پودمان ۳

اندازه‌گیری و محاسبات آن

محاسبه مقدار مواد اولیه لازم برای ساخت مصنوعات چوبی

اندازه‌گیری و یکاهای آن

اندازه‌گیری: همهٔ انسان‌ها از ابتدا خواهان این بودند که توانایی‌ها و دارایی‌هایشان قابل اندازه‌گیری باشد، بنابراین فرآیند اندازه‌گیری و سنجش از اهمیت زیادی برخوردار بود و هر فردی دلش می‌خواست ویژگی‌ها و نتیجهٔ کار خود را با معیاری اندازه‌گیری کند. اندازه‌گیری فرآیندی است که اندازهٔ ویژگی‌های یک کمیت را مشخص می‌کند، به‌طور مثال ویژگی‌هایی مانند طول، جرم، و زمان که آنها را با یکای اندازه‌گیری استاندارد، مانند متر، کیلوگرم، و ثانیه اندازه‌گیری می‌کنند.

امروزه قوانین و نظریه‌های فیزیک و شیمی به‌صورت معادلات ریاضی بیان می‌شوند. برای فهم درستی این رابطه‌های ریاضی نیاز به آزمودن این قوانین در دنیای واقعی داریم، بنابراین، اندازه‌گیری مهارتی است که میان نظریه علمی و دنیای واقعی ارتباط برقرار می‌کند و این ارتباط دوطرفه است.

یکاهای سیستم SI: یکی از جنبه‌های مشترک بین همه اندازه‌گیری‌ها وجود یک یکای اندازه‌گیری است. یکا مقیاسی است جهت اندازه‌گیری کمیت‌ها بدین معنا که، کمیت مورد نظر چند برابر کمیتی است از همان جنس، که به عنوان مقیاس انتخاب شده است، این مقیاس را یکای آن کمیت می‌نامند. دانشمندان برای آنکه رقم‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف یک کمیت با هم مقایسه‌پذیر باشند، در گردهمایی‌های بین‌المللی توافق کرده‌اند که برای هر کمیت یکای معینی تعریف کنند. یکای هر کمیت باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که در شرایط فیزیکی تعیین‌شده تغییر نکند و در دسترس باشد. مجموعه یکاهای مورد توافق بین‌المللی را به اختصار یکای SI یا سیستم بین‌المللی می‌نامند.

کمیت اصلی: آن دسته از کمیت‌هایی را که یکاهای آنها به‌طور مستقل تعریف شده‌اند کمیت اصلی و یکاهای آنها را یکاهای اصلی می‌نامند. کلیه کمیت‌های اصلی در جدول ۱ـ۳ آمده است.

کمیت فرعی: کمیتی است که به یک یا چند کمیت اصلی وابسته است و از ترکیب چند یکا تشکیل شده است، مانند یکای سرعت که متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$) است و به عنوان کمّیتی برحسب طول و زمان به حساب می‌آید.

کمیت‌های اصلی سیستم SI

جدول ۱ـ۳ـ کمیت‌های اصلی در سیستم SI

کمیت‌های اصلی SI	یکا	نماد
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
شدت جریان الکتریکی	آمپر	A
دما	کلوین	K

پیشوندهای یکاهای SI (ضرایب): برای نشان دادن کوچک‌ترها (اجزاء) و بزرگ‌ترها (اضعاف) از هر یکا، از پیشوندهای جدول ۲ـ۳ استفاده می‌شود که این پیشوندها در جلوی یکای اصلی قرار می‌گیرند.

جدول ۲ـ ۳ـ پیشوندهای یکاهای سیستم SI

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

یکاهای اندازه‌گیری طول

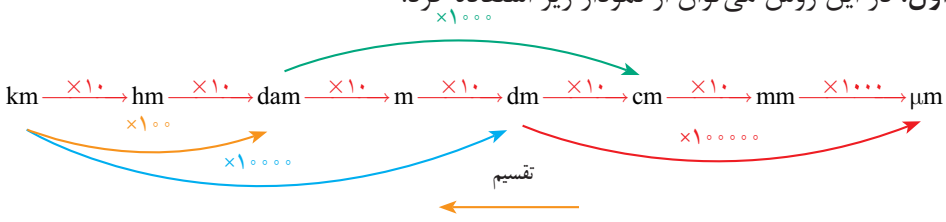
یکای طول: یکای طول در سیستم بین‌المللی SI برابر متر است.

جدیدترین تعریف متر:

یک متر طول مسیری است که نور در خلأ در زمان کوتاه $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه طی می‌کند.

تبدیل یکای طول

روش اول: در این روش می‌توان از نمودار زیر استفاده کرد.



توجه: در نمودار بالا برای تبدیل یکاهای بزرگ‌تر به کوچک‌تر از ضرب و برای کوچک‌تر به بزرگ‌تر از عمل تقسیم و در جهت عکس نمودار استفاده می‌شود.

یکاهای اندازه‌گیری طول در کشورهای انگلیسی‌زبان: یکاهای اندازه‌گیری طول در کشورهای انگلیس و امریکا فوت است. هر فوت ۱۲ اینچ و هر اینچ ۲۵/۴ میلی‌متر است.

تمرین

نمونه ۱

الف) $۲/۶\text{cm} = ?\mu\text{m}$

$۲/۶\text{cm} \xrightarrow{\times ۱۰^{۴}} ۲/۶\times ۱۰^{۴}\mu\text{m}$

ب) $۸۲۰۴/۶\text{mm} = ?\text{hm}$

$۸۲۰۴/۶\text{mm} \xrightarrow{\div ۱۰^{۵}} ۸/۲۰۴۶\times ۱۰^{-۲}\text{hm}$

در یکاهای انگلیسی اینچ (inch) را با in، فوت (foot) را با ft، یارد (yard) را با yd و مایل (mile) را با mi نشان می‌دهند.

$$\text{mi} \underset{\div}{\overset{\times ۱۶۰۹}{\rightleftarrows}} \text{yd} \underset{\div}{\overset{\times ۳}{\rightleftarrows}} \text{ft} \underset{\div}{\overset{\times ۱۲}{\rightleftarrows}} \text{in} \underset{\div}{\overset{\times ۲۵/۴}{\rightleftarrows}} \text{mm}$$

تمرین

نمونه ۲

الف) $۲\frac{۱}{۸}\text{in} = ?\text{mm}$

$$۲\frac{۱}{۸}\text{in} = \frac{۲\times ۸+۱}{۸}\text{in} = \frac{۱۷}{۸}\text{in} \xrightarrow{\times ۲۵/۴} ۵۳/۹۷۵\text{ mm}$$

ب) $۲/۸\text{mi} = ?\text{m}$

$$۲/۸\text{mi} \xrightarrow{\times ۱۶۰۹/۳۴۴} ۴۵۰۶/۱۶۳۲\text{ m}$$

ج) $۲۸\frac{۵}{۸}\text{in} = \text{.....ft}$

$$\frac{۲۸\times ۸+۵}{۸} = \frac{۲۲۹}{۸} = ۲۸/۶۲۵\text{in} \xrightarrow{\div ۱۲} ۲/۳۸\text{ ft}$$

فعالیت عملی ۱:

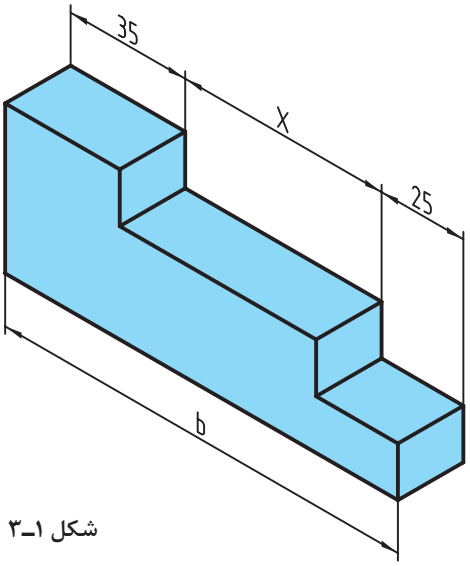
۱ اندازه‌های زیر را برحسب یکای خواسته‌شده به دست آورید.

یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... m	.....	۱۴ km	..... m	.....	۱۲۰ cm
..... m	.....	۴۲۰ μm	..... m	.....	۲۴۰ mm
..... m	.....	۲۳ dam	..... m	.....	۱۷٫۵ dm
..... m	.....	۱۴٫۷ cm	..... m	.....	۲۰ hm
..... cm	.....	۱۴ dm	..... cm	.....	۱۶٫۵ mm
..... cm	.....	۲٫۴ m	..... cm	.....	۰٫۴ m
..... dm	.....	۱۴۵ mm	..... dm	.....	۳٫۰۲۱ m
..... dm	.....	۲۸٫۹ hm	..... dm	.....	۶٫۲ km
..... mm	.....	۱۲۴ μm	..... mm	.....	۱۹٫۶ cm
..... mm	.....	۰٫۰۴ dm	..... mm	.....	۳٫۵۱ dm
..... μm	.....	۲٫۱ dm	..... μm	.....	۲٫۰۸ mm
..... μm	.....	۵٫۱۵ cm	..... μm	.....	۰٫۰۲ km

۲ اندازه‌های اینچی زیر را برحسب یکاهای موردنظر در سیستم بین‌المللی SI به‌دست آورید.

یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... mm	.....	$5\frac{1}{4}$ in	..... m	.....	$\frac{1}{4}$ in
..... cm	.....	$2\frac{5}{8}$ in	..... cm	.....	$\frac{7}{8}$ in
..... m	.....	$3\frac{5}{16}$ in	..... mm	.....	$\frac{3}{16}$ in
..... cm	.....	$4\frac{1}{2}$ in	..... cm	.....	$\frac{1}{2}$ in

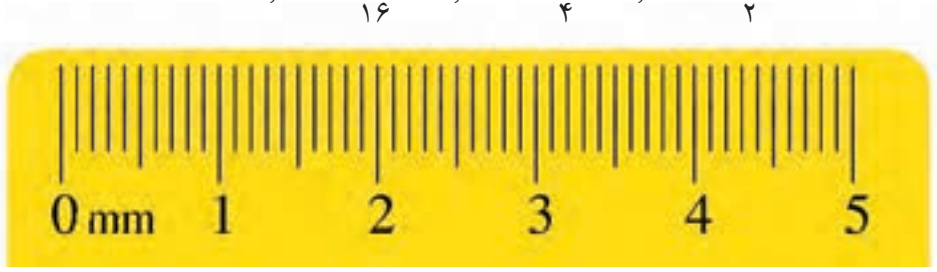
۳ در شکل ۱ـ۳ زیر مقدار $b = ۱۲۰\,mm$ است مقدار X را برحسب متر، سانتی‌متر، میلی‌متر و اینچ به‌دست آورید.



شکل ۱ـ۳

۴ بر روی خط‌کش زیر شکل ۲ـ۳ محل تقریبی اندازه‌های خواسته‌شده را مشخص کنید.

$$A = ۱in \quad , \quad B = \frac{۹}{۱۶}in \quad , \quad C = ۱\frac{۳}{۴}in \quad , \quad D = ۱\frac{۱}{۲}in$$



شکل ۲ـ۳

۵ در نمودارهای زیر مقدار ضرایب لازم را درون مستطیل بنویسید.

الف) $\mu m \rightarrow \square\ cm \rightarrow \square\ hm \rightarrow \square\ km$

ب) $km \rightarrow \square\ dam \rightarrow \square\ dm \rightarrow \square\ mm$

مقیاس

مقیاس ارتباط بین اندازه‌های ترسیمی‌با اندازه‌های حقیقی، در دنیای واقعی را مشخص می‌کند. انتخاب مقیاس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مقیاس در حقیقت توصیف یک نسبت است. به‌عبارتی نسبت اندازه ترسیمی به اندازه حقیقی را مقیاس می‌نامند.

$$\text{مقیاس (SC.)} = \frac{\text{اندازه ترسیمی}}{\text{اندازه حقیقی}}$$

در نقشه‌کشی قطعات صنعتی همیشه نمی‌توان آنها را با ابعاد حقیقی روی کاغذ ترسیم کرد. برای ابعاد بزرگ‌تر از اندازه کاغذ، آنها را با مقیاس کاهنده ترسیم می‌کنند (کوچک‌تر از مقیاس ۱:۱) و برای ابعاد خیلی کوچک آنها را با مقیاس افزاینده (بزرگ‌تر از ۱:۱) ترسیم می‌کنند (جدول ۳ــ۳).

جدول ۳ـ ۳

مقیاس < ۱	مقیاس ۱:۱	مقیاس > ۱
طول ترسیمی کوچک‌تر از طول حقیقی	طول ترسیمی برابر با طول حقیقی	طول ترسیمی بزرگ‌تر از طول حقیقی

نکته

نقشهٔ قطعه‌کار با هر مقیاسی که ترسیم شود اندازه‌گذاری آن برحسب ابعاد حقیقی قطعه انجام می‌شود.

در صنعت مکانیک معمولاً نقشه به اندازه واقعی با مقیاس ۱:۱ ترسیم می‌شود، و در صنعت الکترونیک نقشه معمولاً بزرگ‌تر از اندازه واقعی ترسیم می‌شود (مثلاً ۱۰ برابر بزرگ‌تر) که در این صورت مقیاس نقشه ۱۰:۱ خواهد بود. در نقشه‌های ساختمانی نقشه کوچک‌تر از اندازه واقعی است که اکثراً مقیاس نقشه، عددی کسری است که صورت آن یک و مخرج آن عددی صحیح است و نشان می‌دهد که نقشه به همان نسبت کوچک شده است.

در صنایع چوب و مبلمان برای نقشه‌کشی از مقیاس‌های متفاوتی استفاده می‌شود که برای مبلمان و سازه‌های چوبی ۱:۱۰، برای ترسیم برش‌ها ۱:۱ و برای پلان آشپزخانه و ساختمان‌های چوبی، ۱:۲۵ و ۱:۵۰ و ۱:۱۰۰ و ... استفاده می‌گردد.

به‌طور مثال مقیاس ۱:۱۰۰ نشان می‌دهد هر یک سانتی‌متر از نقشه معادل ۱۰۰ سانتی‌متر در اندازه واقعی است.

مقیاس‌های افزاینده و کاهنده استاندارد شده برابر نمودار زیر است:

تمرین

نمونه ۳

تابلو راهنما به طول ۴/۲ متر با مقیاس ۱:۲۰ ترسیم شده است. اندازهٔ ترسیمی‌آن در نقشه چند میلی‌متر خواهد بود؟ (شکل ۳ـ۳)

شکل ۳ـ ۳

$$\text{مقیاس (SC.)} = \frac{\text{اندازهٔ ترسیمی}}{\text{اندازهٔ حقیقی}}$$

$$\text{اندازهٔ ترسیمی} = \text{اندازهٔ حقیقی} \times \text{مقیاس}$$

$$\text{اندازهٔ ترسیمی} = ۴۲۰۰\ mm \times \frac{۱}{۲۰} = ۲۱۰\ mm$$

تمرین

نمونه ۴

مقدار ترسیمی‌اندازه‌های حقیقی جدول ۴ـ۳ را به دست آورید.

جدول ۴ـ ۳

اندازه‌های حقیقی	مقیاس	مقیاس × اندازه حقیقی = اندازه ترسیمی
۳۴۵	۱: ۵	$۳۴۵\times\frac{۱}{۵}=۶۹$
۲۲/۴	۲: ۱	$۲۲/۴\times\frac{۲}{۱}=۴۴/۸$
۱۸۵	۱: ۲/۵	$۱۸۵\times\frac{۱}{۲/۵}=۷۴$
۶۶/۷۵	۵: ۱	$۶۶/۷۵\times\frac{۵}{۱}=۳۳۳/۷۵$
۳	۱۰: ۱	$۳\times\frac{۱۰}{۱}=۳۰$
۸۴	۱: ۱۰	$۸۴\times\frac{۱}{۱۰}=۸/۴$

تمرین

نمونه ۵

برای طراحی اجزای سازندهٔ یک ساعت مچی عقربه‌ای، از یک نقشه با مقیاس ۵۰:۱ استفاده شده است. در صورتی‌که اندازهٔ حقیقی قطر بیرونی یک چرخ‌دنده آن که با فناوری مدرن ساخته می‌شود ۴ میلی‌متر باشد برای ترسیم آن از چه اندازه‌ای باید استفاده کرد؟ (شکل ۴ـ۳)

$$\text{مقیاس (SC.)} = \frac{\text{اندازهٔ ترسیمی}}{\text{اندازهٔ حقیقی}}$$

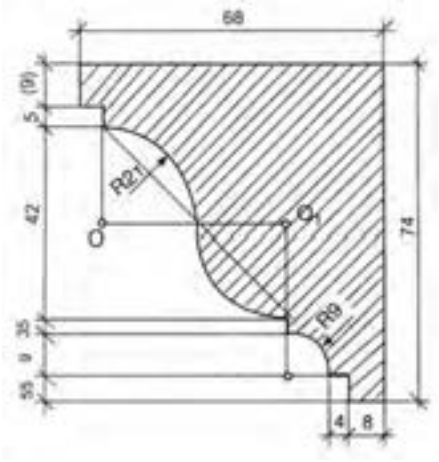
$$\frac{۵۰}{۱} = \frac{\text{اندازهٔ ترسیمی}}{۴}$$

$$\text{اندازهٔ ترسیمی} = ۴ \times ۵۰ = ۲۰۰\ mm$$

شکل ۴ـ ۳

فعالیت عملی ۲:

۱ در شکل ۵ـ۳ مقادیر مورد نظر را با مقیاس ۳:۱ به‌دست آورید.



شکل ۵ ـ ۳

۲ اندازهٔ ترسیمی‌برای اندازه‌های واقعی زیر را با مقیاس ۴:۱ به‌دست آورید.

اندازهٔ ترسیمی	اندازهٔ واقعی
.....	۱۲/۶ cm
.....	۰/۰۴۵ m
.....	۸/۵ mm
.....	۲۴/۳ mm

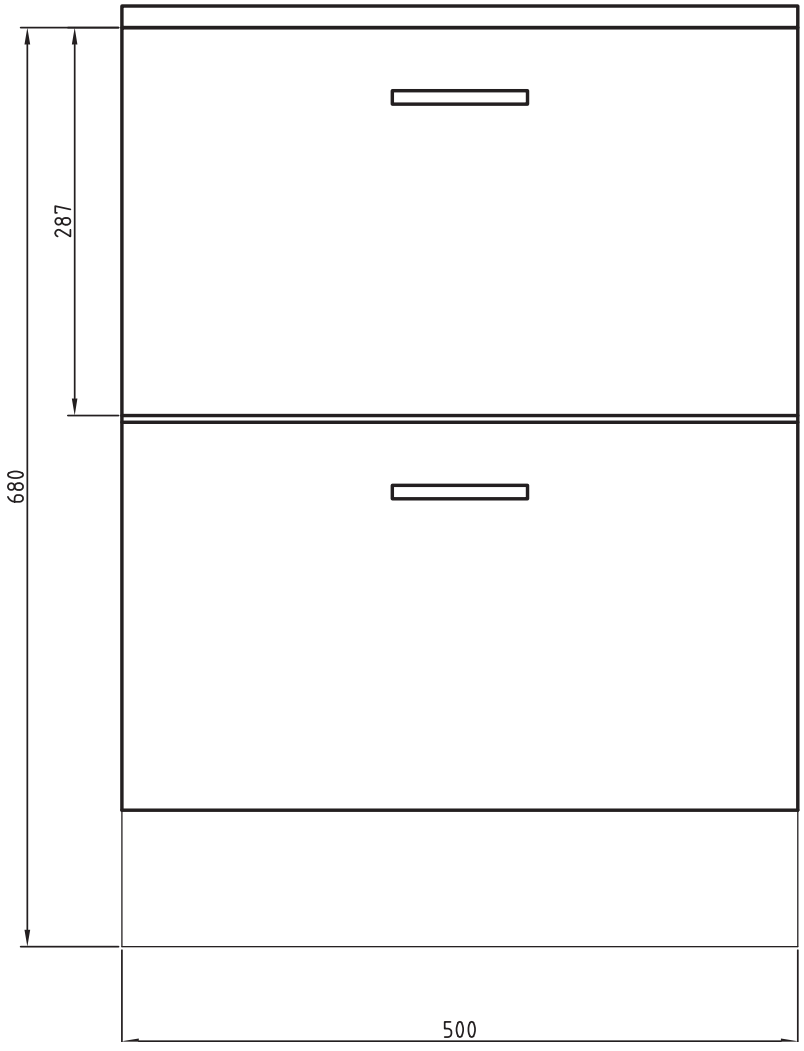
۳ جدول زیر را با توجه به مقیاس ۱:۲/۵ کامل کنید.

اندازهٔ ترسیمی	اندازهٔ واقعی
۱۱/۲ cm	.....
.....	۲۳۲ mm
۰/۱۳۶ m	.....
.....	۱۱۵ mm

۴ جدول زیر را کامل کنید.

مقیاس	اندازهٔ واقعی	اندازهٔ ترسیمی
۱:۸	؟	۱۶۰ mm
؟	۲/۵ cm	۱۰ cm
۳:۱	۶/۳ mm	؟

۵ اندازه‌های داده شده برای شکل زیر مقادیر واقعی آنهاست. درصورتی‌که بخواهیم این نقشه را با مقیاس ۱:۵ ترسیم کنیم، مقادیر اندازه‌های ترسیمی‌را به‌دست آورید.



شکل ۶ ـ ۳ـ نمای اصلی فایل اداری

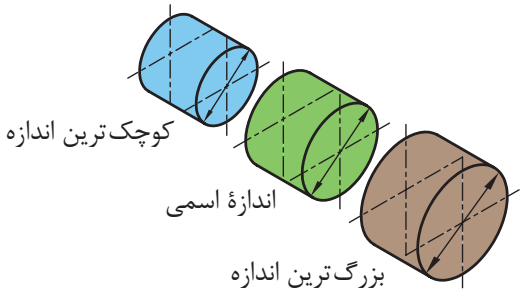
تولرانس (رواداری)

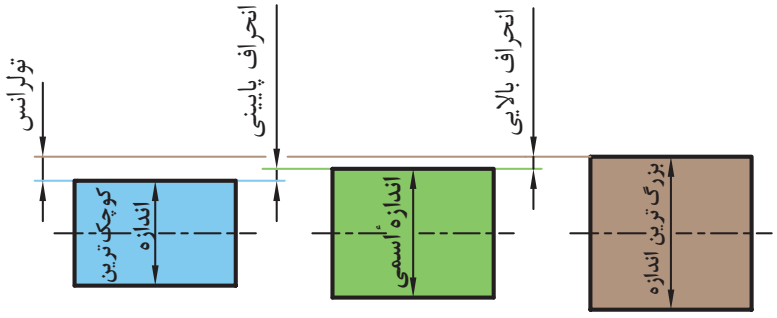
در تولید قطعات صنعتی به‌دست آوردن اندازه دقیق اسمی[1] به‌دلیل وجود خطاهای ابزارهای تولید، امری کاملاً محال است. تولیدکنندگان سعی می‌کنند که اندازه‌های تولیدی به اندازه‌های اسمی برسد، از این رو طراح مقدار خطای مجاز اندازه را در نقشه ذکر می‌کند که به آن تولرانس می‌گویند (شکل ۷ـ۳).

این خطاها را در نقشه به‌صورت عدد کنار اندازهٔ اسمی می‌نویسند، طوری که انحراف بالایی را بدون نماد در بالا و انحراف پایینی را بدون نماد در پایین اندازهٔ اسمی می‌نویسند. مقدار تولرانس تفاوت میان انحراف بالایی و انحراف پایینی است و با نماد T نمایش داده می‌شود.

کوچک‌ترین اندازه − بزرگ‌ترین اندازه = T (تولرانس)

انحراف پایینی − انحراف بالایی = T





شکل ۷ـ۳

نکته

اندازهٔ اسمی: اندازه‌ای است که مورد نظر طراح است مانند ۲۲∅ یا ۱۶/۵∅.

انحراف بالایی + اندازهٔ اسمی = بزرگ‌ترین اندازه

انحراف پایینی + اندازهٔ اسمی = کوچک‌ترین اندازه

۱ـ اندازه‌ای که در نقشه نوشته می‌شود.

به‌طور نمونه در $۲۵^{+۰/۳}_{-۰/۲}$ مقدار ۰/۳ را انحراف بالایی، ۰/۲- را انحراف پایینی می‌گویند و مقدار تولرانس از روابط زیر به‌دست می‌آید.

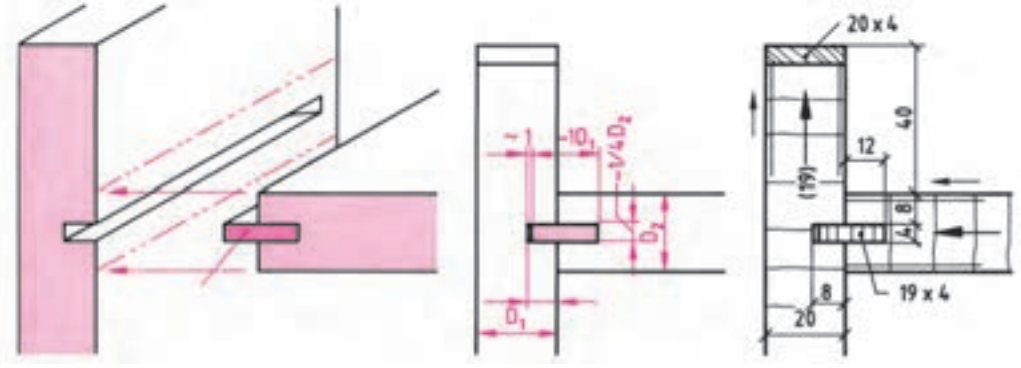
T = بزرگ‌ترین اندازه − کوچک‌ترین اندازه = ۲۵/۳ − ۲۴/۸ = ۰/۵

T = انحراف بالایی − انحراف پایینی = +۰/۳ − (−۰/۲) = ۰/۵

تمرین

نمونه ۶

در یک کارخانه صنایع چوبی تعدادی طبقه کتابخانه‌ای، توسط اتصال قلیف زبانه بلند باید مونتاژ شود. در صورتی‌که عمق شکاف بدنه $۸^{+۰/۵}_{-۰/۲}$ میلیمتر در نظر گرفته شده باشد. مقادیر بزرگترین اندازه، کوچکترین اندازه و تولرانس را به دست آورید. (شکل ۸ـ۳).



شکل ۸ـ۳ـ ترسیم علائم اتصال قلیف زبانه بلند، زبانه به اندازه ۲۰×۵ میلی‌متر در برش و نمای رو به رو، جنس زبانه از تخته چند لایه

تمرین

نمونه ۷

در یک کارخانه تعدادی عصای چوبی ساخته شده است. این عصاها باید به نحوی مونتاژ شوند تا به منظور تنظیم ارتفاع پای افراد مختلف ساخته شود و با جابه‌جایی آن در پای افراد مقدار ارتفاع عصا نیز تغییر کند. اگر طراح قطر پایهٔ عصا تغییر ارتفاع را $۱۸^{+۰/۵}_{-۰/۲}$ در نظر بگیرد مقادیر بزرگ‌ترین اندازه، کوچک‌ترین اندازه و تولرانس را به‌دست آورید (شکل ۹ـ۳).

شکل ۹ ـ ۳

بزرگ‌ترین اندازه $۱۸mm + (+۰/۵mm) = ۱۸/۵\ mm$

کوچک‌ترین اندازه $۱۸mm + (-۰/۲mm) = ۱۷/۸\ mm$

تولرانس = بزرگ‌ترین اندازه - کوچک‌ترین اندازه $۱۸/۵ - ۱۷/۸ = ۰/۷$

تولرانس = انحراف بالایی - انحراف پایینی $+۰/۵ - (-۰/۲) = ۰/۷$

تمرین

نمونه ۸

انحراف‌های اندازهٔ $\varnothing 53mm$ عبارت‌اند از $+120\mu m$ و $+32\mu m$ بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه و تولرانس آن را به دست آورید.

$+32\mu m = +0/032\,mm \quad , \quad +120\mu m = +0/120\,mm$

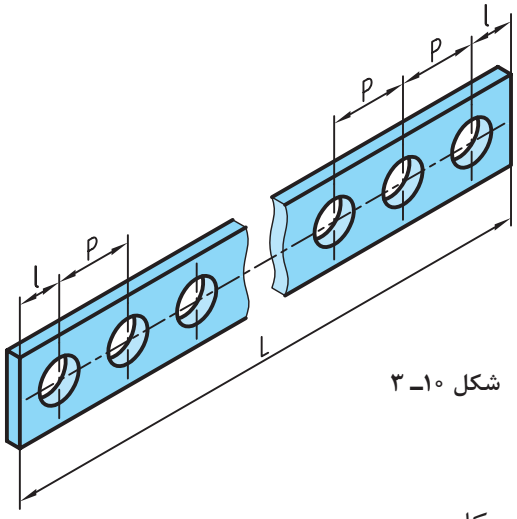
بزرگ‌ترین اندازه $= 53 + 0/120 = 53/120\ mm$

کوچک‌ترین اندازه $= 53 + 0/032 = 53/032\ mm$

تولرانس $= +0/120\,mm - (+0/032\,mm) = 0/088\,mm$

تقسیمات طولی

در تولید قطعات صنعتی فاصله‌های بین اجزای یک قطعه از اهمیت بالایی برخوردار است و دقت تولید قطعات را در هنگام ساخت بالا می‌برد. از این جهت محاسبه طول مساوی بین اجزای مشابه و یا تقسیم یک قطعه به اجزای مساوی برای انجام عملیات خاص مورد توجه است. برای محاسبه طول تقسیمات مساوی از رابطه زیر استفاده می‌شود (شکل ۱۰ـ۳).



شکل ۱۰ـ ۳

$$P = \frac{L - 2l}{n - 1}$$

L = طول قطعه‌کار

l = طول لبه قطعه‌کار تا مرکز اولین سوراخ

P = فاصله بین مرکز دو سوراخ متوالی (گام)

n = تعداد سوراخ

نکته

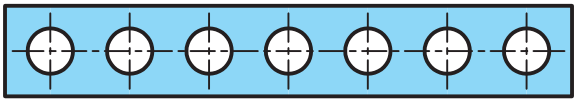
۱ـ همان‌طور که مشاهده می‌شود تعداد سوراخ‌ها از تعداد فاصله بین سوراخ‌ها، یکی بیشتر است.

