

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

محاسبات فنی (۱)

رشته‌های ساخت و تولید - نقشه‌کشی عمومی (صنعتی) -

صنایع فلزی - مکانیک خودرو - صنایع چوب و کاغذ

زمینه صنعت

شاخه متوسطه فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۱۵۲۵

عنوان و نام پدیدآور	محاسبات فنی ۱ رشته‌های ساخت و تولید ... [کتاب‌های درسی] ۱۵۲۵ ... / مؤلف امیربهادر بهادران؛ برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش؛ [برای] وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
مشخصات نشر	تهران: شرکت انتشارات فنی ایران، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۱۵۲ ص.
فروست	شاخه متوسطه فنی و حرفه‌ای؛ شماره ۱۵۲۵
شابک	978-964-389-397-2
وضعیت فهرست‌نویسی	فیبیا
موضوع	مکانیک -- مهندسی
شناسه افزوده	بهادران، امیربهادر، ۱۳۵۶ -
شناسه افزوده	سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر برنامه‌ریزی درسی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده	سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
شناسه افزوده	شرکت انتشارات فنی ایران
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۱ م/۱۴۵ TJ
رده‌بندی دیویی	۱۳۹۰ ۱۵۲۵ ک ۳۷۳
شماره کتابشناسی ملی	۲۷۱۴۶۷۴

همکاران محترم ودانش آموزان عزیز:

پیشنهادها و نظرهای خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی:
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه ریزی و تألیف
آموزش های فنی و حرفه ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@roshd.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب گاه (وبسایت)

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش های فنی و حرفه ای و کار دانش
نام کتاب/کد کتاب: محاسبات فنی (۱) - ۳۵۶

مؤلف: امیر بهادر بهادران

اعضای کمیسیون تخصصی: غلامحسن پایگانه، محمد مهرزادگان، سید حسن سید تقی زاده،
حسن عبدالله زاده، محمد سعید کافی، حسن امینی، حسن آقابابایی

مجری: شرکت انتشارات فنی ایران

ویراستار ادبی: محمد حسن پور

مدیر هنری: پگاه مقیمی اسکوئی

صفحه آرا: خدیجه کاظمی مریدانی

رسام فنی: سید مرتضی میرمجیدی

طراح جلد: پگاه مقیمی اسکوئی

نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل چاپ و توزیع کتاب های درسی

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، صندوق پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب گاه www.chap.sch.ir

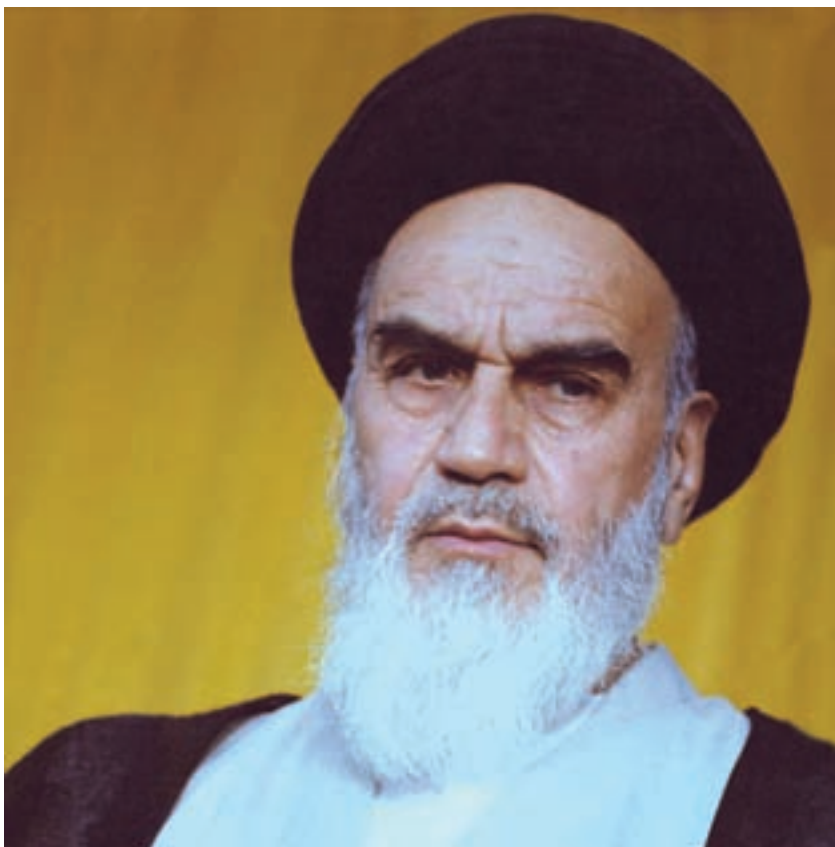
ناشر: شرکت انتشارات فنی ایران: تهران-خیابان مطهری-خیابان میرعماد-پلاک ۲۴

تلفن: ۵۵۰۵۰۵۵، دورنگار: ۸۸۵۳۲۱۳۶، صندوق پستی: ۱۵۸۷۷/۳۶۵۱۱

وب گاه www.entesharat.com

نوبت و سال چاپ: چاپ اول ۱۳۹۱

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۸۹-۳۹۷-۲ ISBN 978-964-389-397-2



هر کاری را که انسان باورش این است که نسبت به آن کار ضعیف است، نمی تواند آن کار را انجام بدهد. ... هر کشوری که اعتقادش این باشد که نمی تواند خودش صنعتی را ایجاد کند این ملت محکوم به این است که تا آخر نتواند، و این اساس نقشه هایی بوده است که برای ملل ضعیف دنیا قدرت های بزرگ کشیده اند.

امام خمینی (قدس سره الشریف)

پیشگفتار ناشر

انتشارات فنی/ایران نزدیک سه دهه است که کتاب‌های فنی منتشر می‌کند. این کتاب‌ها مورد توجه دست‌اندرکاران آموزش فنی و حرفه‌ای کشور از قبیل سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور وابسته به وزارت کار، و نیز استادان و هنرآموزان و هنرجویان قرار گرفته است. کتابی که پیش رو دارید در چارچوب فعالیت‌های جدید *انتشارات فنی/ایران* منتشر شده است.

ساختار و محتوای کتاب بر اساس جداول هدف محتوای درس محاسبات فنی (۱) و انتظارات دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش تألیف شده است و تولید محتوا را مؤلفان شرکت بر عهده داشته‌اند. و محتوای علمی کتاب‌ها توسط دفتر مذکور مورد تأیید قرار گرفته است. ویرایش زبانی و تولید فنی کتاب‌ها هم در شرکت *انتشارات فنی/ایران* انجام پذیرفته است. *انتشارات فنی/ایران* امیدوار است در آینده بتواند نقش قابل قبولی در تولید کتاب‌های درسی شاخه فنی و حرفه‌ای و شاخه کاردانش مورد درخواست دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش ایفا کند.

شرکت انتشارات فنی ایران

پیشگفتار مؤلف

سپاس خداوند بی‌نهایت را که دنیا را با علم بیکرانش آفریده و برای هر آفرینشش علمی نهاده تا مخلوقاتش با به‌کارگیری آن در ادامه راه زندگیشان به رشد و تعالی برسند. سپاس خداوندی را که راه‌های کشف علم، را سخاوتمندانه در اختیار بشر قرار داده تا مسیر سعادت و آرامش را بیابند. علوم ریاضی و فیزیک جزء علوم پایه هستند که در کلیه علوم مهندسی کاربرد دارند و بدون تسلط به این علوم دستیابی به تخصص در سایر علوم امکان‌پذیر نیست.

کتاب محاسبات فنی با به‌کارگیری روابط ریاضی و فیزیک در حل محاسبات مکانیک سعی بر این دارد که دید فنی هنرجویان رشته مکانیک را افزایش دهد. در این کتاب سعی شده پس از ارائه روابط ریاضی، مثلثاتی و فیزیک، مسائل کاربردی آنها نیز مورد بررسی قرار گیرد تا فارغ‌التحصیلان توانایی انجام محاسبات فنی پایه را در صنایع مختلف به دست آورند.

در این کتاب مسائل واقعی‌تر و بدون وابستگی به دانش تخصصی بیان شده تا انگیزه و علاقه هنرجویان به یادگیری روابط ریاضی افزایش یابد. مسائل ارائه‌شده در این کتاب به گونه‌ای است که هنرجو در طول زندگی با آن برخورد داشته و نسبت به آن ناآشنا نیست و تمام کوشش بر این بوده تا مسائل کتاب جامع و در عین حال آسان باشد تا در نهایت جاذبه کتاب برای هنرجو افزایش یابد.

هر چند که در طراحی مسائل این کتاب از شکل‌های واقعی استفاده شده ولی هنرآموزان محترم در طراحی سؤال‌ها و آزمون‌ها مجبور به تهیه شکل واقعی نیستند و کافی است که از شکل دوبعدی و یا سه‌بعدی ترسیمی برای ارزیابی هنرجو استفاده شود.

امید است که هنرجو پس از حل مسائل کتاب به کلیه اجسام پیرامونش به دید محاسباتی نگاه کند و نقش روابط ریاضی و فیزیک را در پیدایش و ساخت آن جسم درک کند.

با تشکر

امیربهادر بهادران

فهرست

صفحه

عنوان

۱	فصل اول: محاسبات طول
۵۱	فصل دوم: محاسبات حرکت
۶۹	فصل سوم: انتقال حرکت به وسیله چرخ تسمه
۸۰	فصل چهارم: محاسبات سطح
۱۰۰	فصل پنجم: محاسبات حجم
۱۱۲	فصل ششم: محاسبات جرم و وزن
۱۳۱	ضمائم
۱۴۴	منابع

فصل اول: محاسبات طول

یکاهای اندازه‌گیری طول

مقیاس

تولرانس

محاسبه محیط

تقسیمات طولی

یکاهای اندازه‌گیری زاویه

محاسبه روابط مثلث

محاسبه طول گسترده



هدف‌های رفتاری

پس از فراگیری این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- یکاهای اندازه‌گیری طول را بیان کند.
- تبدیلات مربوط به یکاهای اندازه‌گیری طول را انجام دهد.
- یکاهای انگلیسی طول را به یکاهای سیستم SI تبدیل کند.
- محاسبات مقیاس را انجام دهد.
- مقدار مقیاس یک نقشه ترسیمی را محاسبه کند.
- مقدار تولرانس را شرح دهد.
- مسائل مربوط به تولرانس را حل کند.
- اندازه محیط اشکال هندسی را محاسبه کند.
- طول یک قطعه را به قسمت‌های مساوی تقسیم کند.
- اجزای یکای زاویه را به یکدیگر تبدیل کند.
- رابطه فیثاغورس را شرح دهد.
- رابطه فیثاغورس را در محاسبه اضلاع مثلث به کار برد.
- روابط مثلثاتی را بیان کند.
- طول ضلع و زاویه مثلث را به کمک روابط مثلثاتی محاسبه کند.
- روابط مثلثاتی را در حل مسائل فنی به کار برد.
- طول گسترده قطعات صنعتی خم‌شده را محاسبه کند.



یکاهای اندازه‌گیری طول

اندازه‌گیری

همهٔ انسان‌ها از ابتدا خواهان این بودند که توانایی‌ها و دارایی‌هایشان قابل اندازه‌گیری باشد، بنابراین فرایند اندازه‌گیری و سنجش از اهمیت زیادی برخوردار بود و هر فردی دلش می‌خواست ویژگی‌ها و نتیجهٔ کار خود را با معیاری اندازه‌گیری کند.

اندازه‌گیری فرایندی است که اندازهٔ ویژگی‌های یک چیز 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 می‌باشیم، 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 به گونه‌ای انتخاب شود که در شرایط فیزیکی تعیین شده 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 ۱-۱ 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 کمیتی برحسب طول و زمان به حساب می‌آید.

کمیت‌های اصلی سیستم SI

جدول ۱-۱ کمیت‌های اصلی در سیستم SI

نماد	یکا	کمیت‌های اصلی SI
m	متر	طول
kg	کیلوگرم	جرم
s	ثانیه	زمان
A	آمپر	شدت زمان جریان الکتریکی
K	کلوین	دما
mol	مول	مقدار ماده
cd	کاندلا	شدت نور

پیشوندهای یکاهای SI (ضرایب)

برای نشان دادن اجزاء و اضعاف متر، از پیشوندهای جدول ۱-۲ استفاده می‌شود که این پیشوندها در جلوی یکای اصلی قرار می‌گیرند.

جدول ۱-۲ پیشوندهای یکاهای سیستم SI

نماد	پیشوند	ضریب
T	ترا	$10^{12} = 1000000000000$
G	گیگا	$10^9 = 1000000000$
M	مگا	$10^6 = 1000000$
k	کیلو	$10^3 = 1000$
h	هکتو	$10^2 = 100$
da	دکا	$10^1 = 10$
d	دسی	$10^{-1} = 0.1$
c	سانتی	$10^{-2} = 0.01$
m	میلی	$10^{-3} = 0.001$
μ	میکرو	$10^{-6} = 0.000001$
n	نانو	$10^{-9} = 0.000000001$
p	پیکو	$10^{-12} = 0.000000000001$
f	فمتو	$10^{-15} = 0.000000000000001$
a	آتو	$10^{-18} = 0.000000000000000001$

یکای طول

یکای طول در سیستم بین‌المللی SI برابر متر است. در سال ۱۷۹۱ م $\frac{1}{4000000}$ طول نصف‌النهار کره زمین که از پاریس می‌گذشت به عنوان متر شناخته شد. در ۱۷۹۹ م منشور پلاتین با مقطع مستطیل و در ۱۸۸۹ منشوری با مقطع X (شکل ۱-۱) از جنس آلیاژ پلاتین ایریدیم به نام متر مبنا ساخته شد. این میله در مقابل تغییرات دما کمتر حساس بود. این استاندارد متر، نمونه بین‌المللی متر نامیده شد و هنوز در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود.



شکل ۱-۱

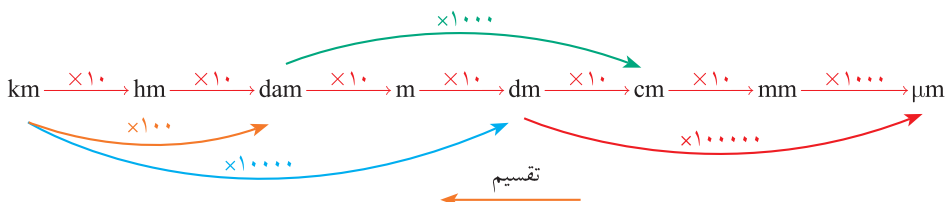
در سال ۱۹۶۰ م، متر $16507637/73$ برابر طول موج نور قرمز - نارنجی گسیل‌شده از گاز کریپتون ۸۶، تعریف شد. البته این تعریف هم دیری نپایید که جای خود را به تعریف جدید متر داد:

یک متر طول مسیری است که نور در خلأ در زمان کوتاه $\frac{1}{299792458}$ ثانیه طی می‌کند.

تبدیل یکای طول

روش اول

در این روش می‌توان از نمودار زیر استفاده کرد.



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

تمرین نمونه ۱

الف) $۲,۶\text{cm} = ? \mu\text{m}$ ب) $۸۲۰۴,۶\text{mm} = ? \text{hm}$

$۲,۶\text{cm} \xrightarrow{\times ۱۰^۴} ۲,۶ \times ۱۰^۴ \mu\text{m}$ $۸۲۰۴,۶\text{mm} \xrightarrow{\div ۱۰^۵} ۸۲۰۴,۶ \times ۱۰^{-۵} \text{hm}$

مطالعه آزاد



روش دوم

برای تبدیل اجزاء و اضعاف یکاها می‌توان از روش زیر که یک روش بسیار ساده است استفاده کرد:

۱. ابتدا مقدار پیشنهادها را مشخص کنید.
 ۲. مقدار را به زبان ریاضی یا نماد علمی بنویسید.
 ۳. توان مقدار سمت راست را قرینه کنید.
 ۴. مقدار قرینه‌شده را با مقدار توان سمت چپ جمع کنید.
 ۵. عدد توان‌دار به دست آمده ضریب تبدیل نهایی خواهد بود.
- دو مثال زیر نمونه‌ای از تبدیل یکا به روش فوق است:

$۱۲۵\text{dam} = ? \mu\text{m}$	$۲۵\text{mm} = ? \text{dam}$
$\text{da} = ۱۰^۱$, $\mu = ۱۰^{-۶}$	$\text{m} = ۱۰^{-۳}$, $\text{da} = ۱۰^۱$
$۱۰^{۱+۶} = ۱۰^۷$	$۱۰^{-۳-۱} = ۱۰^{-۴}$
$۱۲۵\text{dam} \xrightarrow{\times ۱۰^۷} ۱۲۵ \times ۱۰^۷ \mu\text{m}$	$۲۵\text{mm} \xrightarrow{\times ۱۰^{-۴}} ۲۵ \times ۱۰^{-۴} \text{dam}$

همان‌طور که مشاهده می‌شود برای تبدیل مقادیر سمت چپ به سمت راست مقدار عدد را در ضریب تبدیل روی فلش ضرب می‌کنیم.

یکاهای اندازه‌گیری طول در کشورهای انگلیسی‌زبان

یکاهای اندازه‌گیری طول در کشورهای انگلیس و آمریکا فوت است. هر فوت ۱۲ اینچ و هر اینچ $\frac{25}{4}$ میلی‌متر است.

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.

in $\xleftrightarrow{\times 25,4}$ mm ÷	
in $\xleftrightarrow{\times 2,54}$ cm ÷	
in $\xleftrightarrow{\times 0,254}$ m ÷	
ft $\xleftrightarrow{\times 0,3048}$ m ÷	
yd $\xleftrightarrow{\times 0,9144}$ m ÷	
mi $\xleftrightarrow{\times 1609,344}$ m ÷	
	mi $\xleftrightarrow{\times 1760}$ yd ÷
	yd $\xleftrightarrow{\times 3}$ ft ÷
	ft $\xleftrightarrow{\times 12}$ in ÷

تمرین نمونه ۲

الف) $2\frac{1}{8} \text{ in} = ? \text{ mm}$

$$2\frac{1}{8} \text{ in} = \frac{2 \times 8 + 1}{8} \text{ in} = \frac{17}{8} \text{ in} \xrightarrow{\times 25,4} 53,975 \text{ mm}$$

ب) $2,8 \text{ mi} = ? \text{ m}$

$$2,8 \text{ mi} \xrightarrow{\times 1609,344} 4506,1632 \text{ m}$$

ج) $28\frac{5}{8} \text{ in} = \dots\dots\dots \text{ft}$

$$\frac{28 \times 8 + 5}{8} = \frac{229}{8} = 28,625 \text{ in} \xrightarrow{\div 12} 2,38 \text{ ft}$$

ارزشیابی پایانی

۱. اندازه‌های زیر را برحسب یکای خواسته‌شده به دست آورید.

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

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

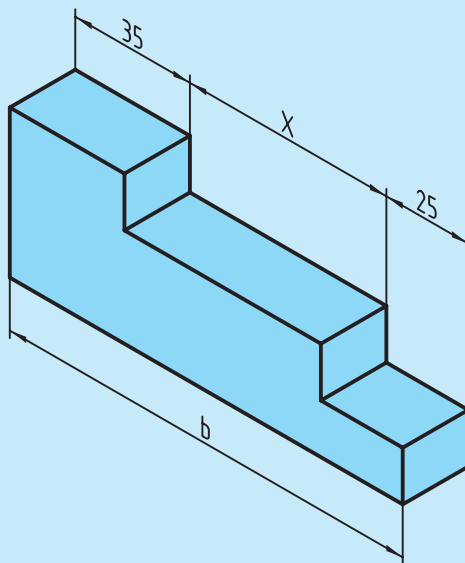
۳. اندازه‌های زیر را به یکاهای انگلیسی موردنظر تبدیل کنید.

یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... yd	۱۲۰ m	..... in	.....	۱۲/۵ cm
..... mi	۲۱۵۰ m	..... in	.....	۲۱۰ mm
..... ft	۲/۳ m	..... in	.....	۴۵/۳ m

۴. اندازه‌های زیر را برحسب یکای خواسته‌شده به دست آورید.

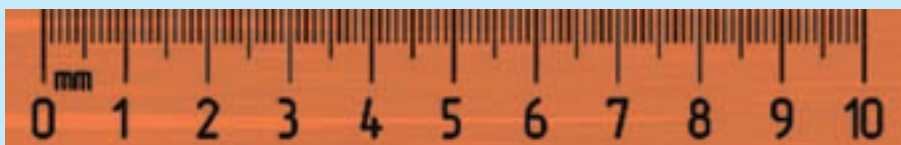
یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... in	۵/۴۲ ft	..... ft	.....	$8\frac{1}{2}$ in
..... ft	۲/۸۶ mi	..... in	.....	۳/۷ mi
..... yd	۲۱/۶ ft	..... in	.....	۲/۲۵ yd

۵. در شکل زیر مقدار $b = 120 \text{ mm}$ است مقدار X را بر حسب متر، سانتی متر، میلی متر و اینچ به دست آورید.

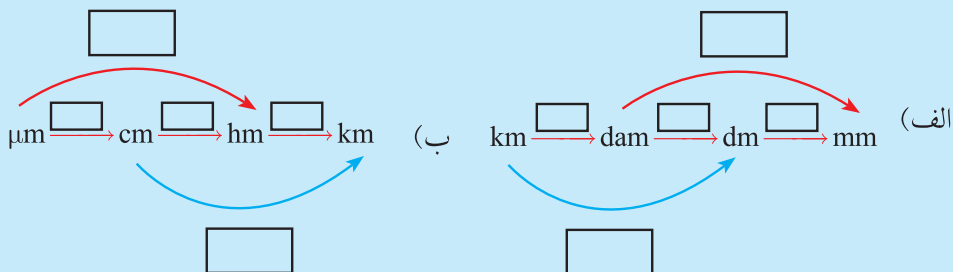


۶. بر روی خطکش زیر محل اندازه‌های خواسته شده را مشخص کنید.

$$A = 1 \text{ in} \quad , \quad B = \frac{9}{16} \text{ in} \quad , \quad C = 1\frac{3}{4} \text{ in} \quad , \quad D = 1\frac{1}{2} \text{ in}$$



۷. در نمودارهای زیر مقدار ضرایب لازم را درون مربع بنویسید.



مقیاس

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

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

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 افزایشده (بزرگ‌تر از ۱:۱) ترسیم می‌کنند (جدول ۱-۳).

جدول ۱-۳

مقیاس $1 <$	مقیاس ۱:۱	مقیاس $1 >$
طول ترسیمی بزرگ‌تر از طول حقیقی	طول ترسیمی برابر با طول حقیقی	طول ترسیمی کوچک‌تر از طول حقیقی



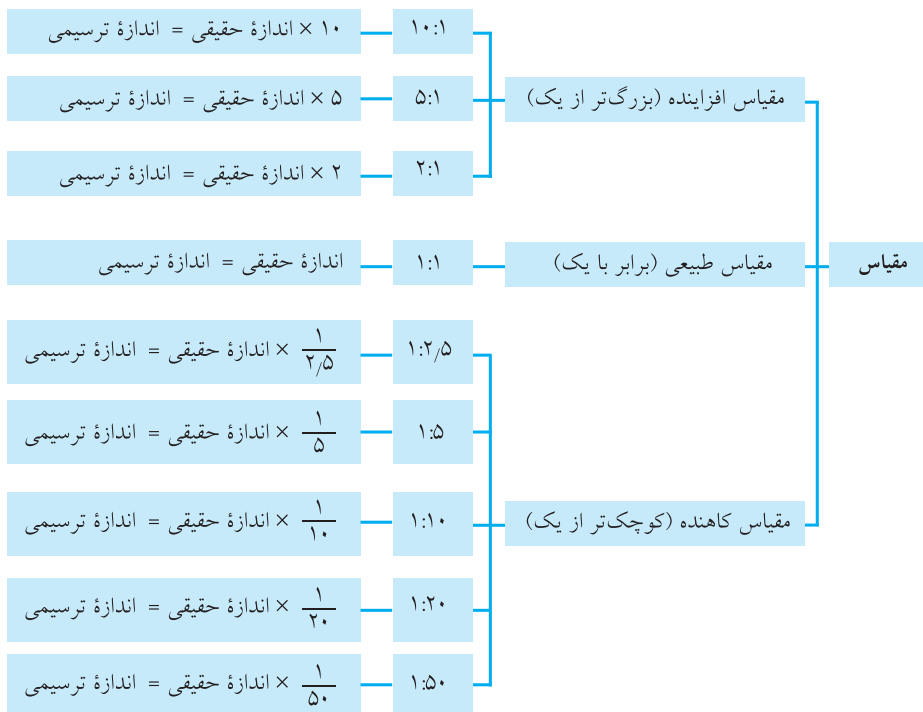
نکته

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

در صنعت مکانیک معمولاً نقشه به اندازه واقعی یا 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.

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

مقیاس‌های افزایشده و کاهشده تحت نرم برابر نمودار زیر است:



تمرین نمونه ۱

۱. تابلو راهنما به طول ۴/۲ متر با مقیاس ۱:۲۰ ترسیم شده است. اندازه ترسیمی آن در نقشه چند میلی‌متر خواهد بود؟ (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲

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

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

$$210 \text{ mm} = 4200 \text{ mm} \times \frac{1}{20} = \text{اندازه ترسیمی}$$

تمرین نمونه ۲

مقدار ترسیمی اندازه‌های حقیقی جدول ۱-۴ را به دست آورید.

جدول ۱-۴

اندازه‌های حقیقی	مقیاس	مقیاس \times اندازه حقیقی = اندازه ترسیمی
۳۴۵	۱:۵	$۳۴۵ \times \frac{1}{5} = ۶۹$
۲۲,۴	۲:۱	$۲۲,۴ \times \frac{2}{1} = ۴۴,۸$
۱۸۵	۱:۲,۵	$۱۸۵ \times \frac{1}{2,5} = ۷۴$
۶۶,۷۵	۵:۱	$۶۶,۷۵ \times \frac{5}{1} = ۳۳۳,۷۵$
۳	۱۰:۱	$۳ \times \frac{10}{1} = ۳۰$
۸۴	۱:۱۰	$۸۴ \times \frac{1}{10} = ۸,۴$

تمرین نمونه ۳

برای طراحی اجزای سازنده یک ساعت مچی عقربه‌ای، از یک نقشه با مقیاس ۵۰:۱ استفاده شده است. در صورتی که اندازه 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 ۱-۳)



شکل ۱-۳

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

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

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



روش‌های استفاده از مقیاس در نقشه‌های جغرافیایی

مقیاس ساده:

که به صورت کلی $\frac{1}{n \times 1000}$ است و در کشورهایی که دارای سیستم SI هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد و معین‌کننده این است که ۱ mm روی نقشه مساوی n متر روی زمین است. به طور مثال $\frac{1}{25000}$ یعنی ۱ mm روی نقشه مطابق ۲۵ متر روی زمین است.

مقیاس مرکب:

در کشورهایی که سیستم غیر SI دارند مانند آمریکا و انگلیس از این مقیاس استفاده می‌کنند، مثلاً $\frac{2 \text{ in}}{5 \text{ mi}}$ یعنی ۲ اینچ روی نقشه مطابق ۵ مایل روی زمین است.

مقیاس خطی:

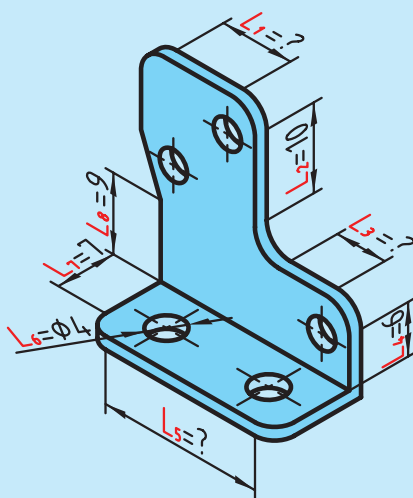
خطی که به قسمت‌های مساوی تقسیم شده و هر قسمت آن طول معینی را روی نقشه نشان می‌دهد.



ارزشیابی پایانی

۱. در شکل زیر مقادیر مورد نظر را با مقیاس ۳:۱ به دست آورید.

	اندازه واقعی	اندازه ترسیمی
L_1	؟	۲۵/۵
L_2	۱۰	؟
L_3	؟	۱۶/۵
L_4	۶	؟
L_5	؟	۶۳
L_6	۴	؟
L_7	۷	؟
L_8	۹	؟



۲. اندازه ترسیمی برای اندازه‌های واقعی زیر را با مقیاس ۴:۱ به دست آورید.

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

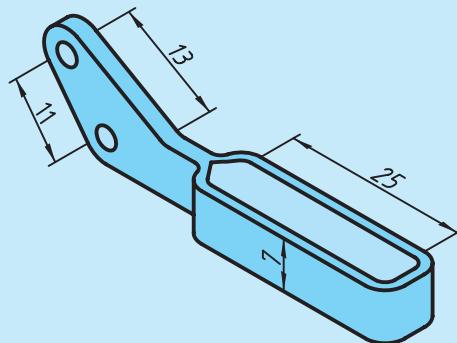
۳. اندازه ترسیمی برای اندازه‌های واقعی زیر را با مقیاس ۱:۲/۵ به دست آورید.

اندازه واقعی	اندازه ترسیمی
۲۸ cm
۲۳۲ mm
۰/۳۴ m
۱۱۵ mm

۴. جدول زیر را کامل کنید.

اندازه ترسیمی	اندازه واقعی	مقیاس
۱۴/۵ mm	؟	۱:۸
۱۰ cm	۲/۵ cm	؟
؟	۶/۳ mm	۳:۱

۵. اندازه‌های داده شده برای شکل زیر مقادیر واقعی آنهاست. در صورتی که بخواهیم این نقشه را با مقیاس ۵:۱ ترسیم کنیم، مقادیر اندازه‌های ترسیمی را به دست آورید.



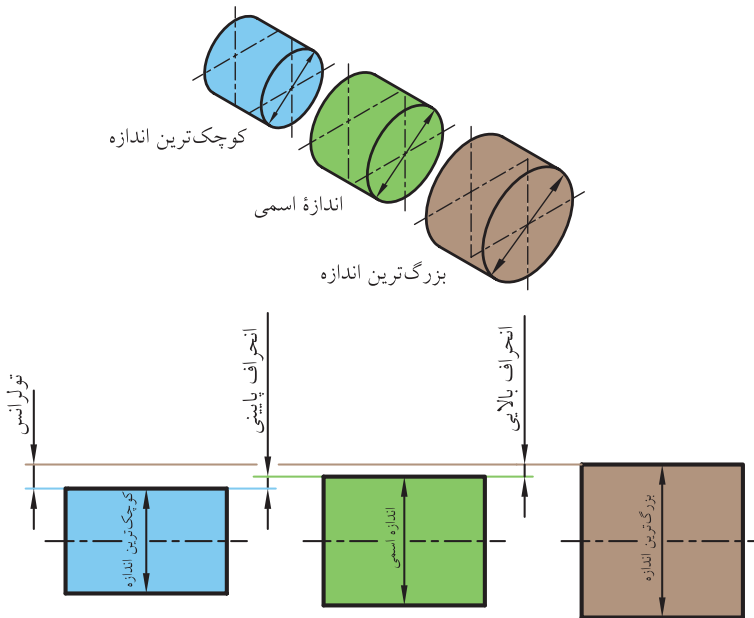
تولرانس

در تولید قطعات صنعتی به دست آوردن اندازه دقیق اسمی به دلیل وجود خطاهای ابزارهای تولید، امری کاملاً محال است. تولیدکنندگان سعی می‌کنند که اندازه‌های تولیدی به اندازه‌های اسمی برسد، از این رو طراح اندازه خطای مجاز را در نقشه ذکر می‌کند و به آن خطای مجاز تولرانس می‌گویند (شکل ۱-۴).

این خطاها را به صورت عدد در نقشه کنار اندازه اسمی می‌نویسند، طوری که انحراف بالایی را بدون نماد در بالا و انحراف پایینی را بدون نماد در پایین اندازه 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 ۱-۴

نکته

اندازه اسمی: اندازه‌ای است که مورد نظر طراح است مانند ۲۲ Ø یا ۱۶/۵ Ø.

