

فصل نهم



ماشین‌ها

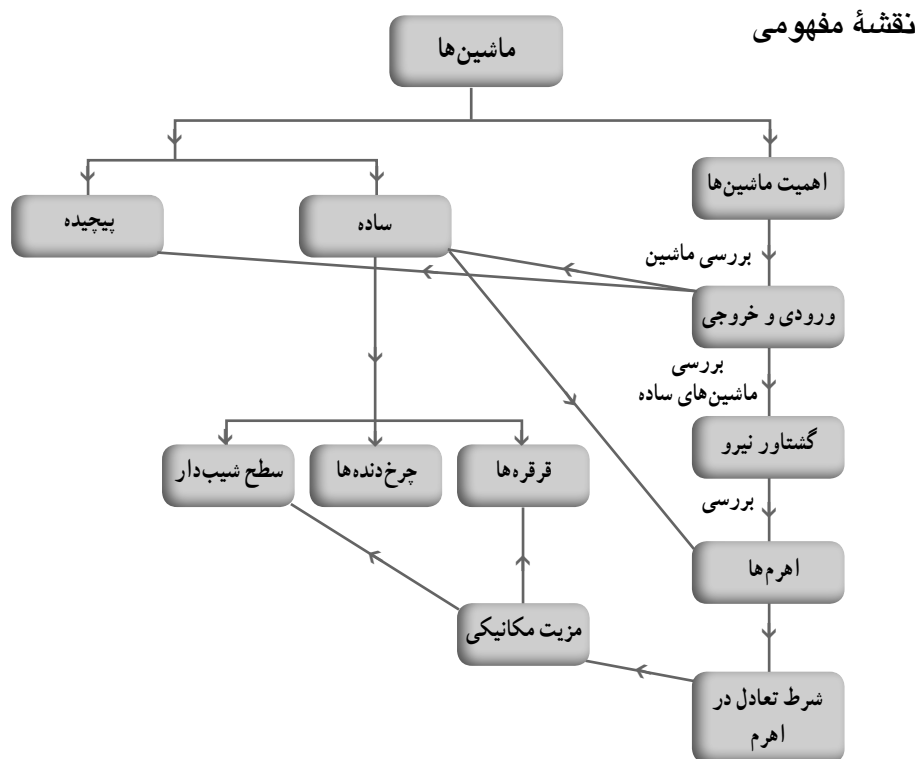


اهداف کلی پیامد محور

در این فصل دانش‌آموزان با نقش ماشین‌ها در زندگی، ورودی و خروجی ماشین‌ها، مفهوم گشتاور نیرو و شرط تعادل براساس گشتاور نیرو آشنا شده و به درکی از مزیت مکانیکی می‌رسند و بر این اساس می‌توانند ماشین‌های ساده‌ای مانند اهرم‌ها، قرقره‌ها، سطح شیب‌دار و چرخ‌دنده‌ها را مورد بررسی قرار دهند.

فصل در یک نگاه

ابتدا در مورد اهمیت ماشین‌ها در زندگی مطالبی آورده می‌شود تا دانش‌آموزان انگیزه لازم را به منظور بررسی و یادگیری فصل پیدا کنند. در علوم پنجم ابتدایی فصلی در ارتباط با ماشین‌های ساده آمده است و در آنجا دانش‌آموزان فعالیت‌ها و آزمایش‌های زیادی را با اهرم و سطح شیب‌دار انجام داده‌اند. در اینجا ماشین‌ها را به صورت عمیق‌تر و گسترده‌تر بررسی می‌کنیم. هر ماشینی یک ورودی و یک خروجی دارد. ورودی یا خروجی ماشین‌ها ممکن است براساس نیرو، گشتاور نیرو، توان یا انرژی بررسی شود. هر ماشین از تعدادی اجزای ساده به نام ماشین ساده تشکیل شده که این اجزا با هم در ارتباط‌اند و یک هدف را دنبال می‌کنند. برای بررسی و تحلیل برخی از ماشین‌ها لازم است از مفهوم گشتاور نیرو استفاده شود. اثر چرخاندگی نیرو را، گشتاور نیرو می‌گوییم. آزمایش نشان می‌دهد اندازه گشتاور نیرو به اندازه نیرو و فاصله نقطه اثر نیرو تا محور چرخش بستگی دارد. اهرم به عنوان ماشین ساده بررسی شده است و شرط تعادل در آن آورده می‌شود (اندازه گشتاور نیروی پادساعتگرد = اندازه گشتاور نیروی ساعتگرد). مزیت مکانیکی به عنوان تعریف و ضریبی مهم در ماشین‌ها مطرح می‌شود. بررسی دستگاه طناب و قرقره و به دست آوردن مزیت مکانیکی آن، بخش دیگری از فصل است و چرخ‌دنده‌ها به عنوان ماشینی ساده و پرکاربرد در اغلب ماشین‌هایی که می‌چرخند معرفی شده است و کارکرد آنها براساس تعداد دندانه‌ها، تحلیل می‌شود. آخرین ماشینی که در این فصل مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد، سطح شیب‌دار است. سطح شیب‌دار به ما کمک می‌کند تا با نیروی کمتر اما در مسافتی طولانی‌تر، جسم سنگین را به سمت بالا حرکت دهیم. نکته مهمی که در این فصل مورد تأکید است، قانون پایستگی انرژی در ماشین‌ها است. توجه داریم که در هیچ ماشینی این قانون نقض نمی‌شود و در همه بررسی‌ها فرض می‌شود که اصطکاک ناچیز است.



