بخش اول

فیزیک نساجی

فصل ۱

اندازه‌گیری و آمار

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

۱ـ اندازه‌گیری را تعریف کند.

۲ـ دستگاه واحدها را تعریف کند.

۳ـ واحدهای اصلی در دستگاه بین‌المللی واحدها را بیان کند.

۴ـ واحدهای اصلی در دستگاه واحدهای آمریکایی را بیان کند.

۵ـ تبدیل واحدهای دستگاه واحدهای بین‌المللی و دستگاه واحدهای آمریکایی را انجام دهد.

۶ـ آمار را تعریف کرده و هدف‌های استفاده از آمار را توضیح دهد.

۷ـ جامعه آماری، نمونه آماری و عملیات آماری را تعریف کند.

۸ـ داده آماری را تعریف کرده و روش‌های به‌دست آوردن داده آماری را توضیح دهد.

۹ـ انواع آمار (آمار توصیفی و آمار استنباطی) را توضیح دهد.

۱۰ـ انواع شاخص‌های آماری را نام برده و توضیح دهد.

۱۱ـ شاخص‌های آماری را از روی داده‌های آماری توضیح دهد.

اندازه‌گیری و آمار

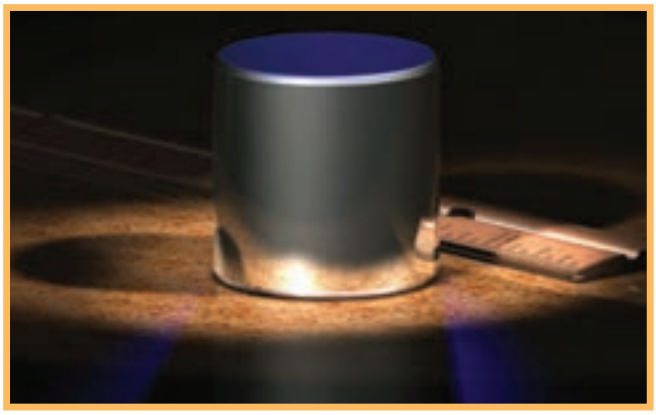
۱ــ۱ــ اندازه‌گیری

اندازه‌گیری عبارت است از تعیین مقدار، میزان یا ابعاد یک کمیت بر اساس یک واحد معین یا استاندارد. پدیده‌ها، ابعاد و کمیت‌های مختلفی وجود دارند که قابل اندازه‌گیری بوده و در زندگی روزمره با بعضی از آنها سر وکار داریم و با برخی از آنها در دروس دوره‌های دبستان، راهنمایی تحصیلی و متوسطه آشنا شده‌ایم. بعضی از مقادیر و اندازه‌گیری‌ها وجود دارند که در زمینه تخصصی ویژه‌ای کاربرد داشته و از آنها در علوم فنی و مهندسی، صنعتی، نجوم و ... استفاده می‌شود.

از کمیت‌های قابل اندازه‌گیری می‌توان به طول، جرم، وزن، زمان، مساحت، حجم و جرم حجمی اشاره کرد. کمیت‌های طول، جرم و زمان کمیت‌های اصلی بوده و دارای واحدی مستقل هستند و بیشتر کمیت‌ها، مثل کمیت‌های مساحت، سرعت، شتاب، وزن، جرم حجمی کمیت‌های فرعی می‌باشند که واحد آنها براساس ترکیبی از واحدهای مستقل یا واحدهای وابسته دیگر بیان می‌شود.

۱ــ۱ــ۱ــ دستگاه واحدها : دستگاه واحدها مجموعه‌ای است که در آن واحدهای فیزیکی تعریف شده و چگونگی اندازه‌گیری کمیت‌ها و رابطه بین واحدها در آن مشخص می‌باشد. در کمیت‌های فیزیکی ۳ مفهوم بنیادی طول، جرم و زمان وجود دارند و این مفاهیم، واحدهای طول، جرم و زمان که از واحدهای اصلی اندازه‌گیری می‌باشند را به همراه دارند.

۱ــ دستگاه بین‌المللی واحدها (SI) : یکی از دستگاه‌های مهم واحدها، دستگاه بین‌المللی واحدها (SI) می‌باشد که کاربرد جهانی دارد. در دستگاه بین‌المللی واحدها، واحد طول به متر (m)، واحد جرم به کیلوگرم (kg) و واحد زمان به ثانیه (s) بیان می‌شود. واحدهای متر، کیلوگرم و ثانیه توسط دانشمندان، مهندسان و کاربران تعریف شده و اکنون برای همه کسانی که از آنها استفاده می‌کنند معین است. مثلاً واحد ثانیه که ابتدا $\frac{۱}{۸۶/۴۰۰}$ زمان متوسط یک روز شمسی (۲۴ ساعت) تعریف شده بود، اکنون به‌عنوان زمان لازم برای تعداد ۹/۱۹۲/۶۳۱/۷۷۰ سیکل تشعشع مطابق با گذار بین دو سطح حالت اصلی اتم عنصر سزیم ۱۳۳ تعریف می‌شود؛ متر، که ابتدا اندازه $\frac{۱}{۱۰/۰۰۰/۰۰۰}$ فاصله خط استوا تا یکی از قطب‌های کره زمین تعریف شده بود، اکنون ۱۶۵۰۷۶۳/۷۳ برابر طول موج نور نارنجی ــ قرمز متناظر با گذار معینی در اتم عنصر کریپتون ۸۶ تعریف می‌شود؛ و کیلوگرم که تقریباً برابر جرم ۰/۰۰۱ مترمکعب آب است، جرم وزنه استانداردی از جنس پلاتین و ایریدیوم است (شکل ۱ــ۱) که در اداره بین‌المللی اوزان و اندازه‌گیری‌ها در نزدیکی شهر پاریس در فرانسه نگهداری می‌شود.



شکل ۱ــ۱ــ وزنه استاندارد کیلوگرم،جرم این وزنه یک کیلوگرم است.

سه واحد اصلی متر، کیلوگرم و ثانیه، واحدهایی هستند که مستقل از مکان هستند، از این‌رو به آنها واحدهای مطلق گفته می‌شود. یعنی مفاهیم متر، کیلوگرم و ثانیه را در هر نقطه یا مکانی روی زمین یا دیگر سیارات می‌توان به‌کار برد، چون مفاهیم آنها مستقل از مکان می‌باشد.

در محاسبات مهندسی و عملیات کاربردی ممکن است از مقادیر بسیار بزرگ یا بسیار کوچک واحدهای اندازه‌گیری استفاده شود. مثلاً در کاربردها و محاسبات ممکن است با فاصله‌های سیارات، وزن یا جرم کرات آسمانی یا زمان‌های بسیار طولانی مثل عمر ستاره‌ها یا زمان‌های بسیار کوتاه مثل پریود نوسان اتم‌ها مواجه شویم. در این مواقع از اضعاف (ضرایب ۱۰) یا اجزای (ضرایب ۰/۱) واحدها استفاده می‌شود. اضعاف و اجزای واحدهای طول و جرم که معمولاً در مهندسی به‌کار می‌روند به‌ترتیب عبارتند از؛ کیلومتر (km) و میلی‌متر (mm)؛ مگاگرم (Mg) (به تن متریک نیز معروف است) و گرم (g). همچنین اضعاف واحد زمان عبارتند از دقیقه (min) و ساعت (hr). پیشوندها، نماها و ضرایب اضعاف و اجزای واحدهای SI در جدول ۱ــ۱ درج شده‌اند.

جدول ۱ــ۱ــ پیشوندها، نماها و ضرایب اضعاف و اجزای واحدهای SI

پیشوند †	نماد	ضرایب
ترا	T	$۱۰^{۱۲}=۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰$
گیگا	G	$۱۰^{۹}=۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰$
مگا	M	$۱۰^{۶}=۱۰۰۰۰۰۰$
کیلو	k	$۱۰^{۳}=۱۰۰۰$
هکتو‡	h	$۱۰^{۲}=۱۰۰$
دکا ‡	da	$۱۰^{۱}=۱۰$
دسی ‡	d	$۱۰^{-۱}=۰/۱$
سانتی ‡	c	$۱۰^{-۲}=۰/۰۱$
میلی	m	$۱۰^{-۳}=۰/۰۰۱$
میکرو	μ	$۱۰^{-۶}=۰/۰۰۰۰۰۱$
نانو	n	$۱۰^{-۹}=۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱$
پیکو	p	$۱۰^{-۱۲}=۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱$
فمتو	f	$۱۰^{-۱۵}=۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱$
اتو	a	$۱۰^{-۱۸}=۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱$

† برای تأکید روی پیشوند، سیلاب اول با تکیه تلفظ می‌شود. مثلاً، برای تلفظ کیلومتر، سیلاب اول با تکیه تلفظ می‌شود نه سیلاب دوم.
‡ این پیشوندها را نباید به‌کار برد، مگر در اندازه‌گیری مساحت و حجم و هنگام استفاده غیرفنی از سانتی‌متر، مثلاً برای اندازه‌گیری‌ها در لباس.

با استفاده از اضعاف و اجزای یک واحد، نوشتن اعداد خیلی بزرگ یا خیلی کوچک لازم نیست. مثلاً می‌توان به‌جای ۲۳۷۴۰۰ متر، نوشت ۲۳۷/۴ کیلومتر یا به جای ۰/۰۰۳۲۶ متر، می‌توان نوشت ۳/۲۶ میلی‌متر.

