

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

محاسبات فنی

رشته ماشین‌های کشاورزی

گروه تحصیلی کشاورزی

زمینه کشاورزی

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۴۸۲۱

۶۲۰	برقی، سیدعلی محمد
۴۲/۰	محاسبات فنی / مؤلفان: سیدعلی محمد برقی، میرحسین پیمان. — تهران: شرکت چاپ و
م ۴۵۵ ب/	نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.
۱۳۹۵	۱۵۱ ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۴۸۲۱)
متون درسی رشته ماشین‌های کشاورزی گروه تحصیلی کشاورزی، زمینه کشاورزی.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های	
درسی رشته ماشین‌های کشاورزی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش	
وزارت آموزش و پرورش.	
۱. ریاضیات مهندسی. ۲. آنالیز عددی. الف. پیمان، میرحسین. ب. ایران. وزارت	
آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته ماشین‌های کشاورزی.	
ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و
حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) info@tvoccd.sch.ir
وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.sch.ir

این کتاب با توجه به نظرات ارسالی هنرآموزان و گروه‌های آموزشی استان‌ها و کمیسیون
تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشته ماشین‌های کشاورزی بر مبنای کتاب محاسبات فنی تخصصی
کد ۴۹۵/۵ در سال ۱۳۸۷ توسط سید اسماعیل امید خدا مورد اصلاح و بازنگری قرار گرفت.

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : محاسبات فنی - ۴۹۵/۵

مؤلفان : سیدعلی محمد برقی، میرحسین پیمان

اعضای کمیسیون تخصصی : فرشید مزین، حمید احدی، نبی‌الله مقیمی، هوشنگ سرداربنده و سیدامیر ذکی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : مریم دهقان‌زاده

صفحه‌آرا : صغری عابدی

طراح جلد : مریم کیوان

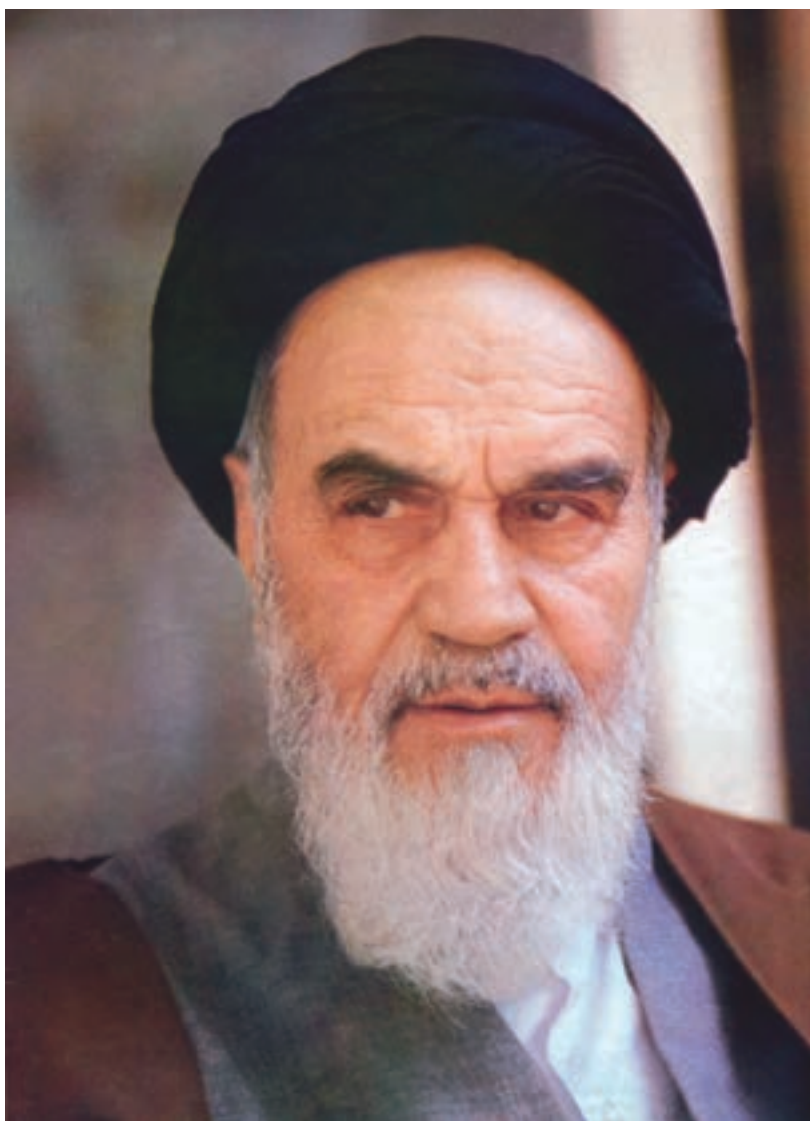
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : دانش‌پژوه

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پانزدهم ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.



اول باید اخلاصتان را قوی بکنید، ایمانتان را قوی بکنید، ... و این
اخلاص و ایمان، شما را تقویت می کند و روحیه شما را بالا می برد و نیروی
شما جووری می شود که هیچ قدرتی نمی تواند (با شما) مقابله کند.
امام خمینی (ره)

مقدمه

یکی از عوامل مهم توسعه در هر کشوری وجود نیروهای متخصص و کارا در آن کشور می‌باشد. از جمله توانایی‌هایی که باید یک فن‌ورز داشته باشد توانایی انجام محاسبات مربوط به کار خود و یا انجام کارها با نگرش محاسباتی می‌باشد. با این دیدگاه، درس محاسبات فنی به منظور تقویت توانایی محاسبات مرتبط با رشته ماشین‌های کشاورزی برای هنرجویان این رشته در کمیسیون ماشین‌های کشاورزی برنامه‌ریزی شده است.

محتوای کتاب محاسبات فنی با دید جامع به توانایی‌های علمی مورد انتظار از هنرجویان سال سوم رشته ماشین‌های کشاورزی برنامه‌ریزی شده و شامل دو بخش اساسی می‌باشد. بخش اول در ادامه درس فیزیک و به منظور تکمیل اطلاعات پایه فیزیک و مکانیک آورده شده و بخش دوم شامل محاسبات تخصصی در مورد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی اعم از نکات فنی و اقتصادی می‌باشد.

هدف کلی

توانایی انجام محاسبات مرتبط با ماشین‌های کشاورزی.

توجه: هدف این کتاب آموزش مفاهیم و توانایی انجام محاسبات با استفاده از روابط کاربردی است. بنابراین در آزمون‌ها جداول و فرمول‌ها در اختیار هنرجویان قرار خواهد گرفت.

کمیت‌های فیزیکی

۱-۱- کمیت‌های اصلی و کمیت‌های فرعی

یکی از جنبه‌های مشترک بین همه اندازه‌گیری‌ها وجود یک «یکا» یا واحد اندازه‌گیری است. واحد هر کمیت باید به گونه‌ای انتخاب شود که در شرایط فیزیکی تعیین شده تغییر نکند و در دسترس باشد. در عمل نیازی نیست که برای هر یک از کمیت‌های فیزیکی واحدی تعریف شود. برای مثال، اگر واحد طول تعریف شده باشد، لازم نیست برای مساحت، واحد مستقلی تعریف شود؛ بلکه می‌توان آن را تنها با اندازه‌گیری‌های طول و با استفاده از رابطه‌های هندسی محاسبه کرد. آن دسته از کمیت‌هایی را که واحدهای آن‌ها به‌طور مستقل و بدون رابطه با واحدهای دیگر تعریف شده‌اند، کمیت‌های اصلی و واحدهای آن‌ها را واحدهای اصلی می‌نامند. سایر کمیت‌ها از قبیل مساحت، حجم و امثال این‌ها که به‌طور مستقل تعریف نشده و در تعریف آن‌ها از کمیت‌های اصلی استفاده می‌شود، کمیت‌های فرعی نام دارند.

برای نشان دادن کمیت‌ها و یکاهای آن‌ها از حروف و علائم خاصی استفاده می‌شود. این علائم به‌صورت استاندارد تعریف می‌شوند که در این کتاب از علائم استاندارد ایزو استفاده خواهد شد. کمیت‌های اصلی اندازه‌گیری در جدول ۱-۱ نشان داده شده است.

جدول ۱-۱- یکاهای اصلی در SI

کمیت	علامت کمیت	نام واحد	علامت
طول	l	متر	m
جرم	m	کیلوگرم	kg
زمان	t	ثانیه	S
شدت جریان الکتریکی	I	آمپر	A
درجه حرارت ترمودینامیکی	T	کلوین	K
مقدار ماده	n	مُل	mol
شدت روشنایی	I	کاندلا	cd

رابطه‌ی بین کمیت‌های اصلی و فرعی را که برحسب علامت کمیت‌ها نوشته می‌شود، معادله‌ی ابعادی یا دیمانسیون می‌نامند. برای مثال علامت مشخصه مساحت A است و دیمانسیون آن عبارت است از: $A = L^2$.

۱-۲- دستگاه‌های اندازه‌گیری

منظور از دستگاه اندازه‌گیری، مجموعه‌ای از یکاهای کمیت‌ها است که در شرایط فیزیکی تعیین شده تغییر نکند و در دسترس باشد. برای اندازه‌گیری، چهارگونه دستگاه یا سیستم به شرح زیر وجود دارد:

۱- سیستم CGS: در این سیستم واحدهای اصلی برای طول سانتی متر (C) و برای جرم گرم (G) و برای زمان ثانیه (S) است.

۲- سیستم MKS علمی: در این سیستم واحدهای اصلی برای طول متر (M)، برای جرم کیلوگرم (kg) و برای زمان ثانیه (S) است. به این مجموعه واحدهای مورد توافق بین المللی به اختصار SI گفته می‌شود.^۱

۳- سیستم MKS عملی یا صنعتی: واحدهای اصلی در این سیستم عبارت است از M برای طول و برحسب متر، K برای نیرو و برحسب کیلوگرم نیرو (kgf) و S برای زمان و برحسب ثانیه.

۴- سیستم MTS: واحدهای اصلی در این سیستم M برای طول و برحسب متر، T برای جرم و برحسب تن و S برای زمان و برحسب ثانیه می‌باشد.

توجه: سیستم M.K.S عملی قبل از جانشین شدن سیستم بین‌المللی SI در ایران استفاده می‌شد و در مقایسه با این سیستم (SI) کمیت اصلی به جای جرم، نیرو فرض شده است.

۱-۳- اندازه‌گیری

انسان از همان ابتدا برای شناسایی محیط اطراف خود به سنجش و اندازه‌گیری کمیت‌ها و کیفیت‌های اطراف خود علاقه نشان داده و این عمل چه به صورت سنجش درجه حرارت مایع به وسیله‌ی انگشت یا وزن کردن اجسام با سبک و سنگین کردن آن‌ها در دست یا تعیین مسیر باد با افشاندن خاک به هوا و بالاخره شمردن میوه‌های موجود در انسان‌های اولیه خودنمایی می‌کرد. به تدریج برحسب رشد و توسعه زندگی اجتماعی، دستگاه‌های اندازه‌گیری اولیه مانند ترازو، پیمانه و

۱- SI حروف اول واژه فرانسوی Systeme International و به معنای دستگاه بین‌المللی است.

غیره برای رفع نیاز بشر ساخته شد و این دستگاه‌ها، با پیشرفت ماشینی جوامع، رفته رفته تکامل یافت، به طوری که امروزه فقط دستگاه یا ابزار اندازه‌گیری به تنهایی کافی نیست و نیاز به سیستم‌های اندازه‌گیری می‌باشد. در حال حاضر اندازه‌گیری در امور مهندسی، اقتصادی، طراحی، ساخت و کشاورزی و غیره جزو مسائل حیاتی محسوب می‌شود. به طور کلی اندازه‌گیری عبارت است از عمل تعیین کمیت چیزی بر حسب واحد تعریف شده‌ی مربوط به آن کمیت می‌باشد و طبق ضوابط تعیین شده انجام می‌گیرد.

ضوابط و شرایط خاصی برای انتخاب دستگاه‌های اندازه‌گیری وجود دارد. در انتخاب یک دستگاه اندازه‌گیری ممکن است سؤالات زیر مطرح شود:

- یک دستگاه اندازه‌گیری تا چه حد کمیت‌ها را نزدیک به واقعیت اندازه‌گیری می‌کند؟
- آیا هر بار که عمل اندازه‌گیری انجام می‌گیرد همان مقدار را نشان می‌دهد؟
- آیا در شرایط اندازه‌گیری متفاوت، مثلاً رطوبت، فشار یا حرارت متفاوت یا عوض شدن مشخص اندازه‌گیر، مجدداً همان اندازه‌گیری قبلی با همان کمیت حاصل می‌شود؟
- آیا دستگاه اندازه‌گیری در طول سالیان متوالی در شرایط اندازه‌گیری مساوی یک رقم را نشان می‌دهد؟

— آیا با یک دستگاه می‌توان هر مقداری از یک کمیت را اندازه گرفت؟

سؤالات فوق در حقیقت مربوط به مشخصات یک ابزار اندازه‌گیری می‌باشد و این مشخصات توسط سازنده به صورت زیر مطرح می‌شود:

- ۱— دقت: انطباق یا نزدیکی مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار واقعی آن را دقت اندازه‌گیری می‌نامند. دقت دستگاه معمولاً بر حسب خطای ماکزیمم آن دستگاه در اندازه‌گیری بیان می‌شود. مثلاً یک ترازوی ۱۰۰۰ گرمی با دقتی معادل یک در هزار به اندازه ± 1 گرم در تمام گستره ترازو دقت دارد.
- ۲— حساسیت: رابطه تغییرات در عدد یا رقم اندازه‌گیری شده به تغییرات در کمیت مورد اندازه‌گیری را حساسیت می‌نامند. مثلاً در یک رؤستا به ازای تغییر مکان دسته رؤستا به اندازه ۵/ میلی‌متر ولتاژ خروجی به اندازه ۳ وات تغییر می‌کند بنابر این حساسیت دستگاه مساوی ۶ ولت بر میلی‌متر است. اصطلاح حساسیت در بعضی از دستگاه‌ها با لغت تقویت یا بزرگ‌نمایی بهتر بیان می‌شود.
- ۳— قدرت تشخیص یا کمترین مقدار اندازه‌گیری: منظور از کمترین مقدار قابل اندازه‌گیری توسط یک ابزار یا وسیله‌ی اندازه‌گیری، قدرت تشخیص آن وسیله یا ابزار می‌باشد و آن عبارت است از قدرت نشان دادن عکس‌العمل در برابر تغییرات کوچک کمیت مورد اندازه‌گیری.

مثلاً در یک پمپ بنزین، میزان بنزین توسط کنتوری اندازه‌گیری می‌شود که از ۱/۸ لیتر به بالا را نشان می‌دهد. بنابراین کمترین مقدار قابل اندازه‌گیری با این پمپ ۱/۸ لیتر می‌باشد.

۴- قابلیت تجدید و تکرار: عبارت است از نزدیکی ارقام حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف با یکدیگر به‌طوری که هر بار عمل اندازه‌گیری تحت شرایط مختلف انجام گرفته باشد. در هر دستگاه اندازه‌گیری انتظار این است که ارقام حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف یک کمیت توسط یک شخص اندازه‌گیر یا یک دستگاه اندازه‌گیری معین همیشه یک نتیجه ثابت داشته باشد که معمولاً در عمل یک دستگاه خوب چنین ویژگی را دارا می‌باشد.

۵- ظرفیت اندازه‌گیری: منظور از ظرفیت اندازه‌گیری، بزرگ‌ترین مقدار قابل اندازه‌گیری توسط ابزار یا وسیله اندازه‌گیری می‌باشد. به‌عنوان مثال ترازوی مورد استفاده در طلافروشی‌ها اگرچه از قدرت تشخیص بالایی برخوردار است اما ظرفیت آن تا حد ۱ kg بوده و وزنه‌های بیش از این موجب آسیب‌دیدگی ترازو خواهد شد.

۴-۱- خطا و اشتباه در اندازه‌گیری

خطای اندازه‌گیری اختلاف یک اندازه گرفته شده با مقدار واقعی آن می‌باشد. در هر اندازه‌گیری خطاهای متعددی وجود دارد که اغلب به صورت زیر بیان می‌شود:

— **خطای به کارگیری:** این خطا در اثر به کارگیری وسیله اندازه‌گیری روی کمیت مورد اندازه‌گیری و تغییرات حاصل از دخالت دستگاه به وجود می‌آید.

— **خطای عملکرد:** این خطا معمولاً به علت طرز استفاده از دستگاه توسط شخص اندازه‌گیر حاصل می‌شود.

— **خطای محیط:** این خطا در اثر تغییرات حاصل در شرایط محیط اندازه‌گیری و اثرات متقابل آن روی عمل اندازه‌گیری به وجود می‌آید.

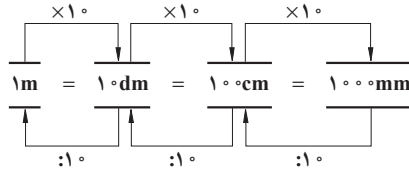
— **خطای دینامیکی:** این خطا در کمیت‌های مورد اندازه‌گیری که به‌طور دائم در تغییر هستند و عدم انطباق عکس‌العمل دستگاه یا ابراز اندازه‌گیری با این تغییرات اتفاق می‌افتد. هرگاه خطای اندازه‌گیری بیش از حد مجاز باشد به آن اشتباه می‌گویند. اندازه‌ی خطای مجاز معمولاً ۲ تا ۳ برابر دقت وسیله اندازه‌گیری تعیین می‌شود.

۵-۱- واحد اندازه‌گیری طول

واحد اندازه‌گیری طول در سیستم SI، متر (m) می‌باشد. یک متر مسافتی است که نور در

مدت $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلأ می پیماید.

ضریب تبدیل اجزاء و اضعاف متر به یکدیگر عدد 10^0 می باشد در شکل زیر نحوه تبدیل اجزاء



شکل ۱-۱

متر به یکدیگر نشان داده شده است.

از اجزای دیگر متر که معمولاً در کارهای دقیق ماشین سازی مورد استفاده قرار می گیرد می توان از میکرومتر نام برد که برابر است با :

$$1\mu\text{m} = \frac{1}{1000000}\text{m} = \frac{1}{1000}\text{mm}$$

در سیستم SI تبدیل واحدها به اجزای کوچک تر با ضریب 10^0 و به اجزای بزرگ تر با ضریب

$\frac{1}{10^0}$ با توجه به جدول زیر می باشد.

پیشوند	پیکو	نانو	میکرو	میلی	سانتی	دسی	دکا	هکتا	کیلو	مگا	گیگا	ترا
علامت پیشوند	p	n	μ	m	c	d	da	h	k	M	G	T
ضریب	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^1	10^2	10^3	10^6	10^9	10^{12}

مثال: $3/4$ کیلومتر چند سانتی متر است؟

حل:

$$1\text{km} = 1000\text{m}$$

$$3/4\text{km} = 3/4 \times 1000\text{m} = 3400\text{m}$$

$$1\text{m} = 100\text{cm}$$

$$3400\text{m} = 3400 \times 100\text{cm} = 340000\text{cm}$$

مثال: 140 میکرومتر را به میلی متر تبدیل کنید.

$$1\mu\text{m} = \frac{1}{1000}\text{mm}$$

$$140\mu\text{m} = 140 \times \frac{1}{1000} = \frac{140}{1000} = 0/14\text{mm}$$

کشورهای آمریکا و انگلیس به جای سیستم SI از سیستم اینچی استفاده می کنند. واحد اندازه گیری طول در سیستم اینچی، فوت (foot) می باشد، که از اجزای آن اینچ (inch) و از اضعاف آن یارد (yard) را می توان نام برد. در زیر اجزاء و اضعاف واحد طول در سیستم اینچی و همچنین ضریب تبدیل آن ها به واحد متریک آمده است.

$$1 \text{ in} = 1'' = 25/4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ ft} = 12'' = 304/80 \text{ mm}$$

$$1 \text{ yd} = 3 \text{ ft} = 914/4 \text{ mm}$$

چون در کارهای ماشین سازی ابعاد کوچک تر از یک اینچ نیز مورد استفاده قرار می گیرد. لذا معمولاً یک اینچ را به ۱۶ قسمت مساوی تقسیم کرده و اجزای آن را با کسرهایی به شرح زیر نشان می دهند:

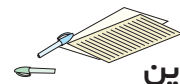
$$1'', \frac{15}{16}'', \frac{7}{8}'', \frac{13}{16}'', \frac{3}{4}'', \frac{11}{16}'', \frac{5}{8}'', \frac{9}{16}'', \frac{1}{2}'', \frac{7}{16}'', \frac{3}{8}'', \frac{5}{16}'', \frac{1}{4}'', \frac{3}{16}'', \frac{1}{8}'', \frac{1}{16}''$$

مثال: $\frac{1}{4}$ اینچ چند میلی متر است؟

$$\frac{1''}{4} = \frac{1}{4} \times 25/4 \text{ mm} = 6/35 \text{ mm}$$

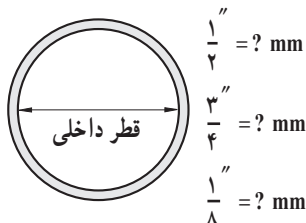
مثال: $1\frac{1}{4}''$ را به میلی متر تبدیل نمایید.

$$1\frac{1}{4}'' = \frac{5''}{4} \Rightarrow \frac{5}{4} \times 25/4 \text{ mm} = 31/16 \text{ mm}$$

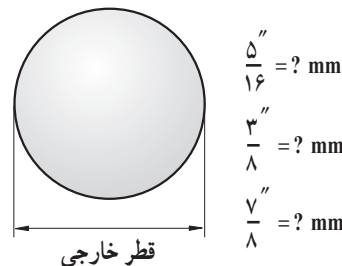


تمرین

۱- معمولاً قطر داخلی لوله ها همچنین قطر ساجمه بلبرینگ ها را با واحد اینچ می سنجند. قطر داخلی لوله و قطر ساجمه بلبرینگ در اشکال زیر داده شده است مقادیر آن ها را به میلی متر تبدیل نمایید.

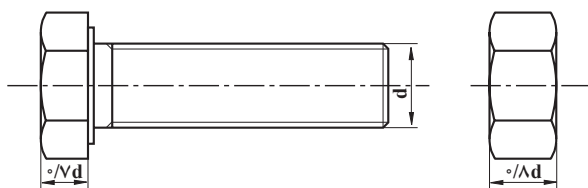


شکل ۱-۳



شکل ۱-۲

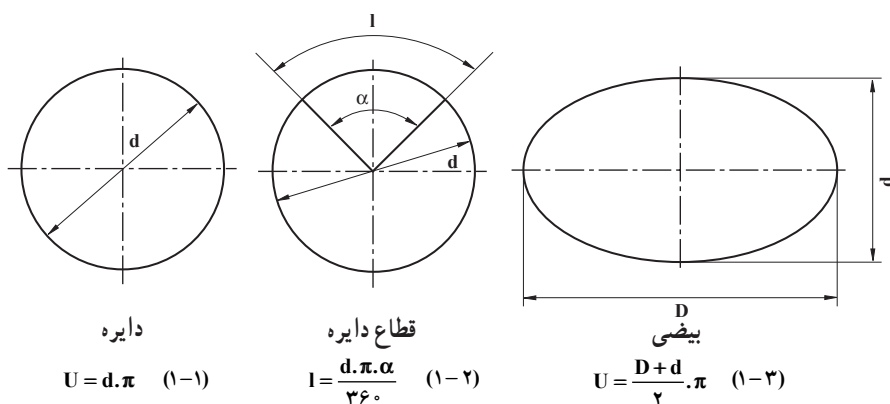
۲- ضخامت سر پیچ و مهره‌ای برحسب قطر خارجی پیچی در شکل زیر نشان داده شده است
اگر قطر پیچ $d = \frac{1}{4}$ باشد، ابعاد آن را برحسب میلی‌متر به دست آورید.



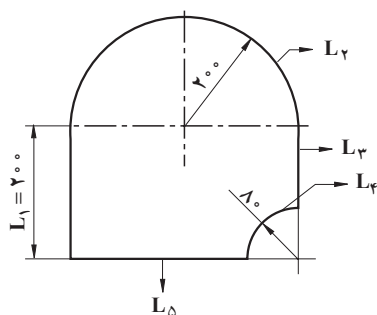
شکل ۱-۴

۱-۶- محاسبه محیط قطعات

هدف از محاسبه محیط قطعات در این کتاب محاسبه محیط در قطعات صنعتی و کشاورزی است؛ که معمولاً ترکیبی از اشکال هندسی می‌باشند. به عنوان یادآوری روابط محاسبه محیط دایره و بیضی و همچنین طول قوسی قطاع دایره آورده می‌شود.



شکل ۱-۵



شکل ۱-۶

مثال: قطعه‌ای مطابق شکل ۱-۶ از ورق

فولادی بریده خواهد شد؛ طول مسیر برش را حساب کنید (اندازه‌ها برحسب میلی‌متر است).

حل: منظور از طول مسیر برش همان محیط قطعه می‌باشد که برای محاسبه آن ابتدا محیط قطعه را به طول‌های L_1 و L_2 و L_3 و L_4 تفکیک کرده و پس از محاسبه طول هر یک از آن‌ها با جمع طول پاره‌خط‌ها، محیط قطعه مرکب را به دست می‌آورند.

$$L_2 = \frac{d_2 \times \pi}{2} = \frac{400 \times 3/14}{2} = 628 \text{ mm}$$

$$L_3 = 200 - 80 = 120 \text{ mm}$$

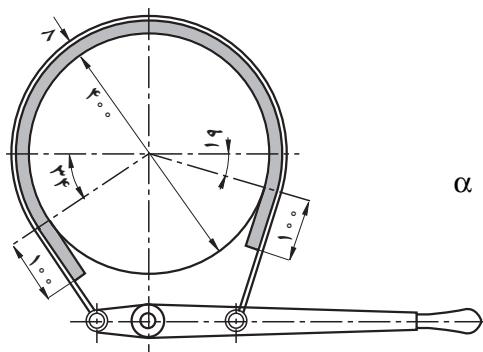
$$L_4 = \frac{d_4 \times \pi}{4} = \frac{160 \times 3/14}{4} = 125/6 \text{ mm}$$

$$L_5 = 400 - 80 = 320 \text{ mm}$$

$$U = 200 + 628 + 120 + 125/6 + 320 = 1393/6 \text{ mm}$$

$$U = 1/394 \text{ m}$$

مثال: در دستگاه ترمز مطابق شکل حساب کنید زاویه درگیری لنت با چرخ تسمه (α) را در صورتی که قطر چرخ 400 میلی‌متر و طول قوس لنت درگیر با چرخ $80/8$ میلی‌متر باشد. از فرمول ۱-۲ داریم:

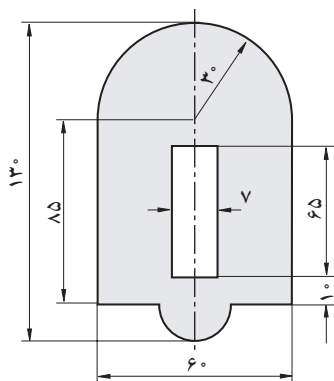


شکل ۱-۷

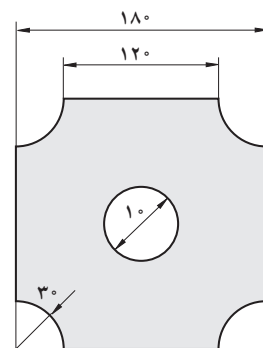
$$l = \frac{d \times \pi \times \alpha}{360}$$

$$\alpha = \frac{l \times 360}{d \times \pi} = \frac{80/8 \times 360}{400 \times 3/14}$$

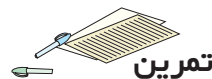
$$\alpha = 230/1$$



شکل ۱-۸



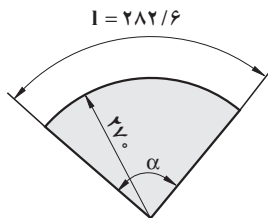
شکل ۱-۹



تمرین

۱- محیط خارجی و مساحت قطعات نشان داده شده در اشکال روبه‌رو را به دست آورید (اندازه بر حسب میلی‌متر است).

۲- زاویه مرکزی و همچنین محیط قطعه مطابق شکل را به دست آورید.



شکل ۱۰-۱

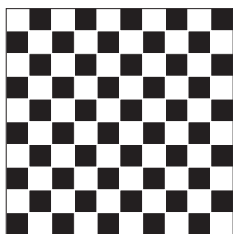
۱-۷- کاربرد محاسبات سطوح هندسی

یک سطح دارای دو بعد است طول و عرض

$$\text{سطح} = \text{عرض} \times \text{طول}$$

بنابراین واحد سطح در سیستم SI مترمربع است و آن سطح مربعی

است که طول هر ضلع یک متر می باشد.



شکل ۱۱-۱

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

اجزای متر مربع عبارتند از دسی مترمربع (dm^2) و سانتی مترمربع cm^2 و میلی مترمربع mm^2

$$1\text{m}^2 \times 100\text{dm}^2 = 10000\text{cm}^2 = 1000000\text{mm}^2$$

اضعاف متر مربع عبارتند از دکامتر مربع dm^2 و هکتومتر مربع

km^2 (هکتار) ha و کیلومتر مربع

$$1\text{ha} = 10000\text{m}^2$$

$$1\text{km}^2 = 1000000\text{m}^2$$

واحد اندازه گیری سطح در سیستم انگلیسی: واحد سطح در این سیستم فوت مربع ft^2

است و اجزای آن اینچ مربع in^2 و از اضعاف آن یارد مربع yd^2 را می توان نام برد که روابط آنها

عبارتند از:

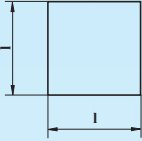
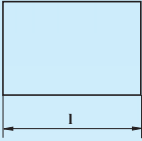
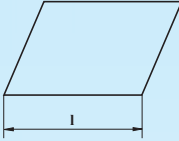
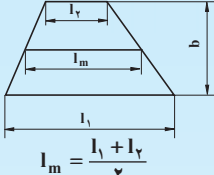
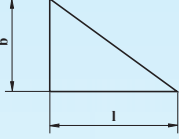
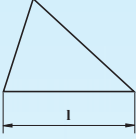
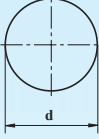
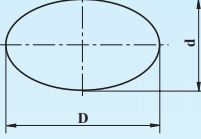
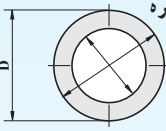
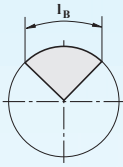
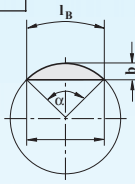

$$1\text{in}^2 = 6.45\text{cm}^2$$

$$1\text{Ft}^2 = 144\text{in}^2 = 929\text{cm}^2$$

$$1\text{yd}^2 = 9\text{Ft}^2 = 1296\text{in}^2 = 8361\text{cm}^2$$

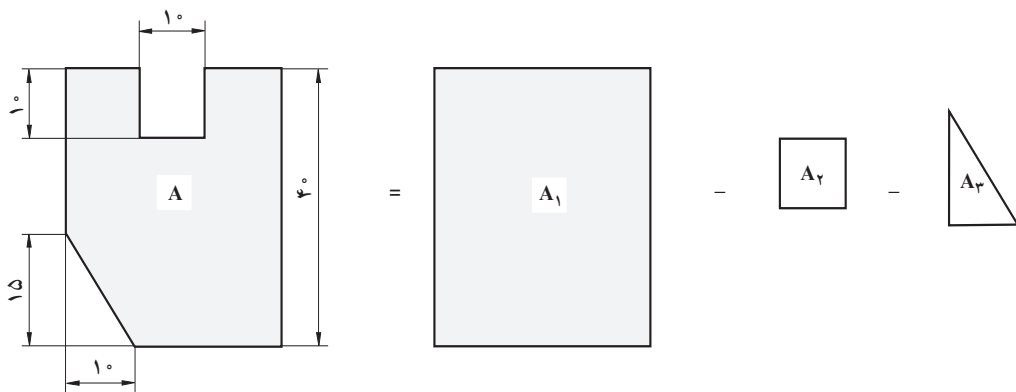
در جدول ۱-۲ روابط سطوح هندسی به عنوان یادآوری داده شده اند.

جدول ۱-۲

<p>مربع</p>  $A = l^2 \quad (1-4)$	<p>مستطیل</p>  $A = l \times b \quad (1-5)$	<p>متوازی الاضلاع</p>  $A = l \times b \quad (1-6)$	<p>دوزنقه</p>  $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$ $A = l_m \times b \quad (1-7)$
 $A = \frac{l \times b}{2} \quad (1-8)$	<p>مثثل</p> 	 $A = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (1-9)$	<p>بیضی</p>  $A = \frac{\pi \times D \times d}{4} \quad (1-10)$
 $A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (1-11)$	<p>تاج دایره</p>  $A = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{\alpha}{360} \quad (1-12)$	<p>قطاع دایره</p>  $A = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{\alpha}{360} - \frac{l(r-b)}{2} \quad (1-13)$	<p>قطعه دایره</p>  $A \approx \frac{2}{3} l \times b$

۱-۸- محاسبه سطوح مرکب

برای محاسبه سطوح مرکب ابتدا سطح آن‌ها را به سطوح هندسی تفکیک کرده و پس از محاسبه سطح هریک از آن‌ها، با جمع جبری مقادیر سطوح هندسی، مساحت سطح مرکب را به دست می‌آورند. مثال: مساحت سطح قطعه مطابق شکل را بر حسب سانتی متر مربع به دست آورید.



شکل ۱۲-۱

$$A = A_1 - A_2 - A_3$$

$$A_1 = L \times b = 30 \times 40 = 1200 \text{ mm}^2$$

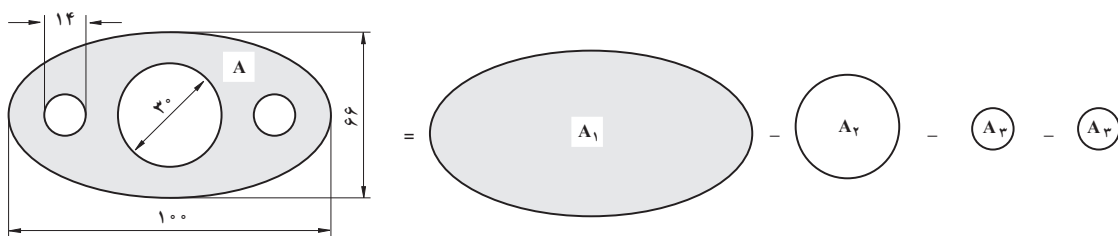
$$A_2 = L^2 = 10^2 = 100 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = \frac{L \times b}{2} = \frac{10 \times 15}{2} = 75 \text{ mm}^2$$

$$A = 1200 - 100 - 75 = 1025 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{1025}{100} = 10.25 \text{ cm}^2$$

مثال: سطح واشر آب بندی مطابق شکل را بر حسب میلی متر مربع تعیین نمایید.



$$A = A_1 - A_2 - 2A_3$$

شکل ۱۳-۱

$$A_1 = \pi / 785 \times D \times d = \pi / 785 \times 100 \times 66 = 5181 \text{ mm}^2$$

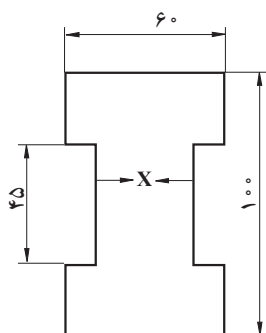
$$A_2 = \pi / 785 \times d^2 = \pi / 785 \times 40^2 = 2011 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 0.785 \times d^2 = 0.785 \times 14^2 = 153.86 \text{ mm}^2$$

$$A = 5181 - 706/5 - (2 \times 153.86) = 4166.78 \text{ mm}^2$$

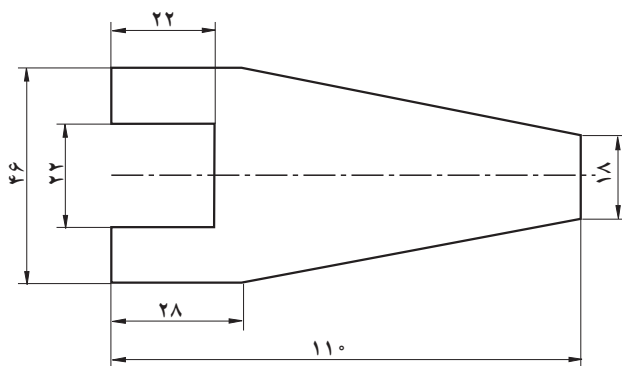


۱- سطح مقطع دسته شاتونی در شکل زیر نشان داده شده است. حساب کنید اندازه X را در صورتی که مساحت مقطع آن ۴۲/۹ سانتی متر مربع باشد.



شکل ۱۴-۱

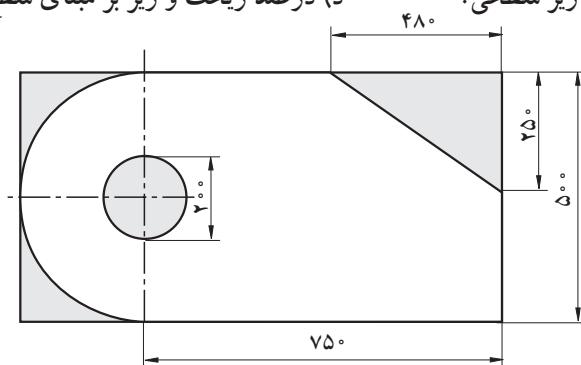
۲- مطلوبست محاسبه سطح ورق اولیه لازم برای ساختن تعداد ۵ عدد از قطعه‌ای مطابق شکل را در صورتی که ریخت و ریز ۱۲/۵ درصد سطح اولیه ورق باشد.



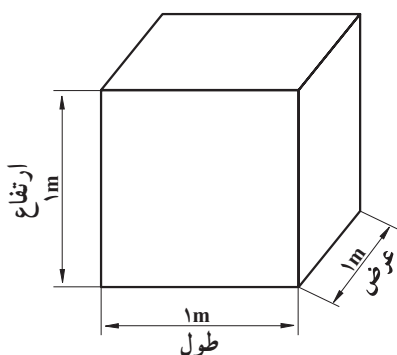
شکل ۱۵-۱

۳- از ورق فولادی به ابعاد $2 \times 500 \times 1000 \text{ mm}$ قطعه‌ای مطابق شکل ساخته خواهد شد
حساب کنید :

- الف) سطح ورق اولیه .
ب) سطح قطعه ساخته شده .
ج) ریخت و ریز سطحی .
د) درصد ریخت و ریز بر مبنای سطح ورق اولیه .



شکل ۱۶-۱



شکل ۱۷-۱

۱-۹- کاربرد محاسبات ابعاد هندسی

واحد اندازه‌گیری حجم: واحد اندازه‌گیری
حجم در سیستم SI مترمکعب می‌باشد و آن عبارت
است از حجم مکعبی که طول و عرض و ارتفاع آن ۱
متر باشد.

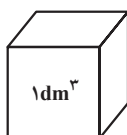
$$1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m} = 1\text{ m}^3$$

اجزاء مترمکعب عبارتند از :

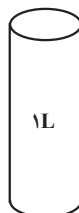
$$1\text{ m}^3 = 1000\text{ dm}^3 = 1000000\text{ cm}^3 = 1000000000\text{ mm}^3$$

برای سنجش مایعات از لیتر (L) استفاده می‌شود. هر لیتر برابر است با حجمی معادل یک
دسی مترمکعب.

$$1\text{ dm}^3 = 1\text{ L}$$



=



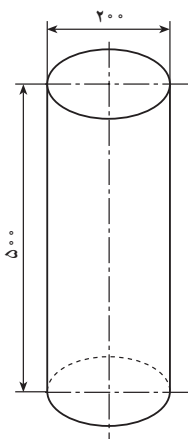
شکل ۱۸-۱

برای اندازه‌گیری حجم‌های کوچک‌تر از لیتر از اجزاء آن استفاده می‌شود و آن‌ها عبارتند از:

$$1L = 10dL = 100cL = 1000mL$$

محاسبه‌ی حجم، سطح جانبی و سطح کل ابعاد مرکب: برای محاسبه‌ی حجم و سطح ابعاد مرکب، ابتدا آن‌ها را به ابعاد هندسی تفکیک نموده و پس از محاسبه حجم و یا سطح هریک از آن‌ها، با جمع جبری مقادیر حاصل، حجم و یا سطح مرکب را به دست می‌آورند. مثال‌های زیر با استفاده از روابط محاسبه حجم اجسام آورده شده در جدول پیوست ۱۰ حل شده است.

مثال: مطلوب است حجم استوانه‌ای برحسب دسی متر مکعب که قطر قاعده‌ی آن ۲۰۰ میلی متر و ارتفاعش ۵۰۰ میلی متر است.



شکل ۱۹-۱

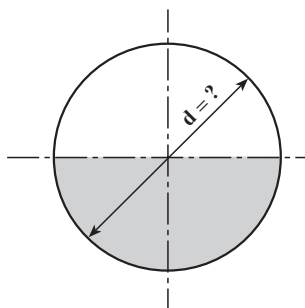
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

$$V = \frac{3/14 \times 2^2}{4} \times 5$$

$$V = 15/7 \text{ dm}^3$$

مثال: حجم کره‌ای ۵۲۳/۳۳ دسی متر مکعب

است قطر آن را محاسبه کنید.



شکل ۲۰-۱

$$V = 523/33 \text{ dm}^3$$

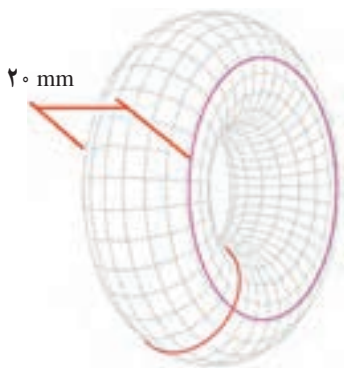
$$V = \frac{d^3 \cdot \pi}{6}$$

$$d = \frac{6V}{\pi}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \times 523/33}{3/14}} = \sqrt[3]{1000}$$

$$d = 10 \text{ dm}$$

مثال: حجم حلقه‌ای مطابق شکل ۱-۲۱ با قطر خارجی ۶۰ میلی‌متر را برحسب میلی‌متر مکعب تعیین نمایید.



شکل ۱-۲۱

$$V = A \times d_s \times \pi$$

$$d_s = 60 - 20 = 40 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times d_s \times \pi$$

$$V = \frac{3/14 \times 40^2}{4} \times 40 \times 3/13$$

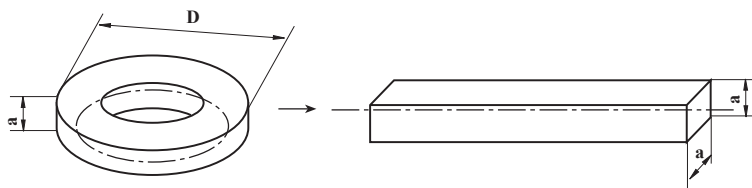
$$V = 39438/4 \text{ mm}^3$$

مثال: حلقه‌ای مطابق شکل از فولاد چهارگوش و با مشخصات $D = 95 \text{ mm}$ و $a = 8 \text{ mm}$ ساخته خواهد شد حساب کنید:

- الف) طول مواد اولیه (طول گسترده) آن را برحسب میلی‌متر.
- ب) حجم آن را برحسب سانتی‌متر مکعب.
- ج) سطح کل آن را برحسب سانتی‌متر مربع.

$$a = 8 \text{ mm}$$

$$D = 95 \text{ mm}$$



شکل ۱-۲۳

شکل ۱-۲۲

حل:

$$\text{الف) } L_s = d_s \times \pi \quad d_s = D - a = 95 - 8 = 87 \text{ mm}$$

$$L_s = 87 \times 3/14 = 273/18 \text{ mm}$$

$$\text{ب) } V = a \times a \times L_s = 8 \times 8 \times 273/18 = 17483/52 \text{ mm}^3 = 17/48 \text{ cm}^3$$

$$\text{ج) } A_O = 4 \times a \times l_s = 4 \times 8 \times 273 / 18 = 8741 / 76 \text{ mm}^2 = 87 / 42 \text{ cm}^2$$

مثال: منبعی مطابق شکل از ورق آهن ساخته خواهد شد، حساب کنید :

الف) طول و ارتفاع سطح جانبی گسترده آن را.

