

## آموزه دوازدهم

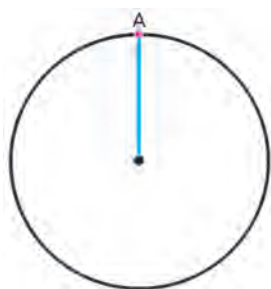
هدف‌های رفتاری را روی تخته بنویسید.

هدف‌های رفتاری: با یادگیری این آموزه، هنرجو می‌تواند:

- نحوه انتقال حرکت با تسمه و چرخ تسمه را شرح دهد.
- انواع تسمه و چرخ تسمه را، برای انتقال حرکت و حالت‌های انتقال، شرح دهد.
- روابط مربوط به انتقال حرکت با تسمه و چرخ تسمه را توضیح دهد.
- روابط مربوط به انتقال حرکت با تسمه و چرخ تسمه را در حل مسائل مربوط به کار برد.
- محاسبات انتقال قدرت و تغییر دور را انجام دهد.

### ۱۲-۱- سرعت زاویه‌ای (صفحه ۵۳)

دایره‌ای مانند شکل ۱۲-۱ را رسم کنید.



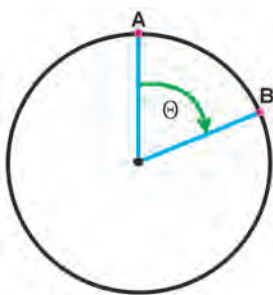
شکل ۱۲-۲



شکل ۱۲-۱

نقطه A را روی دایره مشخص کنید و شعاع آن را رسم کنید (شکل ۱۲-۲).

توضیح دهید: «فرض کنید این دایره در حال دوران است و در مدت زمان  $t$  نقطه A به اندازه زاویه  $\theta$  جابه‌جا می‌شود و به نقطه B می‌رسد». شکل ۱۲-۲ را مانند شکل ۱۲-۳ کامل کنید.



شکل ۱۲-۳

از روی شکل توضیح دهید: «اگر بخواهیم بدانیم این دایره در زمان‌های معین بر حسب زاویه چه اندازه می‌چرخد باید زاویه مرکزی شعاع نقطه جابه‌جا شده را بر زمان تقسیم کنیم، به‌طوری که عدد به دست آمده با سرعت زاویه‌ای متحرک برابر گردد. سرعت زاویه‌ای با حرف یونانی  $\omega$  (اُمگا) نشان داده می‌شود».

اکنون تعریف سرعت زاویه‌ای را روی تخته بنویسید:

«سرعت زاویه‌ای عبارت است از زاویه‌ای که جسم متحرک در واحد زمان طی می‌کند.»

رابطه سرعت زاویه‌ای (رابطه ۳-۳ کتاب) را به صورت زیر روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$\omega$ : سرعت زاویه‌ای بر حسب رادیان بر ثانیه ( $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ )

$\theta$ : زاویه بر حسب رادیان (rad)

$t$ : زمان بر حسب ثانیه (s)

مثال ۱- سرعت زاویه‌ای عقربه شماره ساعت، چه اندازه است؟

پاسخ:

$$\theta = 2\pi \text{ rad}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

$$\omega = ? \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{60} \Rightarrow \omega = 0.105 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



شکل ۴-۱۲

برای درک بهتر هنجریان، از آنان بخواهید تمرین‌های داده شده در این آزمون را پاسخ دهند. سپس از یک هنجرو بخواهید تا مسئله را روی تخته پاسخ دهد.

تمرین ۱- سرعت زاویه‌ای عقربه دقیقه شمار ساعت چقدر است؟

پاسخ:

$$\theta = 2\pi \text{ rad}$$

$$t = 3600 \text{ s}$$

$$\omega = ? \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{3600} \Rightarrow \omega = 0.00174 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

توضیح دهید: سرعت دورانی و زاویه‌ای با هم متناسب هستند.

رابطه زیر (رابطه ۴-۳ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$\omega$ : سرعت زاویه‌ای بر حسب رادیان بر ثانیه ( $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ )

$n$ : سرعت دورانی بر حسب تعداد دور در دقیقه (RPM)

مثال صفحه ۵۴ را حل کنید.

تمرین ۲- سرعت زاویه‌ای محور انتقال نیرو تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ را در دور  $54^\circ$  دور در دقیقه محاسبه کنید.

پاسخ:

$$n = 54^\circ \text{ RPM}$$

$$\omega = ? \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 54^\circ}{60} \Rightarrow \boxed{\omega = 56/52 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

تمرین ۳- سرعت زاویه‌ای یک پولی ۳۰ رادیان بر ثانیه است. سرعت دورانی آن را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$\omega = 3^\circ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$n = ? \text{ RPM}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \Rightarrow n = \frac{\omega \times 60}{2\pi} = \frac{3^\circ \times 60}{2\pi} \Rightarrow \boxed{n = 286/6 \text{ RPM}}$$

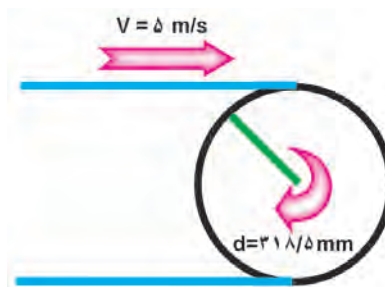
تمرین ۴- چرخ زنجیری با قطر ۳۱۸/۵ میلی‌متر دارای سرعت محیطی ۵ متر بر ثانیه است. سرعت زاویه‌ای آن را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$d = 318/5 \text{ mm}$$

$$V = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega = ? \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



شکل ۵-۱۲

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{60000} \Rightarrow n = \frac{60000 \times V}{\pi \times d} = \frac{60000 \times 5}{3/14 \times 318/5} \Rightarrow \boxed{n = 300 \text{ RPM}}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 300}{60} \Rightarrow \boxed{\omega = 31/4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

کار در خانه (۱): سرعت دورانی یک پولی را، که سرعت زاویه‌ای آن ۴۵ رادیان بر ثانیه است، محاسبه کنید.

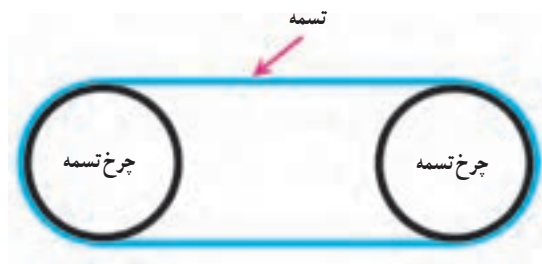
کار در خانه (۲): سرعت خطی تسمه در یک نقاله تسمه‌ای ۳ متر بر ثانیه است. اگر قطر پولی محرک ۴۰۰ میلی‌متر باشد،

سرعت زاویه‌ای پولی محرک آن را محاسبه کنید.