هدف‌های جزئی : از دانش‌آموزان انتظار می‌رود در پایان این فصل بتوانند :

- ۱- با اهمیت ماشین و نقش آن در زندگی، صنعت و ... آشنا شوند.
- ۲- ماشین را براساس ورودی و خروجی آن بررسی کنند.
- ۳- گشتاور نیرو را بشناسند و تعادل در اهرم‌ها را براساس آن توضیح دهند.
- ۴- با آزمایش عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو را به دست آورند.
- ۵- مزیت مکانیکی را فهمیده و بتوانند آن را در اهرم‌ها محاسبه کنند.
- ۶- با قرقره‌ها، مزیت مکانیکی و پاستگی انرژی در آنها آشنا شوند.
- ۷- با آزمایش مزیت مکانیکی قرقره ثابت و متحرک را به دست آورند.
- ۸- چرخ‌دنده‌ها را براساس تعداد دهنده‌ها، سرعت چرخشی و گشتاور نیرو تحلیل کنند.
- ۹- نقش سطح شیب‌دار را به عنوان یک ماشین ساده قدیمی در نظر گرفته و می‌توانند مزیت مکانیکی آن را محاسبه و اندازه‌گیری نمایند.

راهنمای تدریس

شاید هیچ چیز از ایجاد انگیزه برای شروع تدریس و درگیر کردن دانش آموزان با موضوع درس مهم تر نباشد. یکی از روش های مرسوم ایجاد انگیزه، مرتبط کردن موضوع درس با زندگی روزمره دانش آموزان است.

صفحه اول فصل با چند سؤال، سعی می کند دانش آموزان را با اهمیت و نقش ماشین ها در زندگی آشنا کند. شاید بهتر باشد قبل از شروع درس از دانش آموزان بخواهیم در مورد نقش ماشین ها در زندگی بحث و گفت و گو، و نتیجه آن را به کلاس گزارش کنند.

دانش آموزان در علوم سال پنجم تا حدودی با ماشین ها آشنا شده اند. در آن کتاب مطالب زیر در مورد ماشین ها آمده است «برای انجام دادن بعضی از کارها به نیروی کمی نیاز داریم اما نیروی شما برای انجام دادن بعضی کارها کافی نیست. از اهرم برای بلند کردن اجسام سنگین در حالت های مختلف استفاده می شود؛ معرفی الکلنگ به عنوان یک اهرم. آزمایش هایی توسط خط کش آویزان و گیره های کاغذی برای ایجاد تعادل؛ معرفی قسمت های اصلی اهرم؛ معرفی در بازکن، قیچی و ترازو به عنوان اهرم؛ معرفی سطح شیب دار و آزمایش های مختلف برای بالا بردن جسم سنگین از سطح شیب دار با شیب های مختلف (در این آزمایش ها از نیروسنج برای مقایسه نیروها استفاده می شود)، تعریف ماشین (به وسایلی مانند اهرم و سطح شیب دار که انجام دادن کارها را برای ما آسان می کنند، ماشین می گویند). معرفی قرقره به عنوان یک ماشین ساده؛ معرفی پیچ گوشتی، دستگیره در، چاقو و اژه به عنوان ماشین ساده. ساختمان بعضی از ماشین ها پیچیده است. هر ماشین پیچیده از به هم پیوستن تعدادی ماشین

ساده به وجود می آید. امروزه نیروی لازم برای انجام دادن بسیاری از کارها از انرژی الکتریکی به دست می آید؛ مانند قطارهای برقی، ماشین لباسشویی، پنکه، چرخ گوشت برقی و ...»

راهنمای تدریس: ماشین ها چگونه به ما کمک

می کنند؟

از دانش آموزان می خواهیم ماشین هایی را که در زندگی روزمره با آنها سروکار دارند نام ببرند و نقش برخی از آنها را بیان کنند؛ مثلاً در مورد دوچرخه، ما به پدال ها نیرو وارد می کنیم و این نیرو سبب انجام کار



شکل ۱- ۹

می‌شود. کار انجام شده توسط شخص به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود. نقش دو چرخه در زندگی، جابه‌جایی ساده‌تر بین دو مکان است. یا اتومبیل برای جابه‌جایی و حمل و نقل ساده و سریع‌تر استفاده می‌شود. در اتومبیل انرژی ناشی از سوخت به گرما و انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

فکر کنید صفحه ۹۲

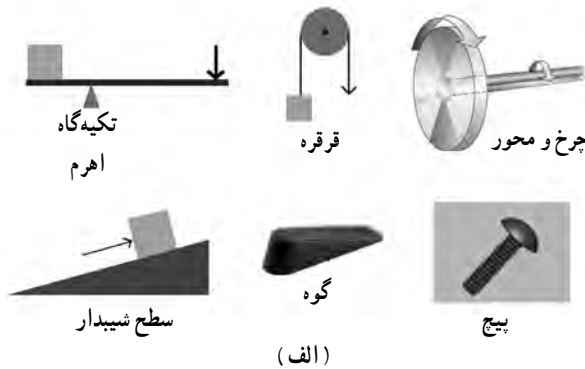
نقش قایق: جابه‌جایی بین دو مکان روی آب و حرکت سریع‌تر
 کار انجام شده توسط نیرویی که شخص به پارو وارد می‌کند و تبدیل آن به انرژی حرکتی
 نقش چرخ خیاطی دستی: دوخت سریع (توسط حرکت سریع سوزن)
 کار انجام شده توسط نیرویی که شخص با دست یا پا وارد می‌کند و تبدیل آن به انرژی جنبشی (اگر
 چرخ خیاطی برقی باشد، انرژی الکتریکی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود).
 نقش اتوبوس: حمل تعداد زیادی مسافر و جابه‌جایی آنها
 تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرکتی و گرما
 نقش پنکه: تولید باد (هوای در حال حرکت)
 انرژی الکتریکی توسط موتورس به انرژی جنبشی پره‌ها تبدیل، و پره‌ها با گردش خود سبب
 حرکت سریع ذرات هوا می‌شود.