۲ـ در تولید قطعه بالا حتماً باید $r < \frac{P}{2}$ (شعاع سوراخ) باشد.

تمرین

نمونه ۹

در روی ریل سه مرحله ای (تلسکوپی) تسمه‌ای مطابق شکل ۱۱ــ۳ سوراخ ایجاد شده است .L=۵۰۰ میلی‌متر و طول لبه کار تا اولین مرکز سوراخ ۴۰ میلی متر است.حال فاصله بین مرکز سوراخ‌ها را به‌دست آورید.



شکل ۱۱- ۳

$$P=\frac{L-2l}{n-1}$$

$$P=\frac{500-(2\times40)}{7-1}=\frac{420}{6}=70\ mm$$

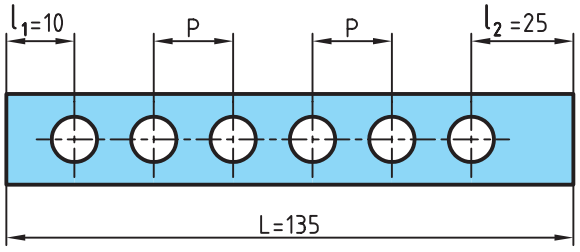
تذکر: در صورتی‌که فاصله مرکز سوراخ‌های ابتدایی و انتهایی از لبه قطعه‌کار با هم مساوی نباشند رابطه ذکرشده به‌صورت زیر است:

$$P=\frac{L-(l_1+l_2)}{n-1}$$

تمرین

نمونه ۱۰

در شکل۱۲ـ۳ یک قطعه دیده می‌شود، فاصله برابر بین سوراخ‌ها (P) چقدر خواهد بود؟



شکل ۱۲ـ ۳

$$P=\frac{L-(l_1+l_2)}{n-1}\longrightarrow P=\frac{135-(10+25)}{6-1}=\frac{100}{5}=20\ mm$$

محاسبه محیط

تمامی‌شکل‌های هندسی دارای محیط‌اند که دانستن آن برای انجام طراحی و تولید دقیق ضروری است.

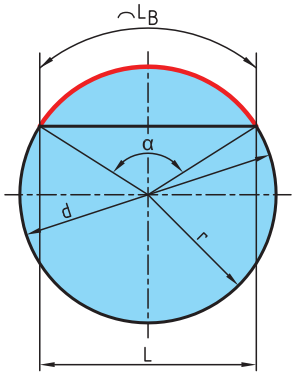
به طول پیرامون اشکال هندسی محیط گفته می‌شود.

هر قطعهٔ صنعتی می‌تواند از یک یا چند شکل هندسی تشکیل شده باشد. برای محاسبهٔ محیط قطعه ابتدا باید آن را به اجزای ساده‌تر که دارای روش‌های محاسبهٔ ساده‌تری هستند تقسیم کرد. در پایان با جمع‌کردن محیط اجزای تقسیم‌شده می‌توان محیط کل قطعه را به‌دست آورد.

در محاسبه اندازهٔ محیط شکل‌های دوبعدی، کافی است طول بیرونی پیرامون شکل را به‌دست آورد.

در شکل‌های چندضلعی مجموع طول اضلاع مقدار محیط است.

محاسبهٔ محیط دایره، طول قوس دایره (شکل ۱۳ـ ۳)



شکل ۱۳ـ ۳

U = محیط

L_B = طول قوس قطاع یا قطعه دایره

α = زاویه مرکزی مقابل به کمان (درجه)

d = قطر دایره

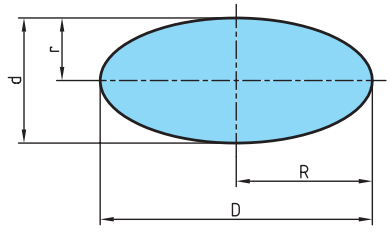
r = شعاع دایره (d = ۲ r)

L = طول وتر دایره (محاسبه این طول در صفحه ۸۹ گفته خواهد شد.)

$$U = \pi \times d$$

$$\frac{\pi \times \ \times \alpha}{۳۶۰}$$

محاسبه محیط بیضی (شکل ۱۴ـ ۳)



شکل ۱۴ـ ۳

U = محیط

D = قطر بزرگ بیضی

R = شعاع بزرگ بیضی

d = قطر کوچک بیضی

r = شعاع کوچک بیضی

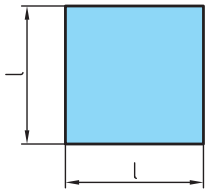
$$U \approx \pi \times \frac{D+d}{۲}$$

$$U \approx \pi \times \sqrt{۲ \times (R^{۲} + r^{۲})}$$

با دقت بیشتر

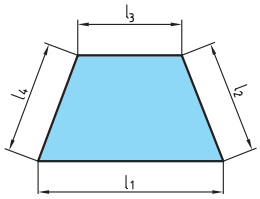
محیط اشکال هندسی **U= محیط** **l = طول ضلع** **b= عرض** **n= تعداد اضلاع**

مربع



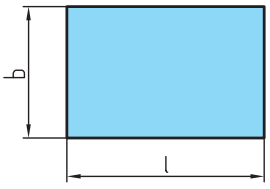
$U = ۴ \times l$

ذوزنقه



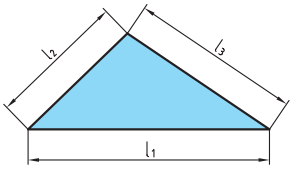
$U = l_۱ + l_۲ + l_۳ + l_۴$

مستطیل



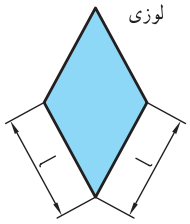
$U = ۲ \times (l + b)$

مثلث



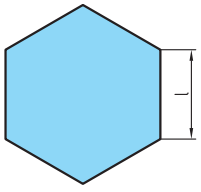
$U = l_۱ + l_۲ + l_۳$

لوزی



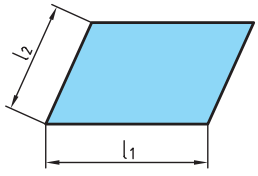
$U = ۴ \times l$

چندضلعی منتظم



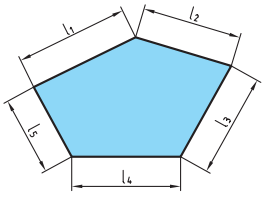
$U = n \times l$

متوازی‌الاضلاع



$U = ۲ \times (l_۱ + l_۲)$

چندضلعی غیرمنتظم



$U = l_۱ + l_۲ + l_۳ + l_۴ + l_۵$

شکل ۱۵ـ۳

نکته

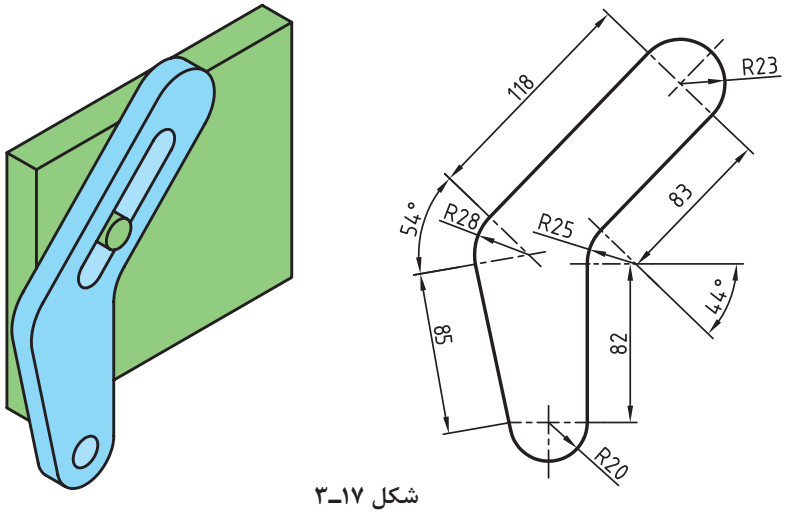
به طور کلی در اشکال هندسی ۱۵ـ ۳ محیط برابر مجموع اندازهٔ ضلع های پیرامون آن شکل است.

فعالیت عملی ۳:

۱ در آلاچیق مطابق شکل ۱۶ـ۳ که با قطر ۲/۳ متر ساخته شده است. طول قسمت نرده‌کاری‌شده را به‌دست آورید.

۳ـ۱۶

۲ قطعه‌ای مطابق شکل ۱۷ـ۳ با روش برش لیزر از ورق آلومینیمی‌ساخته شده است. طول مسیر برش را حساب کنید.



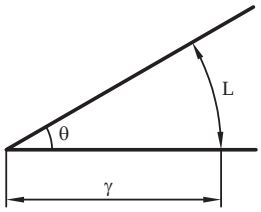
شکل ۱۷ـ۳

۳ در شکل ۱۸ـ۳ اندازه محیط استخر به طول ۸/۴ m و عرض ۵/۲ m را به‌دست آورید و در صورتی‌که از کاشی‌های ۴۰ cm × ۴۰ cm برای کاشی‌کاری دور استخر استفاده شود، چه تعداد کاشی لازم است؟

شکل ۱۸ـ۳

یکای اندازه‌گیری زاویه

زاویه یا گوشه یکی از مفاهیم هندسی است و به ناحیه‌ای از صفحه گفته می‌شود که بین دو نیم‌خط که سر مشترک دارند محصور شده است. به سر مشترک این دو نیم‌خط رأس زاویه یا گوشه می‌گویند (شکل ۱۹ـ۳).



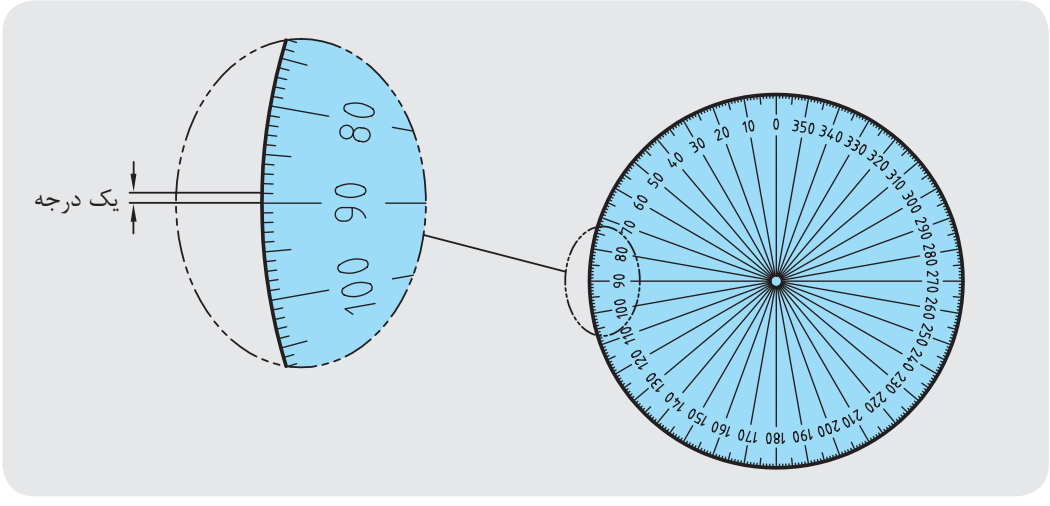
شکل ۱۹ـ ۳

یکاهای اصلی برای اندازه‌گیری زاویه: درجه، رادیان و گرادیان (گراد) است.

توجه: برای نمایش درجه از علامت (°) استفاده می‌شود.

درجه: اگر محیط یک دایره دلخواه را به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم و هر قسمت را به مرکز دایره وصل کنیم، اندازه زاویه حاصل را یک درجه می‌نامند (شکل ۲۰ـ۳).

$$\text{یک درجه} = \text{زاویه مرکزی مقابل به } \frac{\text{محیط دایره}}{۳۶۰}$$



شکل ۲۰ـ ۳

همان‌گونه که می‌دانید معمولاً هر یکا دارای اجزائی است. درجه نیز به‌عنوان یکای اندازه‌گیری دارای اجزائی مانند دقیقه (′) و ثانیه (″) است.

هر دقیقه برابر $\frac{۱}{۶۰}$ درجه است.

$$۱\text{ دقیقه} = ۱' = \frac{۱}{۶۰} \times ۱^\circ$$

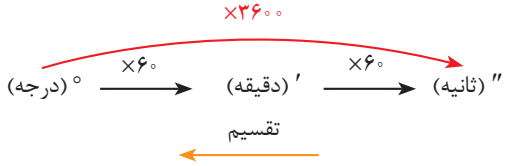
هر ثانیه برابر $\frac{۱}{۶۰}$ دقیقه یا $\frac{۱}{۳۶۰۰}$ درجه است.

$$۱\text{ ثانیه} = ۱'' = \frac{۱}{۶۰} \times ۱' = \frac{۱}{۳۶۰۰} \times ۱^\circ$$

به عبارتی:

$$۱^\circ = ۶۰\square = ۳۶۰۰''$$

تبدیل اجزای زاویه:



توجه: در نمودار بالا برای تبدیل یکای کوچک‌تر به بزرگ‌تر، از عمل تقسیم و در جهت عکس نمودار استفاده می‌شود.

تمرین

نمونه ۱۱

مقدار زاویه ″۳۵ و ′۴۲ و °۲ را برحسب الف) درجه، ب) دقیقه و ج) ثانیه حساب کنید.

ب)

$$\begin{aligned} &+ \quad ۲^\circ = ۲ \times ۶۰ = ۱۲۰' \\ &+ \quad ۴۲' \\ &= \quad ۳۵'' = ۳۵ \div ۶۰ = ۰/۵۸۳' \\ &\hline \quad ۱۶۲/۵۸۳' \end{aligned}$$

الف)

$$\begin{aligned} &+ \quad ۲^\circ \\ &+ \quad ۴۲' = ۴۲ \div ۶۰ = ۰/۷^\circ \\ &= \quad ۳۵'' = ۳۵ \div ۳۶۰۰ = ۰/۰۰۹۷^\circ \\ &\hline \quad ۲/۷۰۹۷^\circ \end{aligned}$$

ج)

$$\begin{aligned} &+ \quad ۲^\circ = ۲ \times ۳۶۰۰ = ۷۲۰۰'' \\ &+ \quad ۴۲' = ۴۲ \times ۶۰ = ۲۵۲۰'' \\ &= \quad ۳۵'' \\ &\hline \quad ۹۷۵۵'' \end{aligned}$$

فعالیت عملی ۴:

۱ مقدار زاویه‌های زیر را برحسب دقیقه به‌دست آورید.

الف) $۶۲/۸۶^\circ$ ب) $۴۸۲۱''$ ج) $۴۲^\circ, ۲۷''$

۲ مقادیر خواسته‌شده را برحسب درجه به‌دست آورید.

الف) $۳۴^\circ, ۱۲', ۴۸''$ ب) $۲۲', ۳۵''$ ج) $۱۴^\circ, ۵۲''$

۳ مقادیر خواسته‌شده زیر را بر حسب درجه و دقیقه و ثانیه به‌دست آورید.

A	B	A+B	A–B
$۵۲^\circ, ۴۵', ۲۰''$	$۳۸^\circ, ۲۱', ۴۶''$		
$۴^\circ, ۲۵', ۴۴''$	$۲^\circ, ۴۵''$		

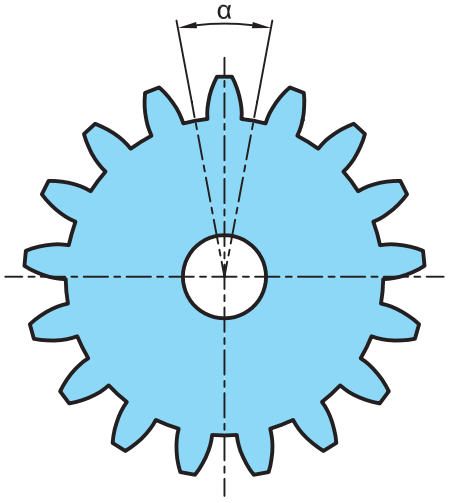
۴ چرخ‌دندهٔ شکل (۲۱ـ۳) ۱۷ دندانه دارد. زاویهٔ α را برحسب موارد خواسته شده به‌دست آورید.

الف) درجه

ب) دقیقه

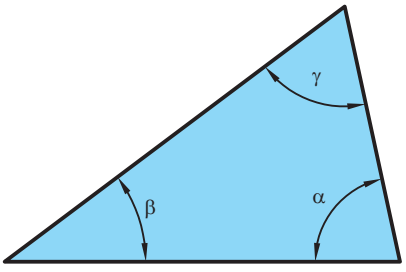
ج) ثانیه

د) درجه و دقیقه



شکل ۲۱ـ۳

۵ در مثلث مطابق شکل ۲۲ـ ۳ زاویه γ را برحسب درجه و دقیقه به‌دست آورید.

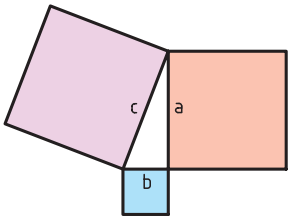


شکل ۲۲ـ۳

$\beta = ۳۶^\circ$ $\alpha = ۷۶^\circ, ۱۱'$

محاسبهٔ روابط مثلث

قضیهٔ فیثاغورس: در مثلث قائم‌الزاویه مطابق شکل ۲۳ـ۳ می‌توان نوشت:



شکل ۲۳ـ ۳

$$c^2 = a^2 + b^2$$

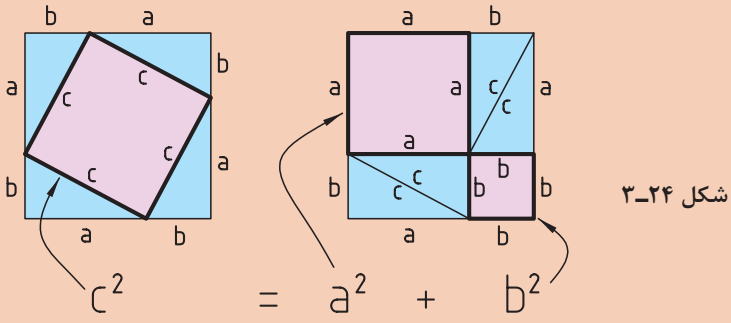
a , b = اضلاع مجاور به زاویهٔ قائمه c = ضلع مقابل به زاویهٔ قائمه (وتر)

این قضیه به ما توضیح می‌دهد که جمع مساحت‌های دو مربع ساخته شده روی دو ضلع قائم یک مثلث قائم‌الزاویه با مساحت مربع ساخته شده روی وتر برابر است.

در یک مثلث قائم‌الزاویه مجموع مربعات دو ضلع قائم با مربع وتر برابر است.

مطالعه آزاد

اثبات قضیه فیثاغورس: هر دو شکل مربعی هستند به ضلع (a+b). در شکل سمت چپ چهار مثلث قائم‌الزاویه برابر (مثلث‌های آبی) دور مربع ساخته شده بر روی وتر (مربع صورتی) وجود دارد. با چند جابه‌جایی در شکل سمت چپ به شکل سمت راست می‌رسیم. در شکل سمت راست همان چهار مثلث قبلی آبی‌رنگ وجود دارند ولی مربع صورتی‌رنگ با اضلاع c به دو مربع یکی با ضلع a و دیگری با ضلع b تبدیل شده است، که همان قضیهٔ فیثاغورس را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴ـ۳

مساحت مربع با اضلاع b + مساحت مربع با اضلاع a = مساحت مربع با اضلاع c

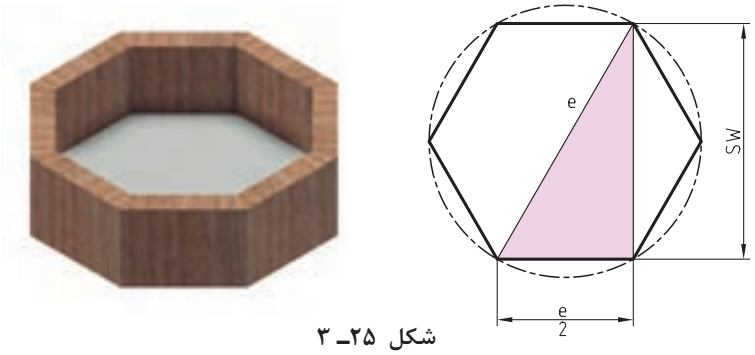
تمرین

نمونه ۱۲

در یک ظرف شکلات خوری شش‌گوشه (مطابق شکل ۲۵ـ۳).

الف) رابطه‌ای بین اندازه ضلع شکلات خوری (sw) و اندازه گوش تا گوش (e) را به‌دست آورید.

ب) اگر طول ضلع آن ۱۵ میلی‌متر باشد اندازه یک ضلع و گوش تا گوش آن چند میلی‌متر است؟



شکل ۲۵ـ ۳

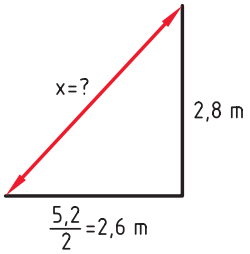
الف) $e^{۲}=sw^{۲}+(\frac{e}{۲})^{۲}\rightarrow sw^{۲}=e^{۲}-\frac{e^{۲}}{۴}=\frac{۴e^{۲}-e^{۲}}{۴}=\frac{۳e^{۲}}{۴}\rightarrow sw=\frac{\sqrt{۳}}{۲}e$

ب) $\frac{e}{۲}=۱۵\,mm\rightarrow e=۲\times۱۵=۳۰\,mm\quad,\quad sw=\frac{\sqrt{۳}}{۲}\times۳۰=۲۵/۹۸\,mm\simeq۲۶\,mm$

تمرین

نمونه ۱۳

در طراحی یک شیروانی، مطابق شکل ۲۶ـ۳، طول وتر هر شیروانی را برحسب سانتی‌متر به‌دست آورید.

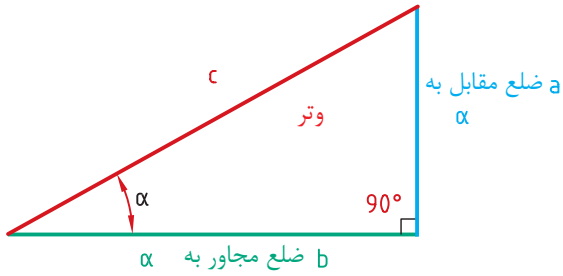


$c^{۲}=a^{۲}+b^{۲}\rightarrow x^{۲}=۲/۶^{۲}+۲/۸^{۲}=۱۴/۶$

$x=\sqrt{۱۴/۶}\rightarrow x=۳/۸۲m\xrightarrow{\times۱۰۰}x=۳۸۲\,cm$

شکل ۲۶ـ ۳

روابط مثلثاتی: برای تعریف توابع مثلثاتی از یک مثلث قائم‌الزاویه استفاده می‌کنیم (شکل ۲۷ـ۳).



شکل ۲۷ـ ۳

c = وتر

a = ضلع مقابل به زاویه α

b = ضلع مجاور به زاویه α

در مثلث شکل ۲۷ـ۳

$$\text{سینوس } \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل زاویه } \alpha}{\text{وتر}} \rightarrow \sin\alpha = \frac{a}{c}$$

$$\text{کسینوس } \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور زاویه } \alpha}{\text{وتر}} \rightarrow \cos\alpha = \frac{b}{c}$$

$$\text{تانژانت } \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل زاویه } \alpha}{\text{ضلع مجاور زاویه } \alpha} \rightarrow \tan\alpha = \frac{a}{b}$$

$$\text{کتانژانت } \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور زاویه } \alpha}{\text{ضلع مقابل زاویه } \alpha} \rightarrow \cot\alpha = \frac{b}{a}$$

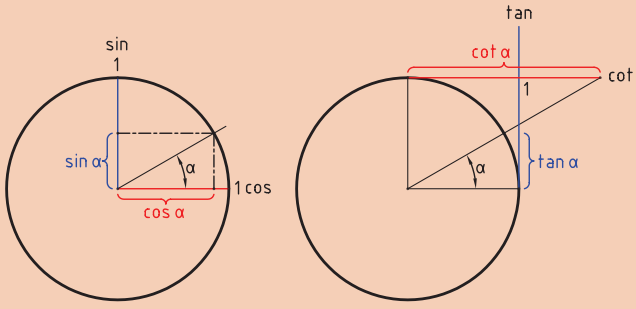
مطالعه آزاد

نتایج مهم

۱ـ برای هر زاویه‌ای نسبت اضلاع معین وجود دارد.

۲ـ برای هر نسبت، زاویه مشخصی وجود دارد.

۳ـ مقادیر روابط مثلثاتی بر روی دایره واحد مطابق شکل زیر است.



شکل ۲۸ـ۳

نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های معین

جدول ۵ـ ۳

	۰	۳۰°	۴۵°	۶۰°	۹۰°
sin	۰	$\frac{۱}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۱
cos	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$	۰
tan	۰	$\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۱	$\sqrt{۳}$	∞
cot	∞	$\sqrt{۳}$	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۰

مطالعه آزاد

تابع‌های وارون مثلثاتی

در ریاضیات توابعی هستند که مقدار نسبت مثلثاتی را به مقدار زاویه تبدیل می‌کنند. این توابع را با لفظ آرک (arc) به‌صورت پیشوند قبل از نام توابع مثلثاتی به‌کار می‌برند. به‌طور مثال arc sin را آرک سینوس می‌گویند.

$$x = \sin\alpha \rightarrow \alpha = \arcsin x$$
$$x = \cos\alpha \rightarrow \alpha = \arccos x$$
$$x = \tan\alpha \rightarrow \alpha = \arctan x$$
$$x = \cot\alpha \rightarrow \alpha = \operatorname{arccot} x$$

تمرین

نمونه ۱۴

برای زاویه‌های زیر نسبت‌های مثلثاتی را در جدول ۶ ـ۳ کامل کنید.

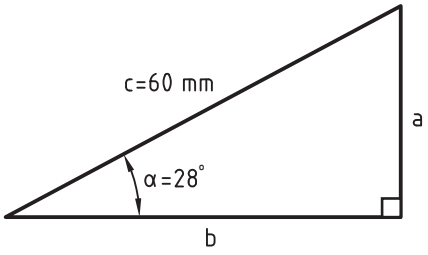
زاویه	نسبت مثلثاتی			
α	sin α	cos α	tan α	cot α
۱۰°	۰/۱۷۳۶	۰/۹۸۴۸	۰/۱۷۶۳	۵/۶۷۱۳
۳۳° و ۴۰′	۰/۵۵۴۴	۰/۸۳۲۳	۰/۶۶۶۱	۱/۵۰۱۳
۴۲/۷°	۰/۶۷۸۱	۰/۷۳۴۹	۰/۹۲۲۷	۱/۰۸۳۶
۱۲° و ۲۰′	۰/۲۱۳۶	۰/۹۷۶۹	۰/۲۱۸۶	۴/۵۷۳۶

جدول ۶ ـ ۳

تمرین

نمونه ۱۵

اندازه ضلع a و b را در مثلث شکل ۳ـ۲۹ به‌دست آورید.



شکل ۳ـ۲۹

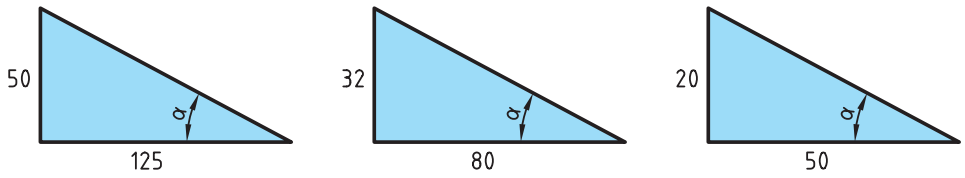
$$\sin\alpha = \frac{\text{ضلع مقابل زاویه } \alpha}{\text{وتر}} \rightarrow \sin ۲۸^\circ = \frac{a}{۶۰} \rightarrow a = ۶۰ \times \sin ۲۸^\circ = ۶۰ \times ۰/۴۶۹ = ۲۸/۱۴ \text{ mm}$$

$$\cos\alpha = \frac{\text{ضلع مجاور زاویه } \alpha}{\text{وتر}} \rightarrow \cos ۲۸^\circ = \frac{b}{۶۰} \rightarrow b = ۶۰ \times \cos ۲۸^\circ = ۶۰ \times ۰/۸۸۲ = ۵۲/۹۲ \text{ mm}$$

تمرین

نمونه ۱۶

در هر یک از مثلث‌های شکل ۳ـ۳۰ مقدار زاویه α را حساب کنید.



شکل ۳ـ۳۰

$$(۱)\ \tan\alpha = \frac{۵۰}{۱۲۵} = ۰/۴ \Rightarrow \alpha = ۲۱/۸۰^\circ \quad \text{یا} \quad ۲۱^\circ, ۴۸'$$

$$(۲)\ \tan\alpha = \frac{۳۲}{۸۰} = ۰/۴ \Rightarrow \alpha = ۲۱/۸۰^\circ \quad \text{یا} \quad ۲۱^\circ, ۴۸'$$

$$(۳)\ \tan\alpha = \frac{۲۰}{۵۰} = ۰/۴ \Rightarrow \alpha = ۲۱/۸۰^\circ \quad \text{یا} \quad ۲۱^\circ, ۴۸'$$

نتیجهٔ مهم: اگر نسبت اضلاع با هم برابر باشند با وجود تغییر اندازهٔ اضلاع، زوایا برابر می‌شوند.

یکای اندازه‌گیری سطح

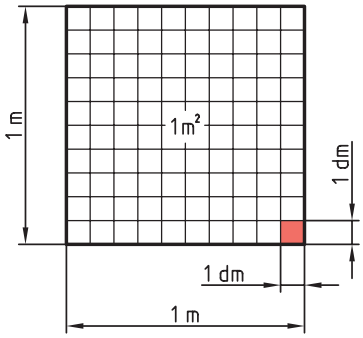
یکای اندازه‌گیری سطح در سیستم SI متر مربع و آن سطح مربعی است که طول ضلع آن ۱ متر است.

$$۱m \times ۱m = ۱m^۲$$

$$۱۰dm \times ۱۰dm = ۱۰^۲ dm^۲$$

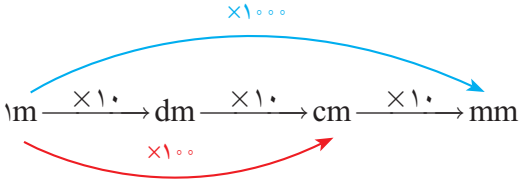
$$۱۰۰cm \times ۱۰۰cm = ۱۰۰^۲ cm^۲$$

$$۱۰۰۰mm \times ۱۰۰۰mm = ۱۰۰۰^۲ mm^۲$$

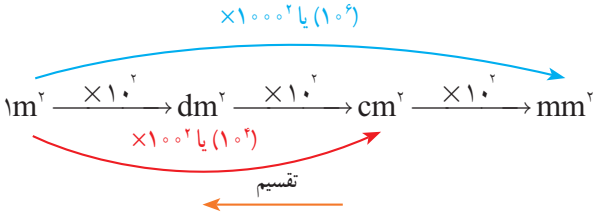


شکل ۳۱ـ۳

همان طور که قبلا اشاره کردیم برای تبدیل یکاهای طول از نمودار مقابل استفاده می‌شود.



