کاغذ نسخه‌ها، طیف سنجی ATR-FTIR مورد استفاده قرار گرفت و در مورد هر سه نسخه‌ی مذکور، مدهای جذبی مربوط به ناحیه اثر انگشتی سلولز مشاهده شد.

کلمات کلیدی: نانو ذرات کلوئیدی، پراکندگی رامان ارتقا یافته سطحی، مرکب، پراکندگی پویای نور، طیف

سنجی ATR-FTIR.

فهرست مطالب

فصل اول: نسخه های خطی و مشخصه یابی آن ها	۱۴
۱-۱- مقدمه	۱۵
۲-۱- مشخصه یابی نسخه های خطی	۱۸
۱-۲-۱- کاغذ	۱۸
۲-۲-۱- مرکب های سیاه	۲۷
فصل دوم: طیف سنجی رامان ارتقا یافته سطحی (SERS)	۳۲
۱-۲- پراکندگی رامان	۳۳
۱-۱-۲- الگوی کلاسیکی پراکندگی رامان	۳۴
۲-۱-۲- توصیف کوانتومی پراکندگی رامان	۳۷
۲-۲- طیف سنجی رامان ارتقا یافته سطحی (SERS)	۳۹
۱-۲-۲- نظریه های SERS	۴۲
۲-۲-۲- اثر الکترومغناطیسی	۴۳
۱-۲-۲-۲- الگوی تک کره-تک مولکول	۴۴
۲-۲-۲-۲- قطبش کره	۴۵
۳-۲-۲-۲- قطبش مولکول	۴۶
۴-۲-۲-۲- قطبش سامانه کره-مولکول	۴۷
۳-۲-۲- عامل شکل و انبوهش	۴۹
۴-۲-۲- اثر شیمیایی	۵۱
۱-۴-۲-۲- ارتقا شیمیایی غیر تشدیدي	۵۲
۲-۴-۲-۲- ارتقا شیمیایی تشدیدي	۵۲
۵-۲-۲- قوانین انتخاب	۵۴
۶-۲-۲- جمع بندی	۵۵
فصل سوم: روش های ساخت و مشخصه یابی زیرلایه های فعال SERS	۵۸
۱-۳- روش های ساخت نانوذرات	۵۹
۲-۳- روش های ساخت زیرلایه های فعال SERS	۶۰
۱-۲-۳- تهیه کلویید نقره به روش لی و میسل	۶۰
۲-۲-۳- تهیه کلوئید نقره به روش کریتون اصلاح شده	۶۱

۶۲	۳-۳- روش‌های مشخصه یابی
۶۲	۳-۳-۱- طیف سنجی لیزری پراکندگی رامان
۶۴	۳-۳-۲- طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز مجهز به بازتابش کلی داخلی تضعیف شده (ATR-FTIR)
۶۸	۳-۳-۳- طیف سنجی جذبی UV/Vis
۷۱	۳-۳-۵- پراکندگی پویای نور (DLS)
۷۵	فصل چهارم: نتایج مشخصه یابی و تجزیه و تحلیل نمونه ها
۷۶	۴-۱- نتایج طیف جذبی UV/Vis
۷۷	۴-۲- نتایج پراکندگی پویای نور
۸۰	۴-۳- نتایج SERS محلول مرکب سیاه
۸۵	۴-۴- بررسی اثر pH محلول کلوئیدی بر شدت سیگنال رامان
۸۹	۴-۵- نتایج مشخصه یابی مرکب بهای نسخه ی قرآنی دوره صفویه (Safavid1)
۸۹	۴-۵-۱- نتایج SERS
۹۴	۴-۵-۲- نتایج تجزیه و تحلیل SEM-EDX
۹۵	۴-۶- نتایج مشخصه یابی مرکب سیاه نسخه ی قرآنی دوران صفویه (Safavid2)
۹۵	۴-۶-۱- نتایج SERS
۹۷	۴-۶-۲- نتایج تجزیه و تحلیل SEM-EDX
۹۸	۴-۷- نتایج مشخصه یابی مرکب سیاه نسخه ی قرآنی دوران قاجار (Qajar)
۹۸	۴-۷-۱- نتایج SERS
۱۰۰	۴-۷-۲- نتایج تجزیه و تحلیل SEM-EDX
۱۰۱	۴-۸- نتایج ATR-FTIR
۱۰۵	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۱۰۶	۵-۱- نتیجه گیری
۱۰۸	۵-۲- پیشنهادها

