

بخش اول

فیزیک نسابی

اندازه‌گیری و آمار

۱

فصل

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- اندازه‌گیری را تعریف کند.
- ۲- دستگاه واحدها را تعریف کند.
- ۳- واحدهای اصلی در دستگاه بین‌المللی واحدها را بیان کند.
- ۴- واحدهای اصلی در دستگاه واحدهای آمریکایی را بیان کند.
- ۵- تبدیل واحدهای دستگاه واحدهای بین‌المللی و دستگاه واحدهای آمریکایی را انجام دهد.
- ۶- آمار را تعریف کرده و هدف‌های استفاده از آمار را توضیح دهد.
- ۷- جامعه آماری، نمونه آماری و عملیات آماری را تعریف کند.
- ۸- داده آماری را تعریف کرده و روش‌های به‌دست آوردن داده آماری را توضیح دهد.
- ۹- انواع آمار (آمار توصیفی و آمار استنباطی) را توضیح دهد.
- ۱۰- انواع شاخص‌های آماری را نام برده و توضیح دهد.
- ۱۱- شاخص‌های آماری را از روی داده‌های آماری توضیح دهید.

اندازه‌گیری و آمار

۱-۱- 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 سروکار 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.

۱-۱-۱- 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.

۱- 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 $\frac{1}{86400}$ زمان متوسط یک روز شمسی (۲۴ ساعت) تعریف شده بود، اکنون به‌عنوان زمان لازم برای تعداد 9192631770 سیکل تشعشع مطابق با گذار بین دو سطح حالت اصلی اتم عنصر سزیم 133 تعریف می‌شود؛ متر، که ابتدا اندازه $\frac{1}{1000000}$ فاصله خط استوا تا یکی از قطب‌های کره زمین تعریف شده بود، اکنون 165076373

برابر طول موج نور نارنجی - قرمز متناظر با گذار معینی در اتم عنصر کریپتون 86 تعریف می‌شود؛ و کیلوگرم که تقریباً برابر جرم 1001 مترمکعب آب است، جرم وزنه استاندارد از جنس پلاتین و ایریدیوم است (شکل ۱-۱) که در اداره بین‌المللی اوزان و اندازه‌گیری‌ها در نزدیکی شهر پاریس در فرانسه نگهداری می‌شود.



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

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

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 پرپود نوسان اتم‌ها مواجه شویم. در این مواقع از اضعاف (ضرایب 10^1) یا اجزای (ضرایب 10^{-1}) واحدها استفاده می‌شود. اضعاف و اجزای واحدهای طول و جرم که معمولاً در مهندسی به کار می‌روند به ترتیب 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 ۱-۱ درج شده‌اند.

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

پیشوند †	نماد	ضرایب
ترا	T	10^{12}
گیگا	G	10^9
مگا	M	10^6
کیلو	k	10^3
هکتو ‡	h	10^2
دکا ‡	da	10^1
دسی ‡	d	10^{-1}
ساتی ‡	c	10^{-2}
میلی	m	10^{-3}
میکرو	μ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
پیکو	p	10^{-12}
فمتو	f	10^{-15}
آتو	a	10^{-18}

† 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 به کار برد، مگر در اندازه‌گیری مساحت و حجم و هنگام استفاده غیرفنی از ساتی‌متر، مثلاً برای اندازه‌گیری‌ها در لباس.

با استفاده از اضعاف و اجزای یک واحد، نوشتن اعداد خیلی بزرگ یا خیلی کوچک لازم نیست. مثلاً می‌توان به جای 237400 متر، نوشت $237/4$ کیلومتر یا به جای $0/00326$ متر، می‌توان نوشت $3/26$ 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، میلی متر (mm)، دسی متر (dm) و سانتی متر (cm) که از اجزای متر (m) هستند به نمای ۲ یا ۳ می‌رسند. چون طبق تعریف رابطه بین متر (m) و اجزای متر به صورت زیر است:

$$1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

حال با توجه به روابط بین متر و اجزای متر (روابط بالا) اجزای واحد مساحت که دسی متر مربع (dm^2)، سانتی متر مربع (cm^2) و میلی متر مربع (mm^2) هستند را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$1 \text{ dm}^2 = (1 \text{ dm})^2 = (10^{-1} \text{ m})^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ cm}^2 = (1 \text{ cm})^2 = (10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = (1 \text{ mm})^2 = (10^{-3} \text{ m})^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

