جمع بندی قسمت اول جزوه

ماشین: هر وسیله‌ای که بتواند انجام دادن کار را آسان کند.

➤ **نکته‌ی ۱:** برخی از ماشین‌ها برای:

۱ـ **تبدیل انرژی** به کار می‌روند. مانند: مولّد برق، توربین بخار

۲ـ **انتقال انرژی** به کار می‌روند. مانند: میله و محور و چرخ‌دنده‌ها که حرکت ناشی از انفجار بنزین در سیلندرهای اتومبیل را به چرخ‌های محرّک منتقل می‌کنند یا زنجیر در دوچرخه

۳ـ **چند برابر کردن نیرو** به کار می‌روند. مانند: جک، اهرم

۴ـ **چند برابر کردن سرعت** به کار می‌روند. مانند: همزن، چرخ عقب دوچرخه

۵ـ **تغییر جهت نیرو** به کار می‌روند. مانند: قرقره‌ی پرچم، انبردست

بنابراین می‌توان گفت ماشین‌ها به یکی از راه‌های زیر به ما کمک می‌کنند:

۱) جابه‌جایی نقطه‌ی اثر نیرو: نیرو به قسمت مناسبی از ماشین وارد می‌شود و ماشین با جابه‌جایی آن به نقطه‌ی مؤثّر موجب انجام کار می‌شود. مثلاً در بیل، نیرو به دسته‌ی آن وارد می‌شود ولی در تیغه‌ها کار صورت می‌گیرد. (همه‌ی ماشین‌ها دارای جابه‌جایی نقطه‌ی اثر نیرو هستند.)

۲) تغییر جهت نیرو: قرقره‌ی ثابت، آلاکلنگ، انبردست، سیم‌چین، ...

۳) افزایش مقدار نیرو: انبردست، دیلم، فرغون، دربازکن نوشابه و ...

۴) افزایش سرعت یا جابه‌جایی نقطه‌ی اثر نیرو: راکت تنیس، چوب چوگان، چوب بیس‌بال، جاروی فرآشی

➤ **نکته‌ی ۲:** بعضی از ماشین‌ها می‌توانند به‌طور هم‌زمان به ۲ یا ۳ روش به ما کمک کنند به‌طور مثال انبردست (تغییر جهت، افزایش مقدار نیرو، جابه‌جایی نقطه‌ی اثر نیرو) **امّا هیچ ماشینی نمی‌تواند به هر ٤ روش یا موارد ۳ و ٤ را با هم داشته باشد؛** زیرا کار خروجی از کار ورودی بیش‌تر می‌شود یعنی انرژی خلق شده است که **با پایستگی انرژی مطابقت نمی‌کند.**

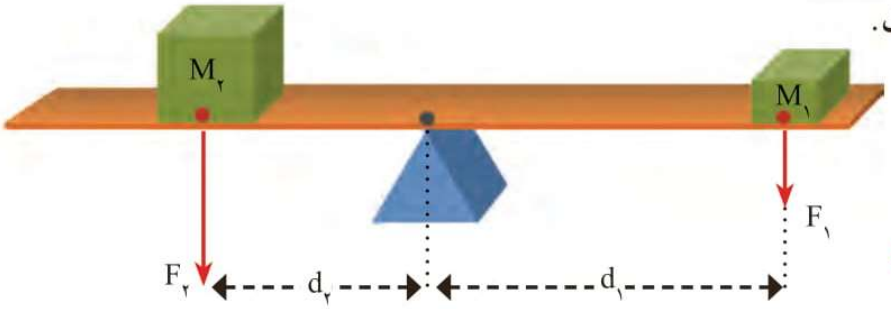
دبیر: اشرفی

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

اهرم

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.

