بسم الله الرحمن الرحیم

محاسبات فنی

رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی

گروه تحصیلی کشاورزی

زمینهٔ کشاورزی

شاخهٔ آموزش فنی وحرفه‌ای

شمارهٔ درس ۴۸۲۱

۶۲۰ برقعی، سیّدعلی محمد
۰۰۴۲/ محاسبات فنی / مؤلفان : سیّدعلی محمد برقعی، میرحسین پیمان .ــ تهران : شرکت چاپ و
م ۴۵۵ ب/ نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴ ۱۵۱ ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۴۸۲۱)
متون درسی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی گروه تحصیلی کشاورزی، زمینهٔ کشاورزی.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش 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 رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۹۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ 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 رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی بر مبنای کتاب محاسبات فنی تخصصی کد ۴۹۵/۵ درسال ۱۳۸۷ توسط سیداسماعیل 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 ـ ۴۹۵/۵**

مؤلفان : **سیّدعلی محمد برقعی، میرحسین پیمان**

اعضای کمیسیون تخصصی : **فـرشید مرّیخ، حمید احدی، نبی‌الله مقیمی، هوشنگ سردار بنده و سیدامیر ذکی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنـگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کـدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **مریم دهقان‌زاده**

صفحه‌آرا : **صغریٰ عابدی**

طراح جلد : **مریم کیوان**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

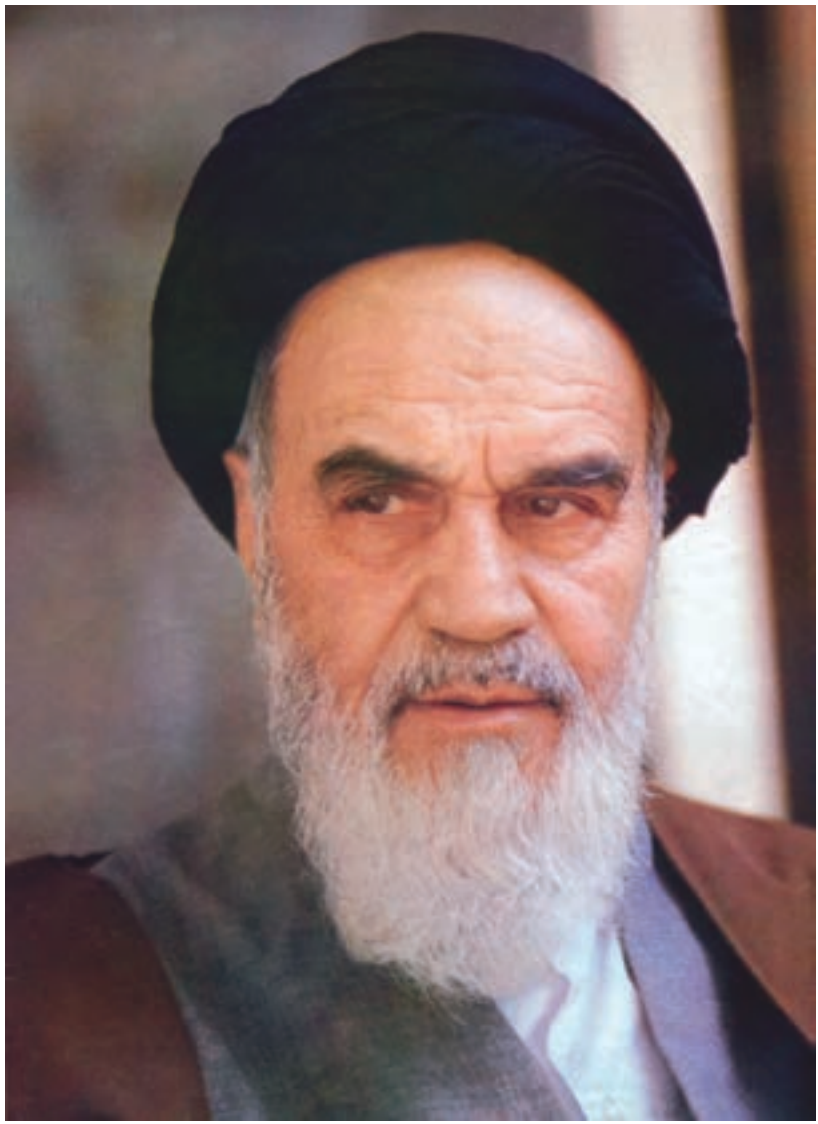
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **دانش‌پژوه**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ پانزدهم ۱۳۹۴**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۵-۱۰۷۸-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1078-5**



اول باید اخلاصتان را قوی بکنید، ایمانتان را قوی بکنید، ... و این اخلاص و ایمان، شما را تقویت می‌کند و روحیهٔ شما را بالا می‌برد و نیروی شما جوری می‌شود که هیچ قدرتی نمی‌تواند (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.

فصل اوّل

کمیت‌های فیزیکی

۱ــ۱ــ 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 علایم خاصی استفاده می‌شود. این علایم به‌صورت استاندارد تعریف می‌شوند که در این کتاب از علایم استاندارد ایزو استفاده خواهد شد. کمیت‌های اصلی اندازه‌گیری در جدول ۱ــ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۱ــ 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 : $A = L^2$.

۲ــ۱ــ 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 :

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

۲ــ 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 به‌اختصار SI گفته می‌شود.[۱]

۳ــ 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.

۴ــ 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.

۳ــ۱ــ 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 به‌وسیله‌ی 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. به‌تدریج برحسب رشد و توسعه زندگی اجتماعی، دستگاه‌های اندازه‌گیری اولیه مانند ترازو، پیمانه و

۱ــ 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، به‌طوری 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. به‌طور کلی اندازه‌گیری عبارت است از عمل تعیین کمیت چیزی برحسب 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 :

ــ یک دستگاه اندازه‌گیری تا چه حدّ کمیت‌ها را نزدیک به واقعیت اندازه‌گیری می‌کند؟

ــ آیا هر بار که عمل اندازه‌گیری انجام می‌گیرد همان مقدار را نشان می‌دهد؟

ــ 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؟

ــ آیا دستگاه اندازه‌گیری در طول سالیان متوالی در شرایط اندازه‌گیری مساوی یک رقم را نشان می‌دهد؟

ــ 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 به‌صورت زیر مطرح می‌شود :

۱ــ دقت: انطباق یا نزدیکی مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار واقعی آن را دقت اندازه‌گیری می‌نامند. دقت دستگاه معمولاً برحسب خطای ماکزیمم آن دستگاه در اندازه‌گیری بیان می‌شود. مثلاً یک ترازوی ۱۰۰۰ گرمی با دقتی معادل یک در هزار به اندازه $\pm$۱ گرم در تمام گستره ترازو دقت دارد.

۲ــ حساسیت: رابطه تغییرات در عدد یا رقم اندازه‌گیری شده به تغییرات در کمیت مورد اندازه‌گیری را حساسیت می نامند. مثلاً در یک رئوستا به ازای تغییر مکان دسته رئوستا به اندازه ۰/۵ 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.

۳ــ 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 ۰/۱ لیتر به بالا را نشان می‌دهد. بنابراین کمترین مقدار قابل اندازه‌گیری با این پمپ ۰/۱ لیتر می‌باشد.

۴ــ 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.

۵ــ 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 امّا ظرفیت آن تا حد ۱ kg بوده و وزنه‌های بیش از این موجب آسیب‌دیدگی ترازو خواهد شد.

۴ــ۱ــ 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 :

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

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

ــ خطای محیط: این خطا در اثر تغییرات حاصل در شرایط محیط اندازه‌گیری و اثرات متقابل آن روی عمل اندازه‌گیری به‌وجود می‌آید.

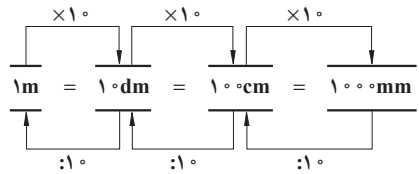
ــ خطای دینامیکی: این خطا در کمیت‌های مورد اندازه‌گیری که به‌طور دائم در تغییر هستند و عدم انطباق عکس‌العمل دستگاه یا ابراز اندازه‌گیری با این تغییرات اتفاق می‌افتد. هرگاه خطای اندازه‌گیری بیش از حد مجاز باشد به آن اشتباه می‌گویند. اندازه‌ی خطای مجاز معمولاً ۲ تا ۳ برابر دقت وسیله اندازه‌گیری تعیین می‌شود.

۵ــ۱ــ واحد اندازه‌گیری طول

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

مدت $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلأ می‌پیماید.

ضریب تبدیل اجزاء و اضعاف متر به یکدیگر عدد ۱۰ می‌باشد در شکل زیر نحوه تبدیل اجزاء



شکل ۱ــ۱

متر به یکدیگر نشان داده شده است.

از اجزای دیگر متر که معمولاً در کارهای دقیق ماشین‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان از میکرومتر نام برد که برابر است با :

$$۱\mu m = \frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰} m = \frac{۱}{۱۰۰۰} mm$$

در سیستم SI تبدیل واحدها به اجزای کوچک‌تر با ضریب ۱۰ و به اجزای بزرگ‌تر با ضریب $\frac{۱}{۱۰}$ با توجه به جدول زیر می‌باشد.

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: ۳/۴ کیلومتر چند سانتی‌متر است؟

حل:

$$۱km = ۱۰۰۰m$$

$$۳/۴km = ۳/۴ \times ۱۰۰۰m = ۳۴۰۰m$$

$$۱m = ۱۰۰cm$$

$$۳۴۰۰m = ۳۴۰۰ \times ۱۰۰cm = ۳۴۰۰۰۰cm$$

مثال: ۱۴۰ میکرومتر را به میلی‌متر تبدیل کنید.

$$۱\mu m = \frac{۱}{۱۰۰۰} mm$$

$$۱۴۰\mu m = ۱۴۰ \times \frac{۱}{۱۰۰۰} = \frac{۱۴۰}{۱۰۰۰} = ۰/۱۴mm$$

کشورهای آمریکا و انگلیس به‌جای سیستم SI از سیستم اینچی استفاده می‌کنند. واحد اندازه‌گیری طول در سیستم اینچی، فوت (foot) می‌باشد، که از اجزای آن اینچ (inch) و از اضعاف آن یارد (yard) را می‌توان نام برد. در زیر اجزاء و اضعاف واحد طول در سیستم اینچی و همچنین ضریب تبدیل آن‌ها به واحد متریک آمده است.

$$1\,in = 1'' = 25/4\,mm$$

$$1\,ft = 12'' = 304/80\,mm$$

$$1\,yd = 3\,ft = 914/4\,mm$$

چون در کارهای ماشین‌سازی ابعاد کوچک‌تر از یک اینچ نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا معمولاً یک اینچ را به ۱۶ قسمت مساوی تقسیم کرده و اجزای آن را با کسرهایی به شرح زیر نشان می‌دهند :

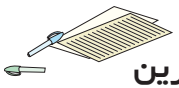
$$\frac{1''}{16},\ \frac{1''}{8},\ \frac{3''}{16},\ \frac{1''}{4},\ \frac{5''}{16},\ \frac{3''}{8},\ \frac{7''}{16},\ \frac{1''}{2},\ \frac{9''}{16},\ \frac{5''}{8},\ \frac{11''}{16},\ \frac{3''}{4},\ \frac{13''}{16},\ \frac{7''}{8},\ \frac{15''}{16},\ 1''$$

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

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

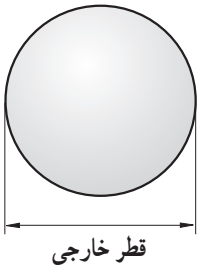
مثال: $1\frac{1''}{4}$ را به میلی‌متر تبدیل نمایید.

$$1\frac{1''}{4} = \frac{5''}{4} \Rightarrow \frac{5}{4} \times 25/4\,mm = 31/75\,mm$$



تمرین

۱ــ معمولاً قطر داخلی لوله‌ها همچنین قطر ساچمه بلبرینگ‌ها را با واحد اینچ می‌سنجند. قطر داخلی لوله و قطر ساچمه بلبرینگی در اشکال زیر داده شده است مقادیر آن‌ها را به‌میلی‌متر تبدیل نمایید.



$\frac{5''}{16}$ = ? mm

$\frac{3''}{8}$ = ? mm

$\frac{7''}{8}$ = ? mm

شکل ۲ــ۱

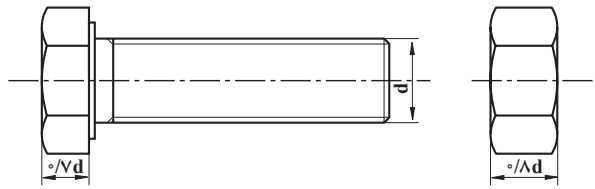
$\frac{1''}{2}$ = ? mm

$\frac{3''}{4}$ = ? mm

$\frac{1''}{8}$ = ? mm

شکل ۳ــ۱

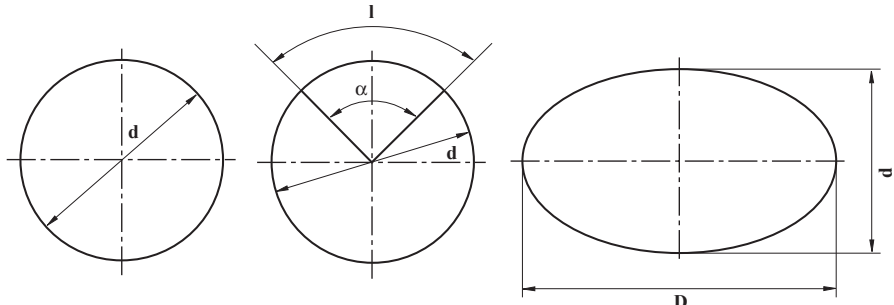
۲ــ ضخامت سر پیچ و مهره‌ای برحسب قطر خارجی پیچی در شکل زیر نشان داده شده است اگر قطر پیچ $d = ۱\frac{۱''}{۴}$ باشد، ابعاد آن را برحسب میلی‌متر به‌دست آورید.



شکل ۴ــ۱

۶ــ۱ــ 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. به‌عنوان یادآوری روابط محاسبه محیط دایره و بیضی و همچنین طول قوسی قطاع دایره آورده می‌شود.



دایره

$U = d.\pi \quad (۱-۱)$

قطاع دایره

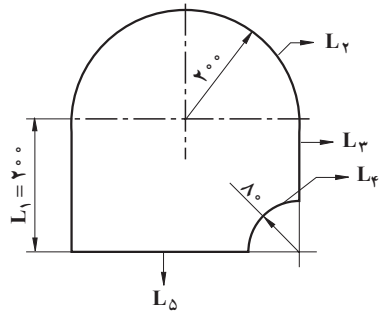
$l = \frac{d.\pi.\alpha}{۳۶۰} \quad (۱-۲)$

بیضی

$U = \frac{D+d}{۲}.\pi \quad (۱-۳)$

شکل ۵ــ۱

مثال: قطعه‌ای مطابق شکل ۶ــ۱ از ورق فولادی بریده خواهد شد ؛ طول مسیر برش را حساب کنید (اندازه‌ها برحسب میلی‌متر است).



شکل ۶ــ۱

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 به‌دست می‌آورند.

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

$$L_3 = 200 - 80 = 120\,mm$$

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

$$L_5 = 400 - 80 = 320\,mm$$

$$U = 200 + 628 + 120 + 125/6 + 320 = 1393/6\,mm$$

$$U = 1/394\,m$$

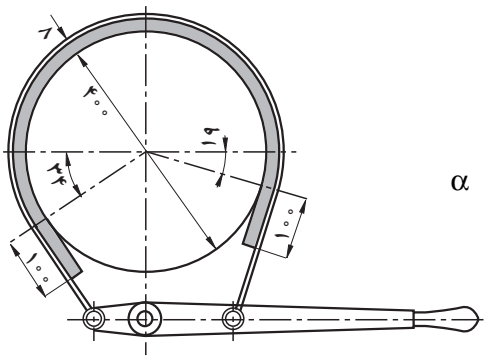
مثال: در دستگاه ترمز مطابق شکل حساب کنید زاویه درگیری لنت با چرخ تسمه (α) را درصورتی که قطر چرخ ۴۰۰ میلی‌متر و طول قوس لنت درگیر با چرخ ۸۰۲/۸ میلی‌متر باشد.

از فرمول ۲ــ۱ داریم :

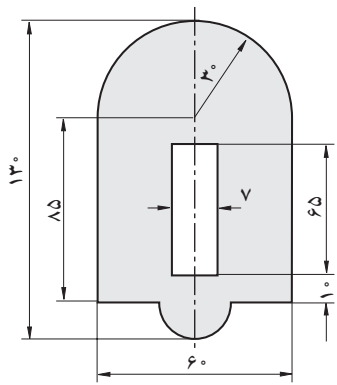
$$l = \frac{d \times \pi \times \alpha}{360}$$

$$\alpha = \frac{l \times 360}{d \times \pi} = \frac{802/8 \times 360}{400 \times 3/14}$$

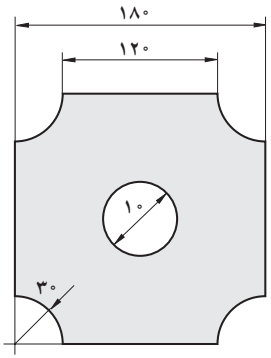
$$\alpha = 230/1$$



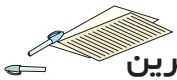
شکل ۷ــ۱



شکل ۸ــ۱



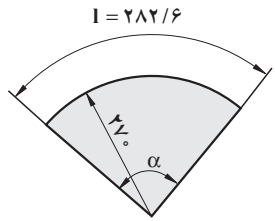
شکل ۹ــ۱



تمرین

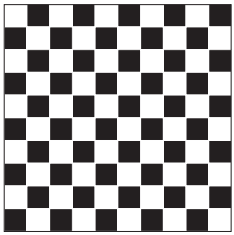
۱ــ محیط خارجی و مساحت قطعات نشان داده شده در اشکال روبه‌رو را به‌دست آورید (اندازه برحسب میلی‌متر است).

۲ــ زاویه مرکزی و همچنین محیط قطعه مطابق شکل را به‌دست آورید.



شکل ۱۰ــ۱

۷ــ۱ــ کاربرد محاسبات سطوح هندسی



شکل ۱۱ــ۱

یک سطح دارای دو بعد است طول و عرض

سطح = عرض × طول

بنابراین واحد سطح در سیستم SI مترمربع است و آن سطح مربعی است که طول هر ضلع یک متر می‌باشد.

$$1m \times 1m = 1m^2$$

اجزا متر مربع عبارتند از دسی‌مترمربع (dm^2) و سانتی‌مترمربع cm^2 و میلی‌مترمربع mm^2

$$1m^2 \times 100dm^2 = 10000cm^2 = 1000,000mm^2$$

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

(هکتار) ha وکیلومترمربع km^2

$1hd = 10000\ m^2$ هکتار

$1km^2 = 1000,000\ m^2$ کیلومترمربع

واحد اندازه‌گیری سطح در سیستم انگلیسی: واحد سطح در این سیستم فوت مربع ft^2 است و اجزاء آن اینچ مربع in^2 و از اضعاف آن یارد مربع yd^2 را می‌توان نام برد که روابط آن‌ها عبارتند از :

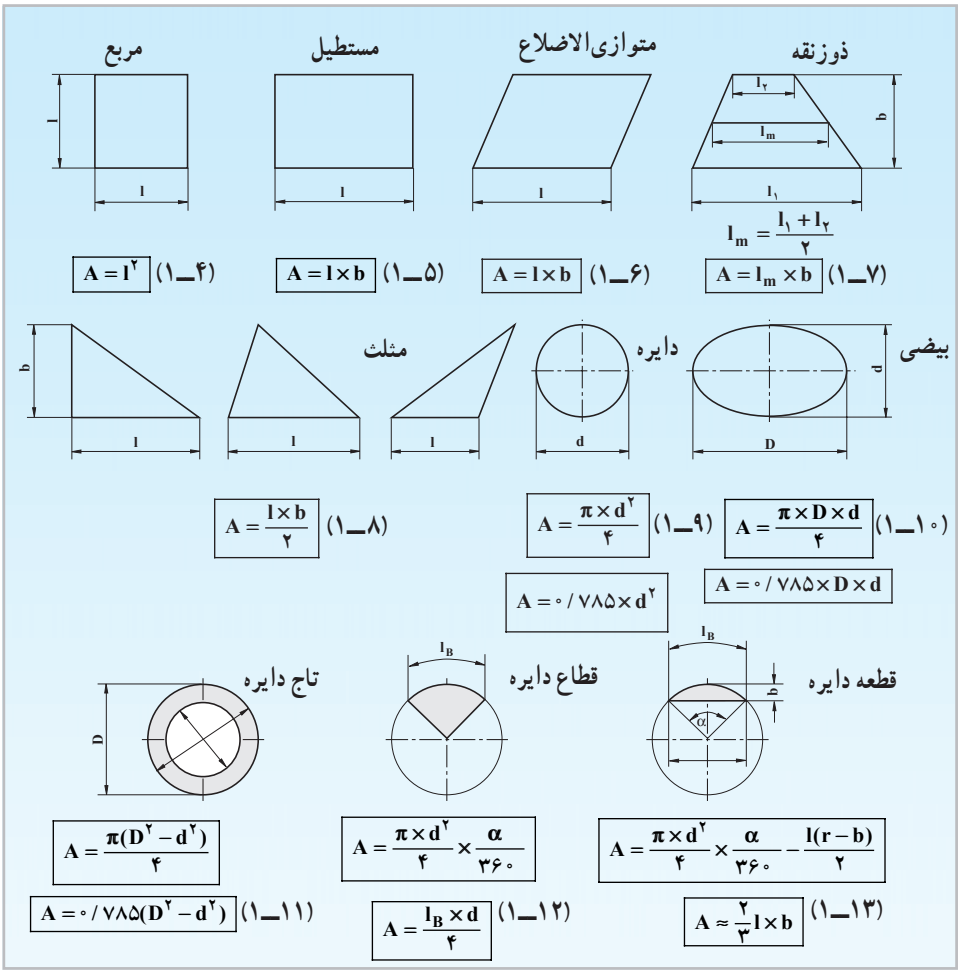
$1in^2 = 6/45cm^2$ اینچ مربع

$1Ft^2 = 144in^2 = 929cm^2$ فوت مربع

$1yd^2 = 9Ft^2 = 1296in^2 = 8361cm^2$ یارد مربع

در جدول ۲ــ۱ روابط سطوح هندسی به‌عنوان یادآوری داده شده‌اند.

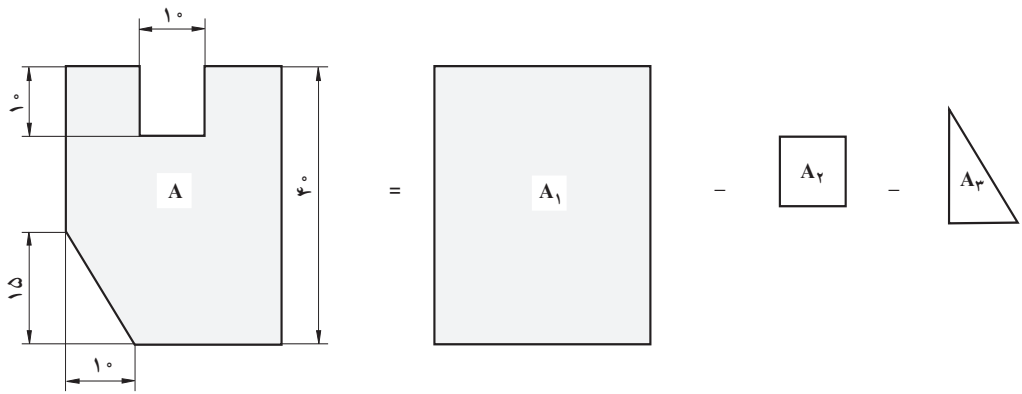
جدول ۲ــ۱



۸ــ۱ــ 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 به‌دست می‌آورند.

مثال: مساحت سطح قطعه مطابق شکل را برحسب سانتی‌متر مربع به‌دست آورید.



شکل ۱۲ــ۱

$$A = A_۱ - A_۲ - A_۳$$

$$A_۱ = L \times b = ۳۰ \times ۴۰ = ۱۲۰۰ mm^۲$$

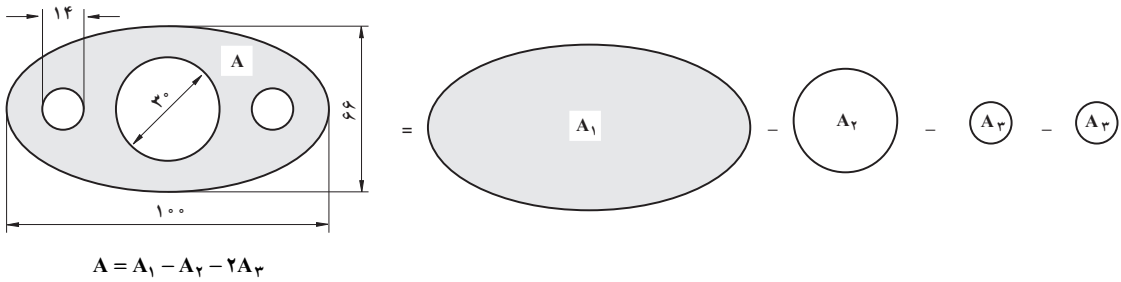
$$A_۲ = L^۲ = ۱۰^۲ = ۱۰۰ mm^۲$$

$$A_۳ = \frac{L \times b}{۲} = \frac{۱۰ \times ۱۵}{۲} = ۷۵ mm^۲$$

$$A = ۱۲۰۰ - ۱۰۰ - ۷۵ = ۱۰۲۵ mm^۲$$

$$A = \frac{۱۰۲۵}{۱۰۰} = ۱۰/۲۵ cm^۲$$

مثال: سطح واشر آب‌بندی مطابق شکل را برحسب میلی‌متر مربع تعیین نمایید.



$A = A_۱ - A_۲ - ۲A_۳$

شکل ۱۳ــ۱

$$A_۱ = ۰/۷۸۵ \times D \times d = ۰/۷۸۵ \times ۱۰۰ \times ۶۶ = ۵۱۸۱ mm^۲$$

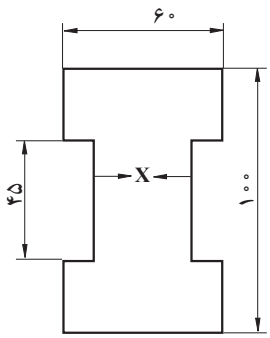
$$A_۲ = ۰/۷۸۵ \times d^۲ = ۰/۷۸۵ \times ۳۰^۲ = ۷۰۶/۵ mm^۲$$

$$A_{۳} = ۰/۷۸۵ \times d^{۲} = ۰/۷۸۵ \times ۱۴^{۲} = ۱۵۳/۸۶\,mm^{۲}$$

$$A = ۵۱۸۱ - ۷۰۶/۵ - (۲ \times ۱۵۳/۸۶) = ۴۱۶۶/۷۸\,mm^{۲}$$

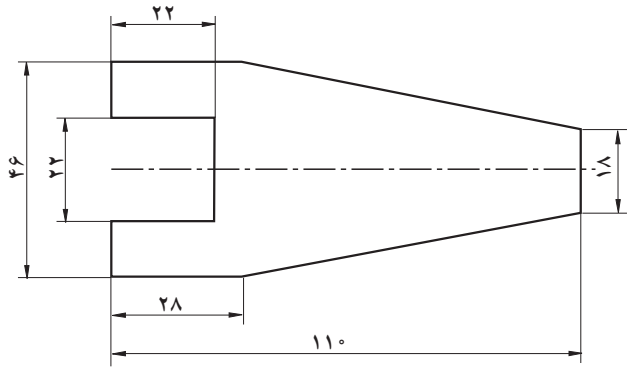
تمرین

۱ــ سطح مقطع دسته شاتونی در شکل زیر نشان داده شده است. حساب کنید اندازه X را درصورتی که مساحت مقطع آن ۴۲/۹ سانتی‌مترمربع باشد.



شکل ۱۴ــ۱

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

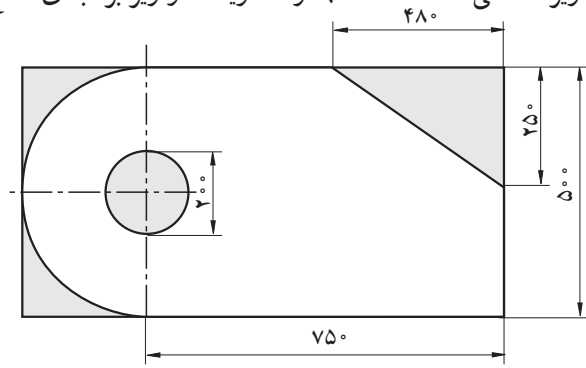


شکل ۱۵ــ۱

۳ــ از ورق فولادی به ابعاد ۲×۵۰۰×۱۰۰۰mm قطعه‌ای مطابق شکل ساخته خواهد شد حساب کنید :

الف) سطح ورق اولیه.　　ب) سطح قطعه ساخته شده.

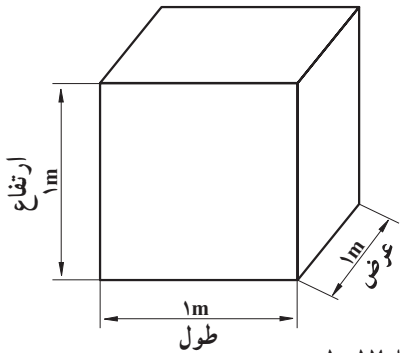
ج) ریخت و ریز سطحی.　　د) درصد ریخت و ریز بر مبنای سطح ورق اولیه.



شکل ۱۶ــ۱

۹ــ۱ــ کاربرد محاسبات احجام 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.



شکل ۱۷ــ۱

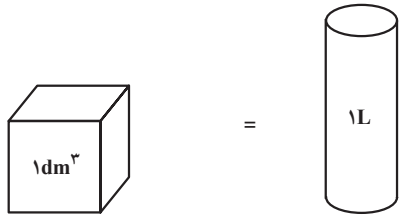
$$1m \times 1m \times 1m = 1m^3$$

اجزاء مترمکعب عبارتند از :

$$1m^3 = 1000dm^3 = 1000000cm^3 = 1000000000mm^3$$

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

$$1dm^3 = 1L$$



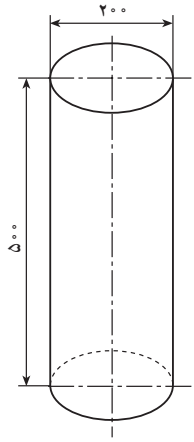
شکل ۱۸ــ۱

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 احجام مرکب: برای محاسبه‌ی حجم و سطح احجام مرکب، ابتدا آن‌ها را به احجام 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 به‌دست 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 دسی‌متر مکعب که قطر قاعده‌ی آن ۲۰۰ میلی‌متر و ارتفاعش ۵۰۰ میلی‌متر است.



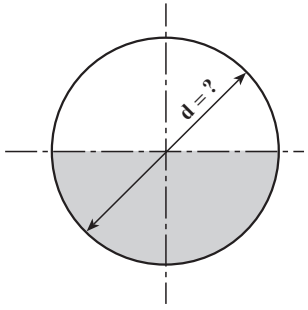
شکل ۱۹ــ۱

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

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

$$V = 15/7 \quad dm^3$$

مثال: حجم کره‌ای ۵۲۳/۳۳ دسی‌متر مکعب است قطر آن را محاسبه کنید.



شکل ۲۰ــ۱

$$V = 523/33\, dm^3$$

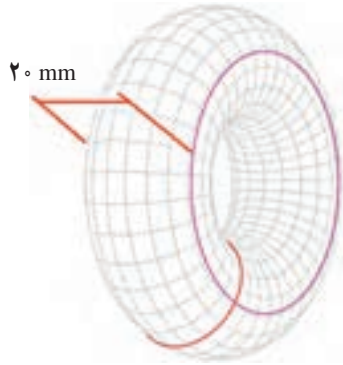
$$V = \frac{d^3 . \pi}{6}$$

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

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

$$d = 10 dm^3$$

مثال: حجم حلقه‌ای مطابق شکل ۲۱ــ۱ با قطر خارجی ۶۰ میلی‌متر را برحسب میلی‌متر مکعب تعیین نمایید.



شکل ۲۱ــ۱

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

$$d_s = ۶۰ - ۲۰ = ۴۰ mm$$

$$V = \frac{\pi d^۲}{۴} \times d_s \times \pi$$

$$V = \frac{۳/۱۴ \times ۴۰^۲}{۴} \times ۴۰ \times ۳/۱۳$$

$$V = ۳۹۴۳۸/۴ mm^۳$$

مثال: حلقه‌ای مطابق شکل از فولاد چهارگوش و با مشخصات $a = ۸ mm$ و $D = ۹۵ mm$ ساخته خواهد شد حساب کنید :

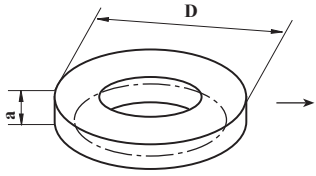
الف) طول مواد اولیه (طول گسترده) آن‌را برحسب میلی‌متر.

ب) حجم آن‌را برحسب سانتی‌مترمکعب.

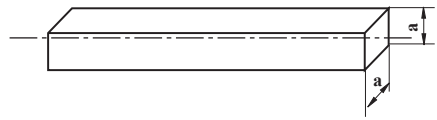
ج) سطح کل آن‌را برحسب سانتی‌مترمربع.

$a = ۸ mm$

$D = ۹۵ mm$



شکل ۲۳ــ۱



شکل ۲۲ــ۱

حل:

الف) $L_s = ds \times \pi \qquad ds = D - a = ۹۵ - ۸ = ۸۷ mm$

$L_s = ۸۷ \times ۳/۱۴ = ۲۷۳/۱۸ mm$

ب) $V = a \times a \times L_s = ۸ \times ۸ \times ۲۷۳/۱۸ = ۱۷۴۸۳/۵۲ mm^۳ = ۱۷/۴۸ cm^۳$

ج) $A_O = ۴ \times a \times l_s = ۴ \times ۸ \times ۲۷۳/۱۸ = ۸۷۴۱/۷۶\,mm^۲ = ۸۷/۴۲\,cm^۲$

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

الف) طول و ارتفاع سطح جانبی گسترده آن‌را.

ب) سطح ورق اولیه جهت ساخت آن‌را برحسب مترمربع درصورتی که ۸٪ سطح قطعه ساخته شده به‌عنوان ریخت و ریز درنظر گرفته شود.

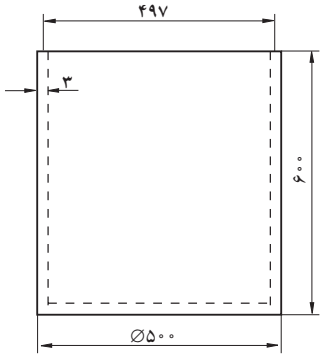
ج) ظرفیت مخزن را برحسب لیتر.

