

## روش تدریس محاسبات فنی ۲

### جلسه اول

جدول زمان بندی جلسه اول

زمان	فعالیت
۳۵ دقیقه	معارفه
۲۵ دقیقه	آزمون ورودی
۳۰ دقیقه	مرور مطالب فصل چهارم محاسبات فنی ۱

#### معارفه

در ابتدای جلسه چون اولین جلسه حضور شما در کلاس درس این هنرجویان است بهتر است بلافاصله به سراغ مطالب درس نروید بلکه با پرسش و پاسخ با هنرجویان آشنا شده تا استرس ناشی از نام درس محاسبات در ذهن هنرجویان را به علاقه تبدیل نمایید. این ارتباط به شما کمک خواهد کرد که بتوانید در طول تدریس خود از هنرجویان در جهت روند تعاملی برای بهبود تدریس استفاده نمایید.

#### آزمون ورودی

هنرجویان در سال دوم محاسبات پایه را گذرانده و پا به مرحله بعدی گذارده اند پس بهترین و مؤثرترین قدم در هنگام شروع یک درس جدید اطلاع از پیش دانسته های هنرجویان است.

با آزمون ورودی می توان سطح اطلاعات هنرجویان را مورد شناسایی قرار داده و در صورت وجود ضعف، سمت و سوی نحوه تدریس را به سمتی سوق داد که بتواند به فرایند یادگیری و یاددهی کمک نموده و از ایجاد توقعات نابه جا از هنرجویان جلوگیری کند.

این آزمون می تواند از مطالب چند فصل از محاسبات فنی ۱ که پیش نیاز محاسبات ۲ مانند فصل چهارم انتقال حرکت و قسمت هایی از فصل سوم یعنی سرعت محیطی و سرعت برش باشد و همچنین از فصل یک قسمت مثلثات نیز مورد توجه قرار گیرد.

#### نکات مهم در مورد آزمون

- ۱- در هنگام طرح سؤال به تفاوت های فردی توجه شود.
- ۲- به یاد داشته باشید که این آزمون باید به شما کمک کند تا به مرحله جدید بروید نه به هنرجو
- ۳- روند طراحی سؤال را به گونه ای مدیریت کنید که ایجاد انگیزه نماید نه ایجاد ترس

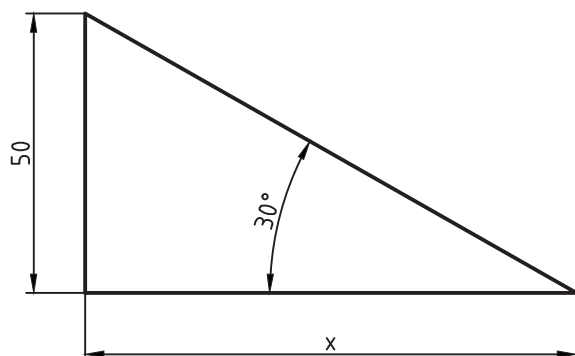
۴- قبل از آزمون به هنجریان منظور خود را در مورد آزمون ورودی به طور کامل توضیح دهید.

۵- در حین آزمون سعی کنید به گونه‌ای برخورد کنید که فضای کلاس فضای آرامی باشد.

۶- پس از تصحیح او را آزمون هیچ‌گاه هنجریان را مورد مواخذه قرار ندهید.

## نمونه سؤالات آزمون ورودی

۱- در شکل مقابل طول  $x$  را محاسبه کنید.



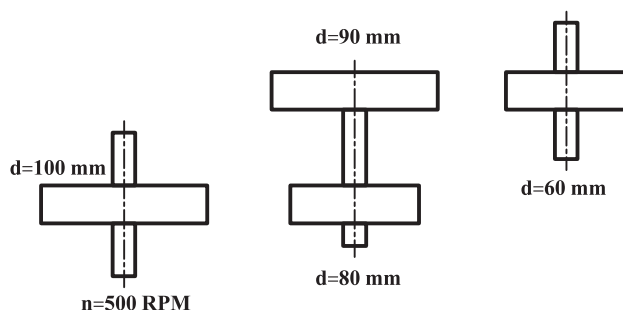
۲- با مته‌ای به قطر  $40^\circ$  میلی‌متر به وسیله دستگاه دریلی با عده دوران  $12^\circ$  دور بر دقیقه سوراخ کاری می‌کنیم. سرعت برش

این مته چقدر است؟

۳- در دستگاه انتقال حرکت شکل زیر مطلوب است

الف) نسبت انتقال حرکت

ب) تعداد دوران خروجی



همان‌طور که مشاهده می‌کنید در این آزمون فقط سه سؤال مطرح شد و سؤالات دارای سطح دشواری متوسط هستند شما هم می‌توانید با رعایت اصول و نکات مهم به طرح سؤالات یا استفاده از همین آزمون از هنجریان آزمون ورودی را به عمل آورید.

## مرور مطالب فصل چهارم محاسبات ۱

در ابتدا به هنجریان بگویید که یک دفتر جداگانه برای این درس در نظر گرفته و تمام مطالب عنوان شده در کلاس را یادداشت

نمایند.

با توجه به اینکه ممکن است هنجریان دفتر همراه نداشته باشند، لذا توجه کنید که در این جلسه مطالب درسی را در یک ورقه

یادداشت نموده و هفته آینده به دفتر اصلی منتقل نمایند و متذکر شوید که دفاتر را بازدید خواهید نمود.

این امر باعث خواهد شد که جدیت شما را نسبت به کار و یادداشت‌های کلاسی درک نموده و بستر مناسبی جهت تدریس به وجود خواهد آمد.

برای مرور ابتدا از مثال‌های کاربردی استفاده نمایید. مثال را می‌توانید به این گونه مطرح کنید :

یک انسان بزرگسال و یک کودک را در نظر بگیرید اگر این دو فرد بخواهند یک مسیر را با هم طی کنند و با هم در یک زمان به مقصد برسند باید سرعت آن‌ها یکسان باشد با توجه به اینکه قدم‌های بزرگسال بزرگ، قدم‌های کودک کوتاه خواهد بود پس باید کودک تعداد قدم‌های بیشتری را بردارد. همین امر را می‌توان برای انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها به کاربرد یعنی در انتقال حرکت سرعت در چرخ با هم برابر است پس چرخ‌ی که کوچک است باید تعداد دوران بیشتری را نسبت به چرخ بزرگ داشته باشد.

مطالب را به صورت فرمول بنویسید.

$$V_1 = V_2$$

در این قسمت یادآور شوید که از این پس در محاسبات مربوط به عده دوران و انتقال حرکت در تمام کتاب عدد ۱ را به عنوان محرک و عدد ۲ را به عنوان متحرک در نظر بگیرید.

پس عنوان کنید این  $V_1$  و  $V_2$  همان سرعت محیطی در چرخ است پس معادل آن‌ها را استفاده نمایید یعنی

$$V_1 = d_1 \times \pi \times n_1$$

$$V_2 = d_2 \times \pi \times n_2$$

$$d_1 \times \pi \times n_1 = d_2 \times \pi \times n_2$$

سپس دور فرمول آخری را در یک کادر قرار دهید و بگویید این فرمول کلی انتقال حرکت است.

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

پس توضیحاتی در مورد نسبت انتقال حرکت و تأثر آن در حل مسائل برای هنرجویان ارائه نمایید.

با یک مثال فرمول‌های نسبت انتقال حرکت و فرمول کلی را به کار ببرید.

پس از حل کامل مثال به قسمت انتقال حرکت دوبل رفته و همانند مرحله قبلی توضیحات را به طور کامل بیان نموده و با حل

مثال آموخته‌های سال دوم را در ذهن هنرجویان فراخوانی نمایید.

در پایان کلاس یک تمرین بسیار ساده برای هنرجویان مطرح نموده و از یکی از آن‌ها بخواهید که روی تابلو جواب را بنویسند

سعی کنید با ایجاد انگیزه هنرجویان را ترغیب به فعالیت‌های کلاسی نمایید.

قبل از ورود به کلاس تمرین‌های فصل چهارم کتاب محاسبات ۱ را کپی کرده و در پایان کلاس در اختیار آن‌ها بگذارید و یادآور

شوید که حل این تمرینات به عنوان کار در منزل امتیازهای مثبت و تأثیر مستقیم در نمرات مستمر شما خواهد داشت.

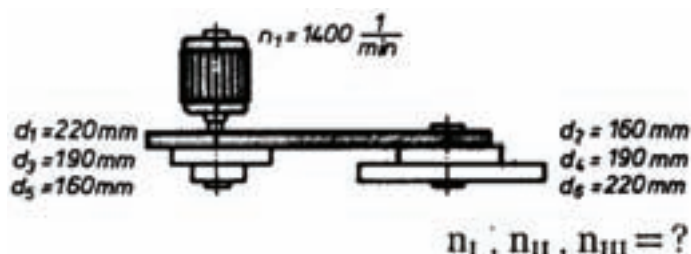
## معرفی هنرآموز (استاد) و هنرجو(دانش آموز)

معارفه و شناخت	ابتدا هنرآموز خود را معرفی می‌کند و سپس هنرجو از جای خود بلند شده و خود را معرفی می‌کند و همچنین نمره محاسبات فنی ۱ و درس ریاضی ۱ و ۲ خود را بیان نموده تا هنرآموز اطلاعاتی از وضعیت دروس محاسباتی هنرجویان داشته باشد.
آشنایی با اهمیت درس محاسبات فنی	از هنرجویان سؤال شود : ۱- چه لزومی دارد که محاسبات فنی بدانیم. ۲- در سال تحصیلی گذشته از محاسبات فنی در درس کارگاه چه استفاده‌ای شده است. ۳- چرا یک فرد صنعتگر اعم از تراشکار، قالب ساز، ریخته‌گر باید از محاسبات فنی اطلاعات داشته باشد.
هدف کلی درس	در پایان این واحد درسی هنرجویان پرتلاش و منظم توانایی انجام محاسبات لازم به منظور ساخت قطعات را روی ماشین تراش، صفحه تراش و دریل را به دست می‌آورند.
نحوه تدریس و ارزشیابی	طبق برنامه در هر جلسه بخشی از یک فصل کتاب تدریس می‌شود. در هنگام تدریس از شما (هنرجویان) سؤالاتی برای فهم بیشتر درس پرسیده خواهد شد و از شما انتظار دارم که در کلاس سؤالات مربوط به موضوع درس را مطرح نمایید تا تنها من (هنرآموز) سخنگو نباشم در پایان بحث مطالب تدریس شده را سؤال خواهیم کرد و به پاسخ‌های صحیح و سؤالات بجای (منطقی و مربوط به درس) شما امتیاز می‌دهم. هر جلسه تمرین‌های مربوط به جلسه قبل را بازدید و به مرتب بودن و صحیح بودن جواب‌ها امتیاز می‌دهم. همه شما باید یک دفتر ۲۰۰ برگ خط‌دار برای درس محاسبات تهیه کنید زیرا رسم تصاویر به درک بهتر و بیشتر درس کمک می‌کند. در پایان هر فصل امتحانی در حد ۲ سؤال از همان فصل گرفته خواهد شد و نتیجه سؤالات و پاسخ‌های مطرح شده در حین درس و مشارکت شما در درس انجام تکالیف در منزل و امتحان پایان فصل نمره مستمر شما خواهد بود.
یادآوری روابط محاسبات فنی ۱	بیان کاربرد محاسبات طولی در سیستم‌های متریک و اینچی، زاویه و زمان، حرکت و سرعت، انتقال حرکت و دوران توسط چرخ تسمه‌های تخت، محاسبه سطوح، محاسبه حجم، جرم و وزن و حل مسائل نمونه به منظور یادآوری و تعیین سطح اطلاعات هنرجویان. بدین منظور مسائل کلیدی محاسبات فنی ۱ متعاقباً مطرح و حل شده است تا هنرآموزان و همکاران گرامی براساس نظر خودشان و پیشنهاد طرح شده روابط محاسبات فنی ۱ را یادآوری نمایند. لازم به یادآوری است از سؤالات پایان ترم‌های سال گذشته نیز به منظور یادآوری محاسبات فنی ۱ می‌توان استفاده کرد.

در دستگاه انتقال حرکت پله‌ای مطابق شکل و با مشخصات داده شده حساب کنید :

(الف) عده دوران محور متحرک در مراحل مختلف را.

