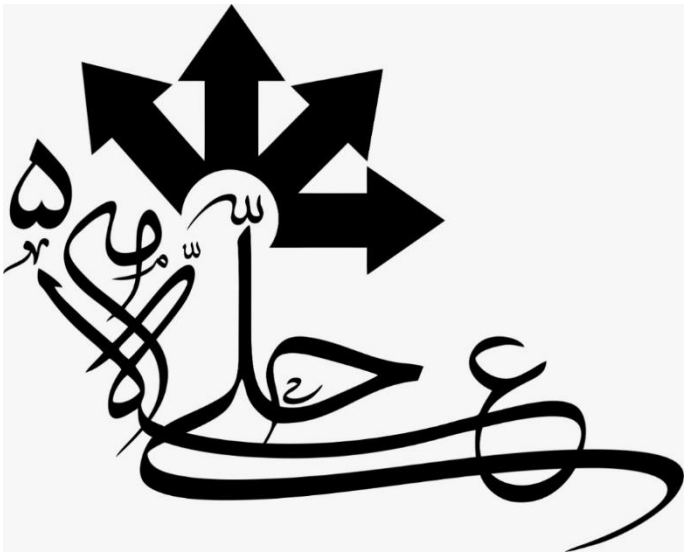
بسم الله الرحمن الرحیم



دبیرستان دوره اول متوسطه

حلّی ۵

فیزیک پایه نهم

سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

راهنمای جزوه:

- هرچی در جزوه هست رو خوبِ خوبِ خوب مطالعه کنید.
- برخی از صفحه ها هستند به این صورت علامت گذاری شدن:

شاید باورتون نشه ولی از این
صفحه در هیچ آزمونی سوال
نخواهد آمد اما سر کلاس شاید
شفاهی پرسیدم!

که معنی این علامت یعنی در هیچ یک از آزمون های تشریحی از اونها سوال نخواهد آمد.

- برخی از صفحه ها هستند که به این صورت علامت گذاری شدن:

این صفحه ها مربوط به کتاب تکمیلی هستند و در همه آزمون ها ازشون سوال میاد.

فیزیک پایه نهم

۱ - فواید ساخت ماشین چیست؟

فصل ۹

ماشین‌ها

چگونه می‌توانیم جسمی راکه خیلی سنگین است، حمل یا جابه‌جا کنیم؟ به نظر شما ایرانیان دورهٔ باستان، چگونه توانسته‌اند قطعات سنگین تخت جمشید را روی هم قرار دهند؟ یا امروزه چگونه ماهواره‌ها را به فضا پرتاب می‌کنند؟ پاسخ این سؤالات، قطعاً استفاده از ماشین است. ماشین‌ها به ما اجازهٔ انجام کارهای فراتر از انتظار را می‌دهند. بلندکردن خودرو به وسیلهٔ جک، جابه‌جایی میلیون‌ها لیتر نفت توسط یک کشتی، حفر تونل بین دو جزیره در زیر دریا، ساختن آسمان‌خراش‌هایی با ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر، ساخت پل‌های چند کیلومتری، پرتاب ماهواره‌ها و . . . ، تنها بخش کوچکی از کارهایی است که به کمک ماشین‌ها صورت می‌گیرد.

بشر به کمک اختراع و طراحی هوشمندانهٔ ماشین‌ها توانایی انجام کار خود را بسیار افزایش داده است. انسان‌های اولیه از جابه‌جا کردن تخته سنگ‌های بزرگ یا تنه‌های درخت عاجز بودند در حالی که امروزه با استفاده از ماشین‌ها می‌توانیم سازه‌های عظیم و بسیار سنگین را جابه‌جا کنیم.

دبیر: اشرفی

ماشین‌ها چگونه به ما کمک می‌کنند؟

تصور زندگی بدون ماشین، بسیار سخت است. ماشین‌ها در بیشتر کارهای روزانهٔ ما نقش اساسی دارند و به ما کمک می‌کنند. هر ماشین برای منظور و کار مشخصی طراحی و ساخته شده است. برای درک بهتر این موضوع، خوب است دربارهٔ ورودی و خروجی یک ماشین، فکر کنیم. ورودی ماشین شامل همهٔ آن چیزهایی است که انجام می‌دهیم تا ماشین کار کند وخروجی آن چیزی است که ماشین برای ما انجام می‌دهد. مثلاً برای حرکت دوچرخه، نیرویی که به پدال وارد می‌کنیم، ورودی ماشین وخروجی آن حرکتی است که دوچرخه انجام می‌دهد (مانند سریع‌تر حرکت کردن یا از یک شیب بالا رفتن). ورودی یا خروجی ماشین‌ها ممکن است براساس نیرو، گشتاور نیرو، توان یا انرژی بررسی شوند.

شکل ۱ــ کار انجام شده توسط نیروی پا به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

۲- هر ماشین برای ..... و ..... طراحی و ساخته شده است.

۳- ورودی و خروجی ماشین چیست؟ مثال بزنید.

۴- ورودی و خروجی ماشین ها به چه عواملی بستگی دارد؟

فیزیک پایه نهم

فکر کنید

شکل۲ تصویر تعدادی از ماشین‌هایی را که روزانه با آنها سروکار داریم نشان می‌دهد. در مورد ورودی و خروجی این ماشین‌ها در زندگی و تبدیل انرژی در آنها گفت‌وگو کنید.

شکل۲ــ تعدادی از ماشین‌هایی که روزانه با آنها سروکار داریم.

* پارو، نیروی عضلانی دست‌های قایقران را به حرکت قایق تبدیل می‌کند.

* انرژی شیمیایی سوخت (گازوئیل یا گاز) توسط موتور به حرکت اتوبوس منجر می‌شود.

* انرژی الکتریکی به حرکت دورانی ماشین لباسشویی تبدیل می‌شود و شستشوی لباس و آبگیری آن را انجام می‌دهد.

* نیروی ماهیچه‌ای دست خیاط به حرکت سوزن چرخ خیاطی و دوخت لباس منجر می‌شود.

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

هر ماشینی می‌تواند از اجزای ساده‌تری به نام ماشین ساده تشکیل شده باشد. این اجزا با هم در ارتباط‌اند و یک هدف را دنبال می‌کنند؛ مثلاً در ساخت دوچرخه از ماشین‌های ساده‌ای مانند : اهرم، چرخ و محور، پیچ و مهره، چرخ‌دنده و . . . استفاده می‌شود تا بتواند کار نیروی پا را تبدیل به انرژی جنبشی کند. دوچرخه به ما امکان حرکت سریع‌تر و جابه‌جایی بیشتری را می‌دهد.

شکل۳ ــ دوچرخه از اجزا یا ماشین‌های ساده‌تری مانند : اهرم، پیچ‌ومهره، چرخ و محور، چرخ و دنده و . . . تشکیل شده است.

۵- ماشین ها از چه چیزهایی ساخته می شوند؟

۶- چند نمونه ماشین ساده را نام ببرید.

۷- ماشین ساده چه تاثیری در عملکرد ماشین های بزرگتر دارد؟

۸- دوچرخه به ما قابلیت ..... و ..... می دهد.

دبیر: اشرفی

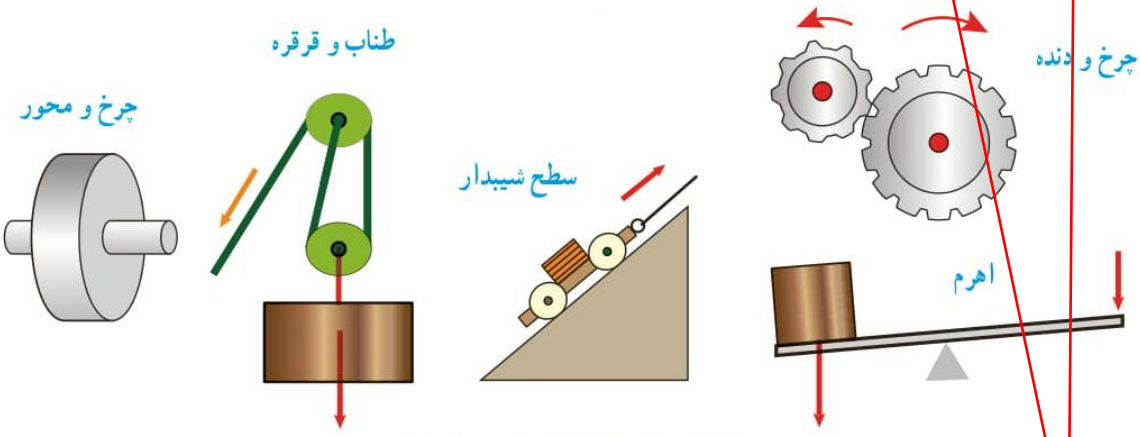
فیزیک پایه نهم

ماشین ساده

تولید خودرو، هواپیما، کشتی، ماهواره و دیگر ماشین‌های پیچیده با اختراع ماشین‌های ساده، صورت گرفته است. یک ماشین ساده مانند اهرم، وسیله‌ای مکانیکی است که به کمک آن می‌توان فعالیت‌های مشکل را به سادگی انجام داد. مثلاً با یک اهرم، شما می‌توانید یک جسم سنگین را که وزن آن چند برابر وزن خودتان است، حرکت دهید (شکل ۴).

شکل۴ ــ مرد با وارد کردن نیروی کوچکی بر دستهٔ اهرم می‌تواند جسم سنگینی را بلند کند.

در دورهٔ ابتدایی با ماشین‌های ساده‌ای مانند اهرم‌ها،سطح شیب‌دار و قرقره به صورت مقدماتی آشنا شدیم. در اینجا به بررسی دقیق‌تر برخی از انواع این ماشین‌ها می‌پردازیم.



شکل۵ ــ برخی از انواع ماشین‌های ساده

۹- ماشین ساده چیست؟ مثال بزنید.

چرا از ماشین استفاده می‌کنیم؟

- ماشین‌ها به ما کمک می‌کنند تا کارها را آسان‌تر انجام دهیم.
- ما برای انجام هر کاری انرژی مصرف می‌کنیم.
- ماشین‌ها مقدار انرژی لازم برای انجام کار را کم‌تر نمی‌کنند، ولی با تغییر اندازه‌ی نیرو و جابه‌جایی، کار را ساده می‌کنند.
- برای مثال به کمک ماشین ما می‌توانیم با نیروی کمی جسمی سنگین را بلند کنیم.
- ماشین‌ها به روش‌های زیر کار ما را آسان‌تر می‌کنند:

۱- انتقال نیرو
۲- افزایش نیرو (یا کاهش نیرو)
۳- افزایش میزان جابه‌جایی[1] (یا کاهش جابه‌جایی)
۴- تغییر جهت وارد شدن نیرو
۵- افزایش سرعت جسم (یا کاهش سرعت جسم)

یادآوری

کار:

- اگر به جسمی نیرویی وارد شود و جسم به دلیل وارد شدن آن نیرو حرکت کند و جابه‌جا شود، آن نیرو بر آن جسم کار انجام داده است:
- برای انجام کار انرژی مصرف می‌کنیم.
- اندازه‌ی کار طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{کار} = \text{نیرو} \times \text{جابه‌جایی} \rightarrow W = F \times d$$

- در این رابطه نیرو بر حسب نیوتن (N) و جابه‌جایی بر حسب متر (m) است. در این صورت کار بر حسب ژول (J) به‌دست می‌آید.

یادآوری

توان:

- به مقدار کار انجام شده در واحد زمان، توان گفته می‌شود.
- سرعت انجام کار (سرعت مصرف انرژی) توان نام دارد.
- اگر دو نفر یک کار را انجام دهند و اولی آن کار را در یک ساعت و دیگری در دو ساعت انجام دهد، نفر اول کار را در زمان کم‌تری انجام داده است. در این حالت می‌گوییم نفر اول از نفر دوم توانمندتر است، یعنی توان او بیش‌تر است.
- اندازه‌ی توان را مانند رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آوریم:

$$\text{توان} = \frac{\text{کار انجام شده}}{\text{زمان}} \Rightarrow P = \frac{W}{t}$$

$$\text{توان} = \frac{\text{انرژی مصرف شده}}{\text{زمان}} \Rightarrow P = \frac{E}{t}$$

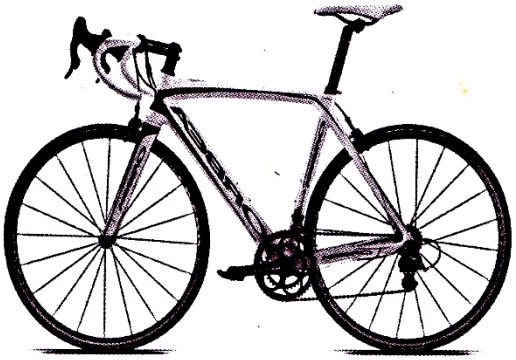
- در این رابطه، کار یا انرژی (W یا E) بر حسب ژول (J) و زمان بر حسب ثانیه (s) است. به این ترتیب، توان بر حسب وات (W) به‌دست می‌آید.

۱- به افزایش جابه‌جایی، افزایش مسافت اثر نیرو هم می‌گویند.

فیزیک پایه نهم

ماشین‌ها چه کار می‌کنند؟

- ما بر روی هر ماشین کار انجام می‌دهیم و ماشین هم برای ما کار انجام می‌دهد.
- کار ورودی کاری است که ما بر روی ماشین انجام می‌دهیم.
- کار خروجی کاری است که ماشین برای ما انجام می‌دهد.
- برای مثال هنگامی که دوچرخه‌سواری می‌کنیم، ما به پدال نیرو وارد می‌کنیم و آن را می‌چرخانیم. کار ورودی کاری است که ما بر روی پدال انجام می‌دهیم و باعث حرکت می‌شود.



- کار خروجی کاری است که دوچرخه هنگام حرکت انجام می‌دهد.
- طبق قانون پایستگی انرژی، اگر اتلاف انرژی وجود نداشته باشد، کار ما و کار ماشین با هم برابر است. یا می‌توان گفت کار ورودی و کار خروجی با هم برابر هستند. یعنی کار ما از بین نمی‌رود و یا ماشین به طور خودبه‌خود کار اضافه انجام نمی‌دهد:

کار خروجی = کار ورودی

- ممکن است مقداری از کار ورودی ما در اثر اصطکاک تلف شود. در این صورت کار خروجی ماشین کم‌تر از کار ورودی ما خواهد بود و طبق قانون پایستگی انرژی:

کار تلف شده + کار خروجی = کار ورودی

- به این رابطه «اصل کار» گفته می‌شود که شکلی از قانون پایستگی انرژی است.
- می‌بینید که اگر کار تلف شده نداشته باشیم (صفر باشد)، همان رابطه‌ی قبل به‌دست می‌آید، یعنی کار ورودی با کار خروجی برابر می‌شود.

ماشین‌های ساده و پیچیده

- هر ماشین از اجزای مختلفی درست شده است که در کنار هم قرار گرفته‌اند تا کار مشخصی را انجام دهند.
- برخی ماشین‌ها از یک یا دو قسمت تشکیل شده‌اند. به این ماشین‌ها «ساده» گفته می‌شود:

۱- اهرم ۲- چرخ و محور ۳- قرقره ۴- چرخ دنده ۵- سطح شیب‌دار ۶- گوه و پیچ

- ماشین‌های دیگر از تعدادی ماشین ساده که در کنار هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده‌اند. به این ماشین‌ها «پیچیده» یا «مرکب» گفته می‌شود. هر چقدر ماشین از تعداد ماشین‌های ساده‌ی بیش‌تری تشکیل شده باشد، پیچیده‌تر است.

فیزیک پایه نهم

پیش از آنکه به بررسی ماشین‌های ساده بپردازیم، مفهوم گشتاور نیرو را بیان می‌کنیم که در تحلیل برخی ماشین‌ها به ما کمک می‌کند.

شکل ۶ــ با وارد کردن نیرو به دسته آچار، پیچ می‌چرخد.

گشتاور نیرو

در علوم سال‌های پیش اثر نیرو بر یک جسم را بررسی کردیم، یکی دیگر از اثرهای نیرو، اثر چرخانندگی آن است. مثلاً برای باز و بسته کردن در اتاق، به آن نیرو وارد می‌کنید و در حول لولایش می‌چرخد. با وارد کردن نیرو به دستهٔ آچار، پیچ را شل یا سفت می‌کنید. با وارد کردن نیرو به فرمان دوچرخه، آن را می‌چرخانید و دوچرخه را در جهتی که لازم است، هدایت می‌کنید.

اثر چرخانندگی یک نیرو را گشتاور نیرو می‌گوییم. برای شناسایی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو،آزمایش زیر را انجام دهید.

۱۰- گشتاور نیرو را با ذکر مثال تعریف کنید.

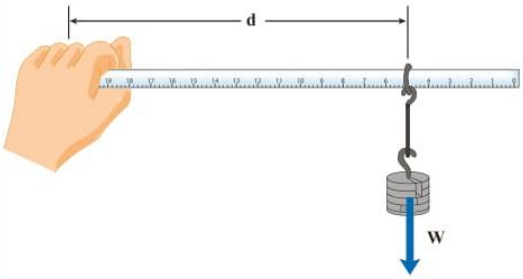
دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

آزمایش کنید

هدف : بررسی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو

وسایل و مواد لازم : حلقه، تعدادی وزنهٔ کوچک شکاف‌دار، خط‌کش، وزنه‌گیر



روش اجرا :

۱ــ خط‌کش را درون حلقه قرار دهید و وزنه‌گیر را آویزان کنید.

۲ــ انتهای خط‌کش را با دست خود بگیرید و به صورت افقی نگه دارید.

۳ــ در وزنه‌گیر، وزنه قرار دهید و به تدریج وزنه‌ها را زیاد کنید.

۴ــ اکنون وزنه‌ها را ثابت نگه دارید و فاصلهٔ حلقهٔ فلزی تا دستتان را کم و زیاد کنید.

از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

تأثیر چرخشی که دستتان احساس می‌کند و باید با آن مقابله کند تا خط‌کش را به صورت افقی نگه دارد، ناشی از گشتاور نیرویی است که وزنه‌ها ایجاد کرده‌اند. همان طور که از آزمایش پی برده‌اید، اندازهٔ نیرو و فاصلهٔ نیرو تا محور چرخش در گشتاور نیرو، مؤثر است.

۱۱- عوامل موثر در گشتاور نیرو را نام ببرید.