همینطور، اجزای واحد حجم که دسی متر مکعب (dm^3)، سانتی متر مکعب (cm^3) و میلی متر مکعب (mm^3) هستند را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$1 \text{ dm}^3 = (1 \text{ dm})^3 = (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = (1 \text{ cm})^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ mm}^3 = (1 \text{ mm})^3 = (10^{-3} \text{ m})^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

جدول ۱-۲- واحدهای فرعی دستگاه SI

رابطه	نماد	واحد	کمیت
m/s^2	a	متر بر مجذور ثانیه	شتاب
$^\circ$	rad	رادیان	زاویه
rad/s^2	α	رادیان بر مجذور ثانیه	شتاب زاویه‌ای
rad/s	ω	رادیان بر ثانیه	سرعت زاویه‌ای
m^2	A	مترمربع	مساحت
kg/m^3	ρ	کیلوگرم بر مترمکعب	چگالی
$\text{N}\cdot\text{m}$	J	ژول	انرژی
$\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$	N	نیوتن	نیرو
s^{-1}	Hz	هرتز	فرکانس
$\text{kg}\cdot\text{m/s}$...	نیوتن-ثانیه	ضربه
$^\circ$	m	متر	طول
$^\circ$	kg	کیلوگرم	جرم
$\text{N}\cdot\text{m}$...	نیوتن-متر	لنگر نیرو
J/s	W	وات	قدرت (توان)
N/m^2	Pa	پاسکال	فشار
N/m^2	Pa	پاسکال	تنش
$^\circ$	s	ثانیه	زمان
m/s	v	متر بر ثانیه	سرعت
			حجم:
m^3	V	مترمکعب	جامدات
10^{-3}m^3	L	لیتر	مایعات
$\text{N}\cdot\text{m}$	J	ژول	کار

$^\circ$ واحد تکمیلی ($360^\circ = 2\pi \text{ rad}$ یک دوران)
 $^\circ$ واحد اصلی

۲- **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 30.48 m ، پوند برابر وزن و زنه‌ای استاندارد از جنس پلاتین به جرم 453.59237 kg (تقریباً معادل $453/6 \text{ g}$) 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 به کار می‌روند، عبارتند از مایل (mi) که برابر 5280 ft ؛ یارد (yd) برابر 3 ft ؛ اینچ (in) برابر $1/12 \text{ ft}$ ؛ کیلوپوند (kip) برابر 1000 lb است.

۱-۱-۲- **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 به صورت زیر می‌باشد :

۱- **واحدهای طول :**

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 30.48 \text{ m} & 1 \text{ in} &= 2.54 \text{ cm} \\ 1 \text{ mi} &= 5280 \text{ ft} & 1 \text{ in} &= 25.4 \text{ mm} \\ 1 \text{ mi} &= 1609 \text{ m} \\ 1 \text{ mi} &= 1.609 \text{ km} \\ 1 \text{ yd} &= 0.9144 \text{ m} \\ 1 \text{ yd} &= 3 \text{ ft} \\ 1 \text{ ft} &= 12 \text{ in} \\ 1 \text{ yd} &= 36 \text{ in} \end{aligned}$$

۲- **واحدهای نیرو** : یادآوری می‌گردد که واحد نیرو در دستگاه U.S وزن وزنه استاندارد به جرم $453/6$ گرم در سطح دریا و در عرض جغرافیایی 45° است.

$$1 \text{ lb} = 4.448 \text{ N}$$

۳- **واحدهای جرم** : واحد جرم در دستگاه U.S اسلاگ (slug) و یک واحد فرعی است و برابری آن با جرم در دستگاه SI به صورت زیر است :

$$1 \text{ slug} = 14.59 \text{ kg}$$

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 :

$$1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ lb} = 453/6 \text{ g}$$

۱-۱-۳- خلاصه تبدیلات واحدها در دستگاه‌های مختلف مورد استفاده در نساچی :
۱- 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

۲- تبدیلات وزن :

- ۱ kg = ۱۰۰۰ g
- ۱ lb = ۱۶ oz (اونس)
- ۱ lb = ۷۰۰۰ gr (گرین)
- ۱ lb = ۴۵۳/۶ g

۱-۲- آمار

در آمار با اعداد حاصل از شمارش یا اعداد حاصل از اندازه‌گیری یا اعداد بیان شده به وسیله احساس افراد سروکار داریم. در علم 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 :

۱- جمع‌آوری اطلاعات

۲- خلاصه‌سازی و تنظیم اطلاعات

۳- تجزیه و تحلیل اطلاعات و تفسیر نتایج حاصل

۴- 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 این صورت 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.

