

## ۱- فواید ساخت ماشین چیست؟

### ماشین‌ها

#### فصل ۹



چگونه می‌توانیم جسمی را که خیلی سنگین است، حمل با جایه‌جا کنیم؟ به نظر شما ایرانیان دوره 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 اجازه انجام کارهای فراتر از انتظار را می‌دهند. بلند کردن خود را به وسیله جک، جایه‌جا کردن 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 هوشمندانه ماشین‌ها توانایی انجام کار خود را بسیار افزایش داده است.

انسان‌های اولیه از جایه‌جا کردن تخته سنگ‌های بزرگ یا تنه‌های درخت عاجز بودند در حالی که امروزه با استفاده از ماشین‌ها می‌توانیم سازه‌های عظیم و بسیار سنگین را جایه‌جا کنیم.

# فیزیک پایه نهم

## ماشین‌ها چگونه به ما کمک می‌کنند؟

تصویر زندگی بدون ماشین، بسیار سخت است. ماشین‌ها در بیشتر کارهای روزانه 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 درباره ورودی و خروجی یک ماشین، فکر کنیم. ورودی ماشین شامل همه آن چیزهایی است که انجام می‌دهیم تا ماشین کار کند و خروجی آن چیزی است که ماشین برای ما انجام می‌دهد. مثلاً برای حرکت دوچرخه، نیرویی که به پدال وارد می‌کنیم، ورودی ماشین و خروجی 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 ۱— 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 ماشین‌ها به چه عواملی بستگی دارد؟

# فیزیک پایه نهم

## فکر کنید

شکل ۲ 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 گفت و گو کنید.



شکل ۲—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.

# فیزیک پایه نهم



شکل ۳— دوچرخه از اجزا یا ماشین‌های ساده‌تری مانند: اهرم، پیچ و مهره، چرخ و محور، چرخ و دنده و ... تشکیل شده است.

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، چرخ دنده 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.

- ۵- ماشین‌ها از چه چیزهایی ساخته می‌شوند؟
- ۶- چند نمونه ماشین ساده را نام ببرید.
- ۷- ماشین ساده چه تاثیری در عملکرد ماشین‌های بزرگ‌تر دارد؟
- ۸- دوچرخه به ما قابلیت ..... و ..... می‌دهد.

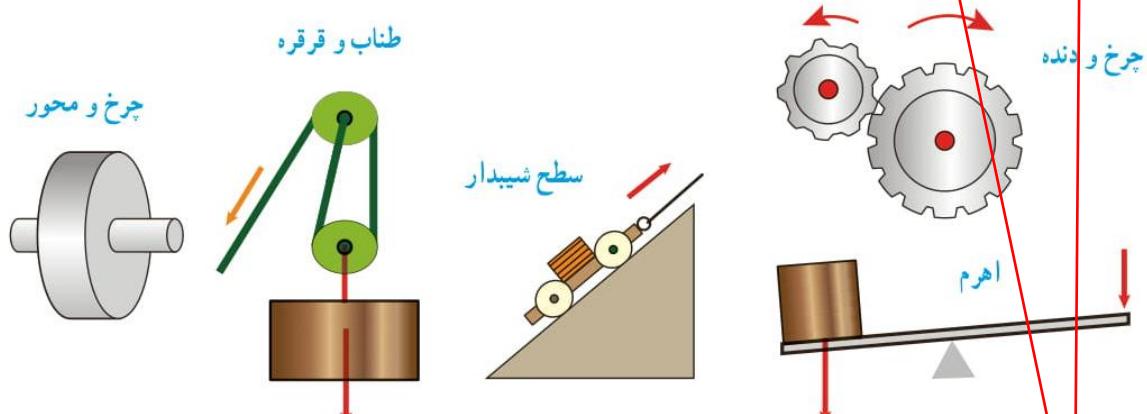
# فیزیک پایه نهم



شکل ۴ — مرد با وارد کردن نیروی کوچکی بر دسته اهرم می‌تواند جسم سنگینی را بلند کند.

ماشین ساده تولید خودرو، هواپیما، کشتی، ماهاواره و دیگر ماشین‌های پیچیده با اختصار 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 آن چند برابر وزن خودتان است، حرکت دهید (شکل ۴).

در دوره 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.



شکل ۵ — برخی از انواع ماشین‌های ساده

۹ - ماشین ساده چیست؟ مثال بزنید.

# فیزیک پایه نهم

## 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:
  - انتقال نیرو
  - افزایش نیرو (یا کاهش نیرو)
  - افزایش میزان جابه‌جایی<sup>۱</sup> (یا کاهش جابه‌جایی)
  - تغییر جهت وارد شدن نیرو
  - افزایش سرعت جسم (یا کاهش سرعت جسم)

## پادآوری

### 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:

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

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

## پادآوری

### 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 به دست می‌آوریم:

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

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

- » 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) به دست می‌آید.

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

## دبیر: اشرفی

# 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 خوبه‌خود 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 به دست 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 شب‌دار 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.

## 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 لو لاش می‌چرخد. با وارد کردن نیرو به دسته آچار، پیچ را شل یا سفت می‌کنید. با وارد کردن نیرو به فرمان دوچرخه، آن را می‌چرخانید و دوچرخه را در چهتی که لازم است، هدایت می‌کنید.



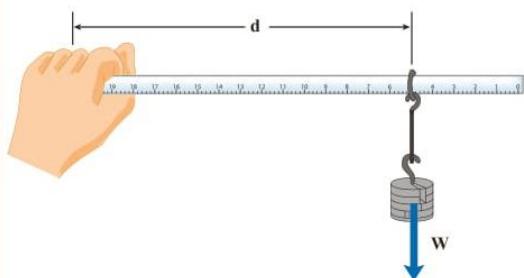
شکل ۶— با وارد کردن نیرو به دسته آچار، پیچ می‌چرخد.

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

۱- گشتاور نیرو را با ذکر مثال تعریف کنید.

# فیزیک پایه نهم

آزمایش کنید



**هدف:** بررسی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو

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

**روش اجرا:**

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

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

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

۴- اکنون وزنه‌ها را ثابت نگه دارید و فاصله حلقة 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، اندازه نیرو و فاصله 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 وزنه کوچک شکافدار، خطکش، وزنه‌گیر

**روش اجرا:**

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

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

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

۴- اکنون وزنه‌ها را ثابت نگه دارید و فاصله حلقة 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 مقابله بیشتری کند. بنابراین گشتاور نیرو با اندازه نیرو رابطه مستقیم دارد.

\* وقتی فاصله وزنه‌ها تا دست بیشتر می‌شود، میل به چرخش خطکش بیشتر می‌شود و برای جلوگیری از چرخش آن باید دست مقابله بیشتری کند. بنابراین گشتاور نیرو با فاصله نیرو با اندیشه نیرو رابطه مستقیم دارد.

دبیر: اشرفی

# فیزیک پایه نهم



بزرگی گشتاور نیرو برابر با حاصل ضرب اندازه نیرو در فاصله محل اثر نیرو تا محور چرخش است.

شکل ۷ - بزرگی گشتاور نیرو به اندازه نیرو و فاصله نقطه اثر نیرو تا محور چرخش بستگی دارد.

$$(1) \quad \text{اندازه نیرو} \times \text{فاصله نقطه اثر نیرو تا محور چرخش} = \text{اندازه گشتاور نیرو}$$

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

## خود را بیازماید

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

## ۱۲ - رابطه محاسبه گشتاور نیرو چیست؟

توضیح دهید چرا با آچار بلندتر، مهره محکم را می‌توان آسان‌تر باز کرد؟ هرچه دسته آچار بلندتر می‌شود، فاصله نیرو تا محور چرخش افزایش می‌یابد

و بنابراین گشتاور نیرو زیادتر می‌شود و مهره آسان‌تر باز می‌شود.

# فیزیک پایه نهم

**تکمیل قوچه:** قبل از آن که دسته‌بندی ماشین‌ها را بیان کنیم ابتدا باید گشتاور نیرو را بررسی کنیم تا به درک بهتر ماشین‌ها به ویژه گروه اهرم‌ها برسیم.

## گشتاور نیرو (اثر چرخشی نیرو)

با حرف یونانی  $\tau$  (تاو) نشان داده می‌شود، کمیتی برداری است.

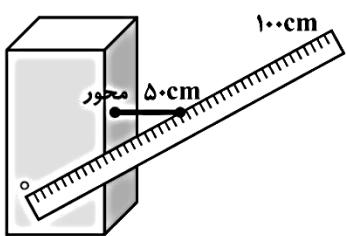
عاملی که سبب چرخش یک جسم به دور محور (تکیه‌گاه) می‌شود.

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 دوران کند نیرو یا نیروهای اثر کنند، ممکن است بتوانند آن جسم را حول محور یا تکیه‌گاه بچرخانند در این حالت 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 می‌چرخد.

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

طبق شکل خطکش یک‌نواختی به طول 1m (100 cm) درست از نقطه‌ی وسط یعنی جایی که علامت 50 cm 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) نیروی مساوی  $F_1$  در نقطه‌ی 100 cm خطکش، به آن وارد کرد.

۲) نیرویی برابر  $2F_1$  در نقطه‌ی 75 cm خطکش، به آن وارد کرد.

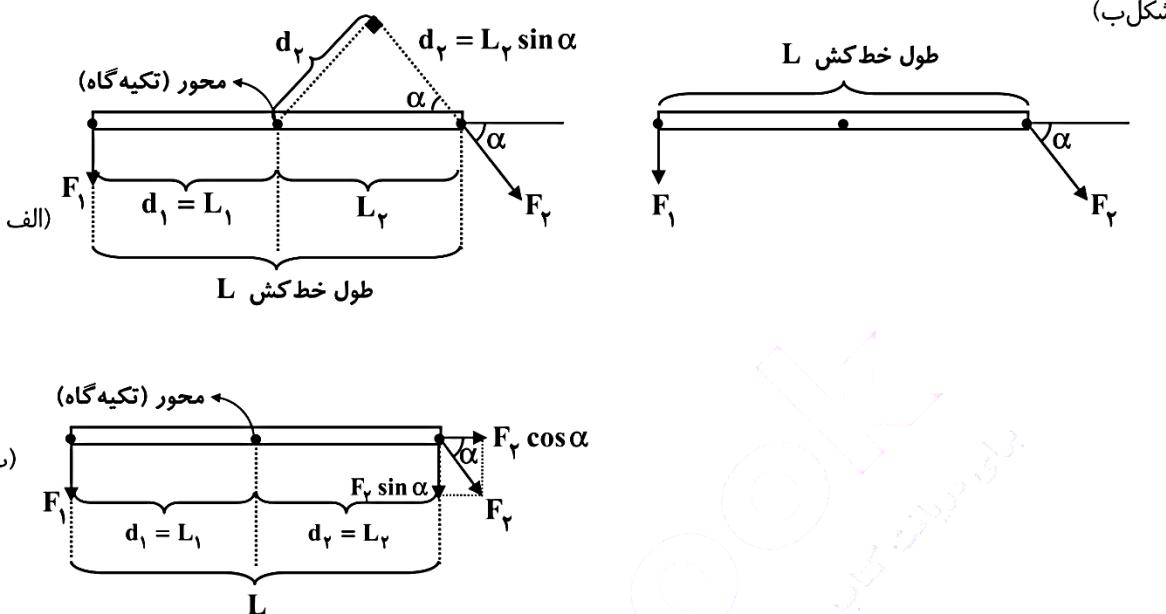
۳) نیرویی برابر  $5F_1$  در نقطه‌ی 60 cm خطکش، به آن وارد کرد.  
یا راههای بسیار دیگر ...

# فیزیک پایه نهم

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

۱- اندازه یا بزرگی نیروی عمودی ( $F(N)$ )

۲- بازوی گشتاور ( $m$ ): 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 حاصل ضرب نیروی عمود در بازوی گشتاور آن نیرو یعنی:

$$(\text{بازوی گشتاور آن نیرو}) \times (\text{نیروی عمود}) = \text{گشتاور نیرو}$$

$$\tau_{(N.m)} = \frac{F}{(N)} \times \frac{d}{(m)}$$

\*\* واحد گشتاور نیوتون متر ( $N.m$ ) است.

در شکل (الف) گشتاور نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  عبارت اند از:

$$\tau_1 = F_1 d_1 = F_1 L_1$$

$$\tau_2 = F_2 d_2 = F_2 L_2 \sin \alpha$$

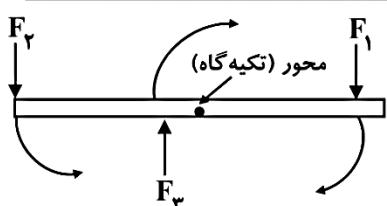
در شکل (ب) گشتاور نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  عبارت اند از:

$$\tau_1 = F_1 d_1 = F_1 L_1$$

$$\tau_2 = F_2 d_2 = F_2 \sin \alpha \cdot L_2$$

◀ نکته ۶: به گشتاورهایی که در جهت عقربه‌ی ساعت باشند «گشتاور ساعتگرد» و گشتاورهایی که

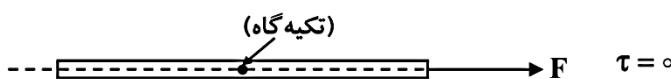
خلاف جهت عقربه‌ی ساعت باشند را «گشتاورهای پادساعتگرد» می‌گویند.