واحدهای مساحت و حجم که از واحدهای فرعی دستگاه SI می‌باشند، کاربرد فراوانی در محاسبات نساجی دارند. واحد مساحت مترمربع (m^2) است، و آن عبارت است از مساحت مربعی به ضلع ۱ متر. واحد حجم در دستگاه SI مترمکعب (m^3) است، و آن عبارت است از حجم مکعب مربعی به ضلع ۱ متر.

از آنجا که در محاسبات مربوط به نساجی و فیزیک نساجی از واحدهای طول، مساحت و حجم بسیار استفاده می‌شود، و برای اجتناب از مقادیر عددی خیلی بزرگ و یا خیلی کوچک در محاسبات مساحت و حجم از دستگاه زیر واحدی استفاده می‌شود. در

دستگاه زیر واحدی، میلی‌متر (mm)، دسی‌متر (dm) و سانتی‌متر (cm) که از اجزای متر (m) هستند به نمای ۲ یا ۳ می‌رسند. چون طبق تعریف رابطه بین متر (m) و اجزای متر به‌صورت زیر است :

$$۱\ dm = ۰/۱\ m = ۱۰^{-۱}\ m$$

$$۱\ cm = ۰/۰۱\ m = ۱۰^{-۲}\ m$$

$$۱\ mm = ۰/۰۰۱\ m = ۱۰^{-۳}\ m$$

حال با توجه به روابط بین متر و اجزای متر (روابط بالا) اجزای واحد مساحت که دسی‌متر مربع ($dm^۲$)، سانتی‌متر مربع ($cm^۲$) و میلی‌متر مربع ($mm^۲$) هستند را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$۱\ dm^۲ = (۱\ dm)^۲ = (۱۰^{-۱} m)^۲ = ۱۰^{-۲}\ m^۲$$

$$۱\ cm^۲ = (۱\ cm)^۲ = (۱۰^{-۲} m)^۲ = ۱۰^{-۴}\ m^۲$$

$$۱\ mm^۲ = (۱\ mm)^۲ = (۱۰^{-۳} m)^۲ = ۱۰^{-۶}\ m^۲$$

همینطور، اجزای واحد حجم که دسی‌متر مکعب ($dm^۳$)، سانتی‌متر مکعب ($cm^۳$) و میلی‌متر مکعب ($mm^۳$) هستند را می‌توان به‌صورت زیر نوشت :

$$۱\ dm^۳ = (۱\ dm)^۳ = (۱۰^{-۱} m)^۳ = ۱۰^{-۳}\ m^۳$$

$$۱\ cm^۳ = (۱\ cm)^۳ = (۱۰^{-۲} m)^۳ = ۱۰^{-۶}\ m^۳$$

$$۱\ mm^۳ = (۱\ mm)^۳ = (۱۰^{-۳} m)^۳ = ۱۰^{-۹}\ m^۳$$

لازم به توضیح است که در اندازه‌گیری حجم مایعات و در موارد کاربردی، معمولاً یک دسی‌متر مکعب ($dm^۳$) را لیتر (L) و یک سانتی‌متر مکعب ($cm^۳$) را سی‌سی (cc) می‌گویند.

بعضی از واحدهای فرعی دستگاه بین‌المللی SI در جدول ۱ــ۲ درج شده‌اند.

جدول ۱ــ۲ــ واحدهای فرعی دستگاه SI

کمیت	واحد	نماد	رابطه
شتاب	متر بر مجذور ثانیه	a	$m/s^۲$
زاویه	رادیان	rad	†
شتاب زاویه‌ای	رادیان بر مجذور ثانیه	α	$rad/s^۲$
سرعت زاویه‌ای	رادیان بر ثانیه	ω	rad/s
مساحت	مترمربع	A	$m^۲$
چگالی	کیلوگرم بر مترمکعب	ρ	$kg/m^۳$
انرژی	ژول	J	N.m
نیرو	نیوتن	N	$kg.m/s^۲$
فرکانس	هرتز	Hz	$s^{-۱}$
ضربه	نیوتن ـ ثانیه	...	kg.m/s
طول	متر	m	‡
جرم	کیلوگرم	kg	‡
لنگر نیرو	نیوتن ـ متر	...	N.m
قدرت (توان)	وات	W	J/s
فشار	پاسکال	Pa	$N/m^۲$
تنش	پاسکال	Pa	$N/m^۲$
زمان	ثانیه	s	‡
سرعت	متر بر ثانیه	v	m/s
حجم :			
جامدات	مترمکعب	V	$m^۳$
مایعات	لیتر	L	$۱۰^{-۳} m^۳$
کار	ژول	J	N.m

† واحد تکمیلی ($۳۶۰ = ۲\pi rd$ = یک دوران)
‡ واحد اصلی

۲ــ دستگاه واحدهای آمریکایی (U.S.) : امروزه بیشتر مهندسان آمریکایی از دستگاه واحدهایی استفاده می‌کنند که کمیت‌های اصلی آن طول، نیرو و زمان است. واحدهای این کمیت‌های اصلی به ترتیب فوت (ft) برای طول، پوند (lb) برای وزن و ثانیه (s) برای زمان است. یعنی واحد مشترک دستگاه SI و U.S واحد زمان یعنی ثانیه (s) است. در دستگاه U.S فوت برابر ۰/۳۰۴۸m، پوند برابر وزن وزنه‌ای استاندارد از جنس پلاتین به جرم ۰/۴۵۳۵۹۲۴۳kg (تقریباً معادل ۴۵۳/۶ g) است که این وزنه در انستیتوی بین‌المللی استانداردها و فناوری در شهر واشنگتن آمریکا نگهداری می‌شود. چون وزن اجسام به شتاب ثقل زمین بستگی دارد و شتاب ثقل نیز بسته به مکان تغییر می‌کند، لذا یک پوند، وزن وزنه استاندارد در سطح دریا و عرض جغرافیایی 45° می‌باشد. گفتنی است که واحد جرم در دستگاه U.S، اسلاگ (slug) است.

از آنجا که یکی از کمیت‌های اصلی دستگاه U.S نیرو (وزن وزنه استاندارد) است و وزن وزنه استاندارد نیز به میزان گرانش یا نیروی جاذبه زمین بستگی دارد، و چون نیروی جاذبه زمین در نقاط مختلف متفاوت است، لذا دستگاه U.S. برخلاف دستگاه بین‌المللی SI، یک دستگاه مطلق نمی‌باشد، چون واحد نیرو یا همان وزن وزنه استاندارد در دستگاه U.S بسته به مکانی که قرار دارد متغیر می‌باشد.

دیگر واحدهای دستگاه U.S. که در مسایل مهندسی به‌کار می‌روند، عبارتند از مایل (mi) که برابر ۵۲۸۰ ft؛ یارد (yd) برابر ۳ft؛ اینچ (in) برابر $\frac{۱}{۱۲}$ ft؛ کیلوپوند (kip) برابر ۱۰۰۰ lb است.

۱ــ۱ــ۲ــ تبدیل واحدها در دستگاه‌های SI و U.S : در بعضی محاسبات فنی و مهندسی لازم است که واحدهای دستگاه‌های SI و U.S به یکدیگر تبدیل شوند. تبدیل واحدهای طول، نیرو و جرم دو دستگاه SI و U.S به‌صورت زیر می‌باشد :

۱ــ واحدهای طول :

۱ ft = ۰/۳۰۴۸ m　　۱ in = ۲/۵۴ cm

۱ mi = ۵۲۸۰ ft　　۱ in = ۲۵/۴ mm

۱mi = ۱۶۰۹ m

۱ mi = ۱/۶۰۹ km

۱ yd = ۰/۹۱۴۴ m

۱ yd = ۳ ft

۱ ft = ۱۲ in

۱ yd = ۳۶ in

۲ــ واحدهای نیرو : یادآوری می‌گردد که واحد نیرو در دستگاه U.S. وزن وزنه استانداردی به جرم ۴۵۳/۶ گرم در سطح دریا و در عرض جغرافیایی 45° است.

۱ lb=۴/۴۴۸ N

۳ــ واحدهای جرم : واحد جرم در دستگاه U.S. اسلاگ (slug) و یک واحد فرعی است و برابری آن با جرم در دستگاه SI به‌صورت زیر است :

۱ slug = ۱۴/۵۹ kg

ولی برای تبدیل جرم در دستگاه U.S. به جرم دستگاه SI، طبق تعریف از یک پوند جرم استفاده می‌شود. بر این اساس برای این تبدیل از روابط زیر استفاده می‌شود :

۱ lb = ۰/۴۵۳۶ kg

۱ lb = ۴۵۳/۶ g

۱ــ۱ــ۳ــ خلاصه تبدیلات واحدها در دستگاه‌های مختلف مورد استفاده در نساجی :

۱ــ تبدیلات طول :

۱ yd = ۳ ft

۱ yd = ۳۶ in

۱ ft = ۱۲ in

۱ mi = ۵۲۸۰ ft

۱ mi = ۱۷۶۰ yd

۱ yd = ۰.۹۱۴۴ m

۱ m = ۱۰۰ cm

۱ m = ۱۰۰۰ mm

۱ m = ۱۰ dm

۱ cm = ۱۰ mm

۱ dm = ۱۰۰ mm

۱ dm = ۱۰ cm

۱ in = ۲/۵۴ cm

۱ in = ۲۵/۴ mm

۱ ft = ۳۰/۴۸ cm

۱ yd = ۹۱/۴۴ cm

۱ mi = ۱۶۰۹ m

۲ــ تبدیلات وزن :

۱ kg = ۱۰۰۰ g

۱ lb = ۱۶ oz (اونس)

۱ lb = ۷۰۰۰ gr (گرین)