هدف: بررسی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو

وسایل و مواد لازم: حلقه، تعدادی وزنهٔ کوچک شکاف‌دار، خط‌کش، وزنه گیر

روش اجرا:

۱- خط‌کش را درون حلقه قرار دهید و وزنه گیر را آویزان کنید.

۲- انتهای خط‌کش را با دست خود بگیرید و به صورت افقی نگه دارید.

۳- در وزنه گیر، وزنه قرار دهید و به تدریج وزنه‌ها را زیاد کنید.

۴- اکنون وزنه‌ها را ثابت نگه دارید و فاصلهٔ حلقهٔ فلزی تا دستتان را کم و زیاد کنید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

* وقتی وزنه‌ها را زیاد می‌کنید، نیروی وزنه‌ها بیشتر می‌شود و خط‌کش میل به چرخش حول دست پیدا می‌کند و برای جلوگیری از چرخش آن باید دست مقابلهٔ بیشتری کند. بنابراین گشتاور نیرو با اندازهٔ نیرو رابطهٔ مستقیم دارد.

* وقتی فاصلهٔ وزنه‌ها تا دست بیشتر می‌شود، میل به چرخش خط‌کش بیشتر می‌شود و برای جلوگیری از چرخش آن باید دست مقابلهٔ بیشتری کند. بنابراین گشتاور نیرو با فاصلهٔ نیرو تا محور چرخش رابطهٔ مستقیم دارد.

دبیر: اشرفی

شکل ۷ ــ بزرگی گشتاور نیرو به اندازهٔ نیرو و فاصلهٔ نقطه اثر نیرو تا محورچرخش بستگی دارد.

بزرگی گشتاور نیرو برابر با حاصل ضرب اندازهٔ نیرو در فاصلهٔ محل اثر نیرو تا محور چرخش است.

(۱) اندازهٔ نیرو × فاصلهٔ نقطه اثر نیرو تا محور چرخش = اندازهٔ گشتاور نیرو

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

خود را بیازمایید

توضیح دهید چرا با آچار بلندتر، مهرهٔ محکم را می‌توان آسان‌تر باز کرد؟

۱۲- رابطه محاسبه گشتاور نیرو چیست؟

توضیح دهید چرا با آچار بلندتر، مهرهٔ محکم را می‌توان آسان‌تر باز کرد؟ هر چه دستهٔ آچار بلندتر می‌شود، فاصلهٔ نیرو تا محور چرخش افزایش می‌یابد و بنابراین گشتاور نیرو زیادتر می‌شود و مهره آسان‌تر باز می‌شود.

توجّه: **قبل از آن‌که دسته‌بندی ماشین‌ها را بیان کنیم ابتدا باید گشتاور نیرو را بررسی کنیم تا به درک بهتر ماشین‌ها به‌ویژه گروه اهرم‌ها برسیم.**

گشتاور نیرو (اثر چرخشی نیرو)

با حرف یونانی τ (تاو) نشان داده می‌شود، **کمیّتی برداری** است.

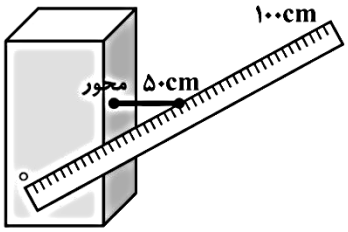
عاملی که سبب چرخش یک جسم به دور محور (تکیه‌گاه) می‌شود.

همان‌طور که قبلاً گفته شد **نیروها اثرات متفاوتی دارند که یکی از آن‌ها اثر چرخانندگی است**؛ یعنی اگر بر جسمی که می‌تواند حول یک لولا یا محور دَوَران کند نیرو یا نیروهای اثر کنند، ممکن است بتوانند آن جسم را حول محور یا تکیه‌گاه بچرخانند در این‌حالت می‌گوییم نیرو گشتاور ایجاد کرده است.

به‌طور مثال هنگام باز کردن در یا پنجره، نیروی دست شما گشتاور ایجاد می‌کند و در یا پنجره حول لولای خود می‌چرخند.

برای درک بهتر و عوامل مؤثّر بر گشتاور یک نیرو، مثال زیر را در نظر می‌گیریم.

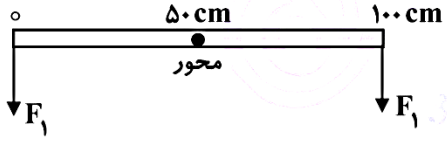
طبق شکل خط‌کش **یک‌نواختی** به طول ۱m (۱۰۰cm) درست از نقطه‌ی وسط یعنی جایی که علامت ۵۰cm دارد روی محورش قرار گرفته است و خط‌کش به حال سکون و افقی باقی می‌ماند. (شکل الف)



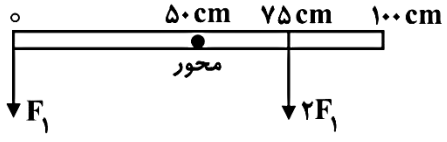
(الف)

حال اگر در محل علامت صفر خط‌کش در یک‌سر آن وزنه‌ای آویخته شود، این وزنه، نیروی F_1 بر خط‌کش وارد می‌کند و موجب چرخش خط‌کش می‌شود یا **گشتاور** ایجاد می‌کند. برای جلوگیری از چرخش خط‌کش می‌توان به یکی از روش‌های زیر عمل کرد.

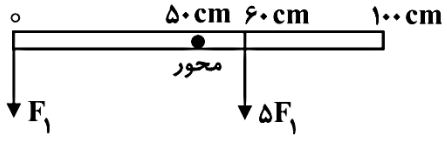
۱) نیرویی مساوی F_1 در نقطه‌ی ۱۰۰cm خط‌کش، به آن وارد کرد.



۲) نیرویی برابر $2F_1$ در نقطه‌ی ۷۵cm خط‌کش، به آن وارد کرد.



۳) نیرویی برابر $5F_1$ در نقطه‌ی ۶۰cm خط‌کش، به آن وارد کرد.

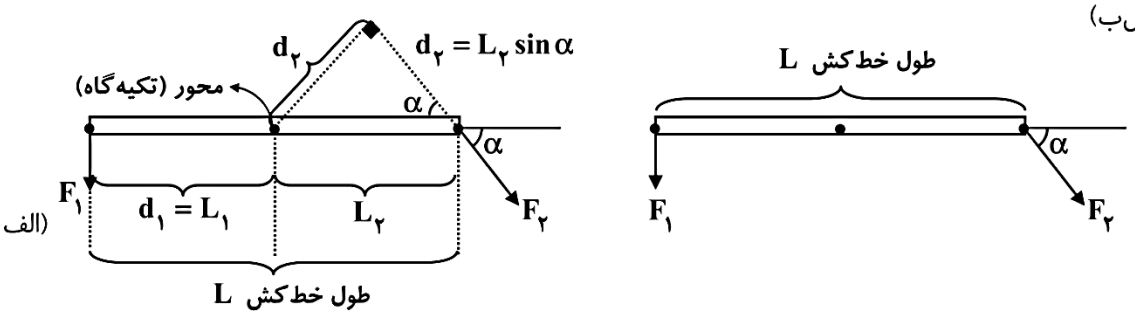


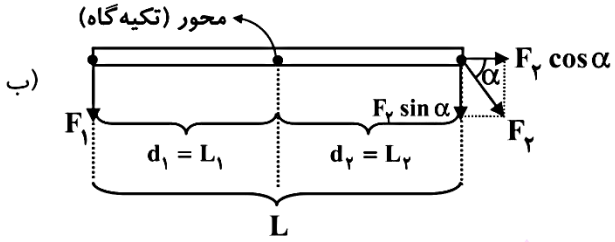
یا راه‌های بسیار دیگر ...

بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخشی یک نیرو (گشتاور نیرو) به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ـ اندازه یا بزرگی نیروی عمودی F(N)

۲ـ بازوی گشتاور d(m): فاصله‌ی عمودی تکیه‌گاه از خط اثر نیرو (شکل الف) یا فاصله‌ی تکیه‌گاه از نیروی عمودی (شکل ب)





** اندازه یا بزرگی گشتاور یک نیرو برابر است با حاصل‌ضرب نیروی عمود در بازوی گشتاور آن نیرو یعنی:

گشتاور نیرو	=	(نیروی عمود)	×	(بازوی گشتاور آن نیرو)
τ (N.m)	=	F (N)	×	d (m)

** واحد گشتاور نیوتن متر (N.m) است.

در شکل (الف) گشتاور نیروهای F_1 و F_2 عبارت‌اند از:

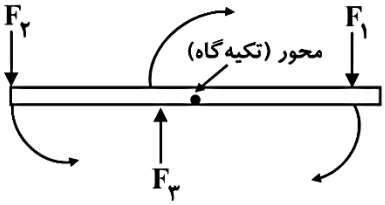
$$\tau_1 = F_1 d_1 = F_1 L_1$$
$$\tau_2 = F_2 d_2 = F_2 L_2 \sin\alpha$$

در شکل (ب) گشتاور نیروهای F_1 و F_2 عبارت‌اند از:

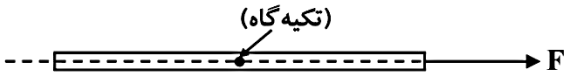
$$\tau_1 = F_1 d_1 = F_1 L_1$$
$$\tau_2 = F_2 d_2 = F_2 \sin\alpha . L_2$$

نکته‌ی ۶: به گشتاورهایی که در جهت عقربه‌ی ساعت باشند «**گشتاور ساعتگرد**» و گشتاورهایی که خلاف جهت عقربه‌ی ساعت باشند را «**گشتاورهای پادساعتگرد**» می‌گویند.

به‌طور مثال در شکل مقابل گشتاور نیروهای F_1 و F_3 ساعتگرد و گشتاور نیروی F_2 پادساعتگرد است.

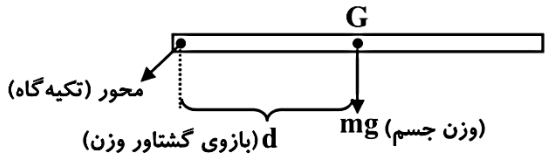


نکته‌ی ۱: نیرویی که امتدادش از تکیه‌گاه (نقطه‌ی محوری) می‌گذرد اثر چرخشی ندارد و گشتاور آن صفر است.



$\tau = 0$

وقتی از وزن جسم صرف‌نظر نشود وزن جسم نیز یکی از نیروهای گشتاوری به حساب می‌آید و بازوی آن از گرانیگاه (G) تا تکیه‌گاه می‌باشد.



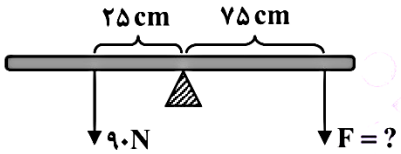
شرط تعادل (افقی ماندن میله یا جسم):

۱ـ مجموع (برآیند) نیروهای وارد بر جسم صفر باشد. $\Sigma F = 0$

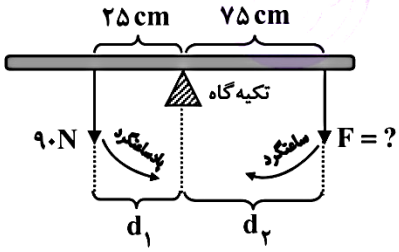
۲ـ مجموع گشتاورهای ساعتگرد **برابر** مجموع گشتاورهای پادساعتگرد باشد یا **مجموع گشتاورهای وارد بر جسم صفر شود.**

$\Sigma\tau$ (پادساعتگرد) $=$ $\Sigma\tau$ (ساعتگرد)

مثال ۳: با توجّه به شکل میله‌ای **یک‌نواخت** و **سبک** بر روی پایه‌ای قرار دارد. مقدار F چه‌قدر باشد تا میله **افقی** بماند؟



پاسخ:



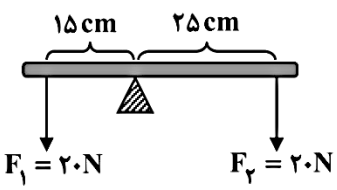
$\tau_1 = 90 \times 0/25 = 22/5$ N.m

$\tau_2 = F \times 0/75$

شرط تعادل: $\tau_1 = \tau_2$

$22/5 = F \times 0/75 \Rightarrow \boxed{F = 30\,N}$

مثال ۴: میله‌ی **یک‌نواخت** و **سبکی** روی پایه‌ای (تکیه‌گاه) قرار دارد:

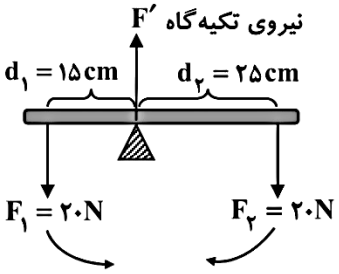


الف) گشتاور کدام‌یک از نیروها بزرگ‌تر است یا میله در کدام جهت می‌چرخد؟

ب) برای ایجاد تعادل نیروی F_2 را چند سانتی‌متر باید به تکیه‌گاه نزدیک کرد؟

ج) تکیه‌گاه چه نیرویی را تحمّل می‌کند؟

پاسخ:



الف) $\tau_1 = F_1 d_1 = ۲۰ \times ۰/۱۵ = ۳\ N.m$

$\tau_2 = F_2 d_2 = ۲۰ \times ۰/۲۵ = ۵\ N.m$

$\tau_2 > \tau_1$ یعنی میله در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.

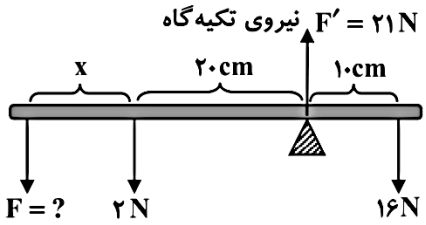
ب) شرط تعادل $\tau_1 = \tau_2$

$۳۰۰ = ۲۰ \times d_2 \Rightarrow \boxed{d_2 = ۱۵cm}$

باید به تکیه‌گاه نزدیک شود. $۲۵ - ۱۵ = \boxed{۱۰cm}$

ج) $F' = F_1 + F_2 = ۲۰ + ۲۰ = ۴۰N$

مثال ۵: با توجّه به شکل اگر میله‌ی **سبک** و **یک‌نواخت** در حال تعادل باشد مقدار F و x را بیابید.



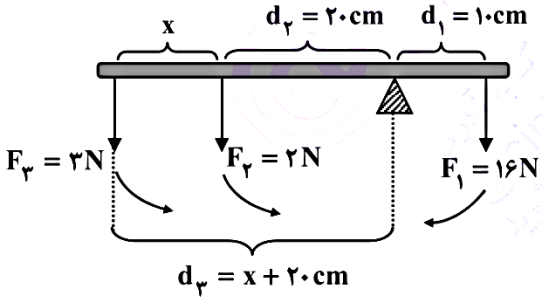
پاسخ:

از آن‌جا که برآیند نیروهای وارد بر جسم باید صفر باشد پس:

$F + ۲N + ۱۶N - ۲۱N = ۰$

$\boxed{F = ۳N}$

و از آن‌جا که مجموع گشتاورهای وارد بر جسم باید صفر باشد.



$\tau_1 = \tau_2 + \tau_3$

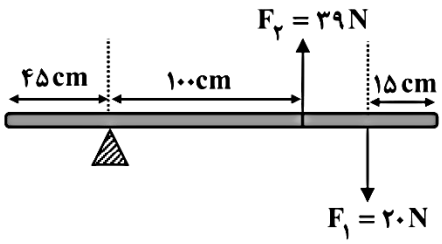
$F_1 d_1 = F_2 d_2 + F_3 d_3$

$۱۶ \times ۱۰ = (۲ \times ۲۰) + [۳ \times (x + ۲۰)]$

$۱۶۰ = ۴۰ + ۳x + ۶۰$

$۱۶۰ - ۱۰۰ = ۳x \Rightarrow ۶۰ = ۳x \Rightarrow x = \frac{۶۰}{۳} = \boxed{۲۰cm}$

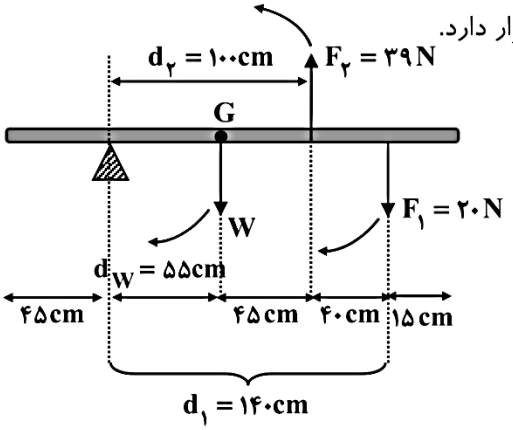
مثال ۶: با توجّه به شکل میله‌ی **یک‌نواخت ۲ متری** بر روی تکیه‌گاهی به حال تعادل است **وزن** میله چند نیوتن است؟



پاسخ:

با توجّه به یک‌نواخت بودن میله‌ی **گرانیگاه** آن در وسط میله قرار دارد.

طبق تعادل گشتاوری خواهیم داشت:



$$\tau_1 + \tau_W = \tau_2$$

$$(F_1 d_1) + W d_W = F_2 d_2$$

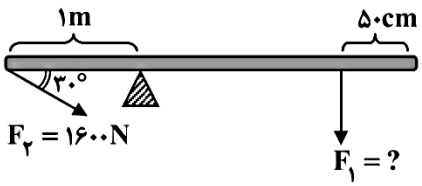
$$(۲۰ \times ۱۴۰) + W \times ۵۵ = ۱۰۰ \times ۳۹$$

$$۲۸۰۰ + ۵۵W = ۳۹۰۰$$

$$۵۵W = ۳۹۰۰ - ۲۸۰۰$$

$$۵۵W = ۱۱۰۰ \Rightarrow W = \frac{۱۱۰۰}{۵۵} = \boxed{۲۰N}$$

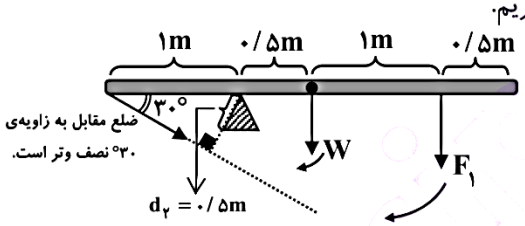
مثال ۷: با توجّه به شکل میله‌ی یک‌نواخت ۳ متری که وزن آن ۱۰۰N است روی تکیه‌گاه به حال تعادل قرار دارد. اندازه‌ی نیروی F_1 چند نیوتن است؟



پاسخ:

برای پیدا کردن بازوی گشتاور d_2 یا باید نیروی F_2 را تجزیه کنیم و فاصله‌ی نیروی عمودی را با تکیه‌گاه در نظر بگیریم یا فاصله‌ی عمودی تکیه‌گاه تا امتداد نیرو را در نظر بگیریم.