حل:

الف) $ds = \dfrac{\text{قطر حداقل} + \text{قطر حداکثر}}{۲} = ۴۹۷\,m$

$L_s = ds \times \pi = ۴۹۷ \times ۳/۱۴ = ۱۵۶۰/۵۸\,mm$

$h = ۶۰۰\,mm$



شکل ۲۴ــ۱

d_s = قطر متوسط

L_s = طول متوسط سطح جانبی

A_O = مساحت کل سطوح جانبی و کف مخزن

A_g = مساحت کف مخزن

A_M = مساحت متوسط سطوح جانبی

A_b = سطح ورق اولیه

A_V = سطح ریخت و ریز ورق

ب) $A_O = Am + Ag$

$A_m = Ls \times h = ۱۵۶۰/۵۸ \times ۶۰۰ = ۹۳۶۳۴۸\,mm^۲$

$A_g = ۰/۷۸۵\,d^۲ = ۰/۷۸۵ \times (۵۰۰ - ۳ \times ۲)^۲ = ۱۹۱۵۶۸/۲۶\,mm^۲$

$A_O = ۹۳۶۳۴۸ + ۱۹۱۵۶۸/۲۶ = ۱۱۲۷۹۱۶/۲\,mm^۲$

$$A_O = \frac{۱۱۲۷۹۱۶/۲}{۱۰۰۰۰۰۰} = ۱/۱۲۸\,m^۲$$

$$A_b = \frac{A_O \times ۱۰۰}{۱۰۰ - A_V} = \frac{۱/۱۲۸ \times ۱۰۰}{۱۰۰ - ۸} = \frac{۱۱۲/۸}{۹۲} = ۱/۲۲۶\,m^۲$$

ج) $V = Ag \times h = ۰/۷۸۵(۵۰۰ - ۶)^۲ \times (۶۰۰ - ۳)$

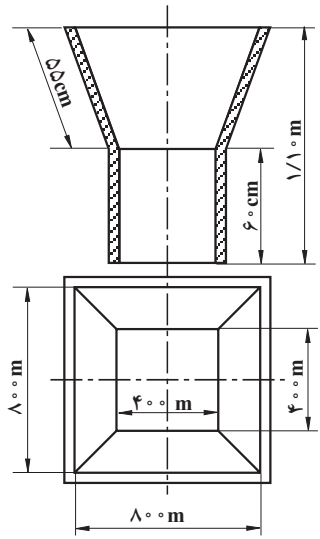
$$V = ۱۱۴۳۶۶۲۵۱/۲\,mm^۳$$

$$V = \frac{۱۱۴۳۶۶۲۵۱/۲}{۱۰۰۰۰۰۰۰} = ۱۱۴/۳۶\,dm^۳ \text{ یا } L \text{ (لیتر)}$$

مثال: در قیفی مطابق شکل ۲۵ــ۱۰حساب کنید :

الف) حجم قیف برحسب مترمکعب.

ب) سطح جانبی آن‌را برحسب مترمربع درصورتی که از ضخامت ورق صرف‌نظر شود.



شکل ۲۵ــ۱

حل:

V = حجم کل

$V_۱$ = حجم مکعب

$V_۲$ = حجم مخروط ناقص

Ag = سطح قاعده مخروط

Ad = سطح سقف مخروط

Am = سطح کل

A_{M_1} = سطح مکعب

A_{M_2} = سطح مخروط

Ug = محیط قاعده مخروط

Ud = محیط سقف مخروط

الف) $V = V_1 + V_2$

$$V_1 = Ag \times h = ۰/۴^۲ \times ۰/۶ = ۰/۰۹۶ m^۳$$

$$V_2 = \frac{h}{۳}(Ag + Ad + \sqrt{Ag \times Ad})$$

$$V_2 = \frac{۱/۱۰ - ۰/۶}{۳}(۰/۴^۲ + ۰/۸^۲ + \sqrt{۰/۴^۲ \times ۰/۸^۲})$$

$$V_2 = ۰/۱۶۶(۰/۱۶ + ۰/۶۴ + ۰/۳۲)$$

$$V_2 = ۰/۱۶۶ \times ۱/۱۲ = ۰/۱۸۶ m^۳$$

$$V = ۰/۰۹۶ + ۰/۱۸۶ = ۰/۲۸۲ m^۳$$

ب) $A_m = M_{M_1} + M_{M_2}$

$$A_{M_1} = Ug \times h = ۰/۴ \times ۴ \times ۰/۶ = ۰/۹۶ m^۲$$

$$A_{M_2} = \frac{Ug + Ud}{۲} \times hs = \frac{(۰/۴ \times ۴) + (۰/۸ \times ۴)}{۲} \times ۰/۵۵$$

$$A_{M_2} = ۱/۳۲ m^۲$$

$$A_m = ۰/۹۶ + ۱/۳۲ = ۲/۲۸ m^۲$$

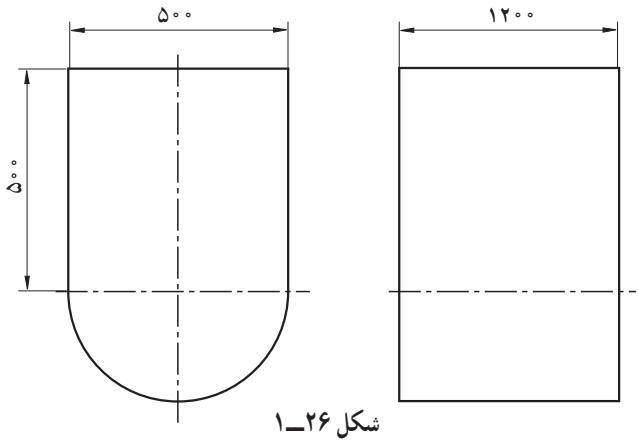
تمرین

۱ــ مقادیر حجمی داده شده را برحسب واحدهای خواسته شده به‌دست آورید.

الف) $3/43\,cm^3$ را به mm^3 ج) $0/00034\,m^3$ را به dm^3

ب) $0/052\,m^3$ را به cm^3 د) $87440/03\,mm^3$ را به dm^3

۲ــ برای حمل زغال‌سنگ در معادن، از واگن‌هایی که ظرف آن‌ها مطابق شکل ۲۶ــ۱ می‌باشد، استفاده می‌شود (واحد برحسب mm می‌باشد) حساب کنید :

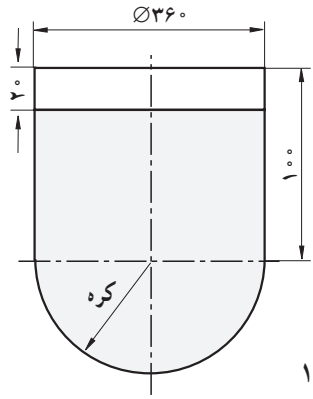


شکل ۲۶ــ۱

الف) حجم آن‌را برحسب مترمکعب

ب) سطح ورق اولیه لازم جهت ساخت آن‌را برحسب مترمربع درصورتی‌که ۱۰ درصد سطح قطعه دورریز به‌حساب آید.

۳ــ حجم شیر داخل مخزن مطابق شکل ۲۷ــ۱ را برحسب لیتر حساب کنید (ابعاد برحسب سانتی‌متر می‌باشد).



شکل ۲۷ــ۱

۱۰ــ۱ــ انطباقات

اندازه قطعاتی که باید در داخل همدیگر بلغزند یا جا بگیرند بسیار مهم می‌باشد. ابعاد هر دو قطعه در محل اتصال دارای حداقل و حداکثر می‌باشد که اندازه آن‌ها متناسب با شرایط کار، نوع و ابعاد هر دو قطعه انتخاب می‌شود به تعیین این ابعاد انطباقات می‌گویند.

در سیستم ISA بین قطعاتی که می‌بایست در داخل همدیگر بلغزند و یا جا بگیرند سه حالت اصلی موجود است.

ــ **انطباق لق:** در این حالت اندازه قطر میله همواره از اندازه قطر سوراخ کوچک‌تر بوده و میله می‌تواند در داخل سوراخ آزادانه حرکت کند.

ــ **انطباق پرسی:** در این حالت همواره اندازه قطر میله از اندازه قطر سوراخ بزرگ‌تر می‌باشد و بنابر این بین دو قطعه لقی وجود ندارد. برای این نوع انطباق احتیاج به نیروی زیاد می‌باشد.

ــ **انطباق جذب:** در این حالت، اندازه قطر میله برحسب مورد می‌تواند از اندازه قطر سوراخ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد و لذا میله در داخل سوراخ می‌تواند حالت لق تا پرسی داشته باشد. انطباق دو قطعه در این حالت با نیروی کم دست یا ضربه ملایم چکش انجام می‌گیرد.

هریک از این حالات کلی شامل انواع مختلفی نیز هستند.

اما آن‌چه که ما از نظر انطباق روی نقشه‌های فنی می‌توانیم ببینیم عبارتند از تعدادی حروف و علایم اختصاری که رابطه‌ای بین محاسبات انجام شده توسط طراح و سازنده قطعه می‌باشد.

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 می‌نماید که قطعات تهیه شده می‌بایست در فاصله مابین حدود تعیین شده قرار گیرند. این حد را دامنه نوسان مجاز اندازه گویند و به‌طور ساده چنین می‌نویسند : N_b^a به‌عنوان مثال $\varnothing 40^{+0/100}_{-0/100}$ در اندازه نوشته شده قطر 40 میلی‌متر می‌تواند در فاصله $\varnothing 40/100$ و $\varnothing 39/900$ نوسان داشته باشد و هر اندازه‌ای در این فاصله مجاز و قابل قبول می‌باشد. در اندازه مذکور $\varnothing 40$ را اندازه اسمی، $\varnothing 40/100$ را اندازه حداکثر و $\varnothing 39/900$ را اندازه حداقل و مقدار اندازه‌ای که پس از اتمام کار به‌وسیله میکرومتر تعیین می‌شود اندازه حقیقی نامیده می‌شود.

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 به‌طوری که گفته شد حروف و علایم اختصاری جانشین توضیحات همراه با اندازه اسمی شده و برای نشان دادن تغییرات اندازه موردنظر 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 به‌وسیله‌ی 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 به‌طرف اعداد کوچک‌تر برویم دامنه تولرانس کمتر می‌شود که احتیاج به ماشین‌های دقیق‌تر، کارگران ماهر، ابزارهای دقیق‌تر و اندازه‌گیری‌های دقیق خواهیم داشت و به‌خاطر این‌همه 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 بدین‌وسیله حالات سه‌گانه قطعه از نظر انطباق مشخص می‌گردد.

حروف از A الی G نماینده نوع انطباق بازی‌دار

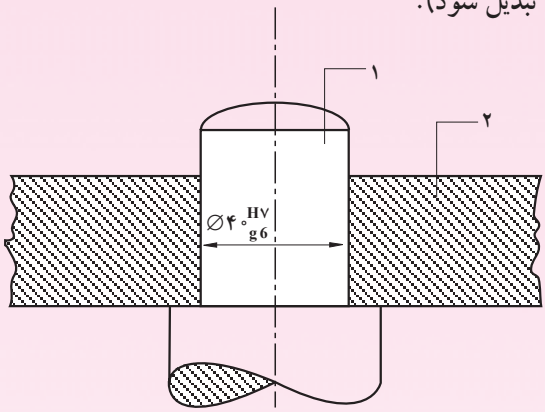
حروف از H الی K نماینده نوع انطباق عبوری

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 ۲۸ــ۱ اندازه اسمی سوراخ و میله ∅40 میلی‌متر و اندازه‌سوراخ ∅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).



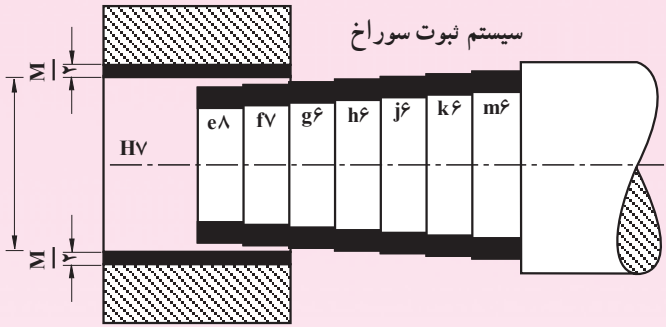
میله $\varnothing 40g6 = \varnothing 40^{-0/009}_{-0/025}$ سوراخ $\varnothing 40H7 = \varnothing 40^{+0/025}_{0}$

شکل ۲۸ــ۱

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.

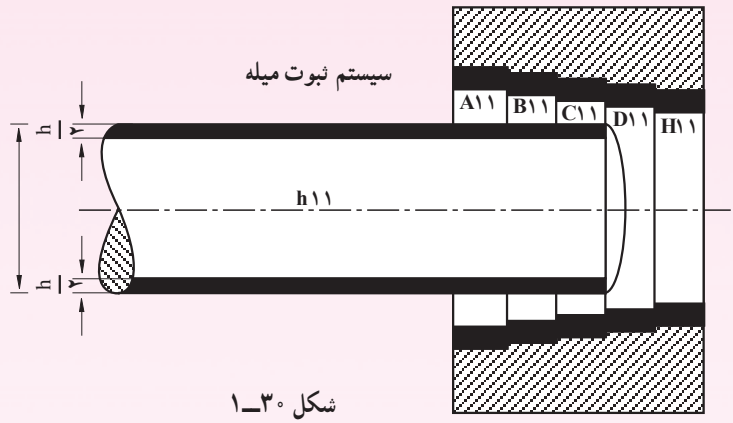
چون تهیه قطعات با دامنه نوسان‌های مختلف مستلزم داشتن ابزارهای دقیق و ماشین‌های ابزارسازی مدرن می‌باشد مخصوصاً در مورد سوراخ‌ها بر قوس‌های متعددی مورد لزوم است لذا برای محدود کردن نوع ابزار کار دو سیستم انطباق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱ــ *سیستم ثبوت سوراخ:* در این سیستم اندازه سوراخ ثابت است و اندازه میله برای حالات سه‌گانه تغییر می‌کند. به‌عبارت 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 به‌طرف مثبت است.



شکل ۲۹ــ۱

۲ ــ *سیستم ثبوت میله:* در این سیستم اندازه میله ثابت است و اندازه سوراخ برای حالات سه‌گانه تغییر می‌کند به‌عبارت دیگر تغییرات اندازه روی سوراخ است و معمولاً در کارهای خشن مانند کشتی‌سازی و حدیده‌ها و توربین‌سازی از این سیستم استفاده می‌شود. اندازه اسمی با دامنه تولرانس h همراه است که نوسان آن از خط صفر به طرف منفی است.



شکل ۳۰ــ۱

مثال: در علامت انطباقی $\varnothing ۲۵ \frac{H۷}{f۷}$ مطلوبست محاسبه : الف) اندازه حداکثر، اندازه حداقل و تولرانس برای میله و سوراخ ب) تشخیص نوع انطباق

حل:

الف) محاسبات مربوط به میله (f۷)

اندازه اسمی = ۲۵mm

مطالعه آزاد

اندازه بالایی $\xrightarrow{\text{از جدول}} = -۲۰\mu m = -۰/۰۲۰mm$

اندازه پایینی $\xrightarrow{\text{از جدول}} = -۴۱\mu m = -۰/۰۴۱mm$

اندازه حداکثر $= ۲۵mm - ۰/۰۲۰mm = ۲۴/۹۸۰\ mm$

اندازه حداقل $= ۲۵mm - ۰/۰۴۱mm = ۲۴/۹۵۹\ mm$

تولرانس $= ۲۴/۹۸۰mm - ۲۴/۹۵۹mm = ۰/۰۲۱\ mm$

محاسبات مربوط به سوراخ (H۷)

اندازه اسمی $= ۲۵mm$

اندازه بالایی $\xrightarrow{\text{از جدول}} = ۲۱\mu m = ۰/۰۲۱mm$

اندازه پایینی $\xrightarrow{\text{از جدول}} = ۰$

اندازه حداکثر $= ۲۵mm + ۰/۰۲۱mm = ۲۵/۰۲۱\ mm$

اندازه حداقل $= ۲۵mm + ۰ = ۲۵\ mm$

تولرانس $= ۲۵/۰۲۱mm - ۲۵mm = ۰/۰۲۱mm$

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 لق است.

تمرین

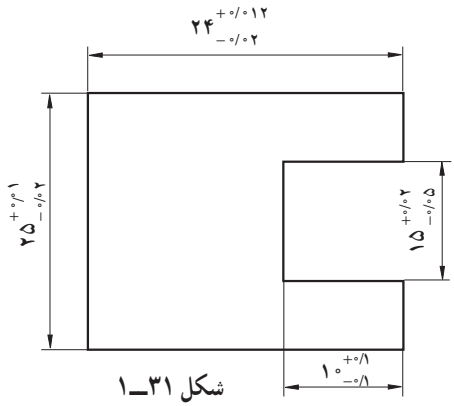
۱ــ مقدار تلرانس را با توجه به اندازه‌های داده شده به‌دست آورید.

الف) $۱۳۴^{+۰/۲}_{-۰/۵}$ ب) $۳۳۳^{+۰/۵۷}$ ج) $۲۵۰ - ۰/۷$

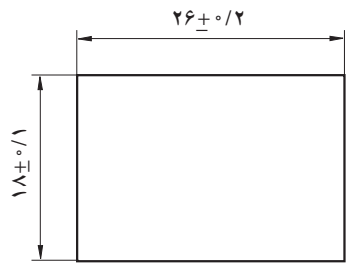
۲ــ جدول زیر را کامل کنید.

	الف	ب	ج	د
تلرانس	۰/۰۱۱	۰/۰۶۲	۰/۰۵۴	۰/۰۲۲
اندازه حداکثر	۰/۰۱۲	؟	؟	؟
اندازه حداقل	؟	− ۰/۱۴۲	+ ۰/۲۱۰	− ۰/۰۳۴

۳ــ بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه مجاز در نقشه‌های داده شده را به‌دست آورید.



شکل ۳۱ــ۱



شکل ۳۲ــ۱

۱۱ــ۱ــ 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 این‌که 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 قرارگرفته و جسم موردنظر را به‌وجود آورند. بنابر این جرم حجم‌معینی از مواد مختلف با هم متفاوت می‌باشند.

جرم واحد حجم از هر ماده را جرم مخصوص آن ماده گویند.

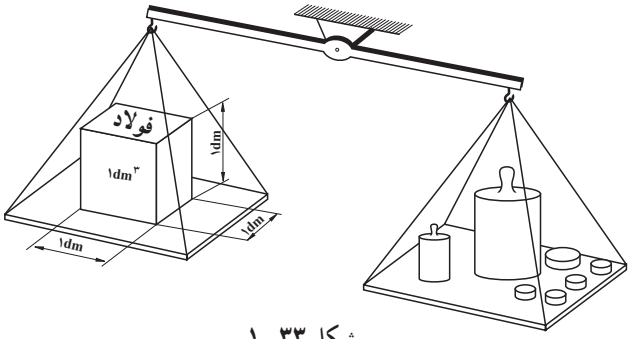
$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \qquad (۱ــ۲۹)$$

واحد جرم مخصوص در سیستم SI کیلوگرم به متر مکعب ($\frac{kg}{m^3}$) می‌باشد ؛ ولی معمولاً آن را برحسب، $\frac{t}{m^3}$ ، $\frac{kg}{dm^3}$ ، $\frac{g}{cm^3}$ و $\frac{mg}{mm^3}$ نیز می‌سنجند. به عنوان مثال جرم مخصوص فولاد

$۷۸۵۰\frac{kg}{m^۳}$ ، $۷/۸۵\frac{kg}{dm^۳}$ ، $۷/۸۵\frac{g}{cm^۳}$ و یا $۷/۸۵\frac{t}{m^۳}$ می‌باشد.

برای تعیین جرم مواد می‌توان حجم آن‌ها را پیدا کرده و سپس با تعیین جرم مخصوص از جدول مربوطه و با استفاده از رابطه جرم مخصوص، جرم آن‌ها را به‌دست آورد.

$$= . \ \frac{m}{V} \Rightarrow m = V \times .$$

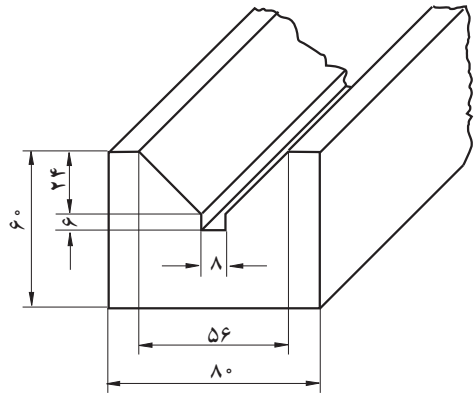


شکل ۳۳ــ۱

جدول ۶ــ۱ــ جرم مخصوص چند ماده برحسب $\frac{kg}{dm^۳}$

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

مثال: جرم منشوری فولادی به طول ۱۲۰ میلی‌متر با سطح مقطعی مطابق شکل ۳۴ــ۱ را برحسب کیلوگرم حساب کنید.



شکل ۳۴ــ۱

$$m = V \times .$$

$$V = Ag \times h$$

$$Ag = A_1 - A_2 - A_3$$

$$A_1 = L \times b = ۸۰ \times ۶۰ = ۴۸۰۰ \ mm^2$$

$$A_2 = L_1 \times b_1 = ۸ \times ۶ = ۴۸ \ mm^2$$

$$A_3 = \frac{L_2 + L_3}{۲} \times b_2 = \frac{۵۶ + ۸}{۲} \times ۲۴ = ۷۶۸ \ mm^2$$

$$Ag = ۴۸۰۰ - ۴۸ - ۷۶۸ = ۳۹۸۴ \ mm^2$$

$$V = Ag \times h = ۳۹۸۴ \times ۱۲۰ = ۴۷۸۰۸۰ \ mm^3$$

چون جرم برحسب کیلوگرم خواسته شده است بنابراین لازم است که حجم برحسب دسی‌متر مکعب محاسبه شود.

$$V = \frac{۴۷۸۰۸۰}{۱۰۰۰۰۰۰} = ۰/۴۷۸۰۸ \ dm^3$$

$$m = V \times .= \ ۰/۴۷۸۰۸ \ dm^3 \times ۷/۸۵ \frac{kg}{dm^3} = ۳/۷۵۲ \ kg$$

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

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

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.

$$m = A \times S \times .$$ (۱ـ۳۰)

علایم اختصاری:

m = جرم ورق بر حسب کیلوگرم

A = سطح ورق برحسب متر مربع

S = ضخامت ورق بر حسب میلی‌متر

. = جرم مخصوص ورق برحسب کیلوگرم بر دسی‌متر مکعب

مثال: جرم ورق آلومینیمی به ابعاد ۲mm×۳۰۰۰×۱۵۰۰ را برحسب کیلوگرم حساب کنید $(= . \ ۲/۷ \frac{kg}{dm^۳})$.

$$m = A \times S \times .$$

$$A = L \times b = ۳ \times ۱/۵ = ۴/۵ \ m^۲$$

$$m = ۴/۵ \times ۲ \times ۲/۷ = ۲۴/۳ \ kg$$

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.

$$m = m_A \times A$$ (۱ـ۳۱)

علایم اختصاری:

m = جرم قطعه بر حسب کیلوگرم

m_A = جرم یک متر مربع از ورق بر حسب کیلوگرم

A = سطح ورق برحسب متر مربع

در جدول ۶ پیوست جرم برخی از ورق‌های مختلف برحسب $\frac{kg}{m^۲}$ داده شده است.

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

$$m = m_A \times A$$

$$m_A \Rightarrow \text{ از جدول ۶ پیوست } = ۵/۴ \frac{kg}{m^۲}$$

$$A = L \times b = ۳ \times ۱/۵ = ۴/۵ m^۲$$

$$m = ۵/۴ \times ۴/۵ = ۲۴/۳ \ kg$$

محاسبه جرم نیمه‌ساخته‌ها: برای سهولت محاسبه جرم نیمه ساخته‌ها (پروفیل‌ها، لوله‌ها، میله‌ها و غیره) معمولاً جرم یک متر از طول آن‌ها را محاسبه و در جداولی گردآوری نموده‌اند. بنابراین برای محاسبه جرم نیمه‌ساخته‌ها کافی است جرم یک متر از آن‌ها را از جدول به‌دست آورده و در طول آن‌ها ضرب نمود.

$$m = m_۱ \times L \qquad (۱_۳۲)$$

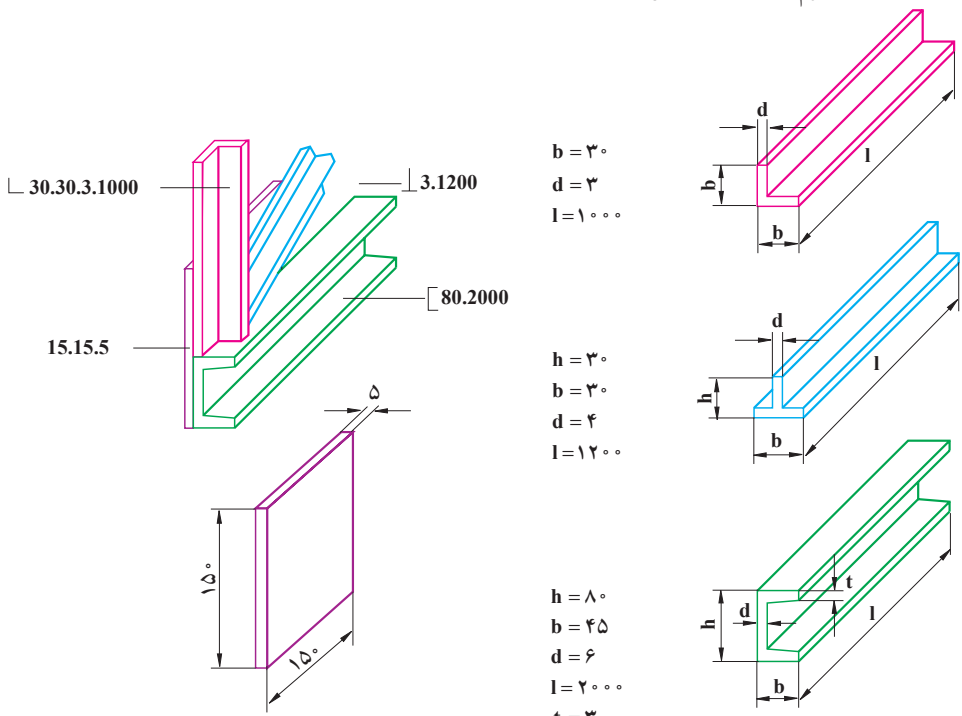
علایم اختصاری:

m = جرم قطعه برحسب کیلوگرم

$m_۱$ = جرم یک متر برحسب کیلوگرم

L = طول قطعه برحسب متر

مثال: جرم قطعه (a) شکل ۳۵ــ۱ را حساب کنید.



شکل ۳۵ــ۱

حل:

جرم یک متر مربع ورق فولادی به ضخامت ۵ میلی‌متر $\xrightarrow{\text{از جدول ۶ پیوست}}$ ۳۹/۳ kg

جرم یک متر نبشی فولادی به ابعاد ۳×۳۰×۳۰ میلی‌متر $\xrightarrow{\text{از جدول ۹ پیوست}}$ ۱/۳۶ kg

جرم یک متر سپری فولادی به ابعاد ۴×۳۰×۳۰ میلی‌متر $\xrightarrow{\text{از جدول ۹ پیوست}}$ ۱/۷۷ kg

جرم یک متر ناودانی فولادی به ابعاد ۶×۴۵×۸۰ میلی‌متر $\xrightarrow{\text{از جدول ۹ پیوست}}$ ۸/۶۴ kg

$$m = m_۱ + m_۲ + m_۳ + m_۴$$

$$m_۱ = m_A \times A = ۳۹/۳ \times \frac{۱۵۰}{۱۰۰۰} \times \frac{۱۵۰}{۱۰۰۰} = ۰/۸۸۴ \ kg$$

$$m_۲ = m_L \times L = ۱/۳۶ \times \frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۱/۳۶ \ kg$$

$$m_۳ = m_L \times L = ۱/۷۷ \times \frac{۱۲۰۰}{۱۰۰۰} = ۲/۱۲۴ \ kg$$

$$m_۴ = m_L \times L = ۸/۶۴ \times \frac{۲۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۱۷/۲۸ \ kg$$

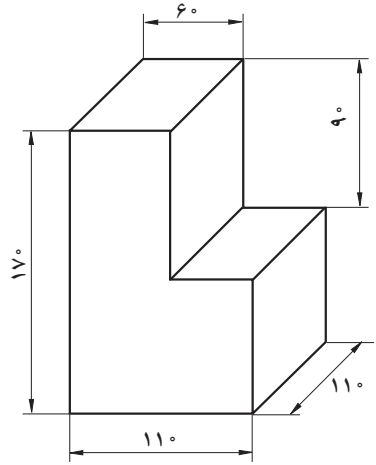
$$m = ۰/۸۸۴ + ۱/۳۶ + ۲/۱۲۴ + ۱۷/۲۸ = ۲۱/۶۴۸ \ kg$$

تمرین

۱ــ یک قطعه آلومینیمی در شکل نشان داده شده است. حساب کنید :

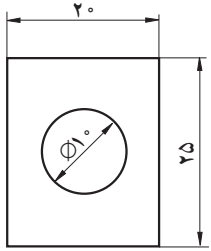
الف) جرم آن‌را برحسب کیلوگرم.

ب) چند قطعه از آن‌را می‌توان به‌وسیله کامیونی با ظرفیت ۳ تن حمل نمود.



شکل ۳۶ــ۱

توجه: در حل تمرینات، جرم مخصوص مواد مورد لزوم را از جدول ۶ ــ ۱ به‌دست آورید.



شکل ۳۷ــ۱

۲ــ مطلوب‌است جرم فلانش نشان داده شده در صورتی‌که جنس آن از چدن خاکستری و ضخامت آن ۱۲mm باشد.

۳ــ حساب کنید جرم ورق‌هایی را که مشخصات آن‌ها در زیر داده شده‌اند :

الف) ورق فولادی به ابعاد ۱۰۰۰×۶۵۰×۲ میلی‌متر .

ب) ورق مسی به ابعاد ۱۲۰۰×۱۴۰۰×۰/۹ میلی‌متر.

ج) ورق آلومینیمی به ابعاد ۱۶۵۰×۸۵۰×۱/۴ میلی‌متر.

۱۲ــ۱ــ وزن (نیروی وزن)

کلیه اجسام به نسبت جرم و فاصله‌ای که نسبت به هم دارند با نیرویی به‌نام نیروی جاذبه به طرف همدیگر جذب می‌شوند ؛ که مقدار آن در اجسامی با جرم کم بسیار ناچیز ولی در اجسامی با جرم زیاد قابل توجه می‌باشد. به‌عنوان مثال کره زمین و همچنین کره ماه به‌دلیل جرم زیادی که دارند اجسام را

با همین نیرو به طرف خود جذب می‌نمایند. بدیهی است چون جرم کره‌زمین نسبت به کره ماه بیشتر است لذا نیروی جاذبه آن بیشتر از نیروی جاذبه کره ماه می‌باشد.

نیرویی را که با آن اجسام جذب کره زمین می‌گردند نیروی وزن می‌نامند.

واحد نیرو و نیروی وزن در سیستم SI نیوتن می‌باشد 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 $۱\frac{m}{S^۲}$ عبارت از این است که بر سرعت متحرک در هر ثانیه به مقدار $۱\frac{m}{S}$ اضافه شود.

علایم اختصاری:

$$F = m \times a \qquad (۱_۳۳)$$

F = نیرو بر حسب نیوتن

m = جرم بر حسب کیلوگرم $\qquad ۱N = ۱kg \times ۱\frac{m}{S^۲}$

a = شتاب جسم برحسب متر بر مجذور ثانیه

در حل مسایل فنی مقدار شتاب ثقل زمین را معادل $۹/۸۱\frac{m}{S^۲}$ در نظر می‌گیرند.

$$g = ۹/۸۱\frac{m}{S^۲}$$

لازم به تذکر است که نیروی جاذبه نه تنها به اجسام در حال سقوط، بلکه به اجسام در حال سکون نیز اثر می‌نماید. به عنوان مثال صفحه صافی که در روی میز کار قرارگرفته است با شتاب $g = ۹/۸۱\frac{m}{S^۲}$ جذب زمین می‌گردد ؛ ولی چون نمی‌تواند به‌طرف کره زمین حرکت کند به تکیه‌گاه خود (میز کار) نیرویی معادل نیروی وزن خود وارد می‌آورد.

مقدار نیروی وزن اجسام را می‌توان از حاصل‌ضرب جرم قطعه در شتاب ثقل محل استقرار آن به‌دست آورد.

$$W = m \times g \qquad (۱_۳۴)$$

علایم اختصاری:

W = نیروی وزن جسم برحسب نیوتن $\qquad m = V \times .$

m = جرم جسم بر حسب کیلوگرم $\qquad W = V \times \times \ g$

g = شتاب ثقل برحسب متر بر مجذور ثانیه

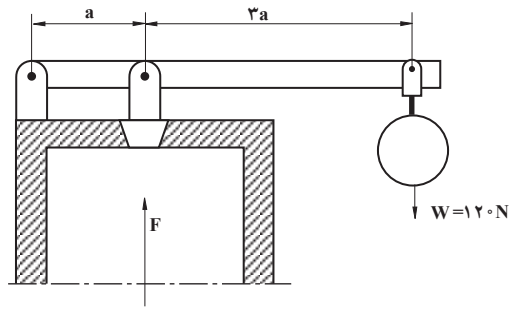
تمرین

۱ــ نیرو و فشار وارد بر کف مخزن استوانه‌ای شکل را در صورتی‌که قطر آن ۱۲/۵ متر، ارتفاع آن ۹/۸ متر و جرم مخصوص روغن محتوی آن $۰/۸۸ \ kg/dm^۳$. = باشد حساب کنید.

توجه: فشار عبارت است از نسبت نیرو بر سطحی که نیرو بر روی آن اثر می‌کند.

$$P = \frac{F}{A} \qquad (۱ــ۳۵)$$

۲ــ وزن وزنه سوپاپ اطمینانی بایستی ۱۲۰ نیوتن باشد. در صورتی که وزنه کروی و جنس آن از چدن باشد، قطر آن‌را به‌دست آورید ($g = ۱۰ \frac{m}{S^۲}$) .

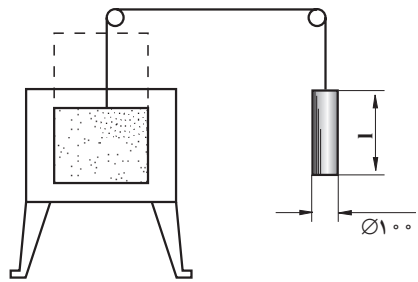


شکل ۳۸ــ۱

۳ــ در یک کوره آبکاری به کمک وزنه استوانه‌ای شکلی باز و بسته می‌شود. اگر جرم وزنه مربوطه $m = ۱۸kg$ و جنس آن از فولاد باشد حساب کنید (از اصطکاک قرقره‌ها صرف‌نظر شود).