تمرین‌های صفحه ۵۴ کتاب را به عنوان کار در خانه ارائه دهید.

## ۱۲-۲- انتقال حرکت به وسیله تسمه و چرخ تسمه‌ها (۳-۳- صفحه ۵۴)

درس را با بیان این نکته که هنجویان با مکانیزم چرخ تسمه و تسمه در درس اجزای ماشین آشنا شده‌اند آغاز کنید. سپس توضیح دهید: «در ماشین‌ها، دستگاه‌ها و مکانیزم‌های مختلف، سیستم‌های گوناگونی به کار می‌روند تا حرکت و نیرو را جابه‌جا کنند. حرکت ممکن است خطی یا دورانی یا انواع دیگر باشد که هنگام انتقال می‌توان نوع و اندازه آن را تغییر داد. برای نمونه در موتور، میل‌لنگ پس از دریافت نیرو از دسته پیستون هنگام انتقال، حرکت خطی پیستون را به حرکت چرخشی تبدیل می‌کند. برای انتقال



شکل ۶-۱۲

حرکت چرخشی سامانه‌های گوناگونی مانند چرخ دنده، زنجیر و چرخ زنجیر، تسمه و چرخ تسمه و غیر آن‌ها به کار برده می‌شود».

شکل ۶-۱۲ را روی تخته رسم کنید و بیان کنید که یکی از ساده‌ترین سامانه‌ها برای انتقال حرکت چرخشی دو چرخ تسمه همراه با یک تسمه است.

توضیح دهید: «برای انتقال حرکت در مکانیزم نشان داده شده

به یک چرخ تسمه محرک، چرخ تسمه متحرک و تسمه نیاز است. شاید

این پرسش به ذهن شما برسد که چرا در برخی جاها از چرخ تسمه و تسمه و در جاهای دیگر از مکانیزم‌های دیگر استفاده می‌گردد. هر مکانیزمی دارای برتری‌ها و نارسایی‌هایی است که با توجه به برتری‌ها و نارسایی‌های سامانه‌ها، یکی از آن‌ها برای انتقال حرکت و نیرو برگزیده می‌شود». برجسته‌ترین برتری‌های تسمه و چرخ تسمه را را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

■ ارزانی بها.

■ مناسب بودن برای انتقال حرکت، هنگامی که فاصله دو محور محرک و متحرک زیاد باشد.

■ انتقال حرکت به دلیل ویژگی الاستیسیته تسمه به نرمی، بدون سر و صدا و کوبش انجام می‌شود.

دانشنی‌های معلم: برخی برتری‌های دیگر تسمه و چرخ تسمه عبارت‌اند از:

– نیازی به روغن کاری ندارند.

– تسمه به دلیل امکان لغزش روی چرخ تسمه می‌تواند در صورت گیر کردن مجموعه به صورت کلاچ عمل کند و با گرفتن

ضربه‌ها از خرابی بیشتر جلوگیری نماید.

### ۱-۲-۱۲- انتقال حرکت با انواع تسمه و چرخ تسمه (صفحه ۵۵)

توضیح دهید: «شکل سطح مقطع تسمه و شیار چرخ تسمه که محل درگیری تسمه با چرخ تسمه است عوامل مختلفی بر میزان

درگیری و چگونگی توزیع نیرو بین تسمه و چرخ تسمه، حداکثر سرعت و نیروی انتقال داده شده تأثیر می‌گذارد. در برخی دستگاه‌ها

مانند ضبط صوت باید از تسمه و چرخ تسمه بسیار کوچک و مخصوص استفاده کرد. زمانی که قرار است از تسمه به عنوان نقاله

استفاده شود یا زمانی که از این مکانیزم برای انتقال نیرو استفاده می‌شود از نوع تسمه دیگری استفاده می‌گردد. مقطع تسمه‌ها شکل

گوناگونی دارند که هر کدام برای برآورده کردن شرایط ویژه‌ای ساخته شده‌اند».

روی تخته بنویسید: «برخی از مهم‌ترین انواع تسمه‌ها عبارت‌اند از: تسمه تخت، تسمه دوزنقه‌ای، تسمه گرد و تسمه دندانه‌دار».

### ۲-۲-۱۲- انتقال حرکت با تسمه‌های تخت (۱-۳-۳- صفحه ۵۵)

با رسم شکل روبه‌رو توضیح دهید: «ساده‌ترین نوع تسمه، تسمه تخت

با سطح مقطع (برش‌گاه) چهارگوش است».

بیان کنید: «شکل چرخ تسمه برای این تسمه استوانه ساده است. از این

مکانیزم به روش‌های گوناگون در جابه‌جایی حرکت و نیرو استفاده می‌شود تا اندازه

و راستای نیرو تغییر داده شود». شکل ۱۲-۳ صفحه ۵۵ کتاب را شرح دهید.

بیان کنید: «از برتری‌های این نوع تسمه، کاربرد آن برای انتقال نیرو در هنگامی است که دو چرخ تسمه، از یکدیگر بسیار



شکل ۷-۱۲

دورند، مانند نقاله‌های تسمه‌ای. در مکانیزم‌های تسمه و چرخ تسمه پارامترهای زیادی مانند بیشترین نیروی انتقال داده شده، فاصله بین دو چرخ تسمه و... وجود دارند که باید محاسبه شوند. شما در این درس با محاسبات اولیه برای به دست آوردن سرعت دورانی چرخ تسمه‌ها و سرعت محیطی چرخ تسمه‌ها، که با سرعت خطی تسمه برابر است، آشنا می‌شوید».

کار در خانه: از هنرجویان بخواهید تا فهرست برخی از انواع تسمه به کار رفته در تراکتورهای موجود در هنرستان را تهیه کنند.

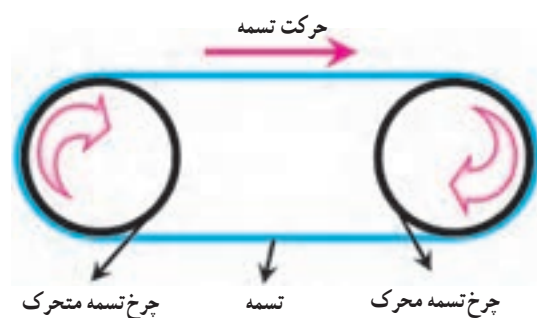
کار در خانه: از هنرجویان بخواهید تا ماشین‌های کشاورزی موجود در هنرستان را از نظر وجود تسمه و چرخ تسمه در آن‌ها بررسی و چگونگی انتقال سرعت در آن‌ها را به صورت گزارش تهیه کنند.

۳-۲-۱۲ انتقال حرکت با یک زوج چرخ تسمه (نسبت ساده) (۲-۳-۳- صفحه ۵۶)

شکل ۸-۱۲ را روی تخته رسم کنید (قطر چرخ تسمه‌ها مساوی باشند).



