۷ ماشین‌ها

اصطلاح زندگی ماشینی را حتماً تا الان شنیده‌اید.

زندگی بشر در حال حاضر به ماشین‌هایی که ساخته و در اختیار دارد وابسته است. ماشین‌ها به ما کمک می‌کنند تا زندگی راحت‌تری داشته باشیم و به ما فرصت انجام کارهای فراتر از انتظار را می‌دهند.

هر ماشین برای منظور و کار مشخصی طراحی و ساخته شده است. مثلاً دوچرخه، سرعت انجام کار را افزایش می‌دهد. یک جک هیدرولیک، نیروی لازم برای انجام کار را افزایش می‌دهد یا یک قرقره‌ی ساده، فقط جهت اعمال نیرو را تغییر می‌دهد.

برای آن‌که متوجه شویم که هر ماشین چگونه به ما کمک می‌کند، می‌توانیم به **ورودی** و **خروجی** ماشین توجه کنیم. ورودی ماشین شامل همه‌ی آن چیزهایی است که انجام می‌دهیم تا ماشین کار کند و خروجی آن چیزی است که ماشین برای ما انجام می‌دهد. مثلاً ما بر دسته‌ی جک هیدرولیک نیروی کمی وارد می‌کنیم اما جک جسم سنگینی مانند خودرو را برای ما جابه‌جا می‌کند.

ورودی یا خروجی ماشین‌ها ممکن است براساس **نیرو**، **توان** یا **انرژی** بررسی شود. در شکل‌های زیر، تصویر تعدادی از ماشین‌هایی را که روزانه با آن سروکار داریم، مشاهده می‌کنید. به ورودی و خروجی ماشین‌ها دقت کنید.

کشتی:

ورودی: انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی یا هسته‌ای.

خروجی: حرکت و حمل بارهای بسیار سنگین.

یخچال:

ورودی: انرژی الکتریکی.

خروجی: سردشدن محفظه‌ی یخچال.

هواپیما:

ورودی: انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی.

خروجی: حرکت با سرعت زیاد و کم‌کردن زمان مسافرت.

دوچرخه:

ورودی: نیرویی که به پدال وارد می‌کنیم.

خروجی: افزایش سرعت حرکت.

یک ماشین از تعدادی اجزای ساده درست شده است. به هر کدام از این اجزا، **ماشین ساده** گفته می‌شود. با ارتباط این اجزا در راستای یک هدف معین، ماشین طراحی و ساخته می‌شود.

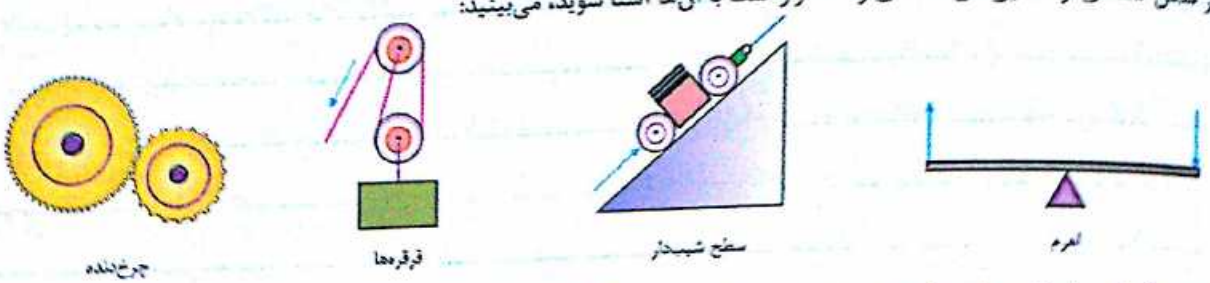
مثلاً با تعدادی اهرم، چرخ‌دنده، پیچ و مهره و ... می‌توان یک دوچرخه ساخت یا با همین ماشین‌های ساده اما به شکل‌های دیگر و با طراحی دیگری می‌توان یک بالابر مکانیکی ساخت.

«در گام اول برای تبدیل‌شدن به یک مهندس باید ماشین‌های ساده را به خوبی بشناسید.»

Scanned by CamScanner

ماشین‌های ساده

در شکل تعدادی از ماشین‌های ساده‌ای را که قرار است با آن‌ها آشنا شوید، می‌بینید:



قبل از آشنایی با ماشین‌های ساده، بهتر است که با مفهومی به نام **گشتاور نیرو** آشنا شویم. با شناخت گشتاور نیرو بهتر می‌توانیم عملکرد ماشین‌ها را درک کنیم.

گشتاور نیرو

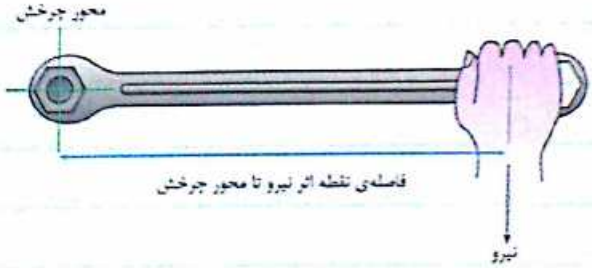
هنگام بازکردن در، چرخاندن دسته‌ی آچار برای بازکردن مهره، چرخاندن فرمان اتومبیل، عقب‌کشیدن پارو توسط یک قایقران و ... با مفهومی به نام گشتاور نیرو سروکار داریم.

- در همه‌ی این موارد با واردکردن نیرو، یک اثر چرخندگی به وجود می‌آید.
- در، حول محور و لولای خود می‌چرخد.
- دسته‌ی آچار، حول پیچ می‌چرخد.
- فرمان، حول محور خود می‌چرخد.
- پارو، حول نقطه‌ی تکیه‌گاه می‌چرخد.
- به اثر چرخندگی یک نیرو، **گشتاور نیرو** گفته می‌شود.

اندازه‌ی گشتاور نیرو برابر با حاصل‌ضرب اندازه‌ی نیرو در فاصله‌ی نقطه اثر نیرو تا محور چرخش است:

★

فاصله‌ی نقطه اثر نیرو تا محور چرخش × اندازه‌ی نیرو = اندازه‌ی گشتاور نیرو



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

مثال: برای بازکردن مهره‌ای، از آچاری به طول ۲۰ cm استفاده می‌کنیم. اگر نیروی وارد بر انتهای آچار ۲۰ N باشد، اندازه‌ی گشتاور نیروی واردشده بر آچار را به دست آورید.

پاسخ: در حل این سؤال، یکای فاصله را به متر (m) تبدیل کرده و از رابطه‌ی گشتاور نیرو استفاده می‌کنیم: $20\ cm = 0/2\ m$

طول آچار × اندازه‌ی نیرو = اندازه‌ی گشتاور نیرو

اندازه‌ی گشتاور نیرو = $20 \times 0/2 = 4\ Nm$

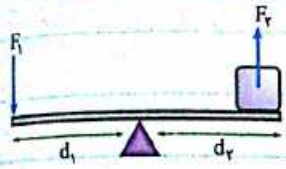
اهرم

اهرم ساده‌ترین ماشینی است که حتی انسان‌های اولیه نیز از آن استفاده می‌کردند. در ساده‌ترین حالت، یک میله و یک تکیه‌گاه می‌توانند یک اهرم باشند. مثلاً، الاکلنگ یک اهرم است. هنگامی که به یک طرف آن نیرویی به سمت پایین وارد می‌شود، سمت دیگر آن به طرف بالا حرکت می‌کند.

Scanned by CamScanner

در همه‌ی اهرم‌ها از طرف ما نیرویی (**نیروی محرک**) بر اهرم وارد می‌شود و اهرم نیرویی را بر جسم وارد می‌کند (**نیروی مقاوم**). با توجه به این‌که نقطه اثر هر یک از این نیروها تا تکیه‌گاه فاصله‌ای دارد، می‌توان برای نیرویی که ما به اهرم وارد می‌کنیم و نیرویی که اهرم به جسم وارد می‌کند، گشتاور نیرو تعریف کنیم.

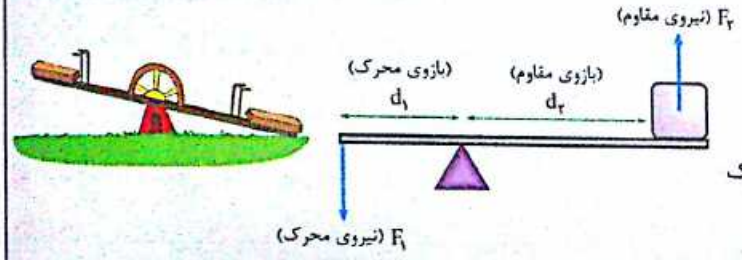
در حالت تعادل و در حالی که نیروهای دیگری مثل اصطکاک دخالت ندارند، گشتاور این نیروها خلاف جهت هم ولی هم‌اندازه هستند.



$$\text{گشتاور نیروی مقاوم} = \text{گشتاور نیروی محرک} \Rightarrow F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

می‌توان اهرم‌ها را براساس **موقعیت قرارگرفتن تکیه‌گاه** و هم‌چنین **محل نقطه اثر نیرو** به سه نوع تقسیم‌بندی کرد. در بخش بعد، انواع اهرم‌ها را به شما معرفی می‌کنیم و می‌توانید معادله‌ی تعادل گشتاور نیرو را در انواع اهرم‌ها مشاهده کنید.

اهرم نوع اول:



تکیه‌گاه بین نیروی محرک و نیروی مقاوم قرار دارد.