انحراف بالایی + اندازه اسمی = بزرگ‌ترین اندازه

انحراف پایینی + اندازه اسمی = کوچک‌ترین اندازه

به‌طور نمونه در $25_{-0.3}^{+0.3}$ مقدار 0.3 را انحراف بالایی، 0.2 را انحراف پایینی می‌گویند و مقدار تولرانس از روابط زیر به‌دست می‌آید.

$$T = 25/3 - 24/8 = 0.5$$

$$T = 0.5 \quad \text{و یا} \quad T = 0.3 - (-0.2) = 0.5 \quad \text{انحراف پایینی - انحراف بالایی}$$

تمرین نمونه ۱

در یک کارخانه تعدادی پایه میز ساخته شده است. برای این پایه‌ها باید لوله مونتاژی به منظور تنظیم ارتفاع میز ساخته شود تا با جابه‌جایی آن در پایه مقدار ارتفاع میز تغییر کند. اگر طراح قطر لوله تغییر ارتفاع را $18_{-0.2}^{+0.5}$ mm در نظر بگیرد مقادیر بزرگ‌ترین اندازه، کوچک‌ترین اندازه و تولرانس را به‌دست آورید (شکل ۱-۵).

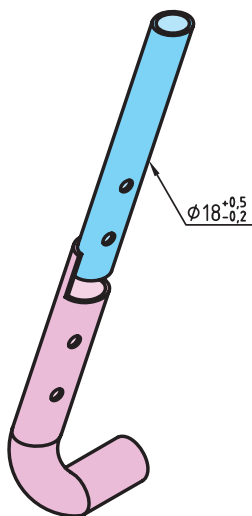
انحراف بالایی $18_{-0.2}^{+0.5}$ mm
انحراف پایینی

$$\text{بزرگ‌ترین اندازه} = 18 \text{ mm} + (+0.5 \text{ mm}) = 18.5 \text{ mm}$$

$$\text{کوچک‌ترین اندازه} = 18 \text{ mm} + (-0.2 \text{ mm}) = 17.8 \text{ mm}$$

$$0.7 = 18.5 - 17.8 = \text{کوچک‌ترین اندازه} - \text{بزرگ‌ترین اندازه} = \text{تولرانس}$$

$$0.7 = 0.5 - (-0.2) = \text{انحراف پایینی} - \text{انحراف بالایی} = \text{تولرانس}$$



شکل ۱-۵

تمرین نمونه ۲

انحراف‌های اندازه $\varnothing 53\text{mm}$ عبارت‌اند از $+120\text{ }\mu\text{m}$ و $+32\text{ }\mu\text{m}$ بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه و تolerانس آن را به دست آورید.

$$+32\text{ }\mu\text{m} = +0.032\text{ mm} \quad , \quad +120\text{ }\mu\text{m} = +0.120\text{ mm}$$

$$\text{بزرگ‌ترین اندازه} = 53 + 0.120 = 53.120\text{ mm}$$

$$\text{کوچک‌ترین اندازه} = 53 + 0.032 = 53.032\text{ mm}$$

$$\text{تولرانس} = +0.120\text{ mm} - (+0.032\text{ mm}) = 0.088\text{ mm}$$

ارزشیابی پایانی

۱. در اندازه‌های زیر مقادیر بزرگ‌ترین اندازه، کوچک‌ترین اندازه و تolerانس را به دست آورید.

الف) $53^{+0.14}_{-0.05}$ ب) $12^{+0.185}_{+0.24}$ ج) $12^{+0.5}_{0}$ د) $36_{-0.35}^{\circ}$ هـ) $20_{-0.9}^{-0.4}$

۲. انحراف اندازه $\varnothing 21$ عبارت‌اند از $140 \mu m +$ و $15 \mu m -$ است. بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه و تolerانس آن را به دست آورید.

۳. یک فرمان کنترل با اندازه اسمی $\varnothing 25$ دارای کوچک‌ترین اندازه $24/75 \text{ mm}$ و بزرگ‌ترین اندازه $25/15 \text{ mm}$ است. موارد زیر را به دست آورید:

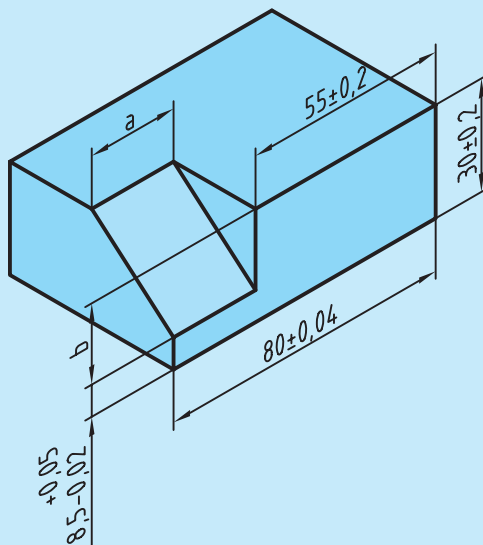
الف) انحراف بالایی

ب) انحراف پایینی

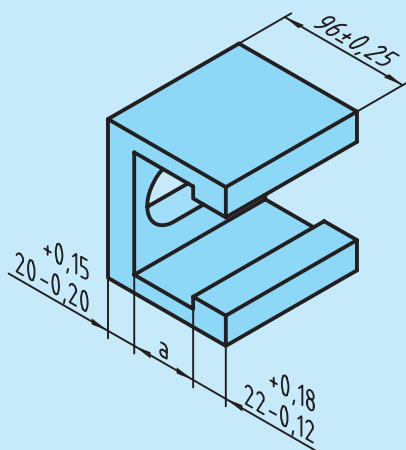
ج) مقدار تolerانس



۴. مقادیر بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه و تolerانس را برای اندازه‌های a و b به دست آورید.



۵. بزرگ‌ترین اندازه a را در قطعه صنعتی زیر به دست آورید.



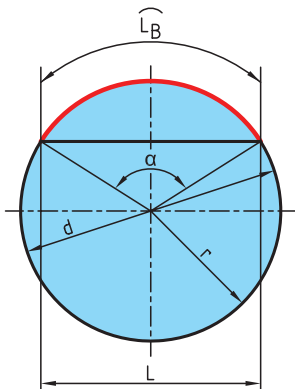
محاسبه محیط

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

به طول پیرامون اشکال هندسی محیط گفته می‌شود.

هر قطعه صنعتی می‌تواند از یک یا چند شکل هندسی ساخته شده باشد. برای محاسبه محیط قطعه ابتدا باید آن را به اجزای ساده‌تر که دارای روش‌های محاسبه ساده‌تری هستند تقسیم کرد. در پایان با جمع کردن محیط اجزای تقسیم‌شده می‌توان محیط کل قطعه را به دست آورد. در محاسبه اندازه محیط شکل‌های دوبعدی، کافی است طول بیرونی پیرامون شکل را به دست آورد.

در شکل‌های چندضلعی مجموع طول اضلاع مقدار محیط است.



شکل ۱-۱۰

محاسبه محیط دایره، طول قوس دایره (شکل ۱-۱۰)

$$U = \text{محیط}$$

$$U = \pi \times d$$

$L_B =$ طول قوس قطاع یا قطعه دایره

$\alpha =$ زاویه مرکزی مقابل به کمان

$$L_B = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360}$$

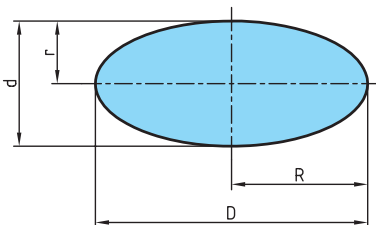
$d =$ قطر دایره

$r =$ شعاع دایره ($d = 2r$)

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

محاسبه محیط بیضی (شکل ۱-۱۱)

$$U = \text{محیط}$$



شکل ۱-۱۱

$$U \approx \pi \times \frac{D+d}{2}$$

$D =$ قطر بزرگ بیضی

$$U \approx \pi \times \sqrt{2 \times (R^2 + r^2)}$$

$R =$ شعاع بزرگ بیضی

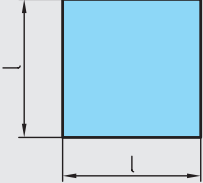
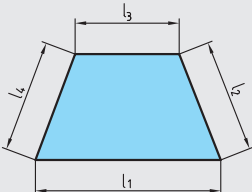
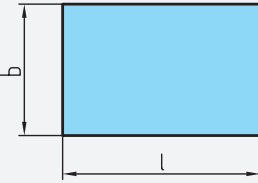
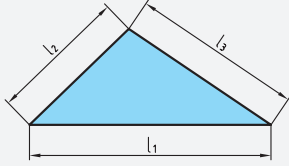
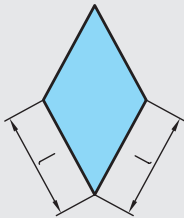
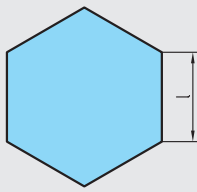
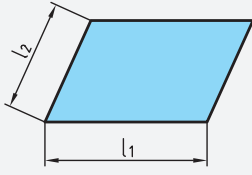
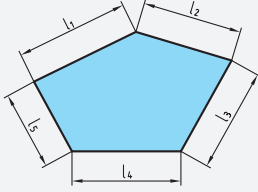
$d =$ قطر کوچک بیضی

$r =$ شعاع کوچک بیضی

با دقت بیشتر

محیط اشکال هندسی

$U =$ محیط $l =$ طول ضلع $b =$ عرض $n =$ تعداد اضلاع

<p>مربع</p>  <p>$U = 4 \times l$</p>	<p>دوازنده</p>  <p>$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$</p>
<p>مستطیل</p>  <p>$U = 2 \times (l + b)$</p>	<p>مثلث</p>  <p>$U = l_1 + l_2 + l_3$</p>
<p>لوزی</p>  <p>$U = 4 \times l$</p>	<p>چندضلعی منتظم</p>  <p>$U = n \times l$</p>
<p>متوازی الاضلاع</p>  <p>$U = 2 \times (l_1 + l_2)$</p>	<p>چندضلعی غیر منتظم</p>  <p>$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$</p>

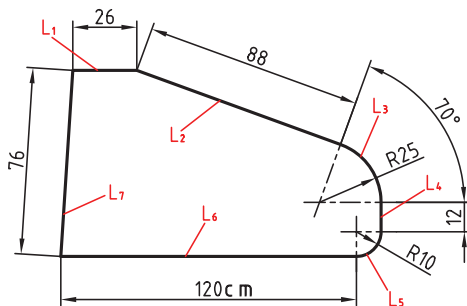
نکته



به طور کلی در اشکال هندسی محیط برابر مجموع اندازه ضلع های پیرامون آن شکل است.

تمرین نمونه ۱

برای ساخت بال هواپیمای شکل ۱-۱۲ از ورقه آلومینیومی استفاده شده است. طول محیط بال‌های افقی انتهایی هواپیما توسط یک ربات با لیزر بریده می‌شود، طول مسیر برش کاری را به دست آورید.



شکل ۱-۱۲

$$L_r = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360} = \frac{3.14 \times 50 \times 70}{360} = 30.52 \text{ cm} \quad L_o = \frac{\pi \times 20}{4} = 15.7 \text{ cm}$$

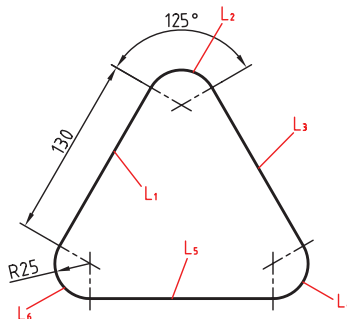
$$L = L_1 + L_r + L_r + L_r + L_o + L_f + L_v$$

$$L = 26 + 88 + 30.52 + 12 + 15.7 + 120 + 76$$

$$L = 368.22 \text{ cm}$$

تمرین نمونه ۲

برای ساختن میز شکل ۱-۱۳، از شیشه برش داده شده زیر استفاده شده است. طول مسیر برش (محیط) را به دست آورید.



شکل ۱-۱۳

$$L_1 = L_r = L_o = 130 \text{ cm}$$

$$L_r = L_r = L_f = L_B = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360} = \frac{3.14 \times 50 \times 125}{360} = 54.51 \text{ cm}$$

$$L = L_1 + L_r + L_r + L_r + L_o + L_f = 3 \times L_1 + 3 \times L_r = 3 \times 130 + 3 \times 54.51 = 553.53 \text{ cm}$$

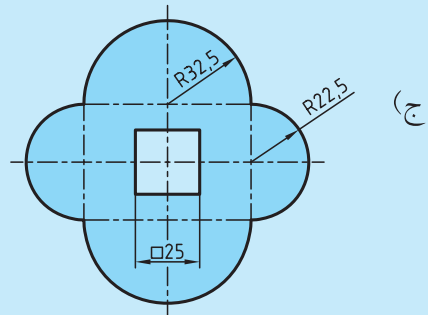
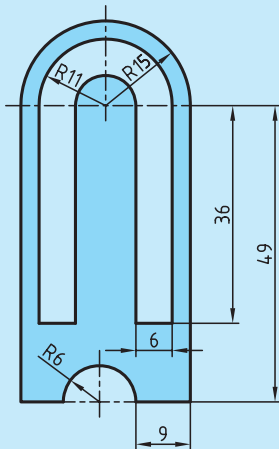
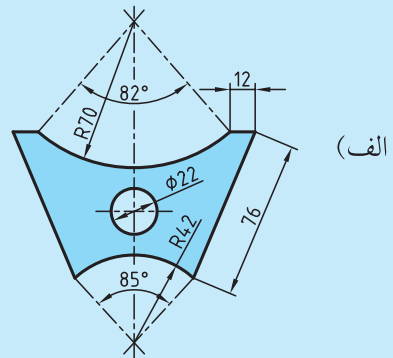
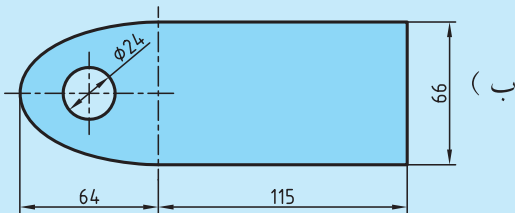
ارزشیابی پایانی

۱. محیط دایره‌ای $94/5$ میلی‌متر است، قطر آن را به دست آورید.

۲. در دیسک ترمز روبه‌رو تعداد 12 عدد پیچ بر روی دایره‌ای به قطر 16 سانتی‌متر بسته شده است. فاصله بین مرکز سوراخ‌ها (L_B) را بر حسب میلی‌متر حساب کنید.



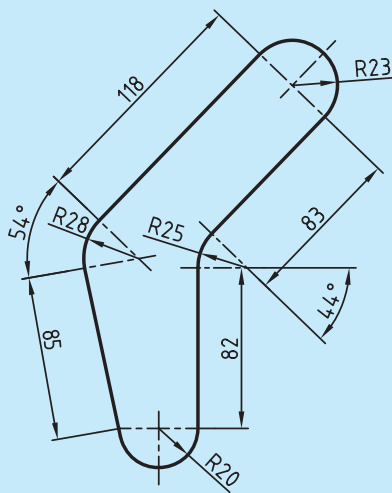
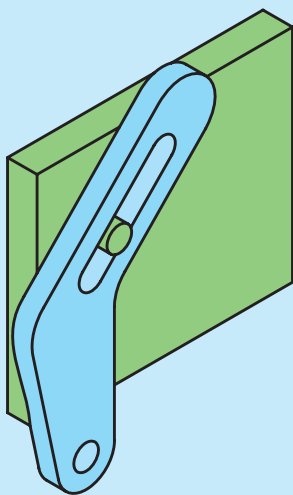
۳. محیط داخلی و خارجی قطعات مطابق شکل زیر را به دست آورید.



۴. در آلاچیق مطابق شکل با قطر $m \frac{2}{3}$ طول قسمت نرده کاری شده را به دست آورید.



۵. قطعه ای مطابق شکل با روش برش لیزر از ورق آلومینیمی ساخته شده است. طول مسیر برش را حساب کنید.

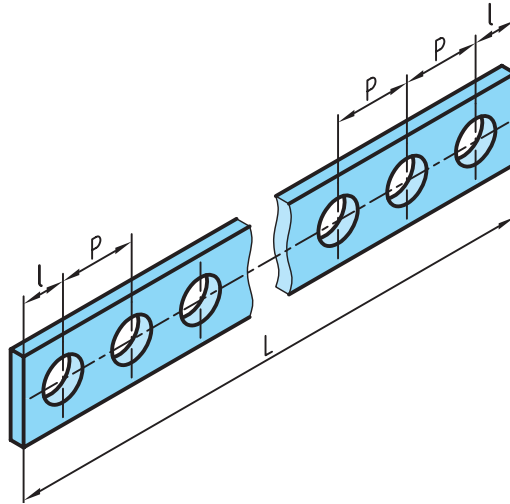


۶. در شکل زیر اندازه محیط استخر به طول $l = 8/4 \text{ m}$ و عرض $b = 5/2 \text{ m}$ را به دست آورید و در صورتی که بخواهیم از کاشی های $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ برای کاشی کاری دور استخر استفاده کنیم چه تعداد کاشی لازم است؟



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 ۱-۶).



شکل ۱-۶

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

L = طول قطعه کار

l = طول لبه قطعه کار تا مرکز اولین سوراخ

P = فاصله بین مرکز دو سوراخ (گام)

n = تعداد سوراخ



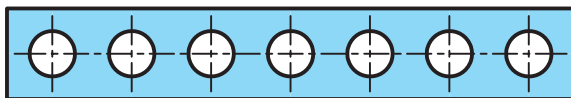
نکته

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

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

تمرین نمونه ۱

در روی تسمه‌ای مطابق شکل ۱-۷ در صورتی که ۷ سوراخ ایجاد شود و $l = 10$ و $L = 1400$ میلی‌متر باشد فاصله بین مرکز سوراخ‌ها را به دست آورید.



شکل ۱-۷

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

$$P = \frac{1400 - (2 \times 10)}{7 - 1} = \frac{1380}{6} = 230 \text{ mm}$$

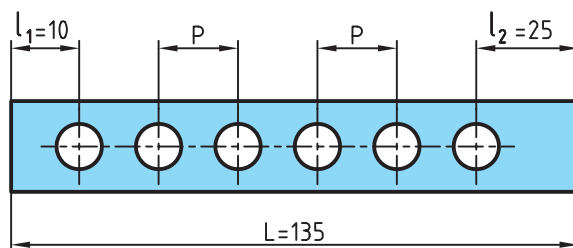
تذکر:

در صورتی که فاصله مرکز سوراخ‌های ابتدایی و انتهایی از لبه قطعه کار با هم مساوی نباشند رابطه ذکر شده به صورت زیر است.

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

تمرین نمونه ۲

در شکل ۱-۸ فاصله برابر بین سوراخ‌ها چقدر خواهد بود؟



شکل ۱-۸

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

تمرین نمونه ۳

در ماشین خاکبرداری شکل ۹-۱ طول بیل خاکبرداری مطابق زیر است در صورتی که پهنای هر دندان ۱۴cm باشد فاصله بین هر دندان را به دست آورید.



شکل ۹-۱

$$l = 14\text{cm} = \text{پهنای هر دندان}$$

$$n = 7 = \text{تعداد دندان}$$

$$L = 2.60\text{m} \xrightarrow{\times 100} 260\text{cm}$$

تعداد دندان پهنای هر دنده

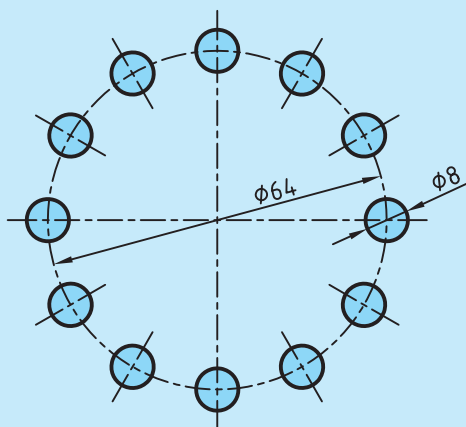
$$P = \frac{L - n \times l}{n - 1}$$

$$P = \frac{260 - 7 \times 14}{7 - 1} = 27\text{cm}$$

فاصله بین دندانها

ارزشیابی پایانی

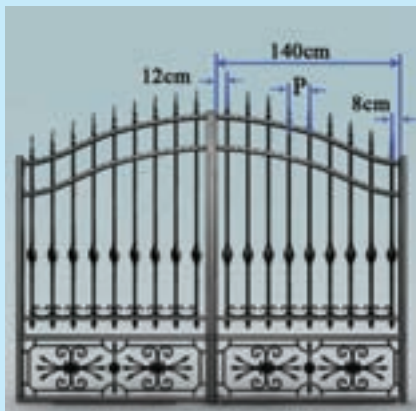
۱. در طراحی یک رولبرینگ از ۱۲ استوانه با قطر ۸ میلی متر استفاده شده است. در صورتی که قطر قفسه استوانه ها ۶۴ میلی متر باشد فاصله بین استوانه چقدر است.



۲. برای دسترسی به مخزن شکل زیر به یک نردبان به ارتفاع ۳/۵ متر نیاز است. در صورتی که مرکز پله اولی و آخری از دو سر نردبان ۳۵ سانتی متر فاصله داشته باشد و فاصله مرکز هر پله از پله بعدی ۲۰ سانتی متر باشد تعداد پله ها را به دست آورید.



۳. در صورتی که اندازه‌ها در ساخت یک در آهنی مطابق شکل باشد فاصله بین مرکز میله‌ها را به دست آورید.

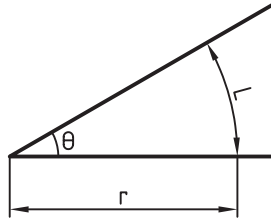


۴. در طراحی ساختمان زیر ۱۰ پنجره با پهنای هر پنجره ۱/۴ متر در نظر گرفته شده است، در صورتی که فاصله اولین و آخرین پنجره از لبه ساختمان با فاصله بین پنجره‌ها یکی باشد فاصله بین پنجره‌ها را به دست آورید.



یکای اندازه‌گیری زاویه

زاویه یا گوشه یکی از مفاهیم هندسه 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 ۱۴-۱).



شکل ۱۴-۱

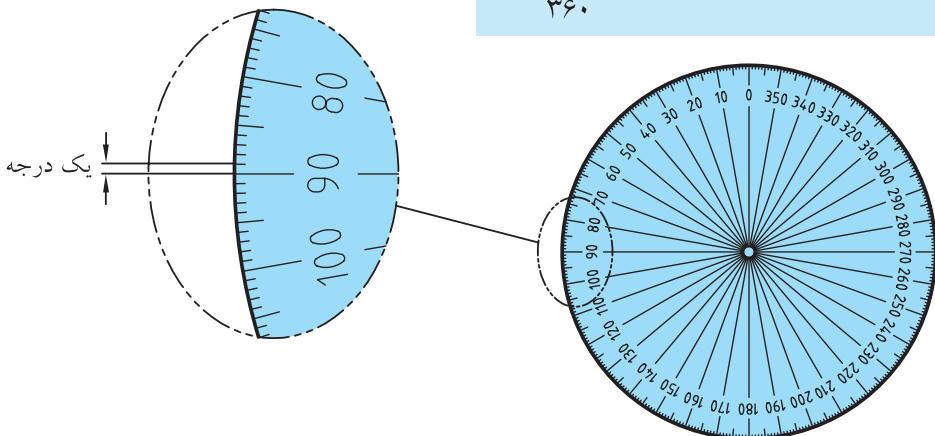
یکاهای اصلی برای اندازه‌گیری زاویه: درجه، رادیان و گراد است.

توجه: برای نمایش درجه از علامت ($^{\circ}$) استفاده می‌شود.

درجه

اگر محیط یک دایره دلخواه را به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم هر قسمت را یک درجه می‌نامند (شکل ۱۵-۱).

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



شکل ۱۵-۱

همان گونه که می دانید معمولاً هر یکا دارای اجزائی است. درجه نیز به عنوان یکای اندازه گیری دارای اجزائی مانند دقیقه (') و ثانیه (") است.

$$1^\circ = 1' = \frac{1}{60} \times 1^\circ$$

هر دقیقه برابر $\frac{1}{60}$ درجه است.

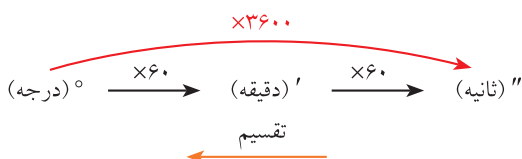
$$1^\circ = 1'' = \frac{1}{60} \times 1' = \frac{1}{3600} \times 1^\circ$$

هر ثانیه برابر $\frac{1}{60}$ دقیقه یا $\frac{1}{3600}$ درجه است.

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

به عبارتی:

تبدیل اجزای زاویه:



توجه: در نمودار بالا برای تبدیل یکای کوچک تر به بزرگ تر، از عمل تقسیم و در جهت عکس استفاده می شود.

تمرین نمونه ۱

مقدار زاویه $35''$ و $42'$ و 2° را بر حسب الف (درجه، ب) دقیقه و ج) ثانیه حساب کنید.

<p>(الف)</p> $ \begin{array}{rcl} 2^\circ & + & \\ 42' & = 42 \div 60 = 0,7^\circ & + \\ 35'' & = 35 \div 3600 = 0,0097^\circ & \\ \hline & & 2,7097^\circ \end{array} $	<p>(ب)</p> $ \begin{array}{rcl} 2^\circ & = 2 \times 60 = 120' & + \\ & & 42' & + \\ 35'' & = 35 \div 60 = 0,583' & \\ \hline & & 162,583' \end{array} $
<p>(ج)</p>	
$ \begin{array}{rcl} 2^\circ & = 2 \times 3600 = 7200'' & + \\ 42' & = 42 \times 60 = 2520'' & + \\ & & 35'' \\ \hline & & 9755'' \end{array} $	

ارزشیابی پایانی

۱. مقدار زاویه‌های زیر را برحسب دقیقه به‌دست آورید.

الف) $62^{\circ} 18'$ ب) $4821''$ ج) $42^{\circ}, 27''$

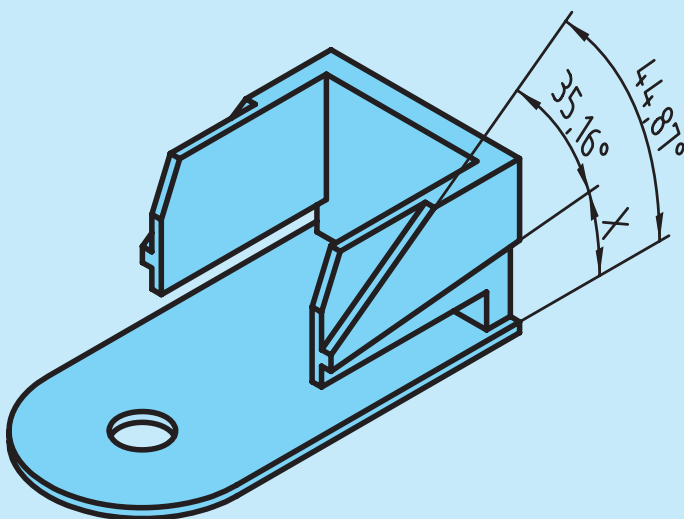
۲. مقادیر خواسته‌شده را برحسب درجه به‌دست آورید.

الف) $34^{\circ}, 12', 48''$ ب) $22', 35''$ ج) $140^{\circ}, 52''$

۳. مقادیر خواسته‌شده زیر را به‌دست آورید.

A	B	A+B	A-B
$52^{\circ}, 45', 20''$	$38^{\circ}, 21', 46''$		
$4^{\circ}, 25', 44''$	$2^{\circ}, 45''$		

۴. در قطعه زیر مقدار X را برحسب درجه و دقیقه و ثانیه به‌دست آورید.



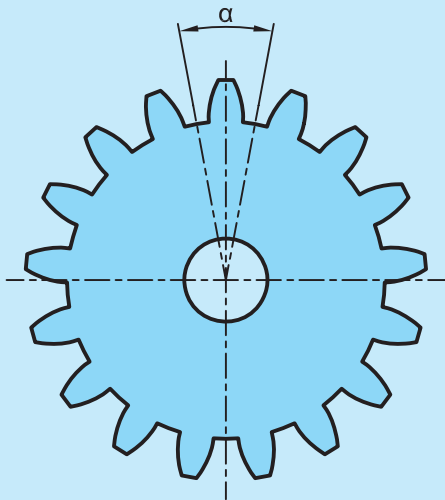
۵. چرخ‌دنده زیر ۱۷ دندانه دارد. زاویه α را برحسب موارد خواسته شده به‌دست آورید.

الف) درجه

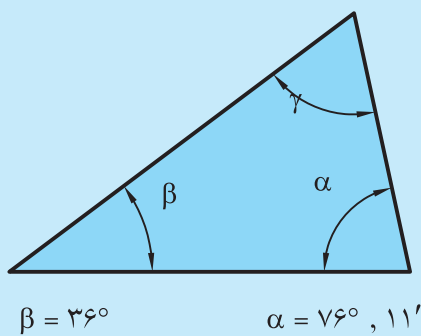
ب) دقیقه

ج) ثانیه

د) درجه و دقیقه



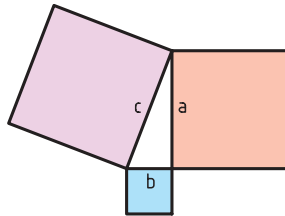
۶. در مثلث مطابق شکل زاویه γ را به‌دست آورید.



محاسبه روابط مثلث

قضیه فیثاغورس

در مثلث قائم الزاویه مطابق شکل ۱۶-۱ می توان نوشت:



شکل ۱۶-۱

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

a , b = اضلاع مجاور به زاویه قائمه c = ضلع مقابل به زاویه قائمه (وتر)
این قضیه به ما توضیح می دهد که جمع مساحت های دو مربع ساخته شده روی دو ضلع قائم یک مثلث قائم الزاویه با مساحت مربع ساخته شده روی وتر برابر است.

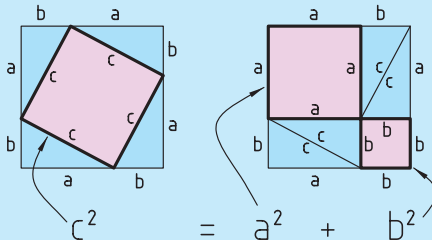
در یک مثلث قائم الزاویه مجموع مربعات دو ضلع قائم با مربع وتر برابر است.

مطالعه آزاد



اثبات قضیه فیثاغورس

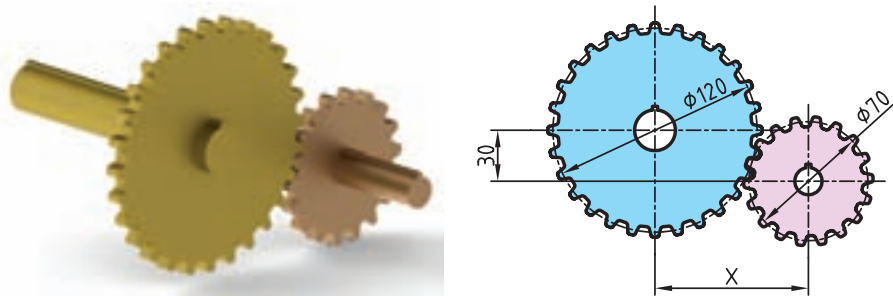
هر دو شکل مربعی هستند به ضلع $(a+b)$. در شکل سمت چپ چهار مثلث قائم الزاویه برابر (مثلث های آبی) دور مربع ساخته شده بر روی وتر (مربع صورتی) وجود دارد. با چند جابه جایی در شکل سمت چپ به شکل سمت راست می رسیم. در شکل سمت راست همان چهار مثلث قبلی آبی رنگ وجود دارند ولی مربع صورتی رنگ با اضلاع c به دو مربع یکی با ضلع a و دیگری با ضلع b تبدیل شده است، که همان قضیه فیثاغورس را نشان می دهد.



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

تمرین نمونه ۱

در چرخ دنده های شکل ۱-۱۷ مقدار X را به دست آورید.



شکل ۱-۱۷

$$r_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm} \quad r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ mm}$$

$$c = r_1 + r_2 = 60 + 35 = 95 \text{ mm}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 \rightarrow 95^2 = 30^2 + x^2 \rightarrow x = \sqrt{95^2 - 30^2} = 90.14 \text{ mm}$$

نکته



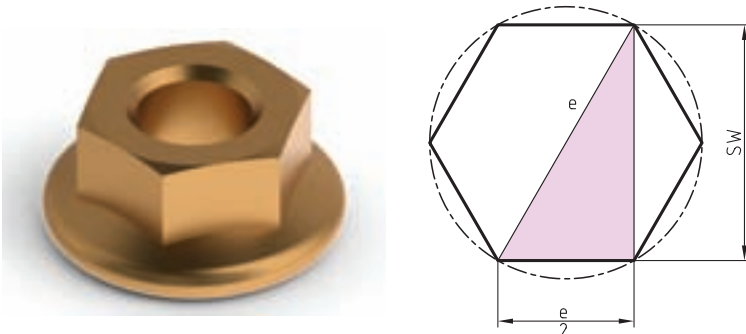
فاصله محوری بین دو چرخ دنده مجموع شعاع های دایره گام دو چرخ دنده است.