شکل ۸-۱۲



شکل ۹-۱۲

شرح دهید: «ساده‌ترین مکانیزم چرخ تسمه و تسمه تخت از دو چرخ تسمه با قطر مساوی که یکی محرک (که با موتور به حرکت در می‌آید) و دیگری متحرک است و یک تسمه تخت تشکیل شده است».

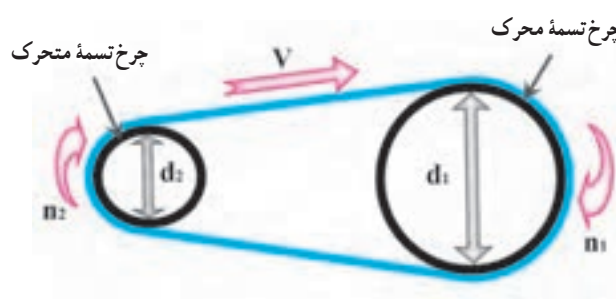
اکنون اجزای مکانیزم را مانند شکل ۹-۱۲ نام‌گذاری کنید و سوی حرکت چرخ تسمه‌ها و تسمه را روی شکل با توضیح نشان دهید.

این نکته را توضیح دهید که تسمه همیشه توسط چرخ تسمه محرک کشیده می‌شود و سوی حرکت تسمه به سمت چرخ تسمه محرک است.

شرح دهید: «در شکل نشان داده شده قطر دو چرخ تسمه با هم برابر است. پس سرعت محیطی، سرعت دورانی و سرعت زاویه‌ای هر دو چرخ تسمه با هم برابرند و نیز سرعت خطی تسمه برابر است با سرعت محیطی دو چرخ تسمه. از این مکانیزم به صورت گسترده در نقاله‌های تسمه‌ای که برای انتقال مواد و اجسام توسط تسمه به کار می‌روند، استفاده می‌شود».

بیان کنید: «در بیشتر موارد که هدف انتقال حرکت و نیرو از چرخ تسمه محرک به چرخ تسمه متحرک است ممکن است نیاز به تغییر سرعت و دور در چرخ تسمه متحرک باشد. به طور مثال، اگر دستگاه تراکتوری با سرعت دورانی ۲۰۰۰ RPM کار کند و قرار باشد حرکت را از محور انتقال نیرو تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، که دارای سرعت دورانی ۵۴۰ دور در دقیقه است، تأمین کند و انتقال حرکت نیز از طریق تسمه و چرخ تسمه انجام شود، باید از دو چرخ تسمه با قطرهای مختلف استفاده کرد. ولی پرسش اینجاست که قطر این دو چرخ تسمه چگونه به دست می‌آید. این یک نمونه از اهمیت محاسبه کمیت‌های مربوط به سرعت در مکانیزم تسمه و چرخ تسمه است».

شکل زیر را روی تخته رسم کنید.



شکل ۱۰-۱۲

پرسش: با توجه به شکل چرا سرعت محیطی چرخ تسمه محرک و متحرک و سرعت خطی تسمه با هم مساوی هستند؟  
پاسخ: چون تسمه با هر دو چرخ تسمه درگیر است پس سرعت محیطی هر دو چرخ تسمه باید با سرعت خطی تسمه برابر باشد.  
بیان کنید: «اگر سرعت محیطی چرخ تسمه محرک را با  $V_1$  و سرعت محیطی چرخ تسمه متحرک را با  $V_2$  مشخص کنیم، می‌توانیم بنویسیم». رابطه زیر را روی تخته بنویسید.

$$V_1 = V_2$$

بیان کنید: «سرعت محیطی دو چرخ تسمه را می‌توان با استفاده از سرعت‌های دورانی آن‌ها محاسبه کرد». روابط زیر (رابطه ۵-۳ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= V_2 \\ V_1 &= \frac{d_1 \times \pi \times n_1}{1000 \times 60} \\ V_2 &= \frac{d_2 \times \pi \times n_2}{1000 \times 60} \end{aligned} \right\} \frac{d_1 \times \pi \times n_1}{1000 \times 60} = \frac{d_2 \times \pi \times n_2}{1000 \times 60} \Rightarrow d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2$$

$V_1$ : سرعت محیطی چرخ تسمه محرک ( $\frac{m}{s}$ )

$V_2$ : سرعت محیطی چرخ تسمه متحرک ( $\frac{m}{s}$ )

$d_1$ : قطر چرخ تسمه محرک (mm)

$d_2$ : قطر چرخ تسمه متحرک (mm)

$n_1$ : سرعت دورانی چرخ تسمه محرک (RPM)

$n_2$ : سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک (RPM)

نکته: همواره تسمه‌های تخت روی چرخ تسمه‌ها به اندازه کمی شُر می‌خورد و این موضوع روی سرعت چرخ تسمه متحرک تأثیر دارد. ما در این محاسبه‌ها از آن چشم پوشی کرده‌ایم.

اکنون رابطه دور دو چرخ تسمه را مانند رابطه ۳-۶ کتاب روی تخته بنویسید :

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

بیان کنید: در رابطه ۳-۶ نسبت  $\frac{n_1}{n_2}$  «نسبت/انتقال» نامیده می‌شود و با حرف  $i$  نشان داده می‌شود.

رابطه ۳-۷ کتاب را روی تخته بنویسید :

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

جدول ۳-۱ کتاب را روی تخته بنویسید و به شرح زیر توضیح دهید.

- اگر قطر دو چرخ تسمه با هم مساوی باشند در نتیجه  $i=1$  خواهد شد و سرعت دورانی دو چرخ تسمه برابر هستند.
  - اگر قطر چرخ تسمه محرک بیشتر از چرخ تسمه متحرک باشد در نتیجه  $i < 1$  خواهد شد و سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک بیشتر از چرخ تسمه محرک خواهد بود.
  - اگر قطر چرخ تسمه محرک کمتر از چرخ تسمه متحرک باشد، در نتیجه  $i > 1$  خواهد شد و سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک بیشتر از چرخ تسمه متحرک خواهد بود.
- کار در کلاس: از هنرجویان بخواهید تا چند مورد از کاربرد تسمه و چرخ تسمه را برای تغییر دور در ماشین‌های کشاورزی بیان کنند.

بیان کنید: «با داشتن نسبت انتقال و سرعت دورانی یکی از چرخ تسمه‌ها می‌توان قطر و سرعت دورانی چرخ تسمه دیگر را به دست آورد. با محاسبه سرعت‌های دورانی، سرعت محیطی دو چرخ تسمه و سرعت خطی تسمه محاسبه می‌گردد. برای نمونه اگر سرعت دورانی چرخ تسمه محرک و نسبت انتقال را داشته باشیم می‌توانیم سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک را به دست آوریم».

