فصل ۹ : ماشین ها

۱. ماشین ها امروزه چه نقشی در زندگی بشر دارند ؟ ماشین ها به ما اجازه انجام کارهای فراتر از انتظار را می دهند . بلند کردن خودرو به وسیله ی جک، جابه جایی میلیون ها لیتر نفت توسط یک کشتی، حفر تونل بین دو جزیره در زیر دریا، ساختن آسمان خراش هایی با ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر، ساخت پل های چند کیلومتری ، پرتاب ماهوار ه ها و... ، تنها بخش کوچکی از کارهایی است که به کمک ماشین ها صورت می گیرد . بشر به کمک اختراع و طراحی هوشمندانه ماشین ها توانایی انجام کار خود را بسیار افزایش داده است.

۲.منظور از کار ورودی و خروجی در ماشین ها را با بیان مثالی توضیح دهید . ورودی ماشین شامل همه ی آن چیزهایی است که انجام می دهیم تا ماشین کار کند وخروجی آن چیزی است که ماشین برای ما انجام می دهد . مثلاً برای حرکت دوچرخه، نیرویی که به پدال وارد می کنیم ، ورودی ماشین وخروجی آن حرکتی است که دوچرخه انجام می دهد (مانند سریع تر حرکت کردن یا از یک شیب بالا رفتن.)

نکته : ورودی یا خروجی ماشین ها ممکن است براساس نیرو ، توان یا انرژی بررسی شوند.

۳. بازده یا راندمان را تعریف کنید . هر دستگاه تنها بخشی از انرژی یا کار ورودی را به کار یا انرژی مورد نظر ما تبدیل می کند و بخش دیگری از کار یا انرژی به صورت انرژی های ناخواسته تبدیل می شود . نسبت کار خروجی به کار ورودی در یک ماشین را بازده یا راندمان می گویند .

$$\text{بازده} = \frac{\text{کار خروجی}}{\text{کار ورودی}} \times ۱۰۰$$

مثلاً در مورد بازده یک لامپ رشته ای می توان گفت که بازدهی کمی دارد زیرا تنها بخشی کمی از انرژی الکتریکی داده شده به آن (کار ورودی) به انرژی نورانی (کار خروجی) تبدیل می شود . (تقریباً ۱۵ درصد) و بقیه آن به صورت گرما به محیط داده می شود و در واقع اتلاف می گردد.

۴. به چه ماشین هایی ، ماشین ساده گفته می شود ؟ هر ماشین می تواند از اجزای ساده تری به نام ماشین ساده تشکیل شده باشد . این اجزا با هم در ارتباط اند و یک هدف را دنبال می کنند . در واقع ماشین های ساده پایه و اساس ساخت ماشین ها را تشکیل می دهند .

۵. انواع ماشین های ساده را نام ببرید . اهرم ، قرقره ، چرخ و محور ، سطح شیبدار ، چرخ و دنده ، پیچ و گُوِه

۶ . گشتاور نیرو چیست ؟ اثر چرخانندگی یک نیرو را گشتاور نیرو می گوییم . مثلاً برای باز و بسته کردن در اتاق، به آن نیرو وارد می کنید و در حول لولایش می چرخد . با وارد کردن نیرو به دسته ی آچار، پیچ را شل یا سفت می کنید . با وارد کردن نیرو به فرمان دوچرخه، آن را می چرخانید و دوچرخه را در جهتی که لازم است ، هدایت می کنید.

عوامل موثر در گشتاور نیرو را بنویسید . اندازه نیرو و فاصله نیرو تا محور چرخش در گشتاور نیرو ، مؤثر است.

۷. فرمول محاسبه گشتاور نیرو را بنویسید . بزرگی گشتاور نیرو برابر با حاصل ضرب اندازه نیرو در فاصله محل اثر نیرو تا محور چرخش است.

$m = d \times F$ یا اندازه نیرو × فاصله نقطه اثر نیرو تا محور چرخش = اندازه گشتاور نیرو

با توجه به اینکه یکای نیرو ، نیوتون (N) و یکای فاصله متر (m) است، یکای گشتاور نیرو ، نیوتون متر (Nm) است.