ب) سطح ورق اولیه جهت ساخت آن را برحسب مترمربع در صورتی که ۸٪ سطح قطعه ساخته شده به عنوان ریخت و ریز در نظر گرفته شود.

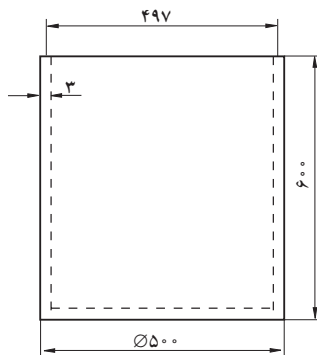
ج) ظرفیت مخزن را برحسب لیتر.

حل:

$$\text{الف) } ds = \frac{\text{قطر حداقل} + \text{قطر حداکثر}}{2} = 497 \text{ mm}$$

$$L_s = ds \times \pi = 497 \times 3 / 14 = 1560 / 58 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$



شکل ۱-۲۴

$$d_s = \text{قطر متوسط}$$

$$L_s = \text{طول متوسط سطح جانبی}$$

$$A_O = \text{مساحت کل سطوح جانبی و کف مخزن}$$

$$A_g = \text{مساحت کف مخزن}$$

$$A_M = \text{مساحت متوسط سطوح جانبی}$$

$$A_b = \text{سطح ورق اولیه}$$

$$A_v = \text{سطح ریخت و ریز ورق}$$

$$\text{ب) } A_O = A_m + A_g$$

$$A_m = L_s \times h = 1560 / 58 \times 600 = 936348 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 0 / 785 d^2 = 0 / 785 \times (500 - 3 \times 2)^2 = 191568 / 26 \text{ mm}^2$$

$$A_O = 936348 + 191568 / 26 = 1127916 / 2 \text{ mm}^2$$

$$A_O = \frac{1127916/2}{1000000} = 1/128 \text{ m}^2$$

$$A_b = \frac{A_O \times 100}{100 - A_v} = \frac{1/128 \times 100}{100 - 8} = \frac{112/8}{92} = 1/226 \text{ m}^2$$

ج) $V = A_g \times h = 0/785(500 - 6)^2 \times (600 - 3)$

$$V = 114366251/2 \text{ mm}^3$$

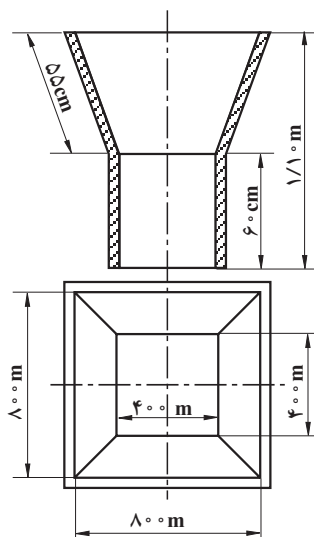
$$V = \frac{114366251/2}{1000000} = 114/36 \text{ dm}^3 \text{ یا } L \text{ (لیتر)}$$

مثال: در قیفی مطابق شکل ۱-۲۵ حساب کنید :

الف) حجم قیف بر حسب مترمکعب.

ب) سطح جانبی آن را بر حسب مترمربع در صورتی

که از ضخامت ورق صرف نظر شود.



شکل ۱-۲۵

حل:

$$V = \text{حجم کل}$$

$$V_1 = \text{حجم مکعب}$$

$$V_2 = \text{حجم مخروط ناقص}$$

$$\text{سطح قاعده مخروط} = A_g$$

$$\text{سطح سقف مخروط} = A_d$$

$$\text{سطح كل} = A_m$$

$$\text{سطح مكعب} = A_{M_1}$$

$$\text{سطح مخروط} = A_{M_r}$$

$$\text{محيط قاعده مخروط} = U_g$$

$$\text{محيط سقف مخروط} = U_d$$

$$\text{الف) } V = V_1 + V_r$$

$$V_1 = A_g \times h = 0.4^2 \times 0.6 = 0.096 \text{ m}^3$$

$$V_r = \frac{h}{3} (A_g + A_d + \sqrt{A_g \times A_d})$$

$$V_r = \frac{1/10 - 0.6}{3} (0.4^2 + 0.8^2 + \sqrt{0.4^2 \times 0.8^2})$$

$$V_r = 0.166 (0.16 + 0.64 + 0.32)$$

$$V_r = 0.166 \times 1.12 = 0.186 \text{ m}^3$$

$$V = 0.096 + 0.186 = 0.282 \text{ m}^3$$

$$\text{ب) } A_m = M_{M_1} + M_{M_r}$$

$$A_{M_1} = U_g \times h = 0.4 \times 4 \times 0.6 = 0.96 \text{ m}^2$$

$$A_{M_r} = \frac{U_g + U_d}{2} \times h_s = \frac{(0.4 \times 4) + (0.8 \times 4)}{2} \times 0.55$$

$$A_{M_r} = 1.32 \text{ m}^2$$

$$A_m = 0.96 + 1.32 = 2.28 \text{ m}^2$$

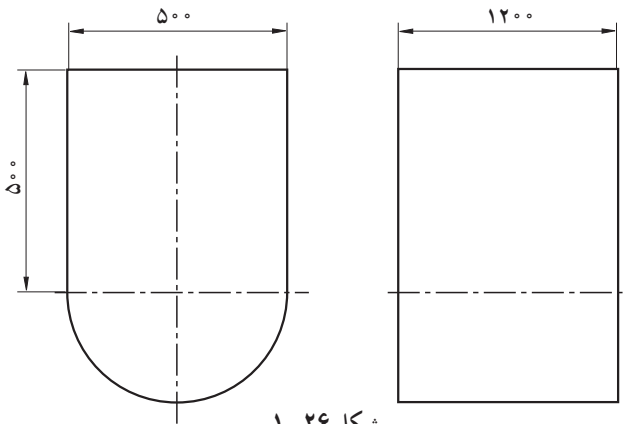
۱- مقادیر حجمی داده شده را برحسب واحدهای خواسته شده به دست آورید.

الف) $3/43 \text{ cm}^3$ را به mm^3 (ج) $0/0034 \text{ m}^3$ را به dm^3

ب) $0/052 \text{ m}^3$ را به cm^3 (د) $8744/03 \text{ mm}^3$ را به dm^3

۲- برای حمل زغال سنگ در معادن، از واگن‌هایی که ظرف آن‌ها مطابق شکل ۱-۲۶ می‌باشد،

استفاده می‌شود (واحد برحسب mm می‌باشد) حساب کنید :



شکل ۱-۲۶

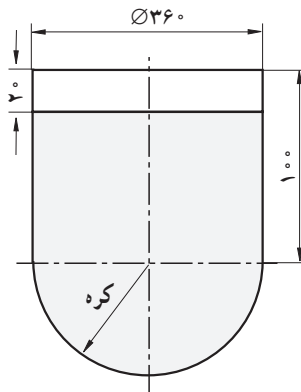
الف) حجم آن را برحسب مترمکعب

ب) سطح ورق اولیه لازم جهت ساخت آن را برحسب مترمربع در صورتی که 1° درصد سطح

قطعه دورریز به حساب آید.

۳- حجم شیر داخل مخزن مطابق شکل ۱-۲۷ را برحسب لیتر حساب کنید (ابعاد برحسب

سانتی متر می‌باشد).



شکل ۱-۲۷

۱۰-۱- انطباقات

اندازه قطعاتی که باید در داخل همدیگر بلغزند یا جا بگیرند بسیار مهم می باشد. ابعاد هر دو قطعه در محل اتصال دارای حداقل و حداکثر می باشد که اندازه آن ها متناسب با شرایط کار، نوع و ابعاد هر دو قطعه انتخاب می شود به تعیین این ابعاد انطباقات می گویند. در سیستم ISA بین قطعاتی که می بایست در داخل همدیگر بلغزند و یا جا بگیرند سه حالت اصلی موجود است.

— **انطباق لق:** در این حالت اندازه قطر میله همواره از اندازه قطر سوراخ کوچک تر بوده و میله می تواند در داخل سوراخ آزادانه حرکت کند.

— **انطباق پرسی:** در این حالت همواره اندازه قطر میله از اندازه قطر سوراخ بزرگ تر می باشد و بنابر این بین دو قطعه لقی وجود ندارد. برای این نوع انطباق احتیاج به نیروی زیاد می باشد.

— **انطباق جذب:** در این حالت، اندازه قطر میله برحسب مورد می تواند از اندازه قطر سوراخ بزرگ تر یا کوچک تر باشد و لذا میله در داخل سوراخ می تواند حالت لق تا پرسی داشته باشد. انطباق دو قطعه در این حالت با نیروی کم دست یا ضربه ملایم چکش انجام می گیرد.

هریک از این حالات کلی شامل انواع مختلفی نیز هستند.

اما آنچه که ما از نظر انطباق روی نقشه های فنی می توانیم ببینیم عبارتند از تعدادی حروف و علائم اختصاری که رابطه ای بین محاسبات انجام شده توسط طراح و سازنده قطعه می باشد.

چون درجه حرارت محیط کار و نوع ماشین و مهارت کارگر در ساخت قطعه کار از نظر اندازه تأثیر مستقیم دارد و امکان ساخت قطعه در اندازه داده شده در نقشه وجود ندارد، لذا طراح در تعیین اندازه قطعه حد مجازی تعیین کرده و سازنده را مکلف می نماید که قطعات تهیه شده می بایست در فاصله مابین حدود تعیین شده قرار گیرند. این حد را دامنه نوسان مجاز اندازه گویند و به طور ساده چنین می نویسند: N_b^a به عنوان مثال $\varnothing 40^{+0/100}_{-0/100}$ در اندازه نوشته شده قطر 40 میلی متر می تواند

در فاصله $\varnothing 40/100$ و $\varnothing 39/900$ نوسان داشته باشد و هر اندازه ای در این فاصله مجاز و قابل قبول می باشد. در اندازه مذکور $\varnothing 40$ را اندازه اسمی، $\varnothing 40/100$ را اندازه حداکثر و $\varnothing 39/900$ را اندازه حداقل و مقدار اندازه ای که پس از اتمام کار به وسیله میکرومتر تعیین می شود اندازه حقیقی نامیده می شود.

تفاضل دو اندازه حداقل و حداکثر را تولرانس (روا داری) می‌گویند.

$$40/100 - 39/900 = 0/200$$

به عبارت دیگر تولرانس عبارت است از نوسان اندازه اسمی در فاصله مابین حد بالا و پایین اندازه به طوری که گفته شد حروف و علائم اختصاری جانشین توضیحات همراه با اندازه اسمی شده و برای نشان دادن تغییرات اندازه مورد نظر اندازه اسمی را همراه با اعداد و حروف روی نقشه‌ها درج می‌کنند.



مطالعه آزاد

اعداد: در این سیستم از اعداد ۱ الی ۱۸ استفاده شده که به وسیله‌ی آن‌ها کیفیت کار مشخص می‌شود هرچه اعداد بزرگ‌تر شوند دامنه تولرانس بیشتر و دقت عمل کمتر است و در این مورد مرغوبیت قطعه و یا کیفیت آن از نظر مهارت کارگر، دقت ماشین، دقت در اندازه‌گیری‌ها، درجه حرارت محیط و سرعت عمل از عوامل اصلی کار محسوب می‌شوند. هرچه به طرف اعداد کوچک‌تر برویم دامنه تولرانس کمتر می‌شود که احتیاج به ماشین‌های دقیق‌تر، کارگران ماهر، ابزارهای دقیق‌تر و اندازه‌گیری‌های دقیق خواهیم داشت و به خاطر این همه دقت مسلماً جنس یا آلیاژ مرغوب‌تری انتخاب می‌شود. پس وضع کیفی کار بالا رفته و گران‌تر تمام می‌شود. این نوع قطعات مرغوبیت و دوام بیشتری داشته و در کارهای حساس مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حروف: حروف معرف وضع قرار گرفتن دامنه تولرانس از خط صفر بوده و بدین وسیله حالات سه‌گانه قطعه از نظر انطباق مشخص می‌گردد.

حروف از A الی G نماینده نوع انطباق بازی‌دار

حروف از H الی K نماینده نوع انطباق عبوری

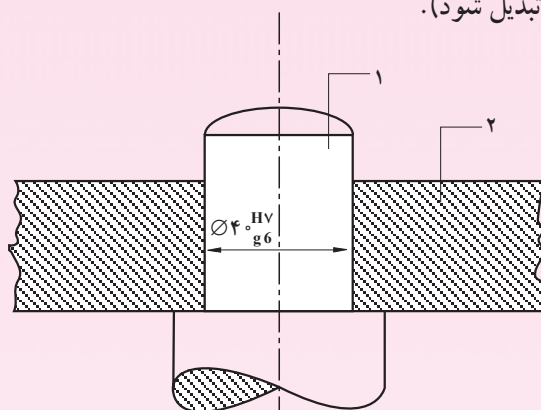
حروف از M الی Z نماینده نوع انطباق پرسی

حروف بزرگ از A الی Z همراه با اندازه سوراخ‌ها و شکاف‌ها در سمت راست و بالای اندازه اسمی نوشته می‌شود و حروف کوچک از a الی z همراه با اندازه میله‌ها و زبانه‌ها در سمت راست و پایین اندازه اسمی نوشته می‌شود.

مثال: در شکل ۲۸-۱ اندازه اسمی سوراخ و میله $\varnothing 40$ میلی‌متر و اندازه سوراخ $\varnothing 40H7$ و اندازه میله $40g6$ است با مراجعه به جداول تولرانس اندازه‌های بالا را



می‌توان نوشت (مثال‌های این بخش از جداول ۴ و ۵ موجود در انتهای کتاب استفاده می‌شود با این توضیح که اعداد جدول برحسب μm (میکرومتر) می‌باشد که باید به mm (میلی‌متر) تبدیل شود).



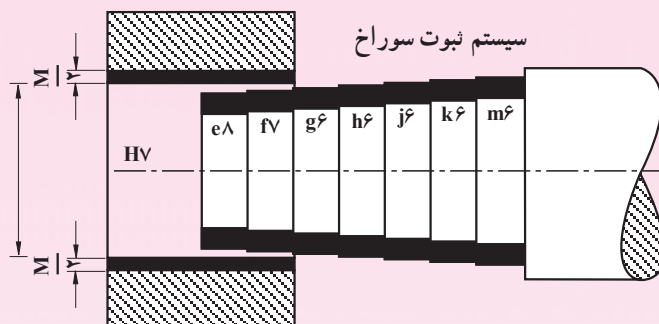
سوراخ $\varnothing 40\text{H}7 = \varnothing 40^{+0/025}_0$

میله $\varnothing 40\text{g}6 = \varnothing 40^{-0/009}_{-0/025}$

شکل ۲۸-۱

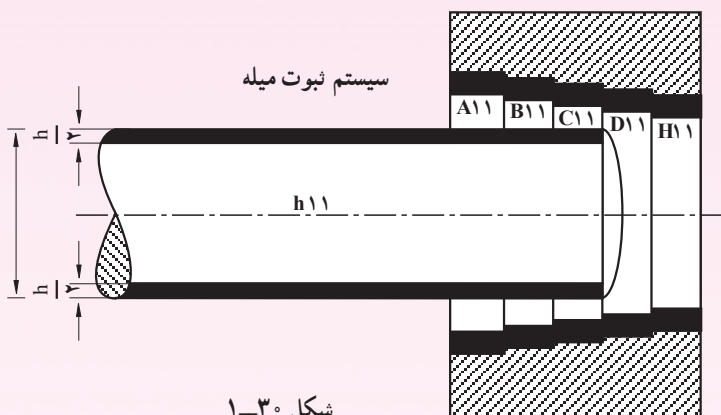
این دو قطعه نسبت به همدیگر دارای نوع انطباق روان بوده و از نظر کیفی در حد متوسط قرار گرفته و جزو قطعات موتور آب و ماشین‌های ابزارسازی می‌باشد. چون تهیه قطعات با دامنه نوسان‌های مختلف مستلزم داشتن ابزارهای دقیق و ماشین‌های ابزارسازی مدرن می‌باشد مخصوصاً در مورد سوراخ‌ها بر قوس‌های متعددی مورد لزوم است لذا برای محدود کردن نوع ابزار کار دو سیستم انطباق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱- سیستم ثبوت سوراخ: در این سیستم اندازه سوراخ ثابت است و اندازه میله برای حالات سه‌گانه تغییر می‌کند. به عبارت دیگر تغییرات اندازه همیشه روی میله است که تراش و اندازه‌گیری آن آسان‌تر از تراش داخلی و تهیه اندازه‌گیری داخلی می‌باشد. معمولاً در کارهای ظریف و متوسط از این سیستم استفاده می‌شود. اندازه اسمی با دامنه تولرانس H همراه است که نوسان آن از خط صفر به طرف مثبت است.



شکل ۱-۲۹

۲ — سیستم ثبوت میله: در این سیستم اندازه میله ثابت است و اندازه سوراخ برای حالات سه گانه تغییر می کند به عبارت دیگر تغییرات اندازه روی سوراخ است و معمولاً در کارهای خشن مانند کشتی سازی و حدیده ها و توربین سازی از این سیستم استفاده می شود. اندازه اسمی با دامنه تولرانس h همراه است که نوسان آن از خط صفر به طرف منفی است.



شکل ۱-۳۰

مثال: در علامت انطباقی $\varnothing 25_{H_V}^{H_V}$ مطلوبست محاسبه: الف) اندازه حداکثر، اندازه حداقل و تولرانس برای میله و سوراخ ب) تشخیص نوع انطباق

حل:

الف) محاسبات مربوط به میله (f_V)

اندازه اسمی = ۲۵mm



مطالعه آزاد

از جدول \rightarrow اندازه بالایی $= -2^{\circ}\mu\text{m} = -0/02^{\circ}\text{mm}$

از جدول \rightarrow اندازه پایینی $= -41^{\circ}\mu\text{m} = -0/041^{\circ}\text{mm}$

اندازه حداکثر $= 25\text{mm} - 0/02^{\circ}\text{mm} = 24/98^{\circ}\text{mm}$

اندازه حداقل $= 25\text{mm} - 0/041^{\circ}\text{mm} = 24/959^{\circ}\text{mm}$

تولرانس $= 24/98^{\circ}\text{mm} - 24/959^{\circ}\text{mm} = 0/021^{\circ}\text{mm}$

محاسبات مربوط به سوراخ (HV)

اندازه اسمی $= 25\text{mm}$

از جدول \rightarrow اندازه بالایی $= 21^{\circ}\mu\text{m} = 0/021^{\circ}\text{mm}$

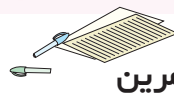
از جدول \rightarrow اندازه پایینی $= 0$

اندازه حداکثر $= 25\text{mm} + 0/021^{\circ}\text{mm} = 25/021^{\circ}\text{mm}$

اندازه حداقل $= 25\text{mm} + 0 = 25^{\circ}\text{mm}$

تولرانس $= 25/021^{\circ}\text{mm} - 25\text{mm} = 0/021^{\circ}\text{mm}$

ب) از مقایسه اندازه‌های محاسبه شده برای اندازه حداکثر و اندازه حداقل سوراخ و میله معلوم می‌شود که قطر میله در هر حال از اندازه اسمی کوچک‌تر و قطر سوراخ نیز همواره از اندازه اسمی بزرگ‌تر است و نتیجه می‌گیریم که نوع انطباق لقی است.



تمرین

۱- مقدار تolerانس را با توجه به اندازه‌های داده شده به دست آورید.

الف) $134^{+0/2}_{-0/5}$

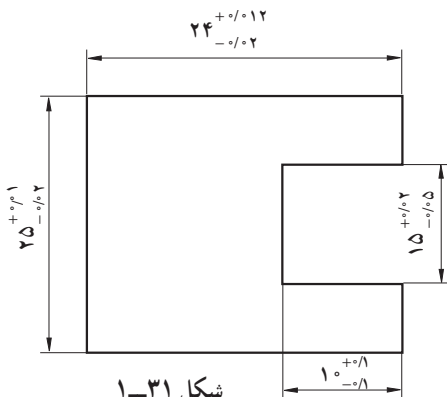
ب) $333^{+0/57}_{-0/57}$

ج) $250^{-0/7}_{-0/7}$

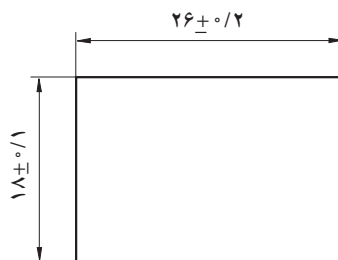
۲- جدول زیر را کامل کنید.

د	ج	ب	الف	
$0/022$	$0/054$	$0/062$	$0/011$	تولرانس
?	?	?	$0/012$	اندازه حداکثر
$-0/034$	$+0/210$	$-0/142$?	اندازه حداقل

۳- بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه مجاز در نقشه‌های داده شده را به دست آورید.



شکل ۱-۳۱



شکل ۱-۳۲

۱-۱۱- جرم

مقدار ماده موجود در هر جسم را جرم آن جسم گویند. واحد جرم در سیستم SI کیلوگرم می‌باشد. یک کیلوگرم تقریباً معادل جرم یک دسی‌متر مکعب آب خالص در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

اندازه‌گیری جرم: برای اندازه‌گیری جرم یک جسم از ترازوی شاهین‌دار استفاده کرده و برای این منظور جرم مورد اندازه‌گیری را در یک کفه ترازو و جرم نمونه را در کفه دیگر قرار می‌دهند تا تعادل برقرار گردد. با توجه به این که نیروی جاذبه وارده از طرف زمین به جرم مورد اندازه‌گیری و جرم‌های نمونه برابر می‌باشد، می‌توان گفت که ترازوی شاهین‌دار جرم جسم را با جرم نمونه مقایسه و اندازه‌گیری می‌کند.

جرم مخصوص (چگالی): ذرات متشکله مواد مختلف به یک اندازه متراکم نبوده بلکه با توجه به نوع ماده می‌توانند با تراکم زیاد و یا کم در کنار یکدیگر قرار گرفته و جسم موردنظر را به وجود آورند. بنابر این جرم حجم معینی از مواد مختلف با هم متفاوت می‌باشند. جرم واحد حجم از هر ماده را جرم مخصوص آن ماده گویند.

$$\text{جرم} = \frac{m}{V} \Rightarrow \text{جرم مخصوص} = \frac{m}{V} \quad (1-29)$$

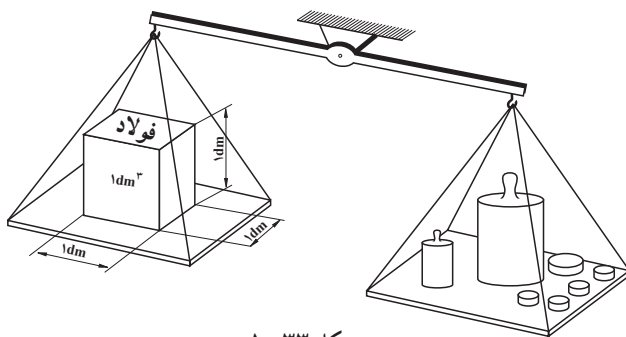
واحد جرم مخصوص در سیستم SI کیلوگرم به متر مکعب ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) می‌باشد؛ ولی معمولاً آن را

برحسب، $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ، $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ ، $\frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ و $\frac{\text{mg}}{\text{mm}^3}$ نیز می‌سنجند. به عنوان مثال جرم مخصوص فولاد

$\frac{kg}{m^3}$ ، $\frac{kg}{dm^3}$ ، $\frac{g}{cm^3}$ و یا $\frac{t}{m^3}$ ۷/۸۵ می باشد.

برای تعیین جرم مواد می توان حجم آن ها را پیدا کرده و سپس با تعیین جرم مخصوص از جدول مربوطه و با استفاده از رابطه جرم مخصوص، جرم آن ها را به دست آورد.

$$m = V \times \rho$$

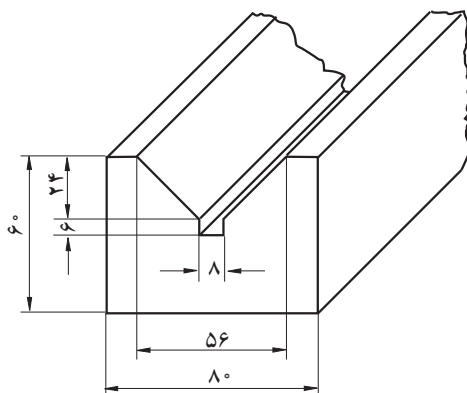


شکل ۱-۳۳

جدول ۱-۶ - جرم مخصوص چند ماده بر حسب $\frac{kg}{dm^3}$

گازها		جامدات				مایعات	
جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده
۱/۲۹	هوا	۷/۲۵	چدن خاکستری	۱/۲۶	چوب آبنوس	۱	آب (۴ C)
۱/۴۳	اکسیژن	۸/۵	برنج	۱/۸	آلیاژهای منیزیم	۰/۸۵	نفت
۱/۱۷۱	استیلن	۸/۹	مس	۲/۷	آلومینیم	۰/۷۲	بنزین
۰/۰۹	هیدروژن	۷/۸۵	فولاد	۷/۱۳	روی	۰/۸۵	گازوئیل
۱/۲۵	ازت	۱۱/۳۵	سرب	۷/۳	قلع	۰/۹	روغن موتور

مثال: جرم منشوری فولادی به طول ۱۲۰ میلی متر با سطح مقطعی مطابق شکل ۱-۳۴ را بر حسب کیلوگرم حساب کنید.



شکل ۳۴-۱

$$m = V \times .$$

$$V = Ag \times h$$

$$Ag = A_1 - A_2 - A_3$$

$$A_1 = L \times b = 80 \times 60 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = L_1 \times b_1 = 8 \times 6 = 48 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = \frac{L_2 + L_3}{2} \times b_2 = \frac{56 + 8}{2} \times 24 = 768 \text{ mm}^2$$

$$Ag = 4800 - 48 - 768 = 3984 \text{ mm}^2$$

$$V = Ag \times h = 3984 \times 120 = 478080 \text{ mm}^3$$

چون جرم بر حسب کیلوگرم خواسته شده است بنابراین لازم است که حجم بر حسب دسی متر مکعب محاسبه شود.

$$V = \frac{478080}{1000000} = 0.47808 \text{ dm}^3$$

$$m = V \times . = 0.47808 \text{ dm}^3 \times 7/85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 3/752 \text{ kg}$$

محاسبه جرم ورق‌ها: حجم ورقی به مساحت یک متر مربع و ضخامت یک میلی‌متر برابر است با یک دسی متر مکعب.

بنابراین: جرم ورقی به مساحت یک متر مربع و ضخامت یک میلی‌متر برابر است با جرم مخصوص آن بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$.

برای محاسبه جرم ورق‌ها کافی است مساحت ورق را برحسب متر مربع در ضخامت آن برحسب میلی‌متر ضرب کرده و حاصل را که در اصل همان حجم ورق برحسب دسی‌متر مکعب می‌باشد در جرم مخصوص ضرب نمود.

$$m = A \times S \times \rho \quad (۱-۳۰)$$

علامت اختصاری:

$$m = \text{جرم ورق بر حسب کیلوگرم}$$

$$A = \text{سطح ورق بر حسب متر مربع}$$

$$S = \text{ضخامت ورق بر حسب میلی‌متر}$$

$$\rho = \text{جرم مخصوص ورق بر حسب کیلوگرم بر دسی‌متر مکعب}$$

مثال: جرم ورق آلومینیومی به ابعاد $۱۵۰۰ \times ۳۰۰۰ \times ۲ \text{ mm}$ را برحسب کیلوگرم حساب کنید

$$\rho = ۲۷۰۰ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \quad (۱-۳۱)$$

$$m = A \times S \times \rho$$

$$A = L \times b = ۳ \times ۱۵ = ۴۵ \text{ m}^2$$

$$m = ۴۵ \times ۲ \times ۲۷۰۰ = ۲۴۳۰ \text{ kg}$$

برای سهولت محاسبه جرم ورق‌ها، جداولی تهیه شده است که در آن‌ها جرم یک متر مربع ورق برحسب جنس و ضخامت آن داده شده است. بنابر این برای محاسبه جرم ورق‌ها کافی است جرم یک متر مربع از آن‌ها را از جدول به‌دست آورده و در سطح آن‌ها ضرب نمود.

$$m = m_A \times A \quad (۱-۳۱)$$

علامت اختصاری:

$$m = \text{جرم قطعه بر حسب کیلوگرم}$$

$$m_A = \text{جرم یک متر مربع از ورق بر حسب کیلوگرم}$$

$$A = \text{سطح ورق بر حسب متر مربع}$$

در جدول ۶ پیوست جرم برخی از ورق‌های مختلف برحسب $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ داده شده است.

حال می‌توان مسئله قبل را به کمک جدول ۶ پیوست نیز حل نمود.

$$m = m_A \times A$$

$$m = 5 / 4 \times 4 / 5 = 24 / 3 \text{ kg}$$

$$m = m_1 \times L \quad (1-32)$$

۲۹

حل:

kg ۳۹/۳ → از جدول ۶ پیوست جرم یک متر مربع ورق فولادی به ضخامت ۵ میلی متر

kg ۱/۳۶ → از جدول ۹ پیوست جرم یک متر نبشی فولادی به ابعاد ۳۰×۳۰×۳ میلی متر

kg ۱/۷۷ → از جدول ۹ پیوست جرم یک متر سپری فولادی به ابعاد ۳۰×۳۰×۴ میلی متر

kg ۸/۶۴ → از جدول ۹ پیوست جرم یک متر ناودانی فولادی به ابعاد ۸۰×۴۵×۶ میلی متر

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$$

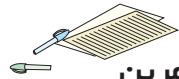
$$m_1 = m_A \times A = 39/3 \times \frac{15^\circ}{1000} \times \frac{15^\circ}{1000} = 0/884 \text{ kg}$$

$$m_2 = m_L \times L = 1/36 \times \frac{1000}{1000} = 1/36 \text{ kg}$$

$$m_3 = m_L \times L = 1/77 \times \frac{1200}{1000} = 2/124 \text{ kg}$$

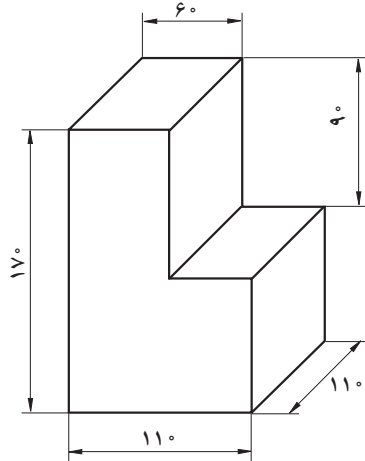
$$m_4 = m_L \times L = 8/64 \times \frac{2000}{1000} = 17/28 \text{ kg}$$

$$m = 0/884 + 1/36 + 2/124 + 17/28 = 21/648 \text{ kg}$$



تمرین

- ۱- یک قطعه آلومینیومی در شکل نشان داده شده است. حساب کنید :
(الف) جرم آن را برحسب کیلوگرم.
(ب) چند قطعه از آن را می توان به وسیله کامیونی با ظرفیت ۳ تن حمل نمود.

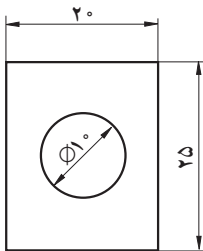


شکل ۱-۳۶

توجه: در حل تمرینات، جرم مخصوص مواد مورد لزوم را از جدول ۶ - ۱ به دست آورید.

۲- مطلوب است جرم فلانش نشان داده شده در صورتی که جنس آن از چدن خاکستری و ضخامت آن ۱۲mm باشد.

۳- حساب کنید جرم ورق هایی را که مشخصات آنها در زیر داده شده اند :



شکل ۱-۳۷

- (الف) ورق فولادی به ابعاد $2 \times 650 \times 1000$ میلی متر .
- (ب) ورق مسی به ابعاد $9 \times 1400 \times 1200$ میلی متر.
- (ج) ورق آلومینیومی به ابعاد $1/4 \times 850 \times 1650$ میلی متر.

۱۲- وزن (نیروی وزن)

کلیه اجسام به نسبت جرم و فاصله ای که نسبت به هم دارند با نیرویی به نام نیروی جاذبه به طرف همدیگر جذب می شوند ؛ که مقدار آن در اجسامی با جرم کم بسیار ناچیز ولی در اجسامی با جرم زیاد قابل توجه می باشد . به عنوان مثال کره زمین و همچنین کره ماه به دلیل جرم زیادی که دارند اجسام را

با همین نیرو به طرف خود جذب می نمایند. بدیهی است چون جرم کره زمین نسبت به کره ماه بیشتر است لذا نیروی جاذبه آن بیشتر از نیروی جاذبه کره ماه می باشد.

نیرویی را که با آن اجسام جذب کره زمین می گردند نیروی وزن می نامند.
 واحد نیرو و نیروی وزن در سیستم SI نیوتن می باشد و آن عبارت از مقدار نیرویی است که بتواند در جسمی به جرم یک کیلوگرم شتابی معادل یک متر بر مجذور ثانیه ایجاد کند.
 منظور از شتاب $\frac{1}{S^2}m$ عبارت از این است که بر سرعت متحرک در هر ثانیه به مقدار $\frac{1}{S}m$ اضافه شود.

علامیم اختصاری:

$$F = m \times a \quad (1-33)$$

$$F = \text{نیرو بر حسب نیوتن}$$

$$m = \text{جرم بر حسب کیلوگرم} \quad 1N = 1kg \times \frac{1}{S^2}m$$

$$a = \text{شتاب جسم بر حسب متر بر مجذور ثانیه}$$

در حل مسایل فنی مقدار شتاب ثقل زمین را معادل $9/81 \frac{m}{S^2}$ در نظر می گیرند.

$$g = 9/81 \frac{m}{S^2}$$

لازم به تذکر است که نیروی جاذبه نه تنها به اجسام در حال سقوط، بلکه به اجسام در حال سکون نیز اثر می نماید. به عنوان مثال صفحه صافی که در روی میز کار قرار گرفته است با شتاب

$$g = 9/81 \frac{m}{S^2} \text{ جذب زمین می گردد؛ ولی چون نمی تواند به طرف کره زمین حرکت کند به تکیه گاه}$$

خود (میز کار) نیرویی معادل نیروی وزن خود وارد می آورد.

مقدار نیروی وزن اجسام را می توان از حاصل ضرب جرم قطعه در شتاب ثقل محل استقرار آن به دست آورد.

$$W = m \times g \quad (1-34)$$

علامیم اختصاری:

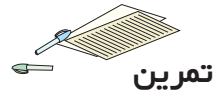
$$m = V \times \rho$$

$$W = \text{نیروی وزن جسم بر حسب نیوتن}$$

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

$$m = \text{جرم جسم بر حسب کیلوگرم}$$

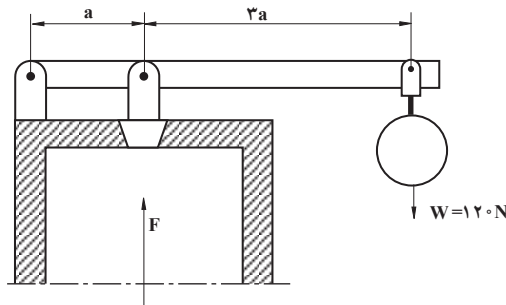
$$g = \text{شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه}$$



- ۱- نیرو و فشار وارد بر کف مخزن استوانه‌ای شکل را در صورتی که قطر آن $۱۲/۵$ متر، ارتفاع آن $۹/۸$ متر و جرم مخصوص روغن محتوی آن $۰/۸۸ \text{ kg/dm}^3$ باشد حساب کنید. توجه: فشار عبارت است از نسبت نیرو بر سطحی که نیرو بر روی آن اثر می‌کند.

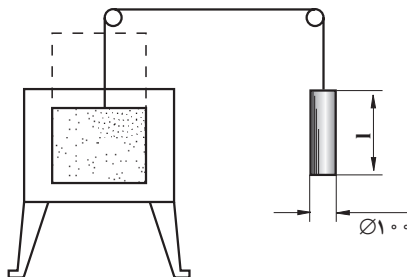
$$P = \frac{F}{A} \quad (۱-۳۵)$$

- ۲- وزن وزنه سوپاپ اطمینانی بایستی ۱۲° نیوتن باشد. در صورتی که وزنه کروی و جنس آن از چدن باشد، قطر آن را به دست آورید ($g = ۱^\circ \frac{m}{s^2}$).



شکل ۱-۳۸

- ۳- در یک کوره آبکاری به کمک وزنه استوانه‌ای شکلی باز و بسته می‌شود. اگر جرم وزنه مربوطه $m = ۱۸ \text{ kg}$ و جنس آن از فولاد باشد حساب کنید (از اصطکاک قرقره‌ها صرف نظر شود).
الف) نیروی کشش سیم متصل به وزنه را بر حسب نیوتن اگر $g = ۱^\circ \frac{m}{s^2}$ منظور شود.
ب) طول وزنه را بر حسب میلی‌متر.



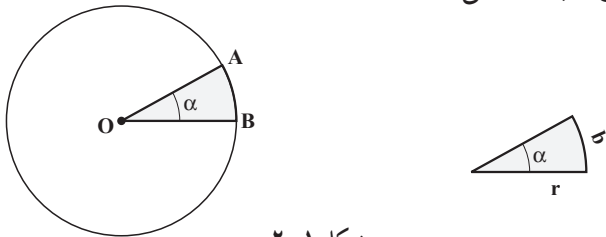
شکل ۱-۳۹

فصل دوم

کاربرد مثلثات

۲-۱- زاویه

زاویه از تقاطع دو خط پدید می‌آید مقدار هر زاویه از حاصل تقسیم طول قوس مقابل به آن زاویه به شعاع مربوطه به دست می‌آید.



شکل ۲-۱

علامت اختصاری:

α = مقدار زاویه برحسب رادیان

\widehat{b} = طول قوس مقابل به زاویه

r = شعاع دایره (طول ضلع زاویه)

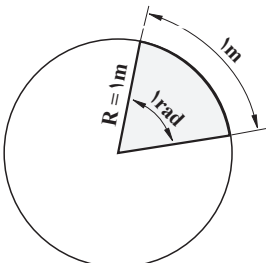
$$\alpha = \frac{\widehat{b}}{r} \quad (2-1)$$

برای نشان دادن زوایا معمولاً از حروف یونانی α (آلفا)، β (بتا)، γ (گاما)، δ (دلتا) و ... (ایپسیلن) استفاده می‌شود.

واحد زاویه: واحد زاویه رادیان (rad) می‌باشد که

مقدار آن در دایره‌ای به شعاع یک متر، برابر است با نسبت طول قوسی به اندازه یک متر به شعاع آن.

$$1 \text{ rad} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$



شکل ۲-۲

مثال: در دایره‌ای به شعاع ۱۰۰ میلی‌متر حساب کنید.

الف) زاویه مقابل به طول قوس $b = ۱۵۰ \text{ mm}$.

ب) زاویه دایره کامل.

$$\text{الف) } \alpha = \frac{\widehat{b}}{r} = \frac{۱۵^\circ}{۱۰^\circ} = ۱/۵ \text{ rad}$$

$$\text{ب) } \alpha = \frac{\widehat{b}}{r} = \frac{U}{r} = \frac{۱۰۰ \times ۲ \times ۳/۱۴}{۱۰^\circ} = ۶/۲۸ \text{ rad}$$

$$\alpha = ۲\pi \text{ rad}$$

برای اندازه‌گیری زوایا در صنعت از واحد دیگری به نام درجه استفاده می‌گردد. یک درجه برابر

است با $\frac{1}{9}$ زاویه قائمه (L) و از آن جایی که زاویه قائم برابر $\frac{16}{4} \text{ rad}$ می‌باشد، بنابراین می‌توان نوشت:

$$1 = \frac{1}{9} L = \frac{\frac{\pi}{2} \text{ rad}}{9^\circ} = \frac{\pi}{18^\circ} \text{ rad}$$

$$1 = \frac{\pi}{18^\circ} \text{ rad}, \quad 1 \text{ rad} = 57/3 \quad (۲-۲)$$

مثال: زاویه $\alpha = 3^\circ$ را به رادیان تبدیل کنید.

$$1 = \frac{\pi}{18^\circ} \text{ rad}$$

$$\alpha = 3^\circ = 3^\circ \times \frac{\pi}{18^\circ} \text{ rad} = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

$$\alpha = 0/523 \text{ rad}$$

مثال: زاویه 733° rad = چند درجه است.

$$1 \text{ rad} = 57/3^\circ$$

$$= 0/733^\circ \text{ rad} = 0/733^\circ \times 1 \text{ rad} = 0/733^\circ \times 57/3 = 42$$

واحدهای کوچک‌تر درجه عبارتند از دقیقه (') و ثانیه (")، که ضریب تبدیل آن‌ها به یکدیگر

عدد 6° می‌باشد.

$$1 = 6' = 36''$$

$$\begin{array}{ccccc} & \times 6^\circ & & \times 6^\circ & \\ \text{درجه} & \xrightarrow{\quad} & \text{دقیقه} & \xrightarrow{\quad} & \text{ثانیه} \\ & \leftarrow 6^\circ & & \leftarrow 6^\circ & \end{array}$$

در محاسبات زوایا به مواردی برخورد می‌کنیم که مقدار زاویه به صورت کسر اعشاری (مانند ۳۶/۲) به دست آمده است. در این گونه موارد بهتر است که قسمت اعشاری را به واحدهای کوچک‌تر درجه تبدیل نمود.

مسئله: ۴۵/۴ را بر حسب درجه و اجزاء آن به دست آورید.

$$۴۵/۴ = ۴۵ + ۰/۴ = ۴۵ + ۰/۴ \times ۱ = ۴۵ + ۰/۴ \times ۶۰' = ۴۵, ۲۴'$$

مثال: ۶۴/۳۸ را بر حسب درجه و اجزاء آن به دست آورید.

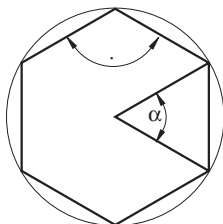
$$۶۴/۳۸ = ۶۴ + ۰/۳۸ = ۶۴ + ۰/۳۸ \times ۶۰' = ۶۴ + ۲۲/۸'$$

$$۶۴ + ۲۲/۸' = ۶۴ + ۲۲' + ۰/۸' = ۶۴ + ۲۲' + ۰/۸ \times ۶۰''$$

$$= ۶۴ + ۲۲' + ۴۸''$$

$$۶۴/۳۸ = ۶۴, ۲۲', ۴۸''$$

برای محاسبه زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع (α) و همچنین زاویه بین دو ضلع (θ) در n ضلعی‌های منتظم از روابط زیر استفاده می‌گردد:



شکل ۲-۳

علایم اختصاری:

$$\alpha = \frac{۳۶۰}{n} \quad (۲-۳) \quad \alpha = \text{زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع در چند ضلعی منتظم}$$

$$n = \text{تعداد اضلاع}$$

$$\theta = ۱۸۰ - \frac{۳۶۰}{n} \quad (۲-۴) \quad \theta = \text{زاویه بین دو ضلع در چند ضلعی منتظم}$$

چهار عمل اصلی زوایا

برای حل مسائل مربوط به زوایا در برخی از موارد نیاز به جمع، تفریق، ضرب و تقسیم زوایاها

می‌باشد. روش انجام چهار عمل اصلی در زوایا به شرح زیر می‌باشد :

جمع زاویه‌ها: در جمع زاویه‌ها به ترتیب ثانیه با ثانیه و دقیقه با دقیقه و درجه با درجه جمع می‌شود و باید در نظر گرفت که بازاء هر 60° ثانیه یک واحد به دقیقه و بازاء هر 60° دقیقه یک واحد به درجه اضافه می‌شود.

مثال:

$$\begin{array}{r} 30^\circ + 40', 50'' + 20^\circ, 30', 40'' \\ 30^\circ, 40', 50'' + \\ 20^\circ, 30', 40'' \\ \hline 50^\circ, 70', 90'' = \\ 50^\circ, 71', 30'' = \\ 51^\circ, 11', 30'' \end{array}$$

تفریق زاویه‌ها: در تفریق زاویه‌ها به ترتیب ثانیه از ثانیه و دقیقه از دقیقه و درجه از درجه کسر می‌شود و باید در نظر گرفت که اگر عدد بالایی ثانیه از عدد پایینی کوچک‌تر باشد 60° ثانیه به عدد بالا اضافه نموده و یک واحد از رقم دقیقه بالایی کم می‌نماییم و به همین ترتیب در مورد دقیقه نیز عمل می‌کنیم.