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i}$$

کار در کلاس: روابط فوق را با داشتن نسبت انتقال برای به دست آوردن قطرهای دو چرخ تسمه، مطابق کتاب، توضیح دهید.

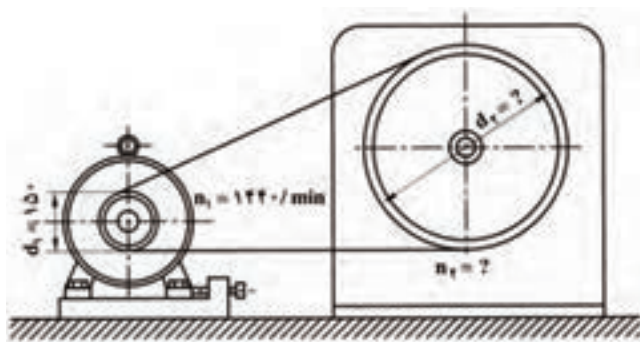
مسئله صفحه ۵۷ کتاب را پاسخ دهید.

از هنرجویان بخواهید مسئله صفحه ۵۸ را پاسخ دهند، سپس از یک داوطلب برای پاسخ دادن به مسئله پای تخته دعوت کنید.

تمرین ۵- در دستگاه انتقال حرکت، مانند شکل، اگر نسبت انتقال  $i=4$  باشد حساب کنید:

الف) سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک ( $n_2$ )

ب) قطر چرخ تسمه متحرک ( $d_2$ )



شکل ۱۱-۱۲

پاسخ:

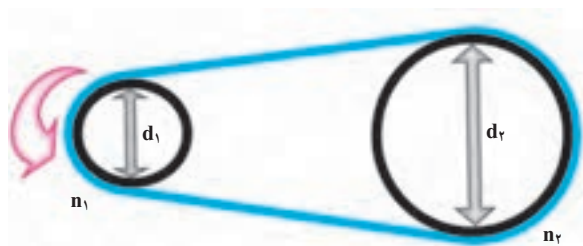
$$i = 4$$

$$n_1 = 1440 \text{ RPM}$$

$$d_1 = 150 \text{ mm}$$

$$n_2 = ?$$

$$d_2 = ?$$



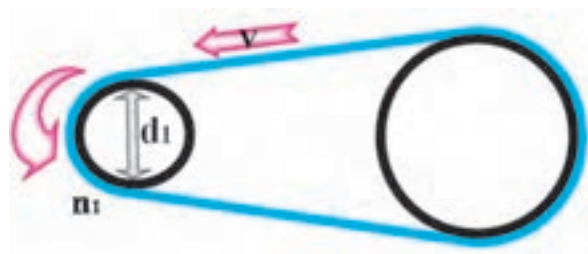
شکل ۱۲-۱۲

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} \Rightarrow n_2 = \frac{1440}{4} \Rightarrow \boxed{n_2 = 360 \text{ RPM}}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow d_2 = d_1 \times i \Rightarrow d_2 = 150 \times 4 \Rightarrow \boxed{d_2 = 600 \text{ mm}}$$

تمرین ۶- در تمرین قبل سرعت خطی تسمه چقدر است؟

پاسخ: از آنجایی که سرعت خطی تسمه با سرعت محیطی هر دو چرخ تسمه برابر است کافی است تا سرعت محیطی یکی از چرخ تسمه‌ها محاسبه شود.



شکل ۱۲-۱۳

$$n_1 = 1440 \text{ RPM}$$

$$d_1 = 150 \text{ mm}$$

$$V = ?$$

$$V = V_1$$

$$V_1 = \frac{d_1 \times \pi \times n}{1000 \times 60} = \frac{150 \times \pi \times 1440}{1000 \times 60} \Rightarrow V_1 = 11.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \boxed{V = 11.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

کار در خانه (۳): در یک ماشین کاه خردکن، انتقال حرکت از الکتروموتور به استوانه خردکننده توسط تسمه و چرخ تسمه انجام می‌شود. سرعت دورانی الکتروموتور ۱۷۰۰ دور در دقیقه و قطر چرخ تسمه ۲۰۰ میلی‌متر است. اگر نسبت انتقال  $i=3$  باشد، حساب کنید:

(الف) قطر چرخ تسمه متحرک (متصل به محور استوانه خردکن)

(ب) سرعت دورانی و زاویه‌ای چرخ تسمه متحرک

کار در خانه: چند مسئله طرح کنید و از هنرجویان بخواهید آن‌ها را برای کار در خانه حل کنند.



## آموزه سیزدهم

هدف‌های رفتاری را روی تخته بنویسید.

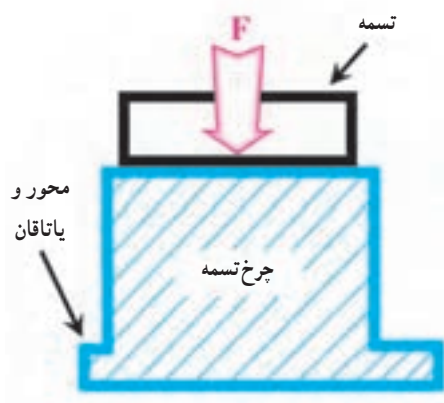
هدف‌های رفتاری: هنرجو با یادگیری این آموزه می‌تواند:

- تسمه دوزنقه‌ای را شرح دهد.
- چرخ دنده را تعریف کند.
- چگونگی درگیری دو چرخ دنده و شرایط درگیری آن‌ها را شرح دهد.
- مسائل مربوط به چرخ دنده‌ها را محاسبه کند.
- انتقال نیرو بین چند چرخ دنده را محاسبه کند.

### ۱۳-۱- انتقال حرکت با تسمه‌های دوزنقه‌ای (۲-۳-۳- صفحه ۵۹)

توضیح دهید: تسمه دوزنقه‌ای برای انتقال حرکت و نیروی زیاد در مواردی مانند کولر خانگی، کمباین، نقاله، اتومبیل و... آن‌ها به کار می‌رود.

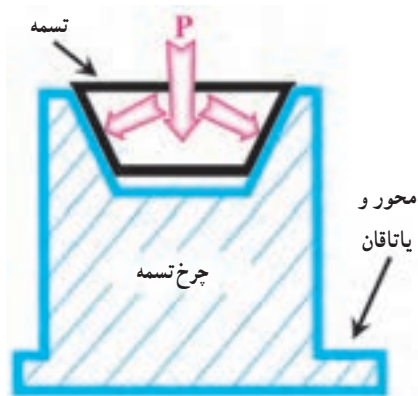
شکل ۱۳-۱ را روی تخته رسم کنید.