۱-۲-۱- بعضی تعاریف در آمار

۱- 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.

۲- 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.

۳- 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.

۱-۲-۲- 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 $\frac{۲۵}{۳}$ (بیست و پنج و سه دهم) نفر، یا $\frac{۳۰}{۷}$ (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 غیر صحیح (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 زبردست 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^۱. 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.

۱-۲-۳- 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.

۱- 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.

۲- 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.

۱-۲-۴- 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.

۱- 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 \bar{X} نشان داده می‌شود و از بقیه میانگین‌ها معمول‌تر

۱- 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

است. بر اساس تعریف میانگین حسابی به صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$\text{میانگین حسابی} = \frac{\text{حاصل جمع مشاهدات}}{\text{تعداد مشاهدات}}$$

در این صورت اگر مشاهدات را به صورت $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ نشان دهیم، میانگین حسابی مشاهدات به صورت زیر حساب می‌شود:

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

در رابطه فوق x نشان دهنده مشاهده؛ \bar{X} میانگین (میانگین حسابی)؛ i نشان دهنده شماره مشاهده (یعنی x_i نشان دهنده دومین و x_n نشان دهنده هشتمین مشاهده) و n نشان دهنده تعداد کل مشاهدات می‌باشد. فرمول کلی میانگین را به صورت زیر نشان می‌دهند:

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

مثال ۱-۱- برای تعیین نمره نخ یک بوبین، تعداد 10 نمونه از این نخ مورد آزمایش قرار گرفته که نتایج حاصل بر حسب تکس به صورت زیر می‌باشد. میانگین نمره نخ را حساب کنید.

$$21, 19/5, 20/5, 18/5, 20, 22, 21/5, 19/8, 20/8, 19$$

در اینجا تعداد نمونه 10 یعنی $n=10$ است. لذا میانگین (\bar{X}) به صورت زیر حساب می‌شود:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{21 + 19/5 + 20/5 + 18/5 + 20 + 22 + 21/5 + 19/8 + 20/8 + 19}{10} = 20/26$$

۲- 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 به عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود. ولی اگر تعداد داده‌های آماری زوج باشد، میانگین دو عدد میانی به عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود.

مثال ۲-۱- میانه هریک از گروه داده‌های زیر را بیابید.

$$24 \text{ و } 48 \text{ و } 18 \text{ و } 16 \text{ و } 4 \text{ و } 8 \text{ و } 16 \text{ و } 18 \text{ و } 32 \text{ و } 12 \text{ و } 8 \text{ و } 2 \text{ و } 22 \text{ : گروه اول}$$

$$13 \text{ و } 15 \text{ و } 17 \text{ و } 31 \text{ و } 7 \text{ و } 9 \text{ و } 19 \text{ و } 17 \text{ و } 33 \text{ و } 3 \text{ : گروه دوم}$$

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

$$2 \text{ و } 4 \text{ و } 8 \text{ و } 8 \text{ و } 12 \text{ و } 16 \text{ و } 16 \text{ و } 18 \text{ و } 18 \text{ و } 22 \text{ و } 24 \text{ و } 32 \text{ و } 48$$

در اینجا عددی که زیر آن خط کشیده شده است یعنی 16 به عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود، چون کل اعداد موجود در گروه 13 می‌باشد، و 6 عدد قبل از عدد میانه و 6 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.

$$3 \text{ و } 31 \text{ و } 19 \text{ و } 17 \text{ و } 15 \text{ و } 13 \text{ و } 13 \text{ و } 9 \text{ و } 7 \text{ و } 3$$

در اینجا تعداد اعداد موجود در گروه زوج (10) می‌باشد. لذا، برای تعیین میانه، میانگین حسابی دو عدد میانی یعنی 13 و 15 (زیر این اعداد خط کشیده شده است) حساب شده و به عنوان میانه در نظر گرفته می‌شود. یعنی میانه به طریق زیر حساب می‌شود:

$$\text{میانه} = \frac{13 + 15}{2} = \frac{28}{2} = 14$$

۳- 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 ۳-۱- در گروه داده‌های زیر، مُد را تعیین کنید.