فهرست جدول‌ها

فصل چهارم

۸۴

جدول ۴-۱: فاکتور ارتقا سیگنال رامان برای دو زیرلایه ساخته‌شده

۸۸

جدول ۴-۲: تغییرات شدت قله 1580cm^{-1} برحسب تغییرات pH

فهرست شکل‌ها

فصل اول

- شکل ۱-۱: ساختمان مولکولی سلولز ۲۳
- شکل ۲-۱: تصویر SEM فیبرهای سلولزی ۲۳
- شکل ۳-۱: ساختمان مولکولی همی سلولز ۲۴
- شکل ۴-۱: ساختار پلیمری لیگنین ۲۵
- شکل ۵-۱: بلورهای صمغ عربی ۲۹
- شکل ۶-۱: زاج سفید ۳۰
- شکل ۷-۱: مازوهای ایجاد شده بر روی درخت بلوط ۳۰
- شکل ۸-۱: ساختمان مولکولی تانیک اسید ۳۱

فصل دوم

- شکل ۱-۲: انواع پراکندگی: الف) پراکندگی رایلی ب) پراکندگی استوکس پ) پراکندگی پاداستوکس ۳۴
- شکل ۲-۲: پراکندگی رامان تشدید ۴۰
- شکل ۳-۲: زیر لایه‌های جامد پوشیده شده با نانو ساختارهای فلزی ۴۲
- شکل ۴-۲: مقایسه الف) پراکندگی رامان معمولی و ب) پراکندگی رامان ارتقا یافته سطحی ۴۴
- شکل ۵-۲: طرحواره الف) یک مولکول در فاصله d از نانوکره فلزی و ب) مولکولی که به صورت شیمیایی جذب نانوکره فلزی شده است. ۴۵
- شکل ۶-۲: خطوط میدان جایگزیده در اطراف نانوذرات با شکل‌های مختلف ۴۹
- شکل ۷-۲: خطوط میدان جایگزیده در اطراف دوتایی‌های نانوذرات نقره ۵۰
- شکل ۸-۲: خطوط میدان جایگزیده در اطراف یک دوتایی نانوذرات نقره و چیدمانی از آن‌ها ۵۰
- شکل ۹-۲: فرایند انتقال بار ۵۳

فصل سوم

- شکل ۱-۳: نحوه عملکرد دو روش بالا به پایین و پایین به بالا ۵۹
- شکل ۲-۳: محلول کلئید نقره سیتراتی ۶۱
- شکل ۳-۳: کلئید نقره بوروهیدراتی در حالت معمولی و تیره شده ۶۲
- شکل ۴-۳: دستگاه طیف سنج رامان ۶۴
- شکل ۵-۳: پدیده بازتابش کلی داخلی ۶۵
- شکل ۶-۳: دستگاه طیف سنج FTIR ۶۷
- شکل ۷-۳: طرحی از دو تراز انرژی الکترونی و ترازهای ارتعاشی و چرخشی آن ۶۹
- شکل ۸-۳: دستگاه طیف سنجی UV/Vis ۶۹
- شکل ۹-۳: میکروسکوپ الکترونی روبشی ۷۱
- شکل ۱۰-۳: موقعیت ذرات نسبت به یکدیگر در زمان‌های مختلف ۷۳
- شکل ۱۱-۳: دستگاه Zetasizer Nano-ZS ۷۴