۱ lb = ۴۵۳/۶ g

۱ــ۲ــ آمار

در آمار با اعداد حاصل از شمارش یا اعداد حاصل از اندازه‌گیری یا اعداد بیان شده به‌وسیله احساس افراد سروکار داریم. درعلم آمار، ابتدا اعداد و ارقام جمع‌آوری می‌شوند که به آنها اطلاعات آماری یا داده‌های آماری می‌گویند، سپس اطلاعات حاصل خلاصه‌سازی و تنظیم می‌شوند، آنگاه پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات تنظیم شده و تفسیر آنها، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل برای مجموعه‌ای که اطلاعات از آن دریافت شده است تعمیم داده می‌شود. بر این اساس، در تعریف آمار می‌توانیم بگوییم «به علم جمع‌آوری و استفاده از اعداد حاصل از شمارش تعداد، اندازه‌گیری کمیت‌ها و بیان احساس، آمار می‌گویند.» در کاربرد علم آمار می‌توان ۴ مرحله مشخص زیر را در نظر گرفت :

۱ــ جمع‌آوری اطلاعات

۲ــ خلاصه‌سازی و تنظیم اطلاعات

۳ــ تجزیه و تحلیل اطلاعات و تفسیر نتایج حاصل

۴ــ تعمیم نتایج حاصل

هدف استفاده از آمار و روش‌های آماری می‌تواند بررسی خواص و ویژگی‌های معین عناصر یک مجموعه، یا تجزیه و تحلیل اعداد حاصل از شمارش یا اندازه‌گیری در یک جامعه معین باشد. مجموعه عناصر مورد نظر می‌تواند مثلاً جمعیت یک کشور باشد که در این‌صورت می‌توان سن افراد، وزن افراد، شغل و درآمد افراد ... به‌عنوان اطلاعات یا داده‌های آماری در نظر گرفته شود، یا مثلاً می‌توان یک بوبین نخ را در نظر گرفت که برای تعیین مقاومت نخ این بوبین، نمونه‌هایی از آن برای اندازه‌گیری مقاومت در نظر گرفته می‌شود، در این صورت اعداد حاصل از اندازه‌گیری که نشان‌دهنده مقاومت نمونه‌های اندازه‌گیری شده است، به‌عنوان اطلاعات یا داده‌های آماری در نظر گرفته می‌شوند.

۱ــ۲ــ۱ــ بعضی تعاریف در آمار

۱ــ جامعه آماری: یکی از مفاهیم اساسی در علم آمار، جامعه آماری است. جامعه آماری یک مجموعه معین از عناصر می‌باشد که اطلاعات آماری از این جامعه به‌دست می‌آید. مثلاً برای تعیین تاب نخ یک ماشین رینگ، نخ‌های در حال تولید بر روی همه واحدهای (دوک‌های) این ماشین رینگ به‌عنوان جامعه آماری شناخته می‌شود. همچنین همه پارچه‌های معین خریداری شده از کارخانه بافندگی، برای یک کارخانه تولید لباس کار، یک جامعه آماری برای کارخانه تولید لباس کار در نظر گرفته می‌شود.

۲ــ نمونه آماری : نمونه آماری مجموعه کوچکی از جامعه آماری است که برای اندازه‌گیری یا تعیین یک کمیت در نظر گرفته می‌شود. در بررسی یک جامعه آماری به ندرت از همه شماری یا سرشماری استفاده می‌شود، لذا برای تعیین یک کمیت در یک جامعه آماری معین، بخش کوچکی از جامعه آماری را به‌عنوان نمونه آماری در نظر گرفته و آزمایشات، اندازه‌گیری‌ها و تعیین کمیت را بر روی نمونه آماری انجام می‌دهد. مثلاً، برای تعیین طول الیاف خریداری شده برای یک کارخانه ریسندگی، ابتدا از الیاف خریداری شده نمونه‌برداری می‌شود، سپس طول الیاف از روی نمونه برداشت شده تعیین و اعلام می‌شود.

۳ــ عملیات آماری : به کلیه عملیات تعریف شده با روش معین، مثل مرتب کردن، دسته‌بندی کردن و محاسبات ریاضی که با هدف خاصی بر روی اعداد حاصل از اندازه‌گیری یا سنجش یک کمیت از یک نمونه آماری انجام می‌شود، عملیات آماری گفته می‌شود.

۱ــ۲ــ۲ــ داده‌های آماری : چنانکه در تعریف آمار اشاره شده است، در علم آمار با اعداد سر و کار داریم. اعداد و ارقام خامی که از یک جامعه آماری یا نمونه آماری مورد نظر بدست می‌آید را داده‌های آماری یا اطلاعات آماری می‌نامند. داده‌های آماری معمولاً به‌صورت یک دسته یا مجموعه اعداد هستند که به روش‌های مختلفی از نمونه آماری یا جامعه آماری به‌دست می‌آیند. بسته به نوع کمیت مورد نظر، داده‌های آماری می‌توانند به سه روش به دست آیند. این سه روش عبارت‌اند :

الف) شمارش : در تعیین داده‌های آماری اگر با مقادیر گسسته و جدا از هم سر و کار داشته باشیم در این صورت داده‌های آماری با شمارش یا شمردن تعداد حاصل می‌شود. مثلاً تعداد هنرجویان هنرستان با شمردن به‌دست می‌آید و با اعدادی مثل ۲۵ نفر، ۲۷ نفر، ۳۲ نفر و ... بیان می‌شود، و اعلام تعداد دانش‌آموزان با اعداد ۲۵/۳ (بیست و پنج و سه دهم) نفر، یا ۳۰/۷ (سی و هفت دهم) نفر صحیح نمی‌باشد، چون تعداد هنرجویان یا کلاً تعداد افراد با عدد صحیح بیان می‌شود، به‌خاطر اینکه **تعداد** یک کمیت گسسته است نه پیوسته.

ب) اندازه‌گیری : تعیین مقدار کمیت‌های پیوسته مثل طول، جرم، نیرو و مقاومت اندازه‌گیری نامیده می‌شود. چنانکه در بخش اندازه‌گیری اشاره شده است، برای اندازه‌گیری یک کمیت پیوسته از استاندارد اندازه‌گیری آن کمیت استفاده می‌شود. در اندازه‌گیری، برخلاف شمارش می‌توانیم از اعداد غیرصحیح (کسری و اعشاری) نیز استفاده کنیم، یعنی در بیان مقادیر اندازه‌گیری شده می‌توان هم

از اعداد صحیح و هم از اعداد اعشاری و کسری استفاده کرد. مثلاً، مقاومت و نمره نخ را می‌توان با اعداد اعشاری و صحیح بیان کرد. چون کمیت‌های مقاومت و نمره نخ و واحدهای آنها وابسته به نیرو و جرم هستند و چون کمیت‌های نیرو و جرم خود کمیت‌های پیوسته هستند، لذا، مقاومت و نمره نخ نیز کمیت‌های پیوسته و واحدهای آنها نیز پیوسته هستند.

ج) حسی : در تعیین مقدار یا میزان بعضی از کمیت‌ها نمی‌توان از شمارش یا اندازه‌گیری به‌وسیله یک استاندارد معین استفاده کرد. کمیت‌هایی مانند زیبایی یا زشتی، دوست داشتن یا تنفر، شادی یا غم را نه می‌توان شمرد و نه می‌توان با یک ابزار استاندارد اندازه‌گیری کرد، بلکه میزان این کمیت‌ها به‌صورت حسی (احساسی) درک و بیان می‌شوند. برای تعیین بزرگی یا کوچکی، شدت یا ضعف این‌گونه کمیت‌ها از مقایسه حسی عناصر یا اجزای نمونه یا مجموعه استفاده می‌شود و نتایج مقایسه این کمیت‌ها را به‌صورت اعدادی که نشان دهند رتبه‌بندی آنها می‌باشد بیان می‌کنند.

در نساجی نیز کمیت‌هایی مثل زیردست پارچه یا راحتی پوشاک و البسه کمیت‌هایی هستند که به روش شمارش یا اندازه‌گیری با یک استاندارد نمی‌توان شدت و ضعف آنها را بیان کرد[1]. بلکه، این کمیت‌ها به‌صورت حسی به وسیله افراد درک یا احساس می‌شوند، سپس بر اساس احساس و درک افراد، مواد مورد سنجش (پارچه یا لباس) با نسبت دادن اعدادی رتبه‌بندی می‌شوند. بنابراین، اعداد نسبت داده شده به عناصر مورد سنجش یا رتبه آنها به عنوان داده‌های آماری در عملیات آماری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

۱ــ۲ــ۳ــ آمار توصیفی و آمار استنباطی : نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های آماری که از یک نمونه آماری به‌دست می‌آید، می‌تواند بدون در نظر گرفتن جامعه آماری فقط برای عناصر موجود در نمونه مورد استفاده قرار گیرد، یا اینکه نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل را به جامعه آماری که نمونه از آن برداشت شده تعمیم دهیم. براین اساس، آمار به دو رشته آمار توصیفی و آمار استنباطی یا استقرایی تقسیم می‌شود.

۱ــ آمار توصیفی : در آمار توصیفی نتایج حاصل از روش‌های آماری استفاده شده برای اطلاعات آماری به‌دست آمده از یک نمونه آماری فقط برای تجزیه و تحلیل عناصر موجود در همان نمونه استفاده می‌شود.