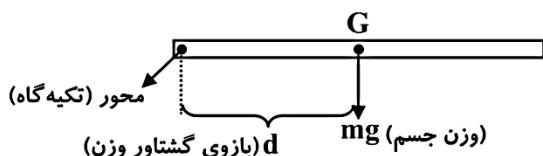
به طور مثال در شکل مقابل گشتاور نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  ساعتگرد و گشتاور نیروی  $F_2$  پادساعتگرد است.

# فیزیک پایه نهم

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



وقتی از وزن جسم صرف نظر 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):

۱- مجموع (برآیند) نیروهای وارد بر جسم صفر باشد.

۲- مجموع گشتاورهای ساعتگرد برابر مجموع گشتاورهای پاد ساعتگرد باشد یا مجموع گشتاورهای وارد بر جسم صفر شود.

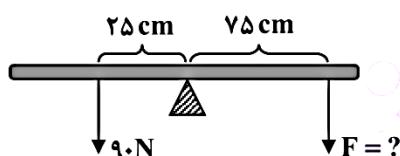
$$\sum \tau = \sum \tau$$

پاد ساعتگرد ساعتگرد

مثال ۳: با توجه به شکل میله‌ای یکنواخت و سبک بر روی پایه‌ای قرار دارد. مقدار F چه قدر باشد تا میله افقی



bermanد؟



پاسخ:

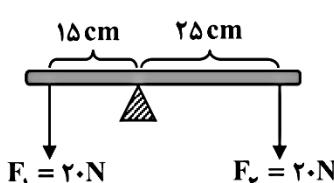
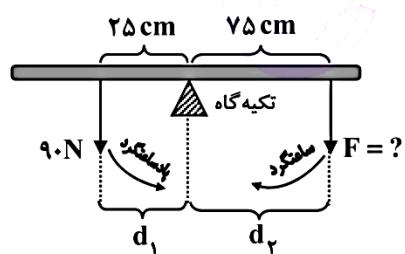
$$\tau_1 = 90 \times 0 / 25 = 22 / 5 \text{ N.m}$$

$$\tau_2 = F \times 0 / 75$$

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$22 / 5 = F \times 0 / 75 \Rightarrow F = 3 \cdot N$$

شرط تعادل:



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



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

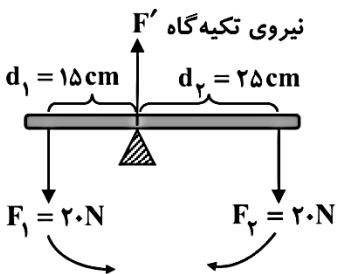
ب) برای ایجاد تعادل نیروی F2 را چند سانتی‌متر باید به تکیه‌گاه نزدیک کرد؟

ج) تکیه‌گاه چه نیرویی را تحمل می‌کند؟

# فیزیک پایه نهم

پاسخ:

(الف)



$$\tau_1 = F_1 d_1 = 20 \times 0.15 = 3 \text{ N.m}$$

$$\tau_2 = F_2 d_2 = 20 \times 0.25 = 5 \text{ N.m}$$

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

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$3 \text{ N.m} = 20 \times d_2 \Rightarrow d_2 = 15 \text{ cm}$$

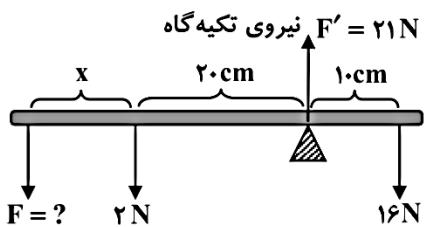
$$25 - 15 = 10 \text{ cm}$$

باید به تکیه گاه نزدیک شود.

$$F' = F_1 + F_2 = 20 + 20 = 40 \text{ N}$$

(ج)

مثال ۵: با توجه به شکل اگر میله‌ی سبک و یکنواخت در حال تعادل باشد مقدار  $F$  و  $x$  را بایابید.



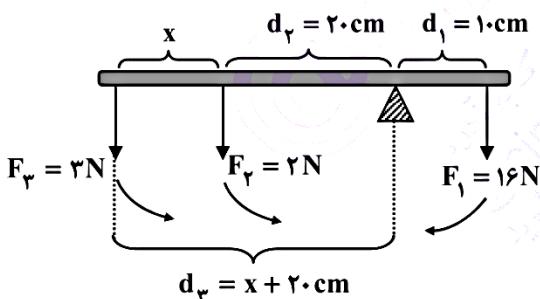
پاسخ:

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

$$F + 2\text{N} + 16\text{N} - 21\text{N} = 0$$

$$F = 3\text{ N}$$

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



$$\tau_1 = \tau_2 + \tau_3$$

$$F_1 d_1 = F_r d_2 + F_r d_3$$

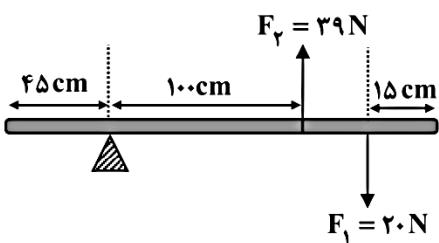
$$16 \times 10 = (2 \times 20) + [3 \times (x + 20)]$$

$$160 = 40 + 3x + 60$$

$$160 - 100 = 3x \Rightarrow 60 = 3x \Rightarrow x = \frac{60}{3} = 20 \text{ cm}$$

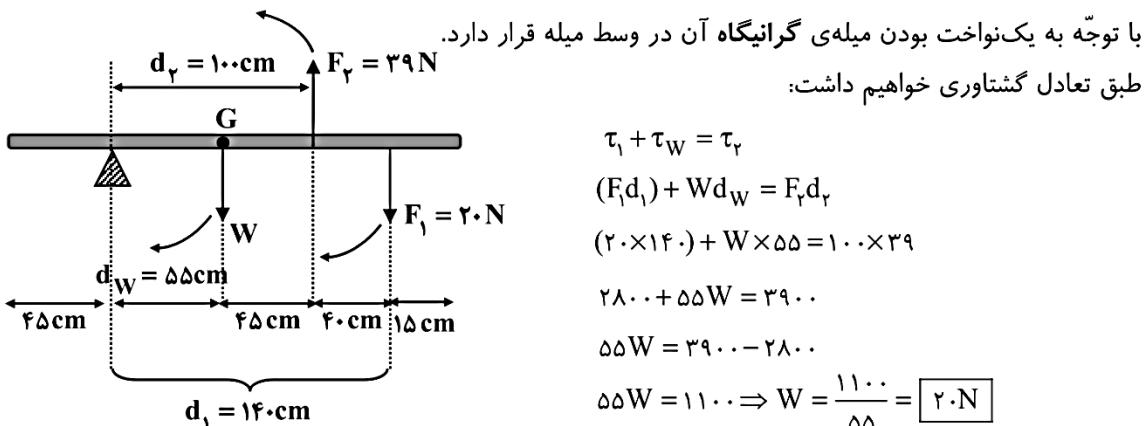


مثال ۶: با توجه به شکل میله‌ی یکنواخت ۲ متری بر روی تکیه گاهی به حال تعادل است وزن میله چند نیوتون است؟

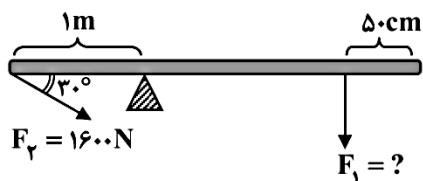


# فیزیک پایه نهم

پاسخ:



**مثال ۷:** با توجه به شکل میله‌ی یکنواخت ۳ متری که وزن آن  $100 \text{ N}$  است روی تکیه‌گاه به حال تعادل قرار دارد. اندازه‌ی نیروی  $F_1$  چند نیوتن است؟



پاسخ:

برای پیدا کردن بازوی گشتاور  $d_r$  یا باید نیروی  $F_r$  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.

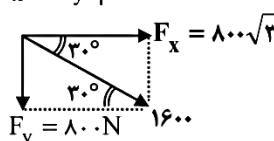
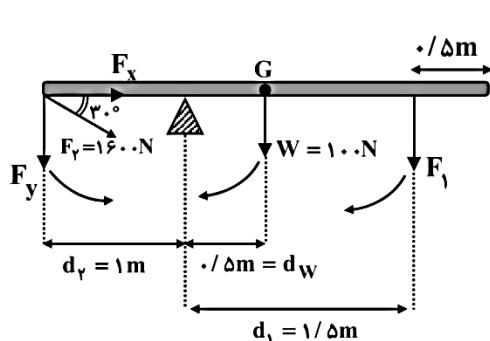
شرط تعادل:

$$F_r d_r + W d_W = F_1 d_1$$

$$(F_r \times 1/5) + (100 \times 1/5) = 1600 \times 1/5$$

$$1/5 F_1 = 1600 - 200 \Rightarrow 1/5 F_1 = 1400 \Rightarrow F_1 = \frac{1400}{1/5} = 7000 \text{ N}$$

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



$$\left. \begin{array}{l} \text{ضلع مقابل زاویه } 30^\circ \text{ نصف وتر است.} \\ \text{ضلع مقابل زاویه } 60^\circ \text{ وتر است.} \end{array} \right\}$$

$$F_r d_r + W d_W = F_1 d_1$$

$$(F_1 \times 1/5) + (100 \times 1/5) = 1600 \times 1$$

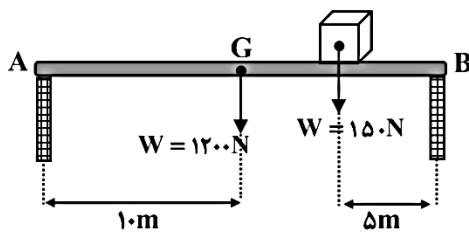
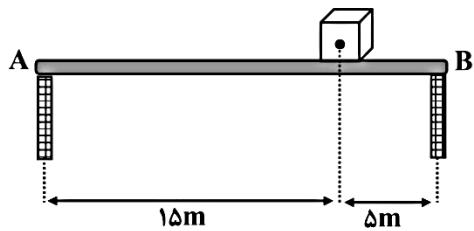
$$F_1 = \frac{1400}{1/5} = 7000 \text{ N}$$

# فیزیک پایه نهم



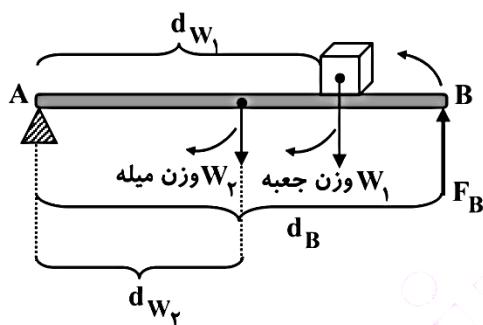
مثال ۸: وزنهای به جرم ۱۵kg مطابق شکل روی میله‌ی یکنواختی به جرم ۱۲۰kg اثر می‌کند. این میله روی دو

ستون A و B تکیه دارد نیروی وارد بر هر ستون را محاسبه کنید.



پاسخ:

در این گونه پرسش‌ها که دو تکیه‌گاه دارند هر بار یکی از پایه‌ها را تکیه‌گاه و پایه‌ی دیگر را نیرو در نظر می‌گیریم و شرط تعادل گشتاوری را می‌نویسیم؛ سپس ستون دیگر را تکیه‌گاه در نظر می‌گیریم و شرط تعادل گشتاوری را برای آن می‌نویسیم.

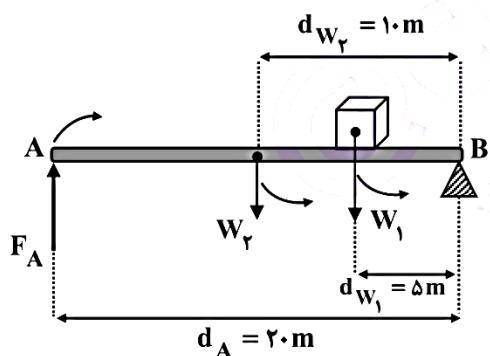


ابتدا ستون A را تکیه‌گاه فرض می‌کنیم:

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

$$F_B \times 20 = (15 \times 15) + (120 \times 10)$$

$$F_B = \frac{1425}{20} = 712.5 \text{ N}$$



حال ستون B را تکیه‌گاه فرض می‌کنیم.

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

$$F_A \times 20 = (120 \times 10) + (15 \times 5) \Rightarrow F_A = \frac{1275}{20} = 63.75 \text{ N}$$

# فیزیک پایه نهم

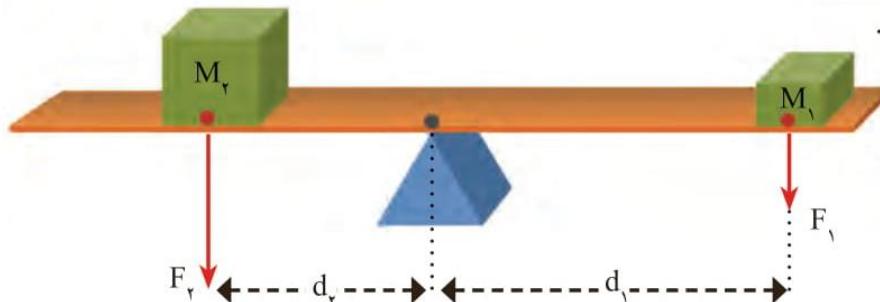
## اهرم

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



شکل ۸ – در حالت تعادل گشتاور ناشی از وزن پس‌ها، هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگراند.

در این حالت، اثر چرخشی هر یک از نیروها یکدیگر را ختنی می‌کنند. به عبارت دیگر، در حالت تعادل، اندازه گشتاور نیرویی که هر یک از نیروها نسبت به تکیه‌گاه ایجاد می‌کنند، باهم برابر و جهت چرخشسان مخالف یکدیگر است.