نقش ماشین لباسشویی: شستشوی لباس به وسیله حرکت یک استوانه مشبک. انرژی
 الکتریکی در موتور الکتریکی داخل آن به انرژی جنبشی تبدیل، و سبب گردش لباس در مخلوط آب
 و مواد شوینده می‌شود.

در ادامه، ماشین ساده توصیف می‌شود. نکته مهم، جمله بعد از این توصیف است که یک ماشین
 از تعداد زیادی ماشین ساده تشکیل می‌شود و این اجزا با هم در ارتباطند و یک هدف را دنبال
 می‌کنند.

ماشین ساده

در ابتدای این بخش تأکید می‌شود که تولید ماشین‌های پیچیده براساس اختراع ماشین‌های ساده
 صورت گرفته است. این موضوع را دانش‌آموزان به راحتی بیان می‌کنند. در ادامه، اهرم را به عنوان
 ماشین ساده معرفی می‌کند و کمی به نقش آن می‌پردازد. شکل ۵ برخی از انواع ماشین‌های ساده را
 نشان می‌دهد. در برخی از منابع، ماشین‌ها را به ۶ نوع سطح شیب‌دار، گوه، اهرم، چرخ و محور، پیچ
 و طناب و قرقره تقسیم‌بندی می‌کنند.



(ب)

شکل ۲-۹

برای اینکه بتوانیم اهرم را بررسی و تحلیل کنیم، بهتر است مفهوم گشتاور نیرو را بیان کنیم. گشتاور نیرو: باز و بسته کردن درِ کلاس و وارد کردن نیرو در فاصله‌های مختلف از محور چرخش در، به ما کمک می‌کند تا مبحث را با یک فعالیت شروع کنیم. اغلب دانش‌آموزان تجربهٔ باز و بسته کردن پیچ و مهره توسط آچار را دارند. از این فراخوانی تجربه نیز می‌توان برای شروع درس استفاده کرد.

آزمایش صفحه ۹۴

هدف: گشتاور نیرو علاوه بر اندازهٔ نیرو به فاصلهٔ محل اثر نیرو تا تکیه‌گاه نیز بستگی دارد. این آزمایش به سادگی قابل اجرا است. البته می‌توان به جای این آزمایش از یک آچار، که دستهٔ آن بلند است نیز برای باز کردن پیچ یا مهره استفاده کرد و مراحل مختلف آزمایش را با آن انجام داد.

با این آزمایش، دانش‌آموزان متوجه می‌شوند که باز کردن پیچ یا مهره توسط آچاری که دسته‌اش بلندتر است، راحت‌تر انجام می‌شود.

در این مرحله، می‌توان گشتاور نیرو را تعریف کرد. توجه کنید ما در تمام مراحل، نیرو را عمود بر محور در نظر گرفتیم و از حالت‌های زاویه‌دار پرهیز می‌کنیم و نقش زاویه را در گشتاور نیرو وارد نمی‌کنیم (این حالت پیچیده است و معمولاً در دوره دوم متوسطه نیز بررسی نمی‌شود).

مثال پیشنهادی: در شکل ۷ اگر فاصله دست تا مهره 40 cm و نیرویی که دست به آچار وارد می‌کند، 50 N باشد، اندازه گشتاور نیروی وارد بر مهره چند نیوتون است؟ از وزن آچار صرف نظر می‌شود.

اندازه نیرو \times فاصله نقطه اثر نیرو تا محور چرخش = اندازه گشتاور نیرو

$$= 0.4\text{ m} \times 50\text{ N} = 20\text{ Nm}$$

توجه: در تعریف گشتاور نیرو، اگر گشتاور نیرو را با m (ابتدای عبارت moment of force) و فاصله نقطه اثر نیرو تا محور را با d (distance) و نیرو را با F (Force) نشان دهیم، رابطه گشتاور نیرو را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$m = d \times F$$

توجه: در برخی از کتاب‌ها گشتاور نیرو را با τ (اول کلمه Torque) نشان می‌دهند. **اهرم:** همان‌طور که در ابتدای فصل اشاره شد، دانش‌آموزان از دوره ابتدایی با اهرم آشنا شده، و در آنجا آزمایش‌های زیادی با اهرم انجام داده‌اند. در اینجا بررسی اهرم به کمک مفهوم گشتاور نیرو مدنظر است. به کمک الاکلنگ که نوعی اهرم به‌شمار می‌رود، می‌توان حالت تعادل را براساس گشتاور نیرو و اثر چرخشی آن توضیح داد.

در الاکلنگ اگر گشتاور نیرو در دو طرف هم‌اندازه باشد، الاکلنگ در حالت تعادل باقی می‌ماند، اما اگر گشتاور نیرو در یک طرف بیشتر باشد، اثر چرخشی آن طرف بیشتر، و الاکلنگ از تعادل خارج می‌شود و شروع به چرخیدن می‌کند.

با کمک شکل ۸ یا ۹، جهت‌های ساعتگرد و پادساعتگرد را معرفی می‌کنیم و شرط تعادل را برای دانش‌آموزان می‌نویسیم.