الف) نیروی کشش سیم متصل به وزنه را برحسب نیوتن اگر $g = ۱۰ \frac{m}{S^۲}$ منظور شود.

ب) طول وزنه را برحسب میلی‌متر.



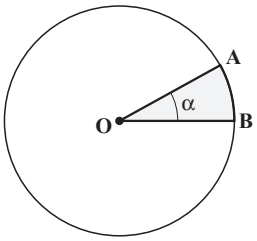
شکل ۳۹ ــ۱

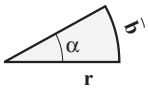
فصل دوم

کاربرد مثلثات

۱ــ۲ــ زاویه

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





شکل ۱ــ۲

علایم اختصاری:

α = مقدار زاویه برحسب رادیان

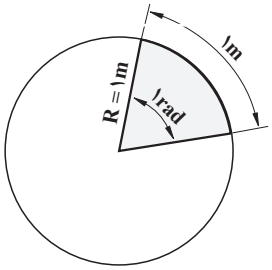
$\overset{\frown}{b}$ = طول قوس مقابل به زاویه

r = شعاع دایره (طول ضلع زاویه)

$$\alpha = \frac{\overset{\frown}{b}}{r} \qquad (۲ــ۱)$$

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

واحد زاویه: واحد زاویه رادیان (rad) می‌باشد که مقدار آن در دایره‌ای به شعاع یک متر، برابر است با نسبت طول قوسی به‌اندازه یک متر به شعاع آن.



شکل ۲ــ۲

$$۱rad = \frac{۱m}{۱m}$$

مثال: در دایره‌ای به شعاع ۱۰۰ میلی‌متر حساب کنید.

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

ب) زاویه دایره کامل.

الف) $\alpha = \frac{\overset{\frown}{b}}{r} = \frac{۱۵۰}{۱۰۰} = ۱/۵\ rad$

ب) $\alpha = \frac{\overset{\frown}{b}}{r} = \frac{U}{r} = \frac{۱۰۰ \times ۲ \times ۳/۱۴}{۱۰۰} = ۶/۲۸\ rad$

$\alpha = ۲\pi rad$

برای اندازه‌گیری زوایا در صنعت از واحد دیگری به‌نام درجه استفاده می‌گردد. یک درجه برابر است با $\frac{۱}{۹۰}$ زاویه قائمه (L) و از آن‌جایی که زاویه قائم برابر $\frac{۱۶}{۲}\,rad$ می‌باشد، بنابراین می‌توان نوشت :

$$۱^\circ = \frac{۱}{۹۰} L = \frac{\frac{\pi}{۲} rad}{۹۰} = \frac{\pi}{۱۸۰} rad$$

$$۱^\circ = \frac{\pi}{۱۸۰} rad \ , \ ۱rad = ۵۷/۳ \qquad (۲_۲)$$

مثال: زاویه $\alpha = ۳۰^\circ$ را به رادیان تبدیل کنید.

$$۱^\circ = \frac{\pi}{۱۸۰} rad$$

$$\alpha = ۳۰^\circ = ۳۰ \times \frac{\pi}{۱۸۰} rad = \frac{\pi}{۶} rad$$

$$\alpha = ۰/۵۲۳ rad$$

مثال: زاویه $۰/۷۳۳۰ rad$ = چند درجه است.

$$۱rad = ۵۷/۳۰^\circ$$

$$= ۰/۷۳۳۰ rad = ۰/۷۳۳۰ \times ۱rad = ۰/۷۳۳۰ \times ۵۷/۳ = ۴۲^\circ$$

واحدهای کوچک‌تر درجه عبارتند از دقیقه (′) و ثانیه (″)، که ضریب تبدیل آن‌ها به یکدیگر عدد ۶۰ می‌باشد.

$$۱^\circ = ۶۰' = ۳۶۰۰''$$

۱درجه $\xrightarrow[:۶۰]{\times ۶۰}$ ۱دقیقه $\xrightarrow[:۶۰]{\times ۶۰}$ ۱ثانیه

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

مسئله: ۴۵/۴ را برحسب درجه و اجزاء آن به‌دست آورید.

$$۴۵/۴ = ۴۵ + ۰/۴ = ۴۵ + ۰/۴\times۱ = ۴۵ + ۰/۴\times۶۰' = ۴۵ + ۲۴'$$

مثال: ۶۴/۳۸ را برحسب درجه و اجزاء آن به‌دست آورید.

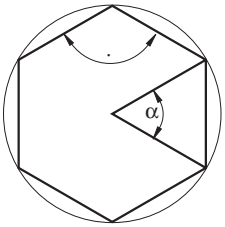
$$۶۴/۳۸ = ۶۴ + ۰/۳۸ = ۶۴ + ۰/۳۸\times۶۰' = ۶۴ + ۲۲/۸'$$

$$۶۴ + ۲۲/۸' = ۶۴ + ۲۲' + ۰/۸' = ۶۴ + ۲۲' + ۰/۸\times۶۰''$$

$$= ۶۴ + ۲۲' + ۴۸''$$

$$۶۴/۳۸ = ۶۴ + ۲۲', ۴۸''$$

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



شکل ۳ــ۲

علایم اختصاری:

α = زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع در چند ضلعی منتظم (۳ــ۲) $\alpha = \frac{۳۶۰}{n}$

n = تعداد اضلاع

. = زاویه بین دو ضلع در چند ضلعی منتظم (۴ــ۲) $= . ۱۸۰ - \frac{۳۶۰}{n}$

چهار عمل اصلی زوایا

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

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 ۶۰ ثانیه یک واحد به دقیقه و بازاء هر ۶۰ دقیقه یک واحد به درجه اضافه می‌شود.

مثال:

$$۳۰ + ۴۰′,۵۰″ + ۲۰ ,۳۰′,۴۰″$$

$$۳۰ ,۴۰′,۵۰″ +$$

$$۲۰ ,۳۰′,۴۰″$$

$$\overline{۵۰ ,۷۰′,۹۰″ =}$$

$$۵۰ ,۷۱′,۳۰″ =$$

$$۵۱ ,۱۱′,۳۰″$$

تفریق زاویه‌ها: در تفریق زاویه‌ها به‌ترتیب 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 ۶۰ 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:

$$۶۱ ,۳۴′,۴۲″ - ۳۸ ,۳۶′,۲۷″$$

$$۶۱ ,۳۴′,۴۲″ -$$

$$۳۸ ,۳۶′,۲۷″$$

$$\overline{۶۱ ,۳۴′,۴۲″ =}$$

$$۶۰ ,۹۴′,۴″ =$$

$$\overline{۶۰ ,۹۴′,۴۲″ -}$$

$$۳۸ ,۳۶′,۲۷″ =$$

$$\overline{۲۸ ,۵۸′,۱۵″}$$

ضرب زاویه: زاویه‌ها را در یکدیگر نمی‌توان ضرب کرد ولی زاویه را به منظور چند برابرکردن می‌توان در عددی ضرب کرد بدین ترتیب که عدد را به ترتیب در ثانیه و دقیقه و درجه ضرب کرده و حاصل‌ضرب را می‌نویسیم درصورتی‌که حاصل ضرب ثانیه و دقیقه بیش‌تر از ۶۰ باشد بازاء هر ۶۰ ثانیه اضافی یک واحد به دقیقه و هم‌چنین بازاء هر ۶۰ دقیقه اضافی یک واحد به درجه حاصل‌ضرب می‌افزاییم و نتیجه ساده شده را می‌نویسیم.

مثال:

۵ ضرب در $۶۲^\circ ,۳۴',۵۶''$

$(۶۲^\circ ,۳۴',۵۶'')\times ۵$

$۶۲^\circ \times ۵ = ۳۱۰^\circ$

$۳۴' \times ۵ = ۱۷۰'$

$۵۶'' \times ۵ = ۲۸۰''$

$= ۳۱۰^\circ ,۱۷۰',۲۸۰''$

$۳۱۲^\circ ,۵۴',۴۰''$

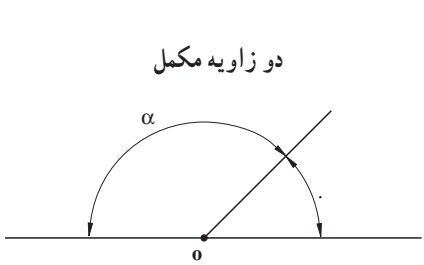
تقسیم زاویه به عدد: زاویه را به یک‌دیگر نمی‌توان تقسیم نمود ولی زاویه را به‌منظور چند قسمت‌کردن به عددی تقسیم می‌کنند بدین ترتیب که ابتدا اندازه زاویه برحسب درجه را به عدد مورد نظر تقسیم می‌کنیم اگر باقی‌مانده‌ای به‌دست آمد آن را در ۶۰ ضرب کرده و با عدد دقیقه‌ی همان زاویه جمع و بر عدد مقسوم‌علیه تقسیم می‌نماییم و این عمل را در مورد دقیقه و ثانیه نیز عمل می‌کنیم.

۲ــ۲ــ یادآوری برخی از قضایای هندسی

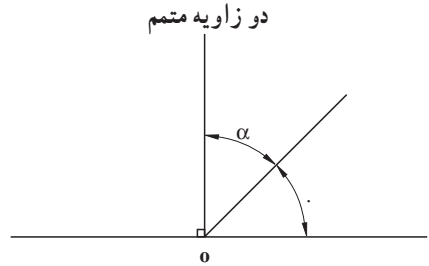
از آن‌جایی که در حل مسایل فنی مربوط به زوایا از قضایای حساب و هندسه نیز کمک گرفته می‌شود، قضایایی را که در حل مسایل این قسمت از آن‌ها استفاده خواهد شد یادآوری می‌نماییم.

۱ــ دو زاویه را متمم یکدیگر گویند در صورتی‌که مجموع زوایای آن‌ها ۹۰ درجه باشد.

۲ــ چنانچه مجموع دو زاویه ۱۸۰ باشد آن دو زاویه را مکمل یکدیگر گویند.



$\alpha + = 180^\circ$ (۲ـ۴)



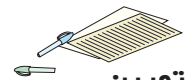
$\alpha + = 90^\circ$ (۲ـ۵)

شکل ۴ـ۲

۳ـ مجموع زوایای داخلی هر مثلث ۱۸۰ و مجموع زوایای داخلی هر چهارضلعی بسته ۳۶۰ می‌باشد.

$\alpha + + = 180^\circ$ (۲ـ۶) $\alpha + + + = 360^\circ$ (۲ـ۷) $\alpha + + + = 360^\circ$

شکل ۵ـ۲



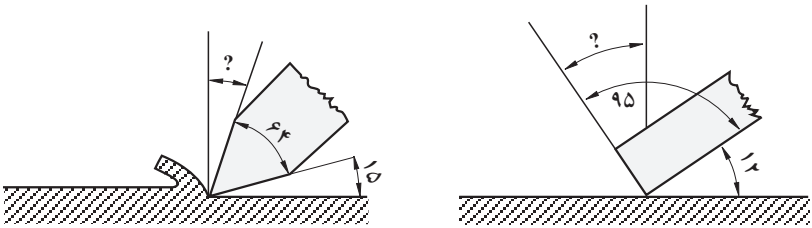
تمرین

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

الف ـ $27\frac{1}{2}$ ب ـ $62/67$

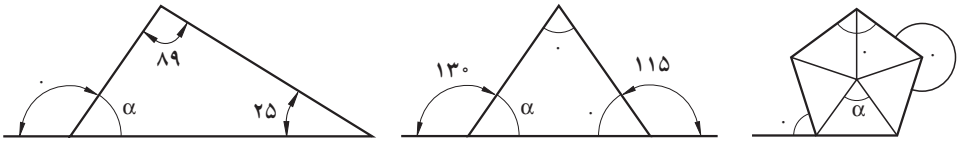
ج ـ $15/5$ د ـ $38/23$

۲ـ از ابزارهای براده برداری داده شده در اشکال صفحه‌ی بعد مقدار زاویه مجهول را به‌دست آورید.



شکل ۶ــ۲

۳ــ زوایای مجهول در اشکال داده شده را به‌دست آورید.



$\alpha = ?$

$= = ?$

$= = ?$

$= = ?$

شکل ۷ــ۲

۴ــ زاویه مرکزی (α) را برای سوراخ‌کاری فلانش‌هایی با تعداد سوراخ داده شده در جدول به‌دست آورید.

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

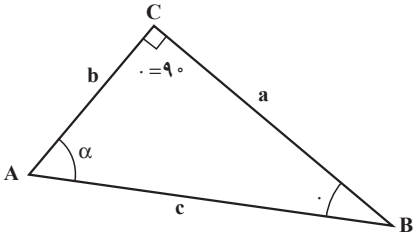
شکل ۸ــ۲

قضیه‌ی فیثاغورث

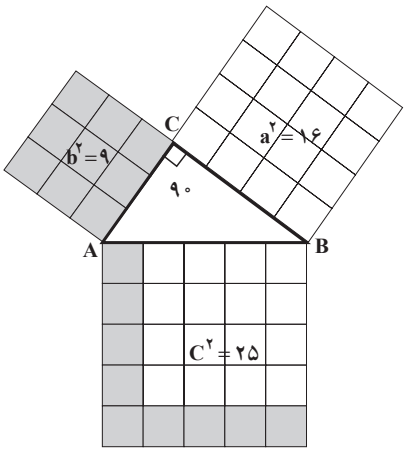
در مثلث قائم‌الزاویه رسم شده زیر A,B,C گوشه‌های مثلث که در آن (۹۰ . =) و a و b دو ضلع مجاور به زاویه قائمه و c ضلع مقابل به زاویه قائمه وتر مثلث می‌باشد که از دو ضلع دیگر طولش بیش‌تر است. با توجه به شکل می‌توان نوشت.

مساحت مربع به ضلع a برابر است با $a^۲ = ۴^۲ = ۱۶$

مساحت مربع به ضلع b برابر است با $b^۲ = ۳^۲ = ۹$



شکل ۹ــ۲



شکل ۱۰ــ۲

جمع مساحت‌های این دو مربع برابر است با

$a^۲ + b^۲ = ۲۵$

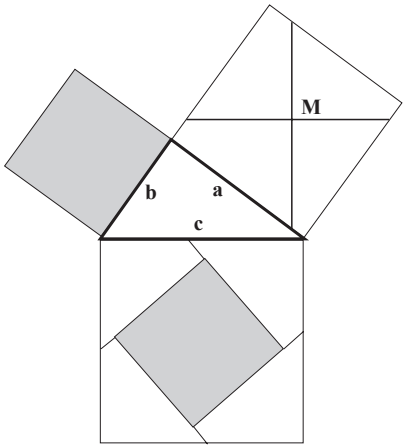
مساحت مربع به ضلع C برابر است با

$c^۲ = ۵^۲ = ۲۵$

با توجه به مثال بالا قضیه فیثاغورث را می‌توان به‌صورت زیر نوشت :

قضیه فیثاغورث ۱: در هر مثلث قائم‌الزاویه مربع وتر برابر است با مجموع مربعات دو ضلع دیگر

$$c^۲ = a^۲ + b^۲$$



شکل ۱۱ــ۲

از رابطه‌ی بالا نتیجه می‌شود :

$\therefore a^۲ = c^۲ - b^۲$

$\therefore b^۲ = c^۲ - a^۲$

مثال: در یک مثلث قائم‌الزاویه ضلع مجاور به زاویه قائمه $a = ۸۵$ میلی‌متر و وتر آن $c = ۱۶۰$ میلی‌متر می‌باشد، حساب کنید.

۱ــ طول سوم (b)

$b^۲ = c^۲ - a^۲$

$b = \sqrt{۱۶۰^۲ - ۸۵^۲}$

$b = ۱۳۵\text{mm}$

۲ــ مساحت مثلث برحسب سانتی‌مترمربع

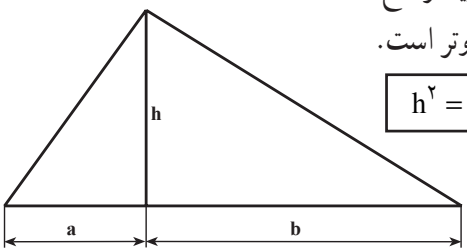
$A = \frac{g.h}{۲}$

$$A = \frac{۱۳/۵ \times ۸/۵}{۲}$$

$$A = ۵۷/۳۵ cm^۲$$

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

$$h^۲ = a.b$$



شکل ۱۲ــ۲

مثال: در مثلث قائم‌الزاویه شکل۱۳ــ۲ ارتفاع وارد بر وتر (h) را حساب کنید.

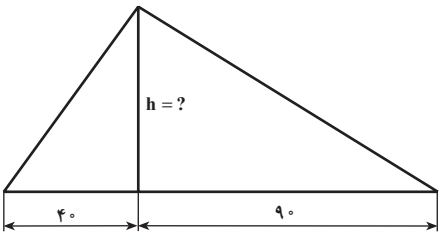
$$h^۲ = a.b$$

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

$$h = \sqrt{۴۰ \times ۹۰}$$

$$h = \sqrt{۳۶۰۰}$$

$$h = ۶۰ mm$$



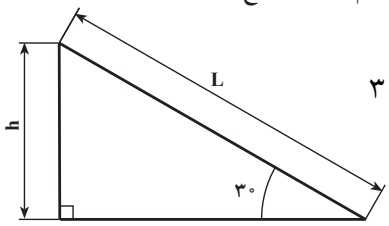
شکل ۱۳ــ۲

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

L ــ وتر مثلث قائم‌الزاویه

h ــ ضلع مقابل به زاویه ۳۰

$$h = \frac{۱}{۲} L$$



شکل ۱۴ــ۲

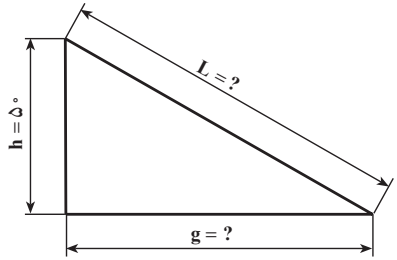
مثال: طول ضلع g را در شکل ۱۵ــ۲ محاسبه کنید.

$$L = ۲h = ۲ \times ۵۰ = ۱۰۰$$

$$g = \sqrt{L^۲ - h^۲}$$

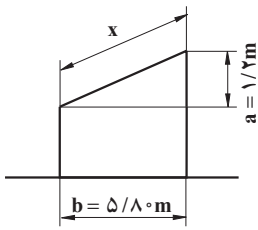
$$g = \sqrt{۱۰۰^۲ - ۵۰^۲}$$

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



شکل ۱۵ــ۲

مثال: برای ساخت سقف گاراژی اندازه X مورد نیاز است. با توجه به ابعاد داده شده اندازه آن‌را به‌دست آورید.



شکل ۱۶ــ۲

حل:

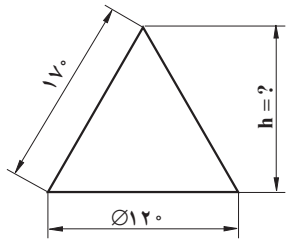
$$x^2 = a^2 + b^2$$

$$x = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{۱/۲^2 + ۵/۸^2} = \sqrt{۳۵/۰۸}$$

$$x = ۵/۹۲m$$

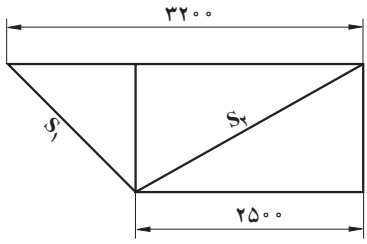
تمرین

۱ــ اندازه ارتفاع مخروط را به‌دست آورید.



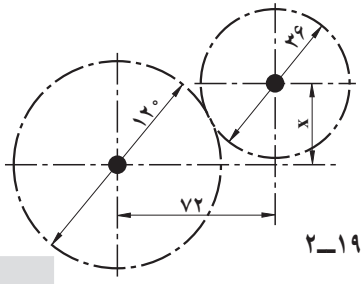
شکل ۱۷ــ۲

۲ــ در خرپای نشان داده شده طول عضوهای S_1 و S_2 را به‌دست آورید.



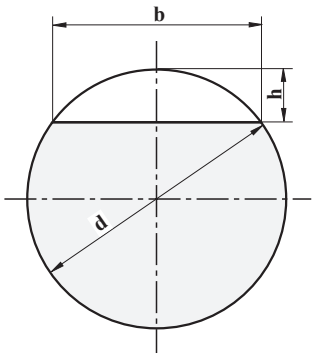
شکل ۱۸ــ۲

۳ــ شکل ۱۹ــ۲ حالت درگیری دو چرخ‌دنده را نشان می‌دهد. در این شکل اندازه x را حساب کنید.



شکل ۱۹ــ۲

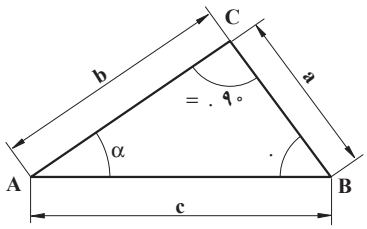
۴ــ قطعه‌ای مطابق شکل زیر از میله‌گردی به قطر $d = ۸۰mm$ ساخته خواهد شد اندازه عمق بار (h) را در صورتی‌که عرض قسمت تخت شده $b = ۵۰mm$ باشد حساب کنید.



شکل ۲۰ــ۲

۳ــ۲ــ روابط مثلثاتی

قبل از پرداختن به روابط مثلثاتی، زوایا و اضلاع یک مثلث قائم‌الزاویه را مطابق شکل ۲۱ــ۲ در نظر می‌گیریم.



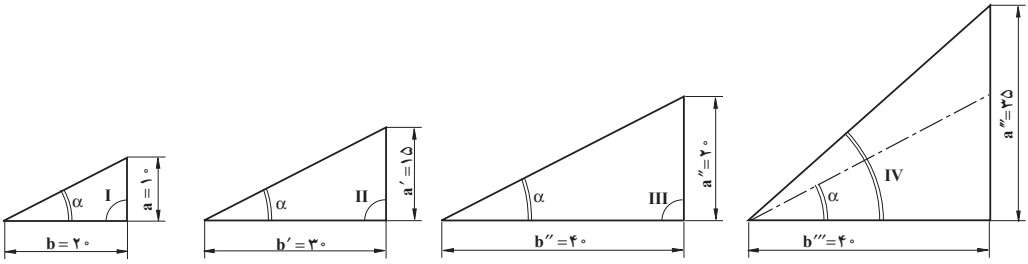
شکل ۲۱ــ۲

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 قائم‌الزاویه: با مقایسه زاویه و اضلاع مثلث‌های شکل ۲۱ــ۲ می‌توان نتیجه گرفت :



شکل ۲۲ــ۲

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

$$\frac{a}{b}=\frac{۱۰}{۲۰}=\frac{۱}{۲}=۰/۵ \qquad \frac{b}{a}=\frac{۲۰}{۱۰}=\frac{۲}{۱}=۲$$

$$\frac{a'}{b'}=\frac{۱۵}{۳۰}=\frac{۱}{۲}=۰/۵ \qquad \frac{b'}{a'}=\frac{۳۰}{۱۵}=\frac{۲}{۱}=۲$$

$$\frac{a''}{b''}=\frac{۲۰}{۴۰}=\frac{۱}{۲}=۰/۵ \qquad \frac{b''}{a''}=\frac{۴۰}{۲۰}=\frac{۲}{۱}=۲$$

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

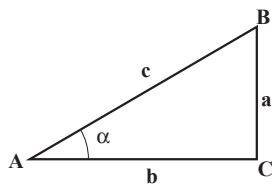
$$\frac{a'''}{b'''}=\frac{۳۵}{۴۰}=\frac{۷}{۸}=۰/۸۷۵ \qquad \frac{b'''}{a'''}=\frac{۴۰}{۳۵}=\frac{۸}{۷}=۱/۱۴۲$$

۳ــ در هر مثلث قائم‌الزاویه برای هر زاویه (مثلاً ۴۲) نسبت اضلاع معینی وجود داشته و همچنین برای هر نسبت اضلاع معین (مانند $\frac{۹}{۱۰}=۰/۹$) نیز زاویه مشخصی وجود دارد بنابراین :

در هر مثلث قائم‌الزاویه مقدار زوایای α و یا . به نسبت اضلاع بستگی داشته و همچنین نسبت اضلاع آن نیز به مقدار زاویه α و یا . بستگی دارد.

۴ــ در هر مثلث قائم‌الزاویه با داشتن نسبت اضلاع می‌توان مقدار زاویه و همچنین با در اختیار داشتن مقدار زاویه می‌توان نسبت اضلاع را به‌دست آورد.

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



شکل ۲۳ــ۲

$$\text{کسینوس}=\frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}\Rightarrow \cos\alpha=\frac{b}{c} \qquad (۲ــ۹)$$

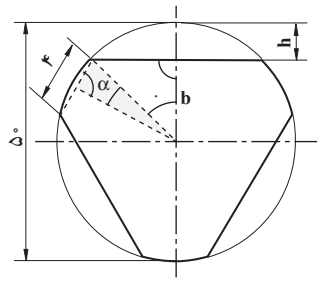
$$\text{سینوس}=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}\Rightarrow \sin\alpha=\frac{a}{c} \qquad (۲ــ۱۰)$$

$$\text{کتانژانت} = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{ضلع مقابل}} \Rightarrow \cot\alpha = \frac{b}{a} \qquad (۲_۱۱)$$

$$\text{تانژانت} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{a}{b} \qquad (۲_۱۲)$$

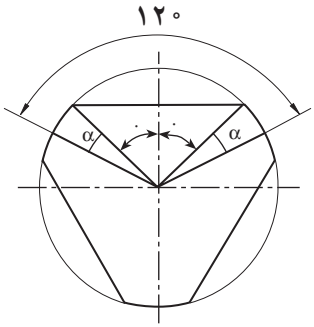
از روابط مثلثاتی در حل بسیاری از مسایل فنی استفاده می‌گردد ؛ که در زیر نمونه‌ای از آن‌ها را مشاهده می‌نمایید.

مثال: از میله‌گردی به قطر $d = ۵۰mm$ ، قطعه‌ای مطابق شکل **۲۴_۲** ساخته خواهد شد. حساب کنید عمق بار (h) را در صورتی که عرض سطوح تخت شده با هم مساوی باشد.



شکل ۲۴_۲

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



شکل ۲۵_۲

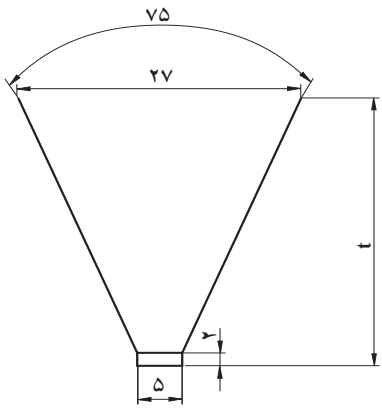
در مسئله با تشکیل مثلث قائم‌الزاویه که در شکل مشخص شده است ؛ ابتدا زاویه α و سپس زاویه . را به‌دست آورده و با استفاده از رابطه کسینوس مسئله را حل می‌کنیم.

$$\sin\alpha = \frac{\frac{۴}{۲}}{\frac{۵۰}{۲}} = \frac{۲}{۲۵} = ۰/۰۸ \qquad \text{از جدول سینوس} \Rightarrow \alpha \approx ۴^\circ ,۳۰'$$

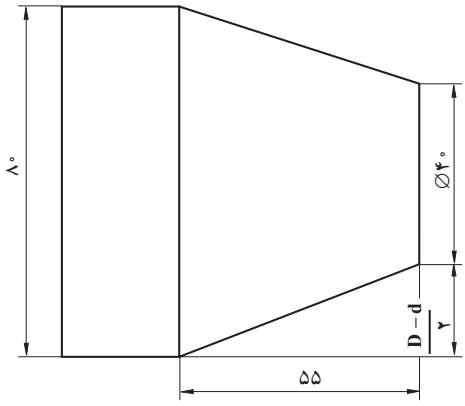
$$= . \frac{\frac{۳۶۰}{۳} - ۲a}{۲} = \frac{۱۲۰ - ۲\times ۴ ,۳۰'}{۲} \approx ۵۵ ,۳۰'$$

$$\cos = . \frac{b}{r} \Rightarrow b = \cos \times . \ r = ۰/۵۶۶۴ \times ۲۵ \approx ۱۴/۱۶ mm$$

$$h = r - b = ۲۵ - ۱۴/۱۶ = ۱۰/۸۴ mm$$



شکل ۲۶ــ۲



تمرین

۱ــ عمق بار (t) را برای ساختن منشور مطابق شکل ۲۶ــ۲ حساب کنید.

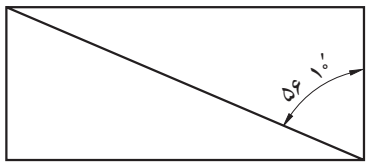
۲ــ مخروط ناقص مطابق شکل۲۷ــ۲ مفروض است حساب کنید :

الف) شیب مخروط ($\tan\frac{\alpha}{۲}$).

ب) زاویه شیب ($\frac{\alpha}{۲}$) و همچنین زاویه رأس مخروط.

شکل ۲۷ــ۲

۳ــ طول اضلاع و همچنین قطر مستطیل مطابق شکل۲۸ــ۲ را، در صورتی‌که مساحت آن $۴۷/۴۸ m^۲$ باشد حساب کنید.



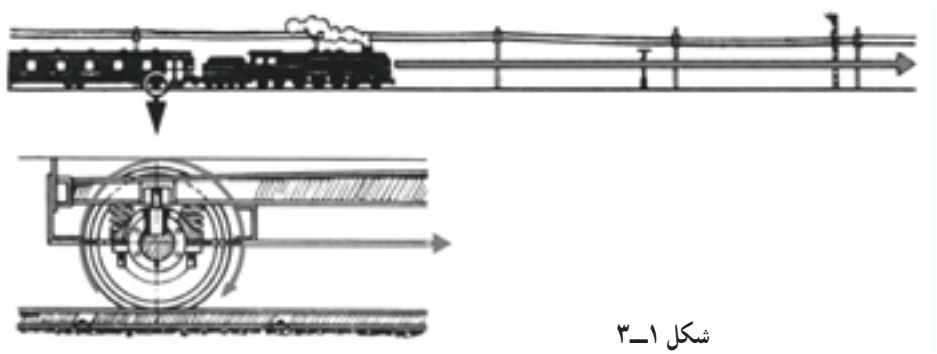
شکل ۲۸ــ۲

فصل سوم

حرکت و انتقال آن

۱ــ۳ــ حرکت

اگر محل استقرار جسمی تغییر کند گوییم 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 صورتی‌که مسیر حرکت، دایره‌ای باشد حرکت را حرکت دورانی یکنواخت نامند. به‌عنوان مثال حرکت قطار روی ریل مستقیم، حرکت مستقیم‌الخط و حرکت چرخ‌های آن حرکت دورانی می‌باشد.



شکل ۱ــ۳

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 اره‌کمانی.

۲ــ۳ــ 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 به‌دست می‌آید.

علایم اختصاری:

$$V = \frac{s}{t} \qquad (۳_۱)$$

s = مسافت

t = زمان

V = سرعت

واحد سرعت در سیستم SI، متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$) می‌باشد و آن سرعت متحرکی است که به‌طور 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 :

ـ سرعت وسایل نقلیه به km/h

ـ سرعت نور به km/s

ـ سرعت برش در سوراخ‌کاری، تراش‌کاری m/min

ـ سرعت محیطی و سرعت صوت به m/s

ـ 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 چه‌قدر است؟

$s = ۱۵۵m$

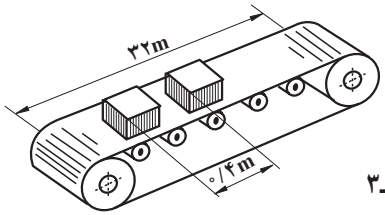
$$t = ۶۰ + ۴۰ = ۱۰۰s \qquad V = \frac{s}{t} = \frac{۱۵۵}{۱۰۰} = ۱/۵۵ \ m/s$$

سرعت تراکتور برحسب کیلومتر بر ساعت

$$۱/۵۵ \times \frac{۳۶۰۰}{۱۰۰۰} = ۵/۶ \ km/h$$

مثال: به کمک تسمه نقاله‌ای مطابق شکل ۲ـ۳، می‌خواهیم قطعاتی را حمل و تخلیه نماییم. اگر زمان حرکت هر یک از قطعات $\frac{۲}{۳}$ دقیقه باشد حساب کنید :

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



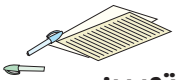
شکل ۲ــ۳

ب) تعداد قطعاتی را که در هر ساعت حمل می‌شوند درصورتی که فاصله دو قطعه از هم ۰/۴ متر باشد.

$$\text{الف)}\quad V=\frac{s}{t}=\frac{۳۲m}{\frac{۲}{۳}min}=\frac{۳۲m}{\frac{۲}{۳}\times ۶۰s}=\frac{۳۲m}{۴۰s}=۰/۸\frac{m}{s}$$

$$\text{ب) تعداد قطعات جابه‌جا شده}=\frac{۰/۸m/s}{۰/۴m}=۲\frac{\text{قطعه}}{s}$$

$$۲\frac{\text{قطعه}}{s}=۲\frac{\text{قطعه}}{\frac{۱}{۳۶۰۰}h}=۲\frac{\text{قطعه}\times ۳۶۰۰}{h}=۷۲۰۰\frac{\text{قطعه}}{h}$$



تمرین

۱ــ به کمک تسمه نقاله‌ای مطابق شکل ۳ــ۳، 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 هم‌دیگر را در صورتی که سرعت تسمه نقاله $V=۱۸\frac{m}{min}$ باشد.

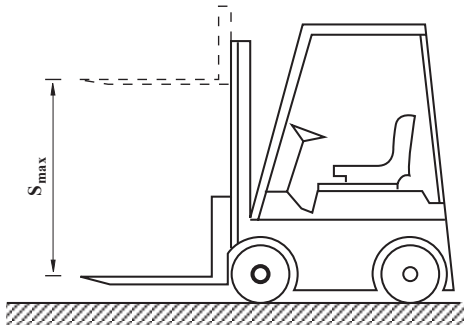
ب) زمان پیمودن یک جعبه را اگر طول تسمه نقاله ۱۲۳ متر باشد.

شکل ۳ــ۳

۲ــ سرعت جرثقیل سقفی نشان داده شده در شکل۴ــ۳ 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 ۴ــ۳

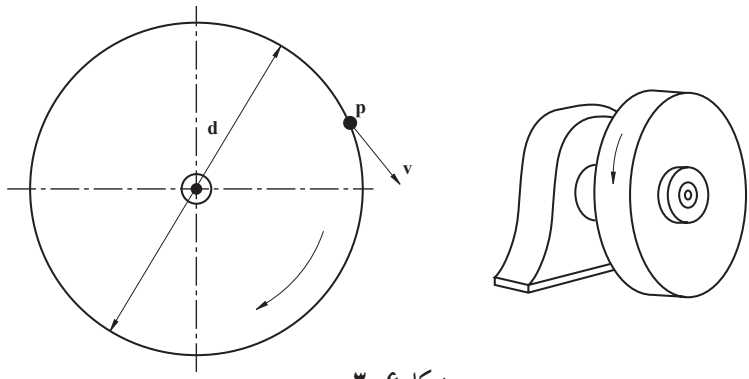
۳ــ توسط لیفت تراکی مطابق شکل، ۲۰ عدد کیسه به ارتفاع ۱/۵ متری حمل خواهد شد. اگر سرعت بالا برنده لیفت‌تراک ۱۲ متر بر دقیقه بوده و برای سوار و پیاده کردن هر کیسه ۲۸ ثانیه وقت لازم باشد، حساب کنید زمان لازم جهت حمل آن‌ها را.