۲ــ آمار استنباطی : در آمار استنباطی نتایج حاصل از روش‌های آماری استفاده شده برای اطلاعات آماری به‌دست آمده از یک نمونه آماری، برای تجزیه و تحلیل عناصر یک مجموعه بزرگ‌تر از نمونه در نظر گرفته شده، مثلاً برای جامعه آماری که نمونه از آن گرفته شده است مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱ــ۲ــ۴ــ شاخص‌های آماری :داده‌های آماری ویژگی‌های مختلفی دارند، و برای بیان و نشان دادن این ویژگی‌ها، مقدار این ویژگی‌ها تعیین یا محاسبه شده و با اعداد بیان می‌شوند. اعداد حاصل از عملیات آماری که برای توصیف داده‌های آماری یا نمونه آماری مورد استفاده قرار می‌گیرند را شاخص آماری می‌گویند. مهم‌ترین شاخص‌های آماری عبارت‌اند از شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی.

الف) شاخص‌های مرکزی

شاخص‌های مرکزی نشان می‌دهند که داده‌های آماری در اطراف کدام عدد از داده‌های آماری تمرکز دارند. مهم‌ترین شاخص‌های مرکزی عبارتند از میانگین حسابی، میانه، مُد.

۱ــ میانگین حسابی : برای یک گروه از اعداد مثل داده‌های آماری، میانگین‌های مختلفی می‌توان بیان کرد. از انواع میانگین‌هایی که برای یک گروه از اعداد تعریف می‌شود، میانگین حسابی است که با $\overline{X}$ نشان داده می‌شود و از بقیه میانگین‌ها معمول‌تر

۱ــ لازم به توضیح است که تلاش‌های فراوانی در حال انجام است تا بتوان دستگاه‌هایی ساخت تا بتوان این کمیت‌ها را با توجه به رفتارهای فیزیکی پارچه اندازه‌گیری و با اعداد بیان کرد.

است. براساس تعریف میانگین حسابی به‌صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود : $\text{میانگین حسابی} = \frac{\text{حاصل جمع مشاهدات}}{\text{تعداد مشاهدات}}$

در این‌صورت اگر مشاهدات را به‌صورت x_1، x_2، x_3 ... x_n نشان دهیم، میانگین حسابی مشاهدات به‌صورت زیر حساب می‌شود :

$$\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

در رابطه فوق x نشان دهنده مشاهده؛ $\overline{X}$ میانگین (میانگین حسابی)؛ i نشان‌دهنده شماره مشاهده (یعنی x_2 نشان‌دهنده دومین و x_8 نشان‌دهنده هشتمین مشاهده) و n نشان‌دهنده تعداد کل مشاهدات می‌باشد. فرمول کلی میانگین را به‌صورت زیر نشان می‌دهند :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

مثال ۱ــ۱ــ برای تعیین نمره نخ یک بوبین، تعداد ۱۰ نمونه از این نخ مورد آزمایش قرار گرفته که نتایج حاصل برحسب تکس به‌صورت زیر می‌باشد. میانگین نمره نخ را حساب کنید.

۱۹، ۲۰/۸، ۱۹/۸، ۲۱/۵، ۲۲، ۲۰، ۱۸/۵، ۲۰/۵، ۱۹/۵، ۲۱

در اینجا تعداد نمونه ۱۰ یعنی n=۱۰ است. لذا میانگین ($\overline{X}$) به‌صورت زیر حساب می‌شود :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \frac{۲۱+۱۹/۵+۲۰/۵+۱۸/۵+۲۰+۲۲+۲۱/۵+۱۹/۸+۲۰/۸+۱۹}{۱۰} = ۲۰/۲۶$$

۲ــ میانه : در یک گروه از اعداد مثلاً یک گروه از داده‌های آماری، میانه عددی است که نیمی از داده‌ها از آن کوچک‌تر و نیم دیگر از آن بزرگ‌تر هستند. به تعبیر دیگر، اگر یک گروه از داده‌های آماری را از کوچک به بزرگ مرتب کنیم، و اگر تعداد داده آماری فرد باشد، عدد میانی به‌عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود. ولی اگر تعداد داده‌های آماری زوج باشد، میانگین دو عدد میانی به‌عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود.

مثال ۱ــ۲ــ میانه هریک از گروه داده‌های زیر را بیابید.

گروه اول : ۲۴ و ۴۸ و ۱۸ و ۱۶ و ۴ و ۸ و ۱۶ و ۱۸ و ۳۲ و ۱۲ و ۸ و ۲ و ۲۲

گروه دوم : ۱۳ و ۱۵ و ۱۷ و ۳۱ و ۷ و ۹ و ۱۹ و ۱۷ و ۳۳ و ۳

الف) برای یافتن میانه گروه اول، ابتدا اعداد موجود در داده‌ها را به ترتیب کوچک به بزرگ (صعودی) و به ترتیب زیر مرتب می‌کنیم :

۴۸ و ۳۲ و ۲۴ و ۲۲ و ۱۸ و ۱۸ و <u>۱۶</u> و ۱۶ و ۱۲ و ۸ و ۸ و ۴ و ۲

در اینجا عددی که زیر آن خط کشیده شده است یعنی ۱۶ به‌عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود، چون کل اعداد موجود در گروه ۱۳ می‌باشد، و ۶ عدد قبل از عدد میانه و ۶ عدد بعد از میانه قرار دارند.

ب) برای تعیین میانه گروه دوم، مثل گروه اول،اعداد گروه دوم را از کوچک به بزرگ مرتب می‌کنیم.

۳۳ و ۳۱ و ۱۹ و ۱۷ و <u>۱۵</u> و <u>۱۳</u> و ۱۳ و ۹ و ۷ و ۳

در اینجا تعداد اعداد موجود در گروه زوج (۱۰) می‌باشد. لذا، برای تعیین میانه، میانگین حسابی دو عدد میانی یعنی ۱۳ و ۱۵ (زیر این اعداد خط کشیده شده است) حساب شده و به‌عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود. یعنی میانه به طریق زیر حساب می‌شود :

$$\text{میانه} = \frac{۱۳+۱۵}{۲} = \frac{۲۸}{۲} = ۱۴$$

۳ــ مُد : در یک گروه از داده‌های آماری، مُد به عددی گفته می‌شود که بیشتر از همه در داده‌ها وجود داشته باشد، یا به تعبیری بیشترین فراوانی را داشته باشد.

مثال ۱ــ۳ــ در گروه داده‌های زیر، مُد را تعیین کنید.

۷و ۱۲و ۷و ۴و ۱و ۱۵و ۱۳و ۱۰و ۸و ۷و ۸و ۹و ۱۳و ۵و ۳و ۷و ۱۲و ۷و ۵و ۳و ۵و ۱

در گروه داده‌های فوق بیشترین تکرار مربوط به عدد ۷ می‌باشد. لذا، عدد ۷ به‌عنوان مُد در نظر گرفته می‌شود.

توجه : به شاخص مُد، «نما» نیز گفته می‌شود.

ب) شاخص‌های پراکندگی

در یک گروه از داده‌های آماری، اگر همه داده‌ها با یکدیگر برابر باشند، پراکندگی بین داده‌ها وجود ندارد. ولی در عمل، مثلاً در یک آزمایش تعیین نمره نخ، نمره حاصل از نمونه‌های مختلف، با یکدیگر متفاوت هستند و برای بیان تفاوت، میزان تفاوت و چگونگی تفاوت داده‌ها در یک گروه از داده‌های آماری، از شاخص‌های پراکندگی استفاده می‌کنند. اصولاً، شاخص‌های پراکندگی نشان دهنده میزان و چگونگی پراکندگی داده‌های آماری هستند.

شاخص‌های پراکندگی عبارت‌اند از دامنه تغییرات، میانگین انحرافات، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات، که در زیر به آنها پرداخته می‌شود :

۱ــ دامنه تغییرات : دامنه تغییرات که با R نشان داده می‌شود، نشان‌دهنده وسعت یا میدان تغییرات داده‌های آماری می‌باشد. در واقع دامنه تغییرات بیان‌کننده فاصله بین کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین عدد موجود در گروه داده‌های آماری می‌باشد. تفاضل بین بزرگ‌ترین عدد و کوچک‌ترین عدد موجود در گروه داده‌های آماری نشان‌دهنده دامنه تغییرات بوده و برای این کار کوچک‌ترین عدد را از بزرگ‌ترین عدد کم می‌کنیم.

برای مثال، برای تعیین دامنه تغییرات داده‌های گروه اول در مثال ۱ــ۲ به روش زیر عمل می‌کنیم :

بزرگترین عدد = ۴۸ و کوچکترین عدد = ۲

دامنه تغییرات $R = ۴۸ - ۲ = ۴۶$

یا در مثال ۱ــ۳، دامنه تغییرات به‌صورت زیر تعیین می‌شود :

$R = ۱۵ - ۱ = ۱۴$

۲ــ میانگین انحرافات : در یک گروه از داده‌های آماری، اگر میانگین را حساب کنیم، فاصله هریک از داده‌ها تا میانگین به‌عنوان انحراف در نظر گرفته می‌شود که در واقع نشان‌دهنده اختلاف بین یک داده معین و میانگین می‌باشد. در یک گروه از داده‌های آماری، به تعداد داده‌های آماری، انحراف از میانگین یا انحراف داریم. انحراف هر داده، با تفاضل آن داده از میانگین به‌دست می‌آید.

به متوسط یا معدل انحراف‌ها، میانگین انحرافات ($\bar{d}$) گفته می‌شود. میانگین انحرافات از حاصل تقسیم مجموع قدر مطلق انحرافات بر تعداد داده‌ها (n) به‌دست می‌آید. اگر انحراف i امین داده از میانگین یعنی d_i برابر $x_i - \bar{x}$ باشد، آنگاه میانگین انحرافات از رابطه زیر حساب می‌شود :

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=۱}^{i=n} d_i}{n} = \frac{\sum_{i=۱}^{i=n} |x_i - \bar{x}|}{n}$$

در رابطه فوق از قدر مطلق استفاده شده است، چون بعضی از داده‌ها بزرگ‌تر از میانگین و برخی دیگر کوچک‌تر از میانگین هستند. لذا، برای جلوگیری از جمع جبری یا اثرگذاری عددهای مثبت و منفی بر یکدیگر، از قدر مطلق استفاده شده است تا عددهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی نکنند.