مثال:

$$\begin{array}{r} 61^\circ, 34', 42'' - 38^\circ, 36', 27'' \\ 61^\circ, 34', 42'' - \\ 38^\circ, 36', 27'' \\ \hline 61^\circ, 34', 42'' = \\ 60^\circ, 94', 4'' = \\ 60^\circ, 94', 42'' - \\ 38^\circ, 36', 27'' = \\ 28^\circ, 58', 15'' \end{array}$$

ضرب زاویه: زاویه‌ها را در یکدیگر نمی‌توان ضرب کرد ولی زاویه را به منظور چند برابر کردن می‌توان در عددی ضرب کرد بدین ترتیب که عدد را به ترتیب در ثانیه و دقیقه و درجه ضرب کرده و حاصل ضرب را می‌نویسیم در صورتی که حاصل ضرب ثانیه و دقیقه بیش‌تر از 60° باشد بازااء هر 60° ثانیه اضافی یک واحد به دقیقه و هم‌چنین بازااء هر 60° دقیقه اضافی یک واحد به درجه حاصل ضرب می‌افزاییم و نتیجه ساده شده را می‌نویسیم.

مثال:

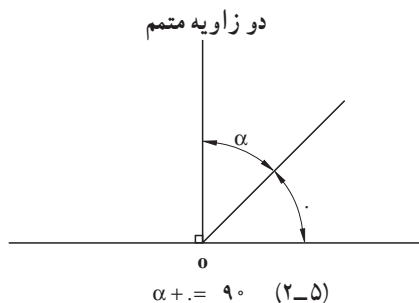
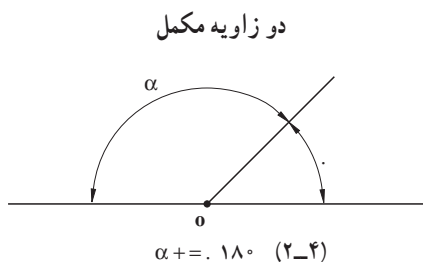
$$\begin{aligned}
 & \text{۵ ضرب در } 62^\circ, 34', 56'' \\
 & \underline{(62^\circ, 34', 56'') \times 5} \\
 & 62^\circ \times 5 = 310^\circ \\
 & 34' \times 5 = 170' \\
 & 56'' \times 5 = 280'' \\
 & \underline{310^\circ, 170', 280'' =} \\
 & 312^\circ, 54', 40''
 \end{aligned}$$

تقسیم زاویه به عدد: زاویه را به یک‌دیگر نمی‌توان تقسیم نمود ولی زاویه را به منظور چند قسمت کردن به عددی تقسیم می‌کنند بدین ترتیب که ابتدا اندازه زاویه برحسب درجه را به عدد مورد نظر تقسیم می‌کنیم اگر باقی‌مانده‌ای به‌دست آمد آن را در 60° ضرب کرده و با عدد دقیقه‌ی همان زاویه جمع و بر عدد مقسوم‌علیه تقسیم می‌نماییم و این عمل را در مورد دقیقه و ثانیه نیز عمل می‌کنیم.

۲-۲- یادآوری برخی از قضایای هندسی

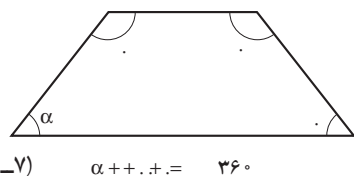
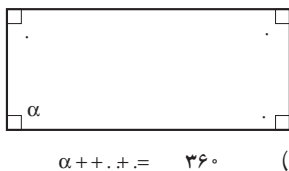
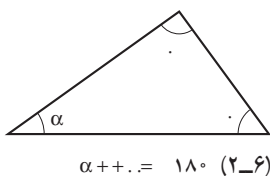
از آن‌جایی که در حل مسائل فنی مربوط به زوایا از قضایای حساب و هندسه نیز کمک گرفته می‌شود، قضایایی را که در حل مسائل این قسمت از آن‌ها استفاده خواهد شد یادآوری می‌نماییم.

- ۱- دو زاویه را متمم یکدیگر گویند در صورتی که مجموع زوایای آن‌ها 90° درجه باشد.
- ۲- چنانچه مجموع دو زاویه 180° باشد آن دو زاویه را مکمل یکدیگر گویند.

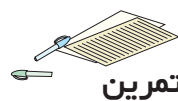


شکل ۲-۴

۳- مجموع زوایای داخلی هر مثلث 180° و مجموع زوایای داخلی هر چهارضلعی بسته 360° می باشد.



شکل ۲-۵



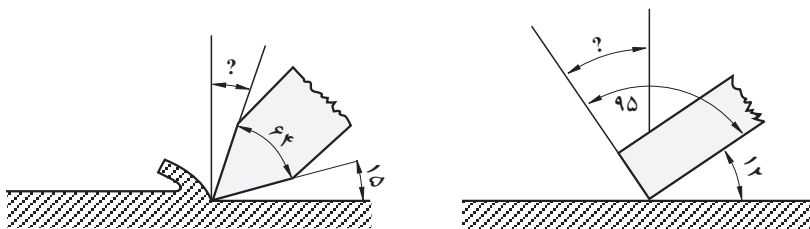
تمرین

۱- اندازه زوایای داده شده را برحسب درجه و اجزاء آن مشخص کنید.

الف - $27\frac{1}{4}$ ب - $62/67$

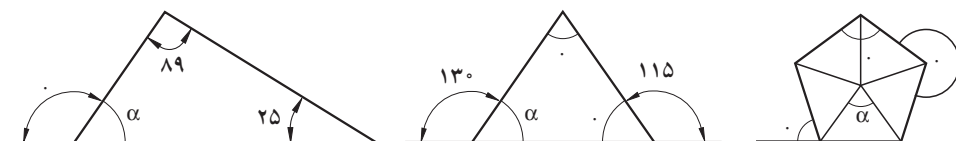
ج - $15/5$ د - $38/23$

۲- از ابزارهای براده برداری داده شده در اشکال صفحه‌ی بعد مقدار زاویه مجهول را به دست آورید.



شکل ۲-۶

۳- زوایای مجهول در اشکال داده شده را به دست آورید.



$$\alpha = ?$$

$$= ?$$

$$= ?$$

$$= ?$$

شکل ۲-۷

۴- زاویه مرکزی (α) را برای سوراخ کاری فلانش‌هایی با تعداد سوراخ داده شده در جدول به دست آورید.

حالت	ط	ح	ز	و	ه	د	ج	ب	الف
n	۳۲	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۶	۴

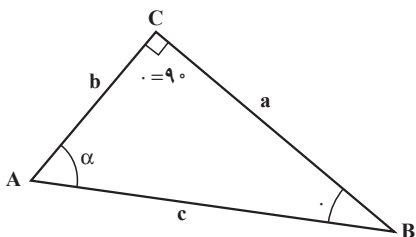
شکل ۲-۸

قضیه فیثاغورث

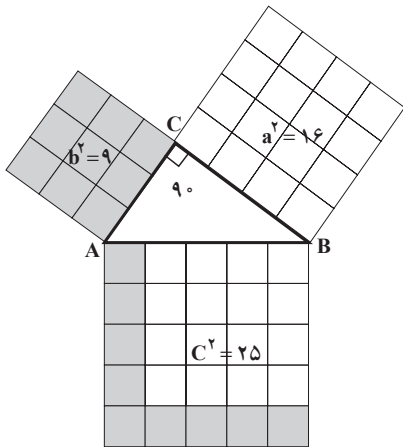
در مثلث قائم الزاویه رسم شده زیر A, B, C گوشه‌های مثلث که در آن $(90^\circ =)$ و a و b دو ضلع مجاور به زاویه قائمه و c ضلع مقابل به زاویه قائمه وتر مثلث می‌باشد که از دو ضلع دیگر طولش بیش‌تر است. با توجه به شکل می‌توان نوشت.

$$a^2 = 4^2 = 16 \text{ برابر است با}$$

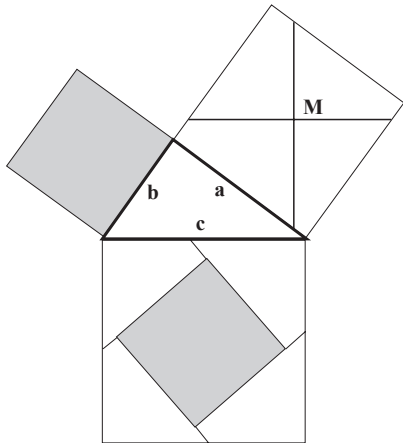
$$b^2 = 3^2 = 9 \text{ برابر است با}$$



شکل ۲-۹



شکل ۱۰-۲



شکل ۱۱-۲

جمع مساحت‌های این دو مربع برابر است با

$$a^2 + b^2 = 25$$

مساحت مربع به ضلع C برابر است با

$$c^2 = 5^2 = 25$$

با توجه به مثال بالا قضیه فیثاغورث را

می‌توان به صورت زیر نوشت :

قضیه فیثاغورث ۱: در هر مثلث قائم‌الزاویه

مربع وتر برابر است با مجموع مربعات دو ضلع دیگر

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

از رابطه‌ی بالا نتیجه می‌شود :

$$a^2 = c^2 - b^2$$

$$b^2 = c^2 - a^2$$

مثال: در یک مثلث قائم‌الزاویه ضلع مجاور به

زاویه قائمه $a = ۸۵$ میلی‌متر و وتر آن $c = ۱۶۰$

میلی‌متر می‌باشد، حساب کنید.

$$b^2 = c^2 - a^2$$

۱- طول سوم (b)

$$b = \sqrt{۱۶۰^2 - ۸۵^2}$$

$$b = ۱۳۵\text{mm}$$

$$A = \frac{g \cdot h}{2}$$

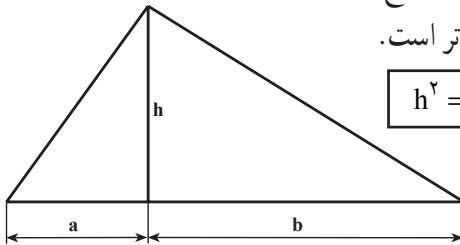
۲- مساحت مثلث برحسب سانتی‌متر مربع

$$A = \frac{۱۳/۵ \times ۸/۵}{۲}$$

$$A = ۵۷/۳۵ \text{ cm}^2$$

قضیه فیثاغورث ۲: در هر مثلث قائم الزاویه ارتفاع وارد بر وتر واسطه هندسی بین دو قطعه تقسیم شده وتر است.

$$h^2 = a \cdot b$$



شکل ۲-۱۲

مثال: در مثلث قائم الزاویه شکل ۲-۱۳ ارتفاع وارد بر وتر (h) را حساب کنید.

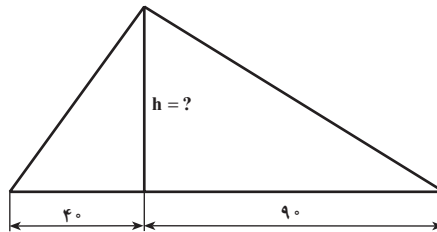
$$h^2 = a \cdot b$$

$$h = \sqrt{a \cdot b}$$

$$h = \sqrt{۴۰ \times ۹۰}$$

$$h = \sqrt{۳۶۰۰}$$

$$h = ۶۰ \text{ mm}$$



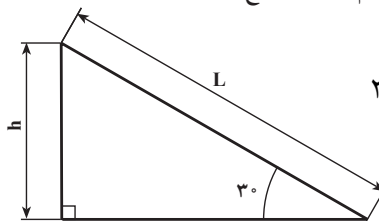
شکل ۲-۱۳

قضیه تالس: در هر مثلث قائم الزاویه ضلع مقابل به زاویه ۳۰ نصف وتر است.

L - وتر مثلث قائم الزاویه

h - ضلع مقابل به زاویه ۳۰

$$h = \frac{1}{2} L$$



شکل ۲-۱۴

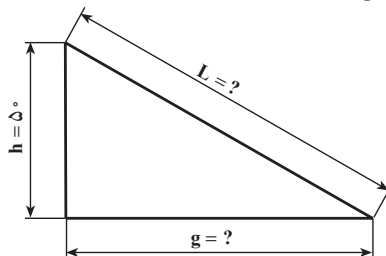
مثال: طول ضلع g را در شکل ۲-۱۵ محاسبه کنید.

$$L = 2h = 2 \times ۵۰ = ۱۰۰$$

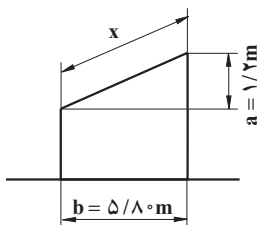
$$g = \sqrt{L^2 - h^2}$$

$$g = \sqrt{۱۰۰^2 - ۵۰^2}$$

$$g = \sqrt{۷۵۰۰} \Rightarrow g \approx ۸۶/۶$$



شکل ۲-۱۵



شکل ۲-۱۶

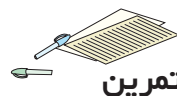
مثال: برای ساخت سقف گاراژی اندازه X مورد نیاز است. با توجه به ابعاد داده شده اندازه آن را به دست آورید.

حل:

$$x^2 = a^2 + b^2$$

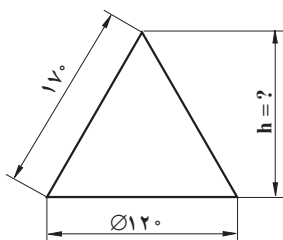
$$x = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{1/2^2 + 5/8^2} = \sqrt{35/8}$$

$$x = 5/92m$$

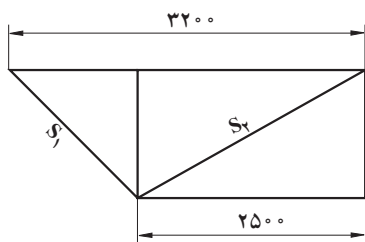


تمرین

۱- اندازه ارتفاع مخروط را به دست آورید.

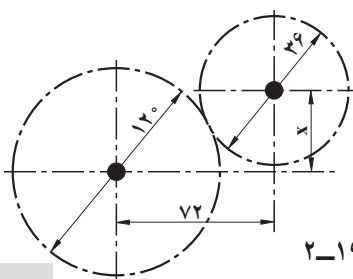


شکل ۲-۱۷



شکل ۲-۱۸

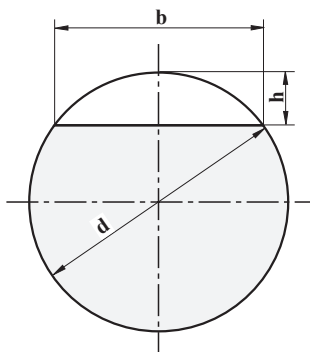
۲- در خریای نشان داده شده طول عضوهای S_1 و S_2 را به دست آورید.



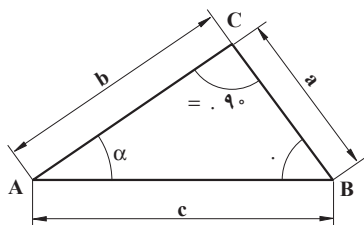
شکل ۲-۱۹

۳- شکل ۲-۱۹ حالت درگیری دو چرخ دنده را نشان می دهد. در این شکل اندازه x را حساب کنید.

۴- قطعه‌ای مطابق شکل زیر از میله گردی به قطر $d = 8 \text{ mm}$ ساخته خواهد شد اندازه عمق بار (h) را در صورتی که عرض قسمت تخت شده $b = 5 \text{ mm}$ باشد حساب کنید.



شکل ۲-۲۰



شکل ۲-۲۱

۲-۳ روابط مثلثاتی

قبل از پرداختن به روابط مثلثاتی، زوایا و اضلاع یک مثلث قائم الزاویه را مطابق شکل ۲-۲۱ در نظر می‌گیریم.

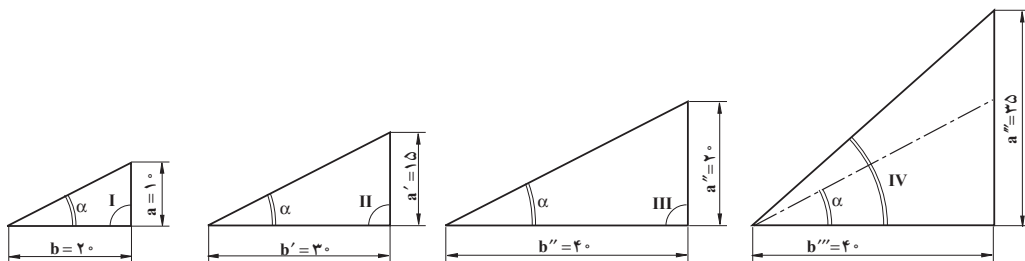
a = ضلع مقابل به زاویه α و مجاور به زاویه .

b = ضلع مقابل به زاویه . و مجاور به زاویه α

c = وتر یا ضلع مقابل به زاویه قائمه

روابط بین زوایا و اضلاع در مثلث قائم الزاویه: با مقایسه زاویه و اضلاع مثلث‌های

شکل ۲-۲۱ می‌توان نتیجه گرفت:



شکل ۲-۲۲

۱- چون زاویه α در مثلث‌های قائم‌الزاویه I و II و III با هم برابر است، نسبت اضلاع آن‌ها نیز با هم برابر خواهند بود.

$$\frac{a}{b} = \frac{1^\circ}{2^\circ} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\frac{b}{a} = \frac{2^\circ}{1^\circ} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\frac{a'}{b'} = \frac{15^\circ}{3^\circ} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\frac{b'}{a'} = \frac{3^\circ}{15^\circ} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\frac{a''}{b''} = \frac{2^\circ}{4^\circ} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\frac{b''}{a''} = \frac{4^\circ}{2^\circ} = \frac{2}{1} = 2$$

۲- اگر مقدار زاویه α در مثلث III مطابق شکل مثلث IV تغییر کند نسبت اضلاع آن نیز تغییر خواهد کرد.

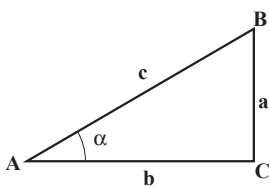
$$\frac{a'''}{b'''} = \frac{35^\circ}{4^\circ} = \frac{7}{1} = 7$$

$$\frac{b'''}{a'''} = \frac{4^\circ}{35^\circ} = \frac{1}{8.75}$$

۳- در هر مثلث قائم‌الزاویه برای هر زاویه (مثلاً 42°) نسبت اضلاع معینی وجود داشته و همچنین برای هر نسبت اضلاع معین (مانند $\frac{9}{1} = 9$) نیز زاویه مشخصی وجود دارد بنابراین:
در هر مثلث قائم‌الزاویه مقدار زوایای α و β به نسبت اضلاع بستگی داشته و همچنین نسبت اضلاع آن نیز به مقدار زاویه α و β بستگی دارد.

۴- در هر مثلث قائم‌الزاویه با داشتن نسبت اضلاع می‌توان مقدار زاویه و همچنین با در اختیار داشتن مقدار زاویه می‌توان نسبت اضلاع را به دست آورد.

نسبت‌های اضلاع و وابستگی آن‌ها با زوایا در مثلث قائم‌الزاویه را روابط مثلثاتی می‌نامند. مهم‌ترین روابط مثلثاتی عبارت‌اند از:



شکل ۲۳-۲

$$\cos \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{b}{c} \quad (2-9)$$

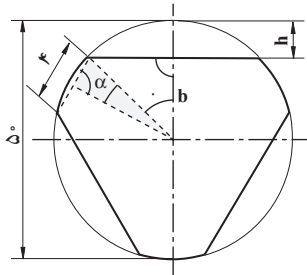
$$\sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{a}{c} \quad (2-10)$$

$$\text{کئانترانت} = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{ضلع مقابل}} \Rightarrow \cot \alpha = \frac{b}{a} \quad (2-11)$$

$$\text{تائترانت} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{a}{b} \quad (2-12)$$

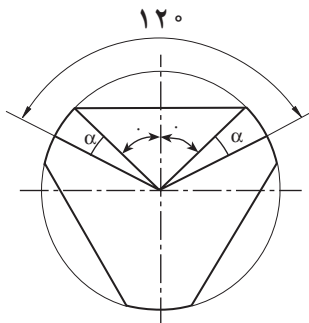
از روابط مثلثاتی در حل بسیاری از مسایل فنی استفاده می‌گردد؛ که در زیر نمونه‌ای از آن‌ها را مشاهده می‌نمایید.

مثال: از میله گردی به قطر $d = 50 \text{ mm}$ ، قطعه‌ای مطابق شکل ۲-۲۴ ساخته خواهد شد. حساب کنید عمق بار (h) را در صورتی که عرض سطوح تخت شده با هم مساوی باشد.



شکل ۲-۲۴

حل: در حل این گونه مسایل سعی می‌کنیم با تشکیل مثلث قائم‌الزاویه و استفاده از روابط مثلثاتی مسئله را حل نماییم.



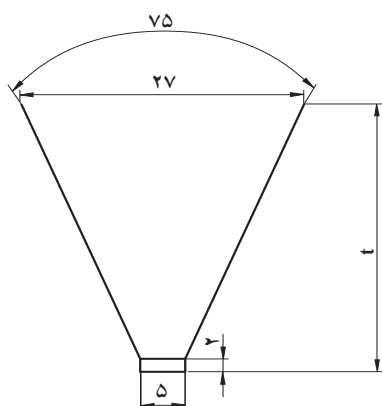
شکل ۲-۲۵

$$\sin \alpha = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{2}{25}} = \frac{2}{25} = 0.08 \Rightarrow \alpha \approx 4, 30'$$

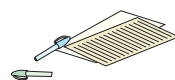
$$= \frac{\frac{36^\circ}{3} - 2a}{2} = \frac{12^\circ - 2 \times 4,30'}{2} \approx 55,30'$$

$$\cos = \frac{b}{r} \Rightarrow b = \cos \times r = 0,5664 \times 25 \approx 14,16 \text{ mm}$$

$$h = r - b = 25 - 14,16 = 10,84 \text{ mm}$$

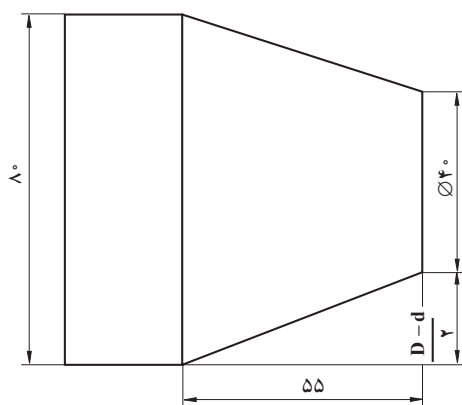


شکل ۲-۲۶



تمرین

۱- عمق بار (t) را برای ساختن منشور مطابق شکل ۲-۲۶ حساب کنید.

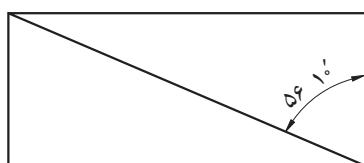


شکل ۲-۲۷

۲- مخروط ناقص مطابق شکل ۲-۲۷ مفروض است حساب کنید :

الف) شیب مخروط $(\tan \frac{\alpha}{2})$.

ب) زاویه شیب $(\frac{\alpha}{2})$ و همچنین زاویه رأس مخروط.



شکل ۲-۲۸

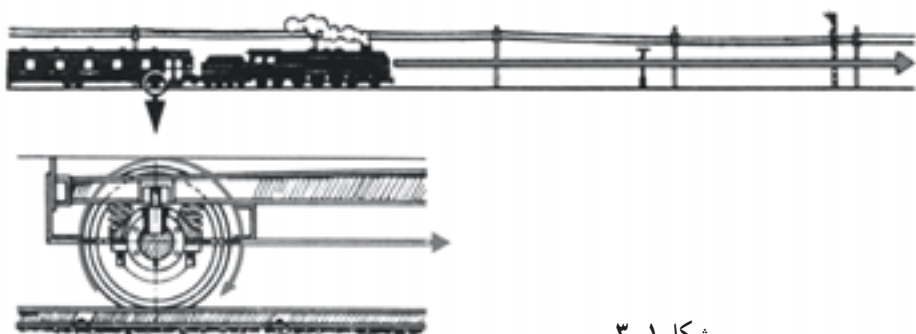
۳- طول اضلاع و همچنین قطر مستطیل مطابق

شکل ۲-۲۸ را، در صورتی که مساحت آن $47/48 \text{ m}^2$ باشد حساب کنید.

حرکت و انتقال آن

۱-۳- حرکت

اگر محل استقرار جسمی تغییر کند گوئیم آن جسم حرکت کرده است. هرگاه جسم متحرکی در زمان‌های مساوی، مسافت‌های برابری را طی کند، حرکت را حرکت یکنواخت گویند. حال اگر مسیر حرکت خطی، مستقیم باشد آن را حرکت مستقیم الخط یکنواخت و در صورتی که مسیر حرکت، دایره‌ای باشد حرکت را حرکت دورانی یکنواخت نامند. به عنوان مثال حرکت قطار روی ریل مستقیم، حرکت مستقیم الخط و حرکت چرخ‌های آن حرکت دورانی می‌باشد.



شکل ۱-۳

هرگاه قطعه متحرکی در زمان‌های مساوی مسافت‌های غیر مساوی را طی کند حرکت را حرکت غیریکنواخت (متغیر) گویند؛ مانند حرکت پیستون در موتورهای احتراقی و حرکت برش در ماشین‌های اره کمائی.

۲-۳- سرعت

سرعت عامل مهمی است برای سنجش حرکت. بنابر تعریف، نسبت مسافت پیموده شده بر زمان حرکت را سرعت گویند.

انواع سرعت: در حرکات مربوط به ماشین، چهار نوع سرعت مورد بررسی قرار می‌گیرند که عبارتند از سرعت خطی، سرعت دورانی، سرعت محیطی و سرعت زاویه‌ای.
 سرعت خطی: سرعت در حرکت مستقیم‌الخط را سرعت خطی گویند و از رابطه زیر به دست می‌آید.

علام اختصاری:

$$V = \frac{s}{t} \quad (۳-۱)$$

s = مسافت

t = زمان

V = سرعت

واحد سرعت در سیستم SI، متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$) می‌باشد و آن سرعت متحرکی است که به طور یکنواخت در هر ثانیه مسافتی معادل یک متر را طی می‌کند.
 سرعت می‌تواند برحسب مورد و محل کاربرد واحدهای دیگری نیز داشته باشد. واحدهای متداول سرعت و کاربرد آن‌ها عبارتند از:

— سرعت وسایل نقلیه به km/h

— سرعت نور به km/s

— سرعت برش در سوراخ کاری، تراش کاری m/min

— سرعت محیطی و سرعت صوت به m/s

— سرعت پیشروی در ماشین‌های فرز و سنگ‌زنی mm/min

مثال: در هنگام کار تراکتوری در مزرعه مشخص شد که این وسیله، طول ۱۵۵ متری زمین را در مدت زمان یک دقیقه و ۴۰ ثانیه طی نموده است. سرعت خطی این تراکتور چه قدر است؟

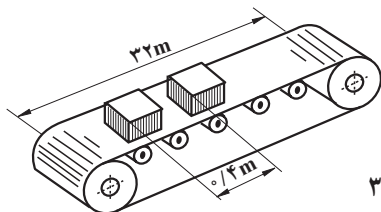
$$s = 155m$$

$$t = 60 + 40 = 100s \quad V = \frac{s}{t} = \frac{155}{100} = 1.55 \text{ m/s}$$

سرعت تراکتور برحسب کیلومتر بر ساعت

$$1.55 \times \frac{3600}{1000} = 5.6 \text{ km/h}$$

مثال: به کمک تسمه نقاله‌ای مطابق شکل ۲-۳، می‌خواهیم قطعاتی را حمل و تخلیه نماییم. اگر زمان حرکت هر یک از قطعات $\frac{2}{3}$ دقیقه باشد حساب کنید:



شکل ۳-۲

الف) سرعت تسمه نقاله را بر حسب $\frac{m}{s}$.

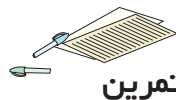
ب) تعداد قطعاتی را که در هر ساعت حمل می‌شوند در صورتی که فاصله دو قطعه از هم 0.4 متر

باشد.

$$\text{الف) } V = \frac{s}{t} = \frac{32m}{\frac{2}{3} \text{ min}} = \frac{32m}{\frac{2}{3} \times 60s} = \frac{32m}{40s} = 0.8 \frac{m}{s}$$

$$\text{ب) } \text{تعداد قطعات جا به جا شده} = \frac{0.8 \frac{m}{s}}{0.4m} = 2 \frac{\text{قطعه}}{s}$$

$$2 \frac{\text{قطعه}}{s} = 2 \frac{\text{قطعه}}{1 \text{ h}} = 2 \frac{\text{قطعه} \times 3600}{h} = 7200 \frac{\text{قطعه}}{h}$$



تمرین

۱- به کمک تسمه نقاله ای مطابق شکل ۳-۳، موادی به دستگاه مخلوط کنی حمل می‌گردند. اگر

لازم باشد در هر ۶ ثانیه یک جعبه مواد اولیه به داخل مخلوط کن راهنمایی شود حساب کنید :

الف) فاصله جعبه‌ها از هم دیگر را در صورتی



شکل ۳-۳

که سرعت تسمه نقاله $V = 18 \frac{m}{min}$ باشد.

ب) زمان پیمودن یک جعبه را اگر طول تسمه

نقاله ۱۲۳ متر باشد.

۲- سرعت جرثقیل سقفی نشان داده شده در شکل ۳-۴ در حالت‌های مختلف بلند کردن بار،

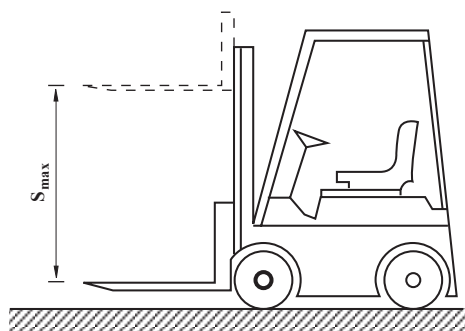
حرکت افقی و پایین آوردن بار با هم مساوی و

برابر ۳۶ متر بر دقیقه می‌باشد زمان لازم برای

حمل هر جعبه به داخل واگن را حساب کنید.



شکل ۳-۴

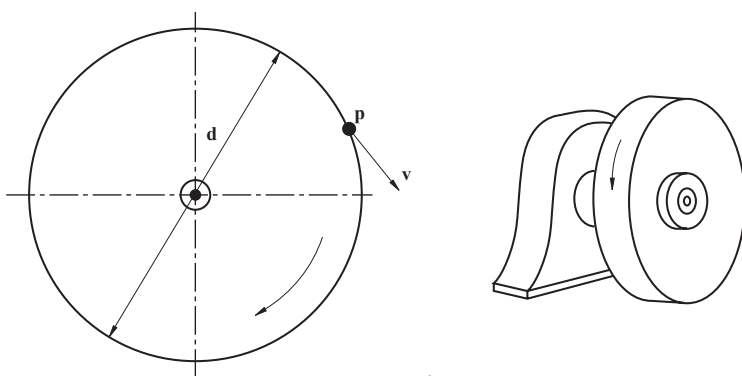


شکل ۳-۵

۳- توسط لیفت تراکی مطابق شکل، ۲۰ عدد کیسه به ارتفاع ۱/۵ متری حمل خواهد شد. اگر سرعت بالا برنده لیفت تراک ۱۲ متر بر دقیقه بوده و برای سوار و پیاده کردن هر کیسه ۲۸ ثانیه وقت لازم باشد، حساب کنید زمان لازم جهت حمل آن‌ها را.

سرعت دورانی: اگر جسمی دور یک منحنی بسته مثلاً یک دایره حرکت کند حرکت جسم را حرکت دورانی می‌گویند. به تعداد دوران یک جسم در واحد زمان، حول محور آن جسم، سرعت دورانی گفته می‌شود و معمولاً آن را با n نشان می‌دهند. واحد سرعت دورانی $\frac{1}{\text{min}}$ (دور در دقیقه) یا $\frac{1}{s}$ (دور در ثانیه یا هرتز) می‌باشد.

سرعت محیطی: سرعت حرکت اجسام دوار، مانند چرخ تسمه‌ها، چرخ دنده‌ها، سنگ سنباده‌ها و... را سرعت محیطی می‌نامند. اگر نقطه‌ای مانند P روی دایره‌ای به قطر d حرکت یکنواختی را انجام دهد، سرعت محیطی آن به شرح زیر محاسبه می‌گردد.



شکل ۳-۶

$$d \times \pi = \text{مسافت پیموده شده در یک دور (محیط دایره حرکت)}$$

$$d \times \pi \times 2 = \text{مسافت پیموده شده در دو دور}$$

$$d \times \pi \times n = \text{مسافت پیموده شده در } n \text{ دور در هر دقیقه}$$

از آن جایی که معمولاً در صنعت، قطر با واحد میلی متر، دور با واحد دور بر دقیقه و سرعت محیطی با واحد متر بر ثانیه بیان می شود، لذا رابطه سرعت محیطی با توجه به ضرایب تبدیل به شرح زیر خواهد بود.

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000 \times 60} \quad (2-3)$$

علامت اختصاری:

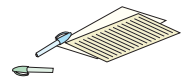
d = قطر چرخ بر حسب میلی متر (mm)

n = تعداد دوران چرخ در هر دقیقه $\left(\frac{1}{\text{min}}\right)$ RPM

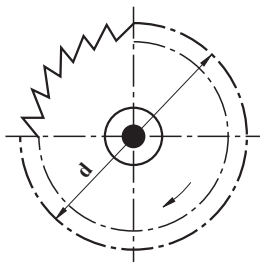
V = سرعت محیطی چرخ بر حسب متر بر ثانیه $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

رابطه فوق نشان می دهد که سرعت محیطی هر نقطه یک جسم دوار به موقعیت شعاعی و تعداد دوران آن بستگی دارد؛ به نحوی که با ثابت ماندن تعداد دوران، نقطه ای که به محور چرخ نزدیک تر است سرعت محیطی کمتر و نقطه ای که از محور چرخ دورتر است دارای سرعت محیطی بیشتری خواهد بود. مثال: چرخ تسمه ای به قطر 420 mm در هر دقیقه 560 دور می زند. سرعت محیطی آن را که معادل سرعت تسمه می باشد به دست آورید.

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000 \times 60} = \frac{420 \times \pi \times 560}{1000 \times 60} = 12.32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



تمرین

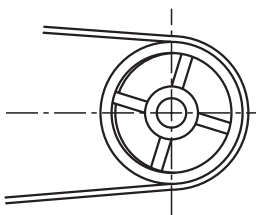


شکل ۳-۷

- ۱- قطر تیغه اره ای مطابق شکل را بر حسب میلی متر به دست آورید در صورتی که سرعت محیطی آن ۱۲ متر بر ثانیه و سرعت دورانی آن ۵۰۰ دور در هر دقیقه باشد.
- ۲- سرعت دورانی چرخ اتومبیلی را که با سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت در حرکت بوده و قطر مؤثر چرخ های آن ۶۸ سانتی متر است بر حسب دور در دقیقه حساب کنید.

۳- اگر سرعت مناسب تسمه، در انتقال حرکت توسط چرخ تسمه ها ۱۵ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد تعیین کنید کدام یک از حالات I یا II برای انتقال حرکت مناسب می باشد.

۱- RPM حروف اول کلمات Round Per Minute می باشد.

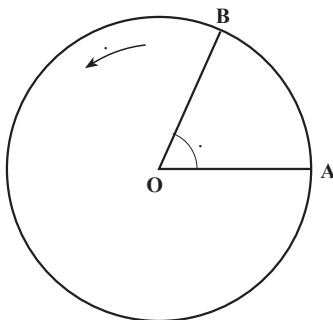


شکل ۸-۳

	I	II
n	۱۵۰°/min	۸۰°/min
d	۱۵۰ mm	۴۰۰ mm

سرعت زاویه‌ای: به زاویه‌ای که متحرک در واحد زمان طی می‌کند سرعت زاویه‌ای گفته می‌شود. بازو یا میله OA را که در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت (جهت مثلثاتی) حول نقطه O در شکل ۹-۳ می‌چرخد در نظر بگیرید. هرگاه این میله در مدت t ثانیه زاویه‌ای به مقدار . رادیان بچرخد. سرعت زاویه‌ای میله برابر خواهد بود با:

$$= \frac{\text{زاویه طی شده توسط میله}}{\text{زمان}} = \frac{\dot{\cdot}}{t} = \frac{\text{رادیان}}{\text{ثانیه}} \quad (3-3)$$



شکل ۹-۳ دوران میله OA حول نقطه O

در رابطه بالا به . سرعت زاویه‌ای می‌گویند و واحد آن $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ می‌باشد. در بیشتر مواقع لازم می‌شود که سرعت دورانی به سرعت زاویه‌ای تبدیل گردد. برای این کار از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$= \frac{2\pi n}{60} \quad (3-4)$$

علامت اختصاری:

= سرعت زاویه‌ای برحسب رادیان بر ثانیه $(\frac{\text{rad}}{\text{s}})$

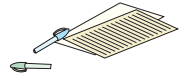
$$\pi = \text{عدد پی برابر } 3/14$$

$n =$ سرعت دورانی بر حسب دور بر دقیقه (rpm)

مثال: یک فلاپیول (چرخ لنگر) با سرعت دورانی 240° دور بر دقیقه می چرخد. معین کنید سرعت زاویه‌ای آن چند رادیان بر ثانیه است.

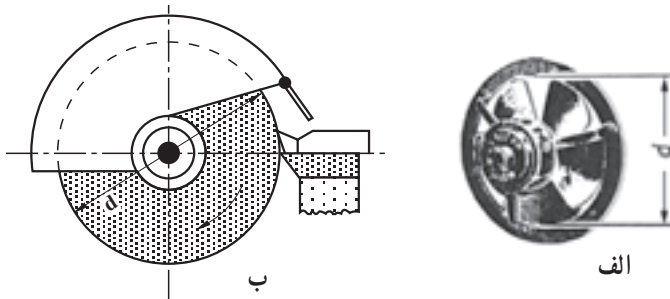
$$n = 240^\circ \text{ rpm}$$

$$= \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \times 3/14 \times 240^\circ}{60} = 251/3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



تمرین

- ۱- سرعت دورانی و سرعت زاویه‌ای پره‌های هواکش مطابق شکل ۱-۳-الف را در صورتی که قطر پره‌های آن 45° میلی‌متر بوده و سرعت محیطی آن $4/35 \text{ m/s}$ باشد حساب کنید.
- ۲- سرعت محیطی و سرعت زاویه‌ای سنگ سنباده شکل ۱-۳-ب را، در صورتی که قطر سنگ 25° میلی‌متر و سرعت دورانی آن 1000° دور در هر دقیقه باشد حساب کنید.

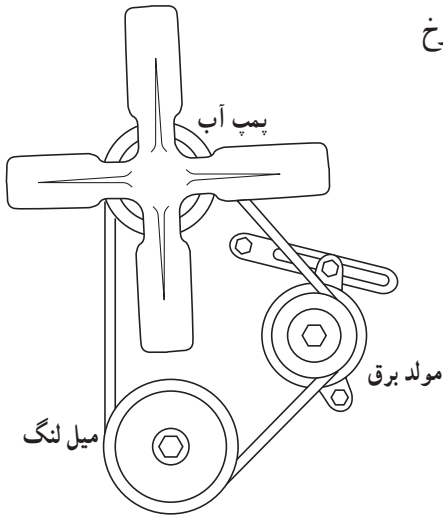


شکل ۱-۳

۳-۳- انتقال حرکت به وسیله تسمه و چرخ تسمه‌ها

از تسمه و چرخ تسمه‌ها برای انتقال حرکت از محور محرک به محور متحرک استفاده می‌کنند. انتقال حرکت بیشتر در مواقعی با تسمه انجام می‌شود که فاصله دو محور زیاد بوده و نیروی انتقالی محدود باشد. انتقال حرکت در این وسایل از طریق اصطکاک بین تسمه و چرخ تسمه‌ها امکان‌پذیر می‌گردد. این نوع وسایل انتقال حرکت نسبتاً ارزان و ساده بوده و به‌خاطر خاصیت الاستیسیته‌ای که در تسمه‌ها وجود دارد، حرکت را نرم و بدون ضربه و با سر و صدای کم منتقل می‌کند. به همین دلیل در وسایل و ماشین‌آلات دقیقی که در آن‌ها ایجاد کیفیت سطوح خیلی خوبی در قطعات کار مورد نظر

است (مانند ماشین‌های سنگ سنباده گردزنی)، از چرخ
تسمه‌ها برای انتقال حرکت کمک می‌گیرند.



شکل ۱۱-۳- تسمه ساده

انتقال حرکت با انواع تسمه و چرخ تسمه: سطح مقطع تسمه‌ها را برحسب نیاز ممکن است
که به فرم‌های تخت، دوزنقه‌ای و یا گرد انتخاب نمایند. بدیهی است که شکل سطح تماس تسمه با چرخ
تسمه، متأثر از سطح مقطع تسمه بوده است.

۱-۳-۳- انتقال حرکت با تسمه‌های تخت: به کمک تسمه و چرخ تسمه‌ها، امکان انتقال
حرکت و یا نیرو در وسایلی که فاصله محور زیادی نسبت به هم دارند، وجود دارد. شکل ۱۲-۳
حالت‌های مختلف انتقال حرکت به کمک تسمه و چرخ تسمه‌های تخت را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۳

برای انتقال حرکت یا نیرو از محور محرک به محور متحرک، با توجه به نسبت انتقال لازم بین
دو محور، می‌توان از یک، دو و یا چند زوج تسمه کمک گرفت؛ که در زیر به شرح محاسبات هر کدام
از آن‌ها می‌پردازیم.

۳-۳-۲- انتقال حرکت با یک زوج چرخ تسمه (نسبت ساده): در این روش اغلب از دو چرخ تسمه با قطرهای مختلف استفاده می‌شود که به وسیله تسمه‌ای به همدیگر مربوط می‌شوند و حرکت دورانی از چرخ محرک به وسیله تسمه به چرخ متحرک منتقل می‌گردد. با توجه به مساوی بودن سرعت محیطی چرخ محرک، تسمه و چرخ متحرک، محاسبات مربوط به انتقال حرکت مطابق رابطه ۳-۵ خواهد بود.

$$V_1 = V_2$$

$$\frac{d_1 \times \pi \times n_1}{1000 \times 60} = \frac{d_2 \times \pi \times n_2}{1000 \times 60} \Rightarrow \boxed{d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2} \quad (3-5)$$

علامه اختصاری:

V = سرعت تسمه بر حسب متر بر ثانیه

V_1 = سرعت محیطی چرخ محرک بر حسب متر بر ثانیه

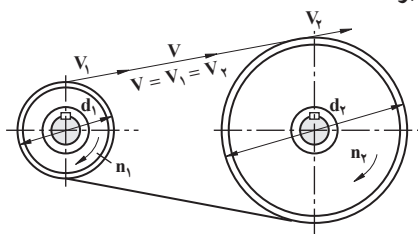
V_2 = سرعت محیطی چرخ متحرک بر حسب متر بر ثانیه

d_1 = قطر چرخ محرک بر حسب میلی‌متر

d_2 = قطر چرخ متحرک بر حسب میلی‌متر

n_1 = سرعت دورانی چرخ محرک بر حسب دور

در دقیقه



شکل ۳-۱۳

n_2 = سرعت دورانی چرخ متحرک بر حسب دور در دقیقه

توجه: در رابطه ۳-۵ از سرخوردن جزیی تسمه (حدود ۲ درصد) صرف نظر شده است. چرخ تسمه‌ها علاوه بر وظیفه انتقال حرکت از محور محرک به محور متحرک، می‌توانند وظیفه تغییر سرعت دورانی چرخ متحرک را نیز به عهده داشته باشند. برای محاسبه سرعت دورانی چرخ تسمه‌ها محرک و متحرک با توجه به روابط ۳-۵ خواهیم داشت.

$$\frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{سرعت دورانی چرخ متحرک}} = \frac{\text{سرعت دورانی چرخ محرک}}{\text{قطر چرخ محرک}} \Rightarrow \boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}} \quad (3-6)$$

نسبت $\frac{n_1}{n_2}$ را نسبت انتقال دور نامیده و با حرف i نشان می‌دهند

$$i = \frac{\text{سرعت دورانی چرخ محرک}}{\text{سرعت دورانی چرخ متحرک}} \Rightarrow \boxed{i = \frac{n_1}{n_2}} \quad \text{یا} \quad \boxed{i = \frac{d_2}{d_1}} \quad (3-7)$$

در محاسبه نسبت انتقال بهتر است آن را به نحوی ساده کرد که در مخرج، عدد ۱ حاصل شود. برای این منظور می توان پس از ساده کردن کسر، صورت و مخرج آن را به عدد مخرج تقسیم نمود.

$$n_1 = 12 \text{ rps}$$

$$n_2 = 4 \text{ rps}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{12}{4} = \frac{3}{1} = 3$$

مثال: در یک انتقال حرکت به وسیله تسمه و چرخ تسمه سرعت دورانی چرخ تسمه اول ۱۲ دور در ثانیه (rps) و سرعت دورانی چرخ تسمه دوم ۴ دور در ثانیه، نسبت انتقال دور را حساب کنید. مقدار نسبت انتقال بین محور محرک و متحرک نشان می دهد که سرعت دورانی محور متحرک کم و یا زیاد خواهد بود. جدول زیر این مطلب را روشن تر می کند.