شکل ۹ – گشتاور ناشی از وزنه (۱) می‌خواهد اهرم را ساعتگرد بچرخاند و گشتاور ناشی از وزنه (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.

# فیزیک پایه نهم

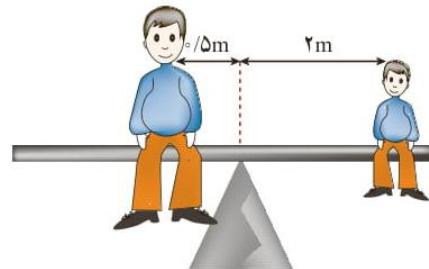
در شکل ۹، گشتاور نیروی  $F_1 \times d_1$  به دست می‌آید، می‌خواهد اهرم را به صورت ساعتگرد (در جهت حرکت عقربه‌های ساعت) بچرخاند و گشتاور نیروی ناشی از  $F_2 \times d_2$  به دست می‌آید، می‌خواهد اهرم را به صورت پاد ساعتگرد (در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت) بچرخاند. در حالت تعادل، گشتاور نیروی ساعتگرد با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

$$\text{گشتاور نیروی پاد ساعتگرد} = \text{گشتاور نیروی ساعتگرد} \quad (2)$$

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

## ۱۶ - حالت‌های مختلف گشتاور نیرو برای یک اهرم را با نوشتمن 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 پاد ساعتگرد و گشتاور ناشی از وزن پسر به صورت ساعتگرد است و به همین دلیل آنها در تعادل‌اند.



شکل ۱۰ – اندازه گشتاور پاد ساعتگرد پدر برابر با اندازه گشتاور ساعتگرد پسر است.

# فیزیک پایه نهم

## مزیت مکانیکی

دیدیم برای بلند کردن 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 ( $F_{\text{ا}}$ ) و وزن جسم بزرگ را نیروی مقاوم ( $F_{\text{ر}}$ )، فاصله نقطه اثر نیروی محرک تا تکیه‌گاه را بازوی محرک ( $d_{\text{ا}}$ ) و فاصله نقطه اثر نیروی مقاوم تا تکیه‌گاه را بازوی مقاوم ( $d_{\text{ر}}$ ) 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،  $\frac{1}{4}$  برابر بازوی مقاوم باشد، نیروی محرک لازم برای جابه‌جایی وزنه (نیروی مقاوم)  $\frac{1}{4}$  نیروی مقاوم است. به طور کلی، **مزیت مکانیکی** یک ماشین در حالت تعادل، به صورت نسبت اندازه نیروی مقاوم به اندازه نیروی محرک، تعریف می‌شود :

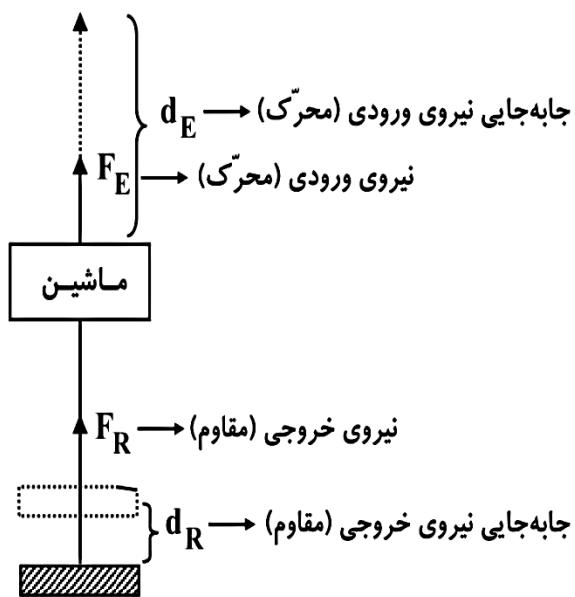
$$\frac{\text{اندازه نیروی مقاوم}}{\text{اندازه نیروی محرک}} = \text{مزیت مکانیکی} \quad (3)$$

۱۷- رابطه بازوی محرک و نیروی محرک چیست ؟

۱۸- مزیت مکانیکی را تعریف نمایید.

# فیزیک پایه نهم

## ۱- مزیت مکانیکی:



با توجه 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  $d_R$  به  $d_E$  مزیت 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  $F_R$  و  $F_E$  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 مزیت 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 مزیت مکانیکی داریم:

۱- مزیت مکانیکی ایده‌آل (کامل) (IMA)

$$A = \frac{d_E}{d_R} = \frac{L_E}{L_R} \rightarrow \frac{\text{بازوی محرك}}{\text{بازوی مقاوم}}$$

۲- مزیت مکانیکی واقعی (عملی) (AMA)

$$A' = \frac{F_R}{F_E} = \frac{R}{E} \rightarrow \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرك}}$$

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

# فیزیک پایه نهم

◀ نکته‌ی ۱۳: با توجه به مزیت مکانیکی یک ماشین می‌توان تعیین کرد که چگونه کمک می‌کند بدین صورت که اگر:

۱-  $IMA > 1$  یا  $(A)_{\text{بازد}} \leftarrow \text{افزایش مقدار نیرو} \text{ یا } R < E$

۲-  $IMA < 1$  یا  $(A)_{\text{بازد}} \leftarrow \text{افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو} \text{ یا } R > E$

۳-  $IMA = 1$  یا  $(A)_{\text{بازد}} \leftarrow \text{Tغییر جهت نیرو}$

◀ نکته‌ی ۱۴: در ماشین‌های ایده‌آل (کامل) همواره مزیت مکانیکی کامل برابر با مزیت 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 مزیت مکانیکی واقعی همواره کوچک‌تر از مزیت مکانیکی کامل است یعنی:

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

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

◀ نکته‌ی ۱۵: 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.

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

» رابطه‌ی مزیت مکانیکی مانند رو به رو است:

- » 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.

$$\text{کار تلف شده} + \text{کار مفید} = \text{کار کل} \quad \text{یا} \quad \text{کار تلف شده} + \text{کار ورودی} = \text{کار کل}$$

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

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

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

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

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

- » بازده را معمولاً به صورت کسری از ۱۰۰ بیان می‌کنند.
- مثلاً اگر بگوییم بازده ۸۰٪ است، یعنی اگر کار کل J۱۰۰ باشد، J۸۰ آن به کار مفید تبدیل خواهد شد.

# فیزیک پایه نهم

کار کل = کار ورودی = کار محرک  
کار مفید = کار خروجی = کار مقاوم

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

» در ماشین‌ها، رابطه‌ی بازده به صورت روبرو تعریف می‌شود:

» 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 جابه‌جاها اثر ندارد. یعنی هم در حالت بازده ۱۰۰٪ و هم به غیر از آن مقدار جابه‌جای بکسان است.

## بیشتر بدانید

### مزیت مکانیکی اهرم‌ها



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

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

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

» 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

$$A = \frac{L_E}{L_R} \text{ در حالتی کاربرد دارد که بازده ۱۰۰٪ باشد.}$$

» 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:

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



# فیزیک پایه نهم

## اهرم‌ها

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

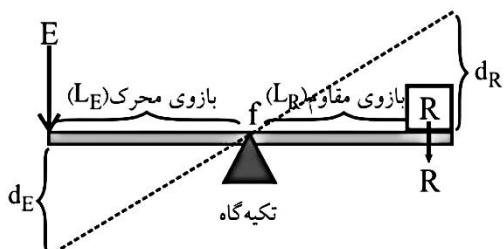


آیا محل تکیه‌گاه در مقدار نیروی لازم برای بلند کردن بار مؤثر است؟



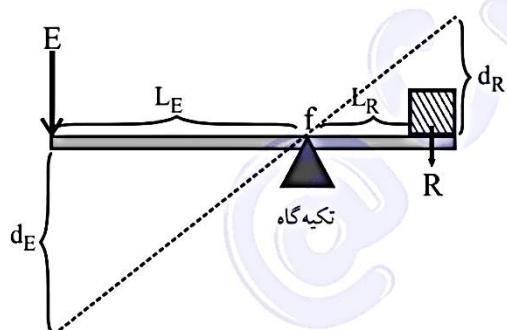
بله، با جابه‌جا کردن تکیه‌گاه طول بازوی محرک و مقاوم تغییر کرده و باعث کم یا زیاد شدن مزیت مکانیکی اهرم می‌شود. اهرم‌ها را بر حسب قرار گرفتن محل تکیه‌گاه، نیروی محرک و نیروی مقاوم به سه نوع تقسیم می‌کنند.

**(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 الکلنگ، در این حالت مزیت مکانیکی برابر یک می‌باشد و طول بازوی محرک و مقاوم با هم برابر است.

$$L_E = L_R, \quad d_E = d_R, \quad A = 1$$



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.

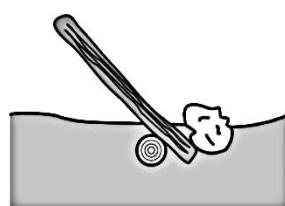
$$L_E > L_R, \quad d_E > d_R, \quad A > 1$$

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.



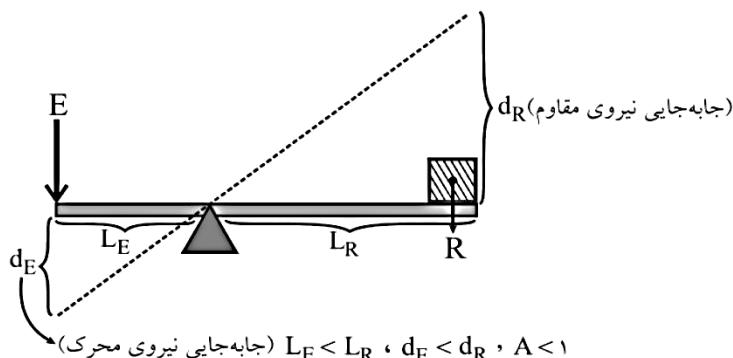
الکلنگ اهرم نوع اول است.



دیلم، اهرم نوع اول است.

**دبیر: اشرفی**

# فیزیک پایه نهم

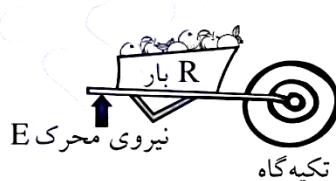
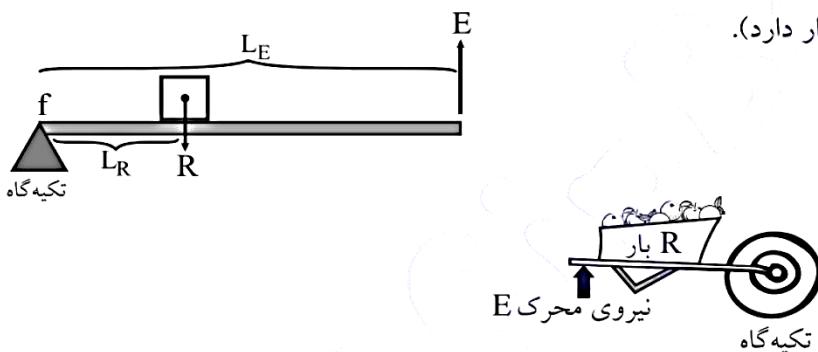


۳) تکيه گاه به نیروی محرك نزدیک تر است: مانند منجنیق.

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

**! توجه** در این حالت هرچه تکيه گاه به نیروی محرك نزدیک تر باشد، بازوی مقاوم بزرگ تر شده و افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو بیش تر می شود.

**ب) اهرم نوع دوم:** در این اهرم تکيه گاه در یک سر اهرم و نیروی مقاوم به تکيه گاه نزدیک تر است؛ مانند گاری دستی، فندق شکن و فرقون. در این اهرم بازوی محرك بزرگ تر از بازوی مقاوم است و مزیت مکانیکی بزرگ تر از یک است (نیروی مقاوم بین تکيه گاه و نیروی محرك قرار دارد).



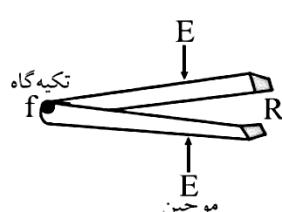
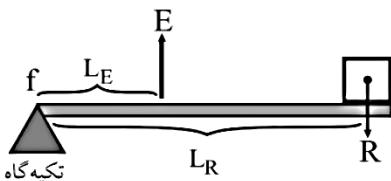
$L_E > L_R$  ,  $d_E > d_R$  ,  $A > 1$  ,  $L_E = \text{طول اهرم}$

کمک های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) افزایش نیرو

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

**نکته** اهرم ها در حرکت محدودیت دارند ولی در مزیت مکانیکی محدودیت ندارند.

**پ) اهرم نوع سوم:** در این اهرم تکيه گاه در یک سر اهرم و نیروی محرك به تکيه گاه نزدیک تر است (نیروی محرك بین تکيه گاه و نیروی مقاوم قرار دارد).



# فیزیک پایه نهم

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

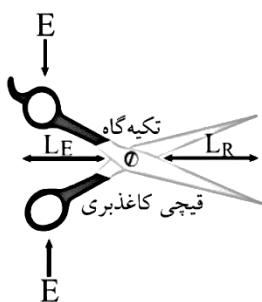
$$L_R > L_E, d_R > d_E, A < 1, L_R = \text{طول اهرم}$$

کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو، مانند: موچین، گیره‌ی زغال‌گیر و بخ‌گیر، انبر سالاد، راکت تنسیس، 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.