شکل ۵ــ۳

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 $\frac{۱}{min}$ (دور دردقیقه) یا $\frac{۱}{S}$ (دور درثانیه یاهرتز) 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 ۶ــ۳

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

مسافت پیموده شده در دو دور $= d \times \pi \times ۲$

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

از آن‌جایی که معمولاً در صنعت، قطر با واحد میلی‌متر، دور با واحد دور بر دقیقه و سرعت محیطی با واحد متر بر ثانیه بیان می‌شود، لذا رابطه سرعت محیطی با توجه به ضرایب تبدیل به‌شرح زیر خواهد بود.

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000 \times 60} \qquad (۳_۲)$$

علایم اختصاری:

d= قطر چرخ برحسب میلی‌متر (mm)

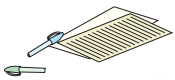
n= تعداد دوران چرخ در هر دقیقه $(\frac{1}{min})$ RPM[1]

v= سرعت محیطی چرخ برحسب متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$

رابطه فوق نشان می‌دهد که سرعت محیطی هر نقطه یک جسم دوار به موقعیت شعاعی و تعداد دوران آن بستگی دارد ؛ به‌نحوی که با ثابت ماندن تعداد دوران، نقطه‌ای که به محور چرخ نزدیک‌تر است سرعت محیطی کمتر و نقطه‌ای که از محور چرخ دورتر است دارای سرعت محیطی بیشتری خواهد بود.

مثال: چرخ تسمه‌ای به قطر ۴۲۰ mm در هر دقیقه ۵۶۰ دور می‌زند. سرعت محیطی آن‌را که معادل سرعت تسمه می‌باشد به‌دست آورید.

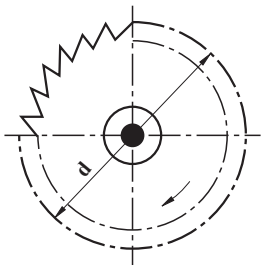
$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000 \times 60} = \frac{420 \times 3/14 \times 560}{1000 \times 60} = 12/32 \frac{m}{s}$$



تمرین

۱ــ قطر تیغه اره‌ای مطابق شکل را برحسب میلی‌متر به‌دست آورید در صورتی که سرعت محیطی آن ۱۲ متر بر ثانیه و سرعت دورانی آن ۵۰۰ دور در هر دقیقه باشد.

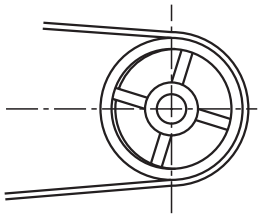
۲ــ سرعت دورانی چرخ اتومبیلی را که با سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت در حرکت بوده و قطر مؤثر چرخ‌های آن ۶۸ سانتی‌متر است برحسب دور در دقیقه حساب کنید.



شکل ۷ــ۳

۳ــ اگر سرعت مناسب تسمه، در انتقال حرکت توسط چرخ تسمه‌ها $15 \frac{m}{s}$ باشد تعیین کنید کدام‌یک از حالات I یا II برای انتقال حرکت مناسب می‌باشد.

۱ــ RPM حروف اول کلمات Round Per Minute می‌باشد.

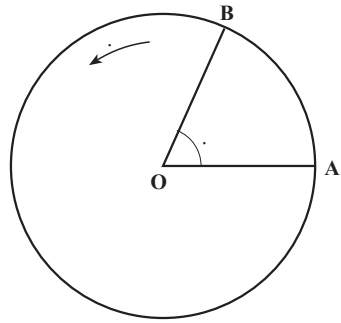


شکل ۸ ــ۳

	I	II
n	۱۵۰۰/min	۸۰۰/min
d	۱۵۰mm	۴۰۰mm

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 ۹ــ۳ می‌چرخد در نظر بگیرید. هرگاه این میله در مدت t ثانیه زاویه‌ای به مقدار . رادیان بچرخد. سرعت زاویه‌ای میله برابر خواهد بود با :

$$= . \quad \frac{\text{زاویه طی شده توسط میله}}{\text{زمان}} = \frac{.}{t} = \frac{\text{رادیان}}{\text{ثانیه}} \qquad (۳ــ۳)$$



شکل ۹ــ۳ــ دوران میله OA حول نقطه‌ی O

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

$$= . \quad \frac{۲\pi n}{۶۰} \qquad (۳ــ۴)$$

علایم اختصاری:

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

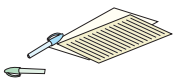
π = عدد پی برابر ۳/۱۴

n= سرعت دورانی برحسب دور بر دقیقه (rpm)

مثال: یک فلایویل (چرخ‌لنگر) با سرعت دورانی ۲۴۰۰ دور بر دقیقه می‌چرخد. معین کنید سرعت زاویه‌ای آن چند رادیان بر ثانیه است.

$$n = ۲۴۰۰ \text{rpm}$$

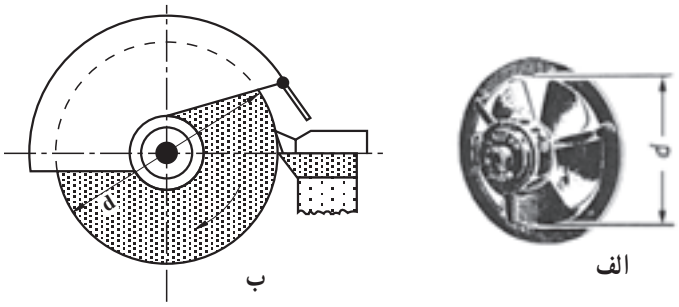
$$= . \quad \frac{۲\pi n}{۶۰} = \frac{۲\times ۳/۱۴\times ۲۴۰۰}{۶۰} = ۲۵۱/۳ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



تمرین

۱ــ سرعت دورانی وسرعت زاویه‌ای پره‌های هواکش مطابق شکل ۱۰ــ۳ــ الف را در صورتی که قطر پره‌های آن ۴۵۰ میلی‌متر بوده و سرعت محیطی آن ۴/۳۵ m/s باشد حساب کنید.

۲ــ سرعت محیطی و سرعت زاویه‌ای سنگ سنباده شکل ۱۰ــ۳ ــ ب را، در صورتی که قطر سنگ ۲۵۰ میلی‌متر و سرعت دورانی آن ۱۰۰۰ دور در هر دقیقه باشد حساب کنید.

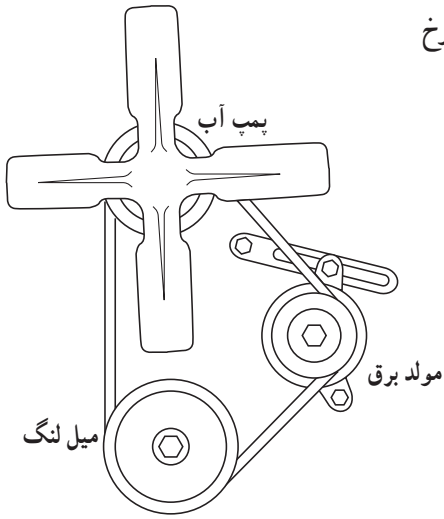


شکل ۱۰ــ۳

۳ــ۳ــ انتقال حرکت به‌وسیله 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. به‌همین 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 ۱۱ــ۳ــ تسمه ساده

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

۱ــ۳ــ۳ــ انتقال حرکت با تسمه‌های تخت: به کمک تسمه و چرخ تسمه‌ها، امکان انتقال حرکت و یا نیرو در وسایلی که فاصله محور زیادی نسبت به‌هم دارند، وجود دارد. شکل۱۲ــ۳ حالت‌های مختلف انتقال حرکت به‌کمک تسمه و چرخ تسمه‌های تخت را نشان می‌دهد.

شکل ۱۲ــ۳

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 هرکدام از آن‌ها می‌پردازیم.

۲ــ۳ــ۳ــ انتقال حرکت با یک زوج چرخ تسمه (نسبت ساده): در این روش اغلب از دو چرخ تسمه با قطرهای مختلف استفاده می‌شود که به‌وسیله تسمه‌ای به همدیگر مربوط می‌شوند و حرکت دورانی از چرخ محرک به‌وسیله 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 ۵ــ۳ خواهد بود.

$$V_1 = V_2$$

$$\frac{d_1 \times \pi \times n_1}{1000 \times 60} = \frac{d_2 \times \pi \times n_2}{1000 \times 60} \quad \Rightarrow \boxed{d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2} \qquad (۳ــ۵)$$

علایم اختصاری:

V= سرعت تسمه برحسب متر بر ثانیه

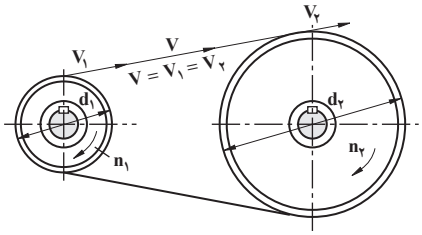
V_1 = سرعت محیطی چرخ محرک برحسب متر بر ثانیه

V_2 = سرعت محیطی چرخ متحرک برحسب متر بر ثانیه

d_1 = قطر چرخ محرک برحسب میلی‌متر

d_2 = قطر چرخ متحرک برحسب میلی‌متر

n_1 = سرعت دورانی چرخ محرک برحسب دور در دقیقه



شکل ۱۳ــ۳

n_2 = سرعت دورانی چرخ متحرک برحسب دور در دقیقه

توجه: در رابطه ۵ــ۳ از سرخوردن جزیی تسمه (حدود ۲ درصد) صرف‌نظر شده است.

چرخ تسمه‌ها علاوه‌بر وظیفه انتقال حرکت از محور محرک به محور متحرک، می‌توانند وظیفه تغییر سرعت دورانی چرخ متحرک را نیز به‌عهده داشته باشند. برای محاسبه سرعت دورانی چرخ تسمه‌ها محرک و متحرک با توجه به روابطه ۵ــ۳ خواهیم داشت.

$$\frac{\text{سرعت دورانی چرخ محرک}}{\text{سرعت دورانی چرخ متحرک}} = \frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{قطر چرخ محرک}} \Rightarrow \boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}} \qquad (۳ــ۶)$$

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

$$i = \frac{\text{سرعت دورانی چرخ محرک}}{\text{سرعت دورانی چرخ متحرک}} \Rightarrow \boxed{i = \frac{n_1}{n_2}} \quad \text{یا} \quad \boxed{i = \frac{d_2}{d_1}} \qquad (۳_۷)$$

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

$$n_1 = ۱۲ \text{ rps}$$

$$n_2 = ۴ \text{ rps}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{۱۲}{۴} = \frac{۳}{۱} = ۳$$

مثال: در یک انتقال حرکت به‌وسیله 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 می‌دهد که سرعت دورانی محور متحرک کم و یا زیاد خواهد بود. جدول زیر این مطلب را روشن‌تر می‌کند.

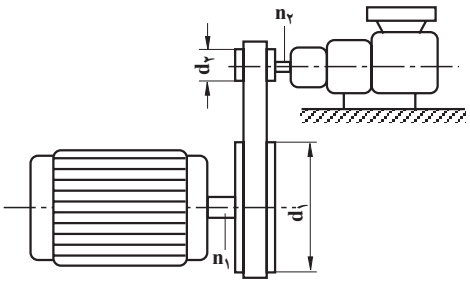
جدول ۱ــ۳

تغییرات سرعت دورانی چرخ متحرک			
نسبت انتقال i	i=۱	i>۱	i<۱
تعداد دوران چرخ متحرک	تغییر نمی‌کند	کم می‌شود	زیاد می‌شود

مثال: حرکت الکترو موتوری توسط چرخ تسمه‌ای مطابق شکل به محور پمپی منتقل می‌شود. اگر سرعت دورانی الکتروموتور $n_1 = ۱۵۰۰ \text{ RPM}$ و قطر چرخ متصل به محور آن $d_1 = ۱۵۰ \text{mm}$ باشد حساب کنید :

الف) سرعت دورانی محور پمپ (n_2) را در صورتی که قطر چرخ متصل به آن $d_2 = ۹۰ \text{mm}$ باشد.

ب) نسبت انتقال (i).



شکل ۱۴ــ۳

حل:

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

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} = \frac{۱۵۰۰ \times ۱۵۰}{۹۰} = ۲۵۰۰ \text{RPM}$$

ب) $$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{۱۵۰۰}{۲۵۰۰} = \frac{۳}{۵} = \frac{۳:۵}{۵:۵} = \frac{۰/۶}{۱} = ۰/۶$$

یا $$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{۹۰}{۱۵۰} = \frac{۳}{۵} = ۰/۶$$

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

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_1 = n_2 \times i \ , \ n_2 = \frac{n_1}{i} \qquad (۳ــ۸)$$

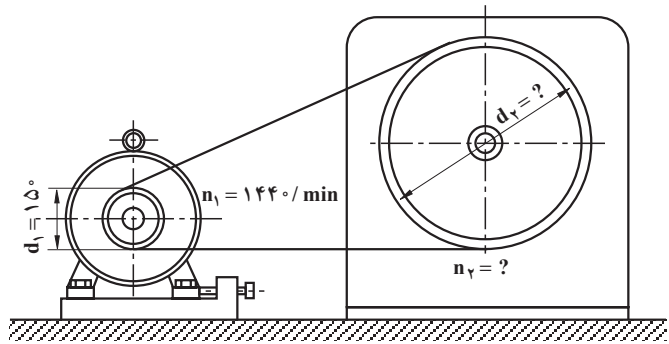
همچنین با معلوم بودن نسبت انتقال و قطر یکی از چرخ‌ها، می‌توان رابطه‌ای برای محاسبه قطر چرخ دیگر به‌دست آورد.

$$i = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow d_2 = d_1 \times i \ , \ d_1 = \frac{d_2}{i} \qquad (۳ــ۹)$$

مثال: در دستگاه انتقال حرکت مطابق شکل، اگر نسبت انتقال $i = ۴$ باشد حساب کنید :

الف) سرعت دورانی چرخ متحرک (n_2) .

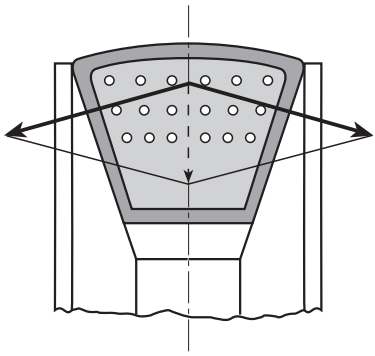
ب) قطر چرخ متحرک (d_2) .



شکل ۱۵ــ۳

۲ــ۳ــ۳ــ انتقال حرکت با تسمه‌های ذوزنقه‌ای: این نوع تسمه‌ها به دلیل محاسن زیادی که دارند امروزه کاربرد بیشتری در صنایع پیدا کرده و مورد استفاده آن‌ها روز افزون می‌باشد.

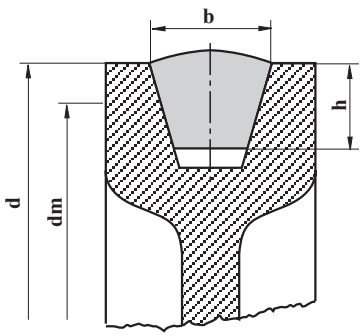
به دلیل درگیری بهتر این نوع تسمه‌ها با شیار ذوزنقه‌ای شکلی که به همین منظور در روی چرخ تسمه مربوطه ایجاد شده است، در شرایط مساوی می‌توان نیروی زیادتری را نسبت به تسمه‌های تخت منتقل نمود. در این حالت نیروی وارد به یاتاقان‌ها کمتر از تسمه‌های تخت بوده و می‌توان در اختلاف قطرهای زیادتر (تا $i = \frac{10}{1}$) 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 به‌کار رفته است. این تسمه‌ها را معمولاً به‌صورت یک تکه و با اندازه‌های استاندارد به بازار عرضه می‌کنند.



شکل ۱۶ــ۳

شکل ۱۶ــ۳ نحوه‌ی توزیع نیرو به دیوارهای جانبی و نیز کف شیار را نشان می‌دهد. نیروی وارده به تسمه به سه مؤلفه تقسیم شده که علاوه‌بر کف شیار به دیوارهای جانبی نیز منتقل می‌شود این نوع توزیع نیرو سبب کاهش نیرو وارده به کف شیار و نیز به یاتاقان‌ها می‌گردد. درحالی‌که نیروی وارده از تسمه به چرخ تسمه در تسمه‌های صاف به‌صورت یک مولفه عمودی می‌باشد که نهایتاً این نیرو به یاتاقان‌ها اعمال می‌گردد. به کمک تسمه‌های ذوزنقه‌ای امکان حرکت با نسبت از $\frac{1}{10}$ تا $\frac{10}{1}$ امکان‌پذیر

می‌باشد محاسبات انتقال حرکت به‌وسیله تسمه‌های ذوزنقه‌ای مانند تسمه‌های تخت می‌باشد، با این تفاوت که در چرخ تسمه‌های ذوزنقه‌ای، به‌جای قطر خارجی(d)، قطر مؤثر (dm) را در رابطه مربوطه قرار می‌دهند.



شکل ۱۷ــ۳

علایم اختصاری:

dm_1 = قطر مؤثر چرخ محرک برحسب میلی‌متر

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

dm_2 = قطر مؤثر چرخ متحرک برحسب میلی‌متر

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

c = فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ برحسب میلی‌متر

$$i = \frac{dm_2}{dm_1} \quad \text{یا} \quad i = \frac{n_1}{n_2} \qquad dm_1 \times n_1 = dm_2 \times n_2 \qquad (۳ــ۱۰)$$

برای به‌دست آوردن قطر مؤثر، از قطر خارجی دو برابر C را کم می‌کنیم

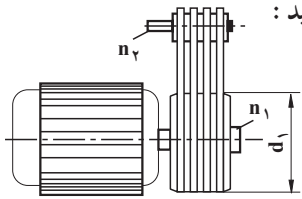
$$dm = d - 2c \qquad (۳ــ۱۱)$$

مقدار C بستگی به عرض تسمه (b) داشته و مقدار آن را می‌توان از جدول زیر به‌دست آورد.

جدول ۲ــ۳

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

مثال: توسط چهار عدد تسمه ذوزنقه‌ای مطابق شکل، حرکت الکتروموتور به محور ماشین منتقل می‌شود. اگر سرعت دورانی محور الکتروموتور $n_1 = 720 RPM$ و قطر خارجی چرخ متصل به آن $d_1 = 260 mm$ و عرض تسمه $b = 17 mm$ باشد، حساب کنید :



شکل ۱۸ــ۳

الف) قطر مؤثر چرخ محرک (dm_1) را برحسب میلی‌متر.

ب) قطر مؤثر چرخ تسمه متحرک (dm_2) را در صورتی که سرعت دورانی آن $n_2 = 1200 RPM$ باشد.

ج) نسبت انتقال (i).

حل:

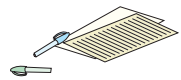
الف) $c \xrightarrow{\text{از جدول}} = 5 mm$

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

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

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

ج) $$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{720}{1200} = 0/6$$



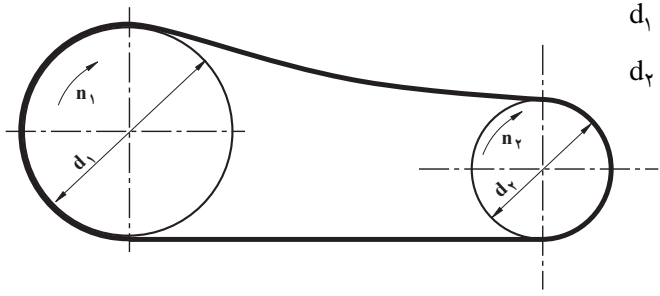
تمرین

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

$n_1 = 1400 RPM$

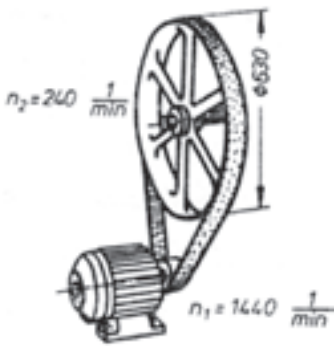
$d_1 = 245 mm$

$d_2 = 70 mm$



شکل ۱۹ــ۳

۲ــ در دستگاه انتقال حرکت شکل ۲۰ــ۳، نسبت انتقال و همچنین قطر پولی الکتروموتور را محاسبه کنید.



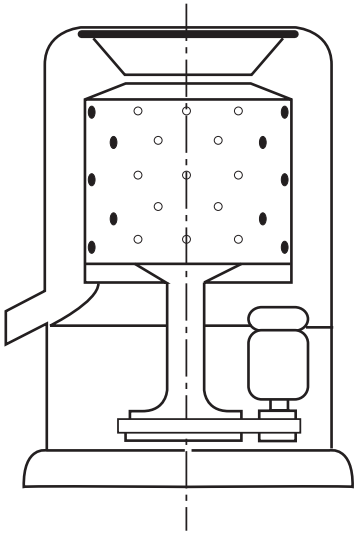
شکل ۲۰ــ۳

۳ــ در ماشین لباسشویی شکل ۲۱ــ۳، برای انتقال حرکت الکتروموتور به محور ماشین از تسمه ذوزنقه‌ای استفاده شده است اگر $d_1 = 36\,mm$ ، $d_2 = 126mm$ و سرعت دورانی الکتروموتور $n_1 = 6370RPM$ باشد حساب کنید.

الف) قطر مؤثر هر یک از دو چرخ را اگر پهنای تسمه $b = 10mm$ باشد.

ب) نسبت انتقال (i).

ج) سرعت دورانی محور ماشین (n_2).

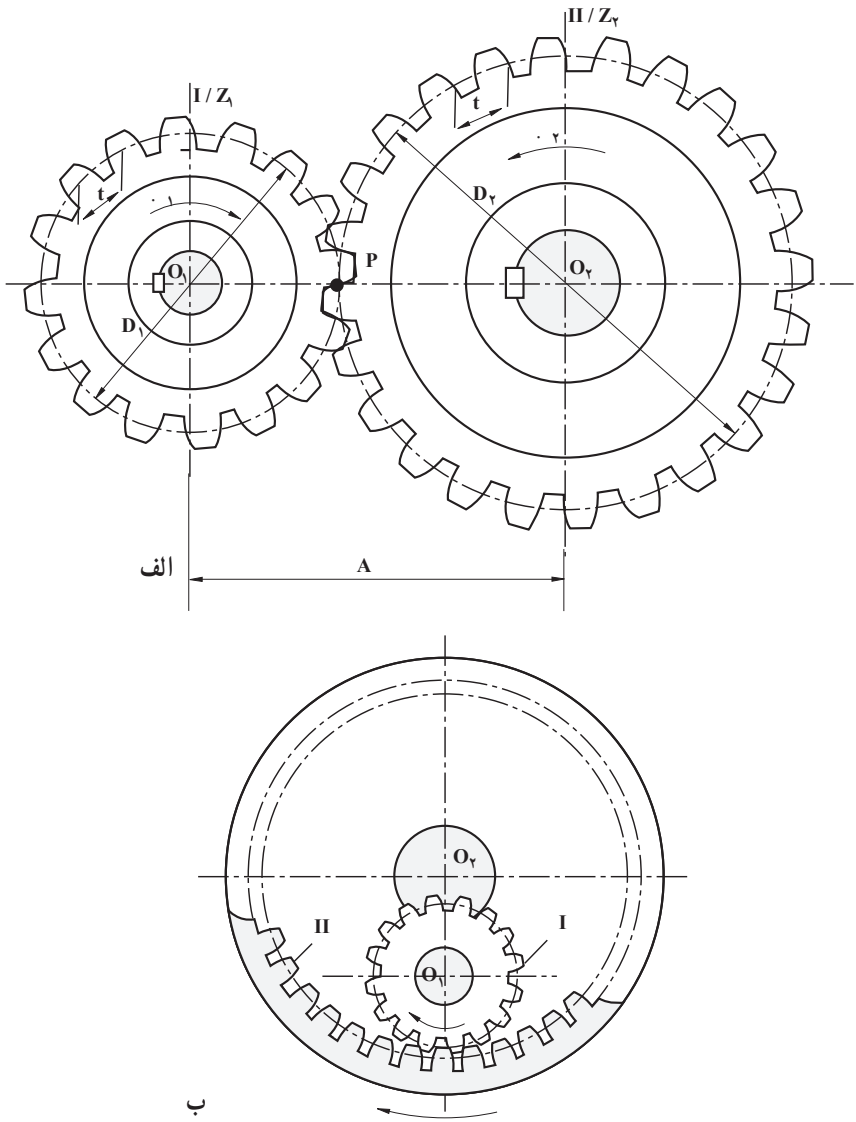


شکل ۲۱ــ۳

۴ــ۳ــ چرخ دنده

اگر در پیرامون استوانه‌ای به فاصله‌هایی برابر، شیارهایی را با شکلی ویژه پدید آوریم چرخ دنده ساده‌ای به‌دست 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 ۲۲ــ۳

اگر دو محور O_1 و O_2 را درنظر 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 چرخ‌دنده‌ای که روی محور O_2 است نیز به حرکت درآمده محور O_2 را به گردش در خواهدآورد هنگامی که چرخ‌دنده‌ها 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 ۲۰ـ۳ـ 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 این‌رو می‌توان رابطه انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها را برای این‌گونه چرخ‌ها نیز به‌کار برد.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (۳ـ۱۲)$$

در این‌جا D_1 و D_2 قطر دایره‌های گام دو چرخ دنده است و برای این که نسبت سرعت دوران چرخ‌دنده‌ها 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 دندانه‌های چرخ با فاصله‌هایی برابر برروی پیرامون دایره‌ی چرخ‌دنده قرار گرفته‌اند، این فاصله متناسب با طول قوسی از دایره گام که دو نقطه مشابه از دو دندانه را به‌هم وصل کند (مرکز یک دندانه تا مرکز دندانه مجاور یا لبه یک دندانه را تا لبه دندانه مجاور) است.

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

$$t = \frac{\pi D_1}{z_1} \qquad (۳ـ۱۳)$$

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

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

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

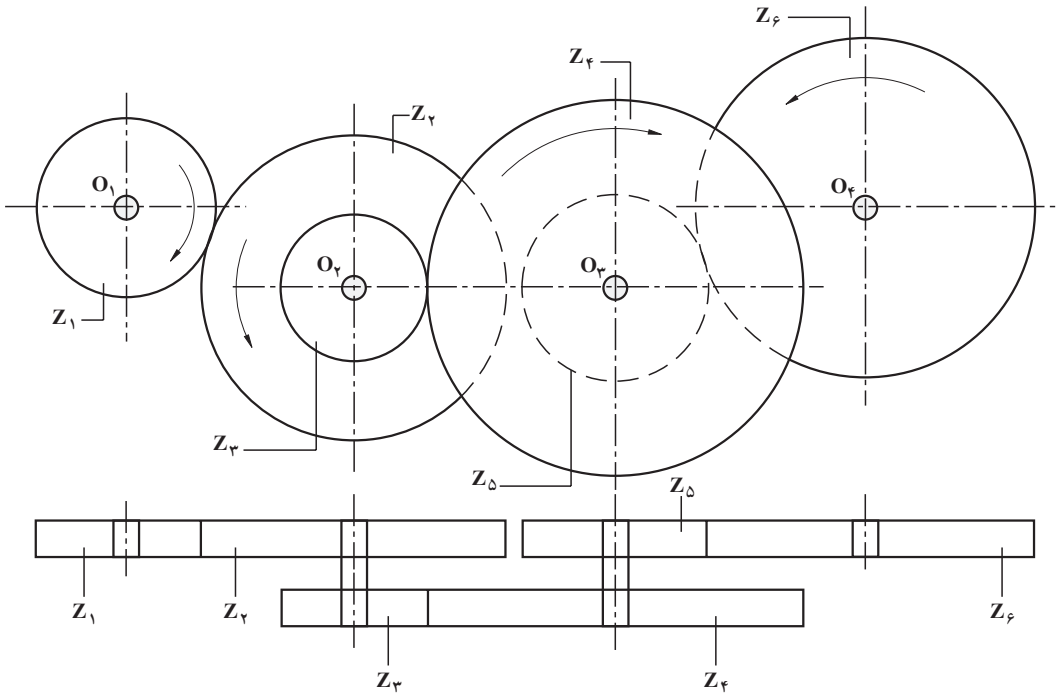
پس

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

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.

پس $$\boxed{\frac{n_1}{n_2}=\frac{Z_2}{Z_1}} \qquad (۳_۱۴)$$

محاسبه سرعت دورانی در بیش از دو چرخ دنده: در شکل زیر تعدادی چرخ‌دنده که با هم درگیر هستند نمایش داده شده است، (برای جلوگیری از اشکال‌های ترسیمی چرخ‌دنده‌ها را در نقشه‌ها با خط و خط مرکز و نقطه‌چین نمایش می‌دهند) Z_1 تعداد دندانه چرخ دنده محرک است و سرعت دورانی این چرخ‌دنده n_1 است، هدف یافتن سرعت دورانی محور O_4 است که چرخ‌دنده ۶ روی آن سوار شده است.



شکل ۲۳_۳

توجه: چرخ دنده ۲ و ۳ روی یک محور ثابت شده‌اند و سرعت دورانی هر دو با هم برابر است. چرخ‌دنده‌های ۴ و ۵ هم روی یک محور ثابت شده‌اند و سرعت دورانی هر دو با هم برابر است حرکت از چرخ‌دنده ۱ به ۲ منتقل می‌شود سپس از چرخ‌دنده ۳ به ۴ و از چرخ‌دنده ۵ به چرخ‌دنده ۶ منتقل می‌گردد. با توجه به شکل ۲۱ــ۳ و آن‌چه که درباره آن‌ها گفته شد خواهیم داشت.

$$n_۲ = \frac{n_۱ Z_۱}{Z_۲}$$

$$n_۳ = \frac{n_۲ Z_۳}{Z_۴}$$

$$n_۳ = \frac{\frac{n_۱ Z_۱}{Z_۲} . Z_۳}{Z_۴} = n_۱ \frac{Z_۱ \times Z_۳}{Z_۲ \times Z_۴}$$

$$n_۴ = \frac{n_۳ Z_۵}{Z_۶}$$

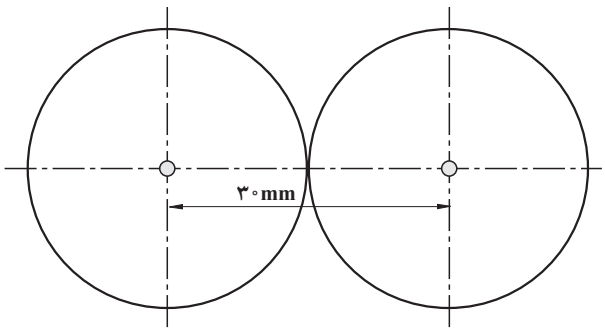
$$n_۴ = \frac{n_۱ \frac{Z_۱ \times Z_۳}{Z_۲ \times Z_۴} \times Z_۵}{Z_۶} = n_۱ \frac{Z_۱ \times Z_۳ \times Z_۵}{Z_۲ \times Z_۴ \times Z_۶} \qquad (۳ــ۱۵)$$

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

مثال: دو چرخ دنده‌ی پمپ روغنی، هرکدام ۱۲ دنده دارد و فاصله مرکز آن‌ها نسبت به‌هم ۳۰ میلی‌متر است تعیین کنید.

الف) قطر چرخ‌دنده‌ها برحسب میلی‌متر.

ب) گام چرخ‌دنده‌ها برحسب میلی‌متر.



شکل ۲۴ــ۳

حل:

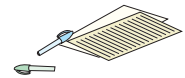
الف)

$$\text{خط‌المرکزین در این مسئله} = ۲\times \text{شعاع} = ۳۰\,mm$$

ب)

$$D_۱ = D_۲ = ۳۰\,mm$$

$$t = \frac{\pi D_۱}{Z_۱} = \frac{۳/۱۴\times ۳۰}{۱۲} = ۷/۸۵\,mm$$



تمرین

۱ــ دو چرخ‌دنده دارای $Z_۱ = ۱۲$ و $Z_۲ = ۲۰$ می‌باشند سرعت دورانی چرخ دنده اوّل چند دور در دقیقه باشد تا چرخ دنده دوم ۲۰۰ دور در دقیقه بچرخد.

۲ــ بر روی محور الکتروموتوری که با سرعت RPM۷۰۰۰ می‌چرخد چرخ‌دنده‌ای با تعداد ۲۰ دندانه سوار شده است این چرخ‌دنده از طریق چرخ‌دنده دیگری که دارای ۳۵ دندانه است قدرت را به محور محرک یک بالابر منتقل می‌کند. سرعت محور محرک بالابر را برحسب دور در دقیقه محاسبه کنید.

فصل چهارم

نیرو

۱ــ۴ــ نیرو

نیرو عاملی است که باعث می‌شود، یک جسم ازحالت 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 تغییرکند. 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 به‌وسیله‌ی موتور فراهم شود تا اتومبیل بتواند به حرکت یکنواخت خود ادامه دهد. اگر نیروی اعمال شده به‌وسیله‌ی موتور (نیروی محرک) از مجموع نیروهای مقاوم در مقابل حرکت (در این‌جا نیروی اصطکاک + نیروی مقاومت هوا) بیشتر باشد، اتومبیل در جهت نیروی بیشتر به‌طور یکنواخت شتاب می‌گیرد. همین‌طور اگر ترمز به‌کار 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 $1m/s^2$ بدهد یا :

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

$$1N = 1kg\,m/s^2$$

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.

۲ــ۴ــ تعادل نیروها

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

۱ــ مقدار نیروها

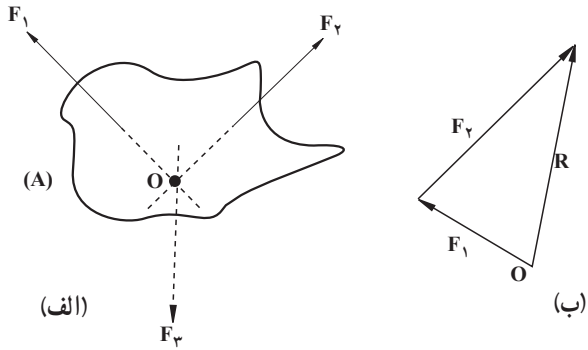
۲ــ نقطه‌ی اثر نیروها

۳ــ امتداد نیروها

با توجه به این که نیروها دارای مقدار، راستا و جهت می‌باشند، لذا کمیت‌های برداری بوده و باید آن‌ها را به‌صورت 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 ۱ــ۴ــ الف نیروهای F_1 و F_2 دو نیروی وارد بر جسم ساکن A و هم‌صفحه هستند ولی هم راستا 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 ۱ــ۴ــ ب). برای این‌که جسم



شکل ۱ــ۴ــ 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. به‌عبارت دیگر جمع‌برداری تمام نیروها صفر می‌شود. بیان ریاضی مطلب فوق به صورت زیر خواهد بود :

شرط تعادل $F = ۰$.