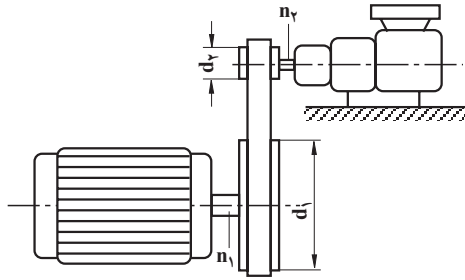
جدول ۳-۱

تغییرات سرعت دورانی چرخ متحرک			
$i < 1$	$i > 1$	$i = 1$	نسبت انتقال i
زیاد می شود	کم می شود	تغییر نمی کند	تعداد دوران چرخ متحرک

مثال: حرکت الکترو موتوری توسط چرخ تسمه ای مطابق شکل به محور پمپی منتقل می شود. اگر سرعت دورانی الکتروموتور $n_1 = 1500 \text{ RPM}$ و قطر چرخ متصل به محور آن $d_1 = 150 \text{ mm}$ باشد حساب کنید:

الف) سرعت دورانی محور پمپ (n_2) را در صورتی که قطر چرخ متصل به آن $d_2 = 90 \text{ mm}$ باشد.

ب) نسبت انتقال (i).



شکل ۱۴-۳

حل:

الف) $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} = \frac{1500 \times 150}{90} = 2500 \text{ RPM}$$

ب) $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{2500} = \frac{3}{5} = \frac{3:5}{5:5} = \frac{0/6}{1} = 0/6$

یا $i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{90}{150} = \frac{3}{5} = 0/6$

توجه: با معلوم بودن نسبت انتقال و سرعت دورانی یکی از چرخ‌ها، می‌توان رابطه‌ای برای محاسبه سرعت دورانی چرخ دیگر به دست آورد.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_1 = n_2 \times i, \quad n_2 = \frac{n_1}{i} \quad (3-8)$$

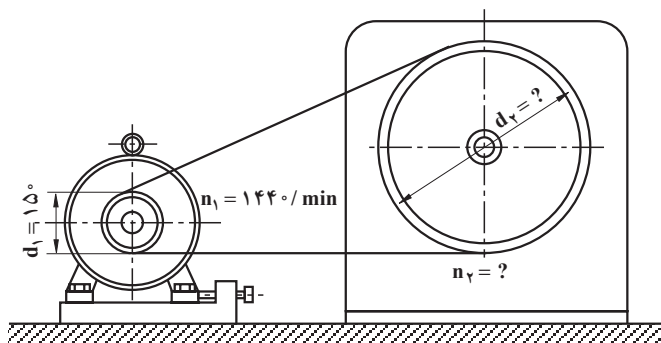
همچنین با معلوم بودن نسبت انتقال و قطر یکی از چرخ‌ها، می‌توان رابطه‌ای برای محاسبه قطر چرخ دیگر به دست آورد.

$$i = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow d_2 = d_1 \times i, \quad d_1 = \frac{d_2}{i} \quad (3-9)$$

مثال: در دستگاه انتقال حرکت مطابق شکل، اگر نسبت انتقال $i = 4$ باشد حساب کنید:

الف) سرعت دورانی چرخ متحرک (n_2).

ب) قطر چرخ متحرک (d_2).



شکل ۱۵-۳

۳-۳-۲- انتقال حرکت با تسمه‌های دوزنقه‌ای: این نوع تسمه‌ها به دلیل محاسن زیادی

که دارند امروزه کاربرد بیشتری در صنایع پیدا کرده و مورد استفاده آن‌ها روز افزون می‌باشد.

به دلیل درگیری بهتر این نوع تسمه‌ها با شیار دوزنقه‌ای

شکلی که به همین منظور در روی چرخ تسمه مربوطه ایجاد

شده است، در شرایط مساوی می‌توان نیروی زیادتری را

نسبت به تسمه‌های تخت منتقل نمود. در این حالت نیروی

وارد به یاتاقان‌ها کمتر از تسمه‌های تخت بوده و می‌توان در

اختلاف قطرهای زیادتر (تا $i = \frac{1}{1}$) و فاصله محورهای کم

از آن‌ها استفاده کرد. جنس این تسمه‌ها را از لاستیک‌های

مسلح به نخ‌های محکم کتانی و یا مواد مصنوعی انتخاب

کرده و برای افزایش مقاومت سطوح خارجی آن‌ها در مقابل

سائیدگی، معمولاً در قشر خارجی آن‌ها لایه نازکی از مواد بافته‌شده به کار رفته است. این تسمه‌ها را

معمولاً به صورت یک تکه و با اندازه‌های استاندارد به بازار عرضه می‌کنند.

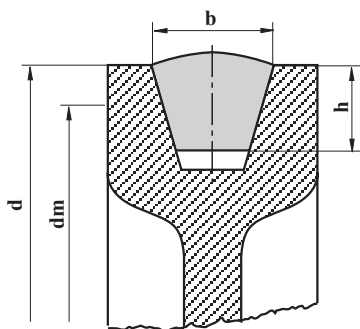
شکل ۱۶-۳ نحوه‌ی توزیع نیرو به دیوارهای جانبی و نیز کف شیار را نشان می‌دهد. نیروی

وارد به تسمه به سه مؤلفه تقسیم شده که علاوه بر کف شیار به دیوارهای جانبی نیز منتقل می‌شود این

نوع توزیع نیرو سبب کاهش نیرو وارد به کف شیار و نیز به یاتاقان‌ها می‌گردد. در حالی که نیروی وارد

از تسمه به چرخ تسمه در تسمه‌های صاف به صورت یک مؤلفه عمودی می‌باشد که نهایتاً این نیرو به

یاتاقان‌ها اعمال می‌گردد. به کمک تسمه‌های دوزنقه‌ای امکان حرکت با نسبت از $\frac{1}{1}$ تا $\frac{1}{1}$ امکان‌پذیر



شکل ۱۷-۳

می باشد محاسبات انتقال حرکت به وسیله تسمه های دوزنقه ای مانند تسمه های تخت می باشد، با این تفاوت که در چرخ تسمه های دوزنقه ای، به جای قطر خارجی (d)، قطر مؤثر (dm) را در رابطه مربوطه قرار می دهند.

علامت اختصاری:

dm_1 = قطر مؤثر چرخ محرک برحسب میلی متر

n_1 = سرعت دورانی چرخ محرک برحسب دور در دقیقه (RPM)

dm_2 = قطر مؤثر چرخ متحرک برحسب میلی متر

n_2 = سرعت دورانی چرخ متحرک برحسب دور در دقیقه (RPM)

c = فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ برحسب میلی متر

$$\boxed{dm_1 \times n_1 = dm_2 \times n_2} \quad \boxed{i = \frac{n_1}{n_2}} \quad \text{یا} \quad \boxed{i = \frac{dm_2}{dm_1}} \quad (3-10)$$

برای به دست آوردن قطر مؤثر، از قطر خارجی دو برابر C را کم می کنیم

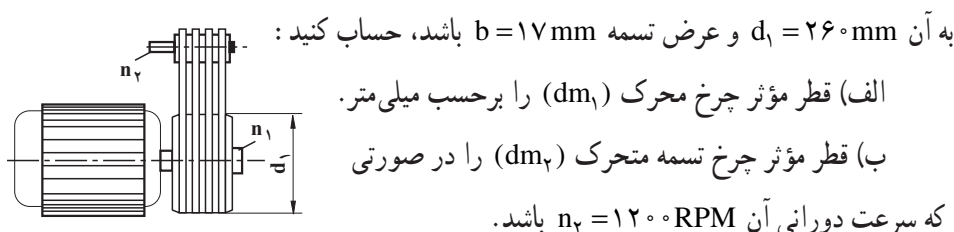
$$\boxed{dm = d - 2c} \quad (3-11)$$

مقدار C بستگی به عرض تسمه (b) داشته و مقدار آن را می توان از جدول زیر به دست آورد.

جدول ۲-۳

مقدار C به اندازه پهنای تسمه (b)									
۴۰	۳۲	۲۵	۲۲	۲۰	۱۷	۱۳	۱۰	پهنای تسمه b mm	
۱۲	۱۰	۸	۷	۶	۵	۴	۳	مقدار C mm	

مثال: توسط چهار عدد تسمه دوزنقه‌ای مطابق شکل، حرکت الکتروموتور به محور ماشین منتقل می‌شود. اگر سرعت دورانی محور الکتروموتور $n_1 = 720^\circ \text{RPM}$ و قطر خارجی چرخ متصل



شکل ۳-۱۸

ج) نسبت انتقال (i).

از جدول
 الف) $c \Rightarrow 5 \text{ mm}$

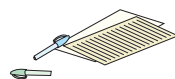
حل:

$$dm_1 = d_1 - 2c = 260 - 2 \times 5 = 250 \text{ mm}$$

ب) $dm_1 \times n_1 = dm_2 \times n_2$

$$dm_2 = \frac{dm_1 \times n_1}{n_2} = \frac{250 \times 720}{1200} = 150 \text{ mm}$$

ج) $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{720}{1200} = 0.6$



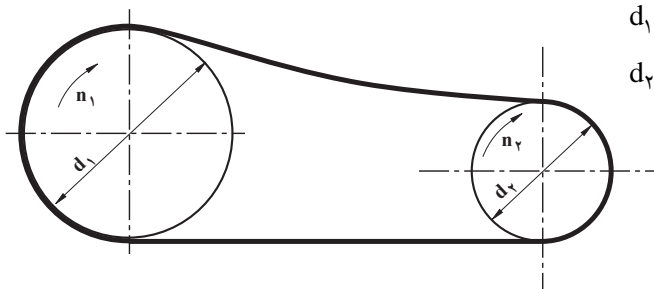
تمرین

۱- در چرخ تسمه‌های مطابق شکل زیر و مشخصات داده شده، نسبت انتقال و همچنین سرعت دورانی چرخ متحرک را به دست آورید.

$$n_1 = 140^\circ \text{RPM}$$

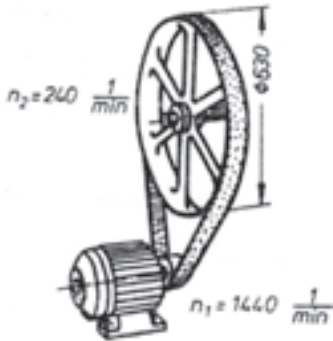
$$d_1 = 245 \text{ mm}$$

$$d_2 = 70 \text{ mm}$$



شکل ۳-۱۹

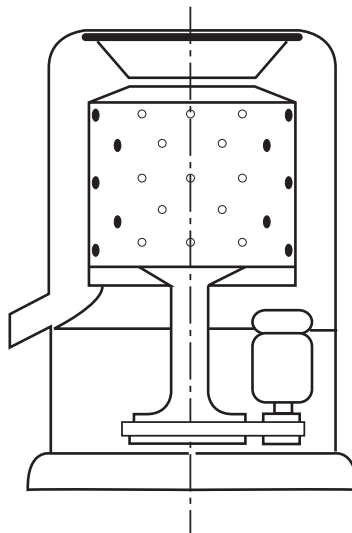
۲- در دستگاه انتقال حرکت شکل ۳-۲۰، نسبت انتقال و همچنین قطر پولی الکتروموتور را محاسبه کنید.



شکل ۳-۲۰

۳- در ماشین لباسشویی شکل ۳-۲۱، برای انتقال حرکت الکتروموتور به محور ماشین از تسمه دوزنقه‌ای استفاده شده است اگر $d_1 = 36 \text{ mm}$ ، $d_2 = 126 \text{ mm}$ و سرعت دورانی الکتروموتور $n_1 = 637 \text{ RPM}$ باشد حساب کنید.

- الف) قطر مؤثر هر یک از دو چرخ را اگر پهنای تسمه $b = 10 \text{ mm}$ باشد.
 ب) نسبت انتقال (i).
 ج) سرعت دورانی محور ماشین (n_2).

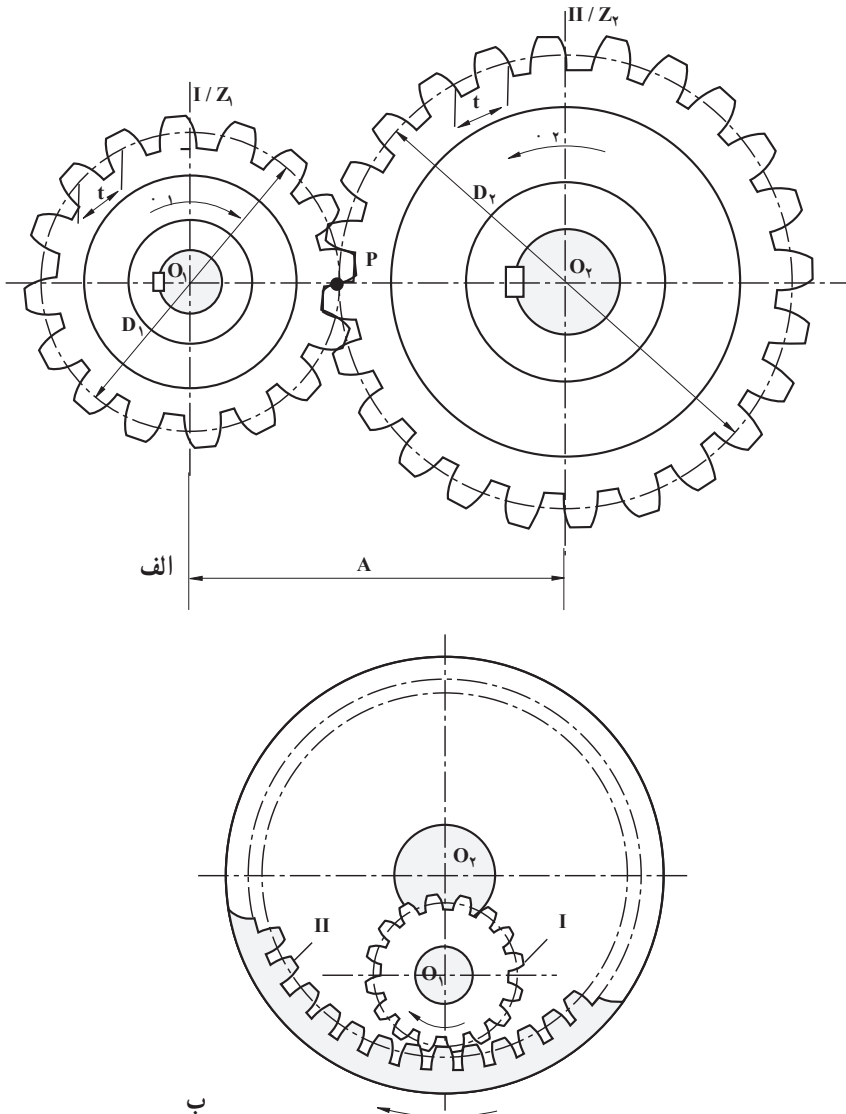


شکل ۳-۲۱

۴-۳- چرخ دنده

اگر در پیرامون استوانه‌ای به فاصله‌هایی برابر، شیارهایی را با شکلی ویژه پدید آوریم چرخ دنده ساده‌ای به دست خواهد آمد.

اگر دو تا از این چرخ‌ها را در اختیار داشته باشیم و آن‌ها را چنان قرار دهیم که برجستگی‌های یکی در شیارهای دیگری قرار گیرد، گویند که این دو چرخ با هم درگیرند.



شکل ۲۲-۳

اگر دو محور O_1 و O_2 را در نظر بگیریم که بین دو یاتاقان قرار گرفته‌اند و می‌توانند به آسانی به گردش درآیند و آنگاه یکی از چرخ‌دنده‌ها را روی محور O_1 و دیگری را روی محور O_2 چنان سوار کنیم که با هم درگیر باشند. اگر محور O_1 به حرکت درآید و چرخ دنده‌ای را که بر آن سوار است به گردش درآورد چرخ دنده‌ای که روی محور O_2 است نیز به حرکت درآمده محور O_2 را به گردش در خواهد آورد هنگامی که چرخ دنده‌ها به گردش درمی‌آیند مانند این است که دو دایره به مرکز O_1 و O_2 بدون هیچ‌گونه لغزشی در دو جهت مخالف به گردش درمی‌آیند و همواره در نقطه‌ای مانند P شکل ۲-۳ الف که روی دو دایره با مرکز O_1 و O_2 قرار دارد با هم در تماسند این دایره‌ها را دایره گام چرخ‌های دنده می‌نامند.

همان‌گونه که گفته شد به هنگام دوران، بین چرخ دنده‌ها هیچ‌گونه لغزشی پدید نمی‌آید و از این رو می‌توان رابطه انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها را برای این گونه چرخ‌ها نیز به کار برد.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3-12)$$

در این جا D_1 و D_2 قطر دایره‌های گام دو چرخ دنده است و برای این که نسبت سرعت دوران چرخ دنده‌ها را بدانیم لازم است که قطر دایره گام آن‌ها را بدانیم، اما دایره‌های گام قابل دیدن نیستند و اندازه گرفتن قطر آن‌ها کاری است دشوار.

برای این که بتوانیم رابطه بالا را با روش ساده‌تر محاسبه کنیم از یکی از ویژگی‌های چرخ دنده‌ها استفاده می‌کنیم. می‌دانیم که دندان‌های چرخ با فاصله‌هایی برابر بر روی پیرامون دایره‌ی چرخ دنده قرار گرفته‌اند، این فاصله متناسب با طول قوسی از دایره گام که دو نقطه مشابه از دو دندان را به هم وصل کند (مرکز یک دندان تا مرکز دندان مجاور یا لبه یک دندان را تا لبه دندان مجاور) است.

فاصله گفته شده را گام دندان می‌نامند و آن را با حرف t نمایش می‌دهند. حال اگر محیط دایره گام را به گام دندان تقسیم کنیم تعداد دندان‌های چرخ به دست خواهد آمد.

$$t = \frac{\pi D_1}{z_1} \quad (3-13)$$

از طرفی دو چرخ دنده که با هم درگیرند باید دارای گام برابر باشند در غیر این صورت دندان یکی در شیار دیگری قرار نخواهد گرفت.

$$t = \frac{\pi D_2}{z_2}$$

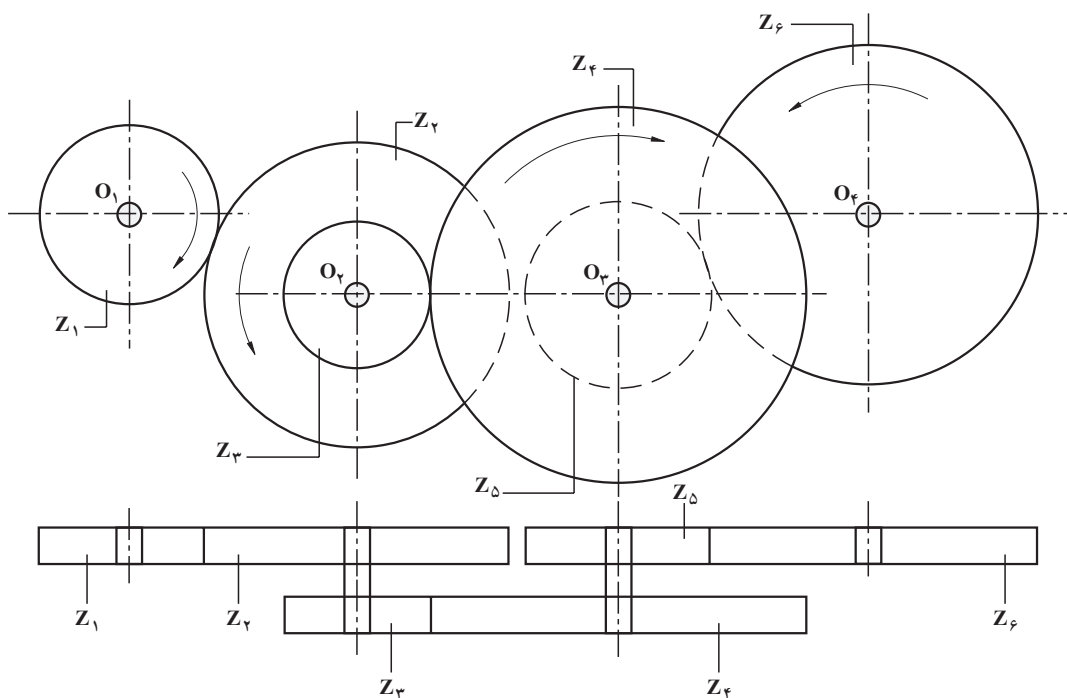
$$\frac{\pi D_1}{z_1} = \frac{\pi D_2}{z_2}$$

$$\frac{D_1}{z_1} = \frac{D_2}{z_2} \quad \text{و} \quad \frac{D_1}{D_2} = \frac{z_1}{z_2} \quad \text{یا}$$

و آن‌گاه در رابطه $\frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$ می‌توانیم به‌جای نسبت $\frac{D_1}{D_2}$ اندازه برابر با آن یعنی $\frac{z_1}{z_2}$ را قرار دهیم.

$$\boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}} \quad (3-14) \quad \text{پس}$$

محاسبه سرعت دورانی در بیش از دو چرخ دنده: در شکل زیر تعدادی چرخ دنده که با هم درگیر هستند نمایش داده شده است، (برای جلوگیری از اشکال‌های ترسیمی چرخ دنده‌ها را در نقشه‌ها با خط و خط مرکز و نقطه چین نمایش می‌دهند) z_1 تعداد دندانه چرخ دنده محرک است و سرعت دورانی این چرخ دنده n_1 است، هدف یافتن سرعت دورانی محور O_f است که چرخ دنده ۶ روی آن سوار شده است.



شکل ۳-۲۳

توجه: چرخ دنده ۲ و ۳ روی یک محور ثابت شده‌اند و سرعت دورانی هر دو با هم برابر است. چرخ دنده‌های ۴ و ۵ هم روی یک محور ثابت شده‌اند و سرعت دورانی هر دو با هم برابر است حرکت از چرخ دنده ۱ به ۲ منتقل می‌شود سپس از چرخ دنده ۳ به ۴ و از چرخ دنده ۵ به چرخ دنده ۶ منتقل می‌گردد. با توجه به شکل ۲۱-۳ و آنچه که درباره آن‌ها گفته شد خواهیم داشت.

$$n_2 = \frac{n_1 Z_1}{Z_2}$$

$$n_3 = \frac{n_2 Z_2}{Z_3}$$

$$n_3 = \frac{\frac{n_1 Z_1}{Z_2} \cdot Z_2}{Z_3} = n_1 \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_2 \times Z_3}$$

$$n_4 = \frac{n_3 Z_3}{Z_4}$$

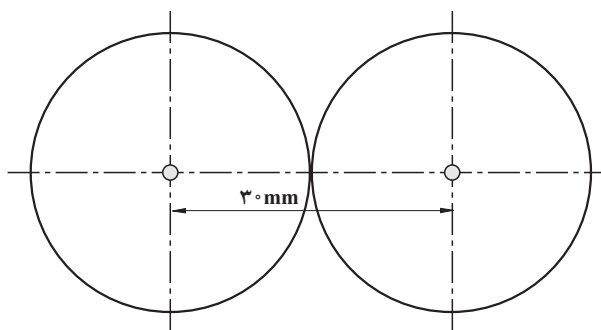
$$n_4 = \frac{n_1 \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_2 \times Z_3} \times Z_3}{Z_4} = n_1 \frac{Z_1 \times Z_2 \times Z_3}{Z_2 \times Z_3 \times Z_4} \quad (3-15)$$

درباره جهت دوران چرخ دنده متحرک باید توجه داشت که اگر چرخ دنده‌ها هر کدام روی یک محور جداگانه باشند و تعداد محورهایی که بین چرخ دنده اول و آخر قرار می‌گیرند زوج باشد جهت حرکت چرخ دنده متحرک خلاف جهت دوران چرخ دنده متحرک است و اگر تعداد محورهایی که بین آن‌ها قرار می‌گیرد فرد باشد جهت حرکت یکی است.

مثال: دو چرخ دنده‌ی پمپ روغنی، هر کدام ۱۲ دنده دارد و فاصله مرکز آن‌ها نسبت به هم ۳۰ میلی‌متر است تعیین کنید.

الف) قطر چرخ دنده‌ها بر حسب میلی‌متر.

ب) گام چرخ دنده‌ها بر حسب میلی‌متر.



شکل ۲۴-۳

حل:

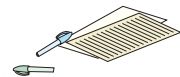
(الف)

$30\text{ mm} = 2 \times \text{شعاع} = \text{خط المركزين در این مسئله}$

$$D_1 = D_2 = 30\text{ mm}$$

(ب)

$$t = \frac{\pi D_1}{Z_1} = \frac{3/14 \times 30}{12} = 7/85\text{ mm}$$



تمرین

۱- دو چرخ دنده دارای $Z_1 = 12$ و $Z_2 = 20$ می باشند سرعت دورانی چرخ دنده اول چند دور در دقیقه باشد تا چرخ دنده دوم 200 دور در دقیقه بچرخد.

۲- بر روی محور الکتروموتوری که با سرعت 7000 RPM می چرخد چرخ دنده ای با تعداد 20 دندانه سوار شده است این چرخ دنده از طریق چرخ دنده دیگری که دارای 35 دندانه است قدرت را به محور محرک یک بالابر منتقل می کند. سرعت محور محرک بالابر را بر حسب دور در دقیقه محاسبه کنید.

فصل چهارم

نیرو

۱-۴- نیرو

نیرو عاملی است که باعث می‌شود، یک جسم از حالت سکون شروع به حرکت کند، یا جسمی که در حال حرکت است متوقف شود، یا باعث می‌شود یک جسم سریع‌تر یا آهسته‌تر حرکت نموده، یا مسیر حرکت جسم تغییر کند. نیرو یا نیروهایی که باعث ایجاد حرکت یا تمایل به حرکت در جسم می‌شوند نیروهای محرک می‌باشند و بالعکس نیرو یا نیروهایی که مانع از حرکت یا تمایل به توقف جسم می‌شوند، نیروهای مقاوم خوانده می‌شوند. برای مثال اگر اتومبیلی روی یک جاده افقی در حال سکون باشد، حتی بدون استفاده از ترمزها نیز در همین وضعیت توقف باقی خواهد ماند. اگر اتومبیل روی جاده افقی در حال حرکت باشد، تنها نیروهای مقاوم در مقابل حرکت، اصطکاک و مقاومت هوا می‌باشد که برای جبران آن‌ها باید نیرویی مساوی و مخالف جهت آن‌ها به وسیله‌ی موتور فراهم شود تا اتومبیل بتواند به حرکت یکنواخت خود ادامه دهد. اگر نیروی اعمال شده به وسیله‌ی موتور (نیروی محرک) از مجموع نیروهای مقاوم در مقابل حرکت (در این جا نیروی اصطکاک + نیروی مقاومت هوا) بیشتر باشد، اتومبیل در جهت نیروی بیشتر به طور یکنواخت شتاب می‌گیرد. همین طور اگر ترمز به کار گرفته شود (نیروی مقاوم دیگر) چون در این حالت نیروی محرک اتومبیل کمتر از نیروهای مقاوم حرکت آن است، بنابراین سرعت اتومبیل تحت برآیند این نیروها که در جهت مخالف حرکت اثر می‌کند، کم می‌شود تا این که کاملاً به حالت توقف درآید.

واحد نیرو در سیستم SI نیوتن (N) بوده و عبارت است از نیرویی که بتواند به جسمی به جرم یک کیلوگرم شتابی برابر 1 m/s^2 بدهد یا:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$$

واحد نیرو در سیستم M.K.S عملی کیلوگرم نیرو (kgf) و در سیستم انگلیسی پوند نیرو (lbf)

می‌باشد برای تبدیل واحدهای فوق به یکدیگر می‌توان از جدول پیوست استفاده کرد.

۴-۲- تعادل نیروها

هنگامی که چند نیرو بر یک جسم وارد می‌شوند برای تجزیه و تحلیل تأثیر نیروها روی جسم، سه نکته زیر را باید در نظر داشت :

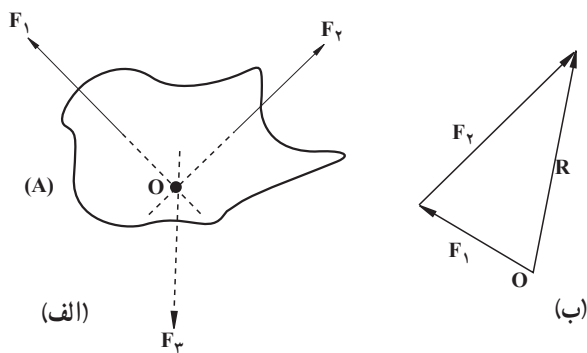
۱- مقدار نیروها

۲- نقطه‌ی اثر نیروها

۳- امتداد نیروها

با توجه به این که نیروها دارای مقدار، راستا و جهت می‌باشند، لذا کمیت‌های برداری بوده و باید آن‌ها را به صورت برداری با یکدیگر جمع نمود.

نکته دیگری که باید در مورد نیروهای وارد بر یک جسم ذکر نمود آن است که دو نیرو وقتی به حال تعادل قرار می‌گیرند که مقدار آن‌ها مساوی و جهت آن‌ها مخالف و هم‌راستا باشند. در شکل ۴-۱-الف نیروهای F_1 و F_2 دو نیروی وارد بر جسم ساکن A و هم‌صفحه هستند ولی هم‌راستا نمی‌باشند. دو نیروی F_1 و F_2 جسم را از حالت سکون (تعادل) خارج می‌نمایند، حرکت جسم هم‌راستا و هم‌جهت با برآیند دو نیروی F_1 و F_2 یعنی R خواهد بود (شکل ۴-۱-ب). برای این که جسم



شکل ۴-۱- اثر دو نیرو بر جسم A

متوقف شود باید نیروی F_3 که مساوی، هم‌راستا و مخالف جهت نیروی R می‌باشد به جسم وارد شود. در واقع با اعمال نیروی F_3 اثر دو نیروی F_1 و F_2 خنثی شده و برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شده است. به عبارت دیگر جمع برداری تمام نیروها صفر می‌شود. بیان ریاضی مطلب فوق به صورت زیر خواهد بود :

شرط تعادل $F = 0$.

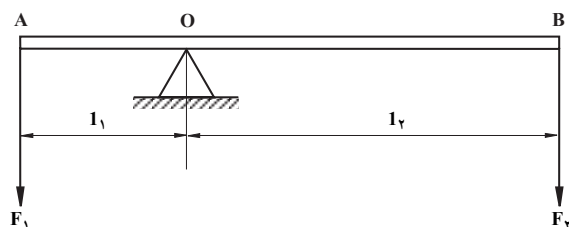
$$\Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0 \quad \text{یا} \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\vec{F}_3$$

یعنی بردار F_3 مساوی حاصل جمع بردارهای F_1 و F_2 بوده اما در خلاف جهت برآیند آن‌ها اثر گذاشته است، بدین ترتیب جسم A در حال تعادل قرار گرفته است. چنین شرطی (شرط در حالت تعادل قرار داشتن یک جسم) باید در مورد گشتاورهای وارد بر آن نیز صادق باشد یعنی باید:

$$M = 0$$

۳-۴- گشتاور نیرو

لنگر یا گشتاور نیرو نسبت به یک نقطه انتخابی، مساوی است با حاصل ضرب نیرو در فاصله عمودی نقطه تا امتداد نیرو. میله AB را که روی تکیه‌گاه O قرار دارد در نظر بگیرید (شکل ۲-۴)، دو نیروی قائم بر راستای میله، و در دو انتهای آن اثر می‌دهیم. می‌خواهیم این میله را حول تکیه‌گاه O بچرخانیم. عواملی که در گشتن میله به دور تکیه‌گاه مؤثر می‌باشند عبارتند از نیروها و فاصله آن‌ها تا تکیه‌گاه O.



شکل ۲-۴- اثر نیروها بر میله AB که روی تکیه‌گاه O قرار گرفته است.

بدین ترتیب عوامل مؤثر در گشتن یک جسم به دور یک محور را گشتاور نیرو می‌نامند. با این تعاریف می‌توان نوشت:

$$\text{گشتاور نیروی } F_1 \text{ حول نقطه } O = F_1 \times l_1$$

$$\text{گشتاور نیروی } F_2 \text{ حول نقطه } O = F_2 \times l_2$$

به‌طور کلی داریم:

$$M = F \times l \quad (4-1)$$

که در آن:

$$M = \text{گشتاور نیروی } F \text{ بر حسب نیوتن متر (N.m)}$$

F = نیروی وارده بر جسم بر حسب نیوتن (N)

l = فاصله‌ی نیرو تا مرکز دوران بر حسب متر (m)

واحد گشتاور در سیستم SI بر حسب نیوتن متر (N.m) می‌باشد.

فاصله نیروها تا تکیه‌گاه را بازوی نیرو یا بازوی مؤثر می‌نامند. زمانی که این دو گشتاور باهم

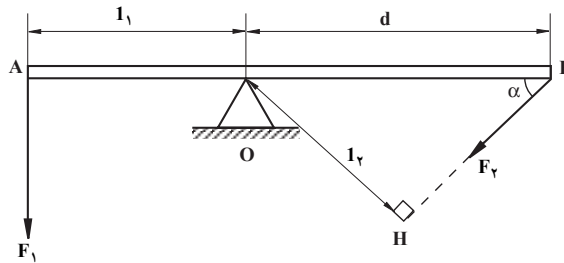
برابر باشند جسم در حال تعادل است: معادله تعادل به صورت زیر می‌باشد:

$$F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2 \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

توجه: اگر یکی از نیروها بر امتداد میله‌ی AB عمود نباشد، در این حالت مقدار گشتاور نیرو

عبارت است از اندازه نیرو ضرب در فاصله عمودی نیرو تا تکیه‌گاه (l_2) یعنی خطی که از تکیه‌گاه بر

امتداد نیرو عمود شود (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- نمایش فاصله عمودی نقطه O تا نیروی (F_2)

$$M_2 = F_2 \times l_2 = F_2 \times d \times \sin \alpha \quad (4-2)$$

مثال: در شکل ۴-۳ چنانچه $F_1 = 20\text{ N}$ و $l_1 = 1\text{ m}$ و $d = 1/5\text{ m}$ باشد مقدار نیروی

متعادل کننده F_2 چه میزان باشد تا تیر حرکت نکند و در حالت تعادل بماند ($\alpha = 30^\circ$).

حل: با توجه به روابط ۴-۱ و ۴-۲ به صورت زیر می‌توان F_2 را به دست آورد:

$$F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2 \Rightarrow F_2 = F_1 \times \frac{l_1}{l_2} = F_1 \times \frac{l_1}{d \sin \alpha}$$

$$\Rightarrow F_2 = 20\text{ N} \times \frac{1\text{ m}}{1/5 \sin 30^\circ} = 26/6\text{ N}$$

اگر بخواهیم این مسئله را با توجه به شرط تعادل جسم یعنی $M = 0$. حل کنیم صورت دیگر

نگارش حل مسئله به این ترتیب خواهد بود:

$$M_O = 0 \Rightarrow -(M_1) + (M_2) = 0 \Rightarrow M_1 = M_2$$

$$\Rightarrow F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2 \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 \times l_1}{l_2} = \frac{20 \times 1}{d \sin \alpha} = 26.6 \text{ N}$$

باید توجه داشت که علامت گشتاور با جهت چرخش نیرو مشخص می‌شود و دوران در جهت عقربه‌های ساعت با علامت مثبت و خلاف جهت عقربه‌های ساعت با علامت منفی نشان داده می‌شود. به عبارت دیگر M_1 گشتاور حاصل از نیروی F_1 با علامت منفی و M_2 گشتاور حاصل از نیروی F_2 با علامت مثبت می‌باشد.

۴-۴- گشتاور گردشی یا کوپل دورانی

اگر محوری، چرخشی را بگرداند یا چرخشی محوری را بچرخاند، بر هر دوی آن‌ها گشتاور گردشی وارد می‌شود و مقدار آن برابر است با نیروی مماسی^۱ وارد بر محیط چرخ ضرب در فاصله عمودی نیرو از مرکز دوران.

گشتاور گردشی ممکن است به وسیله یک چرخ‌دنده، چرخ تسمه یا چرخ زنجیر به وجود آید. واحد گشتاور گردشی نیز نیوتن متر (N.m) است.

مثال: اگر گشتاور گردشی مطابق شکل ۴-۴ توسط چرخ‌دنده حاصل شده باشد مقدار آن روی محور چرخ‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود.

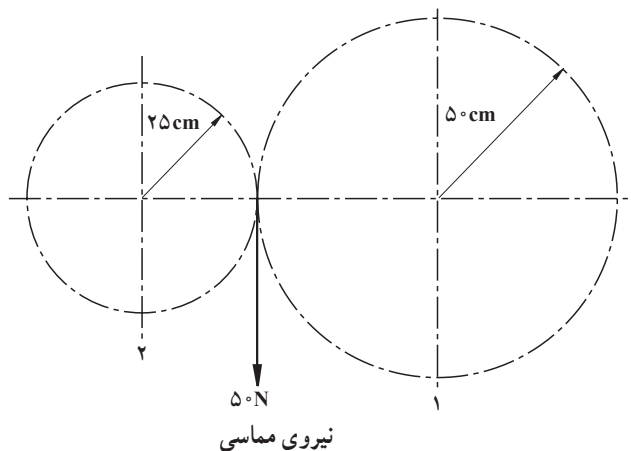
روی محور چرخ بزرگ‌تر (مخالف حرکت عقربه‌های ساعت)

$$M_1 = F \times r_1 = \frac{50 \times 50}{100} = 25 \text{ N.m}$$

روی محور چرخ کوچک‌تر (موافق حرکت عقربه‌های ساعت)

$$M_2 = F \times r_2 = \frac{50 \times 25}{100} = 12.5 \text{ N.m}$$

۱- منظور از نیروی مماسی، نیرویی است که بر محیط چرخ مماس بوده و امتداد آن تنها در یک نقطه دایره محیط را قطع می‌کند. در چنین حالتی نیرو در نقطه تماس بر شعاع چرخ عمود خواهد بود.



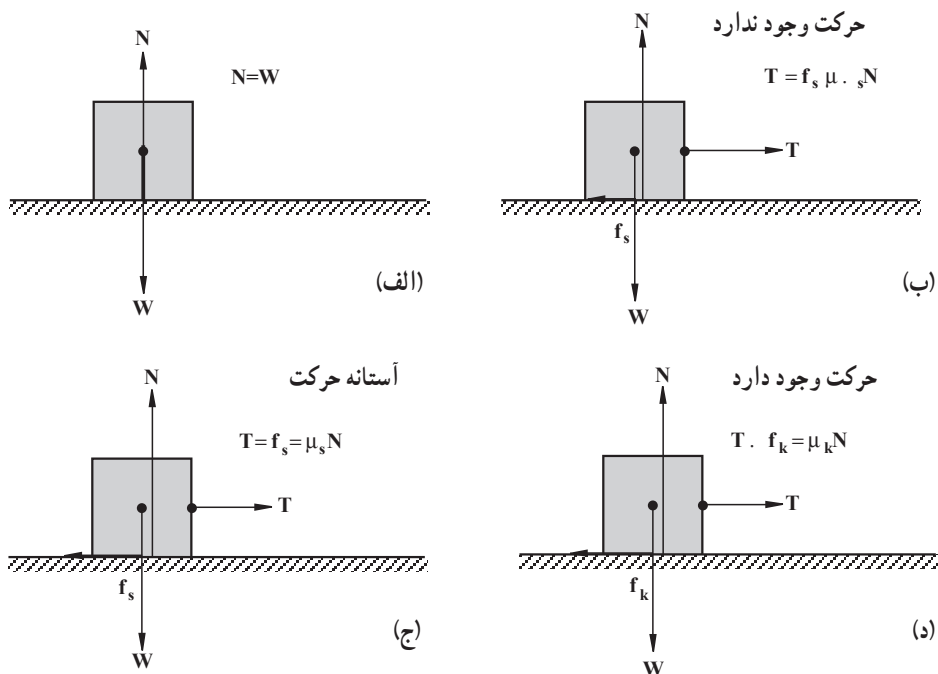
شکل ۴-۴- گشتاور گردش روی چرخ دنده

چنانچه نیروی مماسی بر محیط میله‌ای که یک سر آن به جایی گیر است وارد شود در این صورت گشتاور حاصل گشتاور پیچشی نامیده می‌شود.

۴-۵- نیروی اصطکاک

هرگاه جسمی روی سطح جسم دیگری بلغزد، هریک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می‌کند که اولاً این نیرو در امتداد سطح است (شکل ۴-۵)، ثانیاً مانع حرکت دو جسم روی یکدیگر می‌شود. این نیرو را «نیروی اصطکاک» می‌نامند.

اگر جسم سنگین را روی زمین با نیروی کمی در امتداد افقی بکشیم، این نیرو برای به حرکت درآوردن جسم کافی نیست و جسم در حال سکون باقی می‌ماند. در این حال حتماً نیرویی مساوی و مخالف نیروی خارجی وارد بر جسم، آن را خنثی کرده است. این نیرو همان «نیروی اصطکاک در حال سکون» است. هرگاه نیروی وارد بر جسم بیشتر از نیروی اصطکاک در حال سکون باشد، جسم به حرکت درمی‌آید و در این حالت نیروی اصطکاکی را که با نیروی خارجی وارد بر جسم مقابله می‌کند «نیروی اصطکاک در حال حرکت» یا «اصطکاک جنبشی» می‌نامند (شکل ۴-۵).



شکل ۵-۴- نمایش اصطکاک در حال سکون و در حال حرکت

نیروی اصطکاک به عوامل زیر بستگی دارد :

- ۱- اندازه نیروی عمود بر سطح تماس
- ۲- صافی یا زبری سطح تماس
- ۳- جنس دو قطعه در سطح تماس

۵-۴- انواع اصطکاک جنبشی: به طور کلی، اصطکاک جنبشی را می توان به دو

دسته اصطکاک لغزشی و غلتشی تقسیم کرد. اصطکاک لغزشی مانند اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ در تراجکتور یا حرکت جسم روی سطح افق یا سطح شیب دار می باشد. این اصطکاک بر دو نوع است : اصطکاک در حال سکون و اصطکاک در حال حرکت. اصطکاک غلتشی مانند اصطکاک چرخ با سطح تماس در وسایل نقلیه یا تراجکتور، اصطکاک در بلبرینگ ها و امثال آن می باشد.

در حال سکون : لغزشی
در حال حرکت :
انواع اصطکاک :
غلتشی :

الف - اصطکاک لغزشی: در شکل ۵-۴ فرض کنید نیروی T به تدریج از صفر افزایش یابد. این نیرو یک نیروی عکس‌العمل اصطکاکی f_s را ایجاد کرده که در ابتدا مساوی و مخالف جهت T بوده، بنابراین هیچ‌گونه حرکتی اتفاق نمی‌افتد. اگر نیروی T زیادتر شود، به هر حال به مقداری خواهد رسید که با حداکثر f_s^1 برابر خواهد بود. این مقدار نیرو را که بیشترین حد f_s است نیروی اصطکاک در حال سکون یا نیروی اصطکاک آستانه حرکت می‌نامند. با افزایش نیروی T جسم در جهت نیروی T شروع به حرکت خواهد کرد. همین که جسم شروع به حرکت کرد به‌طور واضح درخواستیم یافت که نیروی لازم T برای حرکت جسم به‌طور یکنواخت در امتداد صفحه کمی کاهش می‌یابد زیرا اصطکاک در حال حرکت (f_k) معمولاً کمتر از اصطکاک در حال سکون (f_s) می‌باشد.