(ب) طول تسمه را در صورتی که فاصله دو محور  $a = 330 \text{ mm}$  و ضخامت تسمه ۵ میلی متر باشد.





$$\frac{n_1}{n_r} = \frac{d_r}{d_1} \Rightarrow n_{rI} = \frac{1400 \times 220}{160} = 1925 \text{ u/min}$$

$$\frac{n_1}{n_r} = \frac{d_r}{d_3} \Rightarrow n_{rII} = \frac{1400 \times 190}{190} = 1400 \text{ u/min}$$

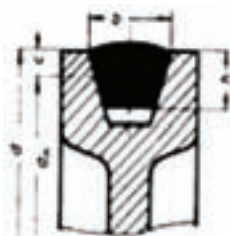
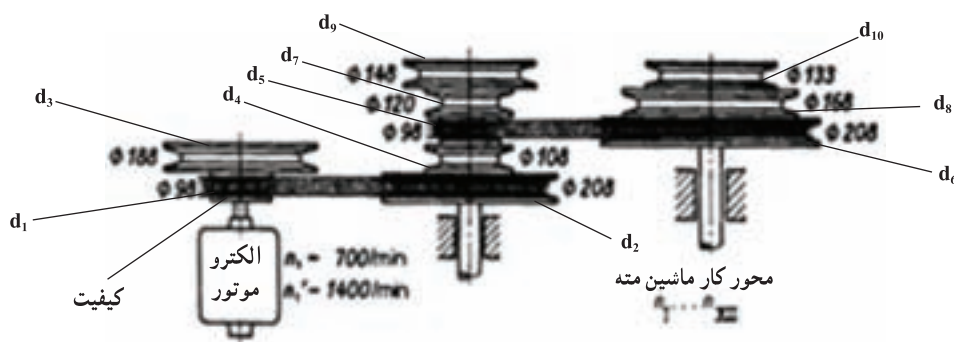
$$\frac{n_1}{n_r} = \frac{d_r}{d_5} \Rightarrow n_{rIII} = \frac{1400 \times 160}{220} = 1018.18 \text{ u/min}$$

$$a = \frac{d_1 + d_r}{2} = \frac{d_3 + d_r}{2} = \frac{d_5 + d_r}{2}$$

$$a = \frac{220 + 160}{2} = 190 \text{ mm}$$

جهت درک بهتر می توان درپوش تسمه های دریل ستونی کارگاه مثلاً M۳۲ (ماشین سازی تبریز) را برداشته و توضیح داد که همواره دو چرخ تسمه کار انتقال و تبدیل حرکت را انجام می دهند به عبارت دیگر نسبت انتقال ساده است و نه مرکب. برای انتقال حرکت الکتروموتور به محور کار ماشین مته ای از دستگاه انتقال حرکت مطابق شکل استفاده شده است. حساب کنید :

الف) قطر مؤثر هر یک از چرخ ها را در صورتی که عرض تسمه  $b = 13 \text{ mm}$  باشد.  
ب) عده دوران محور کار ماشین مته را در هر یک از مراحل تعداد دور.



جدول مقدار c به ازای پهنای تسمه (b)

بهنای تسمه b mm	۳	۱۳	۱۷	۲۰	۲۲	۲۵	۳۲	۴۰
مقدار c mm	۱۰	۴	۵	۶	۷	۸	۱۰	۱۲

علائم اختصاری :

- $dw_1$  : قطر مؤثر چرخ محرک بر حسب میلی متر
- $n_1$  : عده دوران چرخ محرک در هر دقیقه
- $dw_r$  : قطر مؤثر چرخ متحرک بر حسب میلی متر
- $n_r$  : عده دوران چرخ متحرک در هر دقیقه
- $c$  : فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ بر

حساب میلی متر

$$dw_1 \times n_1 = dw_r \times n_r$$

$$i = \frac{n_1}{n_r} \quad \text{یا} \quad i = \frac{dw_r}{dw_1}$$

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

$$dw = d_a - 2c$$

$$dw = d - 2c \quad c = 3 \text{ mm}$$

$$dw_1 = 98 - 2(3) = 92 \text{ mm}$$

$$dw_2 = 202 \text{ mm}$$

$$dw_3 = 182 \text{ mm}$$

$$dw_4 = 106 \text{ mm}$$

$$dw_5 = 194 \text{ mm}$$

$$dw_6 = 202 \text{ mm}$$

$$dw_7 = 114 \text{ mm}$$

$$dw_8 = 162 \text{ mm}$$

$$dw_9 = 142 \text{ mm}$$

$$dw_{10} = 127 \text{ mm}$$

توضیح داده شود که در چرخ تسمه های دوزنقه قطر محاسبه قطر مؤثر dw می باشد و باید با توجه به عرض تسمه (b) از جدول مقدار c را استخراج و dw را به دست آورد.

$$\frac{n_A}{n_E} = \frac{dw_2 \times dw_6 \times \dots}{dw_1 \times dw_5 \times \dots}$$

با دور الکتروموتور  $700 \text{ u/min}$  و چرخ تسمه الکتروموتور  $\varnothing 98$  سه دور به دست می آید و در صورتی که از دور  $1400$  استفاده شود سه دور دیگر به دست می آید و دورها دو برابر می شوند.

$$\frac{700}{n_{EI}} = \frac{202 \times 202}{98 \times 98}$$

$$n_{EI} = 164 \text{ u/min}$$

$$\frac{700}{n_{EII}} = \frac{202 \times 162}{92 \times 114} \Rightarrow n_{EII} = 224 \text{ u/min}$$

$$\frac{700}{n_{III}} = \frac{202 \times 127}{92 \times 142} = 356$$

$$n_{IV} = 328 \text{ u/min}$$

$$n_V = 448 \text{ u/min}$$

$$n_{VI} = 712 \text{ u/min}$$

با درگیری تسمه الکتروموتور  $\varnothing 188$  دورهای زیر به دست می آید.

$$\frac{700}{n_{VII}} = \frac{102 \times 202}{182 \times 92} \Rightarrow$$

$$\frac{700}{n_{VIII}} = \frac{202 \times 162}{182 \times 114} \Rightarrow$$

$$\frac{700}{n_{IX}} = \frac{202 \times 127}{182 \times 142} \Rightarrow n$$

## جلسه دوم

ردیف	برنامه زمان بندی	زمان (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس	۱۰
۲	تدریس مبحث وسایل انتقال حرکت غیرپله ای توسط تسمه (piv)	۲۰
۳	تدریس مبحث وسایل انتقال حرکت غیرپله ای اصطکاکی استوانه ای و مخروطی	۱۰
۴	تدریس مبحث وسایل انتقال حرکت غیرپله ای اصطکاکی بشقابی	۱۰
۵	حل مثال نمونه از هر ۳ آیتم	۲۵
۶	جمع بندی و مقایسه انتقال حرکت توسط چرخ تسمه، چرخ های اصطکاکی استوانه ای، مخروطی و بشقابی	۱۰
۷	مشخص نمودن تمرین هایی که باید هنرجویان در منزل حل نمایند مثلاً ۱ و ۳ صفحه ۹، ۵ و ۶ صفحه ۱۰، ۷ و ۸ و ۹ صفحه ۱۱ و ۱۰ صفحه ۱۲	۵

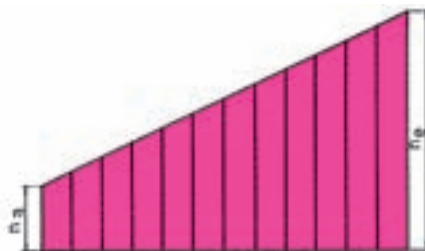
## محاسبات مربوط به وسایل انتقال حرکت

**مقدمه :** به منظور انتقال حرکت و تغییر تعداد دوران محور متحرک از وسایل انتقال حرکت پله‌ای و غیرپله‌ای استفاده می‌شود. چرخ تسمه‌ها و جعبه دنده‌ها نمونه‌هایی از وسایل انتقال حرکت پله‌ای می‌باشند. به عنوان مثال در یک جعبه دنده تعداد دوران‌های ۴۵، ۶۳، ۹۰ و ۱۲۵ دور بر دقیقه وجود دارد که به صورت پله‌ای قابل تنظیم می‌باشد. شکل (۱-۱)



شکل ۱-۱- نمودار دستگاه انتقال حرکت پله‌ای

وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای به نحوی طراحی شده‌اند که تنظیم و تغییر تعداد دوران بین یک محدوده به صورت غیرپله‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. به عنوان مثال در یک دستگاه تغییر دور غیرپله‌ای امکان تغییرات تعداد دوران بین ۵° تا ۳۰° دور بر دقیقه وجود دارد. شکل (۱-۲)



شکل ۱-۲- نمودار دستگاه انتقال حرکت غیر پله‌ای

## وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای

برای آنکه بتوان تعداد دوران میله کار ماشین‌های ابزار را در زمان براده‌برداری تنظیم نمود، آن‌ها را به وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای مجهز می‌کنند. این وسایل ممکن است با مکانیزم‌های مکانیکی، هیدرولیکی، پنوماتیکی و یا الکتریکی و در طرح‌های مختلف ساخته شوند.

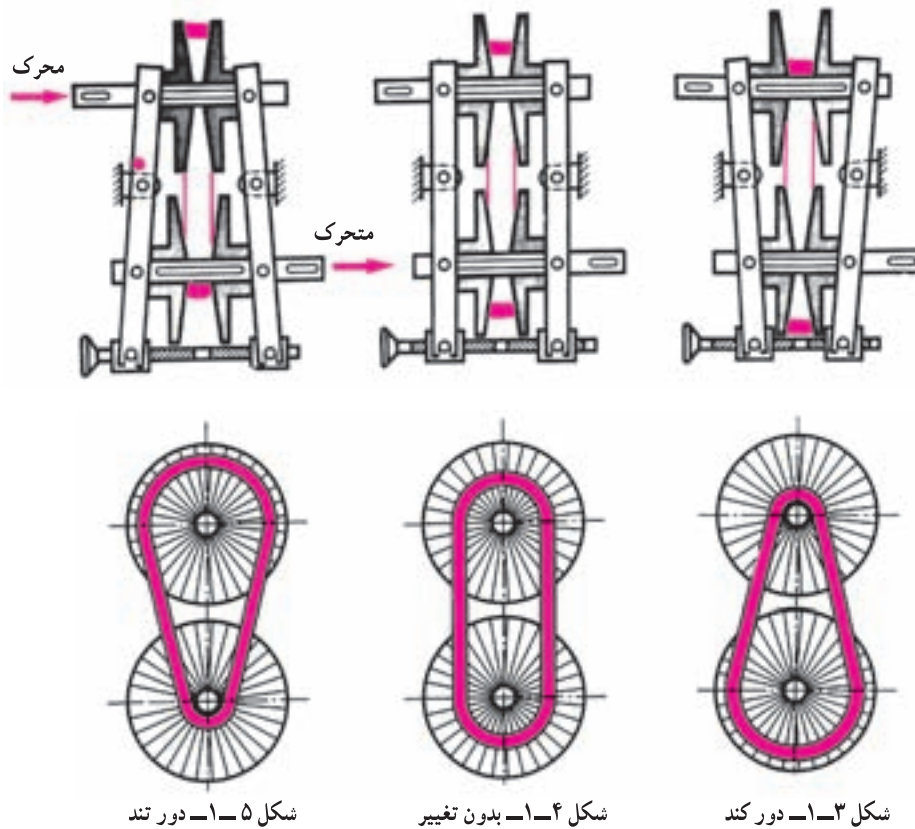
**۱- دستگاه تغییر دور مکانیکی توسط مخروط‌های قابل تنظیم :** این دستگاه به نام PIV معروف است و از چهار پولک مخروطی که دو به دو روی دو محور موازی هم قرار گرفته‌اند تشکیل شده است.

انتقال حرکت از محور محرک به محور متحرک از طریق زنجیر و یا تسمه پهنی امکان‌پذیر می‌گردد. زمانی که به وسیله پیچ تنظیم دو پولک مخروطی محور محرک را از هم دور کنیم، پولک‌های مخروطی محور متحرک به هم نزدیک می‌شوند و در نتیجه تسمه در بزرگترین قطر چرخ متحرک قرار می‌گیرد. در این حالت حرکت محور متحرک کندتر می‌شود. شکل (۱-۳)

در صورتی که قطرهای مؤثر محور محرک و محور متحرک به یک اندازه تنظیم شوند، تعداد دوران تغییر نمی‌کند. شکل

(۱-۴)

اگر پولک‌های مخروطی محور محرک را به هم نزدیک کنیم، پولک‌های مخروطی محور متحرک از هم دور شده و تسمه در کوچکترین قطر مؤثر چرخ متحرک قرار می‌گیرد. در این حالت حرکت محور متحرک تندتر می‌شود. شکل (۱-۵)



تعداد دوران محور متحرک در دستگاه PIV را می‌توان از رابطه کلی نسبت انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها و با توجه به شکل (۱-۶) نتیجه گرفت.