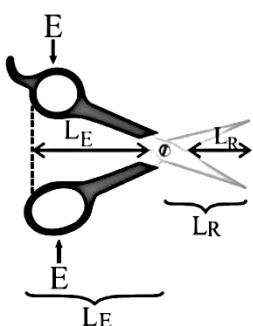
**توجه!** بعضی اهرم‌ها دارای دو بازوی محرک و دو بازوی مقاوم می‌باشند که به آن‌ها اهرم‌های مضاعف می‌گویند، کمک این اهرم‌ها بیش‌تر از اهرم‌های تکی می‌باشد. مانند قیچی، انبردست، موچین و ...

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



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.

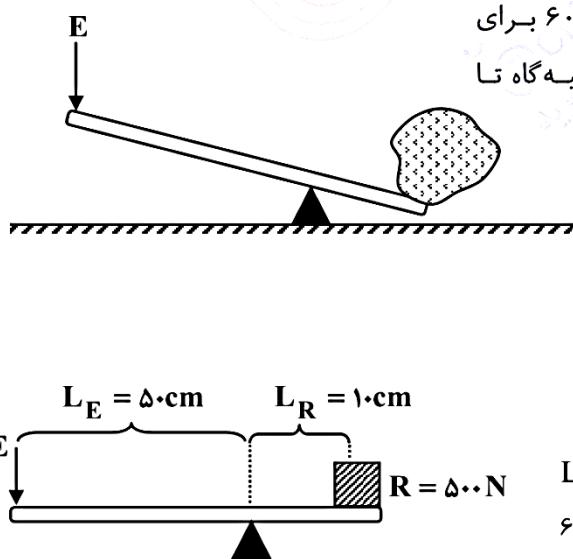
قیچی آهن‌بری دارای دسته‌های بلند و تیغه‌های کوتاه است. به نظر شما چرا؟



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

دبیر: اشرفی

# فیزیک پایه نهم



مثال ۲: با توجه به شکل از میله‌ی سبکی به طول ۶۰ cm برای جابه‌جا کردن سنگی به جرم ۵.۰ kg استفاده کرده‌ایم. اگر فاصله‌ی تکیه‌گاه تا سنگ ۱.۰ cm باشد:

- الف) طول بازوهاي محرك و مقاوم چند سانتيمتر است؟  
 ب) مزيت مکانيکي اينده‌آل ماشين چند می‌باشد؟  
 ج) مقدار E چند نيوتن است؟

پاسخ:

الف) از آنجا که اهرم نوع اوّل است پس:

$$L = L_E + L_R \\ 60 = x + 10 \Rightarrow L_E = 50 \text{ cm}$$

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

$$\text{IMA} \text{ یا } A = \frac{L_E}{L_R} = \frac{50}{10} = 5 \quad (b)$$

ج) طبق قانون گشتاور در اهرم‌ها

$$E \times L_E = R \times L_R \\ E \times 50 = 50 \times 10 \Rightarrow E = \frac{500}{50} = 100 \text{ N}$$



مثال ۳: طول ديلمي ۲m و مزيت مکانيکي كامل آن ۴ می‌باشد:

- الف) طول بازوهاي محرك و مقاوم چند سانتيمتر است؟      ب) نيروي مقاوم چند برابر نيروي محرك است؟

پاسخ:

ديلم اهرم نوع اوّل است پس تکیه‌گاه بين دو نيرو است و خواهيم داشت:

الف) راه اوّل:

$$\left. \begin{array}{l} L = L_E + L_R \quad (1) \\ A = 4 \Rightarrow \frac{L_E}{L_R} = 4 \Rightarrow L_E = 4L_R \quad (2) \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{cases} L = 4L_R + L_R \Rightarrow L = 5L_R \\ 200 \text{ cm} = 5L_R \Rightarrow L_R = \frac{200}{5} = 40 \text{ cm} \\ 200 \text{ cm} - 40 \text{ cm} = 160 \text{ cm} \end{cases}$$

راه دوم:

	نسبت	طول
L <sub>E</sub>	4	160 cm
L <sub>R</sub>	1	40 cm
L	5	200 cm

x 40

(b)

$$\frac{R}{E} = \frac{L_E}{L_R} = \frac{160}{40} = 4 \text{ برابر}$$

# فیزیک پایه نهم

## اهرم نوع اول :

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

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

## اهرم نوع دوم :

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

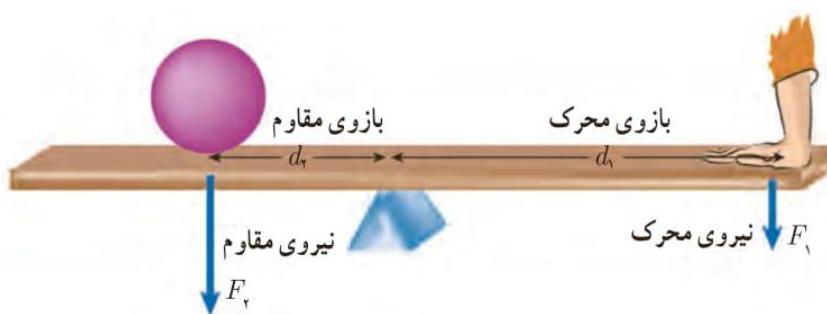
وسیله نمونه	اهرم های مورد استفاده
دستگاه منگنه	اهرم نوع دوم
در بازکن	اهرم نوع دوم
فرقون	اهرم نوع دوم
میخ بر	اهرم نوع دوم
فندق شکن	اهرم نوع دوم

## اهرم نوع سوم :

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

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

# فیزیک پایه نهم



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

مثالاً اگر مزیت مکانیکی یک ماشین ۵ و نیروی مقاوم  $N_{\text{ مقاوم}} = 1000$  باشد می‌توان با نیروی محرک  $N_{\text{ محرک}} = 1000$  را جابه‌جا کرد.

**مثال:** اگر در شکل ۱۱، مزیت مکانیکی اهرم ۲ و اندازه وزنه (نیروی مقاوم)  $N_{\text{ مقاوم}} = 15^{\circ}$  باشد، اندازه نیروی محرک چقدر باشد تا دستگاه در حالت تعادل باقی بماند؟

پاسخ :

$$\text{نیروی محرک} = F_1 = ? \quad , \quad N_{\text{ مقاوم}} = 15^{\circ} \quad , \quad 2 = \text{مزیت مکانیکی}$$

$$2 = \frac{\text{اندازه نیروی مقاوم}}{\text{اندازه نیروی محرک}} \rightarrow 2 = \frac{15^{\circ} \text{ N}}{F_1} \rightarrow F_1 = \frac{15^{\circ} \text{ N}}{2} = 75 \text{ N}$$

# فیزیک پایه نهم

## فعالیت

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

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

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

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

در اهرم‌ها در شرایط تعادل اندازه گشتاور نیروی محرك و گشتاور نیروی مقاوم با هم برابرند.

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

نیروی  
بازوی  
محرك

نیروی  
بازوی  
مقاوم

نیروی  
بازوی  
محرك

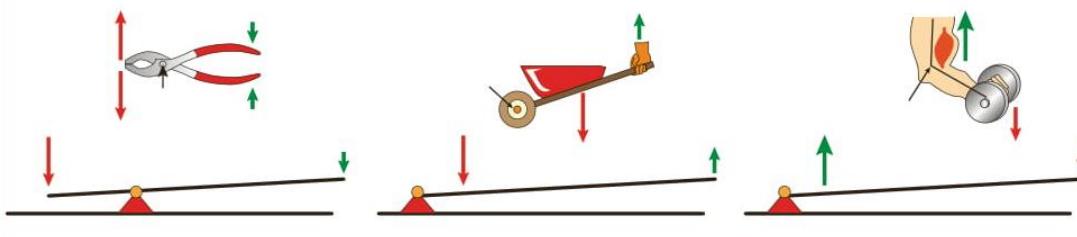
نیروی  
بازوی  
مقاوم

$$\frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرك}} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{d}{d} = \frac{\text{بازوی محرك}}{\text{بازوی مقاوم}}$$

# فیزیک پایه نهم

## فعالیت

اهرم‌ها در بسیاری از ماشین‌های معمولی، دیده می‌شوند. اهرم‌ها را می‌توان بر حسب 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.



اهرم‌ها در بسیاری از ماشین‌های معمولی، دیده می‌شوند. اهرم‌ها را می‌توان بر حسب 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.



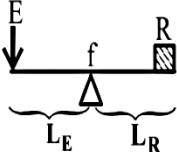
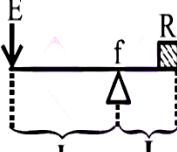
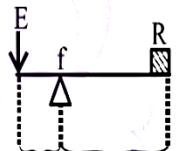
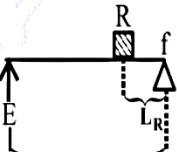
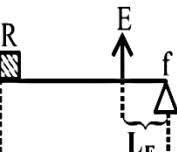
(راست) اهرم نوع سوم: نیروی محرک بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم قرار دارد. مانند انبر، قندگیر، چوب ماهیگیری و ... .

(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 ... .

# فیزیک پایه نهم

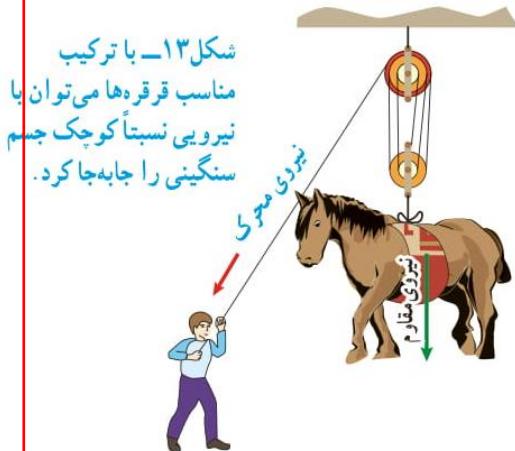
## جمع‌بندی اهرم‌ها

منال	نوع صرفه‌جویی	افزایش سرعت و مسافت	افزایش نیرو	تغییر جهت	ویژگی خاص	شكل	R و F E جایگاه	نوع اهرم
آلکلنگ، ترازوی دو کفه‌ای، فرقه‌هی ثابت	-	-	-	✓	$L_E = L_R$ $E = R$ در حالت ایده‌آل $d_E = d_R$ $A = 1$		<p>«R و E بین f»</p> <p><math>\downarrow \triangle \square</math></p>	اول $L_E + L_R = L$
دیلم، سیم‌چین، میخ‌کش، انبردست، قیچی‌فلزبری	بروی مجرم	-	✓	✓	$L_E > L_R$ $d_E > d_R$ $E < R$ $A > 1$			
قیچی خاطی	وق	✓	-	✓	$L_E < L_R$ $d_E < d_R$ $E > R$ $A < 1$		<p>«f و E بین R»</p> <p><math>\downarrow \square \triangle</math></p>	دوم $L_E + L_R > L$
فرگون، فرقه متحرک، فندقش کن، در بازکن (نوشاپه، قوطی) کاتر عکاسی و صحافی، قیچی میلگرد بُر، پاروی متصل به قایق	بروی مجرم	-	✓	-	$L_E > L_R$ $L_E \approx L$ $d_E > d_R$ $E < R$ $A > 1$			
جاروی رُفتگری، راکت (تنیس، بدمنیتون)، چوب (بیس‌بال، چوگان، گلف، هاکی) استخوان ساعد، استخوان فک، انبر (یخ‌گیر، زغال‌گیر، قند‌گیر) موجین، پنس	وق	✓	-	-	$L_E < L_R$ $L_R \approx L$ $d_E < d_R$ $E > R$ $A < 1$		«f و R بین E»	سوم $L_E + L_R > L$

دبیر: اشرفی

# 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.



شکل ۱۳—با ترکیب مناسب قرقره‌ها می‌توان با نیرویی نسبتاً کوچک جسم سنگینی را جابه‌جا کرد.



شکل ۱۲—قرقره ثابت و قرقره متحرک

## فعالیت

به کمک یک قرقره ثابت، یک قرقره متحرک، یک وزنه معین و یک نیروسنج درباره مزیت مکانیکی قرقره‌های ثابت و متحرک شکل ۱۲ تحقیق کنید.

## ۱۹- چند نوع قرقره داریم؟

## ۲۰- کاربرد قرقره‌ها چیست؟

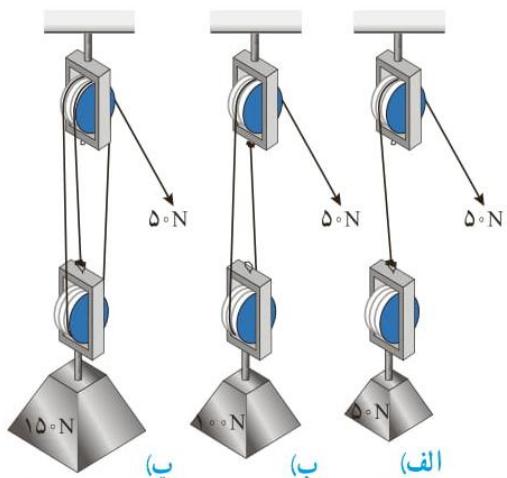
به کمک یک قرقره ثابت، یک قرقره متحرک، یک وزنه معین و یک نیروسنج درباره مزیت مکانیکی قرقره‌های ثابت و متحرک شکل ۱۲ تحقیق کنید.  
فرض کنید وزنه برابر  $20$  کیلوگرم باشد. یعنی نیروی مقاوم برابر  $200$  نیوتون باشد.  
در قرقره ثابت نیروی محکمی که نیروسنج در محل دست نشان می‌دهد برابر  $200$  نیوتون است.  
در قرقره متحرک نیروی محکمی که نیروسنج در محل دست نشان می‌دهد برابر  $100$  نیوتون است.