مثال: اگر در شکل ۹، جرم وزنه M_1 ، 30 kg و فاصله آن از تکیه‌گاه 2 m و جرم وزنه M_2 ، 60 kg باشد، وزنه M_2 در چه فاصله‌ای از تکیه‌گاه قرار گیرد تا اهرم در حالت تعادل قرار گیرد؟ ($g = 10\text{ N/kg}$)

پاسخ:

$$d_1 = 2\text{ m} , m_1 = 30\text{ kg} , m_2 = 60\text{ kg} , d_2 = ?$$

$$F_1 = W_1 = m_1 g = 30\text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 300\text{ N}$$

$$F_p = W_p = m_p g = 60 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 600 \text{ N}$$

اندازه گشتاور نیروی پاد ساعتگرد = اندازه گشتاور نیروی ساعتگرد

$$d_1 \times F_1 = d_2 \times F_2 \Rightarrow 2 \text{ m} \times 300 \text{ N} = d_2 \times 600 \text{ N} \Rightarrow 600 \text{ Nm} = d_2 \times 600 \text{ N}$$

$$d_2 = \frac{600 \text{ Nm}}{600 \text{ N}} = 1 \text{ m}$$

توجه: در اهرم‌ها فرض می‌شود وزن میله در مقابل نیروهای دیگر بسیار کمتر باشد و به همین دلیل وزن میله و گشتاور ناشی از وزن میله را در محاسبات در نظر نمی‌گیریم یا میله را از وسط روی تکیه‌گاه قرار می‌دهیم تا اثر گشتاوری وزن میله، صفر شود. ضمناً از آوردن مثال‌های پیچیده در اینجا جداً پرهیز شود (حالت‌هایی که به محاسبه بیش از دو گشتاور نیرو نیاز دارد).

مزیت مکانیکی: می‌دانیم هر دستگاه یا ماشینی تنها بخشی از انرژی یا کار ورودی را به کار و یا انرژی مورد نظر ما تبدیل می‌کند و بخش دیگری از انرژی یا کار به کار یا انرژی‌های ناخواسته تبدیل می‌شود. با این توصیف علت استفاده از ماشین‌ها چیست؟ پاسخ به این سؤال در مزیت مکانیکی ماشین، نهفته است؛ مثلاً کار شخصی که به کمک اهرم، جسم سنگینی را بلند می‌کند از کار نیروی مقاوم کمتر نیست؛ اما برای بلند کردن جسم سنگین با قرارگیری محل مناسب برای تکیه‌گاه از نیروی بسیار کمتر از وزن جسم استفاده می‌کنیم. اما جابه‌جایی نیرویی که ما وارد می‌کنیم، نسبت به جابه‌جایی نیروی مقاوم بسیار بیشتر است. در اصل ماشین‌ها این امکان را به ما می‌دهند، جسم سنگینی را که بدون وسیله نمی‌توانیم بلند کنیم به کمک ماشین بلند کنیم یا پیچ و مهره‌ای را که با دست نمی‌توانیم باز کنیم با کمک پیچ‌گوشتی، باز کنیم و ...

در این قسمت از درس نیروی مقاوم، بازوی مقاوم، نیروی محرک و بازوی محرک را در اهرم‌ها نشان می‌دهیم و در حالت تعادل مزیت مکانیکی را توصیف و سپس تعریف می‌کنیم. مثال‌هایی مشابه مثال صفحه ۹۷ را برای دانش‌آموزان طراحی می‌کنیم تا بتوانند مزیت مکانیکی را برای حالت‌های ساده محاسبه کنند.

فعالیت صفحه ۹۷

در شرایط تعادل، گشتاور نیروی ناشی از نیروی مقاوم با گشتاور نیروی ناشی از نیروی محرک، هم‌اندازه است؛ بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$d_1 \times F_1 = d_2 \times F_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

با توجه به تعریف مزیت مکانیکی، $\frac{F_2}{F_1}$ یعنی نسبت نیروی مقاوم به نیروی محرک برابر با مزیت مکانیکی است؛ بنابراین به جای آن می‌توانیم بنویسیم:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{بازوی مقاوم}}{\text{بازوی محرک}} = \frac{d_1}{d_2} = \text{مزیت مکانیکی}$$

مثال پیشنهادی: در یک اهرم، طول بازوی محرک ۶۰ cm و طول بازوی مقاوم ۲۰ cm است.

الف) مزیت مکانیکی این اهرم چقدر است؟

ب) اگر در این اهرم، جرم وزنه مقاوم ۹۰ kg باشد، نیروی محرک چقدر باشد تا اهرم در حالت

تعادل باقی بماند؟

پاسخ:

$$\text{الف) } \text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{بازوی محرک}}{\text{بازوی مقاوم}} = \frac{۶۰ \text{ cm}}{۲۰ \text{ cm}} = ۳$$

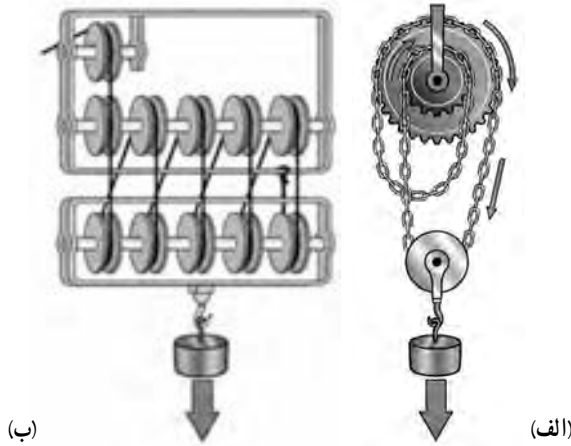
$$\text{ب) } \text{نیروی مقاوم} = F_2 = m_2 g = ۹۰ \times ۱۰ = ۹۰۰ \text{ N}$$

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} \Rightarrow ۳ = \frac{۹۰۰ \text{ N}}{F_1} \Rightarrow F_1 = ۳۰۰ \text{ N}$$

فعالیت صفحه ۹۷

این فعالیت بسیار ساده است و براساس اینکه محل نیروی مقاوم، نیروی محرک و تکیه‌گاه در هر اهرم کجاست، می‌توان اهرم‌ها را بررسی کرد. توجه کنید می‌توان از هر دسته‌ای، تعدادی مثال مطرح کرد. اما نام نوع اهرم، مد نظر این کتاب درسی نیست (مثلاً قیچی، اهرم نوع چندم است؟ یا فرغون، اهرم نوع چندم است؟ و ...).