وزن میله در گرانیگاه که وسط میله باشد قرار دارد.



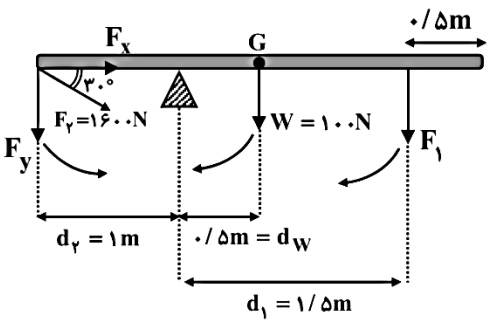
شرط تعادل:

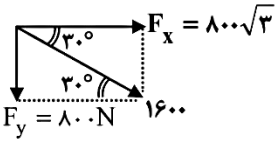
$$F_1 d_1 + W d_W = F_2 d_2$$

$$(F_1 \times ۱/۵) + (۱۰۰ \times ۰/۵) = ۱۶۰۰ \times ۰/۵$$

$$۱/۵F_1 = ۸۰۰ - ۵۰ \Rightarrow ۱/۵F_1 = ۷۵۰ \Rightarrow F_1 = \frac{۷۵۰}{۱/۵} = \boxed{۵۰۰N}$$

راه دوم: نیروی F_2 را به دو نیروی عمود بر هم F_y و F_x تجزیه می‌کنیم.





$F_x = ۸۰۰\sqrt{۳}$ ضلع مقابل زاویه‌ی ۶۰°، $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$ وتر است.

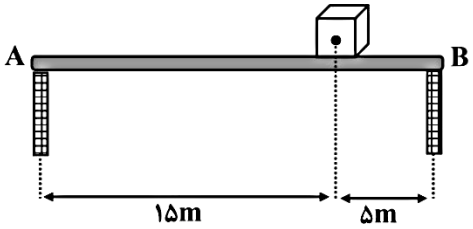
$F_y = ۸۰۰N$ ضلع مقابل زاویه‌ی ۳۰° نصف وتر است.

$$F_1 d_1 + W d_W = F_2 d_2$$

$$(F_1 \times ۱/۵) + (۱۰۰ \times ۰/۵) = ۸۰۰ \times ۱$$

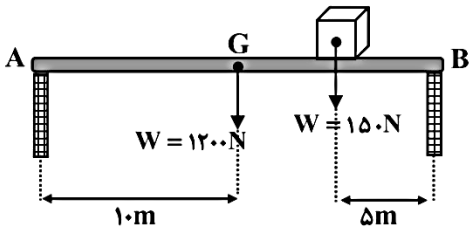
$$F_1 = \frac{۷۵۰}{۱/۵} = ۵۰۰N$$

مثال ۸: وزنه‌ای به جرم ۱۵kg مطابق شکل روی میله‌ی یک‌نواختی به جرم ۱۲۰kg اثر می‌کند. این میلـه روی دو ستون A و B تکیه دارد نیروی وارد بر هر ستون را محاسبه کنید.

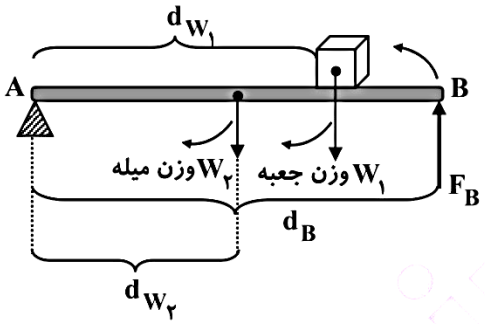


پاسخ:

در این‌گونه پرسش‌ها که **دو تکیـه‌گاه** دارنـد هـر بـار یکـی از پایه‌ها را تکیه‌گاه و پایه‌ی دیگر را نیرو در نظر می‌گیریم و شرط تعادل گشتاوری را می‌نویسیم؛ سپس ستون دیگر را تکیـه‌گاه در نظر می‌گیریم و شرط تعادل گشتاوری را برای آن می‌نویسیم.



ابتدا ستون A را تکیه‌گاه فرض می‌کنیم:

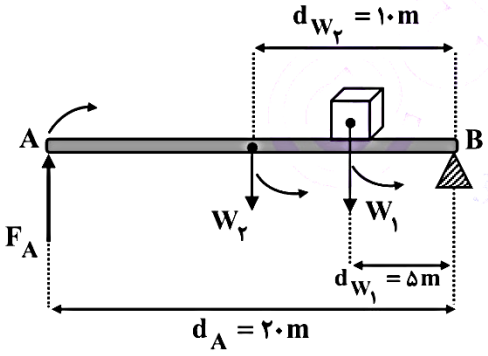


$$F_B d_B = W_1 d_{W_1} + W_2 d_{W_2}$$

$$F_B \times ۲۰ = (۱۵۰ \times ۱۵) + (۱۲۰۰ \times ۱۰)$$

$$F_B = \frac{۱۴۲۵۰}{۲۰} = ۷۱۲/۵N$$

حال ستون B را تکیه‌گاه فرض می‌کنیم.



$$F_A d_A = (W_2 d_{W_2}) + (W_1 d_{W_1})$$

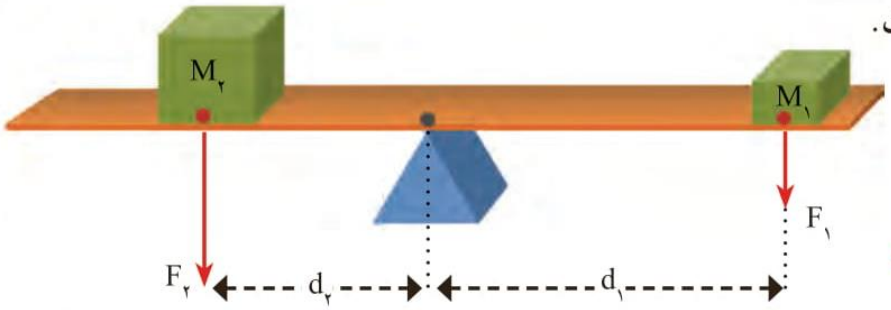
$$F_A \times ۲۰ = (۱۲۰۰ \times ۱۰) + (۱۵۰ \times ۵) \Rightarrow F_A = \frac{۱۲۷۵۰}{۲۰} = \boxed{۶۳۷/۵N}$$

اهرم

شکل ۸ ــ در حالت تعادل گشتاور ناشی از وزن پسرها، هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگراند.

اهرم‌ها به شکل‌های مختلفی وجود دارند. ساده‌ترین شکل اهرم، الاکلنگ است که در وسط میلهٔ آن، یک تکیه‌گاه قرار دارد. وقتی به یک طرف الاکلنگ نیرویی به سمت پایین وارد می‌شود،آن سمت به طرف پایین وسمت مقابل به طرف بالا حرکت می‌کند.

می‌توان فاصلهٔ دو جسم از تکیه‌گاه اهرم را چنان تنظیم کرد که اهرم در حالت تعادل قرار گیرد. در این حالت، اثر چرخشی هر یک از نیروها یکدیگر را خنثی می‌کنند. به عبارت دیگر، در حالت تعادل، اندازهٔ گشتاور نیرویی که هر یک از نیروها نسبت به تکیه‌گاه ایجاد می‌کنند، باهم برابر و جهت چرخششان مخالف یکدیگر است.



شکل ۹ ــ گشتاور ناشی از وزنهٔ (۱) می‌خواهد اهرم را ساعتگرد بچرخاند وگشتاور ناشی از وزنهٔ (۲) پاد ساعتگرد

۱۳- با ذکر یک مثال اهرم را توضیح دهید.

۱۴- وضعیت تعادل اهرم را توضیح دهید.

۱۵- تعادل را بر حسب گشتاور نیرو توضیح دهید.

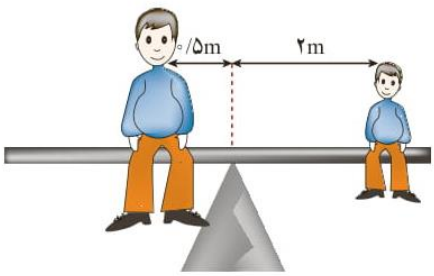
در شکل ۹، گشتاور نیروی F_1 که از رابطهٔ $d_1 \times F_1$ به دست می‌آید، می‌خواهد اهرم را به صورت ساعتگرد (در جهت حرکت عقربه‌های ساعت) بچرخاند و گشتاور نیروی ناشی از F_2 که از رابطهٔ $d_2 \times F_2$ به دست می‌آید، می‌خواهد اهرم را به صورت پاد ساعتگرد (در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت) بچرخاند.
در حالت تعادل، گشتاور نیروی ساعتگرد با گشتاور نیروی پادساعتگرد هم اندازه است :

گشتاور نیروی پاد ساعتگرد=گشتاور نیروی ساعتگرد (۲)

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

۱۶- حالت های مختلف گشتاور نیرو برای یک اهرم را با نوشتن رابطه ذکر کنید.

مثلاً در شکل ۱۰ گشتاور نیروی ناشی از وزن پدر با گشتاور نیروی ناشی از وزن پسر، هم‌اندازه است، اما گشتاور ناشی از وزن پدر به صورت پادساعتگرد و گشتاور ناشی از وزن پسر به‌صورت ساعتگرد است و به همین دلیل آنها در تعادل‌اند.



$۸۰۰\text{N} \times ۰/۵\text{m} = ۲۰۰\text{N} \times ۲\text{m}$
$۴۰۰\text{Nm} = ۴۰۰\text{Nm}$

شکل ۱۰ــ اندازهٔ گشتاور پادساعتگرد پدر برابر با اندازهٔ گشتاور ساعتگرد پسر است.

مزیت مکانیکی

دیدیم برای بلندکردن یک جسم سنگین توسط یک نیروی کوچک، می‌توان از اهرم استفاده کرد. در شکل (۱۱) نیرویی که ما وارد می‌کنیم تا جسم را بلند کنیم، نیروی محرک (F_1) و وزن جسم بزرگ را نیروی مقاوم (F_2)، فاصلهٔ نقطه اثر نیروی محرک تا تکیه‌گاه را بازوی محرک (d_1)و فاصلهٔ نقطه اثر نیروی مقاوم تا تکیه‌گاه را بازوی مقاوم (d_2) می‌نامیم. در حالت تعادل، هر چه بازوی محرک بزرگ‌تر باشد، برای جابه‌جا کردن جسم سنگین، به نیروی محرک کمتری نیاز داریم. مثلاً اگر بازوی محرک، ۴ برابر بازوی مقاوم باشد، نیروی محرک لازم برای جابه‌جایی وزنه (نیروی مقاوم)$\frac{۱}{۴}$ نیروی مقاوم است. به طور کلی، مزیت مکانیکی یک ماشین در حالت تعادل، به صورت نسبت اندازهٔ نیروی مقاوم به اندازهٔ نیروی محرک، تعریف می‌شود :

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{اندازهٔ نیروی مقاوم}}{\text{اندازهٔ نیروی محرک}} \qquad (۳)$$

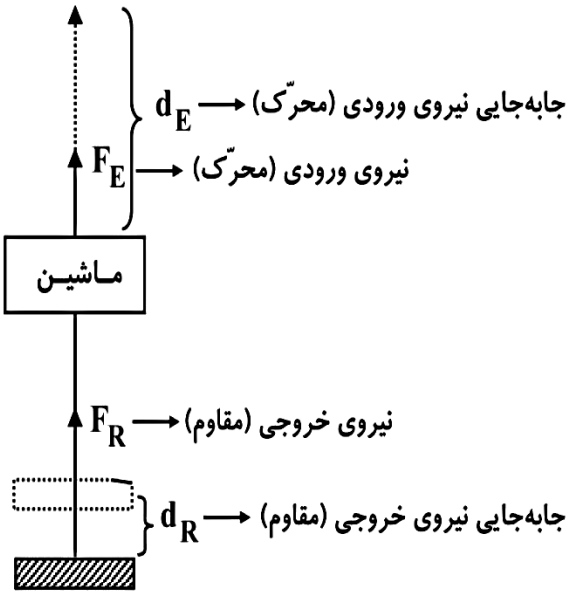
۱۷- رابطه بازوی محرک و نیروی محرک چیست ؟

۱۸- مزیت مکانیکی را تعریف نمایید.

فیزیک پایه نهم

۱ـ مزیّت مکانیکی:

با توجّه به شکل، نیروی ورودی F_E به ماشین وارد شد. ماشین نیروی خروجی F_R را بر جسم موردنظر اعمال می‌کند و آن‌را به اندازه‌ی d_R جابه‌جا می‌کند.



به نسبت F_R به F_E یا d_E به d_R مزیّت مکانیکی گفته می‌شود و بیانگر آن است که **ماشین نیروی وارد شده به آن را (F_E) چند برابر می‌کند یا سرعت و جابه‌جایی نقطه‌ی اثر نیرو را چند برابر می‌کند.**

اگر ماشین ایده‌آل باشد یعنی از اصطکاک چشم‌پوشی شود، کار دو نیروی F_E و F_R با هم برابرند پس می‌توان نوشت:

$$W_E = W_R \quad \text{یا} \quad F_E \times d_E = F_R \times d_R \quad \text{یا} \quad \frac{F_R}{F_E} = \frac{d_E}{d_R}$$

که به هر یک از این دو نسبت مزیّت مکانیکی گفته می‌شود. حال اگر اصطکاک را هم در نظر داشته باشیم (یعنی ماشین واقعی باشد) بخشی از کار ورودی صرف غلبه بر اصطکاک شده و دیگر نسبت‌های بالا درست نمی‌باشند بلکه به صورت زیر است.

$$W_R < W_E \Rightarrow \frac{F_R}{F_E} < \frac{d_R}{d_E}$$

یعنی به عبارتی دو نوع مزیّت مکانیکی داریم:

۱ـ **مزیّت مکانیکی ایده‌آل** (کامل) Ideal Mechanical Advantage (IMA)

$$A = \frac{d_E}{d_R} = \frac{L_E}{L_R} \begin{matrix} \rightarrow \text{بازوی محرّک} \\ \rightarrow \text{بازوی مقاوم} \end{matrix}$$

۲ـ **مزیّت مکانیکی واقعی** (عملی) Actual Mechanical Advantage (AMA)

$$A' = \frac{F_R}{F_E} = \frac{R}{E} \begin{matrix} \rightarrow \text{نیروی مقاوم} \\ \rightarrow \text{نیروی محرّک} \end{matrix}$$

برای سادگی کار، مزیّت مکانیکی ایده‌آل را با «A» و مزیّت مکانیکی واقعی را با «A'» نمایش می‌دهیم.

نکته‌ی ۳: با توجّه به مزیّت مکانیکی یک ماشین می‌توان تعیین کرد که چگونه کمک می‌کند بدین صورت که اگر:

۱ـ $IMA > ۱$ یا (A) باشد ← افزایش مقدار نیرو یا $E < R$

۲ـ $IMA < ۱$ یا (A) باشد ← افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو یا $E > R$

۳ـ $IMA = ۱$ یا (A) باشد ← تغییر جهت نیرو

نکته‌ی ۴: در ماشین‌های ایده‌آل (کامل) همواره مزیّت مکانیکی کامل برابر با مزیّت مکانیکی واقعی است یعنی:

$$A = A' \text{ یا } IMA = AMA \text{ یا } \frac{F_R}{F_E} = \frac{d_E}{d_R}$$

ولی در ماشین‌های **واقعی** مزیّت مکانیکی واقعی **همواره کوچک‌تر** از مزیّت مکانیکی کامل است یعنی:

$$A' < A \text{ یا } AMA < IMA \text{ یا } \frac{F_R}{F_E} < \frac{d_E}{d_R}$$

«مزیّت مکانیکی» و «بازده» هیچ کدام واحد ندارند.

نکته‌ی ۵: در همه‌ی ماشین‌هایی که نیروی خروجی بزرگ‌تر از نیروی ورودی است مسافتی را که نیروی ورودی طی می‌کند باید بیش‌تر از مسافتی باشد که نیروی خروجی طی می‌کند یعنی هیچ ماشینی نمی‌تواند هم‌زمان هم افزایش نیرو و هم افزایش سرعت و مسافت داشته باشد.

فیزیک پایه نهم

مزیت مکانیکی

- مزیت مکانیکی معیاری برای ما است تا ماشین‌ها را با هم مقایسه کنیم.
- یکی از کارهایی که ماشین برای ما می‌تواند انجام دهد این است که نیروی ما را افزایش دهد.
- افزایش نیرو یعنی این که می‌توانیم با نیروی کمی، وزنه‌ی سنگینی را بلند کنیم. ماشین نیروی ما را چند برابر می‌کند و با نیروی بیش‌تری به وزنه نیرو وارد می‌کند.

مزیت مکانیکی را بر همین اساس تعریف می‌کنند. مزیت مکانیکی نشان می‌دهد که نیروی ما برای جابه‌جایی جسم مقاوم، چند برابر شده است.

- رابطه‌ی مزیت مکانیکی مانند روبه‌رو است:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} \Rightarrow A = \frac{R}{E}$$

- در این رابطه نیروها بر حسب نیوتن است و مزیت مکانیکی یک کمیت بدون واحد است و فقط یک عدد برای مقایسه‌ی ماشین‌ها می‌باشد.

بازده

- بازده معیار دیگری برای سنجش خوبی ماشین‌ها است.
- گاهی در ماشین مقداری از کار (یا انرژی) ورودی هدر می‌رود.
- در این حالت، مقدار کار (یا انرژی) خروجی کم‌تر از کار ورودی است.