# فیزیک پایه نهم

وقتی یک طرف طناب سبکی را که انتهای آن به دیواری بسته شده است، با نیروی  $5\text{ N}$  می‌کشیم، در تمام طول طناب، نیروی کشش  $5\text{ N}$  برقرار می‌شود. یعنی نیروی کشش طناب در طول آن، ثابت است. مثلاً در شکل الف، برای بلند کردن سطلی به وزن  $4\text{ N}$  نیوتون، کافی است با نیروی محرک  $4\text{ N}$  نیوتون طناب را بکشیم، اما در شکل ب برای بلند کردن سطل  $4\text{ N}$  نیوتونی باید نیروی محرک  $2\text{ N}$  را وارد کنیم.

شکل ۱۴، سه ترکیب متفاوت از به هم بستن طناب و قرقره را نشان می‌دهد. در شکل الف برای بلند کردن وزنه  $5\text{ N}$  نیوتونی (نیروی مقاوم) نیروی محرک  $5\text{ N}$  لازم است. در شکل ب با نیروی محرک  $5\text{ N}$  می‌توان وزنه  $10\text{ N}$  نیوتونی (نیروی مقاوم) را بلند کرد. در شکل پ با نیروی محرک  $5\text{ N}$  می‌توان وزنه  $15\text{ N}$  نیوتونی (نیروی مقاوم) را بلند کرد.

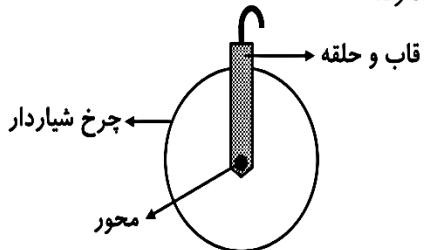


شکل ۱۴ – بر اساس ترکیب قرقره‌ها با یک نیروی محرک ثابت نیروی مقاوم متفاوتی را می‌توان بلند کرد.

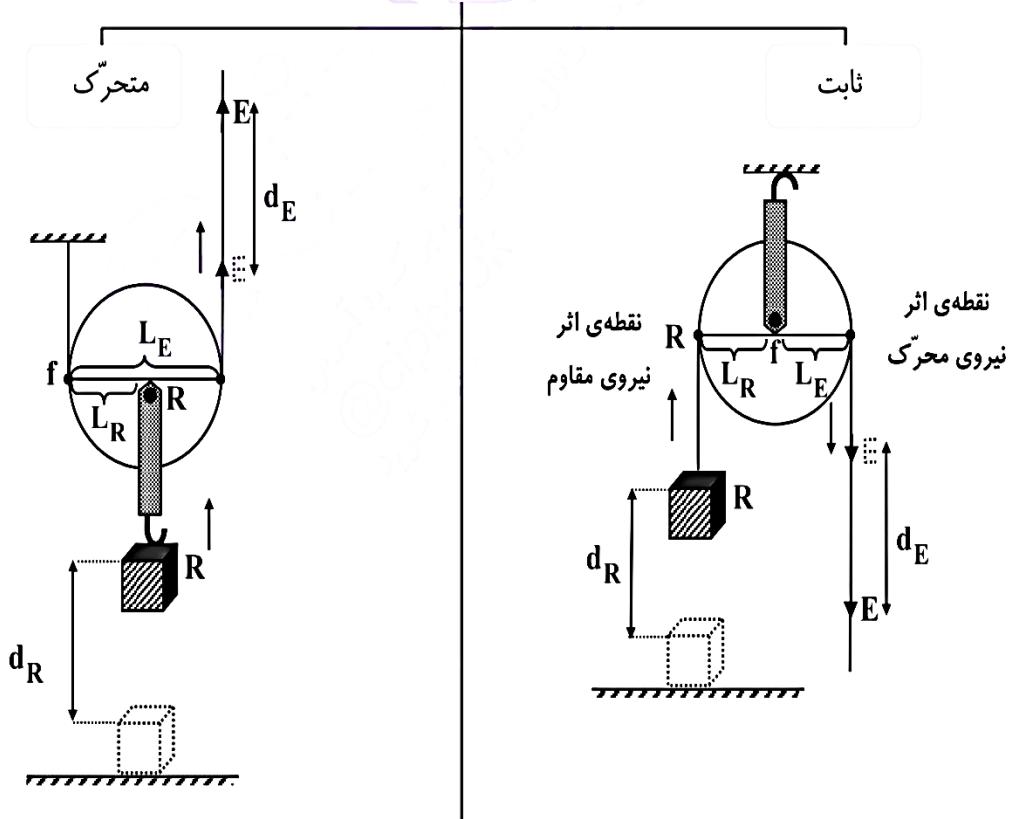
۲۱- ترکیب قرقره‌ها چه تاثیری در نیروی محرک دارد؟

## قرقره

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



### انواع قرقره



# فیزیک پایه نهم

## ویژگی‌ها:

- محور قرقره، محل اثر نیروی مقاوم است.
- تکیه گاه و نیروی محرک روی شیار چرخ
- مانند اهرم نوع دوم عمل می‌کند.



- قطر چرخ، بازوی محرک و شعاع چرخ، بازوی مقاوم است.

$$\left. \begin{array}{l} L_E = \text{قطر} \\ L_R = \text{شعاع} \end{array} \right\} \Rightarrow A = \frac{L_E}{L_R} = \frac{\text{قطر}}{\text{شعاع}} = 2 \Rightarrow A = 2$$

$$E = \frac{R}{2}$$

در حالت ایده‌آل:

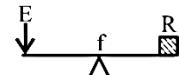
- فقط با افزایش مقدار نیرو کمک می‌کند.

- یعنی اگر بار، یک متر بالا برود طناب باید ۲m کشیده شود ولی نصف وزن آن نیرو لازم است.

- مثال: قرقره‌ی کوهنوردی، تکاوری و ...

## ویژگی‌ها:

- محور قرقره، تکیه گاه (f) می‌باشد.
- R و E روی شیار چرخ
- مانند اهرم نوع اولی عمل می‌کند که f کاملاً وسط باشد.



- شعاع‌های چرخ، بازوی محرک و مقاوم‌اند.

$$L_E = L_R = r$$

$$L_E = L_R, d_E = d_R \Rightarrow A = \frac{L_E}{L_R} = \frac{d_E}{d_R} \Rightarrow A = 1$$

$$E = R$$

در حالت ایده‌آل:

- فقط با تغییر جهت نیرو کمک می‌کند.

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

- مثال: قرقره‌ی پرچم

 مثال ۱: باری به جرم ۴۰۰ kg را می‌خواهیم ۵m از سطح زمین بالا ببریم. در هر یک از موارد زیر اندازه‌ی نیروی محرک (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 متحرک

پاسخ:

الف) در قرقره‌ی ثابت

$$\left. \begin{array}{l} d_E = d_R \\ d_R = 5 \end{array} \right\} \Rightarrow d_E = 5m$$

طول طنابی که باید کشیده شود.

$$\left. \begin{array}{l} E = R \\ R = 400 \text{ kg} = 400 \text{ N} \end{array} \right\} \Rightarrow E = 400 \text{ N}$$

مقدار نیروی لازم برای بالا بردن جسم

ب) در قرقره‌ی متحرک

$$\left. \begin{array}{l} d_E = 2d_R \\ d_R = 5m \end{array} \right\} \Rightarrow d_E = 10m$$

طول طنابی که باید کشیده شود

$$\left. \begin{array}{l} E = \frac{R}{2} \\ R = 400 \text{ kg} = 400 \text{ N} \end{array} \right\} \Rightarrow E = \frac{400}{2} = 200 \text{ N}$$

نیرویی که باید به طناب وارد کرد.

# فیزیک پایه نهم



**مثال ۲:** باری به جرم  $210 \text{ kg}$  را با استفاده از قرقره‌ای که بازدهی آن  $70\%$  است  $\frac{3}{5}\text{m}$  از سطح زمین بالا می‌بریم. طول طنابی که باید کشیده شود ( $d_E$ ) و نیروی محرک لازم ( $E$ ) را در هر یک از موارد زیر به دست آورید.

الف) قرقره ثابت باشد.

ب) قرقره متحرک باشد.

پاسخ:

(الف)

طول طنابی که باید کشیده شود.

$$\left. \begin{array}{l} A = 1 \Rightarrow d_E = d_R = \frac{3}{5}\text{m} \\ A' = A \times \frac{R_a}{100} \Rightarrow A' = 1 \times \frac{70}{100} \\ A' = \frac{R}{E} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{70}{100} = \frac{210}{E} \Rightarrow E = 300 \text{ N} \quad \text{نیروی محرک لازم}$$

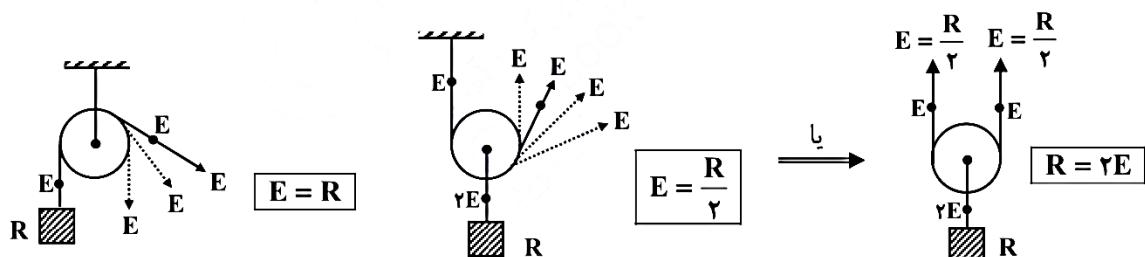
(ب)

طول طنابی که باید کشیده شود.

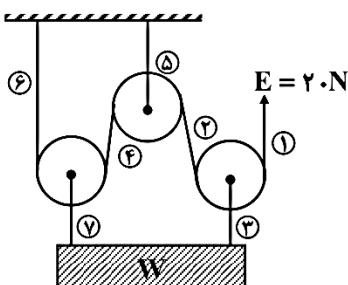
$$\left. \begin{array}{l} A = 2 \Rightarrow d_E = 2d_R \Rightarrow d_E = 2 \times \frac{3}{5} = 7 \text{ m} \\ A' = A \times \frac{R_a}{100} \Rightarrow A' = 2 \times \frac{70}{100} = 1/4 \\ A' = \frac{R}{E} \end{array} \right\} \Rightarrow 1/4 = \frac{210}{E} \Rightarrow E = 150 \text{ N} \quad \text{نیروی محرک}$$

◀ **نکته‌ی ا:** 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:



**مثال ۳:** در شکل مقابل:



الف) کشش هر یک از طناب‌ها چند نیوتون است؟

ب) وزن جسم (W) چند نیوتون است؟

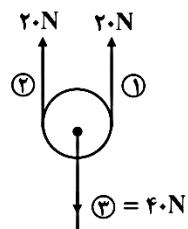
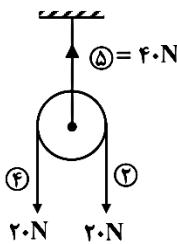
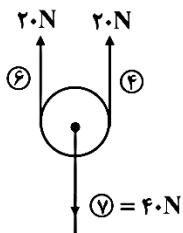
ج) نیرویی که به سقف وارد می‌شود چند نیوتون است؟

# فیزیک پایه نهم

پاسخ:

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

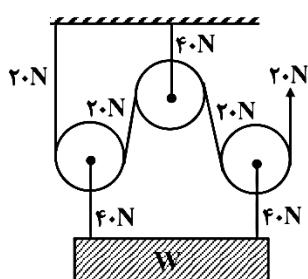
اگر شکل را تفکیکی و هر قرقره را جداگانه بررسی کنیم خواهیم داشت:



کشش نخ‌های (۲) و (۴) با هم برابر و کشش نخ (۷) برابر با مجموع آن‌هاست.

کشش نخ‌های (۱) و (۳) با هم برابرند و کشش نخ (۵) برابر با مجموع آن‌هاست.

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



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

$$40 + 40 = 80\text{ N}$$

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

$$20 + 40 = 60\text{ N}$$

## قرقره‌ی مرکب

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

◀ نکته‌ی ۴، مزیت مکانیکی دستگاه به تعداد نخ‌های مؤثر بر قرقره‌ها وابسته است که با توجه به شیوه‌ی اتصال قرقره‌ها نحوه‌ی محاسبه‌ی مزیت هر دستگاه قرقره عنوان می‌شود.