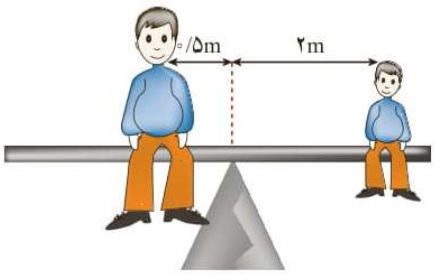
در شکل ۹، گشتاور نیروی F_1 که از رابطهٔ $d_1 \times F_1$ به دست می‌آید، می‌خواهد اهرم را به صورت ساعتگرد (در جهت حرکت عقربه‌های ساعت) بچرخاند و گشتاور نیروی ناشی از F_2 که از رابطهٔ $d_2 \times F_2$ به دست می‌آید، می‌خواهد اهرم را به صورت پاد ساعتگرد (در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت) بچرخاند.
در حالت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



۸۰۰N × ۰/۵m = ۲۰۰N × ۲m
۴۰۰Nm = ۴۰۰Nm

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

فیزیک پایه نهم

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)$\frac{1}{4}$ 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 ؟

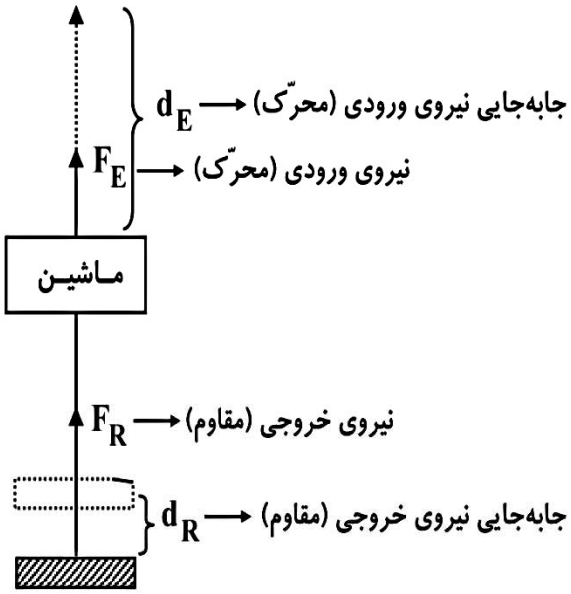
۱۸- مزیت مکانیکی را تعریف نمایید.

دبیر: اشرفی

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.

دبیر: اشرفی

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

۱ـ $IMA > 1$ یا (A) باشد ← افزایش مقدار نیرو یا $E < R$

۲ـ $IMA < 1$ یا (A) باشد ← افزایش سرعت و مسافت اثر نیرو یا $E > R$

۳ـ $IMA = 1$ 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» هیچ‌کدام 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.

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؟**

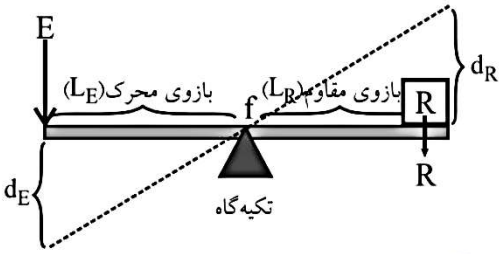
پاسخ

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:

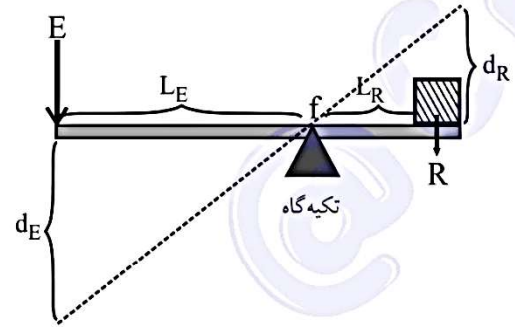
۱) تکیه‌گاه در وسط باشد: مانند الاکلنگ، در این حالت مزیت مکانیکی برابر یک می‌باشد و طول بازوی محرک و مقاوم با هم برابر است.