کار تلف شده + کار مفید = کارکل یا کار تلف شده + کار خروجی = کار ورودی

- برای این که بدانیم چه نسبتی از کار ما به کار خروجی مفید تبدیل می‌شود، بازده را تعریف می‌کنیم:

$$\text{بازده} = \frac{\text{کار مفید}}{\text{کار کل}} \quad \text{یا} \quad \text{بازده} = \frac{\text{کار خروجی}}{\text{کار ورودی}}$$

- اگر اتلاف نداشته باشیم، کار مفید و کار کل با هم برابر هستند.
- رابطه‌های دیگری نیز می‌توان برای بازده نوشت:

$$\text{بازده} = \frac{\text{کار مفید}}{\text{کار کل}} \quad , \quad \text{بازده} = \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان کل}} \quad , \quad \text{بازده} = \frac{\text{انرژی مفید}}{\text{انرژی کل}}$$

$$Ra = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{کل}}} \quad , \quad Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \quad , \quad Ra = \frac{E_{\text{مفید}}}{E_{\text{کل}}}$$

- بازده را معمولاً به صورت کسری از ۱۰۰ بیان می‌کنند.

مثلاً اگر بگوییم بازده ٪۸۰ است، یعنی اگر کار کل ۱۰۰J باشد، ۸۰J آن به کار مفید تبدیل خواهد شد.

➢ در ماشین‌ها، رابطه‌ی بازده به صورت روبه‌رو تعریف می‌شود:

کار کل = کار ورودی = کار محرک

کار مفید = کار خروجی = کار مقاوم

$$\text{بازده}=\frac{\text{کار مقاوم}}{\text{کار محرک}} \Rightarrow Ra=\frac{W_R}{W_E} \Rightarrow \boxed{Ra=\frac{R\times L_R}{E\times L_E}}$$

➢ بازده کمیتی است که واحد ندارد.

➢ در ماشین‌ها، اگر بازده ٪۱۰۰ نباشد، فقط بر روی نیروها اثر می‌گذارد. یعنی در حالتی که بازده ٪۱۰۰ نیست، فقط مقدار نیروها نسبت به حالت ایده‌آل تغییر می‌کند.

➢ بازده بر روی بازوها و جابه‌جایی‌ها اثر ندارد. یعنی هم در حالت بازده ٪۱۰۰ و هم به غیر از آن مقدار جابه‌جایی یکسان است.

بیش‌تر بدانید

مزیت مکانیکی اهرم‌ها

طبق رابطه‌ی تعادل گشتاورها در اهرم، می‌توان رابطه‌ی دیگری برای مزیت مکانیکی به‌دست آورد:

$$R\times L_R=E\times E_L \Rightarrow \frac{R}{E}=\frac{L_E}{L_R}$$

$$A=\frac{R}{E} \Rightarrow A=\frac{L_E}{L_R}$$

➢ رابطه‌ی $A=\frac{R}{E}$ در هر حالتی کاربرد دارد. چه در حالتی که بازده ٪۱۰۰ باشد و چه در حالتی که نباشد.

➢ از آن‌جایی که رابطه‌ی $R\times L_R=E\times L_E$ فقط در حالتی درست است که بازده ٪۱۰۰ باشد، بنابراین رابطه‌ی $A=\frac{L_E}{L_R}$ در حالتی کاربرد دارد که بازده ٪۱۰۰ باشد.

➢ بنابراین به رابطه‌ی $A=\frac{L_E}{L_R}$، مزیت مکانیکی ایده‌آل (آرمانی) و به رابطه‌ی $A=\frac{R}{E}$، مزیت مکانیکی واقعی گفته می‌شود.

بیش‌تر بدانید

رابطه‌ی بازده را می‌توان به شکل زیر نیز نوشت:

$$Ra=\frac{R\times L_R}{E\times L_E}\Rightarrow Ra=\frac{R}{E}\times\frac{L_R}{L_E}\Rightarrow Ra=\frac{\frac{R}{E}}{\frac{L_R}{L_E}}\Rightarrow \boxed{Ra=\frac{A_{\text{واقعی}}}{A_{\text{ایده‌آل}}}}$$

اهرم‌ها

اهرم میله‌ی بلند و باریکی است که نقطه‌ای از آن بر روی چیزی تکیه دارد و اهرم می‌تواند بر روی تکیه‌گاه بچرخد.

مثال **آیا محل تکیه‌گاه در مقدار نیروی لازم برای بلند کردن بار مؤثر است؟**

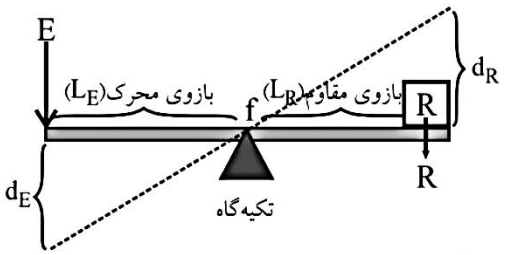
پاسخ

بله، با جابه‌جا کردن تکیه‌گاه طول بازوی محرک و مقاوم تغییر کرده و باعث کم یا زیاد شدن مزیت مکانیکی اهرم می‌شود.

اهرم‌ها را بر حسب قرار گرفتن محل تکیه‌گاه، نیروی محرک و نیروی مقاوم به سه نوع تقسیم می‌کنند.

الف) اهرم نوع اول: در این اهرم تکیه‌گاه بین نیروی محرک و نیروی مقاوم قرار دارد. اهرم نوع اول خود شامل سه حالت است:

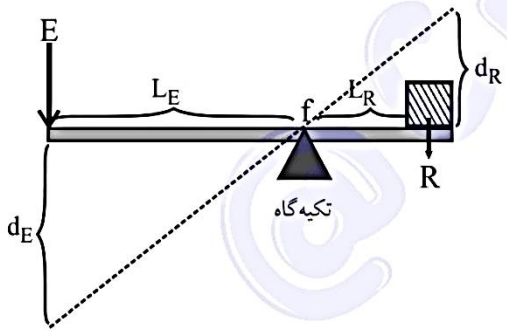
۱) تکیه‌گاه در وسط باشد: مانند الاکلنگ، در این حالت مزیت مکانیکی برابر یک می‌باشد و طول بازوی محرک و مقاوم با هم برابر است.



$$L_E = L_R \ , \ d_E = d_R \ , \ A = ۱$$

کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) تغییر جهت نیرو

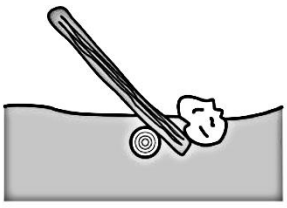
۲) تکیه‌گاه به نیروی مقاوم نزدیک‌تر است: مانند دیلم، ناخن‌گیر، سیم‌چین و انبردست، در این حالت مزیت مکانیکی بزرگ‌تر از یک و بازوی محرک بزرگ‌تر از بازوی مقاوم است.



$$L_E > L_R \ , \ d_E > d_R \ , \ A > ۱$$

کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) افزایش نیرو ۳) تغییر جهت نیرو

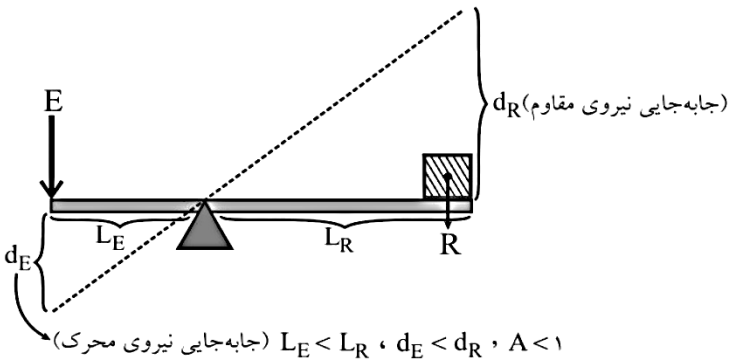
توجه **در این حالت هر چه تکیه‌گاه به نیروی مقاوم نزدیک‌تر باشد، بازوی محرک بزرگ‌تر شده و افزایش نیرو بیش‌تر می‌شود.**



دیلم، اهرم نوع اول است.

الاکلنگ اهرم نوع اول است.

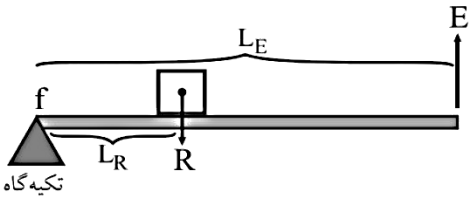
۳) تکیه‌گاه به نیروی محرک نزدیک‌تر است: مانند منجنیق.

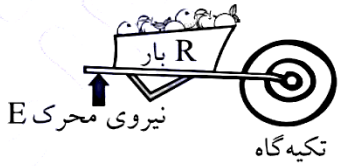


کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) تغییر جهت نیرو ۳) افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو

توجه **در این حالت هرچه تکیه‌گاه به نیروی محرک نزدیک‌تر باشد، بازوی مقاوم بزرگ‌تر شده و افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو بیش‌تر می‌شود.**

ب) اهرم نوع دوم: در این اهرم تکیه‌گاه در یک سر اهرم و نیروی مقاوم به تکیه‌گاه نزدیک‌تر است؛ مانند گاری دستی، فندق‌شکن و فرقون. در این اهرم بازوی محرک بزرگ‌تر از بازوی مقاوم است و مزیت مکانیکی بزرگ‌تر از یک است (نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار دارد).





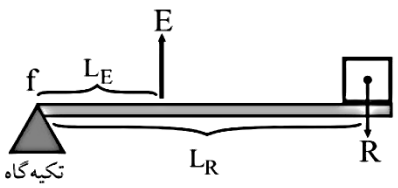
$L_E > L_R$ ، $d_E > d_R$ ، $A > ۱$ ، $L_E =$ طول اهرم

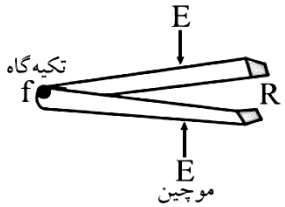
کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) افزایش نیرو

توجه **اهرم نوع دوم تغییر جهت نیرو ندارد.**

نکته اهرم‌ها در حرکت محدودیت دارند ولی در مزیت مکانیکی محدودیت ندارند.

پ) اهرم نوع سوم: در این اهرم تکیه‌گاه در یک سر اهرم و نیروی محرک به تکیه‌گاه نزدیک‌تر است (نیروی محرک بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم قرار دارد).





در این اهرم بازوی مقاوم (L_R) بزرگ‌تر از بازوی محرک (L_E) است و مزیت مکانیکی کوچک‌تر از یک است.

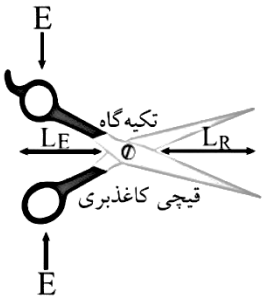
$L_R > L_E$, $d_R > d_E$, $A < ۱$, $L_R =$ طول اهرم

کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو، مانند: موچین، گیره‌ی زغال‌گیر و یخ‌گیر، انبر سالاد، راکت تنیس، چوب بیس‌بال، چوگان، پتک، چکش، جاروی دسته بلند فراشی، قاشق، چنگال و ...

توجه **در اهرم نوع اول، با توجه به موقعیت تکیه‌گاه مزیت مکانیکی، می‌تواند مساوی یا بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر از یک باشد. و در اهرم نوع دوم، مزیت مکانیکی همیشه بزرگ‌تر از یک و در اهرم نوع سوم، مزیت مکانیکی همیشه کوچک‌تر از یک است.**

توجه **بعضی اهرم‌ها دارای دو بازوی محرک و دو بازوی مقاوم می‌باشند که به آن‌ها اهرم‌های مضاعف می‌گویند، کمک این اهرم‌ها بیش‌تر از اهرم‌های تکی می‌باشد. مانند قیچی، انبردست، موچین و ...**

مثال **قیچی کاغذبری دارای دسته‌های کوتاه و تیغه‌های بلند است. به نظر شما چرا؟**



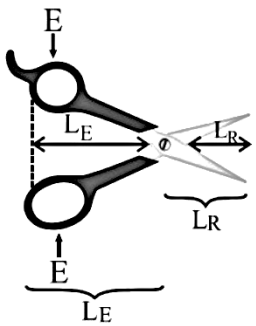
پاسخ

زیرا قیچی کاغذبری باید مسافت و سرعت اثر نیرو را افزایش دهد و در زمان انجام کار صرفه‌جویی می‌کند؛ بنابراین باید ($L_E < L_R$) باشد.

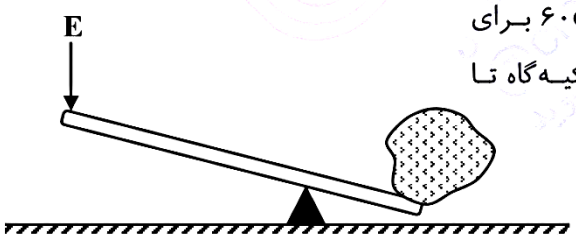
مثال **قیچی آهن‌بری دارای دسته‌های بلند و تیغه‌های کوتاه است. به نظر شما چرا؟**

پاسخ

زیرا قیچی آهن‌بر باید نیرو را افزایش دهد، پس باید بازوی محرک بزرگ‌تر از بازوی مقاوم باشد ($L_E > L_R$).



مثال۲: با توجّه به شکل از میله‌ی سبکی به طول ۶۰cm برای جابه‌جا کردن سنگی به جرم ۵۰kg استفاده کرده‌ایم. اگر فاصله‌ی تکیه‌گاه تا سنگ ۱۰cm باشد:

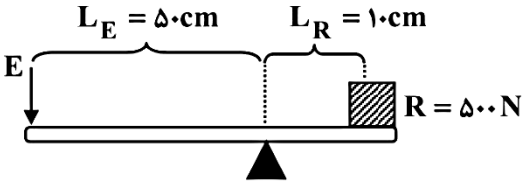


الف) طول بازوهای محرّک و مقاوم چند سانتی‌متر است؟

ب) مزیّت مکانیکی ایده‌آل ماشین چند می‌باشد؟

ج) مقدار E چند نیوتن است؟

پاسخ:



الف) از آن‌جا که اهرم نوع اوّل است پس:

$$L = L_E + L_R$$
$$۶۰ = x + ۱۰ \Rightarrow L_E = \boxed{۵۰cm}$$

ب) IMA یا $A = \frac{L_E}{L_R} = \frac{۵۰}{۱۰} = \boxed{۵}$

ج) طبق قانون گشتاور در اهرم‌ها $E \times L_E = R \times L_R$

$$E \times ۵۰ = ۵۰۰ \times ۱۰ \Rightarrow E = \frac{۵۰۰۰}{۵۰} = \boxed{۱۰۰N}$$

تذکّر!!!
در تناسب یا تساوی، نسبت‌ها هم‌واحد باشند درست است ولی برای محاسبه‌ی کار، cm باید به m تبدیل شود.

مثال۳: طول دیلمی ۲m و مزیّت مکانیکی کامل آن ۴ می‌باشد:

الف) طول بازوهای محرّک و مقاوم چند سانتی‌متر است؟ ب) نیروی مقاوم چند برابر نیروی محرّک است؟

پاسخ:

دیلم اهرم نوع اوّل است پس تکیه‌گاه بین دو نیرو است و خواهیم داشت:

الف) **راه اوّل:**

$$\left.\begin{array}{l} L = L_E + L_R \quad (۱) \\ A = ۴ \Rightarrow \frac{L_E}{L_R} = ۴ \Rightarrow L_E = ۴L_R \quad (۲) \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{cases} L = ۴L_R + L_R \Rightarrow L = ۵L_R \\ ۲۰۰cm = ۵L_R \Rightarrow L_R = \frac{۲۰۰}{۵} = \boxed{L_R = ۴۰cm} \\ ۲۰۰cm - ۴۰cm = \boxed{۱۶۰cm} \end{cases}$$

راه دوم:

	نسبت	طول
L_E	۴	۱۶۰cm
L_R	۱	۴۰cm
L	۵	۲۰۰cm

$\times ۴۰$

ب)

$$\frac{R}{E} = \frac{L_E}{L_R} = \frac{۱۶۰}{۴۰} = ۴ \quad \text{برابر}$$

فیزیک پایه نهم

اهرم نوع اول :

تکیه گاه بین نیروی مقاوم و نیروی محرک قرار دارد. مانند انبردست ، آچار فرانسه ، قیچی و ... .

اهرم های مورد استفاده	وسیله نمونه
اهرم نوع یک	الاکلنگ
اهرم نوع یک	میخ کش چکش
اهرم نوع یک	قیچی
اهرم نوع یک	انبردست

اهرم نوع دوم :

نیروی مقاوم بین تکیه گاه و نیروی محرک قرار دارد. مانند فندق شکن)) و ... .

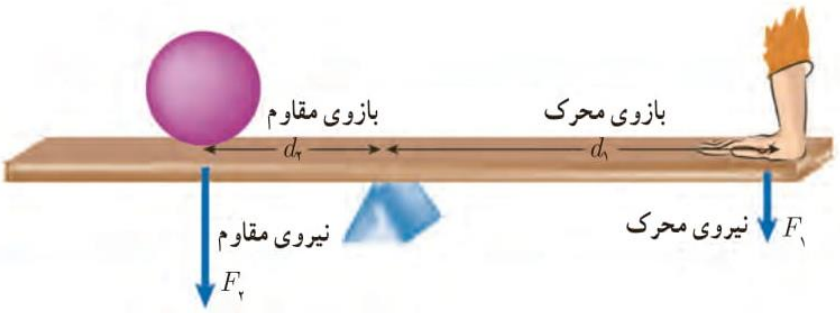
اهرم های مورد استفاده	وسیله نمونه
اهرم نوع دوم	دستگاه منگنه
اهرم نوع دوم	در بازکن
اهرم نوع دوم	فرقون
اهرم نوع دوم	میخ بر
اهرم نوع دوم	فندق شکن

اهرم نوع سوم :

نیروی محرک بین تکیه گاه و نیروی مقاوم قرار دارد. مانند قندگیر ، انبرک ، پنس و ... .

های مورد استفاده	وسیله نمونه
اهرم نوع سوم	چوب ماهیگیری
اهرم نوع سوم	گاز انبر
اهرم نوع سوم	انبر

دبیر: اشرفی



شکل ۱۱ ــ شکل اهرم که در آن بازوی محرک، نیروی محرک، بازوی مقاوم ونیروی مقاوم نشان داده شده است.