۸ . در شکل مقابل اگر فاصله دست تا مهره ۴۰ سانتی متر و نیرویی که دست به آچار وارد می کند ، ۵۰ نیوتون باشد ، اندازه گشتاور نیروی وارد بر مهره را محاسبه کنید .

$d = ۴۰\ cm = ۰/۴\ m$ $F = ۵۰\ N$ $m=?$

$m = d \times F$ $m = ۰/۴ \times ۵۰ = ۲۰ Nm$

۹.اصطلاحات زیر در در خصوص ماشین های ساده توضیح دهید .

الف) نیروی محرک : نیرویی که به ماشین وارد می شود را نیروی محرک می گویند و آن را با F_1 نمایش می دهند .

ب) بازوی محرک : مسافتی را که نیروی محرک طی می کند و یا برآن مسافت اعمال می شود جابه جایی نیروی محرک یا بازوی محرک می گویند و آن را با d_1 نشان می دهند.

پ) نیروی مقاوم : به نیرویی که ماشین برجسم وارد می کند و یا نیرویی که در برابر نیروی محرک مقاومت می کند را نیروی مقاوم می گویند و آن را با F_2 نمایش می دهند.

ت) بازوی مقاوم : به مسافتی که نیروی مقاوم طی می کند و یا به مسافتی که به آن اعمال می شود جابه جایی نیروی مقاوم یا بازوی مقاوم می گویند وآن را با d_2 نشان می دهند.

به طور مثال برای بلندکردن یک جسم سنگین توسط یک نیروی نسبتاً کوچک، می توان از اهرم استفاده کرد .نیرویی که ما وارد می کنیم تا جسم را بلند کنیم، نیروی محرک (F_1) و وزن جسم بزرگ را نیروی مقاوم (F_2) ، فاصله نقطه اثر نیروی محرک تا تکیه گاه را بازوی محرک (d_1) و فاصله نقطه اثر نیروی مقاوم تا تکیه گاه را بازوی مقاوم (d_2) می نامیم.

۱۰ . محل قرار گیری نیروها و بازوها را در انواع اهرم ها را بررسی کنید .

اهرم بر اساس قرار گرفتن محل تکیه گاه, نیروی محرک و نیروی مقاوم به چند نوع تقسیم می شوند:

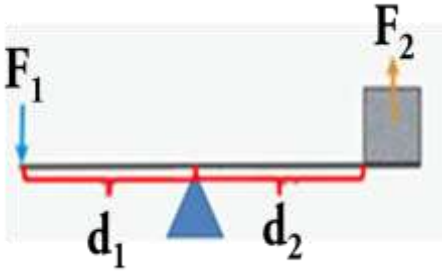
۱. اهرم نوع اول
- حالت اول
- حالت دوم
- حالت سوم

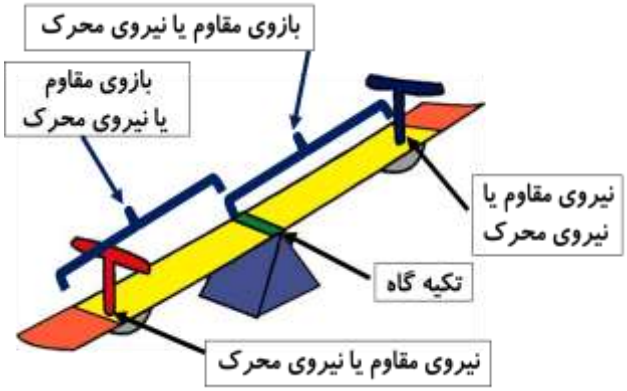
۲. اهرم نوع دوم

۳. اهرم نوع سوم

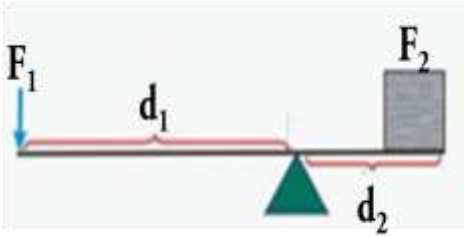
اهرم نوع اول : در این نوع اهرم تکیه گاه بین نیروی محرک و نیروی مقاوم قرار دارد و بنا به اینکه تکیه گاه نزدیک به کدام نیرو باشد سه حالت پیش می آید:

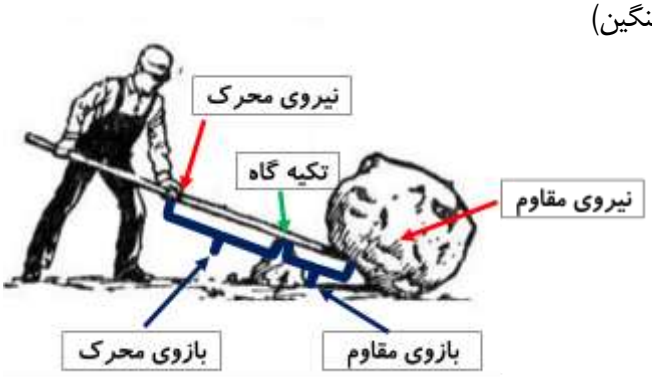
حالت اول اهرم نوع اول : در این حالت تکیه گاه در وسط نیروی محرک و نیروی مقاوم قرار دارد . مثال : الاکلنگ



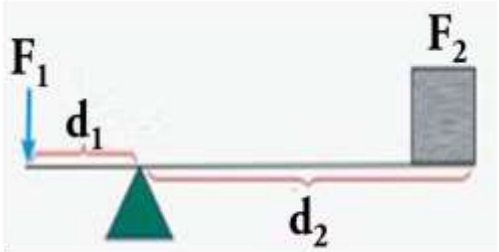


حالت دوم اهرم نوع اول : در این حالت تکیه گاه به نیروی مقاوم نزدیک تر است . مثال: دیلم (برای بلند کردن اجسام سنگین)

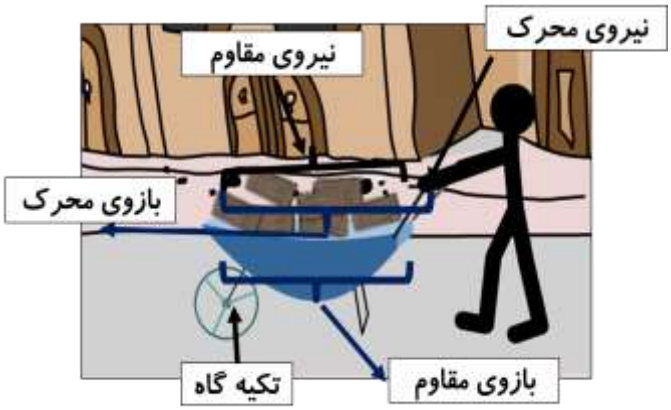


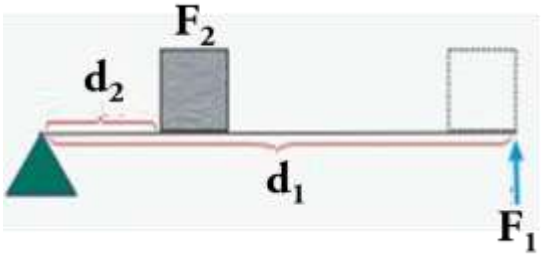


حالت سوم اهرم نوع اول : در این حالت تکیه گاه به نیروی محرک نزدیک تر است. مثال: جاروی فراشی