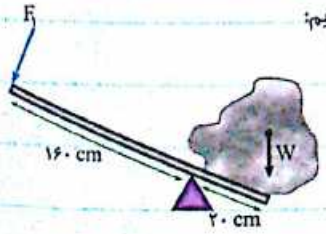
گشتاور نیروی مقاوم = گشتاور نیروی محرک

بازوی مقاوم × نیروی مقاوم = بازوی محرک × نیروی محرک

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

مثال: به کمک یک دیلم (اهرم نوع اول) قصد داریم سنگی به وزن ۲۴۰ N را جابه‌جا کنیم. اگر فاصله‌ی تکیه‌گاه تا سر دیلم که زیر سنگ قرار دارد، ۲۰ cm و فاصله‌ی تکیه‌گاه تا جایی که ما به دیلم نیرو وارد می‌کنیم، ۱۶۰ cm باشد؛ حداقل با چه نیرویی می‌توانیم سنگ را جابه‌جا کنیم؟

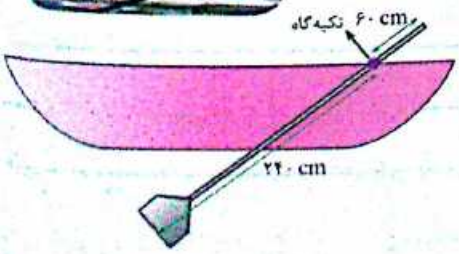
پاسخ: چون در دو سمت تساوی یکای طول بازوها یکی است، می‌توانیم یکای طول بازوها را cm در نظر بگیریم:



$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \Rightarrow F_1 \times 160 = 240 \times 20 \Rightarrow F_1 = 30\,N$$

اهرم نوع اول، در حالتی که تکیه‌گاه به نقطه اثر نیروی مقاوم نزدیک‌تر است با **افزایش نیرو** و **تغییر جهت نیرو** به ما کمک می‌کند.

مثال: دسته‌ی پاروی یک قایق مسابقه ۳ m است. اگر فاصله‌ی سر پارو (جایی که دست قایقران قرار می‌گیرد) تا تکیه‌گاه آن ۶۰ cm باشد و قایقران نیرویی به اندازه‌ی ۱۰۰ N را بر دسته‌ی پارو وارد کند، انتهای پارو با چه نیرویی آب را به عقب هل می‌دهد؟

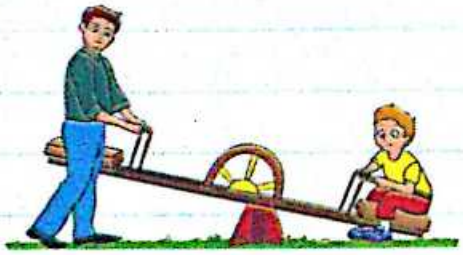


پاسخ: با توجه به این‌که طول پارو ۳ m و فاصله‌ی نقطه اثر نیروی محرک تا تکیه‌گاه (طول بازوی محرک) ۶۰ cm است، پس طول بازوی مقاوم ۲۴۰ cm است:

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \Rightarrow 100 \times 60 = F_2 \times 240 \Rightarrow F_2 = 25\,N$$

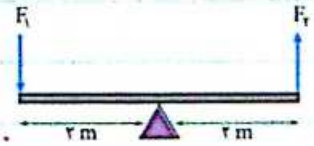
Scanned by CamScanner

در اهرم نوع اول در حالتی که تکیه‌گاه به نقطه اثر نیروی محرک نزدیک‌تر است، نیرو افزایش نمی‌یابد بلکه اهرم با **افزایش سرعتِ انجام کار** یا **افزایش جابه‌جاییِ نقطه اثر نیرو** و **تغییر جهت نیرو** به ما کمک می‌کند.



مثال: روی یک الاکلنگ به طول ۴m که تکیه‌گاه در وسط آن قرار گرفته است، کودکی به وزن ۱۵۰ N نشسته است. پدر کودک برای آن‌که کودک را به سمت بالا حرکت دهد، باید حداقل چه نیرویی بر طرف دیگر الاکلنگ وارد کند؟

پاسخ: چون تکیه‌گاه در وسط میله‌ی الاکلنگ قرار گرفته است، پس طول بازوهای مقاوم و محرک برابرند و اندازه‌ی هر یک ۲ m است:



$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \Rightarrow F_1 \times 2 = 150 \times 2 \Rightarrow F_1 = 150\ N$$

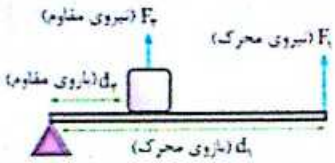
در اهرم نوع اول در حالتی که طول بازوهای مقاوم و محرک برابر است، اهرم فقط با **تغییر جهت نیرو** به ما کمک می‌کند.

اهرم نوع دوم:

نیروی مقاوم، بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار دارد.

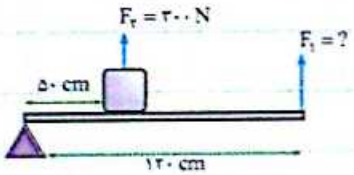
گشتاور نیروی مقاوم = گشتاور نیروی محرک

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$



مثال: کارگری قصد دارد به کمک فرغونی به طول ۱۲۰ cm، مقداری آجر به وزن ۳۰۰ N را جابه‌جا کند. اگر فاصله‌ی نقطه اثر نیروی وزن آجرها تا تکیه‌گاه فرغون (جلوی فرغون) ۵۰ cm باشد، کارگر حداقل با چه نیرویی باید فرغون را بلند کند؟

پاسخ: در این مسئله طول بازوی محرک ۱۲۰ cm است:



$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \Rightarrow F_1 \times 120 = 300 \times 50 \Rightarrow F_1 = 125\ N$$

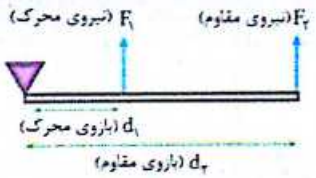
در اهرم نوع دوم چون طول بازوی محرک بیش از طول بازوی مقاوم است، همیشه با **افزایش نیرو** به ما کمک می‌کند.

اهرم نوع سوم:

نیروی محرک، بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم قرار دارد.

گشتاور نیروی مقاوم = گشتاور نیروی محرک

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$



مثال: شخصی با یک چوب ماهی‌گیری به طور ۳۲۰ cm در حال ماهی‌گیری است. یک ماهی به قلاب او گیر می‌کند. اگر نیرویی که ماهی به سر چوب وارد می‌کند، ۲۰ N و فاصله‌ی دستی که می‌خواهد قلاب را بالا بکشد تا انتهای چوب ۴۰ cm باشد؛ ماهی‌گیر با چه نیرویی باید چوب را به سمت بالا بکشد؟

پاسخ: در هنگام ماهی‌گیری با چوب ماهی‌گیری، یک دست انتهای چوب را می‌گیرد که به عنوان تکیه‌گاه استفاده می‌شود و دست دیگر که چوب را نگه داشته یا بالا می‌کشد، نقش نیروی محرک را بازی می‌کند. پس در این مسئله طول بازوی مقاوم ۳۲۰ cm و طول بازوی محرک ۴۰ cm است:

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \Rightarrow F_1 \times 40 = 20 \times 320 \Rightarrow F_1 = 160\ N$$

Scanned by CamScanner

چون در اهرم نوع سوم طول بازوی مقاوم همیشه بیش از طول بازوی محرک است، پس این نوع اهرم نیرو را افزایش نمی‌دهد بلکه به صورت **افزایش سرعت انجام کار** یا **افزایش جابه‌جاییِ نقطه اثر نیرو** به ما کمک می‌کند.

مزیت مکانیکی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، ماشین‌ها به روش‌های مختلفی به ما کمک می‌کنند. تعدادی از آن‌ها با **افزایش نیرو**، تعدادی با **افزایش سرعت انجام کار** و تعدادی دیگر با **تغییر جهت نیرو** به ما کمک می‌کنند.

برای این‌که بتوانیم بفهمیم که هر ماشین ساده به چه روشی به ما کمک می‌کند، شاخصی را به نام **مزیت مکانیکی** تعریف می‌کنیم.

مزیت مکانیکی را براساس افزایش نیرو تعریف می‌کنیم، به‌گونه‌ای که اگر مزیت مکانیکی ماشینی بیشتر از یک بود، یعنی ماشین به کمک افزایش نیرو به ما کمک می‌کند و اگر کم‌تر از یک بود، یعنی ماشین به کمک افزایش سرعت انجام کار یا افزایش جابه‌جایی به ما کمک می‌کند.

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

در بسیاری از کتاب‌ها، مزیت مکانیکی (کامل) ماشین‌ها را در شرایط ایده‌آل با A نمایش می‌دهند. مثلاً اگر مزیت مکانیکی ماشینی ۳ باشد، یعنی با اعمال نیروی محرکی به اندازه‌ی F، بر نیروی مقاومی به اندازه‌ی ۳F غلبه کرده‌ایم.

مزیت مکانیکی یکای اندازه‌گیری ندارد.

مثال: «مزیت مکانیکی یک جک هیدرولیک ۲۰۰ است.» این جمله به چه معنی است؟

پاسخ: یعنی نیروی مقاوم ۲۰۰ برابر نیروی محرک است و با نیروی محرک کوچکی می‌توان بر نیروی مقاومی که ۲۰۰ برابر آن است، غلبه کرد.

در اهرم‌ها و در شرایط تعادل مزیت مکانیکی از رابطه‌ی دیگری نیز به دست می‌آید:

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow A = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{طول بازوی محرک}}{\text{طول بازوی مقاوم}}$$

$$A = \frac{F_2}{F_1}$$

تمرین کنید: مزیت مکانیکی هر اهرم را در مثال‌های قبل حساب کنید.

مثال: «مزیت مکانیکی اهرمی $\frac{1}{4}$ است.» این جمله به چه معنی است؟

پاسخ: یعنی این اهرم کمک می‌کند که سرعت انجام کار را ۴ برابر کنیم یا اگر نیروی محرک به اندازه‌ی d جابه‌جا شده است، نیروی مقاوم به اندازه‌ی ۴d جابه‌جا شود.