قرقره‌ها: یکی دیگر از ماشین‌های ساده، دستگاه قرقره و طناب است. با ترکیب مناسب قرقره‌ها نیز می‌توان با نیروی نسبتاً کوچک، جسم سنگینی را بلند کرد؛ مثلاً با ترکیب مناسب چند قرقره به راحتی می‌توان موتور چندصد کیلوگرمی یک خودرو را بلند کرد (جرثقیل‌هایی که در مکانیکی‌ها استفاده می‌شود).



شکل ۳-۹

نکته مهم در بحث قرقره این است که وقتی یک سر طنابی را که انتهای آن به دیواری بسته است با نیروی ۲۰۰N می کشیم، همان نیروی کشش در طول طناب برقرار می شود (اگر بتوان از جرم طناب، صرف نظر کرد). توجه داریم که قرقره ها را می توان به دو دسته ثابت و متحرک تقسیم بندی کرد. در عمل از ترکیب های چندتایی قرقره ها استفاده می شود.

فعالیت صفحه ۹۸

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۴۰\text{N}}{۴۰\text{N}} = ۱ \quad \text{(الف)}$$

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۴۰\text{N}}{۲۰\text{N}} = ۲ \quad \text{(ب)}$$

خود را بیازماید صفحه ۹۸

پ	ب	الف	شکل
۵۰N	۵۰N	۵۰N	اندازه نیروی محرک
۱۵۰N	۱۰۰N	۵۰N	اندازه نیروی مقاوم
۳	۲	۱	مزیت مکانیکی

توجه داریم که در هر نوع ماشینی، پایداری انرژی همواره برقرار است. حتی اگر مزیت مکانیکی ماشین خیلی زیاد هم باشد، باز هم در شرایط مطلوب (اصطکاک و نیروهای اتلافی دیگر ناچیز باشند) اندازه کار نیروی محرک برابر با اندازه کار نیروی مقاوم است؛ مثلاً در ماشینی که مزیت مکانیکی آن ۴ است، یعنی با نیرویی برابر $\frac{1}{4}$ نیروی مقاوم، نیروی مقاوم را جابه‌جا می‌کنیم، اما جابه‌جایی طناب در این حالت ۴ برابر جابه‌جایی نیروی مقاوم است.

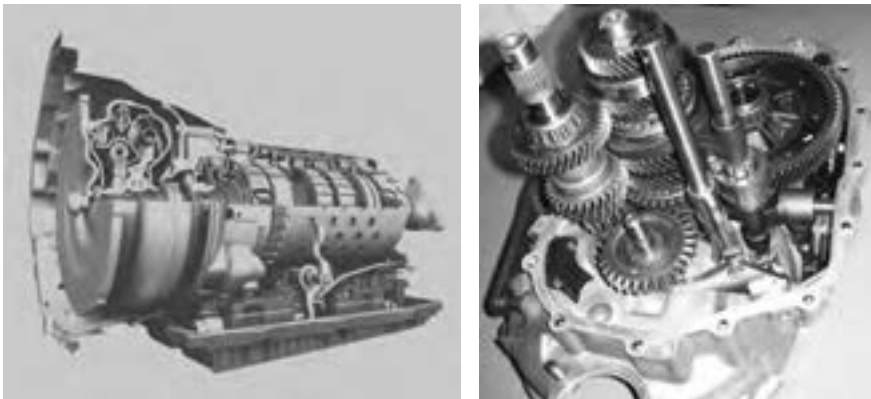
توجه: در این فصل از نیروی اصطکاک و دیگر نیروهای اتلافی صرف‌نظر، و مزیت مکانیکی برای شرایط آرمانی در نظر گرفته می‌شود. در شرایط واقعی، بخشی از کار نیروی محرک سبب چرخش قرقره می‌شود (انرژی جنبشی قرقره)، بخشی از کار در اثر اصطکاک به انرژی گرمایی (یا انرژی درونی) تبدیل می‌شود و ...

جمع‌آوری اطلاعات صفحه ۹۹

قرقره در وسایل زیادی مانند بالابرها (آسانسورها)، جرثقیل‌ها، ریل‌های پرده و ... کاربرد دارد. بهتر است دانش‌آموزان مطالب خود را به صورت منسجم به صورت پرده نگار (پاورپوینت) تهیه، و به همراه تصاویر در کلاس ارائه کنند.

چرخ‌دنده‌ها: در بسیاری از وسایل مکانیکی از چرخ‌دنده استفاده می‌شود. آیا تاکنون فکر کرده‌اید که چرا این قدر چرخ‌دنده در این وسایل مهم است؟

معمولاً بسیاری از ابزارها دارای یک موتور الکتریکی کوچک هستند که با سرعت زیادی می‌چرخد. این موتور می‌تواند مورد نیاز را تأمین کند، اما گشتاور آن به اندازه کافی زیاد نیست؛ مثلاً در پیچ‌گوشتی برقی باید گشتاور زیاد شود تا پیچ‌گوشتی بتواند پیچ‌ها را سفت کند؛ ولی موتور



شکل ۴-۹

الکتریکی، گشتاور کمی تولید می‌کند و در عوض سرعت بالایی دارد. استفاده از چرخ‌دنده این مشکل را حل می‌کند. در چرخ گوشت نیز به همین ترتیب است. از این توضیح متوجه می‌شویم که چرخ‌دنده‌ها در صنعت نقش بسیار مهمی دارند. پاراگراف دوم توضیح مناسبی را در مورد چگونگی انتقال توان یا انرژی توسط چرخ‌دنده‌ها مطرح می‌کند و به نقش چرخ‌دنده‌ها در تغییر جهت نیرو، افزایش یا کاهش سرعت چرخش، تغییر گشتاور و ... اشاره دارد.