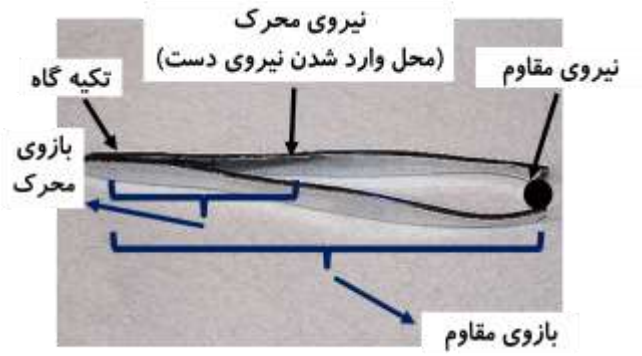


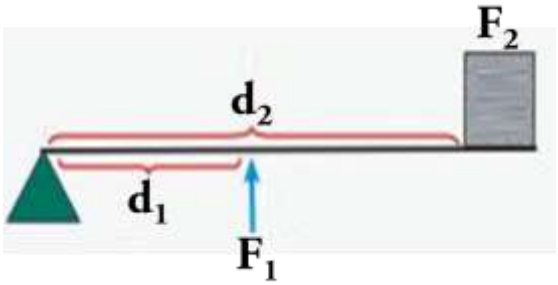
اهرم نوع دوم : در این نوع اهرم نیروی مقاوم بین تکیه گاه و نیروی محرک قرار دارد. مثال: فرغون و فندق شکن





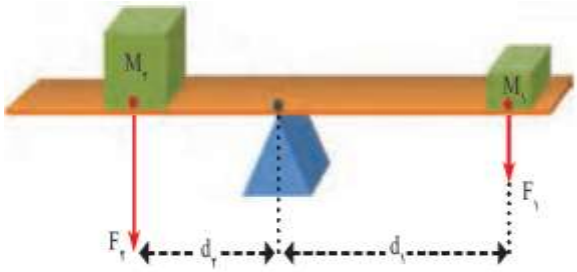
اهرم نوع سوم : در این نوع اهرم نیروی محرک بین تکیه گاه و نیروی مقاوم قرار دارد. کاربرد: پنس ، موچین و چنگک (برای برداشتن یخ و زغال و ...)





نکته : ساد ه ترین شکل اهرم ، الاکلنگ است که در وسط میله آن، یک تکیه گاه قرار دارد . وقتی به یک طرف الاکلنگ نیرویی به سمت پایین وارد می شود ، آن سمت به طرف پایین و سمت مقابل به طرف بالا حرکت می کند.

۱۱. چه زمانی اهرم ها در حالت تعادل قرار می گیرند ؟ در اهرم ها می توان فاصله دو جسم از تکیه گاه اهرم را چنان تنظیم کرد که اهرم در حالت تعادل قرار گیرد . در این حالت، اثر چرخشی هر یک از نیروها یکدیگر را خنثی می کنند . به عبارت دیگر ، در حالت تعادل، اندازه ی گشتاور نیرویی که هر یک از نیروها نسبت به تکیه گاه ایجاد می کنند، با هم برابر و جهت چرخششان مخالف یکدیگر است.



۱۲.شکل مقابل اهرمی را نشان می دهد که در حالت تعادل قرار گرفته است . گشتاور نیروها را در این اهرم بررسی کنید .

در شکل، گشتاور نیروی F_1 که از رابطه $d_1 \times F_1$ به دست می آید، می خواهد اهرم را به صورت ساعتگرد(در جهت حرکت عقربه های ساعت) بچرخاند و گشتاور نیروی ناشی از F_2 که از رابطه $d_2 \times F_2$ به دست می آید، می خواهد اهرم

را به صورت پاد ساعتگرد (در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت) بچرخاند.در حالت تعادل، گشتاور نیروی ساعت گرد با گشتاور نیروی پادساعتگرد هم اندازه است:

گشتاور نیروی پاد ساعتگرد=گشتاور نیروی ساعتگرد یا $d_1 \times F_1 = d_2 \times F_2$

۱۳. اگر در شکل بالا ، جرم وزنه M_1 ، ۳۰ کیلوگرم و فاصله آن از تکیه گاه ۲ متر و جرم وزنه M_2 ، ۶۰ کیلوگرم باشد ، وزنه F_2 در چه فاصله ای از تکیه گاه قرار بگیرد تا اهرم در حالت تعادل قرار بگیرد ؟

$M_1 = ۳۰ \ kg \rightarrow F_1 = ۳۰۰ \ N$ $\quad$ $M_2 = ۶۰ \ kg \rightarrow F_2 = ۶۰۰ \ N$