تمرین نمونه ۲

در یک مهره شش گوش مطابق شکل ۱-۱۸.

الف) رابطه ای بین اندازه آچارخور (SW) و اندازه گوش تا گوش (e) را به دست آورید.

ب) اگر طول ضلع آن ۱۵ میلی متر باشد اندازه آچارخور و گوش تا گوش آن چند میلی متر است؟



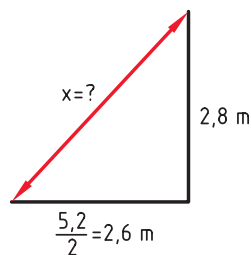
شکل ۱-۱۸

$$\text{الف) } e^r = sw^r + \left(\frac{e}{r}\right)^r \rightarrow sw^r = e^r - \frac{e^r}{r} = \frac{re^r - e^r}{r} = \frac{re^r}{r} \rightarrow sw = \frac{\sqrt{3}}{2} e$$

$$\text{ب) } \frac{e}{r} = 15\text{mm} \rightarrow e = 2 \times 15 = 30\text{mm} \quad , \quad sw = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 30 = 25.98\text{mm} \simeq 26\text{mm}$$

تمرین نمونه ۳

در طراحی یک شیروانی، مطابق شکل ۱۹-۱، طول وتر هر شیروانی را برحسب سانتی متر به دست آورید.



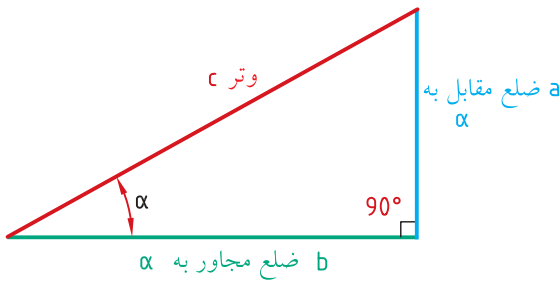
شکل ۱۹-۱

$$c^r = a^r + b^r \rightarrow x^r = 2.6^r + 2.8^r = 14.6$$

$$X = \sqrt{14.6} \rightarrow X = 3.82\text{m} \xrightarrow{\times 100} x = 382\text{cm}$$

روابط مثلثاتی

برای تعریف توابع مثلثاتی از یک مثلث قائم الزاویه استفاده می‌کنیم (شکل ۱-۲۰).



$c =$ وتر

$a =$ ضلع مقابل به زاویه α

$b =$ ضلع مجاور به زاویه α

شکل ۱-۲۰

در مثلث شکل ۱-۲۰

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

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

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

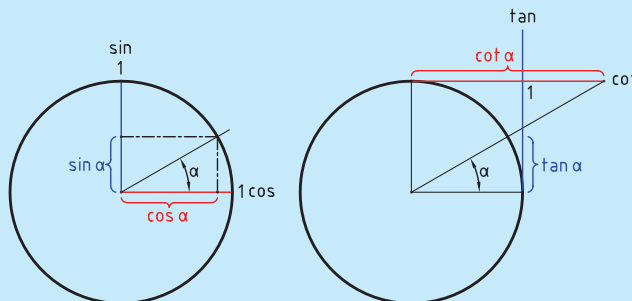
$$\cot \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور زاویه } \alpha}{\text{ضلع مقابل زاویه } \alpha} \rightarrow \cot \alpha = \frac{b}{a}$$

مطالعه آزاد



نتایج مهم

۱. برای هر زاویه‌ای نسبت اضلاع معین وجود دارد.
۲. برای هر نسبت، زاویه مشخصی وجود دارد.
۳. مقادیر روابط مثلثاتی بر روی دایره واحد مطابق شکل روبه‌رو است.



نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های معین

جدول ۱-۵

	۰	۳۰	۴۵	۶۰	۹۰
sin	۰	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	۱
cos	۱	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	۰
tan	۰	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	۱	$\sqrt{3}$	∞
cot	∞	$\sqrt{3}$	۱	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	۰

نکته

در صورتی که مقدار نسبت مثلثاتی معلوم باشد به کمک جداول مثلثاتی در قسمت ضmann، می‌توان مقدار زاویه α موردنظر را به‌دست آورد.

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 \arcsin 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 ۱

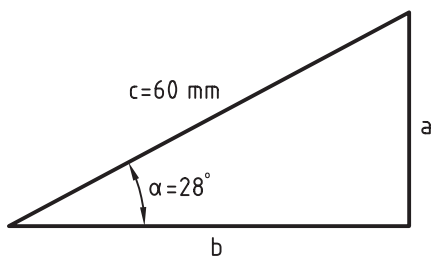
برای زوایه‌های زیر نسبت‌های مثلثاتی را در جدول ۱-۶ کامل کنید.

جدول ۱-۶

زاویه	نسبت مثلثاتی			
α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	$\cot \alpha$
10°	۰٫۱۷۳۶	۰٫۹۸۴۸	۰٫۱۷۶۳	۵٫۶۷۱۳
$۳۳^\circ ۴۰'$	۰٫۵۵۴۴	۰٫۸۳۲۳	۰٫۶۶۶۱	۱٫۵۰۱۳
$۴۲^\circ ۷'$	۰٫۶۷۸۱	۰٫۷۳۴۹	۰٫۹۲۲۷	۱٫۰۸۳۶
$۱۲^\circ ۲۰'$	۰٫۲۱۳۶	۰٫۹۷۶۹	۰٫۲۱۸۶	۴٫۵۷۳۶

تمرین نمونه ۲

اندازه ضلع a و b را در مثلث شکل ۱-۲۱ به دست آورید.



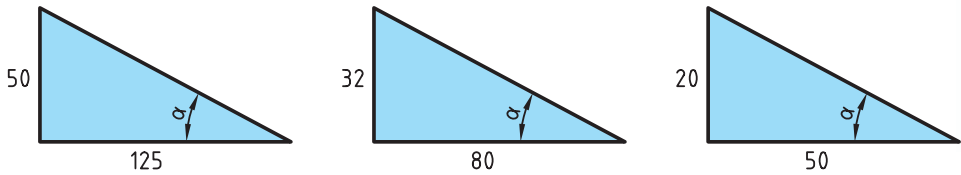
شکل ۱-۲۱

$$\sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل زاویه } \alpha}{\text{وتر}} \rightarrow \sin 28^\circ = \frac{a}{60} \rightarrow a = 60 \times \sin 28^\circ = 60 \times 0.469 = 28.14 \text{ mm}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور زاویه } \alpha}{\text{وتر}} \rightarrow \cos 28^\circ = \frac{b}{60} \rightarrow b = 60 \times \cos 28^\circ = 60 \times 0.882 = 52.92 \text{ mm}$$

تمرین نمونه ۳

در هر یک از مثلث‌های شکل ۱-۲۲ مقدار زاویه α را حساب کنید.



شکل ۱-۲۲

$$(۱): \tan \alpha = \frac{۵۰}{۱۲۵} = ۰,۴ \Rightarrow \alpha = ۲۱,۸^{\circ} \text{ یا } ۲۱^{\circ}, ۴۸'$$

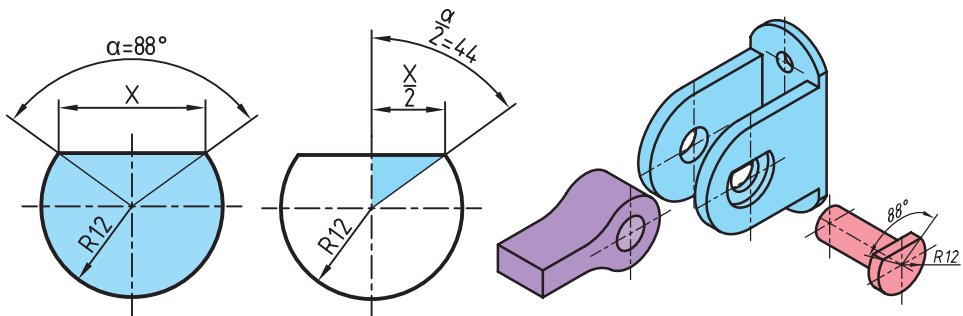
$$(۲): \tan \alpha = \frac{۳۲}{۸۰} = ۰,۴ \Rightarrow \alpha = ۲۱,۸^{\circ} \text{ یا } ۲۱^{\circ}, ۴۸'$$

$$(۳): \tan \alpha = \frac{۲۰}{۵۰} = ۰,۴ \Rightarrow \alpha = ۲۱,۸^{\circ} \text{ یا } ۲۱^{\circ}, ۴۸'$$

نتیجه مهم: اگر نسبت اضلاع با هم برابر باشند با وجود تغییر اندازه اضلاع، زوایا برابر می‌شوند.

تمرین نمونه ۴

در پین شکل ۱-۲۳ اندازه X را به دست آورید.



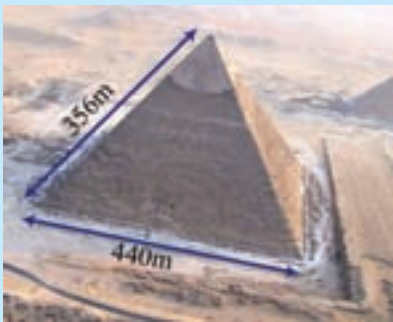
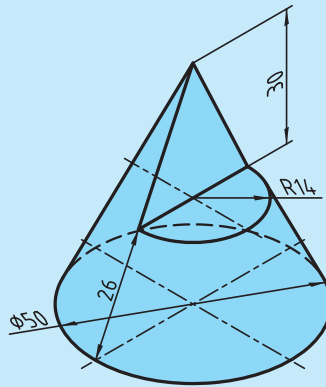
شکل ۱-۲۳

$$\sin \frac{\alpha}{۲} = \frac{X/۲}{r} \rightarrow \sin \frac{۸۸}{۲} = \frac{X/۲}{۱۲} \rightarrow \frac{X}{۲} = ۱۲ \times \sin ۴۴ \rightarrow \frac{X}{۲} = ۱۲ \times ۰,۶۹۴ \rightarrow$$

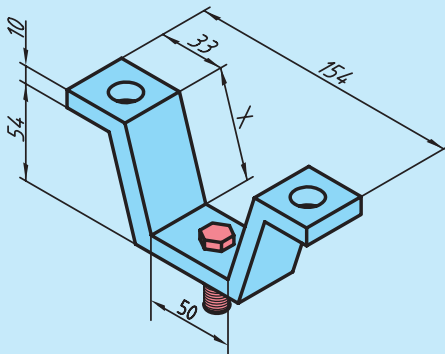
$$\frac{X}{۲} = ۸,۳۲۸ \rightarrow X = ۱۶,۶۵۶ \text{ mm}$$

ارزشیابی پایانی

۱. در مخروط برش خورده زیر مقدار ارتفاع مخروط کامل و ناقص را به کمک روش فیثاغورس به دست آورید.

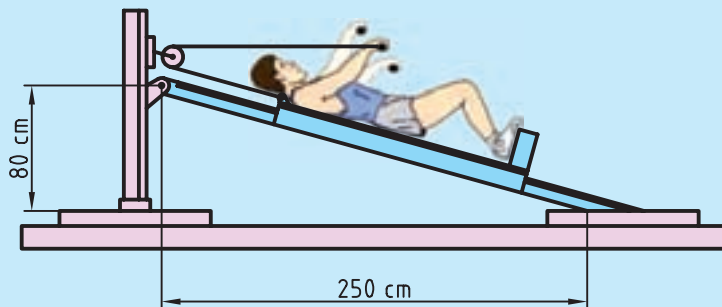


۲. در شکل روبه‌رو کف هرم یک مربع به ضلع ۴۴۰ متر و طول یال آن ۳۵۶ متر است ارتفاع هرم را به دست آورید.



۳. در قطعه زیر مقدار X را به دست آورید.

۴. در دستگاه بدنسازی زیر میز دستگاه با کشیدن سیم جابه‌جا می‌شود. طول میز دستگاه و زاویه آن را نسبت به زمین به دست آورید.



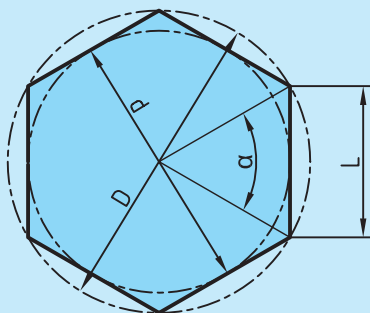
۵. در شکل زیر طول پایه میز را حساب کنید.



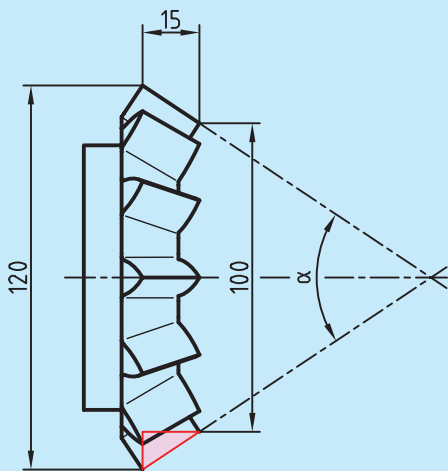
۶. در شکل زیر قطر چرخ ۳۲ سانتی متر است فاصله دسته فرقون را تا زمین به دست آورید.



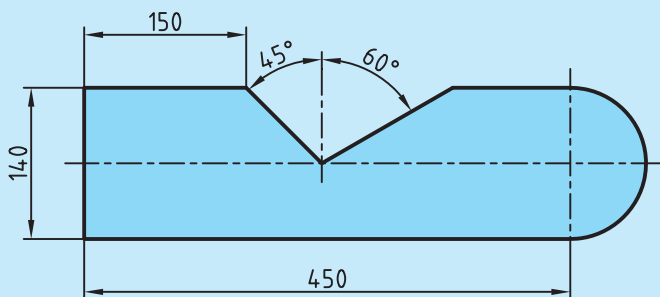
۷. در شش ضلعی زیر روابط مثلثاتی بین طول ضلع L و قطر دایره محیطی D و قطر دایره محاطی d را به دست آورید.



۸. در چرخ دنده مخروطی مطابق شکل زیر مقدار زاویه α را مشخص کنید.



۹. محیط بیرونی قطعه شکل زیر را به دست آورید.

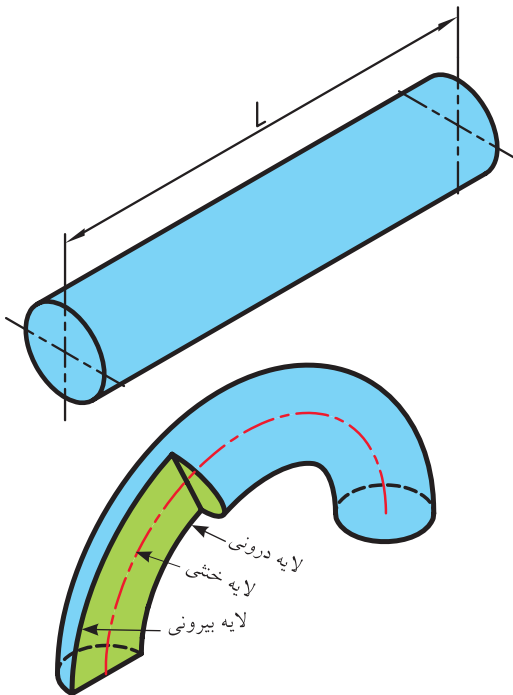


محاسبه طول گسترده

در تولید اکثر قطعات صنعتی استفاده از خم و قوس امری اجتناب ناپذیر است. در صورتی که از خم کردن قطعه برای تولید استفاده شود دانستن طول اولیه آن ضروری است. پیش از خم کاری طول قطعه در تمام لایه‌های جسم برابر است. در صورتی که قطعه‌ای خم کاری شود لایه بیرونی قطعه کشیده شده و طول آن افزایش می‌یابد و لایه‌های درونی قطعه فشرده شده و طول آن کاهش می‌یابد. بین لایه‌های بیرونی و درونی قطعه، لایه‌ای وجود دارد که در آن کشیدگی و فشردگی اتفاق نمی‌افتد و طول قطعه بدون تغییر می‌ماند. این طول را طول گسترده (لایه خنثی) قطعه نیز می‌نامند.

$$\text{طول لایه خنثی} = \text{طول گسترده}$$

تهیه قطعه اولیه نیاز به دانستن طول گسترده قطعه است. اگر طول قطعه اولیه از لایه بیرونی محاسبه شود قطعه پس از تولید اضافه اندازه خواهد داشت. برعکس اگر طول قطعه اولیه از لایه درونی فشرده شده، تهیه شود طول قطعه پس از خم کاری کاهش اندازه خواهد داشت. به همین منظور محاسبه طول گسترده از روی لایه خنثی ضروری است تا تولید نهایی درست و بی خطا باشد (شکل ۱-۲۴).



شکل ۱-۲۴

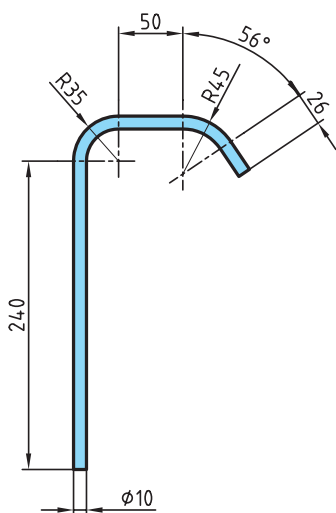
نکته

در قطعاتی که سطح مقطع آنها متقارن است این لایه خنثی بر روی محور تقارن است.

همان طور که در شکل دیده می شود سطح بیرونی قطعه پس از خم شدن دارای شعاع بیشتری نسبت به مرکز قطعه است و در نتیجه طولش بزرگ تر از سایر لایه ها و سطح درونی قطعه دارای شعاع کوچک تر و در نتیجه طولش کوچک تر از سایر لایه ها می شود.

تمرین نمونه ۱

برای ساخت یک چراغ مطالعه، مطابق در شکل ۱-۲۵، لوله ای را خم کاری می کنیم. چه مقدار لوله خام لازم است تا پس از خم کاری طبق نقشه شکل زیر به دست آید؟



شکل ۱-۲۵

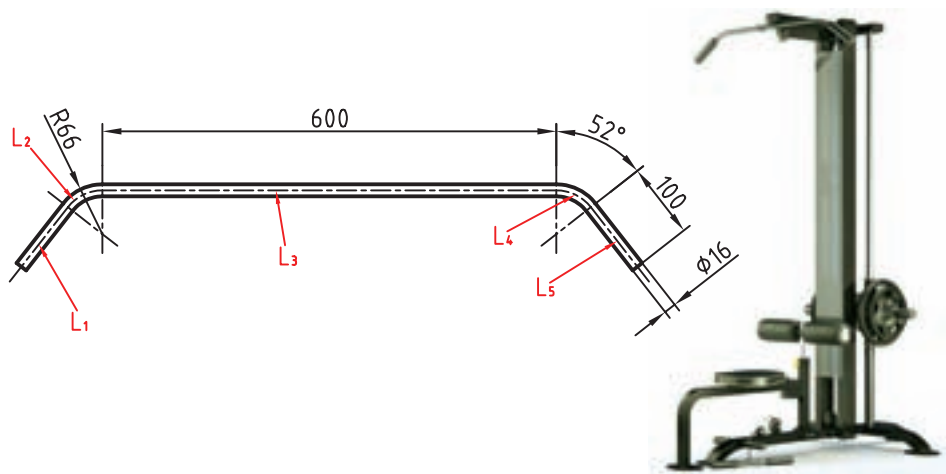
$$L_1 = 240 \text{ mm} \quad L_r = \frac{\pi \times d}{4} = \frac{3.14 \times 60}{4} = 47.1 \text{ mm}$$

$$L_r = 50 \text{ mm} \quad L_f = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360} = \frac{3.14 \times 10 \times 56}{360} = 39 \quad L_d = 26 \text{ mm}$$

$$L = L_1 + L_r + L_r + L_f + L_d \rightarrow L = 240 + 47.1 + 50 + 39 + 26 = 402.1 \text{ mm}$$

تمرین نمونه ۲

در یک دستگاه بدنسازی برای تقویت عضله‌های سرشانه از میله‌ای مطابق شکل ۱-۲۶ استفاده شده است. طول گسترده اولیه آن را پیش از خم‌کاری محاسبه کنید.



شکل ۱-۲۶

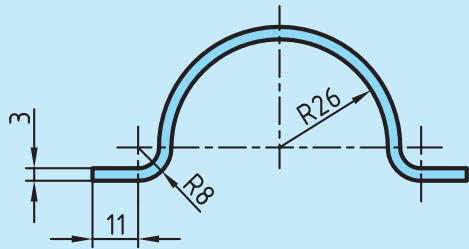
$$L_1 = L_5 = 100 \text{ mm} \quad L_3 = 600 \text{ mm}$$

$$L_2 = L_4 = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360} = \frac{3.14 \times 16 \times 52}{360} = 52.61 \text{ mm}$$

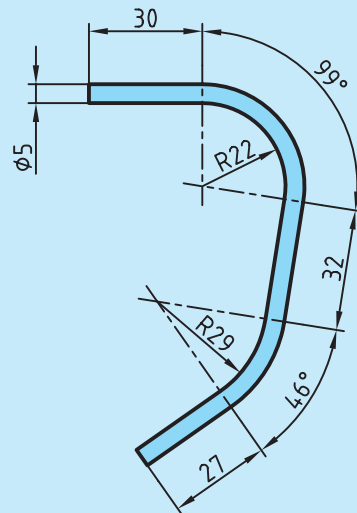
$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = 100 + 52.61 + 600 + 52.61 + 100 = 905.22 \text{ mm}$$

ارزشیابی پایانی

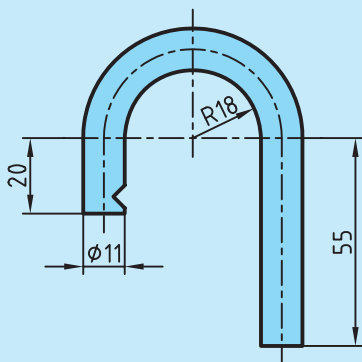
۱. برای بستن لوله از بسط مطابق شکل استفاده شده است. در صورتی که بخواهیم تعداد ۱۰۰ تا از این بسط تولید کنیم و پهنای تیغه برش ۲ میلی متر باشد مقدار طول اولیه را به دست آورید.



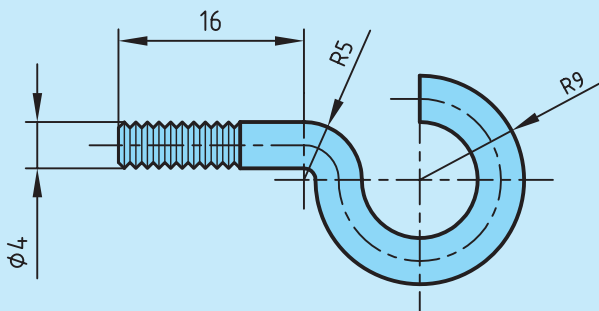
۲. در موتورسیکلت زیر از یک حفاظ آهنی استفاده شده است مقدار طول گسترده این حفاظ را به دست آورید.



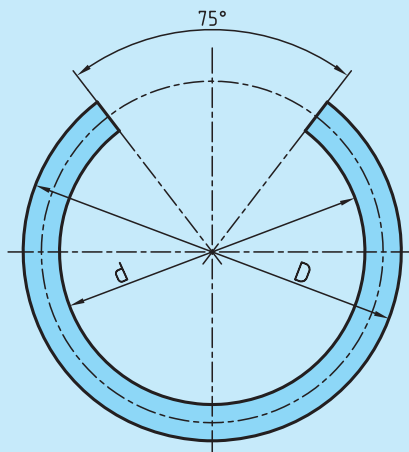
۳. در قفل شکل زیر مقدار طول اولیه میله قفل شونده را به دست آورید.



۴. در پیچ آویز زیر طول گسترده اولیه را به دست آورید.



۵. از میله گردی به قطر ۱۲ میلی متر و طول ۳۴۰ میلی متر حلقه ای مطابق شکل زیر ساخته خواهد شد. قطر خارجی و داخلی حلقه را به دست آورید.



فصل دوم: محاسبات حرکت

یکاهای اندازه‌گیری زمان

حرکت

حرکت دایره‌ای



هدف‌های رفتاری

پس از فراگیری این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- تفاوت حرکت مستقیم و دایره‌ای یکنواخت را بیان کند.
- حرکت را تعریف کند.
- سرعت را تعریف کند.
- روابط سرعت خطی یکنواخت را بیان کند.
- یکای سرعت در سیستم SI را شرح دهد.
- تبدیلات مربوط به یکاهای سرعت را انجام دهد.
- سرعت یک محرک را محاسبه کند.
- زمان پیموده‌شده یک جسم محرک را محاسبه کند.
- مسافت پیموده‌شده یک جسم محرک را محاسبه کند.
- مسائل مربوط به حرکت را حل کند.
- حرکت دورانی یکنواخت را شرح دهد.
- سرعت محیطی یک جسم دوار را محاسبه کند.
- مسائل مربوط به حرکت دایره‌ای را حل کند.



یکای اندازه‌گیری زمان

یکای زمان در سیستم SI، ثانیه است و آن را با نماد s یا sec نشان می‌دهند. ثانیه مدت زمانی است که اتم سزیم - ۱۳۳ در حالت پایه ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ بار نوسان می‌کند.

مطالعه آزاد



کوتاه‌ترین زمان

محققان با استفاده از فناوری زمان‌سنجی بسیار کوتاه، پالس‌هایی از پرتوهای لیزری نزدیک به مادون قرمز را به اتم خنثی نئون تاباندند. اتم‌ها به صورت همزمان تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش شدیدی به مدت ۱۸۰ آتوثانیه (10^{-18} s) قرار گرفتند و الکترون‌ها را از مدارهای اتمی خود آزاد کردند. سپس زمان خروج الکترون‌های برانگیخته از اتم ثبت شد. دانشمندان دریافتند الکترون‌ها در مدارهای اتمی متفاوت که به صورت همزمان برانگیخته شده‌اند اتم را در زمانی کوتاه اما قابل محاسبه و برابر ۲۰ آتوثانیه (10^{-18} s) ترک می‌کنند.

یک آتوثانیه برابر یک میلیارد میلیارد یک ثانیه است.

دانشمندان بر این باورند دوره زمانی ۲۰ آتوثانیه‌ای برای خروج الکترون‌ها کوتاه‌ترین مدت زمانی است که تا به حال به صورت مستقیم اندازه‌گیری شده است.

یک محدوده زمانی به نام «ابعاد پلانک» وجود دارد که حتی آتوثانیه نیز در برابر آن مانند میلیون‌ها سال است. زمان پلانک یعنی کوچک‌ترین یکا زمانی که معنای فیزیکی دارد، این مقدار کوچک‌تر از یک تریلیون تریلیونم آتوثانیه است. دوره زمانی‌ای که تصور آن کاملاً ناممکن است.

همان‌طور که ذکر شد ثانیه یکای اصلی زمان در سیستم SI است. یکاهای دیگر مانند دقیقه،

ساعت، و روز به صورت ضرب‌هایی از این ثانیه‌اند.

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

۱ دقیقه ۶۰ ثانیه است و آن را با min نشان می‌دهند.

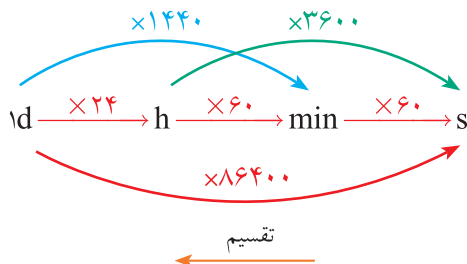
$$1h = 60 \text{ min} = 3600s$$

۱ ساعت ۶۰ دقیقه است و آن را با h نشان می‌دهند.

۱ شبانه روز ۲۴ ساعت است و آن را با d نمایش می‌دهند. بنابراین:

$$1d = 24h = 1440 \text{ min} = 86400s$$

تبدیل اجزای زمان:



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

تمرین نمونه ۱

زمان ۴ ساعت و ۱۸ دقیقه و ۱۲ ثانیه را برحسب یکاهای زیر به دست آورید.

الف) چند ثانیه ب) چند دقیقه ج) چند ساعت

(الف)	(ب)
$4h = 4 \times 3600 = 14400s$	$4h = 4 \times 60 = 240 \text{ min}$
$18 \text{ min} = 18 \times 60 = 1080s$	18 min
$12s$	$12s = 12 \div 60 = 0.2 \text{ min}$
$\hline 15492s$	$\hline 258.2 \text{ min}$

(ج)

$$\begin{array}{rcl}
 4h & + & \\
 18 \text{ min} = 18 \div 60 = 0.3h & + & \\
 12s = 12 \div 3600 = 0.0033h & & \\
 \hline
 4.3033h & = &
 \end{array}$$

ارزشیابی پایانی

۱. زمان‌های داده شده را برحسب ساعت بنویسید.

۱h , ۳۸ min	.....
۵h , ۲۰ min , ۳۶ s	.....
۴۶ min	.....
۶۱۲۰ s	.....

۲. زمان‌های جدول زیر را برحسب دقیقه به‌دست آورید.

۱h , ۲ min , ۳۷ s	.....
۳۰ min , ۲۵ s	.....
۱۰h , ۳۲ min	.....
۲۶۲۰ s	.....

۳. یک دستگاه CNC فرز در هر ۳ ساعت و ۲۲ دقیقه و ۴۵ ثانیه تعداد ۲۶ قطعه تولید می‌کند.
زمان ساخت یک قطعه را به‌دست آورید.



۴. مقادیر خواسته شده زیر را به دست آورید.

A	B	A+B	A-B
۳h , ۳۲ min , ۴۰ s	۱h , ۱۲ min , ۵۳ s		
۷h , ۵ min , ۳۴ s	۲h , ۴۲ min , ۸ s		

۵. دوچرخه سواری در یک پیست یک دور را در زمان متوسط $1/48 \text{ min}$ طی می کند. مقدار زمان لازم برای طی ۱۲ دور را بر حسب دقیقه و ثانیه به دست آورید.



۶. در شکل های زیر اختلاف زمان بین ساعت ها را بر حسب موارد زیر به دست آورید.

الف) بر حسب ساعت، دقیقه و ثانیه

ب) بر حسب دقیقه

ج) بر حسب ثانیه



(ب)



(الف)

حرکت

حرکت یکی از آشناترین پدیده‌ها برای بشر از بدو تولد است، انسان از بدو تولد چشم به دنیایی می‌گشاید که حرکت لازمه آن و اجتناب از آن ناممکن است. اولین چیزی که حس می‌کند حرکت صورت و دستان کسانی است که انتظار ورودش به جهانی نو را می‌کشند. اجسام بسیاری در اطراف ما در حال حرکت‌اند. اجسامی به بزرگی کهکشان‌ها و اجسام بسیار کوچکی مانند ذره‌های گرد و غبار. حتی اجسامی که به نظر ساکن می‌آیند اتم‌های آن پیوسته در حال ارتعاش و حرکت‌اند.

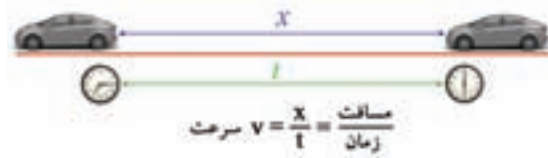
حرکت عملی است که با آن جسمی از مکانی به مکانی دیگر عبور می‌کند.

به عبارت دیگر هرگاه محل استقرار جسم تغییر کند، می‌گوییم آن جسم حرکت کرده است. حرکت انواع مختلفی دارد که می‌توان با مقایسه جهت و سرعت حرکت‌های مختلف، آنها را از هم تفکیک کرد.