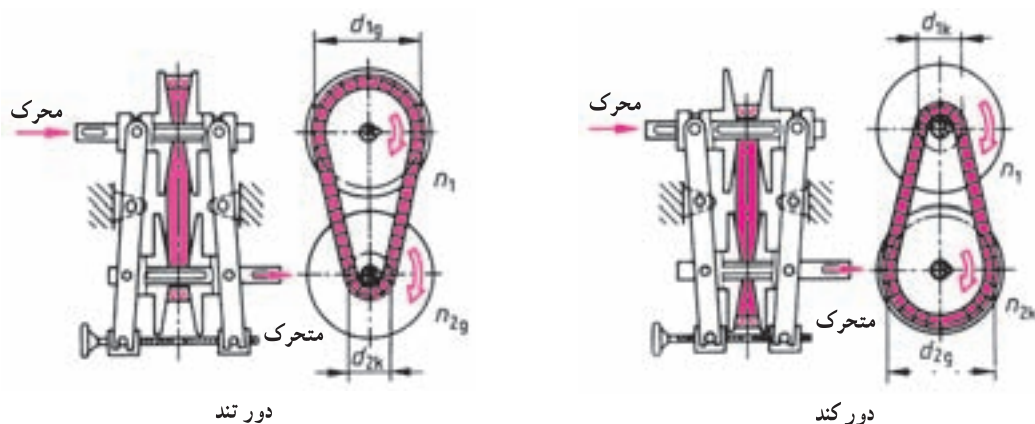
علائم اختصاری:

$$d_{zg} = \text{بزرگترین قطر مؤثر چرخ متحرک}$$

$$n_1 = \text{تعداد دوران محور محرک}$$

$$i_k = \text{کمترین نسبت انتقال حرکت}$$

$$n_{zk} = \text{کمترین تعداد دوران محور متحرک}$$



شکل ۱-۶ - دستگاه PIV

$i_g = \text{بیشترین نسبت انتقال حرکت}$   
 $B = \text{نسبت دامنه تغییرات تعداد دوران}$

$n_{vg} = \text{بیشترین تعداد دوران محور متحرک}$   
 $d_{vk} = \text{کوچکترین قطر مؤثر چرخ محرک}$   
 $d_{vg} = \text{بزرگترین قطر مؤثر چرخ محرک}$   
 $d_{rk} = \text{کوچکترین قطر مؤثر چرخ متحرک}$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$i_k = \frac{n_1}{n_{vg}} = \frac{d_{rk}}{d_{vg}}$$

$$n_{vg} = n_1 \times \frac{d_{vg}}{d_{rk}}$$

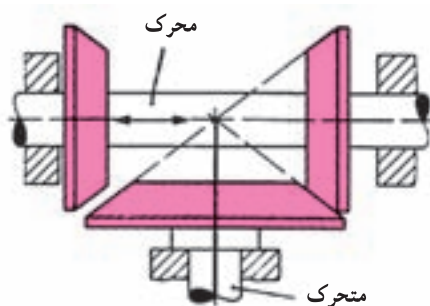
$$i_g = \frac{n_1}{n_{rk}} = \frac{d_{vg}}{d_{rk}}$$

$$n_{rk} = n_1 \times \frac{d_{vg}}{d_{rk}}$$

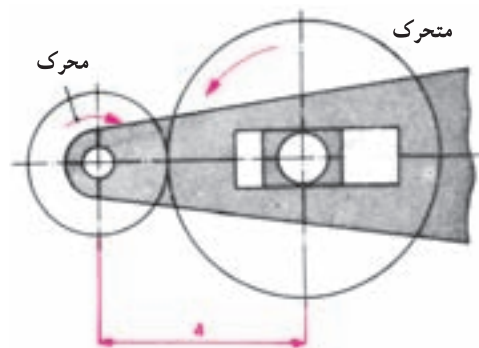
در وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای، نسبت بیشترین تعداد دوران محور متحرک به کمترین تعداد دوران آن را دامنه تغییرات تعداد دوران می‌نامند.

$$B = \frac{n_{vg}}{n_{rk}}$$

**۲- چرخ‌های اصطکاکی:** برای انتقال نیروهای کم از چرخ‌های اصطکاکی استفاده می‌شود. این چرخ‌ها را در فرم‌های مختلف از جمله استوانه‌ای شکل و مخروطی شکل طراحی می‌کنند.



چرخ اصطکاکی مخروطی



چرخ اصطکاکی استوانه‌ای

این چرخ‌ها جزو وسایل انتقال حرکت به حساب می‌آیند و فقط وظیفه انتقال دوران از محور محرک به محور متحرک را با نسبت ثابتی به‌عهده دارند. لذا رابطه کلی آن‌ها را می‌توان از تساوی سرعت محیطی چرخ محرک و متحرک نتیجه گرفت:

$$v_1 = v_2$$

$$d_1 \times \pi \times n_1 = d_2 \times \pi \times n_2$$

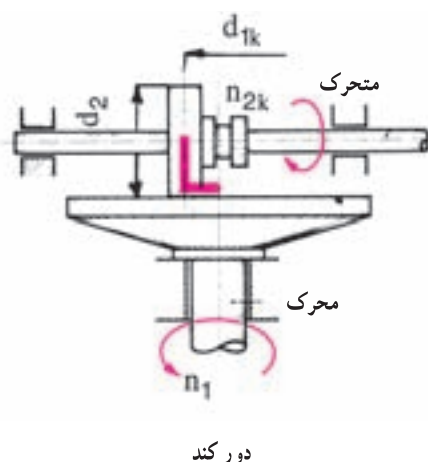
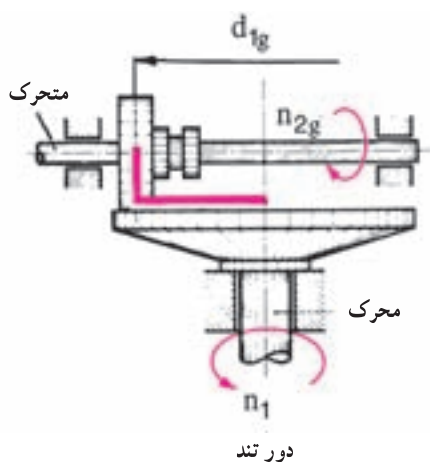
$$d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

فاصله محور چرخ محرک و متحرک را می‌توان با توجه به شکل از رابطه زیر به دست آورد :

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

۳- وسایل تغییر دور مجهز به چرخ‌های اصطکاکی : از چرخ‌های اصطکاکی به منظور تغییر تعداد دوران محور متحرک نیز استفاده می‌شود این وسایل جزو وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای می‌باشند؛ و در فرم‌های مختلف از جمله بشقابی شکل و مخروطی شکل ساخته می‌شوند.



چرخ اصطکاکی بشقابی

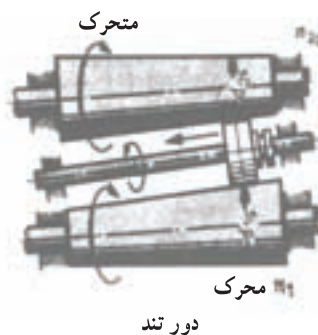
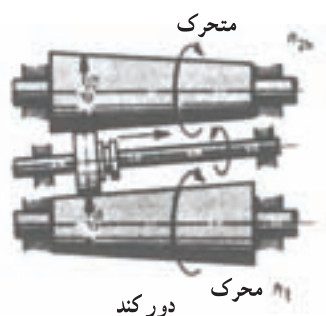
$$d_{1g} = d_{1k} = d_1$$

$$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_2}{d_{1g}}$$

$$i_g = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_2}{d_{1k}}$$

$$n_{2g} = n_1 \times \frac{d_{1g}}{d_2}$$

$$n_{2k} = n_1 \times \frac{d_{1k}}{d_2}$$



چرخ اصطکاکی مخروطی

$$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_2}{d_{1g}}$$

$$i_g = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_2}{d_{1k}}$$

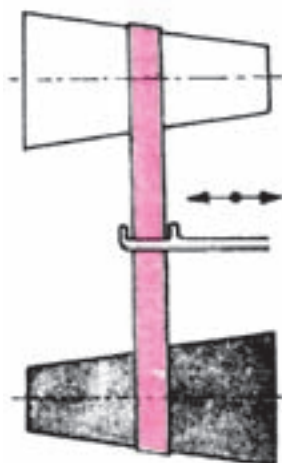
$$n_{2g} = n_1 \times \frac{d_{1g}}{d_{2k}}$$

$$n_{2k} = n_1 \times \frac{d_{1k}}{d_{2g}}$$



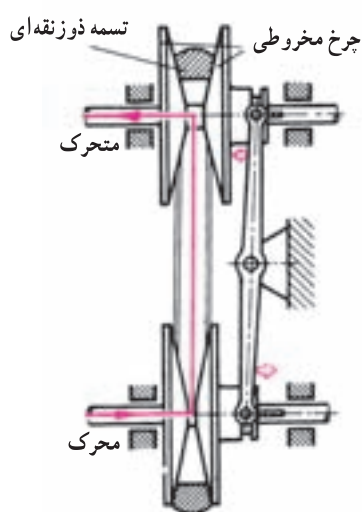
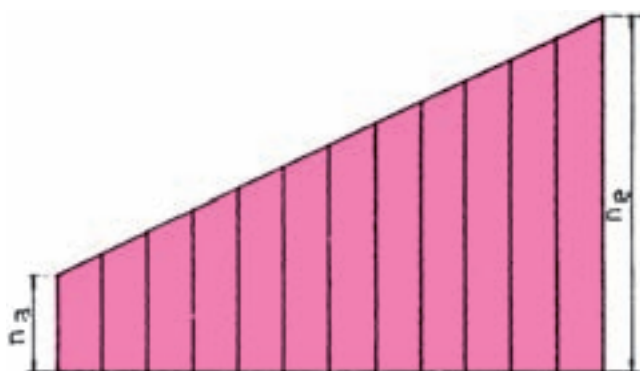


وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای : در دستگاه‌های غیرپله‌ای بین کمترین دوران محور خروجی (C(neg) حداکثر دوران خروجی می‌توان تمام دوران‌ها را ایجاد کرد ضمن اینکه دستگاه در حال کار است.



### طبقه‌بندی وسایل انتقال حرکت

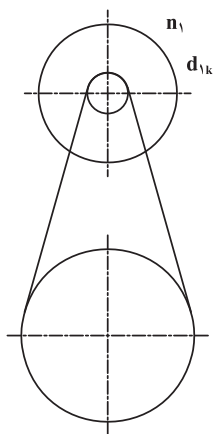
- ۱- انتقال حرکت توسط چرخ تسمه‌ها
- ۲- انتقال حرکت توسط چرخ‌های اصطکاکی
- ۳- انتقال حرکت توسط چرخ زنجیر
- ۴- انتقال حرکت توسط چرخ دنده‌ها
- ۵- انتقال حرکت توسط چرخ و شانه
- ۶- انتقال حرکت توسط چرخ حلزون و پیچ حلزون
- ۷- انتقال حرکت توسط پیچ و مهره



انتقال حرکت توسط چرخ تسمه‌های غیر پله‌ای مخروطی (PIV) : از چهار مخروط ناقص استفاده شده که دو به دو مقابل یکدیگر قرار گرفته و با تغییر فاصله آن‌ها می‌توان از طریق یک تسمه حرکت را از یک محور به محور دیگر منتقل نمود سیستم کار این دستگاه به این ترتیب است که با دور کردن مخروط‌های سوار شده در روی یکی از محورها، مخروط‌های محور دیگر به هم نزدیک می‌شوند و بنابراین نیروی کشش تسمه در تمامی حالات یکنواخت می‌ماند. جابه‌جایی مخروط‌های سوار شده روی یکی از محورها می‌تواند توسط مکانیزم پیچ و مهره با دست، استفاده از سیستم هوای فشرده پنوماتیک، استفاده از روغن تحت فشار هیدرولیک، استفاده از الکتروموتور و جعبه دنده و .... انجام شود.

در دستگاه PIV، به دلیل اهرم‌بندی خاص، چرخ محرک و چرخ متحرک برعکس هم تغییر قطر می‌دهند یعنی اگر قطر محرک زیاد شود (دو نیم مخروط به هم نزدیک شوند)، چرخ متحرک کاهش قطر می‌دهد (دو نیم مخروط از هم فاصله می‌گیرند) برای دانش‌آموز دو حالت اصلی را بررسی می‌کنیم.

حالت اول : قطر چرخ محرک در کمترین حالت خود و قطر چرخ متحرک در بزرگترین حالت قرار دارد، دوران محور محرک



ثابت است و در چرخ متحرک به علت افزایش قطر دوران کاهش می‌یابد پس می‌توان فرمول نسبت انتقال را به صورت زیر نوشت :

$$i_g = \frac{n_1}{n_{1k}} = \frac{d_{1g}}{d_{1k}}$$

موافق ←  
← مخالف

نکته : اندیس i با صورت رابطه برابر و برعکس طرح است.

حالت دوم : قطر چرخ محرک در بزرگترین حالت خود و چرخ متحرک دارای کمترین قطر

است پس با بیشترین دوران می‌چرخد.