شکل ۱۳-۱

بیان کنید: «انتقال نیرو از تسمه به چرخ تسمه در تمام انواع تسمه‌ها از طریق نیروی اصطکاکی که بین تسمه و چرخ تسمه وجود دارد انجام می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۳-۱ می‌بینید در تسمه‌های تخت هنگامی که نیروی عمودی  $F$  از تسمه به چرخ تسمه وارد می‌شود، بین سطوح تسمه و چرخ تسمه نیروی اصطکاکی ایجاد می‌شود، این نیرو باعث انتقال نیرو از تسمه به چرخ تسمه می‌شود. اندازه نیروی اصطکاک به اندازه نیروی  $F$ ، جنس تسمه و چرخ تسمه، وضعیت زبری و نرمی دو سطح تماس و اندازه سطح تماس بین تسمه و چرخ تسمه (پهنای تسمه) بستگی دارد. اگر میزان کشیدگی تسمه کم شود، نیروی  $F$  و در نتیجه نیروی اصطکاک بین تسمه و چرخ تسمه کاهش می‌یابد و تسمه روی

چرخ تسمه می‌لغزد و نیروی کمی منتقل می‌شود. به دلیل محدود بودن سطح بین تسمه و چرخ تسمه و مقدار ضریب اصطکاک، نیروی اصطکاک بین این دو سطح تا اندازه‌ای افزایش می‌یابد. اگر نیروی  $F$  به قدری زیاد باشد که نیروی اصطکاک از حد مجاز بیشتر شود، باز نیرو به درستی منتقل نمی‌شود. بنابراین می‌توان گفت هر تسمه و چرخ تسمه تخت بر اساس جنس تسمه و چرخ تسمه و پهنای آن‌ها، توانایی انتقال نیروی معینی را دارند».



شکل ۲-۱۳

شکل ۲-۱۳ را روی تخته بکشید. تلاش کنید پهنای تسمه در این شکل برابر با تسمه شکل قبل باشد.

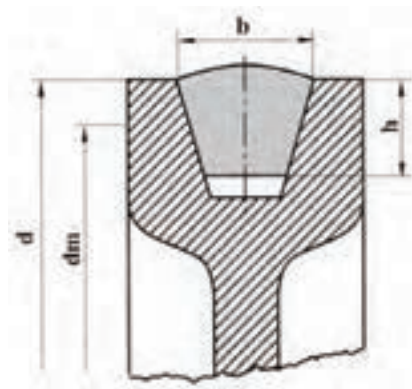
بیان کنید: «در تسمه‌های دوزنقه‌ای، انتقال نیرو از طریق سطوح جانبی تسمه و دیواره‌های جانبی چرخ تسمه انجام می‌شود. بین سطح پایین تسمه و کف شیار فاصله‌ای وجود دارد تا نیرو از طریق سطح پایین تسمه و کف شیار انجام نشود. چون تماس این دو سطح باعث می‌شود که سطح جانبی تسمه با چرخ تسمه از هم دور شوند و تسمه دوزنقه‌ای مانند تسمه تخت عمل نماید. با فرسوده شدن دیواره‌های تسمه، تسمه کمی پایین می‌آید و دوباره نیروی درگیری سطح جانبی تا اندازه لازم تأمین می‌شود.»

فرض کنید پهنای این تسمه دوزنقه‌ای با پهنای تسمه تخت شکل قبل مساوی باشد. همان‌طور که می‌بینید، اگر هدف انتقال نیروی P باشد، این نیرو به دو مؤلفه عمود بر سطوح جانبی شیار چرخ تسمه تجزیه می‌شود. چون سطح درگیری در تسمه و چرخ تسمه دوزنقه‌ای بیشتر از تسمه تخت است بنابراین نیروی اصطکاک و ظرفیت انتقال نیرو در این نوع تسمه بیشتر از تسمه تخت خواهد شد.»

بیان کنید: «همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می‌کنید، در تسمه تخت تمام نیرو به صورت عمودی به کف شیار چرخ تسمه و از طریق آن به یاتاقان نگه‌دارنده محور چرخ تسمه اعمال می‌شود. در صورتی که در تسمه‌های دوزنقه‌ای نیروی اعمال شده از تسمه به شیار چرخ تسمه به دیواره‌های جانبی منتقل می‌شود. چون برای انتقال نیروی چرخشی با تسمه دوزنقه‌ای نیاز به نیروی عمودی کمتری در مقایسه با تسمه تخت است. بنابراین در تسمه‌های دوزنقه‌ای نیروی عمودی کمتری به یاتاقان‌ها اعمال می‌گردد.»

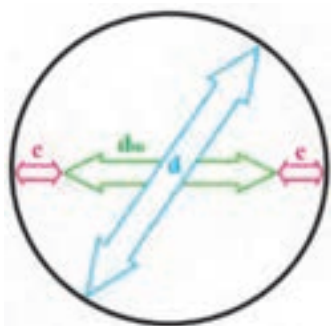
حال شرح دهید: «محاسبات مربوط به سرعت دورانی، نسبت انتقال و سرعت محیطی در این تسمه مشابه تسمه تخت است با این تفاوت که در اینجا به جای استفاده از قطر خارجی چرخ تسمه‌ها (d) از قطر مؤثر چرخ تسمه ( $d_m$ ) استفاده می‌شود.»

اکنون شکل ۱۷-۳ کتاب را روی تخته رسم کنید.



شکل ۳-۱۳ (شکل ۱۷-۳ کتاب)

توضیح دهید: «برخلاف چرخ تسمه تخت در چرخ تسمه‌های دوزنقه‌ای برای انجام محاسبات باید قطر مؤثر جای‌گزین شود.»



شکل ۴-۱۳

شکل ۴-۱۳ را روی تخته رسم کنید.

بیان کنید: «شکل رسم شده محیط یک چرخ تسمه را نشان می‌دهد که در آن قطر خارجی و متوسط مشخص شده است. قطر خارجی قابل اندازه‌گیری است. c مقداری است که به عرض تسمه بستگی دارد و از جدول‌هایی مانند جدول ۲-۳

صفحه ۶۰ کتاب به دست می آید.

جدول ۳-۲ کتاب را شرح دهید.

