

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَّ اٰلِ مُحَمَّدٍ وَّ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ



# تعیین ویژگی های الیاف نساجی

رشته صنایع نساجی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب:** تعیین ویژگی‌های الیاف نساجی - ۲۱۰۲۴۱
- پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** محمدجواد نعمتی شمس‌آباد، رضا هنریار، سعید شهسوارزاده، نوید سیدغلامی موسوی، سعید شکرالهی و میررضا طاهری اطاقسرا (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری:** میررضا طاهری اطاقسرا (مؤلف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان:** جواد صفری (مدیر هنری) - صبا کاظمی (طراح جلد) - افسانه ابراهیمی (صفحه‌آرا)
- ناشر:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
- تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وبگاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران:** تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج-خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
- صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵
- چاپخانه:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ:** چاپ هفتم ۱۴۰۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ما باید زحمت بکشیم تا در همهٔ جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به‌دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین‌طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی (قَدَّسَ سِرُّهُ)

**پودمان اوّل**

تعیین ویژگی های الیاف گیاهی..... ۱

**پودمان دوم**

تعیین ویژگی های الیاف حیوانی..... ۴۳

**پودمان سوم**

تعیین ویژگی های الیاف بازیافته..... ۸۱

**پودمان چهارم**

تعیین ویژگی های الیاف مصنوعی (نایلون)..... ۱۲۳

**پودمان پنجم**

تعیین ویژگی های الیاف پلی استر-اکریلیک..... ۱۴۹

**منابع**

..... ۱۷۱

## سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱- شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی رنگرزی انواع الیاف، نخ و پارچه

۲- شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳- شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴- شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است. این درس، اولین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته صنایع نساجی در پایه دهم تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی تعیین ویژگی‌های الیاف نساجی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی

وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان‌ها لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی‌باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمان را در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید. امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

## سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته صنایع نساجی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی، شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادرشده در سال تحصیلی قبل براساس نمره ۵ پودمان بوده است. و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است. کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: تعیین ویژگی‌های الیاف گیاهی می‌باشد در این پودمان الیاف پنبه، کتان و الیاف گیاهی دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های شناسایی ویژگی‌های آن آموزش داده می‌شود.

پودمان دوم: با عنوان «تعیین ویژگی‌های الیاف حیوانی می‌باشد» در این پودمان الیاف پشم، ابریشم و الیاف حیوانی دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های شناسایی ویژگی‌های آن آموزش داده می‌شود. پودمان سوم که دارای عنوان تعیین ویژگی‌های الیاف بازیافته می‌باشد. در این پودمان الیاف ویسکوز، دی‌استات، تری‌استات و الیاف بازیافته دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های شناسایی ویژگی‌های آن آموزش داده می‌شود. پودمان چهارم: «تعیین ویژگی‌های الیاف مصنوعی (نایلون)» می‌باشد در این پودمان الیاف نایلون به‌طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های شناسایی ویژگی‌های آن آموزش داده می‌شود. پودمان پنجم با عنوان تعیین ویژگی‌های الیاف پلی‌استر \_ اکریلیک می‌باشد در این پودمان الیاف پلی‌استر و اکریلیک مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های شناسایی ویژگی‌های آن آموزش داده می‌شود.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش







# پودمان ۱

## تعیین ویژگی‌های الیاف گیاهی



## شایستگی‌های فنی

تعریف الیاف نساجی - طبقه‌بندی الیاف نساجی با توجه به خواص آنها، فراگیری ساختمان داخلی الیاف، ساختار پنبه و خواص آن، ساختار کتان و خواص آن، الیاف چتایی و کنف و خواص آنها، شناسایی الیاف نساجی از روش سوزاندن، تعیین طول الیاف نساجی به صورت مجزا، تعیین نمودار طول الیاف پنبه، تعیین ظرافت الیاف به روش جریان هوا (میکرونر)

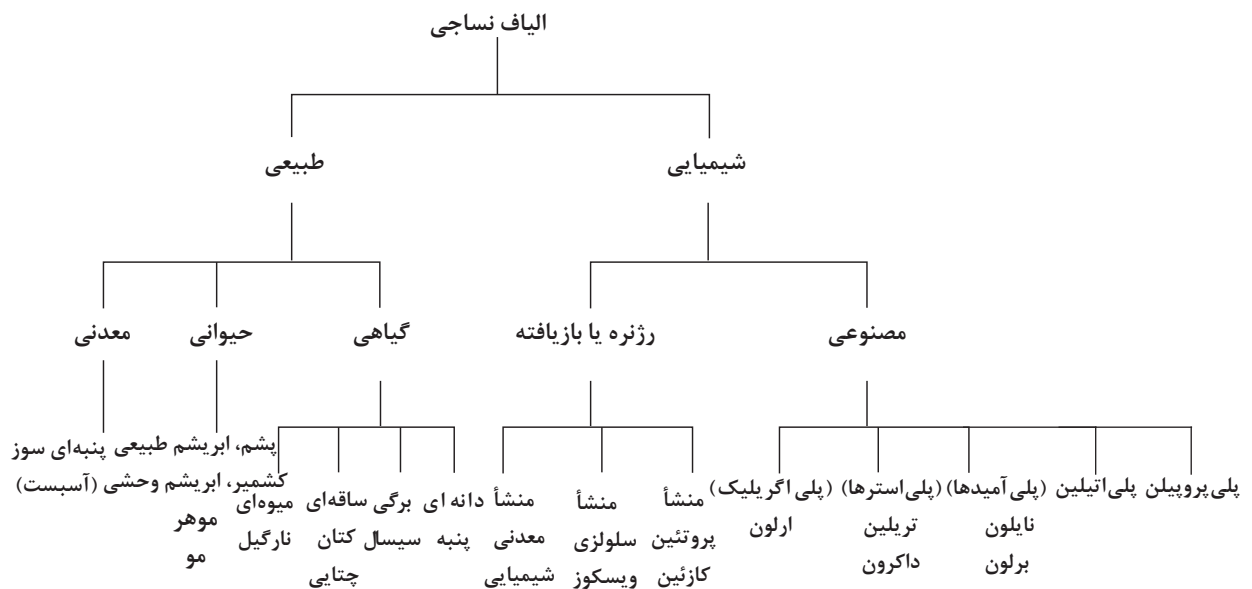
## استاندارد کار

هنرجو باید بتواند ضمن ارائه تحلیل در خصوص خواص الیاف نساجی و ارتباط آن با ساختار لیف، خواص مورد نظر را با حفظ اصول ایمنی اندازه‌گیری نماید.

## لیف و طبقه‌بندی الیاف نساجی

ماده اولیه اصلی صنایع نساجی لیف است. به یک رشته بسیار بلند و باریک که نسبت طول به قطر آن بسیار زیاد است لیف گفته می‌شود. الیاف جمع کلمه لیف می‌باشد، و لیف نساجی رشته‌ای است که قطر، طول، استحکام و انعطاف‌پذیری لازم برای تبدیل شدن به نخ را داشته باشد. یک تارموی سر و بدن انسان را می‌توان یک لیف در نظر گرفت، همچنین هر رشته نازک پشم گوسفند و رشته باریک پنبه که برای رسیدن نخ و تولید پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد یک لیف می‌باشد.

الیاف نساجی به دو دسته الیاف طبیعی و الیاف شیمیایی تقسیم می‌شوند. الیاف طبیعی الیافی هستند که در طبیعت به صورت لیف وجود دارند ولی الیاف شیمیایی، الیافی هستند که در صنعت تولید و به روش‌های گوناگون تبدیل به لیف قابل استفاده در نساجی می‌شوند. هر یک از دسته‌های الیاف طبیعی و شیمیایی به گروه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شوند که الیاف موجود در هر گروه کوچک‌تر شباهت‌هایی از نظر منشأ تولید با یکدیگر دارند. نحوه طبقه‌بندی الیاف نساجی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- طبقه‌بندی الیاف نساجی

## الیاف طبیعی

الیاف طبیعی، الیافی هستند که در طبیعت به صورت لیف وجود دارند و به همان صورت در صنعت نساجی قابلیت مصرف و تبدیل به نخ و پارچه را دارند. قبل از اینکه الیاف طبیعی به عنوان مواد اولیه نساجی مورد استفاده قرار بگیرند لازم است عملیاتی بر روی آنها انجام شود. الیاف طبیعی به سه دسته عمده الیاف گیاهی (سلولزی) الیاف حیوانی (پروتئینی) و الیاف معدنی تقسیم می شوند.

**الیاف گیاهی:** یکی از مهم ترین منشأ الیاف نساجی گیاهان می باشند که الیاف گیاهی نیز از انواع گیاهان گرفته می شوند. الیاف گیاهی از مهم ترین الیاف مورد استفاده در صنعت نساجی به ویژه تولید البسه و پوشاک می باشند. سلولز که یک پلیمر طبیعی است و ماده اصلی تشکیل دهنده گیاهان است، به عنوان ماده اولیه الیاف گیاهی به حساب می آید. الیاف گیاهی از اجزای مختلف گیاهان می توانند به دست آیند بر همین اساس، الیاف بسته به اینکه از چه قسمتی از یک گیاه به دست می آیند به دسته های زیر تقسیم می شوند:

- ۱- الیاف دانه ای که بر روی دانه گیاه تشکیل می شوند، مثل الیاف پنبه
- ۲- الیاف ساقه ای که به صورت بخشی از ساقه و پوست ساقه گیاه هستند، مثل الیاف کنف، جوت، کتان و...
- ۳- الیاف برگ، که از برگ گیاه گرفته می شوند، مثل الیاف سیسال که از گیاه آگوسیسالانا (agave sisalana) گرفته می شود و رامی (ramie) یا علف چینی
- ۴- الیاف میوه ای که از پوشش میوه درختانی مثل نارگیل به دست می آیند.

**الیاف حیوانی:** منشأ الیاف حیوانی، چنان که از نامشان پیداست حیوانات می باشند. ماده اصلی تشکیل دهنده الیاف حیوانی پروتئین است که یک پلیمر طبیعی حاصل از انواع اسیدهای آمینه یا آمینو اسیدهای باشد و همه اجزای بدن حیوانات مثل گوشت، استخوان ناخن، پشم، مو، ... از پروتئین تشکیل شده است. الیاف حیوانی به دو دسته الیاف مویی که از پوشش مویی سطح بدن حیواناتی مثل گاو، گوسفند و بز مثل پشم، مو، کشمیر و الیاف ابریشم که به وسیله کرم ابریشم تولید می شود تقسیم می شوند.

الیاف مویی که در واقع بر روی پوست بعضی حیوانات می رویند بر اساس ابعاد و اندازه مثل طول و قطر و زبری به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

- ۱- مو: مو زبر است و انعطاف پذیری کمی دارد، مثل موی یال اسب یا موی دم گاو و یا موی بز
- ۲- پشم: انعطاف پذیری پشم نسبت به مو بیشتر و فرموج و تجعد آن نیز نسبت به مو بیشتر است، مثل پشم انواع گوسفندان

- ۳- موهر یا کرک: از پشم ظریف تر است و از حیوانی مثل شتر، خرگوش و بز به دست می آید.

الیاف ابریشم الیافی هستند حیوانی که از پلیمر طبیعی پروتئین ساخته شده اند و به وسیله کرم ابریشم تولید می شوند. الیاف ابریشم به صورت دو رشته و از حفره هایی که در کنار دهان کرم ابریشم وجود دارد خارج می شوند و این دو رشته به وسیله ماده چسب مانندی به نام سیرسین به هم می چسبند. الیاف ابریشم، الیافی گران قیمت هستند و به صورت یکسره تولید می شوند. الیاف ابریشم تنها لیف یکسره (فیلامنت) طبیعی می باشند.

**الیاف معدنی:** منشأ الیاف معدنی، زمین و منابع معدنی می‌باشند. الیاف معدنی مثل الیاف گیاهی و حیوانی تنوع زیادی ندارند. مهم‌ترین الیاف معدنی الیاف آزبست است که به پنبه نسوز معروف بوده و در تولید مصنوعات دیرگداز و پارچه‌های ضدآتش و نسوز به کار می‌رود.

**الیاف شیمیایی:** الیاف شیمیایی الیافی هستند که ماده اولیه آنها در طبیعت وجود دارد ولی به شکل لیف قابل استفاده در نساجی نیستند. لذا، مواد اولیه این الیاف که در طبیعت موجود است. به روش‌های شیمیایی و مکانیکی در صنایع تولید الیاف به لیف قابل استفاده در نساجی تبدیل می‌شوند. الیاف شیمیایی به دو گروه الیاف بازیافته و الیاف مصنوعی تقسیم می‌شوند.

**الیاف بازیافته:** الیاف بازیافته، الیافی هستند که ماده اولیه یا پلیمر آنها در طبیعت وجود دارد ولی به شکل لیف نیست و در صنعت به روش‌های شیمیایی و مکانیکی و معمولاً بدون تغییر در شکل مولکول‌های ماده اولیه، به لیف تبدیل می‌شوند. مواد اولیه طبیعی برای تولید الیاف بازیافته سلولز، پروتئین و انواع مواد معدنی هستند به طوریکه از سلولز الیاف ویسکوززیون، از پروتئین الیاف کازئین و از انواع مواد معدنی الیافی مثل الیاف شیشه، الیافی از جنس فولاد، نقره و طلا ساخته و تولید می‌شوند.

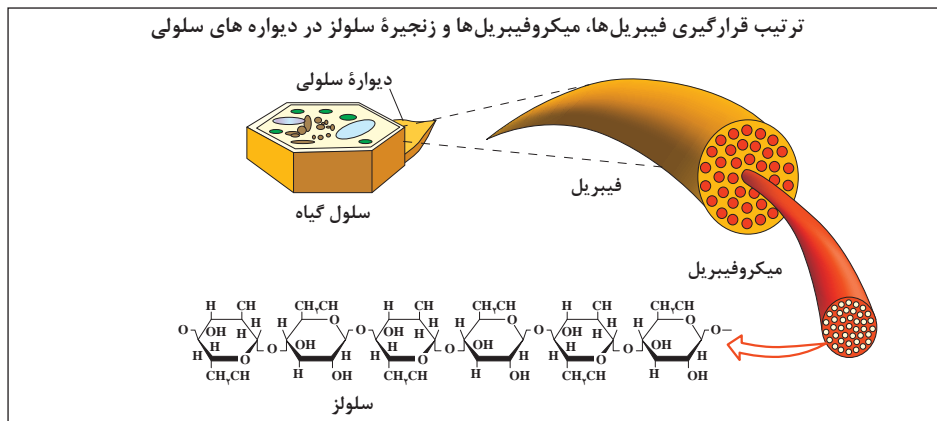
**الیاف مصنوعی:** چنان که پیش‌تر اشاره شده است، مواد اولیه الیاف مصنوعی نیز مثل الیاف بازیافته در طبیعت وجود دارند، ولی تفاوت الیاف مصنوعی با الیاف بازیافته این است که مواد اولیه الیاف مصنوعی که در طبیعت وجود دارند مستقیماً قابلیت تبدیل به لیف قابل استفاده در نساجی را ندارند، بلکه این مواد طبیعی ابتدا باید تحت عملیات شیمیایی و مکانیکی ویژه قرار بگیرند تا تبدیل به ماده قابل تبدیل به لیف نساجی شوند. برای مثال ماده اولیه که برای ساخت الیاف پلی پروپیلن (الیاف مورد استفاده در تولید موکت یا فرش ماشینی) استفاده می‌شود به صورت گاز است، و برای تبدیل این گاز به لیف نساجی ابتدا مولکول‌های گاز با یکدیگر پیوند برقرار می‌کنند تا مولکول‌های بزرگ پلیمر پلی پروپیلن ساخته شوند. مثال دیگر الیاف پلی استر و نایلون هستند که مواد اولیه آنها به صورت مایع می‌باشد.

### ساختمان داخلی الیاف نساجی

الیاف نساجی از نظر میکروسکوپی و مولکولی دارای ساختمان ویژه‌ای هستند که این ساختمان سبب بروز رفتارهایی از الیاف می‌شود که قابلیت تولید لیف و استفاده در منسوجات و مواد نساجی را دارند. ساختمان داخلی الیاف تقریباً مشابه هم و با تغییر و اصلاح این ساختمان‌ها می‌تواند خواص الیاف را نیز تغییر داده و اصلاح کرد.

### ساختمان مولکولی الیاف نساجی

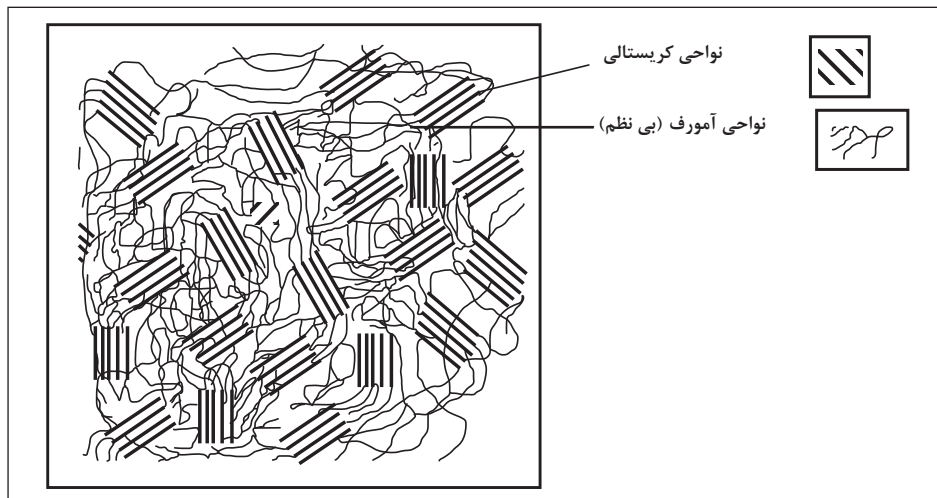
مولکول‌های تشکیل دهنده الیاف نساجی به صورت مولکول‌های بسیار بزرگ یا ماکرومولکول هستند که پلیمر نامیده می‌شوند. این مولکول‌های بزرگ، خود از مولکول‌های کوچک به نام منومر تشکیل شده‌اند. در واقع منومرها واحدهای ساختمانی ماکرو مولکول‌های پلیمر هستند. مثل مولکول سلولز که ماده اولیه الیاف پنبه و ویسکوززیون می‌باشد و در واقع یک پلیمر طبیعی است. از کنارهم قرار گرفتن مولکول‌های پلیمر رشته‌های ضخیم‌تری به نام فیبریل تشکیل می‌شوند که مولکول‌های پلیمر تشکیل دهنده هر فیبریل در طول بایکدیگر پیوندهایی به نام پیوند عرضی دارند. وقتی این رشته‌های فیبریل در کنار هم قرار می‌گیرند ساختمان بزرگتری به نام لیف تشکیل می‌شود. (شکل ۲)



شکل ۲- ساختمان مولکولی و میکروفیبریلی لیف پنبه

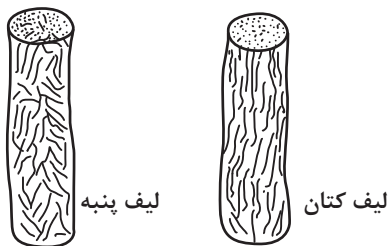
### شکل قرار گرفتن مولکول های پلیمر در داخل لیف

مولکول های پلیمر که در داخل فیبریل قرار دارند تقریباً به موازات یکدیگر قرار می گیرند و چنان که اشاره شده است این مولکول ها با یکدیگر پیوندهایی به نام پیوند جانبی یا پیوند عرضی برقرار می کنند که ساختمان فیبریل را تشکیل می دهند. در مناطقی از فیبریل ها مولکول های پلیمر موازی یکدیگر هستند این مناطق به نواحی کریستالی یا بلوری نامیده می شود. و مناطقی که مولکول های پلیمر به طور موازی کنار هم قرار ندارند و به صورت نامنظم می باشند نواحی بی نظم یا آمورف نامیده می شود. نواحی کریستالی و بی نظم در داخل یک لیف در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نمایش نواحی کریستالی و آمورف داخل فیبریل

مولکول ها در نواحی کریستالی فشرده هستند و نفوذ مواد مثل رطوبت و رنگزها به داخل نواحی کریستالی بسیار دشوار می باشد و نواحی کریستالی بسیار سخت بوده و انعطاف پذیری آنها کم است. مواد رنگزا و رطوبت فقط جذب نواحی بی نظم و آمورف الیاف نساجی می شوند. از طرف دیگر در داخل الیاف نساجی، هرچه مولکول های پلیمر، یا کریستال های تشکیل شده از مولکول های پلیمر، بیشتر موازی با محور لیف باشند، لیف مربوط دارای مقاومت کششی بیشتری بوده و استحکام آن بالاتر است.



### شکل قرار گرفتن مولکول‌های پلیمر در داخل لیف

مولکول‌های پلیمر معمولاً به موازات یا تقریباً موازی با محور لیف در داخل الیاف نساجی قرار می‌گیرند. شکل ۴ نحوه قرار گرفتن مولکول‌های سلولز در داخل الیاف پنبه و کتان که هر دو از الیاف گیاهی هستند را نشان می‌دهد.

شکل ۴- نحوه قرار گرفتن مولکول سلولز در داخل الیاف پنبه و کتان

مقدار موازی بودن مولکول‌های سلولز با محور لیف کتان بیشتر از میزان موازی بودن مولکول‌های سلولز با محور لیف پنبه است. اگر چه از نظر شیمیایی الیاف پنبه و کتان شبیه به هم هستند ولی به دلیل بعضی تفاوت‌ها مثل نحوه قرار گرفتن مولکول‌های سلولز در داخل لیف آنها، رفتار این دو لیف از نظر فیزیکی و مکانیکی با یکدیگر تفاوت می‌کند. مثلاً مقاومت و جذب رطوبت الیاف کتان بیشتر از الیاف پنبه بوده و الیاف کتان از الیاف پنبه براق‌تر هستند. عمده تفاوت بین الیاف کتان و الیاف پنبه به خاطر نحوه قرار گرفتن مولکول‌های سلولز نسبت به محور این دو لیف می‌باشد.

آرایش مولکولی در الیاف کتان بیشتر از آرایش مولکولی در الیاف پنبه است، و این به دلیل توازی بیشتر مولکول‌های کتان با محور لیف است. لذا، وقتی به لیف کتان نیرو کششی وارد می‌شود، نیرو وارده بین تعداد مولکول‌ها بیشتری توزیع و تقسیم می‌شود. و بنابراین سهم نیروی کششی هر مولکول کمتر بوده و لیف دیرتر پاره می‌شود و یا اینکه می‌توان گفت لیف کتان با نیرو بیشتری می‌تواند پاره شود که این یعنی استحکام لیف کتان از پنبه بیشتر است. از طرف دیگر، طول مولکول‌های سلولز در الیاف کتان بیشتر از طول مولکول‌های سلولز در الیاف پنبه می‌باشد. و این عامل سبب می‌شود که مولکول‌های سلولز در طول بیشتری با مولکول‌های مجاور خود پیوند عرضی داشته باشند و همین عامل سبب افزایش مقاومت آنها در مقابل نیروهای خارجی می‌شود.

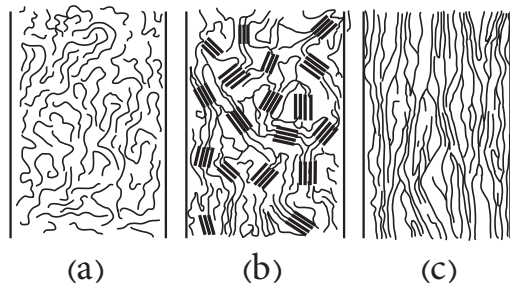
در شکل ۵ قرار گرفتن مولکول‌های با طول بلند و کوتاه در محور لیف نشان داده شده است. پس دو عامل مهم در بیشتر بودن مقاومت کششی لیف کتان نسبت به لیف پنبه عبارتند از: توازی بیشتر مولکول‌های سلولز با محور لیف کتان و بلندتر بودن مولکول‌های سلولز در الیاف کتان نسبت به پنبه.



شکل ۵- نمایش قرار گرفتن مولکول‌های بلند و کوتاه در داخل لیف

**آرایش یافتگی مولکولی الیاف نساجی:** میزان هم جهت بودن یا موازی بودن مولکول های پلیمر با محور لیف را آرایش یافتگی مولکولی لیف می گویند. یعنی هرچه مولکول های پلیمر با محور لیف بیشتر موازی باشند، گفته می شود که لیف مورد نظر آرایش یافتگی بیشتری دارد. میزان آرایش یافتگی مولکولی الیاف طبیعی به نوع لیف و شرایط کشت یا پرورش آنها بستگی دارد، اما میزان آرایش یافتگی مولکولی الیاف شیمیایی یعنی الیاف باز یافته و الیاف مصنوعی را می توان در مراحل تولید و ریسندگی با روش هایی مثل حرارت، کشش و... تغییر داد.

در هنگام تولید الیاف شیمیایی، در عملیاتی بعد از تولید این الیاف به آنها حرارت داده می شود و تحت کشش قرار می گیرند که در این صورت مولکول های لیف به موازات محور لیف قرار می گیرند که بدین روش آرایش یافتگی الیاف افزایش یافته و در نتیجه خواص فیزیکی و مکانیکی آنها تغییر می کند (بهبود می یابد). برای مثال مقاومت آنها بیشتر شده و الیاف سخت تر می شوند. شکل ۶ نحوه قرار گرفتن مولکول ها در یک لیف قبل از کشش را نشان می دهد.



شکل ۶- نمایش حالت کشیده نشده و کشیده شده یک لیف

با اعمال کشش بر روی لیف نساجی، آرایش یافتگی مولکولی این الیاف بیشتر شده و تغییرات فیزیکی در این الیاف ایجاد می شود. چند نوع از تغییراتی که در اثر آرایش یافتگی مولکولی در الیاف به وجود می آیند عبارت اند از:

- ۱- با افزایش آرایش یافتگی مولکولی، میزان جذب رطوبت الیاف کاهش می یابد.
- ۲- آرایش یافتگی مولکولی الیاف سبب افزایش مقاومت کششی آنها می شود.
- ۳- با افزایش آرایش یافتگی مولکولی الیاف، شکنندگی آنها افزایش یافته و انعطاف پذیری آنها کاهش می یابد.
- ۴- آرایش یافتگی مولکولی الیاف سبب می شود که افزایش طول تا حد پارگی آنها کاهش یابد.

### شکل ظاهری الیاف نساجی

شکل ظاهری الیاف یعنی منظر طولی و عرضی آنها و همچنین کیفیت سطحی آنها در خواص آنها بسیار مؤثر و مهم است. شکل ظاهری و کیفیت سطحی بعضی از الیاف به شرح زیر می باشد:

- ۱- الیاف پنبه: شکل طولی الیاف به صورت یک نوار با پیچ و تاب می باشد و مقطع عرض آن به شکل لوبیا یا لوبیایی است.
- ۲- الیاف پشم: الیاف پشم مثل میل های هستند با مقطع تقریباً بیضی (از دایره تا بیضی) و سطح الیاف پشم دارای فلس هایی است که سر فلس ها به سمت نوک پشم می باشد. الیاف پشم دارای فر و موج هستند،

که سبب گرمی لباس‌های پشمی می‌شوند. ضمن اینکه فلس‌های روی سطح پشم عامل نمدی شدن پشم هستند. یعنی وقتی یک توده پشم را آغشته به آب گرم و مواد نرم‌کننده مثل صابون کنیم و توده پشم را به آرامی بمالیم، فلس‌های الیاف پشم در هم می‌روند و پشم یک حالت نمدی پیدا می‌کند.

۳- الیاف ابریشم: الیاف ابریشم دارای طول بلند هستند و چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است این الیاف تنها لیف یکسره و فیلامنتی طبیعی هستند. این الیاف براق بوده و دارای جلایی خاص هستند و مقطع عرض آن به صورت مثلثی است.

۴- الیاف پلی‌استر: الیاف پلی‌استر الیافی مصنوعی هستند که با شکل طولی و سطح مقطع دلخواه قابل تولید هستند ولی بیشتر الیاف پلی‌استر یا سطح صاف و سطح مقطع دایره‌ای تولید می‌شوند.

۵- الیاف نایلون: الیاف نایلون نیز می‌توانند با شکل طولی و سطح مقطع دلخواه تولید شوند، ولی معمولاً به صورت صاف و با سطح دایره‌ای تولید می‌شوند.

۶- الیاف اکریلیک: این الیاف می‌توانند با مقطع دایره‌ای یا دمبلی تولید شوند و شکل سطح مقطع این الیاف بستگی به روش تولید این الیاف دارد که در فصل‌های آینده به آن پرداخته خواهد شد.

۷- الیاف و یسکوزیون: این الیاف معمولاً دارای سطح مقطع مضرس یا دندان‌دار هستند.

لازم به توضیح است که شکل سطح مقطع الیاف در برایت و جلای سطحی الیاف و نرمی و همچنین کیفیت تولید نخ آنها مؤثر است، و هرچه سطح مقطع الیاف به دایره‌ای نزدیک‌تر باشد زیر دست الیاف نرم‌تر می‌باشد.

### خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف نساجی

الیافی که در صنعت نساجی و تولید نخ و پارچه و پوشاک و... مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای خواصی باشند که بتوانند نقش خود را در مواد و محصولات نساجی ایفا نمایند، و این خواص در صنعت نساجی کم و بیش در الیاف نساجی وجود داشته و بعضی الیاف از جهت برخی خواص بردیگر الیاف برتری دارند. در اینجا برخی از خواص الیاف که در رفتار این الیاف و کیفیت محصولات ساخته شده از آنها اهمیت دارد اشاره می‌شود.

**طول الیاف:** طول الیاف یکی از ویژگی‌های مهم الیاف است. طول الیاف همان فاصله بین دو سر الیاف در حالت مستقیم بودن می‌باشد چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است، الیاف به عنوان واحدهای ساختمانی نخ‌ها هستند که باید به صورت موازی در کنار هم قرار گرفته و تابیده شوند تا ساختمان نخ شکل بگیرد.

در صنعت ریسندگی، الیاف نساجی که در داخل عدل‌های الیاف و به صورت به هم فشرده هستند، باز شده و تمیز می‌شوند و الیاف کوتاه و ناخالصی‌ها از الیاف جدا شده و الیاف با طول مناسب در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند تا اینکه تابیده شده و به شکل نخ در آیند.

یکی از عوامل مؤثر در مقاومت، یکنواختی و میزان تاب لازم برای نخ، عامل طول الیاف مورد استفاده می‌باشد. هرچه طول الیاف بیشتر باشد سطح تماس الیاف با یکدیگر بیشتر شده، لذا نخ تولید شده مقاومت بیشتری خواهد داشت، همچنین با الیاف بلندتر نخ یکنواخت‌تری می‌توان تولید کرد، و با الیاف بلندتر می‌توان با تاب کمتری به استحکام لازم رسید. یعنی برای تولید یک نخ معین اگر از الیاف بلندتری استفاده شود می‌توان میزان تاب را کاهش داد در نتیجه بهره‌وری و صرفه اقتصادی بیشتر خواهد بود. البته باید توجه داشت که معمولاً الیاف بلندتر (به ویژه الیاف پنبه) دارای قیمت بالاتری هستند.



**ظرافت الیاف:** به میزان نازکی الیاف ظرافت گفته می شود. ظرافت عکس ضخامت است و ظرافت نشان دهنده نازکی و ضخامت نشان دهنده کلفتی آن است. هرچه یک لیف نازک تر یا قطر آن کمتر باشد ظرافت آن بیشتر است. ظرافت الیاف در کیفیت نخ و پارچه ای که از آنها ساخته می شوند تأثیر دارند. از الیاف ظریف تر می توان نخ های ظریف تر و پارچه های لطیف تر تولید کرد. همچنین چنانچه برای تولید یک نخ با نمره معین از الیاف ظریف تر استفاده شود برای دستیابی به مقاومت لازم برای آن نخ، می توان تاب کمتری به الیاف ظریف تر اعمال کرد. پارچه هایی که از الیاف ظریف تر تولید می شوند علاوه بر نرمی و انعطاف پذیری بیشتر دارای برق و جلای ویژه ای هستند و زیر دست آنها نیز بهتر می باشد.

ظرافت الیاف طبیعی در یک محدوده معینی است که بستگی به نژاد، منشأ تولید آنها و شرایط پرورش گیاه یا حیوان دارد، ولی ظرافت الیاف بازیافته و مصنوعی را می توان در حین تولید و براساس تقاضای مشتری تعیین و تولید نمود.

**تجدد الیاف:** به فر و موج الیاف تجد می گویند. در واقع مقدار تجد برابر اختلاف طول یک لیف در دو حالت آزاد و مستقیم شده می باشد. الیاف طبیعی معمولاً دارای تجد طبیعی هستند ولی الیاف شیمیایی را در هنگام تولید به صورت مصنوعی مجد می سازند. تجد الیاف برای تولید نخ لازم است و تجد الیاف سبب پری الیاف، چسبیدن الیاف به یکدیگر و پیوستگی تار عنکبوتی و فتیله در هنگام ریسندگی می شود.

**جذب رطوبت الیاف:** همه الیاف نساجی وقتی در محیط مرطوب قرار می گیرند رطوبت جذب می کنند و مقدار جذب رطوبت الیاف از محیط بستگی به جنس الیاف و اتم های تشکیل دهنده آنها دارد و به طور کلی جذب رطوبت بعضی از الیاف آنقدر ناچیز است که در عمل می توان میزان جذب آنها را در حد صفر در نظر گرفت، میزان رطوبت جذب شده الیاف علاوه بر جنس لیف به میزان رطوبت محیط نیز بستگی دارد. هرچه میزان رطوبت محیط بیشتر باشد، مقدار جذب رطوبت الیاف نیز افزایش می یابد. همان طور که یک لیف خشک در محیط مرطوب قرار بگیرد رطوبت جذب می کند، وقتی یک لیف مرطوب در محیط خشک قرار گیرد رطوبت از دست می دهد و میزان رطوبت جذب شده آن کاهش می یابد.

میزان جذب رطوبت الیاف در رفتار آنها به ویژه رفتار پارچه های لباسی بسیار مهم است. مثلاً هرچه میزان جذب رطوبت الیاف بیشتر باشد میزان تولید (شارژ) الکتریسیته ساکن آنها کمتر و راحتی لباس های تولید شده از آنها بیشتر خواهد بود.

جذب رطوبت سبب تغییر در خصوصیات فیزیکی الیاف نیز می شود. وقتی الیاف نساجی رطوبت جذب می کنند یا میزان جذب رطوبت آنها تغییر می کند خواص فیزیکی آنها مثل مقاومت، افزایش طول تا حد پارگی، قطر و ضخامت آنها تغییر می کند.

**تورم الیاف نساجی:** وقتی که الیاف نساجی رطوبت جذب می کنند، ابعاد آنها مثل قطر، ضخامت و طول و حجم آنها افزایش می یابد که به این پدیده تورم گفته می شود. وقتی که لیف رطوبت جذب می کند مولکول های آب جذب نواحی نامنظم و آمورف الیاف می شوند و در لابه لای مولکول های لیف قرار گرفته و سبب افزایش ابعاد و تورم الیاف می شوند. وقتی که الیاف رطوبت جذب می کنند و متورم می شوند، افزایش اندازه آنها در جهت طول به تورم طولی و افزایش اندازه در جهت قطر به تورم قطری معروف است. تورم طولی و قطری در الیاف نساجی یکسان نیست و معمولاً تورم قطری بیشتر از تورم طولی است، مگر در الیاف نایلون،

به طوری که در الیاف نایلون تورم طولی بیشتر از تورم قطری است.

**جرم مخصوص الیاف:** جرم مخصوص که جرم حجمی نیز نامیده می‌شود، عبارت است از مقدار جرم واحد حجم یک ماده یا لیف که بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب سنجش و بیان می‌شود. جرم مخصوص همه الیاف نساجی به جز الیاف پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن، بیشتر از ۱ یعنی بیشتر از جرم مخصوص آب است، و الیاف پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن با داشتن جرم حجمی کمتر از ۱ وقتی در آب قرار می‌گیرند بر روی آن شناور می‌مانند.

هرگاه از دو نوع لیف که جرم حجمی آنها یکسان نیست، دو نخ با نمره یکسان ریسیده شود، نخ که از الیاف با جرم حجمی کمتری ریسیده شود، ضخیم‌تر و کلفت‌تر است.

**خواص نوری الیاف:** منظور از خواص نوری الیاف نساجی همان رفتار آنها در مقابل نور می‌باشد. نوری که بر سطح الیاف می‌تابد، بخشی از آن از سطح الیاف منعکس می‌شود و بخش دیگر وارد لیف می‌شود که قسمتی از نور وارده به داخل لیف از آن بازتابش شده و قسمت دیگر از آن عبور می‌کند. میزان انعکاس نور از سطح لیف و میزان بازتابش از داخل لیف و همچنین میزان عبور نور از لیف، همه بستگی به خواص نوری لیف دارند. خواص نوری الیاف از جنس‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. یکی از اثرات خواص نوری الیاف برق و جلای الیاف می‌باشد که مستقیماً بر جلا و درخشندگی نخ، پارچه، لباس و محصولات نساجی تأثیر دارد. نور، به ویژه نور خورشید می‌تواند اثرات مخرب بر الیاف نیز داشته باشد، مثلاً اشعه ماوراءبنفش (UV) موجود در نور خورشید می‌تواند به پیوندهای مولکولی بعضی از الیاف آسیب زده و آنها را بشکند و سبب تضعیف یا تخریب ساختمان مولکولی لیف گردد.

**خواص الکتریکی الیاف:** خواص الکتریکی الیاف نساجی از دو منظر قابل بررسی است یکی تولید یا شارژ الکتریسیته ساکن در الیاف و دیگری هدایت یا رسانایی الیاف.

**الکتریسیته ساکن:** الکتریسیته ساکن معمولاً در اثر سایش یا مالش الیاف بر روی یکدیگر یا سایش با دیگر مواد در الیاف تولید می‌شود. اگر الکتریسیته ساکن تولید شده (شارژ شده) در الیاف به بیرون از الیاف هدایت نشود سبب دفع الیاف از یکدیگر شده و مواد نساجی و پارچه‌های دارای شارژ الکتریسیته ساکن پف کرده و حجم آن زیاد می‌شود و وقتی که با یک جسم رسانا تماس پیدا می‌کنند به همراه شوک و ضربه ناگهانی انتقال می‌یابد. بعضی مواقع انتقال الکتریسیته ساکن به همراه جرقه و صدا می‌باشد، این پدیده در محیط‌های گرم و مرطوب بیشتر دیده می‌شود.

**هدایت الکتریکی:** هدایت الکتریکی عبارت است از میزان ظرفیت یا تمایل یک جسم برای عبور جریان الکتریکی. هدایت الکتریکی عکس مقاومت الکتریکی می‌باشد. هدایت الکتریکی الیاف نساجی برخلاف موادی مثل انواع فلزات بسیار پایین است ولی با عملیات شیمیایی ویژه و افزودن بعضی از مواد شیمیایی به الیاف نساجی می‌توان خاصیت هدایت الکتریکی آنها را افزایش داد. الیاف هادی الکتریسیته یا رسانای الکتریکی در پارچه‌های ویژه مثل پارچه‌های هوشمند مورد استفاده در مصارفی مثل پزشکی و نظامی و هوا و فضا به کار برده می‌شوند.

**مقاومت کششی الیاف:** مقاومت کششی الیاف عبارت است از پایداری الیاف در مقابل نیروی کششی. یکی

از اصلی ترین خواص الیاف، مقاومت کششی آنهاست، چون اگر یک لیف مقاومت کششی لازم را نداشته باشد نمی تواند به نخ تبدیل شود یا اینکه پارچه تولید شده از آن پایداری لازم را در مقابل انواع نیروها ندارد، وقتی که دو سر یک لیف را گرفته و به وسیله دستگاهی آن را تحت کشش قرار دهیم، طول لیف تحت کشش زیاد می شود و اگر نیرو وارده به لیف به تدریج افزایش یابد، طول لیف نیز به همراه افزایش نیروی کششی زیاد می شود، تا اینکه نیرو کششی وارده به حدی می رسد که لیف دیگر قادر به پایداری در مقابل نیرو وارده نیست و لیف پاره می شود. به حداکثر نیروی کششی که یک لیف می تواند تحمل کند، مقاومت یا استحکام کششی آن لیف گفته می شود.

مقاومت کششی الیاف از یک لیف به لیف دیگر متفاوت است. مقاومت الیاف به جنس و ضخامت آنها بستگی دارد. مقاومت کششی الیاف تحت اثرات محیط مثل گرما، سرما، نور خورشید و بعضی مواد شیمیایی و رطوبت تغییر می کند.

**نمره الیاف:** نمره الیاف نشان دهنده کلفتی و نازکی الیاف یا سبکی یا سنگینی آنهاست. نمره الیاف در واقع نسبت بین وزن و طول لیف یا برعکس را نشان می دهد. نمره لیف به دو روش سنجیده و بیان می شود. این دو روش عبارت اند از روش مستقیم و روش غیر مستقیم.

– **تعیین نمره الیاف به روش مستقیم:** در این روش جرم طول معینی از لیف به عنوان نمره آن در نظر گرفته می شود. در واحدهای سنجش مواد نساجی به روش مستقیم، واحدهای دنیر، تکس و میکروگرم بر اینچ برای بیان نمره الیاف به کار برده می شود. واحدهای دنیر تکس و میکروگرم بر اینچ به صورت زیر تعریف می شوند:

– **دنیر:** جرم ۹۰۰۰ متر لیف یا نخ بر حسب گرم، دنیر نامیده می شود. اگر نمره لیفی ۷ دنیر باشد، یعنی ۹۰۰۰ متر از این لیف، ۷ گرم جرم دارد.

– **تکس:** تکس عبارت است از جرم ۱۰۰۰ متر لیف یا نخ بر حسب گرم. واحد تکس معمولاً برای بیان ظرافت یا نمره نخ به کار برده می شود. اگر نمره نخ ۲۴ تکس باشد، این بدان معنی است که هزار متر از این نخ ۲۴ گرم جرم دارد. تکس یکی از واحدهای دستگاه واحدهای بین المللی SI می باشد. چنان که اشاره شد واحد تکس برای بیان نمره نخ استفاده می شود و برای بیان نمره الیاف و رشته های ضخیم تر و سنگین تر مواد نساجی به ترتیب از واحدهای دسی تکس و کیلوتکس استفاده می شود.

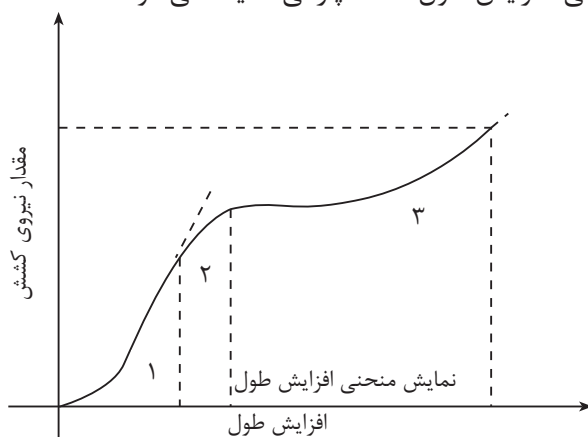
– **دسی تکس:** عبارت است از جرم ۱۰/۰۰۰ متر یا ۱۰ کیلو متر نخ بر حسب گرم، اگر نمره لیف ۱۲ دسی تکس باشد یعنی ۱۰ کیلو متر از این جرم ۱۴ گرم لیف جرم دارد.

– **کیلو تکس:** عبارت است از جرم ۱ متر فتیله یا لایه الیاف بر حسب گرم. اگر نمره یک فتیله ۳۰ کیلو تکس باشد این بدان معنی است که جرم ۱ متر از این فتیله ۳۰ گرم است.

– **میکرو گرم بر اینچ:** عبارت است از جرم ۱ اینچ لیف بر حسب میکروگرم. ۱ اینچ برابر است با ۲/۵۴ سانتی متر و ۱ میکروگرم برابر است با ۰/۰۰۱ گرم.

واحد میکروگرم بر اینچ معروف به میکرونر است و معمولاً برای الیاف پنبه به کار می رود. اگر نمره یک لیف پنبه ۵ میکرونر باشد، یعنی لیفی به طول ۱ اینچ دارای جرم ۰/۰۰۵ گرم می باشد.

**اثر کشش بر الیاف:** وقتی که الیاف تحت کشش قرار می‌گیرند یا کشیده می‌شوند، کشش وارده سبب افزایش طول لیف می‌شود یعنی با اعمال نیروی کششی به لیف طول لیف زیاد می‌شود، (شکل ۷) نمودار نیرو - افزایش طول یک لیف را نشان می‌دهد این نمودار در واقع نشان‌دهنده رفتار کششی آن لیف است. چنان‌که از روی این شکل دیده می‌شود، در مبدأ که نیروی وارده به لیف صفر است افزایش طول لیف نیز صفر است و با اعمال نیروی کششی، لیف افزایش طول می‌دهد و با افزایش نیرو وارده به لیف افزایش طول لیف نیز بیشتر می‌شود. از روی این شکل دیده می‌شود وقتی که نیروی وارده به لیف به تدریج زیاد می‌شود. نیروی متناظر با نقطه پارگی بر روی نمودار نیرو - افزایش طول، مقاومت پارگی یا استحکام لیف نامیده می‌شود و افزایش طول متناظر با نقطه پارگی، افزایش طول تا حد پارگی نامیده می‌شود.



شکل ۷- نمودار نیرو - افزایش طول الیاف

### خاصیت ارتجاعی یا الاستیسیته الیاف: همه مواد تحت اثر نیرو کششی، افزایش طول می‌دهند و با حذف

نیرو کششی بخشی یا کل افزایش طول اعمال شده نیز از بین می‌رود و جسم افزایش طول یافته تقریباً یا دقیقاً به طول اولیه برمی‌گردد. بازگشت مواد به طول اولیه پس از حذف نیرو کششی را خاصیت ارتجاعی، الاستیسیته و یا خاصیت کشسانی می‌نامند. آن بخشی از افزایش طول الیاف که پس از حذف نیرو کششی بر می‌گردد به افزایش طول الاستیک یا افزایش طول بازگشت پذیر معروف است.

بازگشت پذیری طول در الیاف، نخ و پارچه بسیار مهم است. چون وقتی پارچه‌ای به عنوان لباس مورد استفاده قرار می‌گیرد لازم است پس از اعمال نیرو توسط اعضای بدن یا تغییر شکل بدن به حالت اول برگردد. البته بازگشت پذیری تغییر شکل پارچه به صورت آنی انجام نمی‌شود بلکه به صورت تدریجی و در طول زمان انجام می‌شود و بخشی از تغییر شکل در پارچه باقی خواهد ماند مثل جا انداختن سر زانو و باسن در شلوار و آرنج در کت و پیراهن.

افزایش طول ناشی از اعمال نیرو به یک لیف نساجی را بعد از حذف نیرو می‌توان به ۳ قسمت تقسیم کرد. قسمت اول از افزایش طول، بلافاصله بعد از حذف نیرو به حالت اول برمی‌گردد که به آن بازگشت آنی می‌گویند. بخشی از افزایش طول، بعد از حذف نیرو در طول زمان بر می‌گردد که به آن بازگشت تأخیری می‌گویند. قسمت سوم از افزایش طول، بعد از حذف نیرو هرگز به حالت اول بر نمی‌گردد، که به آن افزایش طول برگشت ناپذیر گویند.

**افزایش طول تا حد پارگی الیاف:** چنان که اشاره شده است، وقتی الیاف نساجی تحت نیروی کششی قرار می گیرند، طول آنها افزایش می یابد. با افزایش نیروی کششی، افزایش طول الیاف نیز بیشتر می شود و افزایش طول لیف تدریجاً به حدی می رسد که دیگر لیف در حال کشش تحمل افزایش طول بیشتر را ندارد و لیف پاره می شود. به حداکثر افزایش طولی که یک لیف می توان تا قبل از از پارگی تحمل کند، افزایش طول تا حد پارگی گویند. افزایش طول تا حد پارگی برای الیاف مختلف متفاوت است شرایط محیطی مثل حرارت و رطوبت بر روی افزایش طول تا حد پارگی الیاف تأثیر می گذارند.

## الیاف گیاهی

الیاف گیاهی، الیافی هستند که از قسمت های مختلف گیاهان و نباتات به دست می آیند. منشأ الیاف گیاهی گیاهان یعنی طبیعت می باشد و این الیاف به صورت طبیعی به شکل لیف وجود دارند و همه الیاف گیاهی از سلولز که یک ماده پلیمر طبیعی است ساخته می شوند. مهم ترین لیف گیاهی لیف پنبه است که مصارف مختلفی نظیر لباس، پارچه های خانگی، پارچه های پزشکی و پارچه های صنعتی مختلف دارد. انواع الیاف گیاهی عبارت اند از الیاف دانه ای مثل پنبه، الیاف ساقه ای مثل کنف کتان و جوت، الیاف برگی مثل رامی و سیسال و الیاف میوه ای مثل نارگیل.

### الیاف پنبه

پنبه از مهم ترین الیاف نساجی می باشد که مصارف زیادی در تولید پوشاک، پارچه های خانگی نظیر ملحفه، پرده حوله داشته و علاوه بر این ها مصارف فراوانی در تولید پارچه های مورد استفاده در کاربردهای پزشکی، نظامی فیلتراسیون و... دارد.

### تاریخچه مصرف الیاف پنبه

از چندین قرن قبل از میلاد مسیح الیاف پنبه برای تولید البسه و پوشاک مورد استفاده قرار گرفته اند. شواهد باستان شناسی نشان می دهد که اولین بار الیاف پنبه توسط مصریان باستان و اهالی چین برای تولید پارچه مورد استفاده قرار گرفته اند و همچنین شواهدی یافت شده است که از قرن ها قبل از میلاد مسیح پنبه برای بافت پارچه در منطقه هندوستان استفاده می شده است. شواهد نشان می دهد که گیاه پنبه از آسیا و شمال آفریقا به اروپا برده و در آنجا کشت شده است. کشت الیاف پنبه در قرن چهاردهم میلادی در کشورهای اسپانیا و ایتالیا و قرن شانزدهم میلادی کشت آن در انگلستان متداول شده است. کشت پنبه از قدیم الایام در ایران مرسوم بوده است و پنبه زیر کشت در ایران از نژاد پنبه هندی بوده است. اگرچه دقیقاً مشخص نیست که اولین بار تولید نخ از الیاف پنبه در کدام منطقه از جهان آغاز شده است ولی شواهد تاریخی نشان می دهد که در هندوستان حدود ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح استفاده از الیاف پنبه برای تولید نخ رواج داشته است.

در سده ۱۷۰۰ میلادی شرکت های بزرگ بازرگانی اروپایی نظیر شرکت های فرانسوی، هلندی و انگلیسی واردات منسوجات پنبه ای از هندوستان را آغاز کردند. در این دوران صنایع کشور انگلستان در حال رشد بودند و صنعت ریسندگی الیاف پنبه و بافت پارچه های پنبه ای از هند به انگلستان برده شد به طوری که در پایان قرن هفدهم میلادی انگلستان به یکی از کشورهای صادر کننده منسوجات پنبه ای تبدیل شد. به تدریج کشت و استفاده از پنبه در دیگر کشورها نیز رواج یافت به طوری که اکنون در همه کشورهای جهان صنعت

ریسندگی پنبه و بافت پارچه‌های پنبه‌ای رواج دارد. البته کشت پنبه در کشورهای جهان به صورت یکسان رواج ندارد و بعضی از کشورها به عنوان صادرکننده پنبه و برخی دیگر به عنوان واردکننده این الیاف به حساب می‌آیند.

کشت گیاه پنبه از دیر باز در ایران شروع شده و رواج یافته است الیاف پنبه تولیدی ایران در دهه‌های پیش از مصرف کشور بوده و این الیاف به کشورهای دیگر صادر می‌شدند. ولی اکنون میزان تولید پنبه داخلی کفاف مصرف کارخانه‌های ریسندگی داخلی را نمی‌دهد بنابراین پنبه مورد نیاز صنایع ریسندگی کشور از پنبه وارداتی تأمین می‌شود. نژادهای مختلف از الیاف پنبه یعنی نژاد بومی و نژاد خارجی در ایران کشت می‌شود.

**– نژاد بومی پنبه در ایران:** این نژاد از پنبه از دیر باز در ایران کشت می‌شود و از نژادهای بومی آسیایی و هندی می‌باشد. پنبه بومی ایران در مقایسه با پنبه‌های مرغوب دارای کیفیت پایینی از نظر طول و قطر و رنگ می‌باشد. ولی در دهه‌های اخیر تحقیقات دامنه داری بر روی اصلاح نژاد پنبه بومی در ایران صورت گرفته است.

بوته نژاد پنبه بومی ایران دارای ارتفاعی  $1/6-1$  متر بوده و دارای غوزه‌های کوچک است که طول الیاف آن حدود  $20-18$  میلی‌متر می‌باشد. که در طیف طول الیاف پنبه جزء الیاف کوتاه می‌باشد. سطح زیر کشت پنبه ایران عمدتاً در مناطق گلستان، خراسان، ورامین و آذربایجان می‌باشد.

**– نژاد خارجی:** حدود چهار دهه قبل کشت پنبه از نژاد خارجی به نام نژاد آپلند در کشور رایج شده است. نژاد پنبه آپلند در کشورهای آمریکا، روسیه و مصر و کشورهای اروپایی کشت می‌شود و از نظر کیفیت یعنی طول، ظرافت و رنگ یا سفیدی از نژاد پنبه بومی ایران برتری دارد. نژاد پنبه آپلند در اغلب مناطق کشت پنبه کشور نظیر خراسان گلستان فارس و کرمان کاشته می‌شود.

### شرایط کاشت و ویژگی‌های گیاه پنبه

گیاه پنبه از نوع گیاه علفی و یکساله است که ارتفاع بوته آن از  $60$  سانتی‌متر تا  $2$  متر است. برگ پنبه پهن و در کناره‌ها دارای بریدگی‌هایی است. و گل آن به رنگ‌های سفید و صورتی است. الیاف پنبه در داخل میوه گیاه پنبه که غوزه نامیده می‌شود تشکیل یافته و رشد می‌کند. غوزه پنبه به شکل و اندازه گرد می‌باشد و دانه گیاه پنبه نیز در داخل غوزه شکل می‌گیرد و رشد می‌کند. الیاف پنبه به صورت توده‌ای به هم فشرده و متراکم در داخل غوزه و بر روی دانه‌های پنبه که پنبه دانه نامیده می‌شود شکل می‌گیرند. هر غوزه پنبه معمولاً حاوی  $15$  پنبه دانه می‌باشد و بر روی هر پنبه دانه حدود  $2000$  لیف رشد می‌کند که مجموعاً از هر غوزه حدود  $3000000$  تا  $3000000$  لیف پنبه به دست می‌آید.

اما از نظر شرایط آب و هوایی پنبه در مناطق گرم و مرطوب کشت می‌شود. محیط و شرایط آب و هوایی شدیداً بر رشد گیاه پنبه و کیفیت الیاف به دست آمده از آن نظیر طول ظرافت رنگ و... تأثیر می‌گذارد. البته کیفیت الیاف پنبه علاوه بر شرایط آب و هوایی مزارع، به نژاد پنبه نیز بستگی دارد. مثلاً پنبه نژاد مصری بسیار شفاف و دارای طولی از  $3$  تا  $5$  سانتی‌متر می‌باشد و رنگ آن از قهوه‌ای روشن تا کرم قهوه‌ای می‌باشد. ولی پنبه نژاد هندی دارای طول لیفی در حدود  $2/5$  سانتی‌متر بوده و رنگ آن خاکستری تا قهوه‌ای است.

قبل از کشت، تخم پنبه را در آب می‌خیسانند تا آمادگی جوانه زدن را داشته باشد. تخم پنبه در بهار و در زمینی که به خوبی شخم زده شده باشد کاشته می‌شود. در مناطق کم باران مزارع پنبه آبیاری می‌شوند و برای جلوگیری از آسیب‌های آفت گیاه پنبه، مزارع پنبه سم‌پاشی می‌شوند. غوزه‌های پنبه معمولاً  $60-45$  روز

پس از گل دادن باز می شوند و الیاف به تدریج خشک شده و از داخل غوزه بیرون می آیند. شکل ۸ بوته و غوزه سفید را نشان می دهد.



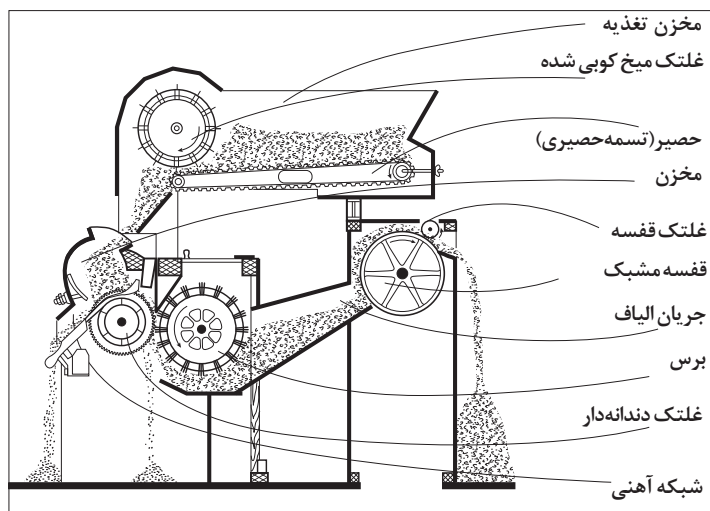
شکل ۸ - بوته و غوزه پنبه

پس از خشک شدن الیاف پنبه روی غوزه و بیرون آمدن آنها از لابه لای غوزه، الیاف پنبه رسیده است و باید برداشت شوند. لازم است یادآوری شود که الیاف روی همه غوزه ها به طور هم زمان نمی رسند لذا با توجه به رسیدن تدریجی الیاف روی غوزه ها چیدن پنبه یا «پنبه چینی» باید در چند مرحله انجام شود. بهتر است قبل از شروع بارندگی پنبه های رسیده از روی بوته ها چیده شوند، چون باران سبب تیره شدن رنگ الیاف پنبه شده و به کیفیت الیاف آسیب می زند علاوه بر این، شبنم نیز می تواند سبب لکه های زرد و قهوه ای بر روی الیاف پنبه شود. عمل برداشت پنبه به دو روش دستی و ماشینی می تواند انجام شود. هزینه برداشت دستی پنبه زیاد است ولی کیفیت پنبه چیده شده به روش دستی بهتر از پنبه با برداشت ماشینی است. در برداشت ماشینی پنبه ابتدا بر روی بوته های پنبه محلول شیمیایی کلرات منیزیم یا سیانید کلسیم پاشیده می شود و در نتیجه آغشته شدن بوته ها به این مواد برگ های گیاه پنبه به تدریج خشک شده و می افتند پاشیدن این مواد شیمیایی بر روی مزرعه پنبه حدود ۱۲-۱۰ روز قبل از برداشت ماشینی انجام می شود. در هر دو روش چیدن دستی و ماشینی، الیاف پنبه به همراه پنبه دانه از غوزه خارج و جمع آوری می شود. پس از برداشت پنبه و برای جداسازی پنبه دانه از الیاف پنبه از ماشین جین استفاده می شود. ماشین جین در واقع برای جداسازی پنبه از پنبه دانه بوده و به عملیات آن جین کردن گفته می شود.

**جین کردن پنبه:** هدف از جین کردن، جدا کردن پنبه دانه از الیاف پنبه است قبل از اختراع و ساخت ماشین جین، جدا کردن پنبه از پنبه دانه به وسیله دست انجام می شد. ولی اکنون این عمل و در مقیاس صنعتی و به وسیله ماشین های جین انجام می شود. دو نوع ماشین جین وجود دارد. این دو نوع عبارت اند از جین اره ای و جین تیغه ای ماشین جین اره ای بیشتر برای الیاف با طول کوتاه استفاده می شود و جین تیغه ای برای الیاف با طول بلند استفاده می شود.

اولین ماشین جین اره ای در سال ۱۷۹۳ به وسیله یک آمریکایی به نام ای. ویسی اختراع شده است. اساس کار این نوع ماشین استفاده از دو غلتک دوران کننده است که روی آنها با خارها یا دندانه هایی پوشیده شده است

که به صورت اره عمل می‌کنند. شکل ۹ نمای کلی یک ماشین جین اره‌ای را نشان می‌دهد. پنبه جین نشده بر روی تسمه نقاله الف ریخته می‌شود و پنبه با حرکت تسمه نقاله از زیر غلتک تغذیه عبور کرده و در مخزن ذخیره پ ریخته می‌شود الیاف پنبه به وسیله غلتک تغذیه پ و به صورت کنترل شده به اره‌های غلتک اره‌ای تغذیه می‌شوند. الیاف خالص پنبه به وسیله استوانه چرمی ث از دندان‌های اره جدا می‌شوند و به کانال ج هدایت می‌شوند. الیاف پنبه جدا شده پس از عبور از میان غلتک‌های د و ذ به داخل مخزن ذخیره ریخته می‌شوند. پنبه‌های روی غلتک اره‌ای به وسیله میله‌های اجاقی از روی غلتک اره‌ای جدا شده و به داخل مخزن جمع آوری پنبه دانه ریخته می‌شود.



شکل ۹- نمای ترسیمی یک ماشین جین اره‌ای

پنبه دانه حاصل از ماشین جین به کارخانجات تولید خوراک دام یا کارخانجات روغن کشی حمل می‌شود و روغن تولید شده به مصرف خوراکی یا صنعتی نظیر تولید صابون و تفاله باقی‌مانده به مصرف خوراک دام می‌رسد. الیاف تمیز و جدا شده از پنبه‌دانه بعد از جمع آوری به صورت بسته‌های مکعب مستطیل شکل به نام



عدل بسته بندی شده و وارد انبار می شوند تا برای حمل به کارخانه های ریسندگی آماده شوند. شکل ۱۰ یک عدل پنبه را نشان می دهد وزن هر عدل پنبه ۲۲۰-۱۸۰ کیلو گرم می باشد. این عدل ها به وسیله بست های فلزی نواری یا مفتولی فشرده شده و بسته بندی می شوند و پس از حمل به کارخانه های ریسندگی و قبل از تغذیه این عدل ها به ماشین آلات ریسندگی، لازم است حداقل ۲۴ ساعت قبل بست های دور عدل باز شوند تا پنبه داخل عدل از حالت فشرده خارج شده و با محیط اطراف سالن ریسندگی از نظر حرارت و رطوبت به تعادل برسد.

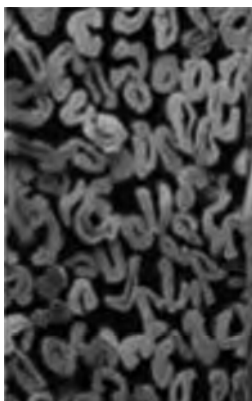


شکل ۱۰- عدل پنبه

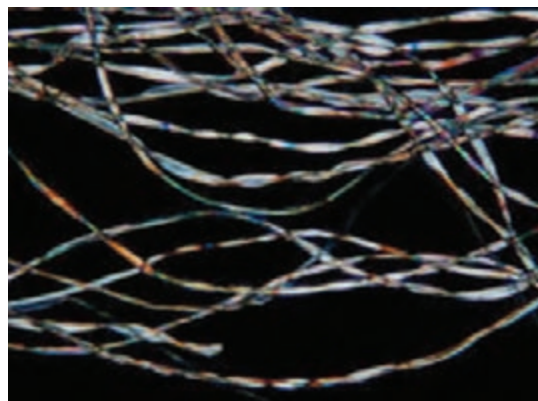
### خصوصیات فیزیکی الیاف پنبه

پنبه لیفی تک سلولی است که یک سلول بلند دارد. ساختمان داخلی لیف پنبه یک ساختمان فیبریلی است که هر فیبریل از چند میکرو فیبرل تشکیل شده است. در داخل هر میکروفیبریل نیز چندین مولکول پلیمر سلولز قرار دارند. این مولکول ها، فیبریل ها و میکروفیبریل تقریباً موازی محور قرار دارند.

**نمای طولی الیاف پنبه:** الیاف پنبه به شکل نواری هستند که در طول دارای پیچ و تاب هستند شکل (۱۱). وقتی که الیاف پنبه در داخل غوزه باز نشده هستند به صورت یک میله یا لوله باریک صاف هستند که پیچ و تاب ندارد وقتی که غوزه باز می شود و لیف پنبه خشک می شود، به دلیل تغییرات کشش در قسمت های مختلف یک لیف، این الیاف در طول می پیچند و در آن پیچ و تاب ایجاد می شود.



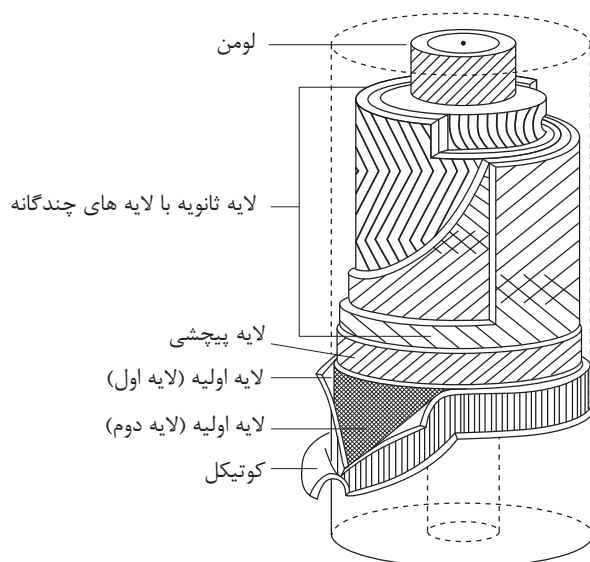
شکل ۱۲- نمای مقطع عرضی لیف پنبه



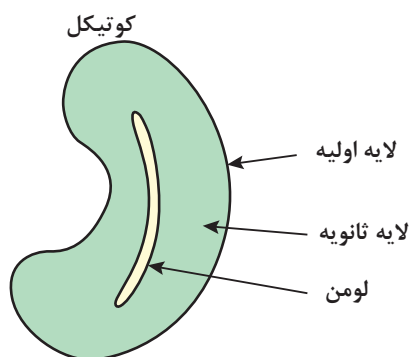
شکل ۱۱- نمای طولی پنبه

چنان که در (شکل ۱۲) دیده می‌شود، مقطع عرضی لیف پنبه قبل از خشک شدن به صورت یک لوله می‌باشد که دیواره‌ای تو پر دارد و مرکز آن به صورت یک حفره یا کانال سراسری توخالی است و این حفره سراسری مرکزی پنبه لومن نامیده می‌شود. لومن در واقع کانال رساندن مواد غذایی به سراسر لیف پنبه می‌باشد. وقتی که لیف پنبه خشک می‌شود، شکل تقریباً دایره‌ای مقطع لومن از بین می‌رود و دیواره داخلی الیاف پنبه به یکدیگر نزدیک می‌شود و مقطع عرضی الیاف پس از خشک شدن چنان که در شکل ۲-۵ دیده می‌شود به شکل لوبیا در می‌آید که اصطلاحات گفته می‌شود. شکل مقطع عرضی پنبه لوبیایی است. سطح مقطع عرضی یک لیف پنبه به سه قسمت زیر تقسیم می‌شود:

- ۱- **پوسته خارجی:** یک لایه نازک است که مثل غلافی سراسر لیف پنبه را در برمی‌گیرد و سطح آن به وسیله یک ماده مومی (واکسی) شکل پوشیده شده است این پوسته از لیف پنبه محافظت می‌کند. (شکل ۱۳)
- ۲- **لایه میانی:** لایه میانی در واقع در داخل پوسته خارجی قرار داشته و از جنس سلولز است و قسمت اصلی لیف پنبه را تشکیل می‌دهد. لایه میانی یک لیف پنبه در واقع به صورت لایه‌های متداخل هستند. (۱۳)



شکل ۱۳- اجزای لیف پنبه



شکل ۱۴- قسمت‌های مختلف مقطع عرضی لیف پنبه

۳- **مجرا یا کانال مرکزی یا لومن:** بخش لومن یک لیف پنبه از دو بخش دیگر سخت‌تر است. لومن در واقع مجرای مواد غذایی و آب برای لیف پنبه می‌باشد. وقتی که لیف پنبه خشک می‌شود مواد و مایعی که داخل لومن است خشک می‌شود و دیواره لومن به دلیل تغییرات کشش در سطوح داخلی لومن فرو می‌ریزد و علاوه بر تغییر شکل مقطع لیف به حالت لوبیایی، لیف پنبه پیچ می‌خورد و در طول دارای پیچ و تاب می‌شود. (شکل ۱۴)

**– طول الیاف پنبه:** یکی از عوامل مهم کیفیت و قیمت الیاف پنبه، طول این الیاف است. هرچه طول الیاف پنبه بیشتر باشد ظریفتر بوده و مقاومت آن بیشتر است، طول الیاف پنبه از نژادهای مرغوب مثل سی آیلند به ۶ سانتی متر هم می رسد. یکی از ملاک های مهم درجه بندی الیاف پنبه طول آنهاست درجه بندی الیاف پنبه براساس طول آنها به صورت زیر است:

– الیاف با طول بلند: ۴-۶ سانتی متر

– الیاف با طول متوسط: ۲-۴ سانتی متر

– الیاف با طول کوتاه: ۱-۲ سانتی متر

هر چه طول الیاف پنبه بیشتر باشد نخ ظریف تر و یکنواخت تری می توان از آن تهیه کرد. معمولاً برای بیان طول الیاف پنبه طول متوسط را در نظر می گیرند و برای تنظیم ماشین آلات رسیدگی طول مؤثر الیاف را به حساب می آورند.

**– ظرافت الیاف پنبه:** ظرافت الیاف پنبه نشان دهنده کلفتی و نازکی آنهاست قطر الیاف پنبه  $\frac{1}{45} - \frac{1}{25}$  میلی متر است ولی ظرافت الیاف بر حسب میکرومتر میکرون یا میکروگرم در اینچ بیان می شود واحد میکروگرم در اینچ نشان دهنده جرم یک لیف پنبه به طول یک اینچ بر حسب میکروگرم می باشد.

– جرم حجمی الیاف پنبه  $1/54$  گرم بر سانتی متر مکعب می باشد.