چون در یکای سطح توان ۲ داریم هر ضریب که در تبدیل یکای طول داشتیم نیز به توان ۲ می‌رسد. به همین منظور نمودار بالا به نمودار زیر تبدیل می‌شود.



توجه: در نمودار مقابل برای تبدیل یکای کوچک‌تر از عمل تقسیم و در جهت عکس نمودار استفاده می‌شود.

به عبارت دیگر :

$$۱m^۲ = ۱۰^۲ dm^۲ = ۱۰۰^۲ cm^۲ = ۱۰۰۰^۲ mm^۲$$

اگر بخواهیم ضرایب را به توانی از ده تبدیل کنیم، عبارت فوق به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$۱m^۲ = ۱۰^۲ dm^۲ = ۱۰^۴ cm^۲ = ۱۰^۶ mm^۲$$

تمرین

نمونه ۱۷

اندازه‌های داده شده زیر را بر حسب واحدهای خواسته شده به دست آورید.

الف) $۹\,mm^۲ = ... cm^۲$ جواب: $۹mm^۲ \xrightarrow{\div ۱۰^۲} ۰/۰۹\,cm^۲$

ب) $۱۱\,m^۲ = ... cm^۲$ جواب: $۱۱m^۲ \xrightarrow{\times ۱۰^۴} ۱۱ \times ۱۰^۴ = ۱۱۰۰۰۰\,cm^۲$

ج) $۲۵/۴\,dm^۲ = ... mm^۲$ جواب: $۲۵/۴dm^۲ \xrightarrow{\times ۱۰^۴} ۲۵/۴ \times ۱۰^۴ = ۲۵۴۰۰۰\,mm^۲$

فعالیت عملی ۵:

۱ اندازه‌های زیر را به یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

۸/۵ mm^2	..... dm^2	۰/۶۵ mm^2	..... m^2
۲۵۱۰ dm^2	..... m^2	۲۵۳ dm^2	..... cm^2
۱/۴۵ cm^2	..... dm^2	۹۵ cm^2	..... m^2

۲ حاصل مساحت‌های زیر را بر حسب یکای خواسته شده به‌دست آورید.

الف) $۳۳/۴۵\,dm^2 + ۰/۴۵\,m^2 + ۵۰/۲\,cm^2 = ... dm^2$

ب) $۱۱۰\,cm^2 + ۴m^2 - ۲۰\,dm^2 = ... mm^2$

ج) $۶۲\,m^2 - ۱۱۰۰\,mm^2 + ۱۲\,cm^2 - ۴۰\,dm^2 = ... cm^2$

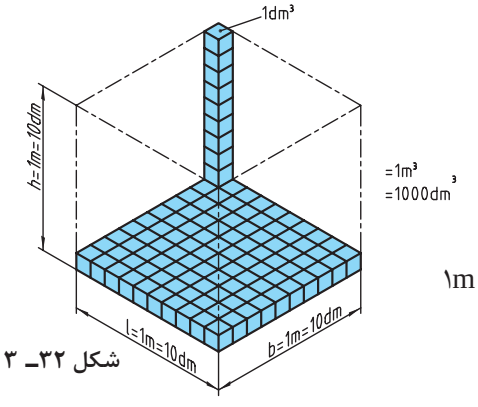
۳ مقادیر زیر را به یکای مورد نظر تبدیل کنید.

الف) به دسی‌مترمربع $۱۱/۲۵\,cm^2, ۲/۸۷\,m^2, ۱۴/۷۵\,mm^2$

ب) به سانتی‌متر مربع $۲۹/۹\,dm^2, ۰/۷۸۶\,m^2, ۲۲/۷۵\,mm^2$

یکاهای اندازه‌گیری حجم

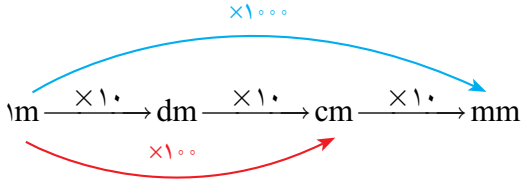
یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم SI مترمکعب و آن عبارت است از حجم مکعبی که طول، عرض و ارتفاع آن ۱ متر باشد (شکل ۳۲ـ۳).



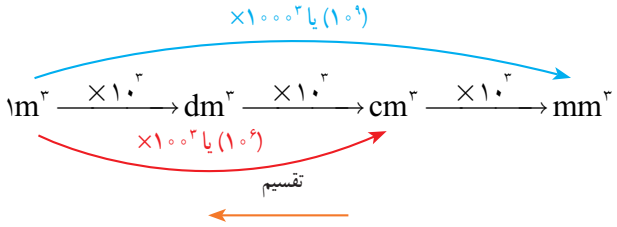
شکل ۳۲ـ ۳

$۱m \times ۱m \times ۱m = ۱m^3$

همان‌طور که قبلا اشاره کردیم برای تبدیل یکاهای طول از نمودار زیر استفاده می‌کنیم:



چون یکای اندازه‌گیری حجم توان ۳ دارد هر ضریبی که در تبدیل یکای طول داشتیم نیز به توان ۳ می‌رسد و نمودار تبدیل یکا در اندازه‌گیری حجم به‌صورت زیر می‌شود:



توجه: در نمودار بالا برای تبدیل یکاهای کوچک‌تر به بزرگ‌تر از عمل تقسیم و در جهت عکس نمودار استفاده می‌شود.

به‌طور مثال در نمودار صفحه قبل برای تبدیل متر به میلی‌متر $m \xrightarrow{\times 1000} mm$ است، در حالی که برای تبدیل یکای حجم این ضریب به توان ۳ می‌رسد و خواهیم داشت،

$$m^3 \xrightarrow{\times 1000^3} mm^3$$

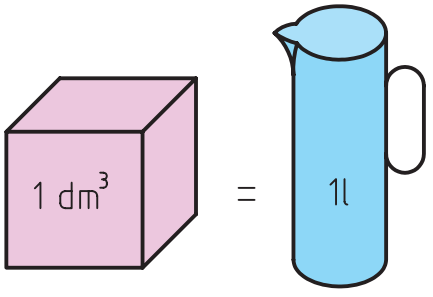
بنابراین :

$$1m^3 = 10^3 dm^3 = 100^3 cm^3 = 1000^3 mm^3$$

اگر بخواهیم ضرایب را به حالت توانی از ده تبدیل کنیم نمودار بالا به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$1m^3 = 10^3 dm^3 = 10^6 cm^3 = 10^9 mm^3$$

یکای اندازه‌گیری مایعات: یکای اصلی حجم مایعات در سیستم SI متر مکعب است و یکای کوچک‌تر آن دسی‌متر مکعب که لیتر نامیده می‌شود با حرف (l) نشان داده می‌شود و یک لیتر معادل حجم ظرفی به شکل مکعب که هر ضلع آن یک دسی‌متر است (شکل ۳۳ــ۳).



شکل ۳۳ـ ۳

همچنین یکاهای کوچک‌تر اندازه‌گیری حجم مایعات یک میلی‌لیتر یا یک سی‌سی (cc) است که برابر یک سانتی‌مترمکعب است.

$$1l = 1dm^3 = 1000cm^3 = 1000ml = 1000cc$$

فعالیت عملی ۶:

۱ اندازه‌های زیر را به یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

۲/۵ m^3	..... cm^3	۵۲۳۰ mm^3	..... m^3
۲۴۰ dm^3	..... mm^3	۲۱/۵ dm^3	..... cm^3
۱۵/۶۲ cm^3	..... mm^3	۸۴ cm^3	..... m^3
۰/۲۵۶ m^3	..... dm^3	۱۸۰۵ mm^3	..... dm^3

۲ حاصل حجم‌های زیر را بر حسب یکای خواسته شده به‌دست آورید.

الف) $۴۲۸۱۰۰\,mm^3 + ۰/۰۰۳۵\,m^3 + ۲۷۰۸/۲\,cm^3 = ...\,dm^3$

ب) $۲۱\,cm^3 + ۰/۰۰۴۸m^3 - ۴/۶\,dm^3 = ...\,mm^3$

ج) $۰/۰۰۱۶m^3 - ۱۹۲۰۰\,mm^3 + ۲۲\,cm^3 - ۰/۱۸\,dm^3 = ...\,cm^3$

۳ مقادیر زیر را به یکای مورد نظر تبدیل کنید.

الف) به دسی‌مترمکعب $۸۴۰/۲۵\,cm^3, ۱/۲۸۲m^3, ۴۰۵/۱۲\,mm^3$

ب) به سانتی‌مترمکعب $۰/۸۹۰dm^3, ۰/۰۶۵m^3, ۱۴۴۵\,mm^3$

وزن

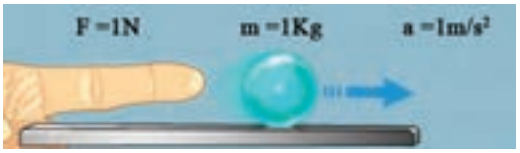
شکل ۳۴ـ ۳

وزن، برآیندی از مجموعه نیروهای وارد شده بر جرم جسم است. تمامی‌اجسام به نسبت جرم و فاصله‌ای که نسبت به هم دارند با نیرویی به طرف همدیگر کشیده می‌شوند. این نیروها می‌تواند شامل نیروهای جاذبه زمین، جاذبه خورشید، ماه و اجرام آسمانی باشد. برآیند این نیروها همان نیروی جاذبه زمین یا وزن جسم است.(شکل ۳۴ـ۳).

مقدار نیروی جاذبه زمین به جرم جسم و فاصله‌اش از زمین بستگی دارد. بنابراین اگر جرم جسم بیشتر باشد این نیرو نیز بیشتر می‌شود و هر چه فاصله‌اش از سطح زمین بیشتر باشد این نیرو کمتر می‌شود.بدیهی است که مقدار نیروی وارد شده از زمین خیلی بیشتر از سایر نیروهاست تا بتواند برآیند آن به سمت مرکز زمین باشد و حاصل آن نیروی جاذبه به سمت زمین است.

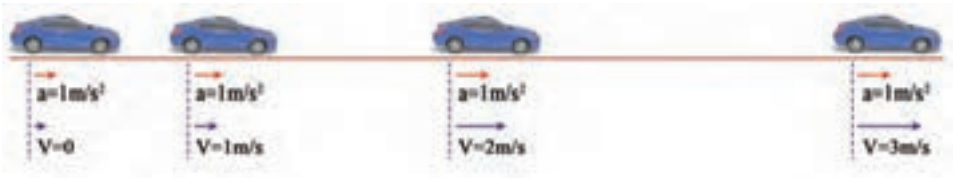
مقدار نیرویی که از طرف زمین بر جرم جسم وارد می‌شود را وزن جسم می‌گویند.

یکای نیرو: یکای نیرو در سیستم SI نیوتن است که آن را با N نشان می‌دهند.
یک نیوتن: مقدار نیرویی است که به جسمی‌به جـرم یک کیلـوگـرم شتابـی معـادل $\frac{m}{s^2}$ ۱ می‌دهد (شکل ۳ـ۳۵).



شکل ۳ـ۳۵

$\frac{m}{s^2}$ ۱: شتابی است که در هر ثانیه به سرعت جسم $\frac{m}{s}$ ۱ اضافه شود.



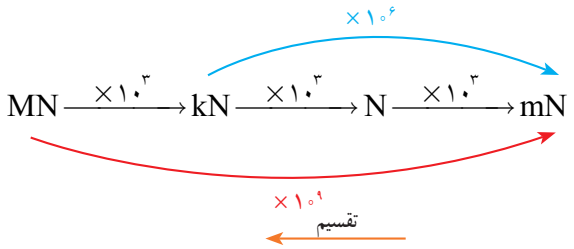
محاسبه نیرو:

شتاب جسم × جرم جسم = نیروی وارد بر جسم

$$F = m \times a$$

$a =$ شتاب جسم $(\frac{m}{s^2})$ $\quad m =$ جرم جسم (kg) $\quad F =$ نیرو (N)

تبدیل یکاهای اندازه‌گیری وزن

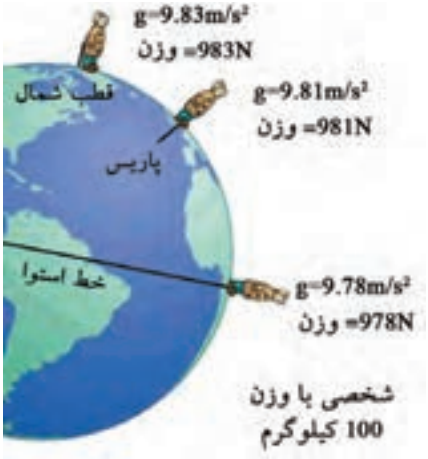


توجه: برای تبدیل یکاهای کوچک‌تر به بزرگ‌تر از عمل تقسیم و در جهت عکس نمودار استفاده می‌شود.
به عبارت دیگر:

$$۱\ MN = ۱۰^۳\ kN = ۱۰^۶\ N = ۱۰^۹\ mN$$

محاسبه وزن: مقدار وزن هر جسمی‌به جرم و شتاب ثقل محل استقرار آن بستگی دارد.

شتاب اجسام در حال سقوط را شتاب ثقل زمین می‌نامند.



شکل ۳۶ـ ۳

شتاب ثقل زمین در نقاط مختلف متفاوت است.شتاب ثقل زمین در پاریس $۹/۸۱\ m/s^۲$، در منطقه استوا $۹/۷۸\ m/s^۲$ و در نواحی قطبی $۹/۸۳\ m/s^۲$ است. از این جهت وزن در نقاط مختلف کره زمین متفاوت است. به عنوان مثال وزن شخصی به جرم ۱۰۰ کیلوگرم در پاریس ۹۸۱ N، در منطقه استوا ۹۷۸ N و در نواحی قطبی ۹۸۳ N است (شکل ۳۶ـ۳).

شتاب ثقل در کره‌های مختلف نیز متفاوت است. شتاب ثقل درکره ماه $۱/۶۲\ m/s^۲$، در سیاره مشتری $۲۴/۹۱\ m/s^۲$ و در خورشید $۲۷۰\ m/s^۲$ است (شکل ۳۷ـ۳).

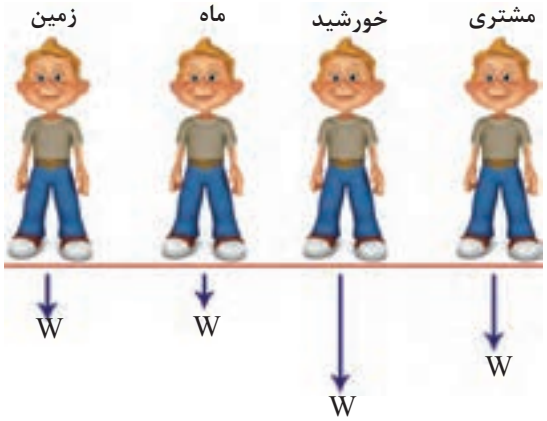
در حل مسائل فنی مقدار شتاب ثقل زمین را معادل شتاب ثقل در عرض جغرافیایی ۴۵°(پاریس) در نظر می‌گیرند.

$$g = ۹/۸۱ \frac{m}{s^۲}$$

شتاب ثقل × جرم جسم = وزن

$$W = m \times g$$

$g =$ شتاب ثقل $(\frac{m}{s^۲})$ $\quad m =$ جرم جسم (kg) $\quad W =$ وزن (N)

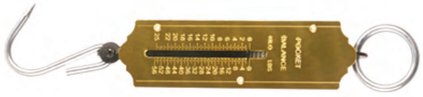


زمین	ماه	خورشید	مشتری
$m = ۶۳/۵\ kg$	$m = ۶۳/۵\ kg$	$m = ۶۳/۵\ kg$	$m = ۶۳/۵\ kg$
$g = ۹/۸۱ \frac{m}{s^۲}$	$g = ۱/۶۲ \frac{m}{s^۲}$	$g = ۲۷۰ \frac{m}{s^۲}$	$g = ۲۴/۹۱ \frac{m}{s^۲}$
$W = ۶۲۳\ N$	$W = ۱۰۳\ N$	$W = ۱۷۱۴۵\ N$	$W = ۱۵۸۲\ N$

شکل ۳۷ـ۳

اندازه‌گیری وزن

از آنجایی که وزن به نیروی جاذبه بستگی دارد نمی‌توان آن را با ترازوی شاهین‌دار اندازه گرفت و برای اندازه‌گیری از ترازوی فنردار استفاده می‌شود (شکل ۳۸ـ۳).



شکل ۳۸ـ۳

به طور مثال، وزن جسمی‌به جرم یک کیلوگرم در کرهٔ زمین و ماه مطابق زیر محاسبه می‌گردد.

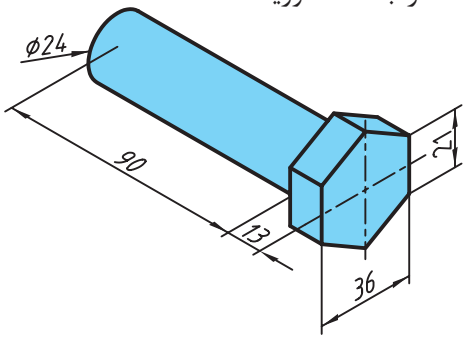
وزن در کرهٔ زمین $W = m \times g = ۱kg \times ۹/۸۱ \frac{m}{s^۲} = ۹/۸۱ N$

وزن در کرهٔ ماه $W = m \times g = ۱kg \times ۱/۶۲ \frac{m}{s^۲} = ۱/۶۲ N$

تمرین

نمونه ۱۹

وزن قطعه فولادی مطابق شکل۳۹ـ۳ را به‌دست آورید.



شکل۳۹ـ۳

$\rho = ۷/۸۵ \frac{kg}{dm^۳}$ ⟵ از جدول

محاسبه حجم شش گوش آچارخور $A_۱ = \frac{n \times l \times d}{۴} = \frac{۶ \times ۲/۱ \times ۳/۶}{۴} = ۱۱/۳۴ cm^۲$

$V_۰ = A_۰ \times h = ۱۱/۳۴ \times ۱/۳ = ۱۴/۷۴ cm^۳$

$A_۲ = \frac{\pi \times d^۲}{۴} = \frac{۳/۱۴ \times ۲/۴^۲}{۴} = ۴/۵۲ cm^۲$

محاسبه حجم میله استوانه‌ای $V_۲ = A_۲ \times h_۲ = ۴/۵۲ \times ۹ = ۴۰/۶۸ cm^۳$

$V = V_۱ + V_۲ = ۱۴/۷۴ + ۴۰/۶۸ = ۵۵/۴۲ cm^۳ \xrightarrow{\div ۱۰^۳} ۰/۰۵۵۴۲ dm^۳$

$W = \rho \times V \times g = ۷/۸۵ \times ۰/۰۵۵۴۲ \times ۹/۸۱ = ۴/۲۶ N$

محاسبه جرم

با استفاده از جرم مخصوص و حجم اجسام، جرم آنها را می‌توان محاسبه کرد.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \times V$$

تمرین

نمونه ۱۹

جرم چکش فولادی زیر با جرم حجمی $۷/۸۵ \frac{kg}{dm^۳}$ را به‌دست آورید.

شکل ۴۰ـ ۳

$$A = l \times l = ۵ \times ۵ = ۲۵\,cm^۲$$

$$V = A \times h = ۲۵ \times ۸ = ۲۰۰\,cm^۳ \xrightarrow{\div ۱۰۰۰} ۰/۲\,lit \quad \text{یا} \quad ۰/۲dm^۳$$

$$m = \rho \times V = ۷/۸۵ \times ۰/۲ = ۱/۵۷\,kg$$

جرم حجمی

ذرات تشکیل دهنده مواد مختلف به یک اندازه متراکم نیستند، بلکه با توجه به نوع ماده می‌توانند با تراکم زیادتر و یا کمتر نزدیک هم قرار بگیرند و جسم مورد نظر را به وجود آورند. بنابراین جرم حجم معینی از مواد مختلف نیز با هم متفاوت است.

جرم واحد حجم از هر ماده را جرم حجمی(جرم مخصوص) آن ماده می‌گویند.

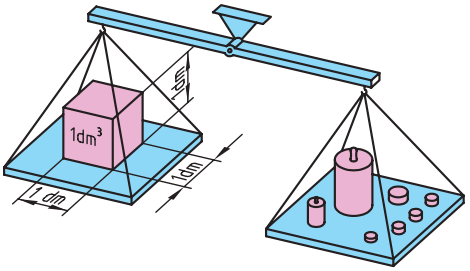
توجه: تغییرات دما سبب تغییر حجم جسم می‌شود. بنابراین، با تغییر دما جرم حجمی یک ماده تغییر می‌کند. از این رو جرم حجمی اغلب مواد را در دمای ۲۵° سانتی‌گراد معین می‌کنند. مقدار جرم حجمی مستقل از شتاب گرانشی است.

$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \rightarrow \rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \text{جرم مخصوص}\ (\frac{kg}{m^۳}) \qquad m = \text{جرم}\ (kg) \qquad V = \text{حجم}\ (m^۳)$$

یکای جرم حجمی در سیستم SI کیلوگرم بر مترمکعب $(\frac{kg}{m^۳})$ است، ولی می‌توان آن را برحسب $\frac{mg}{mm^۳}$ ، $\frac{gr}{cm^۳}$ ، $\frac{kg}{lit}(\frac{kg}{dm^۳})$ ، $\frac{t}{m^۳}$ بیان کرد.

به عنوان مثال جرم مخصوص فولاد $۷/۸۵ \frac{kg}{dm^۳}$ است (جدول ۷ـ۳).



شکل ۴۱ـ ۳

جدول ۷ـ۳ جرم حجمی مواد

آلومینیم	$۲/۷ \frac{kg}{dm^3}$	مس	$۸/۹ \frac{kg}{dm^3}$
آب	$۱ \frac{kg}{dm^3}$	فولاد	$۷/۸۵ \frac{kg}{dm^3}$
چدن	$۷/۲۵ \frac{kg}{dm^3}$	سرب	$۱۱/۳۵ \frac{kg}{dm^3}$
برنج	$۸/۵ \frac{kg}{dm^3}$	قلع	$۷/۳ \frac{kg}{dm^3}$

وزن بر حسب حجم و جرم حجمی

$m = \rho \times V$

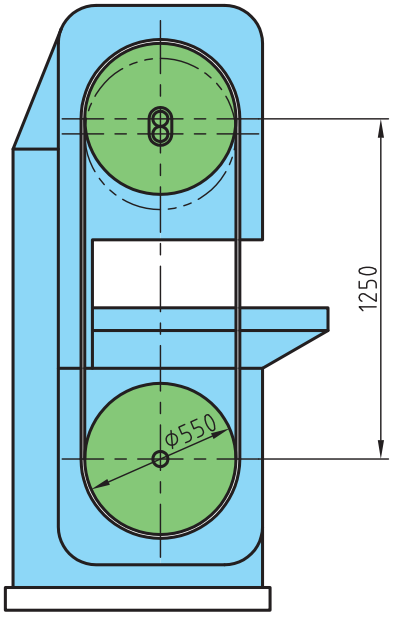
$W = m \times g \rightarrow W = \rho \times V \times g$

$V =$ حجم جسم (dm^3) یا (lit)

$\rho =$ جرم حجمی $(\frac{kg}{dm^3})$ یا $(\frac{kg}{lit})$

ارزشیابی پایانی پودمان ۳

۱ دستگاه اره نواری مطابق شکل ۴۲ـ۳ برای بریدن چوب به‌کار می‌رود. طول تیغه اره را به‌دست آورید.

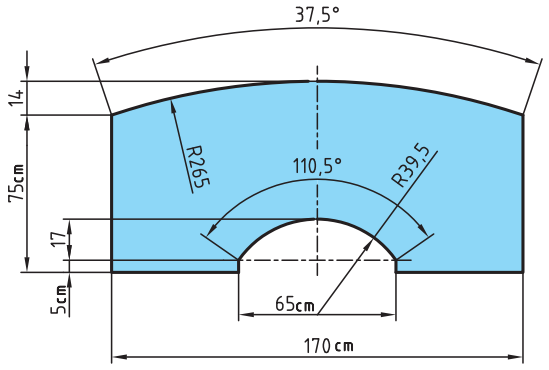


شکل ۴۲ـ۳

۲ در نرده‌های چوبی شکل زیر در صورتی که تعداد ۱۴ میله خراطی شده با قطر ۲۰ mm باشد و فاصله بین میله‌ها برابر با فاصله ابتدا و انتها ($p = l$) باشد مقدار این فاصله را به‌دست آورید.

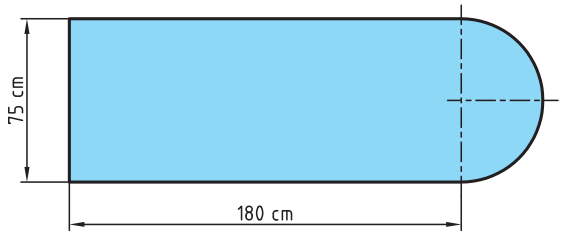
شکل ۴۳ـ۳

۳ مساحت سطح میزی مطابق شکل ۴۴ـ۳ را به‌دست آورید.



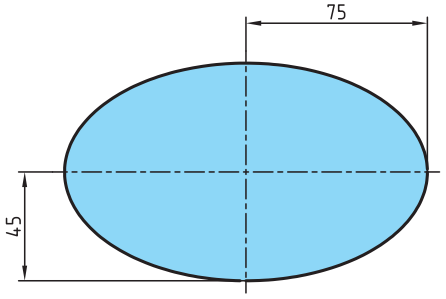
شکل ۴۴ـ۳

۴ مساحت سطح میز کامپیوتر ساخته شده از MDF را به‌دست آورید.



شکل ۴۵ـ۳

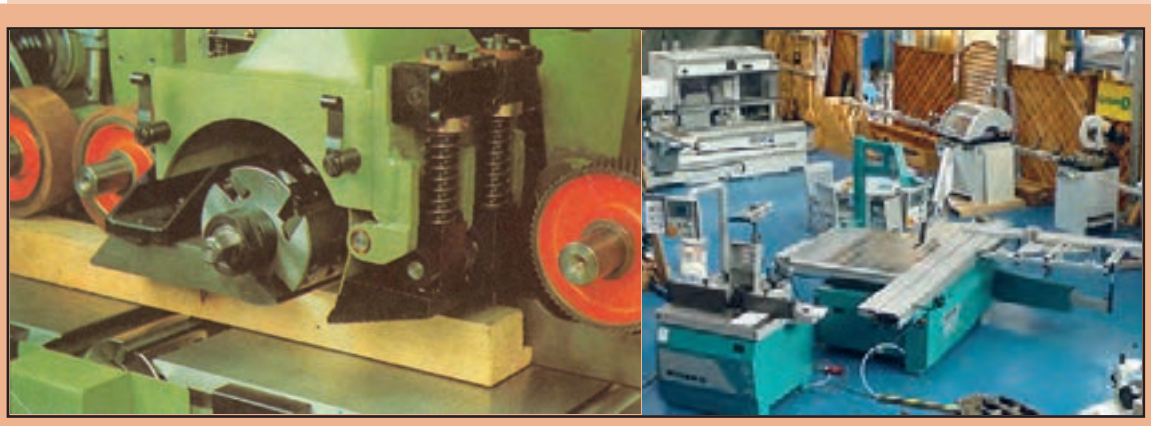
۵ برای تولید آینه موتورسیکلت مطابق شکل زیر چند mm^2 شیشه لازم است؟



شکل ۴۶ـ۳

پودمان ۴

حرکت



شناسایی

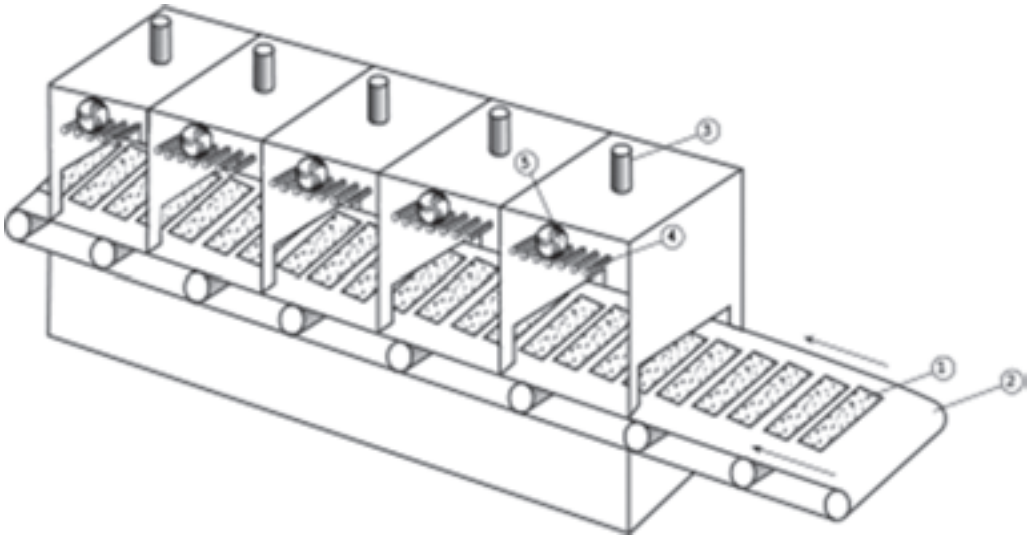
حرکت

حرکت و انواع آن

در این قسمت با کاربرد حرکت در صنعت چوب آشنا می‌شویم.

بنا به تعریف حرکت، هرگاه محل استقرار جسمی تغییر کند، گوییم آن جسم حرکت کرده است.