پس می‌توان فرمول نسبت انتقال را به صورت زیر نوشت :

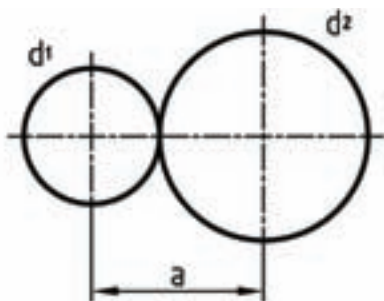
$$i_k = \frac{n_1}{n_{1g}} = \frac{d_{1k}}{d_{1g}}$$

برای مقایسه بیشترین دوران خروجی  $(n_{1g})$  نسبت به کمترین دوران خروجی از رابطه B نسبت دامنه تغییرات دور استفاده می‌کنیم.

$$B = \frac{n_{1g}}{n_{1k}} =$$

اگر به جای  $n_{1k}$  و  $n_{1g}$  از فرمول  $i_g$  و  $i_k$  معادل قرار دهیم رابطه B کامل تر خواهد شد.

$$\frac{i_g}{i_k} = \frac{d_{1g} \times d_{1g}}{d_{1k} \times d_{1k}}$$



انتقال حرکت توسط چرخ‌های اصطکاکی استوانه‌ای و مخروطی

برای انتقال نیروهای کم از انتقال حرکت توسط چرخ‌های اصطکاکی استفاده

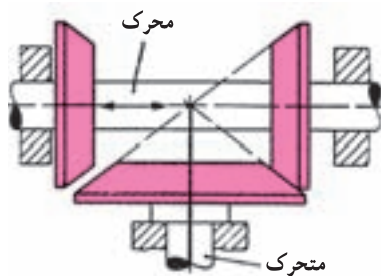
می‌شود در این سیستم فشار وارد آمده به باتاقان‌های چرخ زیاد است رابطه دورها

و قطرهای آنها عبارتند از :

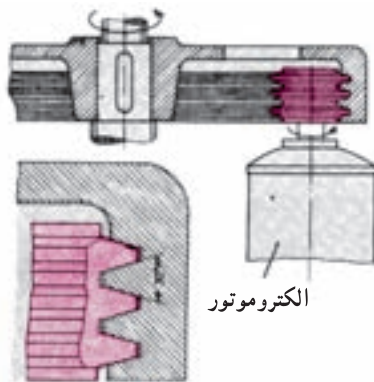
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

و برای به دست آوردن فاصله دو محور a در چرخ‌های استوانه‌ای از رابطه

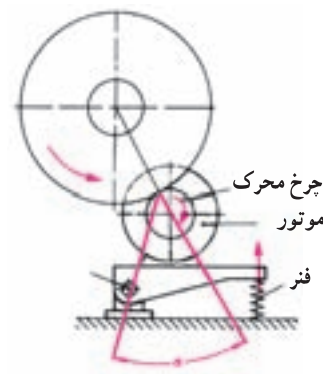
$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ استفاده می‌کنند.}$$



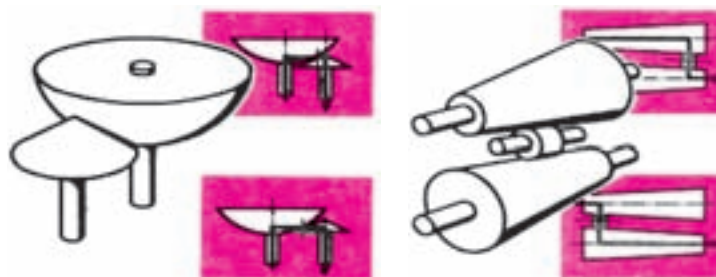
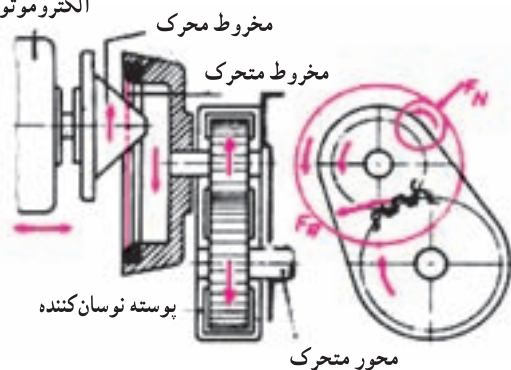
چرخ اصطکاکی مخروطی



چرخ اصطکاکی گوه‌ای



چرخ اصطکاکی استوانه‌ای



چرخ‌های اصطکاکی علاوه بر انتقال حرکت برای تغییر تعداد دوران محور متحرک نیز کاربرد دارند و رابطه عده دوران و قطرها با کمی تغییر در نوشتار به صورت زیر می‌باشد.

**دستگاه تغییر دور غیر پله‌ای اصطکاکی بشتابی:** در این دستگاه از دو چرخ استوانه‌ای عمود بر هم استفاده می‌شود که چرخ روی کوچک بوده و می‌تواند روی محور خود حرکت رفت و برگشت داشته باشد که همین امر باعث تغییر در دوران محور خروجی می‌شود. باید یادآور شد که چرخ کوچک رویی دارای قطری ثابت است علاوه بر دوران محور متحرک که آن نیز ثابت است. پس قطر چرخ کوچک رویی اندیس  $g$  یا  $k$  نمی‌گیرد. این دستگاه را در دو حالت بررسی می‌کنیم.

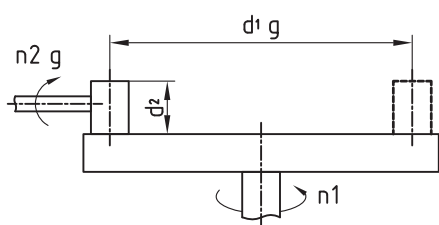
دینام به چرخ بزرگ متصل است (چرخ بزرگ محرک است)

۱- چرخ کوچک در دورترین فاصله از مرکز چرخ محرک و بزرگ

چرخ کوچک با بزرگترین قطر چرخ محرک در تماس است پس با حداکثر

محیطی چرخ بزرگ دوران می‌کند پس  $n_{rg}$  خواهد بود.

(قطر چرخ بزرگ = محور تقارن چرخ کوچک تا قرینه آن)



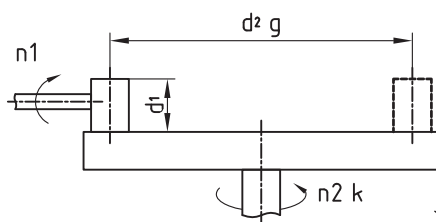
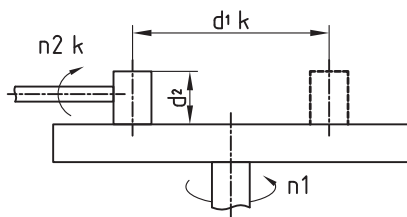
$$i_g = \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{d_{rg}}{d_{1g}}$$

۲- چرخ کوچک در نزدیک‌ترین فاصله به مرکز چرخ محرک (بزرگ)

$$i_g = \frac{n_1}{n_{rk}} = \frac{d_r}{d_{1k}}$$

$$B = \frac{n_{rg}}{n_{rk}} = \frac{i_g}{i_k}$$

دینام به چرخ کوچک متصل است (چرخ کوچک محرک است)

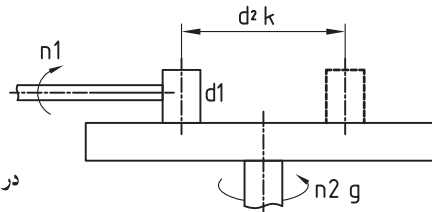


$$i_g = \frac{n_1}{n_{rk}} = \frac{d_{rg}}{d_1}$$

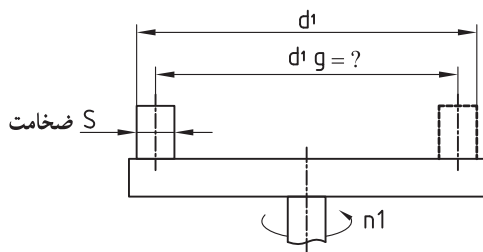
در چرخ متحرک با افزایش قطر دوران کاهش می‌یابد.

$$d_{rg} \Rightarrow n_{rk}$$

$$B = \frac{n_{rg}}{n_{rk}} = \frac{i_g}{i_k}$$



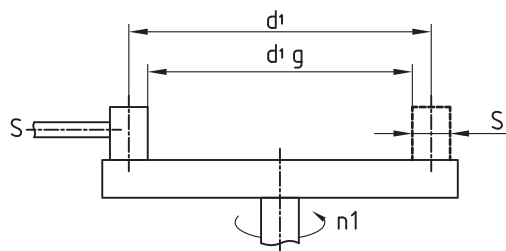
$$i_k = \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{d_{rk}}{d_1}$$



اگر در چرخ‌های اصطکاکی بشقابی پشت تا پشت چرخ کوچک داده شود باید ضخامت چرخ کوچک را از آن کم کرد تا به وسط تا وسط چرخ کوچک یعنی قطر چرخ بزرگ رسید.

$$d_{1g} = d_1 - S$$

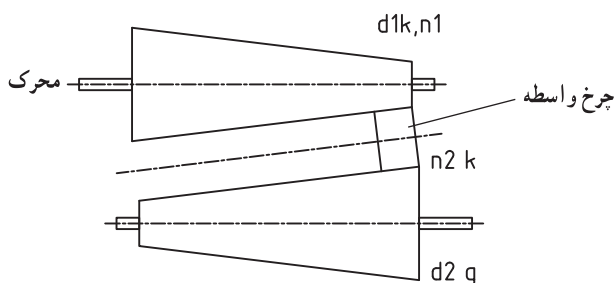
مثال:



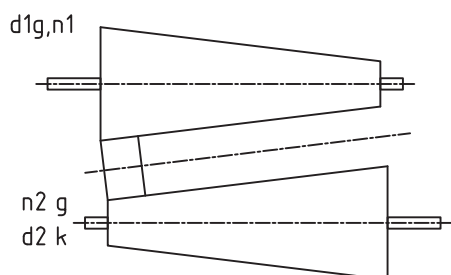
و در صورتی که داخل تا داخل چرخ کوچک داده شود آن را با ضخامت جمع می‌کنیم.

$$d_{1g} = d_1 + S$$

۳- دستگاه تغییر دور غیرپله‌ای مخروطی: در این دستگاه از دو مخروط ناقص مشابه که برعکس یکدیگر روی دو محور محرک و متحرک قرار گرفته‌اند استفاده می‌شود که توسط یک چرخ اصطکاکی استوانه‌ای باهم مرتبط هستند که این چرخ واسطه می‌تواند روی محور خود حرکت رفت یا برگشتی داشته باشد با جابجا کردن چرخ واسطه دوران محور خروجی از  $n_{vg}$  تا  $n_{vk}$  تغییر می‌کند.



$$i_g = \frac{n_1}{n_{vk}} = \frac{d_{vg}}{d_{1k}}$$



$$i_k = \frac{n_1}{n_{vg}} = \frac{d_{vk}}{d_{1g}}$$

$$B = \frac{n_{vg}}{n_{vk}} = \frac{i_g}{i_k} = \frac{d_{1g} \times d_{vg}}{d_{1k} \times d_{vk}}$$

از هنرجویان پرسیده شود:

۱- با چه مکانیزم‌هایی می‌توان مخروط‌ها و چرخ اصطکاکی متحرک را (بشقابی) و چرخ واسطه مخروطی را جابجا کرد تا دور براساس آن تغییر کند.

۲- شکل کتاب چه مکانیزمی را نشان می‌دهد.

۳- انتقال حرکت با چرخ‌های piv دارای چه مزایا و معایبی است.

۴- آیا تاکنون چنین مکانیزم‌هایی را دیده‌اید؟

جواب سؤال ۱: پیچ و مهره توسط اهرم دستی، چرخ و شانه، چرخ حلزون و پیچ حلزون لازم به ذکر است محرک اولیه می‌تواند اهرم دستی، الکتروموتور، موتور بادی، موتور هیدرولیکی و الکتروموتور باشد.

جواب سؤال ۲: پیچ و مهره تنظیم دستی

جواب سؤال ۳: حرکت نرم و بدون لرزش، تنظیم در حین کار از مزایا و افت دور و لغزش از عیوب آن می‌باشد. به طوری که سرعت محیطی محور متحرک از سرعت محیطی محور محرک کمتر می‌شود.

جواب سؤال ۴: اگر دانش‌آموز جوابش بله است می‌تواند پای تابلو آمده و با رسم شکل اختصاری توضیح دهد.