فصل چهارم

- شکل ۴-۱: طیف جذبی UV/Vis دو کلوئید نقره سیتراتی و بوروهیدراتی ۷۷
- شکل ۴-۲: توزیع اندازه ذرات کلوئید سیتراتی ۷۸
- شکل ۴-۳: شدت پراکندگی نور بر حسب اندازه ذرات (کلوئید سیتراتی) ۷۸
- شکل ۴-۴: توزیع اندازه ذرات کلوئید بوروهیدراتی ۷۹
- شکل ۴-۵: شدت پراکندگی نور بر حسب اندازه ذرات (کلوئید بوروهیدراتی) ۷۹
- شکل ۴-۶: طیف SERS محلول مرکب با کلوئید نقره سیتراتی در نسبت‌های مختلف ۸۲
- شکل ۴-۷: مقایسه طیف رامان محلول مرکب و طیف ارتقا یافته آن با استفاده از کلوئید نقره سیتراتی ۸۳
- شکل ۴-۸: تصویر شماتیک لایه دوگانه الکتريکی ۸۶
- شکل ۴-۹: طیف جذبی UV-Vis کلویید نقره سیتراتی برای چندین pH مختلف ۸۷
- شکل ۴-۱۰: طیف های SERS محلول مرکب در کلوئید نقره سیتراتی با چندین pH مختلف ۸۸
- شکل ۴-۱۱: نقاط تجزیه و تحلیل شده با طیف سنجی SERS بر روی نسخه‌ی قرآنی دوره صفویه (Safavid1) ۸۹
- شکل ۴-۱۲: طیف SERS مرکب سیاه اصلی نسخه‌ی Safavid1 با استفاده از کلوئید نقره‌ی سیتراتی ۸۹
- شکل ۴-۱۳: مقایسه طیف رامان مرکب سیاه اصلی نسخه‌ی Safavid1 و طیف ارتقا یافته‌ی آن با کلوئید نقره‌ی سیتراتی ۹۱
- شکل ۴-۱۴: طیف SERS مرکب مرمت شده‌ی نسخه‌ی Safavid1 با کلوئید نقره سیتراتی ۹۲
- شکل ۴-۱۵: مقایسه‌ی الف) طیف رامان مرکب سیاه اصلی نسخه‌ی Safavid1 با ب) طیف ارتقا یافته‌ی آن توسط کلوئید سیتراتی و پ) طیف ارتقا یافته‌ی آن توسط کلوئید بوروهیدراتی ۹۳
- شکل ۴-۱۶: نمودار تجزیه و تحلیل EDX مرکب سیاه اصلی نسخه‌ی Safavid1 ۹۴
- شکل ۴-۱۷: نمودار تجزیه و تحلیل EDX مرکب قرمز نسخه‌ی Safavid1 ۹۵
- شکل ۴-۱۸: نقاط تجزیه و تحلیل شده با طیف سنجی SERS بر روی نسخه‌ی قرآنی دوره صفویه (Safavid2) ۹۶
- شکل ۴-۱۹: مقایسه‌ی الف) طیف رامان مرکب سیاه نسخه Safavid2 و ب) طیف ارتقا یافته‌ی آن با کلوئید نقره-ی سیتراتی و پ) طیف ارتقا یافته‌ی آن با کلوئید بوروهیدراتی ۹۷
- شکل ۴-۲۰: نمودار تجزیه و تحلیل EDX مرکب سیاه نسخه‌ی Safavid2 ۹۸
- شکل ۴-۲۱: نقاط تجزیه و تحلیل شده با طیف سنجی SERS بر روی نسخه‌ی قرآنی دوره قاجار (Qajar) ۹۹
- شکل ۴-۲۲: مقایسه‌ی الف) طیف رامان مرکب سیاه نسخه‌ی Qajar و ب) طیف ارتقا یافته‌ی آن با کلوئید نقره‌ی سیتراتی و پ) طیف ارتقا یافته‌ی آن با کلوئید بوروهیدراتی ۱۰۰
- شکل ۴-۲۳: نمودار تجزیه و تحلیل EDX مرکب سیاه نسخه‌ی Qajar ۱۰۱
- شکل ۴-۲۴: طیف ATR-FTIR کاغذ نسخه‌ی Safavid1 ۱۰۲
- شکل ۴-۲۵: طیف ATR-FTIR کاغذ نسخه‌ی Safavid2 ۱۰۳
- شکل ۴-۲۶: طیف ATR-FTIR کاغذ نسخه‌ی Qajar ۱۰۳

فصل اول

نسخه های خطی و مشخصه یابی آن ها

۱-۱- مقدمه

نسخه‌های خطی و متون کهن، شناسنامه‌ی فرهنگی و ملی هر کشوری است. نسخه‌های ایرانی-اسلامی، اعم از فارسی یا عربی، دستاورد علمی دانشمندان ایرانی و آثار فرهنگی و تمدنی اسلام و ایران به شمار می‌روند. از این رو، پژوهش و تحقیق در این زمینه، جهت حفظ اعتبار و سندیت آثار کهن بسیار ضروری است و می‌توان گفت، توجه به نسخه‌های خطی، توجه به هویت ایرانی است.