**– رنگ الیاف پنبه:** بهترین الیاف پنبه از نظر رنگ، پنبه سفید و کرم مایل به روشن است، اما الیاف پنبه به رنگ های کرم زرد و قهوه ای در طبیعت یافت می شوند باید توجه داشت که رنگ الیاف پنبه علاوه بر نژاد پنبه به شرایط آب و هوایی و خاک مزرعه پنبه بستگی دارد.

اگر پنبه در مناطق خشک کشت شود معمولاً الیاف آن به رنگ سفید می باشد. البته این نوع پنبه در اثر وجود گرد و غبار در هوا ممکن است به رنگ تیره یا خاکستری در آیند که در این صورت پس از عملیات پنبه جین کردن (پاک کنی) و جدا کردن گرد و غبار، رنگ پنبه به حالت سفید برمی گردد. همچنین آب باران و رطوبت زیاد پنبه بر روی غوزه سبب تغییر رنگ پنبه به آبی روشن و گاهی اوقات سبب کدورت و تیرگی رنگ پنبه خواهد شد. سرما و یخبندان سبب ایجاد لکه های زرد رنگ در الیاف پنبه می شوند. از نظر قیمت هرچه الیاف پنبه سفیدتر و رنگ آنها روشن تر باشد، دارای قیمت بیشتری هستند. باید توجه داشت که در صنعت رسیدگی برای یکنواختی نخ و کالای تولیدی از پنبه مثل انواع پارچه و پوشاک، معمولاً الیاف پنبه با درجات کیفیت متفاوت را با درصد های معینی با یکدیگر مخلوط می کنند سپس الیاف مخلوط شده را به نخ تبدیل می کنند.

**– رسیدگی الیاف پنبه:** الیاف پنبه موجود بر روی یک غوزه یا غوزه های مختلف به یک اندازه رشد نمی کنند بنابراین میزان تکامل رشد الیاف مختلف با یکدیگر متفاوت است. به مقدار تکامل رشد الیاف پنبه که بستگی به میزان رشد دیواره لیف پنبه یا ضخامت دیواره لیف پنبه دارد رسیدگی می گویند. در الیاف پنبه هرچه دیواره لیف پنبه رشد بیشتری داشته باشد و نسبتاً ضخامت و مساحت دیواره به کل مساحت مقطع عرضی لیف بیشتر شده باشد لیف رسیده تر و مرغوب تر است الیاف پنبه از نظر رسیدگی به سه دسته تقسیم می شوند:

۱- **الیاف رسیده:** الیافی هستند که دیواره لیف کاملاً رشد کرده و در حالت تورم ناشی از رطوبت حدود ۵۰-۸۰ درصد از سطح لیف مربوط به سطح مقطع دیواره می‌باشد.

۲- **الیاف نارس:** الیافی هستند که رشد دیواره آنها کامل نشده و در حالت تورم ناشی از رطوبت ۳۰-۴۵ درصد از سطح مقطع لیف به سطح مقطع دیواره اختصاص دارد.

۳- **الیاف مرده:** الیافی هستند که در جریان رشد دچار مشکل شده، دارای طولی کوتاه هستند، و در حالت تورم ناشی از رطوبت دیواره لیف فقط تا ۲۵ درصد از سطح مقطع لیف را تشکیل می‌دهد. همواره حدود ۵ درصد از الیاف موجود در یک غوزه از الیاف نارس می‌باشند. لذا وجود توده یا محموله‌ای از الیاف پنبه بدون الیاف نارس غیرقابل تصور می‌باشد.

الیاف پنبه نارس براق هستند و در بین الیاف رسیده کاملاً با چشم قابل تشخیص هستند. الیاف نارس مقاومت کمتری نسبت به الیاف رسیده دارند و پیچ و تاب آنها نیز کمتر است علاوه بر این جذب رطوبت الیاف نارس نسبت به الیاف رسیده کمتر بوده و در نتیجه این پدیده سبب جذب رنگ کمتر الیاف نارس شده و بنابراین نایکنواختی رنگ‌رزی در کالاهای پنبه‌ای ایجاد خواهد شد.

یکی دیگر از معایب الیاف نارس تمایل آنها به ایجاد نپ می‌باشد، وقتی یک لیف به دور خود می‌پیچد، یک گلوله کوچک بهم فشرده را تشکیل می‌دهد که به آن نپ می‌گویند. نپ به عنوان عیب در نخ یا پارچه به حساب می‌آید. چون نپ علاوه بر اینکه در استحکام نخ سهمی ندارد در رنگ‌رزی نیز به عنوان عامل منفی به حساب می‌آید. چون نپ، بیشتر از الیاف نارس تشکیل می‌شود و از آنجا که رنگ‌پذیری آنها کم است پس نپ به صورت نقاط کم‌رنگ در کالای رنگ‌رزی شده خود را نشان می‌دهد.

#### **- خاصیت ارتجاعی یا بازگشت‌پذیری الیاف پنبه**

الیاف پنبه الیافی غیرکشسانی و غیرالاستیک و سخت می‌باشند و خاصیت ارتجاعی خوبی ندارند و وقتی که تحت کشش قرار می‌گیرند و افزایش طول می‌دهند به راحتی به طول اولیه بازمی‌گردند.

**- جذب رطوبت الیاف پنبه:** جذب رطوبت الیاف پنبه خوب است و این الیاف در شرایط استاندارد یعنی ۶۰ درصد رطوبت نسبی و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۸/۵ درصد رطوبت جذب می‌کنند. هرچه رطوبت نسبی محیط بیشتر باشد جذب رطوبت الیاف پنبه نیز بیشتر می‌شود.

**- تورم الیاف پنبه:** وقتی که الیاف پنبه رطوبت جذب می‌کنند ابعاد آنها زیاد می‌شود. به افزایش ابعاد الیاف در اثر جذب رطوبت تورم گویند. تورم الیاف به صورت افزایش در قطر، مساحت سطح مقطع و افزایش طول ظاهر می‌شود. الیاف متورم وقتی که خشک می‌شوند و رطوبت خود را از دست می‌دهند به حالت اول برمی‌گردند.

**- مقاومت کششی الیاف:** پنبه از الیاف نسبتاً مقاوم می‌باشد مقاومت تا حد پارگی الیاف پنبه ۳-۵ گرم بر دنیر می‌باشد جذب رطوبت بر روی مقاومت الیاف پنبه تأثیر می‌گذارد، یعنی جذب رطوبت سبب افزایش استحکام و مقاومت لیف پنبه می‌شود. مقاومت الیاف پنبه در حالت مرطوب ۲۰-۳۰ درصد بیشتر از مقاومت الیاف پنبه در حالت خشک است. مقاومت کششی الیاف پنبه بر روی مقاومت نخ و پارچه حاصل از این الیاف تأثیر می‌گذارد. هرچه مقاومت الیاف پنبه بیشتر باشد مقاومت نخ و پارچه تولید شده از این الیاف بیشتر است.

**– افزایش طول الیاف پنبه:** وقتی که یک لیف پنبه تحت نیروی کششی قرار می گیرد، طول آن زیاد می شود و هرچه نیرو کششی وارده بیشتر شود، افزایش طول لیف پنبه نیز بیشتر می شود. وقتی که نیروی کششی وارده به یک لیف پنبه به تدریج زیاد می شود، افزایش طول لیف پنبه نیز به تدریج و متناسب با نیروی کششی وارده زیاد می شود، در جریان افزایش تدریجی نیروی کششی وارده به یک لیف پنبه، افزایش طول لیف پنبه به جایی می رسد که دیگر لیف پنبه تحمل افزایش طول بیشتری را ندارد و لیف پنبه پاره می شود. به حداکثر افزایش طولی که یک لیف می تواند تحمل کند و پس از آن لیف پاره می شود افزایش طول تا حد پارگی می گویند.

افزایش طول تا حد پارگی الیاف پنبه به رطوبت جذب شده توسط این الیاف بستگی دارد. جذب رطوبت الیاف پنبه سبب انعطاف پذیری این الیاف شده و در نتیجه افزایش طول تا حد پارگی این الیاف در حالت مرطوب بیشتر از حالت خشک است.

**– اثر عوامل خارجی بر الیاف پنبه:** عوامل خارجی می توانند بر روی الیاف تأثیرگذار باشند. اثرات این عوامل می تواند بر روی خواص الیاف پنبه نظیر رنگ، مقاومت و افزایش طول تا حد پارگی تأثیر داشته باشد. اثرات عوامل خارجی بر روی پنبه می تواند به صورت آنی یا تدریجی باشد. مثلاً انحلال الیاف پنبه در اسیدها به صورت آنی ولی اثر نور بر روی الیاف پنبه به صورت تدریجی بوده و اثر مخرب نور در طول زمان اتفاق می افتد.

**– اثر حرارت بر الیاف پنبه:** مقاومت الیاف پنبه در مقابل حرارت بسیار عالی است. هرگاه الیاف پنبه طی ساعت ها در معرض حرارتی حدود ۱۲۰ درجه سانتی گراد قرار گیرند، رنگ الیاف متمایل به زردی می شود و اگر الیاف پنبه در معرض دمای ۱۵۰ درجه قرار گیرند پس از چند ساعت تجزیه می شوند اگر پنبه در معرض دمای ۲۴۰ درجه قرار گیرد، بعد از چند دقیقه از بین می رود. پنبه در مجاورت با هوا آتش می گیرد و می سوزد.

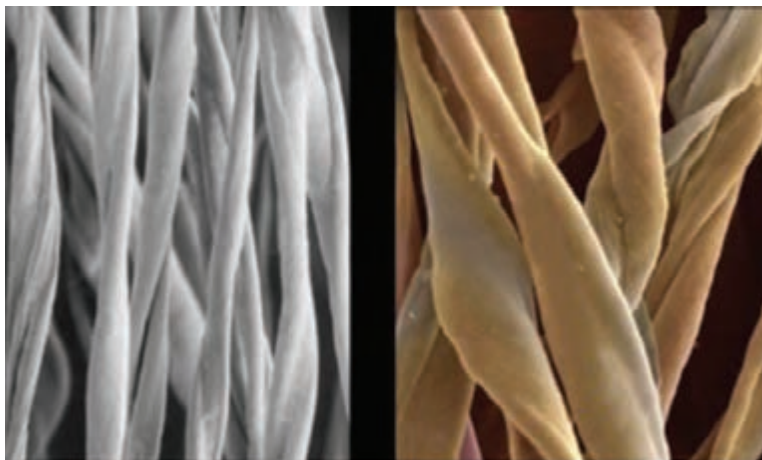
**– اثر نور خورشید بر الیاف پنبه:** هرگاه الیاف پنبه در معرض نور خورشید قرار گیرند به تدریج مقاومت این الیاف کاهش یافته و رنگ آنها متمایل به زرد می شود الیاف پنبه بیشتر در اثر اشعه ماورای بنفش و امواج اشعه های با طول کوتاه موجود در نور خورشید آسیب می بیند و کیفیت خود را از دست می دهد.

**– اثر زمان بر الیاف پنبه:** اگر الیاف پنبه به خوبی انبار شوند مقاومت آنها به مقدار جزئی کاهش می یابد. اگر ۵۰ سال از عمر پنبه بگذرد کیفیت این پنبه فقط به مقدار جزئی با کیفیت پنبه نو تفاوت پیدا خواهد کرد.

**– اثر الکتریسیته بر الیاف پنبه:** الیاف پنبه هدایت الکتریکی مناسبی از خود نشان می دهند ولی اگر جذب رطوبت این الیاف یا همان رطوبت باز یافته آنها کم باشد هدایت الکتریکی آنها نیز کم می شود. به دلیل هدایت خوب الکتریکی پنبه این الیاف شارژ الکتریسیته ساکن را به راحتی از خود عبور می دهند و این پدیده با وجود رطوبت الیاف پنبه و وجود نمکها در این الیاف می باشد. وجود نمکها در الیاف پنبه سبب هدایت الکتریکی خوب آنها می شوند.

**– خواص شیمیایی الیاف پنبه:** وقتی که الیاف پنبه از روی بوته چیده می شوند حاوی ۹۴ درصد سلولز خالص هستند و ۶٪ باقی مانده شامل مواد غیر سلولزی می باشد. هنگام شست و شو مراحل مختلف و سفیدگری

کالای پنبه‌ای، قسمت عمده مواد غیر سلولزی از پنبه جدا و خارج می‌شود و سلولز خالص در پنبه تا ۹۹ درصد می‌رسد. وقتی که پنبه سفیدگری می‌شود و تحت عملیات شست‌وشو قرار می‌گیرد، ناخالصی‌ها از سلولز جدا شده و ضمن سفید شدن لیف پنبه مقاومت و جذب رطوبت این لیف نیز افزایش می‌یابد. الیاف پنبه طبیعی حاوی مقداری چربی طبیعی و واکس می‌باشند که این چربی سبب می‌شود تا عملیات ریسندگی الیاف پنبه با اشکال کمتری انجام شود، لذا این چربی طبیعی پنبه در هنگام ریسندگی و تولید نخ و همچنین بافندگی و تولید پارچه بر روی پنبه باقی می‌ماند تا پس از تولید پارچه و مرحله تکمیل ضمن شست‌وشو و سفیدگری پارچه چربی طبیعی پنبه از پارچه پنبه‌ای زدوده شود. مقاومت الیاف پنبه در مقابل مواد شیمیایی که در مصارف و عملیات معمولی بر روی پنبه مورد استفاده قرار می‌گیرند بسیار بالا است برای مثال در شست‌وشوی پارچه‌ها و لباس‌های پنبه‌ای که از مواد سفید کننده ملایم و معمولی استفاده می‌شود اگر این مواد سفید کننده به درستی مورد استفاده قرار گیرند آسیبی به پارچه‌های پنبه‌ای نمی‌زنند. به هر حال موارد سفید کننده نسبتاً قوی مثل آب اکسیژنه و محلول‌های کلردار اگر همیشه برای شست‌وشوی البسه و پارچه‌های پنبه‌ای مورد استفاده قرار گیرند به مقاومت پارچه‌ها آسیب زده و استحکام آنها را کاهش می‌دهند. اسیدهای گرم و رقیق و اسیدهای سرد و غلیظ سبب تخریب و تجزیه الیاف پنبه می‌شوند. ولی محلول‌های اسیدی سرد و رقیق اگر به مدت کوتاه بر روی کالای پنبه‌ای مورد استفاده قرار گیرند و سایر مواد قلیایی مثل انواع صابون‌ها و شوینده‌های لباس و پارچه اثر مخرب و زیان بار بر روی کالاهای پنبه‌ای ندارند. در شکل ۱۵ رنگ الیاف پنبه قبل و بعد از سفیدگری را مشاهده می‌کنید.



پنبه سفیدگری شده

پنبه خام

شکل ۱۵- الیاف پنبه قبل و بعد از سفیدگری

### مصرف الیاف پنبه

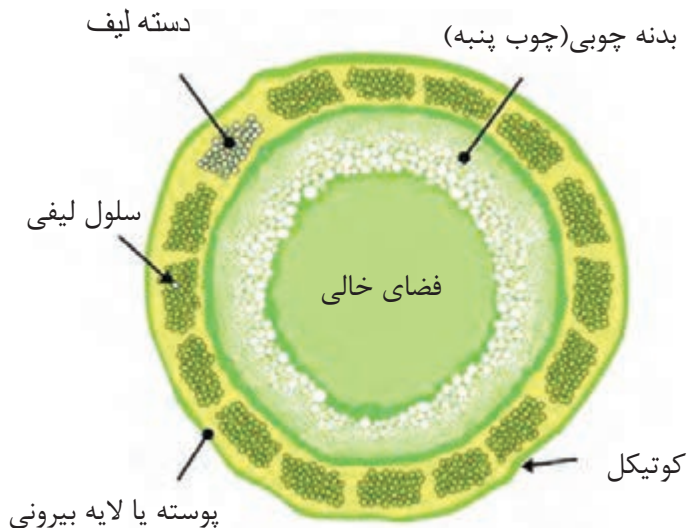
هزاران سال است که از پنبه برای تولید پارچه و لباس استفاده می شود. پنبه از نظر مصرف نساجی لیف بسیار ارزشمند است که تا کنون و با وجود تولید انواع الیاف مصنوعی هنوز هیچ لیف طبیعی و مصنوعی نتوانسته است جایگزین لیف پنبه شود. خصوصیات و ویژگی های منحصر به فرد الیاف پنبه مثل محدودیت کم جغرافیایی برای کشت پنبه، قیمت مناسب این الیاف، سبکی، نرمی، خنکی، جذب رطوبت مناسب و دوام و استحکام این الیاف سبب می شود که پنبه جایگاه خود را در مصارف منسوجات حفظ نماید. الیاف پنبه علاوه بر مصرف در انواع پوشاک مثل لباس های رو، پیراهن، کت وشلوار، کت و دامن، و انواع لباس های زیر، مصارف گوناگونی در منسوجات خانگی نظیر انواع حوله ها، ملحفه ها، رختخواب ها، و... دارند. علاوه بر مصارف پوشاک و منسوجات خانگی، پارچه های پنبه مصارف مختلفی در انواع منسوجات صنعتی و فنی دارند. از مصارف مهم منسوجات پنبه ای، منسوجات پزشکی و انواع لباس های ویژه نظیر لباس های ضد آتش و شعله می باشند که برای لباس افرادی که در مقابل آتش و مواد مذاب کار می کنند قابل استفاده می باشند.

### کتان

کتان نیز مثل پنبه لیفی است گیاهی، ماده تشکیل دهنده آن سلولز می باشد. الیاف کتان از ساقه گیاه کتان استخراج می شوند گیاه کتان یک ساله بوده و هر ساله کاشته می شود. طول ساقه کتان حدود ۱۲۰ سانتی متر و قطر آن ۴-۱/۵ میلی متر بوده و در بالای ساقه شاخه های متعددی وجود دارد که بر روی این شاخه ها گل هایی به رنگ های سفید، قرمز، بنفش و آبی دیده می شود. این گیاه در هوای معتدل و مرطوب رشد می کند و رشد این گیاه در هوای بارانی بسیار خوب است. گیاه کتان در فصل بهار و اغلب در اردیبهشت کاشته می شود و مدت رشد آن ۳ ماه می باشد. گیاه کتان دهه ها قبل در استان های شمالی کشور کشت می شده ولی اکنون کاشت و پرورش کتان در کشور تقریباً منسوخ شده است. کیفیت الیاف کتان به ویژگی های خاک و کشت

گیاه و همچنین به شرایط آب و هوایی بستگی دارد میزان ناخالصی های الیاف کتان نسبتاً از ناخالصی های الیاف پنبه بیشتر است.

از نظر ساختمان داخلی مشاهدات به وسیله اشعه ایکس نشان می دهد که آرایش مولکولی در ساختمان لیف کتان بسیار بیشتر از آرایش مولکولی الیاف پنبه می باشد و میزان کریستالی الیاف کتان بیشتر از الیاف پنبه است. (شکل ۱۶) سطح مقطع ساقه گیاه حاوی الیاف کتان را می بینید.



شکل ۱۶- سطح مقطع ساقه گیاه حاوی الیاف کتان

**– ریتینگ یا جداسازی الیاف از ساقه گیاه کتان:** الیاف کتان در داخل پوست ساقه گیاه کتان هستند و پوست گیاه به طور نسبتاً محکمی به قسمت چوبی ساقه چسبیده است. برای جداسازی پوست گیاه از قسمت چوبی ساقه، گیاه کتان را پس از برداشت از مزرعه در داخل آب قرار می‌دهند تا شیره یا صمغ بین پوست و قسمت چوبی ساقه در داخل آب حل شده و بتوان به راحتی پوست را از ساقه جدا کرد. عمل ریتینگ یا جداسازی الیاف از ساقه گیاه کتان به روش‌های مختلفی می‌تواند انجام شود. این روش‌ها عبارت‌اند از: روش استخری، روش حوضچه، روش جریان آب، روش شبنم و روش شیمیایی، این روش‌ها در زیر توضیح داده شده‌اند

**۱- روش استخری:** در این روش گیاه را پس از برداشت از مزرعه در داخل استخری که دارای آب ساکن است می‌ریزند و گیاه کتان به مدت ۲-۳ هفته در داخل استخر باقی می‌ماند سپس آب استخر خارج می‌شود و همچنان گیاه در داخل استخر می‌ماند تا خشک شود و پس از خشک شدن، ساقه‌های خشک شده برای عملیات بعدی و جداسازی الیاف از روی قسمت چوبی ساقه به محل مربوطه حمل می‌شود.

**۲- روش حوضچه‌ای:** در این روش از یک حوضچه بتونی استفاده می‌شود و ساقه‌های گیاه کتان در داخل آب حدود ۳۰ درجه این حوضچه خیس‌انده می‌شوند. در روش حوضچه‌ای می‌توان شرایط ریتینگ را کنترل کرد. روش حوضچه‌ای یک روش مدرن و جدید ریتینگ است و الیاف حاصل از این روش دارای کیفیت بهتری نسبت به دیگر روش‌های ریتینگ می‌باشد.

**۳- روش جریان آب:** در این روش از آب جاری برای ریتینگ استفاده می‌شود و ساقه‌های گیاه کتان به مدت چند هفته در داخل نهر یا جوی که در داخل آن آب جریان دارد قرار داده می‌شود. در این روش، جریان آب باعث می‌شود که عملیات ریتینگ و تخمیر شیره گیاه به‌کندی انجام شود اما مزیت این روش آن است که از بوی نامطبوع آب جلوگیری می‌شود، در حالی که عملیات ریتینگ به روش استخری، حوضچه‌ای و شبنم دارای بوی نامطبوعی است که ناشی از تخمیر شیره و صمغ گیاه کتان می‌باشد.

**۴- روش شبنم:** در این روش عمل ریتینگ گیاه با قرار دادن آن در فضای باز و پخش کردن آن بر روی سطح زمین و در نهایت خیس‌اندن به وسیله شبنم و باران و در طول چند هفته انجام می‌شود. از آنجا که در این روش عمل ریتینگ طولانی است، لذا الیاف روی ساقه تغییر رنگ داده و به قهوه‌ای می‌گرایند. این روش در مناطقی که آب کم می‌باشد به کار برده می‌شود. در این روش علاوه بر تغییر رنگ الیاف به قهوه‌ای، به دلیل مدت طولانی ماندن گیاه در فضای باز، الیاف از نظر استحکام و مقاومت ضعیف می‌شوند. روش شبنم عمدتاً در کشورهای اروپای شرقی و روسیه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۵- روش شیمیایی:** در این روش از مواد شیمیایی برای ریتینگ و تخمیر یا حل کردن صمغ و شیره گیاه استفاده می‌شود. در ریتینگ شیمیایی کتان را در داخل حوضچه‌ای حاوی محلول کربنات سدیم، سود سوزآور یا اسیدهای رقیق معدنی قرار می‌دهند. کوتاه‌ترین عملیات ریتینگ به ریتینگ شیمیایی مربوط می‌شود که فقط حدود چند ساعت به درازا می‌کشد. در این روش برای جلوگیری از آسیب دیدگی الیاف باید عملیات را به خوبی کنترل کرد.

روش ریتینگ شیمیایی به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل عمده عدم استقبال از به‌کارگیری ریتینگ شیمیایی بالا بودن هزینه آن و نداشتن صرفه اقتصادی نسبت به روش‌های بیولوژیک می‌باشد.

**– جداسازی الیاف از ساقه کتان:** بعد از اینکه عملیات ریتینگ گیاه کتان به پایان رسید ساقه‌های کتان را در فضای آزاد قرار می‌دهند تا خشک شود پس از خشک شدن، ساقه‌های کتان را طوری کنار هم قرار



می دهند که ساقه ها به موازات هم باشند. سپس ساقه های کتان را به صورت دسته های موازی به ماشین جداکننده الیاف تغذیه می کنند. با تغذیه ساقه های کتان به این ماشین، ساقه ها از میان غلتک های فلزی و چوبی عبور کرده و قسمت چوبی ساقه خرد شده و از الیاف جدا می شود. سپس الیاف در جلوی ماشین جمع آوری می شوند. شکل ۱۷ نحوه خرد کردن ساقه به روش دستی را نشان می دهد.



شکل ۱۷- نحوه خرد کردن ساقه به روش دستی

پس از خرد کردن قسمت های چوبی از الیاف، هنوز بعضی از قسمت های چوبی کوچک و ریز بر روی الیاف هستند، لذا برای جداسازی این ذرات چوبی و دیگر ناخالصی ها و جدا کردن الیاف از یکدیگر، الیاف خارج شده از ماشین جداکننده الیاف از ساقه را به ماشین شانه تغذیه می کنند. در ماشین شانه، علاوه بر جداسازی ناخالصی ها از الیاف، الیاف نازک و الیاف ضخیم از یکدیگر جدا می شوند و الیاف موازی یکدیگر می شوند. در مرحله شانه زنی دو نوع الیاف استخراج می شوند که عبارت اند از الیاف بلند و الیاف کوتاه. الیاف بلند که شکسته نشده اند برای تولید پارچه مورد استفاده قرار می گیرند و الیاف کوتاه به دست آمده از مرحله شانه زنی مجدداً تحت عملیات شانه زنی ویژه و کاردینگ قرار می گیرند تا ضمن موازی شدن الیاف و خروج ناخالصی ها، برای تولید نخ آماده شود.

در شکل ۱۸ تصویر الیاف کتان را در مراحل مختلف می بینید. این شکل مراحل آماده سازی کتان پس از خرد شدن را نشان می دهد.



شکل ۱۸- تصویر الیاف کتان پس از انجام مراحل مختلف

**– خصوصیات الیاف کتان:** بعد از مرحله شانه‌زنی طول‌های مختلفی در الیاف به چشم می‌خورد، یعنی الیافی با طول چند سانتی‌متر تا الیافی به طول ۹۰ سانتی‌متر، ولی بهترین طول برای الیاف کتان بین ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد.

رنگ الیاف کتان بستگی به روش ریتینگ مورد استفاده دارد. الیافی که به روش ریتینگ شب‌نم تهیه شده باشند، شب‌نم و باران در مرحله ریتینگ سبب تیره شدن رنگ کتان شده و رنگ الیاف کتان به قهوه‌ای می‌گراید. الیاف کتان معمولاً شفاف و نرم هستند و هرچه خروج ناخالصی‌ها مثل قسمت ترد پوست یا چربی گیاهی از الیاف بیشتر باشد، رنگ الیاف کتان شفاف‌تر می‌شود. بهترین نوع الیاف کتان معمولاً در اروپا نظیر کشورهای فرانسه، ایتالیا، ایرلند و بلژیک پرورش داده می‌شوند.

مقطع طولی الیاف کتان در زیر میکروسکوپ به صورت یک استوانه صاف یا مارپیچی دیده می‌شود و مثل الیاف پنبه به صورت روبان نیست. ضخامت الیاف کتان در طول لیف یکسان نیست و ضخامت در طول متغیر است. مشاهده مقطع عرضی لیف کتان نشان می‌دهد که لیف کتان نیز همچون لیف پنبه در مرکز دارای کانال یا لومن است.

نواحی کریستالی در الیاف کتان بیشتر از الیاف پنبه است و مقاومت الیاف کتان نیز بیشتر از الیاف پنبه می‌باشد. رنگ‌رزی کتان معمولاً بعد از بافت و به صورت پارچه انجام می‌شود، و روش رنگ‌رزی کتان مشابه رنگ‌رزی پارچه‌های پنبه‌ای است.

قابلیت افزایش طول الیاف کتان کم است و اگر تحت کشش قرار گیرند و افزایش طول دهند، بعد از حذف نیروی کششی، تمایل دارد که به طول اولیه برگردد. الیاف کتان نسبت به الیاف پنبه سخت‌تر هستند و مقاومت خمشی آنها نیز نسبت به پنبه بیشتر است.

جذب رطوبت الیاف کتان بیشتر از پنبه و حدود ۱۲ درصد می‌باشد. با جذب رطوبت، مقاومت الیاف کتان تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد و همین سبب می‌شود که پارچه‌های کتانی به خوبی نیروهای کشش در مراحل رنگ‌رزی و تکمیل را تحمل نمایند.

مقاومت الیاف کتان در مقابل حرارت زیاد است و این الیاف بدون اینکه تغییر رنگ دهند و زرد شوند، حرارت تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد را می‌توانند تحمل کنند.

سفیدگری الیاف کتان با دشواری انجام می‌شود، ولی با روش‌های ویژه می‌توان الیاف کتان را سفیدگری کرد. الیاف کتان در مقابل مواد قلیایی و بازی مقاومت خوبی دارند بنابراین پارچه‌های کتانی می‌توانند مرتباً به وسیله شوینده‌های قلیایی شسته شوند. الیاف کتان در مقابل اسیدهای سرد و رقیق مقاومت خوبی دارند ولی اسیدهای گرم و رقیق یا اسیدهای سرد و غلیظ به الیاف کتان آسیب می‌زنند. بنابراین در عملیات رنگ‌رزی و تکمیل‌تر این نکات باید مورد توجه قرار گیرد.

یکی از تفاوت‌های مهم الیاف کتان با الیاف پنبه روش ریسندگی آنهاست. الیاف پنبه در حین ریسندگی باید خشک باشند (البته با جذب رطوبت استاندارد). ولی الیاف کتان برای ریسندگی و تولید نخ‌های ضخیم به صورت خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما وقتی قرار است از الیاف کتان نخ‌های ظریف تهیه شود، ریسندگی این الیاف به صورت تر انجام می‌شود.

در این روش دسته‌های الیاف کتان پیش از تغذیه به ماشین‌های ریسندگی در داخل یک حمام آب داغ قرار داده می‌شوند و آب داغ سبب می‌شود که الیاف آب جذب کرده و نرم و انعطاف‌پذیر شوند. در نتیجه نرم شدن الیاف کتان که ناشی از جذب آب می‌باشد، عملیات کشش و تاب دادن الیاف کتان به آسانی انجام می‌شود.

مصارف الیاف کتان در تهیه پارچه های لباسی، پیراهنی، کت و شلوار، لباس های اسپرت و تابستانه، پارچه های خانگی و بعضی منسوجات صنعتی می باشد.

### کنف

کنف یک لیف گیاهی است که از پوست، ساقه گیاه شاهدانه گرفته می شود. در اکثر کشورهای آسیایی و اروپایی کشت می شود و دهه ها قبل در ایران نیز کشت می شد و الیاف آن مصارف پوشاک، منسوجات خانگی و منسوجات صنعتی دارند.

قطر سایه این گیاه تا ۲ سانتی متر و ارتفاع بوته آن تا ۳ متر می رسد. گیاه در اواخر زمستان یا اوایل بهار کاشته می شود و اواخر تابستان برداشت می گردد. جداسازی الیاف از ساقه گیاه به روش ریتینگ انجام می شود. در جداسازی الیاف از ساقه گیاه معمولاً از ریتینگ شبنم، جریان آب یا استخری استفاده می شود و عمل جداسازی الیاف از بخش چوبی گیاه معمولاً آسان تر از کتان بوده و اگر سطح زیر کشت گیاه کم باشد، عمل جداسازی الیاف معمولاً به صورت دستی انجام می شود. رنگ الیاف کنف نسبت به الیاف کتان تیره تر و ضخامت الیاف کنف ضخیم تر از الیاف کتان می باشد.

### جوت یا چتایی

الیاف جوت یا چتایی از نوع الیاف گیاهی بوده که از پوست ساقه گیاه به دست می آید. این گیاه در مناطق گرم و مرطوب رشد کرده و عمده مراکز کاشت و پرورش این گیاه در کشورهای هندوستان، پاکستان و بنگلادش می باشد. ضخامت ساقه چتایی به ۲ سانتی متر و طول آن تا ۵ متر نیز می رسد. عمل ریتینگ چتایی در جویبارها و استخرهای طبیعی انجام می شود. در اکثر مناطق کشت چتایی، جداسازی الیاف از بخش چوبی گیاه به صورت دستی و به وسیله کشاورزان انجام می شود و الیاف پس از جداسازی به صورت دسته هایی در فضای آزاد و در مقابل آفتاب قرار داده می شوند تا خشک شوند. پس از خشک شدن الیاف، آنها را بسته بندی کرده و به کارخانجات ریسندگی حمل می کنند. (شکل ۱۹) گیاه و الیاف جوت قبل را مشاهده می کنید.



شکل ۱۹- گیاه و الیاف جوت

چتایی دارای رنگ های زرد و قهوه ای مایل به خاکستری است و الیاف آن شفاف هستند. در ایران چتایی به صورت نخ وارد می شود و در پود فرش های ماشینی مورد استفاده قرار می گیرد. مصرف چتایی در جهان علاوه بر پود فرش ماشینی و تولید انواع کفپوش ها، در بافت انواع گونی، پارچه های ایزولاسیون، منسوجات

صنعتی و دکوراسیون می‌باشد. جذب رطوبت چتایی حدود ۱۴ درصد و در حالت تر تا ۲۳ درصد آب جذب می‌کند قابلیت کشش الیاف چتایی نسبت به پنبه پایین است.

### رامی یا علف چینی

رامی از الیاف گیاهی است که گیاه آن در مناطق گرم و مرطوب کشت می‌شود. طول ساقه این گیاه ۱۸۰-۱۲۰ سانتی‌متر است. برای جداسازی الیاف از بخش چوبی ساقه، از ریتینگ استفاده می‌شود. برای ریتینگ رامی، عمدتاً از روش شیمیایی استفاده می‌شود. برای ریتینگ رامی روش حوضچه‌ای و شیمیایی (سود سوزآور) به کار گرفته می‌شود که در این روش سود سوزآور ضمن انحلال صمغ و شیره گیاهی، سبب سفیدگری الیاف رامی نیز می‌شود.

الیاف رامی شفاف و دارای رنگی سفید هستند. مقاومت کششی آنها مشابه کتان است ولی قابلیت کشسانی آنها کمتر از کتان می‌باشد. الیاف رامی به آسانی رطوبت جذب می‌کنند و الیاف آنها استوانه‌ای و دارای سطحی صاف هستند.

نخ حاصل از الیاف رامی در بافت تور ماهی‌گیری، پارچه‌های مبلی، پرده‌ای و نخ دوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. تهیه پارچه صاف و یکنواخت از نخ‌های رامی دشوار است، چون چسبندگی بین الیاف رامی کم است و همین امر تولید پارچه‌های نازک و یکنواخت از این نخ‌ها را محدود می‌کند.

### الیاف سیسال

سیسال از الیاف گیاهی است و از برگ گیاه به دست می‌آید. البته به غیر از سیسال الیاف برگ دیگری نیز وجود دارند، ولی به دلیل تولید کم دیگر الیاف برگ، در اینجا فقط به الیاف سیسال اشاره می‌شود. الیاف سیسال در طول برگ گیاه قرار دارند و سبب استحکام برگ گیاه می‌شوند. در دوران بسیار قدیم ساکنین آمریکای مرکزی و جنوبی از الیاف سیسال برای تهیه لباس برای خود استفاده می‌کردند. الیاف سیسال از گیاه آگاو سیسالانا که در ناحیه آمریکای مرکزی می‌روید به دست می‌آید. اکنون این گیاه علاوه بر آمریکای مرکزی، در آمریکای جنوبی و بخشی از آفریقا نیز کاشته می‌شود. برگ این گیاه شبیه به برگ گیاه تزئینی یوکا است. گیاه آگاو سیسالانا در ۶ سالگی گل می‌دهد و

ارتفاع آن تا ۶ متر می‌رسند.

در شکل ۲۰ گیاه آگاو سیسالانا دیده می‌شود. وقتی گیاه ۴ ساله شد برداشت برگ از تنه گیاه شروع می‌شود. و از گیاه ۴ ساله تا پایان عمر برداشت برگ ادامه می‌یابد. برگ‌های چیده شده توسط ماشین‌هایی خرد می‌شوند و الیاف از آنها جدا می‌شوند. سپس الیاف به دست آمده را شست‌وشو داده و در معرض نور خورشید قرار می‌دهند تا ضمن خشک شدن رنگ آنها نیز سفید شود.



شکل ۲۰- گیاه آگاو سیسالانا (الیاف برگ سیسال)

الیاف سیسال سخت هستند و انعطاف پذیری کمی دارند و وقتی در داخل آب شور قرار بگیرند، مقاومت آنها کم می شود. سیسال مانند دیگر الیاف گیاهی رطوبت جذب می کند و رفتار آن در مقابل مواد شیمیایی شبیه به الیاف پنبه و کتان و سایر الیاف گیاهی است. از الیاف سیسال برای تهیه انواع طناب های مورد استفاده در صنایع و ماهیگیری استفاده می شود. اگرچه مقاومت الیاف سیسال در معرض آب شور دریا کاهش می یابد، ولی مصرف آنها در صنایع دریایی معمول می باشد. از دیگر مصارف طناب های حاصل از الیاف سیسال، در انواع بسته بندی ها و حمل و نقل می باشد.

نکته



نکات مهم در آزمایشگاه

### – حضور به موقع هنرجویان در آزمایشگاه

از آنجایی که توضیحات لازم در زمینه انجام هر آزمایش در ابتدای همان جلسه توسط معلم مربوطه داده می شود، و همچنین چون اکثر آزمایشات به صورت گروهی انجام می شود، لذا لازم است هنرجویان چند دقیقه قبل از شروع هر جلسه آزمایش در آزمایشگاه حضور داشته باشند.

### – مطالعه دستور کار آزمایش

دستور کار آزمایشگاه حاوی مطالب مورد نیاز هر آزمایش نظیر هدف آزمایش، تئوری آزمایش و لوازم و مواد مورد نیاز و چگونگی انجام آن آزمایش است. لذا توصیه می شود که هنرجویان قبل از حضور در آزمایشگاه، دستور کار آزمایش مربوطه را به دقت مطالعه نموده تا با دقت و تسلط بیشتر بتوانند آزمایش را انجام دهند.

### – پوشیدن روپوش ویژه آزمایشگاه

چون در محیط آزمایشگاه مواد غیر معمول و بعضاً سمی و خطرناک وجود دارد و در انجام آزمایشات از آنها استفاده می شود، لذا لازم است هر هنرجو برای محافظت از اعضای بدن و لباس های خود روپوش سفید رنگ مخصوص آزمایشگاه را بپوشد. این روپوش با داشتن دامن و آستین های بلند از تماس مستقیم مواد و نشستن آنها بر روی برخی از اعضای بدن و لباس جلوگیری می کند.

### – ثبت نتایج

در هنگام آزمایش تمام تغییرات حاصل شده در مواد مورد آزمایش و نتایج حاصل از آزمایش را مرتباً یادداشت نمایید. سعی کنید ثبت نتایج به صورت مختصر و قابل درک برای استفاده های بعدی باشد. بدین منظور یک دفتر یادداشت مخصوص آزمایشگاه تهیه کنید و نتایج حاصل از هر آزمایش را به طور جداگانه در آن ثبت کنید تا در تهیه گزارش کار از آنها استفاده نمایید. پس از هر آزمایش، نتایج حاصل را با مطالب نظری درس مربوطه و تئوری آزمایش تطبیق دهید. برای اطمینان از درستی آزمایش می توانید نتایج حاصله را با معلم آزمایشگاه در میان بگذارید. اگر آزمایش به صورت گروهی انجام می شود، لازم است که همه افراد گروه در تهیه گزارش آزمایش شرکت کنند.

### توصیه های ایمنی در آزمایشگاه

– اکثر مواد شیمیایی که در آزمایشگاه وجود دارند گران قیمت و برخی خطرناک و سمی بوده و تجهیزات، دستگاه ها و ابزارهای آزمایشگاهی علاوه بر ارزش زیاد مادی، دارای حساسیت ها و تنظیمات ویژه ای هستند. بنابراین از جابه جایی و دست کاری بی مورد آنها جداً خودداری نمایید.

- قبل از کار با مواد و دستگاه‌ها و ابزارهای موجود در آزمایشگاه ابتدا در زمینه چگونگی استفاده و کاربرد آنها از طریق مسئول آزمایشگاه، اطلاع حاصل کنید و توصیه‌های او را در هنگام انجام آزمایش مراعات نمایید.

- سعی کنید آزمایش را در زمان مقرر شروع کنید تا بتوانید آن را در مدت تعیین شده به پایان برسانید.

- قبل از برداشتن هرگونه ماده شیمیایی به برچسب ظرف آن دقت نمایید تا هم از نظر نوع ماده و هم از نظر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آن مطمئن شوید.

- برای برداشتن مواد شیمیایی مایع از پیپت و برای مواد جامد از قاشق یا پنس استفاده نمایید. دقت کنید که بعد از استفاده از پیپت و قاشق برای برداشتن یک ماده، جهت برداشتن ماده دیگر پیپت و قاشق مربوطه را شسته و تمیز نمایید.

- درب ظروف مواد شیمیایی را به‌صورت واژگون بر روی میز قرار دهید تا آغشته به مواد دیگر نشود؛ چون مواد خارجی باعث آلودگی و تغییر خصوصیات مواد شیمیایی می‌شوند.

- برای جابه‌جایی مواد شیمیایی مایع و محلول‌ها از لوله آزمایش و برای جابه‌جایی مواد جامد از بشر، شیشه ساعت و کاغذ استفاده کنید.

- برای توزین مواد با استفاده از ترازوی دقیق، مواد مورد نظر را مستقیماً بر روی کفه ترازو قرار ندهید، بلکه از وسایلی مانند شیشه ساعت، کاغذ و بشر استفاده کنید. از توزین مواد داغ به‌وسیله ترازوی دقیق پرهیز کنید.

- هرگز به موادی که ظرف آن برچسب ندارد یا با مواد داخل آنها آشنایی ندارید دست نزنید و از کاربرد آنها در آزمایش پرهیز کنید.

- در استفاده از مواد برای آزمایش اسراف نکنید و در هنگام کار از دستگاه‌ها، تجهیزات و وسایل آزمایش به‌دقت مراقبت کنید.

- هرگز مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه را نچشید.

- برای بو کردن مواد شیمیایی از استنشاق مستقیم بخارات آن پرهیز کنید و به‌وسیله دست بخارات آن را به‌سمت بینی هدایت کنید.

- از تماس مستقیم مواد شیمیایی با پوست بدن پرهیز کنید و در صورت تماس، محل مربوطه را با مقدار زیادی آب بشویید.

- برای روشن کردن چراغ ابتدا کبریت را روشن و سپس شیر گاز را باز کنید.

- دماسنج‌ها را هرگز بر روی شعله نگیرید.

- در صورت آلوده شدن لباس به مواد اسیدی یا بازی باید این مواد را خنثی کرد. برای خنثی کردن مواد بازی روی لباس از اسید استیک رقیق استفاده کنید و سپس با آمونیاک رقیق اسید را خنثی کنید. در صورت آلودگی لباس به اسید، برای خنثی کردن آن از آمونیاک رقیق استفاده کنید.

- هر آزمایش به منظور مشاهده، تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری اثرات مواد بر یکدیگر در شرایط مختلف انجام می‌گیرد. لذا، آزمایش‌ها را با دقت و همراه با آرامش خاطر انجام دهید و از عجله و اضطراب بی‌مورد پرهیز کنید.

- پس از پایان هر آزمایش ظروف و ابزارهای مورد استفاده را شسته و یا تمیز کنید و در جای مخصوص خود قرار دهید. مواد شیمیایی را به محل مربوطه انتقال دهید و میز آزمایش را تمیز نمایید.

- زباله‌های باقیمانده از انجام آزمایش را داخل ظرف زباله بریزید و از ریختن آنها به‌داخل لگن دستشویی جداً خودداری نمایید. در صورت ریختن هر نوع مواد شیمیایی، محل مربوطه را با مقدار زیادی آب بشویید و پس

- از پایان هر آزمایش و هنگام خروج از آزمایشگاه از بسته بودن شیر گاز و آب مطمئن شوید.
- توصیه های ایمنی مسئول آزمایشگاه را رعایت نموده و حتی الامکان به تنهایی در آزمایشگاه به آزمایش نپردازید.
- در هنگام حضور در آزمایشگاه درب آزمایشگاه را قفل نکنید.
- مسیر تردد به آزمایشگاه را باز نگه داشته و با انبار کردن وسایل حجیم آن را مسدود نکنید.

## شناسایی الیاف از طریق سوزاندن

فعالیت  
عملی ۱



**مقدمه:** اطلاعات جالب توجه زیادی می تواند از آزمایش سوزاندن الیاف حاصل شود و یکی از روش های شناسایی الیاف آزمایش سوزاندن است. الیاف پروتئین طبیعی نظیر موی حیوانات، پشم گوسفند و ابریشم وقتی می سوزند، بویی شبیه به بوی سوختن پر مرغ از آنها استشمام می شود. بوی سوختن الیاف پروتئینی باز یافته نظیر کازئین فرق می کند و هر دو نوع آنها پس از سوختن یک خاکستر به شکل زغال پفکی و ترد از خود به جای می گذارند. هنگامی که الیاف پشم بر روی آتش دور می شوند، شعله آنها خاموش شده و سوختن آنها پایان می یابد.

الیافی که در مجاورت آتش شعله ور شده و می سوزند و وقتی از شعله دور می شوند به سوختن خود ادامه می دهند، به الیاف «خودسوز» در غیر این صورت به الیاف «غیر خودسوز» معروفند بنابراین الیاف پروتئینی از نوع الیاف غیر خودسوز هستند.

الیاف سلولز طبیعی نظیر پنبه، کنف، جوث و سلولز باز یافته نظیر ویسکوز ریون، وقتی به شعله نزدیک می شوند آتش گرفته و می سوزند و بوی سوختن آنها شبیه به بوی سوختن کاغذ می باشد. مواد سلولزی وقتی از شعله دور می شوند، به سوختن خود ادامه می دهند و از نوع مواد خودسوز هستند. مواد سلولزی خالص (بدون مواد اضافی نظیر رنگ و مواد تکمیلی)، پس از سوختن خاکستر نرمی به جای می گذارند و چنانچه مواد سلولزی حاوی مواد غیر سلولزی باشند ممکن است بوی سوختن آنها با بوی سوختن الیاف خالص سلولزی فرق داشته باشد.

الیاف استات سلولز که از نوع الیاف باز یافته هستند، به آسانی در مقابل شعله می سوزند و بعد از دور شدن از شعله به سوختن خود ادامه می دهند. الیاف استات سلولز از نوع الیاف خودسوز بوده ولی سوختن آنها به سرعت سوختن الیاف سلولزی نمی باشد. هرگاه الیاف استات سلولز به آرامی به شعله نزدیک شوند، ابتدا ذوب شده سپس می سوزند. از سوختن این الیاف بوی ملایم اسید استیک به مشام می رسد و پس از سوختن، زغالی سفت شبیه به دانه تسبیح از خود به جای می گذارند.

اصولاً الیاف مصنوعی به سختی آتش می گیرند و معمولاً غیر خودسوز هستند. این الیاف پس از سوختن ماده سخت و سیاه رنگی از خود به جای می گذارند. الیاف مصنوعی وقتی به شعله نزدیک می شوند، ابتدا ذوب شده و سپس شعله ور می شوند. رنگ دود و بوی حاصل از سوختن الیاف مصنوعی مختلف با هم فرق می کنند؛ مثلاً رنگ دود حاصل از سوختن الیاف تری استات شبیه به بوی اسید استیک (سرکه) و بوی حاصل از سوختن الیاف نایلون مثل بوی کرفس تازه است. لازم به یادآوری است که برخی از الیاف

وقتی به شعله نزدیک می‌شوند، جمع شده و از شعله دور می‌شوند.

**وسایل آزمایش:** چراغ گاز بونزن، گیره

**مواد لازم:** الیاف از انواع مختلف

### شرح آزمایش

چراغ گاز بونزن را روشن کرده و توده کوچکی از الیاف را به وسیله گیره بگیرید و به آرامی به شعله نزدیک کنید. سپس توده الیاف مورد نظر را به مدت چند ثانیه در بالای شعله نگه دارید و آنگاه از شعله دور کنید. توجه داشته باشید که نزدیک کردن الیاف به شعله به آرامی انجام شود تا در صورت ذوب شدن الیاف و یا جمع شدن الیاف و دور شدن آنها از شعله، این اعمال به خوبی مشاهده گردد. در حین سوختن به رنگ دود، بوی سوختن و سپس به شکل و چگونگی خاکستر دقت کنید. آرامش و دقت در آزمایش شرایطی هستند که در نتیجه آنها می‌تواند به آسانی به خودسوز بودن یا نبودن الیاف مربوطه، بوی سوختن و کیفیت و رنگ خاکستر پی برد.

به نکات زیر توجه کنید:

۱- پس از انجام آزمایش سوزاندن بر روی الیاف موجود در آزمایشگاه، جدولی تهیه کنید و مشاهدات نتایج آزمایش نظیر ذوب شدن لیف، دور شدن الیاف از شعله، رنگ شعله، رنگ دود، بو، خودسوز بودن، رنگ و کیفیت خاکستر و... را در آن درج نمایید.

۲- با استفاده از آزمایش سوزاندن، چگونه به نوع الیاف مصنوعی و طبیعی پی می‌برید؟

۳- خودسوز بودن یا غیرخودسوز بودن الیاف چه اهمیتی در پوشاک، پرده، پارچه‌های رومبلی و دیگر پارچه‌ها دارد؟

۴- درجه گرمای اتو برای پارچه‌های پنبه‌ای بیشتر است یا پارچه‌های نایلونی؟ چرا؟

۵- توضیح دهید که به وسیله غلتک‌های داغ بر روی چه نوع از پارچه‌هایی می‌توان طرح‌های برجسته ایجاد نمود؟

روی میز فلزی یا سنگی آزمایش را انجام دهید و الیاف مورد آزمایش را با پنس بگیرید.

نکات ایمنی  
و بهداشتی



آزمایش را در محل امن انجام دهید و باقیمانده‌های الیاف را در فاضلاب نریزید.

نکات زیست  
محیطی

تعیین طول الیاف به صورت مجزا (تک تک)

فعالیت  
عملی ۲



در این روش طول الیاف به صورت مجزا و تک تک اندازه‌گیری می‌شود. این روش برای کلیه الیاف طبیعی و مصنوعی قابل استفاده بوده ولی بیشتر برای الیاف مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که در این



روش طول الیاف به صورت مجزا و تک تک اندازه گیری می شود، لذا عملیات آماری نیز می تواند بر روی مقادیر اندازه گیری شده انجام شود.

#### ۱- وسایل مورد نیاز

- دستگاه (جعبه) ویژه اندازه گیری

- پنس

- پارافین یا گلیسیرین یا روغن بی اثر مشابه

#### ۲- شرایط آزمایش

آزمایش در محیط آزمایشگاه (با رطوبت نسبی و دمای مناسب) انجام شود.

#### ۳- روش نمونه برداری

به صورت تصادفی از مجموعه الیاف مورد نظر

#### ۴- شرح دستگاه

دستگاه اندازه گیری طول الیاف به روش تک تک از بخش های زیر تشکیل شده است:

- جعبه ای چوبی به ابعاد  $32 \times 22 \times 20$  (همه ابعاد به سانتی متر)، داخل این جعبه چوبی از یک ورقه آلومینیومی پوشانده شده و یک لامپ فلوروسنت در داخل جعبه قرار داشته و وجه بالایی جعبه چوبی باز است.

- وجه بالایی جعبه از دو صفحه شیشه ای که بین آنها یک طلق شفاف وجود دارد پوشانده شده است. صفحه شیشه ای پایینی به ضخامت ۴ میلی متر و ضخامت شیشه رویی که مدرج می باشد به ضخامت ۲ میلی متر است.

- یک آینه به ابعاد  $15 \times 22$  (ابعاد به سانتی متر) که بر روی پایه ای قابل تنظیم نصب شده است بر روی جعبه قرار دارد. تنظیم پایه آینه شرایط تغییر زاویه آینه در بالای جعبه را فراهم می کند. قابلیت تنظیم آینه به خاطر تغییر یا تنظیم زاویه تابش نور می باشد.

- حدود نیمی از شیشه بالایی جعبه با صفحه ای پوشیده شده است و نور لامپ فلوروسنت داخل جعبه از قسمت پوشیده نشده شیشه ها به آینه تابیده شده و از آینه به نمونه لیف بازتابیده می شود.

#### ۵- روش آزمایش

برای اندازه گیری طول الیاف به صورت تک تک ابتدا یک قطره پارافین مایع (یا هر روغن شفاف مشابه و بی اثر بر روی الیاف مورد آزمایش) بر روی قسمتی از صفحه شیشه ای مدرج ریخته می شود. سپس یک لیف که به پارافین آغشته شده است بر روی صفحه شیشه ای مدرج قرار داده می شود و یک سر لیف بر روی یک خط از درجه بندی قرار گرفته و سر دیگر آن با پنس کشیده شده تا فرم موج آن از بین رفته و مستقیم شود. با مستقیم شدن لیف، طول لیف از روی خطوط مدرج خوانده و یادداشت می شود. (پارافین برای از بین بردن فرم موج و تجعد الیاف مورد استفاده قرار می گیرد).

برای انجام آزمایش الیاف مصنوعی حداقل  $30$  نمونه لیف و برای الیاف پنبه حدود  $500$  لیف مورد اندازه گیری قرار گرفته، میانگین طول اندازه گیری شده الیاف را محاسبه کنید.



**مفهوم و تنوع طول الیاف:** یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فیزیکی الیاف نساجی، طول لیف می‌باشد. طول لیف، عبارت است از فاصله بین دو سر لیف وقتی که لیف به صورت مستقیم و کشیده شده (بدون فرموج) قرار گرفته باشد. اگر یک لیف به صورت آزاد قرار داشته باشد، ممکن است دارای فرموج باشد، در این صورت فاصله بین دو سر لیف دارای فرموج، کوتاه‌تر از طول واقعی لیف می‌باشد. در شکل ۲۱ دو لیف نشان داده شده است. در قسمت (الف) از شکل ۲۱ یک لیف به صورت کشیده شده نشان داده شده است که بدون فرموج بوده و طول لیف برابر فاصله بین دو سر لیف می‌باشد. اما در قسمت (ب) از شکل ۲۱ یک لیف نشان داده شده است که کشیده نشده و مستقیم نیست و دارای فرموج می‌باشد، در این صورت طول لیف بیشتر از فاصله بین دو سر لیف می‌باشد.



شکل ۲۱- طول لیف و فاصله بین دو سر لیف

(الف) لیف کشیده شده و مستقیم؛ (ب) لیف آزاد (مستقیم نشده)

طول الیاف طبیعی مثل الیاف پنبه و پشم دارای تنوع زیادی است، مثلاً در یک دسته از الیاف پنبه شاید نتوان دو لیف یافت که دارای طول یکسان باشند. برای همین ضریب تغییرات طول الیاف پنبه از یک نمونه به نمونه دیگر بسیار متفاوت می‌باشد. این تفاوت در طول الیاف طبیعی به دلیل منشأ طبیعی و بیولوژیکی این الیاف می‌باشد. این در حالی است که الیاف مصنوعی که به صورت صنعتی تولید و بریده می‌شوند، دارای طول یکسانی بوده و ضریب تغییرات طول در الیاف مصنوعی قابل کنترل بوده و می‌توان الیافی با طول یکسان یا با تنوع طول معین تولید نمود. جدول ۱ تنوع طول الیاف طبیعی را نشان می‌دهد.

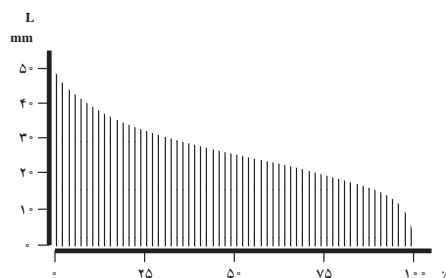
جدول ۱- تنوع طول الیاف طبیعی

طول (mm)	نوع لیف
۱۳-۱۶	الف) پنبه
۱۹-۳۰	- بنگال
۱۳-۲۸	- سوریه
۱۹-۳۰	- ایران
۳۰-۳۲	- آمریکا
۳۲-۳۵	- مصر (علیا)
۳۸-۴۴	- مصر (کارناک)
	- سی‌آیلند
	ب) پشم

۶۳-۷۶	- مرینوس استرالیا (۸.S)
۷۶-۸۹	- مرینوس کشورهای جنوبی (۵۶S)
۱۲۷-۱۵۲	- پشم ضخیم (۴۸S)
۲۵۴-۳۰۵	- پشم ضخیم کوهستانی (۳۶S)
۳۰۵-۹۱۵	ج (کنان (طول تقریبی ساقه)
۳۰۰-۷۵۰	د) کنف (طول تقریبی ساقه)
۳۷۵-۹۰۰	ه) جوت یا چتایی (طول تقریبی ساقه)

### نمودار طول الیاف

چنان که توضیح داده شده است، طول الیاف طبیعی مثل پنبه یا پشم در یک اندازه نبوده و حتی مثلاً در یک توده کوچک از الیاف پنبه، تنوع و پراکندگی طول الیاف زیاد است. از این رو در یک توده کوچک پنبه می توان الیاف با طول های متفاوت از کوتاه ترین طول (مثلاً ۴ میلی متر) تا بلندترین طول (مثلاً ۳۲ میلی متر تا ۶۰ میلی متر که بستگی به نوع پنبه دارد) یافت. در عملیات ریسندگی و تجارت، دانستن چگونگی توزیع طول الیاف یا دانستن نمودار طولی الیاف از نظر فنی و اقتصادی بسیار با اهمیت می باشد. برای همین نمودار طول الیاف مثل پنبه ترسیم می شود تا در مواردی مثل فنی و اقتصادی (تجاری) از آن بهره گرفته شود. یکی



شکل ۲۲- نمودار طول الیاف پنبه

از روش های معمول ترسیم نمودار طول الیاف پنبه به این صورت است که الیاف پنبه را به ترتیب از بلندترین لیف تا کوتاه ترین لیف که در توده مورد نظر قرار دارند جدا کرده و به ترتیب از لیف بلند به لیف کوتاه از سر پائینی روی یک خط افقی کنار هم قرار داده و سرهای بالایی الیاف را با یک خط ممتد به هم وصل می کنند و به این صورت نمودار طول الیاف رسم می شود. در شکل ۲۲ نمودار طول الیاف پنبه نشان داده شده است.

### تعیین طول مؤثر درصد الیاف کوتاه و طول میانگین

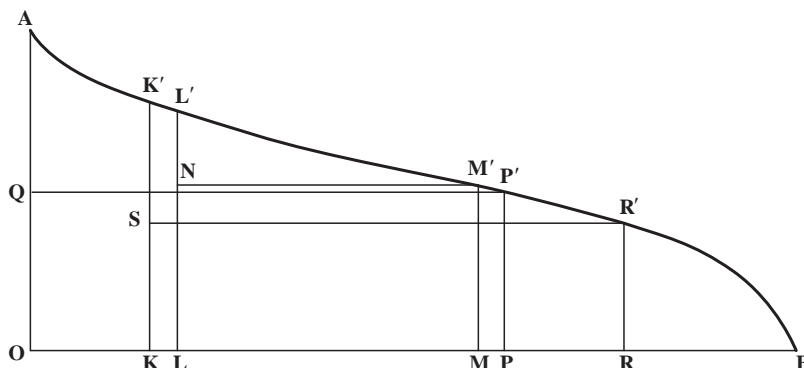
**طول مؤثر:** طول مؤثر الیاف یکی از پارامترهای مهم طولی الیاف است که از روی نمودار طول الیاف پنبه و به روش ترسیمی به دست می آید. طول مؤثر الیاف، طولی است که تنظیمات فواصل مثل فاصله بین غلتک های کشتش در ماشین های ریسندگی از روی این طول انجام می شود.

**- درصد الیاف کوتاه:** در نمودار طول الیاف، الیاف کوتاه تر از نصف طول مؤثر، الیاف کوتاه نامیده می شود. از این رو، به درصد الیاف با طول کوتاه تر از طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه گفته می شود.

**- طول میانگین:** طول میانگین، نشان دهنده متوسط طول الیاف بوده و با دانستن طول میانگین، اثر چگونگی توزیع طول الیاف یا اثر شیب نمودار طول الیاف کاهش یافته یا از بین می رود.

برای تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و طول میانگین الیاف پنبه، با توجه به شکل ۲۳ یک نمودار طول

الیاف پنبه را در نظر می‌گیریم.



شکل ۲۳- تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و میانگین طول الیاف

در این شکل O به‌عنوان مبدأ، OB محور افقی و OA محور عمودی است. یعنی OA عمود بر OB است. OA حداکثر طول لیف می‌باشد. برای تعیین طول مؤثر به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

- ۱- نقطه Q را بر روی محور عمودی و در وسط OA تعیین می‌کنیم.
- ۲- از نقطه Q خطی موازی محور افقی OB رسم می‌کنیم تا نمودار را در نقطه P' قطع کند.
- ۳- از نقطه P' عمودی رسم می‌کنیم تا محور OB را در نقطه P قطع کند.
- ۴- نقطه k را روی محور OB طوری تعیین می‌کنیم که  $OK = \frac{1}{4}OP$  باشد.
- ۵- از نقطه k عمودی رسم می‌کنیم تا نمودار را در نقطه k' قطع کند.
- ۶- نقطه S را در وسط kk' تعیین می‌کنیم.
- ۷- از نقطه S خطی موازی OB رسم می‌کنیم تا نمودار را در R' قطع کند.
- ۸- از نقطه R' عمودی رسم می‌کنیم تا محور OB را در نقطه R قطع کند.
- ۹- نقطه L را بر روی محور OB طوری تعیین می‌کنیم که  $OL = \frac{1}{4}OR$  باشد.
- ۱۰- از نقطه L خطی عمود رسم می‌کنیم تا نمودار را در L' قطع کند.

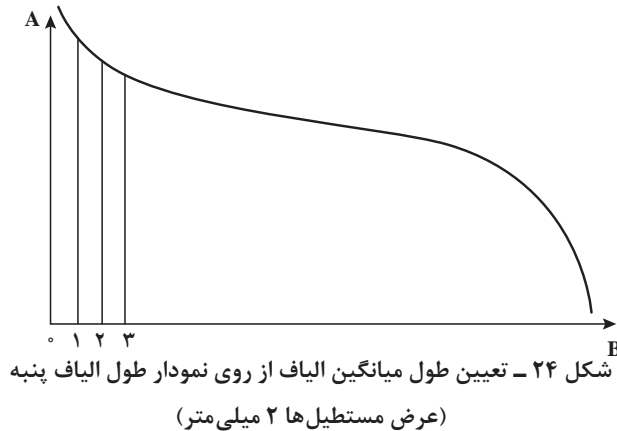
طول خط LL' به‌عنوان طول مؤثر در نظر گرفته شده و بیان می‌شود. با توجه به تعریف الیاف کوتاه، اگر فرض کنیم که خط افقی SR' از وسط خط LL' می‌گذرد، آنگاه الیاف کوتاه‌تر از طول RR' به‌عنوان الیاف در نظر گرفته می‌شوند. در این صورت درصد الیاف کوتاه از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\text{درصد الیاف کوتاه} = \frac{RB}{OB} \times 100$$

اگر الیاف با طول کوتاه‌تر از RR' که به‌عنوان الیاف کوتاه می‌باشند را نادیده بگیریم، چون  $OL = \frac{1}{4}OR$  است، لذا می‌توان گفت که طول مؤثر الیاف یعنی LL' طولی است که  $\frac{1}{4}$  از الیاف، طولی بیشتر از آن و  $\frac{3}{4}$  از الیاف، طولی کوتاه‌تر از آن دارند.

طول میانگین الیاف از تقسیم مساحت زیر نمودار طول الیاف بر OB به‌دست می‌آید. برای این کار محور OB به فاصله‌های ۲ یا ۳ میلی‌متری درجه‌بندی می‌شود (در صورت استفاده از فاصله ۲ میلی‌متری، دقت بیشتر

می‌شود). در این صورت مستطیل‌هایی با عرض ۲ میلی‌متر (در صورت درجه‌بندی به فاصله ۲ میلی‌متر) و طول برابر ارتفاع نمودار طول به دست می‌آید (شکل ۲۴).

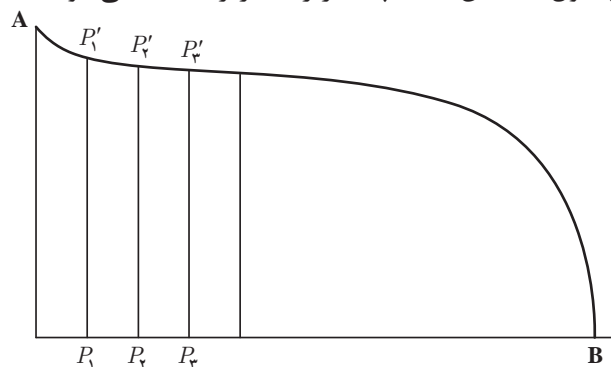


اگر مساحت مستطیل‌های کوچک حاصل را با هم جمع کنیم و تقسیم بر OB نماییم، طول میانگین الیاف به دست می‌آید. در واقع طول میانگین الیاف از رابطه زیر به دست می‌آید:

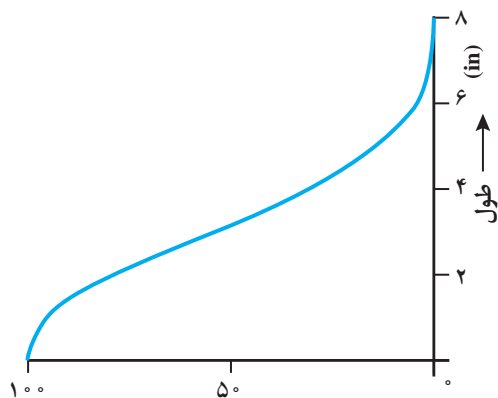
$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n W \times L_i}{n}$$

در رابطه فوق  $\bar{L}$  طول میانگین الیاف،  $W$  عرض مستطیل‌های کوچک (برابر ۲ یا ۳ میلی‌متر)،  $L_i$  طول ضلع (ضلع سمت راست) مستطیل به عرض  $n \times W$  تعداد مستطیل‌های به عرض  $W$ . روش دیگر و ساده‌تر تعیین طول میانگین به این صورت است که بر روی OB،  $n$  نقطه به فاصله مساوی از یکدیگر تعیین کنیم و این نقاط را به  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  بنامیم. از هر نقطه  $P_i$  یک عمود رسم می‌کنیم تا نمودار طول الیاف را در نقطه  $P'_i$  قطع کند (شکل ۲۵). میانگین طول  $P_i P'_i$  ها، همان طول میانگین الیاف می‌باشد. یعنی طول میانگین الیاف پنبه از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i P'_i}{n}$$



شکل ۲۵ - تعیین طول میانگین از روی ارتفاع نمودار طول الیاف پنبه



شکل ۲۶- نمودار توزیع تجمعی طول الیاف پشم

در ریسندگی پشم، برای تنظیم فواصل ماشین‌های ریسندگی، به‌ویژه برای تنظیم فاصله‌های ناحیه‌های کشش از طول متوسط الیاف پشم استفاده می‌شود. برای تعیین طول متوسط الیاف پشم از نمودار توزیع تجمعی الیاف پشم استفاده می‌شود. در شکل ۲۶، نمودار توزیع تجمعی الیاف پشم نشان داده شده است. از میانگین طول‌های ۵٪، ۱۵٪، ۲۵٪، ۳۵٪، ۴۵٪، ۵۵٪، ۶۵٪، ۷۵٪، ۸۵٪ و ۹۵٪ طول الیاف پشم برای بیان طول متوسط این الیاف استفاده می‌شود. یعنی مجموع طول‌های ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵، ۶۵، ۷۵، ۸۵، ۹۵ درصد را تقسیم بر ۱۰ می‌کنند و حاصل، طول متوسط الیاف پشم می‌باشد.

## - اثرات طول الیاف

**- اثر طول الیاف بر حد ریسندگی:** چون ساختمان نخ‌های ریسیده شده مثل نخ‌های پنبه‌ای، در اثر فشار جانبی الیاف و در نتیجه اصطکاک بین الیاف تشکیل می‌شود، و چون درگیری یک لیف با طول بلند در نخ، بیشتر از درگیری یک لیف کوتاه است، بنابراین سهم یک لیف بلندتر در ساختمان نخ بیشتر از سهم یک لیف کوتاه‌تر بوده و در نتیجه با الیاف بلندتر می‌توان نخ ظریف‌تری ریسید. به تعبیر دیگر، اگر الیاف دارای طول بلندتری باشند، در این صورت با تعداد الیاف کمتری در سطح مقطع، می‌توان ساختمان یک نخ را تشکیل داد.

**- اثر طول الیاف بر مقاومت نخ:** چون مقاومت هر نخ حاصل اصطکاک بین الیاف تشکیل‌دهنده آن نخ می‌باشد، و چون درگیری یک لیف بلند بیشتر از درگیری یک لیف کوتاه در نخ می‌باشد، لذا هرچه قدر طول الیاف تشکیل‌دهنده یک نخ بیشتر باشد، مقاومت نخ حاصل نیز بیشتر خواهد بود.

**- اثر طول الیاف بر یکنواختی نخ:** در جریان عملیات ریسندگی، بسیاری از الیاف کوتاه و الیافی که در منطقه کشش تحت کنترل غلتک‌های کشش نیستند از الیاف در حال عملیات جدا شده و به‌صورت انواع ضایعات خارج می‌شوند. همین خروج الیاف به‌صورت ضایعات منجر به نایکنواختی در رشته الیاف می‌شوند. از این‌رو، اگر در توده یا رشته الیاف در حال عملیات از الیاف با طول بلندتر استفاده شود، خروج الیاف به‌صورت ضایعات کاهش یافته و نخ یکنواخت‌تر می‌توان ریسید.

**- اثر طول الیاف بر پرز نخ:** پرز نخ در واقع سرهای الیاف تشکیل‌دهنده نخ هستند که از داخل نخ بیرون می‌آیند و به‌صورت سرهای آزاد در سطح نخ دیده می‌شوند. در تولید یک نخ، اگر از الیاف کوتاه‌تر استفاده شود، آنگاه تعداد الیاف برای تولید این نخ و در نتیجه تعداد سرهای الیاف بیشتر خواهد بود. بنابراین، در تولید یک نخ، هرچه طول لیف کم‌تر باشد یا هرچه الیاف کوتاه‌تر باشند، پرز نخ تولیدی نیز بیشتر خواهد بود.

**- اثر طول الیاف بر زبردست کالای تولیدی:** در صورتی که در تولید یک نخ از الیاف بلندتر استفاده شود، نخ مورد نظر نیاز به تاب کمتر داشته و نخ حاصل یکنواخت‌تر، صاف‌تر و دارای پرز کمتری خواهد بود.