۷ و ۱۲ و ۷ و ۴ و ۱ و ۱۵ و ۱۳ و ۱ و ۸ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۳ و ۵ و ۳ و ۷ و ۱۲ و ۷ و ۵ و ۳ و 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 نخب، 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:

۱- 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 ۱-۲ به روش زیر عمل می‌کنیم:

بزرگترین عدد = ۴۸ و کوچکترین عدد = ۲

$$R = 48 - 2 = 46 \text{ دامنه تغییرات}$$

یا در مثال ۳-۱، دامنه تغییرات به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$R = 15 - 1 = 14$$

۲- میانگین انحرافات: در یک گروه از داده‌های آماری، اگر میانگین را حساب کنیم، فاصله هر یک 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:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

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 ۱-۴- برای تعیین نمره نخ یک بوبین ۱۰ نمونه از آن انتخاب و آزمایش لازم بر روی آنها انجام شده است. اگر نمره‌های تعیین شده به صورت 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

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

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 = x_i - \bar{x} $
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:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{i=10} d_i}{10} = \frac{۲/۲۶ + ۱/۵۶ + ۰/۲۶ + ۰/۲۴ + ۱/۵۴ + ۰/۷۴ + ۱/۵۴ + ۱/۲۴ + ۰/۷۶ + ۰/۴۶}{10}$$

$$d = \frac{۱۰/۶}{10} \Rightarrow \bar{d} = ۱/۰۶$$

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

۳- واریانس: اگرچه میانگین انحرافات شاخص خوبی برای نشان دادن اختلاف بین داده‌های آماری با میانگین می‌باشد، ولی چون به دلیل استفاده از قدر مطلق همه تغییرات به صورت 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 ۱-۵- واریانس نمره نخ اشاره شده در مثال ۱-۴ را تعیین نمایید.

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

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

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

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

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

۴- 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 نشان‌دهنده 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 ۱-۶- مقدار انحراف معیار نمره نخ در مثال ۱-۴ را حساب کنید.

مقدار واریانس (S^2) نمره نخ مثال ۱-۴ در مثال ۱-۵ حساب شده است. یعنی $S^2 = 1/7$. بنابراین مقدار انحراف معیار به صورت

زیر حساب می‌شود:

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

۵- ضریب تغییرات: اگرچه واریانس و انحراف معیار نشان‌دهنده 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 20° تایی از بوبین‌های نخ 70° گرم و انحراف معیار وزن یک نمونه 20° تایی از عدل‌های پنبه 2100° 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 بر حسب درصد (CV%) محاسبه و بیان می‌کنند. مقدار عددی CV% به صورت 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 100° باشد، انحراف معیار چقدر است. در واقع مقدار CV%

از تناسب ساده زیر به دست می آید :

(S) انحراف معیار $\rightarrow \bar{X}$ میانگین

$\%CV \rightarrow 100$ میانگین

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

مثال ۱-۷- یک نمونه ۲۰ تایی از بوبین های نخ توزین شده اند و میانگین وزن بوبین ۲۱۰۰ گرم و انحراف معیار ۷۰ گرم می باشد. از سوی دیگر، یک نمونه ۲۰ تایی از عدل های پنبه توزین شده اند و میانگین وزن عدل ها ۱۹۸ کیلوگرم و انحراف معیار ۲ کیلوگرم بوده است. ضریب تغییرات هریک از نمونه ها را جداگانه حساب کرده و با یکدیگر مقایسه کنید.

ضریب تغییرات وزن بوبین های نخ به صورت زیر حساب می شود :

$$\%CV_{\text{بوبین}} = \frac{70}{2100} \times 100 = 3/34$$

ضریب تغییرات وزن عدل های پنبه به صورت زیر حساب می شود :

$$\%CV_{\text{عدل}} = \frac{2000}{198000} \times 100 = 1/01$$

دیده می شود، اگرچه انحراف معیار وزن بوبین های نخ (۷۰ گرم)، کمتر از انحراف معیار وزن عدل های پنبه (۲۰۰۰ گرم) است، ولی ضریب تغییرات وزن بوبین های نخ بیش از ۳ برابر ضریب تغییرات وزن عدل های پنبه می باشد.

مقدار $\%CV$ در کنترل کیفیت مواد و کالاهای نساجی و در آزمایشگاه های نساجی برای تعیین کمیت های 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 مورد نظر، $\%CV$ آن محاسبه شده و اعلام می گردد.