مثال ۱ــ۴ــ برای تعیین نمره نخ یک بوبین ۱۰ نمونه از آن انتخاب و آزمایش لازم بر روی آنها انجام شده است. اگر نمره‌های تعیین شده به‌صورت زیر باشد، میانگین انحرافات را حساب کنید.

۳۰/۷ و ۳۱ و ۲۹ و ۲۸/۷ و ۲۹/۵ و ۲۸/۷ و ۳۰ و ۳۰/۵ و ۳۱/۸ و ۳۲/۵

$$\bar{x}=\frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i}{n}=\frac{\sum_{i=1}^{i=10} x_i}{n}=\frac{۳۲/۵+۳۱/۸+۳۰/۵+۳۰+۲۸/۷+۲۹/۵+۲۸/۷+۲۹+۳۱+۳۰/۷}{۱۰}=\frac{۳۰۲/۴}{۱۰}=۳۰/۲۴$$

اکنون با توجه به میانگین، انحراف هریک از داده‌ها را از میانگین حساب کرده در جدول زیر درج می‌کنیم.

x_i	$x_i-\bar{x}$	$d_i=\lvert x_i-\bar{x}\rvert$
۳۲/۵	۲/۲۶	۲/۲۶
۳۱/۸	۱/۵۶	۱/۵۶
۳۰/۵	۰/۲۶	۰/۲۶
۳۰	−۰/۲۴	۰/۲۴
۲۸/۷	−۱/۵۴	۱/۵۴
۲۹/۵	−۰/۷۴	۰/۷۴
۲۸/۷	−۱/۵۴	۱/۵۴
۲۹	−۱/۲۴	۱/۲۴
۳۱	۰/۷۶	۰/۷۶
۳۰/۷	۰/۴۶	۰/۴۶

حال برای محاسبه میانگین انحرافات به روش زیر عمل می‌کنیم :

$$\bar{d}=\frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i}{n}=\frac{\sum_{i=1}^{10} d_i}{10}$$

$$\bar{d}=\frac{۲/۲۶+۱/۵۶+۰/۲۶+۰/۲۴+۱/۵۴+۰/۷۴+۱/۵۴+۱/۲۴+۰/۷۶+۰/۴۶}{۱۰}$$

$$d=\frac{۱۰/۶}{۱۰}\Rightarrow \bar{d}=۱/۰۶$$

یعنی، به‌طور متوسط هر داده به مقدار ۱/۰۶ با میانگین نمره نخ اختلاف دارد.

۳ــ واریانس : اگرچه میانگین انحرافات شاخص خوبی برای نشان دادن اختلاف بین داده‌های آماری با میانگین می‌باشد، ولی چون به‌دلیل استفاده از قدر مطلق همه تغییرات به‌صورت مثبت در نظر گرفته می‌شوند، لذا کاربرد آن در محاسبات و نظریات آماری دشوار می‌باشد. بنابراین، از شاخص دیگری به نام واریانس که با S^2 نشان داده می‌شود، استفاده می‌گردد. شاخص واریانس از رابطه زیر حساب می‌شود :

$$S^2=\frac{\sum_{i=1}^{i=n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}$$

در محاسبه واریانس برخلاف محاسبه میانگین انحرافات، از مربع اختلاف هر داده با میانگین حساب می‌شود. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که در محاسبه واریانس به جای $n-1$ باید از n استفاده شود. البته در محاسبه واریانس برای تعداد داده‌های بیشتر از ۳۰ در مخرج کسر از n و برای تعداد داده‌های کمتر از ۳۰ در مخرج کسر از $n-1$ استفاده می‌شود.

مثال ۱ــ۵ــ واریانس نمره نخ اشاره شده در مثال ۱ــ۴ را تعیین نمایید.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{i=10}(x_i - 30/24)^2}{9}$$

$$= \frac{(2/26)^2 + (1/56)^2 + (0/26)^2 + (0/24)^2 + (1/54)^2 + (0/74)^2 + (1/54)^2 + (1/24)^2 + (0/76)^2 + (0/46)^2}{9}$$

$$= \frac{5/1076 + 2/4336 + 0/0676 + 0/0576 + 2/3716 + 0/5476 + 2/3716 + 1/5376 + 0/5776 + 0/2116}{9}$$

$$= \frac{15/2837}{9} \Rightarrow S^2 = 1/7$$

در واقع واریانس نشان‌دهنده میانگین مجذور یا مربعات اختلاف داده‌ها با میانگین می‌باشد.

۴ــ انحراف معیار : چنانکه اشاره شد، واریانس نشان‌دهنده میانگین مربعات اختلاف داده‌ها با مقدار میانگین می‌باشد، لذا از نظر واحد، متفاوت از واحد داده‌ها می‌باشد. بنابراین اگر در نظر باشد که مقدار نشان دهنده تغییرات داده‌ها نسبت به میانگین دارای واحدی یکسان با داده‌های آماری باشد، باید از واریانس داده‌ها جذر گرفته شود. در این صورت به جذر واریانس، انحراف معیار گفته می‌شود که با S نشان داده می‌شود. انحراف معیار از رابطه زیر حساب می‌شود :

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

مثال ۱ــ۶ــ مقدار انحراف معیار نمره نخ در مثال ۱ــ۴ را حساب کنید.

مقدار واریانس (S^2) نمره نخ مثال ۱ــ۴ در مثال ۱ــ۵ حساب شده است. یعنی $S^2=1/7$. بنابراین مقدار انحراف معیار به‌صورت زیر حساب می‌شود :

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{1/7} = 1/3$$

۵ــ ضریب تغییرات : اگرچه واریانس و انحراف معیار نشان دهنده چگونگی پراکندگی داده‌ها در اطراف میانگین می‌باشند و به نحوی معدل اختلاف داده‌ها را نسبت به میانگین نشان می‌دهند، ولی تنها با دانستن انحراف معیار نمی‌توان درک صحیحی نسبت به بزرگ بودن یا کوچک بودن آن داشت. برای مثال، اگر انحراف معیار وزن یک نمونه ۲۰ تایی از بوبین‌های نخ ۷۰ گرم و انحراف معیار وزن یک نمونه ۲۰ تایی از عدل‌های پنبه ۲۱۰۰ گرم باشد، در نگاه نخست، به نظر می‌رسد که وزن عدل‌های پنبه دارای پراکندگی بیشتری نسبت به وزن بوبین‌های نخ می‌باشند. در حالیکه، اگر انحراف معیار وزن بوبین‌ها نسبت به میانگین وزن بوبین‌ها و انحراف معیار وزن عدل‌های پنبه را نسبت به میانگین وزن عدل‌های پنبه محاسبه نماییم، دیده می‌شود که پراکندگی وزن بوبین‌های نخ بیشتر از پراکندگی وزن عدل‌های پنبه است. از این‌رو، برای بیان بزرگی یا کوچکی انحراف معیار یک نمونه، یا برای مقایسه انحراف معیارهای دو نمونه (مثل وزن بوبین‌ها و عدل‌های پنبه در بالا)، از کمیت دیگری به نام ضریب تغییرات (CV) استفاده می‌شود که معمولاً ضریب تغییرات را برحسب درصد (CV٪) محاسبه و بیان می‌کنند. مقدار عددی CV٪ به‌صورت محاسبه می‌شود :

$$\%CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

در محاسبه CV٪ عوامل انحراف معیار (S) و میانگین ($\bar{X}$) نمونه‌ها مورد نیاز است. به بیان دیگر، CV٪ نشان می‌دهد که، وقتی میانگین برابر $\bar{X}$ باشد، انحراف معیار S است، حال اگر میانگین ۱۰۰ باشد، انحراف معیار چقدر است. در واقع مقدار CV٪

از تناسب ساده زیر به‌دست می‌آید :

$\bar{X}$ میانگین ← (S) انحراف معیار

۱۰۰ میانگین ← %CV

$$\Rightarrow \%CV = \frac{S}{\bar{x}} \times ۱۰۰$$

مثال ۱ــ۷ــ یک نمونه ۲۰ تایی از بوبین‌های نخ توزین شده‌اند و میانگین وزن بوبین ۲۱۰۰ گرم و انحراف معیار ۷۰ گرم می‌باشد. از سوی دیگر، یک نمونه ۲۰تایی از عدل‌های پنبه توزین شده‌اند و میانگین وزن عدل‌ها ۱۹۸ کیلوگرم و انحراف معیار ۲ کیلوگرم بوده است. ضریب تغییرات هریک از نمونه‌ها را جداگانه حساب کرده و با یکدیگر مقایسه کنید.

ضریب تغییرات وزن بوبین‌های نخ به‌صورت زیر حساب می‌شود :

$$\%CV_{\text{بوبین}} = \frac{۷۰}{۲۱۰۰} \times ۱۰۰ = ۳/۳۴$$

ضریب تغییرات وزن عدل‌های پنبه به‌صورت زیر حساب می‌شود :

$$\%CV_{\text{عدل}} = \frac{۲۰۰۰}{۱۹۸۰۰۰} \times ۱۰۰ = ۱/۰۱$$

دیده می‌شود، اگرچه انحراف معیار وزن بوبین‌های نخ (۷۰ گرم)، کمتر از انحراف معیار وزن عدل‌های پنبه (۲۰۰۰ گرم) است، ولی ضریب تغییرات وزن بوبین‌های نخ بیش از ۳ برابر ضریب تغییرات ضریب تغییرات وزن عدل‌های پنبه می‌باشد.