بنابراین، پارچه بافته شده از نخ که با الیاف بلندتر ریسیده شود، صاف تر بوده و دارای زیردست مطلوب تر است.

**– اثر طول الیاف بر بهره‌وری تولید:** طول الیاف بر روی بهره‌وری ریسندگی و تولید نخ مؤثر است. با افزایش طول الیاف، بهره‌وری تولید نخ نیز افزایش می‌یابد. سه دلیل مهم افزایش بهره‌وری تولید در ریسندگی، با افزایش طول الیاف را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- ۱- الیاف بلندتر نیاز به تاب کمتری دارند، در نتیجه تولید نخ افزایش می‌یابد.
- ۲- کاهش گسستگی در مواد در جریان عملیات ریسندگی، مثل کاهش پارگی تار عنکبوتی در ماشین‌های خط ریسندگی مثل ماشین کارد یا کاهش نخ پارگی بر روی ماشین ریسندگی مثل ماشین رینگ و در نتیجه افزایش تولید.
- ۳- کاهش ضایعات الیاف در ماشین‌های ریسندگی. بلند بودن الیاف باعث می‌شود تا در نواحی کشش ریزش نکند و در نتیجه میزان ضایعات کاهش یابد.

پرسش



- طول الیاف را تعریف کنید.
- طول مؤثر و درصد الیاف کوتاه را تعریف کنید
- اثر طول الیاف بر بهره‌وری ریسندگی را توضیح دهید.

بحث کنید



- تنوع طول در کدام یک از دسته الیاف طبیعی یا مصنوعی بیشتر است؟ چرا؟
- اثرات طول الیاف بر عملیات نساجی و محصولات آن

### تعیین ظرافت الیاف به طریق جریان هوا

روش‌های مختلفی که برای تعیین ظرافت الیاف وجود دارند و تاکنون به دو روش یعنی تعیین قطر لیف و جرم طولی لیف اشاره شده است، بسیار زمان‌بر و پرهزینه هستند. بنابراین تلاش‌های فراوانی انجام شده است تا روشی آسان و پرسرعت به منظور تعیین ظرافت الیاف ابداع شود. یکی از روش‌های بسیار موفقیت‌آمیز برای تعیین ظرافت الیاف، بهره‌گیری از جریان هوا می‌باشد. در این روش که معمولاً برای تعیین ظرافت الیاف پنبه استفاده می‌شود، از ایجاد اختلاف فشار در دو طرف یک توده الیاف با وزن معین، و اندازه‌گیری سرعت جریان هوای عبوری از بین توده الیاف، برای تعیین ظرافت الیاف بهره گرفته می‌شود. با توجه به شکل صفحه بعد سیلندری را در نظر می‌گیریم به ارتفاع حدود ۲۵ میلی‌متر و با قطر ۲۵ میلی‌متر که در وسط دارای صفحه مشبکی باشد و روی صفحه مشبک توده‌ای الیاف با وزن معین (مثلاً ۳/۵ گرم) قرار می‌دهیم. اگر فشار سیلندر در بالای توده الیاف  $P_1$  و فشار سیلندر در پایین صفحه مشبک  $P_2$  و  $P_1 > P_2$  باشد، آنگاه هوا از قسمت بالای سیلندر و از داخل توده الیاف عبور کرده و به سمت پایین سیلندر الیاف جریان می‌یابد و سرعت جریان هوا از بالا به پایین بستگی به سطح مخصوص الیاف دارد نه به جرم طولی الیاف.

اگر فرض کنیم  $Q$  سرعت جریان هوا از میان توده الیاف و  $S$  سطح مخصوص الیاف باشد، تناسب زیر بین  $Q$  و  $S$  برقرار است:

$$\Phi \propto \frac{1}{S^2}$$

یعنی سرعت جریان هوا (Q) با عکس توان دوم (مجذور) سطح مخصوص ( $\frac{1}{S^2}$ ) متناسب است. این بدان معناست که با افزایش سطح مخصوص، سرعت جریان هوا از میان توده الیاف کمتر می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری سرعت جریان هوا (Q) می‌تواند سنجشی باشد برای ظرافت الیاف موجود در توده. شایان توجه است که در الیاف، سطح مخصوص الیاف با قطر آنها نسبت عکس دارد. یعنی بین سطح مخصوص (S) الیاف و قطر الیاف (D) تناسب زیر برقرار است:

$$S \propto \frac{1}{D}$$

یعنی با کوچک شدن قطر (D) الیاف، سطح مخصوص (S) بیشتر می‌شود، به تعبیری سطح مخصوص الیاف ظریف‌تر بیشتر از سطح مخصوص الیاف ضخیم‌تر است. لذا با توجه به مطالب مذکور می‌توان دو عبارت زیر را نوشت:

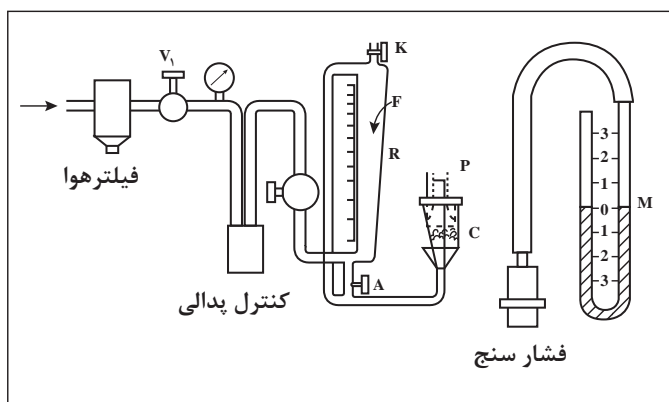
- ۱- با افزایش ظرافت الیاف (کم شدن قطر الیاف (D))؛ سطح مخصوص الیاف (S) افزایش می‌یابد.
  - ۲- با افزایش سطح مخصوص الیاف (S)؛ سرعت جریان هوا (Q) از میان توده الیاف کمتر می‌شود.
- با توجه به دو عبارت فوق می‌توان نتیجه گرفت که با ظریف‌تر شدن الیاف یا کم شدن قطر الیاف، سرعت جریان هوا (Q) از داخل توده الیاف کمتر می‌شود.

شکل ۲۷ اجزای دستگاه میکرونر را به صورت ترسیمی نشان می‌دهد. دستگاه میکرونر، دستگاهی است که برای تعیین ظرافت الیاف به روش جریان هوا به کار می‌رود. چنان‌که از روی شکل ۲۷ دیده می‌شود، در دستگاه میکرونر هوا از سمت چپ و از طریق لوله هوا وارد فیلتر هوا می‌شود و پس از عبور از شیر  $V_1$  و کنترل پدالی، از شیر  $V_2$  عبور می‌کند.

لوله هوا بعد از شیر  $V_2$  دو شاخه می‌شود. شاخه پایینی لوله هوا به زیر استوانه‌ای متصل است که توده‌ای از الیاف با وزن معین در آن قرار داده شده است و هوا می‌تواند از آن عبور کند. شاخه بالایی لوله هوا مدرج بوده و یک شناور در داخل آن وجود دارد. ارتفاع شناور در شاخه بالایی لوله هوا، بستگی به فشار هوای داخل این لوله دارد و از سوی دیگر، مقدار فشار هوای داخل شاخه بالایی لوله هوا بستگی به سرعت جریان هوای عبوری از داخل توده الیاف داخل استوانه دارد. ارتباط بین عوامل مختلف در دو شاخه لوله دستگاه میکرونر را می‌توان در عبارات زیر خلاصه کرد:

- ۱- با ظریف‌تر شدن الیاف داخل توده الیاف، سرعت جریان هوا از داخل توده الیاف کم می‌شود.
- ۲- با کم شدن جریان هوا از داخل توده الیاف، فشار هوا در شاخه بالایی لوله زیاد می‌شود.
- ۳- با زیاد شدن فشار هوا در داخل شاخه بالایی لوله هوا، شناور داخل آن بالاتر می‌رود.

با توجه به عبارات فوق، با تغییر ظرافت الیاف، ارتفاع شناور در داخل لوله مدرج تغییر کرده و از روی ارتفاع شناور در داخل لوله مدرج می‌توانیم پی به ظرافت الیاف ببریم. لازم به توضیح است که درجه‌بندی لوله مدرج در دستگاه میکرونر براساس ظرافت و واحد میکروگرم بر اینچ می‌باشد. در این دستگاه، هرچه ظرافت الیاف بیشتر باشد یا قطر الیاف کمتر باشد، شناور در ارتفاع بالاتری قرار می‌گیرد.



شکل ۲۷- دستگاه میکرونر برای اندازه‌گیری ظرافت الیاف به روش جریان هوا



## فرم ارزشیابی واحد یادگیری ۱- تعیین ویژگی های الیاف گیاهی

شرح فعالیت: شناسایی الیاف گیاهی و تعیین خصوصیات الیاف گیاهی			
استاندارد عملکرد: تعیین نوع الیاف گیاهی و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی الیاف به کمک ابزار و دستگاه های مشخص شده شاخص ها: تعیین خصوصیات الیاف پنبه - کتان - رامی - سیسال - جوت			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: فضای کار: آزمایشگاه شناسایی الیاف نساجی تجهیزات: چراغ بونزن، پنس، گیره الیاف، وسایل اندازه گیری فر و موج الیاف و طول الیاف ابزار، دستگاه میکرونر مواد مصرفی: انواع الیاف نساجی، مواد شیمیایی مرتبط			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین نوع الیاف از طریق سوزاندن	۱	
۲	نمونه گیری و تعیین نمودار طول الیاف پنبه (دسته ای)	۱	
۳	تعیین ظرافت الیاف پنبه به روش جریان هوا	۲	
۴	تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن دستگاه و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
میانگین نمرات			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			



## پودمان ۲

### تعیین ویژگی های الیاف حیوانی



## شایستگی فنی

تعریف الیاف پشم و نحوه تولید آن، خواص الیاف پشم، ساختار الیاف پشم، تعریف و نحوه تولید و خواص الیاف ابریشم، تعریف و نحوه تولید و خواص الیاف معدنی، شناسایی الیاف به روش میکروسکوپی، تعیین عناصر موجود در الیاف، تعیین تجعد لیف پشم، شناسایی الیاف با روش نئوکارمین W، شناسایی الیاف با روش شیرلاستین A

## استاندارد کار

پس از پایان پودمان از هنرجویان انتظار می‌رود ضمن شناخت کافی از الیاف پشم و پنبه و تعریف خواص آنها، از طریق آزمایش‌های مربوطه، آنها را شناسایی و دسته‌بندی کنند.

## الیاف حیوانی

الیاف حیوانی، الیافی هستند که از حیوانات به دست می‌آیند. الیاف حیوانی به الیاف پروتئینی نیز معروف هستند، چون ماده سازنده الیاف حیوانی، پلیمر طبیعی پروتئین می‌باشد. الیاف حیوانی به دو دسته عمده الیاف مویی و ابریشم تقسیم می‌شوند. الیاف مویی معمولاً از انواع چهارپایان نظیر گوسفند، بز، شتر، خرگوش به دست می‌آیند و این الیاف پس از چیدن از بدن حیوان ابتدا تبدیل به نخ شده و بعد تبدیل به انواع پارچه می‌شوند. اما الیاف ابریشم به وسیله نوعی کرم به نام کرم ابریشم تولید و به صورت پيله تنیده می‌شوند که این الیاف به صورت یکسره و فیلامنت بوده و در صنعت از کنار هم قرار دادن چند فیلامنت یا الیاف چند پيله در کنار هم، نخ ابریشم تولید و برای بافت پارچه مورد استفاده قرار می‌دهند.

### - پشم

در همه مناطق جهان گوسفند و حیواناتی که از پوشش مویی مانند پشم آنها بتوان استفاده کرد، می‌توان پرورش داد. انواع حیوانات مثل گوسفند، بز، شتر و لاما دارای پوششی هستند که این پوشش‌ها قابلیت مصرف در نساجی به عنوان الیاف را دارا هستند. جدول ۱ برخی از منابع الیاف مویی را نشان می‌دهد:

جدول ۱- برخی از منابع الیاف مویی

نوع نخ	نوع حیوان	مناطق پرورش
پشم	گوسفند	همه مناطق جهان
کشمیر	بز کشمیر	چین، هندوستان، پاکستان
موهر	بز آنگورا	ترکیه، آفریقای جنوبی، آمریکا، آسیای صغیر
موی شتر	شتر	چین، مغولستان، کشورهای عربی، کشورهای جنوب مدیترانه
ویکونا	لاماویکونا	پرو، آمریکای جنوبی
آلیپاکا	لاما	پرو، آمریکای جنوبی

از نظر قدمت، الیاف پشم یکی از قدیمی‌ترین الیاف مورد استفاده برای تولید لباس و پوشاک و انواع زیراندازها و چادرهای خیمه‌ای می‌باشند. مردم مصر باستان، بابلی‌ها و یونانی‌ها و ایرانیان از قرن‌ها پیش از میلاد مسیح، فن رشتن نخ از الیاف پشم را می‌دانستند و از نخ‌های پشمی پارچه می‌بافتند. در قرون اولیه پس از میلاد مسیح پارچه‌های پشمی مرغوب در مناطق بین‌النهرین، آسیای صغیر و ایران بافته می‌شدند. در قرون وسطا صنعت پشم‌ریسی و پشم‌بافی در مناطقی از ایتالیا مانند شهرهای ونیز و فلورانس رواج بسیار خوبی داشت و به تدریج در کشورهای مثل فرانسه، انگلستان، بلژیک و هلند گسترش یافت. این صنعت در دهه ۱۳۴۰ توسط صنعتگرانی از انگلیس به آمریکا برده شد.

پرورش گله‌های گوسفند در کشورهای مختلف مثل ایران، در درجه اول به منظور ذبح حیوان و استفاده از گوشت آنها می‌باشد. ولی در بعضی از کشورها مثل استرالیا، زلاندنو، افریقای جنوبی و تا حدودی بعضی از کشورهای آمریکای جنوبی، گوسفند به منظور استفاده پشم آنها در صنعت نساجی و بافت پارچه‌های پشمی و فاستونی پرورش داده می‌شوند. کشورهای استرالیا، زلاندنو و افریقای جنوبی از تولیدکنندگان پشم مرغوب و ظریف جهان هستند. چهار عامل در کیفیت پشم تولیدی از گوسفندان مؤثر هستند. این چهار عامل عبارت‌اند از: نژاد گوسفند، تغذیه، خاک و آب و هوا.

**– نژاد گوسفند:** مهم‌ترین عامل کیفیت پشم می‌باشد. برای اینکه پشم هر نژادی از گوسفند از نظر طول، ضخامت سطح مقطع و بعضی خواص فیزیکی دارای کیفیت مخصوص به خود است. بهترین پشم و ظریف‌ترین پشم از گوسفندان نژاد مرینوس به دست می‌آید که پشم حاصل از این گوسفندان نیز به پشم مرینوس معروف است. گوسفندان مرینوس در کشورهای مثل استرالیا، زلاندنو و افریقای جنوبی پرورش داده می‌شود.

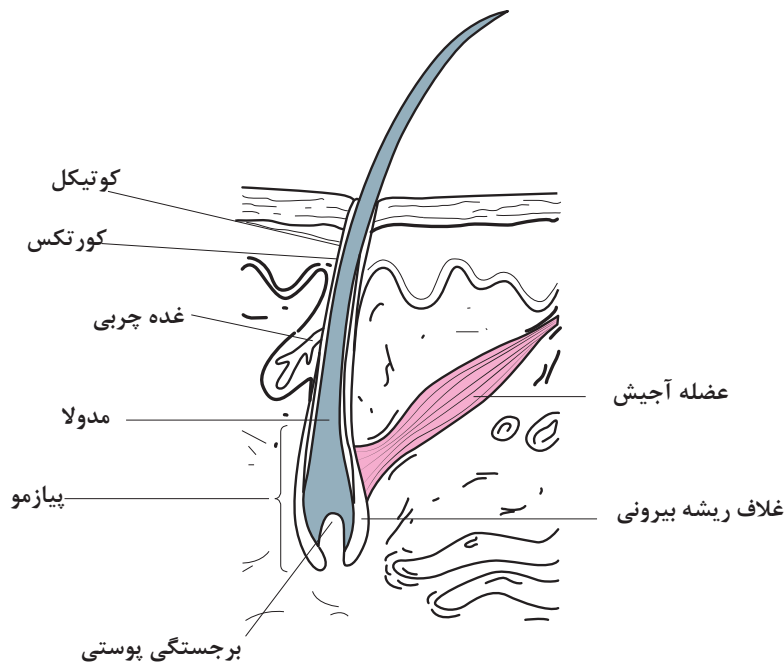
**– تغذیه:** نوع غذا و علوفه‌ای که به گوسفند داده می‌شود بر روی کیفیت پشم تأثیر دارد. مثلاً علوفه به صورت خشک می‌تواند به حیوان تغذیه شود یا اینکه حیوان در مرتع از گیاهان و چمن‌های سرسبز تغذیه نماید.

**– خاک:** خاک یا زمینی که گوسفند در آن رشد می‌یابد، بر روی کیفیت پشم حیوان تأثیر می‌گذارد. مثلاً گوسفندانی که در مراتع سرسبز زندگی می‌کنند. دارای پشمی تمیز و نرم هستند، در حالی که پشم گوسفندانی که در زمین‌های گچی پرورش داده می‌شوند دارای پشمی ضخیم و حاوی گرد و خاک هستند ولی رشد آنها سریع می‌باشد و این رشد سریع به خاطر وجود عنصر کلسیم در خاک‌های گچی می‌باشد. پشم گوسفندانی که در زمین‌ها و خاک‌های رسی پرورش داده می‌شوند حالت اسفنجی دارند.

**– آب و هوا:** عامل دیگر مؤثر بر کیفیت پشم آب و هوا و شرایط جوی محیط پرورش گوسفندان است. در آب و هوای سرد و مرطوب پشم گوسفندان ضخیم می‌شود، در حالی که در آب و هوای گرم و خشک الیاف پشم ظریف می‌باشد.

### رشد الیاف پشم

رشد پشم از پیاز مو که در زیر پوست حیوان قرار دارد شروع می‌شود. شکل ۱ یک مو به همراه پیاز مو را بر روی پوست گوسفند نشان می‌دهد. مو پس از خارج شدن از پیاز مو، از منفذ مو بر روی پوست عبور کرده و از پوست بیرون می‌زند. موها پس از خروج از منافذ مو رشد می‌کنند و در حین رشد پیچ و تاب می‌خورند و به صورت مجعد و فر خورده درمی‌آیند و میزان پیچ و تاب و فر پشم بستگی به نژاد گوسفند و نوع پشم دارد.

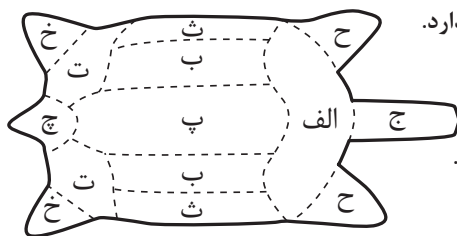


شکل ۱- نحوه رویدن مو بر روی پوست گوسفند

الیاف پشمی که بر روی پوست گوسفند رشد می‌کند به همراه مقداری چربی است که از پیاز مو ترشح می‌شود که به لانولین معروف است. این چربی طبیعی پشم سبب چرب شدن و نرم شدن پشم می‌شود و علاوه بر محافظت از پشم در مقابل عوامل طبیعی مثل نور خورشید و بعضی عوامل شیمیایی، از شکنندگی آنها جلوگیری کرده و از نمدی شدن پشم بر روی بدن حیوان نیز جلوگیری می‌کند. چربی طبیعی پشم را در کارخانه‌های پشم‌شویی از پشم جدا کرده و این چربی‌ها مصارفی مانند انواع کرم‌ها، مواد آرایشی، دارویی و ضد عفونی کننده دارند.

### – تقسیم‌بندی پشم روی گوسفند

پشم قسمت‌های مختلف بدن گوسفند از نظر کیفیت یکسان نیستند. یعنی کیفیت پشم بدن یک گوسفند بستگی به محلی از بدن حیوان دارد که پشم از آن چیده یا تراشیده شده است. بر این اساس، پشم چیده شده از روی گوسفند را به قسمت‌های مختلف براساس کیفیت تقسیم می‌کنند. شکل ۲ تقسیم‌بندی یک دسته پشم چیده شده از روی یک گوسفند را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تقسیم‌بندی کیفیتی پشم گوسفند

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| ظریف است و بهترین کیفیت را دارد.       | الف) الیاف پشم قسمت شانه      |
| بلند و مرغوب است اما ظرافت کمتری دارد. | ب) الیاف پشم قسمت پهلو        |
| استحکام آن از قسمت شانه کمتر است.      | پ) الیاف پشم قسمت پشت         |
| بلند و ضخیم است.                       | ت) الیاف پشم قسمت ران         |
| ظریف، کوتاه و بعضی اوقات نمدی است.     | ث) الیاف پشم قسمت شکم         |
| محکم، ظریف و اغلب نایک‌نواخت است.      | ج) الیاف پشم قسمت گردن        |
| خیلی ضخیم و اغلب نایک‌نواخت است.       | چ) الیاف پشم قسمت دم          |
| کوتاه، نایک‌نواخت و ضعیف است.          | ح) الیاف پشم قسمت پاهای جلویی |
| کوتاه، ضخیم و محکم است.                | خ) الیاف پشم قسمت پاهای عقبی  |

### - ساختمان لیف پشم

لیف پشم که از روی پوست گوسفند رشد می‌کند در سراسر طول خود دارای قطر یکسان نیست و قطر و ضخامت لیف پشم از پایین به بالا کاهش می‌یابد. و هرچه لیف بلندتر باشد قطر یا ضخامت آن نیز بیشتر است. اما سطح لیف به صورت صاف نیست و اگر سطح یک لیف پشم در زیر میکروسکوپ دیده شود، دارای فلس‌هایی است که سر این فلس‌ها به سمت نوک پشم بوده و سراسر طول پشم را در بر می‌گیرند. شکل ۳ سطح یک لیف پشم را نشان می‌دهد و فلس‌ها بر روی لیف پشم سراسر طول لیف پشم را پوشانده و سر همه این فلس‌ها رو به بالا یا به سمت نوک پشم می‌باشند.



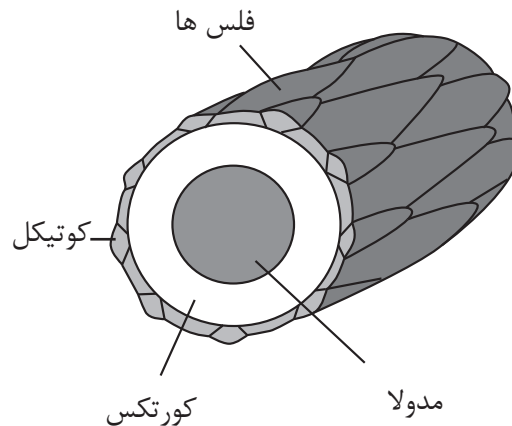
الیاف استاندارد پشم

الیاف مرینوس پشم

شکل ۳- نمای طولی یک لیف پشم

شکل ۴ نمای مقطع عرضی یک لیف پشم را نشان می‌دهد. چنان‌که از روی این شکل دیده می‌شود، مقطع عرضی لیف پشم به سه قسمت زیر تقسیم می‌شود:

- کوتیکل یا پوسته خارجی
- کورتکس یا قسمت میانی
- مدولا یا هسته مرکزی

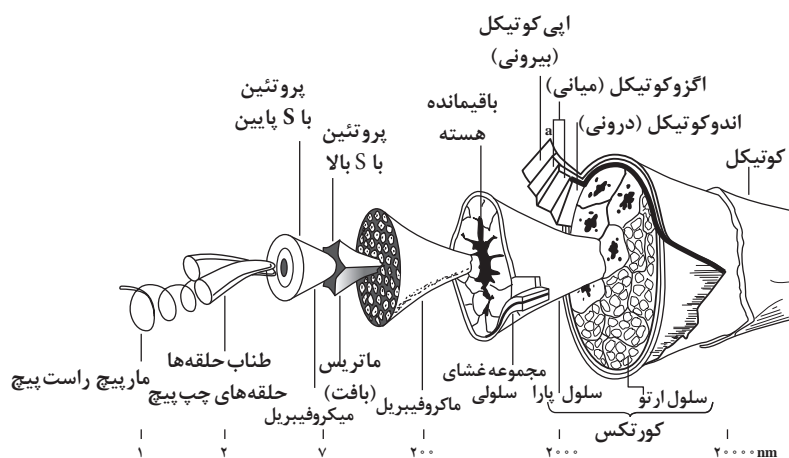


شکل ۴- نمای مقطع عرضی لیف پشم

**۱- کوتیکل یا پوسته خارجی:** مشاهدات میکروسکوپی سطح یک لیف پشم فلس‌ها را نشان می‌دهد که سراسر طول لیف پشم را پوشانده و سطح بیرونی لیف پشم را دربر گرفته‌اند. این پوشش به نام کوتیکل نامیده می‌شود. قسمت‌های مختلف یک لیف پشم در شکل ۵ نشان داده شده است.

فلس‌ها در جهت طول لیف و از پایین به سمت نوک لیف به طور موازی قرار دارند و لبه بالایی هر فلس بر روی قسمت پایینی فلس بالایی قرار دارد (مثل فلس‌ها یا پولک‌ماهی). اندازه و ضخامت فلس‌ها و مقدار قرار گرفتن فلس‌ها بر روی یکدیگر در انواع پشم و موی حیوانات مختلف متفاوت است. در برخی از پشم‌ها کوتیکل فقط از یک فلس ضخیم تشکیل شده و میزان روی هم قرار گرفتن لبه‌های فلس‌های کنار هم بسیار کم است، ولی در پشم‌هایی مثل آلپاکا و موی خوک فلس‌ها ضخیم هستند و لبه فلس‌ها مجاور به مقدار زیادی بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند.

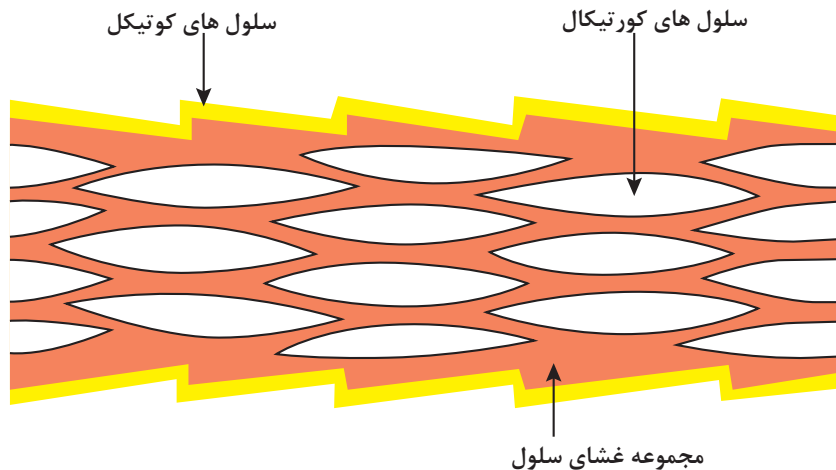
فلس‌ها در الیاف کوچک هستند و تعداد آنها یا تراکم آنها بر روی پشم ظریف زیاد است. ولی اندازه فلس‌ها در پشم‌های ضخیم بزرگ‌تر بوده و تراکم فلس‌ها بر روی پشم‌های ضخیم کمتر است و به همین دلیل است که الیاف پشم ضخیم زبر و خشن بوده و دارای جلا و درخشندگی ویژه‌ای هستند. یکی از نکات مهم در نقش فلس بر روی الیاف پشم این است که فلس‌ها از دیگر قسمت‌های لیف پشم سخت‌تر و در مقابل عوامل خارجی مثل میکروب‌ها و باکتری‌ها مقاوم‌تر هستند و به عنوان محافظ لیف پشم به حساب می‌آیند.



شکل ۵- قسمت‌های مختلف یک لیف پشم

**۲- کورتکس:** کورتکس، حجم عمده یک لیف پشم را تشکیل می‌دهد و به وسیله کوتیکل دربر گرفته شده است. حدود ۹۰ درصد از حجم یک لیف پشم را کورتکس تشکیل می‌دهد. مقطع کورتکس به صورت یک بیضی است که حاوی سلول‌های دوکی شکل می‌باشد و طول این سلول‌های دوکی شکل ۸۰-۱۱۰ میکرون و عرض آنها ۳-۵ میکرون است. سلول‌های دوکی شکل به صورت موازی در داخل کورتکس قرار دارند. هرگاه یک ماده شیمیایی سبب حل شدن لیف پشم شود، سلول‌های دوکی شکل را نیز از هم جدا می‌کند. برای مثال موادی مثل اسید سولفوریک و اسید فورمیک می‌توانند سلول‌های دوکی شکل را از یکدیگر جدا کنند. شکل ۶ وضعیت یک سلول دوکی شکل را در مقطع لیف پشم نشان می‌دهد.

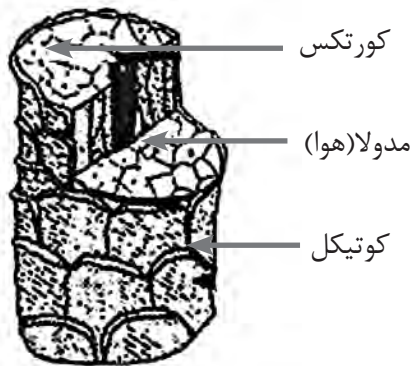




شکل ۶- نمای میانی لیف پشم و موقعیت سلول‌های دوکی شکل

قسمت کورتکس در پشم به دو بخش ارتوکورتکس و پاراکورتکس تقسیم می‌شود و رفتار این دو بخش متفاوت بوده و جذب رطوبت آنها نیز یکسان نیست. پاراکورتکس دارای ساختمان متراکم‌تری نسبت به ارتوکورتکس می‌باشد. لذا جذب آب و رطوبت در قسمت ارتوکورتکس راحت‌تر و در نتیجه همین تفاوت در جذب رطوبت این دو قسمت است که پشم در اثر جذب رطوبت یا خشک شدن دارای فر و موج می‌شود.

**۳- مدولا:** مدولا به صورت یک کانال سراسری در وسط لیف پشم است که در رشد و نمو لیف پشم مؤثر است. مدولا در الیاف ظریف، بسیار نازک است و به آسانی قابل تشخیص نیست، ولی در پشم‌های ضخیم، چنان که در شکل ۷ ترسیم شده است، مدولا به صورت کانالی در وسط لیف دیده می‌شود.



شکل ۷- نمای مدولا در لیف پشم

### - خصوصیات الیاف پشم

**۱- طول الیاف پشم:** طول الیاف پشم یکی از عوامل مهم در کیفیت پشم می‌باشد. طول الیاف پشم به عامل‌هایی مثل نژاد گوسفند، تغذیه گوسفند، شرایط آب و هوایی، محل رویش پشم بر روی بدن حیوان و فاصله بین دو چین پشم بستگی دارد. هرچه مدت رویش پشم بر روی بدن حیوان طولانی‌تر باشد یا به تعبیر دیگر هرچه فاصله بین دو چین متوالی پشم طولانی‌تر باشد، طول پشم نیز بلندتر است، ولی هرگاه از طول پشم گفته می‌شود، منظور طول پشم یکساله است. اندازه‌گیری طول یک لیف پشم، به دلیل فرو موج طبیعی که بر روی لیف پشم وجود دارد، کمی دشوار است. برای همین، قبل از اندازه‌گیری طول لیف پشم، باید دو سر لیف پشم را کشید تا فرو موج آن از بین رفته و به صورت صاف و مستقیم قرار گیرد. بعد از اینکه پشم

کشیده شد و فرو موج آن از بین رفت و صاف و مستقیم قرار گرفت، فاصله بین دو سر لیف را اندازه‌گیری می‌کنند و این فاصله به عنوان طول لیف پشم در نظر گرفته شده و بیان می‌شود. طول الیاف پشم به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود.

طول کوتاه	۱۲/۵ - ۴ سانتی‌متر
طول متوسط	۱۵ - ۶/۵ سانتی‌متر
طول بلند	۳۷/۵ - ۱۲/۵ سانتی‌متر

**۲- قطر یا ضخامت الیاف پشم:** قطر یا ضخامت الیاف پشم مثل طول پشم از عوامل تعیین‌کننده کیفیت پشم می‌باشد. در ریسندگی الیاف پشم، هر چه ضخامت و قطر الیاف پشم کمتر و لیف باریک‌تر باشد ظرافت پشم بیشتر و پشم مرغوب‌تر و قیمت آن گران‌تر است. قطر الیاف پشم به نژاد گوسفند و محل رویش پشم بر روی بدن حیوان بستگی دارد. چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است، هرچه طول الیاف پشم بیشتر باشد، قطر آنها نیز بیشتر است. از این رو، هر چه فاصله بین دو پشم چینی متوالی بیشتر باشد، قطر و ضخامت الیاف نیز بیشتر خواهد بود و در نتیجه ظرافت الیاف پشم کمتر خواهد بود.

حدود قطر الیاف پشم به صورت زیر می‌باشد:

الیاف ظریف	حدود ۱۷ میکرون
قطر متوسط	۲۴ - ۳۲ میکرون
قطر الیاف بلند و ضخیم	حدود ۴۰ میکرون

**۳- تجعد الیاف پشم:** به فر و موج الیاف پشم تجعد می‌گویند. الیاف پشم از نظر تجعد طبیعی در بین الیاف نساجی منحصر به فرد هستند و تجعد سبب نرمی و پری، گرمی و عایق بودن الیاف پشم می‌شود. دلیل تجعد و فر و موج الیاف پشم چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است، به دلیل دوگانگی و عدم یکنواختی قسمت کورتکس در این لیف می‌باشد. یکی از مزایای تجعد الیاف پشم درگیری بهتر این الیاف با یکدیگر در هنگام ریسندگی است. تجعد الیاف ظریف بیشتر از تجعد الیاف ضخیم می‌باشد؛ برای مثال الیاف ظریف در هر سانتی‌متر حدود ۷۰ چین خوردگی دارند در حالی که این تعداد برای الیاف ضخیم حدود ۱۲-۱۰ چین در سانتی‌متر می‌باشد.

**۴- مقاومت الیاف پشم:** مقاومت یا استحکام الیاف پشم همان پایداری آنها در مقابل نیروی کششی است. اگرچه مقاومت یک لیف با الیاف دیگر می‌تواند متفاوت باشد، مقاومت کششی پشم عمدتاً به ضخامت و قطر پشم بستگی دارد. مقاومت الیاف را در شرایط استاندارد اندازه‌گیری و بیان می‌کنند. شرایط استاندارد محیطی عبارت است از دمای  $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و  $65 \pm 2$  درصد رطوبت نسبی.

الیاف پشم وقتی رطوبت جذب می‌کنند، مقاومت آنها کاهش می‌یابد. با جذب رطوبت، مقاومت الیاف پشم ۱۵-۲۰ درصد کم می‌شود.

**۵- خاصیت کشسانی و ارتجاعی الیاف پشم:** جنس الیاف پشم از یک نوع پروتئین است که کراتین نام دارد مولکول کراتین در داخل لیف پشم به صورت مارپیچی قرار دارد. وقتی که یک لیف پشم در حالت آزاد تحت کشش قرار می‌گیرد، ابتدا تجعد و فر و موج لیف شروع به باز شدن می‌کند، وقتی که تجعد لیف کاملاً باز شد و لیف به صورت صاف و مستقیم قرار گرفت، نیروی کششی وارد شده به پشم سبب باز شدن و مستقیم شدن کراتین که به صورت مارپیچی است، می‌شود. حال، هرگاه نیروی کششی اعمال شده به پشم حذف شود، کراتین پشم به حالت مارپیچی اولیه برمی‌گردد و اگر لیف به صورت آزاد قرار گیرد، فرو موج و

تجدد باز شده پشم به حالت اول برمی‌گردد. از این رو الیاف پشم در بین الیاف مختلف نساجی دارای خاصیت کشسانی و ارتجاعی بسیار عالی می‌باشد.

وقتی الیاف پشم تا ۲ درصد طول خود کشیده می‌شوند، بعد از حذف نیرو ۹۹ درصد افزایش طول اعمال شده به حالت اول برمی‌گردد و اگر افزایش طول اعمال شده به ۲۰ درصد برسد، پس از حذف نیرو تا ۶۳ درصد افزایش طول به حالت اول برمی‌گردد.

**۶- جذب رطوبت الیاف پشم:** در بین الیاف طبیعی، الیاف پشم دارای خاصیت جذب رطوبت بسیار بالایی است و این پدیده به دلیل وجود نواحی فعال جذب رطوبت در ساختمان مولکولی پشم است. الیاف پشم می‌توانند تا ۳۰ درصد وزن خود آب جذب کنند بدون اینکه تری و خیزی آنها حس شود. الیاف پشم می‌توانند تا ۵۰ درصد وزن خود آب جذب کنند بدون اینکه آبی از آنها بچکد. میزان جذب رطوبت پشم در هنگام خرید و فروش این لیف بسیار مهم است. از این رو، در هنگام خرید و فروش پشم، میزان جذب رطوبت پشم بین خریدار و فروشنده باید مورد توافق قرار گیرد. یعنی وقتی که قیمت یک کیلو پشم از سوی فروشنده به خریدار اعلام می‌شود، میزان جذب رطوبت پشم در هنگام حمل نیز مشخص می‌شود.

**۷- خاصیت الکتریکی الیاف پشم:** هدایت الکتریکی الیاف پشم بسیار پایین بوده و الیاف پشم عایق بسیار خوبی برای الکتریسیته و جریان برق می‌باشند. از طرف دیگر در اثر مالش و اصطکاک، الکتریسیته ساکن زیادی در الیاف پشم تولید می‌شود که این تولید و شارژ الکتریسیته ساکن در هنگام تولید نخ، پارچه و دوخت و دوز و همچنین هنگام استفاده از منسوجات پشمی مثل انواع پوشاک ایجاد مشکلات و دردهایی می‌کند. در صنعت برای جلوگیری از ایجاد الکتریسیته ساکن یا کاهش آن در الیاف پشم، از رطوبت و روغن‌های ضد الکتریسیته ساکن (آنتی استاتیک) استفاده می‌شود. برای این منظور رطوبت به صورت پودر یا مخلوطی از آب و روغن ضد الکتریسیته ساکن بر روی پشم به صورت اسپری پاشیده می‌شود که علاوه بر کاهش اصطکاک بین الیاف با الیاف و قطعات ماشین‌ها سبب کاهش شارژ الکتریسیته ساکن در الیاف خواهد شد.

**۸- جلا و درخشندگی الیاف پشم:** جلا و درخشندگی الیاف پشم بستگی به میزان انعکاس نور فلس‌های پشم دارد. هر چه انعکاس نور از سطح فلس‌های پشم بیشتر باشد، پشم جلای بیشتری داشته و درخشنده‌تر است. اصولاً همه انواع پشم دارای یک جلا و درخشندگی ویژه‌ای هستند، ولی هر چه پشم ضخیم‌تر باشد، فلس‌های سطح آن بزرگ‌تر و سطح انعکاس نور فلس‌های بزرگ‌تر بیشتر و در نتیجه پشم ضخیم‌تر دارای جلا و درخشندگی بیشتری است.

**۹- افزایش طول تا حد پارگی الیاف پشم:** افزایش طول پشم با جذب رطوبت این الیاف نسبت مستقیم دارد. هر چه جذب رطوبت الیاف پشم بیشتر باشد، افزایش طول تا حد پارگی آنها نیز بیشتر است. در شرایط استاندارد محیط یعنی  $2 \pm 65$  درصد رطوبت نسبی و  $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد، افزایش طول پشم حدود ۴۵ درصد و اگر پشم به صورت مرطوب و کاملاً خیس باشد، تا ۸۵ درصد افزایش طول خواهد داشت.

**۱۰- گرمی الیاف پشم:** در بین همه انواع الیاف نساجی، یکی از ویژگی‌های مهم الیاف پشم، گرمی آنهاست. فر و موج و تجعدی که در الیاف پشم وجود دارد، سبب می‌شود که توده الیاف پشم حجیم بوده و بتواند هوای زیادی را در خود نگهدارد. از این رو، هوای محبوس در توده حجیم الیاف پشم، مانند یک عایق عمل کرده

و بدن را گرم نگه می‌دارد و مانع از انتقال حرارت بدن به محیط اطراف می‌شود. به همین دلیل، لباس‌های زمستانه از جمله انواع پلور و لباس‌های ورزش‌های زمستانی معمولاً از نخ‌های پشمی بافته می‌شوند.

### اثر عوامل محیطی بر الیاف پشم

سه عامل نور، حرارت و رطوبت که از عوامل محیطی هستند می‌توانند بر الیاف پشم تأثیر داشته باشند.

**۱- اثر نور بر الیاف پشم:** نور خورشید اثر منفی بر روی پشم دارد. چنانچه الیاف پشم در مقابل نور خورشید و در معرض آفتاب قرار گیرند، به تدریج تغییر رنگ داده و شکننده یا ترد شده و مقاومت آنها کاهش می‌یابد. الیاف پشمی که برای مدتی در معرض نور خورشید قرار گرفته باشند، حساسیت آنها در مقابل مواد قلیایی بیشتر شده و تأثیر مخرب این مواد بر پشم افزایش می‌یابد.

**۲- اثر حرارت بر الیاف پشم:** حرارت به ویژه حرارت مرطوب (بخار داغ) اثر نامطلوب بر روی پشم گذاشته و مقاومت الیاف پشم را کاهش می‌دهد. اگر پشم مدتی در معرض حرارت ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، رنگ آن به زردی می‌گراید و به تدریج تجزیه می‌شود، و اگر الیاف پشم در معرض حرارت ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرند، به زغال تبدیل می‌شوند. خاکستر به جا مانده از پشم ترد و شکننده است.

**۳- اثر رطوبت بر الیاف پشم:** چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است، جذب رطوبت الیاف پشم نسبت به دیگر الیاف نساجی، بسیار بالاست. اثرات جذب رطوبت بر الیاف پشم به شرح زیر می‌باشد.

- کاهش مقاومت و استحکام الیاف پشم: هرچه جذب رطوبت الیاف پشم بیشتر شود، مقاومت یا استحکام الیاف پشم در مقابل نیروی کششی، کاهش می‌یابد، از این رو، الیاف پشم مرطوب با نیروی کمتری نسبت به الیاف خشک پاره می‌شوند.

زیاد شدن افزایش طول تا حد پارگی: بر خلاف مقاومت، افزایش طول تا حد پارگی الیاف پشم با جذب رطوبت زیاد می‌شود. یعنی هرچه جذب رطوبت الیاف پشم بیشتر شود، افزایش طول تا حد پارگی آنها نیز بیشتر می‌شود.

- کاهش شارژ الکتروسیسته ساکن: جذب رطوبت باعث کاهش شارژ الکتروسیسته ساکن در الیاف پشم می‌شود. به همین دلیل در عملیات ریسندگی به الیاف پشم رطوبت و بعضی مواد و روغن‌های شیمیایی می‌زنند تا تولید الکتروسیسته ساکن در الیاف کاهش یافته و بدین طریق مشکلات ناشی از الکتروسیسته ساکن تا حد زیادی برطرف می‌شود.

- تولید حرارت: فرایند جذب رطوبت به وسیله الیاف نساجی، گرمازا است. یعنی وقتی که الیاف نساجی رطوبت جذب می‌کنند، جذب رطوبت توسط آنها سبب تولید حرارت می‌شود. میزان حرارت تولید شده به وسیله جذب رطوبت الیاف به میزان جذب رطوبت آنها بستگی دارد. از این رو، چون جذب رطوبت الیاف پشم نسبت به اکثر الیاف مورد استفاده در پوشاک و البسه بیشتر است، لذا حرارت ناشی از جذب رطوبت این الیاف نیز بیشتر است. بنابراین، استفاده از الیاف پشم در بافت لباس‌های زمستانی و لباس‌های ورزشی کوهستانی و سردسیری سبب ایجاد حرارت در آنها شده و بدن را در طولانی مدت گرم نگه می‌دارد.

- اثر آب جوش بر الیاف پشم: آب جوش سبب کاهش مقاومت پشم می‌شود. و اگر پشم به مدت زیادی در آب جوش و در شرایط قلیایی قرار بگیرد، استحکام خود را به مقدار زیادی از دست خواهد داد. برای همین در هنگام شست‌وشوی لباس‌های پشمی و به وسیله انواع صابون‌ها و شوینده‌ها، باید دقت شود که دمای آب در هنگام شست‌وشو زیاد بالا نباشد و میزان صابون و درجه حرارت همیشه تحت مراقبت باشد.

### اثر مواد شیمیایی بر الیاف پشم

چنان‌که قبلاً اشاره شده است، ماده تشکیل‌دهنده الیاف پشم پروتئینی است به نام کراتین که از اتم‌های کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد و برخی اتم‌های دیگر تشکیل می‌شود. با توجه به مواد تشکیل‌دهنده پشم و نوع پیوندهای شیمیایی بین عناصر تشکیل‌دهنده این الیاف، اثر مواد شیمیایی بر روی پشم متفاوت می‌باشد. در اینجا اثر بعضی مواد شیمیایی بر روی پشم مورد بررسی قرار می‌گیرد:

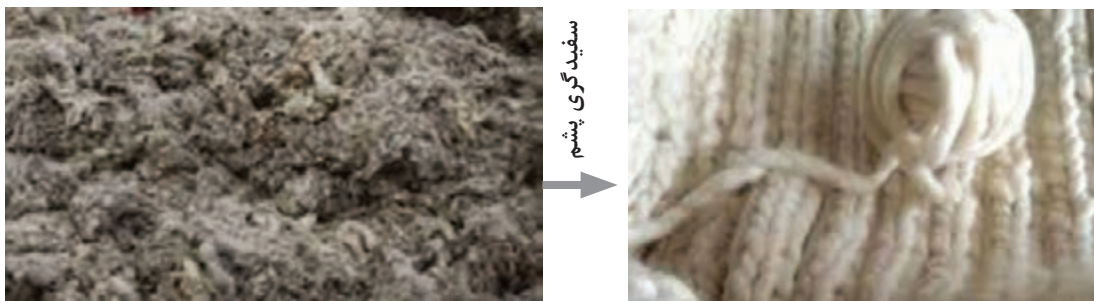
**۱- اثر اسیدها بر الیاف پشم:** اسیدها باعث آسیب زدن به پیوندهای مولکولی الیاف پشم می‌شوند و میزان آسیب پشم بستگی به نوع اسید، غلظت اسید، درجه حرارت و مدت زمان اثر اسید دارد. محلول‌های رقیق اسیدهای معدنی آسیب زیادی به پشم نمی‌زند و برای همین از اسیدهای معدنی رقیق برای کربونیزه کردن پشم یعنی خارج کردن ناخالصی‌های گیاهی موجود در پشم استفاده می‌شود. البته پس از عملیات با اسید، پشم مورد نظر باید شست‌وشو داده شود، و اسید از داخل پشم خارج شده و اثر مخرب اسید بر روی پشم از بین برود.

اسید سولفوریک و اسید نیتریک الیاف پشم را حل می‌کنند، به طوری که اسید سولفوریک غلیظ پشم را بلافاصله حل و اسید نیتریک ابتدا رنگ الیاف پشم را زرد کرده سپس این الیاف را حل می‌کند. اسیدهای آلی نظیر اسید استیک و اسید فرمیک بر الیاف پشم تأثیری ندارند.

عملیات کربونیزاسیون همان جداسازی مواد سلولزی و گیاهی از الیاف پشم است که به وسیله اسید سولفوریک ۷-۵ درصد انجام می‌شود اثر این اسید باید به مدت ۲ ساعت به داراز بکشد. در این عمل، ناخالصی‌های گیاهی موجود در پشم کربونیزه شده و به صورت زغال درمی‌آیند و در ادامه با عبور پشم از بین غلتک‌هایی، زغال‌های موجود خرد شده و از پشم جدا می‌شوند. پس از عمل کربونیزاسیون، و خروج زغال‌ها، الیاف پشم شست‌وشو داده می‌شوند و در یک عملیات شیمیایی جداگانه، اسید باقیمانده بر روی این الیاف خنثی‌سازی می‌شوند.

**۲- اثر قلیاها بر الیاف پشم:** اثر قلیاها بر پشم به عواملی نظیر غلظت ماده قلیایی و درجه حرارت بستگی دارد. کربنات سدیم یک قلیا است و برای شست‌وشوی پشم مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که مواد قلیایی قوی نظیر هیدروکسید سدیم (سود سوزآور) و هیدروکسید پتاسیم، الیاف پشم را در خود حل می‌کنند. البته، آسیب پشم به وسیله هیدروکسید سدیم بستگی به شرایط نیز دارد. مثلاً سود سوزآور ۳۷ درصد در درجه حرارت ۱۰-۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۵ دقیقه، آسیبی به پشم نمی‌زند. این در حالی است هیدروکسید سدیم ۵ درصد در حالت جوش، الیاف پشم را ظرف چند دقیقه کاملاً حل می‌کند. باید توجه داشت که بعد از عملیات هر ماده قلیایی، الیاف پشم باید شست‌وشو داده شوند و مواد قلیایی موجود در پشم خنثی شوند. در اثر مواد قلیایی، مقاومت الیاف پشم کاهش می‌یابد و این به دلیل اثر مواد قلیایی بر روی پیوندهای مولکولی ساختمان پشم می‌باشد.

**۳- اثر مواد اکسیدکننده بر الیاف پشم:** الیاف پشم در مقابل مواد اکسیدکننده حساس هستند، لذا در هنگام شست‌وشوی پشم و کالاهای پشمی نظیر انواع پارچه و لباس‌های پشمی چنانچه از مواد سفیدکننده یا رنگ‌بر استفاده می‌شود، لازم است احتیاطات لازم در نظر گرفته شود که پارچه یا پشم آسیب نبیند. در شکل ۸ رنگ الیاف پشم، قبل و بعد از سفیدگری را می‌بینید.



شکل ۸- رنگ الیاف پشم، قبل و بعد از سفیدگری

ضمناً، در عملیات تکمیل پارچه‌های پشمی نظیر عملیات تثبیت پارچه‌ها در مقابل جمع‌شدگی که به عملیات ضد جمع‌شدگی نیز معروف است، از مواد اکسیدکننده استفاده می‌شود. شدت اثر مواد اکسیدکننده بر روی الیاف پشم بستگی به غلظت این مواد، درجه حرارت و مدت اثر این مواد دارد.

**۴- اثر هالوژن‌ها بر روی الیاف پشم:** عناصر فلوئور، کلر، برم، ید و استاتین به هالوژن‌ها معروف هستند. از بین عناصر هالوژن فقط کلر است که در عملیات شیمیایی پشم مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملیات تأثیر کلر بر روی پشم را کلرینه کردن پشم می‌نامند. عملیات کلرینه کردن پشم به وسیله محلول هیپوکلریت سدیم انجام می‌شود. و این عمل سبب تغییراتی در فلس‌های پشم می‌شود که در نهایت مانع از جمع‌شدگی و نمدی شدن پشم شده و از این رو هنگام شست‌وشوی پارچه‌های پشمی، این پارچه‌ها دچار آب‌رفتگی یا نمدی نمی‌شوند. کلرینه کردن پشم، علاوه بر جلوگیری از نمدی شدن و جمع‌شدگی پارچه پشمی سبب سهولت در رنگریزی الیاف پشم نیز می‌شود.

**۵- اثر حلال‌های آلی بر الیاف پشمی:** از حلال‌های شیمیایی در خشکشویی‌ها برای شست‌وشوی البسه و پوشاک استفاده می‌شود. خشکشویی روشی است برای شست‌وشوی انواع البسه به ویژه انواع کت و شلوار و کت و دامن و پالتو از جنس پشم و سایر الیاف که معمولاً از آب برای شست‌وشو استفاده نمی‌شود و به جای آب از حلال‌های آلی مثل پرکلرواتیلن برای حل کردن چربی روی لباس‌ها استفاده می‌شود. این گونه حلال‌های آلی که در خشکشویی‌ها استفاده می‌شوند، معمولاً اثری بر روی الیاف پشم ندارند.

#### طبقه‌بندی الیاف پشم براساس کیفیت

الیاف پشم از نظر کیفیت و مرغوبیت نظیر طول، ظرافت و نو یا کهنه بودن به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شوند. براساس کیفیت، الیاف پشم در دسته‌های پشم ظریف (مرینوس)، پشم متوسط، پشم آمیخته، پشم بلند، پشم ضخیم یا پشم قالی و پشم کهنه قرار می‌گیرند.

**۱- پشم ظریف (پشم مرینوس):** این پشم از یک نوع گوسفند به همین نام یعنی گوسفند مرینوس به دست می‌آید. این پشم بسیار ظریف، دارای طول بلند و تجعد زیاد است و برای پارچه‌های ظریف پشمی و فاستونی نظیر انواع کت و شلوار، کت و دامن، پالتو و پلورها مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۹ یک گوسفند از نژاد مرینوس را نشان می‌دهد.



شکل ۹- گوسفند مرینوس

**۲- پشم متوسط:** ظرافت این پشم از پشم مرینوس کمتر (ضخیم‌تر) است ولی طول آن بیشتر از پشم مرینوس است. این پشم عموماً از گوسفندهای گوشتی به‌دست می‌آید و بازدهی پشم این گوسفندان از گوسفندان مرینوس بیشتر است.

**۳- پشم آمیخته:** این پشم از پشم‌های متوسط بلندتر ولی از نظر ظرافت در حد پشم متوسط می‌باشد. این پشم از گوسفندان دو رگه بوده که به دو منظور یعنی برای گوشت و پشم پرورش داده می‌شوند. میزان ضایعات این نوع پشم کمتر از پشم متوسط است و برای تولید پارچه فاستونی، کشبافی و بعضی نمدها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۴- پشم بلند:** این نوع پشم معمولاً از گوسفندانی به‌دست می‌آیند که دارای بزرگ‌ترین جثه نژاد در دنیا هستند و برای گوشت پرورش داده می‌شوند. ظرافت این پشم کمتر از ظرافت پشم متوسط است و دارای درخشندگی مختلف می‌باشد. طول الیاف این پشم تا ۹ اینچ (حدود ۳۰ سانتی‌متر) می‌رسد. از این پشم برای تولید انواع اورکت‌ها، پالتوها، پتو و نمدهای صنعتی و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۵- پشم ضخیم یا پشم قالی:** این پشم به دلیل ویژگی‌هایی که دارد مطلوب بافت قالی و قالیچه‌های دستباف می‌باشد. برخلاف صنعت تولید پوشاک و پارچه‌های فاستونی، صنعت قالیبافی نیاز به پشمی دارد که دارای ظرافت کم بوده و قطر آنها زیاد است و مخلوطی از الیاف ضخیم و بعضاً ظریف می‌باشد که الیاف ضخیم یک حالت جهندگی به قالی داده و الیاف ظریف نرمی، لطافت و وضوح اشکال و نقش را بر روی قالی نمایان می‌سازد. طول این پشم حدود ۴۰ میلی‌متر می‌باشد و پشم گوسفندان ایرانی معمولاً از نوع پشم ضخیم بوده و مصارفی مثل بافت قالی و قالیچه دارند. قیمت این پشم ارزان‌تر از پشم‌های دیگر است.

**۶- الیاف کهنه پشم:** از آنجا که الیاف پشم از نظر کیفیت و قیمت بسیار ارزشمند هستند و از نوع الیاف طبیعی نیز هستند لذا الیاف کهنه پشم نیز در صنایع نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یعنی در صنعت پشم‌ریسی یا پشم‌بافی علاوه بر الیاف پشم نو از الیاف پشم کهنه نیز استفاده می‌شود. الیاف پشم کهنه در واقع الیافی هستند که از لباس‌های پشمی، پارچه‌های دم‌قیچی خیاطی‌ها و کارخانجات و کارگاه‌های دوزندگی و ضایعات کارخانجات ریسندگی بازیافت می‌شوند. بازیافت الیاف پشم از این لباس‌ها، پارچه‌ها و نخ‌ها به وسیله ماشین‌های ویژه‌ای انجام می‌شود که الیاف را از پارچه‌ها جدا و آنها را آماده ریسندگی مجدد می‌کند.

در هنگام بازیافت الیاف کهنه پشم باید توجه داشت که پارچه‌ها را از نظر کیفیت، رنگ، شلی و سفتی بافت و ... باید دسته‌بندی کرد و قطعات فلزی نظیر انواع گیره، دکمه و محل‌های دوخت از پارچه جدا شوند و قبل از این که پارچه‌ها به ماشین‌های بازیافت تغذیه شوند باید آب و روغن به این مواد زده شود تا الیاف راحت‌تر از پارچه جدا شوند و شکستگی آنها کمتر شود.

الیاف پشم کهنه که از محصولات پشمی بازیافت می‌شوند برای پارچه‌های پشمی کلفت و پارچه‌های ارزان‌قیمت و انواع پتوها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### مصارف الیاف پشم در محصولات نساجی

پشم ویژگی‌های منحصر به فردی را نه تنها در بین کلیه الیاف نساجی بلکه در میان الیاف طبیعی دارد. پشم دارای جذب رطوبت بالا و فر و موج طبیعی زیادی است که این ویژگی‌ها سبب نرمی، گرمی و راحتی پوشش لباس‌های پشمی می‌شود. الیاف پشم عایق گرمایی خوبی هستند، از این رو از این الیاف برای تهیه انواع لباس‌های زمستانی و گرم، لباس‌های رو، انواع پتوها، لباس‌های ویژه ورزش‌های زمستانه استفاده می‌شود.

الیاف پشم از نوع الیاف خود اطفاف هستند، یعنی وقتی الیاف پشم آتش می‌گیرند، به سوختن خود ادامه نمی‌دهند و به اصطلاح خودسوز نیستند. لذا از این الیاف در تولید پارچه‌های لباس کودک، پارچه‌های خانگی، پارچه‌های سالن‌های نمایش و سینما، پارچه‌های مخصوص روکش صندلی هواپیما و تولید پتوهای داخل هواپیما استفاده می‌شود. در شکل ۱۰ نمونه پارچه و لباس پشمی را می‌بینید.



شکل ۱۰- نمونه پارچه و لباس پشمی

از آنجا که الیاف پشم الیاف گران‌قیمتی هستند و همچنین برای این که نخ‌ها و پارچه‌های پشمی دارای کیفیت ویژه‌ای باشند، معمولاً در صنعت، الیاف پشم با بعضی الیاف مصنوعی مثل پلی‌استر مخلوط می‌شود و از مخلوط الیاف پشم و پلی‌استر نخ تولید می‌شود. مثلاً بیشتر پارچه‌های فاستونی موجود در بازار از مخلوط ۴۵ درصد پشم و ۵۵ درصد پلی‌استر تولید می‌شوند که برای دوخت انواع کت و شلوار و کت و دامن مورد استفاده قرار می‌گیرند.



## الیاف مویی دیگر

به غیر از پشم، الیاف دیگری نیز وجود دارند که به صورت مو بر روی پوست حیوانات می‌رویند و برای تولید نخ، بافت پارچه و دوخت انواع لباس‌ها و پارچه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این نوع الیاف می‌توان به الیاف موهر، کشمیر، موی شتر، ویکونا، لاما، آلیاکا و موی خرگوش اشاره کرد که در اینجا به طور مختصر به این الیاف پرداخته می‌شود.

**۱- موهر:** الیاف موهر از یک بز به نام بز آنقوره به دست می‌آیند و دارای ارزش تجاری بالایی است. بز آنقوره ابتدا در کشور ترکیه پرورش داده می‌شد ولی اکنون در بعضی از کشورها به ویژه کشور امریکا و افریقای جنوبی نیز پرورش داده می‌شوند.

موی بز آنقوره در هر سال دو بار تراشیده می‌شود و در هر بار ۲/۵-۲ کیلوگرم مو از هر حیوان به دست می‌آید. کیفیت و مرغوبیت موهر به دست آمده به شرایط زندگی و تغذیه حیوان بستگی دارد. موهر بعد از تراشیدن از روی پوست حیوان حاوی مقداری زیاد ناخالصی مانند چربی و ضایعات گیاهی و معدنی و همچنین فضولات حیوانی است که این ناخالصی‌ها می‌تواند تا یک سوم وزن موهر تراشیده شده باشد.

طول الیاف موهر بستگی به سن حیوان و فاصله بین دو چین یا تراشیدن دارد. طول موهر یک بز ۶ ماهه ۱۴-۱۰ سانتی‌متر و طول موهر یک حیوان یکساله به ۲۵-۲۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد.

موهر نیز مثل الیاف پشم در سطح خود دارای فلس‌هایی است ولی تراکم فلس‌های موهر کمتر و اندازه آنها نیز کوچک‌تر از فلس‌های پشم می‌باشد. موهر در هر ۱۰۰ میکرون (میکرومتر) ۶-۵ فلس دارد ولی پشم در هر ۱۰۰ میکرون حدود ۱۱ فلس دارد و این یعنی تراکم فلس‌های پشم حدود دو برابر فلس‌های موهر است. موهر مثل پشم دارای لایه‌های کوتیکل و کورتکس است ولی فقط ۱ درصد از الیاف موهر دارای کانال میانی مدولا هستند. موهر مانند پشم دارای جذب رطوبت بالاست و تا ۱۳ درصد رطوبت جذب می‌کند و جرم مخصوص موهر مثل پشم ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

الیاف موهر به دلیل کمی فلس بر روی سطح آنها، در مقایسه با پشم تمایل کمتری به نمدی شدن دارند. و رفتار الیاف موهر در مقابل عواملی مثل نور خورشید، مواد شیمیایی و حلال‌ها و عوامل بیولوژیک مثل رفتار الیاف پشم می‌باشد. دوام پارچه‌های تهیه شده از موهر در مقابل پوشش بسیار زیاد است و در صنعت نساجی از مخلوط پشم و موهر برای تهیه نخ و پارچه برای بافت پارچه‌های لباسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۲- کشمیر:** الیاف کشمیر از یک بز به نام بز کشمیر به دست می‌آید که در نواحی شمال چین، تبت، هندوستان، پاکستان، افغانستان و نپال پرورش داده می‌شود. بز کشمیر دارای دو نوع پوشش مویی است که یکی بسیار ضخیم و سراسر پوست حیوان را می‌پوشاند و دیگر نیز کرک کشمیر که بسیار ظریف است و در سراسر پوست حیوان روئیده و در زیر موی ضخیم قرار می‌گیرد. الیاف ظریف کشمیر دارای طول ۸/۵ - ۲/۵ سانتی‌متر و موی ضخیم بز کشمیر دارای طول ۱۲-۵ سانتی‌متر است.

الیاف کشمیر دارای فلس‌هایی هستند که تعداد آنها در ۱۰۰ میکرون ۷-۵ فلس است که در مقایسه با پشم، تراکم فلس بر روی کشمیر تقریباً نصف تراکم فلس بر روی پشم می‌باشد. میزان برآمدگی و درشتی فلس‌های کشمیر کوچک‌تر از فلس‌های پشم می‌باشد، لذا تمایل الیاف کشمیر به نمدی شدن کمتر از الیاف پشم می‌باشد. الیاف کشمیر دارای بخش کورتکس می‌باشند، ولی الیاف کشمیر نازک کانال میانی مدولا را ندارند. الیاف کشمیر بسیار ظریف هستند به طوری که از ظریف‌ترین پشم مرینوس نیز ظریف‌ترند.

خصوصیات شیمیایی کشمیر مانند پشم است و مقدار جذب رطوبت کشمیر بیشتر از الیاف پشم می‌باشد و حساسیت کشمیر در مقابل عوامل شیمیایی نسبتاً بیشتر از پشم و آسیب‌پذیرتر است به طوری که کشمیر در محلول‌های قلیایی استحکامش را از دست می‌دهد و در محلول سود سوزآور حل می‌شود. کشمیر ایرانی نیز تولید می‌شود، کارخانه‌ای ویژه استحصال کشمیر یا همان کرک بز در کشور فعال است که به کارخانه موکشی موی بز معروف است که موی بز را از کرک آن یا همان کشمیر جدا می‌کند و به کارخانه‌های ویژه ریسندگی کشمیر ارسال می‌کند. بیشتر کشمیر تولید ایران به خارج صادر می‌شود چون امکانات موجود ریسندگی در کشور مناسب ریسندگی الیاف کشمیر نمی‌باشد. از مصارف کشمیر در لباس‌های گرم و گران‌قیمت است، چون الیاف کشمیر بسیار گران‌قیمت بوده و به دلیل نرمی و ظرافت فوق‌العاده از الیاف ارزشمند طبیعی می‌باشد

**۳- موی شتر:** شتر حیوانی است که برای حمل بار و افراد در مناطق صحرایی مورد استفاده قرار گرفته و گوشت و شیر آن نیز برای تغذیه مصرف می‌شود. شتر از انواع یک کوهان و دو کوهان وجود دارد که نوع یک کوهان آن در ایران پرورش داده می‌شود. شتر دو کوهان در مناطق صحرایی کشورهای مثل چین، مغولستان، کشورهای شمال آفریقا پرورش داده می‌شوند و از موی آنها برای مصارف نساجی و تولید پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد. قطر موی شتر ۲۰-۱۰ میکرون است و این لیف دارای فلس‌های بسیار ریزی است که به دشواری در زیر میکروسکوپ دیده می‌شود. جذب رطوبت و وزن مخصوص موی شتر مثل موهر است. موی شتر که به کرک شتر نیز معروف است، بسیار نرم بوده و حسی گرم ایجاد می‌کند و در ایران نیز تولید می‌شود. موی شتر برای لباس‌های زمستانی، پالتو و انواع پلور مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ایران از نخ حاصل از موی شتر علاوه بر پارچه‌ها، لباسی برای بافت عبای روحانیون و شنل زمستانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۴- ویکونا:** ویکونا vicuna حیوانی است از نژاد شتر امریکای جنوبی. این حیوان به صورت وحشی در مناطق کوهستانی کشور پرو زیست می‌کند. قطر الیاف ویکونا به اندازه نیمی از الیاف ظریف پشم بوده و فوق‌العاده گران‌قیمت است. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱- ویکونا



شکل ۱۲- لاما

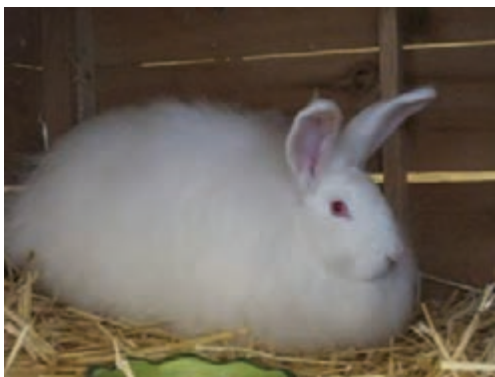
**۵- لاما:** این حیوان به شتر امریکایی معروف است و دارای الیافی نرم و ضخیم می‌باشد. طول الیاف لاما حدود ۲۵ سانتی‌متر و مانند الیاف یا موی شتر است و در سطح آن فلس‌هایی وجود دارد که در زیر میکروسکوپ به دشواری دیده می‌شود. قسمت مدولا در الیاف لاما رنگی می‌باشد. مصرف این الیاف در تهیه لباس‌های زمستانی و انواع پالتو می‌باشد. (شکل ۱۲)



شکل ۱۳- آلیاکا

**۶- آلیاکا:** آلیاکا حیوانی است شبیه لاما و مثل لاما در امریکای جنوبی پرورش داده می‌شود. الیاف آلیاکا ظریف‌تر از الیاف موهر است ولی شفافیت آن به موهر نمی‌رسد. الیاف آلیاکا دارای فلس‌هایی است ولی به راحتی در زیر میکروسکوپ دیده نمی‌شود. بیشتر سطح مقطع لیف آلیاکا از کورتکس می‌باشد و این الیاف تقریباً قسمت مدولا را ندارند. مصرف الیاف آلیاکا برای انواع پوشاک، نظیر انواع لباس زنانه و بعضی از لباس‌های گرم و گران قیمت می‌باشد. (شکل ۱۳)

**۷- موی خرگوش:** این الیاف از نوعی خرگوش به نام خرگوش آنقوره که پرورش داده می‌شوند به دست می‌آید. خرگوش دارای دو نوع پوشش مویی است، یکی الیاف بلند و دیگری الیاف کوتاه که در زیر الیاف بلند قرار می‌گیرند. موی این نوع خرگوش‌ها هر سه ماه یکبار چیده یا تراشیده می‌شود. طول الیاف بلند خرگوش حدود ۷ سانتی‌متر و طول الیاف کوتاه آن که ظریف‌تر هستند، ۱/۵ سانتی‌متر می‌باشد. (شکل ۱۴)



شکل ۱۴- خرگوش

خواص شیمیایی موی خرگوش مانند پشم است، ولی جذب رطوبت آن بسیار کم و در مقابل قلیایی بسیار حساس و آسیب پذیر است. موی خرگوش در ایران نیز تولید می شود و از موی خرگوش انواع لباس های زمستانی مثل انواع پلور، دستکش و شال بافته می شود.

### ابریشم

ابریشم یک لیف حیوانی و از جنس پروتئین است که به وسیله کرم ابریشم تولید می شود. طول این لیف به صورت یکسره و ابریشم تنها لیف فیلامنتی و یکسره طبیعی است. ابریشم بسیار گران قیمت و مصارفی مانند تولید لباس و پوشاک به ویژه لباس های زنانه، کراوات و دستمال گردن و مصارف پزشکی مثل نخ بخیه دارد.

ابریشم از ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح شناخته شده است. شواهد نشان می دهد که اولین بار ابریشم در چین شناخته شده و پرورش داده می شده است و از آنجا به هندوستان و ایران و سپس حدود قرن ششم میلادی به اروپا برده شده است. اکنون کشورهای ژاپن، چین و هند از تولیدکنندگان بزرگ در جهان می باشند و عمدتاً ابریشم در کشورهای شرق آسیا تولید می شود. ابریشم در ایران و در نواحی شمال کشور مثل استان های مازندران، گیلان و گلستان تولید می شود و یک کارخانه تولید نخ ابریشم در استان گیلان مشغول به کار می باشد.

دو نوع کرم ابریشم وجود دارد که عبارت اند از کرم ابریشم اهلی (پرورشی) و کرم ابریشم وحشی. کرم ابریشم اهلی، الیاف مرغوب تولید می کند که مصارف لباسی و پوشاکی دارند و رنگ آنها مناسب و قطر آنها در سراسر طول لیف یکنواخت است. ولی کرم ابریشم وحشی اگرچه الیافی با استحکام و مقاومت بیشتر و انعطاف پذیرتر تولید می کنند، اما الیاف تولید شده، به وسیله کرم ابریشم وحشی نایکنواخت بوده و قطر آن در طول لیف بسیار متغیر و مقطع آن متنوع است.