## شیوه‌های اتصال قرقره

۱- استفاده از یک طناب پیوسته برای اتصال قرقره‌ها

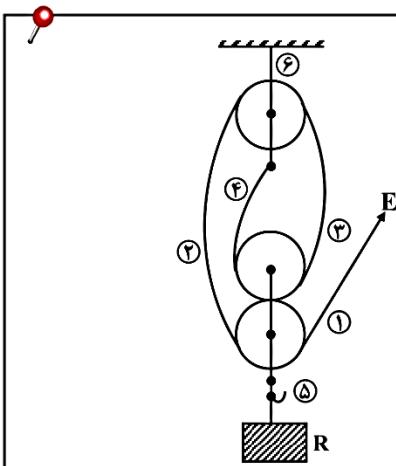
تعداد رشته طناب‌هایی که بار را نگه می‌دارند = مزیت مکانیکی ایده‌آل (نظری) یا کامل

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

\* وقتی یک انتهای نخ به قرقره‌ی ثابت متصل باشد.  $A = 2n$

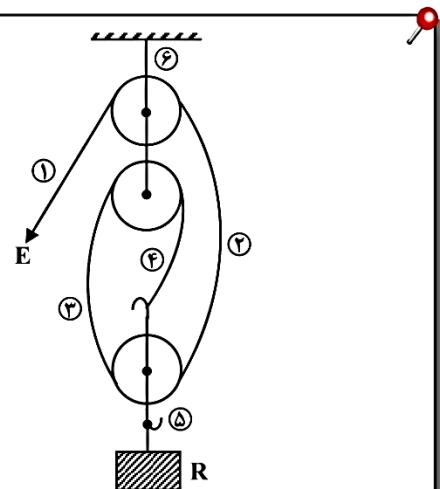
\* وقتی یک انتهای نخ به قرقره‌ی متخرک متصل باشد.  $A = 2n+1$

# فیزیک پایه نهم



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 (۱)، (۲)، (۳) و (۴) است.



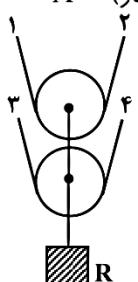
کشش نخهای (۱) و (۲) با هم و (۲) و (۳) و (۳) و (۴) با هم برابر است و کشش نخ (۵) برابر با مجموع کشش نخهای (۲) و (۳) و (۴) است که برابر با وزن جسم (R) است.

کشش نخ (۶) برابر کشش نخهای (۱) و (۵) است.

حال با توجه به تقسیم نیرو یا تعیین کشش هر یک از نخها و دو راه دیگر ذکر شده برای محاسبه مزبّت مکانیکی خواهیم داشت:

راه اول: تعداد نخهای مؤثر (نخهای متصل به بار) =

$$A = 4$$



تعداد قرقه‌های متحرک

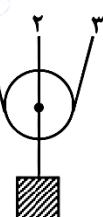
$$A = 2 \times 2 \Rightarrow A = 4$$

راه دوم:

راه سوم:

راه اول: تعداد نخهای مؤثر =

$$A = 3$$



راه دوم:

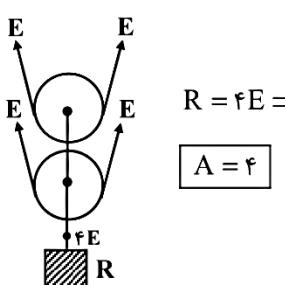
$$A = 2n + 1$$

$$A = (2 \times 1) + 1 = 3 \Rightarrow A = 3$$

راه سوم:

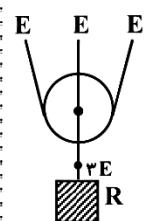
$$R = 2E \Rightarrow \frac{R}{E} = 2 \Rightarrow A' = 2$$

$$A' = A \Rightarrow A = 3$$



$$R = fE \Rightarrow \frac{R}{E} = 2 \Rightarrow A' = 2$$

در حالت ایده‌آل  $A = A'$  پس:



# فیزیک پایه نهم

نکته‌ی ۳: در قرقره‌های مرگبی که از یک طناب پیوسته استفاده می‌شود تعداد قرقره‌های متحرک و ثابت به صورت‌های زیر بدست می‌آیند اگر:

$$\text{مزیت مکانیکی} \quad 1-\text{مزیت مکانیکی ایده‌آل دستگاه عددی زوج باشد.}$$

$$n = \frac{A}{2} \quad \text{تعداد قرقره‌های متحرک}$$

تعداد قرقره‌ی ثابت: ۱- مساوی تعداد قرقره‌های متحرک است. ۲- یکی کم‌تر از تعداد قرقره‌های متحرک است.

۲- مزیت مکانیکی ایده‌آل دستگاه عددی فرد باشد.  
«انتهای طناب به قرقره‌ی متحرک متصل است.»

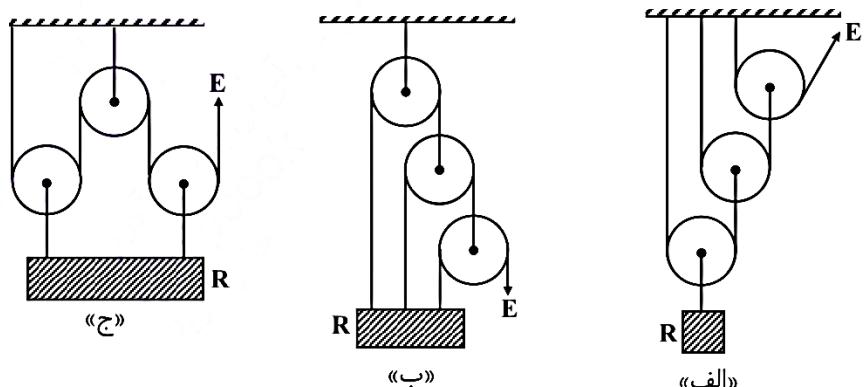
$$\text{مزیت مکانیکی} \quad 2-\text{انتهای طناب به قرقره‌ی متحرک متصل است.}$$

$$n = \frac{A-1}{2} \quad \text{تعداد قرقره‌ی متحرک}$$

تعداد قرقره‌ی ثابت: ۱- مساوی تعداد قرقره‌های متحرک  
۲- یکی بیش‌تر از تعداد قرقره‌های متحرک

۲- استفاده از چندین طناب برای اتصال قرقره‌ها  
هر قرقره، طناب جداگانه‌ای دارد و یک انتهای آن به قلاب قرقره‌ی بعدی متصل می‌شود. که به یکی از صورت‌های زیر استفاده می‌شود.

و روش‌های دیگر ....



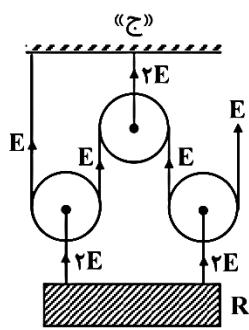
برای بدست آوردن مزیت مکانیکی به یکی از صورت‌های زیر عمل می‌کنیم.  
راه اول: نسبت  $\frac{R}{E}$  یا همان مزیت مکانیکی واقعی (A) را با توجه به آنچه از کشش نخ‌ها آموخته‌ایم در حالت ایده‌آل به دست می‌آوریم که برابر (A) مزیت مکانیکی ایده‌آل است.

كل قرقره‌ها
$A = 2^n - 1$

راه دوم: در شکل «الف» و «ج» از رابطه‌ی  $A = 2^n \rightarrow$  قرقره‌ی متحرک و در شکل «ب»

# فیزیک پایه نهم

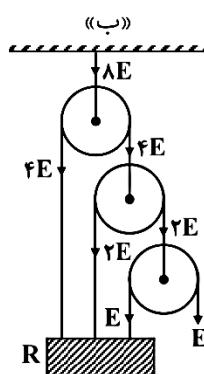
بنابراین خواهیم داشت:



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

$$A = A' \Rightarrow \boxed{A = \gamma}$$

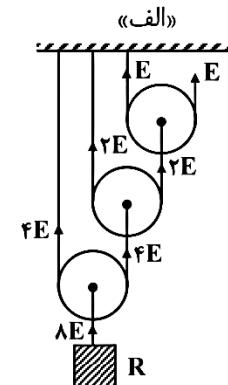
$$A = 2^n = 2^3 \Rightarrow \boxed{A = 8}$$



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

$$A = A' \Rightarrow \boxed{A = \gamma}$$

$$A = 2^n - 1 = 2^3 - 1 \Rightarrow \boxed{A = 7}$$



$$R = \lambda E \Rightarrow \frac{R}{E} = \lambda = A' \quad \text{راه اول:}$$

$$A = A' \Rightarrow \boxed{A = \lambda}$$

$$A = 2^n - 1 = 2^3 - 1 \Rightarrow \boxed{A = 7} \quad \text{راه دوم:}$$

**توجه:** مناسب‌ترین شیوه‌ی به دست آوردن مزیّت مکانیکی تقسیم نیرو یا تعیین کشش نخ می‌باشد.

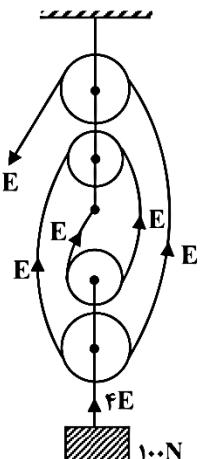
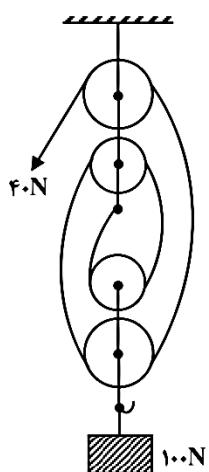


مثال ۱۴: با توجه به شکل هر یک از موارد خواسته شده را تعیین کنید.

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

(ب) مزیّت مکانیکی واقعی (AMA) یا (A')

(ج) بازده دستگاه (Ra%)



پاسخ:

(الف) در حالت ایده‌آل  $A = A'$

$$R = \gamma E \Rightarrow \frac{R}{E} = \gamma = 4$$

$$A = 2^n \Rightarrow A = 2 \times 2 = 4 \quad \text{یا}$$

# فیزیک پایه نهم

(ب)

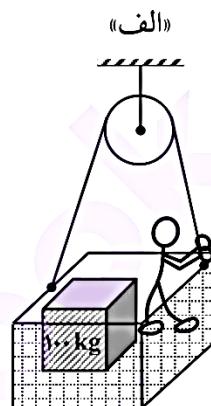
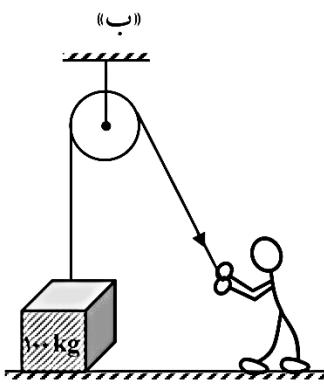
$$A' = \frac{R}{E} = \frac{100}{4} = 2/5$$

(ج)

$$Ra = \frac{A'}{A} \Rightarrow Ra = \frac{2/5}{4} = .625$$

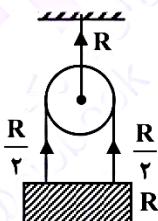
$$Ra = .625 \times 100 = 62.5\%.$$

نگهی ۴، به دو شکل زیر دقت کنید.



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

$$\frac{100 \cdot N + 50 \cdot N}{2} = 75 \cdot N$$



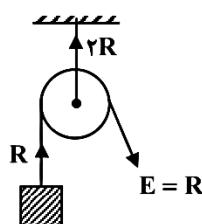
مجموع وزن شخص، جعبه و سبد

$=$  حداقل نیرویی که شخص وارد می‌کند  
تعداد طناب‌های مؤثر متصل به آنها

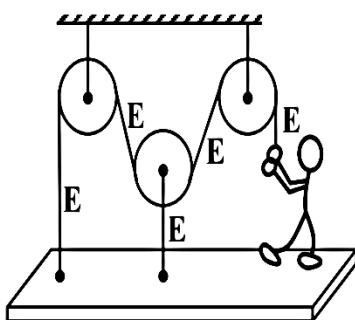
ولی در شکل «ب» حداقل نیرویی که شخص برای حفظ تعادل یا بالا بردن نیاز دارد برابر با وزن جسم است

یعنی:

$$E = R = 100 \cdot N$$



# فیزیک پایه نهم



مثال ۵: با توجه به شکل شخصی به جرم  $60\text{ kg}$  بر روی تخته‌ای به جرم  $200\text{ kg}$  ایستاده است. حداقل نیروی که شخص باید به انتهای طناب وارد کند تا متعادل بماند چند نیوتن است؟

پاسخ:

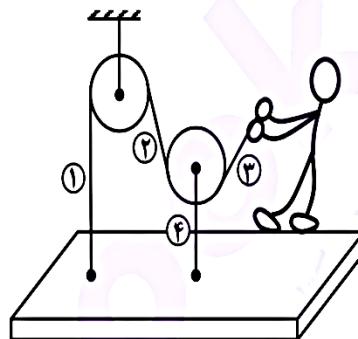
$$\frac{\text{مجموع وزن شخص و تخته}}{4} = \frac{2600}{4} = 650\text{ N}$$

= حداقل نیروی لازم برای حفظ تعادل  
طناب‌های مؤثر متصل به شخص و تخته

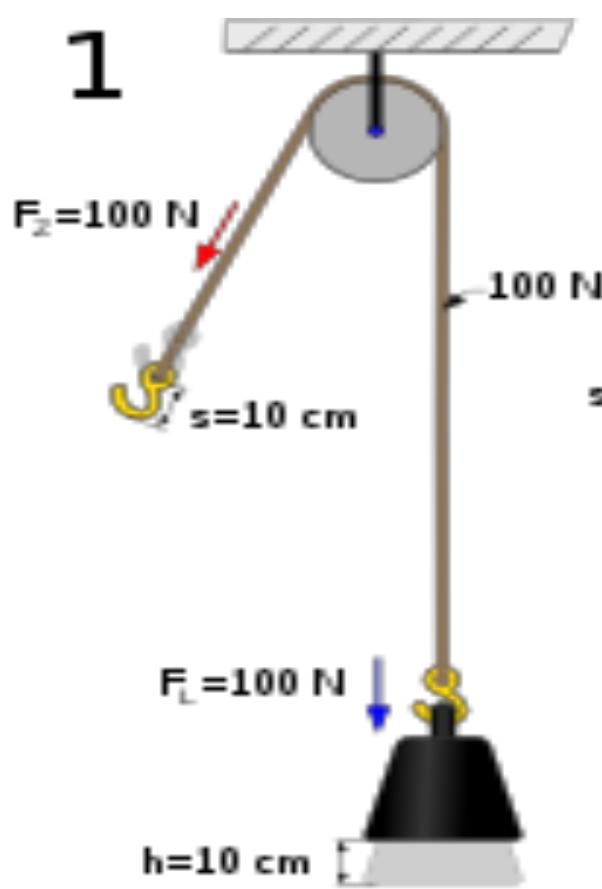
نکته ۵: در شکل مقابل نخ شماره (۳) در تعادل مؤثر نیست؛ زیرا با عکس العمل نیروی شخص خشی