مقدار CV٪ در کنترل کیفیت مواد و کالاهای نساجی و در آزمایشگاه‌های نساجی برای تعیین کمیت‌های مواد و کالاهای نساجی بسیار با اهمیت و دارای کاربرد فراوانی است. مثلاً در تعیین یکنواختی نمره نخ، تاب نخ، طول الیاف، مقاومت پارچه و ... برای بیان یکنواختی یا نایکنواختی کمیت موردنظر، CV٪ آن محاسبه شده و اعلام می‌گردد.

مثال ۱ــ۸ــ برای تعیین تاب یک نخ تعداد ۱۰ نمونه از آن انتخاب شده و تاب این ۱۰ نمونه با دستگاه تاب‌سنج اندازه‌گیری شده است. تاب این ۱۰ نمونه نخ ۸۱۰، ۸۱۵، ۷۹۰، ۷۸۵، ۸۰۰، ۸۰۵، ۷۸۹، ۸۱۳، ۷۹۰ و ۷۹۵ تاب در متر می‌باشد. مطلوبست میانگین، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات تاب نخ.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=۱}^{n} x_i}{n} = \frac{\sum_{i=۱}^{۱۰} x_i}{۱۰} = \frac{۸۱۰+۸۱۵+۷۹۰+۷۸۵+۸۰۰+۸۰۵+۷۸۹+۸۱۳+۷۹۰+۷۹۵}{۱۰}$$

$$= \frac{۷۹۹۲}{۱۰} = ۷۹۹/۲$$

x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^۲$
۸۱۰	۱۰/۸	۱۱۶/۶۴
۸۱۵	۱۵/۸	۲۴۹/۶۴
۷۹۰	−۹/۲	۸۴/۶۴
۷۸۵	−۱۴/۲	۲۰۱/۶۴
۸۰۰	۰/۸	۰/۶۴
۸۰۵	۵/۸	۳۳/۶۴
۷۸۹	−۱۰/۲	۱۰۴/۴
۸۱۳	۱۳/۸	۱۹۰/۴۴
۷۹۰	−۹/۲	۸۴/۶۴
۷۹۵	۴/۲	۱۷/۶۴
۷۹۹۲ جمع		۱۰۸۳/۹۶

$$S^۲ = \frac{\sum_{i=۱}^{n} (x_i - \bar{x})^۲}{n-۱} = \frac{\sum_{i=۱}^{۱۰} (x_i - \bar{x})^۲}{۹} = \frac{۱۰۸۳/۹۶}{۹} = ۱۲۰/۴۴$$

$$S = \sqrt{S^۲} = \sqrt{۱۲۰/۴۴} = ۱۰/۹۸$$

$$\%CV = \frac{S}{\bar{x}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۰/۹۸}{۷۹۹/۲} \times = \%۱/۳۷$$

پرسش‌های فصل ۱

۱ــ اندازه‌گیری را تعریف کنید.

۲ــ فرق بین کمیت‌های قابل اندازه‌گیری و کمیت‌های قابل شمارش را توضیح دهید.

۳ــ دستگاه واحدها را توضیح دهید.

۴ــ کمیت‌های اصلی در دستگاه بین‌المللی SI کدامند؟ واحدهای کمیت‌های اصلی در این دستگاه را نام ببرید.

۵ــ طول یک طناب ۲۰۴ متر می‌باشد. طول این طناب را برحسب یارد، اینچ و فوت حساب کنید.

۶ــ جرم یک طاقه پارچه به وزن ۲۰ پوند، چند کیلوگرم است.

۷ــ آمار را تعریف کنید.

۸ــ جامعه آماری و نمونه آماری را تعریف کنید.

۹ــ فرق بین آمار توصیفی و آمار استنباطی را بیان کنید.

۱۰ــ داده‌های آماری را تعریف کنید و روش‌های تعیین داده‌های آماری را بیان کنید.

۱۱ــ عملیات آماری و شاخص‌های آماری را تعریف کنید.

۱۲ــ فرق بین شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی را بیان کنید.

۱۳ــ از یک بوبین نخ ۱۰ نمونه برای تعیین نمره انتخاب شده و نمرات اندازه‌گیری شده به شرح زیر می‌باشد :

۲۳/۵ و ۲۴/۳ و ۲۲/۹ و ۲۴ و ۲۵ و ۲۵/۶ و ۲۲/۹ و ۲۴ و ۲۴ و ۲۳/۸

مطلوبست میانگین، نما، مُد، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات نمره نخ.

فصل ۲

طول الیاف

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

۱ـ مفهوم و اهمیت طول لیف را بیان نماید.

۲ـ نمودار طول الیاف پنبه را توضیح دهد.

۳ـ طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و طول میانگین را تعریف کرده و نحوه تعیین آنها از روی نمودار طول الیاف پنبه را توضیح دهد.

۴ـ نحوه تعیین طول متوسط پشم از روی نمودار توزیع تجمعی الیاف پشم را توضیح دهد.

۵ـ اثرات طول الیاف را توضیح دهد.

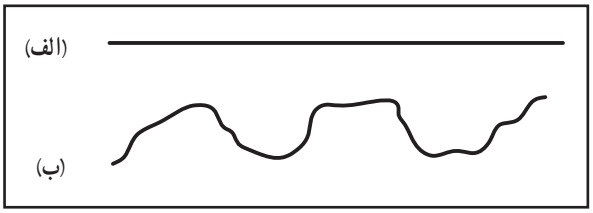
طول الیاف

۲ــ۱ــ 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 به‌صورت مستقیم و کشیده شده (بدون فروموج) قرار گرفته باشد. اگر یک لیف به‌صورت آزاد قرار داشته باشد، ممکن است دارای فروموج باشد، در این صورت فاصله بین دو سر لیف دارای فروموج، کوتاه‌تر از طول واقعی لیف می‌باشد. در شکل ۲ــ۱ دو لیف نشان داده شده است. در قسمت (الف) از شکل ۲ــ۱ یک لیف به‌صورت کشیده شده نشان داده شده است که بدون فروموج بوده و طول لیف برابر فاصله بین دو سر لیف می‌باشد. اما در قسمت (ب) از شکل ۲ــ۱ یک لیف نشان داده شده است که کشیده نشده و مستقیم نیست و دارای فروموج می‌باشد، در این‌صورت طول لیف بیشتر از فاصله بین دو سر لیف می‌باشد.

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 به‌دلیل منشأ طبیعی و بیولوژیکی این الیاف می‌باشد. این در حالی است که الیاف مصنوعی که به‌صورت 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 ۲ــ۱ تنوع طول الیاف طبیعی را نشان می‌دهد.



الف) لیف کشیده شده و مستقیم ، (ب) فاصله دو سر لیف < طول لیف

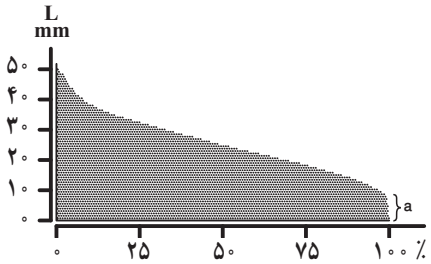
شکل ۲ــ۱ــ طول لیف و فاصله بین دو سر لیف

جدول ۲ــ۱ــ تنوع طول الیاف طبیعی

نوع لیف	طول (mm)
الف) پنبه	
ــ بنگال	۱۳ــ۱۶
ــ سوریه	۱۹ــ۳۰
ــ ایران	۱۳ــ۲۸
ــ آمریکا	۱۹ــ۳۰
ــ مصر (علیا)	۳۰ــ۳۲
ــ مصر (کارناک)	۳۲ــ۳۵
ــ سی‌آیلند	۳۸ــ۴۴
ب) پشم	
ــ مرینوس استرالیا (S ۸۰)	۶۳ــ۷۶
ــ مرینوس کشورهای جنوبی (S۵۶)	۷۶ــ۸۹
ــ پشم ضخیم (S ۴۸)	۱۲۷ــ۱۵۲
ــ پشم ضخیم کوهستانی (S ۳۶)	۲۵۴ــ۳۰۵
ج) کتان (طول تقریبی ساقه)	۳۰۵ــ۹۱۵
د) کنف (طول تقریبی ساقه)	۳۰۰ــ۷۵۰
هـ) جوت یا چتایی (طول تقریبی ساقه)	۳۷۵ــ۹۰۰

۲ــ۲ــ نمودار طول الیاف

چنانکه توضیح داده شده است، طول الیاف طبیعی مثل پنبه یا پشم در یک اندازه نبوده و حتی در یک توده کوچک از الیاف پنبه، تنوع و پراکندگی طول الیاف زیاد است. از این‌رو در یک توده کوچک پنبه می‌توان الیاف با طول‌های متفاوت از کوتاه‌ترین طول (مثلاً ۴ میلی‌متر) تا بلندترین طول (مثلاً ۳۲ میلی‌متر تا ۶۰ میلی‌متر 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 می‌باشد. برای همین نمودار طول الیاف مثل پنبه ترسیم می‌شود تا در مواردی مثل فنی و اقتصادی (تجاری) از آن بهره گرفته شود. یکی از روش‌های معمول ترسیم نمودار طول الیاف پنبه به این صورت است که، الیاف پنبه را به ترتیب از بلندترین لیف تا کوتاه‌ترین لیف که در توده مورد نظر قرار دارند جدا کرده و به ترتیب از لیف بلند به لیف کوتاه از سر پایینی روی یک خط افقی کنار هم قرار داده و سرهای بالایی الیاف را با یک خط ممتد به هم وصل می‌کنند و به این صورت نمودار طول الیاف رسم می‌شود. در شکل ۲ــ۲، نمودار طول الیاف پنبه نشان داده شده است.