راه کمک ماشین‌ها	وضعیت نیرو	وضعیت بازوها	مزیت مکانیکی	مثال
افزایش نیرو	$F_2 > F_1$	$d_2 < d_1$	$A > 1$	اهرم نوع دوم
افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو	$F_2 < F_1$	$d_2 > d_1$	$A < 1$	اهرم نوع سوم
فقط تغییر جهت نیرو	$F_2 = F_1$	$d_2 = d_1$	$A = 1$	الاکلنگ

(F_1: نیروی محرک)، (F_2: نیروی مقاوم)، (d_1: طول بازوی محرک) و (d_2: طول بازوی مقاوم)

مثال: طول بازوی مقاوم اهرمی ۳ برابر طول بازوی محرک آن است:

الف) مزیت مکانیکی آن چه‌قدر است؟

ب) این اهرم، چه نوع اهرمی می‌تواند باشد؟

Scanned by CamScanner

پاسخ: الف) می‌توان مزیت مکانیکی آن را از رابطه‌ی $\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{بازوی محرک}}{\text{بازوی مقاوم}}$ به دست آورد:

$$\left.\begin{array}{l} A=\frac{d_1}{d_2} \\ d_2=3d_1 \end{array}\right\} \Rightarrow A=\frac{d_1}{3d_1}=\frac{1}{3}$$

ب) این اهرم هم می‌تواند اهرم نوع سوم باشد و هم می‌تواند اهرم نوع اول باشد.

مثال: به کمک اهرم نوع اولی به طول ۳۲۰ cm، قصد داریم وزنه‌ای به وزن ۳۵۰ N را از زمین بلند کنیم. اگر حداکثر نیرویی که به اهرم وارد می‌کنیم، ۵۰ N باشد:

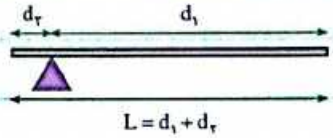
الف) مزیت مکانیکی اهرم چه‌قدر است؟

ب) طول بازوی مقاوم اهرم چند سانتی‌متر است؟

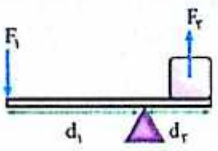
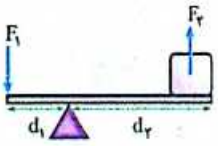
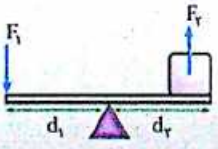
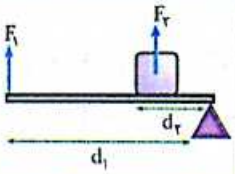
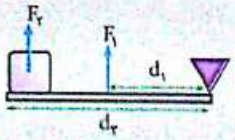
پاسخ: الف) می‌توان با توجه به اندازه‌ی نیروهای مقاوم و محرک، مزیت مکانیکی را محاسبه کرد:

$$\left.\begin{array}{l} A=\frac{F_2}{F_1} \\ F_1=50\,N,\ F_2=350\,N \end{array}\right\} \Rightarrow A=\frac{350}{50}=7$$

ب) با توجه به این‌که در اهرم نوع اول، تکیه‌گاه بین نقطه اثر نیروی محرک و مقاوم است، طول اهرم برابر با جمع طول بازوی مقاوم و بازوی محرک است. از طرفی با توجه به رابطه‌ی $A=\frac{d_1}{d_2}=7$ می‌توان فهمید که $d_1=7d_2$ است.



$$\left.\begin{array}{l} L=d_1+d_2 \\ d_1=7d_2 \end{array}\right\} \Rightarrow L=7d_2+d_2 \Rightarrow \left.\begin{array}{l} L=8d_2 \\ L=320\,cm \end{array}\right\} \Rightarrow 320=8d_2 \Rightarrow d_2=40\,cm$$

نوع اهرم	وضعیت بازوها	راه کمک اهرم‌ها	شکل اهرم	مزیت مکانیکی
اول: حالت ۱	$d_1 > d_2$	افزایش نیرو- تغییر جهت نیرو		$A > 1$
اول: حالت ۲	$d_1 < d_2$	افزایش سرعت و مسافت نقطه اثر نیرو- تغییر جهت نیرو		$A < 1$
اول: حالت ۳	$d_1 = d_2$	تغییر جهت نیرو		$A = 1$
دوم	$d_1 > d_2$	افزایش نیرو		$A > 1$
سوم	$d_1 < d_2$	افزایش سرعت و مسافت نقطه اثر نیرو		$A < 1$

Scanned by CamScanner

پرسش‌ها

جاهای خالی را با کلمات مناسب کامل کنید.

الف) در اهرم نوع ..... (اول ـ دوم ـ سوم)، بدون آن‌که جهت نیرو تغییر کند، نیرو افزایش می‌یابد.

ب) در اهرم نوع دوم، طول بازوی محرک ..... (کم‌تر ـ بیشتر) از طول بازوی مقاوم است.

پ) فرغون، نوعی اهرم نوع ..... (دوم ـ سوم) است.

ت) اگر مزیت مکانیکی ماشینی ..... (یک ـ کم‌تر از یک ـ بیشتر از یک) باشد، آن ماشین فقط به طریق تغییر جهت نیرو به ما کمک می‌کند.

ث) ..... (چوب ماهی‌گیری ـ الاکلنگ ـ دیلم)، یک اهرم نوع سوم است.

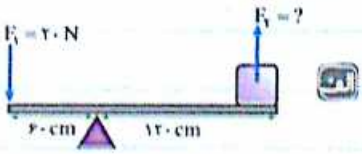
درستی یا نادرستی موارد زیر را مشخص کنید.

	درست	نادرست
الف) در اهرم نوع اول، در همه‌ی حالت‌ها، جهت نیرو تغییر می‌کند.	☐	☐
ب) در اهرم نوع سوم، طول بازوی مقاوم، بیش از طول بازوی محرک است.	☐	☐
پ) در اهرم نوع اول، مزیت مکانیکی همیشه بیشتر از یک است.	☐	☐
ت) در اهرم نوع دوم، تحت شرایطی مزیت مکانیکی می‌تواند کم‌تر از یک باشد.	☐	☐
ث) جاروی دسته بلند رفتگران، اهرم نوع دوم است.	☐	☐
ج) اگر مزیت مکانیکی ماشینی کم‌تر از یک باشد، ماشین با افزایش سرعت و جابه‌جایی نقطه اثر نیرو به ما کمک می‌کند.	☐	☐

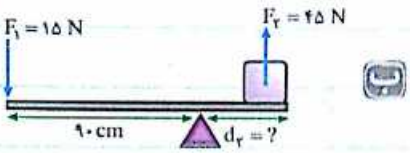
به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- در هر کدام از شکل‌های زیر، اندازه‌ی یکی از کمیت‌ها مجهول است. برای آن‌که گشتاور نیروی مقاوم و محرک در تعادل باشند، اندازه‌ی کمیت مجهول را به دست آورید.

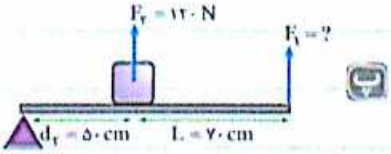
الف)



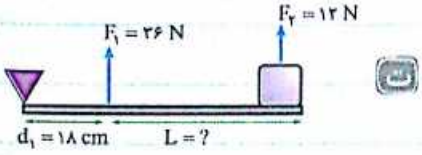
ب)



پ)



ت)



۲- الف) در منجنیق از چه نوع اهرمی استفاده می‌شود؟

ب) این اهرم چگونه به مهاجمین (بازی تراوین) کمک می‌کرد تا دیوارهای قلعه‌ها را خراب کنند؟

Scanned by CamScanner

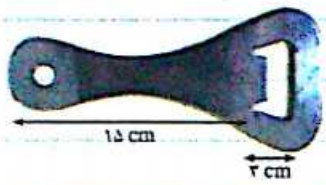
۳- در شکل روبه‌رو:

الف) نوع اهرم را مشخص کنید.

ب) مزیت مکانیکی آن را به دست آورید.

پ) وزن جعبه را محاسبه نمایید.

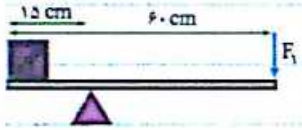
۴- الف) در نوشابه بازکن چه نوع اهرمی است؟



ب) با توجه به فواصل داده‌شده در شکل، مزیت مکانیکی در نوشابه بازکن را حساب کنید.

۵- رفتگری با جارویی به طول ۱۸۰ cm، در حال جاروکردن زمین است. اگر نیرویی که رفتگر به دسته‌ی جارو وارد می‌کند، ۳۰ N و نیرویی که جارو به زمین وارد می‌کند، ۵ N باشد؛ دست‌های رفتگر در چه فاصله‌ای از هم، جارو را گرفته‌اند؟ (یکی از دست‌ها انتهای جارو را گرفته است.)

۶- در شکل روبه‌رو، تکیه‌گاه را چند سانتی‌متر و به کدام سمت جابه‌جا کنیم تا مزیت مکانیکی حالت دوم $\frac{1}{6}$ مزیت مکانیکی حالت اول شود؟



۷- کارگری با نیروی ۸۰ N به کمک یک فرغون ۴۰۰ N بار را حمل می‌کند. اگر فاصله‌ی نقطه اثر نیروی محرک تا نقطه اثر نیروی مقاوم ۱۲۸ cm باشد، طول بازوی محرک فرغون (طول فرغون) چه‌قدر است؟

گزینه‌ی درست را انتخاب کنید.

۱- در کدام‌یک از موارد زیر، مزیت مکانیکی یک اهرم (بدون در نظر گرفتن اصطکاک) برابر یک است؟

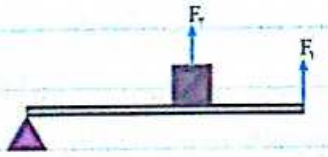
۱) طول بازوهای اهرم برابر باشند.

۲) نیروی مقاوم، بین نیروی محرک و تکیه‌گاه باشد.

۳) نیروی محرک، بین نیروی مقاوم و تکیه‌گاه باشد.

۴) تکیه‌گاه در یک سمت اهرم و نیروی محرک در سمت دیگر باشد.