در اینجا هر اشاره ای که به کرم ابریشم یا الیاف ابریشم می شود، منظور کرم ابریشم اهلی یا پرورشی است و الیاف ابریشم نیز منظور الیاف تولید شده به وسیله کرم ابریشم اهلی است.

**پرورش و مراحل زندگی کرم ابریشم:** کرم ابریشم از برگ درخت توت تغذیه می کند و هر منطقه ای که درخت توت یا توتستان وجود داشته باشد، قابلیت پرورش کرم ابریشم وجود دارد. با این حال پرورش کرم ابریشم در ایران، عمدتاً در استان های شمالی یعنی مازندران، گیلان و گلستان انجام می شود. کرم ابریشم به دو منظور پرورش داده می شود، یکی به منظور تولید الیاف یا نخ ابریشم، و دیگری تهیه تخم نوغان یا همان تخم کرم ابریشم برای پرورش مجدد کرم ابریشم می باشد.



شکل ۱۵- تخم های کرم ابریشم

برای شروع پرورش کرم ابریشم تخم کرم ابریشم را در داخل یک سینی گذاشته در محیط گرم و نسبتاً مرطوب یک اطاق قرار می دهند و در فاصله نزدیک به یک ماه تخم ها باز می شوند و لارو کرم ابریشم از آنها خارج می شود. شکل ۱۵ تعداد تخم های کرم ابریشم در کنار یک پروانه این کرم را نشان می دهد. طول لارو خارج شده از تخم کرم ابریشم حدود ۶/۵ میلی متر است.

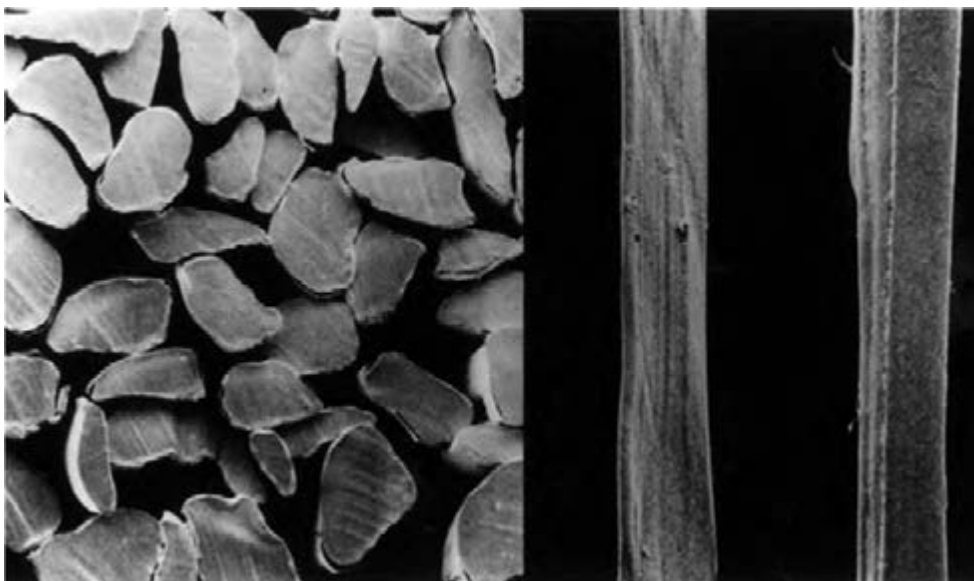
بعد از بیرون آمدن لاروها از تخم، باید تغذیه به آنها را شروع کرد. تغذیه به وسیله برگ‌های درخت توت انجام می‌شود. در این مرحله باید برگ‌های توت به اندازه‌های کوچک خرد و بر روی لاروها گذاشته شوند، تا لاروها از آنها تغذیه کرده و رشد کنند. یکی از مراحل مهم در پرورش کرم ابریشم، جدا کردن کرم‌های مریض و ضعیف از کرم‌های سالم می‌باشد و این کار به عهده پرورش‌دهندگان با تجربه کرم ابریشم می‌باشد که از سرایت بیماری کرم‌های مریض به کرم‌های سالم اجتناب می‌شود. کرم‌ها در این مرحله بسیار سریع رشد می‌کنند و به اصطلاح پرخور هستند و ظرف ۳۰ روز طول آنها بیش از ۱۲ برابر یعنی به ۷۶ میلی‌متر می‌رسد. در این مدت ۱ ماه، کرم ابریشم چهار بار پوست عوض می‌کند. لازم به یادآوری است که بعد از اینکه لاروها در داخل سینی اولیه رشد کردند و طول آنها به اندازه‌ای رسید که دیگر در داخل سینی جا نمی‌شوند. به محل اصلی پرورش کرم ابریشم به نام تلمبار منتقل می‌شوند. در داخل تلمبار محیطی خنک، نسبتاً مرطوب، روشن ولی دور از نور آفتاب و سطحی که از کف زمین بالاتر باشد برای کرم ابریشم فراهم می‌شود و به روش‌هایی تلمبار را باید از دسترسی حیواناتی مثل گربه، موش و حیوانات و حشرات موزی باید به دور نگهداشت. به تدریج که کرم‌ها رشد می‌کنند و بزرگ می‌شوند، می‌توان برگ کامل را برای تغذیه آنها در تلمبار قرار داد و حتی بعد از ۲ هفته می‌توان برگ‌هایی که بر روی شاخه کوچک هستند را نیز برای تغذیه در نظر گرفت. شکل ۱۶ نحوه تغذیه کرم ابریشم را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- نحوه تغذیه کرم ابریشم به وسیله برگ توت

در پایان مرحله رشد کرم ابریشم، تغذیه این کرم‌ها با برگ‌ها و شاخه‌های کوچک درخت توت قطع و به جای آن شاخه‌های کوچک درخت بلوط به همراه برگ‌های این درخت در داخل تلمبار قرار داده می‌شود. در این مرحله که کرم‌ها به رشد کامل رسیده و آماده تنیدن پيله هستند، از شاخه‌های بلوط بالا می‌روند و بر روی برگ‌ها و شاخه‌های کوچک بلوط پيله می‌تنند. پيله همان گوله‌ای بیضی شکل از الیاف یا فیلامنت ابریشم می‌باشد که هر کرم ابریشم به دور خود می‌تند

و در واقع کرم ابریشم در داخل پیله ابریشم محبوس می‌شود. هر پیله ابریشم شامل طول بسیار بلندی از ۲ تا بسیار نازک از فیلامنت ابریشم است که به وسیله کرم ابریشم تولید می‌شود. این تارهای ابریشم از جنس نوعی پروتئین به نام فیبروئین هستند که به وسیله چسبی طبیعی به نام سریسیس به هم چسبیده هستند. فیلامنت‌های ابریشم از دو غده نزدیک حفره دهان کرم ابریشم ترشح می‌شوند.



شکل ۱۷- نمای طولی و مقطع عرضی ابریشم

هر پیله ابریشم دارای حدود ۱۵۰۰ متر فیلامنت ابریشم است و سطح مقطع الیاف ابریشم در زیر میکروسکوپ تقریباً به شکل یک مثلث است که زوایای آن در گوشه‌ها تیز نبوده و دارای انحنا است. شکل ۱۷ مناظر طولی و عرضی الیاف ابریشم را نشان می‌دهد.

حدود یک ماه پس از تنیده شدن پیله، کرمی که در داخل پیله است دچار یک تغییر طبیعی شده و تبدیل به پروانه می‌شود. این پروانه پیله را سوراخ کرده و از داخل پیله خارج می‌شود تا رشد کرده بالغ شده و تخم‌ریزی نماید. در صنعت تولید ابریشم، فقط پیله‌هایی که برای تولید تخم کرم ابریشم در نظر گرفته شده‌اند، طوری نگهداری می‌شوند تا کرم داخل آنها به پروانه تبدیل شود و برای تخم‌ریزی پیله را سوراخ نماید و از آن خارج شود.

پیله‌هایی که پروانه از آنها بیرون آمده باشد و سوراخ شده باشند مناسب ابریشم‌کشی و تولید نخ ابریشم نمی‌باشند، چون تارهای ابریشم روی پیله آنها در چندین نقطه دچار پارگی شده و الیاف تولید شده به وسیله آنها مناسب تولید نخ ابریشم نمی‌باشد. لذا، در صنعت پرورش ابریشم تعداد پیله ابریشم مورد نیاز برای پروانه شدن را در جای مناسب نگهداری می‌کنند تا پس از بیرون آمدن پروانه از داخل پیله، مرحله تخم‌ریزی به وسیله پروانه انجام شود. سپس تخم‌های پروانه کرم ابریشم را به نحو صحیحی جمع‌آوری و بسته‌بندی کرده و در جای خنک و مناسب مانند یخچال نگهداری کرده تا برای نسل بعدی کرم ابریشم مورد استفاده قرار گیرد.

در صنعت پرورش کرم و تولید نخ ابریشم، سالم بودن پیله و عدم آسیب‌دیدگی آن بسیار مهم است. پیله‌هایی

که الیاف ابریشم از آنها استحصال و برداشت می‌شود باید سالم بوده و تو رفتگی یا سوراخ‌شدگی نداشته باشند و از طرفی یا باید به فاصله چند روز از جمع‌آوری پيله‌ها از تلمبار الیاف ابریشم از پيله‌ها استحصال شود یا اینکه پيله‌ها به روش مناسبی نگهداری شده تا در فرصتی مناسب الیاف یا فیلامنت ابریشم از پيله‌ها استحصال گردد. اگر فاصله زمانی بین برداشت پيله‌ها از تلمبار تا عملیات استحصال ابریشم از پيله طولانی باشد، احتمال تبدیل کرم ابریشم به پروانه در داخل پيله وجود داشته و در این صورت پروانه پيله را سوراخ کرده و سبب ضایع شدن پيله می‌شود. برای جلوگیری از تبدیل کرم ابریشم به پروانه در داخل پيله، روش‌هایی وجود دارد که با استفاده از این روش‌ها کرم در داخل پيله کشته می‌شود و دیگر امکان تبدیل به پروانه را ندارد. سه روش برای از بین بردن کرم ابریشم در داخل پيله وجود دارد که عبارت‌اند از قرار دادن پيله‌ها در مقابل آفتاب، جوشاندن پيله در آب و بخار دادن پيله در دمای بالا. از هر سه این روش‌ها در صنعت ابریشم‌کشی استفاده می‌شود. و در ابریشم‌کشی دستی و خانگی معمولاً از قرار دادن پيله‌ها در نور خورشید یا جوشاندن پيله‌ها برای نگهداری درازمدت و از بین بردن یا غیرفعال کردن کرم داخل پيله‌ها استفاده می‌شود و از روش بخار دادن صرفاً در مقیاس صنعتی استفاده می‌شود.

**استحصال ابریشم از پيله:** به عملیات جداسازی الیاف ابریشم از پيله و پیچیدن آن بر روی قرقره یا بوبین را ابریشم‌کشی می‌گویند. قبل از اینکه عملیات ابریشم‌کشی شروع شود، لازم است ابتدا پيله را براساس سلامت (سوراخ‌شدگی و پارگی) و رنگ دسته‌بندی کرد. سپس پيله‌ها را در داخل ظرفی که حاوی آب گرم همراه با مقداری صابون است می‌ریزند تا مواد صمغی و چسب و سریسین که همراه الیاف ابریشم است نرم شود. دلیل استفاده از صابون، انحلال سریع‌تر و آسان‌تر سریسین در آب می‌باشد. بعد از اینکه پيله‌ها نرم شدند، سر لیف ابریشم را روی چند پيله پیدا کرده و به صورت یک نخ چندلا از راهنمایی که در بالای ظرف ابریشم‌کشی است عبور داده و این نخ با سرعت نسبتاً آرامی به وسیله یک چرخ یا قرقره که نخ ابریشم بر روی آن پیچیده می‌شود از داخل ظرف ابریشم‌کشی خارج می‌شود.

استحصال ابریشم از پيله به دو روش سنتی یا دستی و صنعتی یا کارخانه‌ای انجام می‌شود. در استان‌های شمالی مانند مازندران و گیلان کارخانه‌هایی برای تولید نخ ابریشم از پيله مشغول فعالیت هستند. معمولاً نخ‌های ابریشم تولید شده توسط کارخانه‌های ابریشم‌کشی از نظر یکنواختی بهتر از نخ‌های تولیدی به روش سنتی است.

وقتی که پيله‌ها تحت عملیات ابریشم‌کشی قرار می‌گیرند، مقداری از الیاف ابریشم بر روی آنها باقی می‌ماند. این الیاف باقی‌مانده بر روی پيله ابریشم‌کشی شده خرد می‌شود و در عملیات دیگر الیاف کوتاه ابریشم از آنها به دست می‌آید که این الیاف کوتاه در عملیاتی شبیه عملیات ریسندگی پنبه ریسیده شده و تبدیل به نخ ابریشم می‌شوند. البته خواص نخ ریسیده شده از این الیاف کوتاه ابریشم شبیه به نخ ابریشم فیلامنتی نبوده و کیفیت آن از نخ فیلامنتی ابریشم پایین‌تر است. گاهی اوقات الیاف کوتاه ابریشم با دیگر الیاف کوتاه طبیعی و مصنوعی مخلوط و ریسیده می‌شوند که نخ‌های حاصل از آنها برای پارچه‌های لباسی و انواع پارچه‌های خانگی و تزئینی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شکل ۱۸ یک دستگاه ابریشم‌کشی سنتی را نشان می‌دهد که با حرکت دست کار می‌کند. اکنون در مراکز پرورش کرم ابریشم نظیر استان‌های شمالی کشور، حرکت دستگاه‌های ابریشم‌کشی سنتی با نیروی موتور الکتریکی کار می‌کنند.



شکل ۱۸- دستگاه ابریشم‌کشی دستی

چنان‌که قبلاً اشاره شده است ماده اصلی تشکیل‌دهنده ابریشم پروتئینی است به نام فیبروئین که دو لیف تولید شده به‌وسیله هر کرم ابریشم به‌وسیله یک صمغ یا چسب طبیعی از جنس پروتئینی به نام سربسین به یکدیگر می‌چسبند. الیاف ابریشم حاوی حدود ۷۵ درصد فیبروئین (ابریشم)، ۲۳ درصد سربسین (صمغ)، ۱/۵ درصد چربی یا واکس طبیعی و ۵/۰ درصد مواد معدنی است. مولکول‌های پروتئین ابریشم شامل عناصری مثل کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن است. پروتئین ابریشم بسیار شبیه به پروتئین پشم (کراتین) است و عمده تفاوت این دو نوع پروتئین از نظر ترکیبات و عناصر تشکیل‌دهنده آن است که در پروتئین پشم عنصر گوگرد وجود دارد ولی در پروتئین ابریشم عنصر گوگرد دیده نمی‌شود. لذا، یکی از راه‌های شناسایی ابریشم از پشم در آزمایشگاه شیمی، شناسایی گوگرد در این الیاف می‌باشد.

### برخی از خواص الیاف ابریشم به شرح زیر می‌باشد:

**۱- طول الیاف ابریشم:** در بین الیاف طبیعی، بلندترین طول متعلق به الیاف ابریشم می‌باشد و ابریشم تنها لیف فلامنتی طبیعی است. طول الیاف ابریشم از ۴۰۰ تا ۱۸۰۰ متر متغیر می‌باشد.

**۲- سطح مقطع و قطر الیاف ابریشم:** دو لیفی که از حفره‌های دهانی کرم ابریشم خارج می‌شوند دارای سطح مقطع مثلثی با گوشه‌های نسبتاً گرد می‌باشند که این دو لیف به‌وسیله صمغ یا چسب سربسین به یکدیگر چسبیده هستند. قطر یک لیف ابریشم بر روی پيله متغیر است، الیاف خارجی (لایه‌های بیرونی پيله) دارای قطری حدود ۱۶ میکرون و الیاف داخلی دارای قطر حدود ۸ میکرون هستند. پس از ابریشم‌کشی و جدا کردن صمغ، قطر الیاف ابریشم کمتر نیز می‌شود.

**۳- رنگ الیاف ابریشم:** رنگ ابریشم سفید یا زرد کم‌رنگ می‌باشد، و الیاف داخلی پيله بیشتر به زردی می‌گراید. الیاف بلندتر ابریشم دارای رنگ سفیدتر و شفاف‌تر هستند و الیاف صمغ‌گیری شده شفاف‌تر از الیاف



صمغ‌گیری نشده هستند. وقتی که الیاف ابریشم رنگ‌رزی می‌شوند، شفافیت آنها کمتر می‌شود.

**۴- جذب رطوبت الیاف ابریشم:** در میان الیاف نساجی ابریشم دارای جذب رطوبت بالایی است. در شرایط استاندارد یعنی ۶۵ درصد رطوبت نسبی و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، الیاف ابریشم تا ۳۵ درصد جرم خود رطوبت جذب می‌کنند.

**۵- افزایش طول الیاف ابریشم:** افزایش طول الیاف ابریشم در بین الیاف طبیعی بسیار بالا است و بعد از الیاف پشم بالاترین افزایش طول تا حد پارگی را دارند. الیاف ابریشم در شرایط استاندارد می‌توانند تا ۳۵ درصد طول خود افزایش طول داده و سپس پاره شوند.

**۶- مقاومت الیاف ابریشم:** مقاومت الیاف ابریشم در مقابل نیروهای کششی بسیار بالاست. این مقاومت بالای الیاف ابریشم سبب شده است که، نخ ابریشم به عنوان یک نخ با استحکام بالا در بین نخ‌های طبیعی به حساب آید. جذب رطوبت الیاف ابریشم سبب کاهش استحکام آنها می‌شود. در شرایط استاندارد وقتی الیاف ابریشم رطوبت جذب می‌کنند، مقاومت آنها حدود ۱۵ درصد کمتر از مقاومت این الیاف در حالت خشک است.

#### – اثر عوامل محیطی بر الیاف ابریشم

در اینجا به اثر سه عامل نور خورشید، رطوبت و حرارت بر الیاف ابریشم پرداخته می‌شود.

**۱- اثر رطوبت:** جذب رطوبت سبب زیاد شدن افزایش طول تا حد پارگی و کاهش استحکام یا مقاومت الیاف ابریشم می‌شود.

**۲- اثر نور خورشید:** اگر ابریشم در مقابل نور خورشید قرار گیرد مقاومت آن کم شده و به تدریج رنگ آن نیز از بین می‌رود. مقاومت ابریشم در مقابل نور خورشید از پنبه و پشم هم کمتر است.

**۳- اثر حرارت:** مقاومت الیاف ابریشم در مقابل حرارت از مقاومت پشم در مقابل حرارت بیشتر است. الیاف ابریشم بدون اینکه تغییری در خواص آنها ایجاد شود، می‌توانند حرارت تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند. این الیاف در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌شوند.

#### – اثر مواد شیمیایی بر الیاف ابریشم

چنانکه می‌دانیم، الیاف ابریشم نوعی الیاف طبیعی حیوانی هستند و جنس آنها از یک نوع پروتئین به نام فیبروئین می‌باشد. انتظار می‌رود که رفتار ابریشم در مقابل مواد شیمیایی و حلال‌ها، با تفاوت‌هایی مشابه دیگر الیاف پروتئینی مثل پشم باشد. از نظر ترکیبات و عناصر تشکیل‌دهنده، عمده تفاوت پروتئین پشم یعنی کراتین با پروتئین ابریشم یعنی فیبروئین، وجود گوگرد در پشم می‌باشد. رفتار الیاف ابریشم در مقابل بعضی از مواد شیمیایی به شرح زیر می‌باشد:

**۱- اثر اسیدها:** مقاومت ابریشم در مقابل اسیدها کمتر از مقاومت پشم در مقابل اسیدهاست، به طوری که اسیدهای ضعیف نیز بر روی ابریشم اثرات جزئی دارند. الیاف ابریشم، مانند الیاف پشم در اسیدهای قوی حل می‌شوند. اسید کلریدریک که یک اسید معدنی است، در مدت حدود ۳ دقیقه ابریشم را در خود حل می‌کند و اسید فرمیک الیاف ابریشم را متورم می‌کند. برای افزایش جلا و بیشتر شدن درخشندگی سطحی الیاف ابریشم از اسیدهای آلی استفاده می‌شود.

**۲- اثر قلیاها (بازها):** شدت اثر مواد شیمیایی بر روی الیاف علاوه بر نوع ماده یا حلال شیمیایی، به غلظت و دمای حلال نیز بستگی دارد. مقاومت الیاف ابریشم در مقایسه با الیاف پشم در مقابل مواد قلیایی بیشتر است. اثر مواد قلیایی رقیق ولی گرم بر روی ابریشم بیشتر از اثر مواد قلیایی غلیظ و سرد است. برای مثال، سود سوزآور ۵ درصد (غلظت ۵ درصد) و در حالت جوش ابریشم را در خود حل می‌کند، در حالی که اگر ابریشم در یک محلول غلیظ سود سوزآور و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، کمتر آسیب می‌بیند.

**۳- اثر مواد اکسیدکننده:** مواد اکسیدکننده‌ای که برای الیاف ابریشم استفاده می‌شوند، عمدتاً برای سفید کردن کالاهای ابریشمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثلاً آب اکسیژنه محلولی است اکسیدکننده که برای سفید کردن پارچه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد اکسیدکننده آسیب زیادی به کالاهای ابریشمی می‌زنند. از این رو در هنگام استفاده از آب اکسیژنه برای سفیدگری پارچه‌های پشمی باید دقت زیادی صورت گیرد.

**۴- اثر حلال‌های آلی:** مواد و حلال‌های آلی تأثیرات متفاوتی بر روی ابریشم دارند. حلال‌هایی که در خشکشویی‌ها برای شستن و تمیز کردن البسه و پوشاک استفاده می‌شوند، از نوع حلال‌های آلی هستند، این حلال‌ها، یعنی حلال‌های مورد استفاده در خشکشویی‌ها، تأثیری بر الیاف ابریشم ندارند و به راحتی می‌توان پارچه‌ها و لباس‌های ابریشمی را خشکشویی کرد.

### مصارف ابریشم

انواع محصولات ابریشم از نخ ابریشم، پارچه‌ها و پوشاک و همچنین انواع پارچه‌های صنعتی از ابریشم می‌توانند تولید شوند. ابریشم و پارچه‌های ابریشمی از دیرباز در میان اقوام آسیایی به ویژه آسیای شرقی نظیر چین، هند و ایران و بعداً در کشورهای اروپایی شناخته شده بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. پارچه‌های ابریشمی به دلیل خواص ویژه و منحصر به فرد مثل نرمی، درخشندگی، جذب رطوبت، استحکام بالا که دارند از قدیم برای انواع پوشاک نظیر پیراهن مردانه و زنانه، انواع دستمال، قطعات تزئینی پارچه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. ابریشم به دلیل جذب رطوبت و خاصیت گرمی که دارد مورد استفاده برای بافت لباس‌های زمستانی نیز دارد. یکی از ویژگی‌های پارچه‌های ابریشمی سهولت شست‌وشو و تمیز شدن آنهاست. از این رو برای تولید انواع لباس‌های رو و پیراهن‌های مردانه و زنانه مناسب می‌باشد. از مصارف ویژه ابریشم در بافت کراوات و دستمال گردن در کشورهای غربی می‌باشد. شکل ۱۹ نمونه پارچه و لباس ابریشمی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹- نمونه پارچه و لباس ابریشمی

از ابریشم برای تهیه نخ بخیه مورد استفاده در جراحی استفاده می‌شود که این نوع نخ‌های بخیه قابلیت جذب در بدن را نیز دارا هستند. از ضایعات ابریشم و ابریشم حاصل از پیل‌های سوراخ شده برای تهیه لحاف‌ها و رختخواب‌ها نیز استفاده می‌شود. در دوران باستان در کشورهای نظیر چین، از جلیقه‌های ابریشمی به‌عنوان زره‌های جنگی و به منظور محافظت بالاتنه جنگاوران در مقابل تیرها استفاده می‌شده است.

### الیاف معدنی

الیاف معدنی، الیافی هستند که منشأ آنها از طبیعت و معادن زمینی می‌باشد. اگرچه این الیاف از نظر طبیعی بودن در گروه الیاف طبیعی قرار می‌گیرند، ولی منشأ گیاهی (سلولزی) یا حیوانی (پروتئینی) ندارند. لیف معدنی که مصرف نساجی دارد، لیف آزبست می‌باشد که در طبیعت و معادن مربوطه به‌صورت لیف وجود دارد. در صنایع، آزبست به پنبه نسوز نیز معروف است.

**الیاف آزبست:** الیاف آزبست از ۴۰۰۰ سال قبل شناخته شده هستند ولی استخراج و استفاده صنعتی آنها از اواخر قرن ۱۹ میلادی شروع شده است. مصرف الیاف آزبست به دلیل خواص فیزیکی ویژه آنها می‌باشد. الیاف آزبست الیافی معدنی هستند که در معادن به‌صورت لیف قابل استفاده در تهیه پارچه وجود دارد و جنس آن



شکل ۲۰- توده الیاف آزبست در سنگ معدن

از سیلیکات‌های آلومینیوم و منیزیم می‌باشد. آزبست در معادن به‌صورت رگه‌هایی از سنگ وجود دارد، و این سنگ‌ها حاوی الیاف آزبست می‌باشند. در صنعت، سنگ‌های آزبست را شکسته و خرد می‌کنند تا الیاف آنها کوتاه شود، و در صورت کوبیدن، الیاف آزبست تبدیل به پودر خواهد شد. شکل ۲۰ نمونه‌ای از سنگ آزبست و الیاف آزبست را نشان می‌دهد.

الیاف آزبست دارای طول متفاوتی از حدود ۲ تا ۳۰ سانتی‌متر هستند، و طول آنها را با کوبیدن می‌توان کاهش داد. این الیاف در مقابل انواع اسیدها و بازها و به‌طور کلی در مقابل عوامل مختلف طبیعی مقاوم هستند. در صنعت نساجی می‌توان از مخلوط الیاف آزبست با سایر الیاف نظیر الیاف پنبه یا دیگر الیاف سلولزی نخ تهیه کرد. چنان‌که اشاره شده است، الیاف آزبست دارای خواص فیزیکی ویژه‌ای مثل جذب صدا، مقاومت کششی متوسط و مقاومت خوب در مقابل آتش، حرارت، الکتریسیته هستند. مقاومت خوب الیاف آزبست در مقابل حرارت و آتش سبب شده است که این الیاف برای تولید و بافت پارچه‌های نسوز و ضد آتش و دوخت لباس‌های ضد آتش مثل لباس‌های آتش‌نشانان مورد استفاده قرار گیرد.

از دیگر مصارف الیاف آزبست برای ایزولاسیون و عایق‌کاری الکتریکی و عایق‌کاری ساختمان‌ها می‌باشد. هرگاه از آزبست برای محصولات نسوز و جلوگیری از آتش‌گیری استفاده می‌شود، این الیاف را با مقداری سیمان مخلوط کرده یا این الیاف را به‌صورت پارچه‌ها یا گونی‌های با ساختمان تار - پودری (نوعی بافندگی) می‌بافند. شکل ۲۱ یک پارچه تار پودری از جنس آزبست را نشان می‌دهد. از این پارچه‌ها می‌توان دستکش ضد آتش و یا لباس ضد آتش نیز تهیه نمود.



شکل ۲۱- پارچه تار - پودری از جنس آزیست

استفاده از الیاف آزیست در محصولات صنعتی در خلال قرن بیستم ادامه داشته و رو به افزایش بود تا اینکه شواهد نشان داده است که ذرات و الیاف بسیار ریز آزیست برای سلامتی انسان زیان‌آور است و منجر به امراضی مثل سرطان ریه می‌شود. از این رو استفاده از الیاف آزیست در صنعت و ساخت محصولات صنعتی از آنها محدود شده است.

مصارف مختلف الیاف آزیست و مضرات آن را در حدود ۳ الی ۴ صفحه تهیه کنید و به کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



فعالیت  
عملی ۱



### شناسایی الیاف به روش میکروسکوپی

**مقدمه:** از آنجایی که الیاف مختلف دارای منظره طولی و مقطع عرضی متفاوتی هستند، لذا یکی از روش‌های شناسایی الیاف، مشاهده منظره طولی و مقطع عرضی آنهاست. الیاف مصنوعی و بازیافته را می‌توان با ظرافت و شکل سطح مقطع دلخواه تولید کرد، ولی در الیاف طبیعی نظیر پنبه گرچه شکل مقطع عرضی الیاف شبیه به هم هستند، اما سطح مقطع آنها به یک اندازه نبوده در نتیجه ظرافت این الیاف از یک لیف به لیف دیگر فرق می‌کند.

برای مشاهده منظره طولی و مقطع عرضی الیاف از میکروسکوپ استفاده می‌شود، و جهت اندازه‌گیری سطح مقطع یا قطر الیاف لازم است از یک میکروسکوپ ویژه که دارای صفحه مدرج است استفاده گردد. لازم به یادآوری است که در این آزمایش چون از قطعات نازک شیشه‌ای به نام لام و میکروسکوپ که ابزاری دقیق و حساس است استفاده می‌شود، لذا در هنگام کار با این ابزارها، دقت بسیاری داشته باشید. وسایل آزمایش: میکروسکوپ، لام، صفحه فلزی سوراخ‌دار، تیغ مواد لازم: گلیسیرین، انواع الیاف

### شرح آزمایش

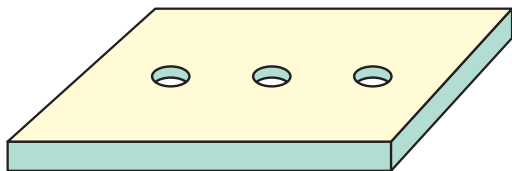
این آزمایش شامل دو قسمت است که در زیر به شرح آنها می‌پردازیم:

**الف) مشاهده منظره طولی الیاف:** در این روش برای آماده‌سازی نمونه از دو لام استفاده می‌شود. برای تهیه نمونه ابتدا تعدادی از الیاف مورد نظر را برداشته و بر روی یک لام قرار دهید، سپس یک قطره

گلیسیرین را بر روی این لام ریخته و لام دیگر را بر روی آن قرار دهید. دو لام مذکور را به آرامی به یکدیگر بفشارید تا قطره گلیسیرین به خوبی در بین آنها پخش شده و هیچ حباب هوایی در بین دو لام در ناحیه‌ای که الیاف در آن قرار دارند وجود نداشته باشد.

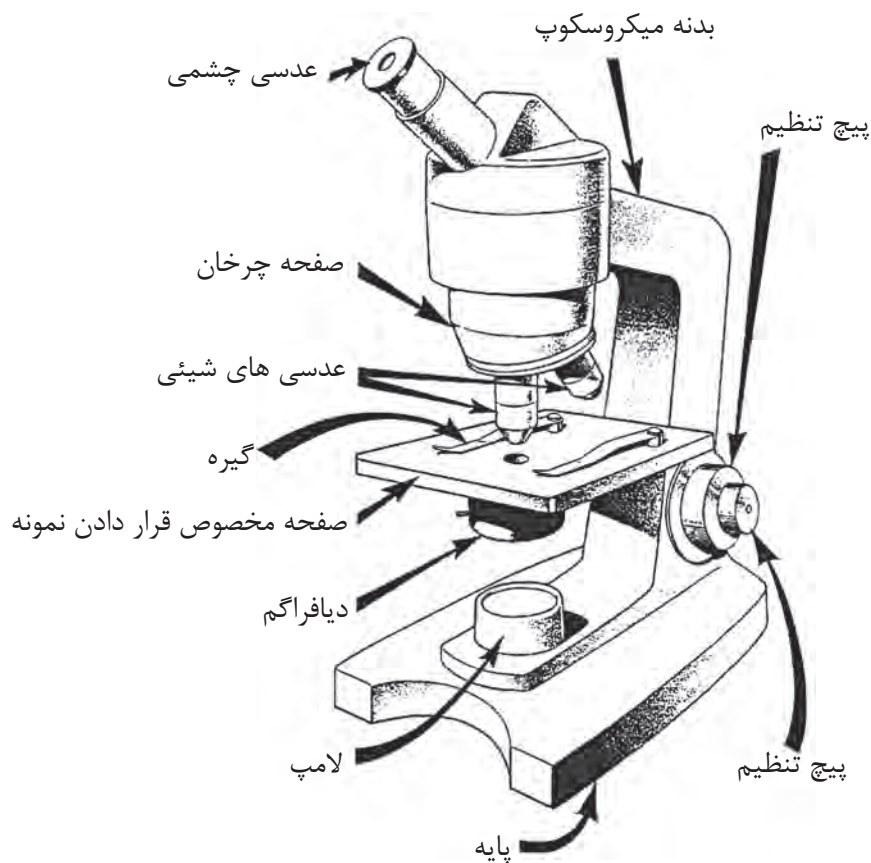
پس از آماده‌سازی نمونه به طریق فوق، نمونه را در محل مخصوص میکروسکوپ قرار داده و با تغییر فاصله نمونه تا عدسی شیئی و تغییر عدسی شیئی و چشمی وضوح و بزرگ‌نمایی مناسب را به دست آورده و منظره طولی الیاف را مشاهده کنید. پس از دستیابی به بزرگ‌نمایی و وضوح مناسب، تصویر منظره طولی الیاف را بر روی کاغذ رسم کنید.

**ب) مشاهده سطح مقطع عرضی الیاف:** در این آزمایش، برای تهیه نمونه از یک صفحه فلزی به ابعاد  $7 \times 3$  سانتی‌متر و به ضخامت ۱ میلی‌متر استفاده می‌شود. بر روی این صفحه سوراخ‌هایی به قطر ۱ میلی‌متر برای عبور الیاف وجود دارد (شکل زیر). برای آماده کردن نمونه، ابتدا دسته‌ای از الیاف مورد نظر را با دست شانه کنید و به صورت موازی در آورید و سپس دسته الیاف موازی شده را از داخل سوراخ عبور دهید. تعداد الیاف موجود در دسته الیاف فوق باید در حدی باشد که دسته الیاف پس از عبور از داخل سوراخ صفحه فلزی به آسانی در داخل سوراخ نلغزد و به طور محکم در داخل سوراخ قرار گیرند. سپس به وسیله یک تیغ تیز دو طرف دسته الیاف در دو سمت صفحه فلزی را به دقت و دقیقاً هم سطح صفحه فلزی برش دهید تا یک دسته الیاف با طول ضخامت صفحه فلزی در داخل سوراخ مربوطه باقی بماند.



برای مشاهده مقطع عرضی الیاف، صفحه فلزی مربوطه را در محل ویژه میکروسکوپ قرار داده و به وسیله گیره‌ای که در محل مربوطه قرار دارد صفحه فلزی را ثابت نموده تا در هنگام کار نلغزد. با حرکت چپ - راست و جلو - عقب صفحه فلزی سوراخ مربوط به نمونه تهیه شده را منطبق بر محور عدسی شیئی تنظیم نمایید و با تغییر عدسی‌های شیئی و چشمی و تنظیم فاصله نمونه و عدسی شیئی می‌توانید یک تصویر واضح فراهم کرده و مقطع عرضی الیاف را مشاهده نمایید. در حین مشاهده مقطع عرضی الیاف، شکل تقریبی آنها را در داخل دفتر یادداشت ترسیم نمایید.

جهت مشاهده مقطع عرضی یک نوع لیف که فقط تعداد کمی از آن در دست باشد و در نتیجه نمونه‌گیری برای مشاهده مقطع عرضی آن امکان‌پذیر نباشد، ابتدا تعدادی از این لیف را با دسته‌ای از یک نوع لیف دیگر که مقطع عرضی آن برای شما شناخته شده است مخلوط کرده سپس دسته الیاف مخلوط را از سوراخ صفحه سوراخ‌دار عبور داده و به روشی که قبلاً توضیح داده شده است نمونه را تهیه کنید. در این صورت می‌توانید نمونه را توسط میکروسکوپ مشاهده کرده و با مقایسه مقطع عرضی آن با الیاف شناخته شده الیاف مجهول را شناسایی کنید.



شکل ۲۲- نمایی از یک میکروسکوپ

- ۱- منظره طولی و مقاطع عرضی الیاف مختلف را در زیر میکروسکوپ مشاهده کنید و شکل های آن را بر روی کاغذ رسم کنید. شکل ها را با شکل های هنرجویان دیگر مقایسه کنید.
- ۲- برش نامناسب (اریب) در سطح مقطع الیاف چه اثری می گذارد؟
- ۳- معمولاً سطح مقطع الیاف مصنوعی یکنواخت تر از الیاف طبیعی است. درباره دلیل این موضوع با هنرجویان دیگر بحث کنید.

پرسش



فعالیت  
عملی ۲



شناسایی عناصر موجود در الیاف

**مقدمه:** عناصر سازنده مولکول‌های هر نوع از الیاف نساجی معین و شناخته شده است. عناصر موجود در ساختمان مولکولی هر دسته از الیاف براساس اینکه طبیعی باشند یا مصنوعی و یا اینکه پروتئینی باشند (منشأ حیوانی) یا سلولزی (منشأ گیاهی) با هم فرق می‌کند، ولی برخی از عناصر نظیر کربن و هیدروژن در ساختمان همه الیاف نساجی حضور دارند.

نوع عناصری که در ساختمان مولکولی الیاف نساجی قرار دارند و شناسایی آنها از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند، چراکه نوع عناصر موجود در الیاف، در خواص الیاف به ویژه رفتار الیاف در فرایندهای شیمیایی تأثیر فراوانی دارد.

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، گیره، چراغ گاز بونزن، میله مسی  
**مواد لازم:** سود سوزآور، اسید سولفوریک غلیظ، اسید نیتریک غلیظ، اسید پرکلرید ۶۰٪، پلمبیت سدیم، کاغذ تورنسل، پودر PVC و انواع مختلف الیاف نساجی

### شرح آزمایش

برای شناسایی هر عنصری روش خاصی استفاده می‌شود که در اینجا به شرح آزمایش شناسایی چند عنصر می‌پردازیم:

**الف) شناسایی عناصر اکسیژن، هیدروژن و کربن:** توده کوچکی از الیاف مورد نظر را در انتهای لوله آزمایش قرار دهید، سپس لوله آزمایش را به صورت کج بر روی شعله چراغ بگیرید تا شعله به انتهای لوله آزمایش اثر کند. قطرات آب جمع شده در قسمت بالای لوله آزمایش حاصل میعان بخار آب حاصل از ترکیب عناصر اکسیژن - هیدروژن موجود در الیاف و توده خاکستر (زغال) حاصل نشان دهنده عنصر کربن می‌باشد. البته مقداری از قطرات آب تشکیل شده ممکن است حاصل تبخیر رطوبت بازیافته الیاف باشد. لذا برای دقت در آزمایش لازم است که از الیاف کاملاً خشک استفاده شود برای خشک کردن نمونه الیاف می‌توانید از آون (oven) استفاده کنید.

**ب) شناسایی نیتروژن با استفاده از آهک سوده (مخلوط سود سوزآور و آهک):** چند تکه آهک سوده را در داخل لوله آزمایش بریزید و به وسیله یک میله شیشه‌ای به آرامی آن را بکوبید و نرم کنید. سپس توده کوچکی از الیاف مورد نظر را بر روی آهک سوده داخل لوله آزمایش قرار دهید و روی توده الیاف را با مقدار کافی از آهک سوده نرم شده بپوشانید تا الیاف از روی لایه رومی آهک سوده پیدا نباشد. لوله آزمایش را به آرامی حرکت دهید و یک تکه از کاغذ تورنسل را خیس کرده و در جلوی لوله آزمایش بگیرید. توجه داشته باشید که کاغذ تورنسل با لایه لوله آزمایش تماس نداشته باشد. در این آزمایش، اگر کاغذ تورنسل به رنگ آبی درآمد، رنگ آبی نشانه وجود گاز آمونیاک بوده و گاز آمونیاک نیز وجود نیتروژن در الیاف مورد آزمایش را به اثبات می‌رساند.

**پ) شناسایی گوگرد با استفاده از پلمبیت سدیم:** مقداری از الیاف را در داخل لوله آزمایش حاوی محلول پلمبیت سدیم قرار داده و لوله آزمایش را به آرامی حرکت دهید. کدر شدن و سیاه شده رنگ الیاف نشان دهنده وجود عنصر گوگرد در داخل آنهاست. محلول پلمبیت سدیم قلیایی بوده و با گوگرد موجود در ساختمان مولکولی الیاف واکنش انجام می‌دهد و ترکیب سولفید هیدروژن تولید می‌شود. سولفید هیدروژن نیز با پلمبیت سدیم واکنش انجام داده و تولید سولفید سرب سیاه‌رنگ می‌کند. سولفید

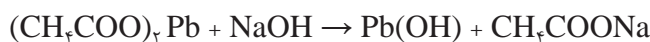
سرب معمولاً در داخل لیف تولید شده و باعث کدر و سیاه شدن رنگ آن می‌شود. از بین الیاف نساجی، فقط الیاف پشم یک واکنش مشخص با پلمبیت سدیم انجام می‌دهد. این آزمایش را می‌توان برای الیاف پشم، ابریشم و سایر الیاف نساجی انجام داد.

**توجه:** از حرارت دادن زیاد الیاف پشم و ابریشم در داخل محلول پلمبیت سدیم اجتناب کنید چون ممکن است موجب انحلال این الیاف شود.

**ت) شناسایی هالوژن‌ها با استفاده از میله مسی:** چراغ گازی بونزن را روشن کنید و انتهای میله مسی را در داخل قسمت آبی شعله قرار دهید. انتهای میله مسی فوق را آن قدر در داخل شعله نگه دارید تا شعله چراغ بی‌رنگ شود. انتهای داغ میله مسی را در داخل توده کوچکی از الیاف مورد آزمایش قرار داده سپس انتهای میله را مجدداً در داخل شعله قرار دهید. رنگ سبز شعله نشان‌دهنده وجود هالوژن در الیاف مربوطه است.

رنگ سبز شعله نشانه انتشار طیف یون مس است. شناسایی هالوژن از این واقعیت ناشی می‌شود که صرف‌نظر از هالیدها تعداد بسیار کمی از نمک‌های مس از شعله چراغ منتشر می‌شود. از عناصر برم و ید در الیاف استفاده نمی‌شود و استفاده از عنصر فلئور در الیاف نساجی هنوز معمول نشده است. بنابراین هالوژن شناسایی شده در لیف مورد آزمایش عنصر کلر می‌باشد. این آزمایش را می‌توان با الیاف پلی‌وینیل کلراید (PVC)، پلی‌وینیل دین کلراید و وینیل سیانید انجام داد، ولی آسان‌ترین روش استفاده از پودر PVC است.

**طرز تهیه محلول پلمبیت سدیم:** به محلول سود سوزآور ۱۰٪ چند قطره از محلول استات سرب اضافه کنید تا رسوب سفیدرنگ هیدروکسید سرب تشکیل شود. سپس به داخل ظرف مربوطه مقدار کمی سود سوزآور اضافه کنید تا رسوب از بین برود و یک محلول شفاف حاصل شود.



استات سدیم      رسوب سفیدرنگ      سود سوزآور      استات سرب هیدروکسید سرب



پلمبیت سدیم



سولفید گوگرد

آزمایش را با توجه به موارد زیر انجام دهید.

- ۱- کلیه آزمایشات شناسایی عناصر را بر روی الیاف پنبه، ویسکوز، پشم، ابریشم، اکریلیک، پلی‌استر، استات یا تری‌استات و PVC انجام دهید.
- ۲- عناصر اکسیژن، هیدروژن و کربن در کدام یک از الیاف وجود دارند؟
- ۳- دلیل آبی شدن کاغذ تورنسل در آزمایش شناسایی نیتروژن چیست؟
- ۴- در آزمایش شناسایی عنصر نیتروژن، چرا کاغذ تورنسل نباید با لوله آبی آزمایش تماس داشته باشد؟
- ۵- عنصر گوگرد در کدام یک از الیاف پشم و ابریشم و پنبه وجود دارد؟ با نوشتن فرمول شیمیایی مولکول این الیاف پاسخ خود را توضیح دهید.
- ۶- جدولی رسم کنید و در آن وجود عناصر شناسایی شده در الیاف مختلف را مشخص کنید.





## تعیین تجعد الیاف پشم

اهمیت تجعد در الیاف نساجی: یکی از ویژگی‌های مهم الیاف کوتاه (در محدوده طول پنبه) و الیاف بلند (در محدوده طول پشم) تجعد می‌باشد، و اهمیت تجعد در مباحث مربوط به طول الیاف قابل توجه بوده و غیرقابل چشم‌پوشی است. تجعد الیاف نساجی که نشان‌دهنده میزان فرموج الیاف است، از دو منظر کلی زیر با اهمیت است:

- ۱- تأثیر تجعد الیاف بر کیفیت عملیات ماشین‌آلات خط ریسندگی.
  - ۲- تأثیر تجعد الیاف بر کیفیت محصولات نظیر نخ، پارچه و لباس.
- برخی از نکات مهم در ارتباط با تجعد الیاف و تأثیر آن بر کیفیت تولید و محصولات نساجی به‌صورت زیر می‌باشند:
- ۳- تجعد الیاف سبب می‌شود تا چسبندگی و پیوستگی الیاف تحت فشارهای کوچک افزایش یابد.
  - ۴- تجعد الیاف موجب پیوستگی تار عنکبوتی در ماشین‌کارد و در نتیجه افزایش بهره‌وری این ماشین می‌شود.
  - ۵- تجعد، باعث کاهش میزان آزاد شدن الیاف از دسته الیاف در حال عملیات در ماشین‌های ریسندگی و در نتیجه کاهش الیاف آزاد در فضای سالن‌های ریسندگی و کاهش آلودگی می‌شود.
- تجعد تعیین‌کننده میزان پرز و پرزدار بودن نخ می‌باشد.
- تجعد الیاف موجب افزایش تمایل محصولات نساجی به حجیم شدن گشته و معمولاً با افزایش تجعد الیاف، حجم مخصوص نخ و پارچه افزایش می‌یابد.

الیاف طبیعی مثل پنبه و پشم که منشأ طبیعی دارند، به‌طور ذاتی مجعد بوده و دارای فرموج می‌باشند، ولی الیاف مصنوعی مثل پلی‌استر، پلی‌پروپیلن و اکریلیک در هنگام تولید و به‌وسیله حرارت و فشار به‌صورت مجعد درمی‌آیند. در ایجاد تجعد و فرموج در الیاف مصنوعی، باید توجه داشت که میزان تجعد در محدوده معینی باشد. چون اگر تجعد الیاف کمتر از میزان توصیه شده باشد، ممکن است منجر به مشکلاتی از قبیل چسبیدن الیاف لایه‌های مجاور در هنگام باز شدن بالش، پارگی تار عنکبوتی در ماشین‌کارد و همچنین به علت چسبندگی کم بین الیاف موجب غلتک پیچی در ماشین‌های ریسندگی گردد. از طرف دیگر، اگر تجعد الیاف بیش از حد معمول باشد، مشکلاتی مثل افزایش نپ الیاف را به همراه دارد.

**مقدار تجعد در الیاف:** مقدار تجعد و فرموج الیاف به دو روش زیر تعریف می‌گردد:

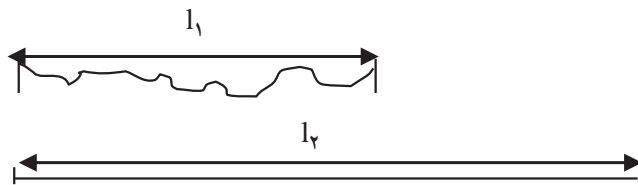
۱- **روش شمارش:** در این روش تعداد تجعد یا موج لیف در واحد طول آن، مثلاً تعداد موج لیف در یک سانتی‌متر یا یک اینچ از طول لیف به‌عنوان مقدار تجعد در نظر گرفته می‌شود.

۲- **روش افزایش طول:** در این روش درصد افزایش طول لیف وقتی که لیف کشیده می‌شود تا فرموج آن از بین رفته و لیف به‌صورت مستقیم درمی‌آید، به‌عنوان مقدار تجعد در نظر گرفته می‌شود.

لازم به توضیح است که برای تعیین تجعد لیف به روش افزایش طول لیف، باید توجه داشت تا کشش وارد شده به لیف باید در حدی باشد که لیف مستقیم شده و فرموج آن از بین رفته باشد، و بعد از مستقیم شدن لیف و از بین رفتن فرموج، هیچ کشش اضافه‌ای به لیف وارد نشود.

در تعیین مقدار تجعد الیاف به روش «شمارش»، کافی است تعداد موج لیف در واحد طول شمارش شود. در

این روش واحد تجعد، تعداد موج در واحد طول مثلاً ۲۲ جعد در سانتی‌متر یا ۳۸ جعد در اینچ می‌باشد. اما، در تعیین مقدار تجعد به روش «افزایش طول»، با توجه به شکل ۲۳ اگر طول لیف مجعد  $I_1$  باشد و پس از اعمال کشش و مستقیم شدن لیف، طول لیف  $I_2$  باشد،



شکل ۲۳- طول لیف در حالت‌های مجعد و مستقیم شده.

مقدار تجعد لیف (C) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = I_2 - I_1$$

و درصد تجعد لیف از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\%C = \frac{I_2 - I_1}{I_1} \times 100$$

**شکل و پایداری تجعد در الیاف:** فروموج و تجعد در الیاف از نظر شکل ظاهری و فاصله دو موج متوالی یکسان نبوده و انحنا و تراکم تجعد در طول لیف متنوع و متغیر می‌باشد. مثلاً در الیاف پشم که تجعد در آنها به دلیل شرایط فیزیکی و شیمیایی خاص لایه‌های مختلف لیف می‌باشد، شکل تجعد این لیف به صورت مارپیچی است. اما، تجعد در الیاف مصنوعی به صورت مکانیکی و با استفاده از حرارت و فشار به وسیله ابزارهای مکانیکی انجام می‌شود و شکل تجعد در این الیاف، به نوع فشار و شکل ابزار ویژه ایجاد فروموج که به کریمپر (Crimper) معروف است بستگی دارد. در بعضی از الیاف مصنوعی مثل ویسکوز ریون، به خاطر وجود پوسته غیر متقارن، فروموج دائمی در ساختمان لیف ایجاد می‌گردد. در صنعت برای ایجاد فروموج و تجعد در الیاف اکریلیک، به وسیله عملیاتی مثل کشیدن الیاف از روی تیغه‌های فلزی، پوسته یا سطح لیف در سراسر لیف نامتقارن شده و همین عدم تقارن در سطح لیف سبب فروموج و تجعد در سراسر لیف می‌شود.

مقدار و کیفیت حالت کشسانی تجعد در الیاف، بسیار متنوع می‌باشد. تجعد الیاف پشم از کشسانی بسیار بالایی برخوردار است، همین‌طور در الیاف مصنوعی که تجعد ایجاد شده در آنها با عملیات حرارتی به خوبی تثبیت شده باشد، حالت کشسانی تجعد مناسب است. پایداری و ماندگاری حالت کشسانی تجعد در الیاف سبب می‌شود تا نرمی و حجیم بودن نخ‌ها و پارچه‌های تهیه شده از آنها به مدت طولانی حفظ شود. اما فروموج و تجعدی که به صورت مکانیکی در الیاف باز یافته ایجاد می‌شود، دائمی و پایدار نبوده، و به مرور زمان و طی عملیاتی که بر روی الیاف در ریسندگی انجام می‌شود، تجعد ایجاد شده در این الیاف از بین می‌رود. ولی اگر تجعد با تغییر در ساختمان داخلی این الیاف ایجاد شده باشد، حتی اگر این تجعد در جریان عملیات ریسندگی از بین برود، ولی در طی عملیات حرارتی مرطوب نظیر برخی عملیات تکمیل و رنگرزی، تجعد از دست رفته مجدداً در لیف احیا می‌شود.



## شناسایی الیاف نساجی به کمک معرف‌های رنگی (نئوکارمین W)

**مقدمه:** نئوکارمین W مخلوطی از چند مادهٔ رنگ‌زا می‌باشد. این مواد رنگ‌زا به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که قابلیت رنگ کردن الیاف مختلف را به رنگ‌های گوناگون دارا می‌باشند. این آزمایش که حتماً باید در کنار سایر آزمایشات و به عنوان مکمل برای شناسایی الیاف به کار گرفته شود، می‌تواند تا حدودی دستهٔ الیاف مورد آزمایش را مشخص نماید. مثلاً با این آزمایشات الیاف دارای منشأ سلولزی به رنگ صورتی تا آبی و یا الیاف پروتئینی به رنگ زرد درخواهند آمد، جدول ۲ را ملاحظه نمایید.

جدول ۲- شناسایی الیاف از طریق معرف رنگی نئوکارمین W

رنگ نمی شوند	صورتی تا آبی	زرد
پلی استر	پنبه	پشم
پلی پروپیلن	ویسکوز	ابریشم
پلی اتیلن	کتان	پلی آمید
اکریلیک	رامی	استات
پلی وینیل کلراید	کنف	الیاف پروتئینی بازیابی شده

**وسایل آزمایش:** لولهٔ آزمایش، گیره لولهٔ آزمایش، پی‌پت، میلهٔ شیشه‌ای  
**مواد مصرفی:** محلول نئوکارمین W، ابریشم، پشم، پنبه، پلی استر، ویسکوز، اکریلیک، استات، نایلون  
**شرح آزمایش**

جهت شناسایی الیاف نساجی با استفاده از محلول معرف نئوکارمین W می‌توان به دو روش عمل کرد:  
 الف) مقدار کمی از الیاف مورد آزمایش را درون لولهٔ آزمایش حاوی یک میلی‌لیتر نئوکارمین W قرار داده و با یک میله شیشه‌ای آن را به محلول مواد رنگ‌زا آغشته کنید. پس از گذشت دو دقیقه الیاف را خارج ساخته و با آب فراوان آن را شست‌وشو دهید. سپس نمونه را خشک نمایید.

ب) مقدار کمی از الیاف مورد آزمایش را درون لولهٔ آزمایش حاوی یک میلی‌لیتر محلول نئوکارمین W قرار داده و آن را گرم کنید تا به جوش بیاید (توجه نمایید که محتویات لولهٔ آزمایش به هنگام جوشیدن به خارج پاشیده نشود). پس از گذشت ۳۰ ثانیه نمونه از لوله خارج کرده و آن را با آب شست‌وشو داده و خشک کنید. پس از اتمام آزمایش، رنگ هریک از الیاف مورد آزمایش را یادداشت نمایید. و نتایج خود را با اطلاعات داده شده در جدول ۳ مقایسه کنید و جدول را کامل کنید.

### جدول ۳- نتایج حاصل از آزمایش

نمونه کار	رنگ الیاف پس از عمل با نئوکارمین	نوع الیاف
		پنبه
		ویسکوز
		پشم
		ابریشم
		پلی استر
		اکریلیک
		استات
		نایلون

۱- آیا می توان از محلول نئوکارمین جهت شناسایی الیاف رنگی استفاده کرد؟ چرا؟  
 ۲- از مسئول آزمایشگاه، مقداری از الیاف مجهول، بگیرید و سپس آن را شناسایی کنید. از هنرآموزتان بخواهید درست یا اشتباه بودن کارتان را مشخص کند.

پرسش



شناسایی با این محلول در چه مواردی بسیار خوب - متوسط - بد است. علت هر کدام را با یکدیگر بحث کنید.

بحث کنید



درباره این شناساگر (به کمک اینترنت) تحقیق کنید و نتایج آن را به هنرآموزتان و کلاس گزارش بدهید.

تحقیق کنید



شناسایی الیاف نساجی به کمک معرف های رنگی (شیرلاستین A)

فعالیت  
عملی ۵



**مقدمه:** شیرلاستین A مخلوطی از چند ماده رنگزا به صورت محلول می باشد که توسط شرکت ICI ساخته شده است. مواد رنگزا طوری انتخاب شده اند که انواع مختلف الیاف را به رنگ های مختلف لکه گذاری می نمایند. این آزمایش حتماً باید در کنار سایر آزمایشات و به عنوان مکمل برای شناسایی الیاف به کار گرفته شود. مواد رنگزا، روغن ها و مواد تکمیلی موجود بر روی کالا ممکن است بر روی نتیجه این آزمایش اثر منفی بگذارند، لذا قبل از شناسایی الیاف با شیرلاستین A، ابتدا این مواد باید از کالا زدوده شوند. حتی عملیات

برداشت مواد ذکر شده از کالا نیز ممکن است سبب تغییر نتایج لکه‌گذاری گردد. به هر حال هنگامی که الیاف مختلف با شیرلاستین A عمل می‌شوند رنگ‌های متفاوتی می‌دهند. در جدول ۴ رنگ‌های ایجاد شده بر روی الیاف نشان داده شده است.

جدول ۴- شناسایی الیاف از طریق شیرلاستین A

رنگ الیاف	نوع الیاف
سبز مایل به زرد	دی استات سلولز
سفید مایل به زرد	تری استات سلولز
صورتی روشن	ویسکوز
کرم مایل به زرد	نایلون
سفید	پلی استر
صورتی کم‌رنگ - خاکستری	اکریلیک (اکریلان)
سفید	اکریلیک (ارلون)

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، چراغ گاز بونزن، همزن شیشه‌ای، گیره لوله آزمایش، پی‌پت  
**مواد مصرفی:** محلول شیرلاستین A، تی پول (ماده متورم‌کننده الیاف)، پنبه، ویسکوز، پشم، ابریشم، استات، نایلون، پلی استر، اکریلیک

### شرح آزمایش

مقدار کمی از الیاف مورد آزمایش را برداشته و در داخل یک لوله آزمایش که حاوی مقداری ماده متورم‌کننده مثلاً Teepol و آب است بیندازید. الیاف را از لوله آزمایش خارج کرده و آبکشی نمایید.  
 برای شناسایی الیاف نساجی با استفاده از محلول شیرلاستین A می‌توانید به دو روش زیر عمل کنید:  
 الف) الیاف آبکشی شده را درون لوله آزمایش حاوی یک میلی‌لیتر محلول شیرلاستین A قرار داده و با یک میله شیشه‌ای آن را به محلول مواد رنگ‌زا آغشته کنید. پس از گذشت دو دقیقه الیاف را خارج ساخته و بلافاصله با آب فراوان شست‌وشو دهید. سپس نمونه را خشک و در جدول ۳ قرار دهید.  
 ب) الیاف آبکشی شده را درون لوله آزمایش حاوی یک میلی‌لیتر محلول شیرلاستین A قرار داده و آن را حرارت دهید تا به جوش برسد (توجه نمایید که محتویات لوله آزمایش به هنگام جوشیدن به خارج پاشیده نشود). پس از گذشت ۳۰ ثانیه نمونه را از لوله آزمایش خارج و آن را با آب فراوان شست‌وشو داده و خشک کنید. نمونه‌ها را در جدول ۳ قرار دهید.  
 پس از اتمام آزمایش رنگ هریک از الیاف مورد آزمایش را یادداشت نمایید و نتایج خود را اطلاعات داده شده در جدول ۲ مقایسه کنید و جدول ۳ را کامل نمایید.

۱- به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۲- جدول ۵ را با توجه به نتایج آزمایش تکمیل کنید.



- ۱- از مسئول آزمایشگاه خود مقداری الیاف مجهول را بگیرید و با استفاده از محلول شیرلاستین A آن را شناسایی کنید. نام الیاف مجهول را یادداشت نمایید.
- ۲- با اطلاعات به دست آمده از این آزمایش، جدول ۵ را کامل کنید.
- جدول ۵- نتایج حاصل از آزمایش شناسایی الیاف با شیرلاستین A**

نوع الیاف	رنگ الیاف پس از عمل با نئوکارمین	نمونه کار
پنبه		
ویسکوز		
پشم		
ابریشم		
پلی استر		
اکریلیک		
استات		
نایلون		

- ۳- آیا از محلول شیرلاستین A می توان برای شناسایی الیاف رنگی استفاده کرد؟ چرا؟

## فرم ارزشیابی واحد یادگیری ۲- تعیین ویژگی‌های الیاف حیوانی

شرح فعالیت: شناسایی الیاف حیوانی و تعیین خصوصیات الیاف حیوانی			
<p>استاندارد عملکرد: تعیین نوع الیاف حیوانی و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی الیاف به کمک ابزار و دستگاه‌های مشخص شده</p> <p>شاخص‌ها: تعیین خصوصیات الیاف پشم - ابریشم - موهر - انواع موی حیوانات</p>			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</p> <p>فضای کار: آزمایشگاه شناسایی الیاف نساجی</p> <p>تجهیزات: میکروسکوپ - انواع لام - وسایل اندازه‌گیری فر و موج الیاف - کاتالوگ معرف های رنگی شیرلاستین A و نئوکارمین W</p> <p>مواد مصرفی: انواع الیاف نساجی- مواد شیمیایی مرتبط</p>			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین نوع الیاف به روش میکروسکوپی	۱	
۲	تعیین عناصر موجود در الیاف	۱	
۳	تعیین الیاف نساجی از طریق معرف‌های رنگی (نئوکارمین)	۲	
۴	تعیین تجعد الیاف	۱	
۵	تعیین الیاف نساجی از طریق معرف‌های رنگی شیرلاستین	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		
	۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن دستگاه و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات		*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			





## پودمان ۳

### تعیین ویژگی‌های الیاف بازیافته



## شایستگی‌های فنی

ساختمان شیمیایی الیاف، پلیمریزاسیون، تأثیر خواص پلیمر روی الیاف، نحوه تولید الیاف مصنوعی، نحوه تولید الیاف ویسکوز، خواص الیاف ویسکوز، نحوه تهیه و خواص الیاف گوپر آمونیوم، نحوه تهیه و خواص الیاف دی استات سدیم و تری استات سدیم، تعیین جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف، اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع، تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف، تعیین خواص کششی الیاف با دستگاه اینسترون

## استاندارد کار

پس از پایان پودمان از هنرجو انتظار می‌رود ضمن تحلیل محتوایی خواص الیاف باز یافته و نحوه تولید آنها، بتوانند خواص مورد نظر را به کمک دستگاه‌های مورد نظر و به صورتی کاملاً ایمن و با توجه به نکات زیست محیطی اندازه‌گیری نماید.

## ساختار الیاف شیمیایی

چنان‌که در فصول قبل اشاره شده است الیاف شیمیایی الیافی هستند که در طبیعت به صورت لیف وجود ندارند و به روش‌های صنعتی تبدیل به لیف می‌شوند. همچنین در فصول گذشته اشاره شده است که الیاف شیمیایی به دو دسته الیاف باز یافته و الیاف مصنوعی تقسیم می‌شوند و توضیح داده شده است که الیاف باز یافته الیافی هستند که پلیمر آنها در طبیعت وجود دارد ولی این پلیمر به شکل لیف نیست و در صنعت این پلیمرهای طبیعی به لیف قابل استفاده در نساجی تبدیل می‌شوند. برخلاف الیاف باز یافته، الیاف مصنوعی، الیافی هستند که پلیمر آنها در طبیعت وجود ندارد. یعنی پلیمر الیاف مصنوعی نیز به صورت صنعتی ساخته و تولید می‌شود و پس از ساخت پلیمر، این الیاف به روش‌های صنعتی تبدیل به لیف قابل مصرف در نساجی می‌شوند.

### پلیمر و پلیمریزاسیون

پلیمر ماده‌ای است که از مولکول‌های بسیار بزرگ تشکیل می‌شود و این مولکول‌های بزرگ نیز از واحدهای کوچک و تکرار شونده به نام مونومر ساخته می‌شوند. در فارسی پلیمر را بسپار و مونومر را تک‌پار نیز می‌نامند. یک مولکول پلیمر از چند صد یا چند هزار واحد مونومر تشکیل می‌شود. نوع، تعداد و چگونگی قرار گرفتن مونومرها در ساختمان یک مولکول پلیمر متفاوت است و همین متغیرها یعنی نوع، تعداد و چگونگی قرار گرفتن مونومرها در ساختمان یک مولکول تعیین‌کننده رفتار پلیمر می‌باشد.

پلیمرهای مصنوعی به روش‌های صنعتی و در محیط‌های کنترل شده از نظر دما، فشار، حجم، نوع مواد شرکت‌کننده در واکنش‌های شیمیایی ساخته می‌شوند. چنان‌که اشاره شده است، پلیمرها از اتصال و به هم پیوستن مونومرها ساخته می‌شوند. به عملیات اتصال و به هم پیوستن مونومرها و تشکیل یک مولکول بزرگ که در یک محیط کنترل شده انجام می‌شود، پلیمریزاسیون یا پلیمر شدن می‌گویند. در عملیات پلیمریزاسیون، مونومرها در جریان یک فرایند شیمیایی و با نظم خاصی به یکدیگر متصل شده و یک مولکول بزرگ یا ماکرومولکول به نام پلیمر را به وجود می‌آورند.

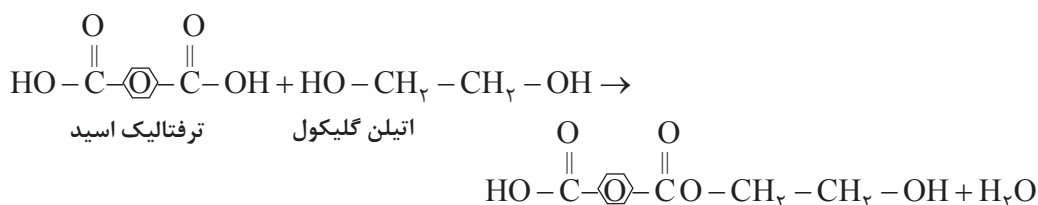
پلیمرها می‌توانند از یک نوع مونومر یا اینکه از چند نوع مونومر تشکیل شوند. اگر پلیمری فقط از یک نوع مونومر تشکیل شود به این پلیمر همو پلیمر (homo polymer) گفته می‌شود، و اگر در تشکیل مولکول یک پلیمر چند نوع مونومر مورد استفاده قرار گیرد، به پلیمر تشکیل شده کوپلیمر (copolymer) گفته می‌شود. هدف از ساخت و تولید کوپلیمر، دستیابی به خواص ویژه‌ای از پلیمر می‌باشد که ممکن است یک هموپلیمر آن خواص و رفتار مورد انتظار را نداشته باشد. مثلاً از بعضی از هموپلیمرها مثل پلی‌وینیل کراید (PVC) نمی‌توان لیف مناسب مصرف نساجی تهیه کرد و یا از پلی‌وینیلستات (PVAc) اگر لیف تهیه شود، لیف حاصل دارای نقطه ذوب پایین و دارای خواص کششی ضعیف می‌باشد، اما از ترکیب این دو ماده می‌توان یک کوپلیمر که حاوی ۸۸٪ وینیل کراید و ۱۲٪ وینیل استات است، یک پلیمر به نام وینیون تولید کرد که لیف حاصل از وینیون بسیار مناسب مصارف نساجی می‌باشد. از ترکیب چند ماده می‌توان کوپلیمرهایی تهیه کرد که این کوپلیمرها قابلیت رسیدن و تبدیل به الیاف را داشته و خواص و رفتاری را از خود بروز بدهند که مناسب استفاده برای انواع منسوجات به ویژه منسوجات صنعتی باشند. در بعضی از کوپلیمرها می‌توان با استفاده از مونومرهای ویژه، خواص و ویژگی‌هایی را در پلیمر (کوپلیمر) تولید شده ایجاد کرد که مثلاً مقاومت آنها در مقابل کشش، نورخورشید، مواد شیمیایی و... افزایش یافته یا اینکه رنگ پذیری، جذب رطوبت و خاصیت کشسانی آنها بیشتر شود.

### روش‌های پلیمریزاسیون

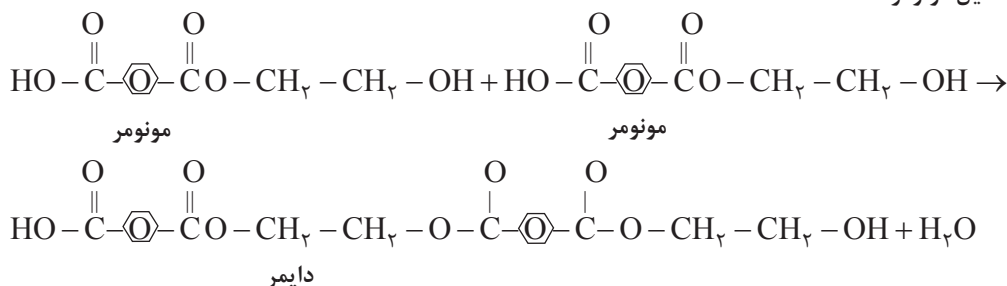
چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است، پلیمرها مولکول‌های بزرگی هستند که از به هم پیوستن و اتصال تعداد زیادی مولکول کوچک ایجاد می‌شوند. در عمل پلیمریزاسیون مولکول‌های کوچک به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول بزرگ یعنی پلیمر را به وجود می‌آورند. به‌طور کلی دوروش پلیمریزاسیون وجود دارد که عبارت‌اند از روش پلیمریزاسیون تراکمی (condensation polymerization) و روش پلیمریزاسیون اضافه (additional polymerization).

### پلیمریزاسیون تراکمی

کاروترز (carothers) که یک شیمی‌دان آمریکایی بود و برای شرکت آمریکایی دوپونت (Dupont) کار می‌کرد برای اولین بار متوجه این روش پلیمریزاسیون شده است. او متوجه شده است که موادی که دارای گروه فعال در دو طرف ساختمان مولکولی خود هستند، در شرایط مناسب دو مولکول از این مواد می‌توانند با هم ترکیب شده یا پیوند برقرار کنند و یک مولکول بزرگ‌تر با حدود دو برابر طول یک مولکول اول ایجاد نمایند. گروه‌های ترکیبی فعال نظیر گروه‌های الکلی و استری و غیره هستند که می‌توانند در دو سر یک مونومر وجود داشته باشند. در پلیمریزاسیون تراکمی در مرحله اول تعداد دو مونومر به یکدیگر متصل می‌شوند که مولکول حاصل به دimer (dimer) معروف است و ضمن تولید دimer یک مولکول کوچک مثل مولکول آب از واکنش استخراج می‌شود. در مرحله دوم، دimer حاصل می‌تواند به یک مونومر یا به یک دimer دیگر متصل شود و مولکول بزرگ‌تری را ایجاد نماید. برای مثال در معادله شیمیایی شماره ۱ یک واحد دی‌آمین و یک واحد دی‌اسید نشان داده شده است.