$d_1 = ۲ \ m$ $\quad$ $d_2 = ?$

$$d_1 \times F_1 = d_2 \times F_2 \longrightarrow d_2 = \frac{d_1 \times F_1}{F_2} = \frac{۲ \times ۳۰۰}{۶۰۰} = ۱ \ m$$

۱۴. مزیت مکانیکی را تعریف کنید و فرمول محاسبه آن را بنویسید . مزیت مکانیکی یک ماشین در حالت تعادل، به صورت نسبت اندازه ی نیروی مقاوم به اندازه ی نیروی محرک، تعریف می شود:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{اندازه نیروی مقاوم}}{\text{اندازه نیروی محرک}} \quad \text{یا} \quad A = \frac{F_2}{F_1}$$

همچنین مزیت مکانیکی به صورت زیر نیز محاسبه می گردد :

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

نکته : در حالت تعادل، هر چه بازوی محرک بزرگ تر باشد، برای جابه جا کردن جسم سنگین، به نیروی محرک کمتری نیاز داریم . مثلاً اگر بازوی محرک ، ۴ برابر بازوی مقاوم باشد ، نیروی محرک لازم برای جا به جایی وزنه ها (نیروی مقاوم) $\frac{۱}{۴}$ نیروی مقاوم است.

نکته : مزیت مکانیکی یکا ندارد .

۱۵. در یک اهرم ، طول بازوی محرک ، ۶۰ سانتی متر و طول بازوی مقاوم ۲۰ سانتی متر است .

الف) مزیت مکانیکی این اهرم چقدر است ؟

ب) اگر در این اهرم ، جرم وزنه ۹۰ کیلوگرم باشد ، نیروی محرک چقدر باشد تا اهرم در حالت تعادل قرار بگیرد ؟

الف) $d_1 = ۰/۶ \ m$ $\quad$ $d_2 = ۰/۲ \ m$ $\quad$ $A = ?$

$$A = \frac{d_1}{d_2} = \frac{۰/۶}{۰/۲} = ۳$$

ب)

$A = ۳ \qquad m_2 = ۹۰\ kg \longrightarrow F_2 = ۹۰۰\ N \qquad F_1 = ?$

$$A = \frac{F_2}{F_1} \rightarrow F_1 = \frac{۹۰۰}{۳} = ۳۰۰\ N$$

۱۶. اعداد محاسبه شده برای مزیت مکانیکی چه معنایی دارند ؟

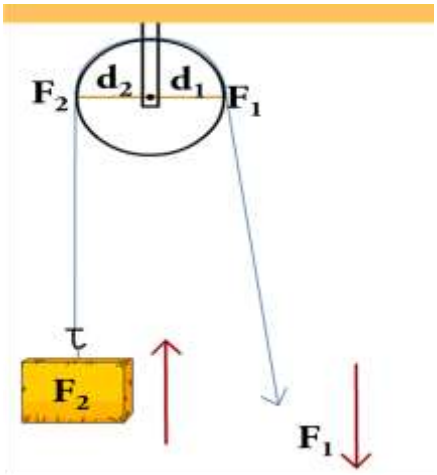
الف) اگر مزیت مکانیکی بیشتر از یک باشد ($A > ۱$) یعنی با توجه به فرمول مزیت مکانیکی ، بازوی محرک بزرگتر از بازوی مقاوم باشد و یا نیروی مقاوم بزرگتر از نیروی محرک باشد ؛ در این صورت ماشین دارای افزایش نیرو است. (در این ماشین ها می توان از نیرویی کمتر برای غلبه بر کاری بیشتر استفاده کرد ؛ مثلاً جک که با نیرویی کم سبب بلند شدن اتومبیل می شود)

ب) اگر مزیت مکانیکی کمتر از یک باشد ($A < ۱$) یعنی با توجه به فرمول مزیت مکانیکی ، بازوی مقاوم بزرگتر از بازوی محرک باشد و یا نیروی محرک بزرگتر از نیروی مقاوم باشد ، در این صورت ماشین دارای افزایش سرعت و مسافت نیرو است. (بعضی از ماشین ها سبب می شوند نیرو با سرعت بیشتری در مسافت بیشتری عمل کند . مثلاً در جاروی فراشی یا دسته بلند با جا به جا کردن دسته جارو (بازوی محرک) قسمت پایینی جارو (بازوی مقاوم) جا به جایی بیشتری خواهد داشت)

پ) اگر مزیت مکانیکی برابربا یک باشد ($A = ۱$) ؛ در این صورت ماشین نه افزایش نیرو خواهد داشت ونه افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو.