مثلاً اگر مزیت مکانیکی یک ماشین ۵ و نیروی مقاوم ۱۰۰۰N باشد می‌توان با نیروی محرک ۲۰۰N نیروی مقاوم ۱۰۰۰N را جابه جا کرد.

مثال : اگر در شکل ۱۱، مزیت مکانیکی اهرم ۲ و اندازهٔ وزنه (نیروی مقاوم) ۱۵۰N باشد، اندازهٔ نیروی محرک چقدر باشد تا دستگاه در حالت تعادل باقی بماند؟

پاسخ :

$F_1 = ?$ نیروی محرک ، ۱۵۰N = نیروی مقاوم ، ۲ = مزیت مکانیکی

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{اندازهٔ نیروی مقاوم}}{\text{اندازهٔ نیروی محرک}} \rightarrow ۲ = \frac{۱۵۰\ \text{N}}{F_1} \rightarrow F_1 = \frac{۱۵۰\ \text{N}}{۲} = ۷۵\text{N}$$

فعالیت

نشان دهید در اهرم‌ها و در شرایط تعادل، مزیت مکانیکی از رابطهٔ زیر نیز به دست می‌آید.

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

نشان دهید در اهرم‌ها و در شرایط تعادل، مزیت مکانیکی از رابطهٔ زیر نیز به دست می‌آید.

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

در اهرم‌ها در شرایط تعادل اندازهٔ گشتاور نیروی محرک و گشتاور نیروی مقاوم با هم برابرند.

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

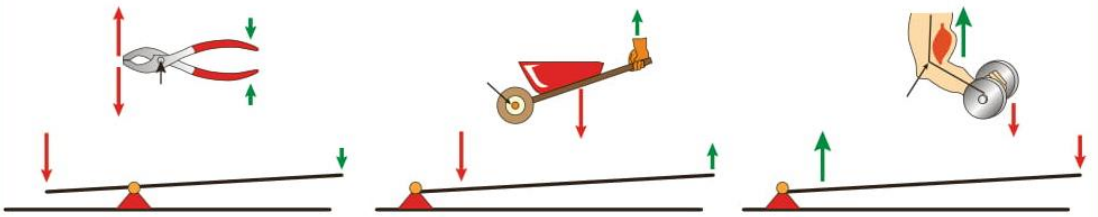
(نیروی محرک × بازوی محرک = نیروی مقاوم × بازوی مقاوم)

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

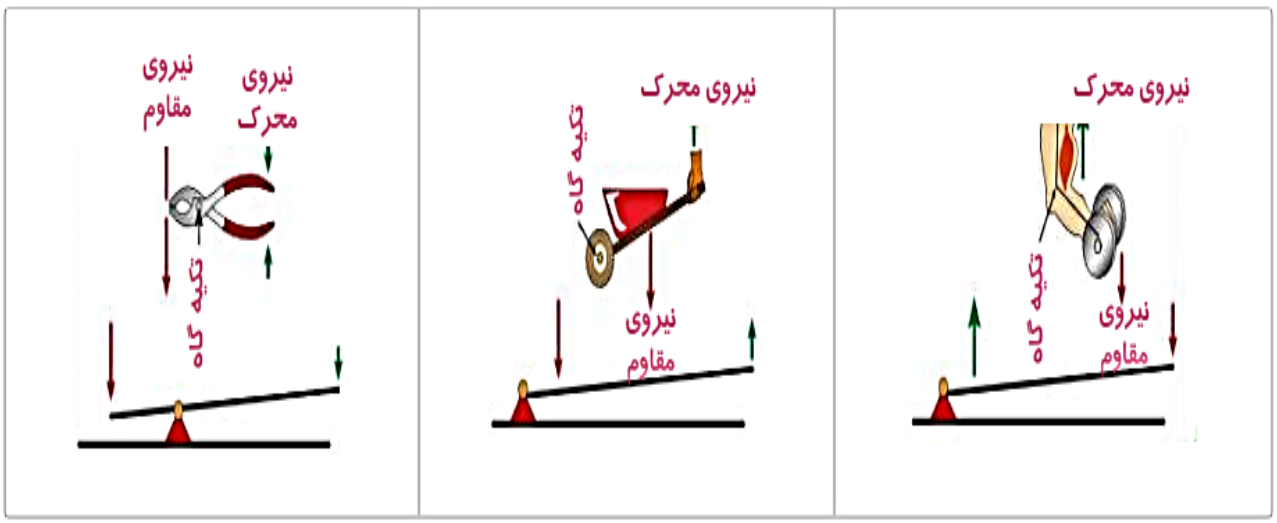
فیزیک پایه نهم

فعالیت

اهرم‌ها در بسیاری از ماشین‌های معمولی، دیده می‌شوند. اهرم‌ها را می‌توان برحسب محل قرار گرفتن تکیه‌گاه، نیروی محرک و نیروی مقاوم بررسی کرد. در هر یک از شکل‌های زیر تکیه‌گاه، محل وارد کردن نیروی محرک و نیروی مقاوم را نشان دهید. از وزن اهرم‌ها صرف‌نظر می‌شود.



اهرم‌ها در بسیاری از ماشین‌های معمولی، دیده می‌شوند. اهرم‌ها را می‌توان برحسب محل قرار گرفتن تکیه‌گاه، نیروی محرک و نیروی مقاوم بررسی کرد. در هر یک از شکل‌های زیر تکیه‌گاه، محل وارد کردن نیروی محرک و نیروی مقاوم را نشان دهید. از وزن اهرم‌ها صرف نظر می‌شود.



راست) اهرم نوع سوم : نیروی محرک بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم قرار دارد. مانند انبر، قندگیر، چوب ماهیگیری و ... .

وسطی) اهرم نوع دوم : نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار دارد. مانند فندق شکن فرغون، دربازکن و ... .

چپ) اهرم نوع اول : تکیه‌گاه بین نیروی مقاوم و نیروی محرک قرار دارد. مانند انبردست ، آچار فرانسه ، قیچی و ... .

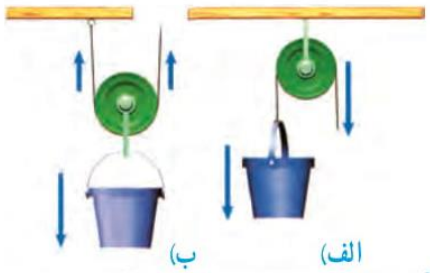
دبیر: اشرفی

جمع‌بندی اهرم‌ها

نوع اهرم	جایگاه E و F و R	شکل	ویژگی خاص	تغییر جهت	افزایش نیرو	افزایش سرعت و مسافت	نوع صرفه‌جویی	مثال
اوّل $L_E + L_R = L$	«f بین E و R» E f R	E f R L_E L_R	$L_E = L_R$ در حالت ایده‌آل $E = R$ $d_E = d_R$ $A = ۱$	✓	–	–	–	الّاکلنگ، ترازوی دو کفه‌ای، قرقره‌ی ثابت
		E f R L_E L_R	$L_E > L_R$ $d_E > d_R$ $E < R$ $A > ۱$	✓	✓	–	نیروی محرّک	دیلم، سیم‌چین، میخ‌کش، انبردست، قیچی‌فلزبری
		E f R L_E L_R	$L_E < L_R$ $d_E < d_R$ $E > R$ $A < ۱$	✓	–	✓	وقت	قیچی خیاطی
دوم $L_E + L_R > L$	«R بین E و f» E R f	R f E L_R L_E	$L_E > L_R$ $L_E \simeq L$ $d_E > d_R$ $E < R$ $A > ۱$	–	✓	–	نیروی محرّک	فرغون، قرقره متحرّک، فندق‌شکن، در بازکن(نوشابه، قوطی) کاتر عکّاسی و صحافی، قیچی میلگرد بُر، پاروی متّصل به قایق
سوم $L_E + L_R > L$	«E بین R و f» R E f	R E f L_E L_R	$L_E < L_R$ $L_R \simeq L$ $d_E < d_R$ $E > R$ $A < ۱$	–	–	✓	وقت	جاروی رُفتگری، راکت(تنیس، بدمینتون) چوب(بیس‌بال، چوگان، گلف، هاکی) استخوان ساعد، استخوان‌فک، انبر(یخ‌گیر، زغال‌گیر، قندگیر) موچین، پَنس

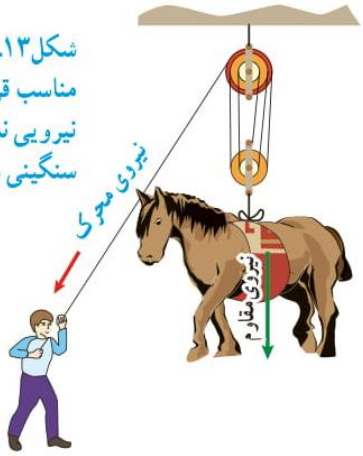
فیزیک پایه نهم

قرقره‌ها : با طناب و قرقره نیز می‌توان ماشین ساده ساخت. با استفاده از چنین ماشینی می‌توان اجسام سنگین را بلند کرد (شکل ۱۳). هر قرقره محوری دارد که حول آن می‌تواند آزادانه بچرخد. در شکل ۱۲، دو روش اصلی استفاده از قرقره را مشاهده می‌کنید.



الف) ب)

شکل۱۲ــ قرقرهٔ ثابت و قرقرهٔ متحرک



شکل۱۳ــ با ترکیب مناسب قرقره‌ها می‌توان با نیرویی نسبتاً کوچک جسم سنگینی را جابه‌جا کرد.

فعالیت

به کمک یک قرقرهٔ ثابت، یک قرقرهٔ متحرک، یک وزنهٔ معین و یک نیروسنج دربارهٔ مزیت مکانیکی قرقره‌های ثابت و متحرک شکل ۱۲ تحقیق کنید.

۱۹- چند نوع قرقره داریم؟

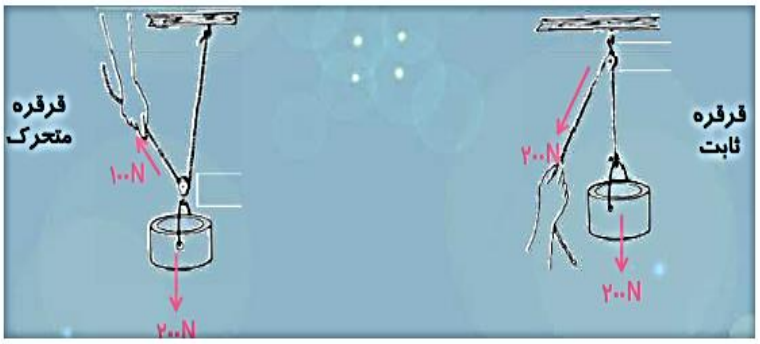
۲۰- کاربرد قرقره ها چیست ؟

به کمک یک قرقرهٔ ثابت، یک قرقرهٔ متحرک، یک وزنهٔ معین و یک نیروسنج دربارهٔ مزیت مکانیکی قرقره‌های ثابت و متحرک شکل ۱۲ تحقیق کنید.

فرض کنید وزنه برابر ۲۰ کیلوگرم باشد. یعنی نیروی مقاوم برابر ۲۰۰ نیوتن باشد.

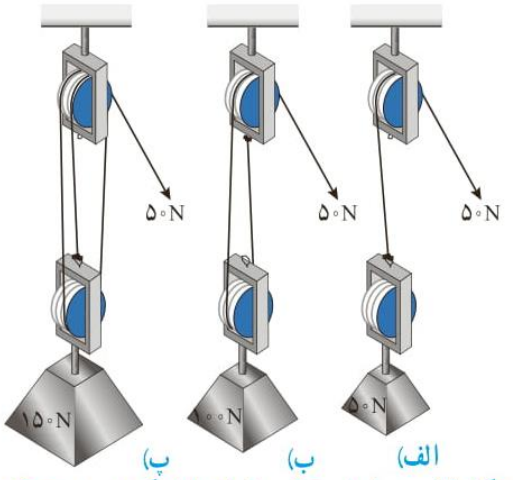
در قرقره ثابت نیروی محرکی که نیروسنج در محل دست نشان می‌دهد برابر ۲۰۰ نیوتن است.

در قرقره متحرک نیروی محرکی که نیروسنج در محل دست نشان می‌دهد برابر ۱۰۰ نیوتن است.



دبیر: اشرفی

وقتی یک طرفِ طناب سبکی را که انتهای آن به دیواری بسته شده‌است، با نیروی ۵N می‌کشیم، در تمام طول طناب، نیروی کشش ۵N برقرار می‌شود. یعنی نیروی کشش طناب در طول آن، ثابت است. مثلاً در شکل الف، برای بلند کردن سطلی به وزن ۴۰ نیوتون، کافی است با نیروی محرک ۴۰ نیوتون طناب را بکشیم، اما در شکل ب برای بلند کردن سطل ۴۰ نیوتونی باید نیروی محرک ۲۰N را وارد کنیم. شکل ۱۴، سه ترکیب متفاوت از به هم بستن طناب و قرقره را نشان می‌دهد. در شکل الف برای بلندکردن وزنهٔ ۵۰ نیوتونی (نیروی مقاوم) نیروی محرک ۵۰N لازم است. در شکل ب با نیروی محرک ۵۰N می‌توان وزنهٔ ۱۰۰ نیوتونی (نیروی مقاوم) را بلند کرد. در شکل پ با نیروی محرک ۵۰N می‌توان وزنهٔ ۱۵۰ نیوتونی (نیروی مقاوم) را بلند کرد.

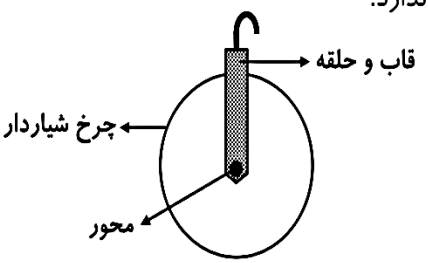


شکل ۱۴ ــ بر اساس ترکیب قرقره‌ها با یک نیروی محرک ثابت نیروی مقاوم متفاوتی را می‌توان بلند کرد.

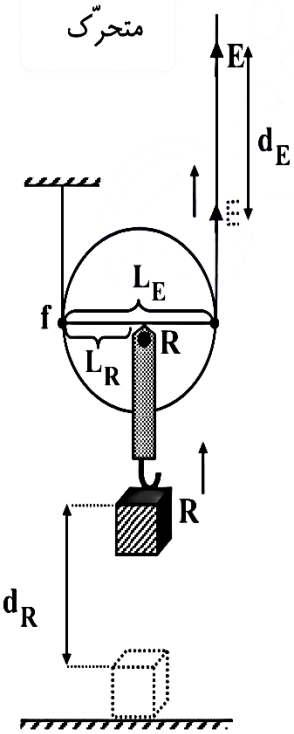
۲۱- ترکیب قرقره ها چه تاثیری در نیروی محرک دارد؟

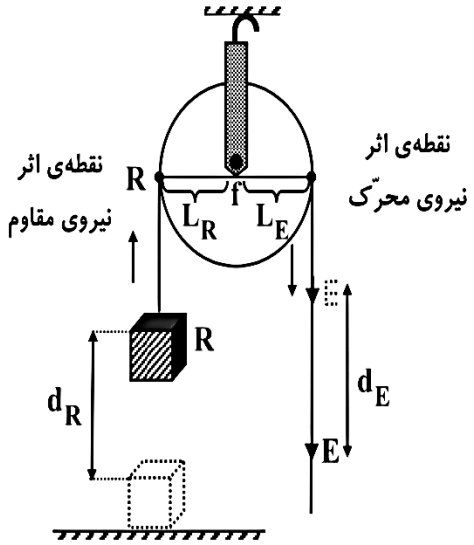
قرقره

نوعی اهرم که به حول محور خود می‌چرخد و بر خلاف اهرم محدودیّت حرکت ندارد.



انواع قرقره



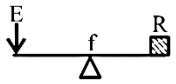


ویژگی‌ها:

✓محور قرقره، تکیه‌گاه(f) می‌باشد.

✓E و R روی شیار چرخ

✓مانند اهرم نوع اوّلی عمل می‌کند که f کاملاً وسط باشد.



✓شعاع‌های چرخ، بازوهای محرّک و مقاوم‌اند.

$$\boxed{L_E = L_R = r}$$

$$L_E = L_R \ , d_E = d_R \Rightarrow A = \frac{L_E}{L_R} = \frac{d_E}{d_R} \Rightarrow \boxed{A = ۱}$$

✓در حالت ایده‌آل: $\boxed{E = R}$

✓فقط با تغییر جهت نیرو کمک می‌کند.

✓یعنی اگر بار، یک متر بالا برود طناب باید یک متر کشیده شود.

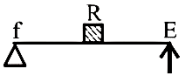
✓**مثال**: قرقره‌ی پرچم

ویژگی‌ها:

✓محور قرقره، محلّ اثر نیروی مقاوم است.

✓تکیه‌گاه و نیروی محرّک روی شیار چرخ

✓مانند اهرم نوع دوم عمل می‌کند.



✓شعاع چرخ، بازوی محرّک و شعاع چرخ، بازوی مقاوم است.

$$\left.\begin{matrix} L_E = \text{قطر} \\ L_R = \text{شعاع} \end{matrix}\right\} \Rightarrow A = \frac{L_E}{L_R} = \frac{\text{قطر}}{\text{شعاع}} = ۲ \Rightarrow \boxed{A = ۲}$$

✓در حالت ایده‌آل: $\boxed{E = \frac{R}{۲}}$

✓فقط با افزایش مقدار نیرو کمک می‌کند.

✓یعنی اگر بار، یک متر بالا برود طناب باید ۲m کشیده شود ولی نصف وزن آن نیرو لازم است. $d_E = ۲d_R$

✓**مثال**: قرقره‌ی کوهنوردی، تکاوری و ...