روابط اصطکاک لغزشی :

$$f_s = \mu_s \cdot N \quad (۳-۴)$$

$$f_k = \mu_k \cdot N \quad (۴-۴)$$

در این روابط داریم :

$$f_s = \text{نیروی اصطکاک در حال سکون}$$

$$\mu_s = \text{ضریب اصطکاک در حال سکون}$$

$$f_k = \text{نیروی اصطکاک در حال حرکت}$$

$$\mu_k = \text{ضریب اصطکاک در حال حرکت}$$

$$N = \text{نیروی عکس‌العمل سطح بر جسم}$$

ضرایب اصطکاک μ_s و μ_k بستگی به اندازه‌های سطوح تماس ندارد بلکه به‌طور محسوسی تابع نوع، جنس و ماهیت مواد، درجه صیقلی بودن سطوح، دما، رطوبت و غیره است. جدول ۱-۴ مقادیر تقریبی ضرایب اصطکاک در حال سکون برای سطوح مختلف اجسام خشک را نشان می‌دهد.

۱- حداکثر f_s متناسب با ضریب اصطکاک (μ_s) و نیروی عمود بر سطح (N) خواهد بود.

جدول ۴-۱

نام جسم	ضریب اصطکاک
فلز روی فلز	$0.15 - 0.60$
فلز روی چوب	$0.20 - 0.60$
فلز روی سنگ	$0.30 - 0.70$
فلز روی چرم	$0.30 - 0.60$
چوب روی چوب	$0.25 - 0.50$
چوب روی چرم	$0.25 - 0.50$
سنگ روی سنگ	$0.40 - 0.70$
خاک روی خاک	$0.20 - 1.00$
لاستیک روی سیمان	$0.60 - 0.90$

مثال: نیروی لازم برای جابه‌جا کردن دستگاهی که نیروی وزن آن $W = 8000 \text{ N}$ (800 kgf) است را به دست آورید. ضریب اصطکاک در حال سکون 0.5 در نظر گرفته شود.

$$N = W = 8000 \text{ N}$$

$$f_s = \mu_s \cdot N = 0.5 \times 8000 = 4000 \text{ N}$$

مثال: قطعه‌ای مطابق شکل ۴-۶ روی سطح شیب‌دار قرار گرفته است. محاسبه کنید زاویه سطح شیب‌دار را برای لحظه‌ای که جسم بخواهد در اثر نیروی وزن خود به سمت پایین حرکت کند. حل: در این حالت اگر جسم به سمت پایین حرکت کند نیروی اصطکاک (f_s) به سمت بالا اثر کرده و در لحظه تعادل این نیرو باید برابر مؤلفه نیروی وزن در امتداد سطح شیب‌دار (F) باشد (N مؤلفه قائم نیروی W).

$$F = f_s$$

$$f_s = \mu_s \times N$$

$$N = W \times \cos \alpha \text{ و } F = W \times \sin \alpha$$
 تجزیه نیرو در سطح شیب‌دار

$$1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N}$$

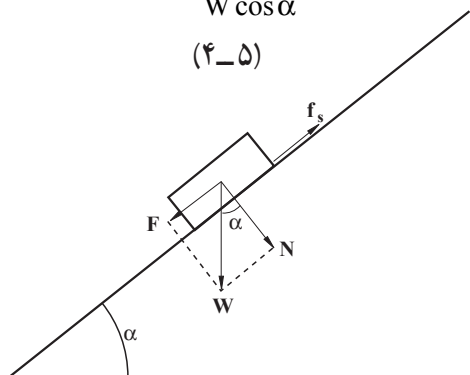
با جانشین کردن مقادیر محاسبه شده برای F و f_s خواهیم داشت :

$$F = \mu_s \times N$$

$$W \times \sin \alpha = \mu_s \times W \cos \alpha \Rightarrow \mu_s = \frac{W \sin \alpha}{W \cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha$$

(۴-۵)



شکل ۴-۶- حرکت جسم روی سطح شیبدار

از حل این مسئله نتیجه می‌گیریم که اگر ضریب اصطکاک دو قطعه روی هم، برابر با تانژانت زاویه سطح شیب‌دار باشد جسم در حال تعادل است، اما هنگامی که تانژانت زاویه سطح شیب‌دار کوچک‌تر از ضریب اصطکاک باشد، جسم در محل خود در حال سکون بوده و اگر تانژانت زاویه سطح شیب‌دار بزرگ‌تر از ضریب اصطکاک باشد جسم به سمت پایین به حرکت درمی‌آید. بنابراین می‌توان نوشت :

$$\mu = \tan \alpha \quad \text{حالت تعادل}$$

$$\mu > \tan \alpha \quad \text{حالت سکون}$$

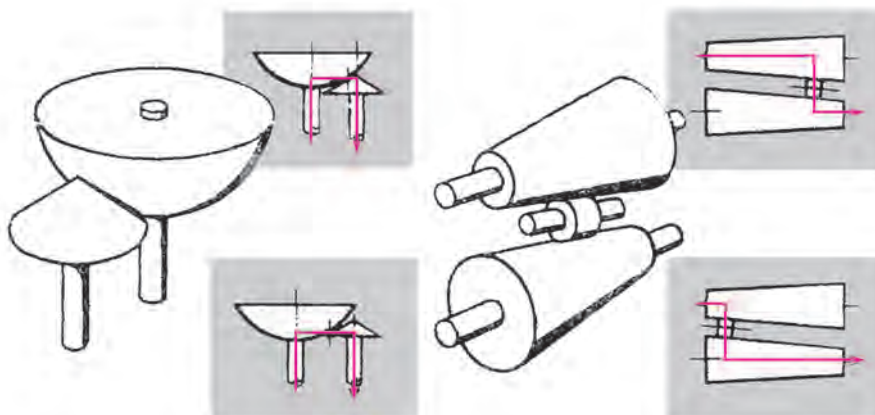
$$\mu < \tan \alpha \quad \text{وضعیت حرکت}$$

ب- **اصطکاک غلتشی:** از اصطکاک برای انتقال نیرو استفاده می‌شود. بعضی از کاربردهای

آن عبارتند از :

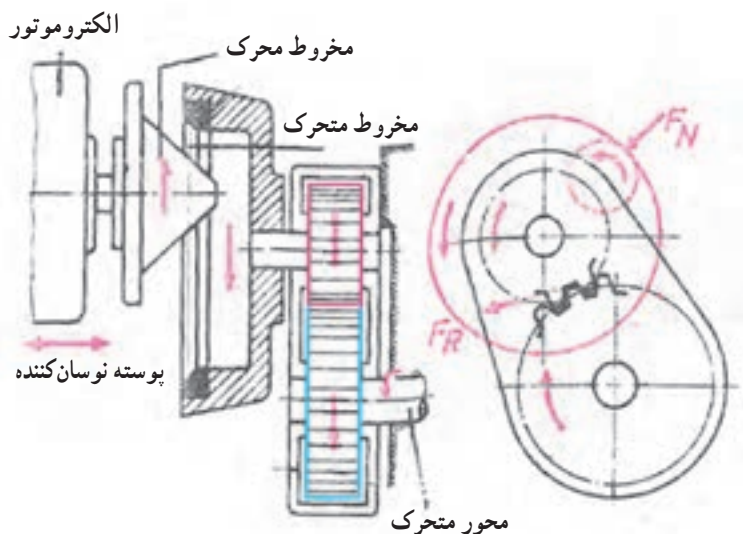
۱- **چرخ‌های اصطکاکی مخروطی:** این وسایل ممکن است که از دو مخروط خارجی و یک

استوانه منتقل‌کننده حرکت، یک مخروط و یک نیم‌کره و یا یک مخروط خارجی و یک مخروط داخلی (PK) تشکیل شده باشند.



الف - دو مخروط خارجی و استوانه‌ای منتقل‌کننده حرکت ب - یک مخروط و یک نیم کره

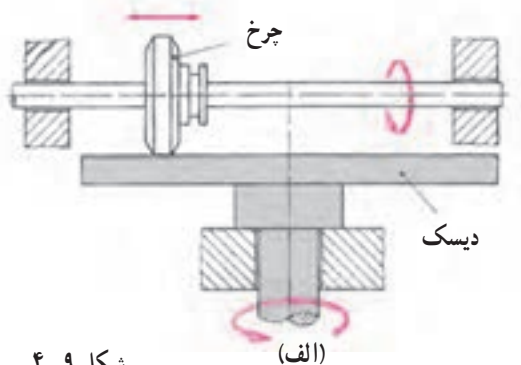
شکل ۴-۷



شکل ۴-۸

۲- چرخ‌های اصطکاکی بشقابی: ساده‌ترین فرم انتقال حرکت غیرپله‌ای به وسیله‌ی چرخ‌های اصطکاکی، استفاده از یک استوانه لغزانی است که با پیشانی یک دیسک در تماس می‌باشد. در این وسایل ممکن است که استوانه محرک بوده و یا متحرک واقع شود. اما به دلیل غیرموازی بودن حرکات، استهلاک آن‌ها زیاد و ضریب بهره این نوع دستگاه‌ها کم می‌باشد. در پاره‌ای از این گونه

دستگاه‌ها می‌توان با تغییر محل استوانه از یک سمت به سمت دیگر، علاوه بر تغییر سرعت دوران، جهت حرکت را نیز عوض کرد. وقتی یک چرخ یا یک استوانه روی سطحی بغلتد، چون در عمل جسم صلب کامل و مطلوب وجود ندارد، چرخ یا سطح یا هر دو تغییر شکل می‌دهند. مقدار این تغییر شکل‌ها به جنس چرخ و نوع سطح اتکا بستگی دارد.



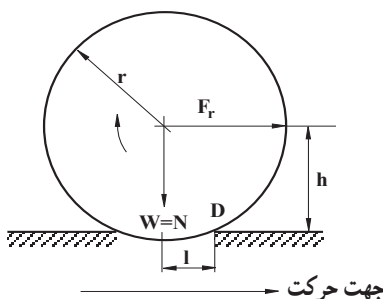
شکل ۴-۹

چنانچه در شکل ۴-۱۰ مشاهده می‌شود برای ایجاد حرکت غلتشی یک چرخ روی سطح، باید چرخ بتواند برجستگی حاصل از تغییر شکل را خنثی نماید. برای محاسبه نیروی محرک لازم برای این کار نسبت به نقطه D (مرکز دوران) گشتاور گرفته و شرط تعادل را برای آن می‌نویسیم:

$$M_D = 0$$

$$F_r \times h - N \times l = 0$$

$$F_r \times h = N \times l$$



شکل ۴-۱۰ اصطکاک غلتشی مؤثر روی یک چرخ

در این روابط داریم:

$$F_r = \text{نیروی اصطکاک غلتشی بر حسب نیوتن}$$

$$h = \text{طول مؤثر گشتاور محرک بر حسب سانتی متر}$$

$$N = \text{نیروی عمود بر سطح بر حسب نیوتن}$$

l = طول مؤثر گشتاور مقاوم بر حسب سانتی متر

چون در عمل اختلاف اندازه r و h بسیار ناچیز است می توان به جای h مقدار r را قرار داد :

$$F_r \times r = N \times l$$

حال اگر از این رابطه مقدار نیروی اصطکاک غلتشی مورد نظر باشد می توان آن را به صورت

زیر به دست آورد :

$$F_r = \frac{l}{r} \times N \quad (4-6)$$

مقدار طول مؤثر گشتاور مقاوم (l) به جنس چرخ و جنس سطح اتکا بستگی دارد.

نسبت $\frac{l}{r}$ در اصل همان ضریب اصطکاک غلتشی (μ_i) می باشد.

مثال: نیروی لازم برای به حرکت درآوردن یک تریلر مطابق شکل ۱۱-۴ را حساب کنید، اگر

نیروی وزن وارد بر محور بارکش $W = 10000 \text{ N}$ و قطر چرخ های آن $47/5$ سانتی متر و طول مؤثر گشتاور مقاوم آن $l = 4$ سانتی متر باشد.

$$N = \frac{W}{2} = 5000 \text{ N}$$

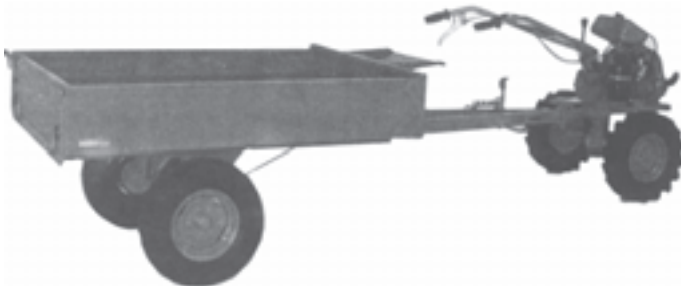
نیروی عمود بر سطح هر چرخ

$$F_r = \frac{l}{r} \times N = \frac{4}{47/5} \times 5000 = 421/05 \text{ N}$$

نیروی اصطکاک غلتشی هر چرخ

$$F_r \times 2 = 421/05 \times 2 = 841/1 \text{ N}$$

نیروی اصطکاک غلتشی دو چرخ



شکل ۱۱-۴- تریلر متصل به تراکتور دو چرخ (تیلر)

۴-۶- کار (یادآوری)

اگر جسمی تحت اثر نیرو جابه جا شود کار انجام شده است. اگر نیرو به جسم ساکن وارد شود

و در آن حرکت ایجاد نکند، کاری صورت نمی گیرد. بنابه تعریف، کار برابر است با حاصل ضرب نیرو

در فاصله جابه جایی نیرو.

$$W = F \times d \quad (4-6)$$

در این فرمول داریم :

$$W = \text{کار برحسب ژول (J)}$$

$$F = \text{نیرو برحسب نیوتن (N)}$$

$$d = \text{جابه‌جایی برحسب متر (m)}$$

واحد کار در سیستم بین‌المللی SI، نیوتن متر (N.m) است که ژول (J) نامیده می‌شود. وقتی نیروی یک نیوتنی جسم را در راستای خود یک متر جابه‌جا کند یک ژول کار انجام شده است. اگر راستای بردار نیرو با راستای بردار جابه‌جایی یکی نباشد (زاویه‌دار باشد) کار از رابطه ۴-۷ محاسبه می‌شود.

$$W = F \times d \cos. \quad (4-7)$$

. زاویه بین راستای بردار نیرو و راستای جابه‌جایی

۴-۷ - انرژی (یادآوری)

انرژی به عنوان عامل انجام دهنده کار تعریف می‌شود و واحد آن ژول می‌باشد. انرژی می‌تواند به صورت‌های مختلف وجود داشته باشد مانند : انرژی حرارتی، انرژی الکتریکی و انرژی مکانیکی. انواع انرژی مکانیکی: انرژی مکانیکی بر دو نوع است.

الف - انرژی پتانسیل یا نهانی ب- انرژی جنبشی

الف - انرژی پتانسیل: هر جسمی که در ارتفاعی قرار بگیرد دارای انرژی پتانسیل است پس انرژی پتانسیل به دو عامل، یکی ارتفاع جسم از زمین و دیگری وزن جسم مربوط است. اگر جسمی به جرم m کیلوگرم به طور عمودی تا ارتفاع h متر نسبت به سطح زمین بالا برده شود، نیروی لازم برای انجام چنین عملی برابر نیروی جاذبه زمین که بر جسم اثر می‌کند یعنی، وزن آن $W = mg$ نیوتن خواهد بود. کار انجام شده برای بالا بردن جسم با استفاده از رابطه‌ی ۴-۶ برابر خواهد بود با :

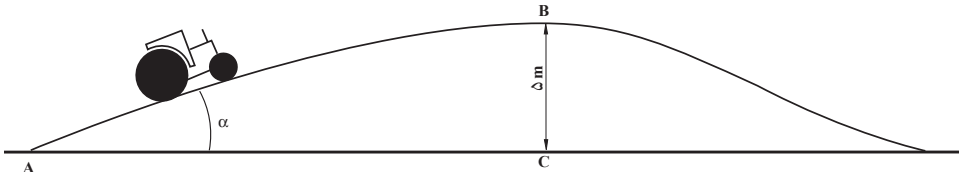
$$W_p = mgh \quad (J) \quad (4-8)$$

این مقدار کار انجام شده به هدر نرفته و در جسم به صورت انرژی پتانسیل ذخیره شده است. بدین ترتیب فرمول انرژی پتانسیل به صورت زیر درمی‌آید :

$$E_p = W \times h \quad (4-9)$$

که در آن E_p انرژی پتانسیل و W نیروی وزن جسم و h ارتفاع جسم از زمین است.

مثال: تراکتوری به جرم 2200 کیلوگرم مطابق شکل ۴-۱۲ روی تپه‌ای حرکت کرده و به نقطه B می‌رسد که ارتفاع آن نقطه از پای تپه (نقطه A) 5 متر است. انرژی پتانسیل تراکتور را به خاطر موقعیتش از پای تپه محاسبه کنید.



شکل ۴-۱۲

$$E_p = W \times h = mgh$$

$$= 2200 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m} = 107800 \text{ Nm} = 107800 \text{ J} = 107.8 \text{ kJ}$$

ب- انرژی جنبشی: هر جسمی که در حال حرکت باشد یعنی سرعت داشته باشد، دارای انرژی جنبشی است. انرژی جنبشی به دو عامل بستگی دارد: ۱- جرم جسم، ۲- مجذور سرعت جسم. در فرمول انرژی جنبشی، ضریب تناسب عدد $\frac{1}{2}$ می‌باشد. بنابراین فرمول انرژی جنبشی به صورت زیر درمی‌آید:

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4-10)$$

در این رابطه E_C انرژی جنبشی (J) و m جرم (kg) و v سرعت جسم ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$) می‌باشد.

انرژی جنبشی اجسامی که حرکت دورانی دارند را نیز می‌توان با رابطه ۴-۱۰ محاسبه کرد. مثال: اگر سرعت دورانی یک دروگر بشقابی 3000 دور بر دقیقه باشد و تیغه دروگر به جرم 100 گرم بوده و در فاصله 210 میلی‌متری از محور بشقاب قرار گرفته باشد (شکل ۴-۱۳) برای محاسبه انرژی جنبشی این تیغه که یک جسم چرخان است به ترتیب زیر عمل می‌شود:

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{تیغه}$$

در این رابطه جرم تیغه مشخص است اما سرعت محیطی تیغه باید تعیین شود. می‌دانیم که:

$$v = r \cdot \omega \quad (\text{m/s}) \quad \text{و} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (\text{rad/s})$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 3000}{60} = 314 \text{ rad/s}$$

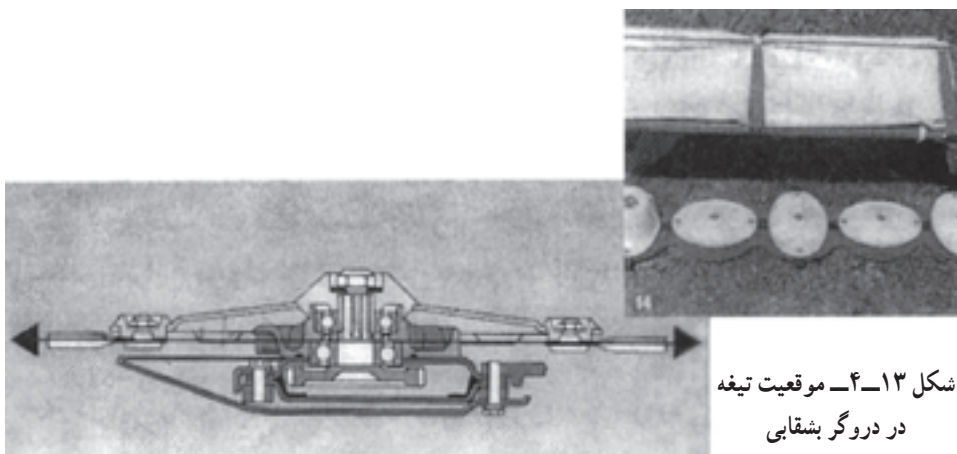
سرعت محیطی تیغه برابر خواهد بود با:

$$r = 210 \text{ mm} = 0.21 \text{ m}$$

$$v = 0.21 \times 314 = 65.94 \text{ m/s}$$

بدین ترتیب انرژی جنبشی تیغه برابر خواهد شد با :

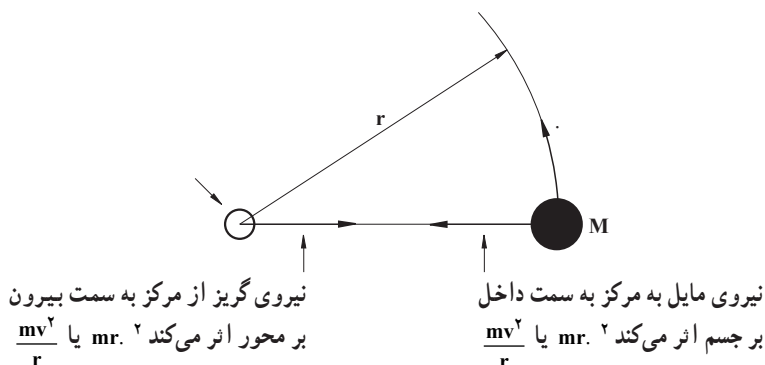
$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (65.94)^2 = 217.4 \text{ J}$$



شکل ۴-۱۳- موقعیت تیغه در دروگر بشقابی

۸-۴- نیروی گریز از مرکز

اگر جسمی را به انتهای ریسمان نازکی وصل کنیم سپس ریسمان و جسم متصل به آن را روی صفحه افقی، بچرخانیم، جسم یک نیروی کششی به طرف خارج از مرکز دوران، روی ریسمان اعمال خواهد کرد. این کشش شعاعی، نیروی گریز از مرکز نام داشته و عکس العمل آن، نیروی مایل به مرکز نامیده می شود.



شکل ۴-۱۴- نمایش نیروهای گریز از مرکز و مایل به مرکز در جسم متصل به ریسمان و در حال گردش حول محور آن

نیروی گریز از مرکز، از مقاومت جسم در مقابل تغییر در جهت حرکت ناشی شده و به وسیله نیروی مایل به مرکز نشان داده می شود بنابراین داریم :

$$F = \frac{mv^2}{r} = mr \cdot \omega^2 \quad (4-11)$$

در شکل ۴-۱۴ اگر جسمی به جرم m در شعاع r به محور متصل باشد و محور با سرعت $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$ بچرخد، آن گاه نیرویی به سمت خارج بر یاتاقانی که محور داخل آن می چرخد، اثر می کند.

مثال: دروگر بشقابی شکل ۴-۱۵ را در نظر بگیرید چنانچه تیغه ی 8° گرمی این بشقاب در فاصله 21° میلی متری از مرکز آن با سرعت 3000 دور بر دقیقه بگردد، نیروی گریز از مرکز وارد بر بین نگهدارنده تیغه را حساب کنید.

حل:

$$m = 8^\circ \text{gr} = 0.08 \text{kg} \quad \text{و} \quad r = 21^\circ \text{mm} = 0.021 \text{m}$$

$$n = 3000 \text{rpm} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \times 3.14 \times 3000}{60} = 314 \text{rad/s}$$

$$F = mr \cdot \omega^2 = 0.08 \times 0.021 \times 314^2 = 1656/14 \text{N}$$

بنابراین در حین کار مقدار $1656/14$ نیوتن نیرو به صورت برشی بر بین نگهدارنده تیغه در روی بشقاب وارد می شود.

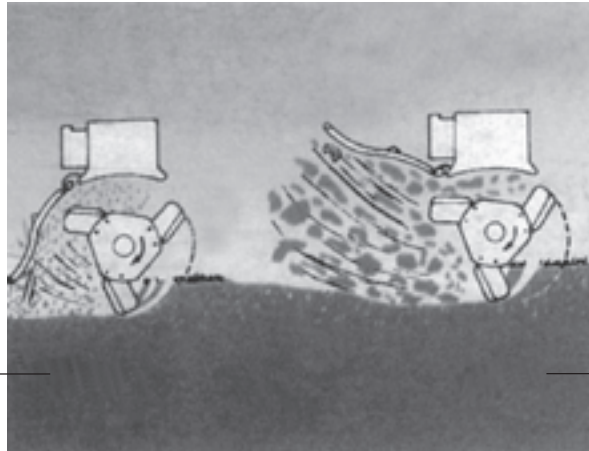
در مثال فوق بررسی کنید با تغییر سرعت حرکت دورانی و جرم جسم نیروی وارد بر بین به چه نسبتی تغییر می کند.



تمرین

- ۱- نیروی مقاوم و نیروی محرک را تعریف کنید.
- ۲- مفهوم اصطکاک لغزشی و اصطکاک غلتشی را با رسم شکل بیان کنید.
- ۳- عوامل مؤثر بر نیروی اصطکاک را نام ببرید.
- ۴- یک خاک همزن دوار در عمق 25 سانتی متری خاک را خرد می کند محور تیغه ها با سرعت $n = 200$ دور بر دقیقه می گردد و فاصله نوک تیغه تا مرکز محور دوران 30 سانتی متر می باشد. مطلوب است :

- الف - سرعت زاویه‌ای تیغه‌ها
 ب - سرعت محیطی در نوک تیغه‌ها



الف) دور محور تند

ب) دور محور کند

شکل ۱۵-۴

۵- در مسئله ۶ اگر جرم تیغه‌ها 1000 گرم فرض شود و در فاصله 20 سانتی متری از مرکز دوران اثر کند انرژی جنبشی هر تیغه را حساب کنید. مسئله را با $n = 300$ و $n = 100$ دور بر دقیقه حل کنید.

۶- در یک آسیاب چکشی که با سرعت $n = 500$ rpm می‌گردد اگر جرم تیغه‌ها 200 گرم باشد نیروی گریز از مرکز وارد بر محور نگهدارنده تیغه‌ها (چکش‌ها) را حساب کنید. فاصله مرکز ثقل تیغه تا محور دوران 20 cm است.

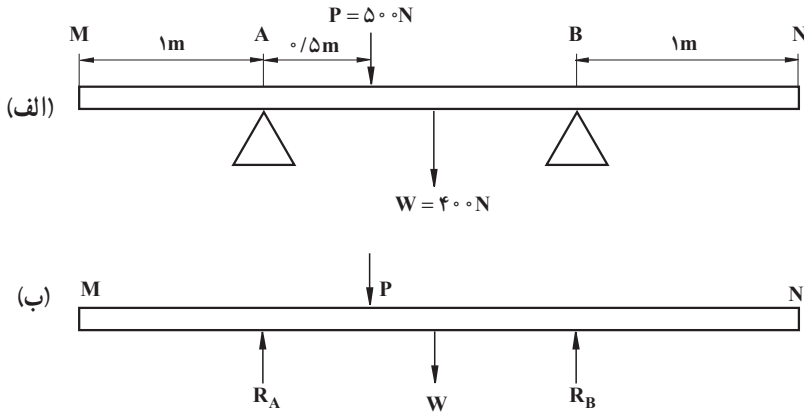
مقاومت مصالح

در ساختمان‌ها و قطعاتی که با محاسبات مهندسی ساخته شده است، اندازه‌های فیزیکی تمام اجزای تحت بار باید معین و تعریف شوند. این اجزا باید طوری محاسبه شوند که بتوانند در مقابل نیروهای واقعی یا احتمالی که ممکن است بر آن‌ها تأثیر نمایند، مقاومت کنند. به عنوان مثال سقف یک ساختمان باید به قدر کافی مستحکم باشد تا بتواند در مقابل نیروهای وارده مقاومت کند و محور یک ماشین باید ابعاد مناسب برای انتقال گشتاور پیچشی مؤثر را داشته باشد. همچنین قسمت‌های مختلف یک سازه مهندسی باید به قدر کافی محکم باشد تا تحت تأثیر بارهای وارده تغییر شکل بیش از حد مجاز از خود نشان ندهد، مثلاً ممکن است سقف یک ساختمان در برابر بارهای وارده مقاومت کافی داشته باشد ولی تحت تأثیر این بارها چنان انحنایی (خیز) ایجاد شود که باعث صدمه و آسیب به نازک‌کاری‌های زیر خود شده یا از لحاظ روانی موجب پریشانی استفاده‌کنندگان گردد. با توجه به مثال‌های فوق، مقاومت مصالح را می‌توان علم محاسبات عملی برای تعیین جنس و ابعاد قطعات ماشین یا ساختمان با توجه به بارهایی که باید تحمل نمایند دانست.

۱-۵- نیروهای وارد بر اجسام

مسئله اصلی در مقاومت مصالح بررسی مقاومت داخلی و تغییر شکل اجسام، تحت اثر بارهای خارجی است. این امر مستلزم مطالعه ماهیت نیروهایی است که در داخل جسم به وجود می‌آیند تا همراه نیروهای خارجی مؤثر بر جسم، تعادل آن را تضمین کنند. در انجام مطالعه فوق، اولین گام تهیه یک ترسیمه آزاد از قطعه یا جسم مورد نظر است که در آن کلیه نیروها در نقاط اثرشان روی ترسیمه نشان داده شده‌اند. چنین ترسیمه‌ای، ترسیمه جسم آزاد نامیده می‌شود. کلیه نیروهای مؤثر بر جسم به انضمام نیروهای واکنش تکیه‌گاهی و وزن جسم، نیروهای خارجی می‌باشند. تخته الواری به طول ۴ متر و وزن 400 N در نظر بگیرید که مانند شکل ۱-۵ الف روی تکیه‌گاه A و B قرار گرفته و بار 500 نیوتنی در نقطه نشان داده شده در شکل بر آن وارد می‌شود. ترسیمه آزاد الوار فوق در شکل ۱-۵ ب نشان

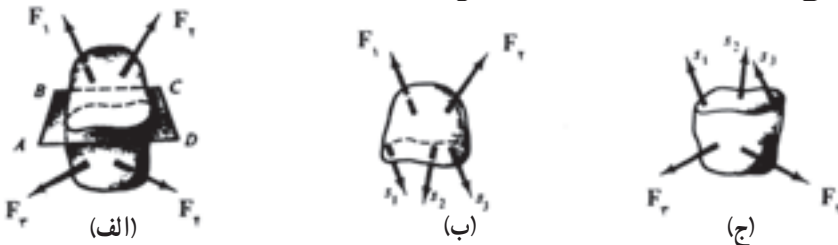
داده شده است.



شکل ۱-۵ - الف - الواروی تکیه‌گاه، ب - ترسیمه آزاد الوار

نیروی وزن معمولاً در اجسام نشان داده می‌شود. این نیرو به همراه نیروهای عکس‌العمل تکیه‌گاه‌ها (R_A و R_B) و نیروی P به عنوان نیروهای خارجی محسوب می‌شوند. جسم نشان داده شده در شکل ۲-۵ - الف را در نظر بگیرید که تحت اثر نیروهای F_1 و F_2 و F_3 می‌باشد.

اگر این جسم به صورت پایدار و در حالت سکون و تعادل باشد برای بررسی نیروهای داخلی ناشی از اعمال نیروهای خارجی بر جسم، صفحه‌ای فرضی دلخواه از جسم عبور داده می‌شود، به طوری که جسم کاملاً به دو قسمت مجزا تقسیم شود. نتیجه این عمل در شکل‌های ۲-۵ - ب و ۲-۵ - ج دیده می‌شود. این عمل روش مقطع نامیده می‌شود.



شکل ۲-۵ - روش مقطع زدن یک جسم

اگر جسمی کاملاً در حال تعادل باشد هر جزء آن نیز باید در حال تعادل باشد، پس برای تعادل هر قسمت باید نیروهایی در سطح قطع شده فرضی، وجود داشته باشد. از این رو می‌توان نتیجه

گرفت: نیروهای خارجی مؤثر در یک طرف هر مقطع دلخواه، با نیروهای به وجود آمده در سطح قطع شده (که نیروهای مقاوم داخلی خوانده می شوند) در حال تعادل هستند. به عبارت دیگر نیروهای مقاوم داخلی با نیروهای خارجی در حال تعادل هستند.

۲-۵- تنش چیست؟

هرگاه جسمی تحت اثر بار (نیروی) خارجی که بخواهد باعث تغییر شکل آن شود قرار گیرد، در این حالت نیروهای داخلی وارد عمل شده (برای جلوگیری از تغییر شکل) و در مقابله با بار خارجی قرار می گیرند. هنگامی که این نیروهای مقاوم وارد عمل می شوند، گفته می شود که جسم تحت تنش قرار گرفته است. هرچه نیروهای خارجی وارد بر جسم افزایش پیدا کند تنش وارد بر جسم نیز زیادتر می شود. تنش را می توان مقدار نیروی وارد بر واحد سطح جسم نامید. تنش از تقسیم بار یا نیروی خارجی اعمال شده بر سطح مقطعی که در مقابل بار یا نیرو مقاومت نشان می دهد به دست می آید، بنابراین اگر:

$$F = \text{شدت نیروی مقاوم داخلی (تنش)} (N/m^2)$$

$$F = \text{نیرو یا بار وارد شده } (N)$$

$$A = \text{سطح مقطع جسم } (m^2)$$

آن گاه داریم:

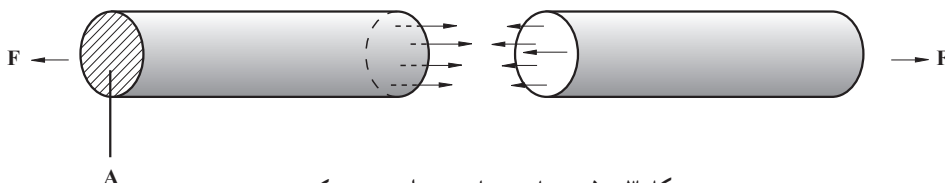
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1-5)$$

واحد تنش در سیستم متریک (SI)، نیوتن بر متر مربع (N/m^2) است. این واحد درست همان واحدی است که برای فشار مورد استفاده قرار می گیرد. بعضی اوقات مناسب تر است که تنش بر حسب کیلو نیوتن بر متر مربع (kN/m^2) بیان شود. به واحد نیوتن بر متر مربع، پاسکال (Pa) نیز گفته می شود ($1 N/m^2 = 1 Pa$).

به طور کلی، می توان تنش را به دو دسته، تنش قائم و تنش برشی تقسیم کرد. تنش قائم یا به صورت کششی است یا فشاری. علامت تنش کششی مثبت و علامت تنش فشاری منفی می باشد. در ادامه هریک از تنش های فوق توضیح داده شده اند.

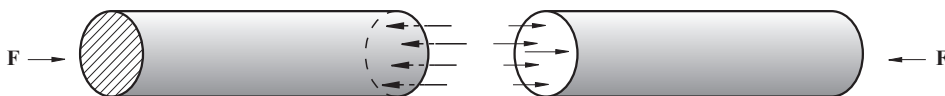
۲-۵- تنش کششی: تنش کششی موقعی به وجود می آید که به جسم بار یا نیروی کششی وارد شود. شکل ۳-۵ میله ای را نشان می دهد که تحت اثر نیروی کششی قرار گرفته و در آن تنش کششی حاصل شده است. معمولاً بار یا نیروی کششی وارد شده بر جسم تمایل دارد که طول

جسم را در امتداد نیرو زیاد کند. اگر تنش کششی وارد بر جسم بیش از حد تحمل جسم باشد، جسم در نقطه‌ای از طول خود گسیخته (پاره) می‌شود.



شکل ۳-۵ - نمایش میله تحت اثر نیروی کششی

۲-۲-۵ - تنش فشاری: تنش فشاری موقعی به وجود می‌آید که بر جسم بار یا نیروی فشاری وارد شود. معمولاً بار یا نیروی فشاری وارد شده به جسم تمایل دارد که طول جسم را در امتداد بار یا نیرو کم کند. شکل ۴-۵ میله‌ای را نشان می‌دهد که تحت اثر نیروی فشاری قرار گرفته و در آن تنش فشاری حاصل شده است که تمایل به کاهش طول میله در امتداد نیرو را دارد.



شکل ۴-۵ - نمایش میله تحت اثر نیروی فشاری

اگر تنش فشاری وارد بر جسم از حد تحمل آن بیشتر باشد تنش وارده باعث خم شدن جسم در امتداد نیرو و یا خرد شدن جسم می‌شود.

همان‌گونه که اشاره شد تنش‌های کششی و فشاری جزء تنش‌های عمودی یا قائم محسوب می‌شوند زیرا سطح مقطعی که برای محاسبه تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد، سطح مقطعی است که عمود بر امتداد خط اثر نیرو یا بار تحمیل شده می‌باشد.

مثال: چنانچه قطر میله نشان داده شده در شکل ۳-۵ برابر با ۱۶mm و نیروی کششی اعمال شده بر آن ۴/۴kN باشد تنش کششی وارد شده به میله را حساب کنید. هم‌چنین اگر نیروی اعمال شده مطابق شکل ۴-۵ به صورت فشاری اعمال شود تنش وارده را محاسبه کنید.

حل:

از رابطه ۱-۵ داریم:

$$F = 4 / 4 \text{ kN} = 4400 \text{ N}$$

$$D = 16 \text{ mm} = 0.016 \text{ m}$$

$$= \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow A \approx 0.0002 \text{ m}^2$$

اندازه تنش کششی برابر خواهد بود با :

$$= + \frac{4400}{0.0002} = +22000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = +22000 \text{ kPa}$$

و به همین ترتیب اندازه تنش فشاری برابر است با :

$$= - 22000 \text{ kPa}$$

۳-۵- تغییر طول نسبی در کشش و فشار (کرنش)

وقتی جسمی در معرض تنش قرار می گیرد، در آن تغییر شکل به وجود می آید، به عبارت دیگر در شکل و اندازه جسم تحت اثر تنش، تغییر حاصل می شود. این تغییر شکل که در اثر تنش به وجود می آید کرنش یا تغییر طول نسبی نام دارد. تنش کششی در یک جسم باعث تغییر طول کششی شده و طول آن را زیاد می کند (شکل ۵-۵ الف). به همین ترتیب تنش فشاری در یک جسم باعث تغییر طول فشاری شده و طول آن را کم می کند (شکل ۵-۵ ب). منظور از تغییر طول نسبی ایجاد شده در یک جسم، نسبت تغییر طول به وجود آمده بر طول اولیه آن می باشد که کرنش نامیده می شود و با ϵ نشان داده می شود :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (5-2)$$

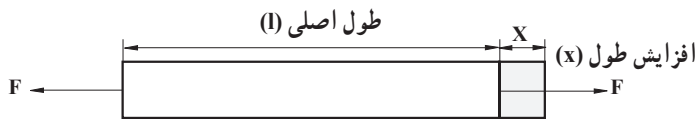
که در آن :

ϵ = تغییر طول نسبی کششی یا فشاری

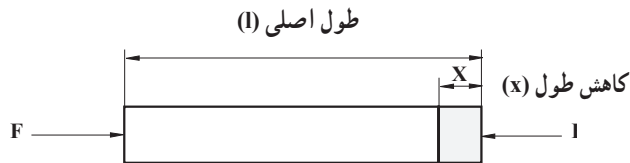
ΔL = افزایش یا کاهش طول (m)

همان گونه که دیده می شود چون ϵ از تقسیم دو کمیت همانند به دست آمده است بنابراین فاقد واحد است.

L = طول اولیه (m)



(الف) تغییر طول کششی



(ب) تغییر طول فشاری

شکل ۵-۵ - تغییر طول نسبی در کشش و فشار

۴-۵- رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی

در مقاومت مصالح مفهوم قابلیت ارتجاعی اهمیت خاصی دارد. یک قطعه کش را در نظر بگیرید که از دو طرف قدری آن را می کشیم. در این حالت طول قطعه کش زیاد می شود. چنانچه یک طرف آن را رها سازیم کش به حالت اولیه خود برمی گردد. این خاصیت در اجسام مختلف به مقدار متفاوتی وجود دارد که به آن قابلیت ارتجاعی (یا خاصیت الاستیسیته) می گویند. قابلیت ارتجاعی (الاستیک) عبارت است از خاصیتی در جسم که وقتی نیروهای وارده به آن برداشته شدند، جسم به وضع و اندازه اولیه خود برمی گردد. هرگاه جسم پس از این که تمام نیروهای وارده به آن برداشته شدند، به وضع اولیه خود برگشت نکند، می گویند که در جسم تغییر طول دائمی (پلاستیک) ایجاد شده است. این وضع در یک جسم ارتجاعی نیز ممکن است پدید آید به شرط آن که نیروی وارده به جسم از حد ارتجاعی آن زیادتر شود.



مطالعه آزاد

رابطه بسیار مهمی که تنش و تغییر طول نسبی یک جسم را تا زمانی که در حد ارتجاعی خود قرار دارند به هم مرتبط می کند به نام قانون هوک معروف بوده و به صورت زیر بیان می شود :

«هرگاه جسم در حالت ارتجاعی باشد تغییر طول نسبی ایجاد شده (کرنش) در جسم متناسب با تنش وارد شده به آن است.» از قانون هوک می توان دریافت که :

مقدار ثابت \times تغییر طول نسبی = تنش

یعنی هر اندازه تنش وارد شده بر جسم زیادتر شود، تغییر طول نسبی بیشتری در جسم رخ می‌دهد. در نتیجه:

$$\frac{\text{تنش}}{\text{تغییر طول نسبی}} = \text{ثابت}$$

این مقدار ثابت به نام ضریب الاستیسیته طولی یا مدول یانگ معروف بوده و با حرف E نشان داده می‌شود و بستگی به جنس فلزی دارد که تحت کشش یا فشار قرار می‌گیرد. رابطه ریاضی زیر گویای قانون هوک می‌باشد.

$$E \times \Delta L = \Delta F \quad (۳-۵)$$

که در آن:

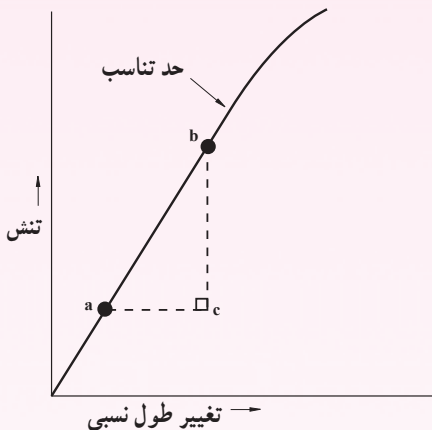
E = ضریب الاستیسیته (ضریب ارتجاعی) بر حسب نیوتن بر متر مربع (N/m^2)

ΔF = تنش بر حسب نیوتن بر متر مربع (N/m^2)

ΔL = تغییر طول نسبی (بدون واحد)

باید توجه داشت که چون تغییر طول نسبی (.) فاقد واحد است، بنابراین واحد ضریب الاستیسیته همان واحد تنش می‌باشد.

اگر مقادیر تنش و تغییر طول نسبی مربوط به آن را در چندین نقطه در حد تناسب پیدا نموده و آن‌ها را روی محور مختصات منتقل کنیم از اتصال این نقاط به هم در حد تناسب، خطی مستقیم به دست می‌آید که از مرکز مختصات می‌گذرد (شکل ۶-۵).



شکل ۶-۵ - رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی

شیب نمودار در این ناحیه مدول یانگ E را نشان می‌دهد. مقادیر تقریبی E برای برخی فلزات در جدول ۱-۵ داده شده است.

جدول ۱-۵- مقادیر تقریبی جدول یانگ برای چند فلز مختلف

نام فلز	مدول یانگ $E(\text{GN/m}^2)$
فولاد نرم	۲۰۰
چدن	۱۱۰
مس	۱۰۰
برنز فسفردار	۹۵
برنج	۸۵
آلومینیوم	۷۰

۵-۵- استحکام کششی

استحکام کششی (σ_u !) یک فلز عبارت است از بیشترین تنش که فلز قبل از پاره شدن (گسیختگی) می‌تواند تحمل کند و مقدار آن از تقسیم بیشترین بار وارد شده در حین آزمایش کشش بر سطح مقطع اصلی قطعه یا نمونه تحت آزمایش به دست می‌آید. از این رو می‌توان نوشت:

$$(\sigma_u) = \frac{F_u \text{ (بیشترین بار وارده)}}{A \text{ (سطح مقطع اصلی یا اولیه)}} \quad (5-4)$$

امروزه در بسیاری مواقع از استحکام کششی استفاده می‌شود، استحکام کششی یک فلز در طراحی قطعات مختلف اهمیت اساسی و حیاتی دارد.