شکل ۲ــ۲ــ نمودار طول الیاف پنبه

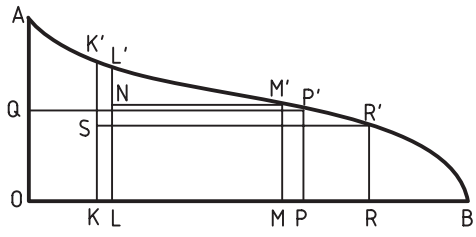
۲ــ۳ــ تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و طول میانگین پنبه

ــ طول مؤثر : طول مؤثر الیاف یکی از پارامترهای مهم طولی الیاف است که از روی نمودار طول الیاف پنبه و به روش ترسیمی به‌دست می‌آید. طول مؤثر الیاف، طولی است که تنظیمات فواصل مثل فاصله بین غلتک‌های کشش در ماشین‌های ریسندگی از روی این طول انجام می‌شود.

ــ درصد الیاف کوتاه :در نمودار طول الیاف، به الیاف کوتاه‌تر از نصف طول مؤثر، الیاف کوتاه نامیده می‌شود. از این‌رو، به درصد الیاف با طول کوتاه‌تر از طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه گفته می‌شود.

ــ 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 می‌رود.

برای تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و طول میانگین الیاف پنبه، با توجه به شکل ۲ــ۳، یک نمودار طول الیاف پنبه را درنظر می‌گیریم. 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 :



شکل ۲ــ۳ــ تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و میانگین طول الیاف

۱ــ نقطه Q را بر روی محور عمودی و در وسط OA تعیین می‌کنیم.

۲ــ از نقطه Q خطی موازی محور افقی OB رسم می‌کنیم تا نمودار را در نقطه P′ قطع کند.

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

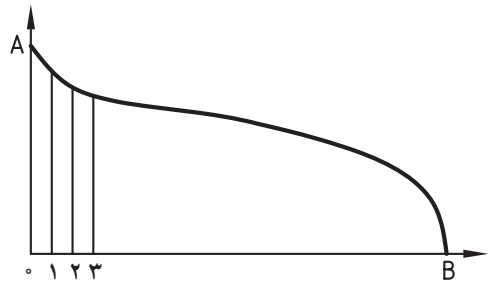
طول خط LL' به‌عنوان طول مؤثر در نظر گرفته شده و بیان می‌شود. با توجه به تعریف الیاف کوتاه، اگر فرض کنیم که خط افقی SR' از وسط خط LL' می‌گذرد، آنگاه الیاف کوتاه‌تر از طول RR' به‌عنوان الیاف کوتاه در نظر گرفته می‌شوند. در این صورت درصد الیاف کوتاه از رابطه زیر حساب می‌شود :

$$\text{درصد الیاف کوتاه} = \frac{RB}{OB} \times ۱۰۰$$

اگر الیاف با طول کوتاه‌تر از RR' که به‌عنوان الیاف کوتاه می‌باشند را نادیده بگیریم، چون $OL = \frac{۱}{۴}OR$ است، لذا می‌توان گفت که طول مؤثر الیاف یعنی LL' طولی است که $\frac{۱}{۴}$ از الیاف، طولی بیشتر از آن و $\frac{۳}{۴}$ از الیاف، طولی کوتاه‌تر از آن دارند.

طول میانگین الیاف از تقسیم مساحت زیر نمودار طول الیاف بر OB به‌دست می‌آید. برای این‌کار محور OB به فاصله‌های ۲ یا ۳ میلی‌متری درجه‌بندی می‌شود (در صورت استفاده از فاصله ۲ میلی‌متری، دقت بیشتر می‌شود). در این‌صورت مستطیل‌هایی با عرض ۲ میلی‌متر (در صورت درجه‌بندی به فاصله ۲ میلی‌متر) و طول برابر ارتفاع نمودار طول به‌دست می‌آید (شکل ۲ــ۴). اگر مساحت مستطیل‌های کوچک حاصل را با هم جمع کنیم و تقسیم بر OB نماییم، طول میانگین الیاف به‌دست می‌آید. در واقع طول میانگین الیاف از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$\overline{L} = \frac{\sum_{i=۱}^{n} W \times L_i}{n}$$



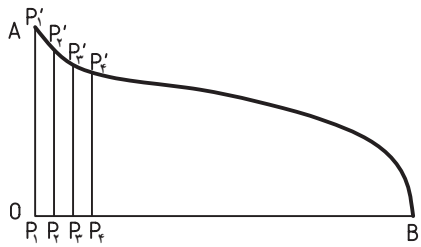
شکل ۲ــ۴ــ تعیین طول میانگین الیاف از روی نمودار طول الیاف پنبه.
(عرض مستطیل‌ها ۲ میلی‌متر)

در رابطه فوق $\overline{L}$ طول میانگین الیاف، W عرض مستطیل‌های کوچک (برابر ۲ یا ۳ میلی‌متر)، L_i طول ضلع (ضلع سمت راست) مستطیل به عرض W، n 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

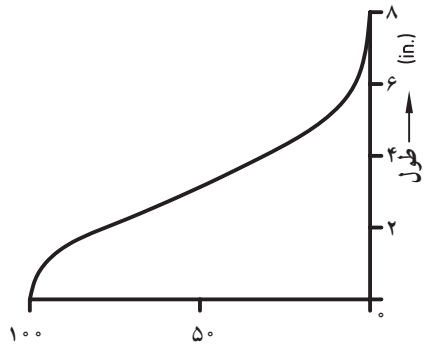
و این نقاط را به $P_1, P_2, P_3 ... P_n$ بنامیم. از هر نقطه P_i یک عمود رسم می‌کنیم تا نمودار طول الیاف را در نقطه P_i' قطع کند (شکل ۲ــ۵). میانگین طول P_iP_i' ها، همان طول میانگین الیاف می‌باشد. یعنی طول میانگین الیاف پنبه از رابطه زیر حساب می‌شود :

$$\overline{L} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_iP_i'}{n}$$



شکل ۲ــ۵ــ تعیین طول میانگین از روی ارتفاع نمودار طول الیاف پنبه

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 ۲ــ۶، 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.



شکل ۲ــ۶ــ نمودار توزیع تجمعی طول الیاف پشم.

۲ــ۴ــ اثرات طول الیاف

۲ــ۴ــ۱ــ 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 این‌صورت با تعداد الیاف کمتری در سطح مقطع، می‌توان ساختمان یک نخ را تشکیل داد.

۲ــ۴ــ۲ــ 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 هر چقدر طول الیاف تشکیل‌دهنده یک نخ بیشتر باشد، مقاومت نخ حاصل نیز بیشتر خواهد بود.

۲ــ۴ــ۳ــ 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.

۲ــ۴ــ۴ــ 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.

۲ــ۴ــ۵ــ اثر طول الیاف بر زیردست کالای تولیدی : در صورتی‌که 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 نخی که با الیاف بلندتر ریسیده شود، صاف‌تر بوده و دارای زیردست مطلوب‌تر است.

۲ــ۴ــ۶ــ 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 به‌صورت زیر بیان کرد :

۱ــ الیاف بلندتر نیاز به تاب کمتری دارند، در نتیجه تولید نخ افزایش می‌یابد.

۲ــ 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.

۳ــ کاهش ضایعات الیاف در ماشین‌های ریسندگی.

پرسش‌های فصل ۲

۱ــ طول الیاف را تعریف کنید.

۲ــ تنوع طول در کدام‌یک از دسته الیاف طبیعی یا مصنوعی بیشتر است؟ چرا؟

۳ــ طول مؤثر را تعریف کنید و چگونگی تعیین طول مؤثر را توضیح دهید.

۴ــ درصد الیاف کوتاه و طول میانگین را تعریف کنید.

۵ــ طول میانگین الیاف چگونه تعیین می‌شود.

۶ــ چهار اثر از اثرات طول الیاف را بیان کنید.

۷ــ اثر طول الیاف بر بهره‌وری ریسندگی را توضیح دهید.

فصل ۳

جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

۱- اهمیت جرم مخصوص مواد و الیاف را توضیح دهد.

۲- جرم مخصوص را تعریف کرده و واحدهای آن را بیان کند.

۳- سطح مخصوص الیاف را تعریف کرده و واحدهای آن را بیان کند.

۴- روش‌های اندازه‌گیری جرم، حجم و جرم مخصوص الیاف را توضیح دهد.

جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

۳ــ۱ــ جرم مخصوص الیاف

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 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 سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) است که با علامت ρ نشان داده می‌شود، و از تقسیم جرم مواد (برحسب گرم) بر حجم آنها (برحسب سانتی‌متر مکعب) به‌دست می‌آید. یعنی جرم مخصوص الیاف از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

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

در بین الیاف نساجی، به استثنای الیاف پلی‌اتیلن و الیاف پلی‌پروپیلن، جرم مخصوص بقیه الیاف بیشتر از جرم مخصوص آب (۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) می‌باشد. الیاف شیشه که مصارف خاصی در نساجی مثل تهیه لباس‌های محافظ مانند لباس‌های ضدآتش دارند، دارای بیشترین جرم مخصوص یعنی ۲/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند. با تغییر رطوبت نسبی محیط، جرم مخصوص بعضی الیاف نساجی مثل پنبه، پشم و ویسکوز ریون که جذب رطوبت نسبتاً بالایی دارند، تغییر می‌کند.