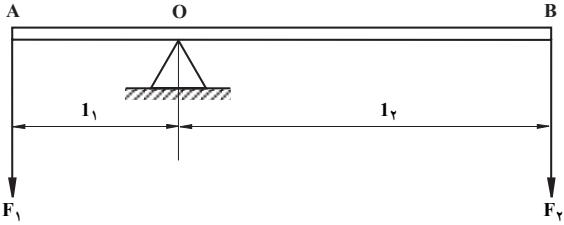
$$\Rightarrow \vec{F}_۱ + \vec{F}_۲ + \vec{F}_۳ = ۰ \quad \text{یا} \quad \vec{F}_۱ + \vec{F}_۲ = -\vec{F}_۳$$

یعنی بردار $F_۳$ مساوی حاصل جمع بردارهای $F_۱$ و $F_۲$ 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 :

$M = ۰$.

۳ــ۴ــ گشتاور نیرو

لنگر یا گشتاور نیرو نسبت به یک نقطه انتخابی، مساوی است با حاصل‌ضرب نیرو در فاصله عمودی نقطه تا امتداد نیرو. میله AB را که روی تکیه‌گاه O قرار دارد در نظر بگیرید (شکل ۲ــ۴)، 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 ۲ــ۴ــ 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 :

گشتاور نیروی $F_۱$ حول نقطه O $= F_۱ \times l_۱$

گشتاور نیروی $F_۲$ حول نقطه O $= F_۲ \times l_۲$

به‌طور کلی داریم :

$$M = F \times l \qquad (۴ــ۱)$$

که در آن :

M = گشتاور نیروی F برحسب نیوتن متر (N.m)

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

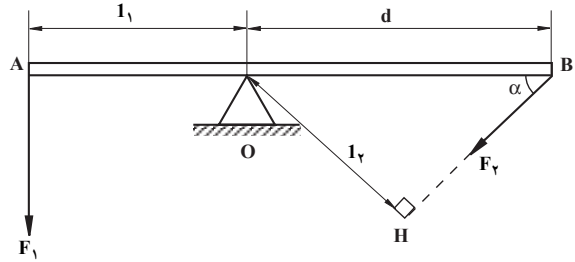
l = فاصله‌ی نیرو تا مرکز دوران برحسب متر (m)

واحد گشتاور در سیستم SI برحسب 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 به‌صورت 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 ۳ــ۴).



شکل ۳ــ۴ــ نمایش فاصله عمودی نقطه O تا نیروی F_2 (l_2)

$$M_2 = F_2 \times l_2 = F_2 \times d \times \sin\alpha \qquad (۴ــ۲)$$

مثال: در شکل ۳ــ۴ چنانچه $F_1 = ۲۰N$ و $l_1 = ۱m$ و $d = ۱/۵m$ باشد مقدار نیروی متعادل‌کننده F_2 چه میزان باشد تا تیر حرکت نکند و در حالت تعادل بماند ($\alpha = ۳۰$).

حل: با توجه به روابط ۱ــ۴ و ۲ــ۴ به‌صورت زیر می‌توان F_2 را به‌دست آورد :

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

$$\Rightarrow F_2 = ۲۰N \times \frac{۱m}{۱/۵\sin ۳۰^\circ\ m} = ۲۶/۶N$$

اگر بخواهیم این مسئله را با توجه به شرط تعادل جسم یعنی $M = ۰$. حل کنیم صورت دیگر نگارش حل مسئله به این ترتیب خواهد بود :

$$\cdot\ M_o = 0 \Rightarrow -(M_1) + (M_2) = 0 \Rightarrow M_1 = M_2$$

$$\Rightarrow F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2 \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 \times l_1}{l_2} = \frac{20 \times 1}{d \sin\alpha} = 26/6\,N$$

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.

۴ــ۴ــ گشتاور گردشی یا کوپل دورانی

اگر محوری، چرخی را بگرداند یا چرخی محوری را بچرخاند، بر هر دوی آن‌ها گشتاور گردشی وارد می‌شود و مقدار آن برابر است با نیروی مماسی[1] وارد بر محیط چرخ ضرب‌در فاصله عمودی نیرو از مرکز دوران.

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

مثال: اگر گشتاور گردشی مطابق شکل ۴ــ۴ توسط چرخ‌دنده حاصل شده باشد مقدار آن روی محور چرخ‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

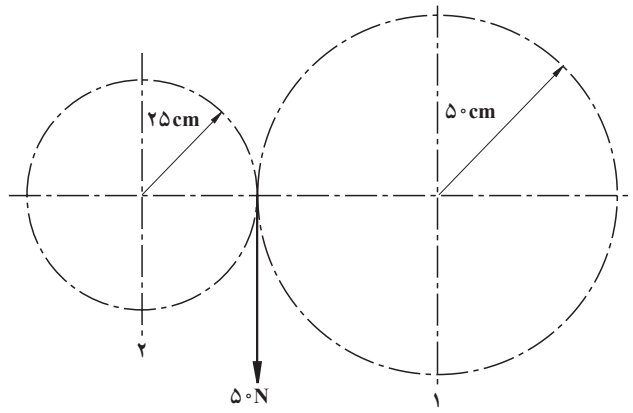
روی محور چرخ بزرگ‌تر (مخالف حرکت عقربه‌های ساعت)

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

روی محور چرخ کوچک‌تر (موافق حرکت عقربه‌های ساعت)

$$M_2 = F \times r_2 = \frac{50 \times 25}{100} = 12/5\,N.m$$

۱ــ 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.



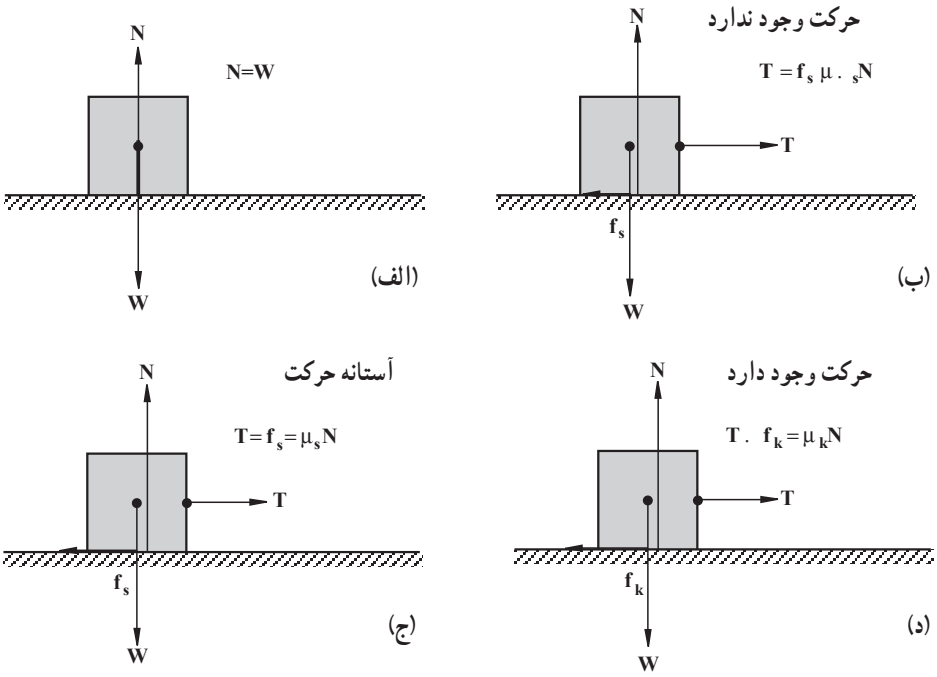
شکل ۴ــ۴ــ گشتاور گردش روی چرخ‌دنده

چنانچه نیروی مماسی بر محیط میله‌ای که یک سر آن به‌جایی گیر است وارد شود در این‌صورت گشتاور حاصل گشتاور پیچشی نامیده می‌شود.

۵ــ۴ــ 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 ۵ــ۴)، 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 ۵ــ۴).



شکل ۵ــ۴ــ نمایش اصطکاک در حال سکون و در حال حرکت

نیروی اصطکاک به عوامل زیر بستگی دارد :

۱ــ اندازه نیروی عمود بر سطح تماس

۲ــ صافی یا زبری سطح تماس

۳ــ جنس دو قطعه در سطح تماس

۱ــ۵ــ۴ــ انواع اصطکاک جنبشی: به‌طور کلی، اصطکاک جنبشی را می‌توان به دو دسته اصطکاک لغزشی و غلتشی تقسیم کرد. اصطکاک لغزشی مانند اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ در تراکتور یا حرکت جسم روی سطح افق یا سطح شیب‌دار می‌باشد. 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 تراکتور، اصطکاک در بلبرینگ‌ها و امثال آن می‌باشد.

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

الف ــ اصطکاک لغزشی: در شکل ۵ــ۴ 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 هرحال 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 درخواهیم 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 درحال سکون (f_s) می‌باشد.

روابط اصطکاک لغزشی :

$$f_s = \mu_s . N \qquad (۴ــ۳)$$

$$f_k = \mu_k . N \qquad (۴ــ۴)$$

در این روابط داریم :

f_s = نیروی اصطکاک در حال سکون

μ_s = ضریب اصطکاک در حال سکون

f_k = نیروی اصطکاک در حال حرکت

μ_k = ضریب اصطکاک در حال حرکت

N = 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 ۱ــ۴ مقادیر تقریبی ضرایب اصطکاک در حال سکون برای سطوح مختلف اجسام خشک را نشان می‌دهد.

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

جدول ۱ــ۴

نام جسم	ضریب اصطکاک
فلز روی فلز	۰/۶۰ ــ ۰/۱۵
فلز روی چوب	۰/۶۰ ــ ۰/۲۰
فلز روی سنگ	۰/۷۰ ــ ۰/۳۰
فلز روی چرم	۰/۶۰ ــ ۰/۳۰
چوب روی چوب	۰/۵۰ ــ ۰/۲۵
چوب روی چرم	۰/۵۰ ــ ۰/۲۵
سنگ روی سنگ	۰/۷۰ ــ ۰/۴۰
خاک روی خاک	۱/۰۰ ــ ۰/۲۰
لاستیک روی سیمان	۰/۹۰ ــ ۰/۶۰

مثال: نیروی لازم برای جابه‌جا کردن دستگاهی که نیروی وزن آن $W = ۸۰۰۰N(۸۰۰ kgf)$[1] است را به‌دست آورید. ضریب اصطکاک در حال سکون ۰/۵ در نظر گرفته شود.

$$N = W = ۸۰۰۰N$$

$$f_s = \mu_s . N = ۰/۵ \times ۸۰۰۰ = ۴۰۰۰N$$

مثال: قطعه‌ای مطابق شکل ۶ــ۴ 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).

$$F = f_s$$

$$f_s = \mu_s \times N$$

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

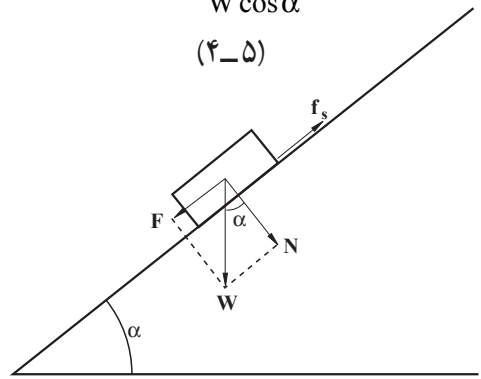
۱ــ $1 kgf = ۹/۸N$

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

$$F = \mu_s \times N$$

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

$$\boxed{\mu = tg\alpha} \qquad (۴_۵)$$



شکل ۶ــ۴ــ 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 درحال 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 :

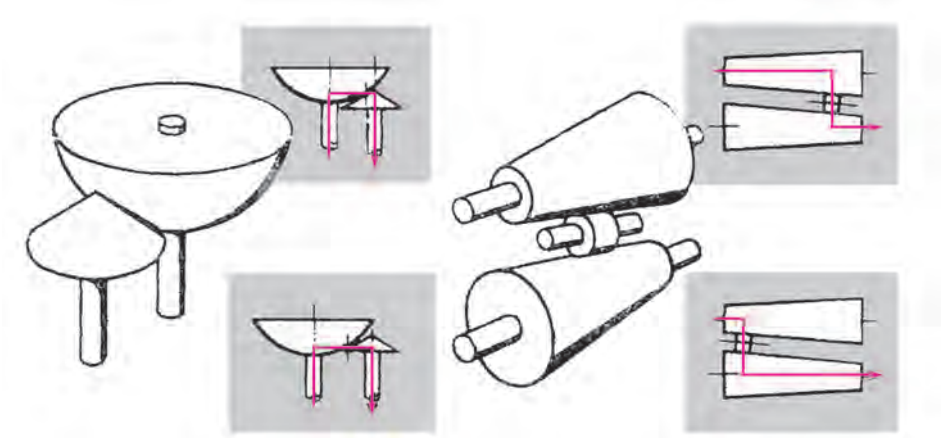
$\mu = tg\alpha$ حالت تعادل

$\mu . tg\alpha$ حالت سکون

$\mu . tg\alpha$ وضعیت حرکت

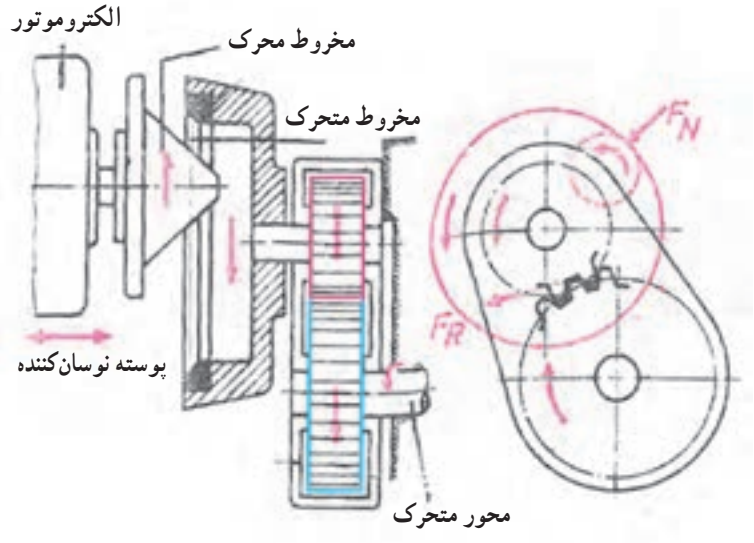
ب ــ اصطکاک غلتشی: از اصطکاک برای انتقال نیرو استفاده می‌شود. بعضی از کاربردهای آن عبارتند از :

۱ــ چرخ‌های اصطکاکی مخروطی: این وسایل ممکن است که از دو مخروط خارجی و یک استوانه منتقل کننده حرکت، یک مخروط و یک نیم‌کره و یا یک مخروط خارجی و یک مخروط داخلی (PK) تشکیل شده باشند.



الف ــ دو مخروط خارجی و استوانه‌ی منتقل‌کننده حرکت　　ب ــ یک مخروط و یک نیم کره

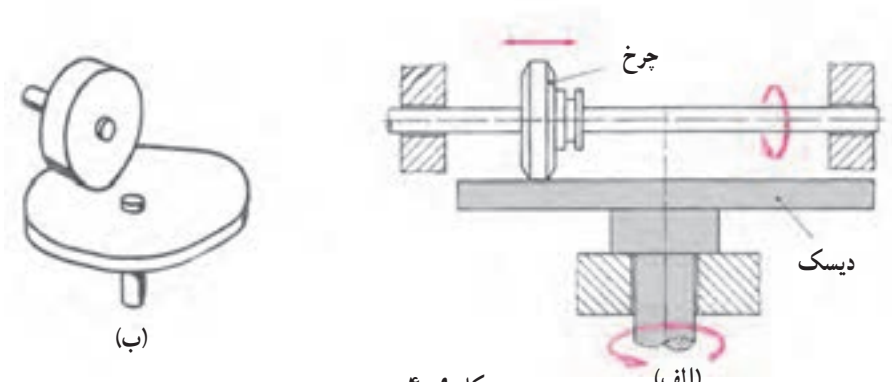
شکل ۷ــ۴



شکل ۸ــ۴

۲ــ 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 غیرموازی‌بودن حرکات، استهلاک آن‌ها زیاد و ضریب بهره این نوع دستگاه‌ها کم می‌باشد. در پاره‌ای از این‌گونه

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 هردو تغییر شکل می‌دهند. مقدار این تغییر شکل‌ها به جنس چرخ و نوع سطح اتکا بستگی دارد.



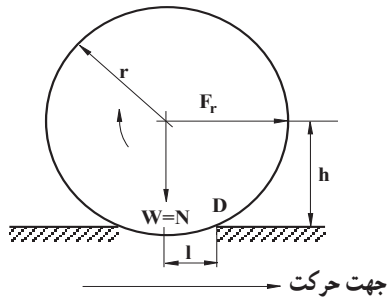
شکل ۹ــ۴

چنانچه در شکل ۱۰ــ۴ 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 ۱۰ــ۴ــ اصطکاک غلتشی مؤثر روی یک چرخ

در این روابط داریم :

F_r = نیروی اصطکاک غلتشی برحسب نیوتن

h = طول مؤثر گشتاور محرک بر حسب سانتی‌متر

N = نیروی عمود بر سطح برحسب نیوتن

l = طول مؤثر گشتاور مقاوم برحسب سانتی‌متر

چون در عمل اختلاف اندازه r و h بسیار ناچیز است می‌توان به‌جای h مقدار r را قرار داد :

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

حال اگر از این رابطه مقدار نیروی اصطکاک غلتشی موردنظر باشد می‌توان آن را به‌صورت زیر به‌دست آورد :

$$F_r = \frac{l}{r} \times N \qquad (۴ــ۶)$$

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

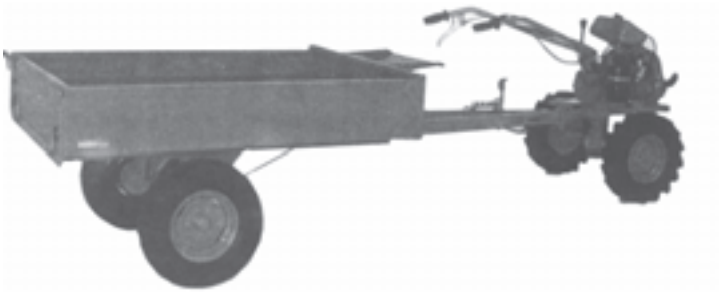
نسبت $\frac{l}{r}$ در اصل همان ضریب اصطکاک غلتشی (μ_i) می‌باشد.

مثال: نیروی لازم برای به‌حرکت درآوردن یک تریلر مطابق شکل ۱۱ــ۴ را حساب کنید، اگر نیروی وزن وارد بر محور بارکش $W = ۱۰۰۰۰N$ و قطر چرخ‌های آن ۴۷/۵ سانتی‌متر و طول مؤثر گشتاور مقاوم آن $l = ۴$ سانتی‌متر باشد.

نیروی عمود بر سطح هر چرخ $N = \frac{W}{۲} = ۵۰۰۰N$

نیروی اصطکاک غلتشی هر چرخ $F_r = \frac{l}{r} \times N = \frac{۴}{۴۷/۵} \times ۵۰۰۰ = ۴۲۱/۰۵N$

نیروی اصطکاک غلتشی دو چرخ $F_r \times ۲ = ۴۲۱/۰۵ \times ۲ = ۸۴۱/۱N$



شکل ۱۱ــ۴ــ تریلر متصل به تراکتور دوچرخ (تیلر)

۶ــ۴ــ کار (یادآوری)

اگر جسمی تحت اثر نیرو جابه‌جا شود کار انجام شده است. اگر نیرو به جسم ساکن وارد شود و در آن حرکت ایجاد نکند، کاری صورت نمی‌گیرد. بنابه تعریف، کار برابر است با حاصل‌ضرب نیرو در فاصله جابه‌جایی نیرو.

$$W = F \times d \qquad (۴_۶)$$

در این فرمول داریم :

W = کار برحسب ژول (J)

F = نیرو برحسب نیوتن (N)

d = 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 ۴ــ۷ محاسبه می‌شود.

$$W = F \times d \cos. \qquad (۴_۷)$$

. زاویه بین راستای بردار نیرو و راستای جابه‌جایی

۴ــ۷ ــ انرژی (یادآوری)

انرژی به‌عنوان عامل انجام دهنده کار تعریف می‌شود و واحد آن ژول می‌باشد. انرژی می‌تواند به‌صورت‌های مختلف وجود داشته باشد مانند : انرژی حرارتی، انرژی الکتریکی و انرژی مکانیکی.

انواع انرژی مکانیکی: انرژی مکانیکی بر دو نوع است.

الف ــ انرژی پتانسیل یا نهانی ب ــ انرژی جنبشی

الف ــ 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 به‌طور 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 ۴ــ۶ برابر خواهد بود با :

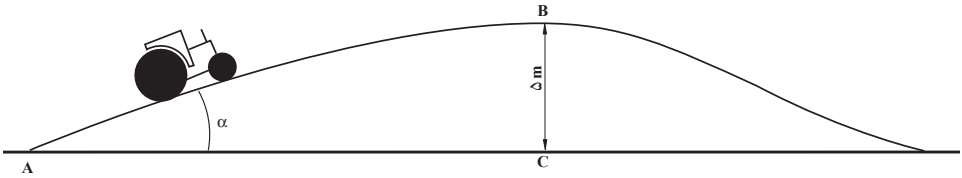
$$W_p = mgh \quad (J) \qquad (۴_۸)$$

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

$$E_p = W \times h \qquad (۴_۹)$$

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

مثال: تراکتوری به جرم ۲۲۰۰ کیلوگرم مطابق شکل ۱۲ــ۴ روی تپه‌ای حرکت کرده و به نقطه B می‌رسد که ارتفاع آن نقطه از پای تپه (نقطه A) ۵ متر است. انرژی پتانسیل تراکتور را به‌خاطر موقعیتش از پای تپه محاسبه کنید.



شکل۱۲ــ۴

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

$= ۲۲۰۰kg \times ۹/۸ m/s^۲ \times ۵ m = ۱۰۷۸۰۰ Nm = ۱۰۷۸۰۰ J = ۱۰۷/۸ kj$

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

$$E_C = \frac{۱}{۲} mv^۲ \qquad (۴ــ۱۰)$$

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

انرژی جنبشی اجسامی که حرکت دورانی دارند را نیز می‌توان با رابطه ۱۰ــ۴ محاسبه کرد.

مثال: اگر سرعت دورانی یک دروگر بشقابی ۳۰۰۰ دور بر دقیقه باشد و تیغه دروگر به جرم ۱۰۰ گرم بوده و در فاصله ۲۱۰ میلی‌متری از محور بشقاب قرار گرفته باشد (شکل۱۳ــ۴) برای محاسبه انرژی جنبشی این تیغه که یک جسم چرخان است به ترتیب زیر عمل می‌شود :

تیغه $E_C = \frac{۱}{۲} mv^۲$

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

$$v = r. \quad (m/s) \quad \text{و} \quad = . \ \frac{۲\pi n}{۶۰} \ (rad/s)$$

$$= . \ \frac{۲ \times ۳/۱۴ \times ۳۰۰۰}{۶۰} = ۳۱۴ rad/s$$

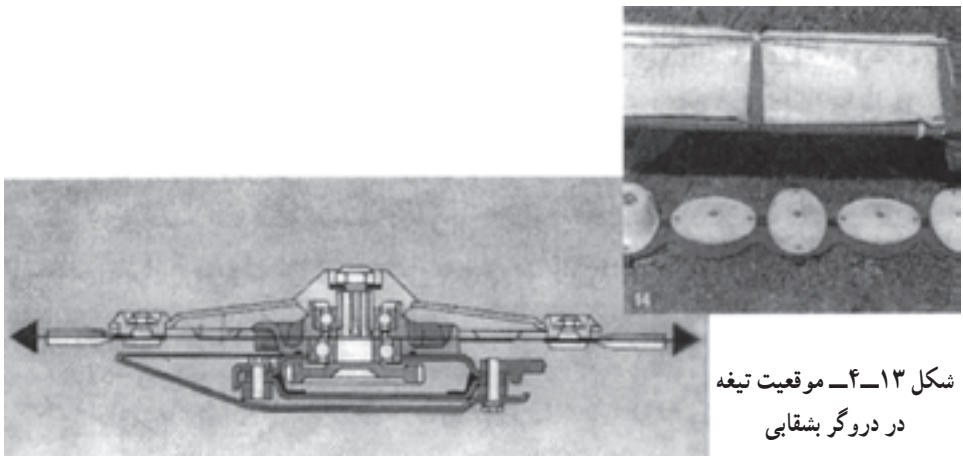
سرعت محیطی تیغه برابر خواهد بود با :

$r = ۲۱۰mm = ۰/۲۱m$

$v = ۰/۲۱ \times ۳۱۴ = ۶۵/۹۴ m/s$

بدین ترتیب انرژی جنبشی تیغه برابر خواهد شد با :

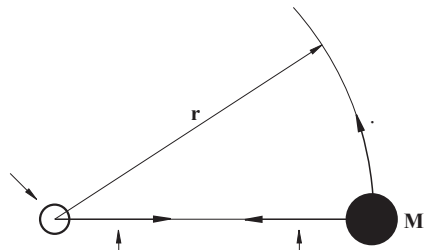
$$E_C = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times (۶۵/۹۴)^۲ = ۲۱۷/۴j$$



شکل ۱۳ــ۴ــ موقعیت تیغه در دروگر بشقابی

۸ــ۴ــ 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 عکس‌العمل آن، نیروی مایل به مرکز نامیده می‌شود.



نیروی مایل به مرکز به سمت داخل بر جسم اثر می‌کند $mr.^۲$ یا $\frac{mv^۲}{r}$

نیروی گریز از مرکز به سمت بیرون بر محور اثر می‌کند $mr.^۲$ یا $\frac{mv^۲}{r}$

شکل ۱۴ــ۴ــ 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 به‌وسیله نیروی مایل به مرکز نشان داده می‌شود بنابراین داریم :

$$F = \frac{mv^2}{r} = mr.^2 \qquad (۴\text{ــ}۱۱)$$

در شکل ۱۴ــ۴ اگر جسمی به جرم m در شعاع r به محور متصل باشد و محور با سرعت $(\frac{rad}{s})$. بچرخد، آن‌گاه نیرویی به سمت خارج بر یاتاقانی که محور داخل آن می‌چرخد، اثر می‌کند.

مثال: دروگر بشقابی شکل ۱۰ــ۴ را درنظر بگیرید چنانچه تیغه‌ی ۸۰ گرمی این بشقاب در فاصله ۲۱۰ میلی‌متری از مرکز آن با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه بگردد، نیروی گریز از مرکز وارد بر پین نگهدارنده تیغه را حساب کنید.

حل:

$$m = ۸۰gr = ۰/۰۸kg \quad و \quad r = ۲۱۰mm = ۰/۲۱m$$

$$n = ۳۰۰۰rpm \Rightarrow .= \frac{۲\pi n}{۶۰} = \frac{۲\times ۳/۱۴\times ۳۰۰۰}{۶۰} = ۳۱۴\,rad/s$$

$$\text{نیروی گریز از مرکز } F = mr.^2 = ۰/۰۸\times ۰/۲۱\times ۳۱۴^2 = ۱۶۵۶/۱۴N$$

بنابراین در حین کار مقدار ۱۶۵۶/۱۴ نیوتن نیرو به‌صورت برشی بر پین نگهدارنده تیغه در روی بشقاب وارد می‌شود.

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

تمرین

۱ــ نیروی مقاوم و نیروی محرک را تعریف کنید.

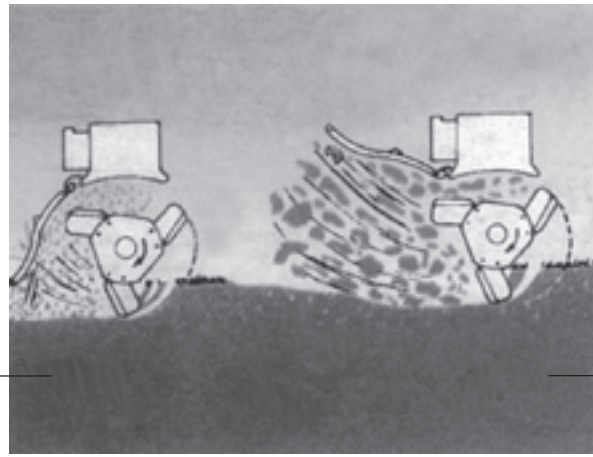
۲ــ مفهوم اصطکاک لغزشی و اصطکاک غلتشی را با رسم شکل بیان کنید.

۳ــ عوامل مؤثر بر نیروی اصطکاک را نام ببرید.

۴ــ یک خاک همزن دوار در عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک را خرد می‌کند محور تیغه‌ها با سرعت n = ۲۰۰ دور بر دقیقه می‌گردد و فاصله نوک تیغه تا مرکز محور دوران ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. مطلوب است :

الف ــ سرعت زاویه‌ای تیغه‌ها

ب ــ سرعت محیطی در نوک تیغه‌ها



شکل ۱۵ــ۴

۵ــ در مسئله ۶ اگر جرم تیغه‌ها ۱۰۰۰ گرم فرض شود و در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از مرکز دوران اثر کند انرژی جنبشی هر تیغه را حساب کنید. مسئله را با $n = ۳۰۰$ و $n = ۱۰۰$ دور بر دقیقه حل کنید.

۶ ــ در یک آسیاب چکشی که با سرعت $n = ۵۰۰$ rpm می‌گردد اگر جرم تیغه‌ها ۲۰۰ گرم باشد نیروی گریز از مرکز وارد بر محور نگهدارنده تیغه‌ها (چکش‌ها) را حساب کنید. فاصله مرکز ثقل تیغه تا محور دوران ۲۰ cm است.

فصل پنجم

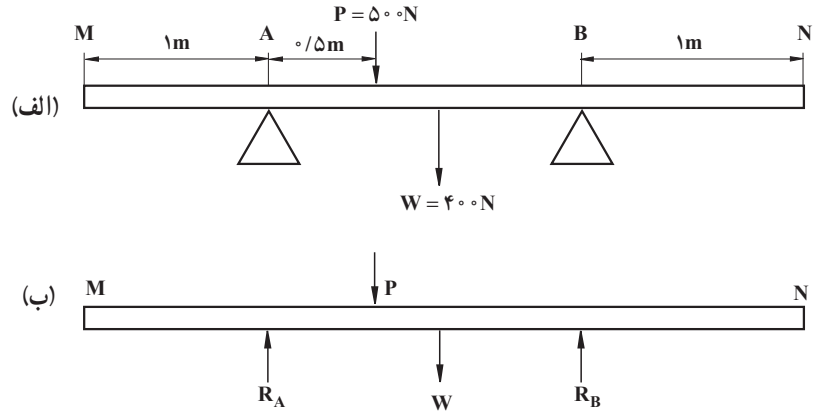
مقاومت مصالح

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. به‌عنوان مثال سقف یک ساختمان باید به‌قدرکافی 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 به‌قدر 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.

۱ــ۵ــ نیروهای وارد بر اجسام

مسئله اصلی در مقاومت مصالح بررسی مقاومت داخلی و تغییر شکل اجسام، تحت‌اثر بارهای خارجی است. این امر مستلزم مطالعه ماهیت نیروهایی است که در داخل جسم به‌وجود 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 موردنظر 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 ۴۰۰N درنظر بگیرید که مانند شکل ۱ــ۵ــ الف روی تکیه‌گاه A و B قرار گرفته و بار ۵۰۰ نیوتنی در نقطه نشان داده شده در شکل بر آن وارد می‌شود. ترسیمه آزاد الوار فوق در شکل ۱ــ۵ــ ب نشان

داده شده است.

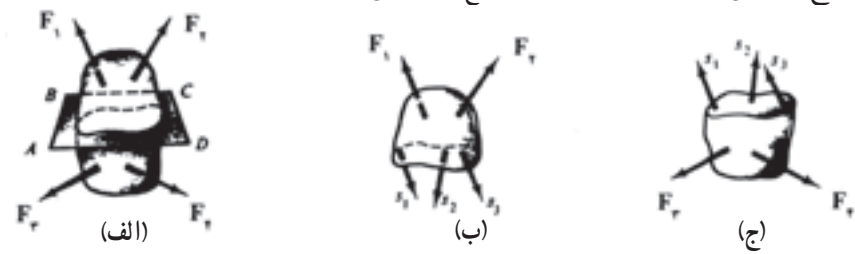


شکل ۱ــ ۵ ــ الف ــ الواروی تکیه‌گاه، ب ــ ترسیمه آزاد الوار

نیروی وزن معمولاً در اجسام نشان داده می‌شود. این نیرو به همراه نیروهای عکس‌العمل تکیه‌گاه‌ها (R_A و R_B) و نیروی P به‌عنوان نیروهای خارجی محسوب می‌شوند.

جسم نشان داده شده در شکل ۲ــ۵ــ الف را درنظر بگیرید که تحت اثر نیروهای F_1 و F_2 و F_3 و F_4 می‌باشد.

اگر این جسم به‌صورت 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، به‌طوری که جسم کاملاً به دو قسمت مجزا تقسیم شود. نتیجه این عمل در شکل‌های ۲ــ۵ــ ب و ۲ــ۵ــ ج دیده می‌شود. این عمل روش مقطع نامیده می‌شود.



شکل ۲ــ ۵ ــ 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 این‌رو می‌توان نتیجه

گرفت : نیروهای خارجی مؤثر در یک طرف هر مقطع دلخواه، با نیروهای به‌وجود آمده در سطح قطع شده (که نیروهای مقاوم داخلی خوانده می‌شوند) درحال تعادل هستند. به‌عبارت دیگر نیروهای مقاوم داخلی با نیروهای خارجی در حال تعادل هستند.