واژه‌ی manuscript، به معنی کتابی که با دست نوشته شده است، اول بار در سال ۱۰۰۳ق/۱۵۹۴م، در زبان فرانسوی ظاهر شده است و همین تاریخ نشان می‌دهد که ابداع صنعت چاپ، تا اندازه‌ای سبب پدید آمدن آن است. به این علت که از آن تاریخ به بعد کتاب‌هایی پیدا شدند که دیگر با دست نوشته نشده بودند، و از آن جایی که شیوه‌ی سنتی تولید کتاب، اندک اندک در برابر رقیبی جدی از میان می‌رفت، این کلمه‌ی تازه، وارد زبان شد.

نسخه‌شناسی^۱، منحصرًا به کتاب‌هایی محدود می‌شود که در طی قرون با دست نوشته شده‌اند. در این رشته از دانش، نخست باید تا جایی که ممکن است به دقت و ظرافت مجموع فنونی را که برای پدید آمدن نسخه‌ی خطی به کار رفته‌اند، شناسایی و تجزیه و تحلیل کردند. در این زمینه، دستاورد روش‌های آزمایشگاهی امکان می‌دهد تا به سؤال‌هایی که تشریح‌قادر به حل آن‌ها نیست، پاسخ داده شود [۱].

نسخه‌های خطی علاوه بر دارا بودن ارزش فرهنگی، تاریخی و هنری، از نظر فنون و روش‌های به کار رفته در ساخت مرکب و رنگدانه‌های مورد استفاده در تزئین، جدول‌کشی و طلاکاری نیز حائز اهمیت هستند. متأسفانه در منابع موجود به ندرت به بحث مواد و مصالح به کار رفته در نسخه‌ها، چگونگی فرآوری و ترکیب آن‌ها پرداخته شده است. در حقیقت تاریخ فرآوری نسخه‌های خطی تاکنون تدوین نشده است. از سوی دیگر، از آن جایی که اطلاع از عناصر و مواد تشکیل‌دهنده‌ی کاغذ، مرکب و رنگدانه‌های به کار رفته در آن‌ها جهت اتخاذ تصمیم‌های حفاظتی و مرمتی و استفاده از مواد سازگار با نسخه‌ی خطی در هنگام مرمت آن

۱ . Codicology

ضروری است، بر این اساس استفاده از روش‌های تجزیه عنصری و ترکیبی برای شناخت این مواد و روش‌های تهیه آن‌ها دارای اهمیت است.

از این رو می‌توان گفت یکی از مهم‌ترین مسائلی که در این راستا مورد توجه نسخه‌شناسان است، پی بردن به ترکیب موادی است که در ساختن نسخه به کار رفته است. انواع مرکب، کاغذ و رنگدانه‌ها از جمله مواردی هستند که در شناسایی نسخه بسیار حائز اهمیت‌اند [۲].

متخصصان نسخه‌های خطی از مدتی پیش، برای کمک به کارهای خود متوسل به فنون شیمیایی و فیزیک شده‌اند. در حال حاضر شیوه‌هایی که به کار برده می‌شوند، به سرعت در حال تغییر و تحول هستند. این روش‌ها در شناسایی رنگدانه‌هایی که در نسخه‌های خطی به کار رفته‌اند، پیشرفت‌هایی هم در زمینه‌ی کیفیت، دقت و وضوح نتایج به دست آمده و هم در زمینه‌ی سهولت بسیار در انجام آزمایش داشته‌اند [۳]. در میان روش‌های به کار بسته شده، می‌توان به دو دسته از آن‌ها اشاره کرد:

یک دسته روش‌های تجزیه و تحلیل مقدماتی که رایج‌ترین آن‌ها در حال حاضر بدون تردید، میکروسکوپ الکترونی پیمایشی مجهز به تجزیه و تحلیل شیمیایی پاشندگی انرژی پرتو ایکس^۲ است [۴ و ۵]. دسته‌ی دیگر، روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل ساختاری (تجزیه و تحلیل عناصر ترکیب کننده) هستند که شامل طیف سنجی تبدیل فوریه‌ی مادون قرمز^۳، طیف سنجی رامان^۴ و طیف سنجی رامان ارتقا یافته‌ی سطحی^۵ می‌باشد [۶-۹]. این روش‌ها در سال‌های اخیر به صورت ابزاری کارآمد در مطالعه‌ی نمونه‌های بسیار کوچک به کار گرفته شده‌اند.