می‌شود یعنی:

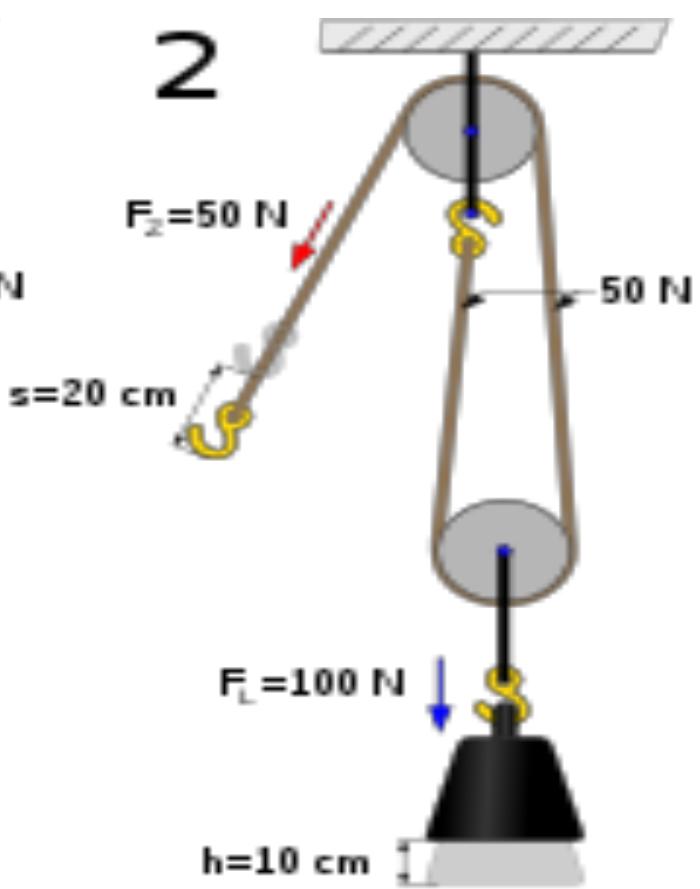
$$\frac{\text{مجموع وزن شخص و تخته}}{2} = \text{حداقل نیرو}$$



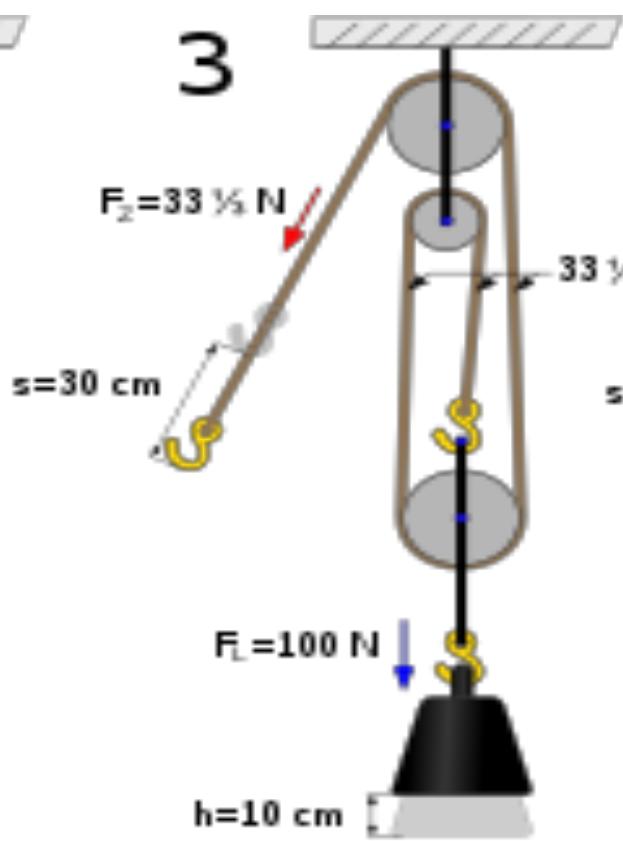
1



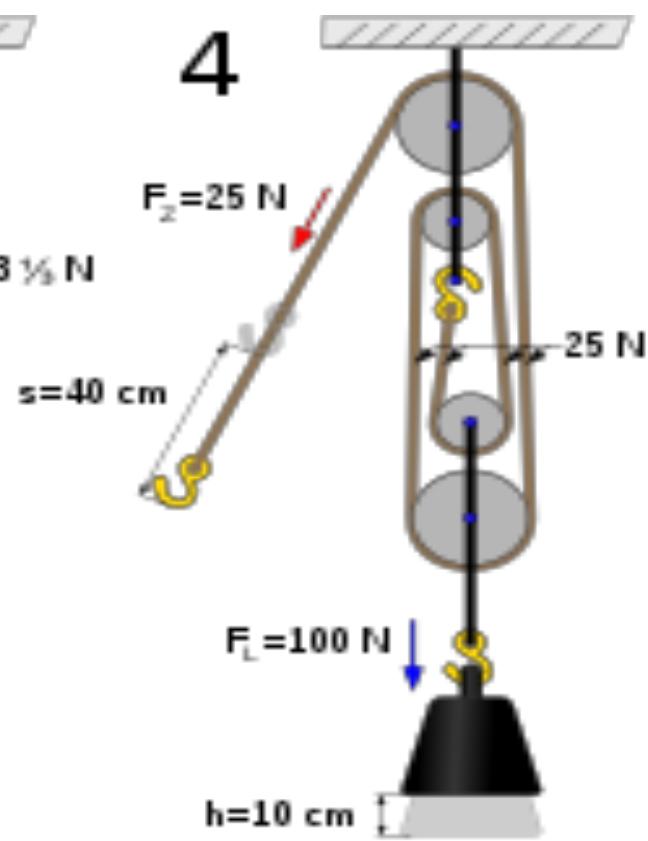
2



3



4



# فیزیک پایه نهم

## خود را بیازمایید

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

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

در شکل پ برای جابه‌جایی جسم سنگین  $N = 150$  از نیروی کوچک‌تر  $N = 50$  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 وزنه سنگین است. یعنی اندازه **کار نیروی محرک** با اندازه **کار نیروی مقاوم** برابر است (البته با صرف نظر کردن از اصطکاک). به عبارت دیگر برای آنکه وزنه  $150$  نیوتونی را به اندازه  $1m$  بالا ببریم باید طناب را با نیروی  $N = 50$  به اندازه  $3m$  بکشیم (هر یک از سه طناب متصل به وزنه  $1m$  جابه‌جا می‌شود). بنابراین براساس قانون پایستگی انرژی و با صرف نظر کردن از اصطکاک، می‌توانیم بنویسیم:

$$\text{اندازه کار نیروی مقاوم} = \text{اندازه کار نیروی محرک} \quad (4)$$

**مثال:** در شکل ۱۴ - ب، اگر طناب توسط شخص به اندازه  $4m$  کشیده شود: (الف) کار نیروی محرک چند رُول می‌شود؟ (ب) جابه‌جایی وزنه چقدر خواهد بود؟

$$\text{پاسخ: (الف)} \quad J = 20 \times N \times m = 20 \times 50 \times 4 = 400 \text{ جابه‌جایی} \times \text{نیروی محرک} = \text{اندازه کار نیروی محرک}$$

$$\text{(ب)} \quad \text{اندازه کار نیروی مقاوم} = \text{اندازه کار نیروی محرک}$$

$$\text{جابه‌جایی} \times \text{نیروی مقاوم} = 20J$$

$$20J = 100N$$

$$\text{متر} = \frac{100}{20} = 5$$

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

## جمع‌آوری اطلاعات

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

# فیزیک پایه نهم

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

شكل (ب)	شكل (ب)	شكل (الف)	
۵۰N	۵۰N	۵۰N	اندازه نیروی محرك
۱۵۰N	۱۰۰N	۵۰N	اندازه نیروی مقاوم
۳	۲	۱	مزیت مکانیکی

$$\frac{50N}{50N} = 1 \quad \text{شكل (الف)}$$

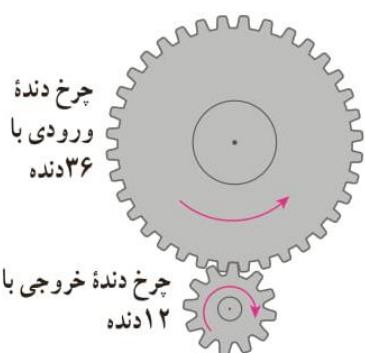
$$\frac{100N}{50N} = 2 \quad \text{شكل (ب)}$$

$$\frac{150N}{50N} = 3 \quad \text{شكل (ج)}$$

# فیزیک پایه نهم



شکل ۱۵ – ترکیب پیچیده‌ای از چرخ دندۀ در جعبه‌دنده خودرو



شکل ۱۶ – به ازای هر بار چرخش چرخ دندۀ بزرگ چرخ دندۀ کوچک سه بار می‌چرخد.

چرخ دندۀ‌ها : در اغلب ماشین‌هایی که می‌چرخدند از چرخ دندۀ استفاده می‌شود. ماشینی مانند یک دریل کوچک در سرعت‌های بالا به نیروی کمی احتیاج دارد و ماشین‌های دیگری مانند چرخ‌های بزرگ (پره‌دار) پشت کشتی‌های بخار، به نیروی زیادی در سرعت‌های کم، احتیاج دارند.

چگونگی کارکرد چرخ دندۀ‌ها به تعداد دندانه‌های آن، بستگی دارد. مثلاً در دندانه‌های نشان داده شده در شکل ۱۶، چرخ دندۀ بزرگ‌تر دارای ۳۶ دندۀ و دومی دارای ۱۲ دندۀ است. این چرخ دندۀ‌ها بهم تماس دارند و با فرض آنکه روی هم نمی‌لغزند (سُر نمی‌خورند)، وقتی چرخ دندۀ بزرگ به اندازه یک دندۀ می‌چرخد، چرخ دندۀ کوچک نیز یک دندۀ می‌چرخد. پس وقتی چرخ بزرگ که دارای ۳۶ دندۀ است، یک دور کامل می‌چرخد، چرخ کوچک که دارای ۱۲ دندۀ است، ۳ دور می‌چرخد (دور =  $\frac{36}{12}$  دندۀ).

بدیهی است اگر چرخ دندۀ کوچک سبب چرخش چرخ دندۀ بزرگ شود، به ازای هر سه بار چرخیدن آن، چرخ دندۀ بزرگ یک بار می‌چرخد. یعنی سرعت چرخش چرخ دندۀ کوچک بیشتر از سرعت چرخش چرخ دندۀ بزرگ است.

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

۲۲- مزیت استفاده از چرخ دهنده‌ها چیست؟

۲۳- کارکرد چرخ دندۀ‌ها به چه چیزی بستگی دارد؟

۲۴- سرعت چرخش چرخ دندۀ به ..... و ..... بستگی دارد. (اندازه چرخ دندۀ و تعداد دندۀ‌ها)

۲۵- کابرد چرخ دندۀ‌ها در صنعت چیست؟

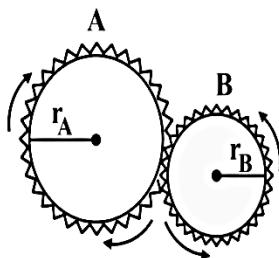
دبیر: اشرفی

## ماشین‌های انتقال گشتاور نیرو

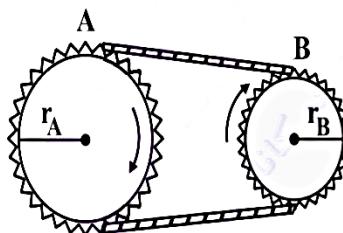
(راه‌های انتقال چرخش یک چرخ به چرخ‌های دیگر)

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:

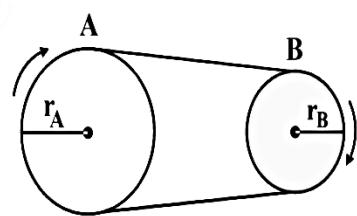
۳) درگیر کردن چرخدنده‌ها



۲) چرخدنده و زنجیر



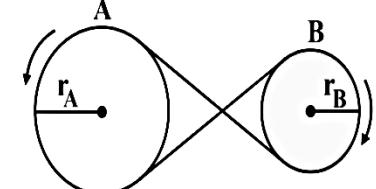
۱) چرخ و تسمه



(الف)

ساعت، همزن، جعبه‌دنده اتومبیل

دوچرخه، موتورسیکلت



مانند: کولر، چرخ خیاطی رومیزی

◀ نکته‌ی ۱: چرخی که به موتور متصل است یا مابه آن نیرو وارد می‌کنیم چرخ محرک (چرخ ورودی) و چرخی که به وسیله‌ی 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.