مثال ۱-۸- برای تعیین تاب یک نخ تعداد ۱۰ نمونه از آن انتخاب شده و تاب این ۱۰ نمونه با دستگاه تاب سنج اندازه گیری شده است. تاب این ۱۰ نمونه نخ ۸۱۰، ۸۱۵، ۷۹۰، ۷۸۵، ۸۰۰، ۸۰۵، ۷۸۹، ۸۱۳، ۷۹۰ و ۷۹۵ تاب در متر می باشد. مطلوبست میانگین، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات تاب نخ.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_i}{10} = \frac{810 + 815 + 790 + 785 + 800 + 805 + 789 + 813 + 790 + 795}{10}$$

$$= \frac{7992}{10} = 799/2$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{9} = \frac{1083/96}{9} = 120/44$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{120/44} = 10/98$$

$$\%CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 = \frac{10/98}{799/2} \times 100 = 1/37\%$$

x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
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	۱۰۴/۶۴
۸۱۳	۱۳/۸	۱۹۰/۶۴
۷۹۰	-۹/۲	۸۴/۶۴
۷۹۵	۴/۲	۱۷/۶۴
جمع ۷۹۹۲		۱۰۸۳/۹۶

- ۱- اندازه‌گیری را تعریف کنید.
- ۲- فرق بین کمیت‌های قابل اندازه‌گیری و کمیت‌های قابل شمارش را توضیح دهید.
- ۳- دستگاه واحدها را توضیح دهید.
- ۴- کمیت‌های اصلی در دستگاه بین‌المللی SI کدامند؟ واحدهای کمیت‌های اصلی در این دستگاه را نام ببرید.
- ۵- طول یک طناب ۲۰۴ متر می‌باشد. طول این طناب را برحسب یارد، اینچ و فوت حساب کنید.
- ۶- جرم یک طاقه پارچه به وزن ۲۰ پوند، چند کیلوگرم است.
- ۷- آمار را تعریف کنید.
- ۸- جامعه آماری و نمونه آماری را تعریف کنید.
- ۹- فرق بین آمار توصیفی و آمار استنباطی را بیان کنید.
- ۱۰- داده‌های آماری را تعریف کنید و روش‌های تعیین داده‌های آماری را بیان کنید.
- ۱۱- عملیات آماری و شاخص‌های آماری را تعریف کنید.
- ۱۲- فرق بین شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی را بیان کنید.
- ۱۳- 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.

۲

فصل

طول الیاف

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- مفهوم و اهمیت طول لیف را بیان نماید.
- ۲- نمودار طول الیاف پنبه را توضیح دهد.
- ۳- طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و طول میانگین را تعریف کرده و نحوه تعیین آنها از روی نمودار طول الیاف پنبه را توضیح دهد.
- ۴- نحوه تعیین طول متوسط پشم از روی نمودار توزیع تجمعی الیاف پشم را توضیح دهد.
- ۵- اثرات طول الیاف را توضیح دهد.

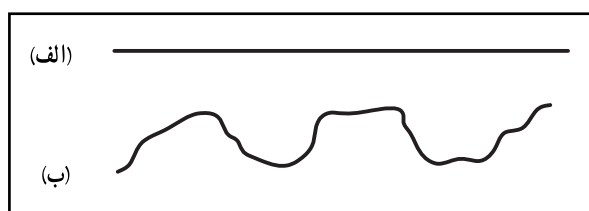
طول الیاف

۱-۲- 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 ۱-۲ دو لیف نشان داده شده است. در قسمت (الف) از شکل ۱-۲ 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 ۱-۲ 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.

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، ضرب 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 ضرب تغییرات طول در الیاف مصنوعی قابل کنترل بوده و می‌توان الیافی با طول یکسان یا با تنوع طول معین تولید نمود.

جدول ۱-۲ تنوع طول الیاف طبیعی را نشان می‌دهد.



الف) لیف کشیده شده و مستقیم ، (ب) فاصله دو سر لیف > طول لیف
شکل ۱-۲- طول لیف و فاصله بین دو سر لیف

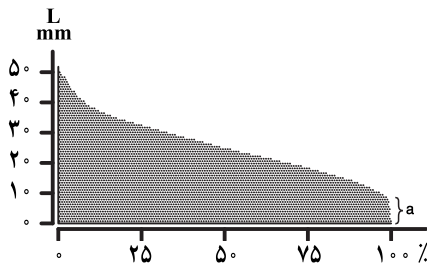
جدول ۱-۲- تنوع طول الیاف طبیعی

طول (mm)	نوع لیف
	الف) پنبه
۱۳-۱۶	- بنگال
۱۹-۳۰	- سوریه
۱۳-۲۸	- ایران
۱۹-۳۰	- آمریکا
۳۰-۳۲	- مصر (علیا)
۳۲-۳۵	- مصر (کارناک)
۳۸-۴۴	- سی‌آیلند
	ب) پشم
۶۳-۷۶	- مریوس استرالیا (S ۸۰)
۷۶-۸۹	- مریوس کشورهای جنوبی (S ۵۶)
۱۲۷-۱۵۲	- پشم ضخیم (S ۴۸)
۲۵۴-۳۰۵	- پشم ضخیم کوهستانی (S ۳۶)
۳۰۵-۹۱۵	ج) کتان (طول تقریبی ساقه)
۳۰۰-۷۵۰	د) کنف (طول تقریبی ساقه)
۳۷۵-۹۰۰	ه) جوت یا چتایی (طول تقریبی ساقه)