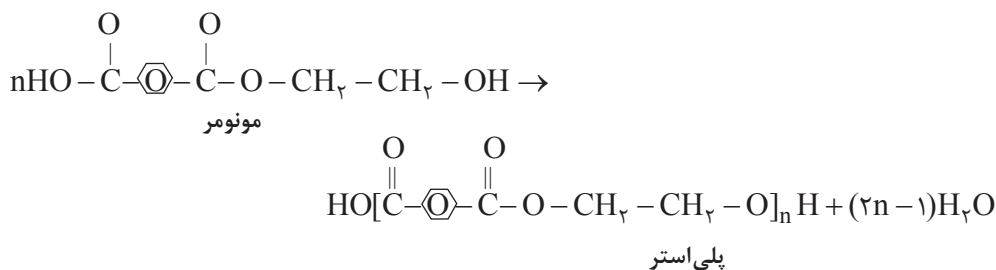


معادله ۱- تشکیل مونومر



معادله ۲- تشکیل داایمر

چنان که در معادله ۳- نشان داده شده است در طرف اول معادله تعداد n واحد از یک دی آمین با گروه میانی R، با تعداد n واحد از یک دی اسید با گروه میانی R' ترکیب می شود و در این عملیات یک دیمر با یک مولکول آب تولید می شود. در واقع در اینجا ضمن تولید یک دیمر که حاصل ترکیب دو مونومر یعنی یک دی آمین و یک دی اسید می باشد، یک مولکول آب نیز تولید می شود. اگر در معادله ۱، R را ۴ واحد CH<sub>2</sub> در نظر بگیریم معادله ۱ به صورت معادله ۲ در خواهد آمد.



معادله ۳- تشکیل پلیمر پلی استر

در معادله ۲ دی آمین موجود به نام هگزامتیلن دی آمین و دی اسید موجود به نام اسید ادیپیک می باشد که از ترکیب آنها یک دیمر نایلون ۶۶ ایجاد شده است. چنان که در نتیجه واکنش معادله ۲ دیده می شود، تعداد ۱۲ کربن یعنی ۶ کربن از هگزامتیلن دی آمین و ۶ کربن اسید ادیپیک در دیمر نایلون ۶۶ می باشد. اصولاً پلیمریزاسیون تراکمی، پلیمریزاسیونی است که در آن واکنش بین دو گروه فعال از دو مونومر ایجاد می شود و دو مونومر به یک دیگر متصل می شوند و مولکول جدید به وجود آمده دیگر خاصیت هیچ یک از دو مولکول اولیه یعنی مونومرهای تشکیل دهنده را ندارد. دلیل نام گذاری این پلیمریزاسیون به پلیمریزاسیون تراکمی آن است که در این روش حداقل یک مولکول کوچک در جریان فرایند پلیمریزاسیون تولید و از محیط پلیمریزاسیون خارج (استخراج) می شود و در واقع دو مولکول مونومر وقتی باهم ترکیب می شوند، متراکم

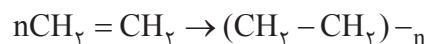
می‌شوند. دو ویژگی مهم پلیمریزاسیون تراکمی به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- وقتی مونومرها با هم ترکیب می‌شوند یک مولکول متراکم ایجاد می‌شود و معمولاً مولکول‌های کوچک‌تری مانند آب، اسید کلریدیک یا آمونیاک از محیط فرایند پلیمریزاسیون استخراج می‌شود.
- ۲- معمولاً تعداد اتم‌ها در مولکول پلیمر از مجموع اتم‌های موجود در مونومرهای تشکیل دهنده آن پلیمر کمتر است.

۳- پلیمرهای حاصل از روش پلیمریزاسیون تراکمی، خطی هستند چون پیوندهای بین دو مونومر در طول محور مونومرها انجام می‌شود و به صورت مستقیم در ساختمان پلیمر قرار می‌گیرند و این سبب می‌شود که یک بعد پلیمر از ابعاد دیگر بلندتر بوده و مولکول پلیمر به صورت خطی شکل بگیرد. خطی بودن پلیمر از شرایط مهم قابلیت یک پلیمر برای تبدیل شدن به لیف می‌باشد. از مهم‌ترین پلیمرهایی که به روش تراکمی پلیمریزه می‌شوند، پلیمرهای نایلون و پلی‌استر هستند.

### پلیمریزاسیون اضافی

در این روش، با اضافه شدن یک مولکول به مولکول دیگر، مولکول پلیمر ایجاد می‌شود. در این روش تعداد اتم‌های مولکول پلیمر برابر مجموع تعداد اتم‌های مونومرهای تشکیل دهنده آن پلیمر است و هیچ مولکول کوچکی در جریان پلیمریزاسیون تولید نشده و از محیط پلیمریزاسیون استخراج نمی‌شود. در پلیمریزاسیون اضافی معمولاً از ترکیبات آلی اشباع نشده، به ویژه اتیلن و مشتقات آنکه دارای باندهای دوگانه در مولکول هستند، استفاده می‌شود. ساده‌ترین پلیمر که به روش پلیمریزاسیون اضافی تولید می‌شود، پلی‌اتیلن است که از گاز اتیلن به دست می‌آید. معادله ۴ پلیمریزه شدن اتیلن را نشان می‌دهد.



معادله ۴- تشکیل پلی‌اتیلن  
پلی‌اتیلن                      اتیلن

چنان‌که در معادله ۴ دیده می‌شود هر مولکول اتیلن دارای دو اتم کربن است که هر کربن علاوه بر پیوند با دو هیدروژن یک پیوند دوگانه یا مضاعف با کربن دیگر نیز دارد. در فرایند پلیمریزاسیون پیوند دوگانه دو مولکول اتیلن را باز می‌کنند تا شرایط اتصال بین دو مولکول اتیلن فراهم شود. با باز شدن پیوندهای دوگانه دو مولکول اتیلن، این مولکول‌ها با یکدیگر پیوند برقرار کرده و یک دیمر را به وجود می‌آورند معادله ۵ نحوه تشکیل یک دیمر در تولید پلی‌اتیلن را نشان می‌دهد.

معادله ۵ .....

در پلیمریزاسیون اضافی - هرچه تعداد مونومرهای شرکت کننده در زنجیر یک پلیمر بیشتر باشد، وزن مولکولی پلیمر بیشتر شده و نقطه ذوب پلیمر بالاتر می‌رود. یکی از عوامل تعیین کننده خواص پلیمرها، وزن مولکولی پلیمر می‌باشد. لذا کنترل وزن مولکولی که همان طول زنجیره پلیمر می‌باشد، در تعیین خواص پلیمر و لیف بسیار مهم است. پلیمرهایی که دارای وزن مولکولی پایین هستند، شرایط مناسب تولید لیف را ندارند و وزن مولکولی پلیمر حداقل باید ۱۰/۰۰۰ باشد تا بتوان از آن لیف مناسب برای نساجی را تولید کرد. در پلیمریزاسیون اضافی، برای باز کردن پیوندهای دوگانه می‌توان از دمای بالا، فشار بالا و انواع کاتالیزورهای شیمیایی یا نوری استفاده کرد. پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌اکریلونیتریل از مهم‌ترین پلیمرهایی هستند که به روش اضافی پلیمریزه می‌شوند.

## خواص پلیمرها

چنان که پیش تر اشاره شده است، همه الیاف نساجی از پلیمرها ساخته می‌شوند. بسته به نوع و جنس الیاف مانند انواع الیاف طبیعی مثل پنبه، پشم، ابریشم و الیاف بازیافته و مصنوعی، پلیمر تشکیل دهنده این الیاف تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند. با این حال هر ماده پلیمری که قرار است به لیف قابل استفاده در نساجی تبدیل شود باید دارای خواصی باشد. خواصی از پلیمرها که باید در هر یک از آنها وجود داشته باشد تا آن پلیمر قابلیت تبدیل به لیف و مصرف در نساجی را داشته باشد عبارت‌اند از:

۱- پیوندهای بین مولکولی

۲- وزن مولکول

۳- شکل مولکول‌ها

۴- سختی زنجیره‌های مولکولی

۵- آرایش یافتگی مولکول‌ها در پلیمر یا لیف

۶- میزان کریستالی بودن پلیمر

اهمیت هر یک از این خواص به شرح زیر می‌باشد:

**پیوندهای بین مولکولی:** پیوندهای بین مولکولی پیوندهایی هستند که بین دو مولکول پلیمر شکل می‌گیرد و به پیوندهای عرضی معروف‌اند. پیوندهای عرضی سبب به هم چسبیدن دو زنجیره پلیمری کنار هم می‌شوند. هر چه پیوندهای عرضی بین دو مولکول پلیمر قوی‌تر باشد، پلیمر حاصل سخت‌تر و اگر پیوند عرضی بین مولکول‌ها ضعیف باشد، پلیمر نرم و ضعیف می‌شود. یکی از عوامل تعیین‌کننده سختی یا نرمی پلیمر نوع و استحکام پیوندهای عرضی بین مولکول‌ها است. مثلاً اگر پیوندهای عرضی بین مولکول‌های پلیمر ضعیف باشد، پلیمر حاصل نقطه ذوب پایینی داشته و به راحتی در حلال‌ها حل می‌شود. از سوی دیگر تعداد و استحکام بیش از اندازه پیوندهای عرضی سبب سختی زیاد پلیمر شده و ممکن است سبب کاهش کشسانی پلیمر شود.

انواع پیوندهای عرضی که بین زنجیره‌های مولکولی پلیمرها می‌توانند ایجاد شوند عبارت‌اند از:

- پیوندهای یونی

- پیوندهای کووالانسی

- پیوندهای هیدروژنی

- پیوندهای واندروالس

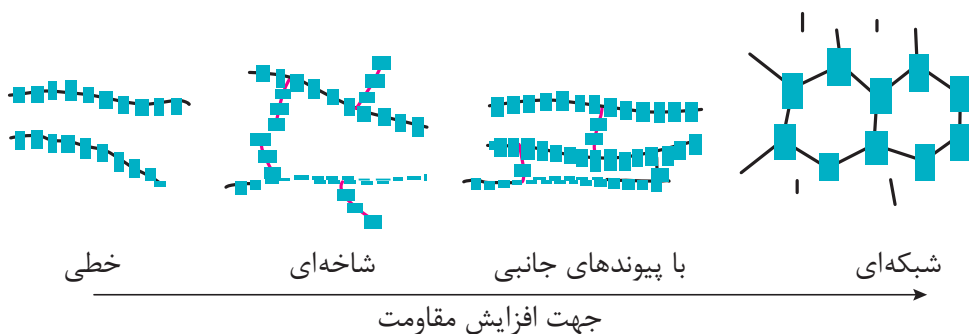
**وزن مولکولی:** وزن مولکولی نشان‌دهنده طول زنجیر و سنگینی یک مولکول پلیمر و تعیین‌کننده بسیاری از خواص یک پلیمر می‌باشد. ارتباط بین وزن مولکولی و خواص فیزیکی لیفی که از آنها تهیه می‌شود در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- رابطه بین وزن مولکولی پلیمر و خواص فیزیکی لیف تهیه شده از آن

وزن مولکولی	خواص فیزیکی
$< 240000$	امکان تشکیل لیف وجود ندارد.
4000-6000	لیف تولید شده شکننده و ضعیف است.
6000-8000	الیاف تولید شده شکننده و ضعیف ولی الیاف بلندتر می‌توانند تشکیل شود.
8000-10/000	مقاومت و انعطاف پذیری لیف بیشتر می‌شود.
$10/000 <$	مقاومت و انعطاف پذیری لیف مناسب مصرف نساجی است.

چنان‌که از روی جدول ۱ دیده می‌شود و پیشتر اشاره شده است. وزن مولکولی یک پلیمر برای اینکه قابلیت تبدیل به لیف قابل مصرف در نساجی را داشته باشد باید بیشتر از ۱۰/۰۰۰ باشد. معمولاً وزن مولکولی الیاف نساجی بین ۱۰/۰۰۰ و ۲۰/۰۰۰ می‌باشد و هرچه وزن مولکولی بیشتر باشد لیف سخت‌تر و نقطه ذوب آن بالاتر می‌رود. در صنایع تولید لیف، وزن مولکولی پلیمر چنان در نظر گرفته می‌شود که ضمن دستیابی به خواص فیزیکی و مکانیکی مثل مقاومت و انعطاف‌پذیری مناسب برای لیف، نقطه ذوب پلیمر در حدی باشد که در عملیاتی مثل ذوب‌ریسی یا عملیات حرارتی الیاف، نخ و پارچه ایجاد مشکل نکند. همچنین افزایش بیش از اندازه وزن مولکولی لیف، در عملیات ریسندگی محلول یا خشک‌ریسی نیز ایجاد اشکال می‌کند، چون با افزایش وزن مولکولی پلیمر، حلالیت آن کاهش می‌یابد. بنابراین، وزن مولکولی الیاف معمولاً پایین‌تر از ۲۰/۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود.

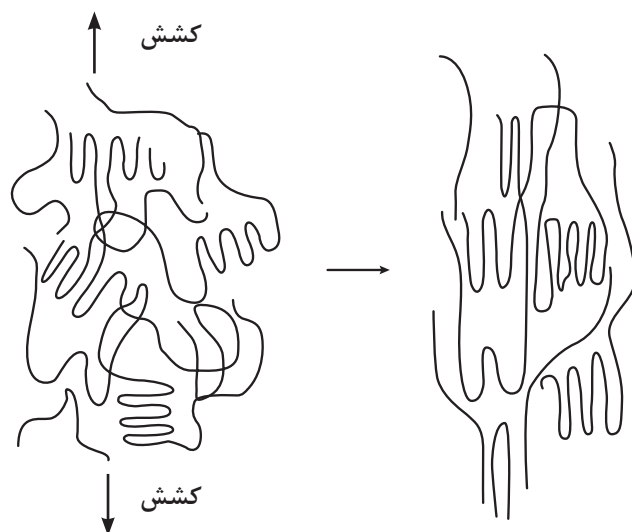
**شکل مولکول‌ها:** یکی از عوامل تعیین‌کننده خواص و رفتار پلیمر نحوه پیوند اتم‌ها و زنجیرها در مولکول پلیمر است. مولکول‌های پلیمر می‌توانند دارای ساختار یک بعدی (خطی)، دو بعدی (صفحه‌ای) و سه بعدی باشند. بیشتر مولکول‌های پلیمری به صورت یک بعدی و خطی هستند و پلیمرهای مناسب تولید لیف نساجی نیز باید دارای ساختمان خطی باشند. شکل ۱ ساختمان‌های مولکول‌های پلیمرها را نشان می‌دهد. پلیمرهای شناخته‌ای مناسب ساخت لیف نساجی نیستند.



شکل ۱- انواع ساختمان‌های مولکولی پلیمرها

**سختی زنجیره‌های مولکولی:** همه پلیمرها با توجه به اتم‌های تشکیل دهنده آنها، نوع پیوندهای بین اتم‌ها و ساختمان مولکولی پلیمر دارای سختی معینی می‌باشند. پلیمرهایی که برای ساخت الیاف نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید دارای سختی مناسبی باشند تا ضمن داشتن انعطاف پذیری مناسب دارای سختی قابل قبولی در مقابل تغییر شکل باشند. برای مثال در ساختمان پلی استری که به صورت  $\dots\text{CH}_2\text{COOCH}_2\dots$  است اگر به جای  $\text{CH}_2$  سمت چپ یک حلقه بنزنی به صورت  $\dots$  قرار گیرد، حلقه بنزنی در ساختمان مولکول سبب سختی زیادی در مولکول شده و باعث افزایش نقطه ذوب این پلیمر نیز می‌شود. علاوه بر گروه‌های بنزنی و برخی گروه‌های ویژه، پیوندهای جانبی بین زنجیره‌ها نیز سبب سختی پلیمر می‌شود.

**آرایش یافتگی مولکول‌ها در پلیمر یا لیف:** آرایش یافتگی مولکولی در پلیمرها، همان موازی بودن و هم‌جهت بودن زنجیره‌های مولکولی بایکدیگر است. شکل ۲ مولکول‌های یک پلیمر را در دو حالت بدون آرایش یافتگی و آرایش یافته نشان می‌دهد. همه پلیمرهایی که برای ساخت الیاف نساجی به کار می‌روند باید یک آرایش یافتگی قابل قبولی باشند. البته در فرایند تولید لیف، با اعمال کشش به لیف نیز می‌توان مولکول‌های لیف آرایش یافته کرد. در شکل ۲ عمل آرایش یافتگی مولکولی به وسیله اعمال کشش انجام شده است. آرایش یافتگی مولکولی سبب افزایش مقاومت، کاهش ازدیاد طول تا حد پارگی، کاهش جذب رطوبت، افزایش مدول کشتی و افزایش درخشندگی لیف می‌شود.



شکل ۲- زنجیره‌های مولکولی در دو حالت بدون آرایش یافتگی و با آرایش یافتگی



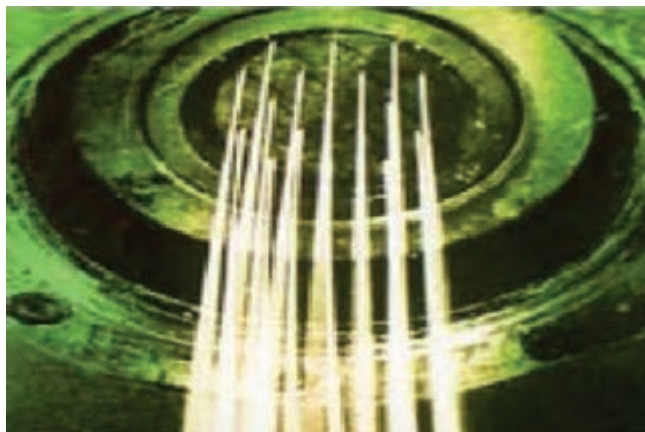
**میزان کریستالی بودن پلیمر:** ساختمان داخلی پلیمرها از نظر نظم و فشردگی مولکول‌ها به دو بخش کریستالی (بلوری) و بی‌نظم (آمورف) تقسیم می‌شود. چنان‌که در شکل ۲ نشان داده شده است، در نواحی کریستالی زنجیرها با یکدیگر موازی هستند و پیوندهای جانبی زیادی بین زنجیرهای این نواحی برقرار بوده و نفوذ رطوبت و مواد رنگ‌زا در داخل کریستال تقریباً ناممکن است. ولی در نواحی بی‌نظم و آمورف، زنجیرهای مولکولی نظم خاصی ندارند و مولکول‌ها به‌طور نامنظم در این نواحی قرار دارند و در واقع جذب رطوبت یا مواد رنگ‌زا در این نواحی از الیاف صورت می‌گیرد. ساختمان داخلی الیاف نساجی ترکیبی از نواحی کریستالی و بی‌نظم است. درصد و نسبت میزان کریستالی و بی‌نظم در ساختمان یک لیف بر رفتار و خواص لیف بسیار با اهمیت است. کریستال‌ها باعث افزایش مقاومت و سختی لیف می‌شوند، در عین حال اگر میزان کریستالی بودن لیف بیش از حد باشد، سبب کاهش انعطاف‌پذیری و به اصطلاح خشک شدن لیف می‌شود.

### ریسندگی الیاف شیمیایی

اولین بار در قرن هفدهم میلادی دانشمندانی در اروپا با الهام از تولید فیلامنت ابریشم توسط کرم ابریشم، تحقیقاتی را برای تولید رشته‌های بسیار ظریف که قابلیت استفاده در نساجی را داشته باشد آغاز کردند. هدف تحقیقات این دانشمندان تولید مایعی مناسب و ابداع روشی عملی برای تولید الیاف نساجی از طریق عبور مایع تولید شده از یک صفحه سوراخ‌دار و سپس انعقاد رشته تولید شده به‌صورت لیف با قابلیت مصرف در نساجی بوده است. در ادامه، در قرن نوزدهم صنعتگری انگلیسی موفق شد شیشه مذاب را از منافذی ظریف عبور داده و بعد از سرد کردن رشته‌های شیشه‌ای تولید شده به الیاف شیشه دست پیدا کرد. پس از مطالعات و تحقیقات علمی و تلاش‌های فنی انجام شده، چند تن از دانشمندان انگلیسی موفق شدند تا با حل کردن سلولز به‌دست آمده از چوب درختان در داخل یک حلال مناسب و عبور محلول به‌دست آمده از یک صفحه سوراخ‌دار، رشته‌های بسیار باریکی تولید کنند که این رشته‌های باریک پس از انعقاد به شکل الیاف سلولزی درآمدند. فناوری تولید الیاف مصنوعی سال به سال توسعه یافت تا اینکه در دهه ۱۹۲۰ تولید الیاف سلولزی از مواد گیاهی به اوج خود رسیده و این الیاف به‌صورت تجارتي تولید و عرضه شدند. در همین دهه پژوهشگرانی از کشور آلمان در دستیابی به پلیمرهای مصنوعی و حلال‌های آنها به موفقیت‌هایی رسیدند و توانستند محلول‌هایی از پلیمرهای مصنوعی را از منافذ ریز عبور داده و الیاف مصنوعی تولید نمایند. در سال ۱۹۳۶ انواع الیاف مصنوعی مانند پلی‌استر، نایلون، پلی‌وینیل و وینیل استات به‌صورت تجارتي تولید و وارد بازار مصرف شدند. به‌طور کلی بعد از جنگ جهانی دوم تحقیقات فراوانی در زمینه توسعه تولید الیاف مصنوعی از جمله روش‌های پلیمریزاسیون و فناوری ماشین‌آلات تولید انجام شده، به‌طوری‌که این تحقیقات منجر ساخت و تولید الیاف مصنوعی با شکل‌ها و خواص مختلفی شده است.

برای تولید الیاف شیمیایی لازم است پلیمر را به‌صورت مایع درآورد. به دو روش می‌توان یک پلیمر را به‌صورت مایع درآورد، یکی حل کردن پلیمر در حلال خودش و دیگری حرارت دادن به پلیمر و ذوب کردن آن. پس از اینکه پلیمر به‌صورت مایع درآمد (از طریق انحلال یا ذوب)، مایع پلیمر را با فشار از یک صفحه سوراخ‌دار به‌نام ریسنده یا اسپینترت عبور می‌دهند تا مایع پلیمر به‌صورت رشته‌های باریک از روزنه‌ها یا سوراخ‌های رشته‌ساز خارج شود. پس از خارج شدن رشته‌های باریک مایع پلیمر از سوراخ‌های رشته‌ساز، رشته خروجی به‌روش‌های مختلف مثل عبور از محیط داغ (در خشک‌ریسی)، عبور از محیط خنک (در ذوب‌ریسی) یا عبور از حمام انعقاد (در ترریسی) به‌صورت جامد در می‌آید، شکل ۳ یک رشته‌ساز را نشان می‌دهد. همه الیاف

شیمیایی اعم از الیاف بازیافته و الیاف مصنوعی به این روش ریسیده می‌شوند.



شکل ۳- رشته‌ساز (اسپینرت) مورد استفاده در ریسندگی الیاف شیمیایی

پس از اینکه رشته‌های پلیمر از رشته‌ساز خارج شد و به صورت جامد درآمدند تحت عملیات مختلف کشش و روغن‌زنی قرار گرفته تا خصوصیات لازم برای مصرف در نساجی را داشته باشند. رشته‌ساز یا اسپینرت یک دیسک فلزی (صفحه‌ای گرد) است که از آلیاژهای خاصی از فولاد ساخته می‌شود. بر روی صفحه رشته‌ساز حدود ۱۰۰ سوراخ با قطر یکسان وجود دارد که دارای قطری از ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۴ اینچ می‌باشند. قطر سوراخ‌ها برای الیاف با نمره‌های مختلف را می‌توان عوض کرد و برای همین خاطر رشته‌سازهای با قطر سوراخ متفاوت ساخته و عرضه می‌شوند. برای تولید فتیله‌هایی از الیاف که به آنها تاو (Tow) گفته می‌شود. رشته‌سازهای ویژه‌ای ساخته می‌شوند که تعداد سوراخ‌های آنها حدود ۳۰۰۰ سوراخ می‌باشد. قطر یا نمره نهایی الیاف ریسیده شده به وسیله رشته‌ساز به عواملی مانند قطر سوراخ رشته‌ساز، فشار مایع پلیمر در پشت رشته‌ساز، میزان کشش وارده به رشته بعد از خروج از رشته‌ساز بستگی دارد.

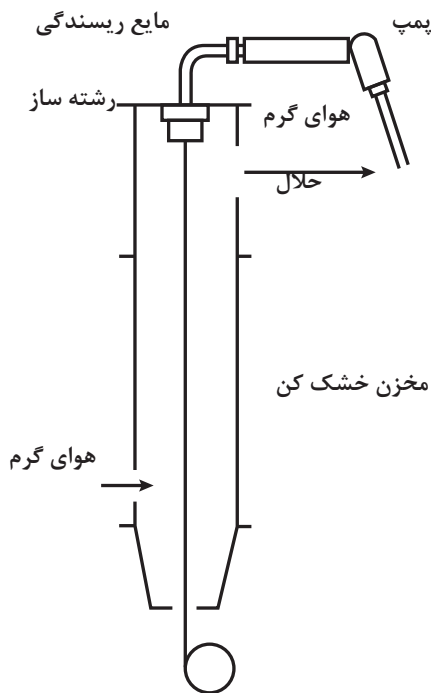
به عملیات ساخت رشته‌های الیاف از مایع پلیمر و انعقاد رشته‌های الیاف بعد از عبور از رشته‌ساز، ریسندگی می‌گویند. بسته به نوع مایع پلیمر و روش انعقاد رشته‌های خروجی از رشته‌ساز سه نوع ریسندگی وجود دارد که عبارت‌اند از:

- ۱- ترریسی (ریسندگی مرطوب)
- ۲- خشک‌ریسی (ریسندگی خشک)
- ۳- ذوب‌ریسی (ریسندگی مذاب)

**ترریسی:** در روش ترریسی، پلیمر در حلال خود حل می‌شود و مایع پلیمر بعد از خروج از سوراخ‌های رشته‌ساز وارد ظرفی حاوی محلولی از نمک مناسب به نام حمام انعقاد می‌شود و در واقع مایع پلیمر در حمام انعقاد و از طریق فعل و انفعالات شیمیایی منعقد شده و به صورت جامد یا ژل‌های سفت در می‌آید. در شکل ۵-۶ نمای ترسیمی یک روش ترریسی نشان داده شده است. مهم‌ترین لیفی که به روش ریسندگی مرطوب یا ترریسی ریسیده می‌شود، لیف ویسکوززیون و کوپرامونیوم و سایر الیاف بازیافته سلولزی هستند. در عملیات ترریسی

غلظت مواد منعقد کننده در حمام انعقاد بسیار مهم است، از این رو در طول عملیات ریسندگی باید مراقبت لازم در ثابت ماندن غلظت اسید و نمک در حمام انعقاد صورت گیرد تا همواره الیاف در حال تولید دارای خواص یکسان باشند. از دیگر عوامل مؤثر در خواص و یک‌نواختی الیاف در ویسکوزیون، دمای حمام انعقاد می‌باشد. در طول عملیات ریسندگی باید سعی شود تا دمای حمام انعقاد در محدوده‌ای قابل قبول تنظیم و ثابت بماند تا الیاف یک‌نواخت تولید شوند.

**خشک‌ریسی:** در خشک‌ریسی برای تولید مایع ریسندگی، پلیمر در حلال خود حل می‌شود، ولی بر خلاف روش ترریسی، در خشک‌ریسی برای انعقاد رشته پلیمر بعد از خروج از رشته‌ساز، از حمام انعقاد استفاده نمی‌شود، بلکه از حرارت و گرما برای تبخیر حلال پلیمر که ماده‌ای فرار است بهره گرفته می‌شود. در روش خشک‌ریسی، پس از حل کردن پلیمر در حلال، مایع پلیمر با فشار از رشته‌ساز عبور داده می‌شود، سپس رشته‌های تولید شده در یک اتاقک حرارت داده می‌شوند تا حلال پلیمر تبخیر و از آن خارج شود و در این صورت رشته مایع پلیمر منعقد شده و به صورت جامد در می‌آید. شکل ۴ نمای ترسیمی از روش خشک‌ریسی را نشان می‌دهد. اساس روش خشک‌ریسی، حل شدن پلیمر در یک حلال مناسب می‌باشد. حلالی برای تهیه محلول پلیمر مناسب است که دارای خواص زیر باشد:



شکل ۴- خشک‌ریسی الیاف مصنوعی

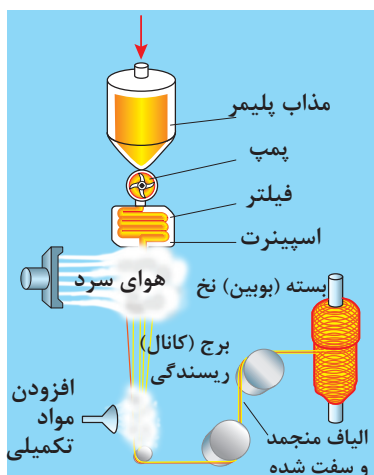
- دارای نقطه جوش پایین باشد تا تبخیر و بازیابی آن آسان باشد.

- سبب تجزیه مولکول‌های پلیمر نشود.

- با مولکول پلیمر ترکیب نشود.

از معایب خشک‌ریسی، خطرات آتش‌گیری حلال پلیمر و هزینه بالای بازیابی و استفاده مجدد حلال پلیمر می‌باشد. الیاف اکریلیک (پلی اکریلونیتریل) و تریاستات سلولز به روش خشک‌ریسی ریسیده می‌شوند.

**ذوب‌ریسی:** برخلاف دو روش ترریسی و خشک‌ریسی، در روش ذوب‌ریسی از هیچ حلالی برای تولید مایع پلیمر استفاده نمی‌شود، بلکه در روش ذوب‌ریسی از طریق حرارت دادن به پلیمر و ذوب کردن آن، مایع



شکل ۵- نمای ترسیمی یک واحد ذوب‌ریسی

پلیمر مناسب ریسیدن تولید می‌شود. در روش ذوب‌ریسی، پس از ذوب کردن پلیمر، پلیمر مذاب با فشار از رشته‌ساز عبور داده و رشته‌های پلیمر تولید می‌شود و برای منعقد کردن رشته‌های پلیمر از دمیدن هوای سرد به رشته‌های مذاب استفاده می‌شود. در شکل ۵ نمای ترسیمی یک واحد ریسندگی مذاب یا ذوب‌ریسی نشان داده شده است. الیاف نایلون و پلی‌استر معمولاً به روش ذوب‌ریسی تولید می‌شوند.

در روش ذوب‌ریسی از حرارت بالا برای ذوب کردن پلیمر استفاده می‌شود، لذا، پلیمر مورد استفاده برای ذوب‌ریسی باید مقاوم در مقابل حرارت بوده و در مقابل حرارت بالا مولکول‌های آن تخریب نشده یا تجزیه نگردد و همچنین در مقابل حرارت بالا تغییر رنگ ندهد.

در فرایند ذوب‌ریسی، یک‌نواختی حرارت و فشار مذاب در هنگام ریسندگی بسیار با اهمیت است، چون تغییر فشار یا حرارت مذاب پلیمر سبب تغییرات در یک‌نواختی الیاف شده و این نایک‌نواختی بر روی کیفیت کالای نهایی مثل پارچه یا لباس تأثیر می‌گذارد.

### الیاف بازیافته

الیاف بازیافته الیافی هستند که مواد اولیه آنها که به شکل پلیمر یا به صورت‌های دیگر است، در طبیعت وجود داشته ولی به صورت لیف نیستند. الیاف بازیافته به روش‌های صنعتی از پلیمرهای طبیعی مثل سلولز و انواع پروتئین ساخته می‌شوند. مواد اولیه الیاف بازیافته از سه منبع طبیعی می‌توانند به دست آیند این ۳ منبع مواد اولیه الیاف بازیافته عبارت‌اند از:

- ۱- مواد سلولزی (منابع گیاهی)
- ۲- مواد پروتئینی (منابع حیوانی یا گیاهی)
- ۳- مواد معدنی (منابع معدنی و فلزی)

**الیاف بازیافته سلولزی:** الیاف بازیافته سلولزی از منابع سلولزی تهیه می‌شوند، سه نوع لیف ویسکوزیون، پلی‌نوزیک و کوپرامونیوم از منابع سلولزی طبیعی تهیه می‌شوند. این ۳ نوع لیف بازیافته با توجه به منبع مشترک و تفاوت در تولید، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند.

**الیاف ویسکوزیون:** دو تن از دانشمندان انگلیسی که مطالعاتی در زمینه سلولز و ساختمان آن انجام داده بودند، روش ساخت الیاف ویسکوزیون را در دهه ۱۸۹۰ میلادی کشف و به ثبت رساندند. پس از کشف روش تهیه ویسکوزیون از سلولز، سال‌ها طول کشید تا لیف ویسکوزیون به صورت تجاری تولید و برای مصارف نساجی و تولید پارچه وارد بازار شود. یکی از معایب الیاف ویسکوزیون اولیه کاهش استحکام آنها در اثر جذب رطوبت بود، چون جذب رطوبت الیاف ویسکوزیون بالا و بیشتر از الیاف پنبه می‌باشد. ویسکوزیون اولیه

هنگام شست‌وشو در آب، حل و از بین می‌رفت. علت این پدیده، شکستن مولکول‌های سلولز در هنگام تهیه محلول ریسندگی ویسکوزیون و کوتاه شده مولکول‌های پلیمر سلولز بوده است. بنابراین تلاش‌هایی صورت گرفت که شکستن مولکول‌های سلولز و کوتاه شدن زنجیرهای مولکولی محدود و تحت کنترل قرار گیرد.

**مواد اولیه برای تولید ویسکوزیون:** همه گیاهان و نباتات که به مقدار کافی حاوی سلولز باشند می‌توانند برای تولید ویسکوزیون مورد استفاده قرار گیرند. کیفیت یک گیاه یا بخشی از یک گیاه برای تولید ویسکوزیون به درصد سلولز آن بستگی دارد. اما در صنعت بیشتر از چند ماده خاص برای تهیه ویسکوزیون مورد استفاده می‌شود و استفاده از این مواد در هر کشور یا منطقه‌ای بستگی به میزان یافت شدن و مقدار در دسترس این مواد بستگی دارد. در اینجا به عمده منابع مواد اولیه تولید ویسکوزیون اشاره می‌شود:

**۱- چوب درختان:** از چوب تنه درختان که به صورت الوار در آمده‌اند برای تهیه ویسکوزیون استفاده می‌شود. از این دست درختان می‌توان به کاج، صنوبر، سرو و سایر درختانی که عمده مواد تشکیل‌دهنده آنها سلولزی با زنجیرهای بلند می‌باشد اشاره کرد، در واقع مقدار سلولز موجود در چوب این درختان حدود ۹۵-۸۰ درصد می‌باشد. استفاده از هر یک از این درختان برای ویسکوزیون بستگی به وجود و وفور این درختان در منطقه یا کشور مورد نظر دارد.

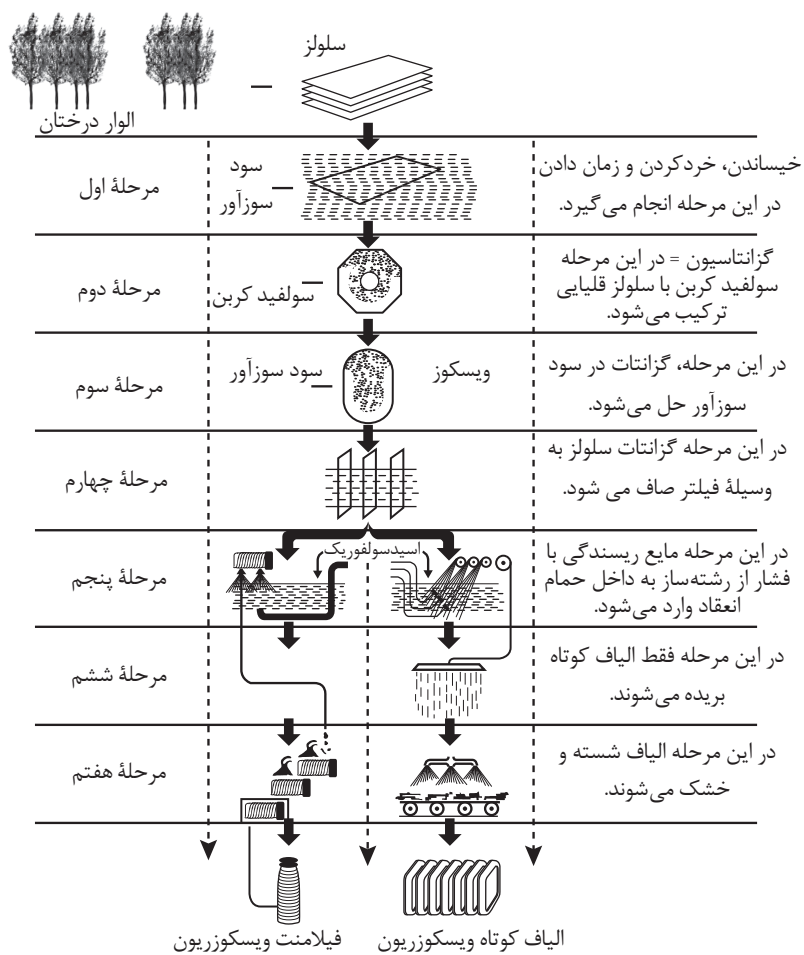
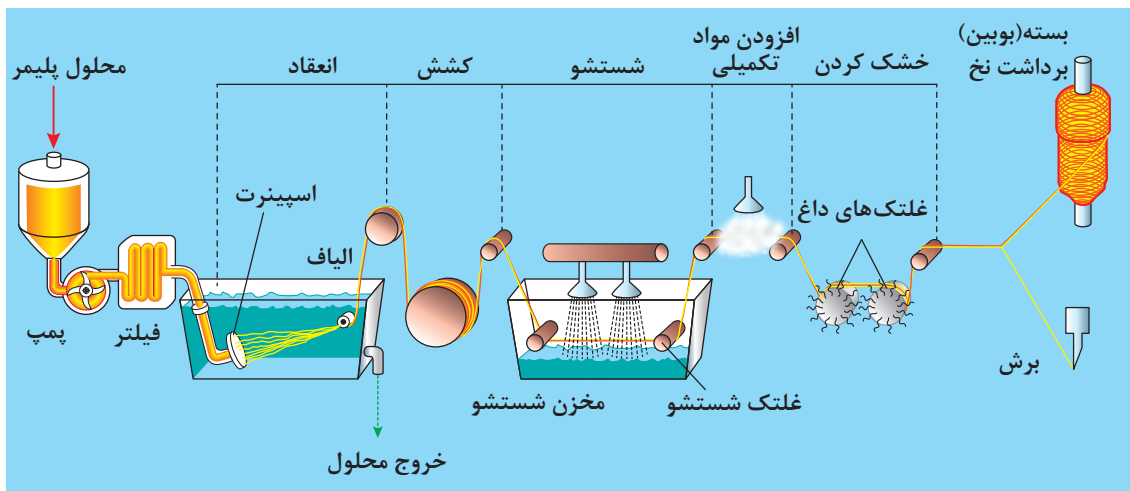
**۲- لینتر پنبه:** لینتر پنبه الیاف بسیار کوتاه و پرزمانندی هستند که بعد از جدا شدن الیاف بلند پنبه از روی تخم پنبه یا پنبه دانه، بر روی پنبه دانه باقی می‌مانند. لینتر پنبه به دلیل کوتاهی طول، مناسب تولید نخ در ریسندگی نیستند و این الیاف بسیار کوتاه به وسیله ماشین‌های مخصوص از پنبه دانه جدا می‌شوند، و به دلیل اینکه حدود ۹۹٪ حاوی سلولز هستند، مناسب تولید الیاف ویسکوزیون می‌باشند.

**۳- ضایعات سلولزی یا تفاله نیشکر:** بعد از اینکه آب نیشکر از ساقه این گیاه جدا شد، باقیمانده ساقه نیشکر به صورت ضایعات سلولزی است که به تفاله نیشکر نامیده می‌شود. تفاله نیشکر به دلیل اینکه تا ۵۰٪ حاوی سلولزی است می‌تواند برای تهیه ویسکوزیون مورد استفاده قرار گیرد. در ایران نیز به دلیل وجود مزارع پهناور نیشکر، تفاله فراوانی از نیشکر به جا می‌ماند که این تفاله‌ها صرف تولید محصولات غیر ویسکوزیون مانند انواع صفحات و تخته‌های سلولزی می‌باشد.

**۴- گیاهان دیگر:** گیاهان دیگر مانند کاه انواع غلات مانند کاه برنج، گندم و جو و همچنین ساقه‌ها و شاخه‌های دیگر گیاهان و درختچه‌ها که حاوی سلولز هستند نیز می‌توانند برای تولید ویسکوزیون مورد استفاده قرار گیرند. ولی تولید الیاف ویسکوزیون از این مواد معمول نمی‌باشد.

اصولاً ویسکوزیون از موادی تولید می‌شود که درصد بیشتر آن مواد از سلولز خالص با طول زنجیرهای مولکولی بلند بوده و تبدیل این مواد به الیاف ویسکوزیون به آسانی و با هزینه قابل قبولی انجام شود. امروزه بیشتر الیاف ویسکوزیون از چوب و تنه درختان نظیر کاج تولید می‌شود.

**روش تولید ویسکوزیون:** تولید الیاف ویسکوزیون زمان‌بر و در طی مراحل مختلفی انجام می‌شود. همه مراحل تولید ویسکوزیون باید با دقت، در دما و فشار معین و شرایط فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای انجام شود. مراحل تولید الیاف ویسکوزیون از چوب درختان و جدول عملیات آن در شکل ۶ نشان داده شده است.

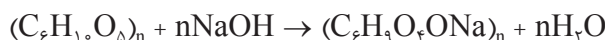


شکل ۶- مراحل تهیه ویسکوزیون

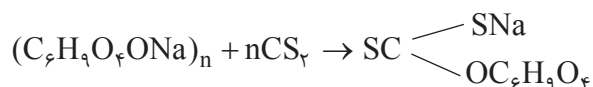
۱- **خیساندن در سود سوزآور:** در این مرحله صفحه‌ها و ورقه‌های چوب درخت که حاوی بیش از ۸۰٪ سلولز است را در داخل یک مخزن فلزی مستطیل شکل که به وسیله جداکننده‌های شبکه به محفظه‌های جداگانه تقسیم شده است می‌چینند. سپس محلول سود سوزآور ۱۷/۵٪ با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد وارد مخزن حاوی صفحه‌های چوبی می‌شود. به طوری که این صفحه‌ها به مدت ۱ ساعت در داخل محلول سود شناور می‌مانند. بعد از ۱ ساعت که صفحه‌های چوبی در داخل محلول سود خیس خوردند، صفحه‌های چوبی خیس خورده به وسیله دستگاهی ویژه تحت فشار قرار می‌گیرد تا محلول سود از چوب خارج شود.

۲- **خرد کردن:** بعد از اینکه محلول سود سوز آور در اثر فشار از چوب خارج شد، صفحه‌های چوبی به وسیله یک ماشین که دارای یک جفت غلتک مارپیچی می‌باشد خرد می‌شود تا سود داخل تکه‌های چوب اثر سریع‌تر و بهتری بر روی خرده‌های چوب داشته باشد.

۳- **زمان دادن:** در این مرحله به خرده‌های چوب که تحت اثر سود سوزآور می‌باشند، به مدت ۳۰-۲۴ ساعت فرصت داده می‌شود تا سود سوزآور به خوبی بر روی سلولز چوب اثر کند و سلولز چوب به سلولز قلیایی تبدیل می‌شود. این مرحله که همان فرصت دادن برای اثر سود سوزآور بر سلولز چوب اثر کند و سلولز چوب به سلولز قلیایی تبدیل می‌شود. این مرحله که همان فرصت دادن برای اثر سود سوزآور بر سلولز چوب می‌باشد، زمان دادن نامیده می‌شود. در مرحله زمان دادن سلولز مجال می‌یابد تا با عامل‌های هیدروکسیل (OH) سلولز ترکیب شود و مطابق فرمول زیر سلولز قلیایی تولید گردد.



به عمل ترکیب شدن سولفید کربن ( $CS_2$ ) با مولکول سلولز قلیایی را گزانتاسیون می‌نامند. برای گزانتاسیون، ابتدا سلولز قلیایی وارد ماشین گزانتاسیون که به گزانتاتور معروف است شده و در مخزن این ماشین که مخزنی ۸ ضلعی است انباشته می‌شود و ماشین گزانتاتور شروع به دوران می‌کند. در همین حین سولفید کربن به سلولز قلیایی اضافه می‌شود و عملیات ترکیب سولفید کربن و سلولز قلیایی در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۰-۸ ساعت انجام می‌شود. حاصل این مرحله ماده‌ای به نام گزانتات سلولز است که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد:



شکل ۷- نمای ترسیمی مراحل مختلف تولید الیاف ویسکوزیون

۴- **حل کردن گزانتات سلولز:** گزانتات سلولز حاصل از مرحله قبل، در این مرحله در سود سوزآور رقیق حل می‌گردد تا محلول سدیم گزانتات سلولز به دست آید.

۵- **ریسندگی:** در مرحله ریسندگی محلول به دست آمده که همان محلول سدیم گزانتات سلولز می‌باشد، چند عمل باید انجام شود. اعمالی که در مرحله ریسندگی انجام می‌شود عبارت‌اند از فیلتر کردن یا صاف کردن سدیم گزانتات سلولز، عبور محلول از رشته ساز یا تولید رشته‌های الیاف و سومین عمل، عمل انعقاد رشته‌های تولید شده در حمام انعقاد می‌باشد.

در مرحله فیلتراسیون یا صاف کردن، محلول سدیم گزانتات سلولز از فیلترهای مخصوصی عبور داده می‌شود تا ناخالصی‌های آن گرفته و جدا شود و سپس محلول صاف شده وارد دستگاه ریسندگی می‌شود، در دستگاه ریسندگی محلول به وسیله پمپ مخصوصی از سوراخ رشته‌ساز یا اسپینرت خارج شده و تبدیل به رشته‌های نازک می‌شود، و این رشته‌های نازک برای انعقاد وارد حمامی حاوی محلول اسید سولفوریک، سولفات سدیم، سولفات روی و گلوکز می‌شود. رشته‌هایی که از حمام حاوی این محلول خارج می‌شود، الیافی منعقد شده می‌باشند و پس از خروج از این حمام الیاف بلند (فیلامنت) ویسکوزیون جمع‌آوری و بر روی بوبین پیچیده می‌شود. در شکل ۸ خروج الیاف از حمام انعقاد و پیچش الیاف را نشان می‌دهد.



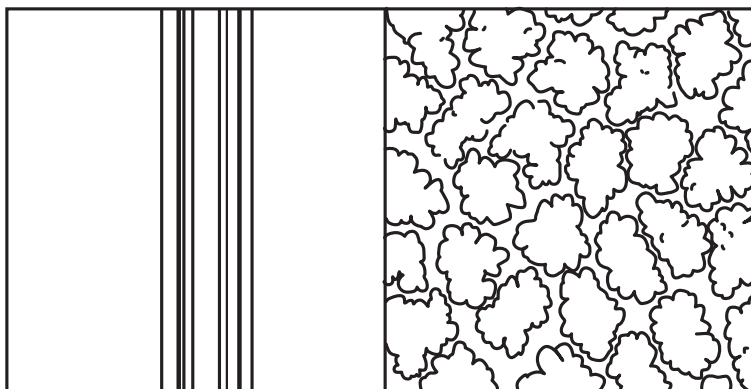
شکل ۸- خروج الیاف از حمام انعقاد و پیچش الیاف

در صورتی که لازم باشد الیاف کوتاه ویسکوزیون تولید شود، فتیله‌های فیلامنتی ویسکوزیون که در طول‌های دلخواه (حدود ۴۰ میلی‌متر) برش داده شده و به صورت عدل بسته‌بندی و به کارخانه‌های ریسندگی الیاف کوتاه حمل می‌شود.

**خصوصیات الیاف ویسکوزیون:** الیاف ویسکوزیون از نوع الیاف بازیافته سلولزی هستند و از آنجا که الیاف پنبه نیز از الیاف سلولز ساخته شده‌اند، لذا، سیکوزیون شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با الیاف پنبه خواهد داشت. ویژگی‌های الیاف ویسکوزیون به شرح زیر است:

۱- **نمای ظاهری ویسکوزیون:** برای مشاهده نمای ظاهری یک لیف ویسکوزیون از میکروسکوپ استفاده می‌شود. نمای طولی الیاف ویسکوزیون در زیر میکروسکوپ به صورت یک میله صاف و مستقیم است و برخلاف الیاف پنبه دارای پیچ و تاب نیست و سطح مقطع عرضی الیاف ویسکوزیون در زیر میکروسکوپ به صورت دندانه دندانه است. نمای طولی و عرضی الیاف ویسکوزیون در شکل ۹ نشان داده شده است.





شکل ۹- نمای طولی و عرضی ویسکوزریون

**۲- طول و قطر ویسکوزریون:** چون ویسکوزریون یک لیف بازیافته است و به روش‌های صنعتی ساخته و تولید می‌شود، لذا طول و قطر این الیاف قابل کنترل است و این الیاف به هر طول و قطر دلخواه می‌توانند تولید شوند. الیاف ویسکوزریون هم به صورت فیلامنتی تولید می‌شود (طول یکسره) و هم به صورت الیاف بریده - بریده یعنی هم الیاف کوتاه (در حد طول الیاف پنبه) و هم الیاف بلند (در حد طول پشم). لذا الیاف ویسکوزریون هم می‌توانند در سیستم ریسندگی الیاف کوتاه (پنبه‌ای) ریسیده شوند و هم می‌توانند در تولید نخ‌های فالتونی در مخلوط با الیاف پشم مصرف شوند.

**۳- جرم مخصوص ویسکوزریون:** جرم مخصوص الیاف ویسکوزریون حدود  $1/5$  تا  $1/53$  گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

**۴- درخشندگی و جلای ویسکوزریون:** سطح الیاف ویسکوزریون صاف است و مثل پنبه پیچ و تاب ندارد، لذا انتظار می‌رود جلای الیاف ویسکوزریون بیشتر از الیاف پنبه باشد. به صورت واقعی نیز، سطح الیاف ویسکوزریون درخشنده است و به دلیل عدم وجود پیچ و تاب بر روی الیاف ویسکوزریون، اصطکاک بین الیاف وسیکوز - وسیکوز کمتر از اصطکاک بین الیاف پنبه - پنبه است. لذا انتظار می‌رود در شرایط یکسان مقاومت نخ ویسکوزریون کمتر از مقاومت نخ پنبه‌ای باشد.

**۵- جذب رطوبت ویسکوزریون:** چنان‌که قبلاً توضیح داده شده است، جذب رطوبت الیاف در نواحی بی‌نظم و آمورف انجام می‌شود و نواحی کریستالی الیاف هیچ‌گونه جذب رطوبت و مواد رنگ‌زا ندارند، لذا چون میزان نواحی کریستالی ویسکوزریون کمتر از نواحی کریستالی و بلوری الیاف پنبه می‌باشد، بنابراین میزان جذب رطوبت الیاف ویسکوزریون بیشتر از الیاف پنبه است. جذب رطوبت الیاف ویسکوزریون در شرایط استاندارد (۶۵٪ رطوبت نسبی و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) حدود ۱۳٪ می‌باشد.

**۶- خاصیت ارتجاعی و کشسانی ویسکوزریون:** به طور کلی خاصیت کشسانی الیاف سلولزی کم می‌باشد. مثلاً خاصیت ارتجاعی الیاف پنبه کمتر از الیافی مثل پشم است. خاصیت ارتجاعی الیاف ویسکوزریون از الیاف پنبه هم کمتر است. یعنی بعد از اینکه الیاف ویسکوزریون تحت کشش قرار می‌گیرند تمایل کمی به بازگشت پذیری دارند.

**۷- افزایش طول تا حد پارگی و یسکوزیون:** اصولاً افزایش طول تا حد پارگی الیاف بستگی به عواملی مثل میزان کریستال‌ها و مقدار آرایش‌یافتگی مولکولی آنها دارد. هر چه میزان کریستال‌ها و مقدار آرایش‌یافتگی مولکولی الیاف بیشتر باشد، مقدار افزایش طول تا حد پارگی آنها کمتر است. بنابراین چون مقدار کریستال‌ها و میزان آرایش‌یافتگی مولکول‌های ویسکوزیون کمتر از الیاف پنبه است، بنابراین انتظار می‌رود میزان افزایش طول تا حد پارگی الیاف ویسکوزیون بیشتر از الیاف پنبه باشد. افزایش طول تا حد پارگی الیاف ویسکوزیون در حالت خشک ۱۷-۲۵ درصد و در حالت مرطوب ۳۲-۳۳ درصد می‌باشد.

**۸- مقاومت ویسکوزیون:** در بدو پیدایش ویسکوزیون، مقاومت این الیاف کم بود، ضمن اینکه وقتی الیاف اولیه از این دست خیس می‌شدند مقاومت آنها بسیار کاهش می‌یافت تا حدی که بعضی از قسمت‌های لیف در آب حل می‌شد. تحقیقات و پژوهش‌های علمی و صنعتی منجر به افزایش مقاومت و استحکام این الیاف شده است. استحکام الیاف ویسکوزیون در حالت خشک ۵/۲ گرم بر دنیر می‌باشد در حالی که مقاومت پنبه ۴ گرم بر دنیر است. مقاومت الیاف ویسکوزیون در حالت مرطوب ۰/۷ گرم بر دنیر است.

#### اثر عوامل مختلف بر ویسکوزیون

عوامل محیطی مانند نور، حرارت و رطوبت بر روی الیاف ویسکوزیون تأثیر دارند و انواع مواد شیمیایی مانند انواع قلیاها و اکسیدکننده‌ها نیز بر روی الیاف ویسکوزیون اثرات متفاوت دارند. اثرات این عوامل در زیر توضیح داده شده است.

**۱- اثر رطوبت:** جذب رطوبت سبب کاهش مقاومت، بیشتر شدن افزایش طول تا حد پارگی و کاهش مدول اولیه الیاف ویسکوزیون می‌شود.

**۲- اثر نور خورشید:** اگر الیاف ویسکوزیون به مدت کوتاهی در مقابل آفتاب و نور خورشید قرار گیرند، در این مدت کوتاه تغییری در خواص آنها ایجاد نخواهد شد، ولی اگر این الیاف به مدت طولانی در مقابل نور خورشید قرار گیرند، رنگ آنها تغییر کرده و استحکام آنها کم می‌شود.

**۳- اثر حرارت:** از آنجا که الیاف ویسکوزیون از جنس سلولز هستند لذا مثل پنبه یا چوب در مقابل حرارت حساسیت‌هایی دارند. در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد این الیاف تغییر رنگ داده و استحکام خود را از دست می‌دهند و در حرارت ۱۸۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه شده و تبدیل به ذغال می‌شوند. الیاف ویسکوزیون در اثر حرارت آتش گرفته و شعله‌ور می‌شوند و مثل کاغذ سوخته خاکستر نرمی از آنها باقی می‌ماند.

**۴- اثر اسیدها:** اسیدها بر روی ویسکوزیون اثر مخربی دارند و اثر مخرب اسیدها بر روی ویسکوزیون شدیدتر از اثر این مواد بر الیاف پنبه است. اسیدهای معروفی مثل اسید کلریدریک یا اسید سولفوریک در حالت گرم و رقیق و سرد و غلیظ الیاف ویسکوزیون را در خود حل می‌کنند. اسیدهای آلی با غلظت‌های پایین مثلاً ۱-۲ درصد، تأثیری بر الیاف ویسکوزیون ندارند.

**۵- اثر مواد قلیایی:** مقاومت ویسکوزیون در مقابل مواد قلیایی و بازی خوب است ولی این مواد می‌توانند سبب کاهش استحکام الیاف ویسکوزیون شده و آنها را متورم کنند.

۶- اثر حلال‌های آلی: حلال‌های آلی بر روی الیاف ویسکوزیون تأثیری ندارند، برای همین عمل خشک‌شویی که به وسیله حلال‌های آلی انجام می‌شود، تأثیری بر این الیاف ندارد. البته کوپرا آمونیوم که یک حلال آلی است می‌تواند الیاف ویسکوزیون را در خود حل نماید.

۷- اثر مواد اکسیدکننده: مواد اکسیدکننده به ویژه آنهایی که در حرارت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توانند به استحکام الیاف ویسکوزیون صدمه بزنند. آب اکسیژنه در حرارت بالا سبب کاهش استحکام الیاف ویسکوزیون می‌شود، از این رو برای سفیدگری ویسکوزیون از آب ژاول سرد و رقیق استفاده می‌شود. ویسکوزیون تقویت‌شده: یکی از ضعف‌های الیاف ویسکوزیون استحکام آنها به ویژه در حالت مرطوب می‌باشد. لذا، تولیدکنندگان الیاف ویسکوزیون همواره در تلاش هستند که مقاومت این الیاف را افزایش دهند. همان‌طور که قبلاً اشاره شده است یکی از دلایل کاهش استحکام الیاف ویسکوزیون کوتاه شدن طول زنجیرهای مولکولی، از بین رفتن نقاط کریستالی و به هم خوردن آرایش‌یافتگی مولکولی در هنگام انحلال سلولز در عملیات تولید ویسکوزیون و اثرات سود سوزآور و مواد مختلف می‌باشد.

در صنعت و در حین تولید الیاف ویسکوزیون، به روش‌های مختلف می‌توان استحکام الیاف ویسکوزیون را افزایش داد. دو روش عمده برای تقویت و افزایش استحکام الیاف ویسکوزیون، کنترل حمام انعقاد و اعمال کشش به الیاف بعد از خروج از حمام می‌باشد. بنابراین در حمام انعقاد علاوه بر حرارت، غلظت و درصد مواد حاضر در حمام انعقاد و میزان اسیدیته یا PH حمام نیز باید تحت کنترل باشد. اعمال کشش الیاف بعد از خروج از حمام سبب افزایش آرایش‌یافتگی مولکولی در الیاف شده و در شرایط متناسب سبب افزایش درصد کریستالی الیاف نیز خواهد شد.

تصویر مقطع عرضی الیاف ویسکوزیون تقویت‌شده صاف‌تر از ویسکوزیون معمولی است و دندان‌های سطح آن به خوبی دیده نمی‌شود.

تفاوت‌های بین الیاف ویسکوزیون و پنبه: از آنجا که الیاف ویسکوزیون و الیاف پنبه هر دو از الیاف سلولزی هستند و محصولات تولید شده از این دو لیف تقریباً خواص تشابه دارند، لذا معمولاً برای مقایسه، این دو لیف با یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند. به بعضی از تفاوت‌های الیاف ویسکوزیون و الیاف پنبه در زیر اشاره می‌شود:

۱- طول زنجیرهای مولکولی ویسکوزیون کوتاه‌تر از طول زنجیرهای مولکولی پنبه است و این به دلیل عملیات شیمیایی و حلال‌هایی است که در عملیات تولید ویسکوزیون برای قطعات چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل مقاومت الیاف ویسکوزیون کمتر از الیاف پنبه است.

۲- میزان نواحی کریستالی و فشردگی مولکول‌های ویسکوزیون کمتر از الیاف پنبه است و به همین دلیل میزان جذب رطوبت و مواد رنگ‌زا در الیاف ویسکوزیون بیشتر از الیاف پنبه است.

۳- الیاف ویسکوزیون درخشان‌تر از الیاف پنبه هستند و این به دلیل پیچ و تاب روی الیاف پنبه است که در آن سطح انعکاس نور در اثر پیچ و تاب از حالت صافی خارج شود.

۴- تورم الیاف ویسکوزیون در اثر جذب رطوبت بیشتر از تورم الیاف پنبه است. و این به دلیل کم بودن میزان کریستالی و فشردگی کمتر مولکول‌ها در الیاف ویسکوزیون است.

مصارف ویسکوزیون: الیاف ویسکوزیون به دلیل داشتن جذب رطوبت بالا و کاهش استحکام در اثر جذب رطوبت مصارف خاص و در عین حال محدودی دارند، به طوری که این الیاف برای تولید پارچه‌هایی که در

محیط‌های مرطوب و محیط‌هایی که از مواد شیمیایی استفاده می‌شود قابل استفاده نیستند یا اینکه عملکرد آنها ضعیف است. با این حال، این الیاف برای تولید پارچه‌های لباسی، پارچه‌های خانگی نظیر پرده، پارچه‌های رو مبلی، رومیزی و انواع پوشاک زنانه، مردانه و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بسیاری از محصولات، این الیاف می‌توانند جایگزین الیاف پنبه شوند. به طوری که در برخی از پارچه‌های لباسی حتی لباس‌های رو و ورزشی، این الیاف می‌توانند با بعضی از الیاف مصنوعی مثل نایلون و پلی‌استر مخلوط شوند که از این طریق از یک سو الیاف مصنوعی جبران کم بودن مقاومت الیاف ویسکوزیون را به ویژه در حالت مرطوب جبران می‌کنند و از سوی دیگر، الیاف ویسکوزیون در مخلوط با این الیاف، جبران کم بودن جذب رطوبت الیاف پلی‌استر و نایلون را نموده و از این طریق پارچه راحتی از نظر پوشش تولید خواهد شد.

**الیاف پلی‌نوزیک:** یکی از انواع الیاف بازیافته سلولزی، الیاف پلی‌نوزیک هستند. الیاف پلی‌نوزیک در مقایسه با الیاف ویسکوزیون، به الیاف پنبه نزدیک‌تر است. روش تولید الیاف پلی‌نوزیک مشابه به تولید الیاف ویسکوزیون است و فرق چندانی با یکدیگر ندارند.

تفاوت اساسی پلی‌نوزیک با الیاف ویسکوزیون معمولی در برخی ویژگی‌های مولکولی و خواص است. درجه پلیمریزاسیون یا طول مولکول‌های الیاف پلی‌نوزیک بیشتر از الیاف ویسکوزیون است. در مقایسه با پنبه که درجه پلیمریزاسیون آن  $10/000-2/000$  است، درجه پلیمریزاسیون ویسکوزیون  $270-250$  بوده و این در حالی است که درجه پلیمریزاسیون الیاف پلی‌نوزیک  $700-500$  می‌باشد.

تفاوت مهم دیگر لیف ویسکوزیون و پلی‌نوزیک در آن است که الیاف پلی‌نوزیک مثل الیاف پنبه دارای ساختمان فیبریلی و میکروفیبریلی منظم است در حالی که الیاف ویسکوزیون ساختمان فیبریلی یا میکروفیبریلی ندارند. این به دلیل آن است که در تولید پلی‌نوزیک سعی می‌شود از شدت عملیات و حلال شیمیایی کاسته شود و حتی‌الامکان درجه پلیمریزاسیون بالا نگه داشته شود و برای حفظ ساختمان میکروفیبریلی سعی می‌شود که عمل انعقاد به آرامی و به صورت یکنواخت انجام شود در حالی که در تولید ویسکوزیون عمل انعقاد به سرعت انجام می‌شود. برخی از ویژگی‌های الیاف پلی‌نوزیک به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- نسبت به ویسکوزیون دارای درجه پلیمریزاسیون بالاتری هستند.
- ۲- در حالت مرطوب مقاومت بیشتری نسبت به ویسکوزیون دارند.
- ۳- مقاومت آنها در مقابل سود سوزآور بیشتر از ویسکوزیون است.
- ۴- دارای ساختمان فیبریلی و میکرو فیبریلی هستند.

**طرز تهیه الیاف پلی‌نوزیک:** روش تهیه پلی‌نوزیک با کمی تفاوت به همان شیوه تولید الیاف ویسکوزیون است. در تهیه پلی‌نوزیک مقدار مصرف سولفید کربن کمتر از روش تهیه ویسکوزیون می‌باشد و مرحله گزانتاسیون در تهیه پلی‌نوزیک  $2/5$  ساعت و در حالی که این مرحله در تهیه ویسکوزیون  $10-8$  ساعت است. دمای گزانتاسیون برای پلی‌نوزیک  $20$  درجه سانتی‌گراد و برای ویسکوزیون  $30-25$  درجه سانتی‌گراد است.

- ۲- در تهیه ویسکوزیون برای تولید مایع ریسندگی گزانتات سلولز را وارد سود سوزآور می‌کنند ولی برای تولید پلی‌نوزیک برای تهیه مایع ریسندگی، گزانتات سلولز را در آب می‌ریزند.

۳- در حمام انعقاد برای پلی‌نوزیک از اسید سولفوریک رقیق (۱٪) و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شود ولی برای ویسکوزیون از حمام حاوی اسید سولفوریک ۱۰٪، سولفات روی ۱٪، سولفات سدیم ۱۸٪ با دمای ۴۵-۵۵ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شود. لذا، انعقاد الیاف پلی‌نوزیک آرام‌تر از الیاف ویسکوزیون انجام می‌شود.

۴- در تولید الیاف پلی‌نوزیک، بعد از انعقاد الیاف به آنها کشش داده می‌شود.

**خواص الیاف پلی‌نوزیک:** از آنجا که از نظر جنس و روش تولید، الیاف پلی‌نوزیک و ویسکوزیون مشابه هم هستند لذا از نظر خواص این دو لیف با یک دیگر مقایسه می‌شوند.

۱- میزان کریستالی الیاف پلی‌نوزیک حدود ۵۵٪ ولی برای ویسکوزیون ۴۵٪-۴۰٪ می‌باشد این در حالی است که الیاف پنبه ۷۰-۸۰ درصد کریستالی هستند.

۲- میزان آرایش‌یافتگی پلی‌نوزیک بیشتر از ویسکوزیون است.

۳- مقطع عرضی الیاف پلی‌نوزیک به صورت دایره صاف است و نمای طولی الیاف پلی‌نوزیک نیز صاف می‌باشد.

۴- میزان جذب رطوبت و تورم الیاف پلی‌نوزیک کمتر از الیاف ویسکوزیون و بیشتر از الیاف پنبه است.

۵- میزان بازگشت‌پذیری و خاصیت ارتجاعی پلی‌نوزیک از الیاف ویسکوزیون و حتی پنبه بهتر است.

۶- استحکام الیاف پلی‌نوزیک در دو حالت خشک و تر بیشتر از الیاف ویسکوزیون و کمتر از الیاف پنبه است.

مقاومت الیاف پلی‌نوزیک در حالت خشک ۳/۲-۴ گرم بر دنیر و در حالت تر ۲-۳ گرم بر دنیر می‌باشد.

۷- مقاومت الیاف پلی‌نوزیک در مقابل مواد قلیایی بیشتر از الیاف ویسکوزیون و تورم آنها نسبت به الیاف ویسکوزیون کمتر است.

۸- مقاومت الیاف پلی‌نوزیک در مقابل مواد اسیدی و اکسیدکننده‌ها بیشتر از الیاف ویسکوزیون و کمتر از پنبه می‌باشد.

**مصارف الیاف پلی‌نوزیک:** الیاف پلی‌نوزیک از نظر مقاومت و استحکام چه در حالت خشک و چه در حالت مرطوب بهتر از الیاف ویسکوزیون می‌باشند، لذا مصرف این الیاف در تهیه پارچه، دوخت انواع لباس‌ها به ویژه لباس‌های زنانه، انواع رومیزی، پیراهن‌های مردانه، دستمال، پارچه‌های تزئینی، انواع پرده، و... می‌باشد. **الیاف کوپرا‌مونیوم:** کوپرا‌مونیوم نیز از الیاف باز یافته سلولزی است که ظاهری شبیه به ابریشم دارد و از این نظر به آن ابریشم مصنوعی گفته می‌شود. در تولید الیاف کوپرا‌مونیوم، از لینتر پنبه که همان الیاف کوتاه پنبه هستند استفاده می‌شود و از طرف دیگر از کوپرا‌مونیوم برای حل کردن سلولز استفاده می‌شود. تولید تجاری الیاف کوپرا‌مونیوم از سال ۱۹۱۹ شروع شده و این الیاف به دلیل خواصی منحصر به فرد، اهمیت ویژه‌ای در صنایع نساجی دارند.

**طرز تهیه الیاف کوپرا‌مونیوم:** روش تهیه کوپرا‌مونیوم مشابه شیوه تولید ویسکوزیون و پلی‌نوزیک است و چنان‌که اشاره شده است، در کوپرا‌مونیوم به جای چوب درختان از الیاف کوتاه پنبه یا لینتر پنبه استفاده می‌شود. شکل ۶ مراحل تولید الیاف کوپرا‌مونیوم را نشان می‌دهد.

برای خالص‌سازی و تصفیه سلولز، ابتدا لینتر پنبه را وارد سود سوزآور رقیق کرده و مخلوط را می‌جوشانند و سپس آن را با هیپوکلریت سدیم سفیدگری می‌کنند. سپس مواد تصفیه شده را در محلول کوپرا‌مونیوم و در مجاورت سود سوزآور حل می‌کنند، سپس محلول به دست آمده را برای تصفیه از فیلترهای ویژه‌ای عبور

می‌دهند. پس از فیلتر کردن مواد حاصل، محلول را در داخل مخزنی می‌ریزند تا هوای داخل آن خارج شود. پس از خروج هوا و گازهای دیگر، محلول آماده ریسندگی می‌باشد. پس از اینکه مواد از رشته‌ساز خارج شدند وارد حمامی حاوی آب خالص می‌شوند. آب داخل حمام بیشتر مس و آمونیاک رشته‌های ریسیده شده را جذب و سلولز منعقد می‌شود. بعد از این حمام، الیاف وارد حمام دیگری که حاوی نمک‌های فلزی است می‌شوند و در این حمام، باقی‌مانده فلز مس و آمونیاک از الیاف جدا شده و سلولز خالص در الیاف باقی می‌ماند. این الیاف را می‌توان به صورت یکسره (فیلامنت) یا الیاف کوتاه مورد استفاده قرار داد. شکل ۱۰ قسمتی از کارخانه تولید الیاف را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- قسمتی از کارخانه تولید الیاف

**خواص الیاف کوپر آمونیوم:** از آنجا که مواد تشکیل دهنده و روش تولید کوپر آمونیوم مثل الیاف ویسکوزیون و پلی‌نوزیک است، لذا انتظار می‌رود که خواص و رفتار این الیاف نیز مشابه سایر الیاف سلولزی باشد. برخی از خواص و ویژگی‌های الیاف کوپر آمونیوم به شرح زیر است:

- ۱- مقطع عرضی الیاف کوپر آمونیوم معمولاً دایره‌ای است و منظر طولی آن در زیر میکروسکوپ صاف است.
- ۲- الیاف کوپر آمونیوم حدود ۱۲/۵٪ جذب رطوبت دارند و در اثر جذب رطوبت استحکام آنها کاهش و طول آنها افزایش می‌یابد.
- ۳- مقاومت الیاف کوپر آمونیوم در مقایسه با الیاف ویسکوزیون و پلی‌نوزیک در وضعیت خوبی است.
- ۴- هرگاه الیاف کوپر آمونیوم مدت طولانی در مقابل نور خورشید قرار بگیرند، مقاومت آنها کم می‌شود.
- ۵- الیاف کوپر آمونیوم وقتی آتش می‌گیرند، خاکستر نرمی از آنها باقی می‌ماند و این الیاف در حرارت ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌شوند.
- ۶- الیاف کوپر آمونیوم در مقابل مواد قلیایی رقیق مقاوم هستند ولی مواد قلیایی غلیظ سبب تورم این الیاف شده و مقاومت آنها را کاهش می‌دهند.
- ۷- الیاف کوپر آمونیوم در اسیدهای گرم و رقیق و سرد و غلیظ حل می‌شوند.
- ۸- مواد اکسیدکننده ضعیف بر روی الیاف کوپر آمونیوم تأثیری ندارند، لذا این الیاف را می‌توان به وسیله آب ژاول سفیدگری کرد. ولی مواد اکسیدکننده قوی به الیاف کوپر آمونیوم صدمه می‌زنند.
- ۹- حلال‌های عالی بر روی الیاف کوپر آمونیوم تأثیری ندارند، لذا حلال‌های خشک‌شویی آسیبی به این الیاف نمی‌زنند.