سرعت

سرعت عامل مهمی برای سنجش و ارزیابی حرکت است. در حقیقت مقدار سرعت و تغییر آن است که نوع حرکت را مشخص می‌کند. سرعت از تقسیم مسافت بر زمان به دست می‌آید (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱

حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت

در حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت مقدار سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای با هم برابر است و به حرکتی گفته می‌شود که در آن همواره سرعت متحرک دارای اندازه و جهت ثابت است. در این حرکت، جابه‌جایی متحرک در زمان‌های مساوی با هم برابر است.

$$\text{سرعت} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان حرکت}}$$

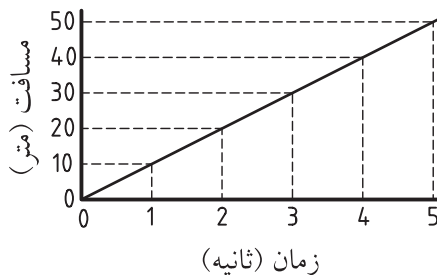
$$v = \frac{x}{t}$$

$$v = \text{سرعت} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$x = \text{مسافت پیموده شده (m)}$$

$$t = \text{زمان (s)}$$

شیب نمودار مکان نسبت به زمان در حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت همواره ثابت است (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲

یکای سرعت در سیستم SI

یکای سرعت در سیستم SI متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$) است و آن سرعت متحرکی است که در هر ثانیه مسافتی برابر یک متر را طی می‌کند.

سرعت می‌تواند دارای یکاهای دیگری نیز باشد. به‌طور مثال یکاهای سرعت بر حسب نیاز در جدول ۲-۱ ارائه شده است.

جدول ۲-۱ یکاهای سرعت در سیستم SI

وسایل نقلیه	$\frac{km}{h}$
سرعت محیطی، سرعت صوت، سرعت برش در سنگ‌زنی	$\frac{m}{s}$
سرعت پیشروی در وسایل براده‌برداری مثل فرزکاری، سنگ‌زنی	$\frac{mm}{min}$
سرعت برش در تراشکاری، صفحه تراش، فرزکاری، سوراخکاری، سرعت در جرثقیل‌ها	$\frac{m}{min}$
سرعت نوار در نوارهای صدا و مغناطیسی	$\frac{cm}{s}$

تبدیل یکاهای سرعت

$$\frac{m}{s} \xrightarrow[\div]{\times 3.6} \frac{km}{h} \quad \frac{m}{s} \xrightarrow[\div]{\times 3600} \frac{m}{h} \quad \frac{m}{s} \xrightarrow[\div]{\times 60} \frac{m}{min}$$

مطالعه آزاد



برای تبدیل یکاهای کسری به یکدیگر ابتدا ضرایب تبدیل در صورت و مخرج را به طور جداگانه نوشته و از حاصل تقسیم آنها مقدار نهایی ضریب تبدیل را به دست می‌آوریم.

به‌طور مثال:

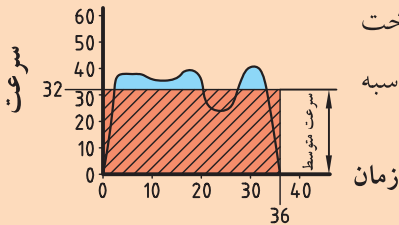
$$\frac{m}{s} \times \frac{1}{\frac{1}{3600}} \rightarrow \frac{km}{h} \rightarrow \frac{m}{s} \times \frac{3600}{1000} \rightarrow \frac{km}{h} \rightarrow \frac{m}{s} \xrightarrow{\times 3.6} \frac{km}{h}$$

$$\frac{m}{s} \times \frac{1}{\frac{1}{60}} \rightarrow \frac{m}{min} \rightarrow \frac{m}{s} \xrightarrow{\times 60} \frac{m}{min}$$



سرعت خطی غیر یکنواخت

طبق قوانین نیوتن برای حفظ سرعت ثابت باید برایندهای نیروهای خارجی وارد بر جسم صفر باشد تا جسم بتواند با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه دهد. که این معمولاً به دلیل تغییر شرایط محیطی جسم امکان پذیر نیست. به طور مثال سرعت باد یکی از مهمترین عوامل بیرونی در حرکت اتومبیل است. که تأثیر مستقیمی بر روی حرکت خودرو می گذارد و همچنین در صورتی که مخلوط مواد تشکیل دهنده آسفالت کف جاده در طول مسیر یکنواخت نباشد ضرایب اصطکاک در طول مسیر متفاوت بوده و بر روی نیروی مقاوم اصطکاک و در نتیجه سرعت اتومبیل تأثیر گذار است. از این



جهت اغلب حرکتها دارای سرعت غیر یکنواخت است. در نتیجه سرعت میانگین یا متوسط در محاسبه مورد استفاده قرار می گیرد.

تمرین نمونه ۱

در صورتی که هواپیمای جنگی زیر در طول ۲ کیلومتر به اندازه ۴۰۰ متر اوج بگیرد و کل این فاصله را در زمان ۱۷ ثانیه بپیماید سرعت هواپیما را بر حسب $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ حساب کنید (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳

$$2\text{km} = 2000\text{m}$$

$$x = \sqrt{400^2 + 2000^2} = 2040\text{m}$$

$$v = \frac{x}{t} = \frac{2040}{17} = 120 \frac{\text{m}}{\text{s}} \xrightarrow{\times 3.6} 432 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

تمرین نمونه ۲

اتومبیلی با سرعت ثابت ۶۰ کیلومتر بر ساعت در حرکت است. مسافتی را که این اتومبیل در زمان ۱۴۰ ثانیه طی می‌کند چند متر است؟

$$۶۰ \frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow{\div ۳,۶} ۱۶,۶۶ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{x}{t} \rightarrow x = v \cdot t \rightarrow x = ۱۶,۶۶ \times ۱۴۰ = ۲۳۳۲,۴ \text{ m}$$

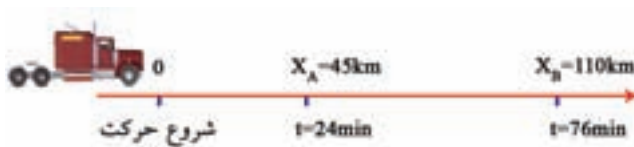
تمرین نمونه ۳

شناگری طول یک استخر ۵۵ متری را در ۴۵ ثانیه طی می‌کند. سرعت شناگر چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

$$v = \frac{x}{t} \rightarrow v = \frac{۵۵}{۴۵} = ۱,۲۲ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

تمرین نمونه ۴

کامیونی با سرعت ثابت از نقطه O شروع به حرکت می‌کند. در صورتی که در فاصله ۴۵ کیلومتری از شروع حرکت ۲۴ دقیقه گذشته باشد و در فاصله ۱۱۰ کیلومتری از مبدأ حرکت، زمان ۷۶ min سپری شده باشد، سرعت در فاصله بین OA و AB را حساب کنید (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴

$$X_{OA} = ۴۵ \text{ km} \quad t_{OA} = ۲۴ \text{ min} = ۰,۴ \text{ h}$$

سرعت بین مکان O و A

$$v_{OA} = \frac{x}{t} = \frac{۴۵}{۰,۴} = ۱۱۲,۵ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

سرعت بین مکان A و B

$$X_{AB} = ۱۱۰ - ۴۵ = ۶۵ \text{ km} \quad t_{AB} = ۷۶ - ۲۴ = ۵۲ \text{ min} = ۰,۸۶۶ \text{ h}$$

$$v_{AB} = \frac{x}{t} = \frac{۶۵}{۰,۸۶۶} = ۷۵ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

ارزشیابی پایانی

۱. در تله کابین شکل زیر در صورتی که کابین ها با سرعت ثابت ۳ متر بر ثانیه حرکت کنند و مسیر حرکت این کابین ها ۲۱۰۰ متر باشد موارد زیر را محاسبه کنید.
- الف) مدت زمان رسیدن کابین ها به بالای کوه را برحسب دقیقه به دست آورید.
- ب) در صورتی که زاویه کابل ها با سطح افق ۵۰ درجه باشد سرعت افقی چند $\frac{m}{s}$ است؟
- ج) سرعت عمودی این کابین ها چند $\frac{m}{s}$ است؟



۲. سرعت آسانسور ساختمانی ۱۰۸ متر بر دقیقه است در زمان ۹ ثانیه چه ارتفاعی بالا می رود؟



۳. جک هیدرولیکی تعمیرگاهی در زمان ۹ ثانیه اتومبیلی را به ارتفاع ۱/۶ متر بالا می‌برد. سرعت پیستون آن را بر حسب متر بر دقیقه به دست آورید.



۴. دو موتورسوار با سرعت ثابت، همزمان از یک مسیر عبور می‌کنند. در صورتی که موتور سوار A با سرعت $12 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ و موتورسوار B با سرعت $20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ به حرکت خود ادامه دهند، مطلوب است:

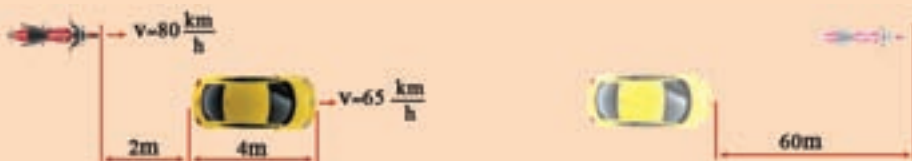
(الف) مسافتی که موتور سوار A پس از ۱ ساعت و ۸ دقیقه و ۲۵ ثانیه می‌پیماید چند متر است؟

(ب) مسافتی که موتور سوار B پس از ۴۵ دقیقه و ۱۲ ثانیه می‌پیماید چند متر است؟

(ج) پس از ۱ ساعت و ۲۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه فاصله بین این دو موتورسوار چند متر است؟



۵. موتورسواری می‌خواهد از اتومبیلی سبقت بگیرد. حساب کنید در چه زمانی موتورسوار ۶۰ متر جلوتر از اتومبیل قرار خواهد گرفت.



حرکت دایره‌ای

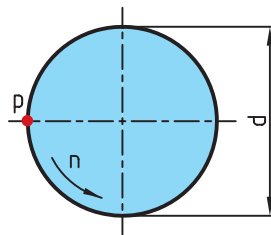
دوران

تعداد دوران یعنی یک جسم در واحد زمان چندین بار حول محور خود می‌گردد. یکای تعداد دوران $\frac{1}{s}$ یا $\frac{1}{min}$ است. $\frac{1}{s}$ نشان‌دهنده یک دور در هر ثانیه و $\frac{1}{min}$ نشان‌دهنده یک دور در هر دقیقه است.

سرعت محیطی

وقتی جسمی حول یک محور می‌چرخد هر نقطه از آن دارای سرعت محیطی است، که سرعت محیطی آن بسته به فاصله آن از مرکز دوران متفاوت است. اگر نقطه‌ای مانند p روی دایره‌ای به قطر d حرکت یکنواختی کند، سرعت محیطی آن مقدار مسافتی خواهد بود که نقطه p در واحد زمان طی می‌کند. و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید (شکل ۲-۵).

$$v = \pi \times d \times n$$



$v =$ سرعت محیطی ($\frac{m}{s}$)

$d =$ قطر دوران (m)

$n =$ تعداد دوران ($\frac{1}{s}$)

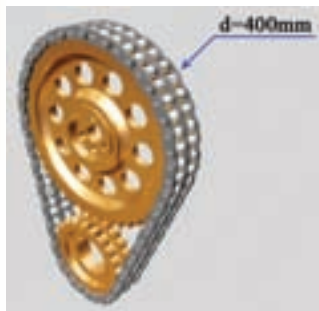
شکل ۲-۵

رابطه فوق نشان می‌دهد که سرعت محیطی نقاط مختلف یک جسم دوار به قطر و تعداد دوران آن بستگی دارد، به نحوی که با ثابت ماندن تعداد دوران، نقطه‌ای که به محور چرخش نزدیکتر است سرعت محیطی کمتر و نقطه‌ای که از محور چرخش دورتر است دارای سرعت محیطی بیشتری خواهد بود.

توجه: گفتمنی است واحد سرعت محیطی در مواردی نیز بر حسب متر بر دقیقه ($\frac{m}{min}$) بیان می‌شود.

تمرین نمونه ۱

در شکل ۲-۶ چرخ زنجیری به قطر $d = 400 \text{ mm}$ در هر دقیقه ۶۰۰ دور می‌زند، سرعت تسمه را بر حسب $\frac{m}{s}$ به دست آورید. (سرعت زنجیر با سرعت محیطی چرخ زنجیر برابر است).



شکل ۲-۶

$$n = 600 \frac{1}{\text{min}} = 600 \div 60 = 10 \frac{1}{s}, \quad d = 400 \text{ mm} = 0.4 \text{ m}$$

$$v = \pi \times d \times n \quad v = 3.14 \times 0.4 \times 10 = 12.56 \frac{m}{s}$$

تمرین نمونه ۲

در سه نظام شکل ۲-۷ قطر قطعه کار ۱۸ میلی‌متر و قطر سه نظام ۲۸ سانتی‌متر است. سرعت محیطی قطعه کار و سه نظام را در صورتی که تعداد دوران ۳۵۵ دور بر دقیقه باشد بر حسب $\frac{m}{s}$ و $\frac{m}{\text{min}}$ به دست آورید.



شکل ۲-۷

قطر سه نظام $D = 28 \text{ cm} = 0.28 \text{ m}$, قطر قطعه $d = 18 \text{ mm} = 0.018 \text{ m}$

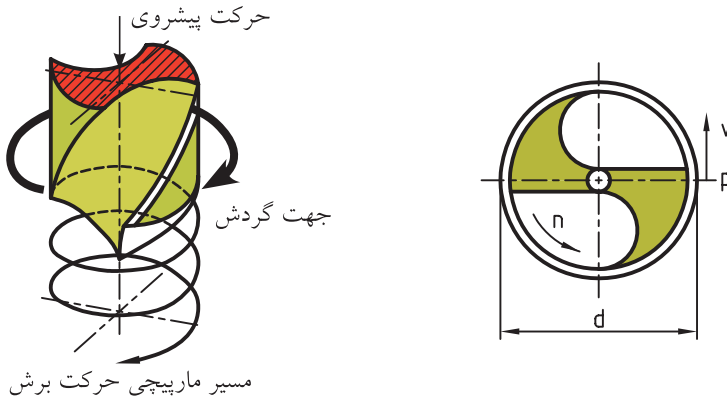
$$v = \pi \times d \times n$$

$$\text{سرعت محیطی قطعه کار} \quad v = 3.14 \times 0.018 \times 355 = 20.06 \frac{m}{\text{min}} \xrightarrow{\div 60} 0.334 \frac{m}{s}$$

$$\text{سرعت محیطی سه نظام} \quad v = 3.14 \times 0.28 \times 355 = 312.116 \frac{m}{\text{min}} \xrightarrow{\div 60} 5.20 \frac{m}{s}$$

سرعت برش

سرعت برش، سرعتی است که با آن عمل براده برداری انجام می‌گیرد. واحد سرعت برش در سوراخ کاری متر بر دقیقه $\frac{m}{min}$ و در سنگ زنی $\frac{m}{s}$ است (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸

مطالعه آزاد



سرعت برش در تراشکاری طول مسیر طی شده به وسیله نوک رنده در زمان یک دقیقه است.

به عبارت دیگر طول براده ایجاد شده در یک دقیقه را سرعت برش می‌گویند. تعیین سرعت برش مناسب به عوامل متعددی از قبیل جنس قطعه کار، جنس ابزار، سطح مقطع براده، مواد خنک کننده و نوع ساختمان ماشین بستگی دارد. در صنعت تراشکاری مقدار سرعت برش بر اساس این عوامل انتخاب شده و با توجه به فرمول سرعت برش، مقدار دور سه نظام را مشخص می‌کند.

تمرین نمونه ۳

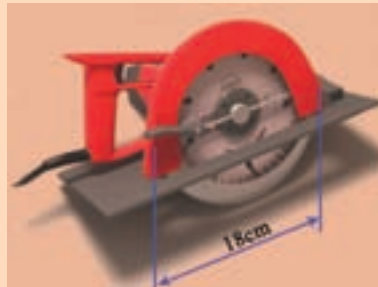
سوراخی به قطر ۱۲ میلی‌متر توسط مته‌ای ایجاد می‌شود، در صورتی که سرعت برش $\frac{32}{min} m$ باشد تعداد دوران مته را حساب کنید.

$$d = 12 \text{ mm} = 0.012 \text{ m} \quad v = 32 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$v = \pi \times d \times n \rightarrow 32 = 3.14 \times 0.012 \times n \rightarrow n = \frac{32}{3.14 \times 0.012} = 849.25 \approx 850 \frac{1}{\text{min}}$$

ارزشیابی پایانی

۱. در دستگاه برش زیر در صورتی که سرعت برش دستگاه $8 \frac{m}{s}$ باشد و قطر تیغه برش ۱۸ سانتی متر باشد تعداد دوران تیغه را به دست آورید.



۲. در ساعت مطابق شکل زیر در صورتی که طول عقربه ثانیه شمار آن از محور دوران ۱۲cm باشد و ثانیه شمار حرکت پیوسته و بدون مکث داشته باشد سرعت محیطی نوک عقربه چند $\frac{mm}{h}$ است؟



۳. اگر در یک جرثقیل سقفی مطابق شکل قطر قرقره دستگاه ۲۵۰ mm باشد حساب کنید:

الف) با تعداد دوران $18 \frac{1}{\text{min}}$ کابل فلزی با چه سرعتی بالا می‌رود؟

ب) اگر سرعت لازم برای کابل $55 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ باشد تعداد دوران قرقره چقدر خواهد بود.



۴. تراکتور مطابق شکل زیر با سرعت ۴۵ km/h در حال حرکت است در صورتی که قطر جلو ۸۵ cm و قطر چرخ عقب $1/4 \text{ m}$ باشد تعداد دوران هر چرخ را بر حسب دور بر دقیقه به دست آورید.



۵. در یک شهر بازی موتورسواری بر روی دیوار مرگ هنرنمایی می‌کند در صورتی که قطر این دیواره ۱۱ متر باشد و موتورسوار در هر دقیقه ۲۳ دور بزند موارد زیر را حساب کنید:

الف) سرعت موتورسوار چند کیلومتر بر ساعت است؟

ب) در صورتی که قطر چرخ‌های موتور ۶۸ سانتی متر باشد تعداد دوران چرخ‌ها را بر حسب دور بر دقیقه به دست آورید.



فصل سوم: انتقال حرکت به وسیله چرخ تسمه

انتقال حرکت به وسیله تسمه تخت

انتقال حرکت با تسمه‌های دوزنقه‌ای



هدف‌های رفتاری

پس از فراگیری این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- انتقال حرکت در چرخ تسمه را شرح دهد.
- روابط انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها را شرح دهد.
- ارتباط قطر چرخ تسمه را با تعداد دوران چرخ تسمه بیان کند.
- تفاوت چرخ تسمه تخت و دوزنقه‌ای را بیان کند.
- قطر مؤثر در چرخ تسمه دوزنقه‌ای را محاسبه کند.
- تفاوت چرخ تسمه‌های ساده و مرکب را بیان کند.
- نسبت انتقال را در چرخ تسمه ساده محاسبه کند.
- نسبت انتقال را در چرخ تسمه مرکب محاسبه کند.
- مسائل مربوط به چرخ تسمه را حل کند.

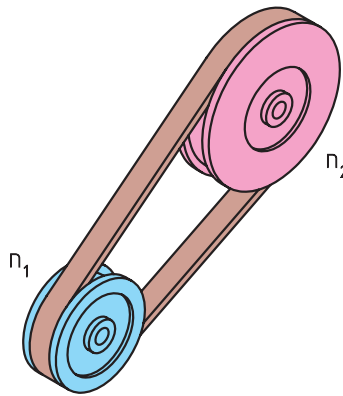


انتقال حرکت به وسیله تسمه تخت

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 و خواسته‌های 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 ۳-۱)



شکل ۳-۱

$$\begin{aligned}v_1 &= v_2 \\ \pi \times n_1 \times d_1 &= \pi \times n_2 \times d_2 \\ n_1 \times d_1 &= n_2 \times d_2 \\ \frac{n_1}{n_2} &= \frac{d_2}{d_1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n_1 &= \text{دوران چرخ محرک} \\ n_2 &= \text{دوران چرخ متحرک} \\ d_1 &= \text{قطر چرخ محرک} \\ d_2 &= \text{قطر چرخ متحرک}\end{aligned}$$

در روابط بالا نسبت دور چرخ محرک به چرخ متحرک را نسبت انتقال می نامند و آن را با i نشان می دهند.

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

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

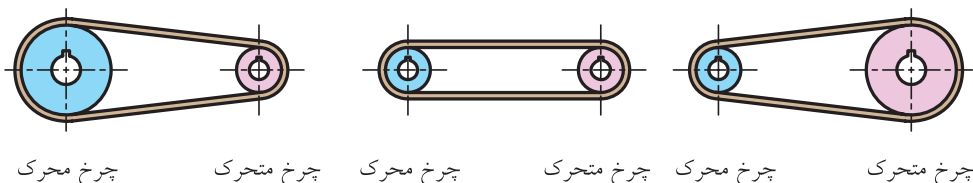
نکته



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 می دهد، که تعداد دوران محور متحرک کم و یا زیاد می شود. جدول زیر این تغییرات را نشان می دهد (شکل ۳-۲).

$i < 1$	$i = 1$	$i > 1$
دوران چرخ متحرک زیاد می شود	دوران تغییر نمی کند	دوران چرخ متحرک کم می شود



شکل ۳-۲

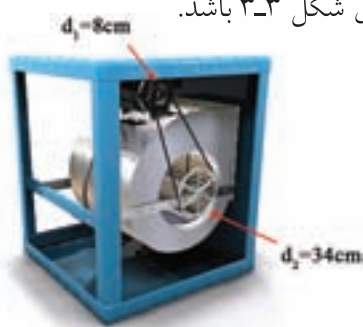
نکته



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

تمرین نمونه ۱

اگر تعداد دوران الکترو موتور ۱۴۲۵ دور در دقیقه باشد و قطر چرخ تسمه (پولی) روی محور موتور و پروانه مطابق شکل ۳-۳ باشد.



شکل ۳-۳

الف) نسبت انتقال حرکت را به دست آورید.

ب) تعداد دوران پروانه کولر را به دست آورید.

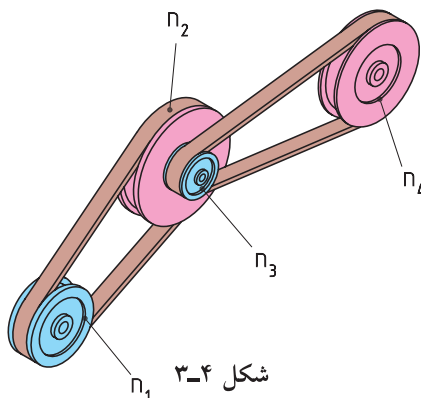
$$n_1 = 1425 \frac{1}{\text{min}} \quad d_1 = 8\text{cm} \quad d_2 = 34\text{cm}$$

الف) $i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{34}{8} = 4,25$

ب) $i = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow 4,25 = \frac{1425}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{1425}{4,25} = 335,3 \frac{1}{\text{min}}$

نسبت انتقال حرکت به وسیله چرخ تسمه مرکب

انتقال حرکت مرکب از دو نسبت انتقال حرکت ساده تشکیل می شود: (شکل ۳-۴)



شکل ۳-۴

d_1 و d_2 = قطر چرخ‌های محرک
 n_1 و n_2 = تعداد دوران چرخ‌های محرک
 d_1 و d_2 = قطر چرخ‌های متحرک
 n_1 و n_2 = تعداد دوران چرخ‌های متحرک
 n_a = تعداد دوران اولین چرخ محرک
 n_e = تعداد دوران آخرین چرخ متحرک
 i_1 = نسبت انتقال بین چرخ تسمه ۱ و ۲
 i_r = نسبت انتقال بین چرخ تسمه ۳ و ۴
 i = نسبت انتقال کلی

$$i = i_1 \times i_r$$

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

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

با توجه به اینکه چرخ‌دنده 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، بنابراین:

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

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

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

انتقال حرکت با تسمه‌های دوزنقه‌ای

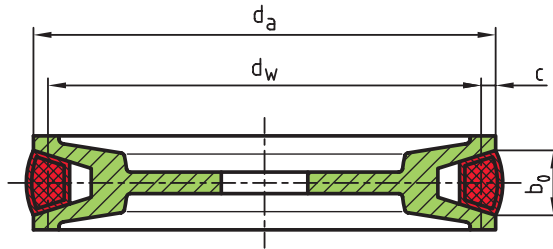
محاسبه انتقال حرکت با تسمه‌های با مقطع دوزنقه‌ای نیز مانند تسمه‌های تخت است، با این تفاوت که در چرخ تسمه‌های دوزنقه‌ای، به جای قطر خارجی (d)، قطر مؤثر (d_w) را در رابطه مربوطه قرار می‌دهیم:

$$d_a = \text{قطر خارجی چرخ تسمه}$$

$$d_w = \text{قطر مؤثر چرخ تسمه}$$

$$c = \text{فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ تسمه}$$

$$b_o = \text{پهنای بالای تسمه}$$



شکل ۳-۵

برای به‌دست آوردن قطر مؤثر، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$d_w = d_a - 2c$$

مقدار c به پهنای تسمه b_o بستگی دارد و مقدار آن را می‌توان از جدول ۳-۱ به‌دست آورد.

جدول ۳-۱

اندازه‌ها به mm	DIN ۲۲۱۵ تسمه معمولی								DIN ۷۷۵۳ تسمه باریک				
پهنای تسمه b	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 d_w روابط انتقال حرکت در چرخ تسمه‌های دوزنقه‌ای به صورت زیر است.

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

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

تمرین نمونه ۲

قطر مؤثر چرخ تسمه محرک ۱۲۸ میلی‌متر و تعداد دوران آن ۶۰۰ دور بر دقیقه است.
مطلوب است:

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 صورتی که پهنای بالای تسمه $b_0 = 13 \text{ mm}$ باشد.
(اگر $b_0 = 13 \text{ mm}$ باشد طبق جدول ۳-۱ $c = 2.8 \text{ mm}$ خواهد بود)

$$\text{الف) } n_1 \times d_{w_1} = n_2 \times d_{w_2} \rightarrow d_{w_2} = \frac{n_1 \times d_{w_1}}{n_2} = \frac{600 \times 128}{400} = 192 \text{ mm}$$

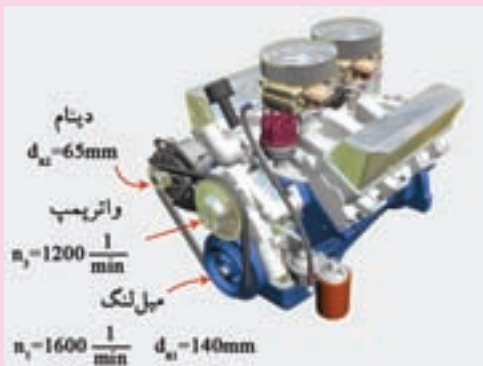
$$\text{ب) } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{600}{400} = 1.5 \quad i = \frac{d_{w_2}}{d_{w_1}} = \frac{192}{128} = 1.5$$

$$\text{ج) } d_{a_1} = d_{w_1} + 2c = 128 + (2 \times 2.8) = 133.6 \text{ mm}$$

$$d_{a_2} = d_{w_2} + 2c = 192 + (2 \times 2.8) = 197.6 \text{ mm}$$

ارزشیابی پایانی

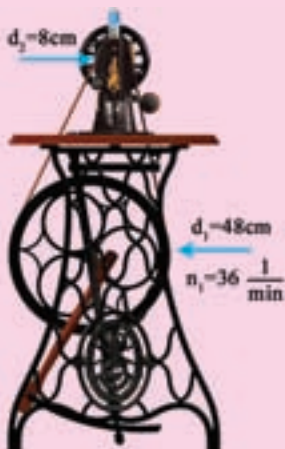
- در یک موتور ماشین حرکت دورانی محور دینام و واترپمپ با یک چرخ تسمه از محور میل لنگ موتور تأمین می‌شود. اگر پهنای تسمه $۱۲/۷$ میلی متر باشد مطلوب است:
الف) قطر مؤثر چرخ تسمه واترپمپ



ب) تعداد دوران دینام

ج) سرعت تسمه

- در یک دستگاه چرخ خیاطی در صورتی که تعداد دوران چرخ محرک ۳۶ دور بر دقیقه باشد تعداد دوران چرخ متحرک را بر حسب دور بر ثانیه به دست آورید.

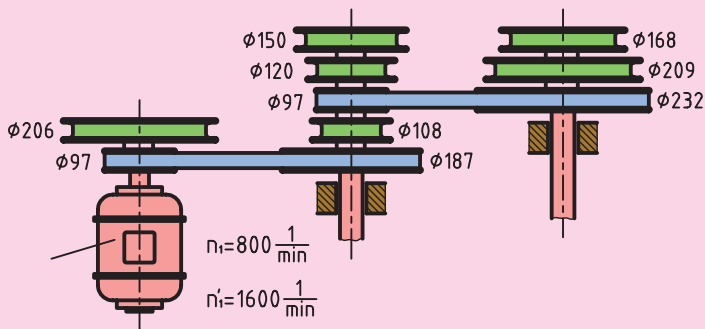


۳. در دستگاه انتقال حرکت ماشین مته مطابق شکل از تسمه نرمال استفاده شده است. اگر پهنای تسمه ۱۷ میلی‌متر و قطر خارجی چرخ تسمه‌ها مطابق شکل باشد، مطلوب است:

الف) تعداد مراحل دور دستگاه

ب) حداقل تعداد دور محور مته

ج) حداکثر تعداد دور محور مته



۴. در جدول زیر مقادیر خواسته شده را به دست آورید.

ج	ب	الف	
٢٤٠	٤٥٠	١١٢	$d_l(\text{mm})$
؟	١٨٠	٦٧٢	$d_r(\text{mm})$
١٤٥	٢٢٤	١٢٠	$d_r(\text{mm})$
١١٦	؟	٢٤٠	$d_r(\text{mm})$
٣١٥	٢٨٠	١٤٤٠	$n_l(\frac{1}{\text{min}})$
؟	١٤٠٠	؟	$n_r(\frac{1}{\text{min}})$
٠/٦	؟	؟	i

۵. در جدول زیر مقادیر خواسته شده را به دست آورید.

	الف	ب	ج
d_{λ}	۱۸۰	۲۵۰	۱۱۲
d_r	۳۱۵	۵۰	؟
$n_{\lambda}(\frac{\lambda}{\min})$	۸۰۰	؟	؟
$n_r(\frac{\lambda}{\min})$	؟	۱۴۰۰	۵۶۰
i	؟	؟	$\frac{2}{5}$

فصل چهارم: محاسبات سطح

یکای اندازه‌گیری سطح

محاسبه سطوح اشکال گوشه‌دار

محاسبه سطوح اشکال قوس‌دار

محاسبه مساحت اشکال مرکب

محاسبه دورریز سطوح



هدف‌های رفتاری

پس از فراگیری این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- تفاوت سطح با طول را بیان کند.
- یکای اندازه‌گیری سطح را در سیستم SI توضیح دهد.
- تبدیلات مربوط به یکاهای اندازه‌گیری سطح را انجام دهد.
- مساحت اشکال هندسی گوشه‌دار را محاسبه کند.
- مساحت اشکال هندسی قوس‌دار را محاسبه کند.
- مساحت اشکال هندسی مرکب را محاسبه کند.
- درصد دورریز سطحی یک قطعه را محاسبه کند.