۲ــ۵ــ 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 می‌گیرند. هنگامی که این نیروهای مقاوم وارد عمل می‌شوند، گفته می‌شود که جسم تحت تنش قرار گرفته است. هرچه نیروهای خارجی وارد بر جسم افزایش پیدا کند تنش وارد بر جسم نیز زیادتر می‌شود. تنش را می‌توان 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 می‌دهد به‌دست می‌آید، بنابراین اگر :

! = شدت نیروی مقاوم داخلی (تنش) (N / m^2)

F= نیرو یا بار وارد شده (N)

A= سطح مقطع جسم (m^2)

آن‌گاه داریم :

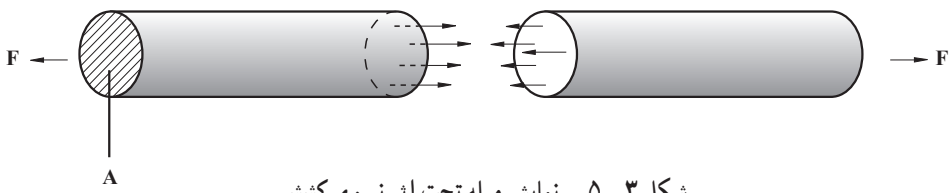
$$= . \frac{F}{A} \qquad (۵ــ۱)$$

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 می‌گیرد. بعضی اوقات مناسب‌تر است که تنش برحسب کیلونیوتن بر متر مربع (kN / m^2) بیان شود. به واحد نیوتن بر متر مربع، پاسکال (Pa) نیز گفته می‌شود $(۱N / m^2 = ۱Pa)$.

به‌طور کلی، می‌توان تنش را به دو دسته، تنش قائم و تنش برشی تقسیم کرد. تنش قائم یا به‌صورت کششی است یا فشاری. علامت تنش کششی مثبت و علامت تنش فشاری منفی می‌باشد. در ادامه هریک از تنش‌های فوق توضیح داده شده‌اند.

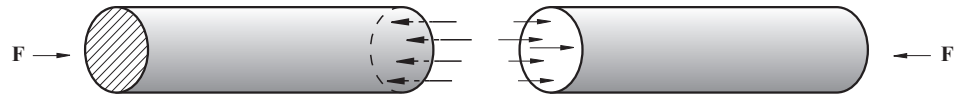
۱ــ۲ــ ۵ ــ تنش کششی: تنش کششی موقعی به‌وجود می‌آید که به جسم بار یا نیروی کششی وارد شود. شکل ۳ــ ۵ میله‌ای را نشان می‌دهد که تحت اثر نیروی کششی قرارگرفته و در آن تنش کششی حاصل شده است. معمولاً بار یا نیروی کششی وارد شده بر جسم تمایل دارد که طول

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 ۳ــ ۵ ــ نمایش میله تحت اثر نیروی کششی

۲ــ۲ــ ۵ ــ تنش فشاری: تنش فشاری موقعی به‌وجود 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 ۴ــ 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 ۴ــ ۵ ــ 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 ۳ــ ۵ برابر با ۱۶mm و نیروی کششی اعمال شده بر آن ۴/۴kN باشد تنش کششی وارد شده به میله راحساب کنید. هم‌چنین اگر نیروی اعمال‌شده مطابق شکل ۴ــ ۵ به‌صورت فشاری اعمال شود تنش وارده را محاسبه کنید.

حل:

از رابطه ۱ــ ۵ داریم :

$$F = ۴/۴kN = ۴۴۰۰N$$

$D = ۱۶mm = ۰/۰۱۶m$

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

$A = \frac{\pi d^۲}{۴} \Rightarrow A \approx ۰/۰۰۰۲m^۲$

اندازه تنش کششی برابر خواهد بود با :

$= .+ \ \frac{۴۴۰۰}{۰/۰۰۰۲} = +۲۲۰۰۰۰۰۰\frac{N}{m^۲} = +۲۲۰۰۰kPa$

و به همین ترتیب اندازه تنش فشاری برابر است با : $= .- \ ۲۲۰۰۰kPa$

۳ــ۵ــ تغییر طول نسبی در کشش و فشار (کرنش)

وقتی جسمی در معرض تنش قرار می‌گیرد، در آن تغییر شکل به‌وجود می‌آید، به‌عبارت دیگر در شکل و اندازه جسم تحت اثر تنش، تغییر حاصل می‌شود. این تغییر شکل که دراثر تنش به‌وجود می‌آید کرنش یا تغییر طول نسبی نام دارد. تنش کششی در یک جسم باعث تغییر طول کششی شده و طول آن را زیاد می‌کند (شکل ۵ ــ ۵ ــ الف). به همین ترتیب تنش فشاری در یک جسم باعث تغییر طول فشاری شده و طول آن را کم می‌کند (شکل ۵ ــ ۵ ــ ب). منظور از تغییر طول نسبی ایجاد شده در یک جسم، نسبت تغییر طول به‌وجود آمده بر طول اولیه آن می‌باشد که کرنش نامیده می‌شود و با . نشان داده می‌شود :

$= . \ \frac{x}{l}$ (۵ ــ۲)

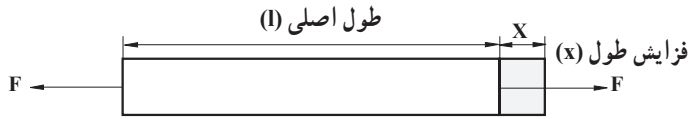
که در آن :

. = تغییر طول نسبی کششی یا فشاری

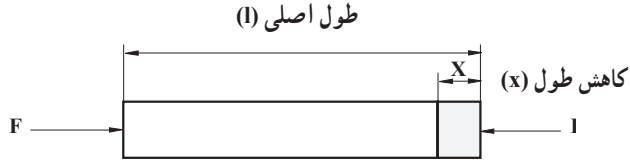
x = افزایش یا کاهش طول (m)

همان‌گونه که دیده می‌شود چون . از تقسیم دو کمیت همانند به‌دست آمده است بنابراین فاقد واحد است.

l = طول اولیه (m)



(الف) تغییر طول کششی



(ب) تغییر طول فشاری

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

۴ــ۵ــ رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی

در مقاومت مصالح مفهوم قابلیت ارتجاعی اهمیت خاصی دارد. یک قطعه کش را درنظر بگیرید که از دو طرف قدری آن را می‌کشیم. در این حالت طول قطعه کش زیاد می‌شود. چنانچه یک طرف آن را رها سازیم کش به حالت اولیه خود برمی‌گردد. این خاصیت در اجسام مختلف به مقدار متفاوتی وجود دارد که به آن قابلیت ارتجاعی (یا خاصیت الاستیسیته) می‌گویند. قابلیت ارتجاعی (الاستیک) عبارت است از خاصیتی در جسم که وقتی نیروهای وارده به آن برداشته شدند، جسم به وضع و اندازه اولیه خود برمی‌گردد. هرگاه جسم پس از این که تمام نیروهای وارده به آن برداشته شدند، به وضع اولیه خود برگشت نکند، می‌گویند که در جسم تغییر طول دائمی (پلاستیک) ایجاد شده است. این وضع در یک جسم ارتجاعی نیز ممکن است پدید آید به شرط آن‌که نیروی وارد 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 می‌کند به نام قانون هوک معروف بوده و به‌صورت زیر بیان می‌شود :

«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 می‌توان دریافت که :

مقدار ثابت × تغییر طول نسبی = تنش

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

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

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.

$$= . \ E \times . \qquad (۵ _ ۳)$$

که در آن :

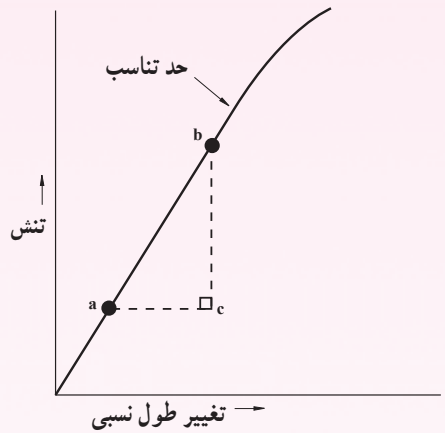
E= ضریب الاستیسیته (ضریب ارتجاعی) برحسب نیوتن بر مترمربع (N / m^2)

! = تنش برحسب نیوتن بر مترمربع (N / m^2)

. = 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 به‌دست می‌آید که از مرکز مختصات می‌گذرد (شکل ۶ ــ ۵).



شکل ۶ ــ ۵ ــ 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 ۱ــ ۵ داده شده است.

جدول ۱ــ۵ــ مقادیر تقریبی جدول یانگ برای چند فلز مختلف

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

۵ ــ ۵ ــ استحکام کششی

استحکام کششی (σ_u!) یک فلز عبارت است از بیشترین تنشی که فلز قبل از پاره‌شدن (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 به‌دست می‌آید. از این رو می‌توان نوشت :

$$\sigma_u \text{ (استحکام کششی)} = \frac{F_u \text{ (بیشترین بار وارده)}}{A \text{ (سطح مقطع اصلی یا اولیه)}} \qquad (۵ ــ ۴)$$

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

۶ ــ ۵ ــ 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 به‌دست آوردن تنش مجاز در کار باید استحکام کشش را به عدد مناسبی که به آن ضریب اطمینان می‌گویند، تقسیم نمایند یعنی :

$$\sigma_{al} \text{ (تنش مجاز در کار)} = \frac{\sigma_u \text{ (استحکام کششی)}}{\text{S.F. (ضریب اطمینان)}} \qquad (۵ــ۵)$$

اگر نیروهای وارد بر ساختمان یا ماشین ثابت (استاتیک) باشند، ضریب $n = ۲$ 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 به‌کار 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* $۴۲۰MN/m^۲$ و سطح مقطع $۳۰۰mm^۲$ موجود است. اگر حداکثر بار کششی مجاز $۳۰kN$ باشد ضریب اطمینانی را که میله فولادی با آن کار می‌کند، حساب کنید.

$$!_u = ۴۲۰MPa = ۴۲۰\times۱۰^۶ \frac{N}{m^۲}$$

$$A = ۳۰۰mm^۲ = ۳۰۰\times۱۰^{-۶} m^۲$$

$$F_{al} = ۳۰kN = ۳۰\times۱۰^۳ N$$

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

$$!_{al} = \frac{F_{al}}{A}$$

$$!_{al} = \frac{۳۰\times۱۰^۳}{۳۰۰\times۱۰^{-۶}} = ۱۰۰\times۱۰^۶ \frac{N}{m^۲}$$

$$S.F. = \frac{!_u}{!_{al}} = \frac{۴۲۰\times۱۰^۶}{۱۰۰\times۱۰^۶} = ۴/۲$$ بدون بعد

در جدول ۲ــ ۵ مقادیر تنش مجاز در حالات مختلف بارگذاری برای چندفلز مختلف نشان داده شده است :

---

* $N/mm^۲ = MN/m^۲ = MPa$

جدول ۲ــ۵ ــ مقادیر تنش مجاز در حالت استحکام کششی برای فلزات مختلف برحسب N/mm^2 (MPa)

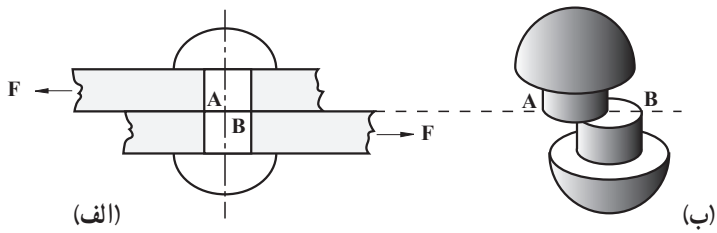
فلز / حالت کار	فولاد آلیاژی نرم	فولاد آلیاژی سخت	فولاد نرم	فولاد سخت	چدن
بار آرام	۴۵ ــ ۷۰	۶۵ ــ ۹۵	۲۰ــ۳۰	۴۰ــ ۵۰	۲۵ ــ ۵۰
بار متغیر	۶۵ ــ ۹۵	۹۰ــ۱۳۴	۴۰ــ ۶۰	۸۰ــ۱۰۰	۵۰ــ ۶۷
بار متناوب	۱۰۰ــ۱۵۰	۱۴۰ــ۲۱۰	۶۰ــ۹۰	۱۲۰ــ۱۵۰	۶۵ ــ ۸۵

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

۷ ــ ۵ ــ تنش برشی

تنش دیگری که ممکن است جسم تحت اثر آن قرار گیرد، تنش برشی نام دارد. تنش برشی به‌صورت 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.

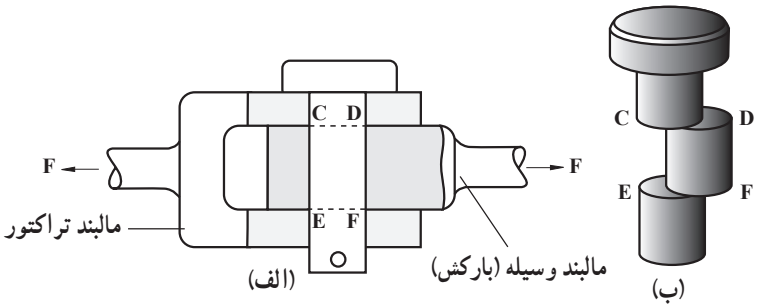
پرچی را مطابق شکل ۷ــ ۵ ــ الف درنظر بگیرید که دو صفحه را به هم وصل نموده و دو نیروی مساوی و مخالف F مطابق شکل به صفحات وارد شده است. این دو نیرو می‌خواهند پرچ را در مقطع AB که در شکل به‌صورت نقطه‌چین نشان داده شد، پاره کنند. به‌عبارت دیگر نیمه بالایی پرچ تمایل دارد که نسبت به نیمه پایینی آن مطابق شکل ۷ــ ۵ ــ 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 ۷ــ ۵ ــ 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 ــ ۵ ــ الف درنظر 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 پین در دو مقطع CD و EF که در شکل به‌صورت نقطه‌چین نشان داده شده، پاره شود. در این حالت میله سمت راست قسمت مرکزی پین را همراه با خود مطابق شکل ۸ ــ ۵ ــ ب به طرف راست حرکت می‌دهد. در چنین وضعیتی سطح مقطع مقاوم نیروی برشی مساوی دو برابر سطح مقطع پین می‌باشد (برش مرکب).



شکل ۸ ــ ۵ ــ نحوه اثر نیرو بر پین مالبند

تنش برشی از تقسیم نیروی برشی برسطح مقطعی که در مقابل برش مقاومت نشان می‌دهد، به‌دست می‌آید.

$$= . \frac{f}{A} \qquad (۵ــ۶)$$

. = تنش برشی $(N / m^۲)$

f= نیرو یا بار برشی (N)

A= سطح مقطع مقاوم برشی $(m^۲)$

مثال: اگر نیروی برشی وارد شده بر پین شکل ۸ ــ ۵ برابر ۴۵۳/۶۰ نیوتن باشد و تنش برشی مجاز به‌وسیله پین $۴۲۰kN / m^۲$ باشد قطر پین را حساب کنید.

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

$$A = A_{CD} + A_{EF} = \frac{\pi d^۲}{۴} + \frac{\pi d^۲}{۴} = \frac{۲\pi d^۲}{۴} = \frac{\pi d^۲}{۲}$$

d= قطر پین

$$= . \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{.} \Rightarrow \frac{\pi d^۲}{۲} = \frac{۴۵۳/۶۰}{۴۲۰۰۰۰}$$

قطر پین $\Rightarrow d = ۰/۰۲۶۲m$ یا $d = ۲/۶۲cm$

۸ ــ ۵ ــ 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 :

$$\text{(استحکام برشی)}_{u} = \frac{F_U \text{ (بیشترین بار)}}{A \text{ (سطح مقطع کلی که در مقابل برش مقاوم است)}} \qquad (۵ــ۷)$$

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

$$\text{(تنش برشی مجاز در کار)}_{al} = \frac{\text{(استحکام برشی)}_{u}}{\text{S.F (ضریب اطمینان)}} \qquad (۵ــ۸)$$

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

جدول ۳ــ۵ــ 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 (گژن پین) توپر به قطر ۲۵mm درصورتی که بار وارد شده بر آن ۴۰kN باشد.

حل: سطح مقطع عرضی انگشتی $A = ۲x$ ، سطح مقطع کل که در مقابل برش مقاومت نشان می‌دهد.

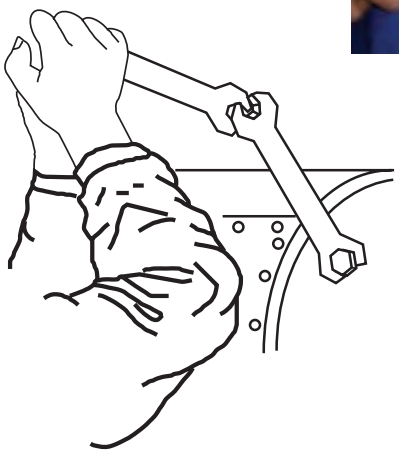
$$A = \frac{۲ \times \pi \times ۲۵^۲}{۴} = ۹۸۲mm^۲$$

$F = ۴۰kN = ۴۰۰۰۰N$ ، نیروی برشی یا بار برشی

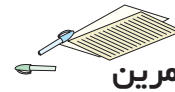
تنش برشی در انگشتی پیستون $= \frac{F}{A} = \frac{۴۰۰۰۰}{۹۸۲} = ۴۰/۷۴ N/mm^۲ = ۴۰/۷۴ MN/m^۲$

از مطالب گفته شده در مباحث تنش برشی و ضریب اطمینان و هم‌چنین در مبحث استحکام برشی می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که در هنگام استفاده از آچارهای مختلف به این نکته توجه شود که طول دسته آچارها متناسب با نیروی دست انسان ساخته شده‌اند و استحکام برشی و نیز ضریب اطمینان تنش مجاز نیز براساس طول در نظر گرفته شده و نیروی دست انسان می‌باشد. هنگامی که طول دسته‌ی آچار با لوله یا وسیله دیگری افزایش می‌یابد و یا با واردکردن ضربه باعث افزایش نیروی وارد به آچار می‌شود افزایش نیروی حاصله در ضریب اطمینان ساخت آچار محاسبه نشده است بنابراین سبب شکستگی آچار می‌گردد.

شکل ۹ــ ۵



شکل ۱۰ــ ۵



تمرین

۱ــ تنش را تعریف کنید.

۲ــ اختلاف تنش کششی با تنش فشاری در چیست؟

۳ــ کرنش یا تغییر طول نسبی را تعریف کنید.

۴ــ ضریب اطمینان چیست و اندازه آن به چه چیزهایی بستگی دارد؟

* ۵ ــ افزایش طول کل یک میله فولادی به طول ۲۱سانتی‌متر را تعیین کنید. تنش کششی مساوی ۱۵×۱۰^{۶} نیوتن بر مترمربع می‌باشد.

* ۶ ــ در لحظه معینی از مرحله قدرت در یک موتور تک سیلندر به قطر سیلندر ۷۶/۵mm، فشار بالای پیستون $۲MN/m^{۲}$ است تنش حاصل در هریک از ۴ عدد پیچ سرسیلندر را حساب کنید. کمترین قطر هریک از پیچ‌ها ۹mm است.

۷ــ اگر نیروی فشاری وارد بر ساق وسط اتصال سه نقطه تراکتوری در یک لحظه ۳۰kN باشد در صورتی که ضریب اطمینان ۴ و استحکام برشی فلز پین رابط ساق وسط تراکتور $۳۶۰MN/m^{۲}$ باشد، قطر مناسب پین را حساب کنید.

فصل ششم

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 می‌شود :

$$\text{توان} = \frac{\text{کار انجام شده}}{\text{زمان انجام کار}} \Rightarrow P = \frac{W}{t} \qquad (۶_۱)$$

رابطه زیر شکل دیگر محاسبه توان می‌باشد.

$$P = F \times v \qquad (۶_۲)$$

P = توان متوسط دستگاه برحسب وات
W = کار انجام شده برحسب ژول
F = نیروی وارد بر جسم برحسب نیوتن
t = زمان انجام کار برحسب ثانیه
v = سرعت برحسب متر بر ثانیه

واحد توان در سیستم بین‌المللی وات (W) می‌باشد. یک وات عبارت است از توانی که برای جابه‌جایی جسمی به وزن یک نیوتن به فاصله یک متر در مدت زمان یک ثانیه موردنیاز 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 می‌کند.

$$\text{نیوتون (N)} = (\text{kg})۱ \times ۱ \left(\frac{m}{s^۲}\right).$$

$$\text{وات (W)} = \frac{(N)۱ \times (m)۱}{(s)۱}$$

برای سنجش توان از واحدهای دیگری مثل اسب بخار (hp) یا کیلووات (kW) نیز استفاده می‌شود. برای تبدیل کیلووات به اسب بخار و برعکس، از ضرایب تبدیل زیر استفاده می‌شود :

$$1kW = 1/36hp$$

$$1hp = 0/736kW = 736W$$

مثال: سیستم هیدرولیک تراکتوری جسمی را به وزن ۲۴۰۰ kg۴ که به اتصال سه نقطه آن وصل بود در مدت ۳ ثانیه به ارتفاع ۶۰ cm بالا می‌برد. توان مصرفی را برحسب کیلووات حساب کنید.

حل:

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

$$W = F \times d = 23520 \times 0/6m = 14112j$$

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

توان مکانیکی به‌دو 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. به‌هرحال هر دو شکل این توان از رابطه زیر پیروی می‌کنند.

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

مثال: نیروی ۱۰۰N با سرعت ۴m/s اعمال می‌گردد. توان موردنیاز را محاسبه نمایید.

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

برای محاسبه توان دورانی نیز از رابطه (۱ـ۶) 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 ۱۰۰ دور در دقیقه می‌گردد یعنی دریک دقیقه ۱۰۰ بار به‌اندازه محیط دایره دوران طی می‌شود. با ضرب کردن سرعت دورانی در نیروی وارده فرمول اصلی توان دورانی به‌دست می‌آید.

سرعت دورانی × محیط دوران × نیرو = توان دورانی

$$P = F.\pi.d.n \quad (6\text{ـ}3)$$

که در آن :

P = توان بر حسب وات

F = نیرو برحسب نیوتن

d = قطر دایره دوران برحسب متر

n = سرعت دورانی (دور در ثانیه)

مثال: اگر تسمه‌ای، نیروی مماس F برابر ۱۰۰N روی چرخ تسمه‌ای به شعاع R به‌مقدار ۰/۲۵۴ با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه وارد نماید، توان دورانی چرخ تسمه را در سیستم SI به‌دست آورید.

حل: تبدیل دور بر دقیقه به دور بر ثانیه

$$\frac{۱۵۰}{۶۰} = ۲/۵ \frac{\text{دور}}{\text{s}}$$

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

$$= ۱۰۰ \times ۲\pi \times ۰/۲۵۴ \times ۲/۵ \approx ۴۰۰ \text{W}$$

توان خطی مثال فوق با توجه به این که نیروی وارد شده توسط تسمه بیانگر یک نیروی کششی در تسمه است که به‌صورت خطی بین دو چرخ تسمه حرکت می‌کند و توان را منتقل می‌کند. بنابراین سرعت خطی تسمه یعنی مسافت طی شده در واحد زمان برابر $\pi \times d \times ۲/۵ \frac{\text{دور}}{\text{s}}$ یا ۴m/s است. با کاربرد دستور توان خطی

$$\text{توان} = \frac{\text{نیرو} \times \text{فاصله}}{\text{زمان}} = \frac{۱۰۰ \times ۴}{۱} = ۴۰۰ \text{ W}$$

۱ــ۶ ــ 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.

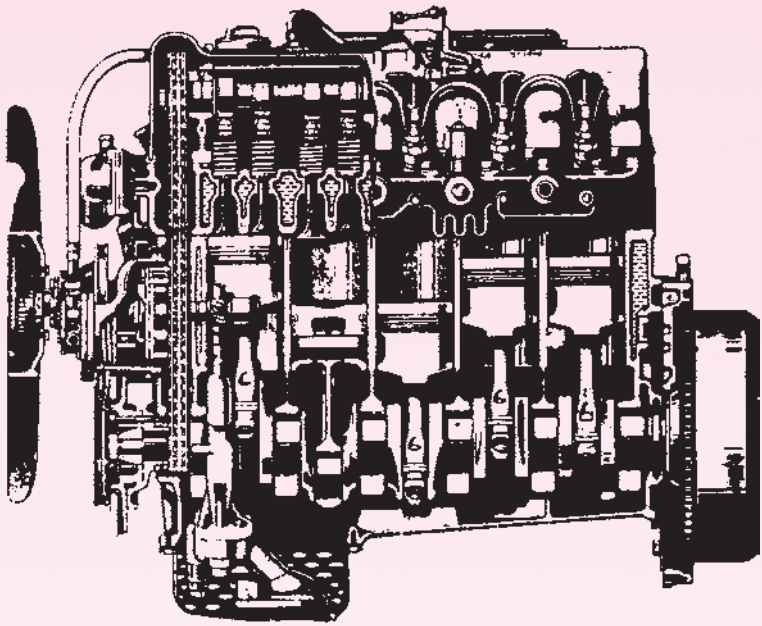
۱ــ۱ــ۶ ــ توان داخلی موتور: توان داخلی موتور عبارت است از آن مقدار انرژی حاصل از سوخت حجم معینی از گاز که در واحد زمان به پیستون‌های یک موتور در دور ثابت وارد می‌شود.

۲ــ۱ــ۶ــ توان مفید: توان مفید عبارت از آن مقدار توانی است که در دور مشخص از میل‌لنگ یا چرخ لنگر می‌توان گرفت.

۳ــ۱ــ۶ــ 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.

۴ــ۱ــ۶ــ سطح دهانه سیلندر(سطح پیستون): سطح دهانه سیلندر موتورها معمولاً دایره‌ای شکل بوده و از فرمول زیر می‌توان حساب نمود :

$$A = \frac{d^{۲}.\pi}{۴} \qquad (۶ــ۴)$$



شکل ۱ــ۶

که در آن

d = قطر دهانه سیلندر برحسب سانتی‌متر

A = سطح دهانه سیلندر برحسب سانتی‌متر مربع می‌باشد.

۵ــ۱ــ۶ــ 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.

$$V_h = A.S \qquad (۶ــ۵)$$

S = کورس پیستون برحسب سانتی‌متر

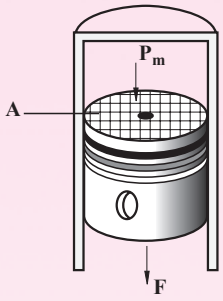
V_h = حجم مفید یک سیلندر برحسب سانتی‌مترمکعب است.

۶ــ۱ــ۶ــ حجم مفید سیلندرهای یک‌موتور: عبارت است از مجموع حجم مفید سیلندرهای یک موتور که مقدار آن برحسب سانتی‌متر مکعب سنجیده می‌شود.

$$V_H = V_h . k \qquad (۶ــ۶)$$

V_H حجم مفید سیلندرهای یک موتور برحسب سانتی‌متر مکعب یا لیتر و k تعداد سیلندرها می‌باشد.

۷ــ۱ــ۶ــ فشار متوسط احتراق روی پیستون: فشار متوسط احتراق عبارت است از معدل فشارهای اندازه‌گیری شده در طول کورس از شروع تا خاتمه احتراق. فشار متوسط احتراق همان نیرویی 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 وقتی‌که 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.



شکل ۲ــ۶

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

۸ــ۱ــ۶ــ نیروی مؤثر احتراق روی پیستون (نیروی متوسط احتراق): نیروی متوسط یا نیروی مؤثر احتراق روی پیستون عبارت است از حاصل‌ضرب مساحت دهانه سیلندر در فشار متوسط احتراق.

$$F = A . P_m \qquad (۶ــ۷)$$

طبق رابطه ۶ــ۷، F نیروی مؤثر احتراق تابع فشار متوسط احتراق می‌باشد. لذا مقدار آن در طول کورس، ثابت درنظر گرفته می‌شود.

۹ــ۱ــ۶ــ کار یک پیستون: کار یک پیستون عبارت است از حاصل‌ضرب نیروی متوسط احتراق در کورس پیستون.

$$W = F . S \qquad (۶ــ۸)$$

W کار پیستون برحسب نیوتن متر و S کورس پیستون برحسب متر می‌باشد.

۱۰ــ۱ــ۶ــ سرعت محیطی میل‌لنگ: سرعت محیطی میل‌لنگ در دور ثابت عبارت خواهد بود از مسافتی که یاتاقان متحرک در واحد زمان طی می‌کند. محیط یک دور گردش یاتاقان متحرک از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$U = D.\pi \qquad (۶ــ۹)$$

لذا سرعت محیطی میل‌لنگ نسبت به واحد زمان طبق رابطه زیر خواهد بود.

$$V_{(m/s)} = \frac{D.\pi.n}{۶۰} \qquad (۶ــ۱۰)$$

V سرعت محیطی میل‌لنگ برحسب متر برثانیه، n تعداد دور ثابت میل‌لنگ در دقیقه و D قطر میل‌لنگ برحسب متر می‌باشد (قطر میل‌لنگ برابر کورس پیستون و دو برابر شعاع میل‌لنگ است $D = S = ۲R$).

۱۱ــ۱ــ۶ــ سرعت متوسط پیستون: متوسط سرعت پیستون در نقاط مختلف سیلندر در دور ثابت میل‌لنگ را سرعت متوسط پیستون نامند. برای تعیین سرعت متوسط پیستون، میل‌لنگ موتوری را با دور ثابت درنظر می‌گیریم. می‌دانیم پیستون توسط دسته‌پیستون به میل‌لنگ متصل شده است. در این حال سرعت پیستون متغیر خواهد بود. یعنی پیستون از بالاترین نقطه در سیلندر شروع به حرکت می‌کند و تقریباً در وسط کورس به ماکزیمم می‌رسد و بعد از آن سرعت سیر نزولی داشته و در پایین‌ترین نقطه مسیر حرکت، در سیلندر به صفر می‌رسد.

چنانچه دور میل‌لنگ ثابت (n دور در دقیقه) باشد، سرعت متوسط پیستون از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$V_{m(m/s)} = \frac{۲S.n}{۶۰} = \frac{S.n}{۳۰} \qquad (۶ــ ۱۱)$$

V_m = سرعت متوسط پیستون برحسب متر بر ثانیه

n = تعداد دور میل‌لنگ در دقیقه

S= کورس پیستون برحسب متر

۱۲ــ۱ــ۶ــ محاسبه توان داخلی موتور: برای محاسبه توان داخلی موتور چهارزمانه یک‌سیلندر که تنها از چهار حالت، یک حالت کار مفید می‌باشد از رابطه زیر استفاده می‌شود :

$$P_i(Nm/s) = \frac{F.V_m}{۴} \qquad (۶ــ۱۲)$$

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.

$$P_i(Nm/s) = \frac{F.V_m.k}{۴} \qquad (۶ــ۱۳)$$

که در آن، k تعداد سیلندر موتور می‌باشد.

با جاگذاری روابط ۶ــ۷ و ۶ــ۱۱ در رابطه فوق، توان داخلی موتور برای موتورهای چهارزمانه خواهد شد :

$$P_i = \frac{P_m(N/cm^۲)\times S(m)\times A(cm^۲)\times n(rpm)\times K}{۳۰\times ۴} \qquad (۶ــ۱۴)$$

با توجه به $۱N/cm^۲ \simeq ۱۰$ بار (bar)[۱]

$۱ \text{ لیتر (lit)} = ۱۰۰۰cm^۳$

و

$$A(cm^۲)\times S(cm)\times k = V_H(cm^۳)$$

خواهیم داشت :

$$P_i(kW) = \frac{P_m(bar)\times V_H(cm^۳)\times n_{RPM}}{۱۲۰۰۰\times ۱۰۰} = \frac{P_m(bar)\times V_H(lit)\times n_{rpm}}{۱۲۰۰}$$

۱۳ــ۱ــ۶ــ تبدیل توان به واحدهای مختلف: در زیر نحوه تبدیل واحدهای مختلف توان به یکدیگر آمده است.

$۱ \text{ کیلووات (kW)} = ۱۰۰۰ \text{ وات (W)}$

$۱hp = ۷۴۶ \text{ W}$ (اسب بخار انگلیسی)

$۱Ps = ۷۳۶ \text{ W}$ (اسب بخار متریک)[۲]

۱ــ بار یک واحد متداول فشار است.

۲ــ 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.

تبدیل به وات $۲۵\frac{\cancel{kW}}{۱}\times\frac{۱۰۰۰W}{\cancel{kW}}=۲۵۰۰۰W$

تبدیل به اسب بخار انگلیسی $۲۵\frac{\cancel{kW}}{۱}\times\frac{۱۰۰۰W}{\cancel{kW}}\times\frac{hp}{۷۴۶\cancel{W}}=۳۳/۵hp$

تبدیل به اسب بخار متریک $۲۵\frac{\cancel{kW}}{۱}\times\frac{۱۰۰۰\cancel{W}}{\cancel{kW}}=\frac{Ps}{۷۳۶\cancel{W}}۳۴Ps$

۱۴ــ۱ــ۶ــ 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.

$$\eta_m=\frac{P_w}{P_i}[1] \qquad (۶ــ۱۵)$$

که در آن P_w توان مفید و P_i توان داخلی موتور و η_m راندمان مکانیکی موتور می‌باشد.

۱۵ــ۱ــ۶ــ توان لیتری یا قدرت حجمی موتور: توان حجمی موتور عبارت است از نسبت توان مفید به حجم مفید سیلندرهای یک موتور

$$P_H=\frac{P_w}{V_H} \qquad (۶ــ۱۶)$$

که در آن P_w توان مفید موتور برحسب کیلووات، V_H حجم مفید سیلندرهای یک موتور برحسب لیتر و P_H توان حجمی برحسب کیلووات بر لیتر است.

۱۶ــ۱ــ۶ــ توان وزنی موتور: توان وزنی عبارت است از نسبت توان مفید موتور به وزن خالص آن (بدون آب و روغن)

$$P_G=\frac{P_w}{G} \qquad (۶ــ۱۷)$$

که در آن G وزن خالص موتور برحسب کیلوگرم و P_G توان وزنی برحسب کیلو وات بر کیلوگرم می‌باشد.

۱ــ در برخی از منابع P_e نیز ذکر شده است.

۱۷ــ۱ــ۶ــ محاسبه گشتاور موتور: گشتاور موتور عبارت است از نیروی محیطی میل‌لنگ ضرب در شعاع لنگ که به‌صورت زیر می‌توان حساب کرد.

$$M = F \times R \qquad (۶\text{ــ}۱۸)$$

از طرفی قدرت مفیدی که از میل‌لنگ به‌دست می‌آید برابر است با :

$$P_w = F \times V \qquad (۶\text{ــ}۱۹)$$

و یا

$$P_w = \frac{F \times V}{۱۰۰۰} \qquad (۶\text{ــ}۲۰)$$

که در آن V سرعت محیطی لنگ و F نیروی محیطی لنگ است چون $V = \frac{۲R\pi n}{۶۰}$ پس خواهیم داشت :

$$P_w(kW) = \frac{F(N) \times \frac{۲R(m)\pi n_{(rpm)}}{۶۰}}{۱۰۰۰} = \frac{M \times n_{(rpm)} \times ۲\pi}{۶۰۰۰۰} \simeq \frac{Mn_{(rpm)}}{۹۵۵۰} \qquad (۶\text{ــ}۲۱)$$

و یا

$$M = \frac{P_w(kW) \times ۹۵۵۰}{n_{(rpm)}} \qquad (۶\text{ــ}۲۲)$$

۱۸ــ۱ــ۶ــ توان وزنی و حجمی: از فرمول‌هایی که ذکر شد مشخص می‌شود هرچه این قدرت‌ها بیشتر باشد نشان دهنده طرح خوب موتور با مشخصات عالی می‌باشد. مقادیر زیر حدود این قدرت‌ها را برای برخی از موتورهای دیزلی و بنزینی نشان می‌دهد.