مثال: حرکت وسیله نقلیه، حرکت تیغه اره نواری و اره‌گرد، حرکت تخته هنگام رنده شدن روی دستگاه کف رنده، فرو رفتن میخ و پیچ در چوب، رشد درخت، خروج رطوبت از چوب و حرکت روکش دردستگاه روکش خشک‌کن اتاقکی و نظایر آن (شکل ۱ـ۴).



شکل ۱ـ۴

با توجه به تفاوت مشاهده شده در موارد پیش‌گفته می‌توان از انواع حرکت نام برد.

حرکت یکنواخت: اگر جسم متحرکی در زمان‌های مساوی، مسافت‌های مساوی را طی کند، حرکت انجام شده را «حرکت یکنواخت» گویند. این حرکت ممکن است به‌صورت خطی و یا دورانی صورت گیرد.

مثال: حرکت تسمه نقاله‌ای که پوشال را از دستگاه خردکن به سیلوی ذخیره انتقال می‌دهد (حرکت یکنواخت خطی) و حرکت پولی الکتروموتور که تسمه نقاله را به حرکت در می‌آورد (حرکت دورانی یکنواخت)، حرکت فرورفتن مته در چوب هنگام سوراخ‌کاری (حرکت یکنواخت خطی) و گردش مته درون چوب از نوع حرکت دورانی می‌باشد.

حرکت غیر یکنواخت: هرگاه جسم متحرکی در زمان‌های مساوی مسافت‌های غیرمساوی را طی کند این حرکت را حرکت غیریکنواخت (متغیر) گویند.

مثال: هنگام برش چوب در قسمتی از چوب که نرم‌تر است، حرکت تخته و حرکت تیغه اره بیشتر خواهد بود تا قسمتی از چوب که سخت‌تر است.

سرعت و انواع آن

به منظور سنجش حرکت اجسام متحرک از عاملی به نام «سرعت» استفاده می‌شود که بنا به تعریف عبارت از مسافت پیموده شده در واحد زمان است، که انواع آن عبارتند از:

سرعت خطی یکنواخت: سرعت در حرکت یکنواخت خطی را سرعت خطی یکنواخت گویند.

مثال: تسمه نقاله‌ای که خرده چوب را انتقال می‌دهد اگر در ثانیه اول ۲ متر مسافت را طی کند در ثانیه دوم هم همان مسافت را طی خواهد کرد و به همین ترتیب، برای زمان بعدی هم همان مقدار را طی می‌کند، و با توجه به تعریف خواهیم داشت:

علایم اختصاری:

v: سرعت s: مسافت t: زمان

$$v = \frac{s}{t}$$

تمرین

نمونه ۱

سرعت حرکت روکش را در داخل خشک‌کن، به‌دست آورید درصورتی که طول خشک‌کن ۱۲ متر و زمان عبور ۹۶ ثانیه باشد.

$$v = \frac{s}{t}$$

سرعت حرکت روکش

$$v = \frac{۱۲m}{۹۶s} = ۰/۱۲۵m/s$$

تمرین

نمونه ۲

در مسأله قبل اگر دستگاه خشک کن دارای چهار اتاقک به طول ۳ متر باشد، بعد از چه مدتی روکش وارد اتاقک چهارم می‌شود؟

زمان عبور سه اتاقک و ورود به اتاقک چهارم

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{۹m}{۰/۱۲۵m/s} = ۷۲s$$

سرعت خطی غیر یکنواخت:

جسمی‌که در مسیر خطی حرکت غیریکنواخت داشته باشد، سرعت آن را سرعت خطی غیریکنواخت گویند و برای سهولت در محاسبات، می‌توان سرعت میانگین آن را دخالت داد.

مثال : لیفتراکی جهت انتقال پالت‌های روکش از محل بسته بندی به انبار روکش یک مسیر ۳۰۰ متری را در زمان ۲ دقیقه طی می‌کند. سرعت متوسط لیفتراک را محاسبه کنید.

حل:

$$v = \frac{۳۰۰}{۲} = ۱۵۰m/min$$

از این که سرعت وسایل نقلیه بر حسب کیلومتر بر ساعت است، خواهیم داشت:

سرعت متوسط

$$v = ۱۵۰ \times ۶۰ = ۹۰۰m/h \rightarrow ۹۰۰۰ + ۱۰۰۰ = ۹km/h$$

واحد سرعت: معمولاً در صنعت بر حسب مورد واحدهای مختلفی برای سرعت درنظر گرفته می‌شود که متداول‌ترین آنها عبارتند از:

ـ سرعت حرکت وسایل نقلیه: km/h (کیلومتر بر ساعت)

ـ سرعت پیشبرد کار: m/min (متر بر دقیقه)

ـ سرعت نقاله‌ها: m/min یا m/s (متر بر دقیقه یا متر بر ثانیه)

ـ سرعت برش تیغه‌های برنده: m/s (متر بر ثانیه)

ـ سرعت ذخیره‌سازی مواد: (متر مکعب بر ثانیه)

فعالیت عملی ۱:

۱ جرثقیل سقفی درون یارد سرپوشیده گرده بینه دارای دو حرکت عمودی و افقی است. اگر برای حمل یک گرده بینه از محل یارد تا درون حوضچه پخت به طور متوسط ۳ متر حرکت عمودی به طرف بالا و ۲۰ متر حرکت افقی و ۴ متر حرکت عمودی به طرف پایین لازم باشد، برای حمل یک گرده بینه زمان لازم را به‌دست آورید؛ در صورتی‌که سرعت عمودی ۲ متر بر ثانیه و سرعت افقی ۴ متر بر ثانیه باشد.

۲ سرعت حرکت صفحات تخته خرده چوب از درون دستگاه سنباده زنی ۳ متر بر دقیقه تنظیم شده است. اگر طول هر صفحه ۳ متر باشد در مدت یک نوبت کار (۷ ساعت مفید) چند صفحه سنباده زده می‌شود؟ (درصورتی که برای هر صفحه ۱ دقیقه وقت اضافه منظور گردد.)

۳ سرعت تغذیه یک سیلوی استوانه‌ای ۰/۵ متر مکعب بر ثانیه است. اگر قطر سیلو ۲متر و ارتفاع آن ۵ متر باشد چه زمانی طول خواهد کشید تا سیلو پر شود؟

۴ در یک دستگاه خشک‌کن روکش، سرعت حرکت روکش ۷/۵ متر بر دقیقه تنظیم شده است. اگر لازم باشد حدود ۵۰۰۰ متر مربع روکش (به ابعاد ۲۵۰۰×۲ متر) خشک شود، حداقل چند ساعت طول خواهد کشید تا روکش‌ها خشک شوند و در صورتی که سرعت را به ۹ متر بر دقیقه برسانیم در زمان به دست آمده چند مترمربع روکش را می‌توان خشک کرد؟ (حرکت روکش در دستگاه خشک‌کن به‌صورت عرضی است.)

۵ بر روی یک ماشین فرز میزی، پیش برنده‌ای با سرعت متغیر نصب شده است. اگر سرعت این پیش‌برنده ۴ متر بر دقیقه تنظیم نماییم در مدت ۴ ساعت چند شاخه زهوار فرز می‌خورد؟ (درصورتی که هر شاخه زهوار ۲,۵ متر طول و جمعاً ۲۰ درصد وقت تلف شده منظور گردد.)

۶ برای جا به جایی پالت‌های تخته سه‌لایی از دو لیفتراک استفاده شده است. در مدت ۳ساعت لیفتراک اولی ۱۲ پالت و دیگری ۱۵ پالت را در یک مسیر ۱۰۰ متری جا به جا نموده‌اند، محاسبه نمایید سرعت لیفتراک دومی‌چقدر بیشتر از سرعت لیفتراک اولی است؟ (در صورتی که زمان بارگیری و تخلیه هر پالت ۵ دقیقه و سرعت رفت و برگشت هر وسیله ثابت فرض شود و در هر مرتبه لیفتراک فقط یک پالت را جابه‌جا کند.)

۷ دو اتومبیل A و B همزمان از یک نقطه، حرکت را شروع می‌کنند. بعد از مدت ۵۰ ثانیه اتومبیل A، ۱۵متر از اتومبیل B جلو می‌افتد، اگر اتومبیل B دارای سرعت متوسط ۶۰ متر بر دقیقه باشد، سرعت متوسط وسیله A و مسافت طی شده هر دو را به‌دست آورید.

سرعت دورانی (محیطی): سرعت حرکت اجسام دوار را «سرعت محیطی» نامند؛ مانند حرکت اره گرد، پولی ماشین فرز، مته و غیره. اگر نقطه‌ای مانند P روی دایره‌ای به قطر d حرکت یکنواختی را انجام دهد، سرعت محیطی آن، مقدار مسافتی خواهد بود که نقطه P در واحد زمان طی می‌کند.

علایم اختصاری:

v: سرعت محیطی (m/s)

d: قطر چرخ (m)

n: تعداد دوران چرخ نسبت به واحد زمان (rpm یا دور بر ثانیه[1])

$$v = d.\pi.n$$

تمرین

نمونه ۳

سرعت محیطی چرخ گرداننده الکتروموتور دستگاهی را به دست آورید که تعداد دور موتور آن ۲۸۵۰ دور در دقیقه و قطر پولی آن ۹۰ میلی‌متر است.

$$d = ۹۰mm \div ۱۰۰۰ = ۰/۰۹۰m$$

$$n = ۲۸۵۰ ۱/min \div ۶۰ = ۴۷/۵ \frac{۱}{s}$$

$$v = d.\pi.n = ۰/۹m \times ۳/۱۴ \times ۴۷/۵ = ۱/s = ۱۳/۴۲۳۵ \simeq ۱۳/۴m/s$$

تمرین

نمونه ۴

تعداد دوران پره‌های هواکشی که قطر پره‌های آن ۴۵۰ میلی‌متر بوده و سرعت محیطی آن $v = ۴/۳۵ m/s$ باشد، در هر دقیقه چقدر است؟

$$d = ۴۵۰ \div ۱۰۰۰ = ۰/۴۵m$$

$$v = ۴/۳۵ m/s \times ۶۰ = ۲۶۱ m/min$$

$$n = \frac{v}{d.\pi} \Rightarrow n = \frac{۲۶۱m/min}{۰/۴۵m \times ۳/۱۴} \simeq ۱۸۴/۷ \frac{۱}{min}$$

سرعت برش: سرعت محیطی خارجی‌ترین نقطه لبه برنده تیغه را «سرعت برش» گویند؛ به دیگر سخن، سرعت برش عبارت از طول براده یا پوشالی است که به‌وسیله تیغهٔ برنده از روی سطح در واحد زمان (ثانیه) جدا می‌شود. بنابراین سرعت برش برابر است با:

$$v = d.\pi.n$$

۱ـ واحد تعداد دوران ۱/min می‌باشد ولی در این فرمول باید به دور بر ثانیه تبدیل شود.

تمرین

نمونه ۵

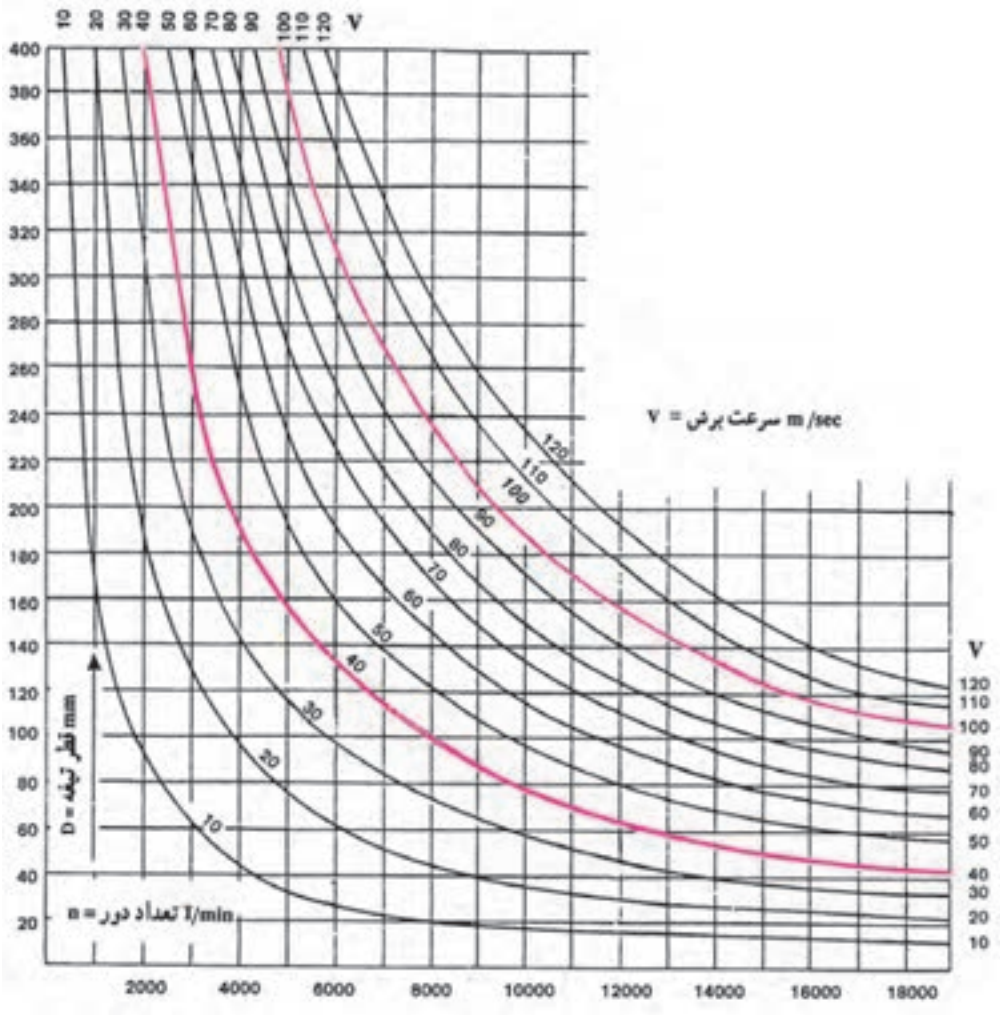
یک ماشین مته برقی دستی مطابق شکل ۲ــ۱ دارای دو دور ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه است، اگر لازم باشد به وسیله آن و با مته‌ای به قطر ۸ میلی‌متر و با سرعت برش ۲۵ متر بر دقیقه قطعه‌ای را سوراخ کنیم، ماشین را روی کدام یک از دورهای موجود باید تنظیم کرد؟

$d=۸mm\div ۱۰۰۰=۰/۰۰۸m$

$$n=\frac{v}{d.\pi}=\frac{۲۵m/min}{۰/۰۰۸m\times ۳/۱۴}=۹۹۵/۲\frac{۱}{min}\simeq ۱۰۰۰\frac{۱}{min}$$

انتخاب می‌شود.

برای سرعت عمل بیشتر در امر محاسبات می‌توان از جدول‌های مربوط به آن استفاده نمود؛ مثلاً برای تعیین سرعت برش می‌توان از نمودار شکل۲ـ۴ استفاده کرد.



نمودار۱ـ۴ـ سرعت برش (هنگام محاسبه باید به واحدهای آنها توجه کرد)

در اغلب ماشین‌های صنایع چوب یک سرعت برش مناسب سرعتی بین ۴۰m/s تا ۱۰۰m/s می‌باشد.

روش استفاده از نمودار سرعت برش

تمرین

نمونه ۶

دستگاهی با تعداد دور $۷۰۰۰ \frac{۱}{min}$ و قطر تیغه‌ای برابر ۱۸۰mm مفروض است سرعت برشی آن چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

جواب: قطر تیغه را (۱۸۰mm) از ستون عمودی و تعداد دور را ($۷۰۰۰ \frac{۱}{min}$) از ردیف افقی انتخاب کرده بر هم عمود می‌کنیم تا منحنی مورد نظر (سرعت برش) به‌دست آید که در این مثال، محل تقاطع بین دو منحنی ۶۰ و ۷۰ قرار می‌گیرد؛ بنابراین، سرعت برشی تقریباً معادل ۶۵ متر بر ثانیه به دست می‌آید.

در صنایع چوب با توجه به نوع ماده چوبی و جنس تیغه پیشنهاد می‌شود از سرعت‌های برش جدول ۱ـ۴ استفاده شود.

جدول ۱ـ۴

نوع چوب / نوع تیغه	تیغه از جنس TC[۱]	تیغه از جنس HSS[۲]
چوب‌های نرم	۵۰ـ۹۰ m/s	۴۰ـ۸۰ m/s
چوب‌های سخت	۵۰ـ۸۰ m/s	۴۰ـ۷۰ m/s
تخته‌های آغشته به چسب	۳۵ـ۶۰ m/s	ــ
تخته خرده چوب	۶۰ـ۸۰ m/s	ــ
تخته فیبر سخت	۳۰ـ۶۰ m/s	ــ
تخته‌های با روکش ملامینه	۴۰ـ۶۰ m/s	ــ

فعالیت عملی ۲:

۱ دستگاه سنگ تیغ تیزکنی دو طرفه دارای تعداد دور $۳۰۰۰ \frac{۱}{min}$ است. اگر قطر یکی از سنگ‌ها ۱۲cm و دیگری ۱۵cm باشد، اختلاف سرعت محیطی دو سنگ را به‌دست آورید.

۲ فرز برقی دستی با ۲۷۰۰۰ دور بر دقیقه مفروض است، اگر از تیغه فرزهای با قطرهای داده شده استفاده شود سرعت محیطی برای هر تیغه را به‌دست آورید.

$d_۱$=۱۵mm $d_۳$=۲۵mm

$d_۲$=۱۸mm $d_۴$=۳۰mm

۳ برای برش صفحات تخته خرده چوب نیاز به سرعت برشی معادل ۷۰ متر بر ثانیه است. اگر تعداد دور میله گردنده دستگاه اره گرد ۴۵۰۰ دور بر دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟

۱- TC=Tungsten Carbide

۲- HSS=High Speed Steel

۴ سرعت برش ماشین اره گردی را با مشخصات زیر محاسبه کرده و با سرعت به‌دست آمده از نمودار ۱ـ۳مقایسه نمایید.

قطر تیغه اره	تعداد دور
mm	۱/ min
۳۰۰	۳۲۰۰
۴۰۰	۲۵۰۰

۵ در صورتی که سرعت محیطی آن ۱۲ متر بر ثانیه و تعداد دوران تیغه اره گردی ۵۰۰ دور بر دقیقه باشد، قطر تیغه را به‌دست آورید.

۶ تعداد دور یک دستگاه اره گرد ۲۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر قطر اره گرد ۴۰۰ میلی‌متر باشد، سرعت برش تیغه اره گرد چه‌قدر است؟

۷ اگر تعداد دور محور یک ماشین رنده ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و قطر آن ۱۴۰ میلی‌متر باشد، سرعت برش تیغه رنده را حساب کنید.

۸ دستگاه فرزی برای انجام اتصال گرات (دم چلچله) تنظیم شده است. اگر قطر تیغه فرز ۱۵ میلی‌متر و سرعت برش ۲۵ متر بر ثانیه باشد تعداد دوران دستگاه چقدر است؟

۹ در دستگاه برش ارّه دیسکی (اره گردبر دستی برقی) در صورتی که سرعت برش دستگاه ۸m/s باشد و قطر تیغه برش ۱۸ سانتی‌متر باشد تعداد دوران تیغه را به‌دست آورید.

شکل ۲ـ۴

پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب

مقدار برشی که یک ماشین صنایع چوبی در واحد زمان (دقیقه) انجام می‌دهد، تحت عنوان «سرعت پیشبرد کار» مطرح است و به طور کلی نوعی از سرعت یکنواخت محسوب می‌شود؛ بنابراین، رابطهٔ محاسبهٔ سرعت پیشبرد کار بدین شرح است:

$$S = \frac{L}{t}$$

علایم اختصاری:

S: سرعت پیشبرد کار بر حسب متر بر دقیقه(m/min)

L: طول برش بر حسب متر (m)

t: زمان انجام برش بر حسب دقیقه (min)

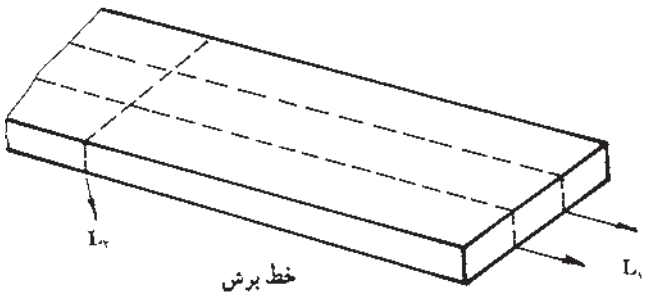
سرعت پیشبرد کار به عواملی از جمله موارد زیر بستگی دارد:

۱ـ سرعت برش، ۲ـ ضخامت، نوع چوب و رطوبت آن، ۳ـ تعداد تیغه و کیفیت برش آنها، ۴ـ دقت مورد انتظار از کار انجام شده، ۵ـ مقدار نیرویی که به قطعه کار وارد می‌شود.

تمرین

نمونه ۷

تعداد ۱۰ عدد تخته به طول ۵ متر و به عرض ۲۲ سانتی‌متر موجود است، اگر بخواهیم آنها را به قطعاتی به طول ۲٫۵ متر و عرض ۷ سانتی‌متر تبدیل کنیم (مطابق شکل ۳ـ۴) درصورتی که سرعت پیشبرد کار ۴ متر بر دقیقه و اتلاف وقت ۲۰٪ منظور گردد زمان انجام کار را محاسبه نمایید.



شکل ۳ـ۴

حل:

برش طولی $L_۱ = ۱۰ \times ۵ \times ۲ = ۱۰۰ m$

برش عرضی $L_۲ = ۲۲ \times ۱۰ = ۲۲۰ cm = ۲/۲ m$

مقدار برش $L = L_۱ + L_۲ = ۱۰۰ + ۲/۲ = ۱۰۲/۲ m$

$$۲۵/۵۵ + (۲۵/۵۵ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۲۵/۵۵ + ۵/۱۱ = ۳۰/۶۶ \min$$

$$25/55 + (25/55 \times \frac{20}{100} = 25/55 + 5/11 = 30/66 \min$$

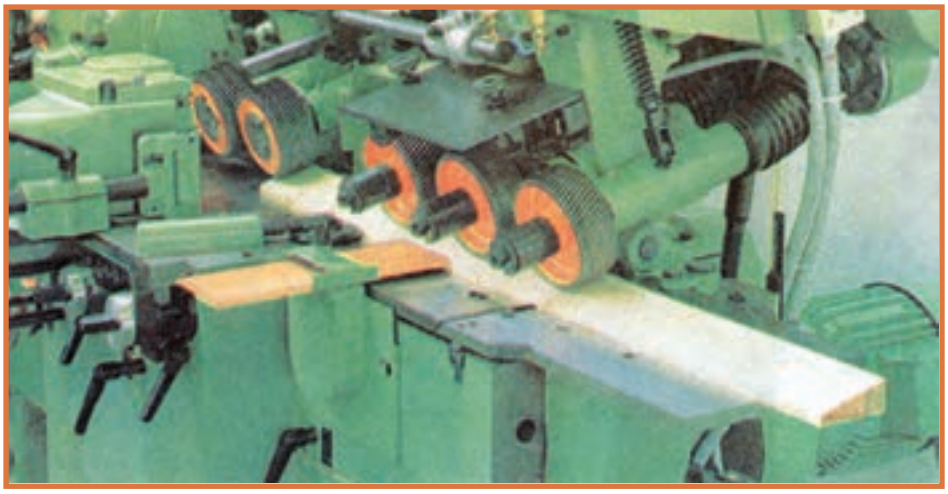
فعالیت عملی ۳:

۱ قطعه‌کاری را به دو روش می‌توانیم آماده کنیم. از این دو حالتی که ذکر می‌شود، کدام یک زمان کمتری را می‌برد؟

الف) ۳۰ متر برش به وسیله اره نواری با سرعت پیشبرد ۱۲ متر بر دقیقه، هم‌چنین ۶۰ متر رنده‌کاری با سرعت پیشبرد ۱۵ متر بر دقیقه.

ب) ۳۰ متر برش به وسیله اره مجموعه با تیغهٔ الماسه و سرعت پیشبرد ۸ متر بر دقیقه.

۲ سرعت پیشبرد یک دستگاه فرز مطابق شکل ۴ـ۴، ۴متر بر دقیقه است. اگر ۲۰٪ اتلاف وقت منظور گردد، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را افزار می‌زند.



شکل ۴ـ۴ـ دستگاه فرز اتوماتیک

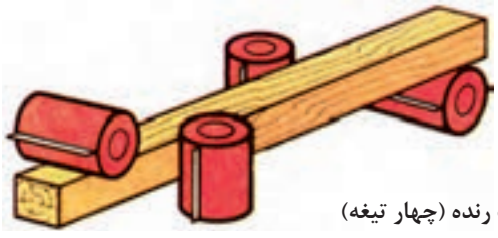
۳ لبه ۱۰ عدد صفحه میزگرد به قطر ۹۵ سانتی‌متر را می‌خواهیم فرز بزنیم. اگر سرعت پیشبرد دستگاه فرز ۲/۵ متر بر دقیقه باشد و زمان آماده‌سازی قبل از فرزکاری برای هر صفحه ۲دقیقه در نظر گرفته شود، زمان انجام کار را در مجموع تعیین نمایید.

۴ برای پوشش دیواری به تعدادی تخته نیازمندیم. با توجه به کارهای پیشنهادی، زمان ساخت قطعات پوششی را مطابق با شکل ۵ـ۴ محاسبه نمایید.

شکل ۵ـ۴ـ مقطع قطعات پوششی

الف) ۴۰ متر برش توسط اره نواری با سرعت پیشبرد ۱۰ متر بر دقیقه؛
ب) ۸۰ متر رنده‌کاری با سرعت پیشبرد ۵ متر بر دقیقه؛
ج) ۸۰ متر فرزکاری با سرعت پیشبرد ۳ متر بر دقیقه؛
در مجموع ۲۰٪ زمان برای جابه‌جا کردن قطعات افزوده شود.

۵ تعدادی قطعه کار جمعاً به طول ۱۲۰ متر باید از ۴ طرف رنده شوند. برای انجام دادن این کار دو حالت (الف و ب) را بررسی کنید:



شکل ۶ـ۴ـ چهار طرف رنده (چهار تیغه)

الف) دستگاه چهار طرف رنده مطابق شکل ۶ـ۴ با سرعت پیشبرد ۵ متر بر دقیقه که ۱۰درصد زمان برای جابه‌جا کردن قطعات افزوده می‌شود و هزینهٔ دستگاه در هر ساعت ۴۰۰۰ ریال است.

ب) دستگاه گندگی با سرعت پیشبرد ۱۰ متر بر دقیقه و ۲۰ درصد زمان تلف شده برای جابه‌جا کردن قطعات است که هزینه دستگاه در هر ساعت ۲۵۰۰ ریال می‌باشد.

۶ در یک ماشین رنده ضخامت‌گیر غلتکی سرعت پیشبرد کار ۶ متر بر دقیقه تنظیم شده است. هرگاه تغییراتی در غلتک‌های آن داده شود ممکن است سرعت پیشبرد کار دو برابر گردد. حساب کنید در هر دو حالت چند مترمربع در ساعت می‌توان کار انجام داد. چنانچه عرض صفحه ماشین ۷۰۰ میلی‌متر باشد و از ۶۰ درصد آن بتوان استفاده نمود و برای حالت اول ۱۰ درصد و حالت دوم ۱۵ درصد اتلاف وقت در نظر گرفته شود.

۷ برای ساخت پنجره‌ای مطابق شکل ۷ـ۴ باید ۸ قطعه چوب یک‌متری از چهار طرف رنده شود. برای رنده کردن چوب ۴۰ پنجره با توجه به دو حالت زیر چه زمانی صرف می‌شود؟

الف) پیشبرد کار ۱۵ متر بر دقیقه و قطعات ۴ تا ۴تا از زیر ماشین عبور داده شوند و ۲۰ درصد اتلاف وقت لازم باشد.

ب) پیشبرد کار ۸ متر بر دقیقه و همزمان ۶ قطعه با هم رنده شوند و ۲۵ درصد اتلاف وقت در نظر گرفته شود.

شکل ۷ـ۴ـ پنجره

۸ برای لبه چسبانی ۵۰۰ عدد صفحهٔ میز ناهارخوری مستطیل شکل به ابعاد $150cm \times 90cm$ از جنس نوار PVC از ماشین لبه چسبان اتوماتیک (مطابق شکل) ۸ـ۴ با سرعت پیشبرد کار $10 \frac{m}{min}$ استفاده می‌شود. محاسبه کنید:

الف) طول نوار PVC موردنیاز برحسب متر با درنظر گرفتن ۵٪ دورریز و صرف‌نظر از ضخامت نوار.

ب) مدت زمان انجام کار برحسب ساعت با درنظر گرفتن ۱۰ درصد وقت تلف شده (لازم به توضیح است که ۱۰ درصد وقت تلف شده برای برداشتن و گذاشتن صفحات بر روی میز ماشین درنظر گرفته می‌شود که در کارخانجات پیشرفته این کار توسط روبات انجام می‌گیرد).

شکل ۸ـ۴

مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده

طول برش هر دندانه اره: هنگام برش، یکی از عوامل ایجاد سطحی مقبول، تعداد دندانه‌های تیغه اره است. زیرا اگر تعداد دندانه‌های تیغه اره کم باشد مقدار برش هر دندانه افزایش یافته سطحی ناصاف ایجاد خواهد شد و بر عکس، اگر تعداد دندانه‌های تیغه اره افزایش یابد مقدار برش هر دندانه کاهش یافته، سطحی صاف به‌دست می‌آید؛ البته صحت این مطلب هنگامی‌مشهودتر است که سرعت پیشبرد کار و سرعت برش تیغه، ثابت در نظر گرفته شود.