۲- در شکل زیر، طول اهرم ۱۲۰ cm و فاصله‌ی بین نقطه اثر نیروی محرک و مقاوم ۴۰ cm است. مزیت مکانیکی اهرم کدام است؟



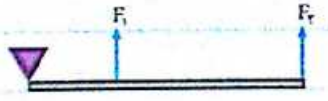
۱) ۳

۲) $\frac{1}{3}$

۳) $\frac{3}{2}$

۴) $\frac{2}{3}$

۳- در مورد اهرم شکل مقابل، کدام گزینه صحیح است؟



۱) جهت نیرو را عوض می‌کند.

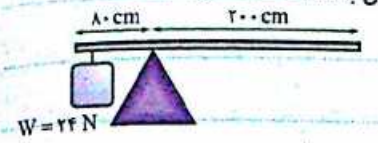
۲) نیرو را افزایش می‌دهد.

۳) مسافت و سرعت نقطه اثر نیرو را زیاد می‌کند.

۴) علاوه بر آن‌که جهت نیرو را عوض می‌کند، سرعت نقطه اثر نیرو را نیز زیاد می‌کند.

Scanned by CamScanner

۴- در شکل زیر، نیروی محرک چه‌قدر باشد و در کدام جهت به اهرم وارد شود تا اهرم در حالت تعادل باشد؟



۱) ۹/۶ N، بالا ۲) ۶۰ N، بالا

۳) ۹/۶ N، پایین ۴) ۶۰ N، پایین

۵- کدام گزینه در مورد اهرم‌ها صحیح نیست؟

۱) فرغون، اهرم نوع دوم است.

۲) در اهرم نوع اول، مزیت مکانیکی هم می‌تواند بیشتر از یک و هم می‌تواند کم‌تر از یک باشد.

۳) فقط در اهرم نوع اول تغییر جهت نیرو داریم.

۴) در اهرم نوع سوم، اندازه‌ی بازوی محرک بیش از اندازه‌ی بازوی مقاوم است.

۶- اگر مزیت مکانیکی ماشین $\frac{۱}{۳}$ باشد (بدون در نظر گرفتن اتلاف انرژی):

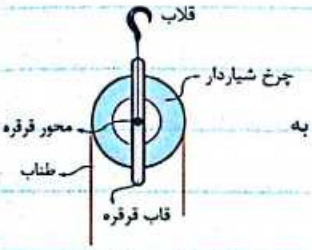
۱) کار نیروی محرک ۳ برابر کار نیروی مقاوم است.

۲) کار نیروی محرک $\frac{۱}{۳}$ کار نیروی مقاوم است.

۳) نیروی محرک ۳ برابر نیروی مقاوم است.

۴) جابه‌جایی نقطه اثر نیروی مقاوم $\frac{۱}{۳}$ برابر جابه‌جایی نقطه اثر نیروی محرک است.

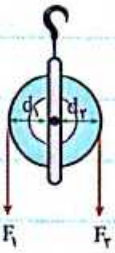
قرقره



قرقره، نوعی ماشین ساده است که در انجام کارها به ما کمک می‌کند.

در واقع قرقره، چرخ شیارداری است که می‌تواند آزادانه حول یک محور دوران کند. قرقره را به کمک قلابی که به واسطه‌ی قابِ قرقره به محور آن متصل است می‌توان از جایی آویزان کرد یا این‌که چیزی به آن آویزان نمود.

قرقره‌ی ثابت



هرگاه قرقره را به کمک قلاب آن به مکان ثابتی وصل کنیم، قرقره را **قرقره‌ی ثابت** می‌نامیم.

به نکات زیر در مورد قرقره‌ی ثابت توجه کنید:

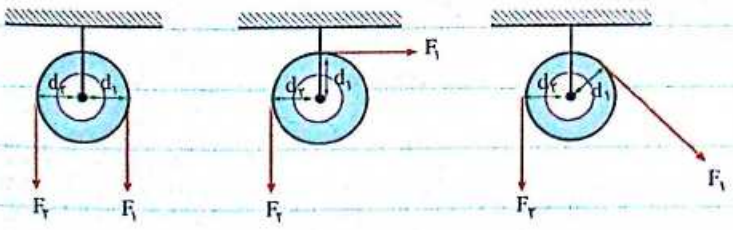
۱) می‌توان قرقره‌ی ثابت را مانند اهرم نوع اول در نظر گرفت، در حالتی که طول بازوی مقاوم و بازوی محرک برابر هستند. در این حالت، محور قرقره را به عنوان تکیه‌گاه فرض می‌کنیم.

۲) در قرقره‌ی ثابت اگر از وزن طناب و اصطکاک بین طناب و قرقره صرف نظر کنیم، نیروی کششی که در دو طرف قرقره بر طناب وارد می‌شود، یکسان است. (به کمک مفهوم گشتاور نیرو و با توجه به برابری طول بازوهای محرک و مقاوم، این موضوع قابل درک است.)

$A = \frac{d_۱}{d_۲} = ۱$

۳) مزیت مکانیکی قرقره‌ی ثابت، یک است.

۴) زاویه‌ی واردشدن نیروی محرک، تأثیری در مزیت مکانیکی و حرکت نیروی مقاوم در قرقره‌ی ثابت ندارد. چون در همه‌ی حالت‌ها طول بازوی مقاوم و محرک برابر شعاع چرخ قرقره است.

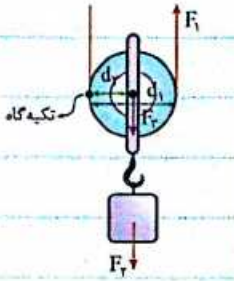


قرقره‌ی متحرک

اگر در شرایطی، محور قرقره بتواند حرکت کند، قرقره را **قرقره‌ی متحرک** می‌نامیم. (مثلاً نیروی مقاوم به محور (قلاب) آن وارد شود.)

Scanned by CamScanner

به نکات زیر در مورد قرقره‌ی متحرک توجه کنید:



۱) در قرقره‌ی متحرک چون نیروی مقاوم به محور قرقره وارد شده و تکیه‌گاه نقطه‌ی تماس یکی از طناب‌ها به قرقره است، طول بازوی محرک ۲ برابر طول بازوی مقاوم است:

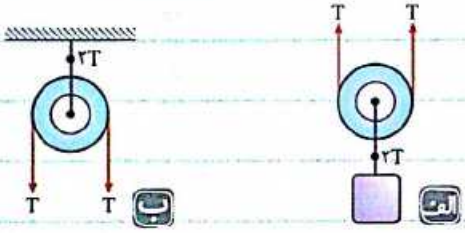
$$\left.\begin{matrix} A=\frac{d_1}{d_2} \\ d_1=2d_2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow A=\frac{2\cancel{d_2}}{\cancel{d_2}}=2$$

۲) مزیت مکانیکی قرقره‌ی متحرک ۲ است.

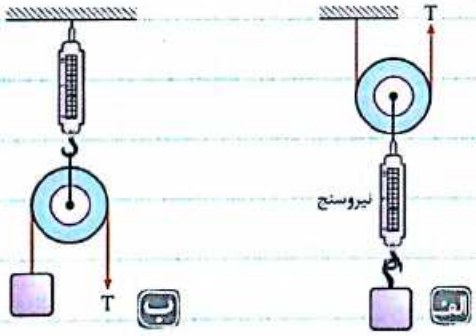
۳) نیروی کشش طناب (T) در دو سمت قرقره یکسان است:

$$\left.\begin{matrix} A=2 \\ F_1=T \\ A=\frac{F_2}{F_1} \end{matrix}\right\} \Rightarrow 2=\frac{F_2}{T} \Rightarrow F_2=2T$$

۴) با توجه به رابطه‌ای که به دست آمد، می‌توان این‌گونه استدلال کرد که نیرویی که به نقطه‌ی اتصال قرقره (قلاب) وارد می‌شود، ۲ برابر نیروی کشش طناب در دو سمت قرقره است. (البته اگر از وزن قرقره صرف‌نظر کنیم.)



مثال: در شکل‌های روبه‌رو، قرقره‌ها در حال تعادل هستند و نیروسنج‌ها، ۳۰ N را نشان می‌دهند. اندازه‌ی نیروی کشش نخ‌ها را به دست آورید. (از وزن قرقره و نیروسنج صرف نظر کنید.)



پاسخ: در هر دو شکل، نیروسنج‌ها به قلاب قرقره وصل هستند و چون نیرویی که به قلاب وارد می‌شود، ۲ برابر نیروی کشش طناب است پس نیروی کشش طناب‌ها ۱۵ N است.

قرقره‌های مرکب

با ترکیب دو یا چند قرقره می‌توانیم ماشین ساده‌ای به نام **قرقره‌ی مرکب** طراحی کنیم که در انجام کارها به ما کمک کند.

برای به دست آوردن مزیت مکانیکی قرقره‌ی مرکب به نکات زیر دقت کنید:

۱) نام‌گذاری نیروی کشش طناب (T) را از جایی آغاز می‌کنیم که نیروی محرک بر طناب وارد می‌شود.

۲) نیروی کشش طناب (T) در دو طرف قرقره یکسان است و تا زمانی که طناب عوض نشود، هم‌چنان ثابت خواهد ماند.