۱۷. قرقره ها چگونه به ما کمک می کنند ؟ با طناب و قرقره نیز می توان ماشین ساده ساخت . با استفاده از چنین ماشینی می توان اجسام سنگین را بلند کرد . هر قرقره محوری دارد که حول آن می تواند آزادانه بچرخد.

۱۸. انواع قرقره ها را نا م ببرید و مزیت مکانیکی را در آن ها بررسی نمایید.

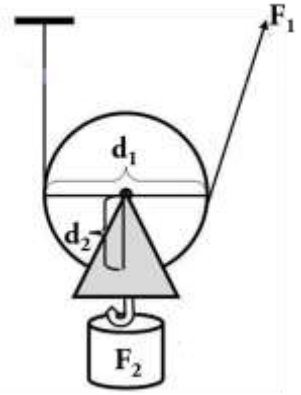


الف) قرقره ثابت : در این نوع قرقره ، قرقره ثابت است و حرکت نمی کند.

بنابراین بازوی محرک (d_1) با بازوی مقاوم (d_2) با یکدیگر برابر و مساوی با شعاع دایره هستند و طبق فرمول مزیت مکانیکی ، مزیت مکانیکی (A) برابر با یک خواهد شد :

$$d_1 = d_2$$

$$A = \frac{d_1}{d_2} = ۱$$



ب) قرقره متحرک : این قرقره آزادانه بر روی ریسمان (طناب) جا به جا می شود. بنابراین بازوی محرک (d_1) برابر با قطر دایره و بازوی مقاوم (d_2) برابر با شعاع دایره است و طبق فرمول مزیت مکانیکی ، مزیت مکانیکی (A) برابر با ۲ خواهد شد :

$$d_1 = ۲d_2$$

$$A = \frac{d_1}{d_2} = \frac{۲d_2}{d_2} = ۲$$

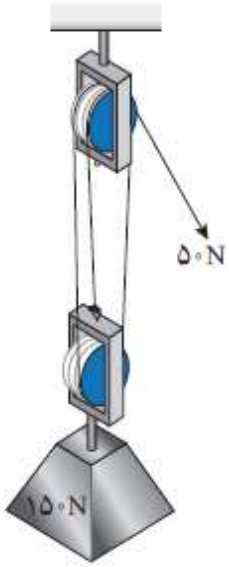
۱۹. به چه قرقره هایی مرکب گفته می شود ؟ برای آن که به مزیت های مکانیکی بالاتری دست یافت می توان دو یا چند قرقره ثابت و متحرک را با هم ترکیب کرد و یک قرقره مرکب به وجود آورد. مزیت مکانیکی در قرقره مرکب با توجه به نوع بسته شدن قرقره ها تعیین می شود.

نکته : در قرقره ها نیروی کشش طناب در طول آن ثابت است . مثلاً وقتی یک طرف طناب سبکی را که انتهای آن به دیواری بسته شده است ، با ۵ نیوتون می کشیم ، در تمام طول طناب ، نیروی کشش ۵ نیوتونی برقرار است .

۲۰ . قانون پایستگی انرژی را بنویسید . بر اساس قانون پایستگی انرژی و با صرف نظر از اصطکاک می توانیم بنویسیم :

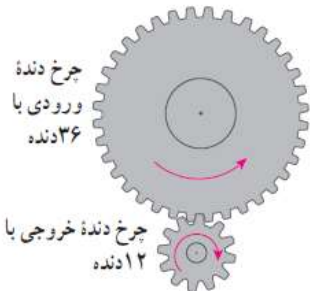
اندازه کار نیروی مقاوم = اندازه کار نیروی محرک