۵-۶- تنش مجاز و ضریب اطمینان

قطعات ماشین‌ها و وسایل مختلف نباید تحت تنشی بیش از تنش مجاز (σ_{al} !) در کار قرار گیرند و این مقدار باید کمتر از تنش حد ارتجاعی باشد. برای به دست آوردن تنش مجاز در کار باید استحکام کشش را به عدد مناسبی که به آن ضریب اطمینان می‌گویند، تقسیم نمایند یعنی:

$$(\sigma_{al}) = \frac{(\sigma_u) \text{ (استحکام کششی)}}{S.F. \text{ (ضریب اطمینان)}} \quad (5-5)$$

اگر نیروهای وارد بر ساختمان یا ماشین ثابت (استاتیک) باشند، ضریب $n = 2$ اندازه قابل قبولی در تعیین تنش مجاز می‌باشد ولی در حالتی که نیروها به‌طور ناگهانی وارد می‌شود یا اندازه آن تغییر می‌کند، مانند وضعیت اغلب ماشین‌های کشاورزی، باید برای n ، عدد به مراتب بزرگ‌تری را مدنظر گرفت.

اندازه ضریب اطمینان به دقتی که در تعیین نیروهای خارجی وارد بر ماشین به کار می‌رود و دقت محاسبه تنش‌ها در قسمت‌های مختلف ماشین و یکنواختی مواد و مصالح مصرف شده بستگی دارد. همچنین باید توجه داشت در یک ماشین، قطعاتی که خراب شدن آن‌ها موجب خراب شدن قسمت‌های دیگری از دستگاه می‌شود، باید با ضریب اطمینان بیش‌تری محاسبه شوند.

مثال: میله فولادی با استحکام کششی 420 MN/m^2 و سطح مقطع 300 mm^2 موجود است. اگر حداکثر بار کششی مجاز 30 kN باشد ضریب اطمینانی را که میله فولادی با آن کار می‌کند، حساب کنید.

$$\sigma_u = 420 \text{ MPa} = 420 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$A = 300 \text{ mm}^2 = 300 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_{al} = 30 \text{ kN} = 30 \times 10^3 \text{ N}$$

$$S.F.(n) = ?$$

$$\sigma_{al} = \frac{F_{al}}{A}$$

$$\sigma_{al} = \frac{30 \times 10^3}{300 \times 10^{-6}} = 100 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$S.F. = \frac{\sigma_u}{\sigma_{al}} = \frac{420 \times 10^6}{100 \times 10^6} = 4/2 \quad \text{بدون بعد}$$

در جدول ۲-۵ مقادیر تنش مجاز در حالات مختلف بارگذاری برای چندفلز مختلف نشان

داده شده است :

$$\text{N/mm}^2 = \text{MN/m}^2 = \text{MPa} *$$

جدول ۲-۵ - مقادیر تنش مجاز در حالت استحکام کششی برای فلزات مختلف بر حسب $(MPa)/N/mm^2$

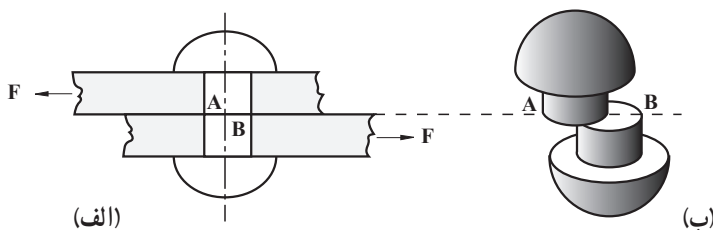
فلز حالت کار	فولاد آلیاژی نرم	فولاد آلیاژی سخت	فولاد نرم	فولاد سخت	چدن
بار آرام	۴۵-۷۰	۶۵-۹۵	۲۰-۳۰	۴۰-۵۰	۲۵-۵۰
بار متغیر	۶۵-۹۵	۹۰-۱۳۴	۴۰-۶۰	۸۰-۱۰۰	۵۰-۶۷
بار متناوب	۱۰۰-۱۵۰	۱۴۰-۲۱۰	۶۰-۹۰	۱۲۰-۱۵۰	۶۵-۸۵

در وضعیت بار آرام ۶ n. ۲۰ و در وضعیت بار متغیر ۱۲ n. ۶۰ و در حالت بار متناوب و بیشتر ۲۰ n. ۱۲۰

۷-۵ - تنش برشی

تنش دیگری که ممکن است جسم تحت اثر آن قرار گیرد، تنش برشی نام دارد. تنش برشی به صورت مماس (موازی با سطح مقطع جسم) اثر می‌کند. قطعه‌ای که به آن تنش برشی اثر می‌کند تمایل دارد در مقطعی که دو قسمت بر روی هم می‌لغزند، پاره شود.

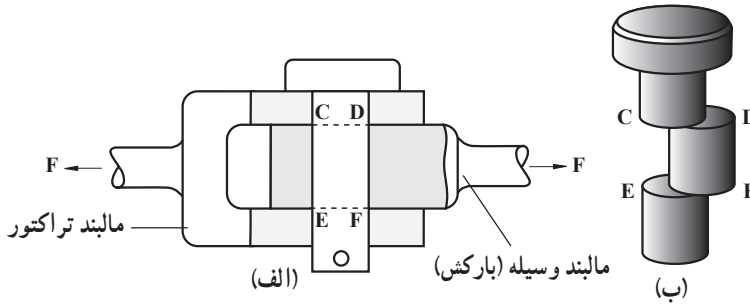
پرچ را مطابق شکل ۷-۵ - الف در نظر بگیرید که دو صفحه را به هم وصل نموده و دو نیروی مساوی و مخالف F مطابق شکل به صفحات وارد شده است. این دو نیرو می‌خواهند پرچ را در مقطع AB که در شکل به صورت نقطه چین نشان داده شد، پاره کنند. به عبارت دیگر نیمه بالایی پرچ تمایل دارد که نسبت به نیمه پایینی آن مطابق شکل ۷-۵ - ب به سمت چپ بلغزد. از آنجایی که تنها ممکن است برش پرچ در امتداد یکی از مقاطع آن صورت گیرد، بنابراین به آن برش منفرد یا ساده می‌گویند.



شکل ۷-۵ - نمای یک پرچ واحد که دو صفحه تحت فشار F را به هم وصل نموده است.

حال اگر پین مالبند ثابت تراکتوری را مطابق شکل ۸-۵ - الف در نظر بگیرید که پی‌نورد (بارکش) را به تراکتور وصل نموده و تحت اثر دو نیروی مساوی و مختلف‌الجهت F قرار گرفته باشد،

ممکن است تحت اثر این دو نیرو بین در دو مقطع CD و EF که در شکل به صورت نقطه چین نشان داده شده، پاره شود. در این حالت میله سمت راست قسمت مرکزی بین را همراه با خود مطابق شکل ۸-۵ به طرف راست حرکت می دهد. در چنین وضعیتی سطح مقطع مقاوم نیروی برشی مساوی دو برابر سطح مقطع بین می باشد (برش مرکب).



شکل ۸-۵ نحوه اثر نیرو بر بین مالبند

تنش برشی از تقسیم نیروی برشی بر سطح مقطعی که در مقابل برش مقاومت نشان می دهد، به دست می آید.

$$= \frac{f}{A} \quad (۵-۶)$$

. = تنش برشی (N/m^2)

f = نیرو یا بار برشی (N)

A = سطح مقطع مقاوم برشی (m^2)

مثال: اگر نیروی برشی وارد شده بر بین شکل ۸-۵ برابر $453/6^\circ$ نیوتن باشد و تنش برشی مجاز به وسیله بین $420 kN/m^2$ باشد قطر بین را حساب کنید.

حل: همان طور که قبلاً هم اشاره شد بین مالبند فوق ممکن است در دو مقطع پاره شود لذا در رابطه ۶-۵ مقدار A شامل هر دو سطح مقطع CD و EF خواهد بود.

$$A = A_{CD} + A_{EF} = \frac{\pi d^2}{4} + \frac{\pi d^2}{4} = \frac{2\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^2}{2}$$

d = قطر بین

$$= \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\cdot} \Rightarrow \frac{\pi d^2}{2} = \frac{453/6^\circ}{420000}$$

قطر بین

$$\Rightarrow d = 0.0262 \text{ m یا } d = 2.62 \text{ cm}$$

۸-۵- استحکام برشی

استحکام برشی یک فلز یا جسم عبارت است از بیشترین تنش برشی که جسم قبل از برش می‌تواند تحمل کند. استحکام برشی یک جسم را به‌صورت زیر تعریف می‌کنند:

$$\sigma_u (\text{استحکام برشی}) = \frac{F_u (\text{بیشترین بار})}{A (\text{سطح مقطع کلی که در مقابل برش مقاوم است})} \quad (5-7)$$

تنش برشی مجاز در کار به‌صورتی که برای تنش‌های کششی و فشاری گفته شد، حساب می‌شود. بنابراین داریم:

$$\sigma_{al} (\text{تنش برشی مجاز در کار}) = \frac{\sigma_u (\text{استحکام برشی})}{S.F. (\text{ضریب اطمینان})} \quad (5-8)$$

جدول زیر مقادیر تقریبی استحکام برشی را برای بعضی از فلزات رایج نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵- استحکام برشی چند فلز مختلف

فلز	استحکام برشی MN/m^2
فولاد نرم	۳۲۰ تا ۳۹۰
آهن چکش خوار	۳۰۰
چدن	۹۰ تا ۲۰۰
برنج	۱۵۰

مثال: حساب کنید میانگین تنش برشی در یک انگشتی پیستون (گزن پین) توپر به قطر ۲۵mm در صورتی که بار وارد شده بر آن ۴۰kN باشد.

حل: سطح مقطع عرضی انگشتی $A = 2x$ ، سطح مقطع کل که در مقابل برش مقاومت نشان می‌دهد.

$$A = \frac{2 \times \pi \times 25^2}{4} = 982 \text{ mm}^2$$

$$F = 40 \text{ kN} = 40000 \text{ N}, \text{ نیروی برشی یا بار برشی}$$

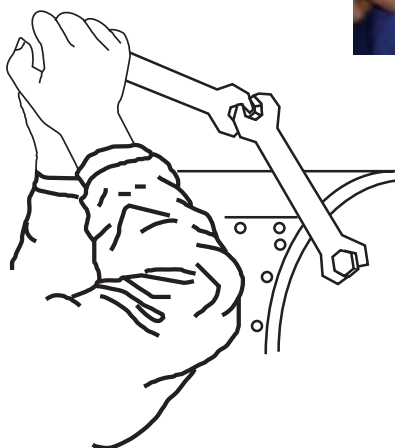
$$\text{تنش برشی در انگشتی بیستون} = \frac{F}{A} = \frac{40000 \text{ N}}{982 \text{ mm}^2} \quad \&$$

$$= 40744 \text{ N/mm}^2 = 40.74 \text{ MN/m}^2$$

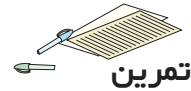
از مطالب گفته شده در مباحث تنش برشی و ضریب اطمینان و هم چنین در مبحث استحکام برشی می توان این گونه نتیجه گرفت که در هنگام استفاده از آچارهای مختلف به این نکته توجه شود که طول دسته آچارها متناسب با نیروی دست انسان ساخته شده اند و استحکام برشی و نیز ضریب اطمینان تنش مجاز نیز براساس طول در نظر گرفته شده و نیروی دست انسان می باشد. هنگامی که طول دسته ی آچار با لوله یا وسیله دیگری افزایش می یابد و یا با وارد کردن ضربه باعث افزایش نیروی وارد به آچار می شود افزایش نیروی حاصله در ضریب اطمینان ساخت آچار محاسبه نشده است بنابراین سبب شکستگی آچار می گردد.



شکل ۹-۵



شکل ۱۰-۵



تمرین

- ۱- تنش را تعریف کنید.
- ۲- اختلاف تنش کششی با تنش فشاری در چیست؟
- ۳- کرنش یا تغییر طول نسبی را تعریف کنید.
- ۴- ضریب اطمینان چیست و اندازه آن به چه چیزهایی بستگی دارد؟
- * ۵- افزایش طول کل یک میله فولادی به طول ۲۱ سانتی متر را تعیین کنید. تنش کششی مساوی 150×10^6 نیوتن بر مترمربع می باشد.
- * ۶- در لحظه معینی از مرحله قدرت در یک موتور تک سیلندر به قطر سیلندر $76/5 \text{ mm}$ ، فشار بالای پیستون 2 MN/m^2 است تنش حاصل در هریک از ۴ عدد پیچ سرسیلندر را حساب کنید. کمترین قطر هریک از پیچ ها 9 mm است.
- ۷- اگر نیروی فشاری وارد بر ساق وسط اتصال سه نقطه تراکتوری در یک لحظه 30 kN باشد در صورتی که ضریب اطمینان ۴ و استحکام برشی فلز بین رابط ساق وسط تراکتور 360 MN/m^2 باشد، قطر مناسب بین را حساب کنید.

توان در موتور و تراکتور

توان

توان یا قدرت، سرعت انجام کار را نشان داده و عبارت از کار انجام شده در واحد زمان است. اگر W مقدار کار انجام شده در زمان t باشد، در نتیجه توان مصرف شده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{\text{کار انجام شده}}{\text{زمان انجام کار}} \quad (6-1)$$

رابطه زیر شکل دیگر محاسبه توان می باشد.

$$P = F \times v \quad (6-2)$$

P = توان متوسط دستگاه بر حسب وات

W = کار انجام شده بر حسب ژول

F = نیروی وارد بر جسم بر حسب نیوتن

t = زمان انجام کار بر حسب ثانیه

v = سرعت بر حسب متر بر ثانیه

واحد توان در سیستم بین المللی وات (W) می باشد. یک وات عبارت است از توانی که برای جابه جایی جسمی به وزن یک نیوتن به فاصله یک متر در مدت زمان یک ثانیه مورد نیاز است. یک نیوتون (N) نیرویی است که اگر به یک جسم با جرم یک کیلوگرم اعمال شود آن جسم شتابی معادل ۱ متر بر مجذور ثانیه حرکت می کند.

$$1 \text{ نیوتون } (N) = 1 \times 1 \left(\frac{m}{s^2} \right) (kg)$$

$$1 \text{ وات } (W) = \frac{1 \times (m) \times (N)}{(s)}$$

برای سنجش توان از واحدهای دیگری مثل اسب بخار (hp) یا کیلووات (kW) نیز استفاده

می شود. برای تبدیل کیلووات به اسب بخار و برعکس، از ضرایب تبدیل زیر استفاده می شود:

$$1\text{ kW} = 1/36\text{ hp}$$

$$1\text{ hp} = 0/736\text{ kW} = 736\text{ W}$$

مثال: سیستم هیدرولیک تراکتوری جسمی را به وزن 2400 kg که به اتصال سه نقطه آن وصل بود در مدت ۳ ثانیه به ارتفاع 60 cm بالا می‌برد. توان مصرفی را برحسب کیلووات حساب کنید.
حل:

$$F = 2400\text{ kgf} = 2400 \times 9/8 = 23520\text{ N}$$

$$W = F \times d = 23520 \times 0/6\text{ m} = 14112\text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{14112}{3} = 4704\text{ W} = 4/704\text{ kW}$$

توان مکانیکی به دو نوع بروز می‌کند. توان خطی زمانی است که اعمال نیرو سبب تولید سرعت خطی می‌گردد و توان دورانی در اجسام در حال چرخش بروز می‌کند. به هر حال هر دو شکل این توان از رابطه زیر پیروی می‌کنند.

$$\text{توان} = \frac{\text{فاصله} \times \text{نیرو}}{\text{زمان}}$$

مثال: نیروی 100 N با سرعت 4 m/s اعمال می‌گردد. توان مورد نیاز را محاسبه نمایید.

$$100(\text{N}) \times 4) \frac{\text{m}}{\text{s}} = 400\text{ W}$$

برای محاسبه توان دورانی نیز از رابطه (۶-۱) استفاده می‌گردد.

نیروی وارد بر انتهای آزاد بازوی دوران، در یک دور چرخش به اندازه محیط دایره دوران را طی می‌کند این محیط برابر است با $2\pi r$ که r شعاع بازوی دوران است حال وقتی گفته می‌شود متحرکی فرضاً 100 دور در دقیقه می‌گردد یعنی در یک دقیقه 100 بار به اندازه محیط دایره دوران طی می‌شود. با ضرب کردن سرعت دورانی در نیروی وارده فرمول اصلی توان دورانی به دست می‌آید.

$$\text{سرعت دورانی} \times \text{محیط دوران} \times \text{نیرو} = \text{توان دورانی}$$

$$P = F \cdot \pi \cdot d \cdot n \quad (6-3)$$

که در آن :

$$P = \text{توان بر حسب وات}$$

$$F = \text{نیرو بر حسب نیوتن}$$

$d = \text{قطر دایره دوران بر حسب متر}$

$n = \text{سرعت دورانی (دور در ثانیه)}$

مثال: اگر تسمه‌ای، نیروی مماس F برابر $N 100$ روی چرخ تسمه‌ای به شعاع R به مقدار $254/0$ با سرعت 150 دور در دقیقه وارد نماید، توان دورانی چرخ تسمه را در سیستم SI به دست آورید.
حل: تبدیل دور بر دقیقه به دور بر ثانیه

$$\frac{150}{60} = \frac{2.5}{s} \quad \text{سرعت دورانی} \times \text{محیط دوران} \times \text{نیرو} = \text{توان دورانی}$$
$$= 100 \times 2\pi \times 0.254 \times 2.5 \approx 400 \text{ W}$$

توان خطی مثال فوق با توجه به این که نیروی وارد شده توسط تسمه بیانگر یک نیروی کششی در تسمه است که به صورت خطی بین دو چرخ تسمه حرکت می‌کند و توان را منتقل می‌کند. بنابراین سرعت خطی تسمه یعنی مسافت طی شده در واحد زمان برابر $\frac{2\pi \times d \times 2.5}{s}$ یا 4 m/s است. با کاربرد دستور توان خطی

$$\text{توان} = \frac{\text{فاصله} \times \text{نیرو}}{\text{زمان}} = \frac{100 \times 4}{1} = 400 \text{ W}$$

۶-۱- توان موتور

نیروی دورانی میل‌لنگ که از انرژی گاز محترق شده بر روی پیستون و انتقال آن به دسته پیستون و میل‌لنگ حاصل می‌شود، تابع مقدار گازی است که به داخل سیلندر هدایت می‌شود و لذا دور میل‌لنگ متناسب با آن تغییر می‌کند. بنابراین در دورهای مختلف میل‌لنگ، توان موتور نیز تغییر خواهد کرد و به همین دلیل در یک دور ثابت از موتور می‌توان توان را محاسبه نمود.

۶-۱-۱- توان داخلی موتور: توان داخلی موتور عبارت است از آن مقدار انرژی حاصل از سوخت حجم معینی از گاز که در واحد زمان به پیستون‌های یک موتور در دور ثابت وارد می‌شود.

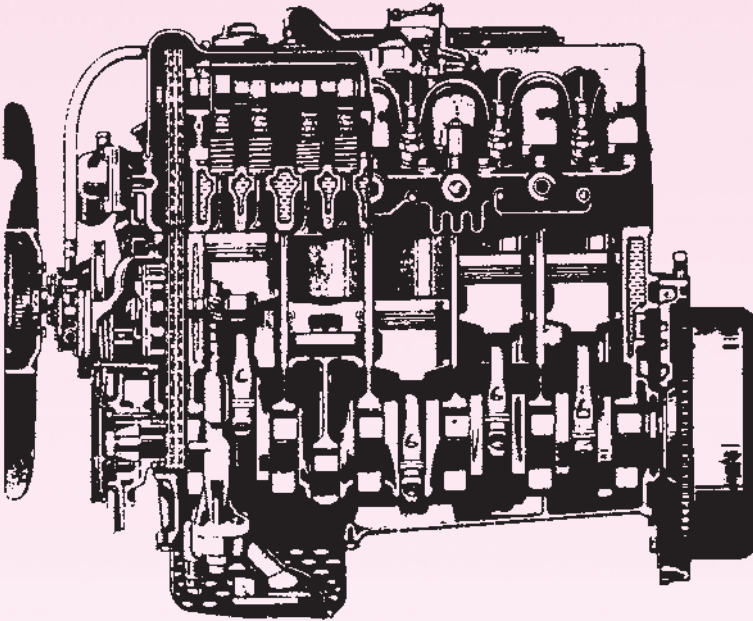
۶-۱-۲- توان مفید: توان مفید عبارت از آن مقدار توانی است که در دور مشخص از میل‌لنگ یا چرخ‌لنگر می‌توان گرفت.

۶-۱-۳- توان مصرفی موتور: توان مصرفی موتور عبارت است از مقدار توانی که برای غلبه بر اصطکاک یاتاقان‌ها، فشار فنرهای سوپاپ‌ها و تغییر جهت حرکت پیستون‌ها و غیره در دور ثابت میل‌لنگ مصرف می‌شود.



۴-۱-۶- سطح دهانه سیلندر (سطح پیستون): سطح دهانه سیلندر موتورها معمولاً دایره‌ای شکل بوده و از فرمول زیر می‌توان حساب نمود:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \quad (۴-۶)$$



شکل ۱-۶

که در آن

d = قطر دهانه سیلندر برحسب سانتی متر

A = سطح دهانه سیلندر برحسب سانتی متر مربع می‌باشد.

۵-۱-۶- حجم جابه‌جایی یا حجم مفید سیلندر: فضای داخل سیلندر در

محدوده حرکت پیستون (بین نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین) را حجم جابه‌جایی یا حجم مفید سیلندر گویند.

$$V_h = A \cdot S \quad (۵-۶)$$

S = کورس پیستون برحسب سانتی متر

V_h = حجم مفید یک سیلندر برحسب سانتی متر مکعب است.

۶-۱-۶- حجم مفید سیلندره‌های یک موتور: عبارت است از مجموع حجم

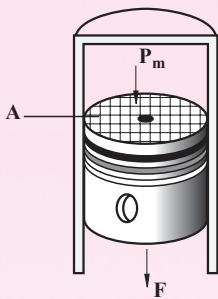
مفید سیلندره‌های یک موتور که مقدار آن برحسب سانتی متر مکعب سنجیده می‌شود.

$$V_H = V_h \cdot k \quad (۶-۶)$$

V_H حجم مفید سیلندره‌های یک موتور برحسب سانتی متر مکعب یا لیتر و k تعداد

سیلندرها می‌باشد.

۶-۱-۷- فشار متوسط احتراق روی پیستون: فشار متوسط احتراق عبارت



شکل ۶-۲

است از معدل فشارهای اندازه‌گیری شده در طول کورس از شروع تا خاتمه احتراق. فشار متوسط احتراق همان نیروی را به میل‌لنگ در تمام کورس پیستون خواهد داد که فشار متغیر احتراق می‌دهد. یعنی لحظه‌ای که احتراق صورت می‌گیرد فشار گاز روی پیستون زیاد است و هرچه پیستون پایین‌تر رود در اثر ازدیاد حجم از فشار احتراق کاسته می‌گردد تا وقتی که سوپاپ دود باز شود که در این لحظه فشار احتراق پایین می‌آید و نیروی وارد بر پیستون از طرف گاز کاهش یافته، توان قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند.

بنابراین به‌جای فشار متغیر از فشار متوسط احتراق در محاسبات استفاده می‌کنند فشار متوسط با P_m نشان داده شده و معمولاً برحسب نیوتن بر سانتی متر مربع سنجیده می‌شود.

۶-۱-۸- نیروی مؤثر احتراق روی پیستون (نیروی متوسط احتراق):

نیروی متوسط یا نیروی مؤثر احتراق روی پیستون عبارت است از حاصل ضرب مساحت دهانه سیلندر در فشار متوسط احتراق.

$$F = A \cdot P_m \quad (۶-۷)$$

طبق رابطه ۶-۷، F نیروی مؤثر احتراق تابع فشار متوسط احتراق می‌باشد. لذا مقدار آن در طول کورس، ثابت در نظر گرفته می‌شود.

۶-۱-۹- کار یک پیستون: کار یک پیستون عبارت است از حاصل ضرب

نیروی متوسط احتراق در کورس پیستون.

$$W = F \cdot S \quad (۶-۸)$$

W کار پیستون بر حسب نیوتن متر و S کورس پیستون بر حسب متر می باشد.
 ۱۰-۱-۶- سرعت محیطی میل لنگ: سرعت محیطی میل لنگ در دور ثابت عبارت خواهد بود از مسافتی که یاتاقان متحرک در واحد زمان طی می کند. محیط یک دور گردش یاتاقان متحرک از رابطه زیر به دست می آید.

$$U = D \cdot \pi \quad (۹-۶)$$

لذا سرعت محیطی میل لنگ نسبت به واحد زمان طبق رابطه زیر خواهد بود.

$$V_{(m/s)} = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{۶۰} \quad (۱۰-۶)$$

V سرعت محیطی میل لنگ بر حسب متر بر ثانیه، n تعداد دور ثابت میل لنگ در دقیقه و D قطر میل لنگ بر حسب متر می باشد (قطر میل لنگ برابر کورس پیستون و دو برابر شعاع میل لنگ است $D = S = 2R$).

۱۱-۱-۶- سرعت متوسط پیستون: متوسط سرعت پیستون در نقاط مختلف سیلندر در دور ثابت میل لنگ را سرعت متوسط پیستون نامند. برای تعیین سرعت متوسط پیستون، میل لنگ موتور را با دور ثابت در نظر می گیریم. می دانیم پیستون توسط دسته پیستون به میل لنگ متصل شده است. در این حال سرعت پیستون متغیر خواهد بود. یعنی پیستون از بالاترین نقطه در سیلندر شروع به حرکت می کند و تقریباً در وسط کورس به ماکزیمم می رسد و بعد از آن سرعت سیر نزولی داشته و در پایین ترین نقطه مسیر حرکت، در سیلندر به صفر می رسد.

چنانچه دور میل لنگ ثابت (n دور در دقیقه) باشد، سرعت متوسط پیستون از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_{m(m/s)} = \frac{2S \cdot n}{۶۰} = \frac{S \cdot n}{۳۰} \quad (۱۱-۶)$$

$$V_m = \text{سرعت متوسط پیستون بر حسب متر بر ثانیه}$$

$$n = \text{تعداد دور میل لنگ در دقیقه}$$

$$S = \text{کورس پیستون بر حسب متر}$$

۱۲-۱-۶- محاسبه توان داخلی موتور: برای محاسبه توان داخلی موتور چهارزمانه یک سیلندر که تنها از چهار حالت، یک حالت کار مفید می‌باشد از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$P_i (\text{Nm} / \text{s}) = \frac{F \cdot V_m}{4} \quad (6-12)$$

در این رابطه V_m سرعت متوسط پیستون برحسب متر بر ثانیه، F نیروی مؤثر احتراق برحسب نیوتن و P_i توان داخلی موتور برحسب نیوتن متر بر ثانیه یا وات (W) می‌باشد.

$$P_i (\text{Nm} / \text{s}) = \frac{F \cdot V_m \cdot k}{4} \quad (6-13)$$

که در آن، k تعداد سیلندر موتور می‌باشد.

با جاگذاری روابط ۶-۷ و ۶-۱۱ در رابطه فوق، توان داخلی موتور برای موتورهای چهارزمانه خواهد شد:

$$P_i = \frac{P_m (\text{N} / \text{cm}^2) \times S(\text{m}) \times A(\text{cm}^2) \times n(\text{rpm}) \times K}{30 \times 4} \quad (6-14)$$

با توجه به $1 \text{ N} / \text{cm}^2 = 1 \text{ bar}$

$1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ lit}$

و

$$A(\text{cm}^2) \times S(\text{cm}) \times k = V_H(\text{cm}^3)$$

خواهیم داشت:

$$P_i (\text{kW}) = \frac{P_m (\text{bar}) \times V_H(\text{cm}^3) \times n_{\text{RPM}}}{12000 \times 100} = \frac{P_m (\text{bar}) \times V_H(\text{lit}) \times n_{\text{rpm}}}{1200}$$

۱۳-۱-۶- تبدیل توان به واحدهای مختلف: در زیر نحوه تبدیل واحدهای مختلف توان به یکدیگر آمده است.

$$(W) \text{ وات } 1000 = 1 \text{ کیلووات (kW)}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W (اسب بخار انگلیسی)}$$

$$1 \text{ Ps} = 736 \text{ W (اسب بخار متریک)}$$

۱- بار یک واحد متداول فشار است.

۲- واحد توان (آلمان) Pferde Stärke برابر با ۷۳۵/۴۹۸۷۵ وات

مثال: توان موتوری ۲۵kW می‌باشد توان این موتور را به وات، اسب بخار انگلیسی و اسب بخار متریک تبدیل نمایید.

$$۲۵ \frac{kW}{۱} \times \frac{۱۰۰۰W}{kW} = ۲۵۰۰۰W$$

$$۲۵ \frac{kW}{۱} \times \frac{۱۰۰۰W}{kW} \times \frac{hp}{۷۴۶W} = ۳۳/۵hp$$

$$۲۵ \frac{kW}{۱} \times \frac{۱۰۰۰W}{kW} = \frac{Ps}{۷۳۶W} ۳۴Ps$$

۱۴-۱-۶- راندمان مکانیکی: راندمان مکانیکی موتور عبارت است از نسبت توان مفید به توان داخلی که معمولاً در موتورهای بنزینی بین ۸۰٪ تا ۹۲٪ و در موتورهای دیزلی بین ۷۵٪ تا ۸۶٪ می‌باشد.

$$\eta_m = \frac{P_w}{P_i} \quad (۶-۱۵)$$

که در آن P_w توان مفید و P_i توان داخلی موتور و η_m راندمان مکانیکی موتور می‌باشد.
۱۵-۱-۶- توان لیتری یا قدرت حجمی موتور: توان حجمی موتور عبارت است از نسبت توان مفید به حجم مفید سیلندرها یک موتور

$$P_H = \frac{P_w}{V_H} \quad (۶-۱۶)$$

که در آن P_w توان مفید موتور برحسب کیلووات، V_H حجم مفید سیلندرها یک موتور برحسب لیتر و P_H توان حجمی برحسب کیلووات بر لیتر است.

۱۶-۱-۶- توان وزنی موتور: توان وزنی عبارت است از نسبت توان مفید موتور به وزن خالص آن (بدون آب و روغن)

$$P_G = \frac{P_w}{G} \quad (۶-۱۷)$$

که در آن G وزن خالص موتور برحسب کیلوگرم و P_G توان وزنی برحسب کیلووات بر کیلوگرم می‌باشد.

۱- در برخی از منابع P_e نیز ذکر شده است.

۱۷-۱-۶- محاسبه گشتاور موتور: گشتاور موتور عبارت است از نیروی محیطی میل لنگ ضرب در شعاع لنگ که به صورت زیر می توان حساب کرد.

$$M = F \times R \quad (۶-۱۸)$$

از طرفی قدرت مفیدی که از میل لنگ به دست می آید برابر است با:

$$P_w = F \times V \quad (۶-۱۹)$$

و یا

$$P_w = \frac{F \times V}{۱۰۰۰} \quad (۶-۲۰)$$

که در آن V سرعت محیطی لنگ و F نیروی محیطی لنگ است چون $V = \frac{2R\pi n}{۶۰}$ پس خواهیم داشت:

$$P_w(kW) = \frac{F(N) \times \frac{2R(m)\pi n(rpm)}{۶۰}}{۱۰۰۰} = \frac{M \times n(rpm) \times 2\pi}{۶۰۰۰۰} \approx \frac{Mn(rpm)}{۹۵۵۰} \quad (۶-۲۱)$$

و یا

$$M = \frac{P_w(kW) \times ۹۵۵۰}{n(rpm)} \quad (۶-۲۲)$$

۱۸-۱-۶- توان وزنی و حجمی: از فرمول هایی که ذکر شد مشخص می شود هرچه این قدرت ها بیشتر باشد نشان دهنده طرح خوب موتور با مشخصات عالی می باشد. مقادیر زیر حدود این قدرت ها را برای برخی از موتورهای دیزلی و بنزینی نشان می دهد.

نوع موتور	P_H kW / Lit	P_G kw / kg.
موتورهای بنزینی سواری	۲۵ تا ۵۰	۳ تا ۴
موتورهای دیزل سواری	۱۸ تا ۲۵	۵ تا ۶/۵
موتورهای دیزل باری	۱۸ تا ۲۸	۵/۵ تا ۹/۵

۱۹-۱-۶- تعیین نسبت تراکم موتور: نسبت تراکم موتور عبارت است از نسبت حجم جابه جایی پیستون و فضای تراکم به فضای احتراق موتور.

این نسبت در موتورهای بنزینی از ۶:۱ تا ۱۱:۱ و در موتورهای دیزل از ۱۴:۱ تا ۲۲:۱ می باشد. نسبت تراکم موتور عبارت خواهد بود :

$$= \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad (۶-۲۳)$$

$$V_c = \frac{V_h}{-۱} \quad (۶-۲۴) \quad \text{فضای تراکم}$$

$$V_h = V_c(-۱) \quad \text{از طرفی حجم مفید یک سیلندر}$$

که در روابط بالا

. (ا پسین) = نسبت تراکم

$$V_c = \text{حجم اتاقک احتراق بر حسب سانتی متر مکعب}$$

$$V_h = \text{حجم مفید سیلندر بر حسب سانتی متر مکعب}$$

می باشد.

مثال: حجم مفید سیلندر ۵۰۰ سانتی متر مکعب و فضای تراکم ۷۵ سانتی متر مکعب دارای چه نسبت تراکمی است؟

$$\begin{aligned} V_h &= 500 \text{ cm}^3 \\ V_c &= 75 \text{ cm}^3 \\ &= \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{500 + 75}{75} = 7.17 \end{aligned}$$

در صورت تغییر ضخامت واشر سرسیلندر با سنگ زدن کف سرسیلندر یا بلوکه سیلندر نسبت تراکم تغییر خواهد کرد.

۶-۲- توان تراکتور

توان تراکتور منبع اصلی تأمین انرژی مورد نیاز ادوات کشاورزی است از این رو در این قسمت به بررسی توان های مختلفی پرداخته می شود که از تراکتور تأمین می شود.

۶-۳- برخی از انواع توان های تراکتور

قدرت یا توان تراکتور باید برای دستیابی به اهداف تولیدی مزرعه به کار گرفته شود ادوات کششی از طریق درگیری چرخ های محرک و کششی مالبندی نیرو می گیرند. محور تواندهی (PTO) توان دورانی را تأمین می کند. دستگاه هیدرولیک تراکتور می تواند هر دو نوع توان کششی و دورانی را

تولید نماید روابط محاسباتی توان تراکتور به شرح زیر می باشد.

— توان کششی (مالبندی) تراکتور: توان یا قدرت کششی تراکتور را روی مالبند آن اندازه می گیرند. اگر یک نیروسنج (دینامومتر کششی) را بین تراکتور و ماشینی که توسط آن کشیده می شود قرار دهیم، می توان مؤلفه F نیروی وارده از طرف تراکتور به ماشین را که موازی با جهت حرکت است، اندازه گرفت. از طرف دیگر اگر V سرعت پیش روی تراکتور و ماشین به طرف جلو باشد، حاصل ضرب $F \times V$ را قدرت کششی روی مالبند تراکتور می گویند.

$$P_{db} = \frac{F \times V}{3/6} \quad (6-25)$$

F = نیرو به kN

V = سرعت پیشروی به km/h

P_{db} = توان کششی به kW

مثال: به کمک یک نیروسنج مشخص شده است که نیروی لازم برای کشیدن یک گاوا آهن سه خیش در دنده یک تراکتور برابر $25 kN$ بوده است اگر در این دنده سرعت تراکتور $5/5 km/h$ باشد. توان مالبندی تراکتور چه مقدار است.

$$P_{db} = \frac{F \times V}{3/6}$$

$$P_{db} = \frac{25 \times 5/5}{3/6} = 38/19 kW$$

— توان دورانی: بسیاری از وسایل و ادوات کشاورزی مانند دروگرها، ردیف کن ها، کمباین های

کششی و غیره به کمک محور انتقال نیرو به کار می افتند، مقدار قدرت روی این محور از رابطه زیر

$$P_{PTO} = \frac{F \times 2 \times \pi \times R \times n}{60} \quad (6-26) \quad \text{محاسبه می گردد:}$$

F = نیروی مماسی در روی محور انتقال نیرو (kN)

R = شعاع دوران محور انتقال نیرو (m)

n = سرعت دورانی محور انتقال نیرو (rpm)

P_{PTO} = توان محور انتقال نیرو (kW)

مثال: در یک تراکتور کشاورزی دور محور انتقال توان ۵۴۰ rpm و قطر آن ۳۵ mm است اندازه گیری ها نشان می دهد که بیشترین نیروی مماسی روی محور ۴۸/۵۰ kN است. به چه میزان می توان از این محور انتقال نیرو، توان گرفت؟

$$R = \frac{35\text{mm}}{2} = \frac{0.035}{2}$$

$$n = 540 \text{ rpm}$$

$$F = 48/50 \text{ kN}$$

$$P_{\text{PTO}} = \frac{F \cdot 2 \pi R n}{60} = \frac{48/50 \times 2 \pi \times \frac{0.035}{2} \times 540}{60} = 48 \text{ kW}$$

— توان هیدرولیک: امروزه استفاده از جک های هیدرولیکی و پمپ های هیدرولیکی در کشاورزی بسیار فراوان شده است و سیستم هیدرولیک تراکتور منبع قدرت مناسبی برای راه اندازی ماشین ها و ابزارهای هیدرولیکی می باشد به طور کلی، توان هیدرولیکی از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$P_{\text{hy}} = \frac{P \cdot Q}{1000} \quad (6-27)$$

که در آن

P = فشار روغن بر حسب کیلو پاسکال

Q = شدت جریان سیال (دبی روغن) بر حسب لیتر بر ثانیه

P_{hy} = قدرت هیدرولیکی بر حسب کیلووات

می باشد.

واحد فشار در نظام SI پاسکال (Pa) است. یک پاسکال برابر فشاری است که یک نیروی یک نیوتونی روی سطحی به مساحت یک مترمربع وارد می کند. چون این واحد بسیار کوچک است، معمولاً از واحد کیلوپاسکال (kPa) استفاده می شود. ولی این واحد نیز کوچک است لذا از واحد بار (bar) معادل ۱۰۰۰۰۰ Pa یا ۱۰۰ kPa به عنوان یک واحد عملی فشار استفاده می گردد، این واحد از نظر عددی نزدیک به فشار جو است.

— توان الکتریکی: هرگاه مولدی بتواند جریان یک آمپر با فشار الکتریکی یک ولت را تأمین کند دارای قدرت یک وات خواهد بود. واحد توان الکتریکی وات می باشد. این توان از رابطه زیر

به دست می آید.

$$P_e = I.E \quad (۶-۲۸)$$

که در آن

P_e = توان الکتریکی بر حسب وات

I = شدت جریان برق بر حسب آمپر

E = فشار یا ولتاژ برق بر حسب ولت می باشد.

چون استارتر و ژنراتور تراکتور دارای راندمان الکتریکی می باشند بنابراین هر یک دارای دو توان هستند یکی توان ظاهری یا تئوری P_i و دیگری توان مفید P_e ، نسبت توان مفید به توان ظاهری را راندمان گویند.

$$= \frac{P_e}{P_i} \quad (۶-۲۹)$$

سایر مصرف کننده های تراکتور توسط سیم های رابطی که خود مقداری از ولت را به خود اختصاص می دهند سبب شده تا ولتاژ ۶ یا ۱۲ ولت کاملاً به وسیله برقی نرسد بدین جهت آفتامات ژنراتور را طوری تنظیم نموده اند تا ولتاژی که می دهد، مقدار آن یکی دو ولت بیشتر از ولتاژ باتری باشد تا سبب جبران این نقیصه بشود. معمولاً ژنراتور ۶ ولت تا ۷/۵ ولت و ژنراتور دوازده ولت تا ۱۴/۵ ولت فشار الکتریکی خواهند داشت تا ولتاژ مورد نیاز مصرف کننده تأمین شود.

مثال: ژنراتوری با فشار الکتریکی ۱۴/۲ ولت، ۳۵ آمپر برق می دهد اگر راندمان الکتریکی ژنراتور ۶۶٪ باشد مطلوبست:

الف) توان مفید ژنراتور بر حسب وات

ب) توان تئوری ژنراتور بر حسب وات

حل:

الف)

$$P_e = I \times E$$

$$P_e = ۳۵ \times ۱۴/۲ = ۴۹۷W$$

$$P_i = \frac{P_e}{+}$$

ب)

$$P_i = \frac{۴۹۷}{۰/۶۶} = ۷۵۳W$$

مثال: یک استارتر هنگام کار جریانی معادل ۲۲۵ آمپر مصرف می کند اگر راندمان الکتریکی استارتر ۳۵٪ و توان مفید آن ۷۵/۰ کیلووات باشد اختلاف سطح مدار استارتر چند ولت است؟

$$P_e = 0.75 kW = 750 W \quad \text{حل:}$$

$$P_i = \frac{P_e}{\eta} \quad \eta = \frac{75}{100} = 0.75 \quad \text{وات} \quad P_i = \frac{750}{0.75} = 1000$$

$$P_i = I \times E \quad E = \frac{P_i}{I} = \frac{1000}{225} = 4.44 \text{ ولت}$$

۶-۴ افت قدرت در تراکتور

۱-۶-۴ افت قدرت چرخشی در تراکتور: در موقع حرکت یک تراکتور به محور چرخ یا چرخ های محرک آن از طرف زمین یک گشتاور مقاوم (Cr) وارد می شود. از طرف دیگر تراکتور، نیروی کششی (F) نیز ایجاد می کند. این نیروی کششی، گشتاوری مانند $F \times R$ روی محور چرخ ها به وجود می آورد. (R = شعاع چرخ محرک). بنابراین حاصل جمع گشتاورهایی که به چرخ های محرک وارد می شود عبارت است از:

$$T = Cr + (F \times R) \quad (6-30)$$

حال چنانچه نیروی کشش F بر حسب کیلوگرم نیرو و شعاع چرخ محرک R بر حسب متر و سرعت گردش چرخ های محرک n دور در دقیقه باشد، قدرت روی محور چرخ محرک بر حسب اسب بخار به صورت زیر محاسبه می گردد.

$$P_w = \frac{T \times n}{716/2} = \frac{(Cr + F \times R) \times n}{716/2} \quad (6-31)$$

n = سرعت دوران چرخ محرک (rpm)

R = شعاع چرخ محرک (m)

F = نیروی کششی تراکتور (kgf)

Cr = گشتاور مقاوم روی چرخ محرک (kgfm)

P_w = توان روی چرخ محرک (hp)

در رابطه ی بالا $\frac{FRn}{716/2}$ برابر با قدرت مفید بوده و $\frac{Cr.n}{716/2}$ افت قدرت مربوط به چرخش

چرخ های تراکتور را نشان می دهد.

در این رابطه $۷۱۶/۲$ ضریب ثابت تبدیل واحدها $\frac{۲ \times ۳/۱۴}{۶۰ \times ۷۵}$ می باشد.