بنابراین، برای ایجاد سطحی مطلوب در هنگام برش، با در نظر گرفتن تعداد دندانه‌ها می‌توان مقدار برش هر دندانه را با توجه به این رابطه محاسبه نمود:

$$I = \frac{s \times ۱۰۰۰}{n.z}$$

علایم اختصاری:

l: مقدار برش هر دندانه (mm)

S: سرعت پیشبرد کار (m/min)

z: تعداد دندانه

تمرین

نمونه ۸

n: تعداد دور دستگاه (۱/ min)

تعداد دور دستگاه اره گردی $n = ۱۲۰۰ ۱/min$ می‌باشد، اگر سرعت پیشبرد کاری $s = ۲۰ m/min$ و تعداد دندانه‌های تیغه اره ۵۰ عدد باشد، مقدار برش هر دندانه را به‌دست آورید.

$$I = \frac{s \times ۱۰۰۰}{n.z} \Rightarrow I = \frac{۲۰ \times ۱۰۰۰}{۱۲۰۰ \times ۵۰} = ۰/۳۳ mm$$

مقدار برش هر دندانه باید نسبت به نوع ماده اولیه انتخاب شود تا کیفیت برش به حد مطلوب برسد. در جدول ۲ـ۴ مقدار برش تعدادی از ماده اولیهٔ چوبی نمایان است.

جدول ۲ـ۴ـ مقدار برش هر دندانه اره نسبت به ماه اولیه

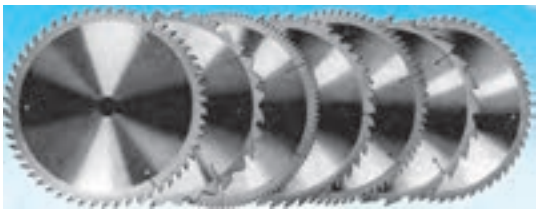
ماده اولیه چوبی	چوب ماسیو در راه الیاف	تخته خرده چوب	تخته لایه	چوب‌های فشرده‌شده	چوب‌های روکش‌شده	صفحات با روکش ملامینه
مقدار برش هر تیغه I(mm)	۰/۱۰_۰/۲۰	۰/۰۵_۰/۲۵	۰/۰۵_۰/۲۵	۰/۰۳_۰/۰۸	۰/۰۳_۰/۱۰	۰/۰۳_۰/۰۶

تمرین

نمونه ۹

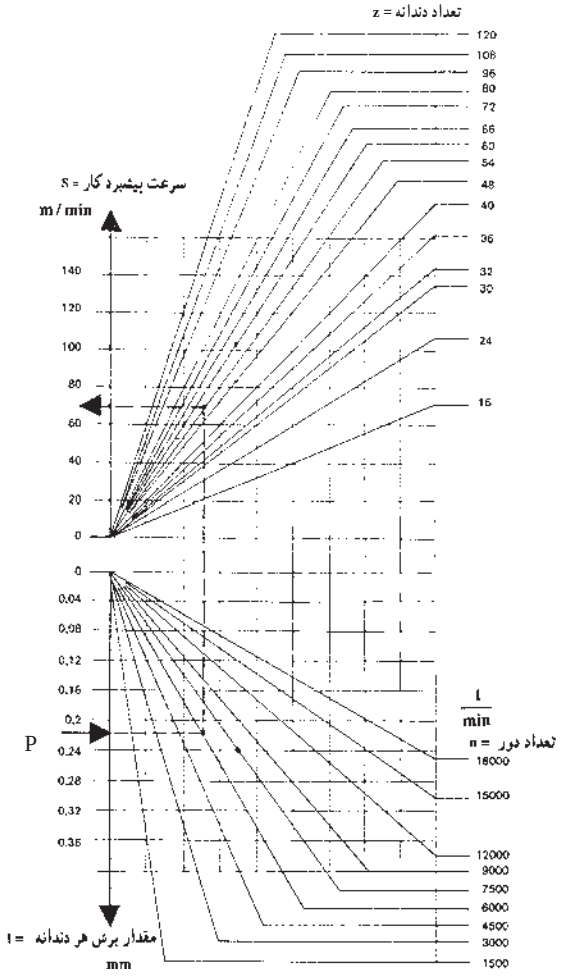
دستگاه اره گردی با تعداد دور $n = ۴۵۰۰ \, 1/min$ موجود است. قرار است صفحات تخته خرده چوبی را با سرعت پیشبرد کار $s = ۶۰ m/min$ برش بزنیم. اگر مقدار برش هر دندانه $I = ۰/۲۴ mm$ در نظر گرفته شود، تعداد دندانه‌های تیغه اره را محاسبه نمایید.

$$z = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.l} = \frac{۶۰۰۰۰}{۴۵۰۰ \times ۰/۲۴} = ۵۵/۵ \simeq ۵۶ \text{ عدد}$$



شکل ۹ـ۴ـ انواع تیغه اره گرد

به منظور سهولت در امر محاسبات برای تعیین مقدار برش هر دندانه اره می‌توان از نمودار ۲ـ۴ استفاده نمود.



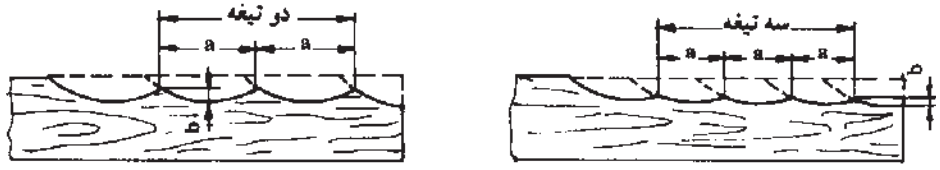
نمودار ۲ـ۴ـ مقدار برش هر دندانه

روش استفاده از نمودار (۲ـ۴)

مثال: تعداد دندانه یک اره گرد z=۵۴ عدد و تعداد دوران آن ۶۰۰۰ دور بر دقیقه است، چنانچه مقدار برش هر دندانه ۰/۲۲ میلی‌متر در نظر گرفته شود، سرعت پیشبرد کار را محاسبه کنید.

راه‌حل: عدد ۰/۲۲ را از ستون مربوط به مقدار برش هر دندانه (ستون قسمت پایین نمودار) انتخاب نموده به‌صورت افقی حرکت می‌کنیم تا خط مورّب مربوط به تعداد دوران، یعنی n=۶۰۰۰ را قطع کند؛ سپس از تقاطع به دست آمده حرکت عمودی به طرف بالا انجام داده تا خط مورّب مربوط به تعداد دندانه (z=۵۴) را قطع نماید؛ سپس از تقاطع جدید حرکت افقی به سمت چپ نموده تا مقدار سرعت پیشبرد کار در ستون مربوط به دست آید. گفتنی است در این مثال مقدار پیشبرد کار ۷۰ m/min به‌دست خواهد آمد.

عرض اثر هر تیغه رنده (گام رنده ـ داغ رنده) روی چوب در ماشین‌های رنده: فرورفتگی‌هایی که هنگام رنده کردن بر اثر تیغه رنده در امتداد طول چوب پهلوی یکدیگر قرار می‌گیرند، به تعداد دور رنده، تعداد تیغه‌های رنده، سرعت پیشبرد کار و پرتیغ یا کم تیغ بودن ماشین بستگی دارد. هر چه تعداد فرورفتگی‌ها بیشتر و فاصله آنها کمتر باشد، سطح رنده شده صاف‌تر است (شکل ۱۰ـ۴).



شکل ۱۰ـ۴ـ اثر تیغه رنده

برای محاسبه عرض و عمق اثر تیغه رنده با این روش عمل می‌شود:

الف) عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب:

رابطه:

$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times z}$$

علایم اختصاری:

a: عرض اثر تیغه رنده(mm)

S: پیشبرد کار(m/min)

n: تعداد دور دستگاه (۱/min)

z: تعداد تیغه

تمرین

نمونه ۱۰

عرض اثر هر تیغه رنده را روی چوب ماشین رنده‌ای با این مشخصات به‌دست آورید:

$S = ۱۶ \frac{m}{min}$ z=۲ $n = ۴۰۰۰ \frac{۱}{min}$

عرض اثر هر تیغه روی چوب

$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} \qquad a = \frac{۱۶ \times ۱۰۰۰}{۴۰۰۰ \times ۲} = ۲mm$$

تمرین

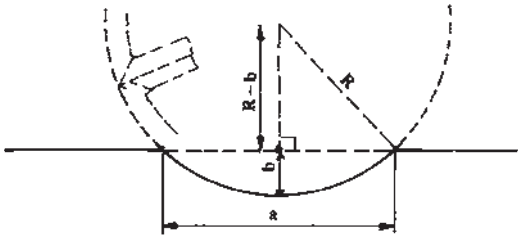
نمونه ۱۱

عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب ماشینی را با مشخصات یاد شده، درصورتی که تعداد تیغه ۳ عدد باشد، به‌دست آورید.

$$a=\frac{S\times ۱۰۰۰}{n.z}=\frac{۱۶\times ۱۰۰۰}{۴۰۰۰\times ۳}\Rightarrow a=۱/۳۳mm$$

بنابراین، اگر بخواهیم پیشبرد کار را در ماشین رنده زیاد کنیم و در عین حال، سطح رنده شده هم‌چنان صاف و هموار باشد، باید از غلتکی استفاده شود که تعداد تیغه‌های آن بیشتر باشد؛ در غیر این صورت اگر تعداد تیغه‌ها ثابت باشد و پیشبرد کار زیاد شود، سطح رنده شده ناهموار خواهد شد. طبیعی است که هر چه مقدار پیشبرد کار کمتر باشد سطح چوب صاف‌تر می‌شود؛ با این تفاوت که کار در زمان بیشتر انجام می‌گیرد و از میزان محصول کاسته می‌شود.

عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب: مطابق شکل ۱۱ـ۴ می‌توان با استفاده از رابطه فیثاغورث و حل معادلهٔ درجه دوم عمق اثر تیغه را روی چوب (b) به‌دست آورد.



شکل ۱۱ـ۴ـ اثر تیغه رنده تنظیم شده

رابطه:

$$b=R-\sqrt{R^{۲}-(\frac{a}{۲})^{۲}}$$

علایم اختصاری:

b: عمق اثر هر تیغه رنده (mm)

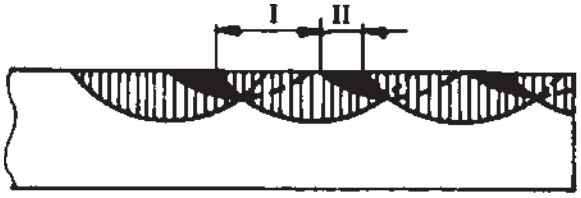
R: شعاع برندهٔ توپی ماشین رنده (mm)

a: عرض اثر هر تیغه رنده (mm)

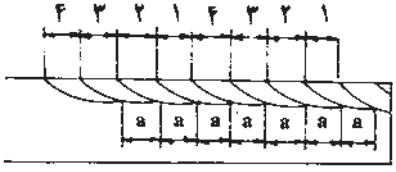
مثال نمونه «۱»: اگر عرض اثر تیغه رنده روی چوب a=۱/۵mm و شعاع دایره برنده توپی R=۶۰mm باشد، عمق اثر تیغه رنده را روی چوب به‌دست آورید.

$$b=R-\sqrt{R^{۲}-(\frac{a}{۲})^{۲}}\Rightarrow b=۶۰-\sqrt{۶۰^{۲}-(\frac{۱/۵}{۲})^{۲}}\simeq ۰/۰۰۵mm$$

از حل این مسأله نتیجه می‌گیریم که اگر یکی از تیغه‌ها ۰/۰۰۵ mm از تیغه دیگر عقب‌تر نشسته باشد دیگر با آن تیغه نمی‌توان تیزی‌های ایجاد شده را بین ضربه تیغه اول و دوم بر طرف ساخت (شکل۱۲ـ۴).



شکل ۱۲ـ۴ـ اثر تیغه رنده تنظیم نشده



طبیعی است که بالا بردن کیفیت رنده کاری هنگامی‌میسر است که تیغه‌ها آن‌گونه تنظیم شوند که به یک اندازه به چوب برخورد کنند (شکل۱۳ـ۴).

شکل ۱۳ـ۴ـ اثر تیغه رنده تنظیم شده

با توجه به اهمیت موضوع در شکل‌های ۱۴ـ۴ و ۱۵ـ۴ دو نمونه دستگاه تنظیم تیغه دستی و دیجیتالی روی‌توپی رنده نشان داده شده است.

شکل۱۴ـ۴ـ دستگاه تنظیم تیغه رنده با دست

شکل۱۵ـ۴ـ دستگاه تنظیم تیغه رنده

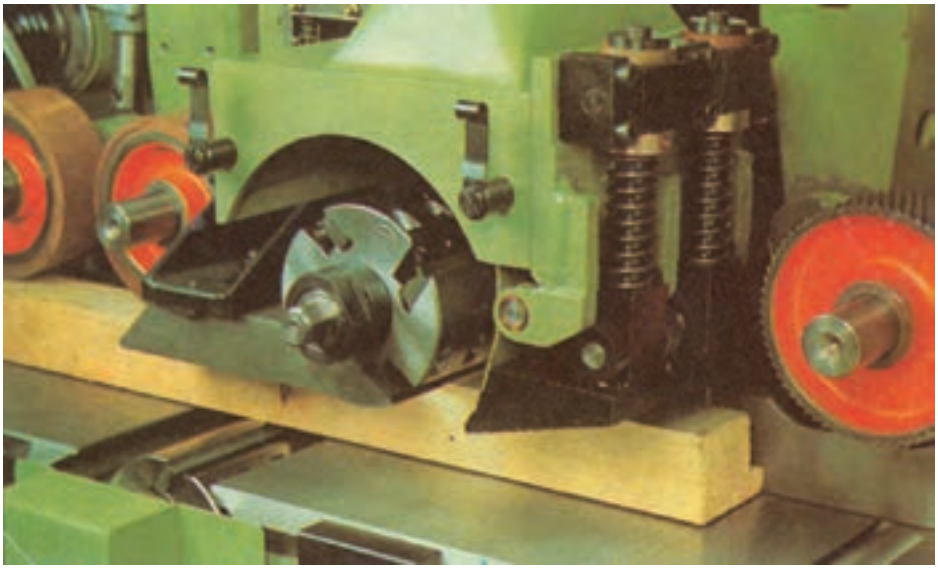
تمرین

نمونه ۱۲

دیجیتالی

دستگاه رنده‌ای مطابق شکل ۱۶ـ۴ با مشخصات زیر موجود است.

$z=۴ \quad n=۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ (شعاع توپی‌رنده) $R=۸cm$



شکل ۱۶ـ۴ـ دستگاه رنده

الف) اگر کیفیت سطح رنده شده چنان باشد که حداکثر گام رنده ۱ میلی‌متر شود سرعت پیشبرد کار تا چه اندازه باید تنظیم گردد؟

ب) در این صورت عمق اثر تیغه رنده چقدر است؟

حل:

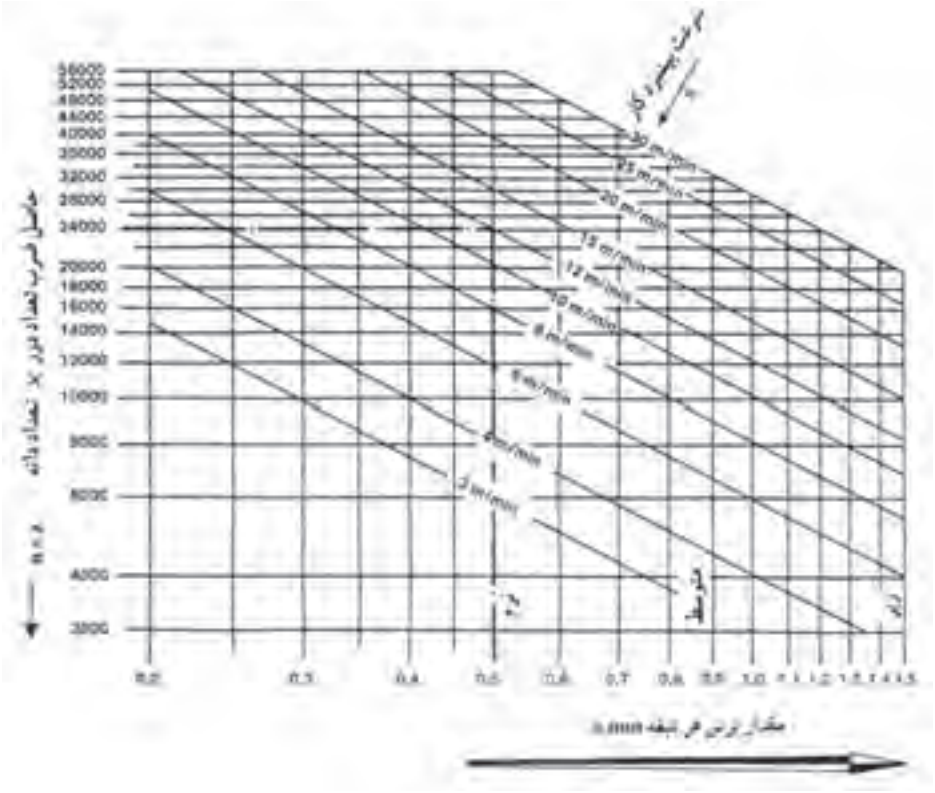
الف) $S=\frac{S\times z\times n}{۱۰۰۰}$ $\qquad a=\frac{S\times ۱۰۰۰}{n\times z}$

سرعت پیشبرد کار $S=۶۰۰۰\frac{۱}{min}\times ۴\times ۱mm=۲۴۰۰۰m/min$

$۲۴۰۰۰\div ۱۰۰۰=۲۴\frac{m}{min}$

ب) $b=R-\sqrt{R^{۲}-(\frac{a}{۲})^{۲}}\Rightarrow b=۸۰-\sqrt{۸۰^{۲}-(\frac{۱}{۲})^{۲}}\Rightarrow b\simeq ۰/۰۰۲mm$

علاوه بر روش محاسباتی برای به دست آوردن عرض اثر تیغه می‌توان از نمودار ۳ـ۴ استفاده نمود.



نمودار ۳ـ۴ـ تعیین مقدار برش هر تیغه

تمرین

نمونه ۱۳

دستگاه کف رندی با تعداد دوران $۶۰۰۰ \frac{۱}{min}$ و با ۴ عدد تیغه موجود است. اگر سرعت پیشبرد کار را $۱۲ m/_{min}$ اختیار کنیم، مقدار برش هر تیغه را به‌دست آورید.

حل: با تعیین مقدار $n \times z$ ($n \times z = ۶۰۰۰ \times ۴ = ۲۴۰۰۰$) در ستون سمت چپ، افقی حرکت کرده تا خط پیشبرد کار که به‌صورت مورب قرار گرفته را قطع کند و از تقاطع به‌دست آمده به طرف پایین حرکت کرده تا مقدار برش هر تیغه به‌دست آید.

کیفیت سطح رنده شده را با توجه به عرض اثر تیغه می‌توان مطابق جدول ۳ـ۴ درجه‌بندی نمود.

جدول ۳ـ۴ـ کیفیت سطح رنده شده

کیفیت سطح رنده شده (درجه پرداخت)	درجه یک	درجه دو	درجه سه
عرض اثر تیغه	۰/۱ـ۰/۵	۰/۵ـ۱/۰	۱/۰ـ۱/۵

تمرین

نمونه ۱۴

دستگاه رنده‌ای با این مشخصات موجود است، اگر لازم باشد در هر ساعت ۲۰۰ تخته به طول ۴/۵ متر به‌صورت یک‌طرفه رنده شود چه کیفیتی برای سطح رنده شده خواهیم داشت:

$n=5000\ 1/min$ $z=4$

حل: طول تخته‌ها $200\times4/5m=900m$

$$S=\frac{900m}{60min}=15m/min$$

عرض اثر تیغه $$a=\frac{S}{n\times z}\Rightarrow a=\frac{15m/min\times1000}{5000\frac{1}{min}\times4}=0/75mm$$

کیفیت سطح رنده شده $(1 > 0/75 > 0/5)$ درجه ۲ خواهد بود.

۱ـ انتقال حرکت

از تسمه و چرخ تسمه‌ها برای انتقال حرکت از یک محور محرک به یک محور متحرک که فاصله زیادی از هم داشته و نیروی انتقالی محدودی دارند، استفاده می‌شود. این نوع انتقال حرکت ارزان است و از طریق اصطکاک بین تسمه و چرخ تسمه‌ها به دست می‌آید. انتقال، تغییر تعداد دور و گشتاور از ویژگی‌های این چرخ‌هاست.

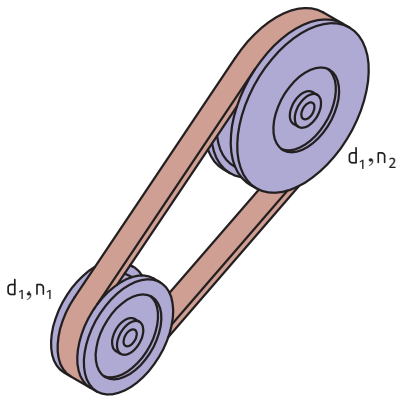
نسبت انتقال حرکت ساده: اگر دو چرخ تسمه محرک و متحرک با تسمه‌ای بدون لغزش به همدیگر مرتبط شوند دوران و گشتاور از چرخ محرک به متحرک منتقل شده و بسته به تغییر قطر دو چرخ، دوران و گشتاور در چرخ متحرک تغییر می‌کند وخواسته‌های طراحی برآورده می‌شود. در این انتقال حرکت، سرعت محیطی چرخ محرک، چرخ متحرک و تسمه مساوی است و محاسبات آن طبق فرمول زیر است: (شکل ۱۷ـ۴)

n_1 = دوران چرخ محرک

n_2 = دوران چرخ متحرک

d_1 = قطر چرخ محرک

d_2 = قطر چرخ متحرک



شکل ۱۷ـ۴

$$v_1=v_2$$
$$\pi\times n_1\times d_1=\pi\times n_2\times d_2$$
$$n_1\times d_1=n_2\times d_2$$
$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{d_2}{d_1}$$

در روابط صفحهٔ قبل نسبت دور چرخ محرک به چرخ متحرک را نسبت انتقال می‌نامند و آن‌را با i نشان می‌دهند.

$$\text{نسبت انتقال حرکت} = \frac{\text{تعداد دوران چرخ محرک}}{\text{تعداد دوران چرخ متحرک}} \rightarrow i = \frac{n_1}{n_2}$$

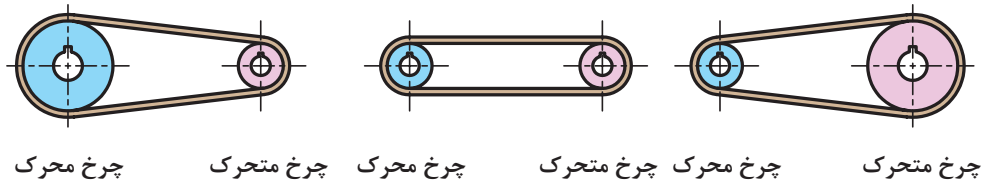
$$\text{نسبت انتقال حرکت} = \frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{قطر چرخ محرک}} \rightarrow i = \frac{d_2}{d_1}$$

نکته

در فرمول بالا نسبت انتقال به دلیل یکی بودن یکای صورت و مخرج کسر بدون یکاست.

در محاسبه نسبت انتقال حرکت باید مقدار کسر ساده شود تا مخرج کسر عدد یک شود. مقدار نسبت انتقال بین محور محرک و متحرک نشان می‌دهد، که تعداد دوران محور متحرک کم، زیاد و یا بدون تغییر می‌گردد. جدول زیر این تغییرات را نشان می‌دهد (شکل۱۸ـ۴).

$i>1$	$i=1$	$i<1$
دوران چرخ متحرک کم می‌شود	دوران تغییر نمی‌کند	دوران چرخ متحرک زیاد می‌شود



شکل ۱۸ـ۴

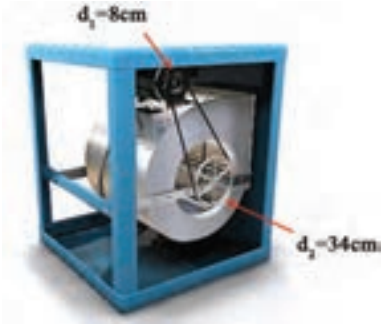
نکته

هر گاه دو چرخ تسمه با یکدیگر مرتبط باشند چرخ کوچک‌تر دوران بیشتری دارد.

تمرین

نمونه ۱۵

اگر تعداد دوران الکترو موتور ۱۴۲۵ دور در دقیقه باشد و قطر چرخ تسمه (پولی) روی محور موتور و پروانه مطابق شکل ۱۹ـ۴ باشد.



شکل ۱۹ـ۴

الف) نسبت انتقال حرکت را به‌دست آورید.

ب) تعداد دوران پروانه کولر را به‌دست آورید.

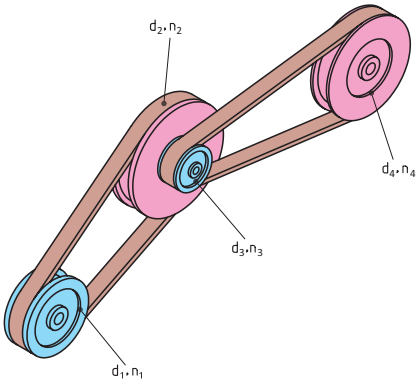
$$n_1 = ۱۴۲۵ \frac{۱}{min} \qquad d_1 = ۸cm \qquad d_2 = ۳۴cm$$

الف) $$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{۳۴}{۸} = ۴/۲۵$$

ب) $$i = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow ۴/۲۵ = \frac{۱۴۲۵}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{۱۴۲۵}{۴/۲۵} = ۳۳۵/۳ \frac{۱}{min}$$

۲ـ نسبت انتقال حرکت به‌وسیله چرخ تسمه مرکب

انتقال حرکت مرکب از دو نسبت انتقال حرکت ساده تشکیل می‌شود (شکل ۲۰ـ۴):



شکل ۲۰ـ۴

d_1 و d_3 = قطر چرخ‌های محرک

d_2 و d_4 = قطر چرخ‌های متحرک

na = تعداد دوران اولین چرخ محرک

i_1 = نسبت انتقال بین چرخ تسمه ۱ و ۲

i_2 = نسبت انتقال بین چرخ تسمه ۳ و ۴

n_3 و n_1 = تعداد دوران چرخ‌های محرک

n_4 و n_2 = تعداد دوران چرخ‌های متحرک

ne = تعداد دوران آخرین چرخ متحرک

i = نسبت انتقال کلی

$$i = i_1 \times i_2$$

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1} \quad , \quad i_2 = \frac{d_4}{d_3} \rightarrow i = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}$$

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad , \quad i_2 = \frac{n_3}{n_4} \rightarrow i = \frac{n_1 \times n_3}{n_2 \times n_4}$$

با توجه به اینکه چرخ تسمه ۲ و ۳ هم‌محور هستند و هر دو با تعداد دوران برابر می‌چرخند، می‌توان آنها را از صورت و مخرج حذف کرد، بنابراین:

$$i = \frac{n_1}{n_4}$$

اگر تعداد دوران اولین محور محرک را با n_a و آخرین محور متحرک را با n_e نشان دهیم، بنا براین:

$$i = \frac{n_a}{n_e} = \frac{\text{تعداد دوران محور محرک اولی}}{\text{تعداد دوران محور متحرک آخری}}$$

از مساوی بودن رابطه نسبت انتقال با تعداد دورها و قطرها نتیجه می‌شود:

$$i = \frac{n_a}{n_e} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}$$

۳ــ انتقال حرکت با تسمه‌های ذوزنقه‌ای

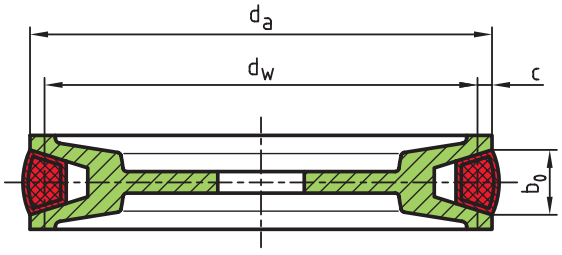
محاسبه انتقال حرکت با تسمه‌های با مقطع ذوزنقه‌ای نیز مانند تسمه‌های تخت است، با این تفاوت که در چرخ تسمه‌های ذوزنقه‌ای، به جای قطر خارجی (d)، قطر مؤثر (dw) را در رابطهٔ مربوطه قرار می‌دهیم:

d_a = قطر خارجی چرخ تسمه

d_w = قطر مؤثر چرخ تسمه

c = فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ تسمه

b_o = پهنای بالایی تسمه



شکل ۲۱ــ۴

برای به‌دست آوردن قطر مؤثر، از این فرمول استفاده می‌شود: $d_w = d_a - 2c$

مقدار c به پهنای تسمه b_o بستگی دارد و مقدار آن را می‌توان از جدول ۴ـ۴ به‌دست آورد.

جدول ۴ـ۴

اندازه‌ها به mm	DIN ۲۲۱۵ تسمه معمولی								DIN ۷۷۵۳ تسمه باریک				
پهنای تسمه b_o	۵	۶	۱۰	۱۳	۱۷	۲۲	۳۲	۴۰	۹/۷	۱۲/۷	۱۶/۳	۱۸/۶	۲۲
c	۱/۳	۱/۶	۲	۲/۸	۳/۵	۴/۸	۸/۱	۱۲	۲	۲/۸	۳/۵	۴	۴/۸

با توجه به مقدار dw روابط انتقال حرکت در چرخ تسمه‌های ذوزنقه‌ای به‌صورت زیر است.

$$n_1 \times d_{w_1} = n_2 \times d_{w_2}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \qquad i = \frac{d_{w_2}}{d_{w_1}}$$

تمرین

نمونه ۱۶

قطرمؤثر چرخ تسمه محرک ۱۲۸ میلی‌متر و تعداد دوران آن ۶۰۰ دور بر دقیقه است. موارد خواسته شده را به‌دست آورید.

الف) قطر مؤثر چرخ متحرک اگر تعداد دوران آن ۴۰۰ دور بر دقیقه باشد.