ردیف	برنامه زمان بندی	زمان به (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس، احوالپرسی، حضور و غیاب بررسی دفاتر هنرجویان از نظر حل تمرین ها	۱۰
۲	حل تمرینات در نظر گرفته شده ۱ و ۳ صفحه ۹	۲۰
۳	حل تمرینات در نظر گرفته شده ۵ و ۶ صفحه ۱۰	۲۰
۴	حل تمرینات در نظر گرفته شده ۷ و ۸ و ۹ صفحه ۱۱	۳۰
۵	حل تمرینات در نظر گرفته شده ۱۰ صفحه ۱۲	۱۰

تمرین ۱ صفحه ۹ :

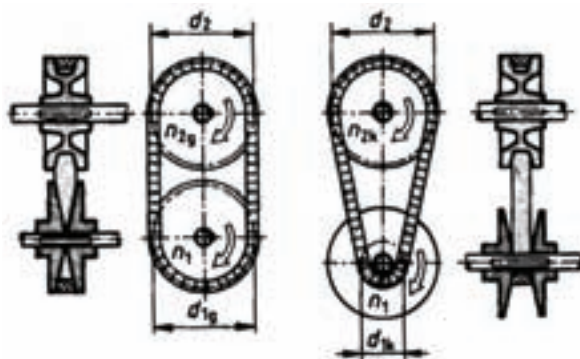
حل :

$$B = 4:1$$

$$n_1 = 2800 \text{ u/min}$$

$$d_1 = 155 \text{ mm}$$

$$d_r = d_{rg} = d_{rk} = 155 \text{ m} \quad \text{چرخ متحرک ثابت فرض شده است}$$



$$n_{rg} = ? \quad \text{الف) } \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{d_r}{d_{1g}} \Rightarrow n_{rg} = \frac{2800 \times 155}{155} = 2800 \text{ u/min}$$

$$n_{rk} = ?$$

$$d_{1k} = ? \quad \text{ب) } B = \frac{n_{rg}}{n_{rk}} \Rightarrow \frac{4}{1} = \frac{2800}{n_{rk}} \Rightarrow n_{rk} = \frac{2800}{4} = 700 \text{ u/min}$$

$$I_g = ? \quad I_g = \frac{n_1}{n_{rk}} = \frac{2800}{700} = 4:1$$

$$I_k = ? \quad I_k = \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{2800}{2800} = 1:1$$

تمرین ۳ صفحه ۹ و ۱۰ :

چرخ متحرک و محرک ثابت فرض شده است

$$n_1 = 900 \text{ u/min}$$

$$d_{1g} = d_{rg} = 354 \text{ mm}$$

$$d_{1k} = d_{rk} = 112 \text{ mm}$$

حل :

$$I_g = ? \quad \text{الف) } I_g = \frac{d_r}{d_{1k}} = \frac{354}{112}$$

$$n_{rk} = ? \quad I_g = \frac{n_1}{n_{rk}} \Rightarrow \frac{354}{112} = \frac{900}{n_{rk}} \Rightarrow n_{rk} = \frac{900 \times 112}{354} = 284.74 \text{ u/min}$$

$$I_k = ? \quad \text{ب) } I_k = \frac{d_r}{d_{1g}} = \frac{112}{354}$$

$$n_{rg} = ? \quad I_k = \frac{n_1}{n_{rg}} \Rightarrow \frac{112}{354} = \frac{900}{n_{rg}} \Rightarrow n_{rg} = \frac{900 \times 354}{112} = 2844.6 \text{ u/min}$$

$$B = ? \quad \text{ج) } B = \frac{n_{rg}}{n_{rk}} = \frac{2844}{284.74} \approx 10:1$$

مسئله ۵ ص ۱۰ :

لوله گردان مطابق شکل با سرعت محیطی ۲۴ متر بر دقیقه می گردد. مطلوب است محاسبه :

الف) تعداد دوران لوله.

ب) تعداد دوران قرقره های محرک.

ج) تعداد دوران لوله در شرایطی که به دلیل فرسودگی از قطر آن ۱۲ میلی متر کم شود.

$$\text{الف) } V_r = \frac{d_r \cdot \pi \cdot n}{1000} \Rightarrow 24 = \frac{500 \times \pi \times n_r}{1000}$$

$$n_r = 15.28 \quad \text{عده دوران لوله}$$

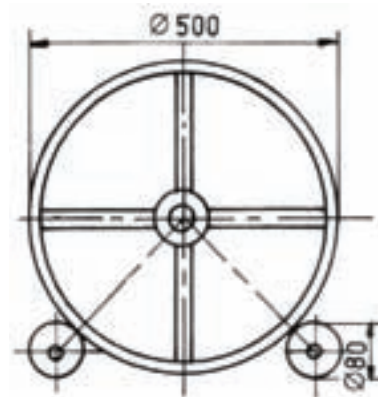
$$V_1 = V_r$$

$$V_r = \frac{d_1 \times \pi \times n}{1000} \Rightarrow 24 = \frac{80 \times \pi \times n_1}{1000}$$

$$\text{ب) } n_1 = \frac{24 \times 1000}{80 \times \pi} = 95.5 \text{ u/min}$$

$$\text{ج) } \frac{n_1}{n_r} = \frac{d_r}{d_1} \Rightarrow \frac{95.5}{n_r} = \frac{500 - 12}{80}$$

$$n_r = \frac{95.5 \times 80}{488} = 15.66 \text{ u/min}$$



تمرین ۶ صفحه ۱۰ :

$$d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$I = \frac{d_r}{d_1} = \frac{75}{50} = 1.5:1$$

حل :

$$d_r = 75 \text{ mm}$$

$$n_1 = 120 \text{ u/min}$$

$$I = ?$$

$$n_r = ?$$

$$I = \frac{n_1}{n_r} \Rightarrow \frac{1/5}{1} = \frac{120}{n_r}$$

$$n_r = 60 \text{ u/min}$$

تمرین ۷ صفحه ۱۱ :

$$n_1 = 100 \text{ u/min}$$

$$n_r = 300 \text{ u/min}$$

$$a = 360 \text{ mm}$$

$$\frac{n_1}{n_r} = \frac{d_r}{d_1}$$

$$\frac{100}{300} = \frac{d_r}{d_1}$$

$$a = \frac{d_1 + d_r}{2}$$

$$360 = \frac{d_1 + d_r}{2}$$

حل :

$$\Rightarrow \begin{cases} d_1 = 3d_r \\ d_1 + d_r = 720 \end{cases} \Rightarrow 3d_r + d_r = 720$$

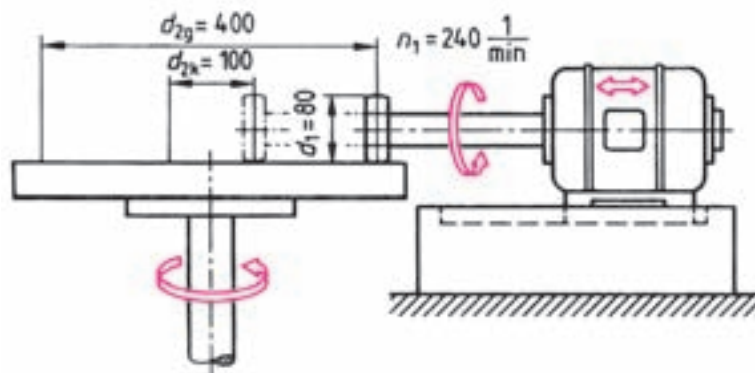
$$4d_r = 720$$

$$d_r = \frac{720}{4} = 180 \text{ mm}$$

$$d_1 = 3d_r = 3 \times 180 = 540 \text{ mm}$$

مسئله ۸ صفحه ۱۱ :

- تعداد دوران محور محرک چرخ اصطکاکی شکل برابر  $240^\circ$  دور بر دقیقه می باشد. حساب کنید :
- الف) بزرگ ترین و کوچک ترین نسبت انتقال حرکت را.
- ب) بیشترین و کمترین تعداد دوران چرخ متحرک را.
- ج) نسبت دامنه تغییر دور را.
- قطر چرخ محرک ثابت است.





$$\text{الف) } I_g = \frac{d_{rg}}{d_1} = \frac{400}{80} = 5:1$$

$$\text{الف) } I_k = \frac{d_{rk}}{d_1} = \frac{100}{80} = 1/25:1$$

$$\text{ب) } \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{d_{rk}}{d_1} \Rightarrow \frac{240}{n_{rg}} = \frac{100}{80} \Rightarrow n_{rg} = \frac{240 \times 80}{100} = 192 \text{ u/min}$$

$$\text{ب) } \frac{n_1}{n_{rk}} = \frac{d_{rg}}{d_1} \Rightarrow \frac{240}{n_{rk}} = \frac{400}{80} \Rightarrow n_{rk} = \frac{240 \times 80}{400} = 48 \text{ u/min}$$

$$B = \frac{n_{rg}}{n_{rk}} = \frac{192}{48} = 4:1$$

تمرین ۹ صفحه ۱۱ :

$$I_g = ?$$

$$n_{rk} = ?$$

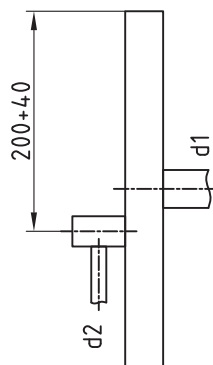
$$I_k = ?$$

$$n_{rg} = ?$$

$$n_1 = 196 \text{ u/min}$$

$$d_r = ?$$

$$I = ?$$



حل :

$$\text{الف) } I_g = \frac{d_r}{d_{rk}} = \frac{96}{240} = 1/25:1 \text{ یا } 4/1$$

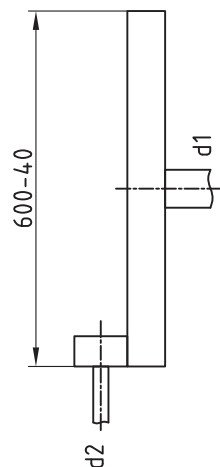
$$I_g = \frac{n_1}{n_{rk}} \Rightarrow \frac{1}{2/5} = \frac{48}{n_{rk}} \Rightarrow n_{rk} = 120 \text{ u/min}$$

$$\text{ب) } I_k = \frac{d_r}{d_{lg}} = \frac{96}{560} = 5/8:1 \text{ یا } 17/1$$

$$I_k = \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{96}{560} = \frac{48}{n_{rg}} \Rightarrow n_{rg} = 280 \text{ u/min}$$

$$\text{ج) } \frac{n_1}{n_r} = \frac{d_r}{d_1} \Rightarrow \frac{48}{196} = \frac{96}{d_1} \\ \Rightarrow d_1 = \frac{196 \times 96}{48} = 392 \text{ mm}$$

$$I = \frac{d_r}{d_1} = \frac{96}{392} = 1/4$$



مسئله ۱۰ صفحه ۱۲ :

$$n_1 = 500 \text{ u/min}$$

$$d_{1k} = d_{rk} = 60 \text{ mm}$$

$$d_{1g} = d_{rg} = 100 \text{ mm}$$

$$I_g = ?$$

$$n_{rk} = ?$$

$$I_k = ?$$

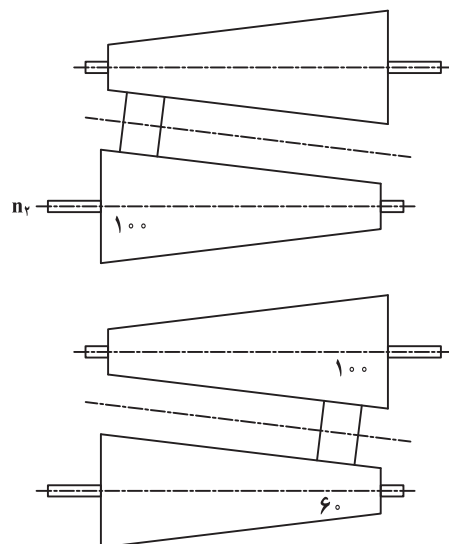
$$n_{rg} = ?$$

$$I_g = \frac{d_{rg}}{d_{1k}} = \frac{100}{60} = 1.67$$

$$I_g = \frac{n_1}{n_{rk}} \Rightarrow \frac{1.67}{60} = \frac{500}{n_{rk}} \Rightarrow n_{rk} = \frac{500 \times 60}{1.67} = 1800 \text{ u/min}$$

$$I_k = \frac{d_{rk}}{d_{1g}} = \frac{60}{100} = 0.6$$

$$I_k = \frac{n_1}{n_{rg}} = \frac{0.6}{100} = \frac{500}{n_{rg}} \Rightarrow n_{rg} = \frac{500 \times 100}{0.6} = 8333 \text{ u/min}$$



(درگیری ۱)

(درگیری ۲)

## جلسه چهارم

ردیف	برنامه زمان بندی جلسه چهارم	زمان به (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس شامل احوالپرسی و حضور و غیاب، بررسی وضعیت هنرجویان	۱۰
۲	تدریس مبحث محاسبه اجزای چرخ دنده ساده با رسم مقطع چرخ دنده روی تابلو	۱۵
۳	تدریس مبحث محاسبات انتقال حرکت توسط چرخ دنده های ساده با نسبت ساده، دویل و مرکب	۳۰
۴	حل مسئله نمونه صفحه ۱۵ کتاب	۱۰
۵	حل مسئله نمونه صفحه ۱۶ کتاب	۱۰
۶	حل مسئله نمونه صفحه ۱۷ کتاب	۱۰
۷	مشخص کردن تکالیف هنرجویان برای منزل	۵

### پرسش

— از هنرجویان سؤال شود: چرخ دنده ها چه وظیفه ای دارند؟

— در ماشین تراش استفاده از دنده ها در کدام قسمت از ماشین و به چه منظوری به کار گرفته شده است؟

**جواب:** از چرخ دنده ها برای انتقال حرکت و همچنین تغییر عده دوران در مکانیزم ها استفاده می شود. انتقال بدون لغزش و افت دور، با نسبت و قدرت بالا از مزایای آن و سرو صدا و لزوم نگهداری خصوصاً روانکاری از معایب آن به حساب می آید. در جعبه دنده اصلی ماشین تراش برای دستیابی به دوره های مختلف سه نظام، در جعبه دنده پیچ بری و پیشروی ماشین تراش برای دستیابی به سرعت اتومات سوپرت طولی و عرضی، در بسیاری از جاها از دنده ها استفاده شده است.