بیان کنید: «پس از اندازه گیری قطر خارجی چرخ تسمه و پیدا کردن  $c$ ، قطر متوسط محاسبه می شود». رابطه زیر (رابطه ۳-۱۱ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$d_m = d - 2c \quad (\text{رابطه ۳-۱۱ کتاب})$$

توضیح دهید: «اگر چرخ تسمه محرکی با قطر مؤثر  $d_{m1}$  و سرعت دورانی  $n_1$ ، چرخ تسمه متحرکی به قطر مؤثر  $d_{m2}$  و سرعت دورانی  $n_2$  را به حرکت درآورد، سرعت دورانی آن ها با هم متناسب است». رابطه زیر (رابطه ۳-۱۰ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید:

$$i: \text{نسبت انتقال (بدون واحد)} \quad d_{m1} \times n_1 = d_{m2} \times n_2$$

$d_{m1}$ : قطر مؤثر چرخ تسمه محرک (mm)

$d_{m2}$ : قطر مؤثر چرخ تسمه متحرک (mm)

$n_1$ : سرعت دورانی چرخ تسمه محرک (RPM)

$n_2$ : سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک (RPM)

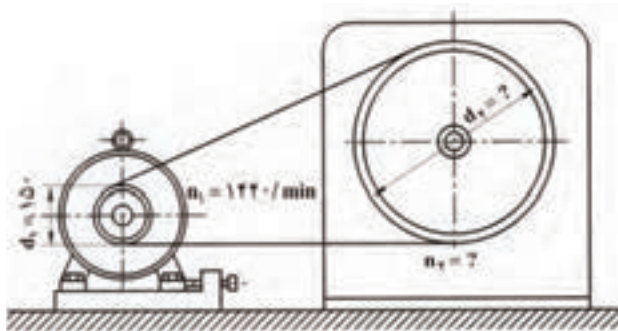
$c$ : فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ تسمه (mm)

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

$$i = \frac{d_{m2}}{d_{m1}}$$

بیان کنید: «هر تسمه و چرخ تسمه توانایی انتقال اندازه مشخصی نیرو را دارد. اگر نیاز باشد نیروی بیشتری منتقل شود چرخ تسمه های دو شیاره، سه شیاره یا بیشتر با چند تسمه دوزنقه ای به کار برده می شود، که تعداد شیارها بر پایه اندازه نیرو تعیین می شود. هر چه تعداد شیارها و تسمه ها بیشتر باشد توانایی انتقال نیرو بیشتر خواهد بود». مسئله صفحه ۶۱ کتاب را حل کنید.

برای درک بهتر هنجریان، تمرین های بیان شده در این آزمون را در کلاس مطرح کنید و از آن ها بخواهید تا این



شکل ۵-۱۳

تمرین ها را حل کنند. سپس از داوطلبی بخواهید تا مسئله را پای تخته حل کند و اشتباهات هنجرو را به او یادآور شوید.

تمرین ۱: در دستگاه انتقال حرکت، مطابق شکل، از تسمه دوزنقه ای با عرض ۲۲ mm استفاده شده است. اگر نسبت انتقال  $i=4$  باشد، حساب کنید:

الف) سرعت دورانی چرخ تسمه متحرک ( $n_2$ )

ب) قطر چرخ تسمه متحرک ( $d_2$ )

$$i = 4$$

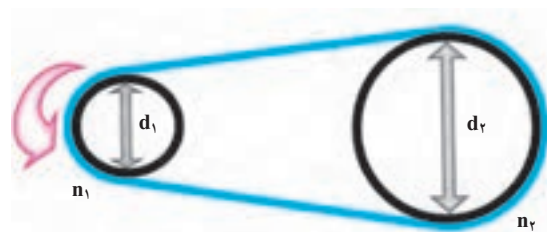
$$b = 22 \text{ mm}$$

$$n_1 = 1440 \text{ RPM}$$

$$d_1 = 150 \text{ mm}$$

$$n_2 = ?$$

$$d_2 = ?$$



پاسخ:

شکل ۶-۱۳

از جدول :

$$c = 7\text{mm} \Rightarrow d_{m1} = d - 2c \Rightarrow d_{m1} = 150 - 2 \times 7 \Rightarrow \boxed{d_{m1} = 136\text{mm}}$$

$$i = \frac{d_{m2}}{d_{m1}} \Rightarrow 4 = \frac{d_{m2}}{136} \Rightarrow \boxed{d_{m2} = 544\text{mm}}$$

$$c = 7\text{mm} \Rightarrow d_{m2} = d_2 - 2c \Rightarrow d_2 = 544 + 2 \times 7 \Rightarrow \boxed{d_2 = 558\text{mm}}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} \Rightarrow n_2 = \frac{1440}{4} \Rightarrow \boxed{n_2 = 360\text{RPM}}$$

کار در خانه: در یک ماشین کاه خردکن، الکتروموتور با تسمه دوزنقه‌ای و پولی استوانه خردکننده را به حرکت در می‌آورد. سرعت دورانی الکتروموتور  $1700^\circ$  دور در دقیقه و قطر پولی  $200^\circ$  میلی‌متر است. اگر نسبت انتقال  $i=3$  باشد، حساب کنید :

(الف) قطر چرخ تسمه متحرک (متصل به محور استوانه خردکن)

(ب) سرعت دورانی و زاویه‌ای چرخ تسمه متحرک

کار در خانه: مسائل صفحه ۶۱ و ۶۲

## ۲-۱۳ چرخ دنده (۴-۳- صفحه ۶۳)

توضیح دهید: «برای جابه‌جایی حرکت دورانی و نیرو می‌توان از چرخ دنده استفاده کرد (قبلاً در درس اجزای ماشین با انواع و کاربردهای آن آشنا شده‌اید). چرخ دنده، بیشتر در موتور، ماشین‌های کشاورزی و به ویژه در جعبه دنده‌ها برای جابه‌جایی، تغییر اندازه و جهت حرکت و نیرو به کار می‌رود. چرخ دنده، نسبت به تسمه و چرخ تسمه، برتری‌هایی دارد که که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از:

■ انتقال نیروی بیشتر در حجم کم؛

■ نبود لغزش هنگام انتقال حرکت - از این رو برای زمان‌بندی (تایمینگ) مکانیزم‌ها، تسمه - به جز تسمه دندانه‌دار - کارایی

ندارد و برای این کار بیشتر چرخ دنده به کار می‌رود؛

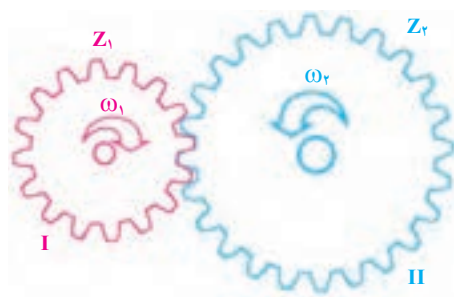
■ عمر بیشتر؛

■ نیاز کمتر به سرویس و نگهداری.

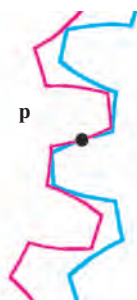
در سیستم چرخ دنده‌ای، انتقال نیرو و حرکت با درگیر شدن دو دندانه مجاور انجام می‌شود.

شکل ۲۲-۳ الف) کتاب را روی تخته رسم کنید. می‌توانید به جای رسم چرخ دنده‌ها، دایره یا چرخ دنده‌هایی با تعداد

دندانه کم‌تر رسم کنید.