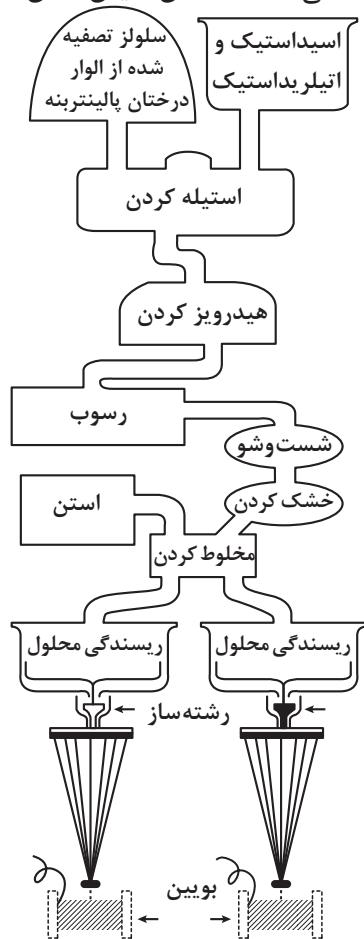
**مصارف الیاف کوپرا آمونیوم:** الیاف کوپرا آمونیوم به دلیل ویژگی‌هایی که دارند به صورت بریده - بریده برای تولید انواع پارچه‌های لباسی، تزئینی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این الیاف برای پارچه‌های ظریف و نرم، انواع رومی‌زی، رو مبلی، پرده‌ای و نخ‌های فانتزی برای گلدوزی و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**الیاف دی استات سلولز:** هرگاه سلولز در اسیداستیک حرارت داده شود، استات سلولز به دست می‌آید. اولین بار در سال ۱۹۲۱ الیاف استات سلولز به صورت تجاری تولید و به بازار عرضه شده‌اند. اصل تولید استات سلولز به این است که با استیله کردن گروه‌های هیدروکسیل روی مولکول سلولز به وسیله گروه‌های استیل استات سلولز تولید می‌شود. با توجه به مولکول سلولز، دیده می‌شود که هر واحد از سلولز دارای یک گروه هیدروکسیل است. با استیله کردن سلولز هر سه گروه هیدروکسیل استیله شده و تری استات سلولز تبدیل می‌شود. و اگر تری استات سلولز را به وسیله قلیاها صابونی کنیم، تری استات به دی استات تبدیل می‌شود که در این صورت دو گروه استیل بر روی هر واحد سلولز باقی مانده و یک گروه استیل به وسیله یک گروه هیدروکسیل جایگزین می‌شود.

**طرز تهیه الیاف دی استات سلولز:** برای تهیه الیاف استات سلولز از لینتر پنبه یا چوب حاوی ۹۸-۹۹ درصد سلولز استفاده می‌شود. مراحل تولید استات سلولز به صورت زیر می‌باشد:

۱- ابتدا سلولز را با اسیداستیک که یک اسید آلی است مخلوط می‌کنند تا ضمن خیس شدن سلولز متورم شده و قابلیت واکنش‌های شیمیایی را داشته باشند.

۲- بعد از خیس شدن سلولز در داخل اسیداستیک باید مرحله استیله کردن آغاز شود. در این مرحله در واقع یک گروه استیل ( $-COOH$ ) جایگزین هیدروژن یک گروه هیدروکسیل ( $-OH$ ) می‌شود. برای استیله کردن کامل سلولز و تبدیل آن به تری استات، سلولز آغشته به اسیداستیک را با انیدریداستیک مخلوط کرده و به ماده حاصل یک کاتالیزور مثل اسیدسولفوریک اضافه می‌کنند و به آن حرارت می‌دهند تا واکنش استیله شدن به خوبی انجام شود. بعد از شروع استیله شدن، ماده در حال واکنش را سرد می‌کنند تا از تجزیه سلولز در مجاورت اسیدها جلوگیری شود. سپس واکنش ادامه پیدا می‌کند تا عمل استیله شدن به طور کامل انجام شود. شکل ۱۱ مراحل تولید استات سلولز را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- مراحل تولید استات سلولز

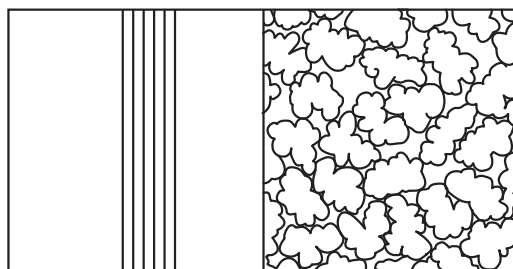
۳- برای تبدیل تری استات سلولز به دی استات سلولز که در استن قابل حل است، از هیدرولیز تری استات استفاده می شود. بدین منظور تری استات سلولز به مدت ۲۰ ساعت و در حرارت نسبتاً بالا در محلول ۹۵٪ اسید استیک قرار داده می شود که در این صورت هیدرولیز اسیدی رخ داده و محصول به دست آمده که دی استات سلولز است در استن به راحتی حل می شود. در پایان فرایند، دی استات سلولز به صورت یک ماده سفید رنگ گچ مانند رسوب می کند.

۴- در این مرحله دی استات جامد را در محلول استن که حاوی مقداری آب است حل می کنند تا به صورت مایعی غلیظ و نیمه شفاف درآید. این مایع به روش ریسندگی خشک یا خشک ریزی ریسیده می شود. یعنی بعد از اینکه مایع از رشته ساز عبور کرد، رشته های تولیدی از اطاقک نسبتاً داغ عبور می کنند که در اثر حرارت، استن از داخل الیاف تبخیر و خارج می شود. سپس استن تبخیر شده جمع آوری و برای مصرف مجدداً بازیافت می شود.

۵- بعد از اینکه الیاف دی استات از اطاقک تبخیر خارج شدند، تحت کشش قرار می گیرند تا مولکول های آنها آرایش یافتگی لازم را یافته و ظرافت آنها نیز به حد مورد نظر برسد.

### خواص الیاف دی استات سلولز

۱- مقطع عرضی الیاف دی استات سلولز دارای فرورفتگی هایی است که سطح آنها را به صورت انحنای برآمده درآورده است. منظر طولی این الیاف به صورت صاف با خطوط تیره یکسره می باشد که در واقع سایه قسمت های فرورفته مقطع عرضی بر روی طول لیف می باشد. شکل ۱۲ مقطع عرضی و نمای طولی الیاف دی استات را نشان می دهد.



شکل ۱۲- نمای مقطع عرضی و طولی الیاف دی استات سلولز

۲- رنگ الیاف دی استات سلولز سفید بوده و به صورت الیاف شفاف، نیمه شفاف و کدر تولید می شوند، ضمناً نرمی و پری الیاف در سطح این الیاف چین خوردگی هایی ایجاد می کند.

۳- وزن مخصوص الیاف دی استات سلولز بستگی به درصد استیل شدن به گروه های هیدروکسیل بستگی دارد. در عین حال چگالی این الیاف کمتر از الیاف پنبه و حدود  $1/32$  گرم بر سانتی متر مکعب است.

۴- جذب رطوبت الیاف دی استات سلولز به خاطر کم شدن تعداد گروه های هیدروکسیل نسبت به جذب رطوبت دیگر الیاف سلولزی مانند پنبه کمتر است.



- ۵- بازگشت پذیری و خاصیت ارتجاعی این الیاف از الیاف ویسکوزیون بهتر است. اگر این الیاف تا حدود ۶/۵٪ کشیده شوند به صورت لاستیک عمل می‌کنند و به حالت اول بر می‌گردد.
- ۶- مقاومت الیاف دی‌استات سلولز بهتر از الیاف ویسکوزیون است به ویژه در حالت مرطوب این الیاف فقط ۳۰٪ از مقاومت خود را از دست می‌دهند.
- از نظر الکتریکی الیاف دی‌استات سلولز عایق الکترسیته بوده و خاصیت عایق الکتریکی آنها بهتر از الیافی مانند پشم، پنبه، ابریشم می‌باشد و این به دلیل جذب رطوبت پایین این الیاف می‌باشد.
- یکی از مصارف دی‌استات سلولز برای عایق سیم‌ها و کابل‌های انتقال برق می‌باشد. اما، در اثر اصطکاک الکتریسیته ساکن در الیاف دی‌استات سلولز تولید می‌شود که این پدیده اشکالاتی را در عملیات ریسندگی و تولید نخ به وجود می‌آورد. برای کم کردن اشکال الکتریسیته ساکن لازم است رطوبت ریسندگی در حد استاندارد نگهداری شود.
- ۷- لیف دی‌استات سلولز، یک لیف ترمو پلاستیک است یعنی این لیف در اثر حرارت ابتدا نرم و سپس ذوب می‌شود. این الیاف در ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد نرم شده و در ۲۳۲ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند. دمای اتو برای این الیاف حدود ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد است.
- ۸- خواص شیمیایی الیاف دی‌استات سلولز به میزان استیلیزاسیون بستگی دارد. هر چه میزان استیله شدن سلولز در استات سلولز بیشتر باشد لیف به حالت یک لیف مصنوعی نزدیک‌تر شده و جذب رطوبت و رنگ آن کمتر می‌شود ولی مقاومت آن بیشتر می‌شود.
- مواد اکسیدکننده: الیاف دی‌استات سلولز ذاتاً سفید و روشن هستند و نیازی به سفیدگری ندارند ولی اگر لازم شد از سفیدکننده استفاده شود باید از سفیدکننده‌های ضعیف استفاده شود و در صورت استفاده از کلر برای سفیدگری باید از محلول رقیق این ماده و دمای پایین استفاده شود.
- دی‌استات سلولز نسبت به مواد قلیا حساس می‌باشد. اگر این الیاف در محلول قلیایی جوشانده شوند شفافیت و درخشندگی خود را از دست می‌دهند. دی‌استات سلولز در محلول‌های قلیایی صابونی می‌شود و به سلولز تبدیل می‌گردد و اساساً خاصیت آن تغییر خواهد کرد. اسیدهای ضعیف اثر مخربی بر دی‌استات سلولز ندارند. اما اسیدهای غلیظ آلی مثل اسیداستیک این الیاف را در خود حل می‌کنند.
- مصارف دی‌استات سلولز:** نخ‌های یکسره یا فیلامنتی دی‌استات سلولز به دلیل شفافیت و درخشندگی در تهیه انواع پارچه‌های مناسب، لباس‌های زنانه و مردانه، روسری، دستمال‌ها، آستری، انواع لباس‌ها، رومیزی و رومبلی و... هستند.
- الیاف تری‌استات سلولز:** چنان‌که اشاره شده است، در تهیه استات سلولز ابتدا تری‌استات سلولز تولید می‌شود و این کار با استیله کردن سلولز به وسیله انیدریداستیک انجام می‌شود. در این فرایند سه گروه هیدروکسیل از هر واحد سلولز به ۳ گروه استیل تبدیل می‌شوند. تولید تری‌استات سلولز، بعد از جنگ جهانی اول شروع شد، ولی پس از چندی تولید این الیاف متوقف گردید. دلیل توقف این گونه الیاف یکی خطر حلال آن یعنی کلروفرم که ماده‌ای بی‌هوش‌کننده است و دیگری دشواری رنگ‌رزی این الیاف به وسیله مواد رنگ‌رزی موجود آن زمان بوده است. اما با پژوهش‌های انجام شده که منجر به ساخت حلال جدید به نام کلریدمتیلن و رنگ‌زاهای جدید و مناسب رنگ‌رزی تری‌استات گردید، مجدداً تولید این الیاف به صورت صنعتی و تجاری آغاز گردید. امروزه این الیاف از دهه ۱۹۵۰ در کشورهای نظیر آمریکا و آلمان تولید می‌شوند.

**طرز تهیه الیاف تری استات سلولز:** تهیه الیاف تری استات سلولز در چند مرحله انجام می شود، مراحل به شرح زیر می باشد.

۱- ابتدا سلولز را که به صورت چوب تکه های خرد شده یا لنیتر پنبه است در محلول اسید استیک می خیسانند. سپس به آن انیدرید استیک و کاتالیزوری مثل اسید سولفوریک اضافه می کنند تا واکنش استیله شدن سلولز انجام شود. واکنش استیله شدن همان جایگزینی گروه استیل با هیدروژن گروه هیدروکسیل سلولز می باشد. بعد از مدتی که فرایند استیله شدن سلولز به پایان رسید، تری استات سلولز را که رسوب کرده است شست و شو داده و خشک می کنند.

۲- بعد از جمع آوری تری استات سلولز، آن را در کلرید متیلن که حلال آن است حل می کنند و مایع حاصل را فیلتر کرده و از رشته ساز دستگاه ریسندگی عبور می دهند و بعد از عبور رشته ها از دستگاه رشته ساز، رشته ها را از یک اتاقک نسبتاً داغ عبور می دهند تا حلال کلرید متیلن تبخیر شده و از الیاف خارج شود و بدین روش الیاف تری استات سلولز تولید شده منعقد شده و به صورت جامد درمی آید.

۳- پس از کشش، الیاف تری استات بر روی بوبین های ویژه پیچیده می شوند. باید دقت شود که قبل از پیچش الیاف بر روی بوبین، آنها را به روغن های ضد الکتریسیته ساکن آغشته کرد، چون این الیاف جذب رطوبت کمی دارند و مستعد تولید الکتریسیته ساکن هستند.

### خواص الیاف تری استات سلولز

۱- سطح مقطع عرضی الیاف تری استات سلولز مانند دی استات سلولز دارای فرورفتگی هایی است که سطح مقطع آن را به صورت انحناهای محیطی درمی آورد. منظر طولی این الیاف نیز صاف و با خطوط طولی است که خطوط طولی در واقع سایه خطوط فرورفته بر روی سطح طولی لیف است.

۲- جذب رطوبت تری استات سلولز بسیار پایین تر از الیاف دی استات سلولز است. جذب رطوبت تری استات سلولز حدود ۴/۵٪ در حالت عادی و ۳-۲/۵ درصد پس از عملیات حرارتی است. تری استات سلولز در حالت تر حدود ۷۰٪ مقاومت خود را حفظ می کند.

۳- چگالی تری استات سلولز ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب است.

۴- مقاومت تری استات سلولز در حالت خشک ۱/۴-۱/۲ گرم بر دنیر و در حالت تر ۰/۸-۰/۷ گرم بر دنیر است.

۵- رفتار تری استات سلولز در مقابل حرارت مانند رفتار الیاف ترمو پلاستیک است.

۶- بسیاری از حلال های آلی بر روی تری استات بی تأثیر هستند و آسیب قلیاها بر تری استات کمتر از دی استات سلولز است.

۷- مقاومت الیاف تری استات در مقابل نور خورشید بسیار بالاست.

۸- مقاومت الکتریکی تری استات سلولز به ویژه اگر این الیاف آغشته به روغن های ریسندگی باشند بسیار بالاست و مقاومت این الیاف در مقابل الکتریسیته از بسیاری از الیاف نساجی بیشتر است.

۹- مقاومت تری استات در مقابل اسیدهای رقیق بالاست ولی اسیدهای غلیظ به این الیاف آسیب می زنند.

۱۰- استن به عنوان حلال دی استات است، تری استات را حل نمی کند و فقط آن را متورم می کند.

**مصارف الیاف تری استات سلولز:** مصارف الیاف و پارچه های از جنس تری استات به خاطر ویژگی ها و خصوصیات الیاف تری استات سلولز می باشد. از آنجا که جذب رطوبت این الیاف کم است و ثبات حرارتی خوبی دارند و چین و چروک در آنها ایجاد نمی شود، لذا این الیاف برای پارچه های حلقوی تاری مناسب

هستند.

یکی از مصارف تری استات در مخلوط با الیاف پشم است که سبب کاهش چروک پذیری پارچه‌های پشمی می‌شود. این الیاف برای تولید پارچه‌های چین دار و پلیسه‌دار نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این الیاف در مخلوط با الیاف پنبه، ویسکوز و کتان نیز استفاده می‌شود و در این صورت الیاف تری استات سبب اتوپذیری بیشتر پارچه شده و از چروک پارچه‌های پنبه‌ای و ویسکوزی جلوگیری می‌کنند. پارچه‌های تری استات سلولز به دلیل جذب رطوبت و جذب رنگ کم، در تولید انواع رومیزی‌ها و رومبلی‌ها کاربرد دارند و به سبب درخشندگی خوبی که دارند، جلای آنها نیز موجب زیبایی آنها می‌شود.

**الیاف بازیافته پروتئینی:** ماده اولیه الیاف بازیافته پروتئینی، انواع پروتئین‌ها هستند که از منابع حیوانی یا گیاهی به دست می‌آیند. با توجه به اینکه پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه تشکیل می‌شود. لذا می‌توانیم با پیوند مولکول‌های کوچک اسیدهای آمینه زنجیرهای بلند آنها را برای تهیه مولکول‌های پروتئین تولید نماییم. یکی از الیاف بازیافته از نوع پروتئینی الیاف کازئین هستند که از یک نوع پروتئین به نام کازئین به دست می‌آید. کازئین یک ماده پروتئینی است که در شیر به مقدار فراوانی وجود دارد.

**الیاف کازئین:** اگر چه تحقیقات لازم برای الیاف کازئین در سده ۱۹۰۰ شروع شده است ولی اولین نوع الیاف کازئین در سال ۱۹۳۷ در کشور ایتالیا ساخته شد و به صورت تجاری به بازار عرضه شده است.

**طرز تهیه الیاف کازئین:** ابتدا خامه را از شیر طبیعی جدا می‌کنند، سپس شیر باقی‌مانده را تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد گرم کرده و با اسید لاکتیک مخلوط می‌کنند تا الیاف کازئین موجود در شیر منعقد شده و رسوب نماید. سپس پروتئین منعقد شده را که همان کازئین است از قسمت آبکی شیر جدا می‌کنند و شست‌وشو می‌دهند تا اسید و نمک آن از بین برود، در نهایت پس از آگیری آن را خشک می‌کنند.

در ادامه، کازئین به دست آمده را در محلول سود سوزآور حل می‌کنند. محلول کازئین در داخل سود سوزآور را از فیلترهای مخصوصی عبور داده و وارد مخزنی می‌کنند تا هوا و گازهای موجود در محلول کازئین خارج شود. در مرحله بعد، محلول بدون هوا وارد دستگاه رشته‌ساز سیستم ترریسی می‌شود و رشته‌ها پس از خروج از رشته‌ساز وارد حمام انعقاد که حاوی اسید سولفوریک و مواد دیگر است شده و رشته‌ها منعقد می‌شوند. الیاف کازئین به صورت الیاف کوتاه یا فیلامنت می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

### خواص الیاف کازئین

۱- **نمای مقاطع الیاف کازئین:** چنان که در شکل ۱۳ دیده می‌شود، سطح الیاف کازئین صاف است و نمای عرضی آن دایره‌ای با نقاطی در سطح مقطع می‌باشد.



شکل ۱۳- نمای طولی و الیاف کازئین

۲- رنگ و جلای الیاف کازئین: رنگ الیاف کازئین سفید و این الیاف نیمه مات هستند و از این رو به راحتی می توانند با الیاف پشم مخلوط شوند.

۳- قطر و طول الیاف کازئین: از آنجا که الیاف کازئین الیافی بازیافته هستند و به صورت صنعتی تولید می شوند در طول ها و قطرهای مختلف و دلخواه می توانند تولید شوند.

۴- خاصیت کشسانی و برگشت پذیری الیاف کازئین: برگشت پذیری و خاصیت ارتجاعی این الیاف نسبتاً خوب است، برای همین خاطر پارچه های تهیه شده از این الیاف دیر چروک می شوند.

۵- مقاومت الیاف کازئین: مقاومت این الیاف در حالت خشک ۱-۱/۲ گرم بر دنییر است و در حالت خیس مقاومت آن نصف می شود.

۶- افزایش طول تا حد پارگی الیاف کازئین: افزایش طول این الیاف در حالت خشک ۵۰-۶۰ درصد و در حالت خیس ۶۰-۷۰ درصد می باشد.

۷- جرم مخصوص و جذب رطوبت الیاف کازئین: جرم مخصوص این الیاف ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب و جذب رطوبت آن در شرایط استاندارد حدود ۱۴٪ است.

۸- اثر حرارت و نور خورشید بر الیاف کازئین: اثر نور خورشید بر این الیاف شبیه به الیاف پشم می باشد، اما اگر این الیاف در حرارت قرار بگیرند نرم می شوند و اگر به مدت طولانی و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گیرد رنگ آنها به زردی می گراید و کمی سخت و شکننده می شوند و اگر حرارت به ۱۵۰ درجه سانتی گراد برسد، این الیاف استحکام خود را از دست می دهند.

۹- اثر اسیدها، بازها و حلال های آلی بر الیاف کازئین: این الیاف در مقابل اسیدها و بازهای قوی متورم می شوند و به تدریج تجزیه می شوند. مقاومت این الیاف در مقابل حلال های آلی نسبتاً خوب است.

**موارد مصرف الیاف کازئین:** چنان که اشاره شده است، الیاف کازئین خصوصیات شبیه به پشم دارد. لذا، انتظار می رود که بتوان آن را جایگزین پشم کرده یا اینکه در مخلوط با پشم مورد استفاده قرار بگیرد. از نخ های مخلوط پشم و کازئین برای بافت پارچه های کش باف استفاده می شود. همچنین از نخ های مخلوط الیاف کازئین با الیاف پنبه یا ویسکوزیون می توان برای بافت پارچه های لباس زیر استفاده کرد. الیاف کازئین از نظر قیمت ارزان تر از الیاف پشم هستند و مقاومت آنها در مقابل خاک و موادمعدنی نسبت به الیاف پشم بیشتر است. از الیاف کازئین برای بافت پارچه های بسیار ظریف و کلاه نیز استفاده می شود.

### الیاف بازیافته معدنی

الیاف بازیافته معدنی الیافی هستند که ماده اولیه آنها که از مواد معدنی هستند در طبیعت یافت می شوند، ولی به صورت لیف نیستند. این الیاف در فرایندهای صنعتی تبدیل به لیف شده و مصارف نساجی و غیر نساجی دارند. مهم ترین الیاف بازیافته معدنی، الیاف شیشه و انواع الیاف فلزی هستند.

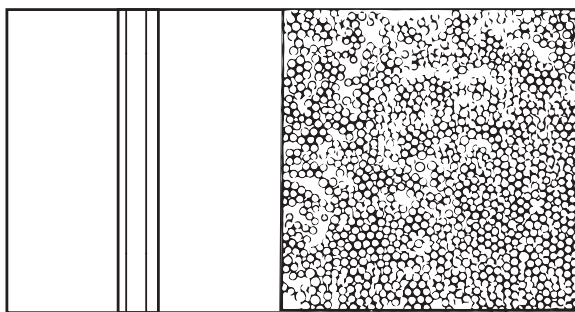
**الیاف شیشه:** از مدت های پیش نظر بر این بود که می توان از شیشه الیافی تولید کرد که مصرف نساجی داشته باشد. در دهه ۱۸۴۰ میلادی ماشین تولید الیاف شیشه در اروپا به معرض نمایش قرار داده شد، ولی به دلیل ابتدایی بودن طراحی و ساخت دستگاه در استفاده از این ماشین موفقیتی حاصل نشد. در دهه ۱۹۳۰ تلاش هایی در جهت تولید الیاف شیشه در کشورهای اروپایی انجام شد ولی موفقیت در آنها حاصل نشد.

بالاخره در سال ۱۹۳۸ یک شرکت آمریکایی موفق به ذوب کردن شیشه و تهیه الیاف از شیشه شد و از آن زمان شرکت‌های زیادی از کشورهای صنعتی دارای تولید و مصرف الیاف شیشه در صنایع نساجی و صنایع دیگر فعالیت دارند.

**نحوه تولید فیلامنت شیشه:** برای تهیه فیلامنت شیشه ابتدا مواد اولیه الیاف شیشه شامل سیلیکا، سنگ آهک، کربنات سدیم و بوراکس را در داخل یک کوره الکتریکی ریخته و حرارت می‌دهد تا در نتیجه ذوب شدن و ترکیب این مواد شیشه به دست آید. شیشه به دست آمده به صورت مهره‌هایی با قطر حدود ۱/۵ سانتی‌متر و وزنی حدود ۱۰ گرم هستند که به آنها اصطلاحاً کولت (cullet) می‌گویند. سپس کولت‌ها را از داخل کوره خارج و آنها را پس از تمیزکردن و جداسازی ناخالصی‌ها در داخل کوره الکتریکی دیگری قرار داده و به آنها تا حد ذوب شدن حرارت می‌دهند، در ادامه و پس از ذوب شدن مهره‌ها، مذاب شیشه را از منافذ رشته‌ساز عبور می‌دهند و در پایین رشته‌ساز، فیلامنت‌های شیشه را جمع‌آوری می‌کنند. سپس به فیلامنت‌ها حرارت ملایمی می‌دهند تا نرم شوند و پس از نرم شدن آنها را کشش می‌دهند تا به نمره یا قطر دلخواه برسند و سپس آنها را بر روی بوبین‌های موردنظر می‌پیچند. بعد از پیچیدن فیلامنت شیشه بر روی بوبین، فیلامنت‌های تولیدی را بر روی یک ماشین تاب‌دهنده تاب می‌دهند.

**نحوه تولید الیاف کوتاه شیشه:** فرایند تولید الیاف کوتاه شیشه تا تهیه مهره‌های شیشه یا همان کولت، شبیه به روش تولید فیلامنت‌های شیشه‌ای می‌باشد. اما روش رسیدن الیاف کوتاه شیشه متفاوت است. فیلامنت‌های شیشه‌ای شکسته و به الیاف به طول ۱۵-۱۴ سانتی‌متر تبدیل شده و رشته‌های الیاف به صورت فتیله درآمده و به همان صورت جمع‌آوری می‌شوند. به این فیتیله‌ها گاهی اوقات تاب نیز می‌دهند.

**خصوصیات الیاف شیشه:** از خصوصیات بسیار مهم الیاف شیشه استحکام کششی و مقاومت آنها در مقابل حرارت و ضدآتش بودن و پایداری آنها در مقابل عوامل بیولوژیک است. الیاف شیشه دارای خاصیت کشسانی نبوده و افزایش طول آنها بسیار بسیار ناچیز و حدود ۰.۲٪ است که این افزایش طول برای مصارف نساجی بسیار کم است. هر چه قطر الیاف و فیلامنت‌های شیشه کمتر باشد، خاصیت خمش آنها بیشتر است. چگالی الیاف شیشه ۲/۷-۲/۵ گرم سانتی‌متر مکعب است که نسبت به الیاف معمولی نساجی بسیار بالاست. از نظر حرارت، اگرچه نقطه ذوب الیاف شیشه بسیار بالاست و در حدود ۸۱۵ درجه سانتی‌گراد است، ولی مقاومت این الیاف در درجه حرارت بالاتر از ۳۱۵ درجه سانتی‌گراد بسیار کاهش می‌یابد. در شکل ۱۴ نمای طولی و عرضی الیاف شیشه را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۴- نمای طولی و مقطع عرضی الیاف شیشه

مصارف الیاف شیشه عمدتاً در پارچه‌ها و مصارف صنعتی و ویژه می‌باشد و از الیاف شیشه در پارچه‌های ویژه لباس‌های ضدآتش و نسوز استفاده می‌شود. به دلایل فنی از الیاف شیشه برای تولید پوشاک معمولی استفاده نمی‌شود. عمده دلایلی که سبب می‌شوند از الیاف شیشه در تولید پارچه‌های لباس مورد استفاده قرار نگیرند به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- مقاومت الیاف شیشه در مقابل سایش کم است، زیرا فیلامنت‌ها در اثر سایش خشن و زبر می‌شود.
- ۲- الیاف شیشه جذب رطوبت ندارند و در نتیجه در تماس با بدن احساس سردی ایجاد می‌کنند.
- ۳- این الیاف دارای افزایش طول بسیار کمی هستند و خاصیت کشسانی آنها پایین است.
- ۴- نفوذ سرهای شکسته الیاف در پوست بدن سبب خارش و سوزش پوست می‌شود.

### الیاف فلزی

الیاف یا نخ‌های فلزی در واقع اولین نخ‌های مصنوعی مورد استفاده در نساجی و تولید لباس می‌باشند. این الیاف یا نخ‌ها هزاران سال قبل از انواع الیاف بازیافته نظیر ویسکوزریون و الیاف شیمیایی تولید شده و مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند در کشورهای با تمدن کهن نظیر ایران، از نخ‌های فلزی مثل نخ‌هایی از جنس طلا و نقره برای پارچه‌های گران قیمت نظیر پارچه‌های زربفت استفاده می‌شده است. ولی امروزه به دلیل گرانی این نوع نخ‌ها از آنها به صورت تجاری برای بافت پارچه استفاده نمی‌شود و فقط برای تولید برخی پارچه‌ها که جنبه فاخر و هنری دارند استفاده می‌شوند.

اما استفاده از این نخ‌ها در پوشاک به علت اینکه در معرض هوا و رطوبت اکسید شده و کدر می‌شوند و جلای اصلی خود را از دست می‌دهند و همچنین به خاطر اینکه در اثر اصطکاک و سایش بریده و پاره می‌شوند و در سطح پوست خراش ایجاد کرده و سبب ناراحتی می‌شوند تقریباً منسوخ و یا محدود می‌باشد.

امروزه پارچه‌هایی از جنس فولاد تهیه می‌شود که کاربرد آنها در لباس‌های ضدآتش و ضدپاشش مذاب فلزات و برای حفاظت از کارگران کارخانه‌های ذوب فلز و فولاد می‌باشد. اما نخ‌های فلزی بیشتر برای پارچه‌های مورد استفاده در دکوراسیون و در بعضی مواد برای لباس‌های زنانه نظیر کت و دامن و بالاپوش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### صابونی کردن الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز

فعالیت  
عملی ۱



مقدمه: الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز از همان مواد اولیه‌ای تهیه می‌شوند که الیاف ویسکوز از آن تهیه می‌گردد. یعنی سلولز موجود در لینترهای پنبه یا چوب درختان منبع بسیار مهمی برای ساخت الیاف بازیافته دی‌استات و تری‌استات سلولز می‌باشد. سلولز موجود در چوب درختان یا لینترهای پنبه پس از خالص‌سازی و سفیدگری با استفاده از انیدریداستیک و اسیداستیک در مجاورت یک کاتالیزور مانند اسید سولفوریک استیل‌دار شده و به تری‌استات تبدیل می‌شود. هیدرولیز تری‌استات منجر به تهیه دی‌استات می‌گردد. هر دو پلیمر تهیه شده را می‌توان در یک حلال مناسب حل کرده و به روش ریسندگی خشک تبدیل به لیف نساجی نمود.

الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز نسبت به قلیا حساس بوده و صابونی می‌شوند، یعنی دوباره به سلولز تبدیل می‌گردند. بنابراین عملیات رنگ‌رزی و یا کلیه عملیات تکمیلی که در مورد این الیاف انجام می‌گیرد

نباید دو pH قلیایی صورت گیرد مگر اینکه منظور خاصی مورد نظر باشد برای مثال در تکمیل S پارچه‌های تری‌استات سلولز را با محلول قلیایی عمل می‌کنند تا سطح پارچه نرم‌تر شود و یا به هنگام اتو زدن کمتر برق بیفتد یا الکتروسیسته ساکن کمتر در آن ایجاد شود.

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، هم‌زن شیشه‌ای، چراغ گاز بو زن، پی‌پت

**مواد مصرفی:** هیدروکسید سدیم ۱٪ محلول ماده رنگ‌زای مستقیم ۱/۱g، الیاف دی و تری‌استات سلولز

### شرح آزمایش

در یک لوله آزمایش مقدار کمی از الیاف دی‌استات سلولز را قرار داده و به آن محلول ۱٪ هیدروکسید سدیم بیفزایید. لوله آزمایش را حرارت دهید تا محلول به دمای نزدیک نقطه جوش برسد. حرارت دادن را در این دما به مدت سه دقیقه ادامه دهید. سپس الیاف را از لوله آزمایش خارج نموده و آبکشی نمایید تا محلول هیدروکسید سدیم خارج گردد.

حال یک لوله آزمایش برداشته و به آن ۵ میلی‌لیتر محلول ماده رنگ‌زای مستقیم اضافه کنید. سه الیاف دی‌استات سلولز، پنبه و استات صابونی شده را به داخل لوله آزمایش بیندازید. محلول را تا دمای ۷۵C حرارت دهید. به مدت سه دقیقه در این دما عمل نمایید. هر سه نوع لیف را خوب آبکشی نمایید. این آزمایش را با لیف تری‌استات سلولز انجام دهید.

با توجه به نتایج آزمایش به پرسش‌های زیر پاسخ دهید و با هنجرویان دیگر، بحث کنید.

۱- وقتی استات سلولز با محلول قلیایی عمل شد، چه تغییراتی را مشاهده کردید؟

۲- هنگامی که هر سه لیف (استات سلولز - پنبه - تری‌استات سلولز) صابونی شده را با مواد رنگ‌زای مستقیم رنگ‌رزی کردید. نتایج آزمایش چه بود؟ دلیل این تغییر رنگ‌ها چیست؟ با هم بحث کنید.

۳- نتیجه‌ای را که از این آزمایش می‌گیرید در چند سطر بنویسید.

## تعیین جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

فعالیت  
عملی ۲



جرم مخصوص یک کمیت فیزیکی مهم در مواد می‌باشد که نشان‌دهنده تراکم ماده است. یکی از عوامل تعیین‌کننده مواد در کاربردهای صنعتی و مهندسی، جرم مخصوص آنها می‌باشد. در حالی که جرم مخصوص یک ماده از ویژگی‌های ذاتی آن ماده می‌باشد، ولی سطح مخصوص یک ماده می‌تواند مستقل از جنس ماده باشد یعنی، براساس تعریفی که از سطح مخصوص می‌شود، سطح مخصوص می‌تواند مستقل یا وابسته به جنس ماده باشد.

**جرم مخصوص الیاف:** جرم مخصوص هر ماده نشان‌دهنده چگالی آن ماده بوده و جرم حجمی نیز نامیده می‌شود. چگالی عبارت است از تراکم ماده در یک حجم معین. در واقع جرم مخصوص الیاف نشان‌دهنده مقدار جرم واحد حجم الیاف است. جرم مخصوص الیاف مختلف، متفاوت از یکدیگر است، و جرم مخصوص الیاف یکی از شاخص‌های شناسایی الیاف نساجی می‌باشد. بنابراین، جرم مخصوص الیاف علاوه بر تأثیر بر روی وزن و حجم نخ و پارچه و همچنین نمره و ضخامت نخ، برای شناسایی الیاف نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

واحد جرم مخصوص گرم بر سانتی متر مکعب ( $\text{g/cm}^3$ ) است که با علامت نشان داده می شود، و از تقسیم جرم مواد (برحسب گرم) بر حجم آنها (برحسب سانتی متر مکعب) به دست می آید. یعنی جرم مخصوص الیاف از رابطه زیر به دست می آید:

$$\rho(\text{g/cm}^3) = \frac{\text{جرم } m(\text{g})}{\text{حجم } V(\text{cm}^3)}$$

در بین الیاف نساجی، به استثنای الیاف پلی اتیلن و الیاف پلی پروپیلن، جرم مخصوص بقیه الیاف بیشتر از جرم مخصوص آب (۱ گرم بر سانتی متر مکعب) می باشد. الیاف شیشه که مصارف خاصی در نساجی مثل تهیه لباس های محافظ مانند لباس های ضد آتش دارند، دارای بیشترین جرم مخصوص یعنی ۲/۵ گرم بر سانتی متر مکعب هستند. با تغییر رطوبت نسبی محیط، جرم مخصوص بعضی الیاف نساجی مثل پنبه و پشم و ویسکوزیون که جذب رطوبت نسبتاً بالایی دارند، تغییر می کند.

در فیزیک نساجی، گاهی اوقات به جای جرم مخصوص از حجم مخصوص که با علامت  $V$  نشان داده می شود، استفاده می گردد. حجم مخصوص که عکس جرم مخصوص می باشد، عبارت است از حجم یک گرم از جرم لیف معین برحسب سانتی متر مکعب. واحد حجم مخصوص سانتی متر مکعب بر گرم ( $\text{g/cm}^3$ ) می باشد. جرم مخصوص و حجم مخصوص بعضی از الیاف نساجی در شرایط خشک و رطوبت نسبی ۶۵٪ در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۲- جرم مخصوص و حجم مخصوص الیاف نساجی

جرم مخصوص ( $\text{g/cm}^3$ )		حجم مخصوص ( $\text{g/cm}^3$ )		نوع لیف
خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪	خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪	
۱/۵۵	۱/۵۲	۰/۶۴	۰/۶۶	پنبه
۱/۵۲	۱/۴۹	۰/۶۶	۰/۶۷	ویسکوزیون
۱/۳۱	۱/۳۲	۰/۷۶	۰/۷۶	تری استات
۱/۳	۱/۳۱	۰/۷۷	۰/۷۶	پشم
۱/۳۴	۱/۳۴	۰/۷۵	۰/۷۵	ابریشم
۱/۳	۱/۳	۰/۷۷	۰/۷۷	کازئین
۱/۱۴	۱/۱۴	۰/۸۸	۰/۸۸	نایلون ۶۶ و ۶
۱/۳۹	۱/۳۹	۰/۷۲	۰/۷۲	پلی استر
۱/۱۹	۱/۱۹	۰/۸۴	۰/۸۴	اکریلیک
۰/۹۱	-	۱/۰۹	-	پلی پروپیلن
۰/۹۲	-	۱/۰۹	-	پلی اتیلن-چگالی پایین
۰/۹۵	-	۱/۰۵	-	پلی اتیلن - چگالی بالا
۱/۴	-	۰/۷۱	-	پلی وینیل کلراید (PVC)
۲/۲	-	۰/۴۵	-	پلی تترا فلورو اتیلن (تفلون)
۲/۵	۲/۵	۰/۴	۰/۴	شیشه



### سطح مخصوص الیاف

سطح مخصوص به دو صورت سطح واحد حجم با واحد  $(\text{cm}^3/\text{cm}^2)$  و سطح واحد جرم با واحد  $(\text{g}/\text{cm}^2)$  تعریف می‌شود و با حرف S نشان داده می‌شود. وقتی سطح مخصوص بر حسب سطح واحد حجم تعریف می‌شود، برای به دست آوردن سطح مخصوص لیف، سطح جانبی لیف را بر حجم لیف تقسیم می‌کنند. یعنی:

$$\text{سطح مخصوص} = \frac{\text{طول لیف} \times \text{محیط مقطع عرضی لیف}}{\text{طول لیف} \times \text{مساحت مقطع لیف}}$$

$$S = \frac{\pi D l}{\frac{\pi D^2}{4} \times l}$$

در رابطه فوق:

S سطح مخصوص بر حسب  $\text{cm}^2 / \text{cm}^2$  یا  $\text{cm}^{-1}$ ؛

D قطر لیف بر حسب cm؛

l طول لیف بر حسب cm.

چنانچه رابطه فوق را ساده کنیم، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{4}{D}$$

رابطه فوق نشان می‌دهد که سطح مخصوص (S) با قطر لیف رابطه عکس دارد. یعنی با کاهش قطر لیف (D)، سطح مخصوص (S) لیف افزایش می‌یابد. یعنی هرچه لیف ظریف‌تر شود، سطح مخصوص لیف بیشتر می‌شود. تعریف دیگر سطح مخصوص که بر اساس نسبت سطح جانبی لیف به جرم لیف است. کمتر در فیزیک نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

باید توجه داشت که سطح مخصوص یکی از شاخص‌های ذاتی مواد نبوده و بستگی به شکل و فرم ماده، مثلاً صفحه، مکعب مربع، مکعب مستطیل یا مفتول دارد. بنابراین چنانکه از روی جرم مخصوص می‌توان جنس الیاف را شناسایی کرد، از روی سطح مخصوص نمی‌توان جنس الیاف را شناسایی نمود.

### اندازه‌گیری جرم الیاف

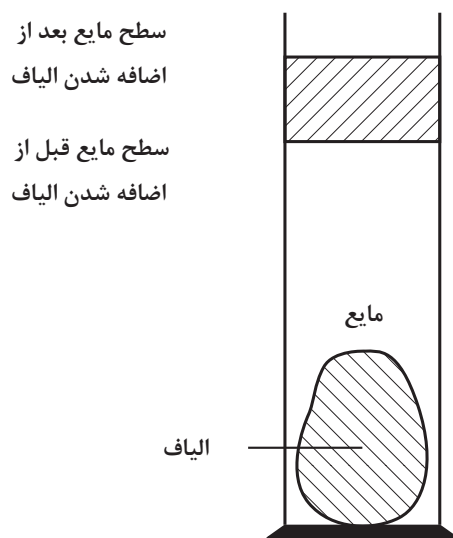
جرم یک نمونه الیاف به آسانی به وسیله یک ترازوی دقیق قابل اندازه‌گیری است. برای این کار کافی است از یک ترازوی دقیق با دقت  $0/001$  یا  $0/0001$  برای اندازه‌گیری جرم الیاف استفاده شود.

بنابراین، اندازه‌گیری حجم، یا اندازه‌گیری مستقیم چگالی الیاف از طریق فرورفتن یا غوطه‌وری لیف در یک مایع انجام می‌شود که در این صورت همه هوای اطراف الیاف از داخل مایع خارج شده و مایع به جای هوا در اطراف الیاف قرار می‌گیرد.

### اندازه‌گیری حجم الیاف

اگرچه اندازه‌گیری جرم الیاف نساجی به آسانی انجام می‌شود، ولی اندازه‌گیری حجم الیاف نساجی به دشواری امکان‌پذیر است. یک دسته از الیاف چه به صورت توده‌ای بی‌نظم و چه در داخل یک گروه منظم مثل نخ، حاوی مقدار زیادی هوا است. لذا، اندازه‌گیری حجم یک دسته از الیاف بدون در نظر گرفتن هوای داخل آن، حتی به صورت فشرده، سنجش واقعی از حجم الیاف را نشان نمی‌دهد. یکی از روش‌های اندازه‌گیری حجم الیاف، روش فرورفتن در مایع است.

شکل ساده‌ای از روش اندازه‌گیری حجم الیاف به روش فرورفتن در مایع در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵- تعیین حجم الیاف به روش فرورفتن در مایع

در این روش، یک مایع که جرم مخصوص آن کمتر از لیف مورد نظر است، در یک استوانه مدرج ریخته می‌شود. با قرار دادن الیاف مورد نظر در داخل مایع، الیاف در داخل مایع فرورفته و سطح مایع بالا می‌آید. با اندازه‌گیری افزایش ارتفاع سطح مایع از روی استوانه مدرج می‌توان پی به حجم الیاف مورد آزمایش برد.

**اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف:** در اینجا به دو روش اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف اشاره می‌شود.

۱- اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف به روش غوطه‌وری

هرگاه جسمی در داخل مایعی قرار داده شود، اگر جرم مخصوص جسم از مایع کمتر باشد، جسم شناور می‌شود؛ و اگر جرم مخصوص جسم بیشتر از مایع باشد، جسم در مایع فرو می‌رود؛ ولی اگر جرم مخصوص جسم برابر جرم مخصوص مایع باشد، جسم در مایع غوطه‌ور می‌شود.

بنابراین، چنانچه یک توده از الیاف در داخل مایعی قرار گیرد و در آن مایع غوطه‌ور شود، این بدان معناست که جرم مخصوص این الیاف برابر جرم مخصوص مایع می‌باشد. براین اساس برای اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف، از مخلوط دو مایع مخلوط شدنی، یکی با جرم مخصوص بیشتر از آب و دیگری با جرم مخصوص کمتر از آب استفاده می‌شود. در این روش، توده‌ای از الیاف معین در داخل مخلوط دو مایع با حجم‌های مساوی قرار داده می‌شود، در این صورت سه حالت زیر ممکن است اتفاق بیفتد:

۱- اگر توده الیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شد، جرم مخصوص لیف با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

۲- اگر توده الیاف بر روی مایع مخلوط شناور ماند، آن قدر از مایع با جرم مخصوص کمتر به مایع مخلوط

اضافه می‌شود تا توده الیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شود. در این صورت جرم مخصوص الیاف مورد نظر با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

۳- اگر توده الیاف در داخل مایع مخلوط فرو رود، آن قدر از مایع با جرم مخصوص بیشتر به مایع مخلوط اضافه می‌شود تا توده الیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شود. در این صورت جرم مخصوص الیاف مورد نظر با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

در هریک از حالات فوق، جرم مخصوص لیف از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\rho = \frac{\rho_1 \times v_1 + \rho_2 \times v_2}{v_1 + v_2}$$

در رابطه فوق:

$\rho$ : جرم مخصوص لیف بر حسب  $\text{g/cm}^3$ ؛

$\rho_1$ : جرم مخصوص مایع اول بر حسب  $\text{g/cm}^3$ ؛

$v_1$ : حجم مایع اول بر حسب  $\text{cm}^3$ ؛

$\rho_2$ : جرم مخصوص مایع دوم بر حسب  $\text{g/cm}^3$ ؛

و  $v_2$ : حجم مایع دوم بر حسب  $\text{cm}^3$  است.

### اندازه گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع با جرم مخصوص متغیر

فعالیت  
عملی ۳



در این روش از مخلوط دو مایع، یکی با جرم مخصوص خیلی کم مثل زایلن (xylon) با جرم مخصوص ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب و دیگری با جرم مخصوص نسبتاً بالا مثل پنتاکلرواتان (penta chlor ethane) با جرم مخصوص ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف، ابتدا دو مایع در داخل یک لوله شیشه‌ای بلند ریخته می‌شوند، مایع سنگین‌تر در پایین و مایع سبک‌تر در بالا قرار می‌گیرد و در طول ستون مایع مخلوط به واسطه اختلاط دو مایع یک ستونی از مخلوط دو مایع تشکیل می‌شود که جرم مخصوص ستون مایع از بالا به پایین افزایش می‌یابد. با قراردادن لیف مورد نظر در داخل این ستون مایع تهیه شده، لیف در ارتفاعی که جرم مخصوص لیف و ستون مایع برابر است غوطه‌ور می‌شود.

برای تعیین جرم مخصوص ستون مایع در ارتفاع‌های مختلف از گلوله‌های شیشه توخالی که دارای جرم مخصوص متفاوت هستند استفاده می‌شود. این گلوله‌های شیشه‌ای توخالی که دارای جرم مخصوص معین هستند در داخل ستون مایع قرار می‌گیرند و در ارتفاعی که جرم مخصوص گلوله شیشه با جرم مخصوص مایع یکسان است غوطه‌ور می‌شوند.

لازم به توضیح است که در تعیین حجم یا جرم مخصوص الیاف به روش‌های فوق باید از مایعاتی استفاده شود که حتی‌الامکان جذب الیاف نشوند. چون اگر از مایعاتی که جذب الیاف می‌شوند استفاده شود، اندازه‌گیری دارای خطا خواهد بود. مهم‌ترین مایعاتی که در دو روش غوطه‌وری و ستون مایع با جرم مخصوص متغیر استفاده می‌شوند عبارت‌اند از نیتروبنزن (Nitrobenzene)، روغن زیتون، تولوئن (toluene)، بنزن (benzene) و تتراکلریدکربن (carbon tetrachloride).

## نکات قابل توجه پیرامون جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

از آنجا که در تعیین جرم مخصوص الیاف، دو کمیت جرم و حجم شرکت دارند، لذا جرم مخصوص لیف در تعیین نمره و حجم لیف، نمره و حجم نخ، وزن و حجم پارچه حائز اهمیت است. همچنین، سطح مخصوص الیاف در بعضی از رفتارها و عملکردهای الیاف نساجی مؤثر است. بعضی از نکات قابل توجه در زمینه جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف عبارت‌اند از:

- ۱- در تولید یک نخ با نمره معین، اگر از لیف با جرم مخصوص کمتر استفاده شود، حجم نخ افزایش می‌یابد، و برعکس.
- ۲- در بافت یک پارچه معین، با یکسان فرض کردن کلیه شرایط نخ (نمره) و پارچه (طرح بافت و تراکم)، اگر از لیف با جرم مخصوص کمتر استفاده شود، پارچه فشرده‌تر و منافذ آن کمتر خواهد شد و برعکس.
- ۳- کلیه الیاف نساجی به استثنای الیاف پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در آب فرو می‌روند.
- ۴- سطح مخصوص الیاف ظریف‌تر بیشتر از سطح مخصوص الیاف ضخیم‌تر است.
- ۵- یکی از عوامل تعیین‌کننده فاصله تنظیمات در ماشین‌آلات ریسندگی، جرم مخصوص الیاف نساجی می‌باشد.
- ۶- با افزایش سطح مخصوص، سرعت جذب گاز و مایع الیاف افزایش می‌یابد.

جرم مخصوص و سطح مخصوص و حجم مخصوص را تعریف کنید.

پرسش



درباره ارتباط سطح مخصوص و جرم مخصوص و حجم مخصوص و خواص الیاف نساجی با هم بحث کنید و نتیجه را به هنرآموزتان گزارش دهید.

بحث کنید



۱- برای تعیین جرم مخصوص یک لیف با جرم حجمی  $1/34$  گرم بر سانتی‌متر مکعب از دو مایع زایلن با جرم حجمی  $0/9$  گرم بر سانتی‌متر مکعب و پنتاکلرواتان با جرم مخصوص  $1/7$  گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شده است.

پرسش



اگر حجم زایلن مصرفی ۵ سانتی‌متر مکعب باشد، حجم پنتاکلرواتان مصرفی را حساب کنید.

۲- برای تعیین جرم حجمی پلی‌پروپیلن، از دو مایع زایلن و پنتاکلرواتان استفاده می‌شود. حجم مصرفی کدام یک از دو مایع بیشتر است؟ توضیح دهید.

۱ < جرم مخصوص پلی‌پروپیلن

۱ < جرم مخصوص زایلن

۱ > جرم مخصوص پنتاکلرواتان



## تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف

در تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف، از یک دستگاه اندازه‌گیری که قابل حمل می‌باشد استفاده می‌گردد. مقاومت و استحکام الیاف هم در مرحله ریسندگی و تولید نخ و هم در هنگام استفاده به صورت نخ مثل نخ خیاطی، یا طناب و یا پارچه به صورت پوشاک و لباس و دیگر پارچه‌ها مثل پارچه‌های مورد مصرف در صنایع مختلف مثل چادر صحرایی، بادبان، چتر نجات و... بسیار حائز اهمیت است. از این‌رو، یکی از عوامل تعیین و انتخاب الیاف برای تولید محصولی معین، مقاومت الیاف در مقابل نیروهای کششی یا مقاومت کششی آنها می‌باشد.

### ۲- وسایل مورد نیاز

- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف به روش تک لیف

- پنس

### ۳- شرایط آزمایش

این آزمایش در محیط آزمایشگاه و با شرایط رطوبت نسبی  $2 \pm 65\%$  و دمای  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  انجام شود.

### ۴- روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به روش استاندارد از مجموعه الیاف مورد نظر انجام شود.

### ۵- شرح دستگاه

دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف به روش تک‌لیف از دو قسمت یعنی قسمت اندازه‌گیری و قسمت ثابت که عهده‌دار ترسیم منحنی می‌باشد تشکیل شده است.

این دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف، یک دستگاه قابل حمل بوده و به وسیله آن می‌توان تا  $300$  نمونه در ساعت را مورد آزمایش قرار داد. هم‌زمان با اعمال کشش بر روی نمونه لیف برای تعیین مقاومت، قلم دستگاه ثبات بر روی کاغذ حرکت خواهد کرد، و با به حرکت درآوردن کاغذ دستگاه ثبات می‌توان منحنی نیرو - ازدیاد طول لیف را به‌طور کامل و دقیق بر روی کاغذ رسم کرد.

روی دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف با یک رنگ سیاه و مات پوشیده شده است تا انعکاس نور از سطح دستگاه به حداقل برسد و کار کردن با دستگاه به آسانی انجام شود. بر روی این دستگاه گیره‌های مخصوص نگهداری دو سر لیف، کلید دوار تعیین دامنه، دکمه کنترل صفر و کلید انجام آزمایش قرار دارند. بر روی این دستگاه کلیدی برای انتخاب ولتاژ و همچنین یک کلید برای کنترل کالیبراسیون وجود دارد.

دستگاه ثبات که دستگاهی از نوع گالوانومتری است دارای پهنای  $4$  اینچ بوده و در یک جعبه فلزی که وجه آن از شیشه ساخته شده است قرار دارد. دستگاه ثبات مجزای از دستگاه اندازه‌گیری بوده و این دو دستگاه به‌وسیله یک کابل رشته‌ای به یکدیگر متصل هستند.

### ۶- روش آزمایش

در دستگاه اندازه‌گیری دو گیره که یکی ثابت است و دیگری متحرک، قرار دارد. گیره ثابت به قسمت اندازه‌گیری متصل است و گیره متحرک به‌وسیله یک موتور حرکت می‌کند. برای اندازه‌گیری مقاومت یک

لیف، لازم است یک سر طولی از لیف به درازای ۱ سانتی‌متر را بین دو فک گیره ثابت قرار داده، سپس سر دیگر لیف را در بین فک‌های گیره متحرک قرار داد. در این صورت با فشار دادن کلید انجام آزمایش، گیره متحرک شروع به حرکت می‌کند. با حرکت گیره متحرک و سپس مستقیم شده لیف، گیره ثابت که به قسمت اندازه‌گیری متصل است تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد و کشش وارده به گیره ثابت تبدیل به علامت الکتریکی شده و به قلم دستگاه ثبات منتقل شده و قلم دستگاه ثبات حرکت می‌کند. اگر کاغذ زیر قلم دستگاه ثبات نیز حرکت کند منحنی نیرو - ازدیاد طول بر روی کاغذ دستگاه ثبات رسم می‌شود. پس از هر آزمایش و قبل از شروع آزمایش جدید، لازم است با فشار دادن دکمه کنترل صفر، قسمت اندازه‌گیری متصل به گیره ثابت را به حالت اولیه و آزاد برگرداند. لازم به توضیح است که قبل از آزمایش باید توصیه‌های موجود در راهنمای دستگاه را مطالعه کرده و نکات اشاره شده در راهنمای مربوط را رعایت نمایید. همچنین قبل از شروع آزمایش، لازم است دستگاه را براساس دستورات داده شده در راهنمای دستگاه، کالیبره کرده تا از ایجاد خطای احتمالی در نتایج آزمایش پیشگیری شود.

تعداد ۱۰ نمونه از یک نوع لیف معین را مورد آزمایش قرار دهید و درصد افزایش طول نسبی  $(\frac{\Delta l}{l_1} \times 100)$  و نیروی پارگی را اندازه‌گیری و محاسبه نمایید. میانگین، انحراف معیار و CV٪ درصد افزایش طول نسبی و نیروی پارگی را حساب کنید.

- ۱- تغییر در شرایط محیط آزمایش (دما و رطوبت) چه تأثیری بر نتایج آزمایش می‌گذارد؟ توضیح دهید.
- ۲- سرعت گیره متحرک چه تأثیری بر نتیجه آزمایش دارد؟

پرسش



فعالیت  
عملی ۵



### تعیین خواص کششی الیاف نساجی (به‌وسیله دستگاه اینسترون)

رفتار الیاف نساجی در مقابل نیروهای کششی تعیین‌کننده خواص کششی آنها می‌باشد. از خواص کششی الیاف می‌توان به افزایش طول تا حد پارگی، نیروی پارگی، مدول اولیه و کار تا حد پارگی اشاره کرد. خواص کششی الیاف نساجی نه تنها در خط تولید نخ، پارچه و پوشاک مهم است، بلکه در عملکرد محصول نساجی مثل نخ دوخت، طناب، پوشاک و انواع منسوجات صنعتی مثل نخ تیر اتومبیل، طناب‌های کوهنوردی و دریانوردی، پارچه‌های ویژه صنایع اتومبیل، پارچه‌های ویژه چادرهای صحرایی و... بسیار با اهمیت است. آزمایش تعیین خواص کششی الیاف نساجی به‌وسیله دستگاهی به نام اینسترون (Instron) انجام می‌شود. نام اینسترون برگرفته از نام یک شرکت انگلیسی سازنده دستگاه‌های کشش مواد می‌باشد، و چون اولین دستگاه‌های آزمایش کششی مواد نساجی مورد استفاده در ایران از شرکت اینسترون خریداری شده‌اند، بنابراین در صنایع نساجی ایران این نوع دستگاه‌ها حتی دستگاه‌های ساخت شرکت‌ها و کشورهای دیگر اینسترون نامیده می‌شوند.

دستگاه اینسترون چنان‌که در شکل ۱۶ دیده می‌شود از دو قسمت تشکیل شده است، قسمت الف بخش کشش‌دهنده و قسمت ب بخش کنترل‌کننده می‌باشد. دستگاه اینسترون قابلیت عملیات آزمایش بر روی انواع الیاف، انواع نخ و انواع پارچه را دارا می‌باشد.

## وسایل آزمایش

- دستگاه اینسترون و متعلقات
- پنس ویژه نصب لیف بر روی فکها

شرایط آزمایش: این آزمایش باید در شرایط محیط آزمایشگاه با رطوبت نسبی  $2 \pm 65\%$  و دمای  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  انجام شود.

روش نمونه‌برداری: نمونه‌برداری به روش استاندارد از مجموعه الیاف مورد نظر انجام شود.

شرح دستگاه: چنان‌که اشاره شده و در شکل ۱۳ نشان داده شده است، دستگاه اینسترون از دو بخش کشش‌دهنده و کنترل‌کننده که به طور مجزا ساخته شده‌اند تشکیل شده و به وسیله کابل‌هایی با یکدیگر در ارتباط هستند. امروزه در ماشین‌های جدید کشش، بخش کنترل‌کننده که همان بخش دوم از دستگاه اینسترون می‌باشد، از یک دستگاه کامپیوتر با متعلقات که نرم‌افزار ویژه‌ای بر روی آن نصب شده است تشکیل شده است.

بخش کشش‌دهنده دستگاه اینسترون از یک چهارچوب فولادی تشکیل شده است که در بالای آن گیره ثابت و در بین دو ستون عمودی آن گیره متحرک قرار دارد. در بالای گیره ثابت، دستگاه حس‌کننده بار (load Cell) قرار دارد که دستگاه حس‌کننده و گیره بالایی به صورت یک پارچه بوده و در وسط تیر افقی بالایی چهارچوب دستگاه نصب می‌شوند.

گیره متحرک بر روی یک تیر افقی که در دو طرف بر روی محورهای مارپیچ دورانی قرار دارد نصب شده است. محورهای مارپیچ دورانی هر یک در داخل ستون‌های چهارچوب اینسترون بوده و با دوران خود گیره متحرک را به سمت بالا یا پایین حرکت می‌دهد.

برای کشش نمونه لیف، ابتدا سر بالایی آن در بین فک‌های گیره بالایی قرار گرفته و فک‌ها بسته می‌شوند، سپس گیره پایینی در ارتفاعی قرار می‌گیرد که فاصله لبه فک‌های گیره بالایی و پایینی برابر طول نمونه باشد. در این حالت سر پایینی نمونه در بین فک‌های گیره پایینی قرار گرفته و فک‌ها بسته می‌شوند. پس از بستن نمونه در بین فک‌های گیره‌های بالایی و پایینی، گیره پایینی به سمت پایین حرکت کرده و نیروی کششی به لیف وارد می‌شود.

در حین پایین آمدن گیره پایینی، نیرو یا بار وارد شده به لیف از طریق گیره بالایی به حس‌کننده بار منتقل شده و حس‌کننده بار نیروی وارد شده را در هر لحظه اندازه‌گیری کرده و از طریق کابل ویژه‌ای برای ذخیره و عملیات بعدی نظیر محاسبات، تجزیه و تحلیل و رسم نمودار به بخش دوم دستگاه اینسترون یعنی کامپیوتر ارسال می‌کند. لازم به توضیح است که دستگاه اینسترون بر اساس «نرخ ثابت افزایش طول» یعنی افزایش طول نمونه در زمان ثابت است. البته در دستگاه‌های جدید اینسترون شرایط بارگذاری بر اساس «نرخ ثابت بارگذاری» یعنی CRL (Constant Rate of Loading) نیز فراهم شده است که انتخاب CRE یا CRL از روی بخش کنترل یا همان نرم‌افزار نصب شده بر روی کامپیوتر انجام خواهد شد.

## ۶- روش آزمایش

انتخاب حس‌کننده بار: دستگاه اینسترون برای انواع مواد و محصولات نساجی قابل استفاده می‌باشد. از این رو برای مواد مختلف نساجی مثل الیاف، نخ و پارچه حس‌کننده بار، و فک‌های گیره‌های بالایی و پایینی متفاوت

از یکدیگر می‌باشد. بنابراین برای آزمایش کشش الیاف لازم است گیره، فک‌ها و حس‌کننده بار متناسب با الیاف نساجی انتخاب و بر روی دستگاه نصب گردد. انواع معمول سلول‌های بار و مورد استفاده آنها به شرح زیر می‌باشد:

- بار در محدوده ۵۰۰ گرم ویژه الیاف.
- بار در محدوده ۵۰ گرم ویژه نخ‌ها.
- بار در محدوده ۵۰۰ کیلوگرم ویژه پارچه‌ها.

**تنظیمات دستگاه:** در دستگاه‌های جدید، کلید تنظیمات دستگاه اینسترون و ورود اطلاعات مربوط به آزمایش و خود نمونه مورد آزمایش از طریق صفحه کلید کامپیوتر وارد نرم‌افزار دستگاه می‌شود و آزمایش براساس اطلاعات وارد شده انجام و اطلاعات مربوط به آزمایش از طریق حس‌کننده بار (نیروی وارده) و میزان جابجایی گیره پایینی (افزایش طول) به کامپیوتر ارسال شده و ذخیره می‌شود. این دستگاه‌ها قابلیت ترسیم نمودار نیرو - ازدیاد طول یا تنش - کرنش را هم‌زمان با انجام آزمایش بر روی صفحه نمایش کامپیوتر (مانیتور) دارا هستند. اطلاعات ذخیره شده حاصل از آزمایش هم به وسیله نرم‌افزار دستگاه اینسترون جهت تجزیه و تحلیل رفتار مواد تحت آزمایش و ترسیم نمودارها قابل استفاده است، و هم این اطلاعات را می‌توان توسط نرم‌افزارهای دیگر مورد بهره‌برداری قرار داد.

چنانچه از مدل‌های قدیمی دستگاه اینسترون برای آزمایش کشش استفاده می‌شود، لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- **تنظیم قلم ترسیم:** در مدل‌های قدیمی دستگاه‌های اینسترون از قلم و کاغذ برای ترسیم نمودار بار - ازدیاد طول مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع دستگاه‌ها، لازم است قبل از شروع آزمایش جدید، قلم ترسیم بر روی نقطه صفر که محل تقاطع خط عمودی سمت چپ (Yها) و خط افقی پایینی (Xها) می‌باشد قرار گیرد.

- **کالیبره کردن:** در اینجا کالیبره کردن دستگاه اینسترون در واقع به منظور تطابق دو بخش دستگاه، یعنی تطابق بخش‌های کشش‌دهنده و کنترل‌کننده انجام می‌شود. کالیبره کردن دستگاه با هدف اطمینان از صحت و دقت انجام آزمایش و دریافت صحیح اطلاعات از بخش کشش‌دهنده و همچنین تطابق اجزای مختلف دو بخش دستگاه با یکدیگر انجام می‌شود. برای کالیبره کردن دستگاه اینسترون لازم است از توصیه‌های راهنمای دستگاه که معمولاً با اویزان کردن وزنه معینی از گیره بالایی و تنظیم قلم ترسیم انجام می‌شود، بهره گرفت. شکل ۱۶ نمونه یک دستگاه اینسترون را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- دستگاه اینسترون



– انتخاب سرعت آزمایش: در دستگاه‌های اینسترون قدیمی برخلاف دستگاه‌های جدید، تغییر سرعت گیره پایینی به وسیله تغییر در چرخ‌دنده‌های انتقال حرکت انجام می‌شود. پس از تعیین سرعت مناسب برای حرکت گیره پایین، از روی راهنمای دستگاه یا محاسبات بر روی چرخ‌دنده‌های انتقال حرکت، چرخ‌دنده مناسب انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد.

– تنظیم فاصله بین فک‌های گیره‌های بالا و پایین: فاصله بین فک‌ها بستگی به طول نمونه مورد آزمایش دارد. براساس طول نمونه مورد آزمایش و با حرکت بالا / پایین گیره پایینی می‌توان فاصله بین فک‌ها را تنظیم کرد. برای دقت در تنظیم فاصله بین فک‌های بالا و پایین می‌توان از یک خط‌کش دقیق استفاده کرد. بستن نمونه و انجام آزمایش: چنان‌که توضیح داده شد، ابتدا نمونه را به صورت مستقیم و عمودی بر روی فک بالایی قرار داده و فک بالایی را محکم ببندید. سپس سر پایینی نمونه را در بین فک‌های پایینی قرار داده و محکم ببندید. مراقب باشید تا نمونه هنگام بستن در بین فک‌های پایینی دچار کشش نشود. پس از اینکه اطمینان حاصل کردید که کلیه تنظیمات (ورود اطلاعات در نرم‌افزار اینسترون‌های جدید و تعیین سرعت کشش و کالیبره کردن اینسترون‌های قدیمی) بر روی دستگاه اینسترون انجام شده است، شروع به آزمایش نمایید. پس از انجام هر آزمایش، دستگاه را برای آزمایش بعدی آماده نمایید.

### فرم ارزشیابی واحد یادگیری ۳- تعیین ویژگی‌های الیاف باز یافته

شرح فعالیت: شناسایی الیاف باز یافتی و تعیین خصوصیات الیاف باز یافتی			
<p>استاندارد عملکرد: تعیین نوع الیاف باز یافتی و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی الیاف به کمک ابزار و دستگاه‌های مشخص شده</p> <p>شاخص‌ها: تعیین خصوصیات الیاف ویسکوزیون - دی استات - تری استات - الیاف کازنین - الیاف ویسکوز تقویت شده مانند کوپر آمونیوم</p>			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</p> <p>فضای کار: آزمایشگاه شناسایی الیاف نساجی</p> <p>تجهیزات: بشر، لوله آزمایش، همزن، پهاش متر، ابزار آزمایشگاه شیمی، ترازو با دقت یکصدم گرم، مقاومت سنج الیاف، اینسترون</p> <p>مواد مصرفی: انواع الیاف نساجی، مواد شیمیایی مرتبط</p>			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انجام عملیات صابونی کردن الیاف دی استات و تری استات سلولز	۱	
۲	تعیین جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف	۱	
۳	اندازه گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع	۲	
۴	تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف	۱	
۵	تعیین خواص کششی الیاف با دستگاه اینسترون	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۲	
	۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن دستگاه و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم		
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

## پودمان ۴

تعیین ویژگی های الیاف مصنوعی (نایلون)



## شایستگی‌های فنی

تعریف نایلون، روش تهیه و خواص نایلون ۶۶، روش تهیه و خواص نایلون ۶، بررسی خواص انواع نایلون و مقایسه آنها، رطوبت و جذب رطوبت در الیاف، پدیده حرارت جذب در الیاف و اهمیت آن در نساجی، تعیین اثر آب بر خواص الیاف، تعیین نوع الیاف به روش حلال شیمیایی (آلی)، تعیین نوع الیاف به روش اسید و قلیا، تعیین نقطه ذوب الیاف، تعیین ظرافت الیاف مصنوعی به کمک میکروسکوپ

## استاندارد کار

پس از پایان پودمان از هنرجو انتظار می‌رود انواع نایلون را از نظر ساختاری مقایسه کند و آزمایش‌های مربوط به تعیین خواص الیاف را با توجه ایمنی و نکات محیط زیست انجام دهد.

## الیاف مصنوعی

الیاف مصنوعی الیافی هستند که نه تنها به صورت طبیعی به شکل لیف نیستند، بلکه پلیمر آنها نیز در طبیعت موجود نمی‌باشد. یعنی ابتدا پلیمر الیاف مصنوعی باید به صورت صنعتی تولید و سپس پلیمر تولید شده به لیف تبدیل شود. از نظر ساختمان مولکولی، انواع مختلفی از الیاف مصنوعی مانند پلی پروپیلن، انواع پلی آمیدها، پلی استرها، اکریلیک، پلی تترافلوئورواتیلن یا تفلون و ... وجود دارند که برای مصارف نساجی و تولید نخ و پارچه تولید و عرضه می‌شوند. پرمصرف‌ترین الیاف مصنوعی در صنایع نساجی و پوشاک عبارت‌اند از الیاف پلی آمید (نایلون‌ها)، پلی استر و اکریلیک که در اینجا به این الیاف پرداخته می‌شود.