آوردن چرخ‌دنده در کلاس و آزمایش با آن می‌تواند به درک و فهم بیشتری از کارکرد چرخ‌دنده بینجامد.

جمع‌آوری اطلاعات صفحه ۱۰۰

برای اطلاعات بیشتر در مورد چرخ‌دنده به دانستنی زیر توجه کنید.

دانستنی‌های معلم

انواع چرخ‌دنده

امروزه اغلب دستگاه‌های صنعتی چرخ‌دنده دارند. با پیشرفت روزافزون صنعت، چرخ‌دنده‌ها نقش برجسته‌تری پیدا کرده‌اند. چرخ‌دنده‌ها برحسب موقعیت مکانی محورها نسبت به یکدیگر در شکل‌های گوناگونی، طراحی و ساخته می‌شود و حرکت چرخشی یک محور را به محور دیگر از طریق اتصال دنده‌ها منتقل می‌کند. در قرن نوزدهم با توسعه کشتی‌های بخار و ماشین‌های ابزار، کاربرد چرخ‌دنده‌ها نیز توسعه یافت. با آغاز قرن بیستم، خودرو و هواپیما به وجود آمد و دریچه نوینی به روی صنعت چرخ‌دنده سازی گشوده شد. ماشین‌های نوین چرخ‌دنده‌سازی تولید شد و سبب ساخت چرخ‌دنده‌های مناسب با جنس‌های مختلفی شد که امروزه این‌گونه شاهد این پیشرفت صنعتی چرخ‌دنده‌ها هستیم.



شکل ۵-۹

چرخ‌دنده‌های ساده: این چرخ‌دنده‌ها، ساده‌ترین نوع چرخ‌دنده‌ها به شمار می‌آیند؛ دندانه‌های مستقیمی دارند و با محور موازی هستند. برای کاهش سرعت و افزایش قدرت در بسیاری از مواقع، تعداد زیادی از آنها را در کنار هم قرار می‌دهند. روی محورهای موازی جهت حرکت یکی از آنها خلاف جهت حرکت دیگری است. اگر بخواهند دو چرخ‌دنده درگیر در یک جهت حرکت کنند، بین آنها چرخ‌دندهٔ سومی را قرار می‌دهند تا جهت حرکت ورود و خروج یکی شود. در شکل ۹-۶ نمونهٔ آنها را مشاهده می‌کنید. به دلیل ساخت آسان، کاربرد زیادی در صنعت دارند؛ برای مثال در ساعت‌های کوکی و اتوماتیک، ماشین لباسشویی، پنکه و ... از این چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۹-۶

چرخ‌دنده‌های ماریج: دندانه‌های این چرخ‌دنده‌ها مورب است و با محور چرخ‌دنده در حالت زاویه‌داری قرار گرفته است. هنگام چرخش یکی از چرخ‌دنده‌ها، ابتدا نوک دندانه‌ها با هم تماس می‌یابد، سپس به تدریج دو دندانه درگیر می‌شود و این درگیری تدریجی باعث کاهش سروصدا می‌شود. همچنین مکانیزم چرخ‌دنده، نرم کار می‌کند، سطح تماس پروفیل دنده‌ها نیز نسبت به چرخ‌دندهٔ ساده، بیشتر است و انتقال قدرت بزرگی انجام می‌شود. در شکل ۹-۷، نمونهٔ آن را مشاهده می‌کنید. این گونه چرخ‌دنده‌ها در صنعت خودروسازی کاربرد زیادی دارند.



شکل ۹-۷

چرخ‌دنده‌های مخروطی: انتقال نیرو توسط این چرخ‌دنده‌ها تحت زاویه ۹۰ درجه و یا کوچک‌تر از ۹۰ درجه و یا بزرگ‌تر از ۹۰ درجه امکان‌پذیر است. بنابراین، برای انتقال قدرت تحت زاویه مورد نظر، بهترین چرخ‌دنده محسوب می‌شوند. البته در صنعت غالباً با محورهای عمود بر هم به کار می‌روند. دندانه‌های آنها بر روی مخروط ناقص به صورت ساده و یا مارپیچ ساخته می‌شوند (شکل ۸-۹). این چرخ‌دنده‌ها در جعبه‌دنده‌ها و مخصوصاً دیفرانسیل‌ها کاربرد زیادی دارند.

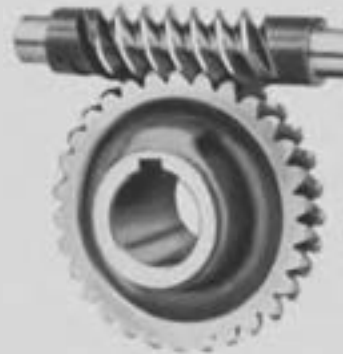


شکل ۸-۹

چرخ‌دنده حلزون و پیچ حلزون: این چرخ‌دنده‌ها در صنعت جایگاه ویژه‌ای دارند. اگر بخواهیم تغییر زیادی در سرعت یا قدرت ایجاد کنیم، از این مکانیزم بهره می‌گیریم. بزرگ‌ترین مزیت این مکانیزم این است که پیچ حلزون به راحتی می‌تواند چرخ‌دنده حلزونی را به حرکت درآورد، در صورتی که چرخ‌دنده حلزونی نمی‌تواند، پیچ حلزون را بچرخاند، زیرا زاویه دنده‌های پیچ حلزون به قدری کوچک است که وقتی چرخ‌دنده حلزون می‌خواهد آن را بچرخاند، اصطکاک بسیار بزرگی پدید می‌آید و مانع از حرکت پیچ حلزون می‌شود. این ویژگی به ما امکان می‌دهد تا در جاهایی که به یک قفل خودکار