ب) نسبت انتقال

ج) قطر خارجی چرخ محرک و متحرک در صورتی‌که پهنای بالای تسمه b_o=۱۳ mm باشد. (اگر b_o=۱۳ mm باشد طبق جدول ۱ـ۳ c = ۲/۸ mm خواهد بود)

الف) $n_1 \times d_{w_1} = n_2 \times d_{w_2} \rightarrow d_{w_2} = \frac{n_1 \times d_{w_1}}{n_2} = \frac{۶۰۰ \times ۱۲۸}{۴۰۰} = ۱۹۲ \text{ mm}$

ب) $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{۶۰۰}{۴۰۰} = ۱/۵$ $\qquad i = \frac{d_{w_2}}{d_{w_1}} = \frac{۱۹۲}{۱۲۸} = ۱/۵$

ج) $d_{a_1} = d_{w_1} + 2c = ۱۲۸ + (۲ \times ۲/۸) = ۱۳۳/۶ \text{ mm}$

$d_{a_2} = d_{w_2} + 2c = ۱۹۲ + (۲ \times ۲/۸) = ۱۹۷/۶ \text{ mm}$

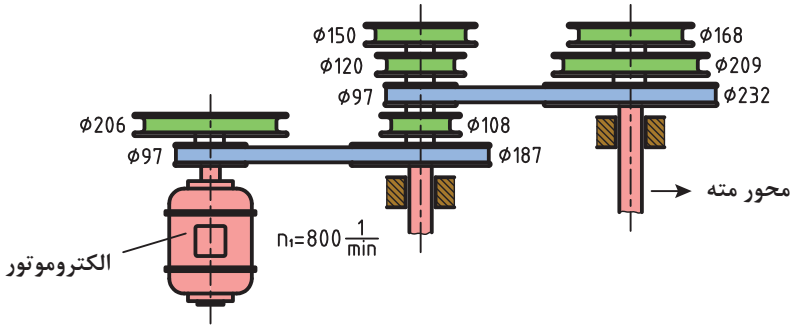
فعالیت عملی ۴:

۱ در دستگاه انتقال حرکت ماشین مته مطابق شکل ۲۲ـ۴ از تسمه نرمال استفاده شده است. اگر پهنای تسمه ۱۷ میلی‌متر و قطر خارجی چرخ تسمه‌ها مطابق شکل باشد، به‌دست آورید.

الف) تعداد مراحل دور دستگاه

ب) حداقل تعداد دور محور مته

ج) حداکثر تعداد دور محور مته



شکل ۲۲ـ۴

۲ در جدول ۵ـ۴ مقادیر خواسته شده را به‌دست آورید.

جدول ۵ـ۴

	الف	ب	ج
$d_1(mm)$	۱۱۲	۴۵۰	۲۴۰
$d_2(mm)$	۶۷۲	۱۸۰	؟
$d_3(mm)$	۱۲۰	۲۲۴	۱۴۵
$d_4(mm)$	۲۴۰	؟	۱۱۶
$n_1(\frac{1}{min})$	۱۴۴۰	۲۸۰	۳۱۵
$n_4(\frac{1}{min})$	؟	۱۴۰۰	؟
i	؟	؟	۰/۶

محاسبه تعداد دور چرخ تسمه:

چون تعداد دور و قطر چرخ محرک ثابت فرض می‌شود، از این رو باید برای تنظیم تعداد دور چرخ متحرک، قطر چرخ متحرک را تغییر داد؛ همچنین تسمه و چرخ‌تسمه‌ها، علاوه برانتقال حرکت، تغییر تعداد دوران چرخ متحرک را نیز انجام می‌دهد، که مقدار آن به‌نسبت انتقال (i) بین دو محور بستگی خواهد داشت،همان‌گونه که قبلاً بیان شده بود:

در محاسبات چرخ تسمه قطر آنها را به d (برحسب میلی‌متر) و تعداد دور آنها را به n (دور در دقیقه) نمایش داده در کلیه محاسبات این رابطه‌ها برقرار است:

$$\frac{\text{تعداد دور چرخ محرک}}{\text{تعداد دور چرخ متحرک}} = \frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{قطر چرخ محرک}} \qquad \boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = i}$$

$$\boxed{i = i_1 \times i_2} \quad و \quad i_1 = \frac{d_2}{d_1} \quad و \quad i_2 = \frac{d_4}{d_3} \quad و \quad \boxed{i = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}}$$

تمرین

نمونه ۱۷

یک دستگاه ماشین فرز که قطر پولی آن ۵ سانتی‌متر است، توسط الکتروموتوری با قطر پولی ۱۵ سانتی‌متر و تعداد دور ۱۲۰۰ دور در دقیقه، کار می‌کند. تعداد دور ماشین فرز را محاسبه کنید.

$$n_1 = ۱۲۰۰ \frac{۱}{min} \quad و \quad d_1 = ۱۵cm \quad و d_2 = ۵cm$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{۱۲۰۰}{n_2} = \frac{۵}{۱۵}$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{۱۲۰۰ \times ۱۵}{۵} = ۳۶۰۰۱ / min$$

تمرین

نمونه ۱۸

یک ماشین کف رند باید با ۲۰۰۰ دور در دقیقه کار کند؛ در صورتی که قطر پولی غلتک رنده ۱۲۰ میلی‌متر است و تعداد دور الکتروموتور ۴۰۰۰ دور در دقیقه می‌باشد، قطر پولی الکتروموتور را محاسبه کنید.

$$n_1 = ۴۰۰۰ \frac{۱}{min} \quad و \quad n_2 = ۲۰۰۰ \frac{۱}{min} \quad و \quad d_2 = ۱۲۰mm$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{d_2 \times n_2}{n_1} \Rightarrow d_1 = \frac{۱۲۰ \times ۲۰۰۰}{۴۰۰۰}$$

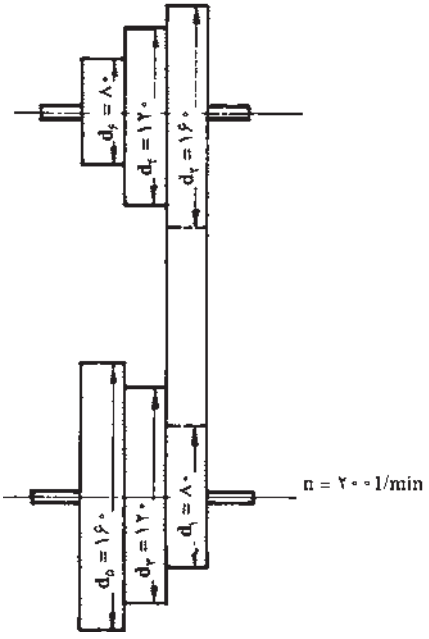
$$d_1 = ۶۰mm$$

فعالیت عملی ۵:

۱ الکتروموتوری با تعداد دور ۳۶۰۰ دور بر دقیقه و قطر چرخ تسمه ۵۰ میلی‌متر موجود است، این الکتروموتور یک ماشین سنباده با قطر پولی ۱۰۰ میلی‌متر را به‌حرکت درمی‌آورد. تعداد دوران دستگاه را محاسبه کنید.

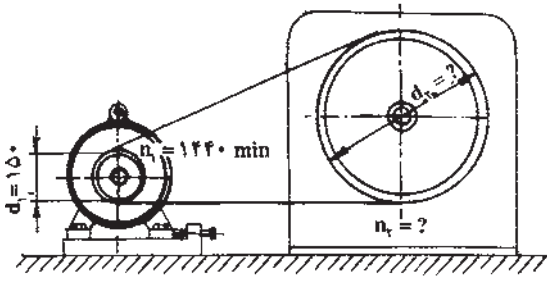
۲ الکتروموتور یک ماشین رنده ۱۵۰۰ دور در دقیقه می‌زند. هرگاه چرخ متحرک ماشین ۱۲۰ میلی‌متر و تعداد دورانی معادل ۴۰۰۰ دور در دقیقه داشته باشد، قطر چرخ محرک را به‌دست آورید.

۳ در یک ماشین خراطی، الکتروموتوری با تعداد دوران ۲۰۰ دور در دقیقه و قطر پولی‌های ۸۰ و ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر نصب شده است. در صورتی‌که قطر پولی‌های دستگاه به‌صورت قرینه باشد ـ تعداد دورهای آن را حساب کنید (شکل ۲۳ـ۴).



شکل ۲۳ـ۴ـ چرخ‌های پله‌ای

۴ در دستگاه مطابق شکل ۲۴ـ۴ اگر نسبت انتقال ۳ باشد، مطلوب است مقادیر n_2 و d_2.



شکل ۲۴ـ۴

ارزشیابی پایانی پودمان ۴

۱ در صورتی که تعداد دوران ماشین گندگی $۴۰۰۰ \frac{۱}{min}$ و تعداد تیغه‌های آن ۴ عدد و سرعت پیشبرد کار $۲۰ m/min$ باشد مقدار برش هر تیغه دستگاه گندگی را به‌دست آورید.

۲ در صورتی که تعداد دور دستگاه اره گردی $۳۰۰۰ ۱/min$، و سرعت پیشبرد کار $۶۰ m/min$ باشد، تعداد دندانه‌های تیغه‌اره حداقل چه‌قدر باشد، تا مقدار برش هر تیغه از $۰/۲۵mm$ بیشتر نشود.

۳ اگر دستگاهی دارای تعداد دورهای متعددی باشد، دستگاه را روی چه تعداد دوری باید تنظیم نمود؛ در صورتی که این داده‌ها موجود باشد:

$z=۴$ $S=۱۵m/min$ $a=۰/۷۵mm$

۴ جواب تمرین‌های ۱ الی ۳ را از روی نمودار مربوطه به‌دست آورید. با روش محاسباتی مقایسه کنید و نتیجه بگیرید.

۵ اره گردی که دارای $z=۷۲$ دندانه و $n=۴۵۰۰ \frac{۱}{min}$ است: الف) برای به‌دست آوردن $i=۰/۲mm$ چه سرعت پیشبرد کاری را باید انتخاب نمود؟

ب) اگر سرعت پیشبرد کار را دو برابر کنیم مقدار برش هر دندانه چقدر خواهد شد؟

۶ سطح رنده شده قطعه کاری با کیفیت درجه ۳ که عرض اثر تیغه رنده حداکثر $a=۱/۵mm$ باشد، لازم است. اگر ماشین رنده دارای توپی ۴ تیغه و دو تعداد دور $n_۱=۴۰۰۰ \frac{۱}{min}$ و $n_۲=۶۰۰۰ \frac{۱}{min}$ باشد؛

الف) در صورتی‌که سرعت پیشبرد کار $۱۵m/min$ تنظیم شده باشدکدام تعداد دوران را برای دستگاه انتخاب می‌کنید؟

ب) اگر تعداد دور دستگاه را تغییر دهیم چه سرعت پیشبرد کاری را می‌توانیم انتخاب کنیم تا همان کیفیت کار را داشته باشیم؟

ج) در مقایسه حالت «الف» و «ب» اگر لازم باشد ۵۰۰ متر قطعه کار رنده شود، اختلاف زمان را به‌دست آورید.

د) اگر قطر توپی دستگاه ۱۲ سانتی‌متر باشد عمق اثر تیغه رنده را به‌دست آورید.

۷ قرار است قطعاتی را با دستگاه ماشین سنباده غلتکی مطابق شکل ۴ـ۲۵ سنباده نماییم. این قطعات قبلاً توسط دستگاه رنده‌ای با قطر تیغه $۱۲cm$، دارای چهار تیغه و تعداد دور $۴۵۰۰ \frac{۱}{min}$ رنده شده‌اند، چه سرعت پیشبرد کاری برای رنده کردن انتخاب نماییم تا عمق اثر تیغه رنده $۰/۰۰۵ mm$ باشد و عملیات سنباده‌زدن ساده‌تر گردد؟

شکل ۴ـ۲۵ـ ماشین سنباده غلتکی

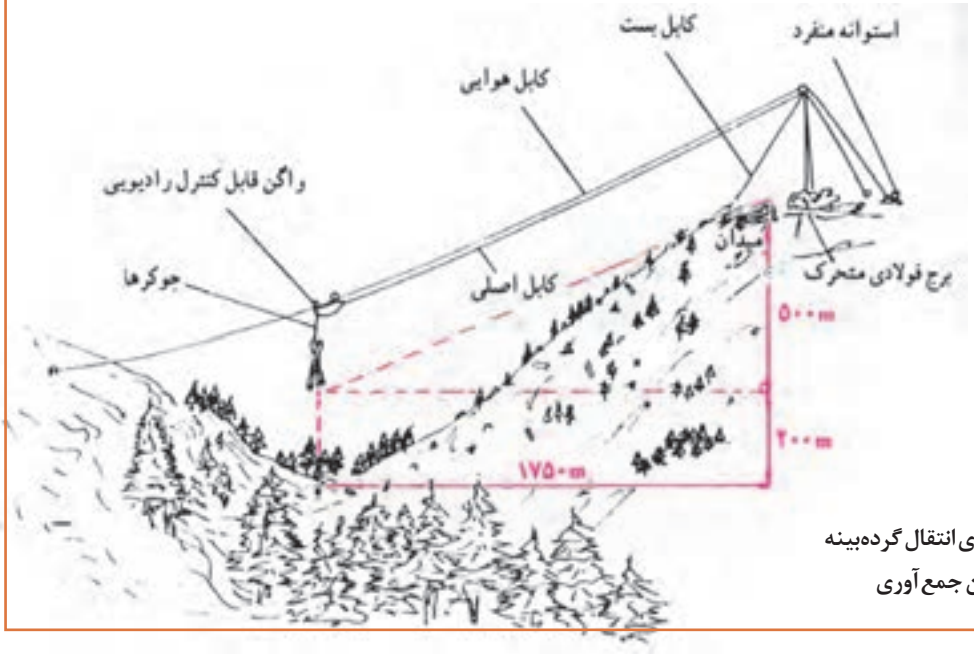
۸ انواع توپی‌ها با تعداد تیغه‌های متفاوت مطابق شکل ۲۶ـ۴ موجود است؛ که اگر هر چه تعداد تیغه بیشتر باشد می‌توان سرعت پیشبرد کار را افزایش داد یا کیفیت بهتری از کار انتظار داشت. حال اگر فرض شود در یک دستگاه فرز تعداد دور تیغه $n = ۵۰۰۰ \frac{۱}{min}$ و سرعت پیشبرد کار $S=۲۰ m/min$ باشد، توپی چند تیغه را انتخاب می‌کنید؟ (در صورتی که عرض اثر تیغه روی سطح کار حداکثر ۱/۲mm باشد.)

شکل ۲۶ـ۴ـ انواع توپی با تیغه‌های متفاوت

۹ زمان انتقال گرده بینه را از پایین دره به بالای تپه مطابق شکل ۲۷ـ۴ محاسبه کنید؛ درصورتی که گرده بینه‌ها دو نوع حرکت خواهند داشت:

الف) حرکت عمودی به ارتفاع ۲۰۰ متر با سرعت ۴۰ متر بر دقیقه.

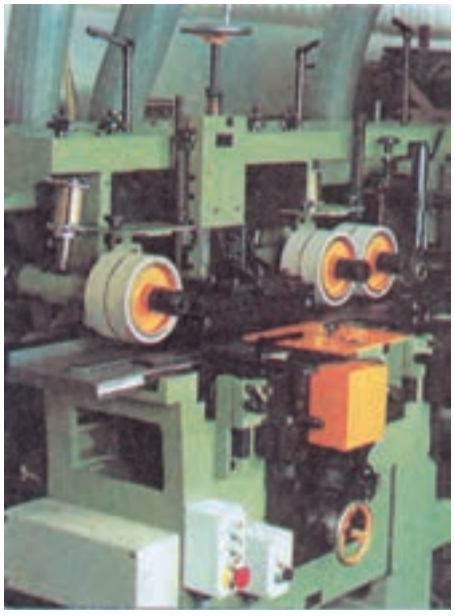
ب) حرکت در مسیر کابل هوایی با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه.



شکل ۲۷ـ۴ـ نمای انتقال گرده‌بینه از جنگل به میدان جمع‌آوری

۱۰ قطر تیغه اره گردی را به‌دست آورید که تعداد دوران میلهٔ آن $۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ و سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه داشته باشد. اگر گام هر دندانه ۶/۵ میلی‌متر باشد، تیغه دارای چند دندانه خواهد بود؟

۱۱ دستگاه فرز مطابق شکل ۲۸ـ۴ موجود است؛ در صورتی‌که با آن بتوان در مدت ۲ ساعت ۷۵۰ شاخه زهوار ۲/۵ متری را فرز زد و همچنین ۱۲ درصد اتلاف وقت برای این دستگاه منظور شود، سرعت پیشبرد کار را حساب کنید.



شکل ۲۸ـ۴ـ دستگاه فرزاتوماتیک

۱۲ مشخصات تیغه اره گردی عبارت است از: قطر ۲۵ سانتی‌متر، عرض هر دندانه ۸میلی‌متر. اگر با سرعت پیشبرد کاری معادل ۸۰ متر بر دقیقه از این تیغه استفاده شود و برش برای هر دندانه ۰/۲۵ میلی‌متر باشد:
الف) کدام یک از تعداد این دورها را برای میله دستگاه انتخاب می‌کنید:

$$n_۱ = ۳۰۰۰\frac{۱}{min}$$

$$n_۲ = ۴۵۰۰\frac{۱}{min}$$

$$n_۳ = ۶۰۰۰\frac{۱}{min}$$

ب) با انتخاب تعداد دور مناسب چه تغییری برای برش هر دندانه صورت می‌گیرد؟

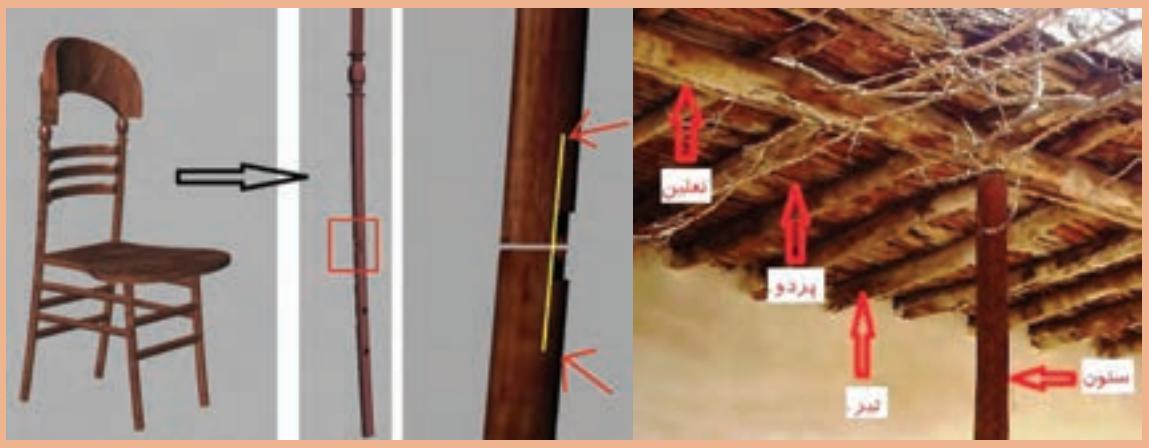
۱۳ تعداد دور میلهٔ کف رندی ۵۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر توپی دستگاه ۶ تیغه رنده و ۱۲cm قطر داشته باشد و برای قطعه کاری انتظار سطح رنده شده درجه ۲ معادل عرض اثر تیغه ۰/۸ میلی‌متر باشد چه سرعت پیشبردی را انتخاب می‌کنید؟ در این حالت عمق اثر هر تیغه رنده را به‌دست آورید.

۱۴ اگر با استفاده از دستگاه برش صفحات MDF (شکل ۲۹ـ۴) در صفحاتی به ابعاد ۱۸۳×۳/۳۶۶ برش طولی و ۳ برش عرضی ایجاد نماییم، چنانچه سرعت پیش‌برد کار دستگاه را ۳ متر بر دقیقه تنظیم کرده و ۵۰ درصد زمان برش را وقت تلف شده منظور نماییم، در یک شیفت کاری ۸ ساعته، چند صفحه برش زده می‌شود؟

شکل ۲۹ـ۴ـ دستگاه اره گرد خط‌زن تیغه اتوماتیک برش صفحات MDF

پودمان ۵

مقاومت قطعات چوبی در برابر تغییر شکل



چگونه می‌توان سفتی و استحکام قطعات چوبی را زیاد کرد؟به نظر شما ابزارها و قطعات بالا از نظر هندسی چه شباهت‌هایی باهم دارند؟ در این پودمان پاسخ خود را می‌یابید و خواهید دانست چگونه می‌توان استحکام قطعات چوبی را بالا برد.

شاهکار مهندسی جنگ در رودخانه‌ای خروشان

در دوران دفاع مقدس بعد از تصرف شهر فاو، عبور از دریای خروشان اروند و رساندن تجهیزات و پشتیبانی از نیروها بسیار ضروری بود. با نصب چند پل بر روی این رودخانه و ناموفق‌بودن آن، احداث پل بر رویِ رودخانه اروند در دستور کار فرماندهان جنگ قرار گرفت. از نظر مهندسی احداث پل بر روی رودخانه‌ای با شرایط و مشخصات اروند در حالت عادی نیاز به ماه‌ها وقت ومصالح انبوهی دارد. اما پل مورد نظر فرماندهان جنگ باید در کمترین زمان، در استتار و پوشش کامل احداث می‌شد.

طراحی پل به این صورت بود که با انتقال حدود ۵۰۰۰ لوله فولادی ۱۲ متری و چینش آنها از کف رودخانه تا بالای آب، ساخته شود. به دلیل نزدیکی به خلیج‌فارس و جریان جزر و مد، آب رودخانه کیفیت آب دریا را دارد. فشار آب باعث می‌گشت جهت رهاسازی و شناورماندن در محل مورد نظر چاره‌ای اندیشیده شود تا از ورود آب در ابتدای رهاسازی درون لوله ممانعت به عمل آید.

برای بستن ابتدا و انتهای لوله‌ها جهت جلوگیری از ورود آب و غرق‌شدن آنها قبل از اتصال به بقیه، از درپوش‌های برزنت و پلاستیک استفاده می‌شد و برای محکم‌کردن درپوش به دور تا دورِ سرِ لوله، تسمه‌های پلاستیکیِ مخصوصِ کارتن‌بندی به‌کار می‌رفت. بعد ازاتصال لوله‌ها به هم و تنظیم محل غرق‌نمودن آنها روی سطح آب، یکی پس از دیگری درپوش‌ها را باز می‌کردند و آب با فشار وارد لوله‌ها شده، آنها را غرق و روی لوله‌هایی که قبلاً غرق شده بودند قرار می‌داد تا بدنه پل ایجاد شود. انتهای رشتهٔ لوله‌ها برای اتصال لوله‌های بعدی و ادامهٔ کار، روی آب باقی می‌ماند.

شکل ۱ـ۵

البته باید اشاره کرد که این قسمتِ کار، بسیارخطرناک بود زیرا هر لوله با خروش و تکانِ شدیدی غرق می‌شد.

اما در مواقعی که عمق رودخانه از ۶ متر بیش‌تر بود، برزنت به‌تنهایی حتی با تقویت‌شدن به وسیله میل‌گرد و غیره قادر نبود نیروهای فشاری آب را تحمل نماید.

گذاشتن تخته چوبی در پشت برزنت مشکل را حل می‌کرد، تخته‌های چوبی به‌صورت خورشیدی یا طبق‌های گرد

از داخل گذاشته می‌شود سپس پشت آن را با نبشی جوش داده و روی آن برزنت نصب می‌شد. بهترین نوع آن به‌خصوص، با بست‌ها و پشت‌بندها مقاومت خوبی در مقابل فشار آب داشت. البته همین تخته‌ها در عمق حدود ۱۰ متر دراثر فشارآب نیز با مشکلاتی همراه بوده و احتمال شکستن وجود داشت.
شکل زیر مراحلی ازساخت و نصب طبق‌های چوبی و همچنین مراحل پایانی نصب پل را نشان می‌دهد.

شکل ۲ـ۵ـ مراحل ساخت و بهره‌برداری از پل بعثت

از طراحان و مجریان این پل می‌توان به مهندس بهروز پورشریفی، مهندس سید هاشم بنی‌هاشمی، مهندس محمدرضا توسلی، عبدالرحمن جزایری و ... اشاره کرد.
یکی از شهدای نابغه جنگ که فعالیت‌های فنی بسیاری داشته است، شهید حسن آغاسی است. ایشان فارغ‌التحصیل دانشگاه تورنتوی کانادا با رتبه اول و مدرک کارشناسی ارشد در رشته پل‌سازی بود.

شکل ۳ـ۵ـ شهید حسن آغاسی

شکل ۴ـ۵

آیا قطعات و سازه‌های چوبی یا فلزی خراب می‌شوند و می‌شکنند؟

قطعات و سازه‌ها در هنگام استفاده از آنها یا به مرور زمان دچار خرابی و شکست می‌شوند. در شکل زیر نمونه‌هایی از خرابی و شکست را مشاهده می‌کنید (شکل ۵ـ۵).

شکل ۵ـ۵ـ خرابی و شکست قطعات

وجه اشتراک همه این شکل‌ها چیست؟ همگی شکسته و خراب هستند.

فعالیت

دلایل احتمالی خرابی و شکست قطعات نشان داده شده در شکل بالا را در گروه خود بررسی نمایید؟
به نظر شما کدام دلیل عامل بیشتر خرابی‌های قطعات نشان داده شده در شکل می‌باشد؟

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارتند از

- طراحی نامناسب آنها
- وجود مشکل در جنس و مواد به‌کار رفته در آنها
- مشکل به‌وجود آمده در هنگام ساخت
- خرابی محیطی
- استفاده نادرست از آنها
- فرسودگی
- خستگی مواد

فعالیت

به نظر شما بیشترین علت خرابی قطعات و سازه‌ها که در کارگاه هنرستان مشاهده کردید چیست؟
چگونه می‌توان از بروز خرابی ها در قطعات جلوگیری نمود؟

چرا قطعات و سازه ها خراب می‌شوند؟

هنگام استفاده از قطعات و سازه‌ها قطعات به روش‌های گوناگون خراب می‌شود:

- بارگذاری و نیروی بیش از حد
- خوردگی
- خستگی
- سایش

فعالیت

در مورد روش دیگری خرابی قطعات بحث و گفتگو نماید؟

وقتی قطعه‌ای خراب است یعنی اینکه نمی‌تواند کاری که از آن خواسته شده است را به درستی انجام دهد. وقتی که می‌گوییم یک قطعه مقاوم است، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد و از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است. مقاومت در مقابل جابجایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در مقابل شکست، مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی و غیره.

اگر انسان چوب را به‌صورت یک ماده صنعتی ـ ساختمانی به کار ببرد، در استفاده از آن به دو پدیده کلی پی می‌برد. بدون شک چوب جزء اولین موادی است که انسان‌های قبل از تاریخ استفاده‌های متعددی از آن می‌کردند، در حالی که به مرور زمان در انواع روش‌های استفاده از چوب تغییراتی به وجود آمده است، ولی در حال حاضر نیز چوب ماده‌ای است که با استفاده‌های گسترده تزئینی، ساختمانی و صنعتی مطرح است.

با توجه به این که چوب یک ماده طبیعی از منابع تجدید شونده است، استفاده از آن در ساخت لوازم روزمره اطراف ما ادامه می‌یابد، اما در مجموعه مواد ساختمانی صنعتی از اهمیت آن کاسته نخواهد شد، بلکه به مرور زمان بر اهمیت آن افزوده می‌شود.

چوب در کلیه موارد مصرف باید تحمل نیروهای اعمال شده را داشته باشد. هنگامی‌که از چوب برای احداث ساختمان‌های مسکونی، تجاری، خدماتی، ورزشی و یا در ساخت قایق‌های چوبی و یا در ساخت پل‌ها و اسکله‌ها و امثال آن استفاده می‌شود چوب به‌صورت یک ماده ساختمانی مورد بحث بوده که باید قادر به تحمل مستقیم نیروی وارد بر آن باشد.

در شکل ۶ـ۵ اسکلت سقف یک استادیوم ورزشی دیده می‌شود. در این ساختمان عظیم اسکلت اصلی و پوشش روی آن از قطعات چوبی ساخته شده بر طبق اصول مهندسی استفاده شده است.

شکل ۶ـ۵ـ نمای اسکلت یک گنبد چوبی که سقف یک استادیوم ورزشی را می‌پوشاند.

به شکل ۷ـ۵ توجه کنید. یک طبقه ساختمان چوبی دیده می‌شود که در آن از خرپا و قطعات چوبی به جای خرپای فلزی استفاده شده است.
البته ضرورت دانستن قدرت تحمل نیرو به وسیله چوب و محصولات چوبی محدود به موارد ساختمانی فوق نیست، بلکه در ساخت مبلمان منزل، مبلمان دفتری، کابینت و... نیز مقاومت‌های مکانیکی، چوب نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارد.

شکل ۷ـ۵ـ نمای داخل یک ساختمان از سازه‌های چوبی

اگر از چوب برای کارهای تزئینی نظیر دکوراسیون، مبلمان و غیره استفاده شود، استفاده از چوب با نقوش برتر ترجیح دارد. چنین چوب‌هایی گران هستند و منابع تأمین آنها نیز محدود و در حال از بین رفتن است. در حالی‌که قیمت چوب در حال زیاد شدن است، وظیفه سازندگان محصولات و مصنوعات چوبی استفاده حداقل از آن در تولید محصول مشخصی است؛ بدین ترتیب، استفاده از قطعات کوچکتر چوب اجتناب ناپذیر است. بدین طریق در ماده اولیه صرفه جویی شده، به سازه چوبی ظرافت و جذابیت خاصی خواهد داد.

اما باید متذکر شد که یک سازه ظریف و جذاب باید بتواند نیروهای احتمالی نظیر: نشستن فرد بر صندلی قرار دادن تلویزیون سنگین بر روی میز مخصوص آن و نگهداری ظروف سنگین در یک بوفه زیبا را تحمل کند؛ بر این اساس، با دانستن نیروهای اعمال شده در هر یک از موارد و ویژگی‌های مقاومتی چوب می‌توانیم به طراحی و ساخت یک سازه چوبی با دوام بپردازیم.

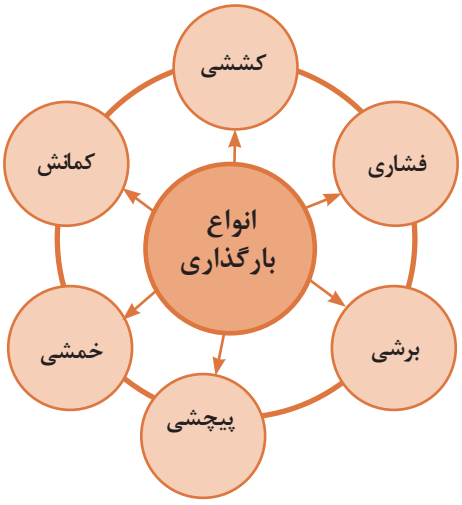
در شکل ۸ـ۵ یک بوفه زیبا و ظریف دیده می‌شود. این بوفه باید قادر به تحمل وزن خود و وزن وسایل داخل آن و روی آن باشد. یا در شکل ۸ـ۵ یک چهارپایه دیده می‌شود. آیا این چهارپایه قادر به تحمل وزن یک فرد است؟

شکل ۸ـ۵ـ یک نمونه کار چوبی که باید طبقات آن قادر به تحمل وزن وسایل داخل آن باشد.