### محاسبات مربوط به انتقال حرکت با چرخ دهنده

با انواع چرخ دنده ها امکان انتقال نیروهای زیاد بدون افت دور امکان پذیر است. در صنعت انواع مختلف چرخ دهنده ها مورد استفاده قرار می گیرد که در شکل زیر نمونه ای از آن ها را مشاهده می نمایید.

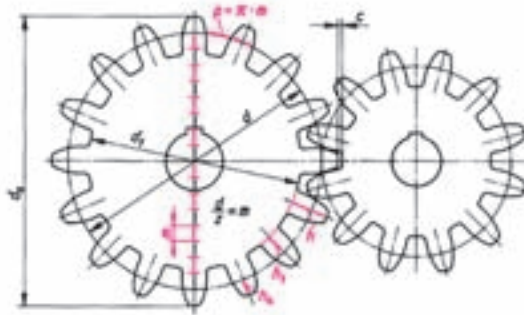


نمونه هایی از انواع چرخ دنده ها

۱- محاسبه اجزای چرخ دنده ساده : انتقال حرکت و نیرو در چرخ دنده ها روی دایره ای موسوم به دایره تقسیم که همان دایره گام می باشد انجام می گیرد. شایان توجه است که سرعت محیطی دو چرخ دنده روی این دایره سنجیده می شود. گام عبارت است از فاصله بین دو دنده چرخ دنده روی دایره گام . تعداد گام در هر چرخ دنده نشان دهنده تعداد دنده آن چرخ دنده می باشد. در شکل زیر اجزای چرخ دنده ساده معرفی شده است.

علائم اختصاری :

$d$ = قطر دایره گام	$h_a$ = ارتفاع سر دنده
$d_a$ = قطر سر دنده	$h_f$ = ارتفاع پای دنده
$d_f$ = قطر پای دنده	$z$ = تعداد دنده
$m$ = مدول	$c$ = لقی سر دنده
$p$ = گام	$b$ = ضخامت دنده
$h$ = ارتفاع دنده	



محیط دایره گام ( $U$ ) را می توان از حاصل ضرب گام در تعداد دنده به دست آورد.

$$U = p \times z$$

از طرف دیگر محیط دایره گام برابر است با :

$$U = \pi \times d$$

بنابراین می توان نوشت :

$$\pi \times d = p \times z \Rightarrow d = \frac{p \times z}{\pi}$$

حاصل تقسیم گام بر عدد  $\pi$  در چرخ دنده ها را مدول<sup>۱</sup> می نامند. لذا خواهیم داشت :

$$\frac{p}{\pi} = m \Rightarrow \boxed{p = \pi \times m}$$

و با جایگزینی رابطه گام در رابطه قطر دایره گام خواهیم داشت :

$$d = \frac{p \times z}{\pi} = \frac{\pi \times m \times z}{\pi} \Rightarrow \boxed{d = m \times z}$$

۱- مدول یک عدد انتخابی و بر حسب میلی متر «در سیستم متریک» است که نشان دهنده بزرگی یا کوچکی دنده چرخ دنده می باشد.

بین ته دندان یک چرخ و سر دندان چرخ دوم لازم است مقداری لقی «c» در نظر گرفته شود. مقدار این لقی بر حسب نوع ساخت از ۱/۸° تا ۴/۰° مدول استاندارد شده است. در صورتی که مدول، تعداد دندان و مقدار لقی در دسترس باشد می توان به منظور ساخت یک چرخ دنده محاسبات لازم را انجام داد.

ارتفاع سر دندان همیشه برابر مدول انتخاب می شود بنابراین ارتفاع پای دندان برابر مدول به اضافه مقدار لقی انتخابی خواهد شد.

با توجه به مطالب مذکور روابط چرخ دنده ساده را در جدول زیر مشاهده می نمایید.

جدول ۱- روابط چرخ دنده ساده

مدول = ارتفاع سر دندان	$h_a = m$
لقی سر دندان + مدول = ارتفاع ته دندان	$h_f = m + c$
ارتفاع ته دندان + ارتفاع سر دندان = ارتفاع دندان (عمق فرزکاری)	$h = h_a + h_f$ $h = 2m + c$
۲ برابر ارتفاع سر دندان + قطر دایره گام = قطر سر دندان	$d_a = d + 2 \times h_a$ $d_a = m \times z + 2 \times m$ $d_a = m \times (z + 2)$
۲ برابر ارتفاع پای دندان - قطر دایره گام = قطر ته دندان	$d_f = d - 2 \times h_f$ $d_f = d - 2(m + c)$

ضخامت دندان چرخ دنده بستگی به مقدار نیروی انتقالی دارد و مقدار آن را معمولاً بین ۶ تا ۱۵ برابر مدول و در نیروهای متوسط تقریباً ۱۰ برابر مدول در نظر می گیرند.

۲- محاسبه فاصله بین محورها: فاصله محوری در دو چرخ دنده خارجی درگیر با هم (مطابق شکل) از مجموع نصف قطر دایره های گام دو چرخ دنده به دست می آید. شایان توجه است که در دو چرخ دنده درگیر با هم قطر دایره های گام بر هم مماس می باشند و هر دو بایستی مدول واحدی داشته باشند.

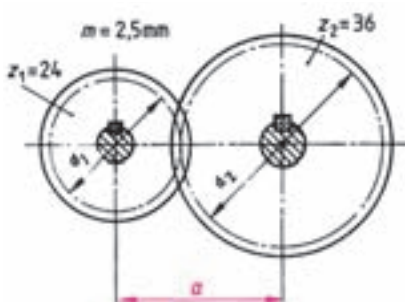
علائم اختصاری:

$a$  = فاصله بین دو محور

$m$  = مدول

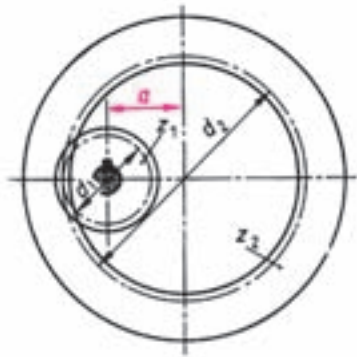
$z_1$  = تعداد دندان چرخ دنده محرک

$z_2$  = تعداد دندان چرخ دنده متحرک



$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \times z_1 + m \times z_2}{2} \Rightarrow a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

اندازه فاصله دو محور (a) در چرخ دنده های داخلی با توجه به شکل از رابطه زیر محاسبه می گردد.



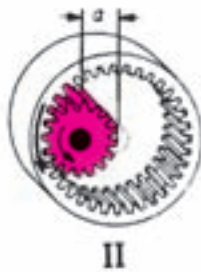
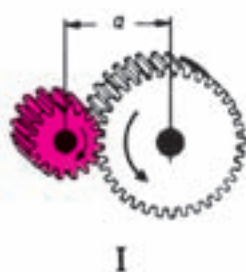
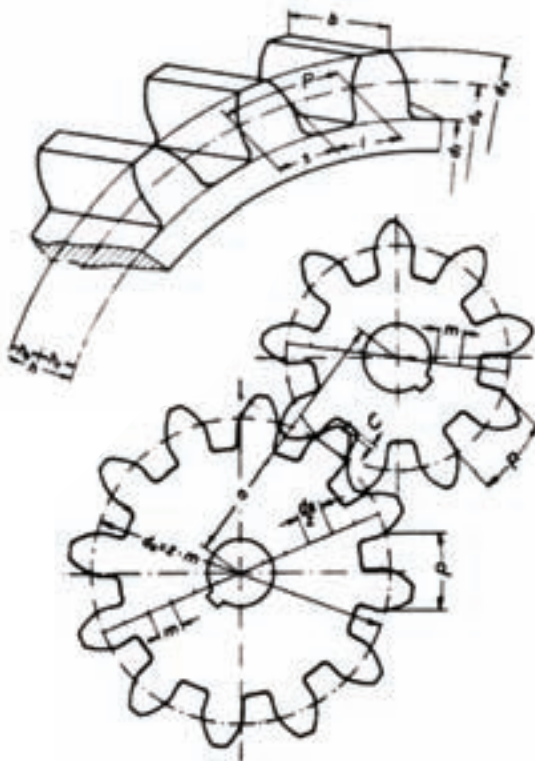
$$a = \frac{d_1 - d_k}{2}$$

و با توجه به  $d_o = m \times z$  خواهیم داشت :

$$a = \frac{m(z_1 - z_2)}{2}$$

جدول ۲ - روابط چرخ دنده های ساده

نام	فرمول
گام	$P = m \times \pi$
مدول	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_k}{z + 2}$
قطر دایره گام	$d = m \times z = d_o - 2m$
ارتفاع سر دنده	$h = m$
لقی	$c = \frac{1}{6}m = 0.167m$ در صورتی که داده نشده باشد
ارتفاع پای دنده	$h_f = m + c = 1.167m$
ارتفاع دنده	$h = m + m + c = 2.167m$
قطر سر دنده	$d_a = d + 2m$ $d_a = m(z + 2)$
قطر پای دنده	$d_f = d_o - 2.334m$ $d_f = m(z - 2.334)$
تعداد دنده	$z = \frac{d_o}{m} = \frac{d_k - 2m}{m}$
پهنای دنده	$b = 10m$
ضخامت دنده	$s = \frac{19}{40}p$
فاصله شیار دنده	$I = \frac{21}{40}p$
فاصله بین دو محور	$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$ I $a = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$ II



هر یک از مفاهیم زیر برای هنجریان با توجه به رسم شکل روی تابلو شرح داده شود.

$d$  = قطر دایره گام (متوسط)

$d_a$  = قطر سر دنده (تراش)

$d_f$  = قطر پای دنده

$m$  = مدول

$p$  = گام

$h$  = ارتفاع دنده

$h_k$  = ارتفاع سر دنده

$h_f$  = ارتفاع پای دنده

$z$  = تعداد دنده

$c$  = لقی سر دنده

$b$  = ضخامت دنده

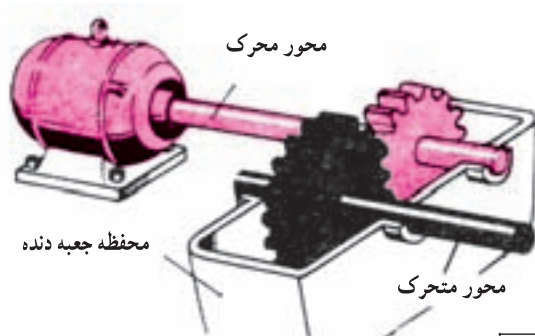
$a$  = فاصله دو محور

و .....

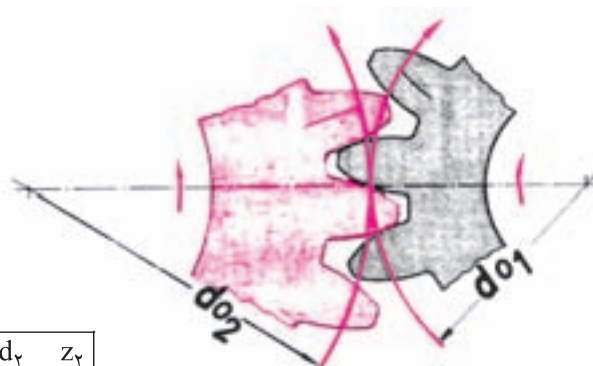
## انتقال حرکت توسط چرخ دنده های ساده

به کمک چرخ دنده ها می توان علاوه بر انتقال حرکت، در مقدار عده دوران نیز تغییر به وجود آورد. دستگاه هایی را که برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند می توان برحسب تعداد و ترتیب قرار گرفتن چرخ دنده هایی که در آن ها به کار رفته اند به شرح زیر تقسیم بندی نمود.