مثال ۱: باری به جرم ۴۰۰kg را می‌خواهیم ۵m از سطح زمین بالا ببریم. در هر یک از موارد زیر اندازه‌ی نیروی محرّک(E) و طول طنابی که باید کشیده شود (d_E) را محاسبه کنید. (قرقره‌ها ایده‌آل فرض شدند)

الف) با استفاده از قرقره‌ی ثابت

ب) با استفاده از قرقره‌ی متحرّک

پاسخ:

الف) در قرقره‌ی ثابت

$$\left.\begin{matrix} d_E = d_R \\ d_R = ۵ \end{matrix}\right\} \Rightarrow d_E = ۵m$$ طول طنابی که باید کشیده شود.

$$\left.\begin{matrix} E = R \\ R = ۴۰۰kg = ۴۰۰۰N \end{matrix}\right\} \Rightarrow E = ۴۰۰۰N$$ مقدار نیروی لازم برای بالا بردن جسم

ب) در قرقره‌ی متحرّک

$$\left.\begin{matrix} d_E = ۲d_R \\ d_R = ۵m \end{matrix}\right\} \Rightarrow d_E = ۱۰m$$ طول طنابی که باید کشیده شود

$$\left.\begin{matrix} E = \frac{R}{۲} \\ R = ۴۰۰kg = ۴۰۰۰N \end{matrix}\right\} \Rightarrow E = \frac{۴۰۰۰}{۲} = ۲۰۰۰N$$ نیرویی که باید به طناب وارد کرد.

مثال۲: باری به جرم ۲۱۰kg را با استفاده از قرقره‌ای که بازده‌ی آن ٪۷۰ است ۳/۵m از سطح زمین بالا می‌بریم. طول طنابی که باید کشیده شود (d_E) و نیروی محرّک لازم (E) را در هر یک از موارد زیر به‌دست آورید.

الف) قرقره ثابت باشد.

ب) قرقره متحرّک باشد.

پاسخ:

الف)

$A=۱\Rightarrow d_E=d_R=۳/۵m$ طول طنابی که باید کشیده شود.

$$\left.\begin{array}{l} A'=A\times\frac{Ra}{۱۰۰}\Rightarrow A'=۱\times\frac{۷۰}{۱۰۰} \\ A'=\frac{R}{E} \end{array}\right\}\Rightarrow\frac{۷}{۱۰}=\frac{۲۱۰۰}{E}\Rightarrow E=\boxed{۳۰۰۰N}$$ نیروی محرّک لازم

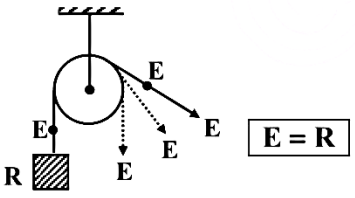
ب)

$A=۲\Rightarrow d_E=۲d_R\Rightarrow d_E=۲\times۳/۵=۷m$ طول طنابی که باید کشیده شود.

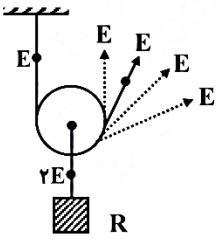
$$\left.\begin{array}{l} A'=A\times\frac{Ra}{۱۰۰}\Rightarrow A'=۲\times\frac{۷۰}{۱۰۰}=۱/۴ \\ A'=\frac{R}{E} \end{array}\right\}\Rightarrow ۱/۴=\frac{۲۱۰۰}{E}\Rightarrow \boxed{E=۱۵۰۰N}$$ نیروی محرّک

نکته‌ی ۱: کشش نخ‌های دو طرف قرقره همواره با هم برابرند و زاویه‌ی کشش در میزان آن بی‌تأثیر است. مگر آن‌که محور قرقره در وسط نباشد.

در حالت ایده‌آل:

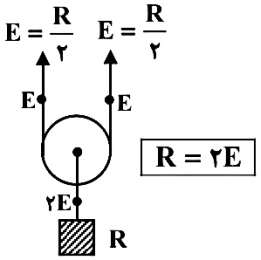


$E=R$



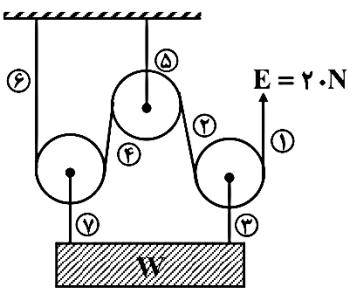
$E=\frac{R}{۲}$

یا



$R=۲E$

مثال۳: در شکل مقابل:



الف) کشش هر یک از طناب‌ها چند نیوتن است؟

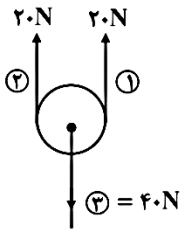
ب) وزن جسم (W) چند نیوتن است؟

ج) نیرویی که به سقف وارد می‌شود چند نیوتن است؟

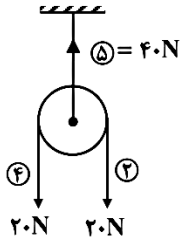
پاسخ:

الف) با توجّه به نکته‌ی بالا کشش نخ‌های دو طرف قرقره همواره با هم برابرند.

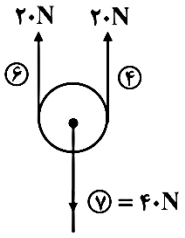
اگر شکل را تفکیکی و هر قرقره را جداگانه بررسی کنیم خواهیم داشت:



کشش نخ‌های (۱) و (۲) با هم برابرند و کشش نخ (۳) برابر با مجموع آن‌هاست.



کشش نخ‌های (۲) و (۴) با هم برابر و کشش نخ (۵) برابر با مجموع آن‌هاست.



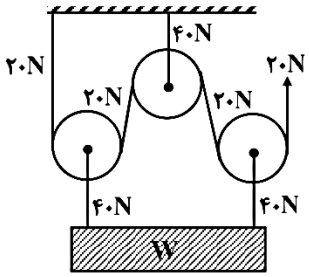
کشش نخ‌های (۴) و (۶) با هم برابر و کشش نخ (۷) برابر با مجموع آن‌هاست.

ب) وزن جسم (W) برابر با مجموع کشش نخ‌های (۳) و (۷) یعنی:

$$۴۰+۴۰=۸۰N$$

ج) نیرویی که به سقف وارد می‌شود برابر با مجموع کشش نخ‌های (۵) و (۶) است یعنی:

$$۲۰+۴۰=۶۰N$$



قرقره‌ی مرکّب

معمولاً قرقره‌ها به تنهایی به کار نمی‌روند. برای استفاده‌ی بهتر و کاربردی‌تر از آن‌ها، مجموعه‌ای از قرقره‌ها را به‌کار می‌برند که به آن «دستگاه قرقره» می‌گویند.

➤ **نکته‌ی ۲:** مزیّت مکانیکی دستگاه به تعداد نخ‌های مؤثّر بر قرقره‌ها وابسته است که با توجّه به شیوه‌ی اتّصال قرقره‌ها نحوه‌ی محاسبه‌ی مزیّت هر دستگاه قرقره عنوان می‌شود.

شیوه‌های اتّصال قرقره

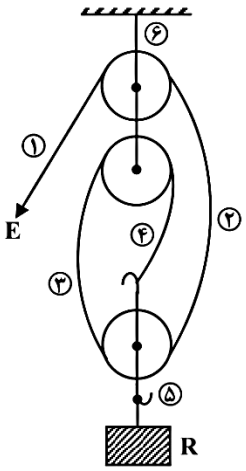
۱ـ استفاده از یک طناب پیوسته برای اتّصال قرقره‌ها

تعداد رشته طناب‌هایی که بار را نگه می‌دارند = مزیّت مکانیکی ایده‌آل (نظری) یا کامل

یا اگر تعداد قرقره‌های متحرّک را n در نظر بگیریم خواهیم داشت:

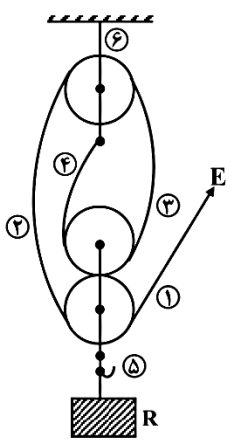
* وقتی یک انتهای نخ به قرقره‌ی ثابت متّصل باشد. $A = ۲n$

* وقتی یک انتهای نخ به قرقره‌ی متحرّک متّصل باشد. $A = ۲n+۱$



کشش نخ‌های [(۱) و (۲)] با هم و [(۲) و (۳)] و [(۳) و (۴)] با هم برابر است و کشش نخ (۵) برابر با مجموع کشش نخ‌های (۲) و (۳) و (۴) است که برابر با وزن جسم (R) است.

کشش نخ (۶) برابر کشش نخ‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) یا برابر با کشش نخ‌های (۱) و (۵) است.



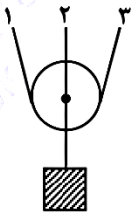
کشش نخ‌های [(۱) و (۲)] با هم و [(۲) و (۳)] و [(۳) و (۴)] با هم برابر است و کشش نخ (۵) برابر با مجموع کشش نخ‌های (۱)، (۲) و (۳) و (۴) است که برابر با وزن جسم (R) است.

کشش نخ (۶) برابر کشش نخ‌های (۲)، (۳) و (۴) است.

حال با توجّه به تقسیم نیرو یا تعیین کشش هر یک از نخ‌ها و دو راه دیگر ذکر شده برای محاسبه‌ی مزیّت مکانیکی خواهیم داشت:

راه اوّل: تعداد نخ‌های مؤثّر $= A$

$A = ۳$



راه دوم:

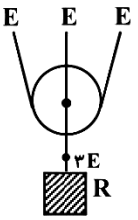
$A = ۲n + ۱$

$A = (۲\times ۱) + ۱ = ۳ \Rightarrow A = ۳$

راه سوم:

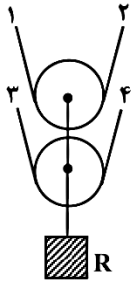
$R = ۳E \Rightarrow \frac{R}{E} = ۳ \Rightarrow A' = ۳$

در حالت ایده‌آل $A' = A \Rightarrow A = ۳$



راه اوّل: تعداد نخ‌های مؤثّر (نخ‌های متّصل به بار) $= A$

$A = ۴$



راه دوم:

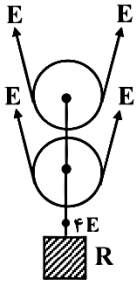
تعداد قرقره‌های متحرّک $\rightarrow A = ۲n$

$A = ۲\times ۲ \Rightarrow A = ۴$

راه سوم:

$R = ۴E \Rightarrow \frac{R}{E} = ۴ \Rightarrow A' = ۴$

در حالت ایده‌آل $A = A'$ پس: $A = ۴$



نکته‌ی ۳: در قرقره‌های مرکّبی که از یک طناب پیوسته استفاده می‌شود تعداد قرقره‌های متحرّک و ثابت به صورت‌های زیر به‌دست می‌آیند اگر:

۱ـ مزیّت مکانیکی ایده‌آل دستگاه عددی زوج باشد.

$$\text{تعداد قرقره‌های متحرّک } n = \frac{A}{2}$$ (A: مزیّت مکانیکی)

تعداد قرقره‌ی ثابت: ۱ـ مساوی تعداد قرقره‌های متحرّک است. ۲ـ یکی کم‌تر از تعداد قرقره‌های متحرّک است.

۲ـ مزیّت مکانیکی ایده‌آل دستگاه عددی فرد باشد.

«انتهای طناب به قرقره‌ی متحرّک متّصل است.»

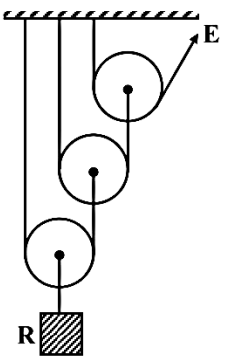
$$\text{تعداد قرقره‌ی متحرّک } n = \frac{A-1}{2}$$ (A: مزیّت مکانیکی)

تعداد قرقره‌ی ثابت: ۱ـ مساوی تعداد قرقره‌های متحرّک

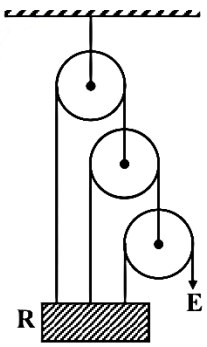
۲ـ یکی بیش‌تر از تعداد قرقره‌های متحرّک

۲ـ استفاده از چندین طناب برای اتّصال قرقره‌ها

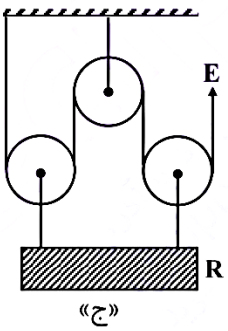
هر قرقره، طناب جداگانه‌ای دارد و یک انتهای آن به قلاب قرقره‌ی بعدی متّصل می‌شود. که به یکی از صورت‌های زیر استفاده می‌شود.



«الف»



«ب»



«ج»

و روش‌های دیگر ....

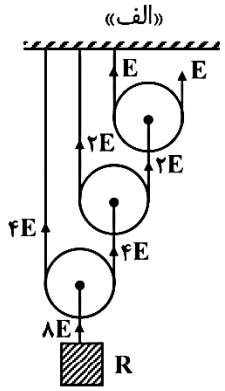
برای به‌دست آوردن مزیّت مکانیکی به یکی از صورت‌های زیر عمل می‌کنیم.

راه اوّل: نسبت $\frac{R}{E}$ یا همان مزیّت مکانیکی واقعی (A') را با توجّه به آن‌چه از کشش نخ‌ها آموخته‌ایم در حالت ایده‌آل به‌دست می‌آوریم که برابر (A) مزیّت مکانیکی ایده‌آل است.

راه دوم: در شکل «الف» و «ج» از رابطه‌ی $A = 2^n \rightarrow$ قرقره‌ی متحرّک و در شکل «ب» $A = 2^n - 1$ ← کل قرقره‌ها

بنابراین خواهیم داشت:

«الف»

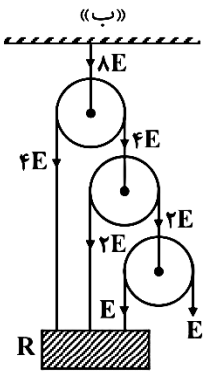


راه‌اوّل: $R = ۸E \Rightarrow \frac{R}{E} = ۸ = A'$

$A = A' \Rightarrow \boxed{A = ۸}$

راه دوم: $A = ۲^n = ۲^۳ \Rightarrow \boxed{A = ۸}$

«ب»

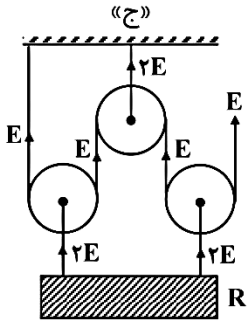


$R = ۷E \Rightarrow \frac{R}{E} = ۷ = A'$

$A = A' \Rightarrow \boxed{A = ۷}$

$A = ۲^n - ۱ = ۲^۳ - ۱ \Rightarrow \boxed{A = ۷}$

«ج»



$R = ۴E \Rightarrow \frac{R}{E} = ۴ = A'$

$A = A' \Rightarrow \boxed{A = ۴}$

$A = ۲^n = ۲^۲ \Rightarrow \boxed{A = ۴}$

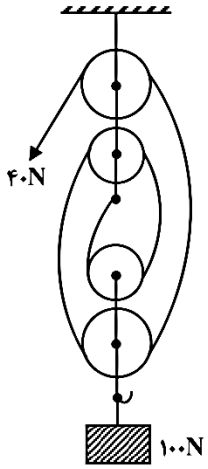
توجّه: مناسب‌ترین شیوه‌ی به‌دست آوردن مزیّت مکانیکی تقسیم نیرو یا تعیین کشش نخ می‌باشد.

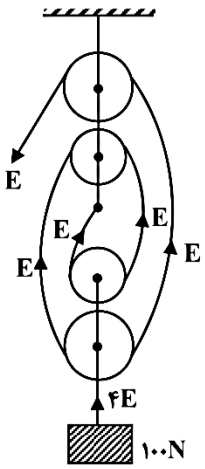
مثال۴: با توجّه به شکل هر یک از موارد خواسته شده را تعیین کنید.

الف) مزیّت مکانیکی ایده‌آل (IMA) یا (A)

ب) مزیّت مکانیکی واقعی (AMA) یا (A′)

ج) بازده دستگاه (Ra٪)





پاسخ:

الف) در حالت ایده‌آل $A = A'$

$R = ۴E \Rightarrow \frac{R}{E} = ۴$

یا $A = ۲n \Rightarrow A = ۲ \times ۲ = ۴$

ب)

$$A' = \frac{R}{E} = \frac{۱۰۰}{۴۰} = ۲/۵$$

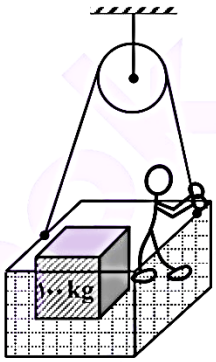
ج)

$$Ra = \frac{A'}{A} \Rightarrow Ra = \frac{۲/۵}{۴} = ۰/۶۲۵$$

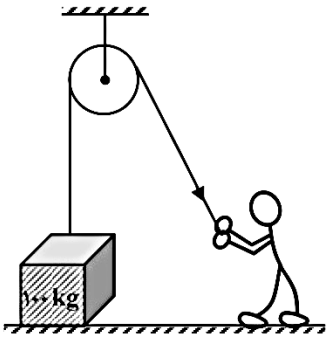
$$Ra = ۰/۶۲۵ \times ۱۰۰ = ۶۲/۵٪$$

نکته‌ی ۴: به دو شکل زیر دقّت کنید.