شکل ۹ـ۵ـ یک چهارپایه متداول که مورد استفادهٔ روزمره است.

حتی در یک چهارپایه ارزان قیمت نیز باید به مقاومت چوب‌های مورد استفاده در آن دقت شود. از این نوع چهارپایه که در شکل ۹ـ۵ مشاهده می‌گردد اغلب در منازل برای تمیزکردن و برداشتن اشیا از قسمت‌های مرتفع و یا در مغازه‌ها استفاده می‌شود. اگر چهارپایه نتواند فردی که بر روی آن ایستاده است را تحمل کند، در نتیجه بر اثر شکستن چهارپایه فرد سقوط کرده، احتمال خسارت جانی بسیار است. شاید در این مورد چهارپایه ارزش زیادی نداشته باشد، ولی وارد شدن صدمه به افراد و زیان آن بسیار و جبران ناپذیر باشد. در این حالت نیز دانستن مقاومت‌های چوب برای طراحی و ساخت ضروری است.

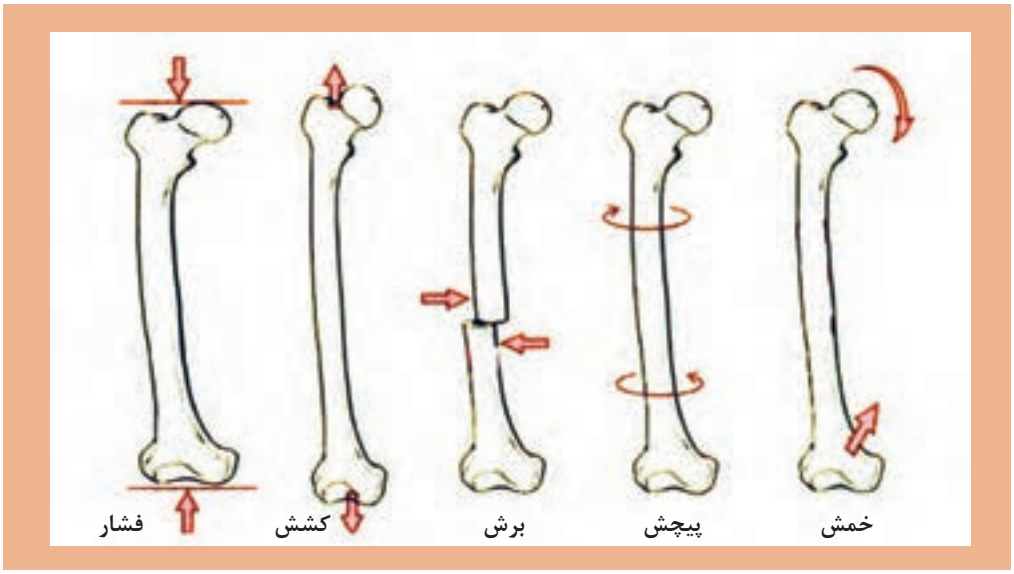
بارگذاری و نیروهای وارده بر روی قطعات چگونه است؟



شکل ۱۰ـ۵ـ انواع بارگذاری بر روی قطعات

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزارها، نیروها و گشتاورهای مختلفی بر روی قسمت‌های مختلف آنها وارد می‌شود. این بارگذاری‌ها به شکل‌های گوناگونی انجام می‌پذیرد (شکل ۱۰ـ۵). نیروها همچنین می‌توانند محوری یا عرضی بر قطعه در جهت‌های مختلف وارد شوند. قسمت‌های مختلف قطعه بایستی در مقابل این نیروها و بارگذاری‌ها هنگامی که به‌صورت آرام یا به‌صورت ضربه و یا صورت پی در پی اعمال می‌شود از خود مقاومت نشان دهند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان‌های مختلفی تشکیل شده است، که تحت بارگذاری‌های مختلفی قرار می‌گیرد.

برای نمونه استخوان پای انسان تحـت بارگـــذاری کششی، بارگذاری فشاری، برشی، پیچشی و خمشی قرار می‌گیرد (شکل ۱۱ـ۵).



شکل ۱۱ـ۵ـ انواع بارگذاری‌ها بر روی استخوان

جلوه‌های آفرینش

در بدن انسان اسکلت و استخوان‌هـا وظایف گونـاگونی دارند. حفاظت از اندام‌هایی مانند مغز، قلب، شش‌ها از مهم‌ترین آنها است. حرکت بدن انسان نیز بر پایه اسکلت و استخوان‌ها است. چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات قرار می‌گیرد. شکل دادن به بدن انسان نیز از دیگر وظایف استخوان‌ها است. استخوان‌های ما ۱۴ درصد از وزن کل بدنمان را تشکیل می‌دهند. بدن انسان در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده است. تعداد استخوان ها به مرور کم‌تر و در بزرگ‌سالی به ۲۰۶ عدد کاهش می‌یابد. یکی شدن چند استخوان با هم، علت کم شدن تعداد استخوان‌های بدن است. بیش‌ترین تعداد استخوان‌های بدن در دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی ۵۴ استخوان دارد. صورت ۱۴ و پا ۲۶ استخوان دارد. طولانی‌ترین استخوان بدن، استخوان ران پاست. این استخوان یک چهارم قد هر فرد را تشکیل می‌دهد. کوچک‌ترین استخوان بدن در گوش میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده می‌شود و کم‌تر از سه میلی‌متر است. تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی یافته و دیگر تغییر نمی‌کند، در گوش قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان‌های بدن سفت و محکم هستند اما ۷۵ درصد آنها را آب تشکیل می‌دهد. هر کدام از استخوان‌ها شکل خاصی دارند و بارگذاری و اعمال نیرو بر روی آنها متفاوت است. در هر نوع از بارگذاری بیش از حد بر روی استخوان شکل شکستن استخوان متفاوت است.

فعالیت

با استفاده از یک خط‌کش فلزی، انواع بارگذاری‌ها را بر روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه‌جایی خط‌کش در هر نوع بارگذاری توجه نمایید. بارگذاری می‌تواند با اعمال نیرو در راستای طول خط‌کش، عمود بر خط‌کش یا با ایجاد گشتاور انجام شود (شکل ۱۲ـ۵).

شکل ۱۲ـ۵ ـ انواع بارگذاری بر روی خط‌کش فلزی

پرسش

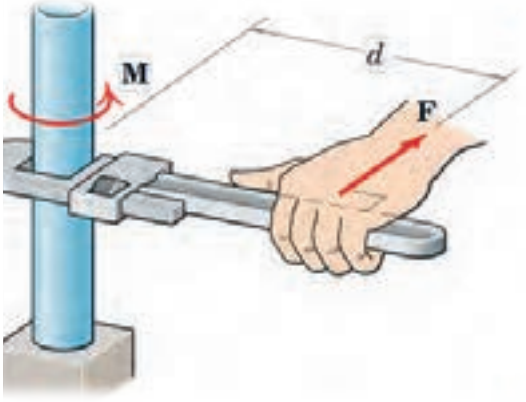
در کدام نوع از بارگذاری خط‌کش در مقابل جابه‌جایی مقاوم‌تر است؟ در گروه خود بحث کنید.

در فعالیت انجام شده بارگذاری اعمال شده از دو بخش تشکیل شده است:

۱ وارد نمودن نیرو

۲ وارد نمودن گشتاور

واحد نیرو نیوتن (N) و واحد گشتاور نیوتن ـ متر (N.m) است. به‌صورت شماتیک نیرو و گشتاور را به‌صورت زیر نشان می‌دهند. به d بازوی گشتاور می‌گویند.



شکل ۱۳ـ۵ ـ علائم گشتاور و نیرو

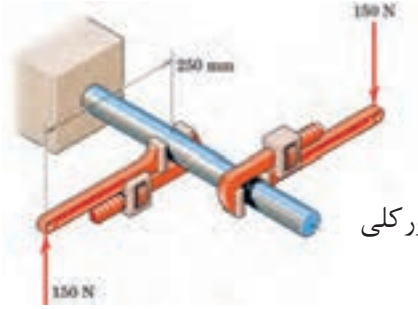
فعالیت

حداکثر گشتاوری که شما می‌توانید با کمک یک دست بدون وسایل کمکی بر روی یک میله وارد کنید حدود چند نیوتن متر است؟ حداکثر نیرویی که می‌توانید یک طناب را بکشید چند نیوتن است (هر یک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است)؟

تحقیق کنید

همانطور که دیدید بدن انسان در اعمال نیرو و گشتاور به قطعات محدودیت‌های دارد. تحقیق کنید با استفاده چه ابزارها و وسایلی که خود نیازمند تأمین انرژی نیستند می‌توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر نمود؟

مثال: در شکل ۱۴ـ۵ دو آچار شلاقی یکسان بر روی میله گشتاور وارد می‌کنند. بازوی هر آچار ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. گشتاور کلی وارده به میله را برحسب نیوتن ـ متر به‌دست آورید.



شکل ۱۴ـ۵

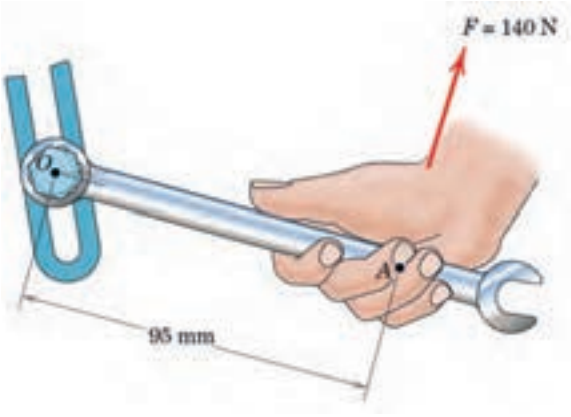
گشتاور کلی = گشتاور هر آچار × ۲ = ۲×۱۵۰ (N) ×۰,۲۵ (m) = ۷۵(N.m)

جهت گشتاور کلی در جهت عقربه‌های ساعت است.

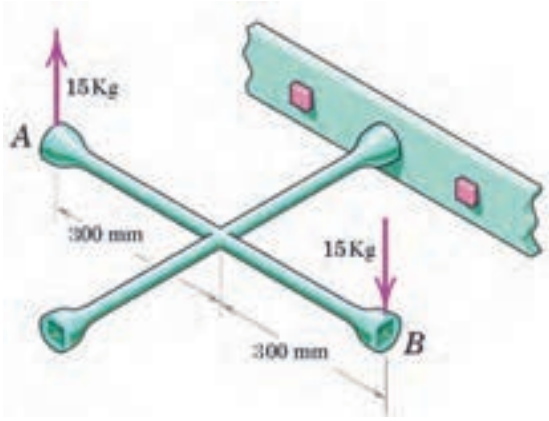
فعالیت

گشتاور وارده به پیچ در نقطه O را در شکل ۱۵ـ۵ برحسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

گشتاور وارده به پیچ را در شکل ۱۶ـ۵ برحسب نیوتن متر محاسبه کرده و آن را نیز مشخص کنید.



شکل ۱۵ـ۵ـ وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق آچار



شکل ۱۶ـ۵ـ وارد نمودن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ

تحقیق کنید

در شکل ۱۷ـ۵ گشتاور وارد به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. همچنین همانگونه که مشاهده می‌کنید در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هر چه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات بیشتر خواهد بود و در نتیجه امکان آسیب رسانی به ستون فقرات بیشتر خواهد شد. تحقیق کنید روش صحیح بلند کردن بار توسط بدن و دست‌ها چگونه است و چرا باید به آن شیوه، بار را بلند کرد؟

شکل ۱۷ـ۵ـ گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلندکردن بار توسط دست‌ها

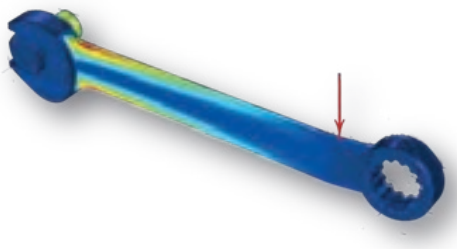
فعالیت

برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودرو نشان داده شده در شکل (۱۸ـ۵) ۱۰ کیلوگرم ـ متر گشتاور لازم است. محاسبه کنید مقدار حداکثر نیرویی وارده برحسب نیوتن توسط دست بر روی آچار چرخ تا پیچ باز شود.

شکل ۱۸ـ ۵ـ باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

همانطور که تجربه کردید بر روی قطعات انواع بارگذاری وارد می‌شود. در یک قطعه ممکن است یک قسمت از آن بحرانی و حساس باشد و نیرو و گشتاور در آن بیشتر از نقاط یا قسمت‌های دیگر باشد. احتمال خرابی و شکست در این نقطه از همه نقاط در قطعه بیشتر است. در شکل ۱۹ـ۵ قسمت‌های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش‌ها را در ذهن خود مرور کنید.



شکل۱۹ـ۵ـ قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری

۱ اگر نیرو و گشتاور وارده به یک قطعه کم باشد آیا قطعه پس از تغییر شکل (ممکن است شما مشاهده نکنید) به شکل اول خود باز می‌گردد؟

۲ اگر نیرو بیش از حد مجاز به قطعه وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟

۳ اگر نیرو خیلی زیاد باشد، یا به دفعات زیاد و به‌صورت نوسانی وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟

اگر نیرویی، حتی خیلی کم بر یک قطعه چوب وارد گردد تغییر شکل فوری در آن به‌وجود می‌آید. با زیاد شدن مقدار نیروی وارد شده بر چوب میزان تغییر شکل نیز زیادتر می‌شود. به طور کلی در تغییر شکل مواد ـ که چوب نیز جزء آنها می‌باشد ـ دو حالت کلی را می‌توان مشاهده کرد.

تعاریف

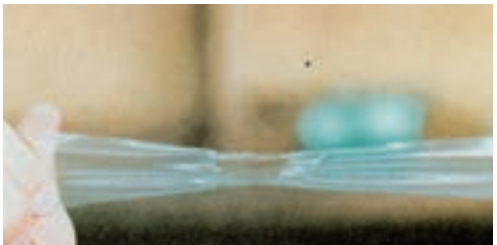
حالت الاستیکی (الاستیسیته):

اگر بر یک قطعه چوب نیروی معینی وارد شود و در اثر آن نیرو تغییر شکل به‌وجود آید، اما پس از برداشتن نیرو تغییر شکل از بین رفته و چوب به حالت اول برگردد این تغییر شکل را «تغییر شکل الاستیک» یا «لاستیکی» نامند. این نوع تغییر شکل مشابه کشیده شدن یک قطعه کش نواری یا یک نوار لاستیکی است. به شکل ۲۰ـ۵ دقت کنید. اگر نوار لاستیکی را از حالت کشیده آزاد کنیم به حالت اول برمی‌گردد.

شکل ۲۰ـ۵ـ یک نوار لاستیکی کشیده شده که نشان دهنده حالت لاستیکی است.

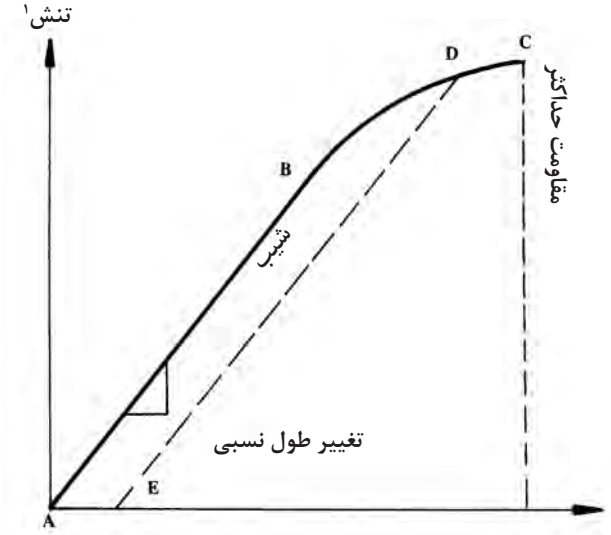
حالت پلاستیکی (پلاستیسیته):

ولی اگر مقدار نیروی وارد شده بر یک قطعه چوب به مقداری باشد که تغییر شکل به وجود آمده دائمی‌باشد و پس از برداشتن نیرو جسم به حالت اول خود بازنگردد آن را «تغییر شکل پلاستیکی» گویند. این نوع تغییرشکل مشابه کشیدن یک نوار پلاستیکی است (برای این آزمایش می‌توانید از یک کیسه پلاستیکی معمولی استفاده کنید) که پس از کشیده شدن به همان حالت تغییر شکل یافته باقی خواهد ماند. این حالت در شکل ۲۱ـ۵ نشان داده شده است.



شکل ۲۱ـ۵ـ یک نوار پلاستیکی که پس از کشیده شدن در حالت اول برگشت نداشته است.

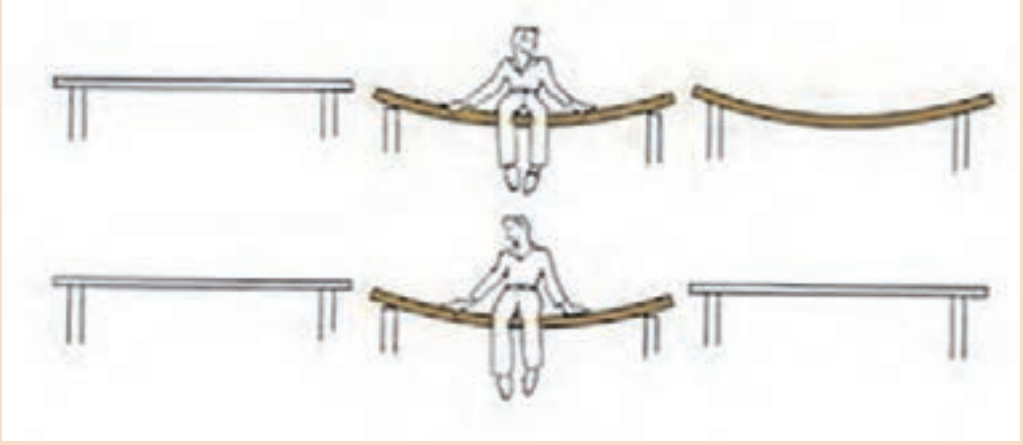
برای نشان دادن دو حالت فوق در یک قطعه چوب از منحنی تنش ـ تغییر طول نسبی استفاده می‌شود که منحنی آن که در اثربارگذاری بر یک قطعه چوب تا نقطه شکستن آن ترسیم شده است در شکل ۲۲ـ۵ نشان داده شده است.



شکل ۲۲ـ۵ـ منحنی تنش ـ تغییر طول نسبی در آزمایش چوب

فعالیت

شکل ۲۳ـ۵ موقعیت الاستیکی و پلاستیکی تخته چوبی را نشان می‌دهد.
در محیط کارگاه بر روی صفحات فشرده چوبی مطابق شکل نشسته و مقدار خمش را به نسبت وزن خود مقایسه کنید.



شکل ۲۳ـ۵

پس از انجام آزمایش، پرسش‌های زیر را پاسخ دهید:

۱ اگر نیرو وارد شده به تخته کم باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مقدار خمیدگی به جای خود بر می‌گردد؟

.....

۲ اگر نیرو وارد شده به تخته زیاد باشد پس از برداشتن نیرو، آیا انحنای ایجاد شده به جای خود بر می‌گردد؟

.....

۳ اگر نیرو وارد شده به تخته ابتدا کم بوده و به مرور بیشتر شود و این کار را برای چندین بار تکرار کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

.....

قطعه اگر پس از بارگذاری به حالت اول خود برگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه الاستیک (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است و در زمانی که قطعه به حالت خود برنگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه پلاستیک (مومسان همانند موم و پلاستیک) است و وقتی قطعه از یک نقطه جدا شود می‌گویند شکست اتفاق افتاده است.

جلوه آفرینش

دانشمندان دریافتند حشره آسیابک (dragonfly) با طول حداکثر ۸/۳ سانتی‌متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را برفراز اقیانوس‌ها به‌طور پیوسته پرواز می‌کند. آنها معتقدند که بدن این حشرات برای سفرهای طولانی مدت تکامل یافته است. چرا که سطح بال‌های این حشرات در مقایسه با هم‌نوعان خود بسیار بیشتر بوده و امکان پرواز گلاید یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما در طول زندگی این حشره بال‌های آن چند بار بالا و پایین می‌رود؟

شکل ۲۴ـ۵ـ حشره آسیابک

مقاومت دربرابر ضربه چوب(چقرمگی)

وقتی چوب درساخت قطعات هواپیما، کشتی، واگن، مخصوصاً وسایل ورزشی و دسته ابزار نظیر چکش و یا پله‌های ساختمان به کار برده شود، دراین حالت، چوب در معرض ضربه یا به عبارت دیگر، خمش ناگهانی قراردارد. دراین حالت تأثیر نیروهایی نظیر ضربه شدیدتر از خمش استاتیک است؛ بنابراین، لازم است مقاومت در برابر ضربه چوب را بدانیم.

ضربه برای مدت خیلی کوتاه (مثلاً چند هزارم ثانیه) نیرویی برچوب اعمال می‌کند که این نیرو سعی درشکستن چوب دارد.

هنگامی‌که به وسیله چکش بر یک قطعه چوب ضربه‌ای وارد می‌گردد و یا یک شیء سنگینی بر روی چوب می‌افتد بر چوب برای مدت خیلی کوتاه نیرویی اعمال می‌گردد. در چنین حالتی قدرت تحمل نیروی چوب تا نقطه شکست بیش از تحمل چوب در برابر نیروهای خمشی استاتیک است و به دو برابر آن می‌رسد، یعنی برای شکستن چوب دراثر ضربه به نیروی بیشتری نیاز است.

تغییر درمقاومت چوب دربرابر ضربه نشان دهنده شکنندگی یا تُردی (ضربه‌پذیری) چوب است. به عبارت دیگر، مقاومت دربرابر ضربه وابستگی مستقیم به توانایی چوب به جذب انرژی و دفع آن از طریق خمیده شدن دارد.

نوع شکست درآزمون استاتیک، ما را قادر به نتیجه‌گیری در کیفیت چوب نخواهد کرد، ولی از طریق روش‌های آزمون مقاومت به ضربه و نوع شکستگی به وجود آمده در اثر ضربه می‌توان به‌آسانی کیفیت چوب را مشخص کرد:

ـ اگر مقاومت دربرابر ضربه چوب خیلی زیاد باشد، این چوب دراثر ضربه به‌صورت شکل ۲۵ـ۵ الف شکسته شده و اغلب در طرف فشاری نمونه چند لایه الیاف بدون شکست باقی‌می‌ماند.
ـ چوب با مقاومت متوسط در برابر ضربه، به‌صورت شکل ۲۵ـ۵ ب، شکسته می‌شود که بریدگی درآن صاف‌تر است.
ـ شکست در چوب‌های تُرد و پوسیده به‌صورت شکل ۲۵ـ۵ ج است.

الف) ب) ج)

شکل ۲۵ـ۵ـ نوع شکست چوب زبان گنجشک دراثر ضربه

مقاومت چوب در برابر ضربه در چه مصارفی دیده می‌شود؟

فعالیت

شکل ۲۶ـ۵ نشان دهنده اثر تخریبی کدام نیرو در چوب است؟

شکل ۲۶ـ۵ـ نمونه چوب پس از شکست برشی

نیروی برشی در کدام اجزای ساختمان چوبی احتمال دارد اتفاق بیفتد؟

فعالیت

با توجه به شکل ۲۷ـ۵ در مورد علت خرابی لبه‌های برنده ناخن‌گیر و دم باریک بحث و گفت‌وگو کنید.
به نظر شما لبه‌های برنده استحکام لازم را نداشته است یا اینکه به درستی از آنها استفاده نشده است؟

شکل ۲۷ـ۵ـ لبه‌های برنده خراب شده در ناخن‌گیر و دم باریک

انواع مقاومت در مقابل تغییر شکل

سفتی: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه برای جابه‌جایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز باشد، آن قطعه سفت‌تر است.

استحکام: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی‌بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه نیروی بیشتری تحمل کند قبل از این که تغییر شکل دائمی‌بدهد یا دچار تسلیم و شکست شود آن قطعه مستحکم‌تر است.

چقرمگی: مقاومت در برابر شکست بر اثر مصرف انرژی را گویند. هرچه برای شکستن قطعه انرژی بیشتری صرف شود، آن قطعه چقرمه‌تر است.

فعالیت

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی انجام دهید؟ به نظر شما کدام سفت‌تر، مستحکم‌تر و چقرمه‌تر است؟

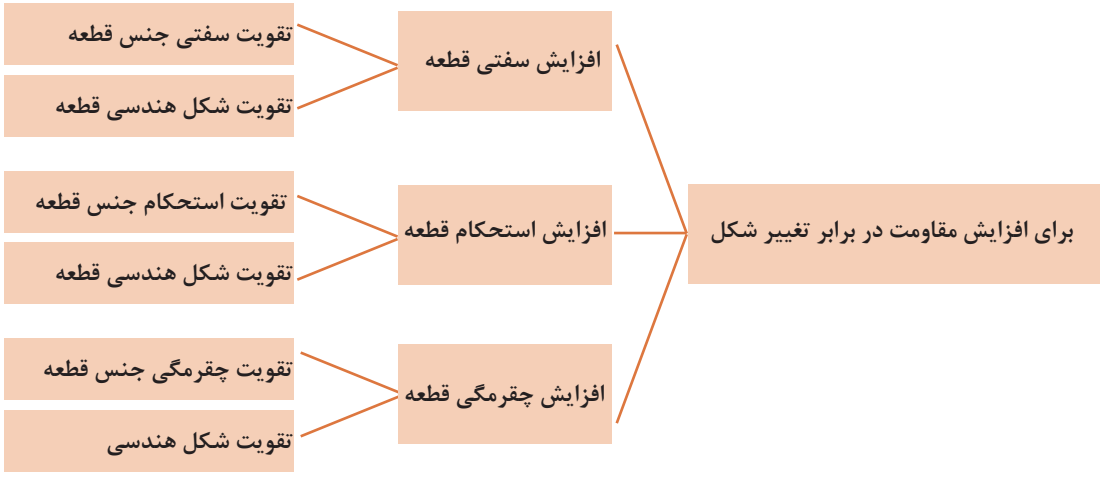
برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:

۱ـ استفاده از جنس مناسب: انتخاب جنس مناسب برای هدف مورد نظر تأثیر زیادی بر استحکام قطعه خواهد داشت.

۲ـ شکل هندسی مناسب: با استفاده از شکل‌های هوشمندانه می‌توان قطعات و سازه‌ها را به‌گونه‌ای ساخت که بار و نیروی بیش‌تری تحمل نمایند.

۳ـ استفاده از تکیه‌گاه و ایجاد شرایط مناسب: وجود تکیه گاه‌های خوب سبب می‌شود که قطعات نیروی بیشتر تحمل کنند.

در نمودار ۱ـ۵ـ روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:



نمودار ۱ـ۵ـ روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

۱ـ مقاومت چوب در برابر بارگذاری کششی

اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری خواهد بود، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود بازمی‌گردند.

مقاومت کششی یا مقاومت چوب در برابر نیروهایی که سعی در کشیده کردن چوب دارند را می‌توان در دو حالت ذیل، مطرح و اندازه‌گیری کرد:

ـ مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف یا مقاومت به کشش جهت الیاف؛

ـ مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف.

الف) مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف

مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب فوق‌العاده زیاد بوده و در عمل همواره از مقدار مورد نیاز در طراحی زیادتر است. مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب قابل مقایسه با سایر مواد ساختمانی می‌باشد.

در جدول ۱ـ۵ مقاومت در برابرکشش موازی با الیاف تعدادی از چوب‌های پهن‌برگ خلاصه شده است.*

جدول ۱ـ۵

نوع چوب	مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف (نیوتن بر متر مربع)
افرا	۱۰۰×۱۰^۶
بید	۶۴×۱۰^۶
تبریزی	۷۷×۱۰^۶
راش (اروپا)	۱۳۵×۱۰^۶
زبان گنجشک	۱۶۵×۱۰^۶
گردوی ایرانی	۱۰۰×۱۰^۶
ملچ (ملچ)	۸۰×۱۰^۶
ممرز	۱۳۵×۱۰^۶
نمدار	۸۵×۱۰^۶

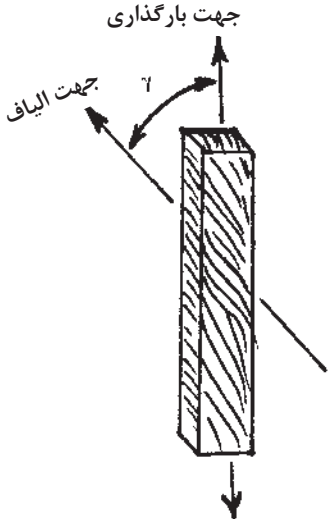
* مأخذ: پارسا پژوه ــ تکنولوژی چوب

شکل ۲۹ـ۵ـ طرز قرار گرفتن نمونه آزمایش کشش چوب در گیره

شکل ۳۰ـ۵ـ یک نمونه استاندارد برای تعیین مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب

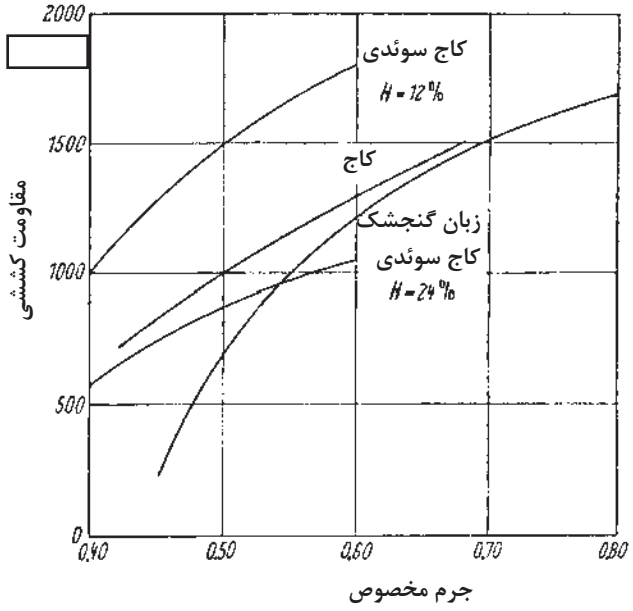
عوامل مؤثر بر مقاومت دربرابر کشش موازی با الیاف

الف) زاویه الیاف: همان گونه که گفته شد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب خیلی زیاد بوده بر عکس، مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب فوق‌العاده کم است. اگر زاویه جهت بارگذاری با جهت الیاف را γ فرض کنیم رابطه زیر بین زاویه γ و مقاومت در برابر کشش وجود دارد (شکل ۳۱ـ۵):



شکل ۳۱ـ۵ـ زاویه γ در یک قطعه چوب

ب) جرم مخصوص: رابطه خطی بین جرم مخصوص و مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب سوزنی‌برگان وجود دارد، اما در مورد چوب پهن‌برگان این رابطه به‌صورت خط مستقیم نبوده، و تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف به‌صورت منحنی است (شکل ۳۲ـ۵).