۲-۲- 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 این رو 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 پائینی 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 ۲-۲، نمودار طول الیاف پنبه نشان داده شده است.



شکل ۲-۲- نمودار طول الیاف پنبه

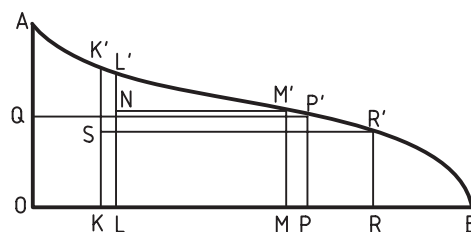
۲-۳- تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و طول میانگین پنبه

– 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 می‌آید. طول مؤثر الیاف، طولی است که تنظیمات فواصل مثل فاصله بین غلتک‌های کشش در ماشین‌های ریسندگی از روی این طول انجام می‌شود.

– درصد الیاف کوتاه: در نمودار طول الیاف، به الیاف کوتاه‌تر از نصف طول مؤثر، الیاف کوتاه نامیده می‌شود. از این رو، به درصد الیاف با طول کوتاه‌تر از طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه گفته می‌شود.

– 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 ۲-۳، یک نمودار طول الیاف پنبه را در نظر 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 ۲-۳- تعیین طول مؤثر، درصد الیاف کوتاه و میانگین طول الیاف

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.

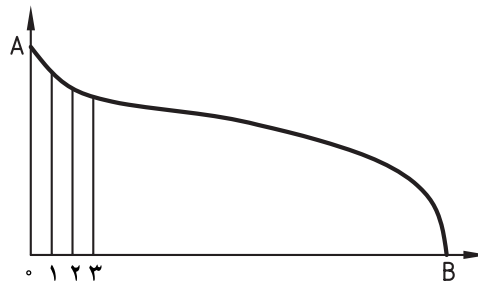
- ۳- از نقطه P' عمودی رسم می‌کنیم تا محور OB را در نقطه P قطع کند.
- ۴- نقطه k را روی محور OB طوری تعیین می‌کنیم که $Ok = \frac{1}{4}OP$ باشد.
- ۵- از نقطه k عمودی رسم می‌کنیم تا نمودار را در نقطه k' قطع کند.
- ۶- نقطه S را در وسط kk' تعیین می‌کنیم.
- ۷- از نقطه S خطی موازی OB رسم می‌کنیم تا نمودار را در R' قطع کند.
- ۸- از نقطه R' عمودی رسم می‌کنیم تا OB را در نقطه R قطع کند.
- ۹- نقطه L را بر روی 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' به عنوان 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' به عنوان الیاف کوتاه در نظر گرفته می‌شوند. در این صورت درصد الیاف کوتاه از رابطه زیر حساب می‌شود:

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

اگر الیاف با طول کوتاه‌تر از RR' که به عنوان 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 به دست 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 ۲-۴). 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:

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



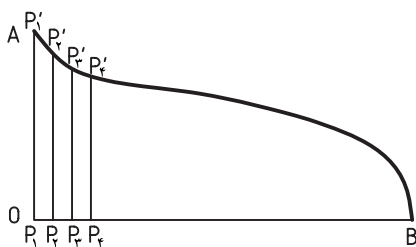
شکل ۲-۴- تعیین طول میانگین الیاف از روی نمودار طول الیاف پنبه (عرض مستطیل‌ها ۲ میلی‌متر)

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 W، n تعداد مستطیل‌های به عرض W.