### الیاف پلی آمید

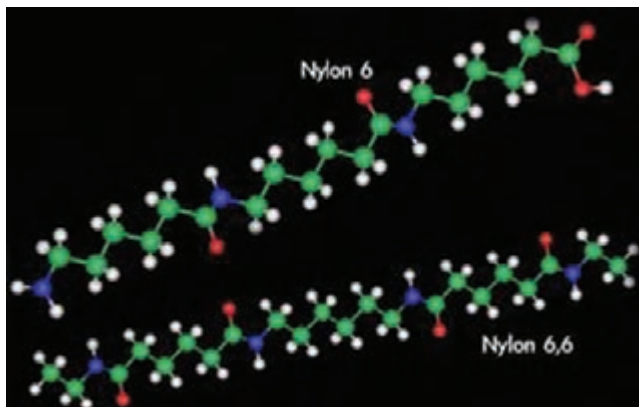
الیاف پلی آمید اولین بار در سال ۱۹۳۸ توسط شرکت آمریکایی دوپونت ساخته شده و به بازار عرضه شدند. دو نوع معروف و پرمصرف از الیاف پلی آمید، نایلون ۶۶ و نایلون ۶ می‌باشند که در کشور ایران نیز تولید می‌شوند و علاوه بر مصارف نساجی، مصارف صنعتی نیز دارند. وزن مولکولی پلیمر پلی آمید باید کنترل شود و معمولاً باید بالاتر ۶۰۰۰ باشد. اگر وزن مولکولی ۱۰۰۰-۶۰۰۰ باشد، لیف تولید شده ضعیف است بنابراین وزن مولکولی را ۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰ در نظر می‌گیرند و اگر وزن مولکولی بیشتر از ۲۰۰۰۰ باشد سبب بالا رفتن نقطه ذوب الیاف می‌شود که در این صورت برای ذوب کردن پلیمر به انرژی بیشتری نیاز است.

### الیاف نایلون ۶۶

ماده اولیه نایلون ۶۶ یک اسید آلی به نام اسید ادیپیک و یک دی آمین به نام هگزامتیلن دی آمین می‌باشد که به صورت زیر با یکدیگر واکنش نشان داده و از واکنش آنها نایلون ۶۶ و آب تولید می‌شود:



دلیل نامیدن این نایلون به نایلون ۶۶ آن است که هر مولکول هگزامتیلن دی‌آمین و هگزامتیلن دی‌آمین جداگانه دارای ۶ اتم کربن هستند و از ترکیب یک مولکول اسیدادیپیک با یک مولکول هگزامتیلن دی‌آمین یک واحد آمید با ۱۲ (۶+۶) کربن حاصل می‌شود. از این رو انواع پلی‌آمیدها بر اساس تعداد کربن‌های موجود در واحد آمید مربوطه نام‌گذاری می‌شوند، مانند نایلون ۱۱، نایلون ۶ و .... شکل ۱ فرمول الیاف نایلون ۶ و ۶۶ را نشان می‌دهد.



شکل ۱- فرمول الیاف نایلون ۶ و ۶۶

### روش تهیه نایلون ۶۶

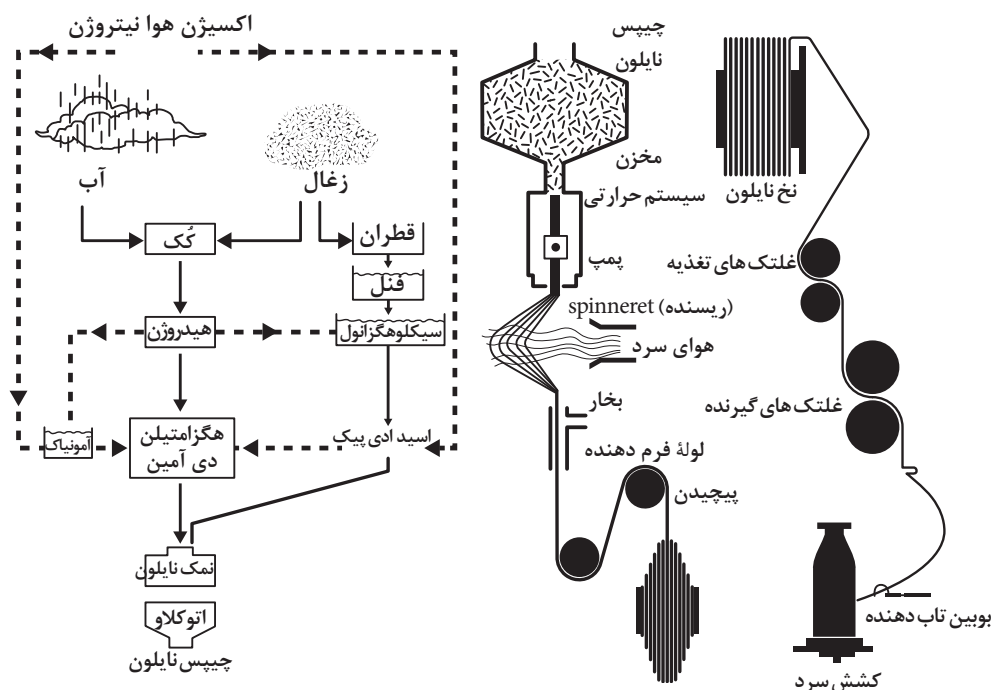
چنان‌که اشاره شده است، اسید ادیپیک و هگزامتیلن دی‌آمین مواد اولیه نایلون ۶۶ می‌باشند. از روش‌های تهیه اسید ادیپیک و هگزامتیلن دی‌آمین استفاده از ماده شیمیایی فنل، بنزن و ضایعات غلات می‌باشد. پس از تهیه اسید ادیپیک و هگزامتیلن دی‌آمین این دو ماده را به‌طور جداگانه در متانول که یک الکل است حل می‌کنند و پس از مخلوط دو محلول، نمک نایلون ۶۶ تشکیل و رسوب می‌کند. سپس نایلون به‌دست آمده را از محیط فرایند خارج و در داخل مخزنی می‌ریزند تا هوای داخل آن را به‌وسیله نیتروژن خارج کنند. آب حاصل از پلیمریزاسیون را از محیط خارج و عملیات پلیمریزاسیون را در دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت ادامه می‌دهند. پلیمر تولید شده از داخل شکاف‌هایی خارج می‌کنند تا به‌صورت نوارهایی در آید، سپس بر روی نوارهای خارج شده آب سرد می‌ریزند تا پلیمر خروجی به‌صورت منجمد در آید. در ادامه نوارهای منجمد شده را خرد می‌کنند تا به‌صورت چیپس در آید و چیپس‌ها به‌وسیله حرارت خشک می‌کنند تا آب و رطوبت از آنها خارج شود.

### عملیات ریسندگی الیاف نایلون ۶۶

نایلون ۶۶ به روش ذوب ریسی ریسیده می‌شود. برای این منظور، پس از خشک کردن چیپس این پلیمر، چیپس آماده شده را در داخل مخزن تغذیه دستگاه ذوب ریسی می‌ریزند. دستگاه ذوب ریسی چیپس نایلون ۶۶ را به روش گرمای الکتریکی ذوب می‌کند و پلیمر مذاب را با فشار به سمت جلو می‌راند. پلیمر ذوب شده در دمای ۲۸۸ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله پمپ‌های دقیقی از میان چند لایه فیلتر عبور کرده و به سمت دستگاه رشته‌ساز هدایت می‌شود. پلیمر مذاب پس از عبور از منافذ رشته‌ساز وارد اطاقک سرد شده و در

اثر سرمای اتافک سرد رشته‌های خروجی منجمد شده و سپس رشته‌ها بخار داده می‌شوند و در ادامه بر روی بوبین‌هایی پیچیده می‌شوند.

شکل ۲ نمای ترسیمی از عملیات پلیمریزاسیون، ریسندگی، کشش و تاب الیاف نایلون را نشان می‌دهد. رشته‌های پیچیده شده بر روی بوبین در واقع فیلامنت‌های خامی هستند که استحکام زیادی ندارند و لازم است این فیلامنت‌ها تحت کشش قرار گیرند و احیاناً به آنها تاب داده می‌شود.



شکل ۲- نمای ترسیمی از عملیات پلیمریزاسیون، ریسندگی، کشش و تاب الیاف نایلون

## عملیات کشش و تاب الیاف نایلون ۶۶

الیاف نایلونی که به وسیله رشته ساز تولید می‌شود، به دلیل عدم آرایش یافتگی مولکولی مقاومت کافی را ندارد، بنابراین برای دستیابی به یک مقاومت مناسب این الیاف باید کشش و کمی تاب داده شوند. از این رو، این الیاف توسط دستگاه کشش ابتدا کمی گرم شده و سپس تحت کشش قرار می‌گیرند که این عمل سبب کشیده شدن و لاغر شدن الیاف شده و مولکول‌های لیف نیز در جهت طول الیاف قرار گرفته و با هم موازی می‌شوند. کشش اعمال شده به این الیاف ضمن ایجاد آرایش مولکولی در این الیاف، سبب ظریف تر شدن این الیاف خواهد شد و پس از اینکه این الیاف ناحیه کشش را ترک کردند، به مقدار جزئی تابیده شده و بر روی بوبین‌های مخصوصی پیچیده می‌شوند.

### خصوصیات الیاف نایلون

۱- طول و مقطع عرضی؛ منظر طولی الیاف نایلون در زیر میکروسکوپ به صورت میله‌ای صاف می‌باشد و مقطع عرضی آن بستگی به شکل سطح مقطع رشته‌ساز می‌تواند دایره‌ای، مثلثی یا به هر شکل دیگری باشد.

**۲- چگالی یا جرم حجمی؛** الیاف نایلون دارای وزن نسبتاً سبکی هستند. جرم حجمی الیاف نایلون  $1/14$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است که از این نظر سبک‌تر از بسیاری از الیاف نساجی نظیر پنبه، ویسکوز، و پشم می‌باشد.

**۳- اثر نور خورشید؛** نور خورشید بر مقاومت الیاف نایلون تأثیر می‌گذارد، هرگاه نایلون به مدت طولانی در مقابل نور خورشید قرار گیرد مقاومت آن کم می‌شود.

**۴- جذب رطوبت؛** نایلون در مقایسه با الیاف طبیعی دارای جذب رطوبت کمی است. جذب رطوبت الیاف نایلون در شرایط استاندارد حدود  $4/5$  درصد است.

**۵- تورم؛** الیاف نایلون در اثر جذب رطوبت متورم می‌شوند و بر خلاف سایر الیاف، تورم طولی الیاف نایلون بیشتر از تورم قطری آن است.

**۶- خواص الکتریکی؛** به دلیل پایین بودن جذب رطوبت الیاف نایلون، مالش یا سایش سبب ایجاد الکتریسیته ساکن در این الیاف می‌شود. شارژ الکتریسیته ساکن در این الیاف، در هنگام ریسندگی و بافندگی ایجاد اشکال کرده و سبب جذب گرد و غبار و پرز محیط خواهد شد. از این رو در صنعت برای کاهش شارژ الکتریسیته ساکن در این الیاف، به آنها آب و روغن می‌زنند.

**۷- مقاومت و افزایش طول؛** الیاف نایلون با مقاومت و افزایش طول متفاوتی می‌توانند تولید شوند. مقاومت الیاف نایلون معمولی  $5/5 - 4/5$  گرم بردنیر است، ولی الیاف نایلون با استحکام بالا می‌توانند تا  $7/5$  گرم بردنیرمقاومت داشته باشند. افزایش طول تا حد پارگی الیاف نایلون معمولی حدود  $25$  درصد است که در صورت مرطوب بودن این الیاف، افزایش طول آنها تا  $30$  درصد افزایش می‌یابد. الیاف نایلون در صورت مرطوب بودن حدود  $20 - 10$  درصد از مقاومت خود را از دست می‌دهند.

**۸- خاصیت کشسانی و ارتجاعی الیاف نایلون؛** خاصیت ارتجاعی نایلون نسبت به الیاف دیگر نظیر پنبه و پلی استر بسیار خوب است و تا افزایش طول  $8$  درصد، کاملاً بازگشت پذیر است.

**۹- اثر حرارت بر نایلون؛** مقاومت الیاف نایلون در مقابل حرارت بسیار خوب است. این الیاف در حرارت  $150$  درجه سانتی‌گراد تا چند ساعت دوام دارد و سپس شروع به تغییر رنگ و زرد شدن می‌کند. اگر حرارت دادن نایلون در مجاورت هوا یا آب باشد، استحکام آن کم می‌شود، ولی اگر حرارت دادن در خلأ انجام شود، این الیاف تا دمای  $200$  درجه سانتی‌گراد دوام خواهند داشت.

**۱۰- اثر مواد شیمیایی؛** به‌طور کلی اسیدها به نایلون آسیب می‌زنند و مواد قلیایی تأثیری بر این الیاف ندارند. اسید سولفوریک، اسید کلریدریک و اسید نیتریک غلیظ، الیاف نایلون را در خود حل می‌کنند. مواد سفیدکننده سبب تجزیه و تخریب الیاف نایلون می‌شوند.

### تثبیت کالاهای نایلونی

از آنجا که الیاف نایلون از نوع ترموپلاستیک یا گرما نرم هستند، لذا پارچه‌های تولید شده از این الیاف را می‌توان در درجه حرارت بالا و زیر درجه ذوب شدن این الیاف تثبیت کرد. بنابراین برای تثبیت ابعادی پارچه‌های نایلونی می‌توان از حرارت به‌صورت بخار داغ یا حرارت خشک استفاده کرد.

## مصارف الیاف نایلون ۶۶

الیاف نایلون ۶۶ به دلیل داشتن مقاومت بالا و سایر خواص، مصارف زیادی در تولید پارچه‌های لباسی، خانگی و منسوجات صنعتی دارند. این الیاف به دلیل داشتن خاصیت ارتجاعی خوب برای تولید لباس‌های ورزشی، لباس‌های نظامی، لباس‌های رو، انواع کشباف‌ها، جوراب‌های معمولی، لباس‌های طبی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نایلون ۶۶ به صورت الیاف کوتاه نیز تولید می‌شود که در مخلوط با پشم و پنبه مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از الیاف کوتاه نایلون به جای الیاف پلی استر در مخلوط با الیاف طبیعی پشم و پنبه مزیت‌هایی دارد. این مزیت‌ها عبارت‌اند از مقاومت بالا، جذب رطوبت نسبتاً بالا (نسبت به پلی استر) الاستیسیته خوب و شارژ الکتریسیته ساکن پایین (نسبت به پلی استر).

از دیگر مصارف الیاف نایلون ۶۶ استفاده آنها در تهیه منسوجات صنعتی نظیر انواع طناب‌ها، چترها، پارچه، تایلر اتومبیل و سایر مصارف صنعتی و غیر پوشاکی است. از نخ‌های نایلون ۶۶ برای تولید تور ماهیگیری و تسمه نقاله نیز استفاده می‌شود.

## الیاف نایلون ۶

این نایلون از پلیمریزاسیون کاپرولاکتام که یک مولکول بسته به صورت (شکل مولکول ترسیم شود) است، تهیه می‌شود. اولین بار این نایلون در سال ۱۹۳۲ در آمریکا ساخته شد و در جریان جنگ جهانی دوم، تولید آن در آلمان به صورت تجاری آغاز گردید و به پرلون معروف شد. نایلون ۶ بعدها در کشورهای مختلفی تولید و به نام‌های تجاری ویژه‌ای نامیده شد. برای مثال نایلون ۶ در آمریکا به نام کاپرولان، در شوروی سابق (روسیه) به نام کاپرون و در ژاپن به نام آمیلان تولید و عرضه شد. در صنعت از نظر خواص و استحکام، نایلون ۶۶ بر نایلون ۶ ترجیح داده می‌شود. چون نقطه ذوب نایلون ۶۶ (۲۶۰ درجه سانتی‌گراد) بیشتر از نقطه ذوب نایلون ۶ (۲۲۰-۲۱۵ درجه سانتی‌گراد) است. اما مزیت نایلون ۶ نسبت به نایلون ۶۶ این است که روش تولید نایلون ۶ آسان‌تر بوده و با حرارت دادن منومر آن، یعنی کاپرولاکتام تولید می‌شود.

تهیه کاپرولاکتام پیچیده نبوده و آسان‌تر از تهیه منومرهای نایلون ۶۶ است از دیگر مزیت‌های نایلون ۶ نسبت به نایلون ۶۶ مقاومت بالای آن در مقابل نور خورشید، خاصیت کشش‌پذیری و همچنین عملیات آسان رنگ‌رزی آن می‌باشد.

## طرز تهیه الیاف نایلون ۶

کاپرولاکتام که دارای مولکول حلقوی و بسته است منومر نایلون ۶ بوده و به روش‌های گوناگونی می‌تواند تولید شود. کاپرولاکتام را می‌توان به وسیله فرایندهای شیمیایی از موادی مثل بنزن، آنیلین و تولوئن تهیه کرد. برای پلیمریزاسیون نایلون ۶ از کاپرولاکتام دو روش وجود دارد که عبارت‌اند از:

۱- کاپرولاکتام را ذوب کرده و از فیلترهای ویژه‌ای عبور می‌دهند و مذاب حاصل را در اتوکلاو تحت فشار قرار می‌دهند به طوری که از حدود ۲۰۰ مولکول کاپرولاکتام یک مولکول نایلون به دست می‌آید.

۲- کاپرولاکتام را با ۱۰٪ وزن آن آب مخلوط کرده و عملیات پلیمریزاسیون در حضور آب و در حرارت بالا و تحت کنترل انجام می‌شود. زمان پلیمریزاسیون در این روش بیشتر از روش اول است، ولی کنترل حرارت و سایر عوامل آسان‌تر می‌باشد.



پس از عملیات پلیمریزاسیون نایلون ۶ به دو روش فوق، پلیمر نایلون تولید شده را به صورت چیپس در می‌آورند و برای ریسندگی و تولید لیف آماده می‌کنند. برای عملیات ریسندگی و تولید الیاف نایلون ۶، ابتدا چیپس پلیمر نایلون ۶ را با آب شستشو داده و خشک می‌کنند. سپس چیپس‌ها را به داخل مخزن تغذیه دستگاه رشته‌ساز می‌ریزند و چیپس‌ها در اثر حرارت المنت‌های الکتریکی ذوب شوند. مذاب تهیه شده را فیلتر کرده و از دستگاه رشته‌ساز عبور می‌دهند و سپس رشته‌های تولیدی را به داخل اطاقک هوای سرد هدایت می‌کنند تا رشته‌ها منجمد شوند، در ادامه رشته‌های تولیدی که به صورت فیلامنت هستند بر روی غلتکی که آغشته به آب و ماده‌ای مرطوب‌کننده و روان‌کننده است، عبور کرده و سپس فیلامنت‌ها از روی غلتک‌هایی که سرعت متفاوت (سرعت غلتک‌های جلویی بیشتر از غلتک‌های عقبی) است عبور می‌کنند تا کششی تا ۵۰٪ به فیلامنت‌ها داده شود. فیلامنت‌های نایلون در اثر این کشش، کشیده شده و به قطر لازم رسیده و مولکول‌های آن نیز در اثر کشش آرایش یافته و در نتیجه مقاومت الیاف نیز زیاد خواهد شد. در پایان فیلامنت‌های کشش یافته بار دیگر شستشو داده و بر روی بوبین پیچیده می‌شوند.

### خواص نایلون ۶

جرم حجمی یا جرم مخصوص الیاف نایلون ۶ برابر ۱/۱۴ سانتی‌متر مکعب و جذب رطوبت آن حدود ۴/۵٪ است. از آنجا که دو نایلون ۶ و ۶۶ شباهت‌هایی باهم دارند، لذا از نظر خواص، این دو لیف با یکدیگر مقایسه می‌شوند. تفاوت اصلی نایلون ۶ با نایلون ۶۶ در نقطه ذوب این دو نایلون می‌باشد چنان که قبلاً اشاره شده است نقطه ذوب نایلون ۶ در حدود ۲۱۵-۲۲۰ درجه سانتی‌گراد ولی نقطه ذوب الیاف نایلون ۶۶ حدود ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد است. از این رو، تولید نایلون ۶ آسان‌تر ولی مصرف آن همراه با محدودیت‌هایی است، زیرا نایلون ۶ ارزان‌تر از نایلون ۶۶ است مقاومت نایلون ۶ حدود ۸ گرم بر دنیر و افزایش طول تا حد پارگی آن ۱۸-۲۰ درصد است. میزان تورم الیاف نایلون ۶ در آب حدود ۱۴-۱۳ درصد می‌باشد، در حالی که تورم پنبه در آب ۵۰-۴۰ درصد است.

### مصارف الیاف نایلون ۶

الیاف نایلون ۶ عمدتاً در پارچه‌های پوشاکی استفاده می‌شود نایلون ۶ هم به صورت فیلامنت تولید می‌شود و هم به صورت الیاف بریده بریده (کوتاه و بلند). فیلامنت‌های نایلون ۶ مصارفی مثل جوراب زنانه و سایر پوشاک دارند و از این نخ‌ها برای تولید انواع توری پرده‌ای و رومی‌زی نیز استفاده می‌شود. الیاف بریده بریده (کوتاه و بلند) نایلون ۶ در مخلوط با الیاف پنبه و پشم، و برای بافت پارچه‌های پیراهنی، لباس رو (کت و شلوار)، لباس زیر و ... استفاده می‌شوند. در بعضی مواقع و برای نخ‌های مخلوط الیاف طبیعی با الیاف مصنوعی، الیاف نایلون ۶ بر الیاف پلی استر ترجیح داده می‌شوند و این به دلیل جذب رطوبت بالاتر، شارژ الکتریسیته ساکن پایین‌تر و بازگشت پذیری بیشتر الیاف نایلون می‌باشد.

### رطوبت و جذب رطوبت الیاف

حیات همه موجودات عالم بر آب بنا نهاده شده است و آب در زندگی بشر نقش منحصر به فردی دارد. از این رو مطالعه آب و اثرات آن اهمیت دارد. وجود آب در مواد و محیط رطوبت نامیده می‌شود. وجود رطوبت در مواد سبب تغییرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی در آنها شده و در نهایت موجب تغییر در رفتارهای شیمیایی،

فیزیکی و مکانیکی مواد می‌شود. لذا، مطالعه تأثیر رطوبت بر محیط و مواد حائز اهمیت است. شناخت اثر آب و رطوبت به قدمت حیات بشر می‌باشد. ولی شواهد مکتوب موجود، شروع مطالعه جذب رطوبت الیاف نساجی را قرن ۱۵ میلادی نشان می‌دهد. در قرن ۱۵ میلادی جذب رطوبت الیاف پنبه توسط لئوناردو داوینچی (Leonardo da Vinci) و جذب رطوبت الیاف پشم توسط نیکولاس (Nicholas) مورد مطالعه و اندازه‌گیری قرار گرفته شده است. جذب رطوبت الیاف مصنوعی نیز بعد از ظهور و کاربرد آنها در صنعت نساجی و پوشاک مورد مطالعه واقع شده است. در قرن بیستم و بین سال‌های ۱۹۲۴ تا ۱۹۳۲ جذب رطوبت الیاف پنبه، ویسکوزیون و استات توسط آرکوهارت (Urquhart) و همکارانش مورد بررسی قرار گرفته است. جذب رطوبت یکی از ویژگی‌های ارزشمند پوشاک می‌باشد. خاصیت جذب رطوبت الیاف نه تنها منجر به جذب عرق از روی پوست و خشک نگه‌داشتن بدن می‌شود، بلکه جذب رطوبت پوشاک باعث می‌شود تا پوشاک به‌عنوان نگه‌دارنده گرما، و عاملی برای حفاظت بدن از تغییرات ناگهانی شرایط محیط مثل حرارت و رطوبت، شناخته شود. اما، در کنار مزیت‌های فراوان جذب رطوبت الیاف، یکی از معایب جذب رطوبت الیاف، خشک کردن این الیاف و پارچه‌ها و پوشاک تهیه شده از این الیاف می‌باشد. چون الیافی مثل پنبه، پشم و ویسکوزیون که جذب رطوبت بالایی دارند، بعد از خیس شدن به راحتی خشک نمی‌شوند، ولی الیاف مثل پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و پلی‌اتیلن که دارای جذب رطوبت پایینی هستند، بعد از خیس شدن، نسبت به الیاف طبیعی آسان‌تر و زودتر خشک می‌شوند.

## رطوبت محیط

قبل از اینکه به جذب رطوبت الیاف و تعاریف آن پرداخته شود، لازم است نسبت به رطوبت محیط و تعاریف آن اطلاعاتی داشته باشیم. هوای محیط و هوای فضاهای مختلف همواره همراه با مقداری بخار آب است که بخار آب موجود در هوا را رطوبت هوا می‌نامند. مقدار رطوبت هوا در مکان‌های مختلف متفاوت است. مثلاً رطوبت هوا در کنار دریا معمولاً بیشتر از رطوبت هوا در کوهستان و کوهپایه است. همچنین رطوبت هوای جنگل معمولاً بیشتر از رطوبت هوا در بیابان می‌باشد. به همین صورت رطوبت هوای فضاهای صنعتی مثل سالن‌های تولید، تجاری مثل فروشگاه‌ها و نمایشگاه‌ها، اقامتی مثل منازل و هتل‌ها، فرهنگی و آموزشی مثل سالن‌های نمایش و کلاس‌های آموزشی از نظر فنی و راحتی حایز اهمیت است.

جذب رطوبت باعث تغییر در خواص الیاف می‌شود. جذب رطوبت الیاف سبب تورم الیاف شده، که تورم الیاف نیز موجب تغییر ابعاد الیاف خواهد شد و در نتیجه تورم موجب می‌شود تا اندازه‌ای شکل، سختی و سفتی و نفوذپذیری نخ و پارچه تغییر کند. خواص مکانیکی و خواص اصطکاکی الیاف با جذب رطوبت تغییر می‌کند، در نتیجه جذب رطوبت سبب تغییر رفتار الیاف در انجام عملیات و حین استفاده به‌عنوان پوشاک می‌شود. جذب رطوبت الیاف یکی از عوامل مهم در تعیین خواص الکتریکی آنها می‌باشد. به طوری که، جذب رطوبت باعث کاهش تمایل الیاف به ایجاد الکتریسیته ساکن می‌شود.

برای درک مفهوم رطوبت هوا و استفاده از مقادیر مربوط به رطوبت هوا در مسایل فنی و تجاری سه تعریف رطوبت مطلق، رطوبت اشباع و رطوبت نسبی در نظر گرفته می‌شود. این تعاریف به صورت زیر هستند:

۱- **رطوبت مطلق:** رطوبت مطلق که با  $h$  نشان داده می‌شود، عبارت است از جرم آب موجود در واحد حجم هوا. رطوبت مطلق در واقع نشان‌دهنده جرم بخار آب موجود در واحد حجم هوا می‌باشد. واحد رطوبت مطلق در دستگاه بین‌المللی SI گرم بر مترمکعب ( $g/m^3$ ) می‌باشد. از دیگر واحدهای رطوبت مطلق گرین بر فوت

مکعب ( $gr/ft^3$ ) است. رطوبت مطلق از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{رطوبت مطلق (h)} = \frac{\text{جرم بخار آب موجود در فضای معلوم (گرم)}}{\text{حجم فضای معلوم (متر مکعب)}}$$

**۲- رطوبت اشباع:** رطوبت اشباع که با  $h_s$  نشان داده می‌شود، عبارت است از حداکثر رطوبتی که واحد حجم هوا با دما و فشار معین می‌تواند در خود نگه‌دارد. واحد رطوبت اشباع همان واحد رطوبت مطلق یعنی گرم بر متر مکعب ( $g/m^3$ ) یا گرین بر فوت مکعب ( $gr/ft^3$ ) بوده و نشان‌دهنده جرم حداکثر بخار آب است که واحد حجم هوا با دما و فشار معین می‌تواند در خود نگه‌دارد. لازم به توضیح است که اگر هوای یک محیط به اشباع برسد، یعنی رطوبت آن در حالت اشباع باشد، و بخار آب به داخل آن محیط وارد شود، بخار آب اضافی به صورت قطرات آب درمی‌آید، چون هوای محیط مربوطه دیگر ظرفیت نگهداری بخار آب بیشتر را ندارد. با تغییر دما و فشار یک محیط، ظرفیت آن محیط برای نگهداری بخار آب یا رطوبت نیز تغییر می‌کند. لذا، با تغییر دما و فشار یک محیط، رطوبت اشباع محیط نیز تغییر می‌کند. یعنی رطوبت اشباع یک محیط بستگی به دما و فشار آن محیط دارد. بر این اساس، اگر دمای یک محیط زیاد شود، رطوبت اشباع آن محیط نیز زیاد می‌شود. اما اگر فشار یک محیط زیاد شود، رطوبت اشباع آن کم می‌شود. اگر در فضایی با دما و فشار معین مقداری رطوبت وجود داشته باشد ولی رطوبت در حد اشباع نباشد، چنانچه دمای این فضا را به تدریج کاهش دهیم، در نهایت به دمایی خواهیم رسید که در آن دما رطوبت فضای مورد نظر به حد اشباع خواهد رسید. با رسیدن رطوبت فضا به حد اشباع، چنانچه دمای این فضا را همچنان کم کنیم، رطوبت موجود در این فضا به شکل قطرات آب در آمده و بر روی دیواره‌های فضای مورد نظر یا روی اجسام موجود در آن فضا خواهند نشست که به این قطرات آب «شبنم» و به دمایی که در آن دما شبنم ایجاد می‌شود «نقطه شبنم» می‌گویند.

**۳- رطوبت نسبی:** رطوبت نسبی که با  $r.h.$  نشان داده می‌شود، عبارت است از نسبت رطوبت مطلق هوا در یک شرایط معین دما و فشار به رطوبت اشباع هوا در همان شرایط دما و فشار، و معمولاً به درصد بیان می‌شود. درصد رطوبت نسبی از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\% r.h = \frac{h}{h_s} \times 100$$

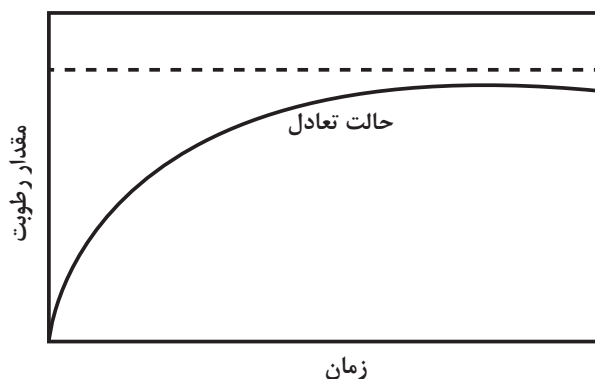
رطوبت نسبی در واقع نشان می‌دهد که رطوبت مطلق که در هوا وجود دارد، چند درصد از رطوبت اشباع آن هوا (با شرایط دما و فشار معین) است.

از آنجا که رطوبت هوا در خواص و رفتار الیاف تأثیر دارد و با تغییر در رطوبت هوا، رفتار الیاف نیز تغییر می‌کند، بنابراین آزمایش بر روی الیاف نساجی باید در یک شرایط کنترل شده انجام شود. برای این منظور یک شرایط محیطی استاندارد برای آزمایش‌های الیاف نساجی تعریف شده است که این شرایط با رطوبت

نسبی ۶۵٪ و دمای ۲۰°C می‌باشد که به شرایط استاندارد معروف است. چون کنترل رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای ۲۰°C برای شرایط استاندارد دشوار است، لذا یک محدوده قابل چشم‌پوشی مجاز که تolerانس (tolerance) نامیده می‌شود، برای رطوبت نسبی و دما در شرایط استاندارد در نظر می‌گیرند. بنابراین شرایط استاندارد به صورت  $۶۵ \pm ۲\%$  رطوبت نسبی و  $۲۰ \pm ۲^\circ\text{C}$  نشان می‌دهند.

### تعادل در جذب و دفع رطوبت

چنان که در شکل ۳ دیده می‌شود، هرگاه یک ماده نساجی مثل لیف، نخ یا پارچه در یک هوای معین (با دما و رطوبت معلوم) قرار داده شود، این ماده با سرعتی که به تدریج کم می‌شود، از هوا رطوبت جذب می‌کند یا رطوبت از دست می‌دهد تا با محیط به تعادل برسد، و حالت تعادل زمانی است که دیگر در رطوبت ماده نساجی مورد نظر تغییری ایجاد نشود.



شکل ۳- رسیدن به تعادل در جذب و دفع رطوبت

تعادلی که بدین‌گونه حاصل می‌شود، یک تعادل دینامیکی می‌باشد. این تعادل، به این دلیل تعادل دینامیکی نامیده می‌شود که، در یک زمان معین، تعداد مولکول‌های آب تبخیر شده از روی نمونه ماده نساجی، برابر تعداد مولکول‌های آب جذب شده توسط آن می‌باشد.

### جذب رطوبت الیاف نساجی

مقدار رطوبت جذب شده توسط یک نمونه از الیاف به دو صورت «رطوبت باز یافته» و «رطوبت موجود» بیان می‌شود. رطوبت باز یافته که با R نشان داده می‌شود، عبارت است از نسبت جرم آب جذب شده به جرم نمونه خشک الیاف و به درصد بیان می‌شود. درصد رطوبت باز یافته از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$R(\%) = \frac{\text{جرم آب جذب شده به وسیله نمونه (g)}}{\text{جرم نمونه خشک (g)}} \times 100$$

یا

$$\%R = \frac{W}{D} \times 100$$

در رابطه فوق:

W: جرم آب جذب شده

D: جرم نمونه خشک

رطوبت موجود که با M نشان داده می‌شود، عبارت است از نسبت جرم آب جذب شده به جرم نمونه مرطوب و به درصد نشان داده می‌شود. درصد رطوبت موجود از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\%M = \frac{\text{جرم آب جذب شده به وسیله نمونه (g)}}{\text{جرم نمونه مرطوب (g)}} \times 100$$

یا

$$\%M = \frac{W}{W + D}$$

در رابطه فوق:

W: جرم آب جذب شده

D: جرم نمونه خشک

رطوبت باز یافته و رطوبت موجود بر اساس روابط زیر با یکدیگر ارتباط دارند:

$$R = \frac{100W}{D}$$

و

$$M = \frac{100W}{D + W} = \frac{100W/D}{1 + W/D} = \frac{R}{1 + R/100}$$

### اضافه وزن مجاز رطوبت محموله‌های نساجی

در معاملات تجاری مواد نساجی و منسوجات مثل الیاف و پارچه، یک حدی از رطوبت جذب شده توسط کالای نساجی مجاز شمرده می‌شود و به عنوان «اضافه وزن مجاز» بین خریدار و فروشنده مورد توافق قرار می‌گیرد. یعنی در خرید و فروش محموله‌های نساجی، وزن محموله با رطوبت باز یافته معین مورد توافق طرفین قرار گرفته و در اسناد مربوط به خرید و فروش درج می‌گردد.

لازم به اشاره است که مقدار اضافه وزن مجاز فقط برای آسانی در عملیات تجاری نظیر توزین و پرداخت و دریافت ارزش محموله مورد نظر بوده، و معمولاً مقدار اضافه وزن مجاز طوری انتخاب می‌شود که در عمل کارهای مربوط به خرید و فروش تسهیل شود، و لزوماً اضافه وزن مجاز متناسب رطوبت بازیافته در شرایط استاندارد در نظر گرفته نمی‌شود. رطوبت بازیافته برای اضافه وزن مجاز بعضی از الیاف در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- رطوبت بازیافته برای اضافه وزن مجاز الیاف

درصد رطوبت بازیافته برای اضافه وزن مجاز	نوع لیف
۸/۵	پنبه
۱۲	کنف
۱۲	کتان
۱۳/۷۵	جوت
۱۳	ویسکوزیون
۹	استات سلولز ثانوی
۱۱	ابریشم
۱۴-۱۹	پشم
۵/۷۵ تا ۶/۲۵	نایلون ۶۶ و نایلون ۶
۱/۵ تا ۳	پلی‌استر

### اندازه‌گیری رطوبت بازیافته

برای تعیین رطوبت بازیافته الیاف نساجی دو روش کلی وجود دارد یکی از روش‌های کلی «روش مستقیم» و دیگری «روش غیرمستقیم» است.

### روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته

در روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته، از توزین برای تعیین جرم رطوبت و جرم الیاف خشک استفاده می‌شود. بعد از تعیین جرم رطوبت و جرم الیاف خشک، رطوبت بازیافته محاسبه می‌شود. در زیر چند روش از روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته الیاف توضیح داده می‌شود.

**۱- روش توزین:** روش توزین، روش اصلی تعیین رطوبت بازیافته و رطوبت موجود در الیاف می‌باشد و روش‌های غیرمستقیم تعیین رطوبت الیاف با روش توزین مقایسه و سنجیده می‌شوند. در روش توزین، نمونه مورد نظر ابتدا توزین می‌شود، سپس خشک شده و مجدداً توزین می‌شود. با داشتن وزن نمونه قبل از خشک کردن و پس از خشک کردن، درصد رطوبت بازیافته نمونه به این صورت حساب می‌شود:

$$W + D = m_1 = \text{جرم نمونه پس از خشک شدن}$$

$$D = m_2 = \text{جرم نمونه خشک شده}$$

بنابراین درصد رطوبت بازیافته (%R) نمونه به روش زیر حساب می‌شود.

$$\% R = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

در این روش، هنگام توزین اولیه برای تعیین جرم نمونه مرطوب مشکل خاصی به وجود نخواهد آمد، اما توزین نمونه خشک شده ممکن است با مشکلاتی همراه باشد، چون در هنگام توزین یا جابه‌جایی نمونه، ممکن است رطوبت محیط جذب نمونه شود. در اینجا به چند روش خشک کردن اشاره می‌شود:

**الف) خشک کردن با استفاده از پنتا اکسید فسفر:** برای دستیابی به نتایج دقیق در تعیین رطوبت بازیافته الیاف، لازم است نمونه الیاف در یک فضای بسته و در مجاورت مواد جاذب‌الرطوبه مثل پنتا اکسید فسفر و در دمای اطاق قرار داده شود. از آنجا که تمایل به جذب رطوبت این ماده خیلی زیاد است، لذا بدون اینکه دمای فضای موردنظر تغییر کند، نمونه الیاف کاملاً خشک می‌شود. اما، این روش یک روش بسیار طولانی است و ممکن است هفته‌ها طول بکشد. با این حال، این روش برای اهداف تحقیقاتی خیلی دقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**ب) خشک کردن با آون:** روش معمول برای خشک کردن نمونه استفاده از آون با دمای حدود  $110^\circ\text{C}$  است. افزایش دمای هوای داخل آون سبب پایین آمدن رطوبت نسبی داخل آن می‌شود. بنابراین، اگرچه رطوبت مطلق داخل آون تقریباً ثابت می‌ماند، رطوبت اشباع داخل آون به شدت افزایش می‌یابد. بنابراین، رطوبت از داخل نمونه الیاف تبخیر می‌شود تا اینکه تعادلی بین رطوبت داخل الیاف و رطوبت داخل آون، برقرار شود. این روش خشک کردن به سرعت قابل انجام است و زمان آن طولانی نیست. در روش خشک کردن با آون دو منبع خطا وجود دارد. این دو منبع خطا عبارت‌اند از «رطوبت بازیافته باقیمانده» و «تلفات دائمی».

**- خطای رطوبت بازیافته باقیمانده:** در روش خشک کردن با آون، رطوبت نسبی داخل آون پایین می‌آید ولی، هرگز به صفر نمی‌رسد. بنابراین، در دمای  $110^\circ\text{C}$  داخل آون که رطوبت نسبی داخل آون بسیار ناچیز است، مقداری ناچیز رطوبت در داخل نمونه الیاف باقی می‌ماند که به «رطوبت بازیافته باقیمانده» معروف است. و همین «رطوبت بازیافته باقیمانده» منبع خطا در اندازه‌گیری رطوبت بازیافته بوده و باعث کمتر محاسبه شدن رطوبت بازیافته الیاف می‌شود.

**- خطای تلفات دائمی:** دمای بالای داخل آون سبب می‌شود تا موادی غیر از آب مانند روغن‌ها و واکس‌ها (موم‌ها) که در داخل الیاف هستند از داخل الیاف بیرون بیایند و خارج شدن این مواد از داخل الیاف به «تلفات دائمی» معروف بوده و منبع خطا در محاسبه رطوبت بازیافته الیاف می‌شود. برعکس خطای «رطوبت بازیافته باقیمانده» که سبب کمتر محاسبه شدن رطوبت بازیافته الیاف می‌شود، خطای «تلفات دائمی» باعث بیشتر محاسبه شدن رطوبت بازیافته الیاف می‌گردد.

**ج) خشک کردن با جریان هوای داغ:** برای خشک کردن نمونه‌های تجاری و معمولی، عموماً از یک آون ویژه استفاده می‌شود. این آون دارای یک سبد با ظرفیت حدود ۱ کیلوگرم الیاف بوده و سبد حاوی الیاف قابل

توزین است. الیاف داخل سبد در مقابل جریان هوای داغ (حدود  $15^{\circ}\text{C}$ ) قرار می‌گیرد تا رطوبت داخل الیاف خارج شده و وزن الیاف ثابت شود. بعد از ثابت شدن وزن الیاف، جریان هوای داغ قطع شده و نمونه الیاف توزین می‌شود. این روش دارای خطاهایی مثل اختلاف وزن هوای گرم و سرد می‌باشد.

د) **روش خشک کردن سریع در آزمایشگاه:** یک روش سریع خشک کردن نمونه الیاف در آزمایشگاه، استفاده از آون شیمیایی در دمای  $15^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. در این روش نمونه الیاف در داخل یک ظرف دردار (دسیکاتور) قابل توزین قرار می‌گیرد، سپس دسیکاتور حاوی نمونه و مواد جاذب الرطوبه در داخل آون با دمای  $15^{\circ}\text{C}$  قرار داده می‌شود تا نمونه به خوبی خشک شود. سپس دسیکاتور از آون خارج و در آن باز می‌شود تا الیاف خشک شده و توزین می‌شوند. این روش نیز دارای خطاهایی می‌باشد.

۲- **روش استفاده از تقطیر تولوئن:** یکی از روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت باز یافته، حرارت دادن نمونه الیاف با تولوئن (دمای جوش  $111^{\circ}\text{C}$ ) و توزین آب مقطر جمع‌آوری شده حاصل از رطوبت الیاف می‌باشد. تولوئن مورد استفاده در این روش باید قبل از آب اشباع شده باشد. در این روش خطای ناشی از «رطوبت باز یافته باقیمانده» وجود ندارد. نتایج نشان می‌دهد که روش استفاده از تقطیر تولوئن، دقیق‌ترین روش مستقیم در اندازه‌گیری رطوبت باز یافته الیاف می‌باشد. جدول ۲ رطوبت باز یافته اندازه‌گیری شده به روش‌های مختلف را برای الیاف پشم نشان می‌دهد.

جدول ۲- تعیین رطوبت باز یافته پشم

روش	میانگین رطوبت باز یافته	محدوده تغییرات مقادیر درصد رطوبت باز یافته سه آزمایش
خشک کردن با پنتا اکسید فسفر	۷/۱۳	۰/۲۲
خشک کردن با آون $110^{\circ}\text{C}$	۷/۱۶	۰/۱۹
خشک کردن با جریان هوای داغ $15^{\circ}\text{C}$	۷/۲۷	۰/۱۵
خشک کردن سریع در آزمایشگاه	۷/۳۳	۰/۱۶
خشک کردن با تقطیر تولوئن	۷/۷۷	۰/۱۷

### روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت باز یافته

در تعیین رطوبت باز یافته الیاف به روش غیرمستقیم، از توزین یا اندازه‌گیری جرم رطوبت و الیاف استفاده نمی‌شود. در اینجا به چند روش غیرمستقیم برای اندازه‌گیری رطوبت باز یافته الیاف اشاره می‌شود.

۱- **روش مقاومت الکتریکی:** یکی از روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت باز یافته الیاف نساجی، استفاده از روش مقاومت الکتریکی است. در این روش از اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الیاف برای تعیین رطوبت باز یافته آنها استفاده می‌شود. برای این کار، یک مدار الکترونیکی مقاومت بین دو الکترود که در توده الیاف فرو برده می‌شوند را اندازه‌گیری می‌کند و مقاومت اندازه‌گیری شده به مقدار رطوبت باز یافته الیاف



بستگی دارد. با تغییر رطوبت، مقاومت الکتریکی الیاف سریعاً تغییر می‌کند، لذا این روش، روش حساسی می‌باشد.

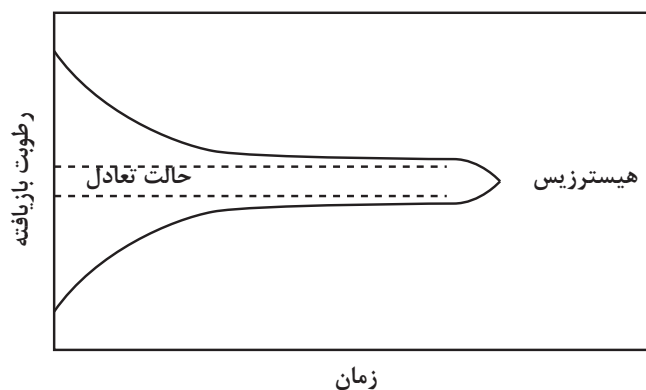
**۲- روش خازن الکتریکی:** در این روش از یک خازن الکتریکی برای اندازه‌گیری رطوبت بازیافته الیاف استفاده می‌شود. در روش خازن الکتریکی الیاف مورد آزمایش به‌عنوان دی‌الکتریک در داخل خازن قرار داده می‌شوند و براساس تغییر در ظرفیت یا ثابت دی‌الکتریک خازن، میزان رطوبت الیاف اندازه‌گیری می‌شود.

**۳- روش گاز استیلن:** یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری رطوبت بازیافته، تکان دادن مخلوط حاوی وزن معینی از الیاف با کاربید کلسیم (Calcium Carbide) در داخل یک محفظه در بسته است. واکنش رطوبت داخل الیاف با کاربید کلسیم باعث تولید گاز استیلن (acetylene) می‌شود. از مقدار فشار گاز استیلن داخل محفظه، می‌توان رطوبت بازیافته الیاف مورد آزمایش را حساب کرد.

**۴- روش ترازویی:** در این روش، اگرچه از ترازو استفاده می‌شود، ولی وزن الیاف یا رطوبت اندازه‌گیری نمی‌شود. بلکه فقط تغییر وزن الیاف که ناشی از تغییر رطوبت در آنها است نشان داده می‌شود. در روش ترازویی، از دستگاهی استفاده می‌شود که در آن از یک وسیله شبیه ترازو و برای آویختن نمونه الیاف قرار دارد. تغییر رطوبت محیط و در نتیجه با تغییر رطوبت بازیافته الیاف، وزن الیاف تغییر کرده و بدین وسیله مقدار رطوبت بازیافته نمونه الیاف مستقیماً بر روی عقربه یا شاهین ترازو نشان داده می‌شود. از این دستگاه در سالن‌های ریسندگی برای تعیین وزن خشک الیاف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### تأثیر رطوبت نسبی محیط بر رطوبت بازیافته الیاف

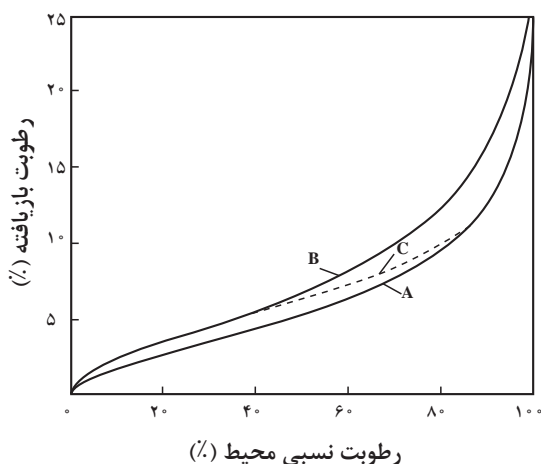
هرگاه یک نمونه مرطوب از الیاف و یک نمونه خشک از همان الیاف را در یک محیط با رطوبت نسبی معین قرار دهیم، نمونه مرطوب به تدریج رطوبت از دست می‌دهد و نمونه خشک به تدریج رطوبت جذب می‌کند. از دست دادن نمونه مرطوب و جذب رطوبت نمونه خشک در طول زمان انجام می‌شود، و این عمل دفع و جذب رطوبت ادامه می‌یابد تا اینکه هر دو نمونه یعنی نمونه‌های مرطوب و خشک از نظر رطوبت با محیط به تعادل برسند. عمل از دست دادن نمونه مرطوب و جذب رطوبت نمونه خشک در یک محیط با رطوبت نسبی معین در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۴- حالت هیستریزس در جذب و دفع رطوبت

چنان‌که از روش شکل ۴ دیده می‌شود، نمونه الیافی که ابتدا مرطوب بودند، در حالت تعادل با محیط دارای رطوبت بازیافته بیشتری نسبت به الیافی هستند که در ابتدا خشک بوده‌اند. یعنی اگر دو نمونه مرطوب و خشک از یک نوع لیف را در یک محیط با رطوبت نسبی معین قرار دهیم، دو نمونه به ترتیب با دفع و جذب رطوبت با محیط به تعادل می‌رسند ولی در حالت تعادل همواره نمونه‌ای که در ابتدا مرطوب بوده است دارای رطوبت بازیافته بیشتری نسبت به نمونه‌ای است که در ابتدا خشک بوده است. این پدیده که به پیشینه و گذشته دو نمونه الیاف مربوط می‌شود، به هیستریزس معروف است.

شکل ۵ منحنی‌های جذب و دفع رطوبت توسط الیاف پنبه نسبت به رطوبت نسبی محیط در دمای ثابت را نشان می‌دهد. منحنی A نشان‌دهنده جذب رطوبت نمونه خشک الیاف می‌باشد. چنان‌که دیده می‌شود اگر یک نمونه خشک از الیاف پنبه را در محیط با دمای ثابت و رطوبت نسبی ۵٪ قرار دهیم، با افزایش رطوبت نسبی محیط (محور افقی از ۵٪ تا ۱۰۰٪) نمونه خشک الیاف شروع به جذب رطوبت می‌کند و این جذب رطوبت ادامه می‌یابد تا با محیط به تعادل برسد. همین‌طور، اگر یک نمونه مرطوب از الیاف پنبه را در محیط با همان دما ولی رطوبت نسبی ۱۰۰٪ قرار دهیم و رطوبت نسبی را به تدریج کم کنیم (محور افقی از ۱۰۰٪ تا ۵٪)، الیاف مرطوب شروع به دفع رطوبت کرده و روند کاهشی رطوبت بازیافته از منحنی B پیروی می‌کند. اختلاف بین مسیره‌های جذب و دفع رطوبت (اختلاف بین منحنی‌های A و B) در واقع اثر پدیده هیستریزس در جذب و دفع رطوبت توسط الیاف پنبه می‌باشد.

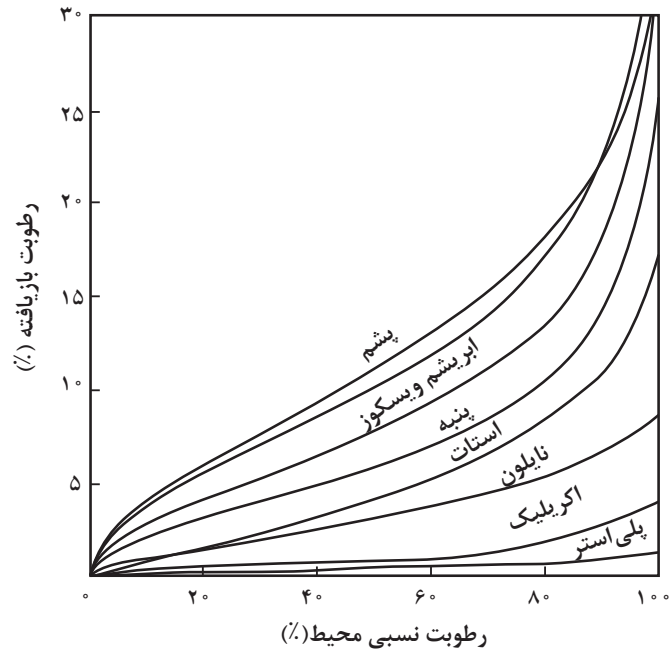


شکل ۵- نمودار جذب و دفع رطوبت الیاف پنبه نسبت به رطوبت نسبی محیط در دمای ثابت

A: منحنی جذب؛ B: منحنی دفع؛ C: منحنی میانی

اما منحنی میانی C در شکل ۵ نشان‌دهنده خشک شدن یک نمونه از الیافی است که ابتدا با افزایش رطوبت نسبی محیط رطوبت جذب کرده و منحنی جذب آن از منحنی A پیروی می‌کند، و پس از جذب رطوبت تا حد معینی، با کاهش رطوبت نسبی محیط، شروع به دفع رطوبت می‌کند و منحنی برگشت (دفع رطوبت) از منحنی میانی C پیروی می‌کند تا اینکه بعد از تلاقی با منحنی B، در ادامه دفع رطوبت، از منحنی B پیروی می‌کند.

### مقایسه رطوبت باز یافته الیاف مختلف



شکل ۶- نسبت بین رطوبت باز یافته الیاف نساجی و رطوبت نسبی محیط

شکل ۶ نسبت بین رطوبت نسبی محیط و رطوبت باز یافته الیاف مختلف را نشان می‌دهد. چنان‌که از روی این شکل دیده می‌شود، منحنی رطوبت باز یافته الیاف پشم و سپس الیاف ویسکوز بالاتر از همه الیاف قرار دارد. بعد از این دو لیف، الیاف ابریشم، پنبه و سپس استات بیشترین جذب رطوبت را داشته و در نهایت الیاف مصنوعی نایلون، اکریلیک و پلی استر قرار دارد. میزان جذب رطوبت الیاف بستگی به نوع مولکول‌ها یا اتم‌های تشکیل‌دهنده و ساختار فیزیکی زنجیرهای مولکولی آنها دارد. مقدار رطوبت باز یافته الیاف نساجی در شرایط ۶۵٪ رطوبت نسبی و  $20^{\circ}\text{C}$  در جدول ۳ درج شده است.

جدول ۳- رطوبت باز یافته الیاف نساجی در شرایط ۶۵٪ رطوبت نسبی و ۲۰°C

رطوبت باز یافته (%)	نوع الیاف
۸	پنبه
۱۲	پنبه مرسریزه
۸	کنف
۷	کتان
۱۲	جوت
۱۴	ویسکوزیون
۶/۵	استات ثانوی
۴/۵	تری استات
۱۰	ابریشم
۱۶	پشم
۴/۵	نایلون (۶ و ۶۶)
۰/۴	پلی استر
۲	اکریلیک
۰	PVC (پلی وینیل کلراید)
۵	PVA (پلی وینیل الکل)
۰	شیشه و پلی اتیلن

الیاف نساجی از نظر جذب رطوبت به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. این دو دسته عبارت‌اند از الیاف آب‌دوست یا هیدروفیل و الیاف آب‌گریز یا هیدروفوب. الیاف هیدروفیل الیافی هستند که جذب رطوبت آنها بالاست و تمایل به جذب رطوبت دارند. از الیاف هیدروفیل می‌توان به الیاف پنبه، پشم و ویسکوزیون اشاره کرد. الیاف هیدروفوب الیافی هستند که جذب رطوبت و تمایل آنها به جذب رطوبت آنها کم است. از الیاف هیدروفوب می‌توان به الیاف پلی‌استر و پلی‌اتیلن اشاره کرد.

### آثار جذب رطوبت الیاف

جذب رطوبت توسط الیاف نساجی، آثاری را به همراه دارد که بعضی از این آثار در رفتار این الیاف دیده می‌شود. از جمله این آثار می‌توان به ایجاد گرما در اثر جذب رطوبت، ایجاد تورم در اثر جذب رطوبت و تغییر در رفتار فیزیکی و مکانیکی الیاف در اثر جذب رطوبت نام برد. در اینجا به دو اثر از آثار جذب رطوبت یعنی حرارت جذب و تورم پرداخته می‌شود.

### حرارت جذب

وقتی الیاف نساجی رطوبت جذب می‌کنند، حرارت یا گرما تولید می‌شود. یعنی پدیده جذب رطوبت در الیاف یک پدیده گرمازا است. وقتی مولکول‌های آب جذب مولکول‌های لیف می‌شوند، در اثر نیروهای جاذبه‌ای که بین مولکول‌های آب و مولکول‌های لیف به وجود می‌آید گرما ایجاد می‌شود. از طرف دیگر، وقتی که همین

مولکول‌های آب به صورت بخار جذب الیاف می‌شوند، گرمایی به واسطه تقطیر بخار آب (یعنی تبدیل بخار آب به مایع آب) به وجود می‌آید که همان گرمای نهان تبخیر می‌باشد. معمولاً گرمای ناشی از جذب رطوبت توسط الیاف نساجی به دو روش گرمای جزئی جذب و گرمای کلی جذب بیان می‌شود.

**۱- گرمای جزئی جذب:** گرمای جزئی جذب که با  $Q$  نشان داده می‌شود، عبارت است از گرمایی که وقتی یک گرم آب به وسیله مقدار زیادی از الیاف با رطوبت بازیافته معین جذب می‌شود و برحسب ژول بر گرم آب (واحد  $J/g$ ) بیان می‌شود. گاهی اوقات گرمای جزئی جذب به «گرمای جذب» نامیده می‌شود.

**۲- گرمای کلی جذب:** گرمای کلی جذب که با  $W$  نشان داده می‌شود، به گرمای حاصل از جذب رطوبت یک نمونه الیاف با جرم خشک ۱ گرم و با رطوبت بازیافته معین که آن قدر رطوبت جذب می‌کند تا تر شود گفته می‌شود. گرمای کلی جذب به گرمای تر شدن نیز نامیده می‌شود و برحسب ژول بر گرم الیاف (واحد  $J/g$ ) بیان می‌شود.

گرمای تر شدن بعضی از الیاف نساجی از حالت رطوبت بازیافته ۰٪ در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- گرمای تر شدن الیاف نساجی از رطوبت بازیافته ۰٪

نوع لیف	گرمای تر شدن ( $J/g$ )
پنبه	۴۶
ویسکوزریون	۱۰۶
استات	۳۴
پشم	۱۱۳
ابریشم	۶۹
نایلون	۳۱
پلی‌استر	۵
اکریلیک	۷
پنبه مرسریزه	۷۳
کتان	۵۵

## تعیین اثر آب بر خواص الیاف نساجی

فعالیت  
عملی ۱



**مقدمه:** همان طوری که آب در طبیعت و حیات بشر، حیوانات و گیاهان اثر ویژه و منحصر به فردی دارد، در کلیه صنایع از جمله صنایع نساجی، وجود آب از اهمیت فراوانی برخوردار است. در صنایع نساجی، آب به عنوان ماده‌ای برای شست‌وشو، محیط مناسب برای واکنش‌های شیمیایی و یا عملیاتی نظیر رنگرزی، تکمیل و چاپ، و همچنین ماده‌ای برای حامل انرژی و محیطی برای شوینده‌های

شیمیایی مورد استفاده فراوانی دارد. کلیه الیاف نساجی از محیط (آب) جذب می‌کنند، به طوری که یکی از مشخصات بارز الیاف نساجی همین جذب رطوبت از محیط و رفتاری است که در نتیجه داشتن این خاصیت از خود نشان می‌دهند. جذب رطوبت الیاف باعث تغییر خواص فیزیکی، مکانیکی، الکتریکی و ... آنها می‌شود. میزان جذب رطوبت در الیاف مختلف متفاوت است. مثلاً رطوبت باز یافته پشم در شرایط استاندارد (C ۲۰.۲ رطوبت نسبی ۶۵.۲٪ و فشار ۷۶ سانتی‌متر جیوه) ۱۵٪، ولی رطوبت باز یافته الیاف پنبه در همین شرایط ۸٪ می‌باشد. میزان جذب رطوبت الیاف نساجی به ساختمان شیمیایی و مولکولی آنها بستگی دارد همچنین میزان جذب رطوبت الیاف در محیط مرطوب بیشتر از محیط خشک است. یعنی هر چه رطوبت نسبی محیطی که لیف در آن قرار دارد بیشتر باشد، رطوبت باز یافته لیف نیز بیشتر خواهد بود. تعیین دقیق تغییرات حاصل از رطوبت در الیاف نساجی، بدون استفاده از ابزارها و تجهیزات مناسب آزمایشگاهی میسر نیست. اما، تغییرات ظاهری در برخی از ویژگی‌های الیاف یا حواس قابل تشخیص هستند. مثلاً بعضاً تغییراتی در فرموج، درخشندگی، استحکام نسبی، الاستیسیته و جمع‌شدگی الیاف پس از غوطه‌ور شدن در آب و بعد از جوشاندن الیاف در داخل آب حاصل می‌شود.

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، بشر، سه پایه فلزی، توری نسوز، چراغ گاز بونزن  
**مواد لازم:** الیاف نساجی

### شرح آزمایش

از هر نوع لیف سه توده کوچک را به عنوان سه نمونه برای آزمایش انتخاب کنید. اولین نمونه الیاف را در داخل یک لوله آزمایش حاوی آب با دمای اتاق قرار دهید. نمونه دوم را در داخل بشر حاوی آب گذاشته و بشر را بر روی توری نسوز که بر بالای سه پایه فلزی قرار دارد بگذارید. سپس چراغ بونزن را روشن کرده و در زیر توری نسوز قرار دهید تا آب داخل بشر داغ شده و به مدت ۱۵ دقیقه بجوشد. نمونه سوم از الیاف را در جای مناسب قرار دهید تا خیس نشود. سپس نمونه‌های اول و دوم را از آب خارج کرده و با نمونه سوم و همچنین نمونه‌های اول و دوم را با یکدیگر از نظر رنگ، جلا، فرموج، مقاومت، افزایش طول تا حد پارگی، الاستیسیته و جمع‌شدگی با هم مقایسه کنید و نتایج را در جدولی درج نمایید. این آزمایش را برای همه الیاف نساجی موجود در آزمایشگاه انجام دهید.

تعیین نوع الیاف نساجی به کمک حلال‌های شیمیایی (آلی)

فعالیت  
عملی ۲



**مقدمه:** با استفاده از حلال‌های شیمیایی می‌توان الیاف مورد مصرف در صنایع نساجی را شناسایی کرد. در حقیقت حل شدن الیاف در حلال‌های شیمیایی این امکان را فراهم می‌کند تا ما بتوانیم آنها را به راحتی شناسایی کنیم. معمولاً بعد از اینکه آزمایش سوزاندن الیاف انجام شد و ماهیت مصنوعی و یا طبیعی بودن آن مشخص گردید، برای شناسایی دقیق‌تر لازم است که از روش حلالیت الیاف در حلال‌های شیمیایی استفاده شود. الیاف طبیعی از جمله ترکیبات آلی هستند که در حلال‌های معمولی نامحلول می‌باشند ولی الیاف مصنوعی معمولاً حداقل دارای یک حلال می‌باشند.

در این آزمایش به‌خاطر استفاده از حلال‌های شیمیایی مختلف از قبیل اسید فرمیک و متاکزول باید احتیاط‌های لازم صورت گیرد تا حلال‌های فوق با پوست بدن تماس پیدا نکنند. ضمناً به‌دلیل بوی تند و سمی بودن متاکزول، پس از استفاده، آن را به‌داخل ظرف سر بسته منتقل می‌کنند.

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، گیره لوله آزمایش، چراغ گاز بونزن، میله شیشه‌ای

**مواد مصرفی:** اسیدفرمیک، استن، دی‌متیل فرمامید، متیلن کلراید، متاکزول، تری‌استات، تری‌استات، نایلون، پلی‌استر، اکریلیک

### شرح آزمایش

این آزمایش را حتماً در زیر هود و با احتیاط کامل انجام دهید. برای انجام آزمایش، مقدار ۳ تا ۵ میلی‌لیتر از حلال‌های استن، متیلن کلراید، اسید فرمیک، متاکزول و دی‌متیل فرمامید را به ترتیب در لوله‌های آزمایش شماره ۱ تا ۵ بریزید. سپس مقدار کمی از الیاف را به‌درون لوله و داخل حلال بیندازید. لوله آزمایش را به آرامی و با احتیاط تکان دهید و ملاحظه نمایید که در دمای معمولی اتاق الیاف حل می‌شوند یا خیر؟ اگر جواب منفی بود لوله آزمایش را توسط گیره نگهدارید و آن را به آرامی حرارت دهید. بهتر است لوله آزمایش را به‌طور متناوب روی شعله بگیرید و از آن دور کنید تا حلال و الیاف از لوله خارج نشوند. پس از اینکه حلال داغ شد چگونگی حل شدن الیاف را مشاهده کنید.

اگر الیاف حل نشدند، محتویات لوله آزمایش را بیشتر حرارت دهید تا حلال به‌جوش آید. عمل جوشاندن را به‌مدت ۳ دقیقه ادامه دهید (سعی کنید مقدار حلال ثابت باقی بماند و در صورت تبخیر شدید حلال، به آن مقداری حلال جوشان بیفزایید). در این صورت الیاف در این شرایط در حلال حل نشد، این لیف در حلال مورد آزمایش محلول نیست و باید حلال یا حلال‌های دیگری مورد آزمایش قرار گیرند.

آزمایش شناسایی الیاف از طریق حلال‌ها را برای الیاف دی‌استات سلولز، تری‌استات سلولز، نایلون، پلی‌استر و اکریلیک انجام دهید. در این صورت الیافی که در دمای معمولی در حلال حل شوند را با علامت «م» و الیافی که در حلال گرم محلول هستند را با علامت «م در گرما» و الیافی که در حلال جوشان محلولند را با علامت «م در جوش» و الیافی که در حلال مورد آزمایش محلول نیستند را با علامت «ن» نشان دهیم جدول ۵ را کامل نمایید.

جدول ۵- اثر حلال‌ها بر روی الیاف مورد آزمایش

الیاف	دی‌استات	تری‌استات	نایلون	پلی‌استر	اکریلیک
حلال	استن متیلن کلراید اسید فرمیک متاکزول N و N دی‌متیلن فرمامید				



### تعیین نوع الیاف نساجی به کمک اسیدها و قلیاها

- پس از اینکه آزمایش به اتمام رسید به سؤالات زیر پاسخ دهید:
- ۱- اگر مقداری الیاف مصنوعی به شما داده شود تا از طریق حلال‌های شیمیایی آن را شناسایی کنید، ترتیب حلال انتخابی شما چه خواهد بود؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.
  - ۲- اگر بخواهید الیاف دی‌استات سلولز را از الیاف تری‌استات سلولز تشخیص دهید از چه حلالی استفاده می‌کنید؟ نحوه حلالیت این دو نوع لیف در حلال مزبور چگونه است؟
  - ۳- آیا حلال‌های دیگری به غیر از حلال‌های ذکر شده را جهت شناسایی الیاف می‌شناسید، آنها را نام ببرید. این حلال‌ها چه الیافی را حل می‌کنند؟
  - ۴- با توجه به آزمایش انجام شده، حلال شناسایی هر یک از الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز، نایلون، پلی‌استر و اکریلیک را نام ببرید.

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، گیره لوله آزمایش، چراغ گاز بونزن  
**مواد مصرفی:** اسید کلریدریک، هیدروکسید سدیم ۵٪، اسید سولفوریک ۶۰٪ و ۷۵٪، پنبه، ویسکوز، ابریشم، پشم.

#### شرح آزمایش

این آزمایش را حتماً در زیر هود و با احتیاط کامل انجام دهید. روش آزمایش مانند آزمایش ۴ می‌باشد و فقط حلال‌های مصرفی و الیاف متفاوت می‌باشند حال با توجه به آزمایش انجام شده جدول ۶ را کامل نمایید.

جدول ۶- اثر مواد شیمیایی بر روی الیاف

الیاف	ویسکوز	پنبه	ابریشم	پشم
حلال				
اسید سولفوریک ۶۰٪ اسید کلریدریک هیدروکسید سدیم اسید سولفوریک ۷۵٪				

به سؤالات زیر پاسخ دهید. و پاسخ خود را با هنجاریان دیگر مقایسه کنید.

- ۱- برای تشخیص الیاف پروتئینی از الیاف سلولزی از چه ماده شیمیایی استفاده می‌کنیم؟ چرا؟
- ۲- برای تشخیص الیاف پشم و ابریشم از چه ماده شیمیایی استفاده می‌کنیم؟ چرا؟
- ۳- روش تشخیص الیاف پنبه از الیاف ویسکوز چیست؟
- ۴- آیا شما حلال‌های دیگری می‌شناسید که الیاف پنبه، ویسکوز، پشم و ابریشم را حل نمایند؟ هر یک را نام ببرید.



- ۵- به نظر شما حل شدن الیاف تری استات در متیلن کلراید مانند حل شدن الیاف ویسکوز در اسیدسولفوریک یا حل شدن الیاف پشم در هیدروکسید سدیم است؟ (با ذکر دلیل)
- ۶- از مسئول آزمایشگاه خود مقداری از یک الیاف مصنوعی را گرفته آن را به روش حلالی شناسایی کنید و جواب خود را گزارش نمایید.
- ۷- از مسئول آزمایش مقداری از یک نوع الیاف طبیعی را گرفته، آن را به روش حلالی شناسایی کنید و جواب خود را گزارش نمایید.



### تعیین نقطه ذوب الیاف

**مقدمه:** وقتی که الیاف ترموپلاستیک (گرمانرم) حرارت داده می‌شوند ابتدا نرم می‌شوند. این فرایند گاهی اوقات قبل از ذوب شدن با کاهش طول الیاف نیز همراه می‌باشد. به خاطر اینکه نقطه ذوب با سرعت بالا رفتن دما تغییر می‌کند لذا تعیین دقیق نقطه ذوب مشکل است. به هر حال با به کار بردن روش‌های دقیق و کنترل شده می‌توان به نتایجی با ارزش دست یافت. برای مثال جهت تشخیص انواع مختلف نایلون که از لحاظ شیمیایی بسیار شبیه همدیگر هستند می‌توان از این روش استفاده کرد. در این آزمایش ابزار آلات ساده‌ای جهت تعیین نقطه ذوب الیاف به کار گرفته می‌شوند. به هر حال برای اطمینان از صحت آزمایش لازم است نتایج حاصل از آزمایش را با اعداد موجود در جدول ۷ مقایسه نمایید.