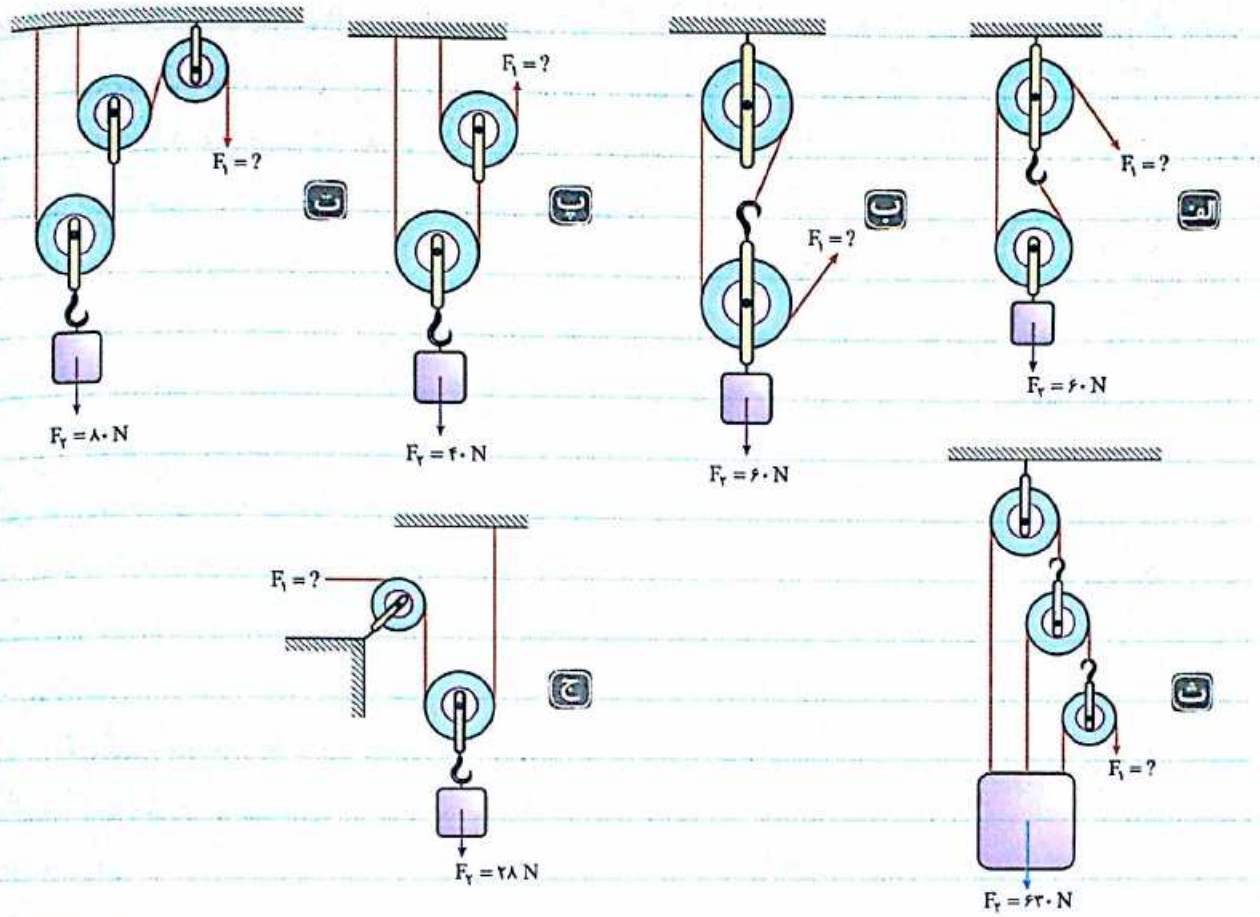
۳) نیرویی که به قلاب قرقره وارد می‌شود، دو برابر نیروی کشش طناب (T) در دو سمت قرقره است. (اگر طنابی (T′) به محور قرقره متصل باشد، نیروی وارد بر قلاب $2T+T'$ است.)

۴) در پایان دقت می‌کنیم که چند (T) بر جسم وارد می‌شود و آن را مساوی نیروی مقاوم قرار می‌دهیم.

۵) به کمک رابطه‌ی $\frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}}=$ مزیت مکانیکی، مزیت مکانیکی قرقره‌ی مرکب را محاسبه می‌کنیم.

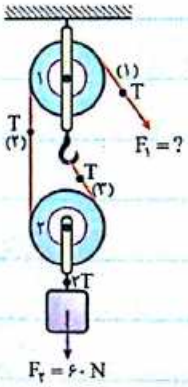
Scanned by CamScanner

مثال: در هر یک از شکل‌های زیر، مزیت مکانیکی قرقره‌ی مرکب و اندازه‌ی نیروی محرک را محاسبه کنید. (در همه‌ی شکل‌ها دستگاه درحال تعادل و وزن طناب‌ها و قرقره‌ها ناچیز است.)



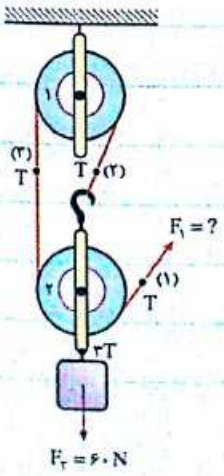
پاسخ: در حل همه‌ی موارد، برای راحتی کار F_1 را معادل T قرار می‌دهیم.

الف مشاهده می‌کنید که طناب‌های (۱) ، (۲) و (۳) قطع نشده‌اند، بنابراین نیروی کشش در آن‌ها یکسان و برابر با T است. در دو سمت قرقره‌ی شماره‌ی ۲ (که نیروی مقاوم به محور آن وارد می‌شود.)، دو طناب با نیروی T داریم، پس به قلاب آن نیروی $۲T$ وارد می‌شود و چون قلاب آن به نیروی مقاوم وصل است، پس $F_2 = ۲T$ است:



$$A = \frac{F_2}{F_1} = \frac{۲T}{T} = ۲ \;,\; F_1 = \frac{F_2}{A} \Rightarrow F_1 = \frac{۶۰}{۲} = ۳۰\,N$$

ب همان‌طور که در شکل می‌بینید، طناب‌های (۱)، (۲) و (۳) قطع نشده‌اند؛ بنابراین نیروی کشش در آن‌ها یکسان و برابر T است. در دو سمت قرقره‌ی شماره‌ی ۲، دو طناب با نیروی T داریم و به محور آن نیز طناب دیگری با نیروی T وصل شده است، پس به محور (قلاب) آن نیروی $۳T$ وارد می‌شود و چون قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲ به نیروی مقاوم وصل است، پس $F_2 = ۳T$ است:



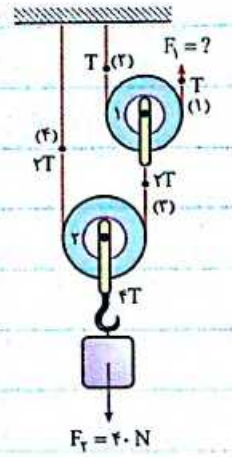
$$A = \frac{F_2}{F_1} = \frac{۳T}{T} \Rightarrow A = ۳$$

$$F_1 = \frac{F_2}{A} \Rightarrow F_1 = \frac{۶۰}{۳} \Rightarrow F_1 = ۲۰\,N$$

Scanned by CamScanner

ب در این شکل نیروی کشش طناب در طناب‌های (۱) و (۲) یکسان و برابر T است. بنابراین نیرویی که به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۱ وارد می‌شود، ۲T است. طناب‌های (۳) و (۴) به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۱ متصل‌اند، پس نیروی کشش در آن‌ها نیز ۲T است.

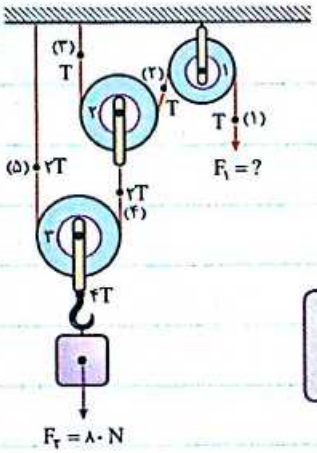
در دو سمت قرقره‌ی شماره‌ی ۲، دو طناب با کشش‌های ۲T وجود دارد، پس به قلاب آن نیروی ۴T وارد می‌شود. نیروی مقاوم به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲ وارد می‌شود، پس $F_2 = 4T$ است:



$$A = \frac{F_2}{F_1} = \frac{4T}{T} \Rightarrow A = 4\ ,\ F_1 = \frac{F_2}{A} \Rightarrow F_1 = \frac{40}{4} = 10N$$

پ طناب‌های (۱)، (۲) و (۳) یکسان هستند، پس نیروی کشش در آن‌ها T است. در دو سمت قرقره‌ی شماره‌ی ۲، دو طناب با نیروی کشش T وجود دارد، پس به قلاب آن نیروی ۲T وارد می‌شود. چون طناب‌های (۴) و (۵) به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲ متصل‌اند، نیروی کشش در آن‌ها ۲T است.

در دو سمت قرقره‌ی شماره‌ی ۳، دو طناب با نیروی کشش ۲T وجود دارد، بنابراین نیروی وارد بر قلاب آن ۴T است. چون نیروی مقاوم به قلاب قرقره شماره‌ی ۳ وارد می‌شود، پس $F_2 = 4T$ است:



$$A = \frac{F_2}{F_1} = \frac{4T}{T} \Rightarrow A = 4\ ,\ F_1 = \frac{F_2}{A} = \frac{80}{4} = 20\ N$$

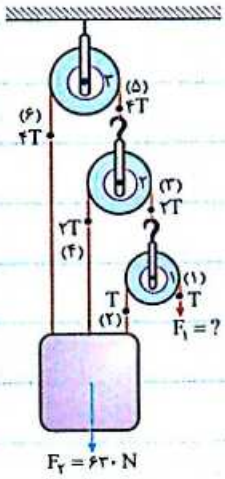
ت ظاهر این شکل با شکل‌های دیگر متفاوت است، چون نیروی مقاوم به همه‌ی طناب‌ها وارد می‌شود اما روش حل تغییر نمی‌کند.

نیروی کشش در طناب‌های (۱) و (۲)، T است.

به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۱، نیروی ۲T وارد می‌شود، پس نیروی کشش در طناب‌های (۳) و (۴)، ۲T است.

به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲، نیروی ۴T وارد می‌شود، پس نیروی کشش در طناب‌های شماره‌ی (۵) و (۶)، ۴T است.