«الف»

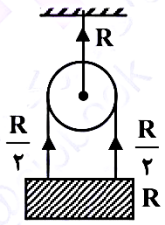


«ب»



در هر دو شکل از یک قرقره‌ی ثابت استفاده شده است و شخصی به جرم ۵۰kg جعبه‌ای به جرم ۱۰۰kg را از سطح زمین بالا می‌برد. در حالت ایده‌آل در شکل «الف» با صرف‌نظر از جرم سبد حدّاقل نیرویی که شخص برای حفظ تعادل یا بالا بردن نیاز دارد نصف مجموع وزن شخص و جعبه است یعنی:

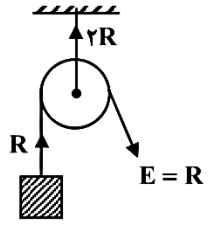
$$\frac{۱۰۰۰N + ۵۰۰N}{۲} = ۷۵۰N$$



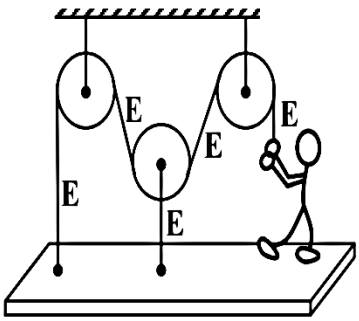
$$\text{حدّاقل نیرویی که شخص وارد می‌کند} = \frac{\text{مجموع وزن شخص، جعبه و سبد}}{\text{تعداد طناب‌های مؤثّر متّصل به آن‌ها}}$$

ولی در شکل «ب» حدّاقل نیرویی که شخص برای حفظ تعادل یا بالا بردن نیاز دارد برابر با وزن جسم است یعنی:

$$E = R = ۱۰۰۰N$$



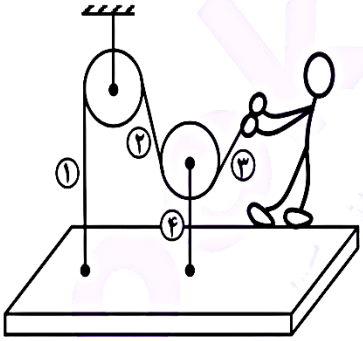
مثال۵: با توجّه به شکل شخصی به جرم ۶۰kg بر روی تخته‌ای به جرم ۲۰۰kg ایستاده است. حداقل نیرویی که شخص باید بـه انتهـای طناب وارد کند تا متعادل بماند چند نیوتن است؟



پاسخ:

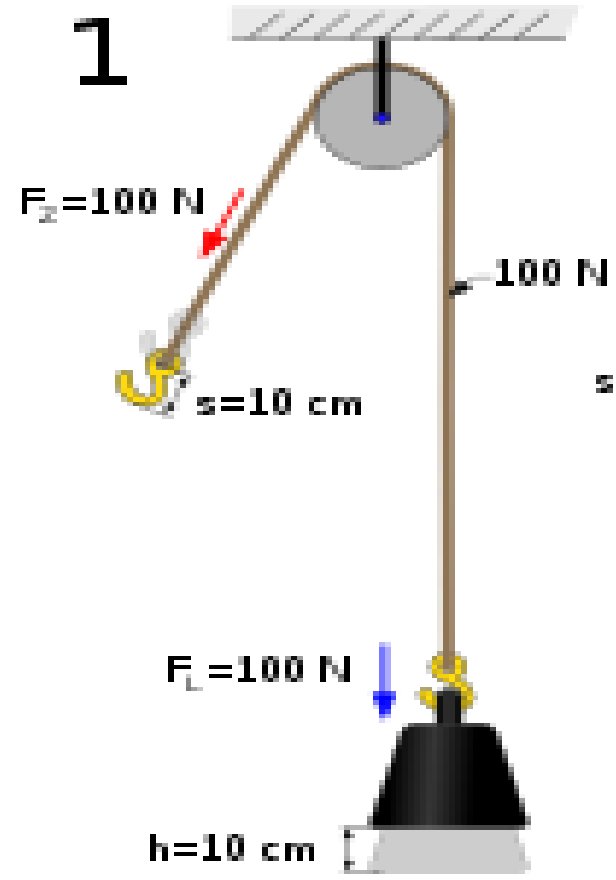
$$\text{حدّاقل نیروی لازم برای حفظ تعادل} = \frac{\text{مجموع وزن شخص و تخته}}{\text{طناب‌های مؤثّر متّصل به شخص و تخته}} = \frac{۲۶۰۰}{۴} = ۶۵۰\text{N}$$

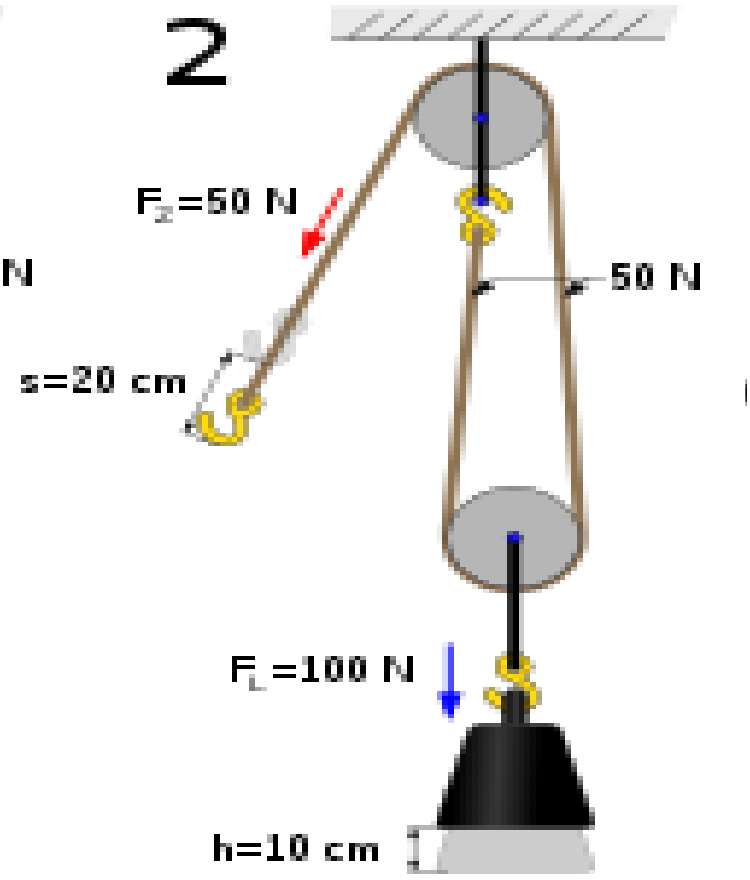
نکته‌ی ۵: در شکل مقابل نخ شماره (۳) در تعادل مؤثّر نیست؛ زیرا با عکس‌العمل نیـروی شـخص خنثـی می‌شود یعنی:

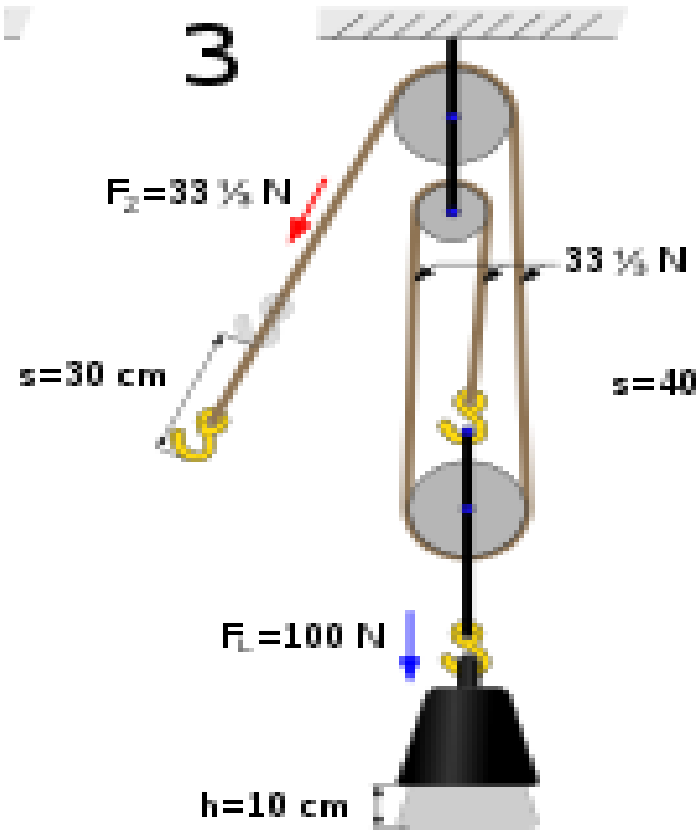


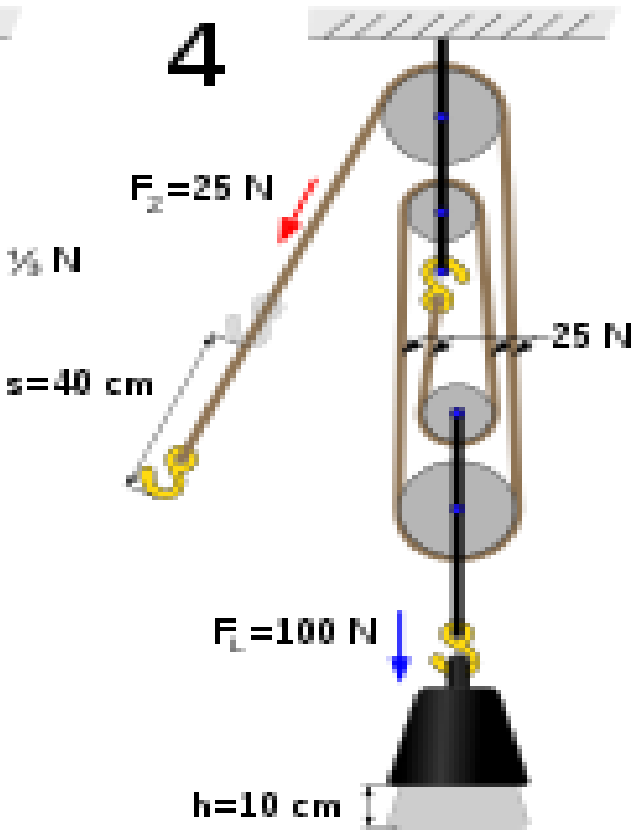
$$\text{حدّاقل نیرو} = \frac{\text{مجموع وزن شخص و تخته}}{۲}$$

فیزیک پایه نهم









دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

خود را بیازمایید

با توجه به تعریف مزیت مکانیکی، جدول زیر را دربارهٔ مزیت مکانیکی ماشین‌های شکل ۱۴، کامل کنید.

	شکل (الف)	شکل (ب)	شکل(پ)
اندازهٔ نیروی محرک	۵۰N	۵۰N	۵۰N
اندازهٔ نیروی مقاوم	۵۰N	.....	۱۵۰N
مزیت مکانیکی	.....	۲	.....

در شکل پ برای جابه‌جایی جسم سنگین ۱۵۰N از نیروی کوچک‌تر ۵۰N استفاده کردیم. یعنی با ترکیبی از قرقره‌ها و طناب توانستیم به کمک یک نیروی کوچک، جسم سنگینی را به سمت بالا جابه‌جا کنیم. اما در این فرایند،جابه‌جایی طناب، ۳ برابر جابه‌جایی وزنهٔ سنگین است. یعنی اندازهٔ کار نیروی محرک با اندازهٔ کار نیروی مقاوم برابر است (البته با صرف نظر کردن از اصطکاک). به عبارت دیگر برای آنکه وزنهٔ ۱۵۰ نیوتونی را به اندازهٔ ۱m بالا ببریم باید طناب را با نیروی ۵۰N به اندازهٔ ۳m بکشیم (هر یک از سه طناب متصل به وزنه ۱m جابه‌جا می‌شود). بنابراین براساس قانون پایستگی انرژی و با صرف نظر کردن از اصطکاک، می‌توانیم بنویسیم :

(۴) اندازهٔ کار نیروی مقاوم= اندازهٔ کار نیروی محرک

مثال : در شکل ۱۴ ــ ب، اگر طناب توسط شخص به اندازهٔ ۰/۴m کشیده شود : الف) کار نیروی محرک چند ژول می‌شود؟ ب) جابه‌جایی وزنه چقدر خواهد بود؟

پاسخ : الف) کار نیروی محرک = نیروی محرک × جابه‌جایی = ۵۰N × ۰/۴m = ۲۰J

ب) اندازهٔ کار نیروی محرک = اندازهٔ کار نیروی مقاوم

۲۰J = نیروی مقاوم × جابه‌جایی

۲۰J = ۱۰۰N × جابه‌جایی

جابه‌جایی = ۰/۲ متر

یعنی وزنه (نیروی مقاوم) به اندازهٔ نصف جابه‌جایی نیروی محرک، جابه‌جا شده است.

جمع‌آوری اطلاعات

دربارهٔ نقش قرقره‌ها در زندگی اطلاعاتی را به همراه تصویر، جمع‌آوری کنید و آن را در کلاس گزارش دهید.

دبیر: اشرفی

با توجه به تعریف مزیت مکانیکی، جدول زیر را درباره مزیت مکانیکی ماشین‌های شکل ۱۴ ، کامل کنید.

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

شکل (الف) $\frac{50N}{50N} = 1$

شکل (ب) $\frac{100N}{50N} = 2$

شکل (ج) $\frac{150N}{50N} = 3$

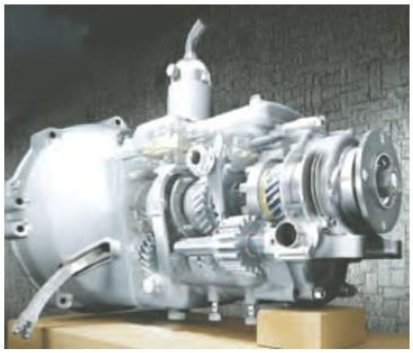
فیزیک پایه نهم

چرخ‌دنده‌ها : در اغلب ماشین‌هایی که می‌چرخند از چرخ‌دنده استفاده می‌شود. ماشینی مانند یک دریل کوچک در سرعت‌های بالا به نیروی کمی‌احتیاج دارد و ماشین‌های دیگری مانند چرخ‌های بزرگ (پره‌دار) پشت کشتی‌های بخار، به نیروی زیادی در سرعت‌های کم، احتیاج دارند.

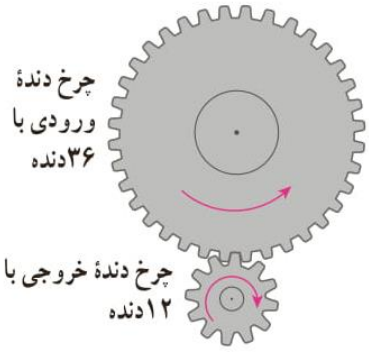
چگونگی کارکرد چرخ‌دنده‌ها به تعداد دندانه‌های آن، بستگی دارد. مثلاً در دندانه‌های نشان داده شده در شکل۱۶، چرخ‌دندهٔ بزرگ‌تر دارای ۳۶ دنده و دومی دارای ۱۲ دنده است. این چرخ‌دنده‌ها با هم تماس دارند و با فرض آنکه روی هم نمی‌لغزند (سُر نمی‌خورند)، وقتی چرخ‌دندهٔ بزرگ به اندازهٔ یک دنده می‌چرخد، چرخ‌دندهٔ کوچک نیز یک دنده می‌چرخد. پس وقتی چرخ بزرگ که دارای ۳۶ دنده است، یک دور کامل می‌چرخد، چرخ کوچک که دارای ۱۲ دنده است، ۳ دور می‌چرخد (دور۳= $\frac{\text{۳۶دنده}}{\text{۱۲دنده}}$).

بدیهی است اگر چرخ‌دندهٔ کوچک سبب چرخش چرخ‌دندهٔ بزرگ شود، به‌ازای هر سه بار چرخیدن آن، چرخ‌دندهٔ بزرگ یک‌بار می‌چرخد. یعنی سرعت چرخش چرخ دندهٔ کوچک بیشتر از سرعت چرخش چرخ دندهٔ بزرگ است.

این تبدیل‌ها در صنعت کاربردهای فراوانی دارد. از چرخ‌دنده‌ها می‌توان برای تغییر سرعت چرخش، تغییر گشتاور یا تغییر جهت نیرو استفاده کرد؛ مثلاً در خودروها چرخ‌دنده‌ها با تغییر سرعت چرخشی سبب تغییر سرعت خودرو می‌شوند.



شکل ۱۵ ــ ترکیب پیچیده‌ای از چرخ‌دنده در جعبه‌دنده خودرو



شکل۱۶ ــ به ازای هر بار چرخش چرخ دندهٔ بزرگ چرخ دندهٔ کوچک سه بار می‌چرخد.

۲۲- مزیت استفاده از چرخ دهنده ها چیست؟

۲۳- کارکرد چرخ دنده ها به چه چیزی بستگی دارد؟

۲۴- سرعت چرخش چرخ دنده به ..... و ..... بستگی دارد. (اندازه چرخ دنده و تعداد دنده ها)

۲۵- کابرد چرخ دنده ها در صنعت چیست؟

دبیر: اشرفی

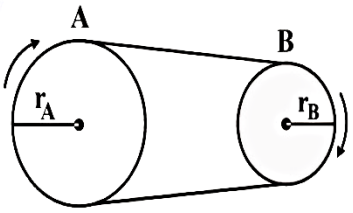
ماشین‌های انتقال گشتاور نیرو

(راه‌های انتقال چرخش یک چرخ به چرخ‌های دیگر)

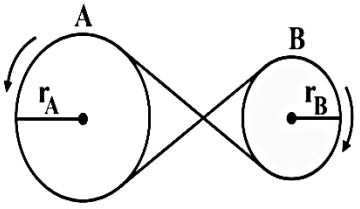
برای به کار انداختن ماشین‌ها اغلب از موتور استفاده می‌شود و یا با وارد کردن نیرو به یک چرخ، از راه‌های مختلف، چرخش را به دیگر قسمت‌ها (ماشین‌ها) منتقل می‌کنند که مهم‌ترین راه‌ها عبارت‌اند از:

۱) چرخ و تسمه

الف)

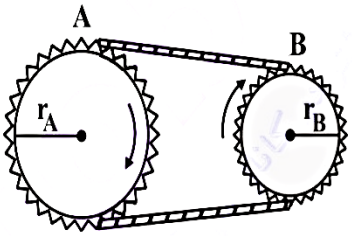


ب)



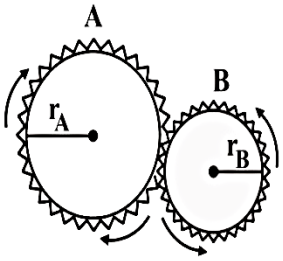
مانند: کولر، چرخ خیّاطی رومیزی

۲) چرخ‌دنده و زنجیر



دوچرخه، موتورسیکلت

۳) درگیر کردن چرخ‌دنده‌ها



ساعت، هم‌زن، جعبه‌دنده اتومبیل

➤ **نکته‌ی ۱:** چرخی که به موتور متّصل است یا ما به آن نیرو وارد می‌کنیم **چرخ محرّک** (چرخ ورودی) و چرخی که به‌وسیله‌ی تسمه، زنجیر یا درگیر بودن با دنده به چرخش در می‌آید **چرخ مقاوم** (چرخ خروجی) می‌باشد.