جدول ۷- نقطه ذوب تعدادی از الیاف ترموپلاستیک

نوع الیاف	نقطه ذوب (C)
پلی استر (تریلن)	۲۵۰-۲۵۵
نایلون	۲۴۰-۲۵۰
دی استات سلولز	۲۳۰-۲۳۵
تری استات سلولز	۲۹۰-۳۰۰

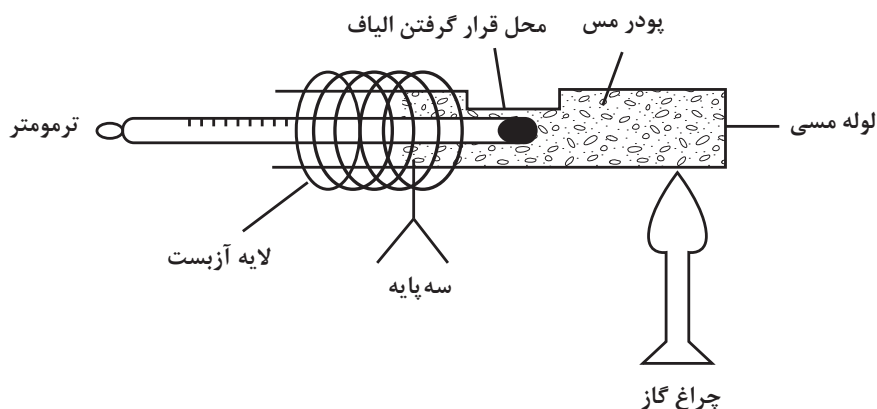
**وسایل آزمایش:** میله شیشه‌ای، ترمومتر C ۴۰۰، لوله مسی

**مواد مورد نیاز:** پلی استر، نایلون، دی استات سلولز، تری استات سلولز، پودر مس

### شرح آزمایش

یک میله مسی مخصوص اندازه‌گیری نقطه ذوب الیاف را برداشته و آن را بر روی یک سه پایه طوری قرار دهید که قسمت پوشش داده شده میله با آریست بر روی سه پایه و قسمت دیگر میله بر روی یک چراغ گاز بوزن قرار گیرد. سپس ترمومتر را در حفره موجود بر روی میله قرار دهید و مقداری پودر مس در فضای بین حفره و ترمومتر بریزید تا مطمئن شوید که ترمومتر به اندازه کافی با میله مسی در تماس است. مقدار کمی از نخ (به اندازه یک سانتی متر) را بر روی میله مسی نزدیک ترمومتر قرار دهید و قسمت انتهایی میله را به آرامی

حرارت دهید به طوری که دمای ترمومتر در یک دقیقه بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر نرود. هنگامی که ترمومتر به دمایی رسید که جمع‌شدگی الیاف شروع شد، حرارت دادن میلیه مسی را آرام‌تر ادامه دهید به طوری که افزایش دمای ترمومتر در یک دقیقه بیشتر از ۵ درجه سانتی‌گراد نباشد. وقتی که لیف موردنظر ذوب شد دمای ترمومتر را یادداشت نمایید. آزمایش را یکبار دیگر تکرار کنید. میانگین اعداد به دست آمده را با نقطه ذوب واقعی الیاف مقایسه نمایید. این آزمایش را برای الیاف دی و تری استات سلولز، نایلون ۶، نایلون ۶۶ و تریلین تکرار کنید و نقطه ذوب هر یک را به دست آورید.



شکل ۷- دستگاه اندازه‌گیری نقطه ذوب الیاف

## تعیین ظرافت الیاف مصنوعی به روش میکروسکوپی

فعالیت  
عملی ۵



الیاف مصنوعی با ظرافت‌های دلخواه و براساس سفارش مشتری تولید و عرضه می‌شوند. همچنین الیاف مصنوعی با شکل سطح مقطع عرضی مختلف (دایره‌ای، بیضوی، دندانه‌دار، دمبلی و ...) می‌توانند تولید شوند. با این حال بیشتر الیاف مصنوعی با مقطع عرضی دایره‌ای تولید و مصرف می‌شوند. یکی از روش‌های تعیین ظرافت الیاف مصنوعی، تعیین قطر آنها است که در این صورت با تعیین قطر الیاف و داشتن جرم حجمی لیف مربوطه می‌توان نمره الیاف را محاسبه کرد.

### وسایل مورد نیاز

- میکروسکوپ پروژکتینا یا میکروسکوپ مجهز به صفحه مدرج
- صفحه سوراخ‌دار ویژه تهیه مقطع عرضی الیاف
- لام و لامل
- گلیسرین (یا هر نوع روغن بی‌اثر بر روی الیاف مورد آزمایش)
- تیغ تیز

### شرایط آزمایش

آزمایش در محیط آزمایشگاه با رطوبت نسبی  $2 \pm 65\%$  و دمای  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  انجام شود. قبل از آزمایش نمونه به مدت ۲۴ ساعت در شرایط استاندارد نگهداری شود.

### شرح آزمایش

چنان‌که توضیح داده شده است، سطح الیاف مصنوعی متنوع بوده و بستگی به سفارش مشتری و شکل سطح مقطع روزه‌های رشته‌ساز دستگاه تولید الیاف دارد. اگر مقطع عرضی الیاف مورد آزمایش دایره‌ای باشد، با تعیین قطر الیاف و دانستن جرم حجمی الیاف می‌توان نمره الیاف را حساب کرد. در این صورت اگر نوع لیف مشخص باشد، جرم حجمی آن را از روی جداول بیابید و اگر نوع لیف مشخص نباشد، لازم است برای تعیین نمره لیف، در آزمایش جداگانه‌ای جرم حجمی لیف را تعیین نمود.

برای تهیه نمونه، ابتدا الیاف نمونه‌برداری شده را به صورت موازی درآورده و به طول کمتر از عرض لام و لامل ببرید. سپس یک قطره گلیسیرین (یا پارافین مایع) بر روی لام بریزید و سپس الیاف بریده شده را بر روی قطره گلیسیرین قرار داده و لامل را روی لام قرار دهید تا قطره گلیسیرین کل نمونه الیاف را در برگیرد. نمونه تهیه شده (لام و لامل همراه با نمونه الیاف) را در محل شی و زیر عدسی شیئی میکروسکوپ قرار داده و با انتخاب عدسی شیئی مناسب، قطر الیاف را از روی صفحه مدرج خوانده و یادداشت نمایید. در این آزمایش لازم است قطر  $30$  لیف از نمونه الیاف تهیه شده اندازه‌گیری شده و میانگین قطر الیاف محاسبه شود.

فرم ارزشیابی واحد یاد گیری ۴- تعیین ویژگی های الیاف مصنوعی نایلون

شرح فعالیت: شناسایی الیاف مصنوعی نایلون و تعیین خصوصیات الیاف مصنوعی نایلون

استاندارد عملکرد: تعیین نوع الیاف مصنوعی نایلون و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی الیاف به کمک ابزار و دستگاه های مشخص شده  
شاخص ها: تعیین خصوصیات الیاف نایلون ۶ - نایلون ۶۶ و نایلون ۱۱

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:  
فضای کار : آزمایشگاه شناسایی الیاف نساجی  
تجهیزات: دستگاه های سنجش خصوصیات الیاف - ابزار آزمایشگاه شیمی چراغ بونزن لوله مخصوص ذوب یا دستگاه اندازه گیر نقطه ذوب الیاف میکروسکوپ و انواع لام ابزار اندازه گیر طول دقیق (کولیس)  
مواد مصرفی: انواع الیاف نساجی - مواد شیمیایی مرتبط

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین اثر آب بر خواص الیاف نساجی	۱	
۲	تعیین الیاف نساجی با استفاده از حلال های شیمیایی (آلی)	۱	
۳	تعیین الیاف نساجی با استفاده از اسیدها و بازها	۱	
۴	تعیین نقطه ذوب الیاف	۲	
۵	تعیین سطح مقطع به روش میکروسکوپی	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن دستگاه و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

## پودمان ۵

تعیین ویژگی‌های الیاف پلی استر - اکریلیک



## شایستگی‌های فنی

تعریف الیاف پلی‌استر، پلی‌میریزاسیون، خواص پلی‌استر، تعریف و نحوه تولید الیاف اکریلیک، بررسی خواص اکریلیک، تعیین اثر نور بر خواص الیاف نساجی، تعیین ظرافت الیاف به روش میکروسکوپ پروژکتینا، تعیین ظرافت الیاف از روی جرم طولی، تعیین ظرافت الیاف به روش ارتعاشی، تعیین الیاف موجود در پارچه و تعیین نسبت آن

## استاندارد کار

پس از پایان این پودمان انتظار می‌رود که هنرجو بتواند خواص الیاف پلی‌استر و اکریلیک و موارد کاربرد آنها را تعیین نموده و به کمک دستگاه‌های آزمایشگاهی خواص هر کدام را تعیین کند.

## الیاف پلی‌استر

الیاف پلی‌استر برای اولین بار به وسیله یک شرکت انگلیسی تولید شد، ولی تحقیقات اولیه برای ساخت این لیف در کشور آمریکا و به وسیله کاروترز آغاز شده بود، با این حال در تحقیقات اولیه کاروترز دو نقص مهم در پلی‌استر تولیدی وجود داشت که این دو نقص به شرح زیر می‌باشند:

۱- الیاف پلی‌استر تولیدی به آسانی هیدرولیز می‌شدند و پایداری آنها در مقابل مواد شیمیایی بسیار پایین بود.

۲- نقطه ذوب پلی‌استر تولیدی پایین بود، به طوری که در مقابل حرارت اطو مقاومتی نداشت. پلی‌استر تحت نام‌های تجاری متفاوت در کشورهای مختلف تولید و عرضه می‌شوند. پلی‌استر در کشور آمریکا تحت نام داکرون، در انگلستان تحت نام تریلن، در آلمان تحت تروریرا، در ژاپن تحت نام ترون، در فرانسه تحت نام ترگال و در ایتالیا تحت نام ترییتال تولید می‌شود. الیاف پلی‌استر در ایران نیز تولید می‌شوند. پلیمر پلی‌استر از ترکیب یک دی‌اسید مثل اسید ترفتالیک و یک دی‌الکل مثل اتیلن گلایکل تولید می‌شود. این دو ماده هر یک دارای دو گروه فعال هستند هر دی‌اسید دارای دو گروه کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) و هر دی‌الکل دارای دو گروه هیدروکسیل ( $\text{OH}$ ) می‌باشد.

### طرز تهیه الیاف پلی‌استر

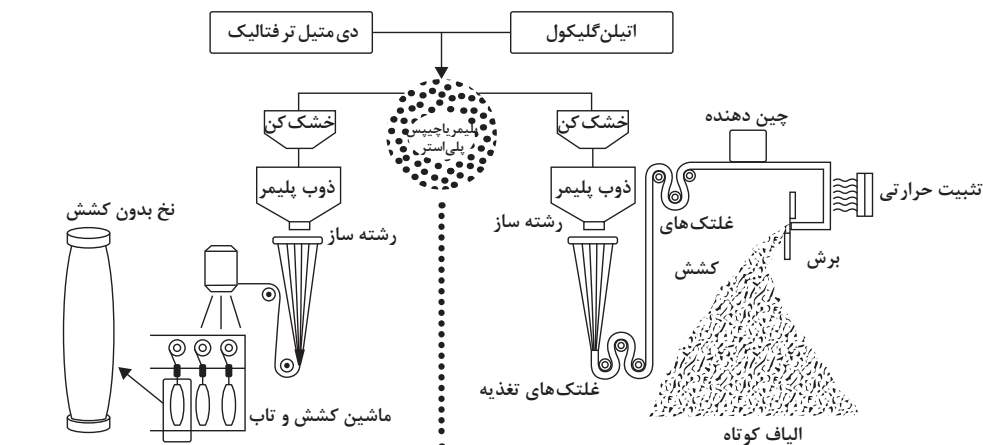
پلیمر پلی‌استر مورد استفاده برای تولید الیاف نساجی از پلیمریزاسیون اسید ترفتالیک و اتیلن گلایکل در داخل یک راکتور تحت کنترل با دما و فشار معین و با حضور کاتالیزور مناسب ساخته می‌شود. از پلیمریزاسیون این مواد، پلی‌استر به وجود می‌آید و پلیمر حاصل را در دستگاهی به صورت جامد در آورده و به قطعاتی کوچک به نام چیپس خرد می‌کنند. چیپس پلیمر را شست‌وشو داده و خشک می‌کنند تا رطوبت آن گرفته و آماده تغذیه به دستگاه ذوب ریسی گردد. الیاف پلی‌استر به روشی ذوب ریسی تولید می‌شوند. سپس از آماده‌سازی چیپس پلی‌استر، آنها را در داخل مخزن تغذیه دستگاه ذوب ریسی می‌ریزند. چیپس‌ها ضمن ذوب شدن، با فشار از فیلتر مخصوصی عبور کرده و پلیمر مذاب وارد دستگاه رشته‌ساز می‌شود. رشته‌های فیلامنتی خارج شده از دستگاه رشته‌ساز بلافاصله سرد شده تا منجمد شوند. پس انجماد، فیلامنت‌ها بر روی بوبین‌هایی پیچیده می‌شوند. شکل ۱ دستگاه تولید الیاف پلی‌استر را نشان می‌دهد.



شکل ۱- دستگاه تولید الیاف پلی‌استر

در نهایت، فیلامنت‌های تولیدی را حدود ۷-۵ برابر طولشان تحت کشش قرار می‌دهند تا ضمن آرایش یافتگی مولکولی در الیاف، قطر و نمره الیاف به حد دلخواه برسد. فیلامنت‌های تولید به این روش هم می‌توانند به صورت فیلامنت در صنعت نساجی مورد استفاده قرار گیرند و هم به صورت الیاف بریده بریده که در طول‌های کوتاه (در حد طول الیاف پنبه) یا بلند (در حد طول الیاف پشم) برش داده می‌شوند. در ضمن، فیلامنت‌های پلی‌استر مصارفی غیر از تولید پارچه نظیر مصارف صنعتی نیز دارند.

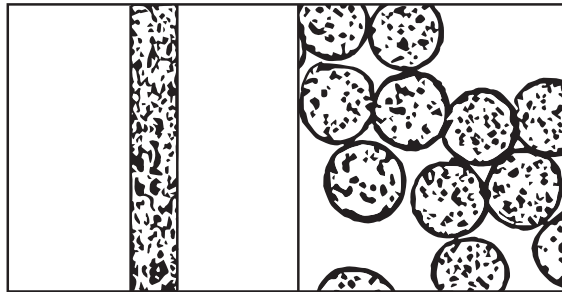
در صورتی که قرار باشد الیاف بریده بریده پلی‌استر تهیه شود، نحوه تولید به همان شیوه تولید فیلامنت پلی‌استر می‌باشد، با این اختلاف که تعداد ورزنه‌های رشته‌ساز الیاف کوتاه بیشتر از رشته‌ساز نخ‌های فیلامنتی می‌باشد و تفاوت دیگر این است که در تولید نخ‌های فیلامنتی، فیلامنت‌های یک رشته‌ساز به طور جداگانه بر روی بوبین‌هایی پیچیده می‌شوند، ولی در تولید الیاف بریده بریده، فیلامنت‌های چند رشته‌ساز با یکدیگر جمع می‌شوند و به صورت یک فتیله (تاو یا Tow) در می‌آیند. سپس فتیله فیلامنتی حاصل پس از کشش به دستگاه برش هدایت می‌شود و فیلامنت‌های داخل فتیله به طول دلخواه بریده می‌شوند. نمودار تولید فیلامنت و الیاف کوتاه پلی‌استر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- نمای ترسیمی از فرایند تولید فیلامنت و الیاف کوتاه پلی‌استر

## خواص الیاف پلی استر

۱- **نمای طولی و مقطع عرضی؛** نمای طولی الیاف پلی استر در زیر میکروسکوپ به صورت میله‌ای صاف بوده و نمای مقطع عرضی این لیف به صورت دایره صاف می‌باشد. البته الیاف پلی استر می‌توانند با انواع اشکال مقاطع عرضی تولید شوند و این بستگی به شکل سطح مقطع روزنه رشته‌ساز دارد. نمای طولی و عرضی الیاف پلی استر با مقطع عرضی دوار در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نمای طولی و مقطع عرضی الیاف پلی استر

۲- **جرم مخصوص؛** جرم مخصوص الیاف پلی استر  $1/38$  گرم بر سانتی متر مکعب است که از جرم مخصوص پنبه کمتر ولی از نایلون بیشتر است.

۳- **جذب رطوبت؛** جذب رطوبت الیاف پلی استر بسیار کم و حدود  $0/5\%$  است که در مقایسه با نایلون ( $4/5\%$ ) بسیار کم و ناچیز است.

۴- **اثر نور؛** پایداری الیاف پلی استر در مقابل نور خورشید بسیار عالی است. هر گاه الیاف پلی استر به مدت طولانی در مقابل نور خورشید قرار گیرند، مقاومت آنها به مقدار کمی کاهش می‌یابد.

۵- **اثر حرارت؛** نقطه ذوب الیاف پلی استر  $250$  درجه سانتی‌گراد و تا  $200$  درجه سانتی‌گراد می‌توان آنها را اتو کرد. مقاومت الیاف پلی استر در مقابل حرارت بسیار خوب است. اگر دمای این الیاف به  $180$  درجه سانتی‌گراد برسد، مقاومت آنها به نصف کاهش می‌یابد.

۶- **خاصیت الکتریکی؛** جذب رطوبت الیاف پلی استر بسیار پایین است و این الیاف رسانای الکتریکی نیستند و در اثر مالش و سایش در آنها الکتریسیته ساکن تولید می‌شود. به همین دلیل در مراحل ریسندگی و در مخلوط با الیاف طبیعی به این الیاف مخلوطی از آب و روغن می‌زنند تا شارژ الکتریسیته ساکن در این الیاف پایین آورده شود.

۷- **درخشندگی و جلا؛** درخشندگی الیاف پلی استر بسیار عالی است و جلای این الیاف در حین تولید قابل کنترل است و این الیاف به صورت براق، نیمه مات و مات می‌توانند تولید شوند.

۸- **مقاومت؛** مقاومت الیاف پلی استر بسیار خوب و استحکام خشک و تر این الیاف تقریباً یکسان است. مقاومت الیاف کوتاه پلی استر  $3/5-4$  فیلامنت آن  $4/5-5/5$  گرم بر دنیر است.



**۹- بازگشت پذیری (خاصیت ارتجاعی)؛** خاصیت بازگشت پذیری الیاف پلی‌استر بسیار خوب است از این رو، این الیاف در مخلوط با الیاف پنبه و پشم و برای جلوگیری از چروک شدن و افزایش اتوپذیری پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یکی از مصارف الیاف پلی‌استر، استفاده از آنها در پارچه‌های بشور بیوش می‌باشد. چون جذب رطوبت این الیاف کم بوده و به مدت کمی بعد از شست‌وشو و آبیگری رطوبت خود را از دست داده و مجدداً قابل استفاده می‌باشند.

### الیاف اکریلیک

الیاف اکریلیک (پلی‌اکریلونیتریل) از الیاف مهم مصنوعی مورد استفاده در نساجی هستند که پژوهش برای ساخت آن از ۱۹۴۰ آغاز و اولین محصول تجاری آن ۸ سال بعد به بازار عرضه شده است. این الیاف از الیاف پر مصرف در صنایع نساجی می‌باشند که تحقیقات دامنه‌داری برای اصلاح آن انجام شده است. ماده اولیه اکریلیک اکریلونیتریل (وینیل سیانید) است و این الیاف در کشورهای مختلف با نام‌های متفاوتی تولید می‌شوند. این الیاف در انگلستان به نام کورتل و در آمریکا به نام‌های ارلون، اکریلان و کریسلن تولید و عرضه می‌شوند. در ایران، الیاف اکریلیک به وسیله کارخانه پلی‌اکریل تولید می‌شود.

### طرز تهیه الیاف اکریلیک

چنان که اشاره شده است ماده اولیه الیاف اکریلیک، اکریلونیتریل است که حداقل ۸۵٪ وزنی این الیاف از اکریلونیتریل تشکیل می‌شود. اکریلونیتریل به روش‌های مختلفی می‌تواند تولید شود، و در اینجا به یک روش یعنی روش تهیه اکریلونیتریل از استیلن اشاره می‌شود.

### طرز تهیه اکریلونیتریل از استیلن

متداول‌ترین روش تهیه اکریلونیتریل روش استفاده از گاز استیلن است. استیلن طبق روش‌های قدیمی و سنتی از واکنش کاربید کلسیم و آب به دست می‌آید، اما امروزه این گاز به مقدار زیادی از تقطیر مواد نفتی تهیه می‌شود. گاز استیلن در واکنش با اسید سیانیدریک باعث تولید اکریلونیتریل می‌شود. واکنش گاز استیلن با اسید سیانیدریک به صورت زیر است:

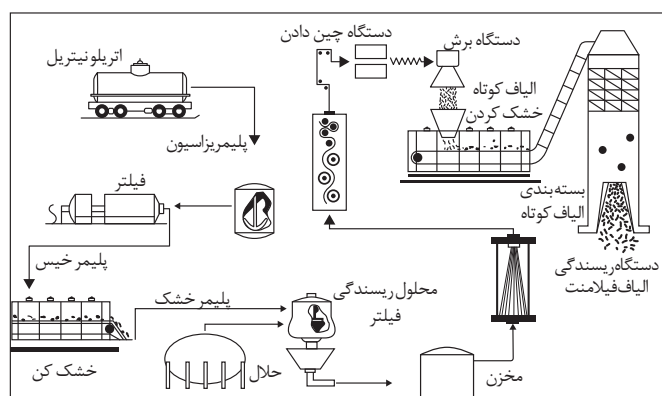


واکنش بالا در حضور یک کاتالیزور انجام می‌شود.

### طرز تهیه الیاف ارلون

ارلون نام تجاری اولین لیف اکریلیک است که در سال ۱۹۴۸ به وسیله شرکت آمریکایی دوپونت ساخته شده و به صورت تجاری عرضه شده است. پلیمر این الیاف از نوع هموپلیمر بوده و تحت نام‌های ارلون ۸۱ (به صورت فیلامنت) و ارلون ۴۱ (به صورت الیاف کوتاه) تولید و عرضه می‌شدند. الیاف اکریلیک اولیه از نظر ریسندگی و رنگرزی دارای اشکالاتی بودند که بعداً با کوپلیمریزاسیون اکریلونیتریل با مواد دیگر اصلاحاتی در الیاف اکریلیک صورت گرفته است در نتیجه عملیات رنگرزی با سهولت بیشتری انجام می‌شود. برای تهیه پلیمر اکریلیک، ابتدا منومر اکریلونیتریل را با کاتالیزور مناسب مخلوط و در شرایط دما و فشار

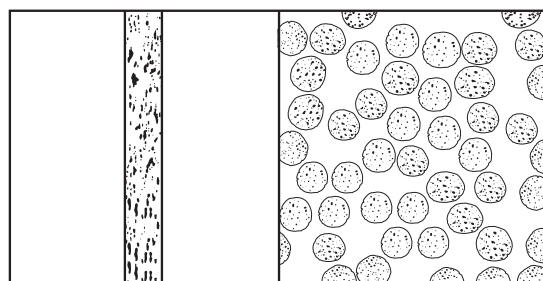
مناسب عمل پلیمریزاسیون انجام و پلیمر اکریلیک رسوب می‌کند. پلیمر تولید شده به این روش دارای وزن مولکولی حدود ۶۰/۰۰۰ بوده و پلیمر پس از تولید صاف و شست‌وشو داده شده و خشک می‌گردد. الیاف اکریلیک به دو روش خشک ریزی و تر ریزی می‌توانند تولید شوند، ولی عمده الیاف اکریلیک به روش خشک ریزی تولید می‌شوند. به منظور تولید الیاف اکریلیک به روش خشک ریزی، ابتدا پلیمر اکریلیک در داخل یک حلال مناسب (دی‌متیل‌فرم‌آمید) حل می‌شود، سپس محلول پلیمر در سیستم ریسندگی خشک ریسیده می‌شود. در این روش، پس از خروج الیاف از رشته‌ساز، وارد یک اتاقک گرم می‌شوند و در اثر حرارت حلال پلیمر تبخیر و الیاف به صورت جامد در می‌آیند. حلال تبخیر شده از الیاف اکریلیک در بالای اتاقک جمع‌آوری و برای استفاده مجدد بازیابی می‌شود. الیاف اکریلیک تولید شده تحت عملیات کشش گرم (داغ) قرار می‌گیرند ضمن ایجاد آرایش یافتگی در مولکول‌های پلیمر، الیاف نهایی به قطر و نمره نهایی برسند. درجه حرارت محیط کشش گرم الیاف اکریلیک بستگی به زمان حضور این الیاف در محیط گرم دارد و در محدوده ۲۵۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نمای ترسیمی تولید الیاف اکریلیک (ارلون) در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ - نمای ترسیم روش تولید الیاف اکریلیک (ارلون)

### خواص الیاف ارلون

۱- نمای طولی و مقطع عرضی؛ سطح الیاف ارلون در زیر میکروسکوپ صاف و مقطع عرضی آن به شکل دمبل است. اما الیاف اکریلی که به روش تر ریزی تولید می‌شوند دارای سطح مقطعی دایره‌ای شکل ۵ می‌باشند. شکل ۵ نمای طولی و مقطع عرضی الیاف اکریلیک را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمای طولی و مقطع عرضی الیاف ارلون

۲- رنگ؛ رنگ الیاف ارلون سفید است.

۳- جلا و درخشندگی؛ الیاف ارلون دارای جلا و درخشندگی بسیار خوبی هستند و این جلا در هنگام حاصل می‌شود. میزان جلا و درخشندگی الیاف ارلون قابل کنترل است.

۴- جرم مخصوص؛ جرم مخصوص یا جرم حجمی الیاف ارلون ۱/۱۴ تا ۱/۱۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

۵- جذب رطوبت؛ جذب رطوبت الیاف ارلون نسبتاً کم ولی از الیاف پلی‌استر بیشتر است. در شرایط استاندارد الیاف ارلون بین ۲/۵-۱/۳ درصد رطوبت جذب می‌کنند. به دلیل کم بودن جذب رطوبت الیاف ارلون، رنگرزی این الیاف با مشکلاتی مواجه می‌شود و شارژ الکتروسیسته ساکن نیز در این الیاف بالا می‌باشد.

۶- اثر نور خورشید بر الیاف ارلون؛ پایداری الیاف ارلون در مقابل نور خورشید بسیار عالی است. از این رو این الیاف می‌توانند برای بافت انواع پرده‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

۷- خواص الکتریکی؛ الیاف ارلون دارای جذب رطوبت پایینی هستند، لذا در هنگام تولید و فرایندهای ریسندگی نخ از الیاف بریده بریده و در اثر سایش یا مالش در آنها الکتروسیسته ساکن تولید می‌شود. به همین دلیل در استفاده از الیاف اکریلیک برای تولید پوشاک یا فرش لازم است که از مواد آنتی‌استاتیک برای الیاف اکریلیک استفاده شود.

۸- خاصیت ارتجاعی و بازگشت‌پذیری؛ الیاف اکریلیک در مقابل کشش بازگشت‌پذیری خوبی دارند، از این رو پارچه‌های حاصل از این الیاف در مقابل چین و چروک مقاوم هستند. اگر الیاف ارلون تحت کشش ۴٪ قرار بگیرند، بعد از حذف نیرو تا ۸۵٪ به طول اولیه خود باز می‌گردند.

۹- مقاومت؛ مقاومت الیاف ارلون در حالت خشک حدود ۵ و در حالت تر در حدود ۴/۸ گرم بر دنیر است. الیاف ارلون با جذب رطوبت مقاومت خود را به مقدار زیادی حفظ می‌کنند.

۱۰- افزایش طول تا حد پارگی؛ افزایش طول تا حد پارگی الیاف ارلون در حالت خشک ۲۸-۲۰ درصد و در حالت تر ۳۴-۲۶ درصد است.

### نخ‌های حجیم شده اکریلیک

از نظر خواص فیزیکی، شاید نزدیک‌ترین لیف مصنوعی به پشم الیاف اکریلیک باشند. برای مثال می‌توان با انجام عملیات ویژه مکانیکی و حرارتی در الیاف اکریلیک فرموج ایجاد کرد، که در این صورت نخ اکریلیک تولیدی به صورت حجیم یا پفکی در خواهد آمد. این نخ‌ها به دلیل حجیم بودن مناسب بافت لباس‌های زمستانی نظیر انواع پلور، ژاکت و بافتنی‌ها می‌باشند.

برای تولید نخ‌های حجیم اکریلیک، دو نوع از الیاف اکریلیک که از نظر خواص متفاوت هستند مخلوط شده و ریسیده می‌شوند. در این مخلوط یک نوع از الیاف به صورت معمولی هستند و نوع دیگر از الیاف غیر متقارن هستند. الیاف اکریلیک غیر متقارن در هنگام تولید لیف از روی تیغه‌ای فلزی رد می‌شوند تا یک سمت این الیاف در اثر سایش و کشیده شدن از روی لبه تیغه از نظر آرایش یافتگی مولکولی متفاوت با سمت دیگر شود (عملی که گل‌فروش‌ها بر روی روبان دسته‌گل به وسیله تیغه قیچی انجام می‌دهند). در این صورت مولکول‌های سمتی از الیاف که از روی تیغه کشیده می‌شود منظم شده و آرایشی یافتگی مولکولی در آن

سمت اتفاق می‌افتد و همین سبب عدم تقارن در ساختار مولکولی و در نتیجه تفاوت در رفتار دو طرف لیف می‌شود، و اگر این الیاف تحت اثر آبجوش یا بخار داغ قرار گیرند، جمع‌شدگی دو بخش غیر متقارن لیف متفاوت بوده و سبب جمع‌شدن و فر خوردن لیف غیر متقارن می‌شود، و همین عمل سبب جمع‌شدن الیاف معمولی موجود در مخلوط نیز شده و در نهایت باعث حجیم شدن یا پفکی شدن نخ خواهد گردید.

### موارد استفاده الیاف اکریلیک

الیاف اکریلیک مصارف مختلفی در انواع لباس و پوشاک، انواع مفروش‌ها، منسوجات خانگی و منسوجات صنعتی دارند. از این الیاف انواع لباس‌های زمستانی نظیر دستکش، کلاه، انواع سرپیراهن و پلور، شلوار گرمکن، لباس‌های ورزشی زمستانی، انواع ژاکت و بالاپوش‌ها، شال و جوراب تهیه می‌شود. از مهم‌ترین مصارف الیاف اکریلیک، مصرف آنها در پرز فرش ماشینی است. یکی از محصولاتی که معمولاً از الیاف اکریلیک تولید می‌شود انواع پتوها هستند که به صورت تاری - پودی یا حلقوی به‌ویژه حلقوی تاری (راشل) بافته می‌شوند.

الیاف اکریلیک در مخلوط با الیاف دیگر نظیر پنبه، پشم و ویسکوز نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثلاً در لباس‌های چین‌دار و پلیسه‌دار از مخلوط الیاف اکریلیک و ویسکوز استفاده می‌شود. همچنین برای انواع تی‌شرت و بلوزهای تک‌پوش با بافت حلقوی پودی از نخ‌های مخلوط پنبه و اکریلیک استفاده می‌شود. از مخلوط اکریلیک و پشم برای تولید انواع پارچه‌های پالتویی، کت‌وشلوازی و کت‌ودامنی و انواع پتوها و پارچه‌های خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



### تعیین اثر نور بر خواص کششی الیاف نساجی

وقتی الیاف نساجی در معرض نور، اشعه ماورای بنفش یا اشعه مادون قرمز قرار می‌گیرند. کیفیت آنها تنزل یافته و مقاومت و افزایش طول آنها کاهش می‌یابد. مقدار آسیب‌دیدگی و تنزل کیفیت این الیاف بستگی به عوامل زیر دارد:

- ۱- نوع لیف
  - ۲- ظرافت لیف
  - ۳- مقدار محافظت لیف توسط الیاف مجاور آن
  - ۴- وجود رنگ، مواد تکمیلی یا دیگر مواد شیمیایی همراه لیف
  - ۵- نور و شدت نور و اشعه تابیده شده
- تأثیر نور و شدت نور و اشعه تابیده شده بر کیفیت الیاف، به چگونگی در معرض قرار گرفتن الیاف در مقابل نور و اشعه بستگی دارد. می‌توان گفت تأثیر نوع و شدت نور و اشعه تابیده شده بر کیفیت الیاف به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱- کیفیت نور تابیده شده مثل کاملاً آفتابی، نیمه سایه (نیمه آفتابی)، پشت شیشه، زیر نور مصنوعی
- ۲- موقعیت جغرافیایی (نیم‌کره جنوبی یا شمالی، ارتفاع یا کنار دریا، کویر یا جنگل...)
- ۳- برهه‌ای از سال که لیف در معرض نور یا اشعه است (ماه‌ها یا فصول سال)

در آزمایش الیاف در مقابل تابش نور و اشعه‌های دیگر، باید توجه داشت که عواملی نظیر کپک، ذرات خاک، قارچ، فوم‌های صنعتی، دود، خم و راست شدن، سایش و ذرات شن همراه وزش باد ممکن است آسیب‌هایی به مراتب بیشتر از تابش نور و اشعه‌های دیگر بر الیاف وارد کنند. جدول ۱ ترتیب نسبی مقاومت الیاف در مقابل نور خورشید را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که مضرترین اشعه در نور خورشید اشعه ماورای بنفش می‌باشد، که اگر اثر اشعه ماورای بنفش را نادیده بگیریم، تأثیر منفی نور خورشید بر روی الیاف نساجی به مقدار بسیاری کاهش می‌یابد.

جدول ۱- کاهش نسبی مقاومت الیاف نساجی در مقابل نور خورشید

تابش مستقیم خورشید	تابش خورشید از پشت شیشه
اکریلیک براق	اکریلیک براق
اکریلیک نیمه‌مات	اکریلیک نیمه‌مات
استات براق، پلی‌استر براق، نایلون براق، نایلون مات	پلی‌استر براق
ویسکوزیون براق، پنبه	پلی‌استر نیمه‌مات
پلی‌استر نیمه‌مات	استات براق، نایلون براق، ویسکوز ریون براق، پنبه
ابریشم و بیشتر الیاف نیمه‌مات	ابریشم و بیشتر الیاف نیمه‌مات
بیشتر الیاف مات به استثنای پلی‌استر مات	بیشتر الیاف مات به استثنای پلی‌استر مات

### تعیین ظرافت الیاف به روش میکروسکوپ پروژکتینا

فعالیت  
عملی ۲



ظرافت لیف نشان‌دهنده مقدار کلفتی و نازکی لیف است. هرچه یک لیف کلفت‌تر، ضخیم‌تر و دارای سطح مقطع بیشتری باشد، این لیف دارای ظرافت کمتری است و برعکس، هرچه یک لیف نازک‌تر، ظریف‌تر و دارای سطح مقطع کمتری باشد، این لیف دارای ظرافت بیشتری است. به طور کلی ظرافت به صورت عددی مقدار کلفتی و نازکی یک لیف را نشان می‌دهد.

ظرافت الیاف از جنبه‌های گوناگون، مثل اقتصادی و تجاری، فنی و بهره‌وری تولید، کیفیت و ارزش کالای تولیدی دارای اهمیت بسیار زیادی است. بنابراین، تعیین و دانستن ظرافت الیاف مصرفی در زمان تولید و خرید و فروش الیاف، تولید نخ، پارچه و پوشاک و خرید و فروش کالای نساجی و منسوجات بسیار با اهمیت است.

چون ظرافت الیاف نشان‌دهنده مقدار کلفتی و نازکی مقطع عرضی الیاف است، بنابراین آسان‌ترین روش برای

بیان ظرافت الیاف مقدار عددی ضخامت یا کلفتی الیاف یعنی قطر مقطع عرضی آنها می‌باشد. ولی از آنجا که مقطع عرضی همه الیاف نساجی دایره‌ای نبوده و به شکل‌های مختلف بیضوی، دندانه‌دار، لوبیایی، دمبلی و... می‌تواند باشد، لذا تعریف صحیح از قطر الیاف برای الیاف با مقطع عرضی غیر دایره‌ای نمی‌توان ارایه نمود. بنابراین، برای سهولت کار با واحد ظرافت الیاف، ظرافت را براساس جرم واحد طول الیاف تعریف کرده و مورد استفاده قرار می‌دهند.

### تعیین ظرافت الیاف از روی سطح مقطع الیاف

اگر سطح مقطع لیفی دایره‌ای باشد و قطر آن در سراسر طول لیف یکسان باشد، می‌توان قطر لیف را به‌عنوان ظرافت لیف اندازه‌گیری و بیان کرد. الیاف طبیعی به ندرت دارای سطح مقطع دایره‌ای هستند. سطح مقطع الیاف پنبه به شکل لوبیا (لوبیایی) یا کلیه (قلوه) است و سطح مقطع الیاف ابریشم به‌صورت مثلث ولی سطح مقطع الیاف پشم بیضوی و نزدیک به دایره بوده ولی در سراسر طول لیف پشم، قطر پشم یکسان نمی‌باشد. اما، پشم بره دارای سطح مقطع دایره‌ای بوده و در سراسر طول آن، قطر لیف چندان تغییر نمی‌کند. اصولاً سطح مقطع الیاف طبیعی اعم از گیاهی، حیوانی و معدنی چون منشأ طبیعی دارند، بسیار متنوع می‌باشد. مثلاً در مورد پنبه، حتی الیاف روی یک غوزه پنبه نیز دارای یک سطح مقطع یکسان نیستند. اما الیاف مصنوعی چون به‌صورت صنعتی ساخته می‌شوند، می‌توانند طوری تولید شوند که دارای یک سطح مقطع دلخواه باشند. لازم به توضیح است که مصرف‌کنندگان الیاف مصنوعی، شکل سطح مقطع الیاف مورد مصرف خود را به کارخانه‌های الیاف‌سازی سفارش می‌دهند و کارخانه‌های الیاف‌سازی براساس سفارش مصرف‌کنندگان الیاف، سطح مقطع الیاف را در نظر می‌گیرند. با این حال، بیشتر الیاف مصنوعی با سطح مقطع دایره‌ای ساخته می‌شوند.

در صورتی که الیاف نساجی دارای سطح مقطع دایره‌ای باشند (اعم از الیاف مصنوعی مثل پلی‌استر و الیاف حیوانی مثل پشم)، برای تعیین قطر این الیاف از میکروسکوپ استفاده می‌شود. از این‌رو، برای اندازه‌گیری قطر این الیاف از میکروسکوپی که دارای صفحه مدرج است و قطر الیاف از روی آن قابل اندازه‌گیری می‌باشد استفاده می‌گردد. میکروسکوپی که دارای صفحه مندرج است و برای اندازه‌گیری قطر الیاف به کار می‌رود به میکروسکوپ پروژکتینا معروف است (شکل ۶). در تعیین قطر الیاف به‌وسیله میکروسکوپ پروژکتینا، قطر الیاف براساس میکرون ( $\mu$ ) اندازه‌گیری و بیان می‌شود. هر میکرون برابر  $0/001$  میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۶- میکروسکوپ پروژکتینا

کار در کلاس



تحقیق کنید



فعالیت  
عملی ۳



نمای طولی و سطح تمامی الیافی را که مشاهده می‌کنید را با دقت رسم کنید.

از طریق اینترنت تصاویر سطح مقطع الیاف مختلف را تهیه کنید و با رسم‌های خود مقایسه کنید.

### تعیین ظرافت الیاف از روی جرم طولی

همه الیاف مورد مصرف در نساجی، به‌ویژه الیاف طبیعی دارای سطح مقطع دایره‌ای نیستند. بنابراین، تعیین ظرافت الیاف از روی قطر آنها برای بیشتر الیاف میسر نیست. اصولاً، امروزه به استثنای الیاف پشم که ظرافت آنها براساس میکرون بیان می‌شود، استفاده از قطر الیاف برای بیان ظرافت آنها معمول نمی‌باشد. روشی که امروزه برای تعیین و بیان ظرافت الیاف (طبیعی و مصنوعی) استفاده می‌شود، روش جرم طولی (جرم واحد طول) الیاف است. در این روش، جرم طول معینی از لیف که به‌عنوان واحد طول در نظر گرفته می‌شود، به‌عنوان ظرافت لیف تعیین و بیان می‌شود.

در بیان ظرافت الیاف به‌وسیله جرم طولی، دو عامل جرم مخصوص و واحد طول تعریف شده را باید دانست. جرم مخصوص لیف که همان جرم حجمی می‌باشد و با نشان داده می‌شود، با واحد گرم بر سانتی‌متر مکعب ( $\text{g/cm}^3$ ) بیان می‌شود. با داشتن جرم مخصوص لیف، جرم لیف از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$m = A \times l \times \rho$$

در رابطه فوق:

$m$  جرم لیف و برحسب گرم (g)؛

$A$  سطح مقطع لیف برحسب سانتی‌متر مربع ( $\text{cm}^2$ )؛

$l$  طول لیف برحسب سانتی‌متر (cm)؛

$\rho$  جرم مخصوص لیف برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب ( $\text{g/cm}^3$ ) می‌باشد.

سه واحد مهم ظرافت الیاف که معمولاً در صنعت و تجارت نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از تکس (Tex)، دنیر (Denier) و میکرون (Micronaire). تکس و دنیر برای کلیه الیاف نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی میکرون معمولاً فقط برای بیان ظرافت الیاف پنبه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعریف واحدهای تکس، دنیر و میکرون به‌صورت زیر می‌باشد:

– **تکس:** عبارت است از جرم ۱۰۰۰ متر (یک کیلومتر) از لیف یا نخ برحسب گرم که با tex نشان داده می‌شود. در نمره‌گذاری تکس، واحد طول ۱,۰۰۰ متر یا ۱۰۰,۰۰۰ سانتی‌متر است.

– **دنیر:** عبارت است از جرم ۹,۰۰۰ متر (نه کیلومتر) از لیف یا نخ برحسب گرم که با den نشان داده می‌شود. در نمره‌گذاری دنیر، واحد طول ۹,۰۰۰ متر یا ۹۰۰,۰۰۰ سانتی‌متر است.

– **میکرون:** عبارت است از جرم یک اینچ (طول یک اینچ) از لیف برحسب میکروگرم. میکرون را با Mi نشان می‌دهند واحد آن میکروگرم بر اینچ است.

چنان‌که اشاره شده است، معمولاً در سراسر جهان برای بیان ظرافت الیاف پنبه از واحد میکرونر استفاده می‌شود.

برای بیان ظرافت الیاف با استفاده از واحد تکس معمولاً از اجزای این واحد یعنی دسی تکس (dtex) میلی تکس (mtex) استفاده می‌شود. چون معمولاً از واحد تکس برای بیان نمره یا ظرافت نخ استفاده می‌شود و نخ نیز در مقایسه با لیف بسیار ضخیم‌تر می‌باشد، لذا در بیان ظرافت الیاف با واحد تکس با اعداد بسیار کوچک مواجه خواهیم شد. از این‌رو برای سهولت کار کردن با اعداد، در بیان ظرافت الیاف از واحد کوچک‌تر در نمره‌گذاری تکس یعنی دسی تکس و میلی تکس استفاده می‌شود. هر دسی تکس ۰/۱ تکس و هر میلی تکس ۰/۰۰۱ تکس است.

لازم به توضیح است که برای بیان نمره رشته‌های ضخیم‌تر و سنگین‌تر مواد نساجی مثل فتیله‌های الیاف، از واحدهای بزرگ‌تر در نمره‌گذاری تکس، یعنی کیلوتکس (ktex) استفاده می‌شود. تعاریف دسی تکس، میلی تکس و کیلوتکس به صورت زیر می‌باشد:

– دسی تکس (dtex): عبارت است از جرم ۱۰,۰۰۰ متر (۱۰ کیلومتر) لیف برحسب گرم.

– میلی تکس (mtex): عبارت است از جرم ۱,۰۰۰,۰۰۰ متر (هزار کیلومتر) لیف برحسب گرم.

– کیلوتکس (ktex): عبارت است از جرم ۱ متر فتیله برحسب گرم.

واحدهای تکس، دسی تکس، میلی تکس، دنیر و میکرونر با یکدیگر ارتباط دارند و به یکدیگر قابل تبدیل هستند. یعنی با داشتن ظرافت یک لیف برحسب یکی از واحدهای فوق، ظرافت این لیف را می‌توان برحسب واحدهای دیگر حساب کرد. واحدهای مختلف ظرافت الیاف، براساس روابط زیر به یکدیگر قابل تبدیل هستند:

$$\text{dtex} = 10 \times \text{tex}$$

$$\text{mtex} = 1000 \times \text{tex}$$

$$\text{mtex} = \frac{1000}{9} \times \text{den}$$

$$\text{dtex} = \frac{10}{9} \times \text{den}$$

$$\text{den} = 9 \times \text{tex}$$

$$\text{Mi} = 2/54 \times \text{dtex}$$

$$\text{Mi} = 2/54 \times \text{mtex}$$

$$\text{Mi} = 2/82 \times \text{den}$$

مثال ۱- نمره یک نخ فیلامنتی ۱۰۰ دنیر است. نمره این نخ را برحسب تکس و دسی تکس حساب کنید.

حل:

$$\text{tex} = \frac{\text{den}}{9}$$

هر دنیر ۹ برابر تکس است. یعنی

$$\text{tex} = \frac{100}{9}$$

$$\text{tex} = 11/12$$



بودمان پنجم: تعیین ویژگی‌های الیاف پلی‌استر - اکریلیک

برای تعیین dtex هم می‌توان از رابطه  $dtex = 10 \times tex$  استفاده کرد و هم  $dtex = \frac{10}{9} \times den$ :

$$dtex = \frac{10}{9} \times den$$

$$dtex = \frac{10}{9} \times 100$$

$$dtex = 111.12$$

مثال ۲- یک نخ فیلامنتی با نمره ۱۰۵ دنیر دارای ۷۰ فیلامنت است. نمره هر فیلامنت را برحسب دنیر و دسی تکس حساب کنید.

حل:

نمره هر فیلامنت برحسب دنیر، از تقسیم نمره دنیر نخ بر تعداد فیلامنت‌های تشکیل دهنده نخ حساب می‌شود. یعنی:

$$den_{\text{لیف}} = \frac{\text{نخ den}}{\text{تعداد لیف}}$$

$$den_{\text{لیف}} = \frac{105}{70}$$

$$den_{\text{لیف}} = 1.5$$

نمره هر لیف برحسب دسی تکس، از روی نمره دنیر لیف و به صورت زیر حساب می‌شود:

$$dtex = \frac{10}{9} \times den$$

$$dtex = \frac{10}{9} \times 1.5$$

$$dtex = 1.7$$

مثال ۳- نخ‌ی با نمره ۱۰۰ دنیر بر روی یک بوبین پیچیده شده است. اگر وزن نخ روی بوبین ۳/۵ کیلوگرم باشد، طول نخ روی بوبین چند کیلومتر است؟

حل:

طبق تعریف، دنیر عبارت است از جرم ۹۰۰۰ متر (۹ کیلومتر) لیف یا نخ برحسب گرم. با توجه به این تعریف و داده‌های مثال، تناسب ساده زیر را می‌توان نوشت و طول نخ روی بوبین را حساب کرد:

	طول (km)	جرم (g)
نخ	۹	g۱۰۰
بوبین	L	g۳۵۰۰

$$L = \frac{3500 \times 9}{100} = \text{طول نخ روی بوبین}$$

$$L = 315 \text{ Km}$$

مثال ۴- نمره یک لیف پنبه ۱/۵ دنیر است. نمره آن را برحسب میکرونر و میلی تکس حساب کنید.  
حل:

با استفاده از روابط بین دنیر و میکرونر و دنیر و میلی تکس می توان نمره لیف را برحسب میکرونر

$$Mi = 2/82 \times \text{den}$$

$$Mi = 2/82 \times 1/5$$

$$Mi = 4/23$$

$$\text{mtex} = \frac{1000}{9} \times \text{den}$$

$$\text{mtex} = \frac{1000}{9} \times 1/5$$

$$\text{mtex} = 166/7$$

- ۱- واحدهای تکس، دنیر و میکرونر را تعریف کنید.
- ۲- نمره یک لیف ۱/۷ دنیر است. نمره این لیف را برحسب تکس، میلی تکس، دسی تکس و میکرونر حساب کنید.
- ۳- از یک لیف با نمره ۱/۵ دنیر، نخ با نمره ۲۰ تکس ریسیده می شود. تعداد الیاف در سطح مقطع نخ را حساب کنید.

پرسش



تعیین ظرافت الیاف به روش ارتعاشی

فعالیت  
عملی ۴



یکی از روش های تعیین ظرافت الیاف روش ارتعاشی است که به وسیله دستگاهی به نام ویبروسکوپ (Vibroscope) انجام شود. هرگاه نایکنواختی در سطح مقطع لیف مانع از اندازه گیری قطر لیف به عنوان

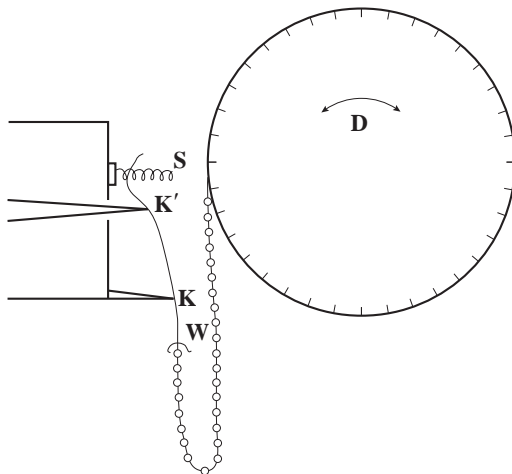
ظرافت شود، تعیین ظرافت به روش ارتعاشی، روش مناسبی است. روش ارتعاشی، برای تعیین ظرافت الیاف پنبه روش مناسبی نیست. چون ظرافت الیاف پنبه در یک نمونه معین دارای تنوع فراوانی است. از این رو، عموماً برای تعیین ظرافت الیاف مصنوعی، از روش ارتعاشی استفاده می‌شود.

اساس تعیین ظرافت الیاف به روش ارتعاشی بر این واقعیت فیزیکی استوار است که، هرگاه یک رشته انعطاف پذیر مثل یک لیف با طول  $l$  و جرم واحد طول  $m$  و با کشش  $T$  تحت نوسان قرار گیرد، این رشته با فرکانس نوسان وارد شده به ارتعاش درمی‌آید، و دامنه ارتعاش رشته زمانی حداکثر است که فرکانس نوسان وارد شده برابر فرکانس طبیعی ( $f$ ) رشته مورد نظر باشد. به فرکانس طبیعی رشته، فرکانس تشدید یا فرکانس رزونانس (resonance) می‌گویند. فرکانس طبیعی ( $f$ ) یک رشته با طول  $l$ ، جرم واحد طول  $m$  و کشش  $T$ ، مطابق تناسب زیر با یکدیگر ارتباط دارند:

$$(الف) \quad F \propto \frac{1}{\sqrt{l}} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$(ب) \quad m \propto T \left(\frac{1}{\sqrt{lf}}\right)^2$$

نمای ترسیمی یک دستگاه ویبروسکوپ در شکل ۷ نشان داده شده است. در این شکل نمونه لیف بین دو گیره فنی  $S$  و  $W$  گرفته شده است.



شکل ۷ - دستگاه ویبروسکوپ

در بین تیغه‌های  $k$  و  $k'$  تحت وزن زنجیری که یک سر آن به گیره فنی  $W$  و سر دیگر آن بر روی استوانه مدرج  $D$  متصل است، تحت کشش می‌باشد. تیغه‌ها به فاصله ۲ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند و تیغه  $k'$  در جهت عمود بر نمونه لیف و با فرکانس ثابت  $1/64$  کیلوهرتز ( $1640$  نوسان در ثانیه) نوسان کرده و نمونه لیف را به ارتعاش درمی‌آورد. در این دستگاه، برای تعیین ظرافت لیف، فرکانس طبیعی لیف که همان فرکانس تشدید لیف می‌باشد اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور، پس از شروع نوسان تیغه  $k'$ ، استوانه مدرج چرخانده می‌شود تا طول زنجیر آویزان شده و در نتیجه وزن یا کشش وارد شده به نمونه لیف تغییر نموده

تا فرکانس ارتعاش لیف به فرکانس تشدید لیف برسد. برای تعیین فرکانس تشدید لیف از یک میکروسکوپ برای مشاهده لیف در حال ارتعاش استفاده می‌شود. هرگاه دامنه نوسان ارتعاش لیف به حداکثر رسید، یعنی ارتعاش لیف در حالت تشدید (رزونانس) می‌باشد. در این صورت، کشش (T) لیف از روی استوانه مدرج یادداشت می‌گردد. با یافتن کشش (T) لیف و با داشتن طول (l) لیف و فرکانس تشدید (f) لیف، از رابطه (ب)، جرم واحد طول (m) لیف تعیین می‌شود. با یافتن جرم واحد طول (m) لیف، می‌توانیم ظرافت لیف را برحسب واحدهای مختلف حساب کنیم.

لازم به توضیح است که دستگاه‌های ویبروسکوپی که برای تعیین ظرافت الیاف نساجی ساخته می‌شوند، ممکن است تفاوت‌هایی با هم داشته باشند، ولی اصول کار همه آنها یکسان است. مثلاً، در بعضی از دستگاه‌های ویبروسکوپ ممکن است به جای تغییر در کشش (T) لیف، از تغییر در فرکانس نوسان وارد شده به لیف استفاده شود. در این نوع ویبروسکوپ برای اعمال کشش به لیف از یک وزنه استفاده می‌شود. باید توجه داشت که در این نوع ویبروسکوپ، کشش وارده به وسیله وزنه دارای محدوده معینی می‌باشد، چون وزنه‌های بزرگ ممکن است باعث تغییرات فیزیکی ناخواسته یا پارگی در نمونه لیف گردند.

### اثرات ظرافت الیاف

ظرافت الیاف از جهات مختلف اهمیت دارد. چنان‌که قبلاً اشاره شده است، ظرافت الیاف مصنوعی را می‌توان پیش از تولید و براساس نوع مصرف تعیین کرده و این الیاف را براساس ظرافت از پیش تعیین شده تولید کرد. اما، ظرافت الیافی چون پشم و پنبه که منشأ طبیعی دارند، متغیر می‌باشد و از یک نژاد به نژاد دیگر یا از یک گله به گله دیگر، از یک مزرعه به مزرعه دیگر یا از یک گوسفند به گوسفند دیگر، یا حتی پشم‌های بخش‌های مختلف اندام یک گوسفند یا الیاف داخل یک غوزه پنبه از نظر ظرافت با یکدیگر متفاوت هستند. اهمیت ظرافت الیاف را می‌توان از جنبه‌های مختلف مثل بهره‌وری در تولید، خواص مکانیکی و فیزیک الیاف و محصولات نساجی، قیمت و ارزش تجاری، جذب رطوبت و رنگ در نظر گرفت. قابل توجه است که در الیاف پشم، هرچه دوره چیدن پشم کوتاه‌تر باشد، ظرافت پشم بیشتر است. یعنی هرچه طول الیاف پشم کمتر باشد، قطر الیاف کمتر یعنی ظرافت پشم بیشتر می‌باشد. اما، در الیاف پنبه هرچه طول الیاف بیشتر باشد، ظرافت الیاف بیشتر است.

### بعضی نکات مهم و قابل توجه در ارتباط با ظرافت الیاف عبارت‌انداز:

۱- **اثر ظرافت الیاف بر تاب نخ:** هرچه الیاف ظریف‌تر باشند، سطح مخصوص آنها بیشتر شده، لذا برای ایجاد یک مقاومت معین در نخ، می‌توان تاب نخ را کاهش داد. در این صورت با افزایش ظرافت الیاف، تاب نخ را می‌توان کاهش داد و در نتیجه بهره‌وری در ریسندگی، به ویژه ماشین رینگ افزایش می‌یابد.

۲- **اثر ظرافت الیاف بر مقاومت نخ:** با افزایش ظرافت الیاف و ثابت ماندن مقدار تاب، مقاومت نخ افزایش می‌یابد. در این صورت اگر برای یک نخ معین، از الیاف ظریف‌تر استفاده شود، می‌توان از ضریب تاب کمتری استفاده کرد.

۳- **اثر ظرافت الیاف بر میزان و سرعت جذب رطوبت و مواد رنگزا:** با افزایش ظرافت الیاف و در نتیجه افزایش سطح مخصوص الیاف، سطحی از لیف که در معرض محیط بیرون قرار می‌گیرد بیشتر شده، که در نهایت منجر به افزایش سرعت جذب رطوبت و مواد از محیط خواهد شد. در این صورت، با افزایش ظرافت

الیاف، سرعت جذب رنگ در حمام رنگرزی افزایش می‌یابد و در نتیجه زمان رمق‌کشی در حمام رنگ کاهش خواهد یافت.

**۴- اثر ظرافت الیاف بر یکنواختی نخ:** برای تهیه یک نخ با نمره معین، در صورتی که از الیاف ظریف‌تر استفاده شود، آنگاه تعداد الیاف در سطح مقطع باید بیشتر باشد. بنابراین، در صورت استفاده از الیاف ظریف‌تر، اگر در حین ریسندگی مثلاً تعداد چند لیف از رشته الیاف مورد نیاز برای تولید نخ جدا شود، نسبت تعداد الیاف جدا شده به تعداد کل الیاف در سطح مقطع نخ کمتر از حالتی خواهد بود که از الیاف ضخیم استفاده می‌شود. در این صورت نخ یکنواخت‌تر و یکدست‌تر خواهد بود.

**۵- اثر ظرافت الیاف بر سختی پیچشی الیاف:** ثابت شده است که با ظریف‌تر شدن الیاف، مقاومت آنها در مقابل پیچش و تاب خوردن کاهش می‌یابد. بنابراین، هرچه لیف ظریف‌تر می‌شود، سختی پیچشی آن کاهش می‌یابد، و در نتیجه نخ تهیه شده از آن دارای انعطاف‌پذیری بیشتری بوده و پارچه حاصل نیز دارای انعطاف‌پذیری بیشتری خواهد بود.

**۶- اثر ظرافت الیاف بر انعکاس نور و جلای الیاف، نخ و پارچه:** با افزایش ظرافت الیاف، سطح مخصوص الیاف و سطوح انعکاس نور آنها افزایش می‌یابد، در نتیجه انعکاس نور و جلای الیاف، نخ و پارچه نیز افزایش خواهد یافت.

درباره انواع روش‌های تعیین ظرافت تحقیق کنید و کاربرد هر یک را تشریح کنید.

تحقیق کنید



به علائم خطر که بر روی قسمت‌های برقی دستگاه نصب شده توجه کنید.

نکات ایمنی و بهداشت



با دقت در انجام آزمایش‌ها از مصرف غیر ضروری برق بکاهید.

نکات زیست محیطی



شناسایی الیاف در پارچه و تعیین نسبت آن

فعالیت عملی ۵



در این آزمایش تاروپود یک پارچه را به روش‌های مختلف چون سوزاندن، مشاهده میکروسکوپی و حلالیت شناسایی می‌کنند و به دنبال آن مقدار هر یک از الیاف در پارچه مخلوط را به دست می‌آورند.

**وسایل آزمایش:** شیشه ساعت، آون، دسیکاتور، ترازو، چراغ گاز بونزن، صفحه تهیه مقطع عرضی، لام و لامل، میکروسکوپ، تیغ.

**مواد مصرفی:** پارچه با تاروپود مختلف، گلیسیرین، استن، متیلن کلراید، اسید فرمیک، متاکرزول، N و N دی متیل فرمامید، سود ۵٪.

### شرح آزمایش

ابتدا تاروپود پارچه را از هم جدا کرده و آزمایش‌های سوزاندن، میکروسکوپی و حلالیت را انجام دهید تا جنس الیاف مشخص شود. بعد تکه‌ای از پارچه را به صورت مستطیل ۳×۲ سانتی متر مربع بریده و نخ‌های اضافی اطراف آن را بگیرید. پارچه را در روی شیشه ساعت قرار داده و به مدت ۴۵ دقیقه تا حدود ۱۱۰ - ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دهید. پس از اینکه رطوبت الیاف تبخیر و پارچه خشک شد آن را از آون خارج کرده و جهت سرد شدن در داخل دسیکاتور قرار دهید. دسیکاتور باید حاوی دانه‌های سیلیکاژل باشد تا مانع جذب رطوبت محیط به وسیله پارچه شود. پارچه را با دقت حدود ده هزارم وزن کنید. بعد تاروپود پارچه را از هم جدا کنید. در این مرحله باید سعی کنید که نخ‌ها دور ریخته نشود و یا مواد خارجی به الیاف نچسبد. تاروپود پارچه را در شیشه‌های ساعت به طور جداگانه گذاشته و دوباره به مدت ۴۵ دقیقه در آون قرار دهید. جهت سرد شدن نخ‌ها آنها را در داخل دسیکاتور قرار دهید و دوباره وزن نمایید. محاسبات را به صورت زیر انجام دهید:

وزن کل پارچه: A

وزن تار: B<sub>۱</sub>

وزن پود: B<sub>۲</sub>

وزن تار و پود: B<sub>۱</sub> + B<sub>۲</sub> = C

اختلاف وزن تار و پود و کل پارچه: E = |C - A|

برای حذف خطای توزین و خطاهای دیگر به طریقه زیر عمل کنید:

$$E \div 2 = \frac{E}{2}$$

$$B_1 \frac{E}{2} = B_1 \text{ وزن تار خشک}$$

$$B_2 \frac{E}{2} = B_2 \text{ وزن پود خشک}$$

اگر در روابط بالا در اختلاف بین A، B و C بزرگ‌تر از A بود، نصف این اختلاف از تک تک وزن تاروپود کم کنید و اگر A بزرگ‌تر از C بود این مقدار یعنی  $\frac{E}{2}$  به هر دو اضافه کنید. برای محاسبه درصد الیاف سازنده تاروپود باید در شرایط استاندارد عمل کنید. شرایط استاندارد عبارت است از دمای عرضی آن تقریباً دایره‌ای می باشد.

## جدول ۲- رطوبت بازیافتی الیاف مختلف در شرایط استاندارد

رطوبت بازیافتی (%)	نوع الیاف
۹/۵	استات
۳/۵	تری‌استات
۱/۵	اکریلیک
۴/۵	نایلون
۰/۴	پلی‌استر
۸/۵	پنبه
۱۱	ویسکوز
۱۳/۶	پشم
۱۱	آبریشم

اما اگر نمای طولی آن میله‌ای و صاف و یکنواخت و مقطع عرضی آن به صورت مثلث باشد در این صورت لیف مورد نظر ابریشم است. اگر الیاف مورد آزمایش در اثر سوزاندن بوی کاغذ سوخته دهد و در نمای طولی آن پیچ خوردگی مشاهده گردد الیاف مورد آزمایش از جنس پنبه است. مقطع عرضی این الیاف لوبیایی شکل است. در صورتی که الیاف مورد نظر دارای نمای طولی میله‌ای و یکنواخت و مقطع عرضی مضرس (دندانه‌ای) باشد لیف مورد نظر از جنس ویسکوز می‌باشد. اگر در اثر سوزاندن الیاف تشخیص دادید که لیف مورد آزمایش یک لیف شیمیایی است در این صورت نماهای طولی آنها تقریباً یکسان بوده و به صورت میله‌ای و صاف است. مقطع عرضی این دسته از الیاف معمولاً به شکل رشته‌ساز و روش ریسندگی بستگی دارد. برای مثال مقطع عرضی الیاف نایلون هم مثلثی است و هم دایره‌ای و یا مقطع اکریلیک هم دمبلی است و هم دایره‌ای. بنابراین برای تشخیص دقیق الیاف از روش‌های دیگری نیز استفاده می‌شود.

**آزمایش حلالیت:** وقتی از طریق آزمایشات سوزاندن و میکروسکوپی اطمینان حاصل کردید که لیف مورد آزمایش شما یک لیف شیمیایی است می‌توانید آنها را از لحاظ حلالیت در استن، اسید فرمیک متاکرزول گرم، N و N دی‌متیل فرمامید مورد ارزیابی قرار دهید. اگر از آزمایش میکروسکوپی و سوزاندن حدس زده بودید که لیف مورد نظر شما استات بوده است در این صورت می‌توانید آن را در استن حل نمایید. پس از حل شدن کامل لیف به آن مقداری آب اضافه کنید. کدر شدن محتویات لولهٔ آزمایش دلیل بر حضور استات می‌باشد. در صورتی که لیف مورد آزمایش در استن حل نشد، پارچه را خشک کرده و به داخل لولهٔ آزمایش حاوی مقداری N و N دی‌متیل فرمامید بیندازید. اگر لیف مورد آزمایش از جنس اکریلیک باشد در این حلال و در جوش حل می‌شود. در غیر این صورت مقداری از پارچهٔ خشک را به داخل لولهٔ آزمایش حاوی اسیدفرمیک سرد بیندازید. در صورتی که لیف مورد آزمایش در اسیدفرمیک حل شود الیاف مورد نظر نایلون است در غیر این صورت، مقداری از پارچهٔ خشک را با متاکرزول گرم عمل نمایید. در صورت حل شدن پارچه، محتویات لولهٔ آزمایش را خنک کرده و به آن مقداری استن بیفزایید در صورت تار شدن محلول وجود پلی‌استر به اثبات می‌رسد.

پس از اتمام آزمایش جدول ۳ را با همکاری دیگر هنرجویان کامل کنید.

### جدول ۳- مشخصات الیاف مورد آزمایش

نام حلال	نمای طولی	مقطع عرضی	خودسوزی	بو در اثر سوختن	نوع الیاف
					پلی آستر استات نایلون اکریلیک پشم پنبه ویسکوز

نکته مهم: در  $20^{\circ}\text{C}$  و درصد رطوبت نسبی ۶۵٪ در جدول شماره ۲۰ رطوبت بازیافتی الیاف مختلف در شرایط استاندارد نشان داده شده است. از طرفی رطوبت بازیافتی با معادله (۱) محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن:

W وزن پارچه مرطوب:

D وزن پارچه خشک:

R درصد رطوبت بازیافتی:

فرض می‌کنیم  $R_1$  و  $R_2$  به ترتیب رطوبت بازیافتی تاروپود  $W_1$  و  $W_2$  وزن تاروپود پارچه در شرایط استاندارد و  $D_1$  و  $D_2$  وزن خشک تاروپود پارچه باشد در این صورت خواهیم داشت:

$$D_1 = B_1 \quad \text{معادله (۲)}$$

$$D_2 = B_2 \quad \text{معادله (۳)}$$

$$R_1 = \frac{W_1 - D_1}{D_1} \times 100 \quad \text{معادله (۴)}$$

$$\text{معادله (۵)}$$

$$R_2 = \frac{W_2 - D_2}{D_2} \times 100$$

از معادله (۴) و (۵) به ترتیب  $W_2$  و  $W_1$  به دست می‌آید که از حاصل جمع آنها وزن کل پارچه حاصل می‌شود. درصد تاروپود پارچه از معادلات (۶) و (۷) به دست می‌آید.



بودمان پنجم: تعیین ویژگی‌های الیاف پلی‌استر-اکریلیک

معادله (۶)

$$\text{درصد تار} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \times 100$$

معادله (۷)

$$\text{درصد پود} = \frac{W_2}{W_1 + W_2} \times 100$$

- ۱- جنس تار پارچه داده شده چیست؟ چگونه تشخیص خود را شرح دهید؟
- ۲- پود پارچه مورد نظر از چه الیافی تشکیل شده است؟
- ۳- برای تعیین نوع الیاف تار و پود از چه حلال‌هایی استفاده کردید؟ چرا؟

پرسش



پس از آنکه همه روش‌های شناسایی الیاف را فرا گرفتید، با همفکری و کمک یکدیگر و راهنمایی هنرآموزتان یک مجموعه دستورالعمل بسازید و در آن به کاربران پیشنهاد بدهید ابتدا از چه روشی استفاده کنند و با هر جوابی که می‌گیرند، چه نتیجه‌ای باید بگیرند و چه آزمایشی را انجام دهند. و در حقیقت یک نقشه اجرایی برای شناسایی الیاف تهیه کنید.

تحقیق کنید



هنگام کار با آتش بسیار مراقب باشید.  
در هنگام استفاده از مواد شیمیایی موارد ایمنی را رعایت کنید.  
در مصرف انرژی صرفه جویی کنید.

نکات زیست محیطی



## فرم ارزشیابی واحد یادگیری ۵- تعیین ویژگی های الیاف پلی استر-اکریلیک

شرح فعالیت: شناسایی الیاف مصنوعی پلی استر، اکریلیک و تعیین خصوصیات الیاف مصنوعی پلی استر، اکریلیک			
استاندارد عملکرد: تعیین نوع الیاف مصنوعی پلی استر، اکریلیک و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی الیاف به کمک ابزار و دستگاه های مشخص شده شاخص ها: تعیین خصوصیات الیاف پلی استر، اکریلیک			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: فضای کار : آزمایشگاه شناسایی الیاف نساجی تجهیزات: دستگاه های سنجش خصوصیات نوری الیاف - منابع تابش نور - منبع اشعه مادون قرمز و ماورای بنفش- ابزار اندازه گیری تنش الیاف - میکروسکوپ پروژکتینا، دستگاه تعیین ظرافت به روش ارتعاشی مواد مصرفی: انواع الیاف نساجی - مواد شیمیایی مرتبط			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین اثر نور بر خواص الیاف نساجی	۱	
۲	تعیین ظرافت الیاف به روش میکروسکوپ پروژکتینا	۱	
۳	تعیین ظرافت الیاف از روی جرم طولی	۲	
۴	تعیین ظرافت الیاف به روش ارتعاشی	۱	
۵	تعیین الیاف موجود در پارچه و تعیین نسبت آن	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن دستگاه و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
<b>میانگین نمرات</b>			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			

- ۱ Physical Properties of Textile Fibers, J. W. S. Hearle and W. E. Morton, Woodhead Publishing, 2008.
- ۲ Identification of Textile Materials, Textile Institute (Manchester, England), 1968.
- ۳ Principles of Textile Testing, J.E. Booth, CBS Publishers & Distributors Pvt. Ltd., 1996.
- ۴ خصوصیات الیاف نساجی، محسن حاجی شریفی و جواد ساسان نژاد، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۸.
- ۵ ریسندگی الیاف کوتاه (تکنولوژی ریسندگی الیاف کوتاه)، میررضا طاهری اطاق سرا، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۷.
- ۶ تکمیل کالای نساجی (جلد اول)، میرهادی سیداصفهان‌ی، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۹.
- ۷ اصول مواد و صنایع نساجی، میررضا طاهری اطاق سرا، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۹۵.