۲۱. در شکل مقابل با توجه به قانون پایستگی انرژی توضیح دهید که چگونه می توان با نیروی محرک ۵۰ نیوتونی ، نیروی مقاوم ۱۵۰ نیوتونی را جا به جا کرد ؟ در شکل برای جابه جایی جسم سنگین ۱۵۰ نیوتونی از نیروی کوچک تر ۵۰ نیوتونی استفاده کرده ایم . یعنی با ترکیبی از قرقره ها و طناب توانستیم به کمک یک نیروی کوچک، جسم سنگینی را به سمت بالا جابه جاکنیم . اما در این فرایند ، جابه جایی طناب ، ۳ برابر جابه جایی وزنه سنگین است . یعنی اندازه کار نیروی محرک با اندازه کار نیروی مقاوم برابر است (البته با صرف نظر کردن از اصطکاک) . به عبارت دیگربرای آنکه وزنه ی ۱۵۰ نیوتونی را به اندازه ی ۱ متر بالا ببریم باید طناب را با نیروی ۵۰ نیوتونی به اندازه ی ۳ متر بکشیم (هر یک از سه طناب متصل به وزنه یک متر جابه جا می شود) .



۲۲. علت استفاده از چرخ دنده ها چیست ؟ در اغلب ماشین هایی که می چرخند از چرخ دنده استفاده می شود. از چرخ دنده ها می توان برای تغییر سرعت چرخش ، تغییر گشتاور یا تغییر جهت نیرو استفاده کرد ؛ مثلاً در خودروها چرخ دنده ها با تغییر سرعت چرخش ، سبب تغییر سرعت خودرو می شوند.

۲۳.چگونگی کارکرد چرخ دنده ها را با ذکر مثالی توضیح دهید . چگونگی کارکرد چرخ دنده ها به تعداد دندانه های آن، بستگی دارد. مثلاً در دندانه های نشان داده شده در شکل مقابل ، چرخ دنده ی بزرگ تردارای ۳۶ دنده و دومی دارای ۱۲ دنده است . این چرخ دنده ها با هم تماس دارند و با فرض آنکه روی هم نمی لغزند (سُر نمی خورند) ، وقتی چرخ دنده ی بزرگ به اندازه یک دنده می چرخد، چرخ دنده ی کوچک نیز یک دنده می چرخد. پس وقتی چرخ بزرگ که دارای ۳۶ دنده است ، یک دور کامل می چرخد ، چرخ کوچک که دارای ۱۲ دنده است ، ۳ دور می چرخد . (۳=۱۲ دنده ÷ ۳۶ دنده) بدیهی است اگر چرخ دنده ی کوچک سبب چرخش چرخ دنده ی بزرگ شود، به ازای هر سه بار چرخیدن آن ، چرخ دنده ی بزرگ یک بار می چرخد .یعنی سرعت



چرخش چرخ دنده ی کوچک بیشتر از سرعت چرخش چرخ دنده ی بزرگ است . این تبدیل ها در صنعت کاربردهای فراوانی دارند .

۲۴. فرمول های محاسبه مزیت مکانیکی چرخ دنده ها را بنویسید .

$$\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده} = \frac{\text{تعداد دنده های چرخ دنده خروجی}}{\text{تعداد دنده های چرخ دنده ورودی}}$$

$$\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده} = \frac{\text{محیط چرخ دنده خروجی}}{\text{محیط چرخ دنده ورودی}}$$

$$\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده} = \frac{\text{شعاع (یا قطر) چرخ دنده خروجی}}{\text{شعاع (یا قطر) چرخ دنده ورودی}}$$

$$\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده} = \frac{\text{سرعت چرخش چرخ دنده ورودی}}{\text{سرعت چرخش چرخ دنده خروجی}}$$

در این فرمول های منظور از چرخ دنده ورودی ، چرخ دنده ای است که نیروی محرک بر روی آن اعمال می شود و منظور از چرخ دنده خروجی ، چرخ دنده ای است که تحت تاثیر نیروی مقاوم می باشد .