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

۱۹ــ۱ــ۶ــ تعیین نسبت تراکم موتور: نسبت تراکم موتور عبارت است از نسبت حجم جابه‌جایی پیستون و فضای تراکم به فضای احتراق موتور.

این نسبت در موتورهای بنزینی از ۱ :۶ تا ۱ :۱۱ و در موتورهای دیزل از ۱ :۱۴ تا ۱ :۲۲ می‌باشد.
نسبت تراکم موتور عبارت خواهد بود :

$$= . \frac{V_h + V_c}{V_c} \qquad (۶_۲۳)$$

فضای تراکم $V_c = \frac{V_h}{- . ۱}$ (۶_۲۴)

از طرفی حجم مفید یک سیلندر $V_h = V_c(- . ۱)$

که در روابط بالا

. (اپسیلن) = نسبت تراکم

V_c = حجم اتاقک احتراق برحسب سانتی‌مترمکعب

V_h = حجم مفید سیلندر برحسب سانتی‌متر مکعب

می‌باشد.

مثال: حجم مفید سیلندر ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب و فضای تراکم ۷۵ سانتی‌مترمکعب دارای چه نسبت تراکمی است؟

$V_h = ۵۰۰ cm^۳$

$V_c = ۷۵ cm^۳$

$= . ?$

$= . \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{۵۰۰ + ۷۵}{۷۵} = ۷ / ۷ : ۱$

در صورت تغییر ضخامت واشر سرسیلندر با سنگ زدن کف سرسیلندر یا بلوکه سیلندر نسبت تراکم تغییر خواهد کرد.

۲ــ۶ــ توان تراکتور

توان تراکتور منبع اصلی تأمین انرژی موردنیاز ادوات کشاورزی است از این‌رو در این قسمت به بررسی توان‌های مختلفی پرداخته می‌شود که از تراکتور تأمین می‌شود.

۳ــ۶ــ برخی از انواع توان‌های تراکتور

قدرت یا توان تراکتور باید برای دستیابی به اهداف تولیدی مزرعه به کار گرفته شود ادوات کششی از طریق درگیری چرخ‌های محرک و کششی مالبندی نیرو می‌گیرند. محور تواندهی (PTO) توان دورانی را تأمین می‌کند. دستگاه هیدرولیک تراکتور می‌تواند هر دو نوع توان کششی و دورانی را

تولید نماید روابط محاسباتی توان تراکتور به شرح زیر می‌باشد.

ـ توان کششی (مالبندی) تراکتور: توان یا قدرت کششی تراکتور را روی مالبند آن اندازه می‌گیرند. اگر یک نیروسنج (دینامومتر کششی) را بین تراکتور و ماشینی که توسط آن کشیده می‌شود قرار دهیم، می‌توان 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، حاصل‌ضرب $F \times V$ را قدرت کششی روی مالبند تراکتور می‌گویند.

$$P_{db} = \frac{F \times V}{۳/۶} \qquad (۶_۲۵)$$

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 گاوآهن سه خیش در دنده یک تراکتور برابر ۲۵kN بوده است اگر در این دنده سرعت تراکتور ۵/۵km/h باشد. توان مالبندی تراکتور چه مقدار است.

$$P_{db} = \frac{F \times V}{۳/۶}$$

$$P_{db} = \frac{۲۵ \times ۵/۵}{۳/۶} = ۳۸/۱۹\,kW$$

ـ توان دورانی: بسیاری از وسایل و ادوات کشاورزی مانند دروگرها، ردیف‌کن‌ها، کمباین‌های کششی و غیره به کمک محور انتقال نیرو به‌کار می‌افتند، مقدار قدرت روی این محور از رابطه زیر محاسبه می‌گردد :

$$P_{PTO} = \frac{F \times ۲ \times \pi \times R \times n}{۶۰} \qquad (۶_۲۶)$$

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 ۳۵mm است اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که بیشترین نیروی مماسی روی محور ۴۸/۵۰kN است. به چه میزان می‌توان از این محور انتقال نیرو، توان گرفت؟

$$R = \frac{۳۵mm}{۲} = \frac{۰/۰۳۵}{۲}$$

$$n = ۵۴۰\ rpm$$

$$F = ۴۸/۵۰kN$$

$$P_{PTO} = \frac{F۲\pi Rn}{۶۰} = \frac{۴۸/۵ \times ۲\pi \times \frac{۰/۰۳۵}{۲} \times ۵۴۰}{۶۰} = ۴۸kW$$

ـ **توان هیدرولیک:** امروزه استفاده از جک‌های هیدرولیکی و پمپ‌های هیدرولیکی در کشاورزی بسیار فراوان شده است و سیستم هیدرولیک تراکتور منبع قدرت مناسبی برای راه‌اندازی ماشین‌ها و ابزارهای هیدرولیکی می‌باشد به‌طورکلی، توان هیدرولیکی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد :

$$P_{hy} = \frac{P.Q}{۱۰۰۰} \qquad (۶_۲۷)$$

که در آن

P = فشار روغن برحسب کیلو پاسکال

Q = شدت جریان سیال (دبی روغن) برحسب لیتر بر ثانیه

P_{hy} = قدرت هیدرولیکی برحسب کیلووات

می‌باشد.

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 می‌کند. چون این واحد بسیار کوچک است، معمولاً از واحد کیلوپاسکال (kPa) استفاده می‌شود. ولی این واحد نیز کوچک است لذا از واحد بار (bar) معادل ۱۰۰۰۰۰Pa یا ۱۰۰kPa به‌عنوان یک واحد عملی فشار استفاده می‌گردد، این واحد از نظر عددی نزدیک به فشار جو است.

ـ **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 می‌باشد. این توان از رابطه زیر

به‌دست می‌آید.

$$P_e = I.E \qquad (۶_۲۸)$$

که در آن

P_e = توان الکتریکی برحسب وات

I = شدت جریان برق برحسب آمپر

E = فشار یا ولتاژ برق برحسب ولت می‌باشد.

چون استارتر و ژنراتور تراکتور دارای راندمان الکتریکی می‌باشند بنابراین هر یک دارای دو توان هستند یکی توان ظاهری یا تئوری P_i و دیگری توان مفید P_e ، نسبت توان مفید به‌توان ظاهری را راندمان گویند.

$$= . \frac{P_e}{P_i} \qquad (۶_۲۹)$$

سایر مصرف‌کننده‌های تراکتور توسط سیم‌های رابطی که خود مقداری از ولت را به خود اختصاص می‌دهند سبب شده تا ولتاژ ۶ یا ۱۲ ولت کاملاً به‌وسیله برقی نرسد بدین‌جهت آفتامات ژنراتور را طوری تنظیم نموده‌اند تا ولتاژی که می‌دهد، مقدار آن یکی دو ولت بیشتر از ولتاژ باطری 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 مصرف‌کننده تأمین شود.

مثال: ژنراتوری با فشار الکتریکی ۱۴/۲ ولت، ۳۵ آمپر برق می‌دهد اگر راندمان الکتریکی ژنراتور ۶۶٪ باشد مطلوبست :

الف) توان مفید ژنراتور برحسب وات

ب) توان تئوری ژنراتور برحسب وات

حل:

الف)

$$P_e = I \times E$$

$$P_e = ۳۵ \times ۱۴/۲ = ۴۹۷W$$

ب)

$$P_i = \frac{P_e}{+}$$

$$P_i = \frac{۴۹۷}{۰/۶۶} = ۷۵۳W$$

مثال: یک استارتر هنگام کار جریانی معادل ۲۲۵ آمپر مصرف می‌کند اگر راندمان الکتریکی استارتر ۳۵٪ و توان مفید آن ۰/۷۵ کیلووات باشد اختلاف سطح مدار استارتر چند ولت است؟

حل:

$$P_e = ۰/۷۵kW = ۷۵۰W$$

$$P_i = \frac{P_e}{.} \quad . \quad P_i = \frac{۷۵۰}{۰/۳۵} = ۲۱۴۰ \quad \text{وات}$$

$$P_i = I \times E \quad . \quad E = \frac{P_i}{I} = \frac{۲۱۴۰}{۲۲۵} = ۹/۵ \quad \text{ولت}$$

۴ــ۶ــ افت قدرت در تراکتور

۱ــ ۴ــ۶ــ افت قدرت چرخشی در تراکتور: در موقع حرکت یک تراکتور به محور چرخ یا چرخ‌های محرک آن از طرف زمین یک گشتاور مقاوم (Cr) وارد می‌شود. از طرف دیگر تراکتور، نیروی کششی (F) نیز ایجاد می‌کند. این نیروی کششی، گشتاوری مانند $F \times R$ روی محور چرخ‌ها به‌وجود می‌آورد. (R = شعاع چرخ محرک). بنابراین حاصل‌جمع گشتاورهایی که به چرخ‌های محرک وارد می‌شود عبارت است از :

$$T = Cr + (F \times R) \qquad (۶ــ۳۰)$$

حال چنانچه نیروی کشش F برحسب کیلوگرم نیرو و شعاع چرخ محرک R برحسب متر و سرعت گردش چرخ‌های محرک n دور در دقیقه باشد، قدرت روی محور چرخ محرک بر حسب اسب بخار به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$P_W = \frac{T \times n}{۷۱۶/۲} = \frac{(Cr + F \times R) \times n}{۷۱۶/۲} \qquad (۶ــ۳۱)$$

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 رابطه‌ی بالا $\frac{FRn}{۷۱۶/۲}$ برابر با قدرت مفید بوده و $\frac{Cr.n}{۷۱۶/۲}$ افت قدرت مربوط به چرخش چرخ‌های تراکتور را نشان می‌دهد.

در این رابطه ۷۱۶/۲ ضریب ثابت تبدیل واحدها $\frac{۲\times ۳/۱۴}{۶۰\times ۷۵}$ می‌باشد.

۲ــ۴ــ۶ــ افت قدرت لغزشی در تراکتور: تراکتوری را در نظر بگیرید که روی زمین یا جاده مثلاً مرطوب حرکت می‌کند، اگر محیط چرخ محرک آن $l_{\circ}$ باشد فاصله‌ای که تراکتور با یک بار گردش چرخ روی زمین طی می‌کند مساوی l می‌باشد که قدری کمتر از $l_{\circ}$ خواهد بود. این کاهش مربوط به لغزش (بکسوات) چرخ‌های محرک روی زمین است. لغزش یا بکسوات را می‌توان با رابطه زیر نشان داد :

$$S=\frac{l_{\circ}-l}{l_{\circ}}=۱-\frac{l}{l_{\circ}} \qquad (۶_۳۲)$$

در این رابطه S مقدار لغزش و بدون بعد بوده و معمولاً برحسب درصد بیان می‌گردد. اگر چرخ‌های محرک تراکتور با سرعت ثابت n دور بر دقیقه بگردند، سرعت پیشروی تراکتور بدون لغزش (سرعت نظری) برابر خواهد بود با :

$$V_{\circ}=\frac{l_{\circ}\times n}{۶۰} \qquad (۶_۳۳)$$

در صورتی که حرکت همراه با لغزش باشد، سرعت برابر خواهد بود با :

$$V=\frac{l\times n}{۶۰} \qquad (۶_۳۴)$$

بنابراین با حذف n از روابط ۶ــ۳۳ و ۶ــ۳۴ سرعت واقعی خواهیم داشت :

$$V=V_{\circ}\times\frac{l}{l_{\circ}} \qquad (۶_۳۵)$$

با توجه به رابطه ۶ــ۳۵ و این‌که $\frac{l}{l_{\circ}}=۱-S$ می‌باشد می‌توان نوشت :

$$V=V_{\circ}(۱-S) \qquad (۶_۳۶)$$

V = سرعت پیشروی تراکتور برحسب متر بر ثانیه (m/s)

حال اگرچه نیروی کششی روی مالبند مساوی F باشد، قدرت به‌دست آمده (توان مالبندی) برابر خواهد شد با :

$$P=\frac{F\times V}{۷۵}=\frac{F\times V_{\circ}}{۷۵}(۱-S)=\frac{F\times V_{\circ}}{۷۵}-\frac{F\times V_{\circ}}{۷۵}S \qquad (۶_۳۷)$$

که در آن :

P = توان کششی تراکتور برحسب اسب بخار (hp)

F = نیروی کششی برحسب کیلوگرم نیرو (kgf)

$V_{\circ}$ = سرعت پیشروی نظری تراکتور برحسب متر بر ثانیه (m / s)

V = سرعت پیشروی واقعی تراکتور برحسب متر بر ثانیه (m / s)

S = بکسوات (بدون بعد)

قسمت دوم معادله ۳۷ــ۶ یعنی عبارت $\frac{F \times V_{\circ}}{۷۵} S$ ، افت قدرت لغزشی در تراکتور را نشان داده و $\frac{F \times V_{\circ}}{۷۵}$ توان مالبندی نامی رامشخص می‌کند.

مثال: چرخ عقب (چرخ محرک) یک تراکتورکشاورزی با قطر ۱/۸۳۶m در دنده ۲ در حدود ۱۶ دور در دقیقه می‌گردد. این تراکتور در یک زمین مرطوب مورد آزمایش قرار گرفت و مشخص شد فاصله‌ای که تراکتور با یک بار گردش چرخ روی زمین طی کرد برابر $l = ۴/۸m$ بوده و نیروی کشش روی مالبند تراکتور $F = ۲۵۷۵kgf$ بوده است. افت قدرت لغزشی و توان مالبندی نامی به صورت زیر به‌دست می‌آید :

محیط چرخ $l_{\circ} = ۲\pi r = ۲ \times \pi \times \frac{۱/۸۳۶}{۲} = ۵/۷۶m$

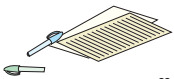
میزان بکسوات $S = \frac{l_{\circ} - l}{l_{\circ}} = \frac{۵/۷۶ - ۴/۸}{۵/۷۶} = ۰/۱۶۷ = -۱۶/۷$

سرعت نظری $V_{\circ} = \frac{l_{\circ} \times n}{۶۰} = \frac{۵/۷۶ \times ۱۶}{۶۰} = ۱/۵۳۶ m/s$

سرعت تراکتور همراه با لغزش $V = \frac{l \times n}{۶۰} = \frac{۴/۸ \times ۱۶}{۶۰} = ۱/۲۸ m/s$

افت قدرت لغزشی $= \frac{F \times V_{\circ}}{۷۵} \times S = \frac{۲۵۷۵ \times ۱/۵۳۶}{۷۵} \times ۰/۱۶۷ = ۸/۸hp = ۶/۴۷kW$

توان مالبندی نامی $= \frac{F \times V_{\circ}}{۷۵} = \frac{۲۵۷۵ \times ۱/۵۳۶}{۷۵} = ۵۲/۷۳hp = ۳۸/۷۷kW$



تمرین

۱ــ اصطلاحات زیر را تعریف کنید.

توان داخلی موتور، کار پیستون، توان وزنی موتور، نسبت تراکم موتور

۲ــ چرا وقتی که یک تراکتور با گاوآهن در سرعت ۵km/h شخم می‌زند مصرف سوخت بیشتر از زمانی است که در جاده صاف با سرعت ۱۰km/h حرکت می‌کند.

۳ــ توان کششی تراکتوری را که در سرعت ۱۲km/h پنجه بشقابی را با اعمال نیروی کششی ۱۶kN می‌کشد تعیین کنید.

۴ــ ورودی روغن به یک هیدروموتور ۲۰lit/s و افت فشار بین ورودی و خروجی آن ۲bar است توان هیدرولیکی این هیدروموتور با بازده ۱۰۰ درصد را تعیین کنید.

۵ــ با مراجعه به کتابچه راهنمای یکی از تراکتورهای متداول در هنرستان یا منطقه مشخصات زیر را برای آن تعیین کنید.

ــ حداکثر توان مالبندی

ــ نوع تراکتور از نظر توان اتصال سه نقطه

ــ قدرت دورانی محور انتقال نیرو

فصل هفتم

اقتصاد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی

۱ــ۷ــ 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.

۱ــ۱ــ۷ــ ترازنامه: ترازنامه یا بیلان عبارت است از صورتحسابی که وضع مالی یک مؤسسه را در تاریخ معین نشان می‌دهد.

۲ــ۱ــ۷ــ 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 ــ دارایی جاری: عبارت از اقلامی است که انتظار می‌رود در آینده نزدیک و درجریان 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 به‌طورکلی تمام اوراقی است که به محض ارائه به بانک تمام مبلغ اسمی آن‌را بتوان وصول نمود صرف‌نظر از این‌که 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 لوازم‌التحریر و

همچنین تمبر، کاغذ، کاربن و غیره.

پیش‌پرداخت‌ها: در صورتی‌که قیمت کالاها یا خدماتی که در آینده صورت می‌گیرد پرداخت شده باشد به آن پیش‌پرداخت گفته می‌شود.

ب ــ 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، ماشین‌تحریر، ماشین‌حساب، 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 ــ دارایی غیرمشهود: دارایی غیرمشهود جزو حقوق مالی مؤسسه می‌باشد که با وجود آن‌که در خارج مشهود نیست ولی برای مؤسسه دارای ارزش هستند چون با پرداخت پول به‌دست 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 تجارتی و مشتریان و محل تجارت خود پیدا می‌کند.

حق اختراع: مطابق قوانین مربوط هر قسم اکتشاف یا اختراع جدید به‌کاشف یا مخترع آن حق انحصاری می‌دهد که بر طبق شرایط معین و در مدت مقرر از اکتشاف یا اختراع خود استفاده نماید مشروط بر آن‌که 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.

۳ــ۱ــ۷ــ 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 می‌باشد و این بدهی معمولاً یا در نتیجه خرید نسیه یا بر اثر دریافت وام به‌وجود می‌آید. حساب‌های بدهی را به دو دسته جاری و ثابت تقسیم کرده‌اند.

الف ــ بدهی‌های جاری: اقلامی از بدهی که محل پرداخت دارایی جاری باشد، زیر عنوان بدهی جاری طبقه‌بندی می‌شوند عمده اقلام بدهی جاری عبارتند از :

بستانکاران: دیونی از مؤسسه را شامل می‌شود که متکی به سندی نباشد و معمولاً در نتیجه خرید کالا به‌طور نسیه یا دریافت وام حاصل شده‌اند.

اسناد پرداختنی: این اقلام شامل دیونی از مؤسسه‌اند 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 می‌گردد. از انواع پیش‌دریافت‌ها می‌توان پیش دریافت مال‌الاجاره یا پیش‌فروش کردن محصول را نام برد.

ب ــ بدهی‌های 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 طویل‌المدت به‌وجود می‌آید. اقلام مهم بدهی‌های ثابت عبارت‌اند از : دیون رهنی، وام‌های طویل‌المدت و اوراق قرضه.

۴ــ۱ــ۷ــ سرمایه: سرمایه عبارت است از حق صاحب یا صاحبان یک مؤسسه نسبت به‌اموال مؤسسه. سرمایه در ترازنامه فقط مفهوم سهام سرمایه را ندارد بلکه شامل ذخایر مختلف و سود مؤسسه نیز می‌شود.

سهام سرمایه: سهام صادره به عنوان سرمایه را سهام سرمایه گویند.

ذخایر: مؤسسات مختلف به جهات متفاوت (قانونی یا به‌وسیله تصمیمات مجمع عمومی صاحبان سهام) مبالغی پیش‌بینی و به‌صورت اعتبار کنار می‌گذارند که به آن‌ها ذخیره گویند.

دوره مالی: دوره مالی عبارت از مدت زمانی که مؤسسه در پایان آن اقدام به تهیه صورت‌حساب‌های نهایی می‌نماید. این دوره ممکن است یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه یا یکساله باشد. معمولاً دوره مالی یک‌سال شمسی در نظر گرفته می‌شود که در این صورت آن‌را سال مالی نامند و ممکن است مطابق با سال تقویمی از اول فروردین تا آخر اسفند یا غیر از آن باشد.

۵ــ۱ــ۷ــ هزینه: هزینه عبارت است از مصرف کالای با ارزش که استفاده از آن برای کار یک واحد تولیدی لازم است.

۶ــ۱ــ۷ــ 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.

۷ــ۱ــ۷ــ 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 یک‌سال) باید پرداخت شود و معمولاً به‌صورت 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 :

سرمایه + بدهی = دارایی

و یا بدهی – دارایی = سرمایه

و یا سرمایه – دارایی = بدهی

معادله فوق که آن‌را معادله ترازنامه یا معادله اصلی حسابداری نامند اساس و پایه تنظیم ترازنامه و بسیاری دیگر از عملیات حسابداری است.

۲ــ۷ــ هزینه ماشین‌های کشاورزی

به‌طورکلی 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 یک‌سال مالی ثابت باقی می‌ماند و هیچ‌گونه تغییری در آن حاصل نمی‌شود مانند هزینه‌های استهلاک، سود سرمایه، گاراژ و بیمه.

هزینه‌های مستمر برخلاف گروه بالا هزینه‌هایی هستند که به موازات مقدارکار 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 پابه‌پای 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 ــ هزینه‌های ثابت که مربوط به مالکیت ماشین است شامل :

ــ استهلاک قیمت خرید یا سرمایه به‌کار رفته

ـ سود قیمت خرید یا سرمایه به‌کار رفته
ـ هزینه بیمه
ـ هزینه توقفگاه یا هانگار نگهداری
ـ هزینه مالیات

دوم ـ هزینه‌های مستمر که مربوط به کار با ماشین است شامل :

ـ هزینه سوخت یا برق مصرفی
ـ هزینه روغن
ـ هزینه خرید لاستیک برای تراکتور یا ماشین
ـ هزینه نگهداری و سرویس
ـ هزینه تعمیرات
ـ هزینه‌های مربوط به رانندگی تراکتور یا ماشین

۱ـ۲ـ۷ـ 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، هوازدگی یا فرسایش در اثر شرایط جوی به‌وجود 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 به‌کار 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 به‌دست می‌آید.

$$D = \frac{P - S}{L} \qquad (۷ـ۱)$$

که در آن

D = استهلاک سالیانه (ریال و یا ...)

P = قیمت اولیه دستگاه (ریال و یا ...)

L = عمر مفید دستگاه (سال و یا ساعت)

S = 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 مسی‌فرگوسن 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 سالیانه این تراکتور به صورت زیر محاسبه می‌شود. همچنین می‌توان قیمت روز تراکتور را در پایان هر سال مشخص نمود.

$$D = \frac{P - S}{L}$$

$$D = \frac{۶۵۰۰۰۰۰۰ - ۶۰۰۰۰۰۰}{۱۳} = ۴۵۳۸۴۶۱/۵$$ ریال استهلاک سالانه

و همچنین قیمت ماشین در پایان سال اوّل و دوّم عبارت است از :

۶۵۰۰۰/۰۰۰ − ۴۵۳۸۴۶۱/۵ = ۶۰۴۶۱۵۳۸/۵ ریال قیمت تراکتور در پایان سال اوّل

۶۰۴۶۱۵۳۸/۵ − ۴۵۳۸۴۶۱/۵ = ۵۵۹۲۳۰۷۶/۹ ریال قیمت تراکتور در پایان سال دوّم

و برای پایان هر سال دیگر تا سال سیزدهم به همین ترتیب قابل محاسبه می‌باشد.

۲ــ۲ــ۷ــ 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 به‌صورت سپرده در بانک سود تعلق می‌گرفت. سود سرمایه در حقیقت عبارت از سود فرصت از دست رفته سرمایه به‌کار گرفته شده برای خرید تراکتور می‌باشد. سود سالانه سرمایه از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$I = \left(\frac{P + S}{۲}\right) . i \qquad (۷ــ۲)$$

I = سود سالانه سرمایه

i = نرخ بهره و

S و P قبلاً توضیح داده شده است.

مثال: ارزش تراکتور مسی‌فرگوسن مثال ۱ در پایان عمر مفید آن S = ۶۰۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد چنانچه نرخ بهره رایج بازار در زمان محاسبه ۱۸ درصد در نظر گرفته شود، سود سالانه سرمایه صرف شده برای خرید تراکتور (۶۵۰۰۰۰۰۰ ریال) عبارت خواهد بود از :

$$I = \frac{۶۵۰۰۰۰۰۰ + ۶۰۰۰۰۰۰}{۲} \times ۰/۱۸ = ۶۳۹۰۰۰۰ \text{ ریال}$$

۳ــ۲ــ۷ــ هزینه‌های حفاظت، بیمه و مالیات: این سه نوع هزینه ارقام کوچکی را در هزینه ماشین‌های کشاورزی تشکیل می‌دهند. هزینه‌های حفاظتی عبارت از هزینه‌هایی که برای حفظ ماشین از عوامل جوی و نگهبانی و غیره پرداخت می‌شود بنابراین شامل هزینه‌هایی که برای ساختمان گاراژ و یا سایه‌بان و غیره برداشت می‌شود می‌باشد. بدیهی است اگر بخواهیم هزینه ساختمان گاراژ را حساب کنیم بایستی هزینه استهلاک ساختمان، سود سرمایه مربوط به آن و هزینه تعمیرات آن را به‌حساب آوریم. اگر گاراژ برای حفاظت ماشین‌های مختلف استفاده می‌شود باید هزینه حفاظت را به‌طور متناسب بین ماشین‌های مختلف تقسیم نمود.

معمولاً ماشین‌ها را در مقابل آتش‌سوزی و حوادث بیمه می‌کنند و توصیه می‌شود که نسبت به‌بیمه‌نمودن ماشین‌های کشاورزی اقدام شود، چه ماشینی بیمه شود و چه نشود باید هزینه بیمه را به‌حساب آورد زیرا به‌هر حال برای جبران خسارت ناشی از حوادث باید همیشه مبلغی را در نظر گرفت.

مالیات نیز از اقلام دیگر هزینه‌های ثابت در ماشین‌های کشاورزی است و مقدار آن بستگی به میزان دارایی‌های کشاورز، مالک یا مؤسسه کشاورزی دارد. معمولاً هزینه‌های حفاظت، بیمه و مالیات را روی هم در حدود ۱/۵ تا ۲ درصد قیمت خرید اولیه ماشین برای هر سال منظور می‌کنند.

مثال: هزینه‌های حفاظت، بیمه و مالیات تراکتور مسی فرگوسن مثال ۱ با توجه به قیمت خرید اولیه آن ۶۵۰۰۰۰۰۰ ریال عبارت خواهد بود از

$$۶۵۰۰۰۰۰۰ \times ۰/۰۲ = ۱۳۰۰۰۰۰ \text{ ریال}$$

چنانچه هزینه های سالیانه بیمه، مالیات و حفاظت تراکتور به‌ترتیب $k_۱$ و $k_۲$ و $k_۳$ نشان داده شود هزینه سالیانه مربوط به مالکیت تراکتور عبارت خواهد بود :

هزینه‌حفاظت + هزینه مالیات + هزینه بیمه + هزینه سود سرمایه + هزینه استهلاک = C_1 هزینه ثابت

$$C_1 = D + I + k_1 + k_2 + k_3 \qquad (۷_۳)$$

۳ــ۷ــ 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.

۱ــ۳ــ۷ــ 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 :

$$\text{مصرف مخصوص متوسط} = \frac{\text{سوخت مصرفی سالانه تراکتور برحسب لیتر}}{\text{توان تراکتور برحسب اسب بخار} \times \text{تعداد ساعات کارکرد تراکتور}}$$

$$\frac{۴۱۶۰}{۸۰۰ \times ۴۰} = ۰/۱۳ \text{ لیتر بر اسب در ساعت}$$

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 :

$$۰/۱۳ \times ۴۰ \times ۸۰۰ = ۴۱۶۰ \text{ لیتر گازوئیل}$$

به‌طورکلی 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 :

$$L_f = P \times n' \times L_s \times F \qquad (۷_۴)$$

جدول ۱ــ۷ 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 سالیانه مصرف برق (L_e) را تعیین کرد.

$$L_e = W = n' \times F_1 \qquad (۷ــ۵)$$

جدول ۱ــ۷ــ مقادیر مصرف مخصوص تراکتورهای مختلف

نوع تراکتور	نوع سوخت	قدرت تراکتور به اسب	مصرف مخصوص برحسب لیتر بر اسب در ساعت	
			تمام گاز	نیمه‌گاز
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

۲ــ۳ــ۷ــ 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 درنظرگرفتن این مقدار مصرف روغن و رعایت نسبت قیمت بنزین و گازوئیل هزینه روغن را می‌توان چنین محاسبه کرد :

ــ در تراکتورهای دیزل هزینه روغن مساوی ۵۰٪ هزینه سوخت محاسبه می‌شود.

ــ در تراکتورهای بنزینی هزینه روغن مساوی ۱۰٪ تا ۱۵٪ هزینه سوخت در نظر گرفته می‌شود

بنابراین هزینه سالیانه روغن با توجه به فرمول ۴ــ۷ داریم :

$L_f = ۰/۵ \times P \times n' \times L_s \times F$ (۶ــ۷) برای تراکتور دیزل

$L_o = ۰/۱ \times P \times n' \times L_s \times F$ (۷ــ۷) برای تراکتور بنزینی

۳ــ۳ــ۷ــ 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 $\frac{B}{۳۰۰۰}$ می‌شود چنانچه این نسبت را با $K_۴$ نشان دهیم، هزینه مربوط به لاستیک برای n' ساعت کار تراکتور یا ماشین در سال مساوی است با :

هزینه سالانه کار لاستیک $= K_۴ \times n'$

۴ــ۳ــ۷ــ 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 $K_۵$ 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 :

هزینه سالانه سرویس و نگهداری $= K_۵ \times n'$

۵ــ۳ــ۷ــ هزینه‌های مربوط به تعمیرات: صرف نظر از ضایعات احتمالی و سوانح اتفاقی، آهنگ طبیعی و معمولی تعمیرات یک تراکتور طبق برنامه‌ریزی به‌صورت جدول ۲ــ۷ 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 ۳ــ۷ 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 ــ بازدید پمپ انژکتور ــ تعویض پیستون‌ها و رینگ‌های آن، بازدید جعبه‌دنده و دیفرانسیل ــ بازدید دستگاه هیدرولیک ــ تعویض لنت‌های ترمز به‌صورت زیر حساب می‌شود :

هزینه متوسط در ساعت برحسب درصد قیمت خرید $= ۰/۰۰۵ - \times ۵۰۰۰۰۰۰۰$

$= ۵۰۰۰۰۰۰۰ \times \frac{۰/۰۰۵}{۱۰۰} =$ ریال ۲۵۰۰

به عبارت دیگر به ازای هر ساعت کار این تراکتور (البته تا ۵۰۰۰ ساعت) باید مبلغ ۲۵۰۰ ریال بابت هزینه تعمیرات درنظر گرفت.

با توجه به نکات فوق و جداولی که ذکر شد چنانچه هزینه مربوط به تعمیرات را برای هریک ساعت کار تراکتور با $k_۶$ نشان دهیم، هزینه تعمیرات سالیانه برای n' ساعت کار آن در سال عبارت است از :

$$\text{هزینه تعمیرات سالانه} = k_۶ \times n'$$

۶ــ۳ــ۷ــ هزینه مربوط به رانندگی یا دستمزد راننده: چنانچه هزینه مربوط به رانندگی تراکتور را در هر ساعت با $k_۷$ نشان دهیم هزینه سالیانه برای n' ساعت کار در سال عبارت خواهد بود از :

$$\text{هزینه رانندگی} = k_۷ \times n'$$

جدول ۲ــ۷ــ هزینه‌های ساعتی تعمیرات یک تراکتور دیزل ۵۵ــ۴۰ 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 ـ بازدید قسمت‌های برقی تراکتور	۰/۰۰۰۳
۱۰۰۰ ساعت	تنظیم فیلر سوپاپ‌ها ـ بازدید و تنظیم انژکتورها بازدید پمپ انژکتور ـ بازدید قسمت‌های برقی تراکتور	۰/۰۰۰۷
۲۰۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها ـ تمیزکردن دینام و استارتر ـ بازدید	۰/۰۰۰۵
۳۰۰۰ ساعت	باطری آب‌بندی سوپاپ‌ها ـ تعویض انژکتورها ـ بازدید پمپ انژکتور ـ بازدید جلوبندی و فرمان تراکتور ـ تعویض باطری	۰/۰۰۳
۴۰۰۰ ساعت	تعویض لنت‌های کلاچ ـ تعویض سوپاپ‌ها ـ تنظیم فیلر سوپاپ‌ها ـ بازدید و تنظیم انژکتورها ـ بازدید پمپ انژکتور	۰/۰۰۴
۵۰۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها ـ بازدید پمپ انژکتور ـ تعویض پیستون‌ها و رینگ‌های آن ـ بازدید جعبه دنده و دیفرانسیل ـ بازدید دستگاه هیدرولیک ـ تعویض لنت‌های ترمز	۰/۰۰۵
۶۰۰۰ ساعت	تنظیم فیلر سوپاپ‌ها ـ تعویض انژکتورها ـ بازدید جلوبندی و فرمان تراکتور ـ بازدید دستگاه برقی تراکتور ـ تعویض باطری ـ تعویض سوپاپ‌ها	۰/۰۰۵
۷۰۰۰ ساعت	بازدید و تنظیم انژکتورها ـ بازدید پمپ انژکتور ـ بازدید قسمت‌های برقی ـ بازدید موتور	۰/۰۰۵
۸۰۰۰ ساعت	آب‌بندی سوپاپ‌ها ـ بازدید و تنظیم انژکتورها ـ بازدید جلوبندی و فرمان تراکتور	۰/۰۰۵

جدول ۳ــ۷ــ هزینه‌های سالیانه و ساعتی تعمیرات برحسب درصد قیمت خرید ماشین‌های مختلف کشاورزی

نوع ماشین	هزینه‌های سالیانه تعمیرات	
	در سال برحسب درصد قیمت خرید برای یک واحد زراعی ۵۰ هکتاری	در ساعت برحسب درصد قیمت خرید
گاوآهن ـ کولتیواتور ـ گاوآهن بشقابی	۱۰	۰/۰۴
هرس (چنگه) ـ دیسک	۷	۰/۰۱ تا ۰/۰۲
غلتک دندانه‌دار	۳	۰/۰۲
غلتک معمولی	۱/۵	۰/۰۱
وجین کردن و سله‌شکن	۷	۰/۰۶
گاوآهن پنجه‌غازی	۵	۰/۰۴
سم‌پاش	۵	۰/۰۵
کودپاش	۶/۵	۰/۰۱
بذرپاش	۲/۵	۰/۰۲
نشاکار	۳/۵	۰/۰۳
علف‌بر	۱۰	۰/۰۴
ردیف‌کن	۳/۵	۰/۰۱
ردیف‌کن (ولوکن)	۵	۰/۰۲
درو و خردکن (چاپر)	۵	ــ
بسته‌بند	۳	۰/۰۱۵
کمباین غلات (چین‌کوب)	۳ تا ۵	۰/۰۲
چغندرکن یا سیب‌زمینی کن	۵ تا ۱۰	۰/۰۷
کودپاش دامی	۳/۵	ــ
چنگال هیدرولیکی	۳/۵	۰/۱۵
وسایل نقلیه کشاورزی	۱/۵	۰/۰۰۵
تراکتور دیزل معمولی (۴۰ تا ۶۰ اسب)	ــ	۰/۰۰۵

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

$$C_۲ = ۱/۵(p \times n' \times L_s \times F) + n'(k_۴ + k_۵ + k_۶ + k_۷) \qquad (۷_۸)$$

حال با توجه به فرمول‌های ۳ــ۸ و ۸ــ۸ می‌توان کل هزینه‌های ثابت و مستمر را در مورد تراکتور محاسبه کرد.

$$C_t = C_۱ + C_۲ = D + I + k_۱ + k_۲ + k_۳ \qquad (۷_۹)$$

$$+ ۱/۵(p \times n \times L_s \times F) + n'(k_۴ + k_۵ + k_۶ + k_۷)$$

فرمول ۹ــ۷ 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 درنظر گرفته می‌شود.