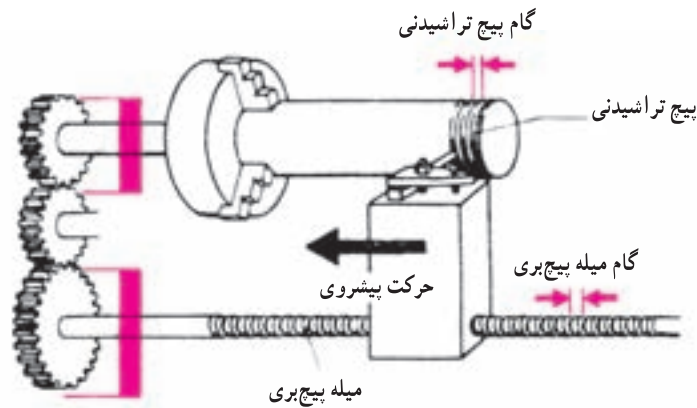
۱- انتقال حرکت با دو چرخ دنده : در این حالت هر یک از چرخ دنده ها روی یکی از محورهای محرک و متحرک سوار شده و حرکت را منتقل می کنند. بدیهی است که در اینجا نیز مشابه چرخ تسمه ها نسبت انتقال حرکت متناسب با قطر درگیری آن ها (قطر دایره تقسیم  $d_o$ ) بوده و برای به دست آوردن این نسبت می توان از رابطه زیر استفاده نمود.



$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$



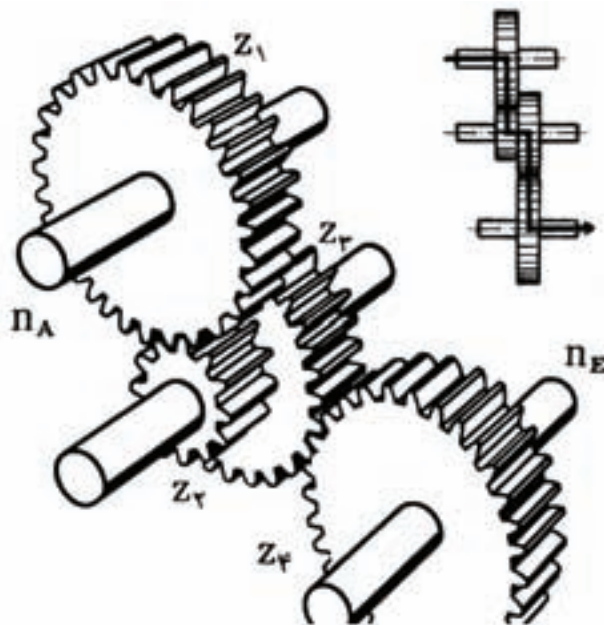
در مواردی که فاصله بین دو محور زیاد بوده و یا لازم باشد که جهت گردش محور متحرک تغییر یابد می توان از یک یا چند چرخ دنده واسطه استفاده کرد. بدیهی است که چرخ دنده واسطه نباید با محور خود درگیر بوده و بایستی به صورت هرز گرد عمل کند.



لازم به تذکر است که تعداد دندانه‌های چرخ دنده واسطه و همچنین عده دوران آن نقشه در نسبت انتقال حرکت ندارد.

## ۲- انتقال حرکت به صورت دابل یا مرکب :

مواردی که نسبت انتقال حرکت بزرگ بوده و و صرفه جویی در جا نیز مورد نظر باشد می‌توان با استفاده از چند زوج چرخ دنده حرکت را منتقل نمود.



در این حالت استفاده از محور فرعی ضروری بوده و چرخ دنده‌هایی که روی محور فرعی سوار می‌شوند بایستی یا از طریق محور فرعی به یکدیگر متصل بوده و یا به صورت یک پارچه ساخته شده باشند تا بتوانند دارای عده دوران مساوی بوده و حرکت را از محور محرک به متحرک منتقل نمایند.

نسبت حرکتی که در این حالت به وجود می‌آید نسبت مرکب نام داشته و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$i = \frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_2 \times Z_4 \times \dots}{Z_1 \times Z_3 \times \dots}$$

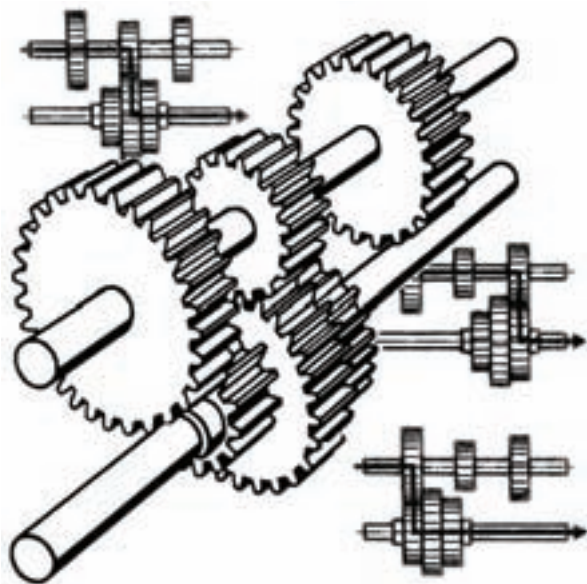
**تغییرات عده دوران به کمک چرخ دنده‌ها به صورت پله‌ای :** در مواردی که عده دوران‌های متعددی در روی محور متحرک مورد نیاز باشد از جعبه دنده‌هایی که نسبت‌های گوناگونی را عرضه می‌کنند استفاده می‌نمایند.

در این دستگاه‌ها تنظیم عده دوران قابل انتخاب، سریع‌تر و مطمئن‌تر انجام شده و این عمل با استفاده از اهرم‌هایی انجام می‌گیرد که چرخ دنده‌ها را از درگیری خارج کرده و یا محل درگیری آن‌ها را برای تأمین نسبت لازم، تغییر می‌دهند.

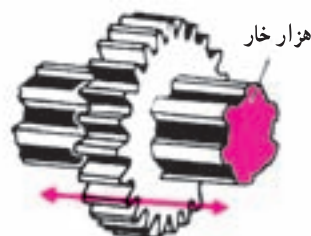
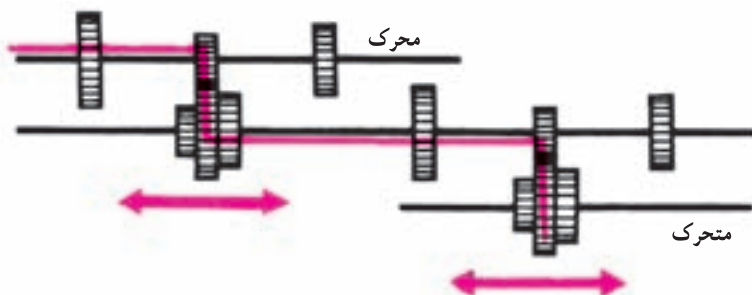
از آنجایی که تغییرات عده دوران در این نوع دستگاه‌های انتقال حرکت پله‌ای بوده و مجموعه آن در داخل محفظه‌ای به نام جعبه دنده قرار دارد آن‌ها را جعبه دنده‌های پله‌ای نیز می‌نامند؛ که برحسب نوع اهرم‌بندی و ترتیب انتقال حرکت از چرخ دنده‌ها به محورها و بالعکس ممکن است که دارای مکانیزم‌های گوناگونی باشد.

**تغییر عده دوران به کمک چرخ دنده‌های لغزان :** در این نوع جعبه دنده‌ها در روی یکی از محورها، دو یا سه چرخ دنده قرار گرفته‌اند که می‌توان آن‌ها را به کمک یک اهرم، در حالات گوناگونی با چرخ دنده‌های نصب شده بر روی محور دیگر





درگیر نمود. با توجه به متفاوت بودن تعداد دندانه چرخ دنده‌هایی که در هر مرحله با هم درگیر می‌شوند می‌توان نسبت‌های مختلفی را به دست آورد. بدیهی است که عده دوران‌های قابل انتخاب متناسب با تعداد زوج چرخ دنده‌های موجود در جعبه دنده خواهد بود به عنوان مثال اگر از سه زوج چرخ دنده استفاده شده باشد امکان انتخاب سه عده دوران وجود داشته و از ترکیب دو سری از آن‌ها می‌توان به ۹ و همچنین از ترکیب سه سری می‌توان به ۲۷ دور مختلف نیز رسید.



بایستی توجه داشت که در این جعبه دنده‌ها تعویض دور در حالت سکون چرخ دنده‌ها انجام گیرد.

از هنرجویان پرسیده شود :

۱- وجه مشترک و وجه تمایز انتقال حرکت با چرخ تسمه‌ها و چرخ دنده‌ها را بگویند و روی تابلو بنویسند.

۲- جهت دوران در دو چرخ دنده درگیر به صورت خارجی چگونه است و چطور می‌توان جهت گردش چرخ دنده متحرک را عوض کرد.

پاسخ :

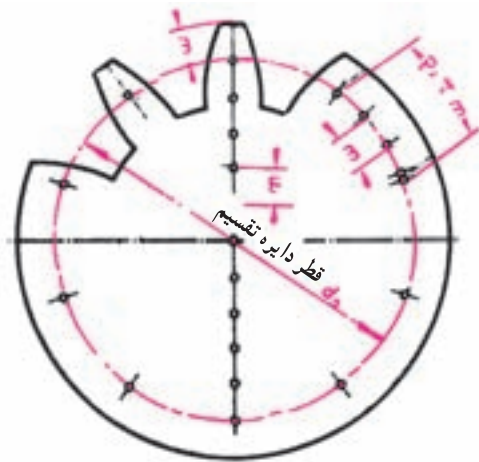
۱- وجه مشترک چرخ تسمه‌ها و چرخ دنده‌ها : انتقال دور از یک محور به محور دیگر، تبدیل عده دوران با نسبت کاهنده و یا افزایشنده.

وجه تمایز : حرکت در تسمه‌ها نرم‌تر از دنده‌ها است، افت دور و لغزش در تسمه‌ها وجود دارد اما در چرخ دنده‌ها لغزش وجود ندارد، سرو صدای دنده‌ها بیشتر از تسمه‌ها است، چرخ تسمه‌ها نیاز به روغن کاری نداشته بلکه باید عاری از هر گونه روغن، گریس و کثافات باشند اما چرخ دنده‌ها حتماً باید روانکاری شوند.

۲- با استفاده از چرخ دنده واسطه جهت دور متحرک عوض می‌شود واسطه فقط جهت دور را عوض کرده و نقش دیگری ندارد.

## محاسبه چرخ دنده ساده

انتقال حرکت در چرخ دنده ها مانند چرخ های اصطکاکی می باشد؛ با این فرق که در چرخ دنده ها به دلیل وجود دندانه، انتقال حرکت بدون افت دور انجام می گیرد.



در چرخ دنده ها، انتقال حرکت و نیرو روی دایره ای به نام دایره گام که به نام دایره تقسیم نیز معروف است انجام گرفته و سرعت محیطی دو چرخ نیز روی این دایره سنجیده می شود.

گام (p): گام عبارت است از فاصله بین دو دنده روی دایره گام (روی قوس اندازه گرفته شود).

برای محاسبه مقدار عددی گام یک ضریب انتخابی برای عدد  $\pi$  در نظر گرفته و آن را مدول نام گذاشته و با حرف m نشان می دهند:

$$P = m \times \pi$$

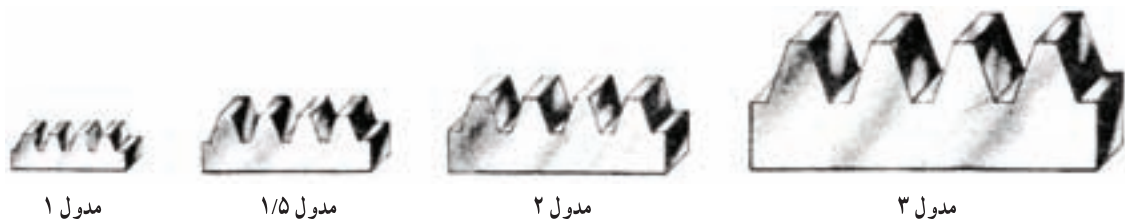
مدول: مدول یک عدد انتخابی و برحسب میلی متر (در سیستم متریک) است که از تقسیم گام بر عدد  $\pi$  و یا از تقسیم قطر دایره تقسیم بر تعداد دنده چرخ دنده به دست می آید.

$$\text{مدول} = \frac{\text{گام}}{\pi} \Rightarrow m = \frac{P}{\pi} \quad \text{و} \quad \text{مدول} = \frac{\text{قطر دایره تقسیم}}{\text{تعداد دنده}} \Rightarrow m = \frac{d}{z}$$

باید توجه داشت که عدد مدول نشان دهنده بزرگی یا کوچکی دندانه چرخ دنده می باشد.