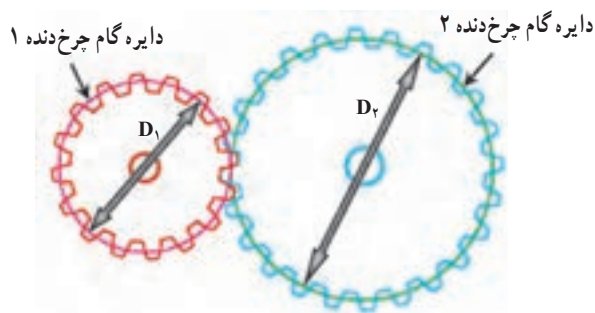


شکل ۷-۱۳



شکل ۸-۱۳

بیان کنید: «برای مشخص کردن تعداد دندانه‌های یک چرخ دنده از حرف انگلیسی Z استفاده می‌شود. در زمان انتقال نیرو از یک دندانه به دندانه دیگر، دو دندانه روی یک نقطه مشترک با هم تماس پیدا می‌کنند. فرض کنید که این نقطه P نام دارد». نقطه P را روی شکل مشخص کنید (شکل ۸-۱۳).



شکل ۹-۱۳

توضیح دهید: «می‌توان به مرکز هر دو چرخ دنده دو دایره رسم کرد که در نقطه P بر هم مماس باشند». شکل ۷-۱۳ را به صورت روبه‌رو تکمیل کنید.

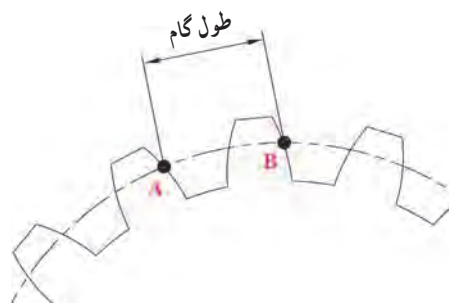
بیان کنید: «هرکدام از این دایره‌ها با قطرهای  $D_1$  و  $D_2$ ، دایره‌های گام چرخ دنده‌های ۱ و ۲ هستند که با هم مماس‌اند. همان‌طور که می‌دانید هنگام دوران، دو چرخ دنده نسبت به هم لغزش ندارند. بنابراین مانند آنچه در تسمه و چرخ تسمه گفته شد، نسبت قطر دو چرخ دنده با سرعت دورانی آن‌ها برابر است».

رابطه زیر (رابطه ۱۲-۳ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

بیان کنید: «برای استفاده از رابطه فوق لازم است قطر  $D_1$  و  $D_2$  تعیین گردد. ولی چون دایره‌های گام روی چرخ دنده‌ها قابل دیدن نیستند، قطر آن‌ها نیز به راحتی اندازه‌گیری نمی‌شود. روی هر چرخ دنده تعداد مشخصی دندانه با فواصل مساوی نسبت به هم وجود دارد. به فاصله بین دندانه‌ها «گام دندانه» گفته می‌شود که با t مشخص می‌گردد».

شکل ۱۰-۱۳ را روی تخته بکشید و شرح دهید.



شکل ۱۰-۱۳

بیان کنید: «همان‌طور که روی شکل می‌بینید، طول گام با طول کمان AB (که روی دایره گام قرار دارد) متناسب است، بنابراین مجموع طول گام‌های یک چرخ دنده با محیط دایره گام متناسب است. پس اگر محیط دایره گام بر تعداد دندانه‌ها تقسیم شود، طول گام به دست می‌آید». رابطه زیر (رابطه ۱۳-۳ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

t : گام دندانه (mm)

D : قطر دایره گام (mm)

Z : تعداد دندانه‌های چرخ دنده

$$t = \frac{\pi D}{Z}$$

بیان کنید: «از طرف دیگر گام دندانه‌ها در دو چرخ دنده درگیر با هم مساوی ساخته می‌شوند تا دندانه‌های چرخ دنده در شیار چرخ دنده دیگر قرار گیرد. بنابراین تعداد دندانه‌ها و قطر گام دو چرخ دنده درگیر باید با هم متناسب باشند».

روابط زیر (رابطه ۱۴-۳ کتاب) را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{\pi D_1}{Z_1} \\ t &= \frac{\pi D_2}{Z_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\pi D_1}{Z_1} = \frac{\pi D_2}{Z_2} \Rightarrow \frac{D_1}{Z_1} = \frac{D_2}{Z_2} \Rightarrow \frac{D_1}{D_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

چون  $\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$  پس می‌توان نوشت:

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

تمرین ۲: دو چرخ دنده با هم درگیر هستند. سرعت دورانی چرخ دنده اول  $24^\circ$  دور در دقیقه است. اگر تعداد دندانه‌های چرخ دنده اول ۳۶ عدد و تعداد دندانه‌های چرخ دنده دوم ۱۲ عدد باشد، سرعت دورانی چرخ دنده دوم را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$Z_1 = 36$$

$$Z_2 = 12$$

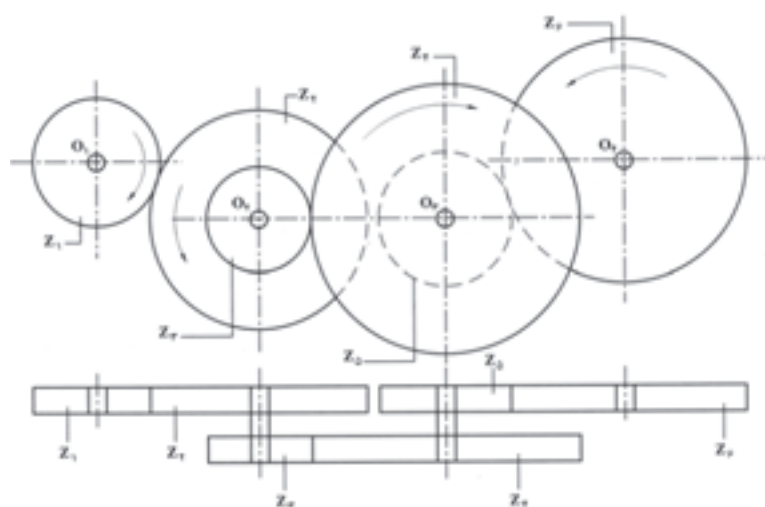
$$n_1 = 24^\circ \text{ RPM}$$

$$n_2 = ?$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \times Z_1}{Z_2} = \frac{24 \times 36}{12} \Rightarrow \boxed{n_2 = 72^\circ \text{ RPM}}$$

### ۳-۱۳- محاسبه سرعت دورانی در بیش از دو چرخ دنده (صفحه ۶۵)

توضیح دهید: «در بیشتر مکانیزم‌های انتقال نیرو با چرخ دنده، مانند جعبه دنده‌ها برای انتقال و تغییر اندازه یا جهت نیرو بین محورهای محرک و متحرک دو یا چند چرخ دنده به کار می‌رود. در برخی از جعبه دنده‌ها، چرخ دنده‌های هرزگردی هستند



که برای تغییر اندازه یا جهت حرکت و نیرو به کار می‌روند. روش کار برای به دست آوردن سرعت دورانی محورهای ورودی، خروجی و چرخ دنده‌ها شبیه مراحل گفته شده است، با این تفاوت که در اینجا باید در مسیر انتقال حرکت از محور ورودی تا محور خروجی سرعت دورانی و تغییر سوی حرکت تمام چرخ دنده‌های درگیر مشخص شود تا سرانجام سرعت دورانی و سوی چرخش عضو مورد نظر به دست آید».