۴ــ۷ــ 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 ۴ــ۷ مدت زمان استفاده از یک

جدول ۴ــ۷ــ مدت زمان استفاده از تراکتور در کشت‌های مختلف

نام زراعت	مدت زمان
ـ چغندر قند	۵۰ تا ۶۰ ساعت
ـ ذرت دانه‌ای	۵۰ تا ۶۰ ساعت
ـ سیب‌زمینی	۴۵ تا ۵۵ ساعت
ـ کلزا	۴۰ ساعت
ـ نخود	۳۵ ساعت
ـ کتان	۲۵ ساعت
ـ گندم	۱۵ تا ۲۰ ساعت
ـ موکاری	۴۵ تا ۵۵ ساعت
ـ مرتع مصنوعی	۱۲ تا ۱۵ ساعت
ـ 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.

۵ــ۷ــ محاسبه هزینه سالیانه کار ماشین‌های کشاورزی

هزینه کار با ماشین‌های کشاورزی برحسب این که خودرو یا دنباله بند تراکتور باشند. به‌گونه‌ای متفاوت محاسبه می‌شود که به شرح آن‌ها در زیر می‌پردازیم :

۱ــ۵ــ۷ــ محاسبه هزینه سالیانه کار یک ماشین کشاورزی خودرو : محاسبه هزینه کار در ماشین‌های کشاورزی خودرو از قبیل کمباین‌های محصولات کشاورزی مانند محاسبه هزینه کار تراکتور می‌باشد که در فرمول ۹ــ۷ ارائه شده است. فقط در این موارد لازم است به‌جای قیمت تراکتور، قیمت کمباین و به‌جای مدت استهلاک تراکتور مدت استهلاک کمباین درنظر گرفته شود. محاسبه هزینه‌های سوخت و روغن و سرویس و تعمیرات و رانندگی کمباین هم مانند محاسبه هزینه‌های همین‌موارد در تراکتور می‌باشد.

۲ــ۵ــ۷ــ محاسبه هزینه سالیانه کار یک ماشین دنباله‌بند: هزینه سالیانه کار ماشین‌های کشاورزی دنباله‌بند از قبیل گاوآهن، دیسک، بذرکار، کودپاش، سمپاش و غیره که با تراکتور کشیده می‌شوند شامل دوجزء به شرح زیر است :

الف ــ هزینه کار تراکتوری که ماشین را کشیده یا به حرکت می‌اندازد که طبق فرمول ۹ــ۷ محاسبه می‌شود.

ب ــ هزینه کار ماشین کشاورزی دنباله‌بند طبق فرمول ۹ــ۷ محاسبه می‌گردد با این تفاوت که در فرمول قسمت‌های مربوط به هزینه سوخت و روغن و هزینه رانندگی درنظر گرفته نمی‌شود. هزینه‌های مربوط به سرویس و تعمیرات طبق دفترچه‌های راهنمای سرویس و تعمیرات ماشین کشاورزی موردنظر محاسبه می‌شود و در صورتی که برای کار ماشین نیاز به استفاده از نیروی انسانی باشد (مانند سیب‌زمینی کار یا نشاکار) هزینه دستمزد کارگران به‌جای هزینه راننده منظور می‌گردد.

با توجه به مراتب فوق فرمول ۹ــ۷ برای ماشین‌های دنباله‌بند به‌صورت زیر می‌باشد :

$$C_m = D + I + k_1 + k_2 + k_3 + n'(k_4 + k_5 + k_6 + k_7) \qquad (۷ــ۱۰)$$

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

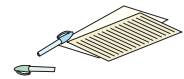
k_4 = هزینه لاستیک برای یک ساعت کار ماشین به ریال (در صورت داشتن چرخ لاستیکی)

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

۱ــ اصطلاحات زیر را تعریف کنید.

ترازنامه، بدهی‌های جاری، دوره مالی، نرخ سود

۲ــ چهار هزینه ثابت و هزینه متغیر تراکتور را نام ببرید.

۳ــ دو هدف عمده از تخمین استهلاک را بنویسید.

۴ــ قیمت یک تراکتور نو متداول در منطقه را به‌دست آورده استهلاک سالانه آن را تعیین کنید (عمر مفید ۱۵ سال فرض شود).

۵ــ سود سرمایه خرید یک دستگاه کمباین را با قیمت‌های روز تعیین کنید.

۶ــ هزینه ثابت و جاری یک دستگاه تراکتور زراعی را با قیمت‌های روز تعیین کنید.

پیوست‌ها

جدول ۱ــ تبدیل آحاد. برای تبدیل آحاد سمت چپ به آحاد وسط،مضارب سمت راست را به آن ضرب کنید.

وزن مخصوص			طول		
۱۶۰	N/m^2	lbf/ft^2	۲۵/۴	(mm) میلی‌متر	(in) (اینچ)
۹/۸۱ (۱۰) صنعت	N/m^2	kgf/m^3	۰/۳۰۵	(m) متر	(ft) (فوت)
۱۶	kgf/m^2	lbf/ft^2	۰/۹۱۲	(m) متر	(Yd) (یارد)
لنگر یا گشتاور			۱۶۰۹/۳	(m) متر	(mi) مایل امریکایی
۰/۱۳۸۴	ton.m	kip.ft	۱۸۵۲	(m) متر	(mi) مایل
۱/۳۸۴	kN.m	kip.ft	جرم		
۹/۸۱ (۱۰) صنعت	kN.m	ton.m	۰/۴۵۴	(kgm) کیلوگرم جرم	(1bm) پوند جرم
۱/۱۵۳	kgf.cm	1b.in	۱۴/۶	(kgm) کیلوگرم جرم	اسلاگ
۱۱۵/۳	N.mm	1b.in	تنش یا فشار		
۱۰۰	N.mm	kgf.cm			
نیرو			(۰/۰۰۷) صنعت	۰/۰۰۶۹	$PSI\ N/mm^2$
۴/۴۵	(N) نیوتن	(lbf) پوند نیرو	۰/۰۰۰۰۴۸	N/mm^2	PSF
۹/۸۱ (۱۰) صنعت	(N) نیوتن	(kgf) کیلوگرم نیرو	۰/۰۹۸۱ (۰/۱) صنعت	N/mm^2	kg/cm^2
۰/۴۵۴	(kgf) کیلوگرم نیرو	(lbf) پوند نیرو	۰/۰۷	kg/cm^2	PSI
سطح			۰/۰۰۰۴۹	kg/cm^2	PSF
۶۵۴/۱۶	(mm^2) میلی‌متر مربع	(in^2) (اینچ)^2	۰/۱	kg/cm^2	متر ارتفاع آب
۰/۰۹۳	(m^2) متر مربع	(ft^2) (فوت)^2	۰/۰۱	N/mm^2	متر ارتفاع آب
۰/۸۳۶	(m^2) متر مربع	(Yd^2) (یارد)^2	۱/۴۳	PSI	متر ارتفاع آب

جدول ۲ــ واحدهای فرعی SI

کمیت	نشانه‌ی واحد یا اختصار جایی که از شکل اصلی متفاوت است	واحد بیان شده برحسب واحدهای اساسی یا تکمیلی
مساحت		m^2
حجم		m^3
فرکانس	Hz	S^4
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	N	$kg.m/s^2$
کشش سطحی	$N/m, J/m^2$	kg/s^2
فشار	$N/m^2, Pa$	$kg/m.s^2$
کار، گشتاور، انرژی، مقدار گرما	$J, N.m, W.s$	$kg.m^2/s^2$
توان، شار گرمایی	$W, J/s$	$kg.m^2/s^2$

جدول ۳ــ 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

مقایسه با DIN 7154 T1 (8.66) — انطباقات ISO –

انحراف اندازه به µm (1 µm = 0,001 mm) — سیستم ثبوت سوراخ

محدوده اندازه اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح داخلی انطباق H6	سطح خارجی انطباق — میدان تلرانس لق h5	لق j6	عبوری k6	عبوری n5	پرسی p5	سطح داخلی انطباق H7	سطح خارجی انطباق — میدان تلرانس لق f7	لق g6	لق h6	عبوری j6	عبوری k6	عبوری m6	پرسی n6	پرسی r6	پرسی 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															+ 62 + 43	+ 78 + 59
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															+ 76 + 54	+ 101 + 79
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															+ 90 + 65	+ 125 + 100
160...180															+ 93 + 68	+ 133 + 108
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 + 77	+ 151 + 122
200...225															+ 109 + 80	+ 159 + 130
225...250															+ 113 + 84	+ 169 + 140
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	+ 126 + 94	+ 190 + 158
280...315															+ 130 + 98	+ 202 + 170
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															+ 150 + 114	+ 244 + 208
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															+ 171 + 132	+ 292 + 252

ادامه جدول ۴

DIN 7154 T1 (8.66) مطابقه با	ISO – تطابقات											
(1 µm = 0,001 mm) µm انحراف اندازه به												سیستم ثبوت سوراخ
محدوده اندازه اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح داخلی انطباق H8	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق H11	سطح خارجی انطباق				
		میدان تلرانس						میدان تلرانس				
		لق			پرسی			لق				
		d9	e8	h9	u8	x8		a11	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	+46 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					+198 +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	+497 +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

تطابقات – ISO													
مطابق با DIN 7166 T1 (8.66)													
انحراف اندازه به µm (1 µm = 0,001 mm)													
سیستم ثبوت میله													
محدوده اندازه اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح خارجی قطعات h9	سطح داخلی قطعات							سطح خارجی قطعات h11	سطح داخلی قطعات			
		میدان تلرانس								میدان تلرانس			
		لق					عبوری			لق			
		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	+105 / +30	+75 / 0
6...10	0 / −36	+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		+290 / +130								+480 / +320	+290 / +130		
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		+340 / +150								+550 / +360	+340 / +150		
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		+400 / +180								+630 / +410	+400 / +180		
120...140	0 / −100	+450 / +200	+305 / +145	+185 / +85	+106 / +43	+250 / 0	+63 / 0	−43 / −143	0 / −250	+710 / +460	+450 / +200	+395 / +145	+250 / 0
140...160		+460 / +210								+770 / +520	+460 / +210		
160...180		+480 / +230								+820 / +580	+480 / +230		
180...200	0 / −115	+530 / +240	+355 / +170	+215 / +100	+122 / +50	+290 / 0	+72 / 0	−50 / −165	0 / −290	+950 / +660	+530 / +240	+460 / +170	+290 / 0
200...225		+550 / +260								+1030 / +740	+550 / +260		
225...250		+570 / +280								+1110 / +820	+570 / +280		
250...280	0 / −130	+620 / +300	+400 / +190	+240 / +110	+137 / +56	+320 / 0	+81 / 0	−56 / −186	0 / −320	+1240 / +920	+620 / +300	+510 / +190	+320 / 0
280...315		+650 / +330								+1370 / +1050	+650 / +330		
315...355	0 / −140	+720 / +360	+440 / +210	+265 / +125	+151 / +62	+360 / 0	+89 / 0	−62 / −202	0 / −360	+1560 / +1200	+720 / +360	+570 / +210	+360 / 0
355...400		+760 / +400								+1710 / +1350	+760 / +400		
400...450	0 / −155	+840 / +440	+480 / +230	+290 / +135	+165 / +68	+400 / 0	+97 / 0	−68 / −223	0 / −400	+1900 / +1500	+840 / +440	+630 / +230	+400 / 0
450...500		+880 / +480								+2050 / +1650	+880 / +480		

ادامه جدول ۵

DIN 7155 T1 (8.66) مقایسه با	ISO - انطباقات	
(1 µm = 0,001 mm) µm انحراف اندازه به		سیستم ثبوت مبنا

محدوده اندازه اسمی تا ... بیشتر از mm	سطح خارجی انطباق	سطح داخلی انطباق					سطح خارجی انطباق	سطح داخلی انطباق							
		میدان تلرانس						میدان تلرانس							
		لق	عبوری			پرسی		لق			عبوری			پرسی	
	h5	H6	J6	M6	N6	P5	h6	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	−14 −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 −11	+16 0	+10 −6	−4 −20	−12 −28	−21 −37	0 −16	+50 +25	+34 +9	+25 0	+14 −11	+7 −18	0 −25	−8 −33	−25 −50	−34 −59
40...50																
50...65	0 −13	+19 0	+13 −6	−5 −24	−14 −33	−26 −45	0 −19	+60 +30	+40 +10	+30 0	+18 −12	+9 −21	0 −30	−9 −39	−30 −60 −32 −62	−42 −72 −48 −78
65...80																
80...100	0 −15	+22 0	+16 −6	−6 −28	−16 −38	−30 −52	0 −22	+71 +36	+47 +12	+35 0	+22 −13	+10 −25	0 −35	−10 −45	−38 −73 −41 −76	−58 −93 −66 −101
100...120																
120...140	0 −18	+25 0	+18 −7	−8 −33	−20 −45	−36 −61	0 −25	+83 +43	+54 +14	+40 0	+26 −14	+12 −28	0 −40	−12 −52	−48 −88 −50 −90 −53 −93	−77 −117 −85 −125 −93 −133
140...160																
160...180																
180...200	0 −20	+29 0	+22 −7	−8 −37	−22 −51	−41 −70	0 −29	+96 +50	+61 +15	+46 0	+30 −16	+13 −33	0 −46	−14 −60	−60 −106 −63 −109 −67 −113	−105 −151 −113 −159 −123 −169
200...225																
225...250																
250...280	0 −23	+32 0	+25 −7	−9 −41	−25 −57	−47 −79	0 −32	+108 +56	+69 +17	+52 0	+36 −16	+16 −36	0 −52	−14 −66	−74 −126 −78 −130	−138 −190 −150 −202
280...315																
315...355	0 −25	+36 0	+29 −7	−10 −46	−26 −62	−51 −87	0 −36	+119 +62	+75 +18	+57 0	+39 −18	+17 −40	0 −57	−16 −73	−87 −144 −93 −150	−169 −226 −187 −244
355...400																
400...450	0 −27	+40 0	+33 −7	−10 −50	−27 −67	−55 −95	0 −40	+131 +68	+83 +20	+63 0	+43 −20	+18 −45	0 −63	−17 −80	−103 −166 −109 −172	−209 −272 −229 −292
450...500																

جدول ۶ ــ جرم یک متر مربع برخی از ورق‌ها برحسب کیلوگرم

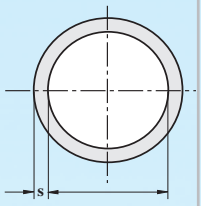
ورق‌های فولادی	**s mm**	**0.18**	**0.2**	**0.22**	**0.24**	**0.28**	**0.32**	**0.38**	**0.44**	**0.5**	**0.56**
	mkg/m^2	1.41	1.57	1.73	1.88	2.20	2.51	2.98	3.46	3.93	4.40
	s mm	**0.63**	**0.75**	**0.88**	**1**	**1.13**	**1.25**	**1.38**	**1.5**	**1.75**	**2.0**
	mkg/m^2	4.95	5.88	6.91	7.85	8.87	9.81	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 نظرگرفتن 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	054	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 ــ جرم یک متر از پروفیل‌های گرد، چهارگوش و شش‌گوش فولادی برحسب kg

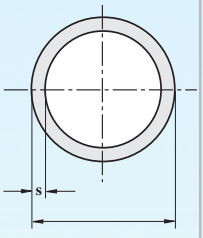
	1 ... 35				36 ... 70				71 ...105		
d l SW				d l SW				d l SW			
1	0.006	0.008	0.007	36	7.99	10.2	8.81	71	31.1	39.6	34.3
2	0.025	0.031	0.027	37	8.44	10.7	9.3	72	32.0	40.7	35.2
3	0.056	0.071	0.061	38	8.90	11.3	9.81	73	32.9	41.8	36.2
4	0.099	0.126	0.109	39	9.38	11.9	10.3	74	33.8	43.0	37.2
5	**0.154**	**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 ــ جرم یک متر از لوله‌های فولادی برحسب kg

لوله‌های معمولی	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
	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
لوله‌های بدون درز	**قطر خارجی لوله برحسب میلی‌متر**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
	قطرخارجی 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**
	قطرخارجی 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
	قطرخارجی 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

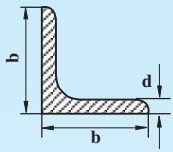


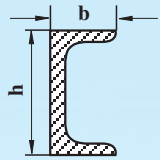
اندازه اسمی

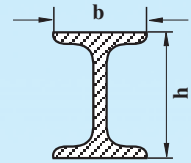


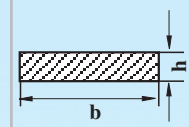
اندازه اسمی

جدول ۹ ــ جرم یک متر پاره‌ای از نیمه‌ساخته‌های فولادی برحسب kg

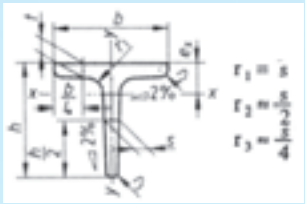








b×b×d	kg/m	نمره	h×b	kg/m	نمره	h×b	kg/m	h×b	kg/m
15×15×3	0.64	30	30×15	1.74	80	80×42	5.95	**10×5**	0.39
20×20×4	1.14	40	40×20	2.75	100	100×50	8.32	**10×8**	0.63
25×25×4	1.45	50	50×25	4.32	120	120×58	11.2	**12×5**	0.47
30×30×3	1.36	60	60×30	5.07	140	140×66	14.4	**15×5**	0.59
30×30×5	2.18	65	65×42	7.09	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



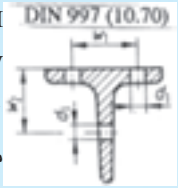
اندازه‌ها طبق DIN 997 (10.70)

S اندازه سطح مقطع

I ممان سطحی محوری درجه 2

W مدول سطحی محوری

m′ وزن طولی



مشخصه سه پری لبه بلند با ارتفاع 50mm از جنس St37-2 طبق DIN 17 100

پروفیل T- DIN 1024 - St37 - 2 - T50

علامت کوتاه T	اندازه‌ها به mm b = h	s = t	سطح ــ مقطع S cm²	وزن ــ طولی m′ kg/m	فاصله از محور ــ x e_x cm	برای محورهای خم x–x I_x cm⁴	W_x cm³	y–y I_y cm⁴	W_y cm³	اندازه‌ها به mm w_1	w_2	d_1 max.
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

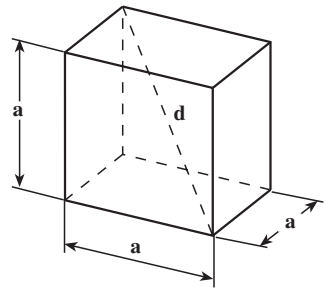
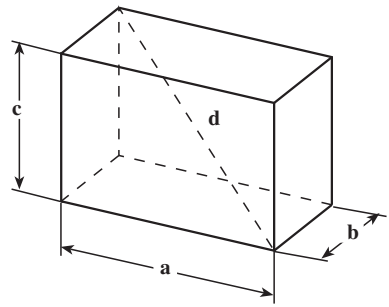
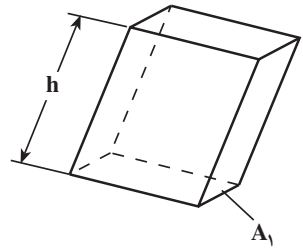
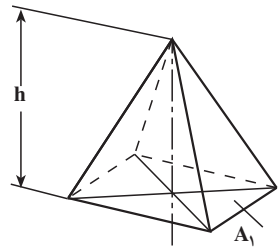
سه پری کف پهن

علامت کوتاه TB	اندازه‌ها به mm h	b	s = t	سطح ــ مقطع S cm²	وزن ــ طولی m′ kg/m	فاصله از محور ــ x e_x cm	برای محورهای خم x–x I_x cm⁴	W_x cm³	y–y I_y cm⁴	W_y cm⁴	اندازه‌ها به mm w_1	d_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 - 2 - St44 - DIN 1024 پروفیل -TB

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.

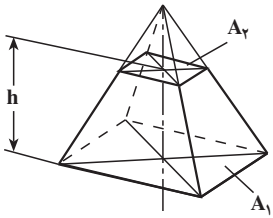
جدول ۱۰ــ احجام

مکعب		$V = a^3$ $A_o = 6a^2$
مکعب‌مستطیل		$V = abc$ $A_o = 2(ab + ac + bc)$
متوازی‌السطوح		$V = A_1 h$
منشور		$V = \frac{A_1 h}{3}$

منشور ناقص

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

$$\approx h\frac{A_1 + A_2}{2}$$

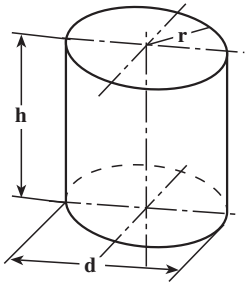


استوانه

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

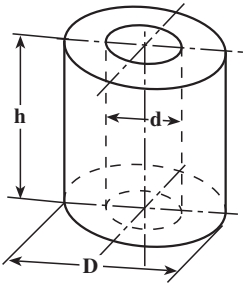
$$A_m = 2\pi rh$$

$$A_o = 2\pi r(r + h)$$



استوانه‌ی خالی

$$V = \frac{\pi}{4}h(D^2 - d^2)$$



مخروط

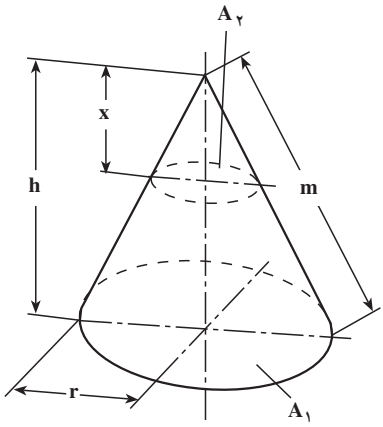
$$V = \frac{\pi}{3}r^2 h$$

$$A_m = \pi rm$$

$$A_o = \pi r(r + m)$$

$$m = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$A_2 : A_1 = z^2 : h^2$$

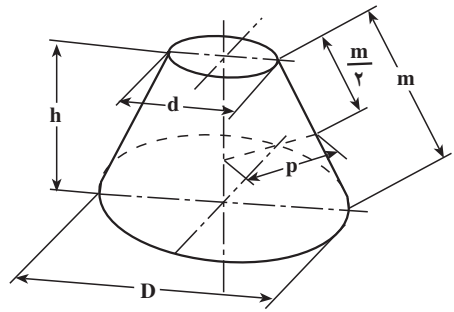


مخروط ناقص

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

$$A_m = \frac{\pi}{2} m(D + d) = 2\pi ph$$

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

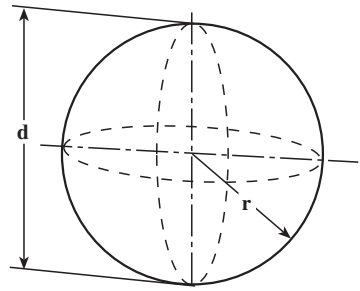


کره

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{6}\pi d^3$$

$$\approx 4/189 r^3$$

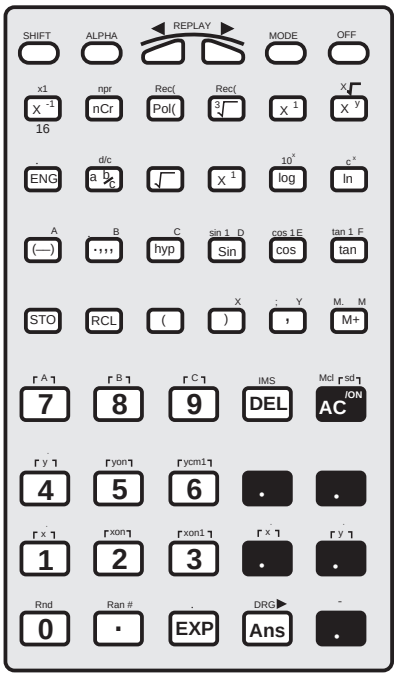
$$A_o = 4\pi r^2 = \pi d^2$$



روش استفاده از ماشین‌حساب مهندسی

روش کار با ماشین‌حساب‌های مهندسی مختلف با وجود تفاوت‌هایی که با یکدیگر دارند، معمولاً مشابه است که با کمی دقت می‌توان به تفاوت‌ها پی برد. اولین اصلی که در کاربرد صحیح یک ماشین‌حساب مهندسی وجود دارد استفاده از دفترچه راهنمای آن می‌باشد. کاربر باید قبل از استفاده از ماشین‌حساب دفترچه راهنمای آن‌را به دقت مطالعه نماید تا روش کار صحیح با ماشین‌حساب مورد نظر را بیاموزد و تا زمانی که به کار با آن ماشین‌حساب تسلط کافی پیدا کند باید دفترچه راهنما را در دسترس داشته باشد تا در زمان لازم به آن رجوع کند.

در این‌جا اجرای چند عملیات ریاضی با یک ماشین‌حساب مهندسی نشان داده می‌شود که البته ممکن است شکل ظاهری این ماشین‌حساب (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 فعال سازی 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 به‌کار رفته در آن محیط عمل می‌کنند. تغییر حالت معمولاً با شاسی که روی آن عبارت MODE نوشته شده است انجام می‌شود. البته باید خاطرنشان 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.

۱ــ روشن (on) و خاموش (off) کردن ماشین حساب: برای روشن‌کردن، دکمه [AC/ON] و خاموش‌کردن از دکمه [OFF] استفاده می‌کنیم. همچنین به منظور صفرکردن سطر محاسبه نیز از دکمه [AC/ON] استفاده می‌شود.

خاموش : OFF

روشن : AC/ON

۲ــ صفرکردن سطر نوشته: از دکمه [AC/ON] استفاده کنید. AC/ON

۳ــ اعداد به توان دو

مثال: ۳ به توان ۲ ($۳^۲$) :

3 x^2 = .۳/.$X^۲$/.=/

۴ــ جذر فرجه دو عدد

مثال: جذر ۴

4 $\sqrt{}$ = .0/.۴/.=/

۵ــ یک تقسیم بر عدد (اینورس عدد)

مثال: ۱/۵ یا ۵ به توان منهای یک :

5 x^{-1} = .۵/.$X^{-۱}$/.=/

۶ــ عدد به توان سه

مثال: ۲ به توان سه ($۲^۳$)

2 x^3 = .۲/.$X^۳$/.=/

۷ــ جذر فرجه سه عدد

مثال: فرجه ۳ عدد ۸ :

$\sqrt[3]{}$ 8 = .۳0/.۸/.=/

۸ــ محاسبه مقدار عدد به توان دلخواه

مثال: ۲ به توان ۶ ($۲^{۶}$)

2 | x^y | 6 | =

.۲.,X^Y,.۶..=.

۹ــ جذر عدد با فرجه دلخواه

مثال: جذر فرجه ۴ عدد ۶ :

4 | SHIFT | x^y | 6 | =

.۴..SHIFT.,X^Y,.۶..=.

۱۰ــ لگاریتم مبنای ۱۰

مثال: لگاریتم مبنای ۱۰ عدد ۱۱ ($\log_{۱۰}$)

log | 1 | 1 | =

.log.,.۱..۱..=.

۱۱ــ لگاریتم مبنای نپر

مثال: لگاریتم نپر ۱۲ (ln 12)

ln | 1 | 2 | =

.ln.,.۱..۲..=.

۱۲ــ عدد e به توان دلخواه

مثال: عدد e به توان ۱ ($e^{۱}$)

SHIFT | ln | 1 | =

.SHIFT..ln.,.۱..=.

۱۳ــ ده به توان عدد دلخواه:

مثال: ۱۰ به توان منهای شش ($۱۰^{-۶}$) :

SHIFT | log | (—) | 6 | =

.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. مثلا عدد ۰/۰۰۰۰۰۰۱ می‌شود :

.EXP..(−)..۶.

برای نشان‌دادن عدد منفی از این دکمه .(−). استفاده می‌شود.

EXP | 6 | =

EXP | (—) | 6 | =

۱۴ــ استفاده از دکمه ENG

از این دکمه معمولاً در تبدیلات استفاده می‌شود به این صورت که با هر بار فشردن این دکمه، عدد به‌صورت سه، شش یا نه رقم اعشار کوچک شده و متقابلاً در ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ ضرب می‌شود. مثلاً در تبدیل یک مقدار بزرگ به مقادیر کیلو، مگا و گیگا :

۱۲۳۴۵۶۷۸۹.ENG/ =۱۲۳۴۵۶.۷۸۹*۱۰^۳ =۱۲۳۴۵۶.۷۸۹ Kilo

۱۲۳۴۵۶۷۸۹.ENG/.ENG/ =۱۲۳.۴۵۶۷۸۹*۱۰^۶ ==۱۲۳.۴۵۶۷۸۹ Mega

۱۲۳۴۵۶۷۸۹.ENG/.ENG/.ENG/ =۰.۱۲۳۴۵۶۷۸۹*۱۰^۹ =۰.۱۲۳۴۵۶۷۸۹ Giga

۱۵ــ cos.sin و tan زوایا.

مثال: ۳۵ sin **مثال:** ۴۵cos **مثال:** ۴۵tan

.sin/.۳/.۵/.=/ .cos/.۴/.۵/.=/ .tan/.۴/.۵/.=/

Sin 3 5 =

۱۶ــ اینورس زوایا (ARC)

مثال: ۳۵/° Arc sin :

.SHIFT/.sin/.°/./.۳/.۵/.=/

SHIFT Sin 0 1 3 5 =

۱۷ــ فرستادن عدد به حافظه

برای این منظور از دکمه [STO] استفاده می‌شود. این مدل دارای ۹ حافظه می باشد که با حروف A,B,C,D,E,F,X, و به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

مثال: قراردادن عدد ۵ در حافظه D :

.۵/.STO/.Sin/ 5 STO Sin

۱۸ــ نشان‌دادن عدد ذخیره‌شده در حافظه

از کلید [RCL] استفاده می‌شود. RCL Sin

ــ با این دکمه فقط می‌توان عدد ذخیره‌شده را دید، امکان انجام هیچ‌گونه عملیات ریاضی وجود ندارد.

مثال: نشان‌دادن عدد ذخیره‌شده در حافظه D :

[RCL] [sin]

تمرین ۱ :

$2\sin 72/5^2 + 0/06^2$

/=/)/,X^2/.)/0/./0/./6/.(+/)/,X^2/.)/5/./2/./7/.sin/.2/.

حال این مقدار را به حافظه F منتقل می‌کنیم :

/.tan/.STO/

می‌خواهیم این عدد را از مقدار ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۵ کم کنیم :

/=/01/.(−)/EXP/.5/.−/.tan/.ALPHA/.

تمرین ۲ :

$e^{5\sin 41} + 2\ln 2/23$

/=/)/3/./2/./2/.ln/.2/.(+/)/7/.4/.sin/.5/.ln/.SHIFT/.(/.

۱۹ــ استفاده از درصد در محاسبات

مثال: ۹۸٪ :

9 8 × 1 SHIFT =

/=/.SHIFT/.×/.8/.9/.

منابع

۱ــ محاسبات فنی (۲) رشته صنایع چوب، شماره ۴۷۸/۳، اسدی. محمود. فرخ‌نیا همدانی، علی‌اکبر، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۷).

۲ــ مبانی مکانیزاسیون کشاورزی، الماسی. مرتضی، کیانی شهرام، لویمی. نعیم، انتشارات حضرت معصومه، (۱۳۷۸).

۳ــ ماشین‌ها و تأسیسات ثابت زراعی، برقعی. سید علیمحمد، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۵۳).

۴ــ اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی، بهروزی لار. منصور، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، (۱۳۷۸).

۵ــ مدیریت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، بهروزی لار. منصور، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۶۹).

۶ــ اتصال ماشین‌های یدک‌کش، بیرجندی. مجید، احدی. حمید، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۸).

۷ــ محاسبات فنی (۲)، رشته صنایع خودرو، شماره ۴۶۵/۶، تولا. محمدحسن، ملکی. اسدالله و قاسمی. حسن، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۳).

۸ــ اجزای ماشین، برقعی. سیدعلیمحمد، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۷۹).

۹ــ محاسبات فنی (۱)، گروه تحصیلی مکانیک، شماره ۳۵۶، خادمی اقدم صمد، نصیری زنوزی بهروز، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۷).

۱۰ــ محاسبات فنی (۲)، رشته‌های ساخت و تولید ــ طراحی و نقشه‌کشی شماره ۴۶۱/۸، خادمی اقدم. صمد، نصیری. زنوزی بهروز، وزارت آموزش و پرورش تهران، (۱۳۷۳).

۱۱ــ توان موتور تراکتور، رنجبر. ایرج، قاسم‌زاده. حمیدرضا، داودی. شهاب، انتشارات دانشگاه تبریز، (۱۳۷۹).

۱۲ــ اصول ماشین‌های کشاورزی، جلد اول، شفیعی. سیداحمد، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۷۲).

۱۳ــ طراحی اجزای ماشین، شادروان. ایرج، انتشارات علم و صنعت تهران، (۱۳۷۲).

۱۴ــ علوم مهندسی برای تکنیسین‌های مکانیک، ضیایی، مجتبی، تهران، (۱۳۶۹).

۱۵ــ انطباقات در صنعت براساس استاندارد ملی مهارت، مظهری. سیدمحمود، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، تهران، (۱۳۶۸).

۱۶ــ تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، جلد اول، منصوری راد. داود، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، (۱۳۶۸).

۱۷ــ تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، جلد دوم، منصوری راد. داود، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، (۱۳۷۲).

۱۸ــ حساب فنی سال اول هنرستان، رشته اتومکانیک کد، ۴۰۵، (۱۳۶۹).

۱۹ــ جداول و استانداردهای طراحی و ماشین‌سازی، ولی‌نژاد. عبدالله، طراح، (۱۳۸۲).

فهرست

مقدمه

فصل اوّل: کمیت‌های فیزیکی ۱

فصل دوم: کاربرد مثلثات ۳۴

فصل سوم: حرکت و انتقال آن ۴۸

فصل چهارم: نیرو ۶۸

فصل پنجم: مقاومت مصالح ۸۶

فصل ششم: توان در موتور و تراکتور ۱۰۰

فصل هفتم: اقتصاد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی ۱۱۷

پیوست‌ها ۱۳۲

منابع ۱۵۱