یکی از شرایط درگیری دو چرخ دنده با هم، داشتن مدول مساوی می باشد. برای اینکه چرخ دنده های ساخته شده در کارخانجات مختلف با مدول های یکسان بتوانند با هم درگیر شوند با توجه به نیروهای انتقالی توسط آن ها و جنس چرخ دنده ها، مدول ها را پس از محاسبه تحت نرم درآورده و محدود کرده اند که کوچک ترین آن  $3^\circ$  و بزرگ ترین آن ۷۵ میلی متر می باشد. تعدادی از مدول ها که احتمالاً در کارگاه هنرستان می توانند مورد استفاده قرار گیرند به شرح زیر می باشند:

۱- ۱/۲۵ - ۱/۵ - ۱/۷۵ - ۲ - ۲/۲۵ - ۲/۵ - ۲/۷۵ - ۳ - ۳/۲۵ - ۳/۵ - ۳/۷۵ - ۴ - ۴/۵ - ۵ و ...



با توجه به اینکه محیط دایره گام برابر گام ضربدر تعداد دندانه چرخ دنده می باشد می توان نوشت:

تعداد دنده  $\times$  گام = محیط دایره گام

$$U = d \times \pi = P \times z$$

$$d \times \pi = \overbrace{m \times \pi}^P \times z \Rightarrow \boxed{d = m \times z} \quad \boxed{m = \frac{d}{z}}$$

با داشتن فرمول قطر دایره گام (d) و با توجه به شکل زیر می توان سایر مشخصات یک چرخ دنده را به شرح زیر تعریف و محاسبه کرد :

ارتفاع سر دنده ( $h_a$ ) : عبارت است از فاصله شعاعی بین سطح فوقانی و دایره گام و مقدار آن برابر مدول می باشد.

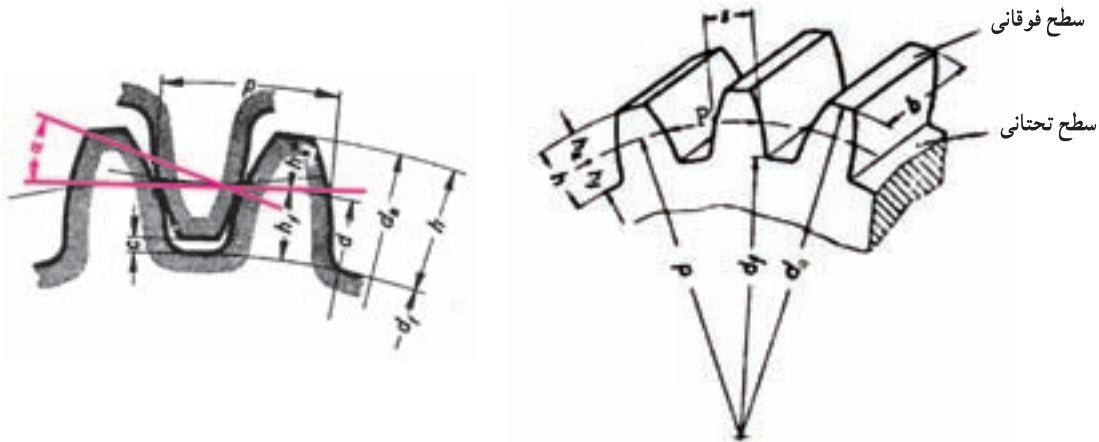
$$h_a = m$$

مقدار لقی (c) : بین یک دنده پر و یک دنده خالی دو چرخ دنده درگیر با هم، فاصله مجازی است که آن را لقی بین دو دنده گویند

و مقدار آن را در موارد مختلف بین  $\frac{1}{10}$  تا  $\frac{3}{10}$  مدول در نظر می گیرند. این مقدار را در ماشین سازی معمولاً  $c = \frac{1}{6}m = 0.167m$  انتخاب می کنند.

ارتفاع پای دنده ( $h_f$ ) : عبارت است از فاصله شعاعی بین سطح تحتانی و دایره گام و مقدار آن با توجه به تعریف مقدار لقی برابر است با :

$$h_f = h_a + c = m + 0.167 \Rightarrow h_f = 1.167m$$



عمق دنده (h) : عبارتست از مجموع ارتفاع سر دنده و پای دنده.

$$h = h_k + h_f = m + 1.167m \Rightarrow h = 2.167m$$

قطر سر دنده ( $d_a$ ) : بزرگ ترین قطر چرخ دنده ها را، قطر سر دنده یا قطر تراش گفته و با توجه به شکل، مقدار آن برابر است با :

ارتفاع سر دنده + ارتفاع سر دنده + قطر دایره گام = قطر سر دنده

$$d_a = d + m + m \Rightarrow d_a = d + 2m$$

در فرمول فوق اگر به جای قطر دایره گام مقدار آن ( $d_o = m \times z$ ) را قرار دهیم فرمول دیگری جهت محاسبه قطر سر دنده حاصل می شود :

$$d_k = d_o + 2m = m \times z + 2m = m(z + 2) \Rightarrow d_a = m(z + 2)$$

قطر پای دنده ( $d_f$ ): کوچک‌ترین قطر چرخ دنده بوده و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

ارتفاع پای دنده - ارتفاع پای دنده - قطر دایره گام = قطر پای دنده

$$d_f = d_o - 1/67m - 1/67m = d_o - 2/334m \Rightarrow \boxed{d_f = d - 2/334m}$$

اگر به جای قطر دایره گام مقدار آن ( $d_o = m \times z$ ) را در فرمول فوق قرار دهیم خواهیم داشت:

$$d_f = d_o - 2/334m = m \times z - 2/334m \Rightarrow \boxed{d_f = m(z - 2/334)}$$

## جلسه پنجم

ردیف	برنامه زمان بندی جلسه پنجم	زمان (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس شامل احوالپرسی، حضور و غیاب بررسی و وضعیت هنرجویان	۱۰
۲	بررسی دفاتر هنرجویان، نحوه حل تمرین، مرتب بودن و دادن امتیاز به آنها	۲۰
۳	حل تمرین های نمونه مثلاً شماره ۳ صفحه ۱۶	۱۰
۴	حل تمرین های نمونه مثلاً شماره ۳ صفحه ۱۷	۱۰
۵	حل تمرین های نمونه مثلاً شماره ۶ صفحه ۱۸	۱۰
۶	حل تمرین های نمونه مثلاً شماره ۴ صفحه ۲۴	۱۰
۷	حل تمرین های نمونه مثلاً شماره ۶ صفحه ۲۵	۱۰
۸	حل تمرین های نمونه مثلاً شماره ۹ صفحه ۲۶	۱۰

تمرین ۳ صفحه ۱۶ :

حل :

$$z = ۱۶$$

$$d_a = ۴۵$$

$$d_a = m(z + ۲)$$

$$C = ۰/۲۵ \text{ m}$$

$$m = \frac{۴۵}{۱۶ + ۲} = ۲/۵ \text{ mm}$$

$$m = ? \text{ مدول}$$

$$h = \frac{۱۳}{۶} m = \frac{۱۳}{۶} \times ۲/۵$$

$$h = ? \text{ ارتفاع دنده}$$

$$h = ۵/۴۱۶ \text{ mm}$$

$$b = ? \text{ پهنای دنده}$$

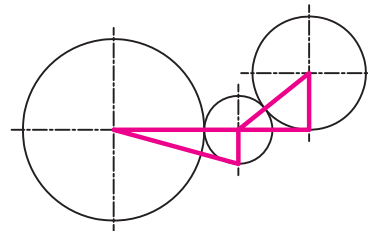
$$b = ۱۰ \text{ mm} = ۱۰ \times ۲/۵ = ۲۵ \text{ mm}$$

تمرین ۳ صفحه ۱۷ :

$$d_1 = m \times z_1 = ۶۴ \times ۱/۵ = ۹۶ \text{ mm}$$

$$d_2 = m \times z_2 = ۲۴ \times ۱/۵ = ۳۶ \text{ mm}$$

$$d_r = m \times z_r = ۴۰ \times ۱/۵ = ۶۰ \text{ mm}$$



حل :

$$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{۲} = \frac{۱/۵(۶۴ + ۲۴)}{۲} = ۶۶ \text{ mm}$$

$$\text{یا } a = \frac{d_1 + d}{۲} = \frac{۹۶ + ۳۶}{۲} = ۶۶ \text{ mm}$$

$$a_r = \frac{d_r + d_r}{2} = \frac{36 + 60}{2} = 48 \text{ mm}$$

$$\text{یا } a_r = \frac{m(z_r + z_r)}{2} = \frac{1/5(24 + 40)}{2} = 48 \text{ mm}$$

مسئله ۶ صفحه ۱۸

$$a = 82/5 \text{ mm}$$

$$z_r = 24$$

$$m = 2/5 \text{ mm}$$

$$Z_1 = ?$$

$$d_1 = ?$$

$$d_r = ?$$

$$x = ?$$

$$a = \frac{m(z_1 + z_r)}{2} \Rightarrow \frac{82/5}{1} = \frac{2/5(z_1 + 24)}{2}$$

$$165 = 2/5 (z_1 + 24)$$

$$\frac{165}{2/5} = z_1 + 24$$

$$\text{الف) } z_1 = 66 - 24 = 42$$

$$d_1 = m \times z_1$$

$$d_1 = 2/5 \times 42$$

$$d_1 = 17 \text{ mm}$$

$$d_r = m \times z_r$$

$$d_r = 2/5 \times 24$$

$$d_r = 9.6 \text{ mm}$$

$$x = 10 + \frac{da_1}{2} + 82/5 + \frac{da_r}{2} + 10$$

$$\text{ب) } d_{a1} = m(z_1 + 2) = 2/5 (42 + 2) = 11 \text{ mm}$$

$$d_{ar} = m(z_r + 2) = 2/5 (24 + 2) = 9.6 \text{ mm}$$

$$x = 10 + \frac{11}{2} + 82/5 + \frac{9.6}{2} + 10$$

$$\text{ج) } x = 19 \text{ mm}$$

تمرین ۴ صفحه ۲۴

$$m = 1/5 \text{ m}$$

$$z_1 = 25$$

$$d_r = 228/5$$

$$c = 167 \text{ mm}$$

$$d_r = ?$$

$$z_r = ?$$

$$d_{fr} = d_r + 2hf$$

$$h_f = m + c = m + 167 \text{ mm} = 167 \text{ mm}$$

$$h_f = 2/167 \times 1/5 = 1/75 \text{ mm}$$

$$228/5 = d_r + 2(1/75) = 225 \text{ mm}$$

$$d_r = m \times z_r$$

$$z_r = \frac{225}{1/5} = 1125$$

حل :

تمرین ۶ صفحه ۲۵

$$Z_r = ?$$

$$I = \frac{Z_r \times Z_f}{Z_1 \times Z_3}$$

حل :

$$n_f = ?$$

$$a_1 = ?$$

$$a_r = ?$$

$$I = V/\omega : 1$$

$$n_1 = 1800 \text{ u/min}$$

$$\frac{V/\omega}{1} = \frac{\omega_f \times z_f}{18 \times 20} \Rightarrow z_f = \frac{V/\omega \times 18 \times 20}{\omega_f}$$

$$Z_f = 50$$

$$z_1 = 18$$

$$z_r = 54$$

$$I = \frac{n_1}{n_f} \Rightarrow \frac{V/\omega}{1} = \frac{1800}{n_f} \Rightarrow n_f = \frac{1800}{V/\omega} = 240 \text{ u/min}$$

$$mz_1, z_r = 3 \text{ mm}$$

$$z_r = 20$$

$$a_1 = \frac{m(z_1 + z_r)}{2} = \frac{3(18 + 54)}{2} = 108 \text{ mm}$$

$$mz_r, z_f = 4 \text{ mm}$$

$$a_r = \frac{m(z_r + z_f)}{2} = \frac{4(20 + 50)}{2} = 140 \text{ mm}$$

مسئله ۹ صفحه ۲۶

$$n_A = 220 \text{ u/min}$$

$$I_g = ?$$

$$n_E = ?$$

$$I_g = \frac{z_r \times z_f \times \dots}{z_1 \times z_3 \times \dots} = \frac{100 \times 58 \times 62}{25 \times 32 \times 28} = 16/5 : 1$$

$$\frac{n_A}{n_E} = \frac{z_r \times z_f \times z_g}{z_1 \times z_3 \times z_5} = \frac{220}{n_E} = \frac{100 \times 58 \times 62}{40 \times 32 \times 28}$$

$$n_E = \frac{220 \times 40 \times 32 \times 28}{100 \times 58 \times 62} = 84/4 \text{ u/min}$$