یکای اندازه‌گیری سطح

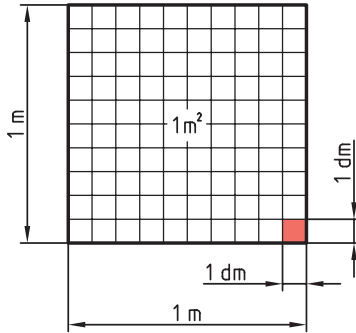
یکای اندازه‌گیری سطح در سیستم SI مترمربع و آن سطح مربعی است که طول ضلع آن ۱ متر است.

$$1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^2$$

$$10\text{dm} \times 10\text{dm} = 100\text{dm}^2$$

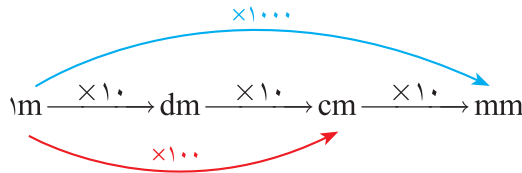
$$100\text{cm} \times 100\text{cm} = 10000\text{cm}^2$$

$$1000\text{mm} \times 1000\text{mm} = 1000000\text{mm}^2$$

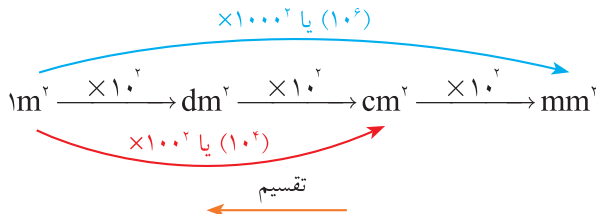


شکل ۴-۱

همان‌طور که در فصل اول اشاره کردیم برای تبدیل یکاهای طول از نمودار زیر استفاده می‌کنیم:



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

به عبارت دیگر:

$$1\text{m}^2 = 10^2\text{dm}^2 = 10^4\text{cm}^2 = 10^6\text{mm}^2$$

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

$$1\text{m}^2 = 10^2\text{dm}^2 = 10^4\text{cm}^2 = 10^6\text{mm}^2$$

تمرین نمونه ۱

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

الف) $9\text{mm}^2 = \dots\text{cm}^2$ جواب: $9\text{mm}^2 \xrightarrow{\div 10^4} 0.09\text{cm}^2$

ب) $11\text{m}^2 = \dots\text{cm}^2$ جواب: $11\text{m}^2 \xrightarrow{\times 10^4} 11 \times 10^4 = 110000\text{cm}^2$

ج) $25.4\text{dm}^2 = \dots\text{mm}^2$ جواب: $25.4\text{dm}^2 \xrightarrow{\times 10^4} 25.4 \times 10^4 = 254000\text{mm}^2$

ارزشیابی پایانی

۱. اندازه‌های زیر را به یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

$۸/۵ \text{ mm}^2$	$\dots \text{ dm}^2$	$۰/۶۵ \text{ mm}^2$	$\dots \text{ m}^2$
۲۵۱۰ dm^2	$\dots \text{ m}^2$	۲۵۳ dm^2	$\dots \text{ cm}^2$
$۱/۴۵ \text{ cm}^2$	$\dots \text{ dm}^2$	۹۵ cm^2	$\dots \text{ m}^2$

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

الف) $۳۳/۴۵ \text{ dm}^2 + ۰/۴۵ \text{ m}^2 + ۵۰/۲۵ \text{ cm}^2 = \dots \text{ dm}^2$

ب) $۱۱۰ \text{ cm}^2 + ۴ \text{ m}^2 - ۲۰ \text{ dm}^2 = \dots \text{ mm}^2$

ج) $۶۲ \text{ m}^2 - ۱۱۰ \text{ mm}^2 + ۱۲ \text{ cm}^2 - ۴۰ \text{ dm}^2 = \dots \text{ cm}^2$

۳. مقادیر زیر را به یکای مورد نظر تبدیل کنید.

الف) به دسی مترمربع

$$۱۱/۲۵ \text{ cm}^2, ۲/۸۷ \text{ m}^2, ۱۴/۷۵ \text{ mm}^2$$

ب) به سانتی متر مربع

$$۲۹/۹ \text{ dm}^2, ۰/۷۸۶ \text{ m}^2, ۲۲/۷۵ \text{ mm}^2$$

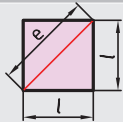
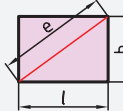
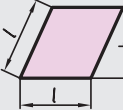
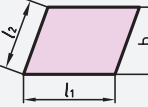
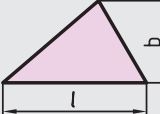
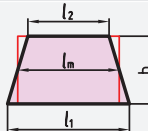
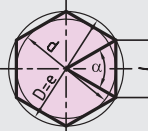
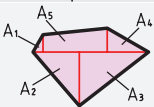
محاسبه سطوح اشکال گوشه‌دار

برای محاسبه سطوح اشکال گوشه‌دار از علائم اختصاری جدول ۴-۱ استفاده می‌شود و روابط آنها در جدول ۴-۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۱. علائم اختصاری

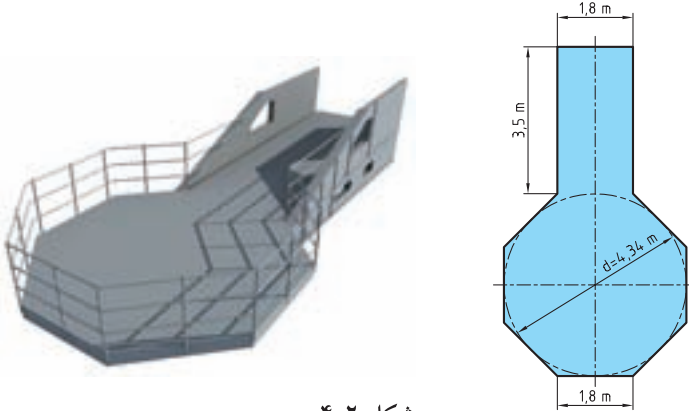
A	مساحت	e	قطر	b	عرض
l	طول	D	قطر دایره محیطی در چندضلعی منتظم	d	قطر دایره محاطی در چندضلعی منتظم
l_m	طول متوسط	n	تعداد اضلاع	α	زاویه مرکزی

جدول ۴-۲

مساحت					
مربع		$A = l \times l = l^2$	$e = \sqrt{l^2 + l^2} = \sqrt{2} \times l = ۱,۴۱۴l$		
مستطیل		$A = l \times b$	$e = \sqrt{l^2 + b^2}$		
لوزی		$A = l \times b$			
متوازی الاضلاع		$A = l_1 \times b$			
مثلث		$A = \frac{l \times b}{2}$	در مثلث متساوی الاضلاع $b = \sqrt{3} \times \frac{l}{2} \approx ۰,۸۶۶ \times l$		
دوزنقه		$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b$ $A = l_m \times b$	$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$		
چند ضلعی منتظم		$A = n \times A_1 = \frac{n \times l \times d}{2}$	$l = D \times \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$ $d = \sqrt{D^2 - l^2}$		
سطوح مرکب		$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8$			

تمرین نمونه ۱

در یک سکوی فلزی مطابق شکل ۴-۲ مساحت کف سکو را حساب کنید.



شکل ۴-۲

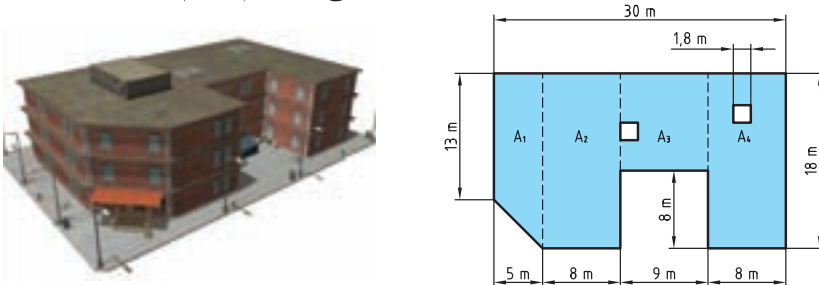
$$A_1 = l \times b = 3.5 \times 1.8 = 6.3 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت مستطیل}$$

$$A_2 = \frac{n \times l \times d}{4} = \frac{8 \times 1.8 \times 4.34}{4} = 15.624 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت هشت ضلعی}$$

$$A = A_1 + A_2 = 6.3 + 15.624 = 21.924 \text{ m}^2$$

تمرین نمونه ۲

برای سقف ساختمانی مطابق شکل ۴-۳ چند متر مربع ایزوگام لازم است؟



شکل ۴-۳

$$A_1 = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b = \frac{13 + 18}{2} \times 5 = 77.5 \text{ m}^2$$

$$A_2 = A_3 = l \times b = 18 \times 8 = 144 \text{ m}^2$$

$$A_4 = l \times b = 10 \times 9 = 90 \text{ m}^2$$

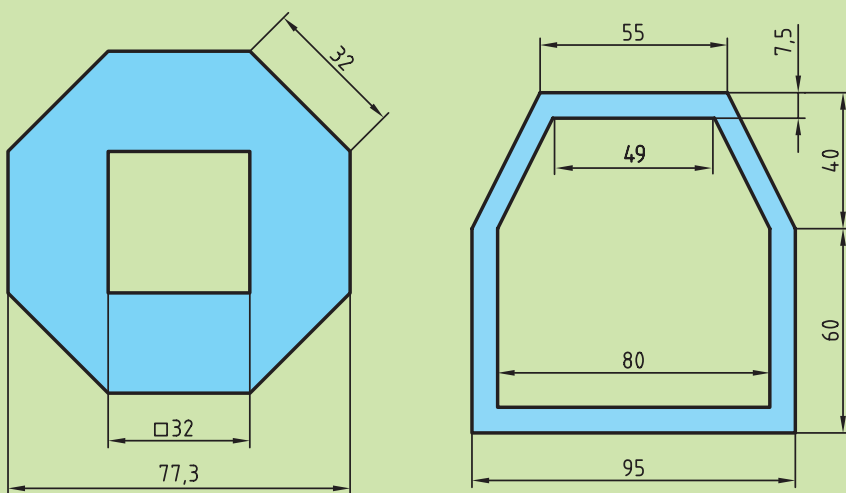
$$A_5 = l \times l = 1.8 \times 1.8 = 3.24 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت نورگیر}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 - 2A_5 = 77.5 + 144 + 90 + 144 - 2 \times 3.24 = 449.02 \text{ m}^2$$

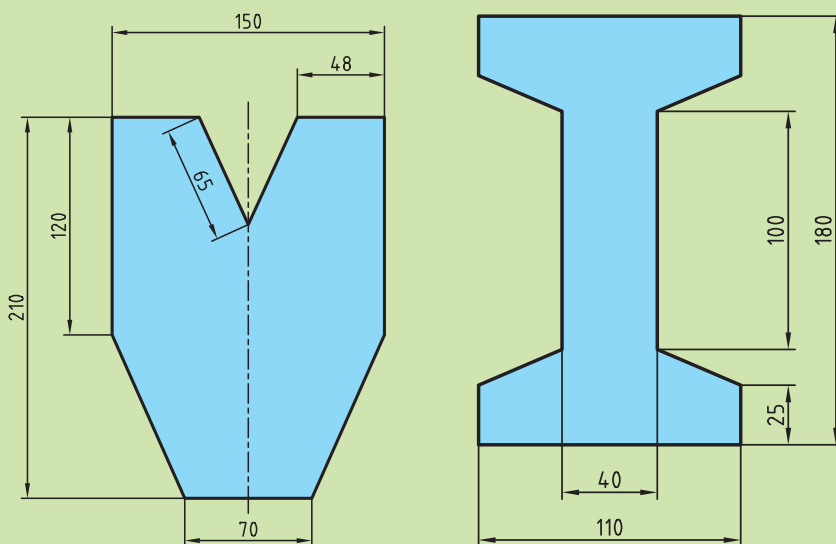
مساحت ایزوگام شده

ارزشیابی پایانی

۱. مساحت مقطع مطابق شکل را بر حسب mm^2 و cm^2 به دست آورید.



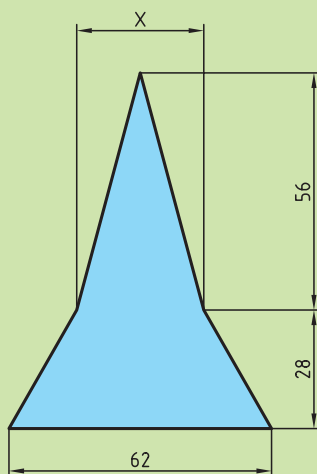
۲. مساحت قطعه زیر را بر حسب mm^2 به دست آورید.



۳. در صورتی که مساحت یک زمین فوتبال ۸۲۵۰m^2 باشد و طول آن ۱۱۰m باشد عرض این زمین فوتبال چند متر است؟



۴. مساحت مقطع قطعه زیر ۲۱۲۸mm^2 است. اندازه X را به دست آورید.



۵. مساحت مثلثی ۵۴۰mm^2 است مطلوب است:

(الف) اگر طول قاعده آن ۲۴mm باشد ارتفاع آن چقدر است؟

(ب) اگر ارتفاع آن ۳۰mm باشد اندازه قاعده آن چقدر خواهد بود؟

۶. محیط مربعی ۱۴۴mm است مساحت آن را به دست آورید.

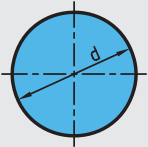
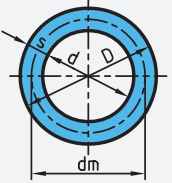
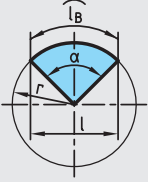
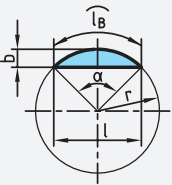
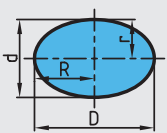
محاسبه سطوح اشکال قوس دار

برای محاسبه سطوح اشکال قوس دار از علائم اختصاری مطابق جدول ۴-۳ استفاده می شود و روابط آن در جدول ۴-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۳

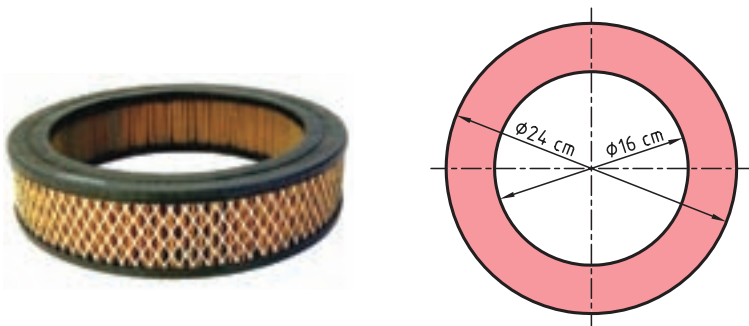
D	قطر بزرگ	l	طول وتر
d	قطر کوچک	l_B	طول قوس
R	شعاع بزرگ	d_m	قطر متوسط در تاج دایره
r	شعاع کوچک	s	عرض تاج دایره

جدول ۴-۴

مساحت			
دایره		$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$ $A = \pi \times r^2$	$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
تاج دایره		$A = \frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times d^2}{4}$ $A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2)$ $A = \pi \times d_m \times s$	$d_m = \frac{D + d}{2}$ $s = \frac{D - d}{2}$
قطاع دایره		$A = \frac{l_B \times r}{2}$ $A = \frac{\pi \times r^2 \times \alpha}{360^\circ}$	$l_B = \frac{\pi \times r \times \alpha}{180^\circ}$
قطعه دایره		$A = \frac{l_B \times r - l \times (r - b)}{2}$ $A = \frac{\pi \times r^2 \times \alpha}{360^\circ} - \frac{l \times (r - b)}{2}$ $A \approx \frac{r}{3} \times l \times b$	$b = r(1 - \cos \frac{\alpha}{2})$ $l = 2 \times r \times \sin \frac{\alpha}{2}$
بیضی		$A = \frac{\pi \times D \times d}{4}$	

تمرین نمونه ۱

فیلتر هوای یک خودرو مطابق شکل ۴-۴ است. مساحت مقطع این فیلتر هوا را برای طراحی محفظه آن به دست آورید.



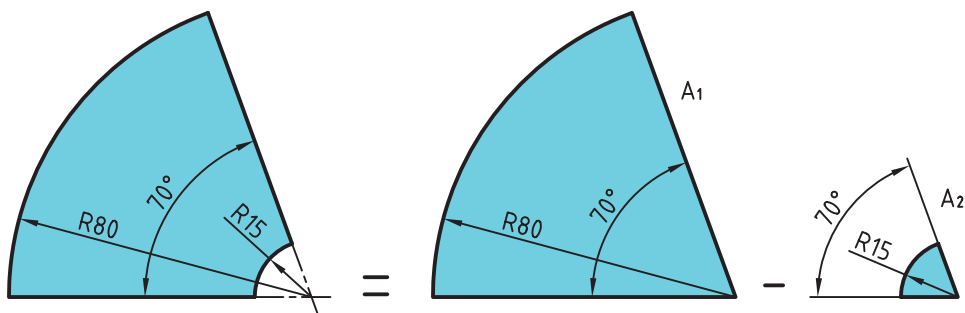
شکل ۴-۴

$$D = 24 \text{ cm} \quad d = 16 \text{ cm}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (24^2 - 16^2) = 251.2 \text{ cm}^2$$

تمرین نمونه ۲

مساحت ورق به کار رفته در قطعه مطابق شکل ۴-۵ را به دست آورید.



شکل ۴-۵

$$r_1 = 80 \text{ mm} \quad r_2 = 15 \text{ mm} \quad \alpha = 70^\circ$$

$$A = A_1 - A_2 = \frac{\pi \times r_1^2 \times \alpha}{360^\circ} - \frac{\pi \times r_2^2 \times \alpha}{360^\circ} =$$

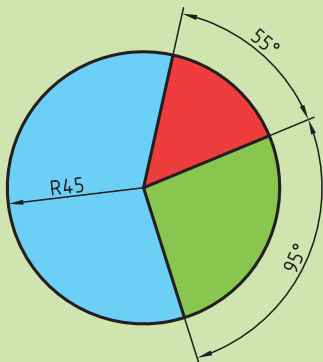
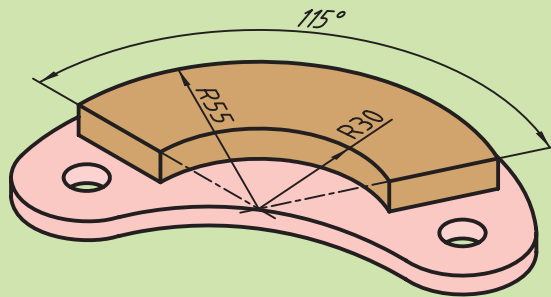
$$A = \frac{\pi \times 80^2 \times 70}{360} - \frac{\pi \times 15^2 \times 70}{360} = 3907.5 - 137.4 = 3770.1 \text{ mm}^2$$

ارزشیابی پایانی

۱. مساحت مقطع پیستونی مطابق شکل $7539/14 \text{ mm}^2$ است قطر آن چند میلی متر است؟

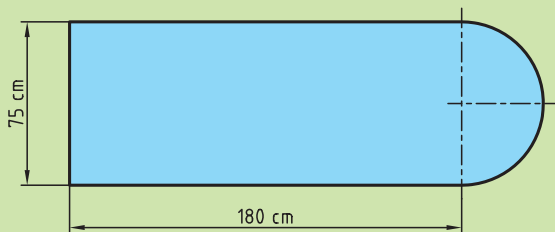


۲. سطح لنت مطابق شکل را به دست آورید.

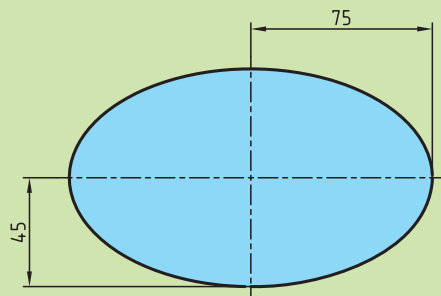


۳. در شکل زیر مساحت هر قطاع رنگی را به دست آورده و حساب کنید سطح هر قطاع چند درصد از مساحت کل دایره است.

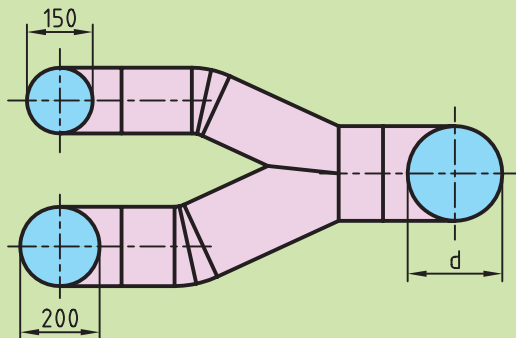
۴. مساحت سطح میز کامپیوتر زیر را به دست آورید.



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



۶. در کانال شکل زیر سطح مقطع کانال ورودی با کانال‌های خروجی برابر است. مقدار d را به دست آورید.



محاسبه مساحت اشکال مرکب

سطوحی که از چندین شکل هندسی مشخص تشکیل شده‌اند را سطوح مرکب می‌نامند.

برای محاسبه مساحت اشکال مرکب به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

(الف) سطح شکل مرکب را به اشکال هندسی معین تجزیه می‌کنیم.

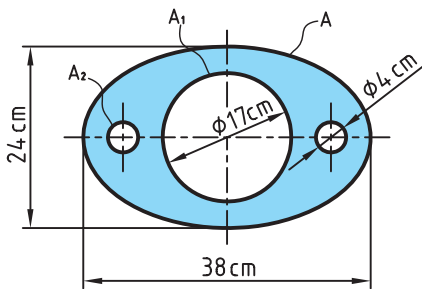
(ب) مساحت هر یک از اشکال هندسی را به دست می‌آوریم.

(ج) با جمع مساحت اشکال هندسی تجزیه شده مساحت شکل مرکب را به دست می‌آوریم.

(در این جمع سطوح سوراخ شده را از مساحت کل کم می‌کنیم).

تمرین نمونه ۱

برای تولید صفحه جلویی ۸۰۰ بلندگو مطابق شکل ۴-۶ چند m^2 ورق لازم است؟



شکل ۴-۶

شکل بالا مثال یک سطح مرکب است که در آن از مساحت یک ورق بیضی شکل سه دایره با قطرهای مختلف بریده شده است.

$$A = \frac{\pi \times D \times d}{4} = \frac{3,14 \times 38 \times 24}{4} = 715,92 \text{ cm}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 17^2}{4} = 226,86 \text{ cm}^2 \quad A_2 = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 4^2}{4} = 12,56 \text{ cm}^2$$

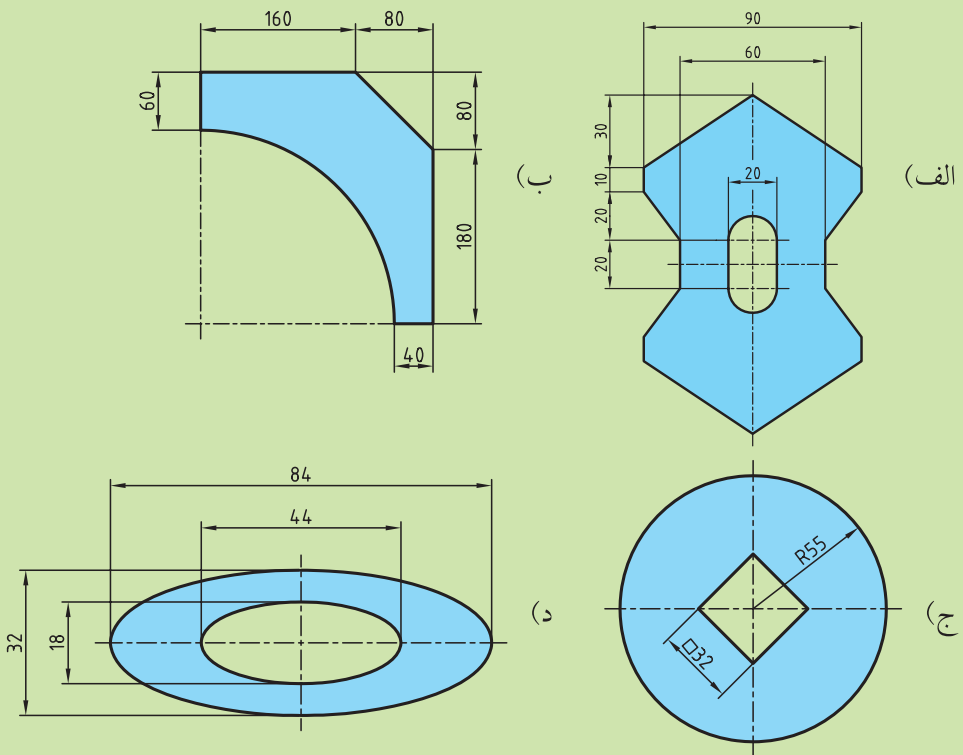
$$\text{مساحت قطعه} = A - A_1 - A_2 - A_2 = A - A_1 - 2A_2 = 715,92 - 226,86 - 2 \times 12,56 = 463,94 \text{ cm}^2$$

$$\text{مساحت قطعه} = 463,94 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\times 10^{-4}} 0,46394 \text{ m}^2$$

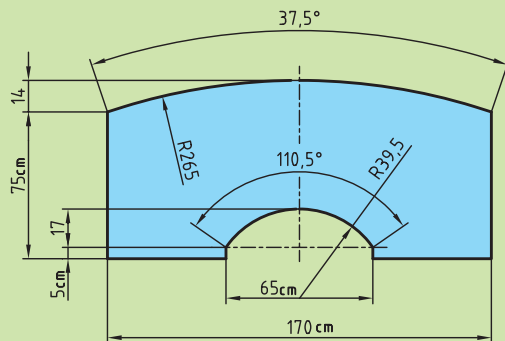
$$0,46394 \times 800 = 371,152 \text{ m}^2 \quad \text{برای تولید ۸۰۰ بلندگو}$$

ارزشیابی پایانی

۱. مساحت قطعات مطابق شکل را به دست آورید.

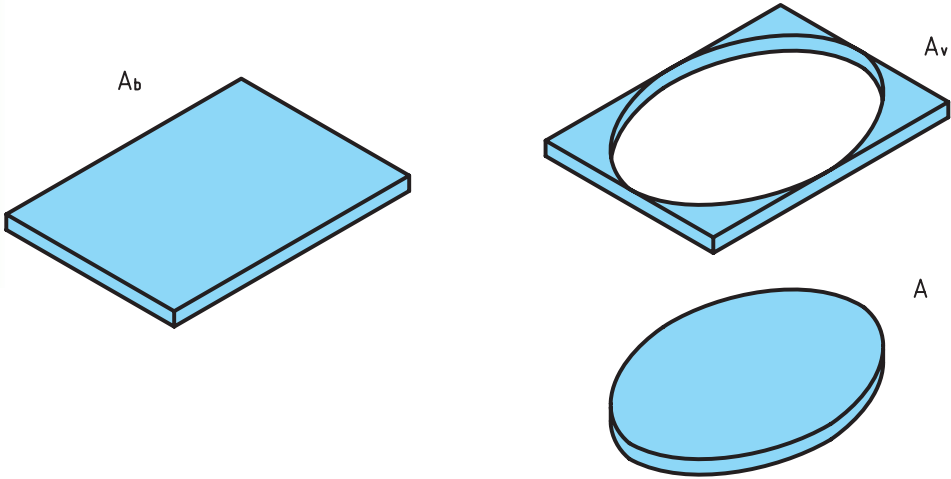


۲. مساحت سطح میزی مطابق شکل زیر را به دست آورید.



محاسبه دورریز سطوح

برای محاسبه دورریز سطوح کافی است سطح قطعه ساخته شده را از سطح ورق اولیه کم کنیم (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷

سطح دورریز + سطح قطعه ساخته شده = سطح ورق اولیه

$$A_b = A + A_v$$

مقدار درصد دورریز سطحی ($\%A_v$) را می‌توان در دو حالت محاسبه کرد:

الف) درصد دورریز ($\%A_v$) بر اساس سطح ورق اولیه:

$$\text{درصد دورریز برحسب قطعه اولیه} = \frac{A_v}{A_b} \times 100$$

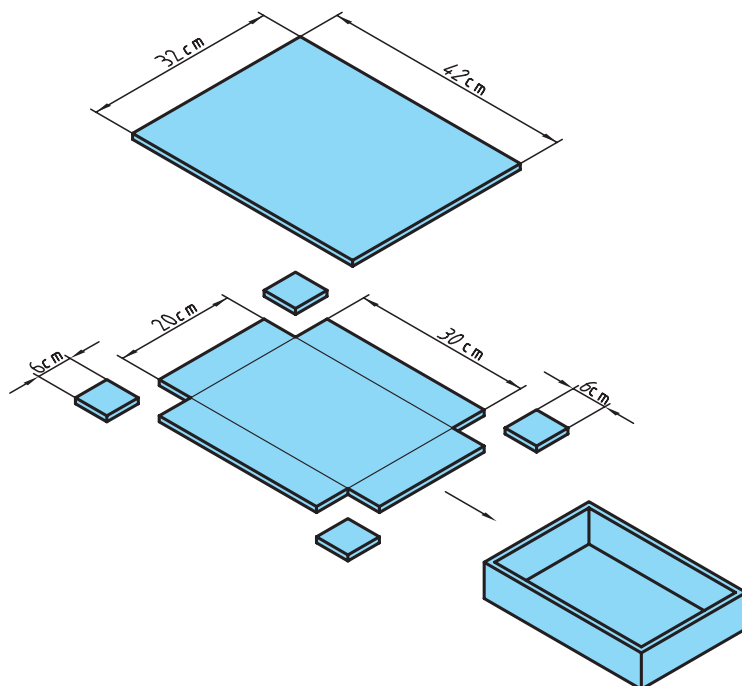
ب) درصد دورریز ($\%A_v$) بر اساس سطح قطعه ساخته شده:

$$\text{درصد دورریز برحسب قطعه ساخته شده} = \frac{A_v}{A} \times 100$$

تمرین نمونه ۱

در شکل ۴-۸ برای ساخت یک جعبه درباز فلزی نیاز است، ورق فلزی به ابعاد زیر را برش داده و از محل مورد نظر خم کنیم. درصد دورریز را در دو حالت زیر به دست آورید.

الف) بر حسب قطعه اولیه ب) بر حسب قطعه ساخته شده



شکل ۴-۸

$$A_b = b \times l = 42 \times 32 = 1344 \text{ cm}^2$$

۴ ورق 6×6 از گوشه‌های ورق اولیه دورریز است و بعد از برش از ورق اولیه جدا می‌شود.

$$A_v = 4 \times (6 \times 6) = 144 \text{ cm}^2$$

$$A_b = A + A_v \rightarrow A = A_b - A_v = 1344 - 144 = 1200 \text{ cm}^2$$

$$\text{الف) } \%A_v = \frac{A_v}{A_b} = \frac{144}{1344} \times 100 = 10.7\% A_b \quad \text{درصد دورریز بر حسب قطعه اولیه}$$

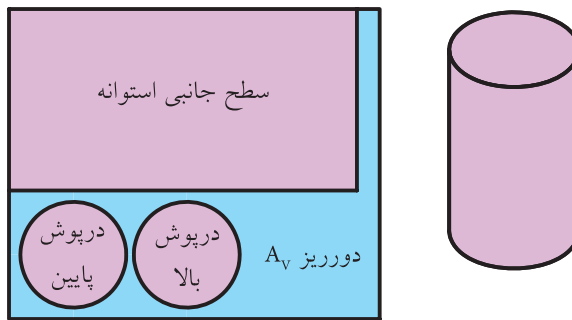
$$\text{ب) } \%A_v = \frac{A_v}{A} = \frac{144}{1200} \times 100 = 12\% A \quad \text{درصد دورریز بر حسب قطعه ساخته شده}$$

تمرین نمونه ۲

اگر سطح استوانه‌ای مطابق شکل $61/23 \text{ cm}^2$ باشد (مجموع مساحت‌های درپوش بالا، درپوش پایین و سطح جانبی). مقدار سطح ورق اولیه برای ساخت آن را در حالت‌های زیر به دست آورید (شکل ۹-۴).

الف) دورریز ۲۵٪ سطح قطعه ساخته شده باشد.

ب) دورریز ۱۸٪ سطح ورق اولیه باشد.