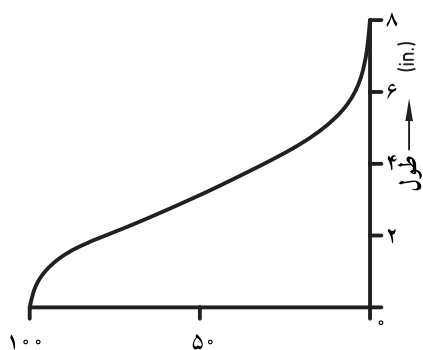
روش دیگر و ساده‌تر تعیین طول میانگین به این صورت است که بر روی OB، n نقطه به فاصله مساوی از یکدیگر تعیین کنیم

و این نقاط را به $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ بنامیم. از هر نقطه P_i یک عمود رسم می‌کنیم تا نمودار طول الیاف را در نقطه P'_i قطع کند (شکل ۲-۵). 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 ۲-۵- تعیین طول میانگین از روی ارتفاع نمودار طول الیاف پنبه



شکل ۲-۶- 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 ۲-۶، 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.

۲-۴- اثرات طول الیاف

۲-۴-۱- 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 رسید. 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.

۲-۴-۲- 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.

۲-۴-۳- 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 رسید.

۲-۴-۴ اثر طول الیاف بر پرز نخ: پرز نخ در واقع سرهای الیاف تشکیل دهنده نخ هستند که از داخل نخ بیرون می‌آیند و به صورت 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.

۲-۴-۵ اثر طول الیاف بر زیردست 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 نخی که با الیاف بلندتر ریسیده شود، صاف‌تر بوده و دارای زیردست مطلوب‌تر است.

۲-۴-۶ 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.

پرسش‌های فصل ۲

- ۱- طول الیاف را تعریف کنید.
- ۲- تنوع طول در کدام یک از دسته الیاف طبیعی یا مصنوعی بیشتر است؟ چرا؟
- ۳- طول مؤثر را تعریف کنید و چگونگی تعیین طول مؤثر را توضیح دهید.
- ۴- درصد الیاف کوتاه و طول میانگین را تعریف کنید.
- ۵- طول میانگین الیاف چگونه تعیین می‌شود.
- ۶- چهار اثر از اثرات طول الیاف را بیان کنید.
- ۷- اثر طول الیاف بر بهره‌وری ریسندگی را توضیح دهید.

۳

فصل

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

جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

۳-۱- 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:

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

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 $2/5$ 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 سانتی‌متر مکعب. 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 ۳-۱ درج شده است.

جدول ۳-۱- جرم مخصوص و حجم مخصوص الیاف نساجی

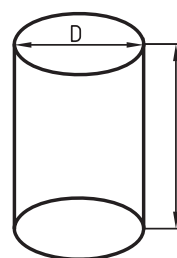
حجم مخصوص (cm ³ /g)		جرم مخصوص (g/cm ³)		نوع لیف
رطوبت نسبی ۶۵٪	خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪	خشک	
۰/۶۶	۰/۶۴	۱/۵۲	۱/۵۵	پنبه
۰/۶۷	۰/۶۶	۱/۴۹	۱/۵۲	ویسکوز ریون
۰/۷۶	۰/۷۶	۱/۳۲	۱/۳۱	تری استات
۰/۷۶	۰/۷۷	۱/۳۱	۱/۳	پشم
۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۳۴	۱/۳۴	ابریشم
۰/۷۷	۰/۷۷	۱/۳	۱/۳	کازئین
۰/۸۸	۰/۸۸	۱/۱۴	۱/۱۴	نایلون ۶۶ و ۶
۰/۷۲	۰/۷۲	۱/۳۹	۱/۳۹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

۳-۲- سطح مخصوص الیاف

سطح مخصوص به دو صورت سطح واحد حجم با واحد (cm³/cm³) و سطح واحد جرم با واحد (cm³/g) تعریف می شود و با حرف S نشان داده می شود. وقتی سطح مخصوص بر حسب سطح واحد حجم تعریف می شود، برای به دست آوردن سطح مخصوص لیف، سطح جانبی لیف را بر حجم لیف تقسیم می کنند (شکل ۳-۱). یعنی:

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

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



شکل ۳-۱- نمای ترسیمی یک لیف با مقطع دایره ای و به قطر D.

در رابطه فوق:

S: سطح مخصوص بر حسب cm³/cm³ یا cm⁻¹؛

D: قطر لیف بر حسب cm؛

l: طول لیف بر حسب cm.