۲۵. در مجموعه ای از چرخ دنده ها ، تعداد دنده های چرخ دنده ای که نیروی محرک به آن وارد می شود ۸۰ و تعداد دنده های چرخ دنده مقاوم ۲۰ است . اگر سرعت گردش چرخ دنده ۸۰ دنده ای ۵ دور در ثانیه باشد ، چرخ دنده مقاوم در هر ثانیه چند دور می گردد ؟

$$\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده ها} = \frac{\text{تعداد دنده های چرخ دنده خروجی}}{\text{تعداد دنده های چرخ دنده ورودی}} = \frac{۲۰}{۸۰} = ۰/۲۵$$

$$\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده ها} = \frac{\text{سرعت چرخش چرخ دنده ورودی}}{\text{سرعت چرخش چرخ دنده خروجی}}$$

$$\text{سرعت گردش چرخ دنده خروجی} = \frac{\text{سرعت چرخش چرخ دنده ورودی}}{\text{مزیت مکانیکی چرخ دنده ها}} = \frac{۵}{۰/۲۵} = ۲۰ \quad \text{دور در ثانیه}$$

۲۶. سطوح شیبدار چگونه به ما کمک می کنند ؟ سطح شیبدار به ما کمک می کند تا با نیروی کمتر ، اما در مسافتی طولانی تر، جسم سنگین را به سمت بالا حرکت دهیم . جاده های کوهستانی و پل ماشین رو نوعی سطح شیبدار هستند . وقتی از سطح شیبدار استفاده می کنیم، نیروی محرک، کاهش پیدا می کند؛ اما مسافتی که باید طی شود تا جسم بالا برده شود، افزایش پیدا می کند .به عنوان مثال اگر فردی با صندلی چرخ دار بخواهد به اندازه ی ۱ متر بالا برود، می تواند از یک سطح شیبدار ۱۰ متری استفاده کند . بنابراین در این حالت نیروی لازم برای بالا رفتن $\frac{۱}{۱۰}$ برابر می شود . (البته با صرف نظر از اصطکاک) یعنی نیروی محرک لازم $\frac{۱}{۱۰}$ نیروی مقاوم که وزن فرد و صندلی چرخ دار است ، می شود . با استفاده از تعریف مزیت مکانیکی، مزیت این سطح شیبدار برابر است با:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\frac{۱}{۱۰}\text{ نیروی محرک}} = ۱۰$$

نکته : در سطح شیبدار جابه جایی نیروی محرک (d_1) برابر با طول سطح وجابه جایی نیروی مقاوم (d_2) برابربا ارتفاع سطح است و چون طول سطح از ارتفاع آن بیشتر است طبق فرمول مزیت مکانیکی ، مزیت مکانیکی (A) بیشتر از ۱ می شود.

نکته : هر چه نسبت طول سطح شیبدار به ارتفاع آن بیشتر شود ، مزیت مکانیکی سطح شیبدار بیشتر خواهد شد و افزایش نیروی بیشتری خواهیم داشت .

نکته : هر چه زاویه شیب کمتر باشد ، در نیروی محرک صرفه جویی بیشتری خواهیم داشت و مزیت مکانیکی کم تر می شود.

۲۷. مصریان باستان چندین هرم بزرگ به عنوان مقبره پادشان خود ساخته اند . اگر مصریان باستان با به وجود آوردن سطح شیبداری که از خاک درست می شد و مزیت مکانیکی آن ۳ بود ، می خواستند سنگ ۲۵۰۰۰ نیوتونی را به بالای هرم انتقال دهند ، مقدار نیروی لازم برای بالا بردن تخته سنگ چقدر بود ؟ اگر نیروی یک کارگر در حدود ۵۰۰ نیوتون باشد ، برای بالا بردن این تخته سنگ به چند نفر نیاز است ؟

$A = ۳$ $F_2 = ۲۵۰۰۰\ N$ $F_1 = ?$

$$A = \frac{F_2}{F_1} \rightarrow F_1 = \frac{۲۵۰۰۰}{۳} = ۸۳۳۳/۳۳\ N$$

تقریباً برای بالا بردن تخته سنگ به ۱۷ نفر احتیاج بود . ۸۳۳۳/۳۳ ÷ ۵۰۰ = ۱۶/۶۶