نیروی مقاوم بر طناب‌های (۲)، (۴) و (۶) وارد شده است، پس:

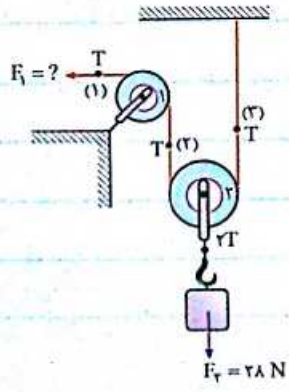


$$F_2 = T + 2T + 4T = 7T$$

$$A = \frac{F_2}{F_1} = \frac{7T}{T} = 7\ ,\ F_1 = \frac{F_2}{A} = \frac{630}{7} = 90\ N$$

ث همان‌طور که گفته شد زاویه‌ی طناب در قرقره‌ی ثابت (شماره‌ی ۱) تأثیری در اندازه‌ی نیروی کشش در دو سمت قرقره ندارد.

نیروی کشش در طناب‌های (۱)، (۲) و (۳) یکسان و برابر T است. به قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲، نیروی ۲T وارد می‌شود، چون نیروی مقاوم بر قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲ وارد می‌شود، پس $F_2 = 2T$ است:



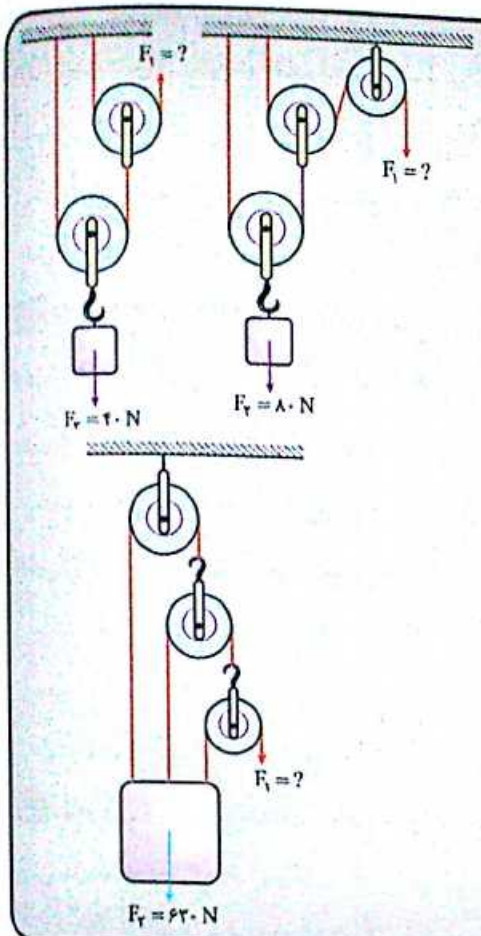
$$A = \frac{F_2}{F_1} = \frac{2T}{T} = 2\ ,\ F_1 = \frac{F_2}{A} = \frac{28}{2} \Rightarrow F_1 = 14\ N$$

Scanned by CamScanner

■ شاید بعد از حل این مثال طولانی خسته شده باشید و به این فکر کنید که بهتر بود این مثال به ۳ یا ۴ مثال تفکیک می‌شد. اما هدف از این‌که همه‌ی این شکل‌ها در یک مثال گنجانده شد، این است که شما متوجه شوید حل مسئله‌های قرقره‌های مرکب در هر شکل و حالتی، یک راه‌حل دارند.

البته در کادر زیر راه‌های دیگری برای دوستداران روش‌های تستی معرفی می‌کنیم:

حاشیه



۱ قرقره‌های ارشمیدس یا ترکیب ارشمیدس:

در این روش مانند قسمت (پ) و (ت) مثال قبل ، با طناب‌های جداگانه قرقره‌ها را به یکدیگر وصل می‌کنند و نیروی مقاوم به قلاب یکی از قرقره‌ها وارد می‌شود. در این حالت مزیت مکانیکی از رابطه‌ی $A = ۲^n$ به دست می‌آید که n تعداد قرقره‌های متحرک است.

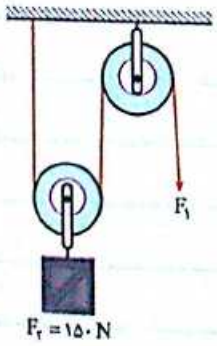
در قسمت‌های (پ) و (ت) مثال قبل، دو قرقره‌ی متحرک وجود دارد، پس مزیت مکانیکی آن‌ها $A = ۲^۲ = ۴$ است.

۲ در روش دیگری که یک سر هر طناب به یک قرقره و سر دیگر به نیروی مقاوم وصل است (مانند قسمت (ث) مثال قبل)، مزیت مکانیکی از رابطه‌ی $A = ۲^n - ۱$ به دست می‌آید که در آن n تعداد کل قرقره‌ها است. در قسمت (ث) مثال قبل، ۳ قرقره داشتیم، پس مزیت مکانیکی آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$A = ۲^n - ۱ \Rightarrow A = ۲^۳ - ۱ = ۸ - ۱ = ۷$$

تذکر: این دو روش فقط زمانی قابل استفاده است که شرایط ذکرشده در هر یک برقرار باشد، در غیر این‌صورت، مسئله را حتماً از روش نیروی کشش طناب‌ها حل کنید.

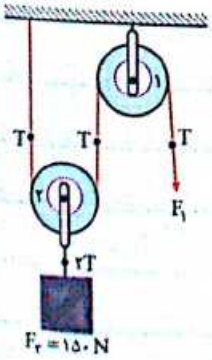
مثال: در شکل روبه‌رو، طناب توسط شخص به اندازه‌ی ۶۰ cm به سمت پایین کشیده می‌شود و وزنه با تندی ثابت بالا می‌رود:



الف) کار نیروی محرک چند ژول است؟

ب) جابه‌جایی وزنه چه‌قدر است؟

پاسخ: الف) ابتدا باید اندازه‌ی نیروی $F_۱$ را به دست آوریم. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید، نیروی مقاوم بر قلاب قرقره‌ی شماره‌ی ۲ وارد شده و در قلاب شماره‌ی ۲، نیروی ۲T را داریم:



$$۲T = F_۲ \Rightarrow T = \frac{۱۵۰}{۲} = ۷۵\,N$$

$$F_۱ = T \Rightarrow F_۱ = ۷۵\,N$$

Scanned by CamScanner

با توجه به رابطه‌ی کار که در علوم سال هفتم خوانده‌اید، اندازه‌ی کار نیروی محرک را به دست می‌آوریم:

کار = نیرو × جابه‌جایی

$W = Fd \Rightarrow W = ۷۵ \times ۰/۶ = ۴۵\,J$

یادآوری: در رابطه‌ی $W = Fd$، جابه‌جایی (d) باید برحسب متر باشد.

ب) چون وزنه با تندی ثابت بالا می‌رود، کار نیروی مقاوم با کار نیروی محرک برابر است:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \Rightarrow ۷۵ \times ۰/۶ = ۱۵۰ \times d_2 \Rightarrow d_2 = ۰/۳\,m = ۳۰\,cm$$

چرخ‌دنده

آیا تا به حال پشت یک ساعت عقربه‌ای را باز کرده‌اید، اگر این کار را انجام دهید، می‌بینید که تعدادی چرخ‌دنده هم‌زمان در حال حرکت هستند و انرژی را که از باطری دریافت می‌کنند به کار تبدیل کرده و باعث حرکت عقربه‌ها می‌شوند.

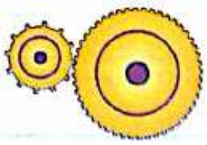
در ماشین‌هایی که انرژی یا نیروی ورودی به ماشین، در نهایت باعث چرخش می‌شود، حتماً از **چرخ‌دنده** استفاده می‌شود.

چرخ‌دنده‌ها می‌توانند باعث تغییر سرعت، تغییر گشتاور نیرو یا تغییر جهت و اندازه‌ی نیروی یک منبع توان شوند.

یک چرخ‌دنده به تنهایی نمی‌تواند کاری انجام دهد. زمانی که دو یا چند چرخ‌دنده با ترکیب‌های مختلفی با هم درگیر می‌شوند، می‌توانند باعث افزایش نیرو یا افزایش سرعت انجام کار شوند.

مزیت مکانیکی چرخ‌دنده‌ها = تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی خروجی / تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی ورودی

مزیت مکانیکی ترکیب دو یا چند چرخ‌دنده، براساس تعداد دندانه‌های آن (به شرطی که دندانه‌ها روی هم نلغزند.) این‌گونه تعریف می‌شوند: به طور مثال، در شکل روبه‌رو دو چرخ‌دنده با هم درگیر هستند. تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده‌ی بزرگ‌تر ۴۸ عدد و تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده‌ی کوچک‌تر ۱۲ عدد است.



اگر نیروی محرک به چرخ‌دنده‌ی بزرگ‌تر وارد شود، به ازای هر دور چرخش چرخ‌دنده‌ی ورودی (بزرگ‌تر)، چرخ‌دنده‌ی خروجی (کوچک‌تر) ۴ دور می‌چرخد، در این حالت ترکیب این دو چرخ‌دنده به صورت افزایش سرعت انجام کار به ما کمک می‌کند. می‌توان این موضوع را از روی اندازه‌گیری مزیت مکانیکی متوجه شد:

$$A = \frac{\text{تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی خروجی}}{\text{تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی ورودی}} = \frac{۱۲}{۴۸} = \frac{۱}{۴} < ۱$$

در حالت دیگر، اگر نیروی محرک به چرخ‌دنده‌ی کوچک‌تر وارد شود، به ازای هر دور چرخش چرخ‌دنده‌ی ورودی (کوچک‌تر)، چرخ‌دنده‌ی خروجی (بزرگ‌تر)، $\frac{۱}{۴}$ دور می‌چرخد. در این حالت ترکیب این دو چرخ‌دنده به صورت افزایش نیرو به ما کمک می‌کند. می‌توان این موضوع را نیز از روی اندازه‌گیری مزیت مکانیکی چرخ‌دنده‌ها متوجه شد:

$$A = \frac{\text{تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی خروجی}}{\text{تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی ورودی}} = \frac{۴۸}{۱۲} = ۴ > ۱$$

مثال: قصد داریم به کمک دو چرخ‌دنده با تعداد دنده‌های ۱۶ و n که $n > ۱۶$ است، ماشین ساده‌ای بسازیم که نیروی ورودی را ۲/۵ برابر کند:

الف) کدام‌یک از این چرخ‌دنده‌ها باید چرخ‌دنده‌ی ورودی باشد؟

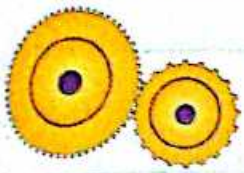
ب) n را محاسبه کنید.