۶-۴-۲ افت قدرت لغزشی در تراکتور: تراکتوری را در نظر بگیرید که روی زمین یا جاده مثلاً مرطوب حرکت می کند، اگر محیط چرخ محرک آن l_0 باشد فاصله ای که تراکتور با یک بار گردش چرخ روی زمین طی می کند مساوی l می باشد که قدری کمتر از l_0 خواهد بود. این کاهش مربوط به لغزش (بکسوات) چرخ های محرک روی زمین است. لغزش یا بکسوات را می توان با رابطه زیر نشان داد :

$$S = \frac{l_0 - l}{l_0} = 1 - \frac{l}{l_0} \quad (۶-۳۲)$$

در این رابطه S مقدار لغزش و بدون بعد بوده و معمولاً برحسب درصد بیان می گردد. اگر چرخ های محرک تراکتور با سرعت ثابت n دور بر دقیقه بگردند، سرعت پیشروی تراکتور بدون لغزش (سرعت نظری) برابر خواهد بود با :

$$V_0 = \frac{l_0 \times n}{۶۰} \quad (۶-۳۳)$$

در صورتی که حرکت همراه با لغزش باشد، سرعت برابر خواهد بود با :

$$V = \frac{l \times n}{۶۰} \quad (۶-۳۴)$$

بنابراین با حذف n از روابط ۶-۳۳ و ۶-۳۴ سرعت واقعی خواهیم داشت :

$$V = V_0 \times \frac{l}{l_0} \quad (۶-۳۵)$$

با توجه به رابطه ۶-۳۵ و این که $1 - S = \frac{l}{l_0}$ می باشد می توان نوشت :

$$V = V_0 (1 - S) \quad (۶-۳۶)$$

V = سرعت پیشروی تراکتور برحسب متر بر ثانیه (m / s)

حال اگرچه نیروی کششی روی مالبند مساوی F باشد، قدرت به دست آمده (توان مالبندی) برابر خواهد شد با :

$$P = \frac{F \times V}{۷۵} = \frac{F \times V_0}{۷۵} (1 - S) = \frac{F \times V_0}{۷۵} - \frac{F \times V_0}{۷۵} S \quad (۶-۳۷)$$

که در آن :

$$P = \text{توان کششی تراکتور برحسب اسب بخار (hp)}$$

$$F = \text{نیروی کششی برحسب کیلوگرم نیرو (kgf)}$$

$$V_o = \text{سرعت پیشروی نظری تراکتور برحسب متر بر ثانیه (m/s)}$$

$$V = \text{سرعت پیشروی واقعی تراکتور برحسب متر بر ثانیه (m/s)}$$

$$S = \text{بکسوات (بدون بعد)}$$

قسمت دوم معادله ۳۷-۶ یعنی عبارت $S = \frac{F \times V_o}{75}$ ، افت قدرت لغزشی در تراکتور را نشان

داده و $\frac{F \times V_o}{75}$ توان مالبندی نامی رامشخص می کند.

مثال: چرخ عقب (چرخ محرک) یک تراکتور کشاورزی با قطر $1/836 \text{ m}$ در دنده ۲ در حدود ۱۶ دور در دقیقه می گردد. این تراکتور در یک زمین مرطوب مورد آزمایش قرار گرفت و مشخص شد فاصله ای که تراکتور با یک بار گردش چرخ روی زمین طی کرد برابر $l = 4/8 \text{ m}$ بوده و نیروی کشش روی مالبند تراکتور $F = 2575 \text{ kgf}$ بوده است. افت قدرت لغزشی و توان مالبندی نامی به صورت زیر به دست می آید :

$$l_o = 2\pi r = 2 \times \pi \times \frac{1/836}{2} = 5/76 \text{ m} \quad \text{محیط چرخ}$$

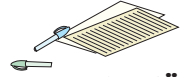
$$S = \frac{l_o - l}{l_o} = \frac{5/76 - 4/8}{5/76} = 0/167 = -16/7 \quad \text{میزان بکسوات}$$

$$V_o = \frac{l_o \times n}{60} = \frac{5/76 \times 16}{60} = 1/536 \text{ m/s} \quad \text{سرعت نظری}$$

$$V = \frac{l \times n}{60} = \frac{4/8 \times 16}{60} = 1/28 \text{ m/s} \quad \text{سرعت تراکتور همراه با لغزش}$$

$$\text{افت قدرت لغزشی} = \frac{F \times V_o}{75} \times S = \frac{2575 \times 1/536}{75} \times 0/167 = 8/8 \text{ hp} = 6/47 \text{ kW}$$

$$\text{توان مالبندی نامی} = \frac{F \times V_o}{75} = \frac{2575 \times 1/536}{75} = 52/73 \text{ hp} = 38/77 \text{ kW}$$



تمرین

۱- اصطلاحات زیر را تعریف کنید.

توان داخلی موتور، کار پیستون، توان وزنی موتور، نسبت تراکم موتور

۲- چرا وقتی که یک تراکتور با گاوآهن در سرعت 5 km/h شخم می‌زند مصرف سوخت

بیشتر از زمانی است که در جاده صاف با سرعت 10 km/h حرکت می‌کند.

۳- توان کششی تراکتوری را که در سرعت 12 km/h پنجه بشقابی را با اعمال نیروی کششی

16 kN می‌کشد تعیین کنید.

۴- ورودی روغن به یک هیدروموتور 2°lit/s و افت فشار بین ورودی و خروجی آن 2 bar

است توان هیدرولیکی این هیدروموتور با بازده 100% درصد را تعیین کنید.

۵- با مراجعه به کتابچه راهنمای یکی از تراکتورهای متداول در هنرستان یا منطقه مشخصات

زیر را برای آن تعیین کنید.

- حداکثر توان مالبندی

- نوع تراکتور از نظر توان اتصال سه نقطه

- قدرت دورانی محور انتقال نیرو

اقتصاد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی

۷-۱- مفاهیم و تعاریف

نگهداری حساب دقیق ماشین‌های کشاورزی جزء لاینفک مدیریت ماشین‌های کشاورزی می‌باشد. هدف نهایی در مدیریت ماشین‌های کشاورزی، حداکثر کردن درآمدهای مؤسسه کشاورزی یا مزرعه با افزایش بازده ماشین و حداقل کردن هزینه‌های آن است. در ابتدا لازم است که بعضی از عبارات و اصطلاحات این فصل تعریف شود.

۷-۱-۱- **ترازنامه:** ترازنامه یا بیلان عبارت است از صورتحسابی که وضع مالی یک مؤسسه را در تاریخ معین نشان می‌دهد.

۷-۱-۲- **دارایی:** عبارتند از کلیه اموال مشهود و غیرمشهود و حقوق و امتیازات یک

مؤسسه

دارایی‌های یک مؤسسه را به سه دسته، جاری، ثابت و غیرمشهود تقسیم می‌کنند.

الف- دارایی جاری: عبارت از اقلامی است که انتظار می‌رود در آینده نزدیک و در جریان

عادی عملیات مؤسسه به پول تبدیل شود. اقلام دارایی‌های جاری عبارتند از:

صندوق: که عبارت از کلیه موجودی‌های نقدی یک شخص یا شرکت اعم از اسکناس، چک و حواله‌های بانکی و به‌طور کلی تمام اوراقی است که به محض ارائه به بانک تمام مبلغ اسمی آن‌را بتوان وصول نمود صرف‌نظر از این که در چه مکانی نگهداری می‌شود.

بدهکاران: عبارت است از مطالبات یک سازمان از اشخاص یا مؤسسات دیگر که ممکن است در نتیجه اعطای وام به آن‌ها یا فروش نسیه حاصل شده باشد.

موجودی کالا: شامل کالاهای خریداری شده و یا ساخته شده و مواد خام و نیمه تمام در موقع تنظیم ترازنامه می‌باشد.

ملزومات: کلیه لوازمی است که مؤسسه برای مصرف روزانه خود به منظور انجام عملیات

اداری و نظایر آن خریداری کرده و در موقع تنظیم ترازنامه موجود است مانند انواع لوازم التحریر و

همچنین تمبر، کاغذ، کاربن و غیره.

پیش پرداخت‌ها: در صورتی که قیمت کالاها یا خدماتی که در آینده صورت می‌گیرد پرداخت شده باشد به آن پیش پرداخت گفته می‌شود.

ب — دارایی ثابت: به اقلامی از دارایی گفته می‌شود که برای گردش امور بازرگانی و تولید ضروری بوده و منظور از تهیه آن‌ها فروش و تحصیل سود نمی‌باشد. اقلام دارایی‌های ثابت عبارت‌اند از: **اثاثیه:** کلیه کالاهایی است که سازمان به منظور استفاده در محل مؤسسه خریداری می‌کند مانند کولر، ماشین تحریر، ماشین حساب، قفسه، میز و صندلی.

ماشین‌آلات: بهای کلیه ماشین‌های تولیدی خریداری شده مانند ماشین‌آلات کشاورزی، راه‌سازی و صنایع تبدیلی.

وسائل نقلیه: شامل بهای کلیه وسائل نقلیه مانند اتوبوس سرویس کارمندان، تور نامه‌رسان، اتومبیل مدیرعامل و کامیون و غیره می‌باشد.

زمین: شامل قیمت کلیه اراضی متعلق به مؤسسه می‌باشد البته اگر برای مخارجی از قبیل خشک کردن باتلاق‌های موجود در آن و خاکبرداری و نظایر آن لازم باشد به بهایش افزوده می‌گردد.

ساختمان: قیمت ساختمان‌های متعلق به مؤسسه را شامل است که برای مقاصد مختلفی از قبیل محل ادارات، فروشگاه، انبارها و یا به اجاره واگذار شده باشد.

ج — دارایی غیرمشهود: دارایی غیرمشهود جزو حقوق مالی مؤسسه می‌باشد که با وجود آن که در خارج مشهود نیست ولی برای مؤسسه دارای ارزش هستند چون با پرداخت پول به دست می‌آیند یا قابل ارزیابی با پول هستند از مهمترین اقلام آن می‌توان حقوق زیر را نام برد.

سرقفلی: عبارت است از حقی که مؤسسه نسبت به استفاده از شهرت تجاری و مشتریان و محل تجارت خود پیدا می‌کند.

حق اختراع: مطابق قوانین مربوط هر قسم اکتشاف یا اختراع جدید به کاشف یا مخترع آن حق انحصاری می‌دهد که بر طبق شرایط معین و در مدت مقرر از اکتشاف یا اختراع خود استفاده نماید مشروط بر آن که اکتشاف یا اختراع مزبور مطابق مقررات قانونی در اداره ثبت اسناد به ثبت رسیده باشد.

حقوق مالی دیگر: از قبیل حق امتیاز، حق انتشار و غیره.

۱-۷-۳ بدهی: عبارت از حقوقی است که تمام اشخاص به غیر از صاحبان مؤسسه نسبت به دارایی مؤسسه دارند. به عبارت دیگر بدهی یک مؤسسه عبارت از مبالغی است که به افراد و

مؤسسات دیگر بدهکار می باشد و این بدهی معمولاً یا در نتیجه خرید نسبه یا بر اثر دریافت وام به وجود می آید. حساب های بدهی را به دو دسته جاری و ثابت تقسیم کرده اند.

الف — بدهی های جاری: اقلامی از بدهی که محل پرداخت دارایی جاری باشد، زیر عنوان بدهی جاری طبقه بندی می شوند عمده اقلام بدهی جاری عبارتند از:

بستانکاران: دیونی از مؤسسه را شامل می شود که متکی به سندی نباشد و معمولاً در نتیجه خرید کالا به طور نسبه یا دریافت وام حاصل شده اند.

اسناد پرداختی: این اقلام شامل دیونی از مؤسسه اند که بر اثر خرید کالا یا دریافت وام عاید مؤسسه شده و متکی به سند باشند.

پیش دریافت درآمد: چنانچه قیمت کالاها یا خدمات قبلاً وصول شود پیش دریافت به آن اتلاق می گردد. از انواع پیش دریافت ها می توان پیش دریافت مال الاجاره یا پیش فروش کردن محصول را نام برد.

ب — بدهی های ثابت: به اقلامی از بدهی که سررسید آنها بیش از یکسال از تاریخ تنظیم ترازنامه باشد، بدهی ثابت گویند. بدهی ثابت معمولاً از خرید اقلام مختلف دارایی ثابت و یا به علت اخذ وام طویل المدت به وجود می آید. اقلام مهم بدهی های ثابت عبارتند از: دیون رهنی، وام های طویل المدت و اوراق قرضه.

۴-۱-۷ — سرمایه: سرمایه عبارت است از حق صاحب یا صاحبان یک مؤسسه نسبت به اموال مؤسسه. سرمایه در ترازنامه فقط مفهوم سهام سرمایه را ندارد بلکه شامل ذخایر مختلف و سود مؤسسه نیز می شود.

سهام سرمایه: سهام صادره به عنوان سرمایه را سهام سرمایه گویند. **ذخایر:** مؤسسات مختلف به جهات متفاوت (قانونی یا به وسیله تصمیمات مجمع عمومی صاحبان سهام) مبالغی پیش بینی و به صورت اعتبار کنار می گذارند که به آنها ذخیره گویند.

دوره مالی: دوره مالی عبارت از مدت زمانی که مؤسسه در پایان آن اقدام به تهیه صورت حساب های نهایی می نماید. این دوره ممکن است یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه یا یکساله باشد. معمولاً دوره مالی یک سال شمسی در نظر گرفته می شود که در این صورت آن را سال مالی نامند و ممکن است مطابق با سال تقویمی از اول فروردین تا آخر اسفند یا غیر از آن باشد.

۵-۱-۷ — هزینه: هزینه عبارت است از مصرف کالای با ارزش که استفاده از آن برای کار یک واحد تولیدی لازم است.

۶-۱-۷- درآمد: منافع مادی، به ویژه عایدات پولی که طی زمان معین از خدمات انسان‌ها یا از به کار بردن دارایی حاصل می‌گردد درآمد نامیده می‌شود.

۷-۱-۷- سود: آنچه پس از کسر هزینه تولید از درآمد باقی می‌ماند سود گفته می‌شود. نرخ بهره یا نرخ سود: پولی است که در قبال استفاده از پول شخص دیگر، در زمانی مشخص (معمولاً یک سال) باید پرداخت شود و معمولاً به صورت درصدی از اصل پول محاسبه می‌شود. یکی از خصوصیات هر ترازنامه این است که جمع اقلام دارایی مساوی است با جمع بدهی و سرمایه یعنی:

$$\text{دارایی} = \text{سرمایه} + \text{بدهی}$$

$$\text{و یا} \quad \text{بدهی} - \text{دارایی} = \text{سرمایه}$$

$$\text{و یا} \quad \text{سرمایه} - \text{دارایی} = \text{بدهی}$$

معادله فوق که آن را معادله ترازنامه یا معادله اصلی حسابداری نامند اساس و پایه تنظیم ترازنامه و بسیاری دیگر از عملیات حسابداری است.

۲-۷- هزینه ماشین‌های کشاورزی

به طور کلی هزینه‌های یک ماشین کشاورزی (تراکتور یا ماشین) شامل هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر می‌باشد. هزینه‌های ثابت به هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که مبلغ آن برای حداقل یک سال مالی ثابت باقی می‌ماند و هیچ گونه تغییری در آن حاصل نمی‌شود مانند هزینه‌های استهلاک، سود سرمایه، گاراژ و بیمه.

هزینه‌های مستمر برخلاف گروه بالا هزینه‌هایی هستند که به موازات مقدار کار یک ماشین تغییر می‌کنند و این تغییرات حتی طی یک زمان معلوم کار قابل تشخیص است. همچنین می‌توان گفت که این هزینه‌ها نسبت به مقدار تولید ماشین تغییر می‌کند. چون برای مقدار معین از تولید احتیاج به مقدار معین کار است و مقدار کار و مقدار هزینه پایه‌ای همدیگر ترقی می‌کنند. مثلاً برای کار یک تراکتور احتیاج به سوخت و روغن است هر اندازه این تراکتور بیشتر کار کند مقدار مصرف سوخت و روغن آن بیشتر می‌شود. بنابراین هزینه‌های ثابت مربوط به مالکیت تراکتور یا ماشین بوده و هزینه‌های مستمر مربوط به کار و استفاده از آن می‌باشد. اقلام مختلف هزینه را می‌توانیم به صورت زیر تقسیم‌بندی کنیم:

اول — هزینه‌های ثابت که مربوط به مالکیت ماشین است شامل:

— استهلاک قیمت خرید یا سرمایه به کار رفته

— سود قیمت خرید یا سرمایه به کار رفته

— هزینه بیمه

— هزینه توقفگاه یا هانگار نگهداری

— هزینه مالیات

دوم — هزینه‌های مستمر که مربوط به کار با ماشین است شامل :

— هزینه سوخت یا برق مصرفی

— هزینه روغن

— هزینه خرید لاستیک برای تراکتور یا ماشین

— هزینه نگهداری و سرویس

— هزینه تعمیرات

— هزینه‌های مربوط به رانندگی تراکتور یا ماشین

۱-۲-۷— استهلاک: استهلاک عبارت است از کاهش در ارزش اقتصادی ماشین در اثر

گذشت زمان. استهلاک در نتیجه کهنه شدن مدل ماشین، فرسایش طبیعی، خسارت ناشی از تصادف یا کاربرد غلط، زنگ‌زدگی، خوردگی، هوازگی یا فرسایش در اثر شرایط جوی به وجود می‌آید.

دو هدف عمده از تخمین استهلاک عبارتند از :

الف : تعیین ارزش روز یا ارزش فروش ماشین‌های مستعمل

ب : تعیین هزینه‌های استهلاک برای محاسبه هزینه‌های سالانه ماشین‌های کشاورزی.

یک ماشین زمانی از لحاظ اقتصادی مستهلک شده و از رده خارج می‌شود که ارزش روز آن ماشین برابر ارزش اسقاطی آن باشد. روش‌های مختلفی برای محاسبه استهلاک به کار برده می‌شود که در این مبحث به روشی که کاربرد عمومی دارد پرداخته می‌شود.

محاسبه استهلاک به روش خطی: استهلاک در روش خطی از کسر کردن ارزش اسقاطی از قیمت اولیه و تقسیم آن بر عمر مفید ماشین برحسب سال به دست می‌آید.

$$D = \frac{P - S}{L} \quad (۷-۱)$$

که در آن

D = استهلاک سالیانه (ریال و یا ...)

P = قیمت اولیه دستگاه (ریال و یا ...)

$L = \text{عمر مفید دستگاه (سال و یا ساعت)}$

$S = \text{ارزش اسقاطی (ریال و یا ...)}$

سادگی محاسبه هزینه استهلاک با استفاده از این روش دلیل افزایش استفاده از آن توسط اکثر مدیران و مالکان ماشین‌های کشاورزی و سازمان‌های محاسباتی، مالیاتی و اداری کشور ما شده است. برای سهولت درک بهتر کاربرد این روش به ذکر نمونه‌ای در این خصوص پرداخته می‌شود.

مثال: قیمت خرید (نو) یک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ در حدود ۶۵ میلیون ریال (P) و عمر مفید آن براساس پیشنهاد مراکز مسئول در وزارت جهاد کشاورزی ۱۳ سال (L) و ارزش آن پس از عمر مفید نزدیک به ۶ میلیون ریال (S) است. استهلاک سالانه این تراکتور به صورت زیر محاسبه می‌شود. همچنین می‌توان قیمت روز تراکتور را در پایان هر سال مشخص نمود.

$$D = \frac{P - S}{L}$$

$$D = \frac{۶۵۰۰۰۰۰۰ - ۶۰۰۰۰۰۰}{۱۳} = ۴۵۳۸۴۶۱/۵ \quad \text{ریال استهلاک سالانه}$$

و همچنین قیمت ماشین در پایان سال اول و دوم عبارت است از:

$$\text{ریال } ۶۰۴۶۱۵۳۸/۵ = ۶۵۰۰۰/۰۰۰ - ۴۵۳۸۴۶۱/۵ = \text{قیمت تراکتور در پایان سال اول}$$

$$\text{ریال } ۵۵۹۲۳۰۷۶/۹ = ۶۰۴۶۱۵۳۸/۵ - ۴۵۳۸۴۶۱/۵ = \text{قیمت تراکتور در پایان سال دوم}$$

و برای پایان هر سال دیگر تا سال سیزدهم به همین ترتیب قابل محاسبه می‌باشد.

۲-۷- سود سرمایه: سود سرمایه دومین رقم مؤثر در محاسبه هزینه است که باید مورد توجه قرار گیرد. مشخص نمودن میزان سود سرمایه همیشه مورد بحث متخصصان محاسبه هزینه‌ها است در حالت کلی می‌توان در نظر گرفت که به عنوان مثال اگر در یک واحد کشاورزی موقتاً از خرید تراکتور جدید صرف‌نظر شود و مقدار پولی را که قیمت خرید تراکتور است در بانک ذخیره و نگهداری کند، مقدار مشخصی سود به این پول تعلق می‌گیرد بنابراین هرگاه این تراکتور خریداری شود باید به مقدار پولی که برای خرید آن پرداخت شده است یعنی سرمایه خرید تراکتور همان سود تعلق بگیرد که به آن به صورت سپرده در بانک سود تعلق می‌گرفت. سود سرمایه در حقیقت عبارت از سود فرصت از دست رفته سرمایه به کار گرفته شده برای خرید تراکتور می‌باشد. سود سالانه سرمایه از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$I = \left(\frac{P + S}{۲} \right) \cdot i \quad (۷-۲)$$

$I = \text{سود سالانه سرمایه}$

$i = \text{نرخ بهره و}$

S و P قبلاً توضیح داده شده است.

مثال: ارزش تراکتور مسی فرگوسن مثال ۱ در پایان عمر مفید آن $S = 6,000,000$ ریال می باشد چنانچه نرخ بهره رایج بازار در زمان محاسبه ۱۸ درصد در نظر گرفته شود، سود سالانه سرمایه صرف شده برای خرید تراکتور ($65,000,000$ ریال) عبارت خواهد بود از:

$$I = \left(\frac{65,000,000 + 6,000,000}{2} \right) \times 18 = 6,390,000 \text{ ریال}$$

۳-۲-۷- هزینه های حفاظت، بیمه و مالیات: این سه نوع هزینه ارقام کوچکی را در هزینه ماشین های کشاورزی تشکیل می دهند. هزینه های حفاظتی عبارت از هزینه هایی که برای حفظ ماشین از عوامل جوی و نگهداری و غیره پرداخت می شود بنابراین شامل هزینه هایی که برای ساختمان گاراژ و یا سایه بان و غیره برداشت می شود می باشد. بدیهی است اگر بخواهیم هزینه ساختمان گاراژ را حساب کنیم بایستی هزینه استهلاک ساختمان، سود سرمایه مربوط به آن و هزینه تعمیرات آن را به حساب آوریم. اگر گاراژ برای حفاظت ماشین های مختلف استفاده می شود باید هزینه حفاظت را به طور متناسب بین ماشین های مختلف تقسیم نمود.

معمولاً ماشین ها را در مقابل آتش سوزی و حوادث بیمه می کنند و توصیه می شود که نسبت به بیمه نمودن ماشین های کشاورزی اقدام شود، چه ماشینی بیمه شود و چه نشود باید هزینه بیمه را به حساب آورد زیرا به هر حال برای جبران خسارت ناشی از حوادث باید همیشه مبلغی را در نظر گرفت.

مالیات نیز از اقلام دیگر هزینه های ثابت در ماشین های کشاورزی است و مقدار آن بستگی به میزان دارایی های کشاورز، مالک یا مؤسسه کشاورزی دارد. معمولاً هزینه های حفاظت، بیمه و مالیات را روی هم در حدود ۱/۵ تا ۲ درصد قیمت خرید اولیه ماشین برای هر سال منظور می کنند.

مثال: هزینه های حفاظت، بیمه و مالیات تراکتور مسی فرگوسن مثال ۱ با توجه به قیمت خرید اولیه آن $65,000,000$ ریال عبارت خواهد بود از

$$65,000,000 \times 2 = 1,300,000 \text{ ریال}$$

چنانچه هزینه های سالیانه بیمه، مالیات و حفاظت تراکتور به ترتیب k_1 و k_2 و k_3 نشان داده شود هزینه سالیانه مربوط به مالکیت تراکتور عبارت خواهد بود:

هزینه حفاظت + هزینه مالیات + هزینه بیمه + هزینه سود سرمایه + هزینه استهلاک = C_1 هزینه ثابت

$$C_1 = D + I + k_1 + k_2 + k_3 \quad (7-3)$$

۷-۳- محاسبه هزینه‌های مستمر سالیانه تراکتور

در محاسبه هزینه‌های مستمر سالیانه یک تراکتور کشاورزی، هزینه‌های مربوط به سوخت، روغن، لاستیک، نگهداری و سرویس، تعمیرات و هزینه‌های مربوط به راننده به‌طور جداگانه بررسی می‌شود.

۷-۳-۱- هزینه‌های مربوط به سوخت تراکتور یا مصرف برق موتور محرک ماشین:

مصرف مخصوص متوسط سوخت تراکتور را می‌توان به سهولت محاسبه کرد. برای مثال یک تراکتور دیزل ۴۰ اسب که در ۸۰۰ ساعت کار سالیانه ۴۱۶۰ لیتر گازوئیل مصرف کرده است مصرف مخصوص متوسط (L_s) برحسب لیتر بر اسب در ساعت به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{سوخت مصرفی سالانه تراکتور برحسب لیتر} = \frac{\text{مصرف مخصوص متوسط}}{\text{توان تراکتور برحسب اسب بخار} \times \text{تعداد ساعات کارکرد تراکتور}}$$

$$\frac{4160}{800 \times 40} = 0.13 \text{ لیتر بر اسب در ساعت}$$

با محاسبه مصرف مخصوص متوسط، کل مصرف سالیانه سوخت بستگی به تعداد ساعات کار تراکتور یعنی n' در سال خواهد داشت. به عنوان مثال چنانچه تراکتور ۸۰۰ ساعت در سال کار کند مصرف سوخت عبارت است از:

$$\text{لیتر گازوئیل} = 0.13 \times 40 \times 800 = 4160$$

به‌طور کلی چنانچه P قدرت تراکتور برحسب اسب بخار، n' تعداد ساعات کار آن در سال، L_s مصرف مخصوص متوسط تراکتور برحسب لیتر بر اسب در ساعت و بالاخره F قیمت هر لیتر سوخت باشد هزینه سالیانه مربوط به سوخت (L_f) عبارتست از:

$$L_f = P \times n' \times L_s \times F \quad (7-4)$$

جدول ۷-۱ مقادیر مصرف مخصوص تراکتورهای مختلف را برحسب لیتر بر اسب در ساعت برای محاسبه میزان سوخت مصرفی در اختیار می‌گذارد.

در خصوص محاسبه هزینه مصرف برق موتور محرک ماشین‌هایی که با برق کار می‌کنند می‌توان از روی مقدار کیلووات ساعت برق مصرفی W و قیمت هر کیلووات ساعت برق F_1 و n' تعداد ساعات کار مؤثر در سال، هزینه سالانه مصرف برق (L_e) را تعیین کرد.

$$L_e = W = n' \times F_1 \quad (7-5)$$

جدول ۷-۱- مقادیر مصرف مخصوص تراکتورهای مختلف

نوع تراکتور	نوع سوخت	قدرت تراکتور به اسب	مصرف مخصوص بر حسب لیتر بر اسب در ساعت	
			تمام گاز	نیمه گاز
بنزین چهارزمانه	بنزین	۱۰	۰/۴۰۰	۰/۲۸۰
		۱۵	۰/۳۸۰	۰/۲۷۰
		۲۰	۰/۳۶۰	۰/۲۵۵
دیزل دوزمانه	گازوئیل	۱۰	۰/۳۳۰	۰/۱۹۰
		۱۵	۰/۳۰۰	۰/۱۷۵
		۲۰	۰/۲۷۵	۰/۱۶۰
دیزل چهارزمانه	گازوئیل	۳۵	۰/۳۴۰	۰/۱۳۵
		۴۰	۰/۲۳۵	۰/۱۳۰
		۴۵	۰/۲۳۰	۰/۱۲۵
		۵۰	۰/۲۲۵	۰/۱۲۵
		۶۰	۰/۲۲۵	۰/۱۲۵
		۷۰	۰/۲۲۰	۰/۱۲۵

۷-۳-۲- هزینه روغن جهت سرویس تراکتور: مصرف روغن برای سرویس تراکتورهای بنزینی چهارزمانه مساوی ۲/۵ لیتر در قبال مصرف ۱۰۰ لیتر بنزین و برای تراکتورهای دیزل چهارزمانه ۴ تا ۵ لیتر در قبال مصرف ۱۰۰ لیتر گازوئیل در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن این مقدار مصرف روغن و رعایت نسبت قیمت بنزین و گازوئیل هزینه روغن را می‌توان چنین محاسبه کرد:

— در تراکتورهای دیزل هزینه روغن مساوی ۵٪ هزینه سوخت محاسبه می‌شود.

— در تراکتورهای بنزینی هزینه روغن مساوی ۱۰٪ تا ۱۵٪ هزینه سوخت در نظر گرفته می‌شود

بنابراین هزینه سالیانه روغن با توجه به فرمول ۷-۴ داریم :

$$L_f = \frac{1}{5} \times P \times n' \times L_s \times F \quad (7-6) \text{ برای تراکتور دیزل}$$

$$L_o = \frac{1}{1} \times P \times n' \times L_s \times F \quad (7-7) \text{ برای تراکتور بنزینی}$$

۷-۳-۳ هزینه لاستیک تراکتور یا ماشین: عمر متوسط یک لاستیک معمولی تراکتور حدود ۳۰۰۰ ساعت کار است، در هر حال چنانچه قیمت لاستیک B در نظر گرفته شود، هزینه یک ساعت کار از نظر لاستیک $\frac{B}{3000}$ می‌شود چنانچه این نسبت را با K_4 نشان دهیم، هزینه مربوط به لاستیک برای n' ساعت کار تراکتور یا ماشین در سال مساوی است با :

$$K_4 \times n' = \text{هزینه سالانه کار لاستیک}$$

۷-۳-۴ هزینه نگهداری و سرویس: برای نگهداری و سرویس تراکتور غیر از روغن احتیاج به محصولاتی مانند گریس پودرهای شستشو، آب مقطر برای باطری، ضد یخ و غیره می‌باشد. بنابراین چنانچه K_5 هزینه مربوط به نگهداری و سرویس برای یک ساعت کار تراکتور باشد در n' ساعت در سال هزینه نگهداری و سرویس عبارت خواهد بود از :

$$K_5 \times n' = \text{هزینه سالانه سرویس و نگهداری}$$

۷-۳-۵ هزینه‌های مربوط به تعمیرات: صرف نظر از ضایعات احتمالی و سوانح اتفاقی، آهنگ طبیعی و معمولی تعمیرات یک تراکتور طبق برنامه‌ریزی به صورت جدول ۷-۲ بوده و هزینه‌های ساعتی آن در مورد یک تراکتور دیزل ۴۰ تا ۵۵ اسب بخار برحسب درصد قیمت خرید تراکتور برای یک ساعت کار آن ذکر گردیده است.

در جدول ۷-۳ نیز هزینه‌های سالیانه تعمیرات و ساعتی تعمیرات ماشین‌های مختلف کشاورزی نشان داده شده است.

به عنوان مثال برای تراکتور خریداری شده با قیمت ۵۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال، هزینه بازدید و تنظیم انژکتورها - بازدید پمپ انژکتور - تعویض پیستون‌ها و رینگ‌های آن، بازدید جعبه دنده و دیفرانسیل - بازدید دستگاه هیدرولیک - تعویض لنت‌های ترمز به صورت زیر حساب می‌شود :

$$50000000 \times \frac{0.005}{100} = \text{هزینه متوسط در ساعت برحسب درصد قیمت خرید}$$

$$= 50000000 \times \frac{0.005}{100} = 2500 \text{ ریال}$$

به عبارت دیگر به ازای هر ساعت کار این تراکتور (البته تا ۵۰۰۰ ساعت) باید مبلغ ۲۵۰۰ ریال بابت هزینه تعمیرات در نظر گرفت.

با توجه به نکات فوق و جداولی که ذکر شد چنانچه هزینه مربوط به تعمیرات را برای هریک ساعت کار تراکتور با k_e نشان دهیم، هزینه تعمیرات سالیانه برای n' ساعت کار آن در سال عبارت است از :

$$k_e \times n' = \text{هزینه تعمیرات سالانه}$$

۶-۳-۷- هزینه مربوط به رانندگی یا دستمزد راننده: چنانچه هزینه مربوط به رانندگی تراکتور را در هر ساعت با k_v نشان دهیم هزینه سالیانه برای n' ساعت کار در سال عبارت خواهد بود از :

$$k_v \times n' = \text{هزینه رانندگی}$$

جدول ۲-۷- هزینه‌های ساعتی تعمیرات یک تراکتور دیزل ۵۵-۴۰ اسب‌بخار برحسب درصد قیمت خرید

تعداد ساعات کار از ابتدا	تعمیرات و بازدیدها	هزینه متوسط در ساعت برحسب درصد قیمت خرید
۵۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها - بازدید قسمت‌های برقی تراکتور	۰/۰۰۰۳
۱۰۰۰ ساعت	تنظیم فیلر سوپاپ‌ها - بازدید و تنظیم انژکتورها بازدید پمپ انژکتور - بازدید قسمت‌های برقی تراکتور	۰/۰۰۰۷
۲۰۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها - تمیز کردن دینام و استارت - بازدید	۰/۰۰۰۵
۳۰۰۰ ساعت	باطری آب‌بندی سوپاپ‌ها - تعویض انژکتورها - بازدید پمپ انژکتور - بازدید جلوبندی و فرمان تراکتور - تعویض باطری	۰/۰۰۰۳
۴۰۰۰ ساعت	تعویض لنت‌های کلاچ - تعویض سوپاپ‌ها - تنظیم فیلر سوپاپ‌ها - بازدید و تنظیم انژکتورها - بازدید پمپ انژکتور	۰/۰۰۰۴
۵۰۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها - بازدید پمپ انژکتور - تعویض پیستون‌ها و رینگ‌های آن - بازدید جعبه دنده و دیفرانسیل - بازدید دستگاه هیدرولیک - تعویض لنت‌های ترمز	۰/۰۰۰۵
۶۰۰۰ ساعت	تنظیم فیلر سوپاپ‌ها - تعویض انژکتورها - بازدید جلوبندی و فرمان تراکتور - بازدید دستگاه برقی تراکتور - تعویض باطری - تعویض سوپاپ‌ها	۰/۰۰۰۵
۷۰۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها - بازدید پمپ انژکتور - بازدید قسمت‌های برقی - بازدید موتور	۰/۰۰۰۵
۸۰۰۰ ساعت	آب‌بندی سوپاپ‌ها - بازدید و تنظیم انژکتورها - بازدید جلوبندی و فرمان تراکتور	۰/۰۰۰۵

جدول ۳-۷- هزینه‌های سالیانه و ساعتی تعمیرات برحسب درصد قیمت خرید ماشین‌های مختلف کشاورزی

هزینه‌های سالیانه تعمیرات		نوع ماشین
در ساعت برحسب درصد قیمت خرید	در سال برحسب درصد قیمت خرید برای یک واحد زراعی ۵۰ هکتاری	
۰/۰۴	۱۰	گاوا آهن - کولتیواتور - گاوا آهن بشقابی
۰/۰۱ تا ۰/۰۲	۷	هرس (چنگه) - دیسک
۰/۰۲	۳	غلطک دندانه‌دار
۰/۰۱	۱/۵	غلطک معمولی
۰/۰۶	۷	وجین کردن و سله‌شکن
۰/۰۴	۵	گاوا آهن پنجه‌غازی
۰/۰۵	۵	سم‌پاش
۰/۰۱	۶/۵	کودپاش
۰/۰۲	۲/۵	بذرپاش
۰/۰۳	۳/۵	نشاکار
۰/۰۴	۱۰	علف‌بر
۰/۰۱	۳/۵	ردیف‌کن
۰/۰۲	۵	ردیف‌کن (ولوکن)
—	۵	درو و خردکن (چاپر)
۰/۰۱۵	۳	بسته‌بند
۰/۰۲	۳ تا ۵	کمباین غلات (چین‌کوب)
۰/۰۷	۱۰ تا ۵	چغندرکن یا سیب‌زمینی‌کن
—	۳/۵	کودپاش دامی
۰/۱۵	۳/۵	چنگال هیدرولیکی
۰/۰۰۵	۱/۵	وسایل نقلیه کشاورزی
۰/۰۰۵	—	تراکتور دیزل معمولی (۴۰ تا ۶۰ اسب)

با توجه به موارد مذکور هزینه‌های مستمر سالیانه مربوط به کار یک تراکتور دیزل از فرمول زیر به‌دست می‌آید :

هزینه جاری سالیانه = هزینه سوخت سالیانه + هزینه روغن سالیانه + هزینه لاستیک + هزینه سرویس و نگهداری سالیانه + هزینه سالیانه تعمیرات + هزینه سالیانه رانندگی

$$C_Y = 1/5(p \times n' \times L_s \times F) + n'(k_f + k_d + k_e + k_v) \quad (7-8)$$

حال با توجه به فرمول‌های ۸-۳ و ۸-۸ می‌توان کل هزینه‌های ثابت و مستمر را در مورد تراکتور محاسبه کرد.

$$C_t = C_1 + C_Y = D + I + k_1 + k_Y + k_3 \quad (7-9)$$

$$+ 1/5(p \times n \times L_s \times F) + n'(k_f + k_d + k_e + k_v)$$

فرمول ۷-۹ که هزینه‌های مربوط به تراکتور را نشان می‌دهد یک فرمول کلی است برای این که هزینه‌های یک تراکتور یا یک ماشین بخصوص کشاورزی را محاسبه کرد کافی است که به‌جای اجزای مربوطه آن ارقام لازم آن را قرار داد. بدیهی است بسته به این که این فرمول در مورد یک ماشین دنباله‌بند به کار برده شود برخی از اجزای آن از قبیل سوخت و روغن، رانندگی مساوی صفر در نظر گرفته می‌شود.

۷-۴- مدت زمان استفاده از تراکتور در سال

تعداد ساعات استفاده از تراکتور یا هر ماشین کشاورزی در سال برحسب شرایط کار و نوع محصولات کشت شده در هر واحد زراعی متفاوت است. به‌عنوان مثال در جدول ۷-۴ مدت زمان استفاده از یک

جدول ۷-۴- مدت زمان استفاده از

تراکتور در کشت‌های مختلف

نام زراعت	مدت زمان
- چغندر قند	۵۰ تا ۶۰ ساعت
- ذرت دانه‌ای	۵۰ تا ۶۰ ساعت
- سیب‌زمینی	۴۵ تا ۵۵ ساعت
- کلزا	۴۰ ساعت
- نخود	۳۵ ساعت
- کتان	۲۵ ساعت
- گندم	۱۵ تا ۲۰ ساعت
- موکاری	۴۵ تا ۵۵ ساعت
- مرتع مصنوعی	۱۲ تا ۱۵ ساعت
- مرتع دائمی	۵ تا ۸ ساعت

تراکتور دیزل ۴۰ تا ۵۵ اسب برای هر هکتار زراعت‌های مختلف در سال در یک مزرعه داده شده است.

۷-۵- محاسبه هزینه سالیانه کار ماشین‌های کشاورزی

هزینه کار با ماشین‌های کشاورزی برحسب این که خودرو یا دنباله‌بند تراکتور باشند. به گونه‌ای متفاوت محاسبه می‌شود که به شرح آن‌ها در زیر می‌پردازیم:

۷-۵-۱- محاسبه هزینه سالیانه کار یک ماشین کشاورزی خودرو: محاسبه هزینه کار ماشین‌های کشاورزی خودرو از قبیل کمباین‌های محصولات کشاورزی مانند محاسبه هزینه کار تراکتور می‌باشد که در فرمول ۷-۹ ارائه شده است. فقط در این موارد لازم است به جای قیمت تراکتور، قیمت کمباین و به جای مدت استهلاک تراکتور مدت استهلاک کمباین در نظر گرفته شود. محاسبه هزینه‌های سوخت و روغن و سرویس و تعمیرات و رانندگی کمباین هم مانند محاسبه هزینه‌های همین موارد در تراکتور می‌باشد.

۷-۵-۲- محاسبه هزینه سالیانه کار یک ماشین دنباله‌بند: هزینه سالیانه کار ماشین‌های کشاورزی دنباله‌بند از قبیل گاواهن، دیسک، بذرکار، کودپاش، سمپاش و غیره که با تراکتور کشیده می‌شوند شامل دو جزء به شرح زیر است:

الف - هزینه کار تراکتوری که ماشین را کشیده یا به حرکت می‌اندازد که طبق فرمول ۷-۹ محاسبه می‌شود.

ب - هزینه کار ماشین کشاورزی دنباله‌بند طبق فرمول ۷-۹ محاسبه می‌گردد با این تفاوت که در فرمول قسمت‌های مربوط به هزینه سوخت و روغن و هزینه رانندگی در نظر گرفته نمی‌شود. هزینه‌های مربوط به سرویس و تعمیرات طبق دفترچه‌های راهنمای سرویس و تعمیرات ماشین کشاورزی مورد نظر محاسبه می‌شود و در صورتی که برای کار ماشین نیاز به استفاده از نیروی انسانی باشد (مانند سیب‌زمینی کار یا نشاکار) هزینه دستمزد کارگران به جای هزینه راننده منظور می‌گردد.

با توجه به مراتب فوق فرمول ۷-۹ برای ماشین‌های دنباله‌بند به صورت زیر می‌باشد:

$$C_m = D + I + k_1 + k_2 + k_3 + n'(k_4 + k_5 + k_6 + k_7) \quad (7-10)$$

که در آن

C_m = هزینه‌های ثابت و جاری سالیانه ماشین‌های کشاورزی برحسب ریال

D = استهلاک سالیانه

I = سود سالانه سرمایه

n = تعداد سال‌های استفاده از ماشین‌های کشاورزی

k_1 = هزینه بیمه سالیانه ماشین به ریال

k_2 = هزینه مربوط به مالیات و عوارض سالیانه، ماشین به ریال

k_3 = هزینه مربوط به گاراژ یا هانگار نگهداری ماشین کشاورزی در سال به ریال

k_4 = هزینه لاستیک برای یک ساعت کار ماشین به ریال (در صورت داشتن چرخ لاستیکی)

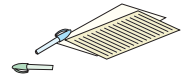
k_5 = هزینه مربوط به نگهداری و سرویس برای یک ساعت کار ماشین به ریال

k_6 = هزینه مربوط به تعمیرات برای یک ساعت کار ماشین به ریال

k_7 = هزینه مربوط به دستمزد کارگران در صورت داشتن (به عنوان مثال در ماشین غده کار

سیب‌زمینی یا نشاکار نیاز به وجود کارگران برای عملیات کاشت می‌باشد)

n' = تعداد ساعات کار ماشین در سال



تمرین

۱- اصطلاحات زیر را تعریف کنید.

ترازنامه، بدهی‌های جاری، دوره مالی، نرخ سود

۲- چهار هزینه ثابت و هزینه متغیر تراکتور را نام ببرید.

۳- دو هدف عمده از تخمین استهلاک را بنویسید.

۴- قیمت یک تراکتور نو متداول در منطقه را به دست آورده استهلاک سالانه آن را تعیین کنید

(عمر مفید ۱۵ سال فرض شود).

۵- سود سرمایه خرید یک دستگاه کمباین را با قیمت‌های روز تعیین کنید.

۶- هزینه ثابت و جاری یک دستگاه تراکتور زراعی را با قیمت‌های روز تعیین کنید.

پیوست‌ها

جدول ۱- تبدیل واحدها. برای تبدیل واحدها سمت چپ به واحدها وسط، مضارب سمت راست را به آن ضرب کنید.