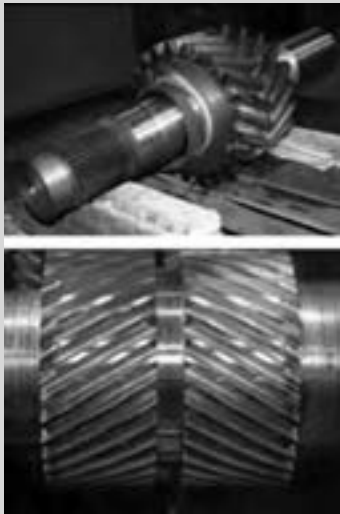


(ب)



(الف)

شکل ۹-۹



شکل ۹-۱۰- چرخ‌دنده‌های جناغی و دو ماریچ

نیاز داریم از این چرخ‌دنده بهره بگیریم. این چرخ‌دنده‌ها در دستگاه‌هایی همچون بالابرها و جرثقیل کاربرد زیادی دارند، مثلاً در یک بالابر اگر موتور از کار بیفتد، چرخ‌دنده‌ها قفل می‌شوند و از پایین آمدن بار جلوگیری می‌شود. چرخ‌دنده پیچ‌حلزون در دیفرانسیل کامیون‌ها (و خودروهای سنگین نیز کاربرد دارد) (شکل ۹-۹). مکانیزم چرخ‌دنده‌های جناغی: دندانه‌های این نوع چرخ‌دنده‌ها روی محیط استوانه نسبت به هم، زاویه‌ای کوچک‌تر از 90° درجه می‌سازند و به صورت عدد ۷ یا ۸ ساخته می‌شوند. این چرخ‌دنده‌ها در دستگاه‌های نورد غلتکی فولاد، کاربرد دارند. همچنین دستگاه‌هایی که تحمل نیروی رانشی محوری را ندارند از این چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌کنند. به علت فرایند دشوار ساخت

چرخ‌دنده‌های جناغی، امروزه بیشتر چرخ‌دنده‌ها را دو ماریچ می‌سازند که در وسط دندانه‌ها یک شیار ایجاد می‌شود و روش ساخت را آسان می‌کند. چرخ‌دنده‌های جناغی در دستگاه‌های با سرعت زیاد چندان رضایت‌بخش نیست. در شکل ۹-۱۰، هر دو نمونه را مشاهده می‌کنید. بیشتر تلمبه‌های میدان‌های نفتی از نوع دو ماریچ یا جناغی است.

چرخ‌دنده‌های داخلی: آنگونه که در شکل ۹-۱۱ مشاهده می‌شود دو محور این چرخ‌دنده‌ها به همدیگر خیلی نزدیک است. به این چرخ‌دنده‌ها، سیاره‌ای نیز می‌گویند. دندانه‌های آنها می‌تواند هم ساده و هم ماریچ باشد و در کوبلینگ‌های انعطاف‌پذیر (ارتجاعی) کاربرد دارد.



شکل ۹-۱۱

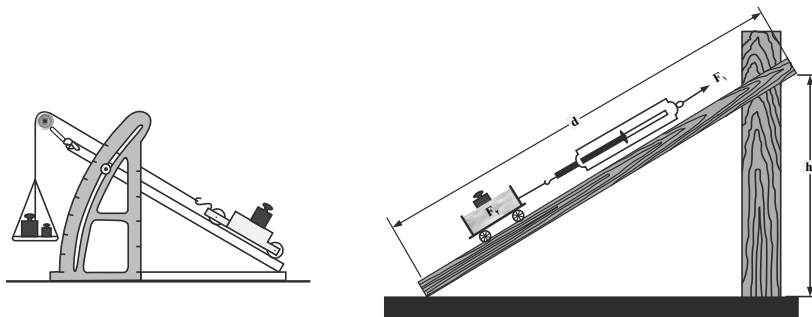
سطح شیب‌دار: سطح شیب‌دار، سطحی است که با افق زاویه غیر صفر می‌سازد و اگر ارابه کوچکی روی آن قرار گیرد، ارابه شروع به حرکت می‌کند. از سطح شیب‌دار استفاده‌های زیادی می‌شود. انسان از دیرباز از آن برای جابه‌جایی اجسام سنگین، استفاده می‌کرده است. در شکل ۱۷، افراد برای جابه‌جایی جسم سنگین از سطح شیب‌دار استفاده کرده، و علاوه بر آن، جسم سنگین را

روی ماشین چرخ‌دار قرار داده‌اند تا بتوانند اصطکاک را به حداقل مقدار خود برسانند. هرچه شیب سطح شیب‌دار کمتر باشد، مزیت مکانیکی آن بیشتر می‌شود و با نیروی محرک کمتری می‌توان جسم سنگینی را جابه‌جا کرد.

برای تعیین مزیت مکانیکی سطح شیب‌دار می‌توانیم اربابه‌ای را که مجموع نیروی وزن آن با وزن وزنه‌های داخل آن برابر F_2 است (نیروی مقاوم) روی سطح شیب‌دار قرار دهیم و با نیروسنجی آن را به آرامی به طرف بالا بکشیم.