شکل ۹-۴

الف) $A_v = ?$, $A = 61/23 \text{ cm}^2$, $\%A_v = 25\%$ درصد دورریز براساس قطعه ساخته شده (الف) $\%A = \frac{A_v}{A} \times 100 = 25\%$

چون درصد دورریز براساس سطح قطعه‌ای ساخته شده است درصد سطح قطعه ساخته شده را ۱۰۰٪ در نظر می‌گیریم.

$$\%A = 100$$

$$\%A_b = 100 + \%A_v$$

$$\%A_b = 100 + 25 = 125$$

$$\%A_b = 125 \times A = 125 \times 61/23 = 76/53 \text{ cm}^2$$

ب) $A_b = ?$, $A = 61/23 \text{ cm}^2$, $\%A_b = 18\%$ درصد دورریز براساس قطعه اولیه (ب) $\%A_b = \frac{A_b}{A} \times 100 = 18\%$

چون درصد دورریز براساس سطح ورق اولیه است درصد سطح ورق اولیه را ۱۰۰٪ در نظر می‌گیریم.

$$\%A_b = 100$$

$$100 = \%A + \%A_v$$

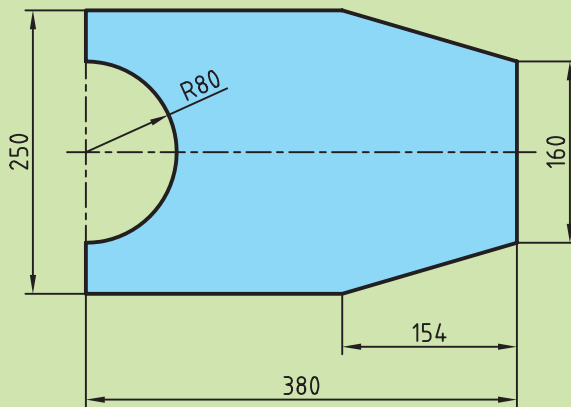
$$100 = \%A + 18$$

$$\%A = 100 - 18 = 82$$

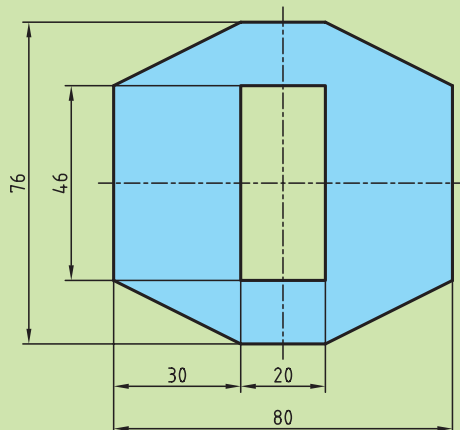
$$\%A = 82A_b \rightarrow 61/23 = 82A_b \rightarrow A_b = 74/67 \text{ cm}^2$$

ارزشیابی پایانی

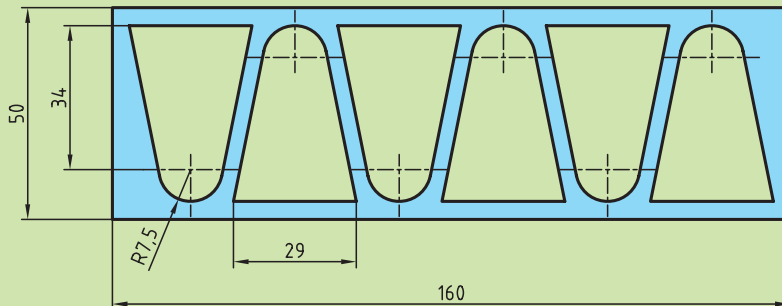
۱. در ساخت قطعه شکل زیر در صورتی که مقدار دورریز ۲۲ درصد سطح ورق اولیه باشد، مقدار سطح ورق اولیه را به دست آورید.



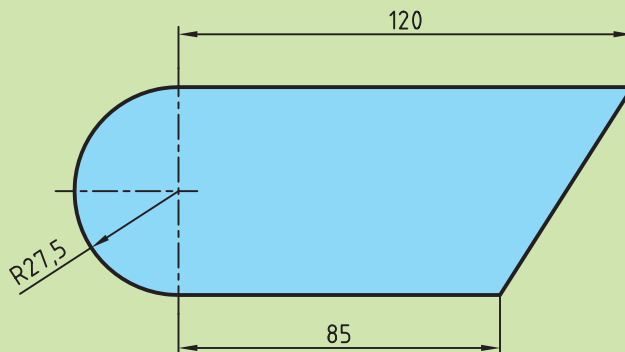
۲. سطح ورق اولیه برای ساخت قطعه مطابق شکل زیر را به دست آورید.
 الف) در صورتی که مقدار دورریز ۲۱ درصد سطح قطعه ساخته شده باشد.
 ب) در صورتی که مقدار دورریز ۱۷ درصد سطح ورق اولیه باشد.



۳. در شکل زیر مقدار درصد دورریز را بر مبنای سطح قطعه اولیه به دست آورید.



۴. اگر بخواهیم از قطعه شکل زیر به تعداد ۱۲ عدد بر روی ورقی به عرض ۶۰ میلی متر بسازیم طول ورق را برای این تعداد در صورتی که مقدار دورریز ۱۵ درصد سطح کل قطعات ساخته شده باشد، به دست آورید.



فصل پنجم: محاسبات حجم

یکاهای اندازه‌گیری حجم

محاسبه احجام هندسی



هدف‌های رفتاری

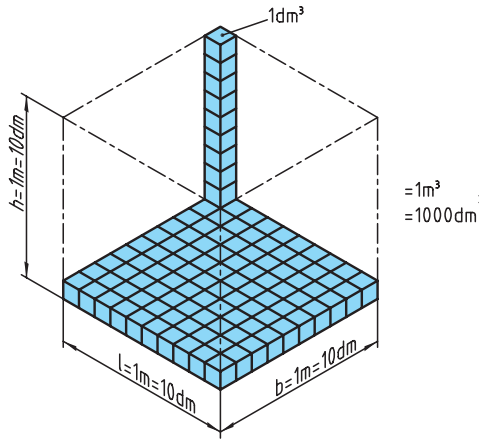
پس از فراگیری این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- تفاوت حجم و سطح را شرح دهد.
- یکای اندازه‌گیری حجم را در سیستم SI توضیح دهد.
- تبدیلات مربوط به یکاهای اندازه‌گیری حجم را انجام دهد.
- حجم احجام هندسی را محاسبه کند.
- حجم احجام هندسی مرکب را محاسبه کند.
- تفاوت احجام هندسی ناقص و کامل را بیان کند.



یکاهای اندازه‌گیری حجم

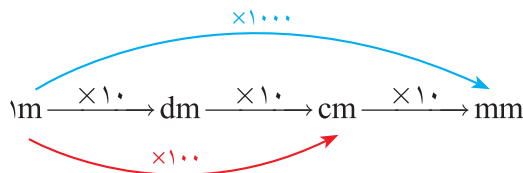
یکا اندازه‌گیری حجم در سیستم SI مترمکعب و آن عبارت است از حجم مکعبی که طول، عرض و ارتفاع آن ۱ متر باشد (شکل ۵-۱).



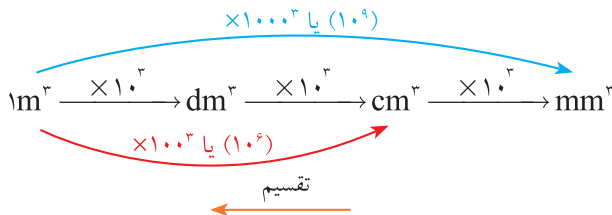
شکل ۵-۱

$$1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^3$$

همان‌طور که در فصل اول 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 به صورت زیر می‌شود:



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

به طور مثال در نمودار صفحه قبل برای تبدیل متر به میلی متر $m \xrightarrow{\times 1000} mm$ است،
 در حالی که برای تبدیل یکای حجم این ضریب به توان ۳ می رسد و خواهیم داشت،
 $m^3 \xrightarrow{\times 1000^3} mm^3$
 بنابراین :

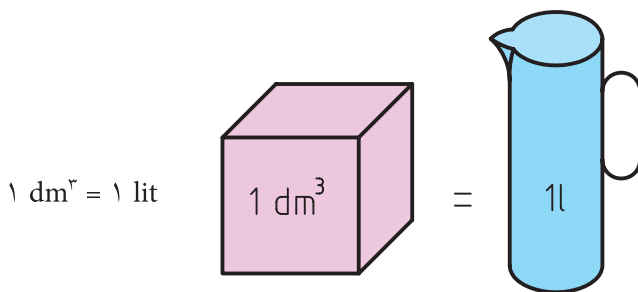
$$1m^3 = 10^3 dm^3 = 100^3 cm^3 = 1000^3 mm^3$$

اگر بخواهیم ضرایب را به حالت توانی از ده تبدیل کنیم نمودار بالا به صورت زیر تبدیل می شود:

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

یکای اندازه گیری مایعات

یکای اصلی حجم مایعات در سیستم SI متر مکعب است و یکای کوچک تر آن دسی متر مکعب که لیتر نامیده می شود با حرف (l) نشان داده می شود و یک لیتر معادل حجم ظرفی به شکل مکعب که هر ضلع آن یک دسی متر است (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲

همچنین یکاهای کوچک تر اندازه گیری حجم مایعات یک میلی لیتر یا یک سی سی (cc) است که برابر یک سانتی متر مکعب است.

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

ارزشیابی پایانی

۱. اندازه‌های زیر را به یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

$2/5 \text{ m}^3$	$\dots \text{cm}^3$	5230 mm^3	$\dots \text{m}^3$
240 dm^3	$\dots \text{mm}^3$	$21/5 \text{ dm}^3$	$\dots \text{cm}^3$
$15/62 \text{ cm}^3$	$\dots \text{mm}^3$	84 cm^3	$\dots \text{m}^3$
$0/256 \text{ m}^3$	$\dots \text{dm}^3$	1805 mm^3	$\dots \text{dm}^3$

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

الف) $21050/5 \text{ mm}^3 + 0/45 \text{ m}^3 + 50/25 \text{ cm}^3 = \dots \text{dm}^3$

ب) $110 \text{ cm}^3 + 4 \text{ m}^3 - 20 \text{ dm}^3 = \dots \text{mm}^3$

ج) $62 \text{ m}^3 - 1100 \text{ mm}^3 + 12 \text{ cm}^3 - 40 \text{ dm}^3 = \dots \text{cm}^3$

۳. مقادیر زیر را به یکای مورد نظر تبدیل کنید.

الف) به دسی متر مکعب

$$840/25 \text{ cm}^3, 1/282 \text{ m}^3, 405/12 \text{ mm}^3$$

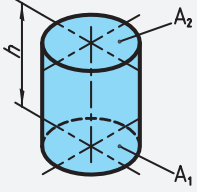
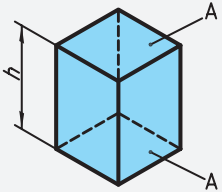
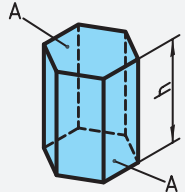
ب) به سانتی متر مکعب

$$0/890 \text{ dm}^3, 0/65 \text{ m}^3, 1445 \text{ mm}^3$$

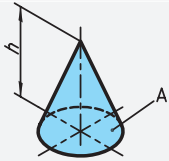
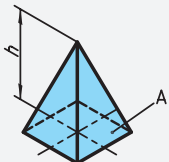
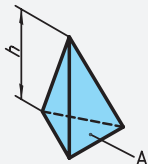
جدول ۵-۱

V	حجم	A_1	سطح قاعده پایینی
H , h	ارتفاع	A_r	سطح قاعده بالایی
A	سطح قاعده	A_M	سطح جانبی
A_O	سطح کل		

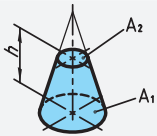
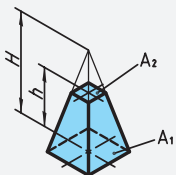
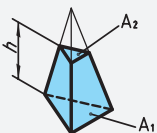
جدول ۵-۲

احجام منشوری		
		حجم
استوانه		ارتفاع \times مساحت قاعده = حجم $V = A \times h$
منشور چهار ضلعی		
منشور شش ضلعی		

جدول ۵-۳

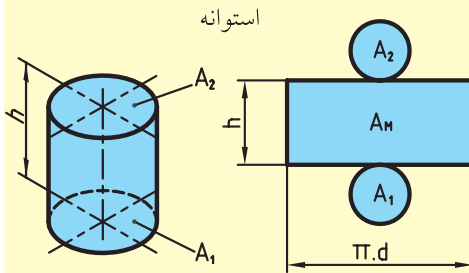
احجام هرمی		
		حجم
مخروط		$\text{حجم} = \frac{\text{ارتفاع} \times \text{مساحت قاعده}}{۳}$ $V = \frac{A \times h}{۳}$
هرم چهار ضلعی		
هرم سه ضلعی		

جدول ۵-۴

احجام ناقص		
	حجم	
	حجم هرم ناقص =	حجم مخروط ناقص
	حجم قطعه بریده شده - حجم هرم کامل	$V = \frac{\pi \times h}{۱۲} (D^2 + d^2 + D \times d)$
	$V = \frac{A_1 \times H}{۳} - \frac{A_1 (H-h)}{۳}$ <p>یا</p> $V = \frac{h}{۳} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$	



مساحت جانبی احجام دوار

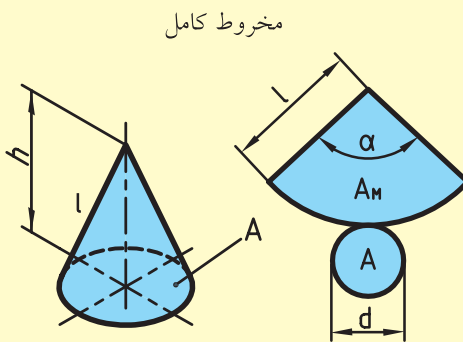


ارتفاع × محیط قاعده = سطح جانبی استوانه

$$A_M = u \times h$$

$$A_M = \pi \times d \times h$$

$$A_O = A_1 + A_M + A_2$$



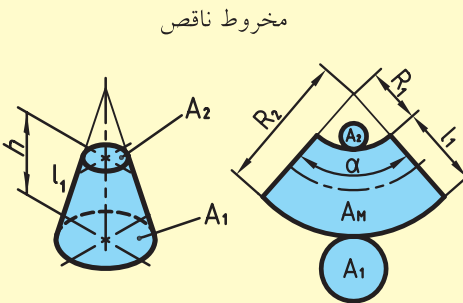
مساحت قطاع دایره = سطح جانبی مخروط

$$A_M = \frac{l^2 \times \pi \times \alpha}{360}$$

$$A_O = A + A_M$$

$$l = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$\alpha = \frac{180 \times d}{l}$$

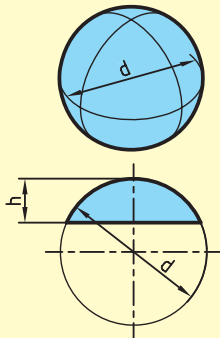


مساحت قطاع تاج دایره = سطح جانبی مخروط ناقص

$$A_M = \frac{(R_2^2 - R_1^2) \times \pi \times \alpha}{360}$$

$$l_1 = \sqrt{\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$A_O = A_1 + A_M + A_2$$



کره

$$A_O = \pi \times d^2$$

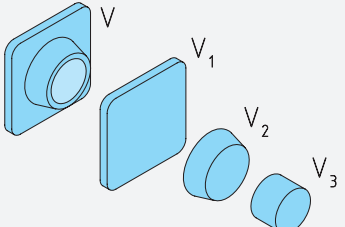
قطعه کره

$$A_O = \pi \times d \times h$$

جدول ۵-۵

حجم کره و قطعه کره	
کره	$V = \frac{\pi \times d^3}{6}$
قطعه کره	$V = \pi \times h^2 \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{3} \right)$

جدول ۵-۶

احجام مرکب	
	$V = V_1 + V_2 - V_3$

تمرین نمونه ۱

ابعاد داخلی لیوانی مطابق شکل ۵-۳ است. اگر لیوان پر از آب باشد حجم آب چند لیتر است.



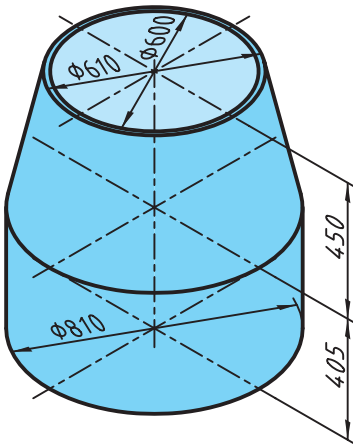
شکل ۵-۳

$$V = \frac{\pi \times h}{12} (D^2 + d^2 + D \times d)$$

$$V = \frac{\pi \times 11}{12} (7^2 + 4^2 + 7 \times 4) = 267,68 \text{ cm}^3 \xrightarrow{\div 1000} 0,26768 \text{ lit}$$

تمرین نمونه ۲

در دستگاه آماده ساز بتون مطابق شکل ۵-۴، ابعاد مخزن همزن بتون داده شده است. حجم این مخزن را بر حسب لیتر حساب کنید.



شکل ۵-۴

ضخامت ورق طبق شکل ۵ mm می باشد.

حجم استوانه:

$$V = A \times h = \pi \times \frac{d^2}{4} \times h = 3,14 \times \frac{810^2}{4} \times 405 = 200,96 \text{ cm}^3 \xrightarrow{\div 1000} 200,96 \text{ lit}$$

حجم مخروط ناقص:

$$V = \frac{\pi \times h}{12} (D^2 + d^2 + D \times d) = \frac{\pi \times 45}{12} (810^2 + 610^2 + 810 \times 610) = 174,27 \text{ cm}^3 \xrightarrow{\div 1000} 174,27 \text{ lit}$$

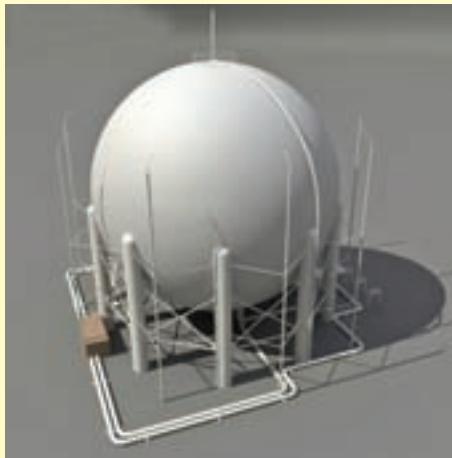
حجم کل مخزن:

حجم قسمت مخروط ناقص + حجم قسمت استوانه = حجم کل مخزن

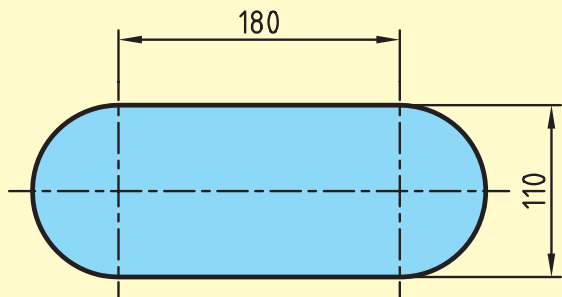
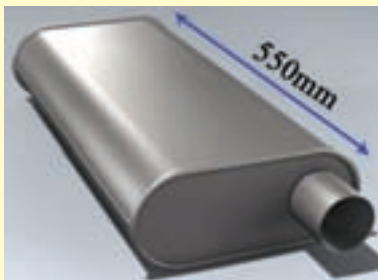
$$\text{حجم کل مخزن} = 200,96 + 174,27 = 375,23 \text{ lit}$$

ارزشیابی پایانی

۱. قطر مخزن اکسیژن شکل زیر $6/5\text{ m}$ است. حجم مخزن را بر حسب مترمکعب و لیتر به دست آورید.

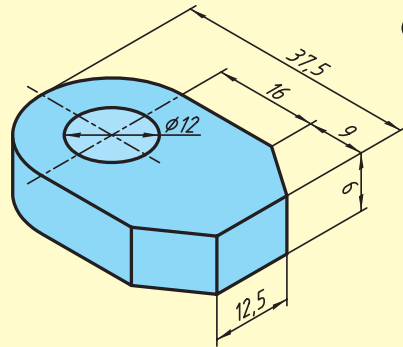


۲. مخزن آگروز یک خودرو مطابق شکل زیر است. حجم آن را بر حسب لیتر حساب کنید.

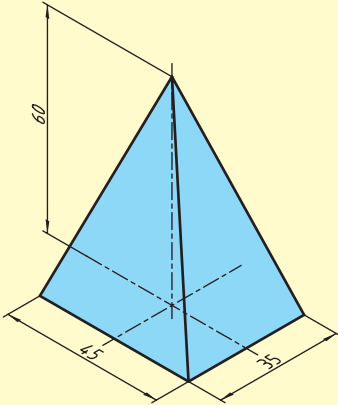


۳. حجم قطعات زیر را به دست آورید:

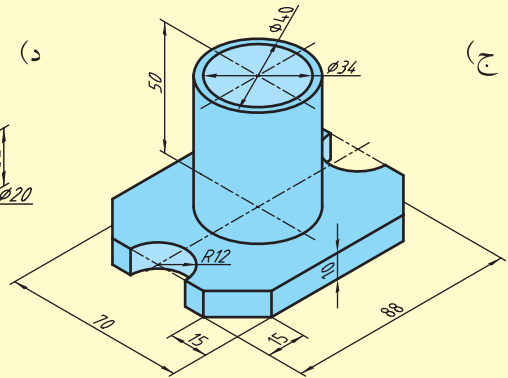
(الف)



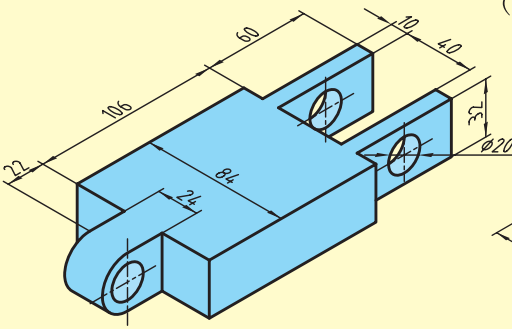
(ب)



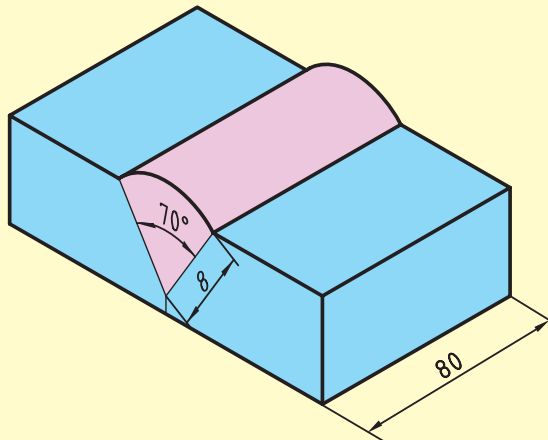
(ج)



(د)



۴. برای جوشکاری قطعه مطابق شکل از الکترودهای با قطر ۳ میلی متر و طول ۴۰۰ میلی متر استفاده می شود در صورتی که از هر الکترود ۴۰ میلی متر آن به علت کوتاه شدن غیرقابل استفاده باشد تعداد الکترود لازم را به دست آورید.



فصل ششم: محاسبات جرم و وزن

جرم

وزن



هدف‌های رفتاری

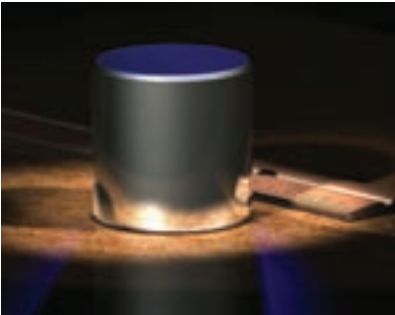
پس از فراگیری این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- جرم را تعریف کند.
- یکای جرم در سیستم SI را بیان کند.
- تبدیلات مربوط به یکاهای اندازه‌گیری جرم را انجام دهد.
- جرم حجمی را تعریف کند.
- جرم قطعات را محاسبه کند.
- جرم پروفیل‌ها و مفتول‌ها را به کمک جدول محاسبه کند.
- جرم ورق‌ها را به کمک جدول محاسبه کند.
- نیروی وزن را تعریف کند.
- تفاوت وزن و جرم را شرح دهد.
- یکای نیروی وزن در سیستم SI را بیان کند.
- تبدیلات مربوط به یکاهای اندازه‌گیری جرم را انجام دهد.
- مقدار نیروی وزن جسم را محاسبه کند.



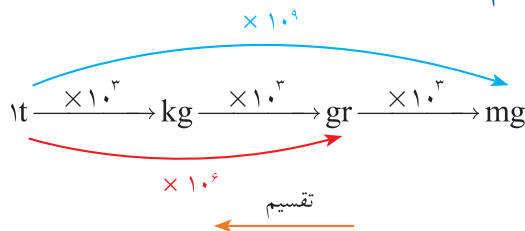
جرم یکای اندازه‌گیری جرم

یکای جرم در سیستم SI کیلوگرم است و با نماد kg نشان می‌دهند.
یک کیلوگرم، جرم قطعه‌ای استوانه‌ای شکل به قطر و ارتفاع ۳۹ میلی‌متر از آلیاژ پلاتین - ایریدیم (Pt-Ir) که ۹۰٪ پلاتین و ۱۰٪ آن ایریدیم است و در سازمان اوزان و مقادیر بین‌المللی، واقع در موزه سور فرانسه، نگهداری می‌شود (شکل ۶-۱).
توجه: جرم ماده مقدار ماده تشکیل دهنده یک جسم است و هر چه تعداد ذره‌های سازنده یک جسم بیشتر باشد جرم جسم نیز بیشتر می‌شود.



شکل ۶-۱

تبدیل یکاهای جرم



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

بنابراین نمودار بالا را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$1t = 10^3 kg = 10^6 gr = 10^9 mg$$

اندازه‌گیری جرم

برای اندازه‌گیری جرم یک جسم از ترازو استفاده می‌شود. به این منظور قطعه موردنظر را در یک کفه و وزنه را در طرف دیگر ترازو قرار می‌دهیم. در صورتی که جرم جسم و وزنه با هم برابر باشند دو کفه روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و اندازه جرم معادل مقدار وزنه است (شکل ۶-۲).

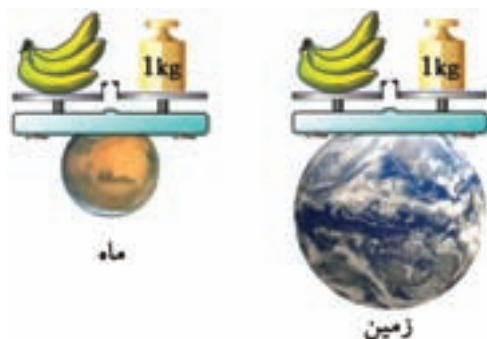


شکل ۶-۲

نکته



اندازه‌گیری جرم دو جسم به نیروی جاذبه زمین بستگی ندارد و جرم هر جسم در تمام جهان یکسان است (شکل ۶-۳).



شکل ۶-۳

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.

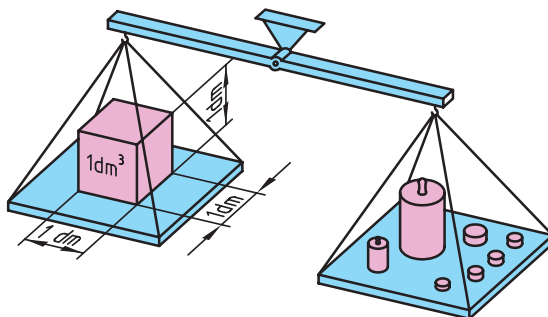
توجه: تغییرات دما سبب تغییر حجم جسم می‌شود. بنابراین، با تغییر دما جرم حجمی یک ماده تغییر می‌کند. از این رو جرم حجمی اغلب مواد را در دمای 25° سانتی‌گراد معین می‌کنند. مقدار جرم حجمی مستقل از شتاب گرانشی است.

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

$$\rho = \text{جرم مخصوص} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad m = \text{جرم} \quad (kg) \quad V = \text{حجم} \quad (\text{m}^3)$$

یکای جرم حجمی در سیستم SI کیلوگرم بر مترمکعب $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$ است، ولی می‌توان آن را بر حسب $\frac{\text{t}}{\text{m}^3}$, $\frac{\text{kg}}{\text{lit}}$, $\left(\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right)$, $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, $\frac{\text{mg}}{\text{mm}^3}$ بیان کرد.

به عنوان مثال جرم مخصوص فولاد $7,85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ است (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴

جدول ۶-۱ جرم حجمی مواد

$\frac{8,9}{dm^3} kg$	مس	$\frac{2,7}{dm^3} kg$	آلومینیم
$\frac{7,85}{dm^3} kg$	فولاد	$\frac{1}{dm^3} kg$	آب
$\frac{11,35}{dm^3} kg$	سرب	$\frac{7,25}{dm^3} kg$	چدن
$\frac{7,3}{dm^3} kg$	قلع	$\frac{8,5}{dm^3} kg$	برنج

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 ۱

جرم چکش فولادی زیر با جرم حجمی $\frac{7,85}{dm^3} kg$ را به دست آورید.



شکل ۶-۵

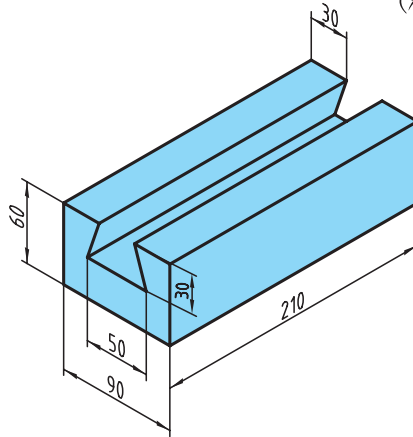
$$A = l \times l = 5 \times 5 = 25 cm^2$$

$$V = A \times h = 25 \times 8 = 200 cm^3 \xrightarrow{\div 1000} 0,2 lit \text{ یا } 0,2 dm^3$$

$$m = \rho \times V = 7,85 \times 0,2 = 1,57 kg$$

تمرین نمونه ۲

جرم قطعه‌ای چدنی به طول ۲۱۰ میلی‌متر، مطابق شکل، با جرم حجمی ($\rho = ۷,۲۵ \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$) چند گرم است. (شکل ۶-۶)



شکل ۶-۶

$$A_1 = l \times b = ۹\text{cm} \times ۶\text{cm} = ۵۴\text{cm}^2$$

$$A_2 = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b = \frac{۵ + ۳}{2} \times ۳ = ۱۲\text{cm}^2$$

$$A = A_1 - A_2 = ۵۴ - ۱۲ = ۴۲\text{cm}^2$$

$$V = A \times h = ۴۲ \times ۲۱ = ۸۸۲\text{cm}^3 \xrightarrow{\div ۱۰۰۰} ۰,۸۸۲\text{lit}$$

$$m = \rho \times V = ۷,۲۵ \times ۰,۸۸۲ = ۶,۳۹۴\text{kg}$$

محاسبه جرم قطعات صنعتی به کمک جدول

در صنعت معمولاً جرم واحد طول میله‌ها، پروفیل‌ها، لوله‌ها، سیم‌ها و جرم سطحی ورق‌ها را در جدول‌های ویژه‌ای ارائه می‌دهند که به کمک این جدول‌ها می‌توان جرم قطعه را محاسبه کرد.

برای محاسبه جرم یک میله یا پروفیل و ... با طول مشخص، ابتدا مقدار جرم آن را در طول ۱ متر از جدول به‌دست می‌آوریم، سپس این عدد را در طول قطعه مورد نظر ضرب می‌کنیم.

طول قطعه \times جرم واحد طول = جرم قطعه (پروفیل، میله، لوله، سیم)

$$m = m' \times l$$

$$m = \text{جرم قطعه (kg)} \quad m' = \text{جرم واحد طول } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) \quad l = \text{طول قطعه (m)}$$

اگر قطعه یک ورق باشد، کافی است جرم یک مترمربع آن را از جدول با توجه به ضخامت ورق به دست آوریم و در مقدار مساحت ورق ضرب کنیم:

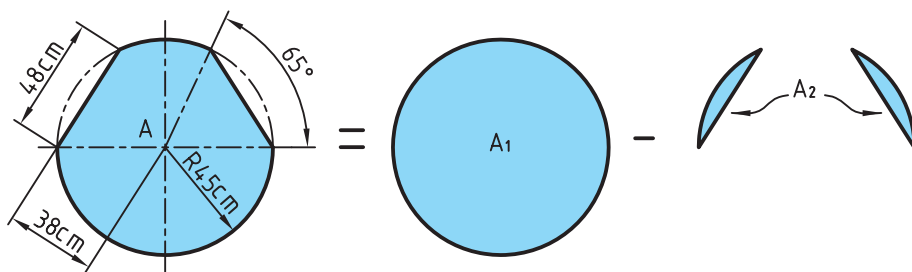
$$\text{مساحت قطعه} \times \text{جرم واحد سطح} = \text{جرم ورق}$$

$$m = m'' \times A$$

$$m = \text{جرم قطعه (kg)} \quad m'' = \text{جرم واحد سطح (kg/m}^2\text{)} \quad A = \text{سطح قطعه (m}^2\text{)}$$

تمرین نمونه ۳

به کمک جدول جرم ورقی به ابعاد زیر از جنس آلومینیم را با ضخامت ۰/۶ به دست آورید (شکل ۶-۷).