با به کار گیری این روش‌ها، اطلاعات دقیق و سودمندی در مورد منشا مواد مصرف شده در نسخه به دست می‌آید. در عین حال هیچ یک از این روش‌ها نمی‌تواند به تنهایی به همه‌ی سئوال‌هایی که ممکن است مطرح شوند، پاسخ گوید [۱۰].

۲ . SEM-EDX

۳ . FTIR spectroscopy

۴ . Raman spectroscopy

۵ . Surface enhanced Raman spectroscopy

به دلیل ارزش نسخه‌های خطی و منحصر به فرد بودن آن‌ها، روش‌هایی بیشتر مدنظر قرار می‌گیرند که بدون نمونه برداری و به صورت غیرتخریبی بتوان از آن‌ها برای بررسی دقیق اثر استفاده کرد. از این رو مهم‌ترین چیزی که در این میان مطرح است، این است که روش‌های شناسایی حتی الامکان غیر مخرب باشند [۱۱]. از این رو نسخه شناسان اخیراً به شیوه‌های غیر مخرب در تجزیه و تحلیل نسخه‌ها روی آورده‌اند، که از این میان روش طیف سنجی رامان به علت اینکه داشتن مقدار بسیار اندکی از نمونه برای شناسایی کفایت می‌کند، بسیار مورد توجه است [۱۲].

طیف سنجی رامان تاریخچه‌ای طولانی در علوم تشخیصی دارد و مدت‌هاست که جهت تعیین و تشخیص ترکیبات شیمیایی خاص در نمونه‌های مورد مطالعه، حداقل به صورت کیفی، به کار می‌رود. از آن‌جا که هیچ دو ماده‌ای طیف ارتعاشی یکسان ندارند، این تکنیک منجر به تمایز موثر مابین گونه‌های مختلف می‌شود. اما کاربرد این شیوه‌ی طیف سنجی در تجزیه و تحلیل رنگدانه‌ها و مرکب‌ها به حدود سال ۱۹۹۹ میلادی برمی‌گردد که نخستین کارها در این زمینه صورت گرفت.

در حالی که این تکنیک برای تجزیه و تحلیل طیف وسیعی از مواد به کار می‌رود، برخی آنالیت‌ها مانند رنگینه‌های طبیعی و مصنوعی یافت شده در پارچه‌ها، مرکب‌ها و نقاشی‌ها، سیگنال رامان ضعیفی دارد که توسط فلورسانس پس زمینه پوشانده و منجر به نتایج تحلیلی ضعیف می‌شود.

طیف سنجی رامان ارتقا یافته‌ی سطحی یک تکنیک جدید و فوق حساس برای تجزیه و تحلیل این‌گونه مواد می‌باشد و می‌تواند موجب توسعه‌ی یک دیتابیس کامل و جامع در مورد رنگدانه‌ها، رنگینه‌ها و مرکب‌ها شود. در واقع می‌توان گفت که SERS بر محدودیت‌های ناشی از ضعف سیگنال رامان که عمدتاً در نتیجه‌ی تداخل تابش فلورسانس می‌باشد، غلبه می‌کند و باعث افزایش چشمگیری در شدت رامان در چند مرتبه‌ی مقداری می‌شود. امروزه SERS در تجزیه و تحلیل اشیای باستانی به طور گسترده‌ای به کار می‌رود و پروتکل‌های تحلیلی و دیتابیس‌های مرجع برای رنگدانه‌های آلی و مرکب‌ها توسعه یافته است.

پیشرفت‌های بسیاری در این زمینه صورت گرفته است، از جمله ابزار جدیدی که برای آزمایش‌های SERS اخیراً در ORNL توسعه پیدا کرده است و به صورت یک پروب برای تجزیه و تحلیل مرکب‌ها به کار می‌رود.

این پروب یک فیبر اپتیکی به شکل مخروطی باریک است که با لایه‌ی نازکی از نانو ذرات نقره پوشانده شده است و اثر SERS را القا می‌کند. نانو پروب مورد نظر در واقع عمل رساندن، جمع کردن نور لیزر و فراهم آوردن یک تقویت SERS را در یک ابزار ترکیب کرده است.