عددی که نیروسنج نشان می‌دهد همان نیروی محرک است و آن را با F_1 نشان می‌دهیم. با توجه به تعریف مزیت مکانیکی:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} \Rightarrow \text{مزیت مکانیکی} = \frac{F_2}{F_1}$$



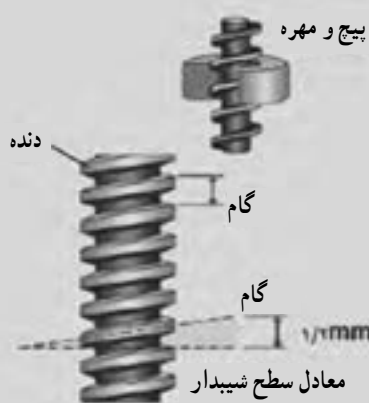
شکل ۱۲ - ۹

فکر کنید صفحه ۱۰۰

استفاده از سطح شیب‌دار سبب می‌شود تا با نیروی کمتری بتوان خودرو را جابه‌جا کرد. در این حالت‌ها از دنده‌های سنگین‌تر استفاده می‌شود که گشتاور نیروی بیشتری را در چرخ‌ها ایجاد می‌کند؛ مثلاً اگر شیب جاده زیاد باشد، باید از دنده ۲ یا ۱، استفاده کرد. توجه کنیم که علاوه بر این موارد اگر شیب بیش از حد باشد، نیروی موتور نمی‌تواند نیروی محرک لازم را برای غلبه بر نیروی مقاوم تأمین کند. استفاده از سطح شیب‌دار و پیچ سبب می‌شود تا با نیروی محرک کمتر اما در مسافتی طولانی‌تر بتوانیم خودرو را در سراشیبی بالا ببریم.

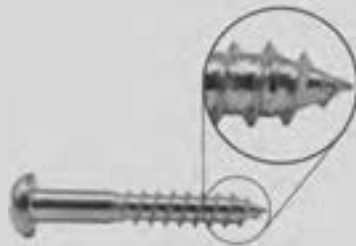
دانستنی‌های معلم

پیچ‌ها: پیچ‌ها نوعی ماشین ساده‌اند که حرکت چرخشی را به حرکت خطی (مستقیم) تبدیل می‌کنند؛ یعنی وقتی پیچی را با پیچ‌گوشتی می‌چرخانیم، پیچ به طور مستقیم وارد دیوار یا تخته می‌شود. پیچ، مانند سطح شیب‌دار عمل می‌کند که به دور یک میله، پیچیده شده است.



شکل ۱۳ - ۹ - پیچ را می‌توان سطح شیب‌داری فرض کرد که به دور میله پیچیده شده است.

در پیچ نیز مسافت طی شده در گردش، خیلی بیشتر از مقدار نفوذ پیچ در جسم است. شکل ۱۴ - ۹ به ما کمک می‌کند تا عملکرد پیچ را بهتر بشناسیم.



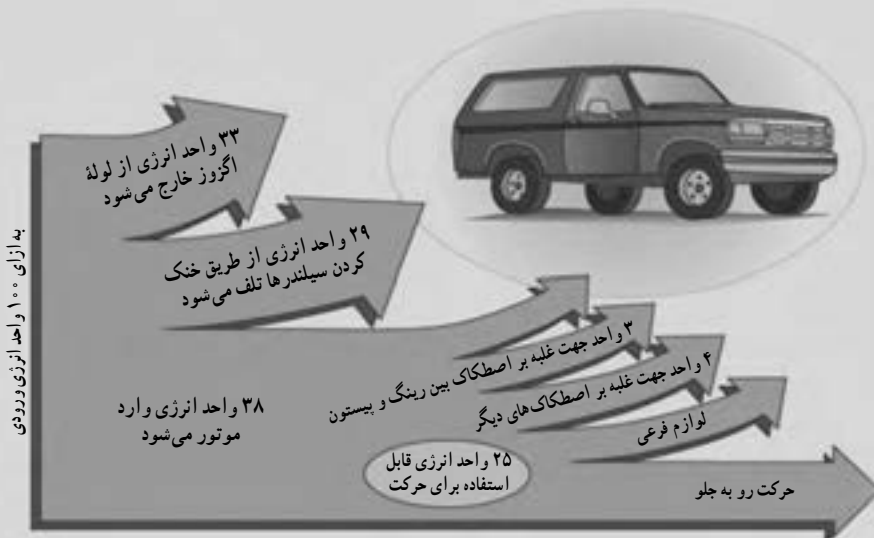
شکل ۱۴ - ۹ - با چرخش یک دور از پیچ، پیچ به اندازه یک گام به صورت مستقیم، جلو یا عقب می‌رود.

بازده: هر دستگاهی تنها بخشی از انرژی یا کار ورودی را به کار یا انرژی مورد نظر ما تبدیل می‌کند و بخش دیگری از کار یا انرژی به صورت انرژی‌های ناخواسته تبدیل می‌شود؛ مثلاً لامپ رشته‌ای، بخش کمی از انرژی الکتریکی را به نور (حدود ۱۵ درصد) تبدیل می‌کند و بقیه آن به صورت

گرما به محیط داده می‌شود.

معمولاً بازده (راندمان) ماشین کامل، 100% درصد است؛ این به آن معناست که کار خروجی مورد نظر ما با کار ورودی ماشین دقیقاً برابر است؛ یعنی در این ماشین، هیچ انرژی‌ای در اثر اصطکاک یا عوامل دیگر، تلف نمی‌شود.

در عمل، همواره قسمتی از کار یا انرژی ورودی در اثر اصطکاک یا عوامل دیگر به صورت ناخواسته تلف می‌شود. وقتی می‌گوییم بازده ماشین، 60% درصد است یعنی به ازای هر 100J کار ورودی، 60J آن به کار خروجی مورد نظر ما تبدیل می‌شود و 40J آن به شکل‌های ناخواسته درمی‌آید.



شکل ۱۵ - ۹. در خودرو تنها ۲۵ درصد از انرژی ورودی به انرژی مورد نظر تبدیل شده است.