پاسخ: الف) با توجه به این‌که قرار است نیروی خروجی ۲/۵ برابر نیروی ورودی باشد، پس مزیت مکانیکی ۲/۵ است. در نتیجه تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی خروجی باید بیش از چرخ‌دنده‌ی ورودی باشد. با توجه به این‌که $n > ۱۶$ است، پس چرخ‌دنده‌ای که ۱۶ دنده دارد باید چرخ‌دنده‌ی ورودی باشد.

ب)

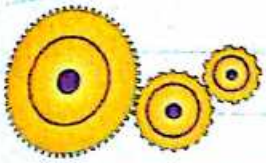
$$A = \frac{\text{تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی خروجی}}{\text{تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی ورودی}} \Rightarrow ۲/۵ = \frac{n}{۱۶} \Rightarrow n = ۴۰$$

Scanned by CamScanner



اگر بخواهیم که ترکیب چرخ‌دنده‌ها علاوه بر افزایش سرعت انجام کار یا افزایش نیرو به صورت تغییر جهت نیرو یا گشتاور به ما کمک کنند، از تعداد چرخ‌دنده‌های زوج استفاده می‌کنیم (شکل الف).

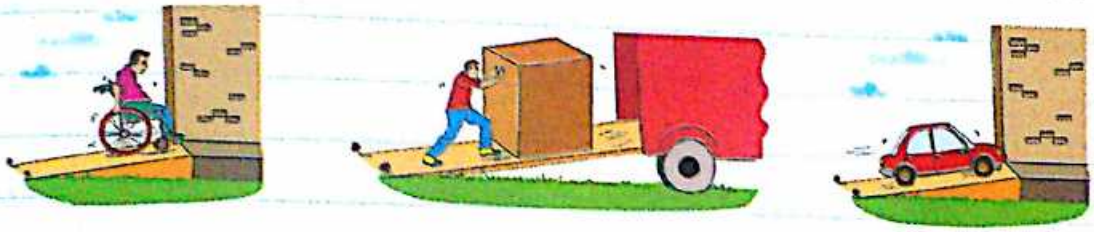
و اگر نیازی به تغییر جهت نیرو یا گشتاور نباشد، از تعداد چرخ‌دنده‌های فرد استفاده می‌کنیم (شکل ب).



دقت داشته باشید که در هر کدام از ترکیب‌های بالا برای محاسبه‌ی مزیت مکانیکی فقط تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی ورودی و خروجی مهم است.

سطح شیب‌دار

در شکل‌های زیر نمونه‌هایی را مشاهده می‌کنید که از سطح شیب‌دار استفاده می‌شود:



برای بالابردن جسمی به ارتفاع معین باید حداقل نیرویی به اندازه‌ی وزن آن به جسم وارد کنیم. گاهی اوقات واردکردن این نیرو، در حد توان ما نیست، به همین دلیل در این گونه مواقع می‌توانیم به سراغ ماشین ساده‌ای به نام **سطح شیب‌دار** برویم. سطح شیب‌دار، سطحی است که با افق زاویه‌ای کم‌تر از زاویه‌ی ۹۰° دارد. ما روی سطح شیب‌دار با افزایش مسافتِ حرکتِ نقطه اثر نیروی محرک، اندازه‌ی نیروی محرک را کاهش می‌دهیم. مثلاً برای بالابردن جسمی به ارتفاع $۱/۵\ m$، اگر از سطح شیب‌داری به طول $۵\ m$ استفاده کنیم، باید نیروی محرکی برابر با $۰/۳$ نیروی وزن جسم به آن وارد کنیم.

سطح شیب‌دار، ماشین ساده‌ای است که مزیت مکانیکی آن همیشه از ۱ بیشتر است. علاوه بر این چون جهت نیروی محرک در جهت نیروی مقاوم (نیروی وزن) نیست، می‌توان گفت که باعث **تغییر جهت نیرو** نیز می‌شود.

$$\text{مزیت مکانیکی سطح شیب‌دار} = \frac{\text{طول سطح شیب‌دار}}{\text{ارتفاع}}$$

مزیت مکانیکی سطح شیب‌دار به این صورت تعریف می‌شود:

پرسش: چگونه می‌توان مزیت مکانیکی سطح شیب‌دار را به کمک اصل پایستگی انرژی به دست آورد؟

پاسخ: طبق اصل پایستگی انرژی، کار انجام‌شده در مسیر عمودی با کار انجام‌شده روی سطح شیب‌دار باید برابر باشد. اگر نیروی لازم برای جابه‌جاکردن جسم در مسیر عمودی برابر با نیروی مقاوم باشد، می‌توان نوشت:

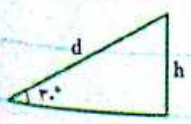
$$F_۲ \times h = F_۱ \times d \Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = \frac{d}{h}$$

طول سطح شیب‌دار × نیروی محرک = ارتفاع × نیروی مقاوم

از طرفی $\frac{F_۲}{F_۱}$ مزیت مکانیکی ماشین است:

$$\left.\begin{array}{l} A = \frac{F_۲}{F_۱} \\ \frac{F_۲}{F_۱} = \frac{d}{h} \end{array}\right\} \Rightarrow A = \frac{d}{h} = \frac{\text{طول سطح شیب‌دار}}{\text{ارتفاع}}$$

مثال: روی سطح شیب‌داری که با افق زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد، جعبه‌ای به وزن $۱۵۰\ N$ را قرار داده‌ایم. برای بالابردن جعبه حداقل چند نیوتون نیرو باید به آن وارد کنیم؟



یادآوری: در مثلث قائم‌الزاویه ضلع روبه‌رو به زاویه‌ی ۳۰°، نصف وتر است.

$$h = \frac{۱}{۲}d$$

$$A = \frac{d}{h} = \frac{d}{\frac{۱}{۲}d} = ۲ \Rightarrow A = \frac{F_۲}{F_۱} = ۲ \Rightarrow F_۱ = \frac{۱۵۰}{۲} = ۷۵\ N$$

Scanned by CamScanner

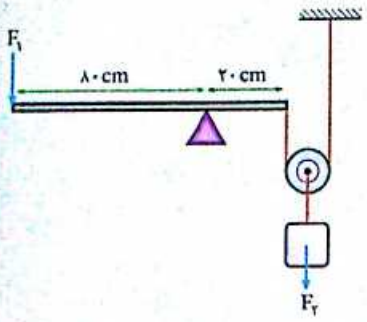
حاشیه

ماشین‌های مرکب: در بیشتر مواقع با ترکیب دو یا چند ماشین ساده، ماشینی طراحی می‌شود که به آن **ماشین مرکب** گفته می‌شود. نکته‌ای که خوب است در مورد ماشین‌های مرکب بدانید این است که، مزیت مکانیکی ماشین مرکب، حاصل‌ضرب مزیت مکانیکی ماشین‌های ساده‌ای است که در این ماشین به کار رفته است.

مزیت مکانیکی ماشین مرکب = مزیت مکانیکی ماشین (۱) × مزیت مکانیکی ماشین (۲) × ...

$$A = A_1 \times A_2 \times \dots$$

مثال: در شکل مقابل، مزیت مکانیکی ماشین مرکبِ نشان داده‌شده چه‌قدر است؟



پاسخ: این ماشین، ترکیبی از یک اهرم نوع اول و یک قرقره‌ی متحرک است.

ابتدا مزیت اهرم نوع اول را محاسبه می‌کنیم: $A_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{۸۰}{۲۰} = ۴$ (مزیت اهرم)

می‌دانیم که مزیت مکانیکی قرقره‌ی متحرک ۲ است، پس: $A_2 = ۲$ (مزیت قرقره‌ی متحرک)

مزیت مکانیکی ماشین مرکب = مزیت مکانیکی اهرم × مزیت مکانیکی قرقره‌ی متحرک

$$A = A_1 \times A_2 \Rightarrow A = ۴ \times ۲ = ۸$$

پرسش‌ها

جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب کامل کنید.

الف) می‌توان گفت که قرقره‌ی ثابت شبیه به اهرم نوع ..... (اول ـ دوم ـ سوم) است.

ب) در صورت نبود اصطکاک بین قرقره و طناب، نیروی کشش طناب در دو طرف قرقره برابر ..... (است ـ نیست).

پ) مزیت مکانیکی قرقره‌ی متحرک، ..... (یک ـ دو) است.

ت) اگر تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی ورودی ..... (کم‌تر ـ بیشتر) از تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی خروجی باشد، مزیت مکانیکی آن‌ها بیش از یک است.

ث) هر چه زاویه‌ی سطح شیب‌دار با افق کم‌تر باشد، مزیت مکانیکی آن ..... (کم‌تر ـ بیشتر) است.

درستی یا نادرستی موارد زیر را مشخص نمایید.