# فیزیک پایه نهم

به طور مثال در چرخ و تسمه؛ شکل الف: چرخ A و B هر دو ساعتگرد ولی در شکل ب: چرخ A ساعتگرد و چرخ B پاد ساعتگرد می‌باشد.  
در چرخدنده و زنجیر هر دو ساعتگرد و در چرخدنده‌ها، چرخ A ساعتگرد و چرخ B پاد ساعتگرد است.

مزیت مکانیکی

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

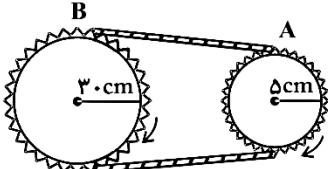
$$IMA = \frac{r_R}{r_E} \quad \text{یا} \quad IMA = \frac{V_E}{V_R}$$

◀ 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 این که چرخ A، چرخ محرك (ورودی) باشد:  
(الف) مزیت 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؟

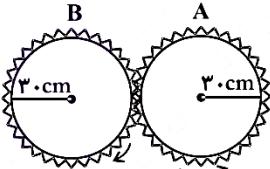


$$IMA = \frac{r_B}{r_A} = \frac{3}{5} = 0.6$$

افزایش مقدار نیرو

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow \frac{4}{V_B} = \frac{3}{5}$$

$$V_B = \frac{20}{3} \text{ دور}$$

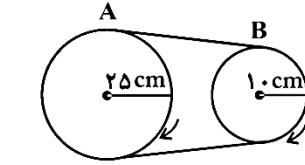


$$IMA = \frac{r_B}{r_A} = \frac{3}{3} = 1$$

تفییر جهت نیرو

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow \frac{4}{V_B} = \frac{3}{3}$$

$$V_B = 4 \text{ دور}$$



$$IMA = \frac{r_B}{r_A} = \frac{10}{25} = 0.4$$

پاسخ:

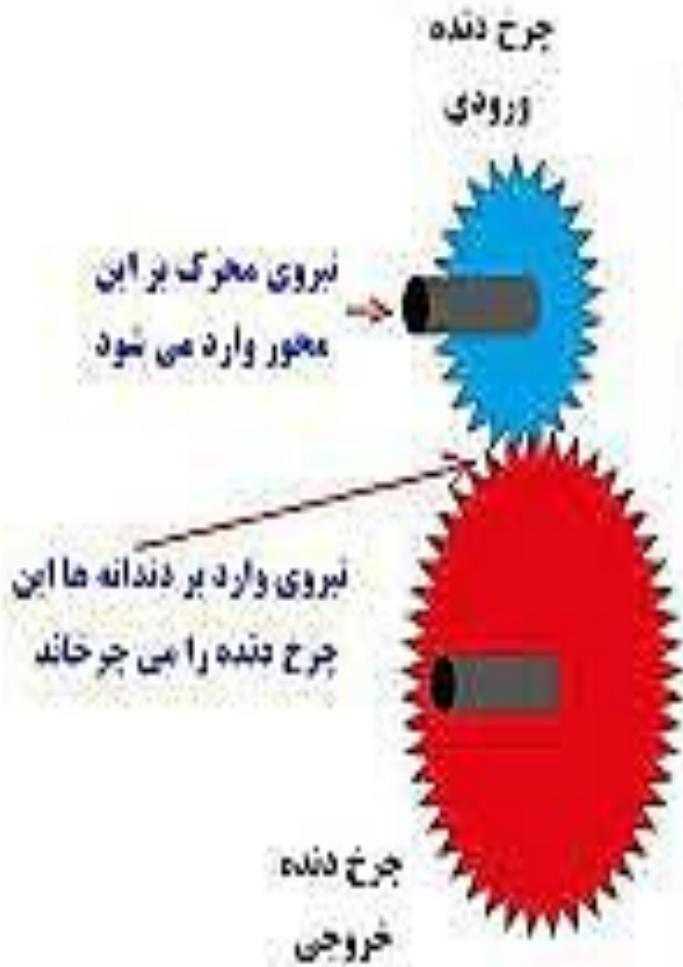
الف) افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow \frac{4}{V_B} = \frac{10}{25}$$

$$V_B = 10 \text{ دور}$$

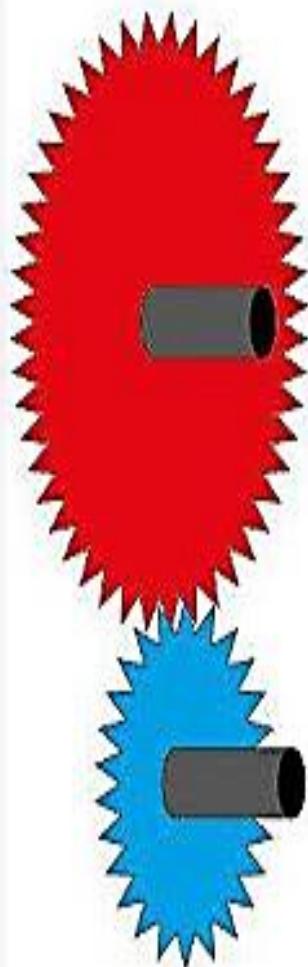
◀ نکته‌ی ۴: جعبه دنده‌ی اتومبیل شامل چندین دنده‌ی کوچک و بزرگ است. اگر چرخدنده‌ی کوچک چرخ ورودی و چرخدنده‌ی بزرگ چرخ خروجی یا مقاوم باشد موجب افزایش نیرو می‌شود (دنده‌ی سنگین) ولی اگر چرخدنده‌ی ورودی بزرگ و چرخدنده‌ی مقاوم کوچک باشد موجب افزایش سرعت می‌شود (دنده‌ی سبک).

# فیزیک پایه نهم



این چرخ دندانه مانند چرخ و عکوری است  
که نبروی متحرک ب محور وارده عی سود  
بعن هر چه قطر چرخ دندانه خروجی  
گیر ناشد هر چه مکانیکی بینتر است

این چرخ دندانه مانند چرخ و عکوری است  
که نبروی متحرک ب چرخ وارده عی سود  
بعن هر چه قطر چرخ دندانه خروجی  
گیر ناشد هر چه مکانیکی بینتر 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 باید درنتیجه

$$\text{خروجی آبی} = \frac{0/5}{12} \rightarrow \frac{12}{24}$$

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 باید. این حالت مثل پیچ گوشتی برقی است که سرعت چرخش کم است ولی نیروی چرخش زیاد است. بس به طور کلی می توان گفت مزیت برابر است با تعداد دندانه های چرخ خروجی تقسیم بر تعداد دندانه های چرخ ورودی

$$\text{خروجی قرمز} = \frac{2}{12}$$

## مزیت مکانیکی در چرخ دنده ها

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

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

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

# فیزیک پایه نهم

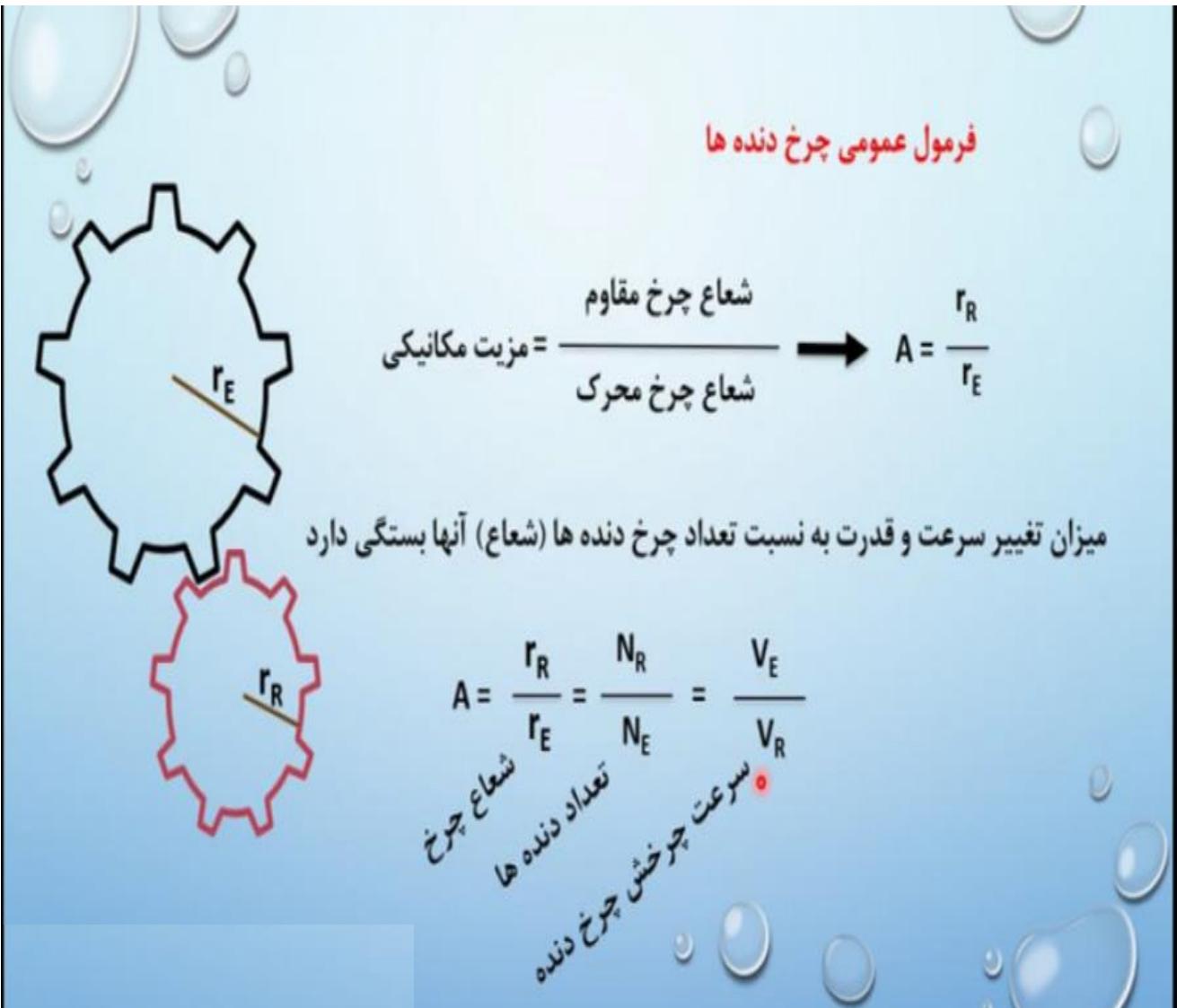
فرمول عمومی چرخ دنده ها

$$A = \frac{\text{شعاع چرخ مقاوم}}{\text{شعاع چرخ محرك}} \rightarrow A = \frac{r_R}{r_E}$$

میزان تغییر سرعت و قدرت به نسبت تعداد چرخ دنده ها (شعاع) آنها بستگی دارد

$$A = \frac{r_R}{r_E} = \frac{N_R}{N_E} = \frac{V_E}{V_R}$$

سرعت چرخش چرخ دنده ها



# فیزیک پایه نهم

## جمع آوری اطلاعات

درباره انواع چرخ دندها و کارکرد آنها اطلاعاتی را به همراه تصویر جمع آوری کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.

سطح شیبدار : فرض کنید می خواهیم اسباب کشی کنیم. می دانیم که جابه جا کردن وسایل سنگین مانند یخچال و گذاشتن آنها داخل کامیون حمل بار، بسیار سخت است؛ زیرا برای این کار باید حداقل نیرویی هم اندازه با وزن یخچال - رو به بالا - به آن وارد کنیم. به نظر شما ساده ترین روش برای انجام این کار چیست؟ شکل ۱۷ نشان می دهد که چگونه می توانیم برای جابه جا کردن اجسام سنگین از سطح شیبدار استفاده کنیم. سطح شیبدار یک ماشین ساده است که از قدیم از آن استفاده می شده است.

تغییر جهت نیرو

چگونه کمک می کند

افزایش نیرو

جاده دای شیبدار

مثل

نرده

جابجایی نیروی محرک

$E$

$R$

شیب کم نیروی کم  
مسافت جابه جایی  
بیشتر



شیب زیاد نیرو زیاد  
مسافت جابه جایی  
کمتر



# فیزیک پایه نهم



شکل ۱۷ – استفاده از سطح شیبدار جایه‌جایی 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 برد شود، افزایش پیدا می‌کند. به عنوان مثال اگر فردی با صندلی چرخ دار بخواهد به اندازه ۱m بالا برود، می‌تواند از یک سطح شیبدار  $1^{\circ}$  متری استفاده کند. بنابراین در این حالت نیروی لازم برای بالا رفتن  $\frac{1}{\theta}$  برابر می‌شود (البته با صرف نظر کردن از اصطکاک). یعنی نیروی محرک لازم  $\frac{1}{\theta}$  نیروی مقاوم که وزن فرد و صندلی چرخ دار است، می‌شود؛ با استفاده از تعریف مزیت مکانیکی، مزیت این سطح شیبدار برابر است با :

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{1}{\theta}$$

۲۶- کابرد سطح شیبدار چیست؟

۲۷- مزیت استفاده از سطح شیبدار چیست؟

# فیزیک پایه نهم

فکر کنید



چرا در مناطق کوهستانی، قسمتی از جاده‌ها را به صورت 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 ابیشتر 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 آنکه در برابر خود در خویستن  
پیرامیس...