شکل ۶-۷

طبق جدول ۵ ضمايم، جرم هر مترمربع از ورق آلومینیم با ضخامت ۰/۶ mm برابر با ۱/۶۲ کیلوگرم بر مترمربع است. برای به دست آوردن مساحت ورق بالا مقدار دو قطعه برش خورده را از مساحت دایره کامل کم می کنیم.

$$A_1 = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.9^2}{4} = 0.6358 \text{ m}^2 \quad \leftarrow \text{مساحت دایره قبل از برش}$$

$$A_r = \frac{\pi \times r^2 \times \alpha}{360^\circ} - \frac{l \times (r - b)}{2} = \frac{3.14 \times 0.45^2 \times 65}{360} - \frac{0.48 \times (0.45 - 0.38)}{2}$$

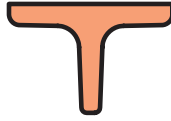
$$A_r = 0.115 - 0.0912 = 0.0238 \text{ m}^2 \quad \leftarrow \text{مساحت قطعه برش خورده}$$

$$A = A_1 - 2A_r = 0.6358 - 2 \times 0.0238 = 0.5882 \text{ m}^2$$

$$m = m'' \times A = 1.62 \times 0.5882 = 0.9529 \text{ kg}$$

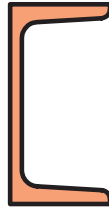
تمرین نمونه ۴

الف) جرم ۳ متر سپری فولادی با جرم طولی $m' = ۳,۶۴ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ و ابعاد $۳۰ \times ۶۰ \times ۵/۵$ میلی‌متر را به‌دست آورید (شکل ۶-۸).



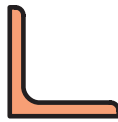
شکل ۶-۸

ب) جرم ۴/۵ متر ناودانی فولادی با جرم طولی $m' = ۱۰,۶ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ و ابعاد ۱۰۰×۵۰ میلی‌متر را به‌دست آورید (شکل ۶-۹).



شکل ۶-۹

ج) جرم ۲/۸ متر از نبشی فولادی با جرم طولی $m' = ۲,۴۲ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ و ابعاد $۴۰ \times ۴۰ \times ۴$ میلی‌متر را به‌دست آورید (شکل ۶-۱۰).



شکل ۶-۱۰

$$\text{سپری (الف)} \quad m = m' \times l = ۳,۶۴ \times ۳ = ۱۰,۹۲ \text{ kg}$$

$$\text{ناودانی (ب)} \quad m = m' \times l = ۱۰,۶ \times ۴,۵ = ۴۷,۷ \text{ kg}$$

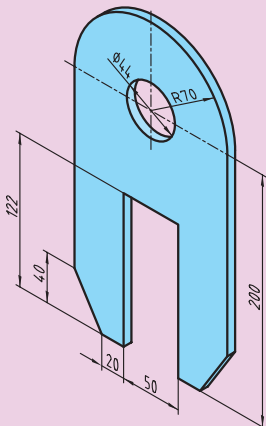
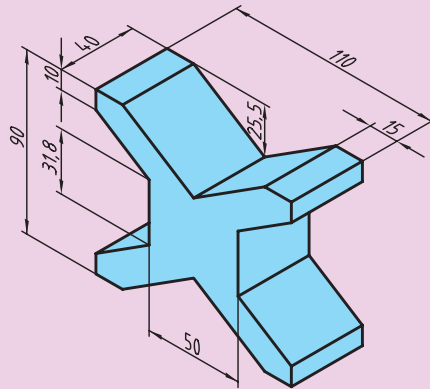
$$\text{نبشی (ج)} \quad m = m' \times l = ۲,۴۲ \times ۲,۸ = ۶,۷۷۶ \text{ kg}$$

ارزشیابی پایانی

۱. جرم‌های داده شده را بر حسب یکای خواسته شده به دست آورید.

۵۲ kg	..... mg	۱۵۷ gr	..... kg
۲۸۵۰ kg	..... gr	۴٫۲ t	..... kg
۸۴۳۵۲ gr	..... kg	۶۵۲۸۴ mg	..... kg

۲. جرم قطعه آلومینیمی با جرم مخصوص $۲٫۷ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ مطابق شکل زیر چند گرم است؟



۳. قطعه مسی شکل زیر از ورقی با ضخامت $۰٫۳۵$ میلی‌متر ساخته شده است در صورتی که هر متر مربع این ورق مسی $۳٫۱۱ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ باشد جرم ۱۵۰ عدد از این قطعه را بر حسب کیلوگرم به دست آورید؟

۴. در تریلر با تانکر حمل گازوئیل مطابق شکل زیر طول تانکر ۱۲ متر و قطر آن ۲/۸۵ متر است. اگر در ساخت آن از ورق فولادی به ضخامت ۳/۵ میلی‌متر استفاده شده باشد.

$$(m'' = ۲۷,۵ \frac{kg}{m^۲})$$

الف) جرم تانکر خالی

ب) حجم تانکر بر حسب لیتر

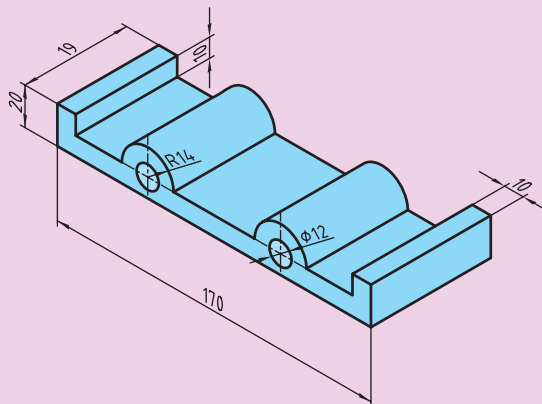
ج) اگر تانکر پر باشد، جرم گازوئیل را بر حسب کیلوگرم به دست آورید.

$$(\rho = ۰,۸۵ \frac{kg}{dm^۳})$$

د) اگر از تانکر برای حمل روغن موتور با جرم حجمی $۰,۹ \frac{kg}{dm^۳}$ استفاده شود چقدر نسبت به گازوئیل افزایش جرم خواهد داشت؟



۵. جرم قطعه چدنی مطابق شکل با جرم حجمی $۷,۲۵ \frac{kg}{m^۳}$ چند گرم است؟



وزن

نیروی وزن

نیروی وزن برآیندی از مجموعه نیروهای وارد شده بر جرم جسم است. تمامی اجسام 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 نیروی وزن جسم است (شکل ۱۱-۶).



شکل ۱۱-۶

نیروی جاذبه زمین به جرم جسم و فاصله‌اش از زمین وابسته است. 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 نیروی وزن می‌گویند.

یکای نیرو (نیروی وزن)

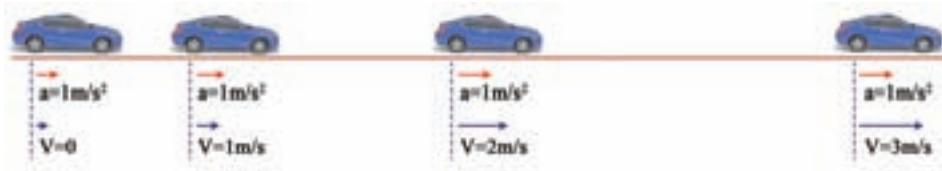
یکای نیرو در سیستم SI نیوتن است که با N نشان می‌دهند.

یک نیوتن: مقدار نیرویی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم شتابی معادل $1 \frac{m}{s^2}$ می‌دهد (شکل ۶-۱۲).



شکل ۶-۱۲

$1 \frac{m}{s^2}$: شتابی است که در هر ثانیه به سرعت جسم $1 \frac{m}{s}$ اضافه شود (شکل ۶-۱۲).



شکل ۶-۱۲

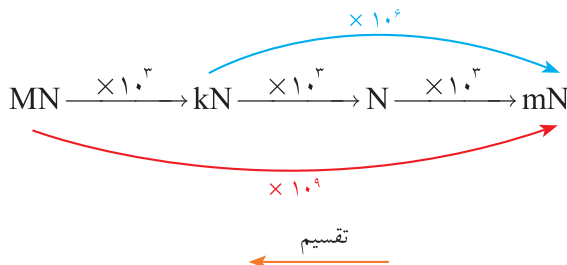
محاسبه نیرو

شتاب جسم × جرم جسم = نیروی وارد بر جسم

$$F = m \times a$$

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

تبدیل یکاهای اندازه‌گیری وزن



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

به عبارت دیگر:

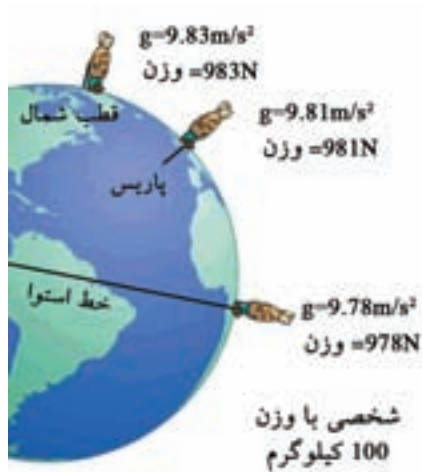
$$1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 10^6 \text{ N} = 10^9 \text{ mN}$$

محاسبه نیروی وزن

مقدار نیروی وزن هر جسمی به جرم و شتاب ثقل محل استقرار آن بستگی دارد.

شتاب اجسام در حال سقوط را شتاب ثقل زمین می‌نامند.

شتاب ثقل زمین در نقاط مختلف متفاوت است. شتاب ثقل زمین در پاریس 9.81 m/s^2 ، در منطقه استوا 9.78 m/s^2 و در نواحی قطبی 9.83 m/s^2 است. از این جهت نیروی وزن در نقاط مختلف کره زمین متفاوت است. به عنوان مثال نیروی وزن شخصی به جرم 100 کیلوگرم در پاریس 981 N ، در منطقه استوا 978 N و در نواحی قطبی 983 N است (شکل ۶-۱۳).



شکل ۶-۱۳

شتاب ثقل در کره‌های مختلف نیز متفاوت است. شتاب ثقل در کره ماه 1.62 m/s^2 ، در سیاره مشتری 24.91 m/s^2 و در خورشید 270 m/s^2 است (شکل ۶-۱۴).

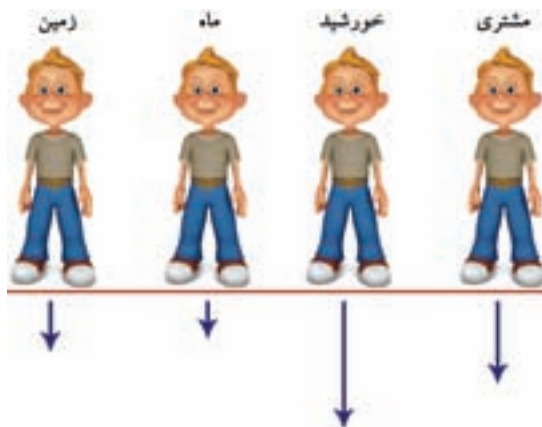
در حل مسائل فنی مقدار شتاب ثقل زمین را معادل شتاب ثقل در عرض جغرافیایی 45° (پاریس) در نظر می‌گیرند.

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

شتاب ثقل \times جرم جسم = نیروی وزن

$$F_G = m \times g$$

g = شتاب ثقل $(\frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ m = جرم جسم (kg) F_G = نیروی وزن (N)



$m = 63.5\text{kg}$	$m = 63.5\text{kg}$	$m = 63.5\text{kg}$	$m = 63.5\text{kg}$
$g = 9.81\text{m/s}^2$	$g = 1.62\text{m/s}^2$	$g = 270\text{m/s}^2$	$g = 24.91\text{m/s}^2$
$F_G = 623\text{N}$	$F_G = 103\text{N}$	$F_G = 17145\text{N}$	$F_G = 1582\text{N}$

شکل ۱۴-۶

نیروی وزن بر حسب حجم و جرم حجمی

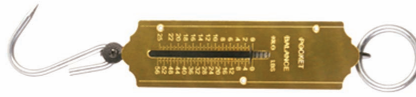
$$m = \rho \times V$$

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

V = حجم جسم (dm^3) یا (lit) ρ = جرمی جرم ($\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$) یا ($\frac{\text{kg}}{\text{lit}}$)

اندازه‌گیری نیروی وزن

از آنجایی که نیروی وزن به نیروی جاذبه بستگی دارد نمی‌توان آن را با ترازوی شاهین‌دار اندازه گرفت و برای اندازه‌گیری از ترازوی فنردار استفاده می‌شود (شکل ۶-۱۶).



شکل ۶-۱۶

به طور مثال نیروی وزن جسمی به جرم یک کیلوگرم در کره زمین و ماه مطابق زیر محاسبه می‌گردد.

$$F_G = m \times g = 1 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9.81 \text{ N}$$

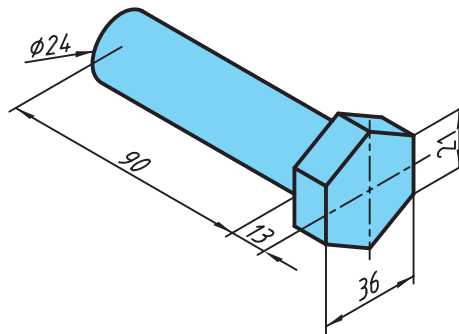
نیروی وزن در کره زمین

$$F_G = m \times g = 1 \text{ kg} \times 1.62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.62 \text{ N}$$

نیروی وزن در کره ماه

تمرین نمونه ۱

نیروی وزن قطعه، مطابق شکل ۶-۱۵، از جنس فولاد را به‌دست آورید. ($\rho = 7.85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$)



شکل ۶-۱۵

$$A_1 = \frac{n \times l \times d}{4} = \frac{6 \times 21 \times 3.6}{4} = 11.34 \text{ cm}^2$$

محاسبه حجم شش گوش آچارخور

$$V_1 = A_1 \times h = 11.34 \times 1.3 = 14.74 \text{ cm}^3$$

$$A_2 = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 2.4^2}{4} = 4.52 \text{ cm}^2$$

محاسبه حجم میله استوانه‌ای

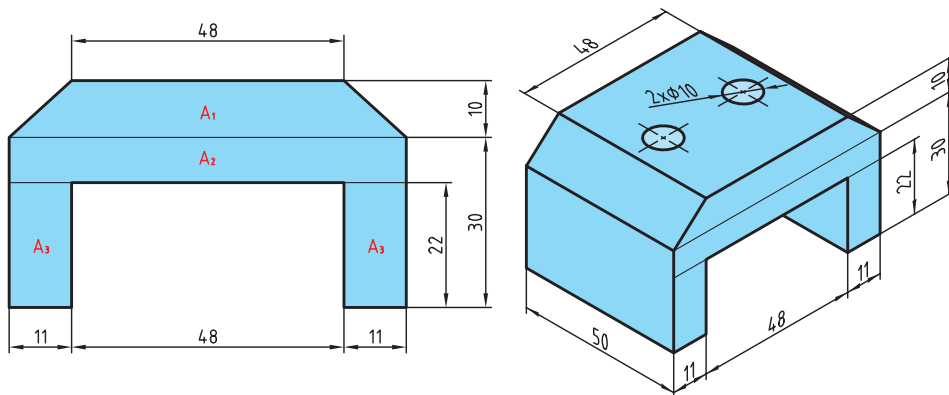
$$V_2 = A_2 \times h_2 = 4.52 \times 9 = 40.68 \text{ cm}^3$$

$$V = V_1 + V_2 = 14.74 + 40.68 = 55.42 \text{ cm}^3 \xrightarrow{\div 10^3} 0.05542 \text{ dm}^3$$

$$F_G = \rho \times V \times g = 7.85 \times 0.05542 \times 9.81 = 4.26 \text{ N}$$

تمرین نمونه ۲

نیروی وزن ۱۲۰۰ عدد قطعه شکل ۱۷-۶ از جنس آلومینیوم یا جرم حجمی $\rho = ۲,۷ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ را به دست آورید.



شکل ۱۷-۶

در شکل فوق ابتدا مساحت مقطع قطعه را به دست آورده سپس در طول قطعه ضرب نموده و در پایان حجم دو سوراخ را از حجم کل قطعه کم می کنیم.

$$A_1 = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b = \frac{48 + 70}{2} \times 10 = 590 \text{ mm}^2, \quad A_2 = l \times b = 70 \times 8 = 560 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = l \times b = 22 \times 11 = 242 \text{ cm}^2$$

$$A = A_1 + A_2 + 2 \times A_3 = 590 + 560 + 2 \times 242 = 1634 \text{ mm}^2$$

$$\text{حجم قطعه بدون سوراخ } V_1 = A \times h = 1634 \times 50 = 81700 \text{ mm}^3$$

$$\text{حجم سوراخ } V_2 = A \times h = \frac{\pi \times d^2}{4} \times h = \frac{3.14 \times 10^2}{4} \times 18 = 1413 \text{ mm}^3$$

$$\text{حجم قطعه نهایی } V = V_1 - 2 \times V_2 = 81700 - 2 \times 1413 = 78874 \text{ mm}^3 \xrightarrow{\times 10^{-6}} 0.078874 \text{ dm}^3$$

$$F_G = \rho \times V \times g = 2.7 \times 0.078874 \text{ dm}^3 \times 9.81 \approx 2.089 \text{ N}$$

نیروی وزن یک قطعه

$$F_G = 1200 \times 2.089 = 2506.8 \text{ N}$$

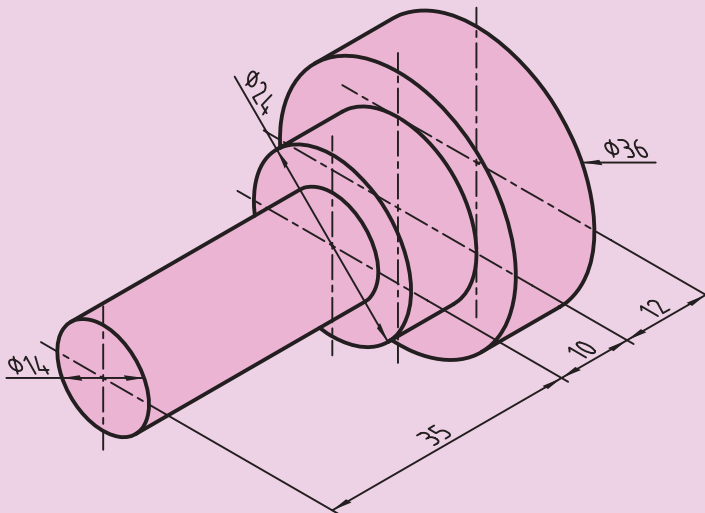
نیروی وزن ۱۲۰۰ عدد

ارزشیابی پایانی

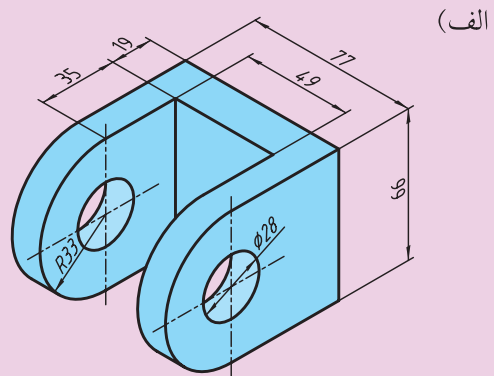
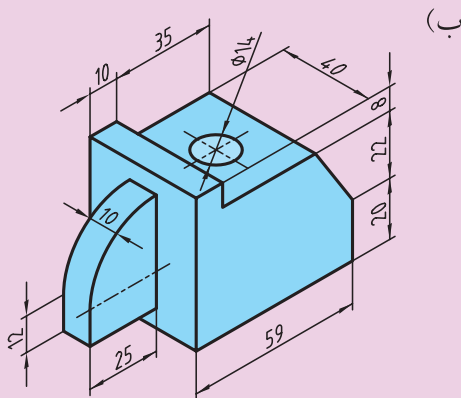
۱. مقدار نیروی وزن‌های داده شده را بر حسب موارد خواسته شده به‌دست آورید.

۱۵۵۰ N	..... kN	۲۱۱۵۰ kN	..... MN
۱۲۶۰ N	..... MN	۳۷۵ MN	..... N
۳۸۰ kN	..... MN	۴۲۰ MN	..... kN

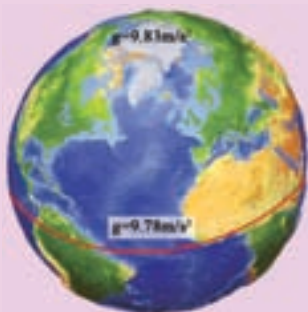
۲. نیروی وزن قطعه زیر را که از جنس آلومینیم ساخته شده با جرم حجمی $\rho = ۲,۷ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^۳}$ به‌دست آورید.



۳. نیروی وزن قطعات مسی مطابق شکل با جرم حجمی $\rho = ۸,۹ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ را به دست آورید.



۴. یک جرثقیل به جرم $m = ۶/۸ \text{ t}$ برای کار به نقاط مختلف دنیا منتقل می شود. اگر جرم راننده $m = ۸۵ \text{ kg}$ باشد، نیروی وزن این جرثقیل با راننده را در نقاط زیر به دست آورید.



(الف) در منطقه استوا $۹,۷۸ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(ب) در نواحی قطبی $۹,۸۳ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

۵. بشکه ای مطابق شکل، اگر خالی باشد ۱۱ کیلوگرم جرم دارد. پس از اینکه مقداری نفت با جرم حجمی $\rho = ۰,۸۵ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ درون این بشکه بریزیم وزن آن به ۲۵۰۰ N می رسد، این مقدار نفت تا چه ارتفاعی درون بشکه بالا می آید؟



جدول ۱. روابط ریاضی

محاسبات		
اصول	مثال عددی	مثال جبری
برای جمع و تفریق کسرهای هم‌مخرج صورت کسر را با هم جمع و یا از هم تفریق کرده و مخرج را بدون تغییر می‌نویسند.	$\frac{5}{8} + \frac{2}{8} - \frac{1}{8} = \frac{5+2-1}{8}$ $= \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$	$\frac{5}{a} - \frac{3}{a} + \frac{7}{a} = \frac{5-3+7}{a} = \frac{9}{a}$
برای جمع و تفریق کسرهای غیر هم‌مخرج باید ابتدا کوچک‌ترین مخرج مشترک را تعیین کرد. کوچک‌ترین مخرج مشترک عددی است که بر تمام مخرج کسرها قابل تقسیم باشد. صورت و مخرج هر کسر را در خارج قسمت مخرج مشترک بر مخرج کسر مربوطه باید ضرب کرد. سپس عمل جمع و تفریق کسر را انجام داد.	$\frac{1}{2} + \frac{2}{3} - \frac{3}{4} =$ $= \frac{1.6}{2.6} + \frac{2.4}{3.4} - \frac{3.3}{4.3}$ $= \frac{6}{12} + \frac{8}{12} - \frac{9}{12} = \frac{5}{12}$	$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} =$ $= \frac{a.d}{b.d} + \frac{c.b}{b.d}$ $= \frac{a.d + c.b}{b.d}$ <p style="text-align: right;">b.d = مخرج مشترک</p>
برای ضرب یک کسر در کسر دیگر باید صورت‌ها را در هم و مخرج‌ها را در هم ضرب کرد.	$\frac{3}{5} \cdot \frac{2}{7} = \frac{3.2}{5.7} = \frac{6}{35}$	$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a.c}{b.d}$
برای تقسیم یک کسر به کسر دیگر باید کسر اول را در معکوس کسر دوم ضرب کرد.	$\frac{3}{4} : \frac{3}{5} = \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{3} = \frac{3.5}{4.3}$ $= \frac{5}{4} = 1\frac{1}{4}$	$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a.d}{b.c}$
اصول علائم		
هر گاه دو فاکتور علائم یکسان داشته باشند حاصل ضرب آنها مثبت است.	$2.5 = 10$ $(-2).(-5) = 10$	$a.x = ax$ $(-a).(-x) = ax$
هر گاه دو فاکتور علائم مخالف داشته باشند حاصل ضرب آنها منفی است.	$3.(-8) = -24$ $(-3).8 = -24$	$a.(-x) = -ax$ $(-a).x = -ax$
هر گاه مخرج و صورت یا مقسوم و مقسوم علیه علائم یکسان داشته باشند حاصل قسمت علامت مثبت دارد.	$\frac{15}{3} = 15:3 = 5$ $\frac{-15}{-3} = (-15):(-3) = 5$	$\frac{a}{b} = \frac{a}{b}$ $\frac{-a}{-b} = -\frac{a}{b}$
هر گاه مخرج و صورت یا مقسوم و مقسوم علیه علائم مخالف داشته باشند حاصل قسمت علامت منفی دارد.	$\frac{15}{-3} = 15:(-3) = -5$ $\frac{-15}{3} = (-15):3 = -5$	$\frac{a}{-b} = -\frac{a}{b}$ $\frac{-a}{b} = -\frac{a}{b}$

جدول ۱. روابط ریاضی (ادامه)

اصول علائم		
مثال جبری	مثال عددی	اصول
$4a.b - c.3d$ $= 4ab - 3cd$	$8.4 - 18.3 = 32 - 54 = -22$ $\frac{16}{4} + \frac{20}{5} - \frac{18}{3} = 4 + 4 - 6 = 2$	<p>عمل ضرب (و.) باید قبل از عمل جمع (+ و -) انجام گیرد.</p>
محاسبه پرانتز		
$a + (b - c)$ $= a + b - c$	$16 + (9 - 5)$ $= 16 + 9 - 5$ $= 20$	<p>پرانتزهایی را که قبل از آنها علامت جمع قرار دارد می‌توان حذف کرد. علائم اعداد بدون تغییر باقی می‌ماند.</p>
$a - (b - c)$ $= a - b + c$	$16 - (9 - 5)$ $= 16 - 9 + 5$ $= 12$	<p>پرانتزهایی که قبل از آنها علامت منفی قرار دارد فقط وقتی می‌توان حذف کرد که علائم همه اعداد داخل پرانتز را تغییر داد.</p>
$a.(b + c)$ $= ab + ac$	$7.(4 + 5)$ $= 7.4 + 7.5 = 63$	<p>عبارت پرانتز در یک فاکتور ضرب می‌شود، در این حالت هر عامل در فاکتور ضرب می‌شود.</p>
$(a + b).(c - d)$ $= ac - ad + bc - bd$	$(3 + 5).(10 - 7)$ $= 3.10 + 3.(-7) + 5.10 + 5$ $.(-7)$ $= 30 - 21 + 50 - 35 = 24$	<p>عبارت پرانتز در یک عبارت دیگر ضرب می‌شود، در این حالت هر عامل یک پرانتز در عوامل پرانتز دیگر ضرب می‌شود.</p>
$(a + b) : c = a : c + b : c$ $\frac{a - b}{b} = \frac{a}{b} - 1$	$(16 - 4) : 4$ $= 16 : 4 - 4 : 4$ $= 4 - 1 = 3$	<p>عبارت پرانتز بر یک مقدار (عدد، حروف، عبارت پرانتز) تقسیم می‌شود در این حالت هر عامل پرانتز بر مقدار فوق تقسیم می‌شود.</p>
$\frac{a + b}{2}.h = (a + b).\frac{h}{2}$	$\frac{3 + 4}{2} = (3 + 4) : 2$	<p>خط تقسیم به صورت پرانتز عبارت صورت و مخرج را در بر می‌گیرد.</p>
$a.(3x - 5x) - b.(12y - 2y)$ $= a.(-2x) - b.10y$ $= -2ax - 10by$	$8.(3 - 2) + 4.(16 - 5)$ $= 8.1 + 4.11$ $= 8 + 44 = 52$	<p>در محاسبات ضرب و جمع باید ابتدا محاسبات پرانتز انجام و سپس عمل جمع اجرا شود.</p>
به توان رساندن		
$x^4.x^7 = x.x.x.x.x.x.x$ $= x^6$ $x^4.x^7 = x^{(4+7)} = x^{11}$	$3^4.3^7 = 3.3.3.3.3.3.3.3$ $= 3^5$ <p>یا</p> $3^4.3^7 = 3^{(4+7)} = 3^{11}$	<p>توان‌هایی که با پایه یکسان در هم ضرب می‌شود، باید نماها را با هم جمع و پایه را ثابت نگه داشت.</p>








جدول ۱. روابط ریاضی (ادامه)

به توان رساندن		
مثال جبری	مثال عددی	اصول
$\frac{m^r}{m^r} = \frac{m.m}{m.m.m} = \frac{1}{m} = m^{-1}$ <p>یا</p> $m^r : m^r = m^{(r-r)} = m^{-1}$	$\frac{4^3}{4^3} = \frac{4.4.4}{4.4} = 4$ <p>یا</p> $4^3 : 4^3 = 4^{(3-3)} = 4^0 = 4$	<p>توان‌هایی که با پایه یکسان بر هم تقسیم می‌شود باید نماها را از هم کسر کرده و پایه را ثابت نگاه داشت.</p>
$a.10^2 = a.100 = 100a$ <p>یا</p> $b.10^{-1} = b.\frac{1}{10} = 0.1b$	$6.10^3 = 6.1000$ <p>یا</p> $= 6000$ $7.10^{-2} = 7.\frac{1}{100} = 0.07$	<p>اگر فاکتور در یک توان ضرب می‌شود باید ابتدا توان محاسبه شود.</p> <p>محاسبه توان قبل از عمل ضرب صورت می‌گیرد.</p>
$(m+n)^0 = 1$	$\frac{10^4}{10^4} = 10^{(4-4)} = 10^0 = 1$	<p>هر توان با نمای صفر برابر یک است.</p>
تبدیلات ریشه گرفتن		
$\sqrt[3]{a.b} = \sqrt[3]{a}.\sqrt[3]{b}$	$\sqrt{9.16} = \sqrt{144} = 12$ <p>یا</p> $\sqrt{9.16} = \sqrt{9}.\sqrt{16} = 3.4 = 12$	<p>هرگاه زیر ریشه یک حاصل ضرب باشد می‌توان ریشه را از حاصل ضرب اعداد و یا ضرب حاصل ریشه‌ها به دست آورد.</p>
$\sqrt[3]{a-b} = \sqrt[3]{(a-b)}$	$\sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$ $\sqrt{5^2-4^2} = \sqrt{25-16} = \sqrt{9} = 3$	<p>هرگاه زیر ریشه حاصل جمع و یا حاصل تفریق باشد باید فقط از حاصل آنها ریشه گرفت.</p>
$\sqrt{a} = a^{\frac{1}{2}}$	$\sqrt[3]{27} = 27^{\frac{1}{3}} = 3^{3.\frac{1}{3}} = 3$	<p>ریشه گرفتن را به صورت توان هم می‌توان نوشت.</p>
تغییر شکل معادله‌ها		
$y-c=d$ $y-c+c=d+c$ $y=d+c$	$y-5=9$ $y-5+5=9+5$ $y=9+5=14$	<p>با افزودن عدد یکسان به دو طرف معادله عدد مجهول در سمت راست ظاهر می‌شود.</p>
$x+a=b$ $x+a-a=b-a$ $x=b-a$	$x+7=18$ $x+7-7=18-7$ $x=11$	<p>با تفریق عدد یکسان از دو طرف معادله عدد مجهول در سمت راست ظاهر می‌شود.</p>
$a.x=b$ $\frac{a.x}{a} = \frac{b}{a}$ $x = \frac{b}{a}$	$6.x=23$ $\frac{6.x}{6} = \frac{23}{6}$ $x = \frac{23}{6} = 3\frac{5}{6}$	<p>با تقسیم دو طرف معادله بر عدد یکسان عدد مجهول معادله به دست می‌آید.</p>

جدول ۱. روابط ریاضی (ادامه)

تغییر شکل معادله‌ها										
مثال جبری			مثال عددی			اصول				
$\frac{y}{c} = d$ $\frac{y.c}{c} = d.c$ $y = d.c$			$\frac{y}{3} = ۷$ $\frac{y.3}{3} = ۷.3$ $y = ۲۱$			با ضرب کردن دو طرف معادله در عدد یکسان عدد مجهول معادله به دست می‌آید.				
$\sqrt{x} = a + b$ $(\sqrt{x})^2 = (a + b)^2$ $x = a^2 + 2ab + b^2$			$\sqrt{x} = ۴$ $(\sqrt{x})^2 = ۴^2$ $x = ۱۶$			با به توان رساندن دو طرف معادله عدد مجهول معادله به دست می‌آید.				
$x^2 = a + b$ $\sqrt{(x)^2} = \sqrt{a + b}$ $x = \pm\sqrt{a + b}$			$x^2 = ۳۶$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{36}$ $x = \pm ۶$			با ریشه گرفتن دو طرف معادله عدد مجهول معادله به دست می‌آید.				
توان‌های ده										
مقادیر بزرگ‌تر از عدد یک با توان مثبت نشان داده می‌شود. مقادیر کوچکتر از عدد یک، با توان منفی نشان داده می‌شود.										
مقدار	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۱	۱	۱۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
توان ده	۱۰ ⁻³	۱۰ ⁻²	۱۰ ⁻¹	۱۰ ^۰	۱۰ ¹	۱۰ ²	۱۰ ³	۱۰ ⁴	۱۰ ⁵	۱۰ ⁶
مثال: تبدیل اعداد به حاصل ضرب توان ده.										
$۴۳۰۰ = ۴,۳.۱۰۰۰ = ۴,۳.۱۰^3; ۱۴۶۳۸ = ۱,۴۶۳۸.۱۰۰۰۰ = ۱,۴۶۳۸.۱۰^4$										
$۰,۰۷ = \frac{۷}{۱۰۰} = ۷.۱۰^{-2}$										