شکل ۱۱-۱۳ (۲۳-۳ صفحه ۶۵)

شکل ۱۱-۱۳- (شکل ۲۳-۳ کتاب)

کتاب) را روی تخته رسم کنید.



بیان کنید: «همانطور که می بینید در شکل رسم شده، ۶ چرخ دنده وجود دارد. چرخ دنده ۱ روی محور محرک ۱ قرار دارد و سرعت دورانی و سوی چرخش هر دو مساوی است. چرخ دنده های ۲ و ۳ روی محور ۲ قرار دارند و هر سه عضو با یک سرعت دورانی و در یک سو می چرخند. چرخ دنده های ۴ و ۵ روی محور ۳ قرار دارند و هر سه عضو با یک سرعت دورانی و هم سو می چرخند. چرخ دنده ۶ نیز روی محور ۴ قرار دارد و سرعت دورانی و سوی چرخش آن ها برابر است. حرکت از چرخ دنده ۱ به ۲ منتقل می شود و سوی چرخش و مقدار آن تغییر می کند. می توان سرعت دورانی چرخ دنده ۲ را محاسبه کرد».

رابطه زیر را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

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

بیان کنید: «چرخ دنده ۲ و ۳ روی محور ۲ قرار دارند و هم دور و هم سو هستند»  
رابطه زیر را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$n_2 = n_3 = n_{sh2}$$

بیان کنید: « $n_{sh2}$  معرف سرعت دورانی محور ۲ است. سپس حرکت از چرخ دنده ۳ به چرخ دنده ۴ با تغییر در جهت و اندازه دور منتقل می گردد». رابطه زیر را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

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

بیان کنید: «چون چرخ دنده های ۴ و ۵ روی محور ۳ قرار دارند، بنابراین اندازه و سرعت دورانی و سوی حرکت این ۳ قطعه با هم برابر است». رابطه زیر را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

$$n_4 = n_5 = n_{sh3}$$

بیان کنید: «سرانجام حرکت از چرخ دنده ۵ به چرخ دنده ۶ با تغییر در جهت و اندازه سرعت دورانی منتقل می شود». رابطه زیر را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

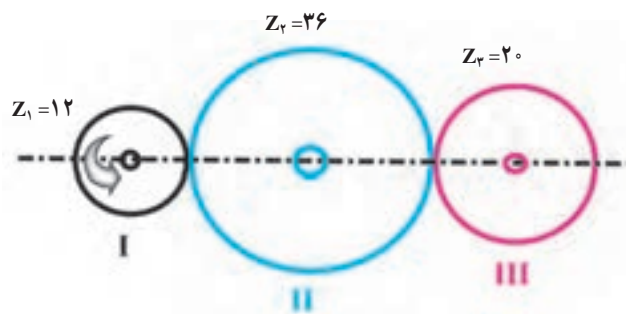
$$n_6 = \frac{n_5 Z_5}{Z_6}$$

بیان کنید: «سرعت دورانی محور ۴ نیز با چرخ دنده ۶ یعنی  $n_6$  برابر است».

نکته: برای پیدا کردن سوی چرخش چرخ دنده متحرک، باید توجه کنید که اگر چرخ دنده ها هر کدام روی یک محور جداگانه باشند یعنی روی یک محور دو چرخ دنده وجود نداشته باشد و تعداد محورهایی که بین چرخ دنده اول و آخر قرار می گیرند زوج باشد، سوی حرکت چرخ دنده متحرک خلاف سوی چرخش چرخ دنده محرک است و اگر تعداد محورهای بین آن ها فرد باشد سوی حرکت آن ها یکی خواهد شد.

مسئله صفحه ۶۶ کتاب را حل کنید.

تمرین ۳: سه چرخ دنده نشان داده شده در شکل باهم درگیرند. سرعت دورانی چرخ دنده اول  $15^\circ$  دور در دقیقه است. سرعت و سوی چرخش چرخ دنده سوم را محاسبه کنید.



شکل ۱۲-۱۳

پاسخ:

$$Z_1 = 12$$

$$n_2 = \frac{n_1 Z_1}{Z_2} \Rightarrow n_2 = \frac{150 \times 12}{36} \Rightarrow \boxed{n_2 = 50 \text{ RPM}}$$

$$Z_2 = 36$$

سوی چرخش چرخ دنده ۲ خلاف سوی چرخش چرخ دنده ۱ یعنی هم‌سوی حرکت عقربه‌های ساعت است.

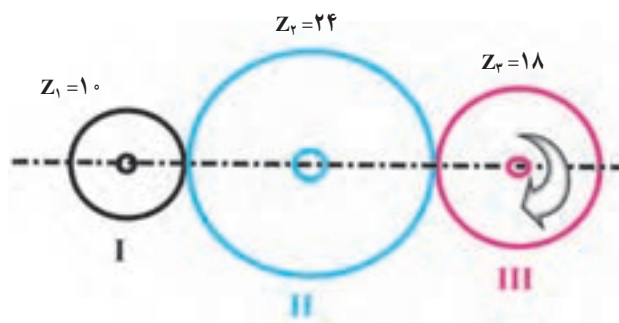
$$Z_3 = 20$$

$$n_1 = 150 \text{ RPM}$$

$$n_3 = \frac{n_2 Z_2}{Z_3} \Rightarrow n_3 = \frac{50 \times 36}{20} \Rightarrow \boxed{n_3 = 90 \text{ RPM}}$$

$$n_2 = ?$$

سوی چرخش دوران چرخ دنده ۳ خلاف سوی چرخش چرخ دنده ۲ یعنی خلاف حرکت عقربه‌های ساعت است. کار در خانه (۲): سه چرخ دنده نشان داده شده در شکل با هم درگیرند. سرعت دورانی چرخ دنده سوم  $150^\circ$  دور در دقیقه است. سرعت و سوی چرخش چرخ دنده اول را محاسبه کنید.



شکل ۱۳-۱۳

از هنجریان بخواهید مسائل صفحه ۶۷ کتاب را برای کار در خانه حل کنند.



# آموزه چهاردهم

تمرین‌های دوره‌ای دوم از صفحه ۱ تا ۶۷ برای آمادگی آزمون نیم‌سال اول

# آموزه پانزدهم

آزمون نیم سال اول