شکل ۳۲ـ۵ـ منحنی تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب

ج) رطوبت چوب: در اثر زیاد شدن رطوبت مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب کم می‌شود؛ یعنی اگر چوب از حالت کاملاً خشک، رطوبت را جذب کند تا مقدار رطوبت حدود ۳۰ درصد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف آن کم می‌شود و بعد از این مقدار رطوبت، مقاومت تقریباً ثابت می‌ماند. حداکثر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف در ۸ تا ۱۰ درصد رطوبت به‌دست می‌آید.

د) دمای محیط: تأثیر دما بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب، به شدت دیگر مقاومت‌های چوب نیست.

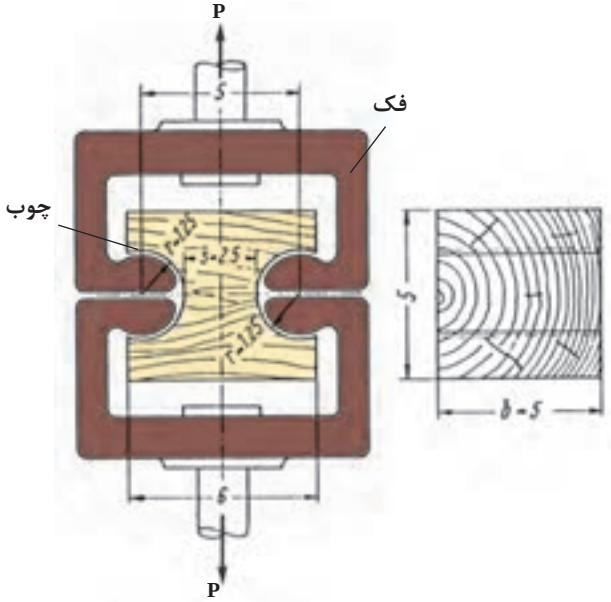
هـ) گره: وجود گره به کم شدن مقاومت‌های چوب می‌انجامد. این تأثیر در مورد مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف خیلی شدیدتر از دیگر مقاومت‌های چوب است.

ب) مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف

مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف نشان‌دهنده میزان چسبندگی عرضی بین الیاف یا به عبارت دیگر، چسبندگی جانبی الیاف در چوب است.

در طراحی محصولات چوبی مخصوصاً در سازه‌های چوبی ساختمانی سعی می‌گردد چوب در معرض نیروی کشش عمود بر الیاف واقع نگردد، زیرا مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب خیلی کم است؛ همچنین در اثر ترک‌هایی که در چوب وجود دارد (در طی خشک کردن چوب در اثر پدیده همکشیدگی ترک‌های سطحی و داخلی در چوب به وجود می‌آیند.) مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف کم می‌شود.

در عمل به علت کم بودن مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب دقت‌نداشتن اعداد اندازه‌گیری‌شده ضرورتی به اندازه‌گیری این ویژگی نیست، اما برای تکمیل اطلاعات و نیاز احتمالی جهت اندازه‌گیری این ویژگی نمونه‌های مختلفی طراحی شده‌اند که یک نمونه آن در شکل ۳۳ـ۵ آورده شده است.



شکل ۳۳ـ۵ـ نمونه آزمایش مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب

۲ـ مقاومت چوب در برابر بارگذاری فشاری

الف) مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب

حداکثر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نقش مهمی‌در استفاده از چوب به‌صورت ستون در احداث ساختمان ایفا می‌کند. در سازه‌های چوبی معمولی نظیر میز و صندلی پایه‌ها تحت تأثیر نیروی فشاری موازی با الیاف قرار دارند.

مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب، به مراتب کمتر از مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف است و در مورد چوب با رطوبت ۱۲ درصد این نسبت به حدود ۵۰ درصد می‌رسد. البته این نسبت متغیر است و به رطوبت چوب بستگی دارد.

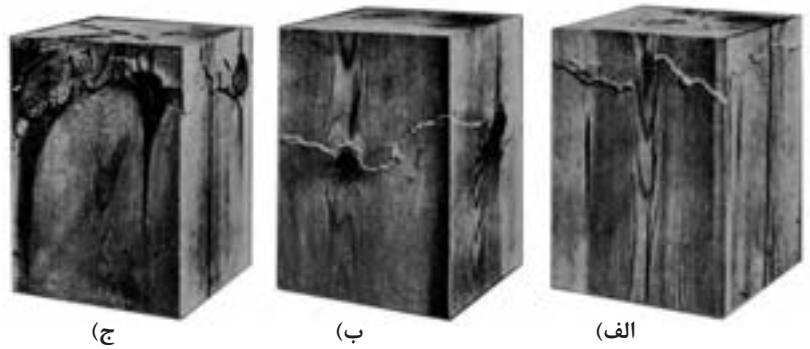
تغییرات در رفتار چوب در برابر نیروهای کششی و فشاری به ساختمان الیاف چوبی مربوط می‌شود. به طوری که مکانیسم شکست در حالت تحت فشار کاملاً با حالت تحت کشش متفاوت است. در کار ابتدا خمیدگی در اثر ناپایداری در ساختمان تک تک الیاف اتفاق می‌افتد. در اثر فشار خمیدگی به شکل S در الیاف و سلول‌های چوب به وجود می‌آید که این خمیدگی و چروکیدگی به‌سهولت قابل رؤیت است، در شکل ۳۴ـ۵ طرز شکست چوب در اثر نیروی فشاری مشاهده می‌گردد.

شکل ۳۴ـ۵ـ شکست چوب در اثر نیروهای فشاری

ب) مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب: مقاومت چوب در برابر نیروهای فشاری عمود بر جهت الیاف از اهمیت زیادی در ساختمان‌سازی و تراورس راه‌آهن برخوردار است.
شکست چوب در برابر نیروهای فشار عمود بر الیاف معمولاً به‌صورت لهیدگی سلول‌های چوب به وجود می‌آید که این پدیده به طور تدریجی و بدون مشخص شدن نیروی حداکثر تا تغییر شکل خیلی زیاد ادامه خواهد یافت. اگر قطعه چوب تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف از بلندی نسبی برخوردار باشد پدیده لهیدگی تا نقطه له شدن تمام سلول‌ها ادامه می‌یابد که در این نقطه، زیاد شدن نیرو را مشاهده می‌کنیم.

عوامل مؤثر بر مقاومت در برابر فشار موازی الیاف

الف) جهت الیاف: در طراحی سازه‌های چوبی مخصوصاً ساختمان‌های چوبی اطلاع از وابستگی مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف با جهت الیاف، بسیار با اهمیت است. میزان اختلاف بین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف و عمود بر الیاف چوب بستگی به جرم مخصوص و همگنی چوب دارد. هرچه چوب فشرده‌تر و همگن‌تر باشد (اختلاف در مقدار چوب بهاره و تابستانه کمتر باشد.) میزان اختلاف مقاومت در جهت موازی و عمود بر الیاف کمتر است.
ب) دانسیته (جرم مخصوص): مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب در اثر زیاد شدن جرم مخصوص زیاد می‌شود. این افزایش به یک گونه چوبی محدود نیست، بلکه در مورد تمام گونه‌های چوبی با دانسیته‌های متفاوت صادق است.
ج) رطوبت: در رطوبت کمتر از نقطه اشباع الیاف، در اثر خشک شدن چوب، مقاومت‌های آن زیاد می‌شود.
د) گره و ترک: تأثیر گره در مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب، شدید نیست، اما نمی‌توان آن را نادیده گرفت. در شکل ۳۵ـ۵ تأثیر گره بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نشان داده شده است.
ـ در شکل۳۵ـ۵ (الف): که چوب بدون گره است مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر ۴۰۳۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب ۰/۵۱است.
ـ در شکل ۳۵ـ۵ (ب): که چوب دارای گره‌های کوچک است، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر ۳۶۱۰ نیوتن برسانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب ۰/۵۳ است.
ـ در شکل ۳۵ـ۵ (ج): که چوب دارای گره‌های بزرگتر است، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف برابر ۳۱۴۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع و جرم مخصوص چوب ۰/۵۷ است.



شکل ۳۵ـ۵ـ تأثیر گره بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف

فعالیت

فکر کنید

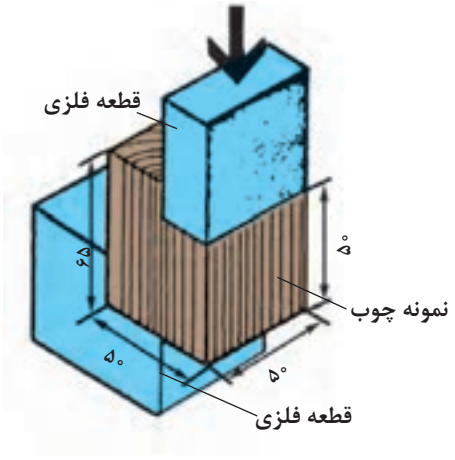
ستون خانه‌های چوبی تحت چه نیرویی قرار می‌گیرد؟
نیروی فشاری در یک صندلی چوبی به کدام قسمت‌های صندلی وارد می‌شود؟
وجود گره در قید صندلی چه تاثیری در مقاومت آن دارد؟

۳ـ مقاومت برشی

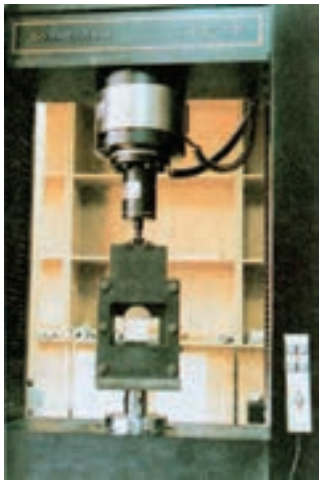
مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

مقاومت برشی چوب، با مقاومت دربرابر کشش ومقاومت دربرابر فشار متفاوت است، زیرا فشار برشی بخشی از چوب را درمقابل چوب مجاور می‌لغزاند.

در شکل ۳۶ـ۵ روش تعیین مقاومت برشی موازی با الیاف چوب نشان داده شده است و در همین شکل ۳۷ـ۵ طرز قرار گرفتن نمونه آزمایشی دردستگاه آزمایش نشان داده شده است.

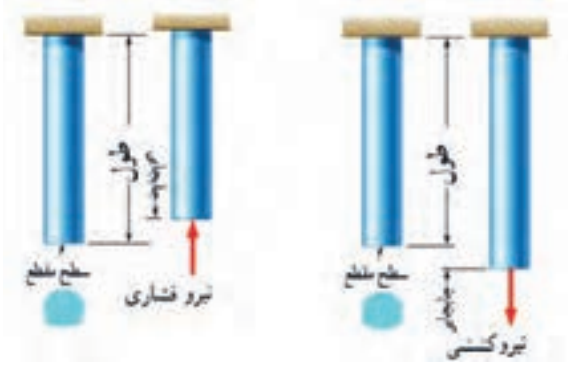


شکل ۳۶ـ۵ـ روش تعیین مقاومت برشی چوب



شکل ۳۷ـ۵ـ طرز قرار گرفتن نمونه چوب در دستگاه آزمایش

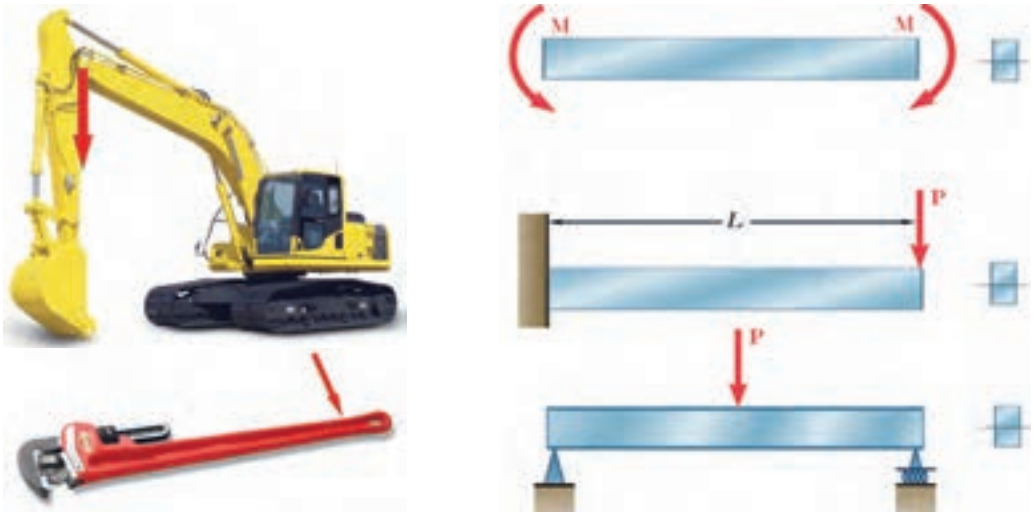
اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری خواهد بود (شکل ۳۸ـ۵). همانطور که قبلا آموخته اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود بازمی‌گردند.



شکل ۳۸ـ۵ـ بارگذاری کششی و فشاری

۴ـ مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط‌کش فلزی تجربه کردید بارگذاری خمشی بود. خط‌کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری خم می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای خم کردن خط‌کش نشان داده شده است. یکی با اعمال نیروی عرضی در یک نقطه از خط‌کش مانند انتهای آن، و دیگری با اعمال گشتاور در هر نقطه از آن خم می‌شود. سطح مقطع تیر و محور خمش نیز در شکل ۳۹ـ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳۹ـ۵ـ انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

فعالیت

دو کاغذ A۴ را نصف کنید و با استفاده از آنها آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

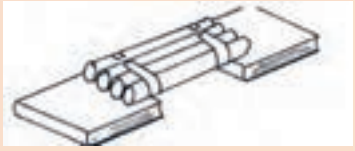
۱ـ کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها روی دو تکیه گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.

(الف)

۲ـ کاغذها را روی هم قرار دهید، سپس آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذ ها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش را حس نمایید.

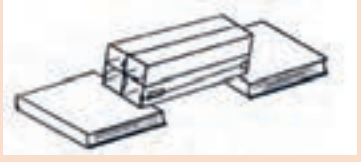
(ب)

۳ـ کاغذها را تک تک لوله کرده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس نمایید.



(ج)

۴ـ کاغذها را تک تک به شکل قوطی در آورده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش را حس نمایید.



(د)

شکل ۴۰ـ۵

پس از انجام آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ وزن کاغذها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

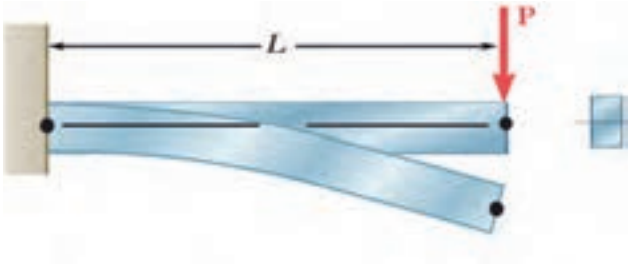
.....

۲ استحکام کدام قطعه و سازه کاغذی که شما آزمایش کردید در مقابل نیروی خمشی بالاتر است؟

.....

۳ اگر شما قرار بود یک پل طراحی می‌کردید، کدام یک از سازه‌ها را پیشنهاد می‌کردید؟

.....



شکل ۴۱ـ۵ـ خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

سفتی قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش یک قطعه یا یک تیر بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می‌شود و بیشترین جابه‌جایی قطعه در انتهای آن خواهد بود.

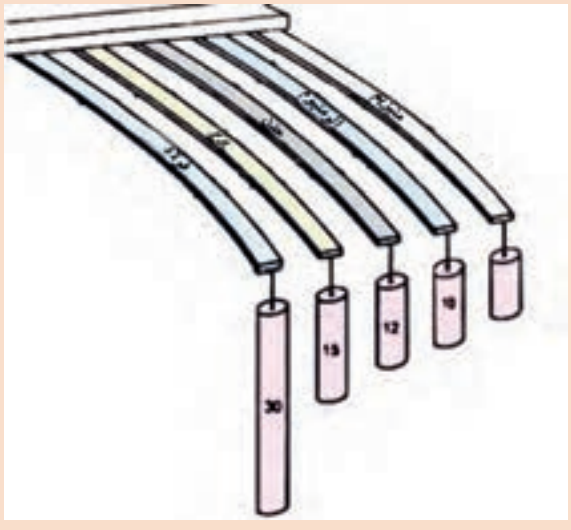
فعالیت

توسط یک تکه ابر بارگذاری خمشی را آزمایش کنید و کشیدگی و فشردگی ذرات را ترسیم نمائید.

تمام نقاط انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با سفتی جنس قطعه رابطه عکس دارد. یعنی هر چه سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود و قطعه در مقابل خمش سفت‌تر است.
هر چه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها در مقابل خمش کمتر و سفتی قطعه بیشتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

فعالیت

در گروه در مورد ۱ـ نیرو و گشتاور، ۲ـ سفتی جنس، ۳ـ جابه‌جایی و ۴ـ طول قطعات در شکل روبه‌رو، بحث و گفت‌وگو نمایید و دلیل جابه‌جایی ثابت آنها را توضیح دهید.



شکل ۴۲ـ۵ـ جابه‌جایی قطعات در بارگذاری خمشی

۶ــ سختی چوب

«سختی چوب» به‌صورت مقاومت آن در برابر نفوذ یک جسم جامد تعریف می‌گردد. جسم جامد باید به وسیله نیرویی سعی در نفوذ داشته باشد. سنجش سختی فلزات از طریق اثر یک ساچمه فولادی برسطح صاف، تقریباً در وسط جسم، تعیین می‌گردد. این روش موسوم به روش «برینل» است، اما برای چوب که یک ماده «ناهمگن» و آب‌دوست است تعیین مقدار سختی تا حدی مشکل است.

در حقیقت، سختی یک ویژگی بنیادی است که به نوع ابزار کار مورد استفاده بستگی دارد؛ بنابراین، پیشنهاد شده است ارقام واقعی مورد نظر قرار نگرفته، بلکه مقدار سختی نسبی معقول‌تر است.

فعالیت

تعدادی قطعه چوب تهیه نموده و با میخ چگونگی سختی آنها را مشخص کنید.

۷ــ مقاومت در برابر ساییده شدن چوب

مقاومت در برابر ساییده شدن یکی از خواص مکانیکی خیلی مهم برای کاربردهای متفاوتی نظیر استفاده از چوب در کف‌پوش، قطعات چوبی ماشین‌ها و غیره است. ساییده شدن به وسیله عوامل مختلفی نظیر راه رفتن، حمل کردن، اصطکاک، اثر شن و ماسه، مواد شیمیایی، رطوبت و تغییر درجه حرارت به‌وجود می‌آید. مواد حفاظتی، شامل: روغن‌ها، لاک‌ها، و سیلرها می‌توانند موجب کاهش ساییدگی شوند. پدیده ساییده شدن خیلی پیچیده بوده، اندازه‌گیری آن آسان نیست؛ بنابراین، فقط می‌توان نیروهایی که درحین مصرف برچوب وارد می‌شود را شبیه‌سازی کرد. پس نتیجه آزمایش مقاومت در برابر ساییده شدن مقایسه‌ای است. در این آزمایش می‌توان میزان کم‌شدن وزن یا ضخامت را اندازه‌گیری کرد. در این آزمایش از وسیله ساینده نظیر کاغذ سنباده و غیره استفاده می‌شود.

جرم مخصوص بر میزان ساییده شدن تأثیر دارد و هرچه جرم مخصوص بیشتر باشد میزان کاهش ضخامت چوب در آزمایش سائیدگی کمتر است.

فعالیت

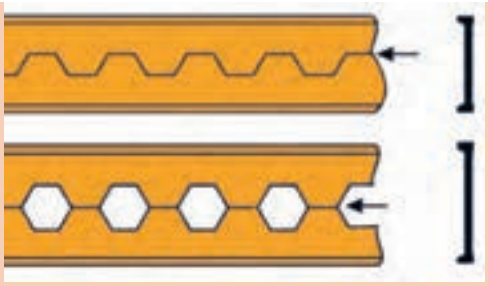
در مکان‌هایی که از کف پوش استفاده شده است. دقت کنید اثر رفت و آمد بر سطوح چوب چگونه بوده است؟

فعالیت

۱ اگر وزن و نیروی وارده به دو کفش نشان داده شده در شکل زیر یکسان باشد تنش فشاری بر روی پاشنه کدام کفش بیشتر است، احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر می‌باشد؟

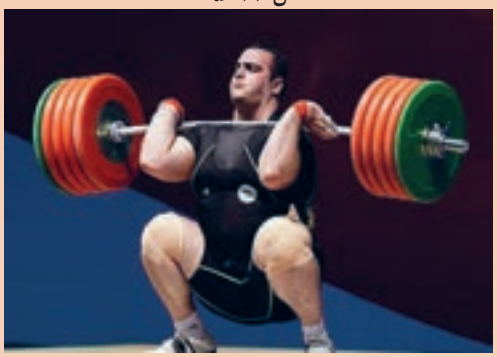
شکل ۴۳ــ۵

۲ از روش‌های تولید تیرهای آهنی برش و جوشکاری تیر آهن به شکل لانه زنبوری است. چرا این نوع از تیر آهن‌ها در مقابل خمش استحکام بیشتری دارند؟ (شکل ۴۴ـ۵)



شکل ۴۴ـ۵

۳ در وزنه‌برداری گشتاور زیادی به میله وزنه‌برداری وارد می‌شود که آن را خم می‌کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه حلی پیشنهاد می‌نمایید؟ (شکل ۴۵ـ۵)



شکل ۴۵ـ۵

تحقیق کنید

۱ـ همانطور که می‌دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل فیوزها نقش حفاظتی از دیگر قطعات برقی را بر عهده دارند. یعنی اینکه اگر برق بخواهد به قطعه‌ای صدمه وارد کنند، فیوز از این کار محافظت می‌کند و خود را قربانی می‌کند. به همین صورت در وسایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی سبب می‌شود تا نیرو و گشتاور بیش از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشود و آنها دچار خرابی و شکست نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین‌های برشی از این جمله هستند. شما همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می‌کنند تا به آنها صدمه نزند تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه‌ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.

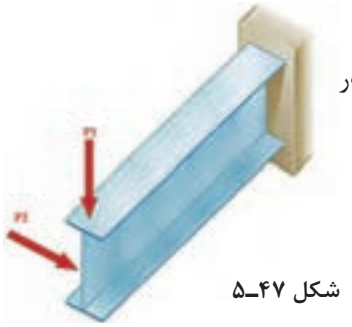
۲ـ همانطور که دیدید استخوان‌های بدن انسان شکل ۴۶ـ۵ هر کدام برای هدفی که دارند دارای شکل متفاوتی هستند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از استخوان ران پا می‌باشد که انواع مختلف بار (در برابر فشار) به آن وارد می‌شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به‌صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیست؟ فکر می‌کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره تو خالی می‌باشد انتخاب کرده است؟ به‌صورت گروهی تحقیق کنید.

آیا به عظمت پروردگار دانا و حکیم پی بردید؟

شکل ۴۶ـ۵

تمرین

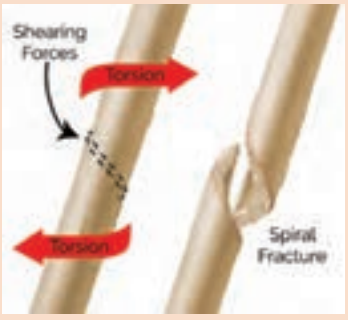
در شکل ۵ـ۴۷ اگر نیروی P_1 و P_2 با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید.



شکل ۵ـ۴۷

تحقیق کنید

مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش‌پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می‌شکنند، شکل شکستن هر یک از مواد را هنگام پیچش تحقیق کنید.



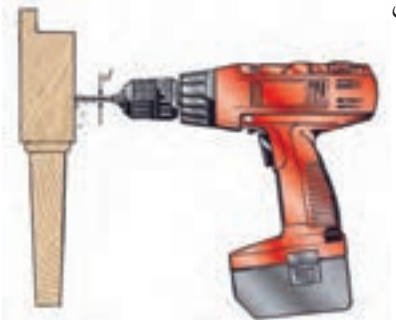
شکل ۵ـ۴۸

شکل ۵ـ۴۹

بررسی کنید

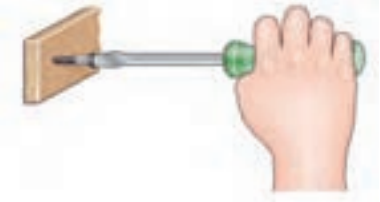
یکی از موارد رایج در هنگام کار شکست مته هنگام سوراخ کاری است. دلایل شکست مته هنگام کار را بررسی نمایید.

شکل ۵ـ۵۰



شکل ۵ـ۵۱

هنگام پیچ کردن قطعات چوبی برای استحکام بالا بایستی چه مواردی را در نظر گرفت؟



شکل ۵ـ۵۲

شکل ۵ـ۵۳

تحقیق کنید

کمانش چیست و برای استحکام قطعه در کمانش بایستی چه کاری انجام داد؟
تصاویر مربوطه را رسم نمایید.

ارزشیابی پایانی پودمان ۵

۱ به نظر شما ابعاد مقطع پایه یک صندلی بر اساس کدام یک از موارد زیر تعیین می‌گردد؟ در این مورد تحقیق نموده و به‌صورت گزارش به هنرآموز خود تحویل دهید.
الف) زیبایی و مقاومت ب) قیمت مواد اولیه ج) مقدار نیروی وارده د) همه موارد

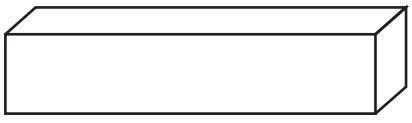
شکل ۵۴ ـ ۵

۲ انحنای ایجاد شده در طبقه کتابخانه چه نوع تغییر شکلی می باشد؟
توضیح دهید که آیا با برداشتن کتاب‌ها طبقه خمیده شده به‌طور کامل به شکل اولیه بر می‌گردد؟

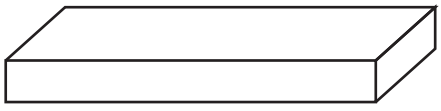
۳ به نظر شما تبدیل تغییر شکل الاستیک در اثر گذشت زمان به تغییر شکل پلاستیک به چه معناست؟ در کلاس با دوستان خود بحث نموده و نتیجه را با مثال عملی به هنرآموز خود اعلام کنید.

۴ با آزمایش مقدار خمشی MDF با تخته خرده چوب را در طول و ضخامت مساوی بررسی و نتیجه را به هنرآموز خود تحویل دهید.

۵ در مونتاژ یونیت کابینت زیر سینک آشپزخانه تیغه یا قید افقی نگهدارنده دو بدنه که سینک روی آن نصب می‌شود به‌صورت عرضی قرار می‌گیرد یا ضخامت؟ چرا؟ در کارگاه هنگام ساخت به‌طور عملی انجام داده و نتیجه هر دو مورد را با تصویر شماتیکی و بارگذاری نیروی عمودی و خمشی به هنرآموز اعلام کنید.



ضخامت



عرضی

نمونه آزمون ارزشیابی مبتنی بر شایستگی

درس دانش فنی پایه گروه مکانیک

پودمان مقاومت قطعات

ابزار ارزشیابی: آزمون کتبی عملکردی

ـ براساس استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی:

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
مقاومت قطعات	۱ـ مقایسه سفتی قطعات مکانیک ساده در بارگذاری‌های خالص ۲ـ مقایسه استحکام قطعات مکانیک ساده در بارگذاری‌های خالص	مقایسه نسبی سفتی قطعات در بارگذاری کششی، فشاری، برشی، پیچشی، خمشی ساده با توجه مشخصات هندسی و جنس آنها	بالاتر از حد انتظار	مقایسه نسبی سفتی و استحکام قطعات در بارگذاری کششی، برشی، پیچشی و خمشی	۳
			در حد انتظار	مقایسه نسبی سفتی و استحکام قطعات در بارگذاری کششی، برشی، پیچشی	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	مقایسه نسبی سفتی و استحکام قطعات در بارگذاری کششی و برشی	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره واحد یادگیری از ۳				
	نمره واحد یادگیری از ۲۰				

منابع و مآخذ

۱ـ برنامه درسی رشته صنایع چوب و مبلمان ـ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش سال ۱۳۹۴.
۲ـ روشن‌بخش یزدی، احمد، خواجه شرف آبادی، محمدعلی، منانی، علی‌اصغر (۱۳۹۳). تکنولوژی مواد، وزارت آموزش و پرورش.
۳ـ حسین‌زاده، عبدالرحمن، جهان لیتباری، احمد (۱۳۹۳) خواص فیزیکی و مکانیکی چوب، وزارت آموزش و پرورش.
۴ـ بهادران، امیربهادر، (۱۳۹۳) محاسبات فنی (فنی و حرفه‌ای)، وزارت آموزش و پرورش.
۵ـ اسدی، محمد، فرخ‌نیاورانی، علی اکبر (۱۳۹۳) محاسبات فنی صنایع چوب، وزارت آموزش و پرورش.