نکته‌ی قابل توجه این است که این پروب می‌تواند برای تجزیه و تحلیل مستقیم نمونه‌ها (حتی نمونه‌های جامد) بدون نیاز به آماده سازی سطح به کار رود. همچنین اندازه‌ی کوچک این پروب باعث راحت‌تر شدن تجزیه و تحلیل نمونه‌ها در مقیاس میکروسکوپی می‌شود [۱۳].

۱-۲-۱- مشخصه‌یابی نسخه‌های خطی

کاغذ و مرکب مهم‌ترین مواد در انتشار فرهنگ به سراسر جهان بوده‌اند. از این رو شناخت ترکیب و ساختار این مواد و همین‌طور شیوه‌های تولید آن‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است [۱۴]. بر این اساس در ادامه به معرفی این دو عنصر اساسی هر نسخه‌ی دست‌نویس پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۱-۱- کاغذ

واژه‌ی کاغذ ظاهراً از زبان سانسکریت وارد زبان فارسی شده است. لفظ اروپایی آن از واژه‌ی پاپیروس یونانی گرفته شده، که گیاه آن را در مصر، بردی می‌گفتند، و قرطاس مصری را از آن می‌ساختند. واژه‌ی قرطاس، که امروزه به معنی کاغذ به کار می‌رود، خود برگرفته از واژه‌ی یونانی خارتس است، به معنی چیزی که بر آن می‌نویسند، و معادل آن در عربی ورقه و صحیفه است.

کاغذ در طول قرن‌ها برای ثبت میراث فرهنگی و تاریخی مهم بشر مورد استفاده قرار می‌گرفته است. روش‌های متعددی برای ساخت کاغذ در دوره‌ها و زمان‌های مختلف وجود داشته است. برخی از این روش‌ها با گذشت فراتر از هزار سال هنوز هم مبهم و ناشناخته مانده است. گفته می‌شود که چینی‌ها ۱۰۵ سال قبل از میلاد مسیح، ساخت کاغذ را ابداع کردند و این هنر به سمرقند و بغداد در قرن هشتم رسید و سه قرن بعد نیز در اروپا رواج یافت. کاغذهای قدیمی چینی، بدون نوشته‌اند و از گیاه شاهدانه و علف چینی درست شده‌اند. در ابتدا کاغذ به کمک قالب چوبی ثابتی تهیه می‌شد که باریک‌های ابریشم یا موهای بافته شده

اسب روی آن قرار می‌گرفت. از قرن دوم، در پایان سلسله‌ی هان، قالب متحرک جایگزین آن شد که این قالب کاملاً شبیه نمونه‌ای است که بعدها در غرب شناخته شد. از آن جایی که بین کارگاه‌های مختلف کاغذسازی، مراودات اندکی وجود داشت، روش‌های ساخت کمی متفاوت بود [۱۵].

قدیمی‌ترین توصیف در مورد ساخت کاغذ در جهان اسلام در عمده‌الکتاب آمده است. ماده‌ی اولیه مورد استفاده در آن کتان است. بعد از کندن برگ‌هایش، آن را خیسانده و سپس شانه می‌کنند تا نرم شود. سپس به مدت یک شب آن را در آهک پخته خیسانده و با دست ورز داده و جلو آفتاب می‌گذارند تا خشک شود. این عمل بارها تکرار می‌شود. پس از آن کتان به مدت یک هفته در آب خالص خیسانده و آب آن هر روز عوض می‌شود. وقتی همه آهک‌ها کاملاً شسته شد، نهایتاً کتان را در هاون خرد می‌کنند و بار دیگر خیسانده و حل می‌کنند تا غلظتی متوسط پیدا کند. سپس خمیر را در قالب‌هایی در شکل‌های دلخواه می‌ریزند. این قالب‌ها از غربالی با رشته‌های پوشال ساخته شده که روی لبه‌های چارچوبی متغیر که پایه‌اش از تیغه‌های باز و پهن ساخته شده قرار می‌گیرند. خمیر با دست روی چارچوب صاف می‌شود، به گونه‌ای که یکدست روی همه‌ی سطح پخش شود. هنگامی که صاف و خشک شد، صفحات شکل می‌گیرند. بعد از آن را صاف روی یک تخته و سپس روی دیوار قرار می‌دهند تا خشک شود و بیفتد [۱۶].