طول			وزن مخصوص		
(اینچ) (in)	میلی‌متر (mm)	۲۵/۴	N/m^2	kgf/ft^2	۱۶۰
(فوت) (ft)	متر (m)	۰/۳۰۵	N/m^2	kgf/m^3	۹/۸۱ (۱۰) صنعت
(یارد) (Yd)	متر (m)	۰/۹۱۲	kgf/m^2	kgf/ft^2	۱۶
مایل امریکایی (mi)	متر (m)	۱۶۰۹/۳	لنگر یا گشتاور		
مایل (mi)	متر (m)	۱۸۵۲	ton.m	kip.ft	۰/۱۳۸۴
جرم			kN.m	kip.ft	۱/۳۸۴
(lbm)	(kgm)	۰/۴۵۴	kN.m	ton.m	۹/۸۱ (۱۰) صنعت
پوند جرم	کیلوگرم جرم				
اسلاگ	(kgm)	۱۴/۶	kgf.cm	lb.in	۱/۱۵۳
تنش یا فشار			N.mm	lb.in	۱۱۵/۳
			N.mm	kgf.cm	۱۰۰
PSI N/mm^2	۰/۰۰۶۹	(۰/۰۰۷) صنعت	نیرو		
PSF	N/mm^2	۰/۰۰۰۰۴۸	(N)	(lb.f)	۴/۴۵
kg/cm^2	N/mm^2	۰/۰۹۸۱ (۰/۱) صنعت	(N)	(kgf)	۹/۸۱ (۱۰) صنعت
PSI	kg/cm^2	۰/۰۷	(kgf)	(lb.f)	۰/۴۵۴
PSF	kg/cm^2	۰/۰۰۰۰۴۹	کیلوگرم نیرو	پوند نیرو	
			سطح		
متر ارتفاع آب	kg/cm^2	۰/۱	میلی‌متر مربع	(mm^2)	۶۵۴/۱۶
متر ارتفاع آب	N/mm^2	۰/۰۱	(m^2)	(ft^2)	۰/۰۹۳
متر ارتفاع آب	PSI	۱/۴۳	(m^2)	(Yd ²)	۰/۸۳۶

جدول ۲- واحدهای فرعی SI

کمیت	نشانه‌ی واحد یا اختصار جایی که از شکل اصلی متفاوت است	واحد بیان شده برحسب واحدهای اساسی یا تکمیلی
مساحت	Hz	m^2
حجم		m^3
فرکانس		s^{-1}
غلظت		kg/m^3
سرعت		m/s
سرعت زاویه‌ای		rad/s
شتاب		m/s^2
شتاب زاویه‌ای		rad/s^2
دبی حجمی		m^3/s
نیرو		$kg.m/s^2$
کشش سطحی	N	kg/s^2
فشار		$kg/m.s^2$
کار، گشتاور، انرژی، مقدار گرما	$N/m, J/m^2$	$kg.m^2/s^2$
	$N/m^2, Pa$	$kg.m^2/s^2$
توان، شار گرمایی	$J, N.m, W.s$	$kg.m^2/s^2$
	$W, J/s$	$kg.m^2/s^2$

جدول ۳- اجزا و اضعاف یکاها

پیشوند	مضرب	نماد	پیشوند	مضرب	نماد
دسی	$\frac{1}{10} = 10^{-1}$	d	دکا	10	da
سانتی	$\frac{1}{100} = 10^{-2}$	c	هکتو	100	h
میلی	$\frac{1}{1000} = 10^{-3}$	m	کیلو	1000	k
میکرو	$\frac{1}{10^6} = 10^{-6}$	μ	مگا	10^6	M
نانو	$\frac{1}{10^9} = 10^{-9}$	n	گیگا	10^9	G
پیکو	$\frac{1}{10^{12}} = 10^{-12}$	p	ترا	10^{12}	T

جدول ۴

DIN 7154 T1 (8.66) مقایسه با		ISO - تطبیقات																									
مسیستم ثبوت سوراخ																		انحراف اندازه به μm (1 μm = 0,001 mm)									
محدوده اندازه اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح داخلی تطابق H6	سطح خارجی تطابق					سطح داخلی تطابق H7	سطح خارجی تطابق																			
		میدان تراتس						میدان تراتس																			
		لث	محوری	پرسی	لث	محوری		پرسی	لث	محوری	پرسی	لث	محوری	پرسی													
		h5	j6	k6	n5	p5		f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	s6											
1...3	+ 6 0	0 - 4	+ 4 - 2	+ 6 0	+ 8 + 4	+ 10 + 6	+ 10 0	- 6 - 16	- 2 - 8	0 - 6	+ 4 - 2	+ 6 0	+ 8 + 2	+ 10 + 4	+ 16 + 10	+ 20 + 14											
3...6	+ 8 0	0 - 5	+ 6 - 2	+ 9 + 1	+ 13 + 8	+ 17 + 12	+ 12 0	- 10 - 22	- 4 - 12	0 - 8	+ 6 - 2	+ 9 + 1	+ 12 + 4	+ 16 + 8	+ 23 + 15	+ 27 + 19											
6...10	+ 9 0	0 - 6	+ 7 - 2	+ 10 + 1	+ 16 + 10	+ 21 + 15	+ 15 0	- 13 - 28	- 5 - 14	0 - 9	+ 7 - 2	+ 10 + 1	+ 15 + 6	+ 19 + 10	+ 28 + 19	+ 32 + 23											
10...14	+ 11 0	0 - 8	+ 8 - 3	+ 12 + 1	+ 20 + 12	+ 26 + 18	+ 18 0	- 16 - 34	- 6 - 17	0 - 11	+ 8 - 3	+ 12 + 1	+ 18 + 7	+ 23 + 12	+ 34 + 23	+ 39 + 28											
14...18																											
18...24	+ 13 0	0 - 9	+ 9 - 4	+ 15 + 2	+ 24 + 15	+ 31 + 22	+ 21 0	- 20 - 41	- 7 - 20	0 - 13	+ 9 - 4	+ 15 + 2	+ 21 + 8	+ 28 + 15	+ 41 + 28	+ 48 + 35											
24...30																											
30...40	+ 16 0	0 - 11	+ 11 - 5	+ 18 + 2	+ 28 + 17	+ 37 + 26	+ 25 0	- 25 - 50	- 9 - 25	0 - 16	+ 11 - 5	+ 18 + 2	+ 25 + 9	+ 33 + 17	+ 50 + 34	+ 59 + 43											
40...50																											
50...65	+ 19 0	0 - 13	+ 12 - 7	+ 21 + 2	+ 33 + 20	+ 45 + 32	+ 30 0	- 30 - 60	- 10 - 29	0 - 19	+ 12 - 7	+ 21 + 2	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 60 + 41	+ 72 + 53											
65...80																											
80...100	+ 22 0	0 - 15	+ 13 - 9	+ 25 + 3	+ 38 + 23	+ 52 + 37	+ 35 0	- 36 - 71	- 12 - 34	0 - 22	+ 13 - 9	+ 25 + 3	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 73 + 51	+ 93 + 71											
100...120																											
120...140	+ 25 0	0 - 18	+ 14 - 11	+ 28 + 3	+ 45 + 27	+ 61 + 43	+ 40 0	- 43 - 83	- 14 - 39	0 - 25	+ 14 - 11	+ 28 + 3	+ 40 + 15	+ 52 + 27	+ 88 + 63	+ 117 + 92											
140...160																											
160...180																											
180...200	+ 29 0	0 - 20	+ 16 - 13	+ 33 + 4	+ 51 + 31	+ 70 + 50	+ 46 0	- 50 - 96	- 15 - 44	0 - 29	+ 16 - 13	+ 33 + 4	+ 46 + 17	+ 60 + 31	+ 106 + 80	+ 151 + 130											
200...225																											
225...250																											
250...280	+ 32 0	0 - 23	+ 16 - 16	+ 36 + 4	+ 57 + 34	+ 79 + 56	+ 52 0	- 56 - 108	- 17 - 49	0 - 32	+ 16 - 16	+ 36 + 4	+ 52 + 20	+ 66 + 34	+ 125 + 98	+ 190 + 170											
280...315																											
315...355	+ 36 0	0 - 25	+ 18 - 18	+ 40 + 4	+ 62 + 37	+ 87 + 62	+ 57 0	- 62 - 119	- 18 - 54	0 - 36	+ 18 - 18	+ 40 + 4	+ 57 + 21	+ 73 + 37	+ 144 + 108	+ 226 + 190											
355...400																											
400...450	+ 40 0	0 - 27	+ 20 - 20	+ 45 + 5	+ 67 + 40	+ 95 + 67	+ 63 0	- 68 - 131	- 20 - 60	0 - 40	+ 20 - 20	+ 45 + 5	+ 63 + 23	+ 80 + 40	+ 166 + 126	+ 272 + 232											
450...500																											

ادامہ جدول ۴

DIN 7154 T1 (8.66)مطابق با

ISOمطابق با

میزان تواتر سوراخ

(1 μm = 0,001 mm) μm

محلوله تفاوت اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح داخلی تفاوت H8	سطح خارجی تفاوت						سطح داخلی تفاوت H11	سطح خارجی تفاوت					
		میدان تقریبی							میدان تقریبی					
		تفاوت							تفاوت					
		d9	e8	h9	k8	x8		e11	c11	d9	h11	h9		
1...3	+14 0	-20 -45	-14 -28	0 -25	- -	+34 +20	+60 0	-270 -330	-60 -120	-20 -45	0 -60	0 -25		
3...6	+18 0	-30 -60	-20 -38	0 -30	- -	+46 +28	+75 0	-270 -345	-70 -145	-30 -60	0 -75	0 -30		
6...10	+22 0	-40 -76	-25 -47	0 -36	- -	+56 +34	+90 0	-280 -370	-80 -170	-40 -76	0 -90	0 -36		
10...14	+27 0	-50 -93	-32 -59	0 -43	- -	+67 +40	+110 0	-290 -400	-95 -205	-50 -93	0 -110	0 -43		
14...18					- -	+72 +45								
18...24	+33 0	-65 -117	-40 -73	0 -52	- -	+87 +54	+130 0	-300 -430	-110 -240	-65 -117	0 -130	0 -52		
24...30					+81 +48	+97 +64								
30...40	+39 0	-80 -142	-50 -89	0 -62	+99 +60	+119 +80	+160 0	-310 -470	-120 -280	-80 -142	0 -160	0 -62		
40...50					+109 +70	+136 +97		-320 -480	-130 -290					
50...65	+45 0	-100 -174	-60 -106	0 -74	+133 +87	+168 +122	+190 0	-340 -530	-140 -330	-100 -174	0 -190	0 -74		
65...80					+148 +102	+192 +146		-360 -550	-150 -340					
80...100	+54 0	-120 -207	-72 -126	0 -87	+178 +124	+232 +178	+220 0	-380 -600	-170 -390	-120 -207	0 -220	0 -87		
100...120					+188 +144	+264 +210		-410 -630	-180 -400					
120...140	+63 0	-145 -245	-85 -148	0 -100	+233 +170	+311 +248	+250 0	-460 -710	-200 -450	-145 -245	0 -250	0 -100		
140...160					+253 +190	+343 +280		-520 -770	-210 -460					
160...180					+273 +210	+373 +310		-580 -830	-230 -480					
180...200	+72 0	-170 -285	-100 -172	0 -115	+308 +236	+422 +350	+290 0	-660 -950	-240 -530	-170 -285	0 -290	0 -115		
200...225					+330 +258	+457 +385		-740 -1030	-260 -550					
225...250					+356 +284	+487 +425		-820 -1110	-280 -570					
250...280	+81 0	-190 -320	-110 -191	0 -130	+396 +315	+556 +475	+320 0	-920 -1240	-300 -620	-190 -320	0 -320	0 -130		
280...315					+431 +350	+606 +525		-1050 -1370	-330 -650					
315...355	+89 0	-210 -350	-125 -214	0 -140	+479 +390	+679 +590	+360 0	-1200 -1560	-360 -720	-210 -350	0 -360	0 -140		
355...400					+524 +435	- -		-1350 -1710	-400 -760					
400...450	+97 0	-230 -385	-135 -232	0 -155	+587 +490	- -	+400 0	-1500 -1900	-440 -840	-230 -385	0 -400	0 -155		
450...500					+637 +540	- -		-1650 -2050	-480 -880					

جدول ۵

تطبیقات - ISO													
مطابق با (8.66) DIN 7166 T1													
میدان ثبوت میله													
تفاوت اندازه به μm (1 $\mu m = 0,001 mm$)													
محدوده اندازه اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح خارجی تطبیقات H۷	سطح داخلی تطبیقات							سطح خارجی تطبیقات H11	سطح داخلی تطبیقات			
		میدان تلراتس								میدان تلراتس			
		لقی								لقی			
		C11	D10	E9	F8	H11	H8	P9		A11	C11	D11	H11
1...3	0 - 25	+120 + 60	+ 60 + 20	+ 39 + 14	+ 20 + 6	+ 60 0	+14 0	- 6 - 31	0 - 60	+ 330 + 270	+120 + 60	+ 80 + 20	+ 60 0
3...6	0 - 30	+145 + 70	+ 78 + 30	+ 50 + 20	+ 28 + 10	+ 75 0	+18 0	- 12 - 42	0 - 75	+ 345 + 270	+145 + 70	+106 + 30	+ 75 0
6...10	0 - 35	+170 + 80	+ 98 + 40	+ 61 + 25	+ 35 + 13	+ 90 0	+22 0	- 15 - 51	0 - 90	+ 370 + 280	+170 + 80	+130 + 40	+ 90 0
10...18	0 - 43	+205 + 95	+120 + 50	+ 75 + 32	+ 43 + 16	+110 0	+27 0	- 18 - 61	0 - 110	+ 400 + 290	+205 + 95	+160 + 50	+110 0
18...30	0 - 52	+240 +110	+149 + 65	+ 92 + 40	+ 53 + 20	+130 0	+33 0	- 22 - 74	0 - 130	+ 430 + 300	+240 +110	+195 + 65	+130 0
30...40	0 - 62	+280 +120	+180 + 80	+112 + 50	+ 64 + 25	+160 0	+39 0	- 26 - 88	0 - 160	+ 470 + 310	+280 +120	+240 + 80	+160 0
40...50	0 - 74	+290 +130	+180 + 80	+112 + 50	+ 64 + 25	+160 0	+39 0	- 26 - 88	0 - 160	+ 470 + 310	+280 +120	+240 + 80	+160 0
50...65	0 - 74	+330 +140	+220 +100	+134 + 60	+ 76 + 30	+190 0	+46 0	- 32 - 106	0 - 190	+ 530 + 340	+330 +140	+290 +100	+190 0
65...80	0 - 87	+340 +150	+220 +100	+134 + 60	+ 76 + 30	+190 0	+46 0	- 32 - 106	0 - 190	+ 530 + 340	+330 +140	+290 +100	+190 0
80...100	0 - 87	+390 +170	+260 +120	+159 + 72	+ 90 + 36	+220 0	+54 0	- 37 - 124	0 - 220	+ 600 + 380	+390 +170	+340 +120	+220 0
100...120	0 - 87	+400 +180	+260 +120	+159 + 72	+ 90 + 36	+220 0	+54 0	- 37 - 124	0 - 220	+ 600 + 380	+390 +170	+340 +120	+220 0
120...140	0 - 100	+450 +200	+306 +145	+185 + 85	+106 + 43	+250 0	+63 0	- 43 - 143	0 - 250	+ 710 + 460	+450 +200	+396 +145	+250 0
140...160	0 - 100	+460 +210	+306 +145	+185 + 85	+106 + 43	+250 0	+63 0	- 43 - 143	0 - 250	+ 710 + 460	+450 +200	+396 +145	+250 0
160...180	0 - 115	+480 +230	+306 +145	+185 + 85	+106 + 43	+250 0	+63 0	- 43 - 143	0 - 250	+ 710 + 460	+450 +200	+396 +145	+250 0
180...200	0 - 115	+530 +240	+365 +170	+215 +100	+122 + 50	+290 0	+72 0	- 50 - 166	0 - 290	+ 860 + 580	+530 +240	+460 +170	+290 0
200...225	0 - 115	+550 +260	+365 +170	+215 +100	+122 + 50	+290 0	+72 0	- 50 - 166	0 - 290	+ 860 + 580	+530 +240	+460 +170	+290 0
225...250	0 - 130	+570 +280	+365 +170	+215 +100	+122 + 50	+290 0	+72 0	- 50 - 166	0 - 290	+ 860 + 580	+530 +240	+460 +170	+290 0
250...280	0 - 130	+620 +300	+400 +190	+240 +110	+137 + 56	+320 0	+81 0	- 56 - 186	0 - 320	+ 960 + 660	+620 +300	+510 +190	+320 0
280...315	0 - 130	+650 +330	+400 +190	+240 +110	+137 + 56	+320 0	+81 0	- 56 - 186	0 - 320	+ 960 + 660	+620 +300	+510 +190	+320 0
315...360	0 - 140	+720 +360	+440 +210	+265 +125	+151 + 62	+360 0	+89 0	- 62 - 202	0 - 360	+1060 +1200	+720 +360	+570 +210	+360 0
360...400	0 - 140	+760 +400	+440 +210	+265 +125	+151 + 62	+360 0	+89 0	- 62 - 202	0 - 360	+1060 +1200	+720 +360	+570 +210	+360 0
400...450	0 - 155	+840 +440	+480 +230	+290 +135	+165 + 68	+400 0	+97 0	- 68 - 223	0 - 400	+1200 +1500	+840 +440	+630 +230	+400 0
450...500	0 - 155	+880 +480	+480 +230	+290 +135	+165 + 68	+400 0	+97 0	- 68 - 223	0 - 400	+1200 +1500	+840 +440	+630 +230	+400 0










ادامہ جدول ۵

DIN 7155 T1 (8.66) مقاييس با		ISO - المقاييس																
(1 μm = 0,001 mm) μm الحراف الفاق، به		ميسم ثوت ميله																
محتوده الاقارء اسمى تا ... يشر اق mm	سطح اخارجى الاقارء H/S	سطح داخلى الاقارء					سطح اخارجى الاقارء h/s	سطح داخلى الاقارء										
		ميدان تاراس						ميدان تاراس										
		لنى	عورى	پرسى				لنى	عورى	پرسى								
		H6	J6	M6	N6	P6		F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	R7	S7		
1...3	0 - 4	+ 6 0	+ 2 - 4	- 2 - 8	- 4 -10	- 6 -12	0 - 6	+ 16 + 6	+12 + 2	+10 0	+ 4 - 6	0 -10	- 2 -12	- 4 -14	- 10 - 20	- 18 - 24		
3...6	0 - 5	+ 8 0	+ 5 - 3	- 1 - 9	- 5 -13	- 9 -17	0 - 8	+ 22 + 10	+16 + 4	+12 0	+ 6 - 6	+ 3 - 9	0 -12	- 4 -16	- 11 - 23	- 15 - 27		
6...10	0 - 6	+ 9 0	+ 5 - 4	- 3 -12	- 7 -16	-12 -21	0 - 9	+ 28 + 13	+20 + 5	+15 0	+ 8 - 7	+ 5 -10	0 -15	- 4 -19	- 13 - 28	- 17 - 32		
10...18	0 - 8	+11 0	+ 6 - 5	- 4 -15	- 9 -20	-15 -26	0 -11	+ 34 + 16	+24 + 6	+18 0	+10 - 8	+ 6 -12	0 -18	- 5 -23	- 16 - 34	- 21 - 39		
18...30	0 - 9	+13 0	+ 8 - 5	- 4 -17	-11 -24	-18 -31	0 -13	+ 41 + 20	+28 + 7	+21 0	+12 - 9	+ 6 -15	0 -21	- 7 -28	- 20 - 41	- 27 - 48		
30...40	0	+16	+10	- 4	-12	-21	0	+ 50	+34	+25	+14	+ 7	0	- 8	- 25	- 34		
40...50	-11	0	- 6	-20	-28	-37	-16	+ 25	+ 9	0	-11	-18	-25	-33	-50	-59		
50...65	0	+19	+13	- 5	-14	-26	0	+ 60	+40	+30	+18	+ 9	0	- 9	- 30	- 42		
65...80	-13	0	- 6	-24	-33	-45	-19	+ 30	+10	0	-12	-21	-30	-39	-58	-72		
80...100	0	+22	+16	- 6	-16	-30	0	+ 71	+47	+35	+22	+10	0	-10	- 38	- 58		
100...120	-15	0	- 6	-28	-38	-52	-22	+ 36	+12	0	-13	-25	-35	-45	-73	-93		
120...140	0	+25	+18	- 8	-20	-36	0	+ 83	+54	+40	+26	+12	0	-12	- 48	- 77		
140...160	-18	0	- 7	-33	-45	-61	-25	+ 43	+14	0	-14	-28	-40	-52	-88	-117		
160...180															- 50	- 85		
180...200	0	+29	+22	- 8	-22	-41	0	+ 96	+61	+46	+30	+13	0	-14	- 90	-125		
200...225	-20	0	- 7	-37	-51	-70	-29	+ 50	+15	0	-16	-33	-46	-60	- 53	- 93		
225...250															- 67	-101		
250...280	0	+32	+25	- 9	-25	-47	0	+108	+69	+52	+36	+16	0	-14	- 78	-113		
280...315	-23	0	- 7	-41	-57	-79	-32	+ 56	+17	0	-16	-36	-52	-66	- 80	-106		
315...365	0	+36	+29	-10	-26	-51	0	+119	+75	+57	+39	+17	0	-16	- 63	- 93		
365...400	-25	0	- 7	-46	-62	-87	-36	+ 62	+18	0	-18	-40	-57	-73	- 80	-109		
400...450	0	+40	+33	-10	-27	-55	0	+131	+83	+63	+43	+18	0	-17	- 80	-109		
450...500	-27	0	- 7	-50	-67	-95	-40	+ 68	+20	0	-20	-45	-63	-80	- 80	-109		

جدول ۶ — جرم یک متر مربع برخی 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
	mkg/m ²	1.41	1.57	1.73	1.88	2.20	2.51	2.98	3.46	3.93	4.40
	s mm	0.63	0.75	0.88	1	1.13	1.25	1.38	1.5	1.75	2.0
	mkg/m ²	4.95	5.88	6.91	7.85	8.87	9.81	10.8	11.8	13.7	15.7
	s mm	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4	4.5	4.75	5	5.5
	mkg/m ²	17.7	19.6	21.6	23.6	27.5	31.4	35.3	37.3	39.3	43.2
	s mm	6	6.5	7	8	9	10	11	12	18	14
	mkg/m ²	47.2	51.1	55	62.9	70.7	78.6	86.5	94.3	102	110
ورق‌های آجدار فولادی بدون در نظر گرفتن آج	s mm	3	3 $\frac{1}{2}$	4	4 $\frac{1}{2}$	5	6	7	8	9	10
	mkg/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
	mkg/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
	mkg/m ²	6.67	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
	mkg/m ²	3.42	4.55	5.70	6.84	7.98	9.12	10.2	11.4	17.1	22.8
ورق‌های مس	smm	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6
	mkg/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
	mkg/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
	mkg/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
	mkg/m ²	5.95	6.8	7.65	8.5	10.2	11.9	13.6	15.3	17.0	21.2
ورق‌های آلومینیوم	s mm	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	mkg/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
	mkg/m ²	2.7	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	6.8	8.1	10.8	13.5

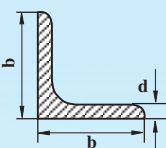
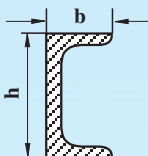
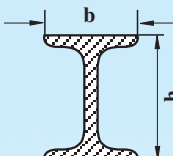
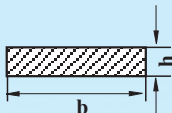
جدول ۷ - جرم یک متر از پروفیل‌های گرد، چهارگوش و شش‌گوش فولادی برحسب kg

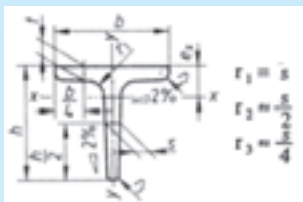
	1 ... 35				36 ... 70				71 ...105		
d l SW				d l SW				d l SW			
1	0.006	0.008	0.007	36	7.99	10.2	8.81	71	31.1	39.6	34.3
2	0.025	0.031	0.027	37	8.44	10.7	9.3	72	32.0	40.7	35.2
3	0.056	0.071	0.061	38	8.90	11.3	9.81	73	32.9	41.8	36.2
4	0.099	0.126	0.109	39	9.38	11.9	10.3	74	33.8	43.0	37.2
5	0.154	0.196	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 ۸ — جرم یک متر از لوله‌های فولادی برحسب kg

<p>لوله‌های معمولی</p>  <p>اندازه اسمی</p>	قطر آبدهی لوله برحسب اینچ	1 _a "	1 ₄ "	3 ₈ "	1 ₂ "	3 ₄ "	1"	1 ¹ / ₄ "
	قطر آبدهی لوله برحسب میلی‌متر	6	8	10	15	20	25	32
	تعداد دندانه 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 میلی‌متر	40	50	65	80	100	125	150
	تعداد دندانه 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
 <p>اندازه اسمی</p>	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
	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
<p>لوله‌های بدون درز</p>  <p>اندازه اسمی</p>	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 ۹ - جرم یک متر پاره‌ای از نیمه‌ساخته‌های فولادی بر حسب kg

									
$b \times b \times d$	kg/m	نمره	$h \times b$	kg/m	نمره	$h \times b$	kg/m	$h \times b$	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	20 × 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	25.1
90 × 90 × 9	12.2	550	550 × 200	167	550	550 × 200	167	90 × 50	35.3

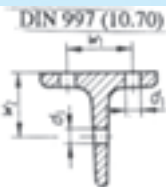


اندازه‌ها طبق S اندازه سطح مقطع

مان سطحی محوری درجه 2 I DIN 997 (10.70)

مدول سطحی محوری W

وزن طولی m'



مشخصه سه پری لبه بلند با ارتفاع 50mm از جنس St37-2 طبق DIN 17 100

T- DIN 1024 - St37 - 2 - T50 پروفیل

علامت کوتاه T	اندازه‌ها به mm		سطح - مقطع S cm ²	وزن - طولی m' kg/m	فاصله از محور x-x e _x cm	برای محورهای خم				اندازه‌ها به mm		
						x-x		y-y		w ₁	w ₂	d _I max.
						I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³			
20	20	3	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,20	0,20	–	–	3,2
25	25	3,5	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,43	0,34	15	14	3,2
30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,58	17	17	4,3
40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	2,58	1,29	21	22	6,4
50	50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	6,06	2,42	30	30	6,4
60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	12,2	4,07	34	35	8,4
80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	37,0	9,25	45	45	11
100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	88,3	17,7	60	60	13
120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	178	29,7	70	70	17
140	140	15	39,3	31,3	3,80	660	64,7	330	47,2	80	75	21

سه پری کف پهن

علامت کوتاه	اندازه‌ها به mm			سطح - مقطع S cm ²	وزن - طولی m' kg/m	فاصله از محور x-x e _x cm	برای محوره‌های خم				اندازه‌ها به mm	
	h	b	s = t				x-x		y-y		w ₁	d _I max.
							I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ⁴		
TB	h	b	s = t	cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ⁴	w ₁	max.
30	30	60	5,5	4,64	3,64	0,67	2,58	1,11	8,62	2,87	34	8,4
35	35	70	6	5,94	4,66	0,77	4,49	1,65	15,1	4,31	37	11
40	40	80	7	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	28,5	7,13	45	11
50	50	100	8,5	12,0	9,42	1,09	18,7	4,78	67,7	13,5	55	13
60	60	120	10	17,0	13,4	1,30	38,0	8,09	137	22,8	65	17

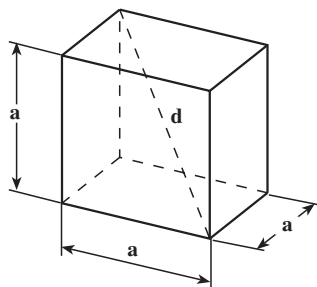
مشخصه سه پری کف پهن با ارتفاع 60mm از St44-2 طبق DIN 17 100 TB 60: DIN 1024 - St44 - 2 - TB پروفیل

در جدول زیر حجم با حرف V و سطح جانبی با حرف A_m و نیز سطح کل با حرف A_o نشان داده شده است و موارد دیگر در شکل‌ها مشخص می‌باشد.

جدول ۱۰ - احجام

$$V = a^3$$

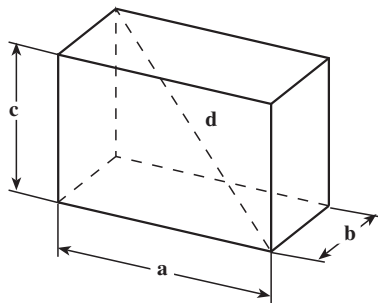
$$A_o = 6a^2$$



مکعب

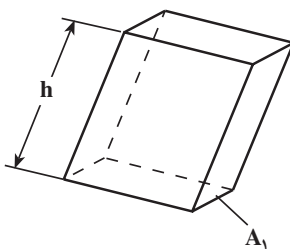
$$V = abc$$

$$A_o = 2(ab + ac + bc)$$



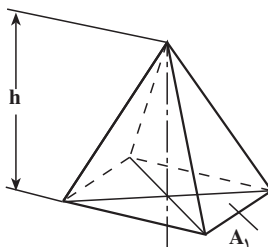
مکعب مستطیل

$$V = A_1 h$$



متوازی السطوح

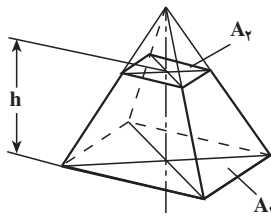
$$V = \frac{A_1 h}{3}$$



منشور

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

$$\approx h \frac{A_1 + A_2}{2}$$

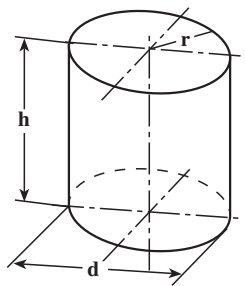


منشور ناقص

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

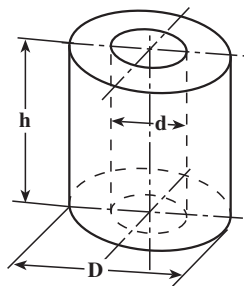
$$A_m = \pi r h$$

$$A_o = \pi r (r + h)$$



استوانه

$$V = \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2)$$



استوانه‌ی خالی

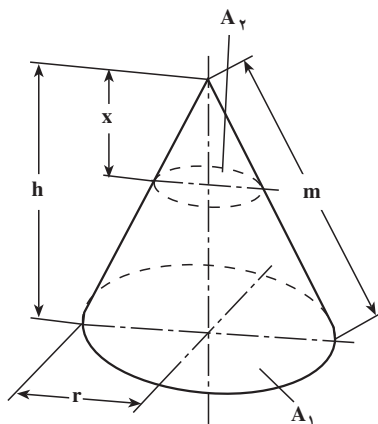
$$V = \frac{\pi}{3} r^2 h$$

$$A_m = \pi r m$$

$$A_o = \pi r (r + m)$$

$$m = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$A_2 : A_1 = z^2 : h^2$$

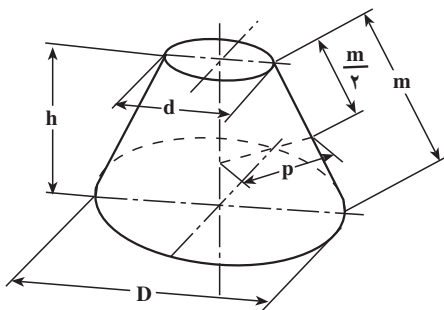


مخروط

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

$$A_m = \frac{\pi}{2} m (D + d) = 2\pi p h$$

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

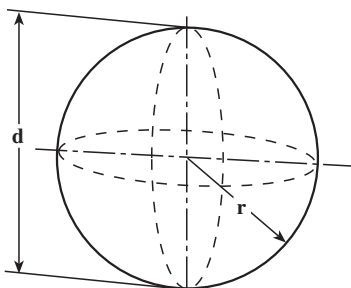


مخروط ناقص

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3$$

$$\approx 4/189 r^3$$

$$A_o = 4\pi r^2 = \pi d^2$$

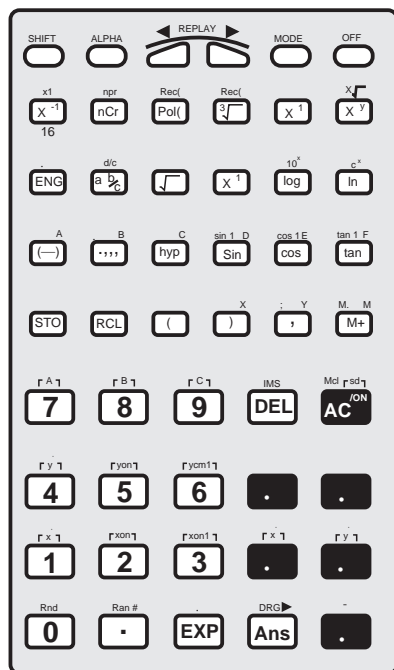


کره

روش استفاده از ماشین حساب مهندسی

روش کار با ماشین حساب‌های مهندسی مختلف با وجود تفاوت‌هایی که با یکدیگر دارند، معمولاً مشابه است که با کمی دقت می‌توان به تفاوت‌هایی برد. اولین اصلی که در کاربرد صحیح یک ماشین حساب مهندسی وجود دارد استفاده از دفترچه راهنمای آن می‌باشد. کاربر باید قبل از استفاده از ماشین حساب دفترچه راهنمای آن را به دقت مطالعه نماید تا روش کار صحیح با ماشین حساب مورد نظر را بیاموزد و تا زمانی که به کار با آن ماشین حساب تسلط کافی پیدا کند باید دفترچه راهنما را در دسترس داشته باشد تا در زمان لازم به آن رجوع کند.

در این جا اجرای چند عملیات ریاضی با یک ماشین حساب مهندسی نشان داده می‌شود که البته ممکن است شکل ظاهری این ماشین حساب (شکل زیر) و شاسی‌ها و چیدمان آن‌ها در این دستگاه با انواع دیگر کمی متفاوت باشد ولی اصول کار در همگی یکسان است.



در ابتدای امر باید به چند نکته توجه نمود :

تقریباً تمام شاسی‌های یک ماشین حساب دو تا سه کاره هستند. عمل اصلی هر شاسی روی آن حک شده است. عمل دومی که شاسی انجام می‌دهد معمولاً بالای آن و یا بالا سمت راست شاسی حک شده است که برای اجرای آن عمل ابتدا باید شاسی فعال‌سازی عمل دوم شاسی‌ها زده شود. این شاسی دارای رنگی متفاوت با شاسی‌های دیگر است و معمولاً در بالای صفحه شاسی‌ها قرار گرفته و بالای آن عبارت SHIFT یا عبارتی دیگر که در دفترچه معین شده نوشته شده است.

عموماً حالت کار در ماشین حساب‌ها را می‌توان تغییر داد و به‌طور مثال در حالت زاویه، گرادیان، رادیان، آمار و غیره قرار داد. با این کار محیط کار با ماشین حساب برای اجرای عملیات تعیین شده آماده می‌گردد و شاسی‌ها و اعداد به کار رفته در آن محیط عمل می‌کنند. تغییر حالت معمولاً با شاسی که روی آن عبارت MODE نوشته شده است انجام می‌شود. البته باید خاطر نشان کرد که برای تسلط کافی به تغییر حالت باید به دفترچه راهنما مراجعه نمود. ماشین حساب در حالت کار عادی باید در حالت (MODE) درجه (DEG) قرار داشته باشد.

نکته: هر وقت عبارت «E-» یا «MA ERROR» روی صفحه ظاهر شد این معنی را می‌دهد که محاسبه اشتباهی از نظر ریاضی به ماشین حساب داده شده است مانند تقسیم یک عدد بر صفر یا

گرفتن جذر یا ریشه زوج از یک عدد منفی.

در ادامه اجرای چند عملیات ریاضی که معمولاً برای دانش‌آموزان مورد نیاز است، نشان داده می‌شود.

۱- روشن (on) و خاموش (off) کردن ماشین حساب: برای روشن کردن، دکمه [AC/ON] و خاموش کردن از دکمه [OFF] استفاده می‌کنیم. همچنین به منظور صفر کردن سطر محاسبه نیز از دکمه [AC/ON] استفاده می‌شود.



خاموش :



روشن :



۲- صفر کردن سطر نوشته: از دکمه [AC/ON] استفاده کنید.

۳- اعداد به توان دو

مثال: ۳ به توان ۲ (۳^۲) :



$3 \cdot X^2 / . = 9$

۴- جذر فرجه دو عدد

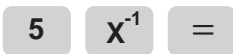
مثال: جذر ۴



$0 / . 4 / . = 2$

۵- یک تقسیم بر عدد (اینورس عدد)

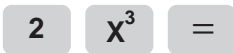
مثال: ۱/۵ یا ۵ به توان منهای یک :



$5 / . X^{-1} / . = 0.2$

۶- عدد به توان سه

مثال: ۲ به توان سه (۲^۳)



$2 \cdot X^3 / . = 8$

۷- جذر فرجه سه عدد

مثال: فرجه ۳ عدد ۸ :



$3 \sqrt{} 8 / . = 2$

۸- محاسبه مقدار عدد به توان دلخواه

مثال: ۲ به توان ۶ (۲^۶)

$$2 \quad X^Y \quad 6 \quad =$$

.۲.,X^Y.,۶.,=.

۹- جذر عدد با فرجه دلخواه

مثال: جذر فرجه ۴ عدد ۶:

$$4 \quad \text{SHIFT} \quad X^Y \quad 6 \quad =$$

.۴.,SHIFT.,X^Y.,۶.,=.

۱۰- لگاریتم مبنای ۱۰

مثال: لگاریتم مبنای ۱۰ عدد ۱۱ (log_{۱۰})

$$\log \quad 1 \quad 1 \quad =$$

.log.,۱.,۱.,=.

۱۱- لگاریتم مبنای نپر

مثال: لگاریتم نپر ۱۲ (ln 12)

$$\ln \quad 1 \quad 2 \quad =$$

.ln.,۱.,۲.,=.

۱۲- عدد e به توان دلخواه

مثال: عدد e به توان ۱ (e^۱)

$$\text{SHIFT} \quad \ln \quad 1 \quad =$$

.SHIFT.,ln.,۱.,=.

۱۳- ده به توان عدد دلخواه:

مثال: ۱۰ به توان منهای شش (۱۰^{-۶}):

$$\text{SHIFT} \quad \log \quad (-) \quad 6 \quad =$$

.SHIFT.,log.,(-).,۶.,=.

در این مورد می‌توان از روش دیگری هم استفاده کرد:

مثال: عدد ۱۰۰۰۰۰۰

.EXP.,۶.

مقداری که به رنگ قرمز نشان داده شده است تعداد صفر جلوی یک را نشان می‌دهد که این

عدد برای عدد کوچکتر از یک می‌تواند منفی هم باشد. مثلاً عدد ۰/۰۰۰۰۰۰۱ می‌شود:

.EXP.,(-).,۶.

برای نشان دادن عدد منفی از این دکمه (-). استفاده می‌شود.

$$\text{EXP} \quad 6 \quad =$$

$$\text{EXP} \quad (-) \quad 6 \quad =$$

۱۴- استفاده از دکمه ENG

از این دکمه معمولاً در تبدیلات استفاده می‌شود به این صورت که با هر بار فشردن این دکمه، عدد به صورت سه، شش یا نه رقم اعشار کوچک شده و متقابلاً در ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰۰۰ ضرب می‌شود. مثلاً در تبدیل یک مقدار بزرگ به مقادیر کیلو، مگا و گیگا:

$$123456789 \text{ ENG} / = 123456.789 * 10^3 = 123456.789 \text{ Kilo}$$

$$123456789 \text{ ENG} / \text{ ENG} / = 123.456789 * 10^6 = 123.456789 \text{ Mega}$$

$$123456789 \text{ ENG} / \text{ ENG} / \text{ ENG} / = 0.123456789 * 10^9 = 0.123456789 \text{ Giga}$$

۱۵- tan و cos.sin زوایا.

مثال: ۳۵ sin مثال: ۴۵ cos مثال: ۴۵ tan

$$\sin / . 3 / . 5 / . = / \quad \cos / . 4 / . 5 / . = / \quad \tan / . 4 / . 5 / . = /$$

Sin **3** **5** **=**

۱۶- اینورس زوایا (ARC)

مثال: ۳۵ / Arc sin °

$$\text{SHIFT} / \sin / . \% / . 3 / . 5 / . = /$$

SHIFT **Sin** **0** **1** **3** **5** **=**

۱۷- فرستادن عدد به حافظه

برای این منظور از دکمه [STO] استفاده می‌شود. این مدل دارای ۹ حافظه می‌باشد که با حروف A,B,C,D,E,F,X و به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

مثال: قراردادن عدد ۵ در حافظه D:

5 **STO** **Sin**

$$. 5 / \text{STO} / \sin /$$

۱۸- نشان دادن عدد ذخیره شده در حافظه

RCL **Sin**

از کلید [RCL] استفاده می‌شود.

— با این دکمه فقط می‌توان عدد ذخیره شده را دید، امکان انجام هیچ گونه عملیات ریاضی وجود ندارد.

مثال: نشان دادن عدد ذخیره شده در حافظه D:

$$[\text{RCL}] [\sin]$$

تمرین ۱:

$$2 \sin 72 / 5^2 + 0 / 0.6^2$$

$$2 / . \sin / . \vee / . (/ . (/ . 2 / . / . 5 / .) / . X^2 / . + / . (/ . \% / . / . \% / . 6 / .) / . X^2 / .) / . = /$$

حال این مقدار را به حافظه F منتقل می‌کنیم :

$$.STO / . \tan /$$

می‌خواهیم این عدد را از مقدار ۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ کم کنیم :

$$.ALPHA / . \tan / . - / . 5 / . EXP / . (-) / . 1 / . \% / . = /$$

تمرین ۲ :

$$e^{5 \sin 41} + 2 \ln 2 / 23$$

$$(/ . \text{SHIFT} / . \ln / . 5 / . \sin / . 4 / . \vee / .) / . + / . (/ . 2 / . \ln / . 2 / . / . 2 / . 3 / .) / . = /$$

۱۹ — استفاده از درصد در محاسبات

مثال: ۹۸٪ :

$$9 \quad 8 \quad \times \quad 1 \quad \text{SHIFT} \quad =$$

$$.9 / . 8 / . \times / . \vee / . \text{SHIFT} / . = /$$

منابع

- ۱- محاسبات فنی (۲) رشته صنایع چوب، شماره ۳/۴۷۸، اسدی. محمود. فرخ‌نیا همدانی، علی‌اکبر، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۷).
- ۲- مبانی مکانیزاسیون کشاورزی، الماسی. مرتضی، کیانی شهرام، لویمی. نعیم، انتشارات حضرت معصومه، (۱۳۷۸).
- ۳- ماشین‌ها و تأسیسات ثابت زراعی، برقی. سیدعلیمحمد، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۵۳).
- ۴- اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی، بهروزی لار. منصور، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، (۱۳۷۸).
- ۵- مدیریت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، بهروزی لار. منصور، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۶۹).
- ۶- اتصال ماشین‌های یدک‌کش، بیرجندی. مجید، احدی. حمید، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۸).
- ۷- محاسبات فنی (۲)، رشته صنایع خودرو، شماره ۶/۴۶۵، تولا. محمدحسن، ملکی. اسدالله و قاسمی. حسن، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۳).
- ۸- اجزای ماشین، برقی. سیدعلیمحمد، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۷۹).
- ۹- محاسبات فنی (۱)، گروه تحصیلی مکانیک، شماره ۳۵۶، خادمی اقدم صمد، نصیری زنوزی بهروز، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۷).
- ۱۰- محاسبات فنی (۲)، رشته‌های ساخت و تولید - طراحی و نقشه‌کشی شماره ۸/۴۶۱، خادمی اقدم صمد، نصیری. زنوزی بهروز، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۳).
- ۱۱- توان موتور تراکتور، رنجبر. ایرج، قاسم‌زاده. حمیدرضا، داودی. شهاب، انتشارات دانشگاه تبریز، (۱۳۷۹).
- ۱۲- اصول ماشین‌های کشاورزی، جلد اول، شفیعی. سیداحمد، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۷۲).
- ۱۳- طراحی اجزای ماشین، شادروان. ایرج، انتشارات علم و صنعت تهران، (۱۳۷۲).
- ۱۴- علوم مهندسی برای تکنیسین‌های مکانیک، ضیایی، مجتبی، تهران، (۱۳۶۹).
- ۱۵- انطباقات در صنعت براساس استاندارد ملی مهارت، مظهری. سیدمحمود، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، تهران، (۱۳۶۸).
- ۱۶- تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، جلد اول، منصوری راد. داود، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، (۱۳۶۸).
- ۱۷- تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، جلد دوم، منصوری راد. داود، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، (۱۳۷۲).
- ۱۸- حساب فنی سال اول هنرستان، رشته اتومکانیک کد، ۴۰۵، (۱۳۶۹).
- ۱۹- جداول و استانداردهای طراحی و ماشین‌سازی، ولی‌نژاد. عبدالله، طراح، (۱۳۸۲).



فهرست

مقدمه

۱	فصل اوّل: کمیت‌های فیزیکی
۳۴	فصل دوم: کاربرد مثلثات
۴۸	فصل سوم: حرکت و انتقال آن
۶۸	فصل چهارم: نیرو
۸۶	فصل پنجم: مقاومت مصالح
۱۰۰	فصل ششم: توان در موتور و تراکتور
۱۱۷	فصل هفتم: اقتصاد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی
۱۳۲	پیوست‌ها
۱۵۱	منابع