در فیزیک نساجی، گاهی اوقات به جای جرم مخصوص از حجم مخصوص که با علامت v نشان داده می‌شود، استفاده می‌گردد. حجم مخصوص که عکس جرم مخصوص می‌باشد، عبارت است از حجم یک گرم از جرم لیف معین برحسب سانتی‌مترمکعب. واحد حجم مخصوص سانتی‌متر مکعب بر گرم (cm^3/g) می‌باشد. جرم مخصوص و حجم مخصوص بعضی از الیاف نساجی در شرایط خشک و رطوبت نسبی ۶۵٪ در جدول ۳ــ۱ درج شده است.

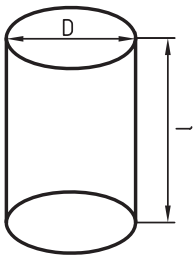
جدول ۳ــ۱ــ جرم مخصوص و حجم مخصوص الیاف نساجی

نوع لیف	جرم مخصوص (g/cm^3)		حجم مخصوص (cm^3/g)	
	خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪	خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪
پنبه	۱/۵۵	۱/۵۲	۰/۶۴	۰/۶۶
ویسکوز ریون	۱/۵۲	۱/۴۹	۰/۶۶	۰/۶۷
تری استات	۱/۳۱	۱/۳۲	۰/۷۶	۰/۷۶
پشم	۱/۳	۱/۳۱	۰/۷۷	۰/۷۶
ابریشم	۱/۳۴	۱/۳۴	۰/۷۵	۰/۷۵
کازئین	۱/۳	۱/۳	۰/۷۷	۰/۷۷
نایلون ۶۶ و ۶	۱/۱۴	۱/۱۴	۰/۸۸	۰/۸۸
پلی‌استر	۱/۳۹	۱/۳۹	۰/۷۲	۰/۷۲
اکریلیک	۱/۱۹	۱/۱۹	۰/۸۴	۰/۸۴
پلی‌پروپیلن	۰/۹۱	–	۱/۰۹	–
پلی‌اتیلن ــ چگالی پایین	۰/۹۲	–	۱/۰۹	–
پلی‌اتیلن ــ چگالی بالا	۰/۹۵	–	۱/۰۵	–
پلی‌وینیل کلراید (PVC)	۱/۴	–	۰/۷۱	–
پلی ترا فلوئور و اتیلن (تفلون)	۲/۲	–	۰/۴۵	–
شیشه	۲/۵	۲/۵	۰/۴	۰/۴

۳ــ۲ــ سطح مخصوص الیاف

سطح مخصوص به دو صورت سطح واحد حجم با واحد (cm^2/cm^3) و سطح واحد جرم با واحد (cm^2/g) تعریف می‌شود و با حرف S نشان داده می‌شود. وقتی سطح مخصوص برحسب سطح واحد حجم تعریف می‌شود، برای به‌دست آوردن سطح مخصوص لیف، سطح جانبی لیف را بر حجم لیف تقسیم می‌کنند (شکل ۳ــ۱). یعنی :

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



شکل ۳ــ۱ــ نمای ترسیمی یک لیف با مقطع دایره‌ای و به قطر D .

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

در رابطه فوق :

S : سطح مخصوص برحسب cm^2/cm^3 یا cm^{-1}؛

D : قطر لیف برحسب cm؛

l : طول لیف برحسب cm..

چنانچه رابطه فوق را ساده کنیم، رابطه زیر به‌دست 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 براساس نسبت سطح جانبی لیف به جرم لیف است. کمتر در فیزیک نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

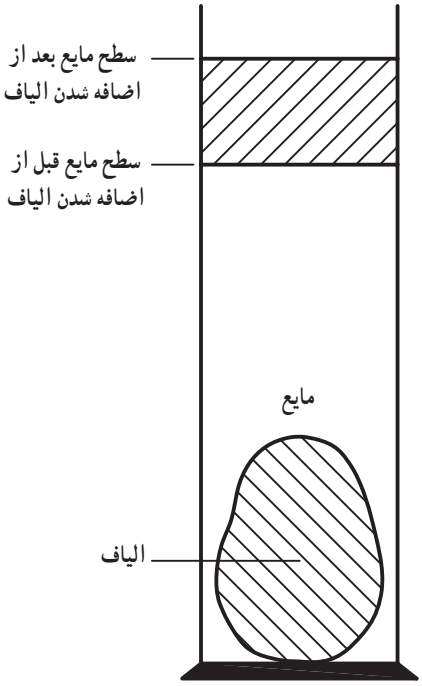
باید توجه داشت که سطح مخصوص یکی از شاخص‌های ذاتی مواد نبوده و بستگی به شکل و فرم ماده، مثلاً صفحه، مکعب مربع، مکعب مستطیل یا مفتول دارد. بنابراین چنانکه از روی جرم مخصوص می‌توان جنس الیاف را شناسایی کرد، از روی سطح مخصوص نمی‌توان جنس الیاف را شناسایی نمود.

۳ــ۳ــ اندازه‌گیری جرم، حجم و جرم مخصوص الیاف

۳ــ۳ــ۱ــ اندازه‌گیری جرم الیاف: جرم یک نمونه الیاف به آسانی به‌وسیله یک ترازوی دقیق قابل اندازه‌گیری است. برای این کار کافی است از یک ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ یا ۰/۰۰۰۱ برای اندازه‌گیری جرم الیاف استفاده شود.

۳ــ۳ــ۲ــ 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 به‌صورت 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 به‌صورت فشرده، سنجش واقعی از حجم الیاف را نشان نمی‌دهد. یکی از روش‌های اندازه‌گیری حجم الیاف، روش فرو رفتن در مایع است.

شکل ساده‌ای از روش اندازه‌گیری حجم الیاف به روش فرو رفتن در مایع، در شکل ۳ــ۲ نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۲ــ تعیین حجم الیاف به روش فرو رفتن 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 فرو رفته و سطح مایع بالا می‌آید. با اندازه‌گیری افزایش ارتفاع سطح مایع از روی استوانه مدرج می‌توان پی به حجم الیاف مورد آزمایش برد.

۳ــ۳ــ۳ــ اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف: در اینجا به دو روش اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف اشاره می‌شود.

۱ــ اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف به‌روش 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 بیافتد :

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

۲ــ اگر توده الیاف بر روی مایع مخلوط شناور ماند، آنقدر 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.

۳ــ اگر توده الیاف در داخل مایع مخلوط فرو رود، آنقدر 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 موردنظر با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

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

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

در رابطه فوق :

ρ : جرم مخصوص لیف برحسب g/cm^3؛

ρ_1 : جرم مخصوص مایع اول برحسب g/cm^3؛

v_1 : حجم مایع اول برحسب cm^3؛

ρ_2 : جرم مخصوص مایع دوم برحسب g/cm^3؛

و v_2 : حجم مایع دوم برحسب cm^3 است.

۲ــ اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع با جرم مخصوص متغیر : 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 پنتا کلرو اتان (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 قرار دادن 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 شیشه‌ای 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 شیشه‌ای 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 عبارتند از نیترو بنزن (Nitrobenzen)، روغن زیتون، تولوئن(toluene)، بنزن (benzene) و تتراکلریدکربن (carbon tetrachloride).

۳ــ۴ــ 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 عبارتند از :

۱ــ در تولید یک نخ با نمره معین، اگر از لیف با جرم مخصوص کمتر استفاده شود، حجم نخ افزایش می‌یابد، و برعکس.

۲ــ 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.

۳ــ کلیه الیاف نساجی به استثنای الیاف پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در آب فرو می‌روند.

۴ــ سطح مخصوص الیاف ظریف‌تر بیشتر از سطح مخصوص الیاف ضخیم‌تر است.

۵ــ یکی از عوامل تعیین‌کننده فاصله تنظیمات در ماشین‌آلات ریسندگی، جرم مخصوص الیاف نساجی می‌باشد.

۶ــ با افزایش سطح مخصوص، سرعت جذب گاز و مایع الیاف افزایش می‌یابد.

پرسش‌های فصل ۳

۱ــ جرم مخصوص را تعریف و واحد آن را بیان کنید.

۲ــ دو تعریف از سطح مخصوص و واحدهای آنها را بیان کنید.

۳ــ کدامیک از کمیت‌های جرم مخصوص و سطح مخصوص را می‌توان برای شناسایی الیاف به‌کار برد.

۴ــ برای شناسایی الیاف نساجی، آیا می‌توان از کمیت سطح مخصوص استفاده کرد؟ چرا؟

۵ــ افزایش قطر الیاف چه تأثیری در جذب گاز و مایع توسط آنها دارد؟

۶ــ روش‌های تعیین حجم و جرم مخصوص الیاف را نام برده و توضیح دهید.

۷ــ برای تعیین جرم مخصوص یک لیف با جرم حجمی ۱/۳۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب از دو مایع زایلن با جرم حجمی ۰/۹ گرم بر سانتی‌مترمکعب و پنتاکلرو اتان با جرم مخصوص ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شده است.

اگر حجم زایلن مصرفی ۵ سانتی‌مترمکعب باشد، حجم پنتا کلرواتان مصرفی را حساب کنید.

۸ــ برای تعیین جرم حجمی پلی‌پروپیلن، از دو مایع زایلن و پنتاکلرو اتان استفاده می‌شود. حجم مصرفی کدامیک از دو مایع بیشتر است؟ توضیح دهید.

۱> جرم مخصوص پلی‌پروپیلن

۱> جرم مخصوص زایلن

۱< جرم مخصوص پنتاکلرو اتان