➤ **نکته‌ی ۲:** اگر جهت چرخش چرخ در جهت عقربه‌های ساعت باشد، آن را **ساعتگرد** و اگر خلاف جهت عقربه‌ی ساعت باشد آن را **پادساعتگرد** می‌گویند.

به‌طور مثال در چرخ و تسمه؛ **شکل الف:** چرخ A و B هر دو ساعتگرد ولی در **شکل ب:** چرخ A ساعتگرد و چرخ B پادساعتگرد می‌باشد.

در چرخ‌دنده و زنجیر هر دو ساعتگرد و در چرخ‌دنده‌ها، چرخ A ساعتگرد و چرخ B پادساعتگرد است.

مزیّت مکانیکی

$$IMA=\frac{\text{سرعت دوران چرخ محرّک}}{\text{سرعت دوران چرخ مقاوم}} \quad \text{یا} \quad \text{مزیّت کامل } IMA=\frac{\text{(قطر) شعاع چرخ مقاوم}}{\text{(قطر) شعاع چرخ محرّک}}$$

$$IMA=\frac{V_E}{V_R} \quad \text{یا} \quad IMA=\frac{r_R}{r_E}$$

نکته‌ی ۳: سرعت دوران یا سرعت چرخش با شعاع چرخ‌ها **نسبت عکس** دارد. یعنی تعداد دور چرخ بزرگ‌تر، کم‌تر و تعداد دور چرخ کم‌تر، بیش‌تر است.(کوچک‌تر تندتر می‌چرخد)

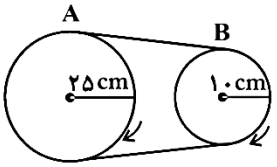
$$\frac{V_A}{V_B}=\frac{r_B}{r_A}$$

مثال ۱: در هر یک از شکل‌های زیر با فرض این‌که چرخ A، چرخ محرّک (ورودی) باشد:

الف) مزیّت مکانیکی ایده‌آل هر یک را تعیین کنید.

ب) به چه روش‌هایی به ما کمک می‌کنند؟

ج) اگر چرخ A هر ثانیه ۴ دور بزند چرخ B چند دور می‌زند؟



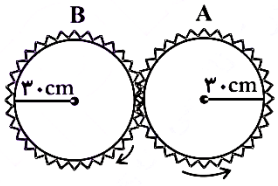
پاسخ:

الف) $IMA=\frac{r_B}{r_A}=\frac{۱۰}{۲۵}=۰/۴$

ب) افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو

ج) $\frac{V_A}{V_B}=\frac{r_B}{r_A}\Rightarrow\frac{۴}{V_B}=\frac{۱۰}{۲۵}$

$V_B=۱۰$ دور

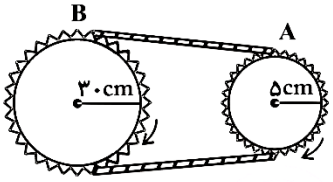


$IMA=\frac{r_B}{r_A}=\frac{۳۰}{۳۰}=۱$

تغییر جهت نیرو

$\frac{V_A}{V_B}=\frac{r_B}{r_A}\Rightarrow\frac{۴}{V_B}=\frac{۳۰}{۳۰}$

$V_B=۴$ دور



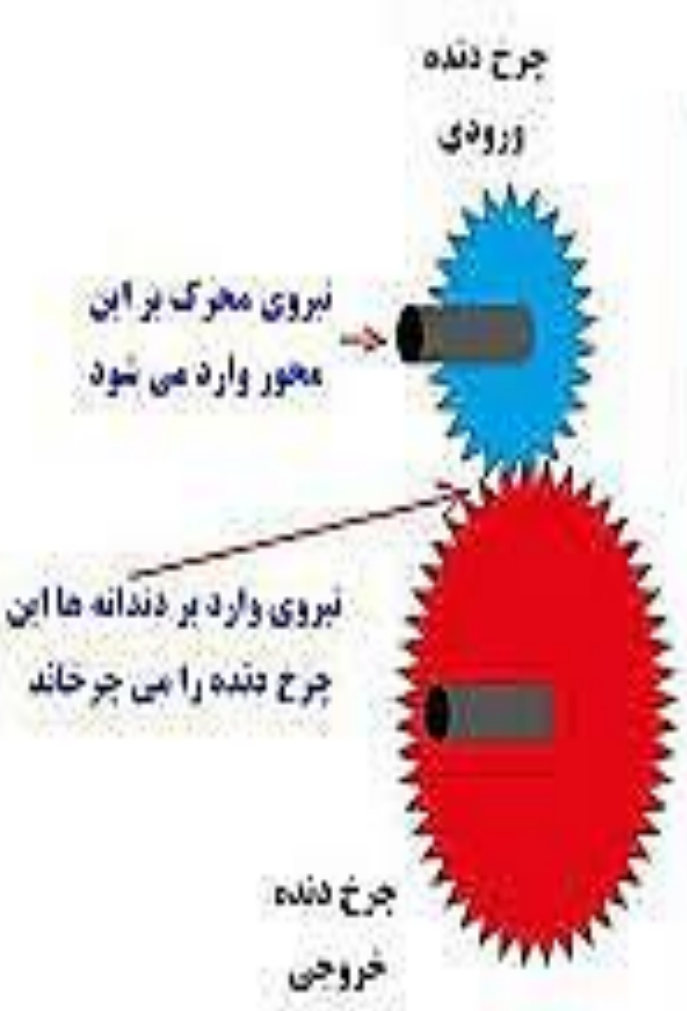
$IMA=\frac{r_B}{r_A}=\frac{۳۰}{۵}=۶$

افزایش مقدار نیرو

$\frac{V_A}{V_B}=\frac{r_B}{r_A}\Rightarrow\frac{۴}{V_B}=\frac{۳۰}{۵}$

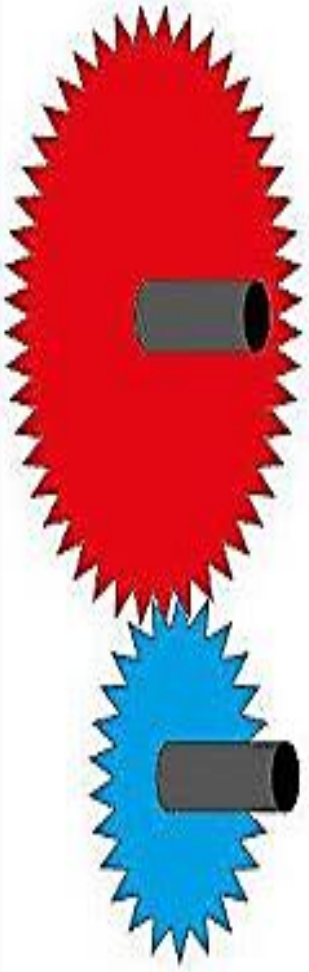
$V_B=\frac{۲۰}{۳۰}=\frac{۲}{۳}$ دور

نکته‌ی ۴: جعبه دنده‌ی اتومبیل شامل چندین دنده‌ی کوچک و بزرگ است. اگر چرخ‌دنده‌ی کوچک چرخ ورودی و چرخ‌دنده‌ی بزرگ چرخ خروجی یا مقاوم باشد موجب افزایش نیرو می‌شود **(دنده‌ی سنگین)** ولی اگر چرخ‌دنده‌ی ورودی بزرگ و چرخ‌دنده‌ی مقاوم کوچک باشد موجب افزایش سرعت می‌شود **(دنده‌ی سبک)**.



این چرخ دنده مانند چرخ و محوری است
که نیروی محرک بر محور وارد می شود
پس هر چه قطر چرخ دنده ورودی
کمتر باشد مزیت مکانیکی بیشتر است

این چرخ دنده مانند چرخ و محوری است
که نیروی محرک بر چرخ وارد می شود
پس هر چه قطر چرخ دنده خروجی
بیشتر باشد مزیت مکانیکی بیشتر است



اگر نیرو بر چرخ دنده قرمز وارد شود به ازای هر دور چرخیدن چرخ .قرمز چرخ ابی ۲ دور می چرخد. یعنی سرعت چرخش زیاد می شود ماشینی که سرعت را افزایش دهد نیرو را کاهش می دهد. پی می توان گفت زمانی که چرخ ورودی بزرگ باشد سرعت چرخش چرخ خروجی زیاد می شود ولی نیروی چرخش کاهش می یابد درنتیجه مزیت مکانیکی هم از یک کمتر می شود

خروجی آبی $\frac{۱۲}{۲۴} = ۰/۵$ ←

حالا اگر نیرو بر چرخ ابی وارد شود سرعت چرخش چرخ خروجی چرخ قرمز) کم می شود ولی در عوض نیروی چرخش زیاد می شود و مزیت مکانیکی افزایش می یابد. این حالت مثل پیچ گوشتی برقی است که سرعت چرخش کم است ولی نیروی چرخش زیاد است. پس به طور کلی می توان گفت مزیت برابر است با تعداد دندانه های چرخ خروجی تقسیم بر تعداد دندانه های چرخ ورودی

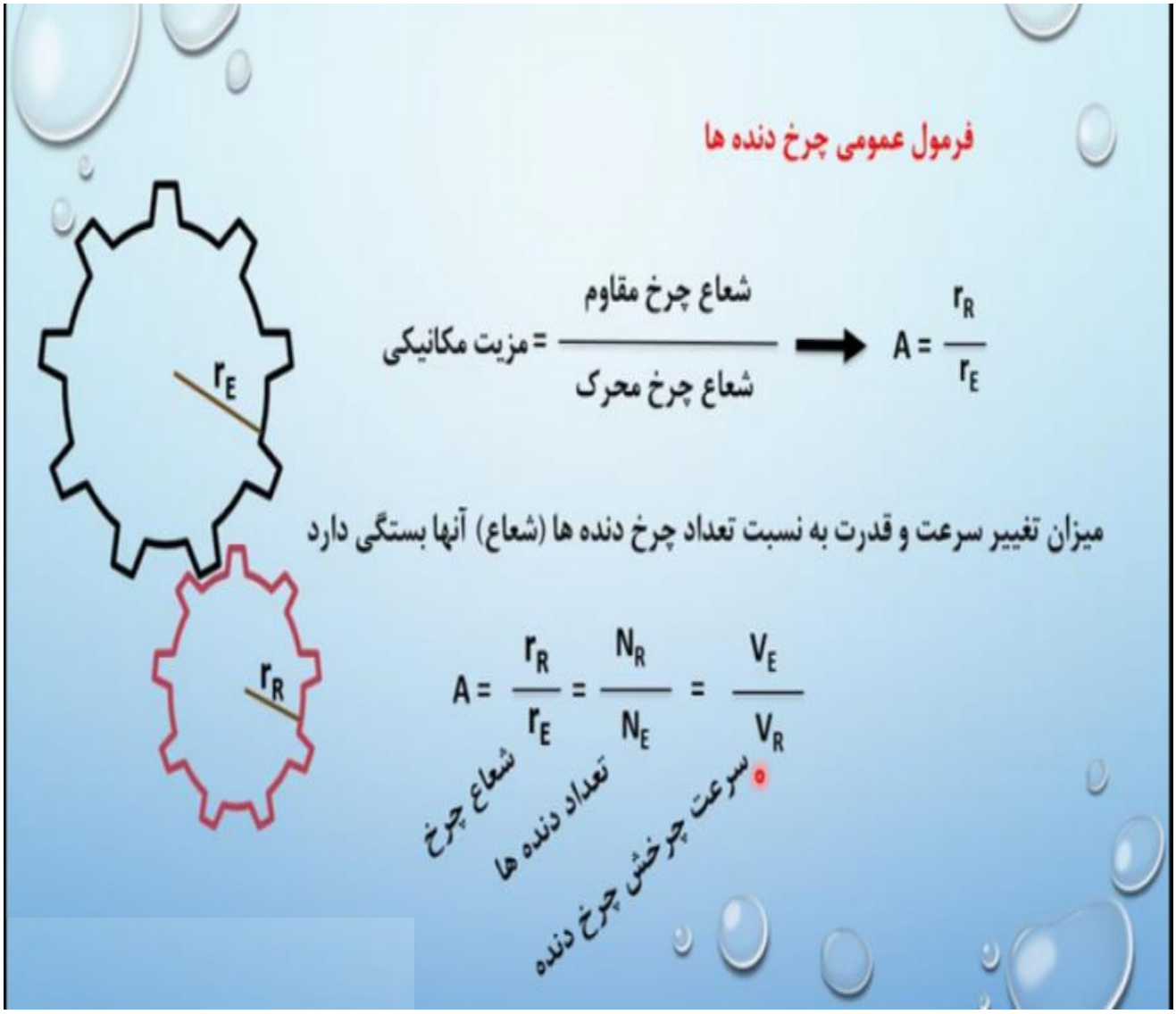
خروجی قرمز $\frac{۲۴}{۱۲} = ۲$

مزیت مکانیکی در چرخ دنده ها

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

$$A=\frac{\text{شعاع چرخ دنده خروجی}}{\text{شعاع چرخ دنده ورودی}}$$

$$A=\frac{\text{تعداد دور چرخ دنده ورودی}}{\text{تعداد دور چرخ دنده خروجی}}$$

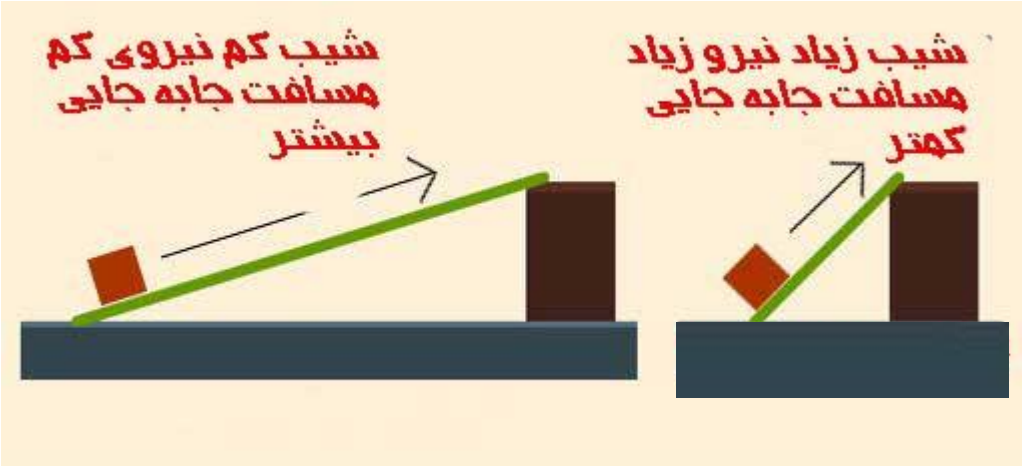

فرمول عمومی چرخ دنده ها
مزیت مکانیکی = شعاع چرخ مقاوم / شعاع چرخ محرک
A = r_R / r_E
r_E
r_R
میزان تغییر سرعت و قدرت به نسبت تعداد چرخ دنده ها (شعاع) آنها بستگی دارد
$A = \frac{r_R}{r_E} = \frac{N_R}{N_E} = \frac{V_E}{V_R}$
شعاع چرخ
تعداد دنده ها
سرعت چرخش چرخ دنده

فیزیک پایه نهم

جمع‌آوری اطلاعات

دربارهٔ انواع چرخ‌دنده‌ها و کارکرد آنها اطلاعاتی را به همراه تصویر جمع‌آوری کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.

سطح شیبدار : فرض کنید می‌خواهیم اسباب‌کشی کنیم. می‌دانیم که جابه‌جا کردن وسایل سنگین مانند یخچال و گذاشتن آنها داخل کامیون حمل بار، بسیار سخت است؛ زیرا برای این کار باید حداقل نیرویی هم‌اندازه با وزن یخچال ــ رو به بالاــ به آن وارد کنیم. به نظر شما ساده‌ترین روش برای انجام این کار چیست؟ شکل ۱۷ نشان می‌دهدکه چگونه می‌توانیم برای جابه‌جا کردن اجسام سنگین از سطح شیبدار استفاده کنیم. سطح شیبدار یک ماشین ساده است که از قدیم از آن استفاده می‌شده است.



دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

شکل ۱۷ ــ استفاده از سطح شیبدار جابه‌جایی جسم‌های سنگین را آسان‌تر می‌کند.

سطح شیبدار به ما کمک می‌کند تا با نیروی کمتر؛ اما در مسافتی طولانی‌تر، جسم سنگین را به سمت بالا حرکت دهیم. وقتی از سطح شیبدار استفاده می‌کنیم، نیروی محرک، کاهش پیدا می‌کند؛ اما مسافتی که باید طی شود تا جسم بالا برده شود، افزایش پیدا می‌کند. به‌عنوان مثال اگر فردی با صندلی چرخ‌دار بخواهد به اندازهٔ ۱m بالا برود، می‌تواند از یک سطح شیبدار ۱۰ متری استفاده کند. بنابراین در این حالت نیروی لازم برای بالا رفتن $\frac{۱}{۱۰}$ برابر می‌شود (البته با صرف‌نظر کردن از اصطکاک). یعنی نیروی محرک لازم $\frac{۱}{۱۰}$ نیروی مقاوم که وزن فرد و صندلی چرخ‌دار است، می‌شود؛ با استفاده از تعریف مزیت مکانیکی، مزیت این سطح شیبدار برابر است با :

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

۲۶- کابرد سطح شیبدار چیست؟

۲۷- مزیت استفاده از سطح شیبدار چیست؟

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

فکر کنید

چرا در مناطق کوهستانی، قسمتی از جاده‌ها را به‌صورت پیچ‌های شیبدار می‌سازند؟

چرا در مناطق کوهستانی، قسمتی از جاده‌ها را به صورت پیچ‌های شیبدار می‌سازند؟ وقتی جاده را به صورت شیبدار می‌سازند، طول جابجایی نیروی محرک افزایش می‌یابد و در عوض نیروی محرک کاهش می‌یابد. بنابراین برای جابجایی نیروی مقاوم روی سطح شیبدار جاده کوهستانی، نیروی محرک کمتری لازم است و در نتیجه مزیت مکانیکی که سطح شیبدار ایجاد می‌کند از ۱ بیشتر می‌شود. هر چه شیب سطح کمتر باشد، طول جابجایی نیروی محرک بیشتر می‌شود و نیروی محرک کمتر و در نتیجه مزیت مکانیکی بیشتر خواهد شد.

دبیر: اشرفی

به خود آ تا که دریابی خدا در خویشتن پیداست...