جدول ۲. ضرایب محاسبه طول ضلع، قطر دایره محاطی و مساحت چند ضلعی‌های منتظم با فرض $D = ۱$

علائم اختصاری							
$n =$ تعداد اضلاع	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
$\alpha =$ زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع	۱۲۰°	۹۰°	۷۲°	۶۰°	۴۵°	۳۶°	۳۰°
$l =$ طول ضلع	۰٫۸۶۶	۰٫۷۰۷	۰٫۵۸۸	۰٫۵۰۰	۰٫۳۸۳	۰٫۳۰۹	۰٫۲۵۹
$d =$ قطر دایره محاطی	۰٫۵۰۰	۰٫۷۰۷	۰٫۸۰۹	۰٫۸۶۶	۰٫۹۲۴	۰٫۹۵۱۱	۰٫۹۶۶
$A =$ مساحت	۰٫۳۲۵	۰٫۵۰۰	۰٫۵۹۴	۰٫۶۵۰	۰٫۷۰۷	۰٫۷۳۵	۰٫۷۵۰

$D =$ قطر دایره محیطی

جدول ۳. جرم پاره‌ای از مواد برحسب کیلوگرم

نام ماده	جرم ماده	نام ماده	جرم ماده
اتم هیدروژن	$۱٫۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}$	اتومبیل شخصی	$۱٫۵ \times ۱۰^۳$
یک لیتر هوا (در صفر درجه سانتی‌گراد)	$۱٫۲۹ \times ۱۰^{-۳}$	کره زمین	$۵٫۹۸ \times ۱۰^{۲۴}$
یک لیتر آب (در 4°C)	۱٫۰۰۰	کره خورشید	$۱٫۹۹ \times ۱۰^{۳۰}$










جدول ۴. جرم مخصوص پاره‌ای از مواد

جرم مخصوص مایعات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$		جرم مخصوص جامدات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$				جرم مخصوص گازها $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص
آب (4°C)	۱	چوب آبنوس	۱٫۲۶	چدن خاکستری	۷٫۲۵	هوا	۱۱٫۲۹
نفت	۰٫۸۵	آلیاژهای منیزیم	۱٫۸	برنج	۸٫۵	اکسیژن	۱٫۴۳
بنزین	۰٫۷۲	آلومینیم	۲٫۷	مس	۸٫۹	استیلن	۱٫۱۷۱
گازوئیل	۰٫۸۵	روی	۷٫۱۳	فولاد	۷٫۸۵	هیدروژن	۰٫۰۹
روغن موتور	۰٫۹	قلع	۷٫۳	سرب	۱۱٫۳۵	ازت	۱٫۲۵

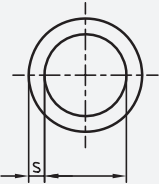
جدول ۵. جرم یک متر مربع پاره‌ای از ورق‌ها برحسب کیلوگرم

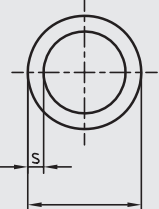
ورق‌های فولادی	s(mm)	0.18	0.2	0.22	0.24	0.28	0.32	0.38	0.44	0.5	0.56
مثال:	m(kg/m ²)	0.41	1.57	1.73	1.88	2.20	2.51	2.98	3.46	3.93	4.40
s 15 mm \triangleq ? kg/m ²	s(mm)	0.63	0.75	0.88	1	1.13	1.25	1.38	1.5	1.75	2.0
حل:	m(kg/m ²)	4.95	5.88	6.91	7.85	8.87	9.81	10.8	11.8	13.7	15.7
s 10 mm \triangleq 78.60kg/m ²	s(mm)	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4	4.5	4.75	5	5.5
s 5 mm \triangleq 39.30kg/m ²	m(kg/m ²)	17.7	19.6	21.6	23.6	27.5	31.4	35.3	37.3	39.3	43.2
<u>s 15 mm \triangleq 117.90kg/m²</u>	s(mm)	6	6.5	7	8	9	10	11	12	18	14
	m(kg/m ²)	47.2	51.1	55	62.9	70.7	78.6	86.5	94.3	10.2	110
ورق‌های آج‌دار فولادی بدون	s(mm)	3	3 ^{1/2}	4	4 ^{1/2}	5	6	7	8	9	10
در نظر گرفتن نوع آج	m(kg/m ²)	28	32	38	42	46	54	62	70	78	86
ورق‌های روی	s(mm)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
	m(kg/m ²)	1.08	1.44	1.80	2.15	2.51	2.87	3.23	3.59	3.95	4.31
	s(mm)	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0
	m(kg/m ²)	4.67	5.03	5.38	5.74	6.46	7.18	8.62	10.8	12.9	14.4
ورق‌های سرب	s(mm)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0
	m(kg/m ²)	3.42	4.56	5.70	6.84	7.98	9.12	10.2	11.4	17.1	22.8
ورق‌های مس	s(mm)	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6
	m(kg/m ²)	0.89	1.33	1.78	2.22	2.67	3.11	3.56	4.0	4.45	5.34
	s(mm)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5
	m(kg/m ²)	6.23	7.12	8.01	8.9	10.7	12.6	14.2	16.0	17.8	22.2
ورق‌های برنج	s(mm)	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6
	m(kg/m ²)	0.85	1.27	1.7	2.12	2.55	2.97	3.4	3.82	4.25	5.1
	s(mm)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5
	m(kg/m ²)	5.95	6.8	7.65	8.5	10.2	11.9	13.6	15.3	17.0	21.2
ورق‌های آلومینیم	s(mm)	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	m(kg/m ²)	0.54	0.68	0.81	0.95	1.08	1.35	1.62	1.89	2.16	2.48
	s(mm)	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
	m(kg/m ²)	2.7	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	6.8	8.1	10.8	13.5

جدول ۶. جرم یک متر از میله‌های گرد، چهارگوش و شش‌گوش فولادی برحسب kg

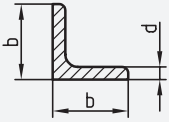
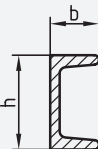
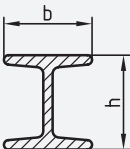
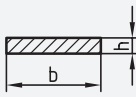
d l SW	1...35			d l SW	36...70			d l SW	71...105		
											
1	0.006	0.008	0.007	36	7.99	10.2	8.81	71	31.1	39.6	34.3
2	0.025	0.031	0.027	37	8.44	10.7	9.3	72	32.0	40.7	35.2
3	0.056	0.071	0.061	38	8.90	11.3	9.81	73	32.9	41.8	36.2
4	0.099	0.126	0.109	39	9.38	11.9	10.3	74	33.8	43.0	37.2
5	0.154	0.196	0.170	40	9.86	12.6	10.9	75	34.7	44.2	38.2
6	0.222	0.283	0.245	41	10.4	13.2	11.4	76	35.6	45.3	39.2
7	0.302	0.385	0.333	42	10.9	13.9	12.0	77	36.5	46.5	40.3
8	0.395	0.502	0.435	43	11.4	14.5	12.6	78	37.5	47.8	41.4
9	0.499	0.636	0.551	44	11.9	15.2	13.2	79	38.5	49.0	42.4
10	0.617	0.785	0.680	45	12.5	15.9	13.8	80	39.5	50.2	43.5
11	0.746	0.950	0.823	46	13.0	16.6	14.4	81	40.5	51.5	44.6
12	0.888	1.13	0.979	47	13.6	17.3	15.1	82	41.5	52.8	45.7
13	1.04	1.33	1.15	48	14.2	18.1	15.7	83	42.5	54.1	46.8
14	1.21	1.54	1.33	49	14.8	18.8	16.3	84	43.5	55.4	48.0
15	1.39	1.77	1.53	50	15.4	19.6	17.0	85	44.5	56.7	49.1
16	1.58	2.01	1.74	51	16.0	20.4	17.7	86	45.6	58.1	50.3
17	1.78	2.27	1.96	52	16.7	21.2	18.4	87	46.7	59.4	51.5
18	2.00	2.54	2.20	53	17.3	22.1	19.1	88	47.7	60.8	52.6
19	2.23	2.83	2.45	54	18.0	22.9	19.8	89	48.8	62.2	53.8
20	2.47	3.14	2.72	55	18.7	23.7	20.6	90	49.9	63.6	55.1
21	2.72	3.46	3.00	56	19.3	24.6	21.3	91	51.1	65.0	56.3
22	2.98	3.80	3.29	57	20.0	25.5	22.1	92	52.2	66.4	57.5
23	3.26	4.15	3.60	58	20.7	26.4	22.9	93	53.3	67.9	58.8
24	3.55	4.52	3.92	59	21.5	27.3	23.7	94	54.5	69.4	60.1
25	3.85	4.91	4.25	60	22.2	28.3	24.5	95	55.6	70.8	61.4
26	4.17	5.31	4.60	61	22.9	29.2	25.3	96	56.8	72.3	62.7
27	4.50	5.72	4.96	62	23.7	30.2	26.1	97	58.0	73.9	64.0
28	4.83	6.15	5.33	63	24.5	31.2	27.0	98	59.2	75.4	65.3
29	5.19	6.60	5.72	64	25.3	32.2	27.8	99	60.4	77.0	66.6
30	5.55	7.07	6.12	65	26.0	33.2	28.7	100	61.7	78.5	68.0
31	5.92	7.55	6.53	66	26.9	34.2	29.6	101	62.8	80.0	69.3
32	6.31	8.04	6.96	67	27.7	35.2	30.5	102	64.2	81.6	70.6
33	6.71	8.55	7.40	68	28.5	36.3	31.4	103	65.5	83.2	72.0
34	7.13	9.07	7.86	69	29.4	37.4	32.4	104	66.7	84.9	73.5
35	7.55	9.62	8.33	70	30.2	38.5	33.3	105	68.0	86.5	75.0

جدول ۷. جرم یک متر از لوله‌های فولادی برحسب kg

<div>لوله‌های معمولی</div> <div></div> <div>اندازه اسمی</div>	قطر آبدهی لوله برحسب اینچ	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"
	قطر آبدهی لوله برحسب میلی متر	6	8	10	15	20	25	32
	تعداد دندانان در هر اینچ	28	19	19	14	14	11	11
	قطر خارجی لوله	10	13.25	16.75	21.25	26.75	33.5	42.25
	ضخامت جداره	2	2.25	2.25	2.75	2.4	2.9	3.1
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	0.395	0.610	0.805	1.25	1.44	2.19	2.99
	قطر آبدهی لوله برحسب اینچ	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
	قطر آبدهی لوله برحسب میلی متر	40	50	65	80	100	125	150
	تعداد دندانان در هر اینچ	11	11	11	11	11	11	11
قطر خارجی لوله	48.25	60	75.5	88.25	113.5	139	164.5	
ضخامت جداره	3.1	3.3	3.75	4	4.25	4.5	4.5	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	3.45	4.61	6.64	8.31	11.5	14.9	17.8	

<div>لوله‌های بدون درز</div> <div></div> <div>اندازه اسمی</div>	قطر خارجی لوله برحسب میلی‌متر	8	10	12	14	16	18	20
	قطر خارجی لوله برحسب اینچ	5/16"	13/22"	15/32"	9/16"	5/8"	23/32"	25/32"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	0.240	0.314	0.388	0.592	0.691	0.789	0.888
	قطر خارجی لوله برحسب میلی‌متر	22	24	25	26	28	30	32
	قطر خارجی لوله برحسب اینچ	7/8"	15/16"	1"	1 1/32"	1 3/32"	1 3/16"	1 1/4"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	2	2	2	2	2	2.5	2.5
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	0.986	1.09	1.13	1.18	1.28	1.70	1.82
	قطر خارجی لوله برحسب میلی‌متر	35	38	41.5	44.5	51	57	63.5
	قطر خارجی لوله برحسب اینچ	1 3/8"	1 1/2"	1 5/8"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.75	3
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	2.00	2.19	2.40	2.59	2.99	3.68	4.48
	قطر خارجی لوله برحسب میلی‌متر	70	76	83	89	95	102	108
	قطر خارجی لوله برحسب اینچ	2 3/4"	3"	3 1/4"	3 1/2"	3 3/4"	4"	4 1/4"
ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	3	3	3.25	3.25	3.5	3.5	3.75	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	4.96	5.40	6.39	6.87	7.90	8.50	9.64	

جدول ۸. جرم یک متر پاره‌ای از نیمه ساخته‌های فولادی برحسب kg

									
b×b×d	kg/m	نمره	h×b	kg/m	نمره	h×b	kg/m	b×h	kg/m
15×15×3	0.64	30	30×15	1.74	80	80×42	5.95	10×5	0.39
20×20×4	1.14	40	40×20	2.75	100	100×50	8.32	10×8	0.63
25×25×4	1.45	50	50×25	4.32	120	120×58	11.2	12×5	0.47
30×30×3	1.36	60	60×30	5.07	140	140×66	14.4	15×5	0.59
30×30×5	2.18	65	65×42	7.09	160	160×74	17.9	15×10	1.18
35×35×4	2.1	80	80×45	8.64	180	180×82	21.9	25×5	0.78
35×35×6	3.04	100	100×50	10.6	200	200×90	26.3	20×10	1.57
40×40×4	2.42	120	120×55	13.4	220	220×98	31.1	25×5	0.98
40×40×6	3.52	140	140×60	16.0	240	240×106	36.2	25×15	2.94
45×45×5	3.38	160	160×65	18.8	260	260×113	41.9	30×5	1.18
45×45×7	4.60	180	180×70	22.0	280	280×119	48.0	35×5	1.37
50×50×5	3.77	200	200×75	25.3	300	300×125	54.2	40×10	3.14
50×50×9	6.47	240	240×85	33.2	320	320×131	61.1	40×25	7.85
55×55×6	4.95	280	280×95	41.8	340	340×137	68.1	45×30	10.6
60×60×6	5.42	300	300×100	46.2	360	360×143	76.2	50×20	7.85
65×65×7	6.83	350	350×100	60.6	380	380×149	84.0	50×40	15.7
70×70×7	7.38	400	400×110	71.8	400	400×155	92.6	60×20	9.42
75×75×7	7.94	450	450×170	115	450	450×170	115	70×30	16.5
80×80×8	9.66	500	500×185	141	500	500×185	141	80×40	5.1
90×90×9	12.2	550	550×200	167	550	550×200	167	90×50	35.3

جدول ۹. جدول سینوس و کسینوس

45° ... 0 سینوس								
درجه	دقیقه	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'
0		0.0000	00.0029	0.0058	0.0087	0.0116	0.0145	0.0175
1		0.0175	0.0204	0.0233	0.262	0.0291	0.0320	0.0349
2		0.0349	0.0378	0.0407	0.436	0.0465	0.0494	0.0523
3		0.0523	0.0552	0.0581	0.0610	0.0640	0.0669	0.0698
4		0.0698	0.0727	0.0756	0.0785	0.0814	0.0843	0.0872
5		0.0872	0.0901	0.0929	0.0958	0.0987	0.1016	0.1045
6		0.1045	0.1074	0.1103	0.1132	0.1161	0.1190	0.1219
7		0.1219	0.1248	0.1276	0.1305	0.1334	0.1363	0.1392
8		0.1392	0.1421	0.1449	0.1478	0.1507	0.1536	0.1564
9		0.1564	0.1593	0.1622	0.1650	0.1679	0.1708	0.1736
10		0.1736	0.1765	0.1794	0.1822	0.1851	0.1880	0.1908
11		0.1908	0.1937	0.1965	0.1994	0.2022	0.2051	0.2079
12		0.2079	0.2108	0.2136	0.2164	0.2193	0.2221	0.2250
13		0.2250	0.2278	0.2306	0.2334	0.2363	0.2391	0.2419
14		0.2419	0.2447	0.2476	0.2504	0.2532	0.2560	0.2588
15		0.2588	0.2616	0.2644	0.2672	0.2700	0.2728	0.2756
16		0.2756	0.2784	0.2812	0.2840	0.2868	0.2896	0.2924
17		0.2924	0.2952	0.2979	0.3007	0.3035	0.3062	0.3090
18		0.3090	0.3118	0.3145	0.3173	0.3201	0.3228	0.3256
19		0.3256	0.3283	0.3311	0.3338	0.3365	0.3393	0.3420
20		0.3420	0.3448	0.3475	0.3502	0.3529	0.3557	0.3584
21		0.3584	0.3611	0.3638	0.3665	0.3692	0.3719	0.3746
22		0.3746	0.3773	0.3800	0.3827	0.3854	0.3881	0.3907
23		0.3907	0.3934	0.3961	0.3987	0.4014	0.4041	0.4067
24		0.4067	0.4094	0.4120	0.4147	0.4173	0.4200	0.4226
25		0.4226	0.4253	0.4279	0.4305	0.4331	0.4358	0.4384
26		0.4384	0.4410	0.4436	0.4462	0.4488	0.4514	0.4540
27		0.4540	0.4566	0.4592	0.4617	0.4643	0.4669	0.4695
28		0.4695	0.4720	0.4746	0.4772	0.4797	0.4823	0.4848
29		0.4848	0.4874	0.4899	0.4924	0.4950	0.4975	0.5000
30		0.5000	0.5025	0.5050	0.5075	0.5100	0.5125	0.5150
31		0.5150	0.5175	0.5200	0.5225	0.5250	0.5275	0.5299
32		0.5299	0.5324	0.5348	0.5373	0.5398	0.5422	0.5446
33		0.5446	0.5471	0.5495	0.5519	0.5544	0.5568	0.5592
34		0.5592	0.5616	0.5640	0.5664	0.5688	0.5712	0.5736
35		0.5736	0.5760	0.5783	0.5807	0.5831	0.5854	0.5878
36		0.5878	0.5901	0.5925	0.5948	0.5972	0.5995	0.6018
37		0.6018	0.6041	0.6065	0.6088	0.6111	0.6134	0.6157
38		0.6157	0.6180	0.6202	0.6225	0.6248	0.6271	0.6293
39		0.6293	0.6316	0.6338	0.6361	0.6383	0.6406	0.6428
40		0.6428	0.6450	0.6472	0.6494	0.6517	0.6539	0.6561
41		0.6561	0.6583	0.6604	0.6626	0.6648	0.6670	0.6691
42		0.6691	0.6713	0.6734	0.6756	0.6777	0.6799	0.6820
43		0.6820	0.6841	0.6862	0.6884	0.6905	0.6926	0.6947
44		0.6947	0.6967	0.6988	0.7009	0.7030	0.7050	0.7071
	درجه	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'
	دقیقه							
90° ... 45 کسینوس								

جدول ۹. جدول سینوس و کسینوس (ادامه)

90° ... 45° سینوس								
درجه	دقیقه	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'
45		0.70711	0.7092	0.7112	0.7133	0.7153	0.7173	0.7193
46		0.7193	0.7214	0.7234	0.7254	0.7274	0.7294	0.7314
47		0.7314	0.7333	0.7353	0.7373	0.7392	0.7412	0.7431
48		0.7431	0.7451	0.7470	0.7490	0.7509	0.7528	0.7547
49		0.7547	0.7566	0.7585	0.7604	0.7623	0.7642	0.7660
50		0.7660	0.7679	0.7698	0.7716	0.7735	0.7753	0.7771
51		0.7771	0.7790	0.7808	0.7826	0.7844	0.7862	0.7880
52		0.7880	0.7898	0.7916	0.7934	0.7951	0.7969	0.7986
53		0.7986	0.8004	0.8021	0.8039	0.8056	0.8073	0.8090
54		0.8090	0.8107	0.8124	0.8141	0.8158	0.8175	0.8192
55		0.8192	0.8208	0.8225	0.8241	0.8258	0.8274	0.8290
56		0.8290	0.8307	0.8323	0.8339	0.8355	0.8371	0.8387
57		0.8387	0.8403	0.8418	0.8434	0.8450	0.8465	0.8480
58		0.8480	0.8496	0.8511	0.8526	0.8542	0.8557	0.8572
59		0.8572	0.8587	0.8601	0.8616	0.8631	0.8646	0.8660
60		0.8660	0.8675	0.8689	0.8704	0.8718	0.8732	0.8746
61		0.8746	0.8760	0.8774	0.8788	0.8802	0.8816	0.8829
62		0.8829	0.8843	0.8857	0.8870	0.8884	0.8897	0.8910
63		0.8910	0.8923	0.8936	0.8949	0.8962	0.8975	0.8988
64		0.8988	0.9001	0.9013	0.9026	0.9038	0.9051	0.9063
65		0.9063	0.9075	0.9088	0.9100	0.9112	0.9124	0.9135
66		0.9135	0.9147	0.9159	0.9171	0.9182	0.9194	0.9205
67		0.9205	0.9216	0.9228	0.9239	0.9250	0.9261	0.9272
68		0.9272	0.9283	0.9293	0.9304	0.9315	0.9325	0.9336
69		0.9336	0.9346	0.9356	0.9367	0.9377	0.9387	0.9397
70		0.9397	0.9407	0.9417	0.9426	0.9436	0.9446	0.9455
71		0.9455	0.9465	0.9474	0.9483	0.9492	0.9502	0.9511
72		0.9511	0.9520	0.9528	0.9537	0.9546	0.9555	0.9563
73		0.9563	0.9572	0.9580	0.9588	0.9596	0.9605	0.9613
74		0.9613	0.9621	0.9628	0.9636	0.9644	0.9652	0.9659
75		0.9659	0.9667	0.9674	0.9681	0.9689	0.9696	0.9703
76		0.9703	0.9710	0.9717	0.9724	0.9730	0.9737	0.9744
77		0.9744	0.9750	0.9757	0.9763	0.9769	0.9775	0.9781
78		0.9781	0.9787	0.9793	0.9799	0.9805	0.9811	0.9816
79		0.9816	0.9822	0.9827	0.9833	0.9838	0.9843	0.9848
80		0.9848	0.9853	0.9858	0.9863	0.9868	0.9872	0.9877
81		0.9877	0.9881	0.9886	0.9890	0.9894	0.9899	0.9903
82		0.9903	0.9907	0.9911	0.9914	0.9918	0.9922	0.9925
83		0.9925	0.9929	0.9932	0.9936	0.9939	0.9942	0.9945
84		0.9945	0.9948	0.9951	0.9954	0.9957	0.9959	0.9962
85		0.9962	0.9964	0.9967	0.9969	0.9971	0.9974	0.9976
86		0.9976	0.9978	0.9980	0.9981	0.9983	0.9985	0.9986
87		0.9986	0.9988	0.9989	0.9990	0.9992	0.9993	0.9994
88		0.9994	0.9995	0.9996	0.9997	0.9997	0.9998	0.99985
89		0.99985	0.99989	0.99993	0.99996	0.99998	0.99999	1.00000
درجه	دقیقه	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'
45° ... 0° کسینوس								

جدول تانژانت و کتانژانت ۱۰.

0 ... 45° تانژانت								
درجه	دقیقه	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'
0		0.0000	0.0029	0.0058	0.0087	0.0116	0.0145	0.0175
1		0.0175	0.0204	0.0233	0.262	0.0291	0.0320	0.0349
2		0.0349	0.0378	0.0407	0.0437	0.0466	0.0495	0.0524
3		0.0524	0.0553	0.0582	0.0612	0.0641	0.0670	0.0699
4		0.0699	0.0729	0.0758	0.0787	0.0816	0.0846	0.0875
5		0.0875	0.0904	0.0934	0.0963	0.0992	0.1022	0.1051
6		0.1051	0.1080	0.1110	0.1139	0.1169	0.1198	0.1228
7		0.1228	0.1257	0.1287	0.1317	0.1346	0.1376	0.1405
8		0.1405	0.1435	0.1465	0.1495	0.1524	0.1554	0.1584
9		0.1584	0.1614	0.1644	0.1673	0.1703	0.1733	0.1763
10		0.1763	0.1793	0.1823	0.1853	0.1883	0.1914	0.1944
11		0.1944	0.1974	0.2004	0.2035	0.2065	0.2095	0.2126
12		0.2126	0.2156	0.2186	0.2217	0.2247	0.2278	0.2309
13		0.2309	0.2339	0.2370	0.2401	0.2432	0.2462	0.2493
14		0.2493	0.2524	0.2555	0.2586	0.2617	0.2648	0.2679
15		0.2679	0.2711	0.2742	0.2773	0.2805	0.2836	0.2867
16		0.2867	0.2899	0.2931	0.2962	0.2994	0.3026	0.3057
17		0.3057	0.3089	0.3121	0.3153	0.3185	0.3217	0.3249
18		0.3249	0.3281	0.3314	0.3346	0.3378	0.3411	0.3443
19		0.3443	0.3476	0.3508	0.3541	0.3574	0.3607	0.3640
20		0.3640	0.3673	0.3706	0.3739	0.3772	0.3805	0.3839
21		0.3839	0.3872	0.3906	0.3939	0.3973	0.4006	0.4040
22		0.4040	0.4074	0.4108	0.4142	0.4176	0.4210	0.4245
23		0.4245	0.4279	0.4314	0.4348	0.4383	0.4417	0.4452
24		0.4452	0.4487	0.4522	0.4557	0.4592	0.4628	0.4663
25		0.4663	0.4699	0.4734	0.4770	0.4806	0.4841	0.4877
26		0.4877	0.4913	0.4950	0.4986	0.5022	0.5059	0.5095
27		0.5095	0.5132	0.5169	0.5206	0.5243	0.5280	0.5317
28		0.5317	0.5354	0.5392	0.5430	0.5467	0.5505	0.5543
29		0.5543	0.5581	0.5619	0.5658	0.5696	0.5735	0.5774
30		0.5774	0.5812	0.5851	0.5890	0.5930	0.5969	0.6009
31		0.6009	0.6048	0.6088	0.6128	0.6168	0.6208	0.6249
32		0.6249	0.6289	0.6330	0.6371	0.6412	0.6453	0.6494
33		0.6494	0.6536	0.6577	0.6619	0.6661	0.6703	0.6745
34		0.6745	0.6787	0.6830	0.6873	0.6916	0.6959	0.7002
35		0.7002	0.7046	0.7089	0.7133	0.7177	0.7221	0.7265
36		0.7265	0.7310	0.7355	0.7400	0.7445	0.7490	0.7536
37		0.7536	0.7581	0.7627	0.7673	0.7720	0.7766	0.7813
38		0.7813	0.7860	0.7907	0.7954	0.8002	0.8050	0.8098
39		0.8098	0.8146	0.8195	0.8243	0.8292	0.8342	0.8391
40		0.8391	0.8441	0.8491	0.8541	0.8591	0.8642	0.8693
41		0.8693	0.8744	0.8796	0.8847	0.8899	0.8952	0.9004
42		0.9004	0.9057	0.9110	0.9163	0.9217	0.9271	0.9325
43		0.9325	0.9380	0.9435	0.9490	0.9545	0.9601	0.9657
44		0.9657	0.9713	0.9770	0.9827	0.9884	0.9942	1.0000
	درجه	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'
90° ... 45° کتانژانت								

جدول ۱۰. جدول تنازات و کتانزات (ادامه)

90° ... 45 تنازات								
درجه	دقیقه	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'
45		1.0000	1.0058	1.10117	1.0176	1.0235	1.0295	1.0355
46		1.0355	1.0416	1.0477	1.0538	1.0599	1.0661	1.0724
47		1.0724	1.0786	1.0850	1.0913	1.0977	1.1041	1.1106
48		1.1106	1.1171	1.1237	1.1303	1.1369	1.1436	1.1504
49		1.1504	1.1571	1.1640	1.1708	1.1778	1.1847	1.1918
50		1.1918	1.1988	1.2059	1.2131	1.2203	1.2276	1.2349
51		1.2349	1.2423	1.2497	1.2572	1.2647	1.2723	1.2799
52		1.2799	1.2876	1.2954	1.3032	1.3111	1.3190	1.3270
53		1.3270	1.3351	1.3432	1.3514	1.3597	1.3680	1.3764
54		1.3764	1.3848	1.3934	1.4019	1.4106	1.4193	1.4281
55		1.4281	1.4370	1.4460	1.4550	1.4641	1.4733	1.4826
56		1.4826	1.4919	1.5013	1.5108	1.5204	1.5301	1.5399
57		1.5399	1.5497	1.5597	1.5697	1.5798	1.5900	1.6003
58		1.6003	1.6107	1.6213	1.6318	1.6426	1.6534	1.6643
59		1.6643	1.6753	1.6864	1.6977	1.7090	1.7205	1.7321
60		1.7321	1.7438	1.7556	1.7675	1.7796	1.7917	1.8041
61		1.8041	1.8165	1.8291	1.8418	1.8546	1.8676	1.8807
62		1.8807	1.8940	1.9074	1.9210	1.9347	1.9486	1.9626
63		1.9626	1.9768	1.9912	2.0057	2.0204	2.0353	2.0503
64		2.0503	2.0655	2.0809	2.0965	2.1123	2.1283	2.1445
65		2.1445	2.1609	2.1775	2.1943	2.2113	2.2286	2.2460
66		2.2460	2.2637	2.2817	2.2998	2.3183	2.3369	2.3559
67		2.3559	2.3750	2.3945	2.4142	2.4342	2.4545	2.4751
68		2.4751	2.4960	2.5172	2.5387	2.5605	2.5826	2.6051
69		2.6051	2.6279	2.6511	2.6746	2.6985	2.7228	2.7475
70		2.7475	2.7725	2.7980	2.8239	2.8502	2.8770	2.9042
71		2.9042	2.9319	2.9600	2.9887	3.0178	3.0475	3.0777
72		3.0777	3.1084	3.1397	3.1716	3.2041	3.2371	3.2709
73		3.2709	3.3052	3.3402	3.3759	3.4124	3.4495	3.4874
74		3.4874	3.5261	3.5656	3.6059	3.6470	3.6891	3.7321
75		3.7321	3.7760	3.8208	3.8667	3.9136	3.9617	4.0408
76		4.0408	4.0611	4.1126	4.1653	4.2193	4.2747	4.3315
77		4.3315	4.3897	4.4494	4.5107	4.5736	4.6383	4.7046
78		4.7046	4.7729	4.8430	4.9152	4.9894	5.0658	5.1446
79		5.1446	5.2257	5.3093	5.3955	5.4845	5.5764	5.6713
80		5.6713	5.7694	5.8708	5.9758	6.0844	6.1970	6.3138
81		6.3138	6.4348	6.5605	6.6912	6.8269	6.9682	7.1154
82		7.1154	7.2687	7.4287	7.5958	7.7704	7.9530	8.1444
83		8.1444	8.3450	8.5556	8.7769	9.0098	9.2553	9.5144
84		9.5144	9.7882	10.0780	10.3854	10.7019	11.0594	11.4301
85		11.4301	11.8262	12.2505	12.7062	13.1969	13.7267	14.3007
86		14.3007	14.9244	15.6048	16.3499	17.1693	18.0750	19.0811
87		19.0811	20.2056	21.4704	22.9038	24.5418	26.4316	28.6363
88		28.6363	31.2416	34.3678	38.1885	42.9641	49.1039	57.2900
89		57.2900	68.7501	85.9398	114.5887	171.885	343.774	∞
درجه	دقیقه	0'	10'	40'	30'	20'	10'	60'
45° ... 0 کتانزات								

منابع

الف) فارسی

۱. خادمی مقدم، صمد، محاسبات فنی ۱، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۸۴.
۲. ولی‌نژاد، عبدالله، جداول و استانداردهای طراحی و ماشین‌سازی، انتشارات تابان، ۱۳۷۶.
۳. خواجه‌حسینی، محمد، نقشه‌کشی ۲، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۰.

ب) انگلیسی

1. Halliday, David. (1985), Fundamentals of physics (5th ed), John Wiley.