قبل از سال ۱۸۵۰ میلادی، کاغذ از سلولز و آب با استفاده از الیاف کنفی و یا نخی تهیه می‌شد. کاغذهای قدیمی با کاغذهای امروزی از بسیاری جهات متفاوت است. از جمله اینکه کاغذهای قدیمی معمولاً از پارچه‌های کهنه که در واقع فیبرهای سلولزی بلند خطی بودند با اضافه کردن ترکیبات آهارزنی، ساخته می‌شد. در حالی که کاغذهای امروزی از فیبرهای کوتاه، همی سلولز و لیگنین ساخته می‌شود و ممکن است حاوی برخی ترکیبات غیر فیبری نیز باشد. مواد اولیه انواع کاغذ، به‌طور کلی، مواد سلولزی است که از منابع مختلف تهیه می‌شوند و به برخی از آن‌ها اشاره شده است:

- ساقه کتان، شاهدانه، پنبه که الیاف بلند (در حدود ۱/۲ تا ۶ میلی متر) دارند.
- ساقه گیاهانی مانند گندم، جو (کاه)، نی، کنف و غیره.

- درختانی که برگ سوزنی دارند، مانند کاج (با الیاف بلند) و یا برگ پهن دارند مانند چنار (با الیاف کوتاه).

- انواع کاغذهای باطله و یا خرده‌ها و قطعات مقوای کهنه.

اما بعد از سال ۱۸۵۰ میلادی، سلولز کاغذ عمدتاً از چوب به دست می‌آید. از آن‌جا که کاغذ از الیافی ساخته می‌شود که قبلاً تحت تاثیر تیمارهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته‌اند، سلول‌های گیاهی حاصل، از ترکیب شیمیایی یکسانی نسبت به منابع گیاهی اولیه برخوردار نیستند. سلول‌های گیاهی عمدتاً از پلیمرهای کربوهیدراتی آغشته شده به مقادیر مختلف لیگنین تشکیل شده‌اند [۱۷].

یک مولکول پلی ساکارید از صدها یا حتی هزاران واحد مونوساکارید تشکیل می‌شود. این واحدها نظیر دی-ساکاریدها، به وسیله اتصالات گلیکوزیدی به یکدیگر متصل می‌شوند که در اثر هیدرولیز می‌توانند شکسته شوند. پلی ساکاریدها پلیمرهای طبیعی هستند. آن‌ها را می‌توان مشتقی از آلدوزها یا کتوزها دانست که در اثر پلیمری شدن و یا حذف آب حاصل می‌شوند. به عنوان مثال، یک پلی ساکارید مشتق از هگزوزها دارای فرمول کلی $(C_6H_{10}O_5)_n$ است. البته این فرمول اطلاعات بسیار کمی را در مورد ساختمان پلی ساکارید به دست می‌دهد. لازم است که بدانیم در هر مولکول چه نوع و چه تعداد واحدهای مونوساکارید موجودند: چگونه به یکدیگر وصل می‌شوند و آیا مولکول‌های عظیم تشکیل شده خطی، انشعابی، مارپیچ و یا به صورت سیم‌پیچی هستند.

مهم‌ترین پلی ساکاریدها سلولز و نشاسته هستند. هر دو در گیاهان از دی اکسید کربن و آب طی فرآیند فتوسنتز ساخته می‌شوند و از واحدهای D-(+)-گلوکز تشکیل می‌گردند. سلولز، ماده اصلی ساختمانی گیاهان است که به گیاه استقامت و شکل می‌دهد و شاید فراوان‌ترین ماده‌ی آلی شناخته شده باشد. نشاسته ذخیره‌ی غذایی گیاهان را تشکیل می‌دهد و عمدتاً در دانه گیاهان وجود دارد. انحلال‌پذیری آن نسبت به سلولز، در آب بیشتر است، آسان‌تر هیدرولیز می‌شود و لذا هضم آن آسان‌تر است.

نشاسته به صورت حبه وجود دارد، اندازه و شکل آن بستگی به گیاهی دارد که از آن نشاسته به دست می‌آید. حبه‌های نشاسته به صورت دست نخورده، در آب سرد غیر محلولند ولی اگر غشای خارجی آن‌ها در