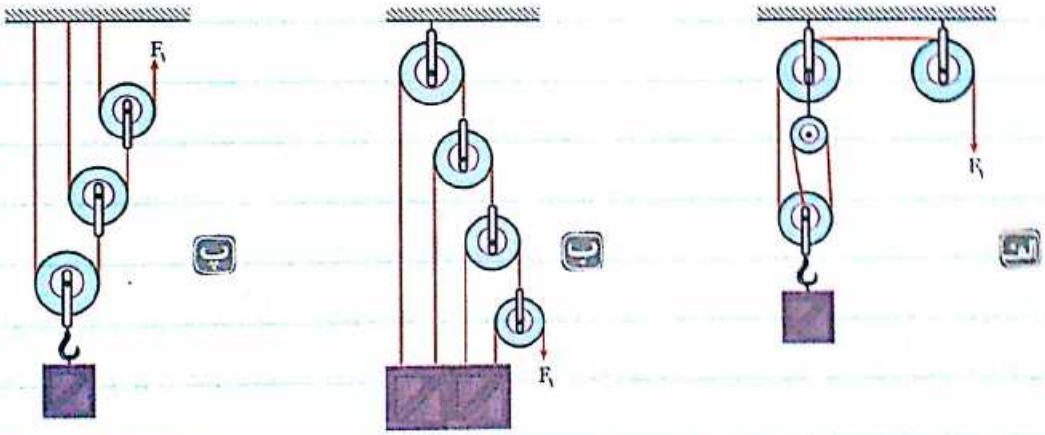
	درست	نادرست
الف) قرقره‌ی ثابت فقط به صورت تغییر جهت نیرو به ما کمک می‌کند.	☐	☐
ب) نیروی کشش طناب در دو سمت قرقره‌ی ثابت به زاویه‌ی نخ بستگی دارد.	☐	☐
پ) در قرقره‌ی متحرک، طول بازوی محرک برابر شعاع چرخ قرقره است.	☐	☐
ت) مزیت مکانیکی قرقره‌های مرکب حتماً بیشتر از یک است.	☐	☐
ث) چرخ‌دنده‌ها می‌توانند جهت گشتاور نیرو را تغییر دهند.	☐	☐
ج) مزیت مکانیکی چرخ‌دنده‌ها هم می‌تواند بزرگ‌تر مساوی یک باشد و هم می‌تواند کم‌تر از یک باشد.	☐	☐
چ) مزیت مکانیکی سطح شیب‌دار حتماً بیشتر از یک است.	☐	☐

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

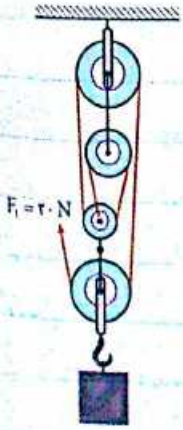
۱- جدول زیر را کامل کنید.

نام ماشین	طریقه‌ی کمک	مزیت مکانیکی
دیلم	افزایش نیرو	A > ۱
دوچرخه		
قرقره‌ی ثابت		
قرقره‌ی متحرک		
سطح شیب‌دار		
قرقره‌ی مرکب		
انبردست		
راکت تنیس		

۲- مزیت مکانیکی قرقره‌های مرکب هر شکل را به دست آورید.



۳- در شکل مقابل اگر اندازه‌ی نیروی محرک ۲۰ N باشد، اندازه‌ی وزن جعبه چه‌قدر است؟



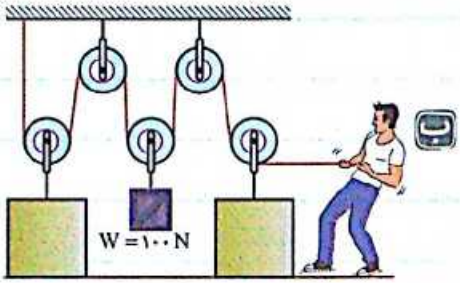
۴- به کمک ۳ قرقره، قرقره‌ی مرکبی بسازید که مزیت مکانیکی آن ۱ باشد.

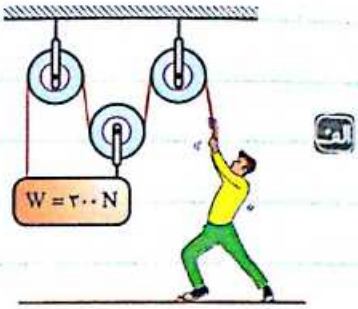
Scanned by CamScanner

۵- به کمک ۳ قرقره، قرقره‌ی مرکبی بسازید که مزیت مکانیکی آن ۲ باشد.

۶- به کمک ۳ قرقره، قرقره‌ی مرکبی بسازید که مزیت مکانیکی آن ۳ باشد.

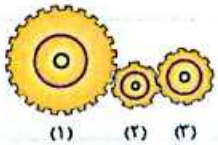
۷- در شکل‌های زیر، شخص با چه نیرویی طناب را نگه دارد تا وزنه حرکت نکند؟





۸- دو چرخ‌دنده با تعداد دنده‌های ۴۲ و ۱۴ در اختیار داریم. چگونه می‌توان ترکیبی ساخت که به طریقه‌ی افزایش نیرو به ما کمک کند؟ در این حالت مزیت مکانیکی چرخ‌دنده‌ها چه‌قدر است؟

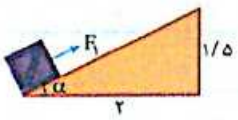
۹- در شکل زیر، تعداد دنده‌های چرخ‌دنده‌ی شماره‌ی (۱)، ۲۴ عدد، چرخ‌دنده‌ی شماره‌ی (۲)، ۷ عدد و چرخ‌دنده‌ی شماره‌ی (۳)، ۱۲ عدد است. مزیت مکانیکی این ترکیب چرخ‌دنده‌ها چه اعدادی می‌تواند باشد؟



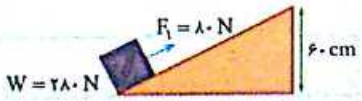
۱۰- در شکل زیر:

الف) مزیت مکانیکی سطح شیب‌دار را محاسبه نمایید.

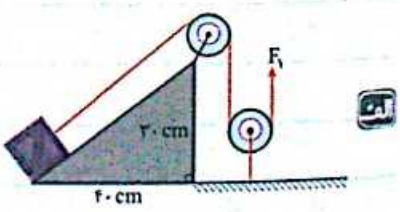
ب) اگر وزن جعبه ۳۰۰ N باشد، اندازه‌ی نیروی محرک چه‌قدر باشد تا جعبه با تندیِ ثابت به سمت بالا حرکت کند؟

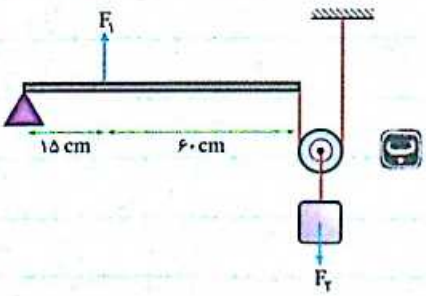


۱۱- در شکل مقابل، جسم با تندی ثابت روی سطح شیب‌دار بالا می‌رود، طول سطح شیب‌دار چه‌قدر است؟



۱۲- در هر کدام از شکل‌های زیر مزیت مکانیکی ماشین مرکب را محاسبه نمایید.





Scanned by CamScanner

گزینه‌ی درست را انتخاب کنید.

۱- مزیت مکانیکی کدام‌یک از ماشین‌های ساده‌ی ذکرشده، از همه کم‌تر است؟

۱) قرقره‌ی ثابت ۲) سطح شیب‌دار ۳) قرقره‌ی متحرک ۴) اهرم نوع دوم

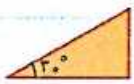
۲- شعاع یک قرقره‌ی متحرک، نصف شعاع یک قرقره‌ی ثابت است. کدام گزینه صحیح است؟

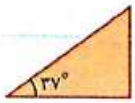
۱) مزیت مکانیکی هر دو برابر است.
۲) مزیت مکانیکی قرقره‌ی ثابت ۲ برابر قرقره‌ی متحرک است.
۳) مزیت مکانیکی قرقره‌ی متحرک ۲ برابر قرقره‌ی ثابت است.
۴) مزیت مکانیکی قرقره‌ی متحرک ۴ برابر قرقره‌ی ثابت است.

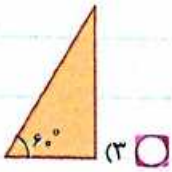
۳- اگر ماشین ساده‌ای با ترکیب ۴ چرخ‌دنده درست شده باشد:

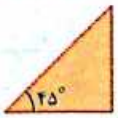
۱) حتماً مزیت مکانیکی آن بیشتر از یک است.
۲) حتماً مزیت مکانیکی آن کم‌تر از یک است.
۳) حتماً مزیت مکانیکی آن یک است.
۴) حتماً جهت گشتاور نیرو تغییر می‌کند.

۴- مزیت مکانیکی کدام‌یک از سطوح شیب‌دار بیشتر است؟

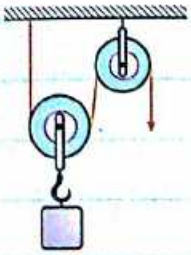
۱) 

۲) 

۳) 

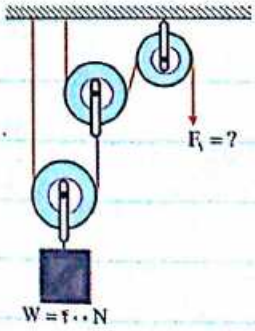
۴) 

۵- قرقره‌ی مرکبی که در شکل می‌بینید، چگونه به ما کمک می‌کند؟



۱) افزایش نیرو
۲) افزایش سرعت نقطه اثر نیرو
۳) تغییر جهت نیرو
۴) افزایش نیرو و تغییر جهت نیرو

۶- در شکل مقابل، نیروی محرک چند نیوتون است؟



۱) ۱۶۰۰
۲) ۸۰۰
۳) ۲۰۰
۴) ۱۰۰

۷- در شکل مقابل، چرخ‌دنده‌ها چگونه به ما کمک می‌کنند؟

۱) افزایش نیرو
۲) افزایش نیرو و تغییر جهت گشتاور نیرو
۳) افزایش سرعت انجام کار
۴) افزایش سرعت انجام کار و تغییر جهت گشتاور نیرو

Scanned by CamScanner