چنانچه رابطه فوق را ساده کنیم، رابطه زیر به دست می آید:

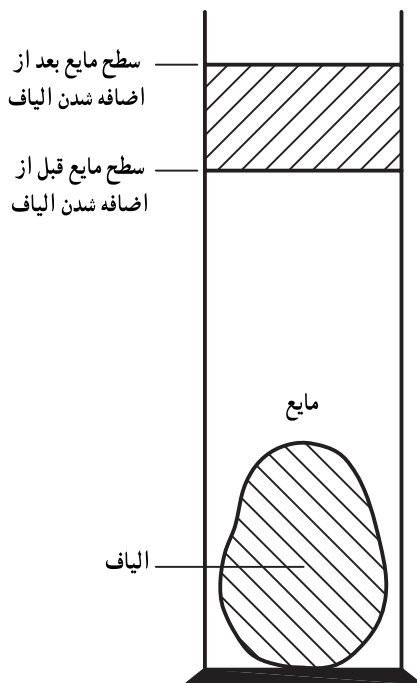
$$S = \frac{4}{D}$$

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 نسابی 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.

۳-۳-۳ اندازه‌گیری جرم، حجم و جرم مخصوص الیاف

۳-۳-۱- 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.



۳-۳-۲- اندازه‌گیری حجم الیاف: اگرچه اندازه‌گیری جرم الیاف نسابی به آسانی انجام می‌شود، ولی اندازه‌گیری حجم الیاف نسابی 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 فرو رفتن در مایع است. شکل ساده‌ای از روش اندازه‌گیری حجم الیاف به روش فرو رفتن در مایع، در شکل ۳-۲ نشان داده شده است.

شکل ۳-۲- 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.

۳-۳-۳- 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 لیاف در داخل مایعی قرار گیرد و در آن مایع غوطه‌ور شود، این بدان معناست که جرم مخصوص این لیاف برابر جرم مخصوص مایع می‌باشد. براین اساس برای اندازه‌گیری جرم مخصوص لیاف، 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 لیاف 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 لیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شد، جرم مخصوص لیاف با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

۲- اگر توده لیاف بر روی مایع مخلوط شناور ماند، آنقدر از مایع با جرم مخصوص کمتر به مایع مخلوط اضافه می‌شود تا توده لیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شود. در این صورت جرم مخصوص لیاف مورد نظر با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

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

در هر یک از حالات فوق، جرم مخصوص لیاف 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:

ρ : جرم مخصوص لیاف بر حسب g/cm^3 ؛

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

v_1 : حجم مایع اول بر حسب cm^3 ؛

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

v_2 : حجم مایع دوم بر حسب cm^3 است.

۲- اندازه‌گیری جرم مخصوص لیاف 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 0.9 گرم بر سانتی‌متر مکعب و دیگری با جرم مخصوص نسبتاً بالا مثل پنتا کلرو اتان (penta chlor ethane) با جرم مخصوص 1.7 گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص لیاف، 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 لیاف 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 لیاف به روش‌های فوق باید از مایعاتی استفاده شود که حتی‌الامکان جذب لیاف نشوند. چون اگر از مایعاتی که جذب لیاف 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 تتراکلرید کربن (carbon tetrachloride).

۳-۴- 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:

- 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.

پرسش‌های فصل ۳

- ۱- جرم مخصوص را تعریف و واحد آن را بیان کنید.
- ۲- دو تعریف از سطح مخصوص و واحدهای آنها را بیان کنید.
- ۳- کدامیک از کمیت‌های جرم مخصوص و سطح مخصوص را می‌توان برای شناسایی الیاف به‌کار برد.
- ۴- برای شناسایی الیاف نساجی، آیا می‌توان از کمیت سطح مخصوص استفاده کرد؟ چرا؟
- ۵- افزایش قطر الیاف چه تأثیری در جذب گاز و مایع توسط آنها دارد؟
- ۶- روش‌های تعیین حجم و جرم مخصوص الیاف را نام برده و توضیح دهید.
- ۷- برای تعیین جرم مخصوص یک لیف با جرم حجمی $1/34$ گرم بر سانتی‌متر مکعب از دو مایع زایلین با جرم حجمی $9/0$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و پنتاکلرو اتان با جرم مخصوص $1/7$ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شده است.
اگر حجم زایلین مصرفی ۵ سانتی‌متر مکعب باشد، حجم پنتاکلرو اتان مصرفی را حساب کنید.
- ۸- برای تعیین جرم حجمی پلی‌پروپیلن، از دو مایع زایلین و پنتاکلرو اتان استفاده می‌شود. حجم مصرفی کدامیک از دو مایع بیشتر است؟ توضیح دهید.

۱ < جرم مخصوص پلی‌پروپیلن

۱ < جرم مخصوص زایلین

۱ > جرم مخصوص پنتاکلرو اتان