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

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

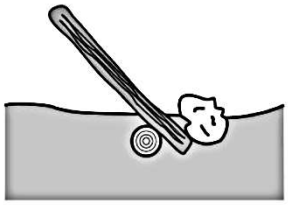
۲) تکیه‌گاه به نیروی مقاوم نزدیک‌تر است: مانند دیلم، ناخن‌گیر، سیم‌چین و انبردست، در این حالت مزیت مکانیکی بزرگ‌تر از یک و بازوی محرک بزرگ‌تر از بازوی مقاوم است.



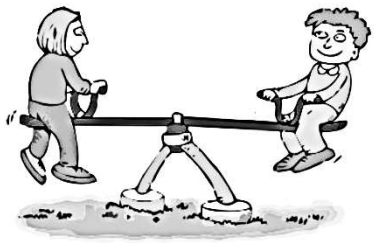
$$L_E > L_R \ , \ d_E > d_R \ , \ A > ۱$$

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.**

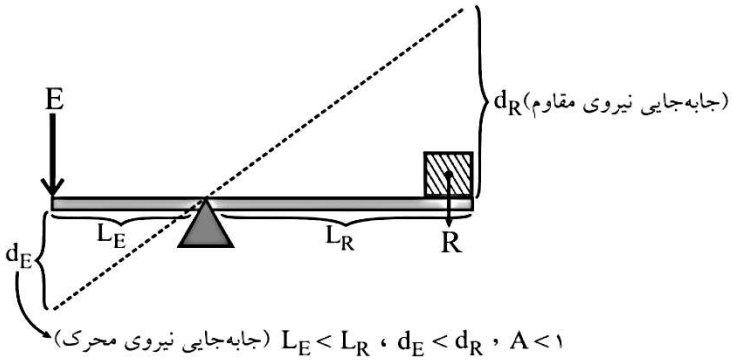


دیلم، اهرم نوع اول است.



الاکلنگ اهرم نوع اول است.

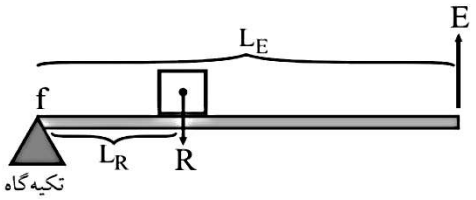
۳) تکیه‌گاه به نیروی محرک نزدیک‌تر است: مانند منجنیق.

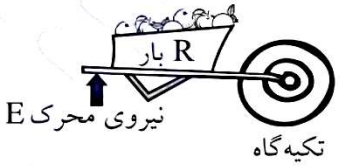


کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) تغییر جهت نیرو ۳) افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو

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).





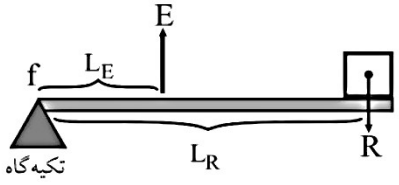
$L_E > L_R$, $d_E > d_R$, $A > ۱$, $L_E =$ طول اهرم

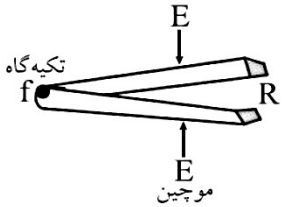
کمک‌های این ماشین: ۱) انتقال نیرو ۲) افزایش نیرو

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.

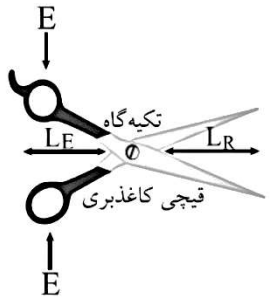
$L_R > L_E$, $d_R > d_E$, $A < 1$, L_R = طول اهرم

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؟**



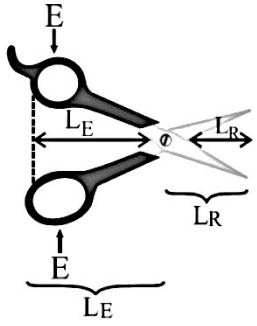
پاسخ

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؟**

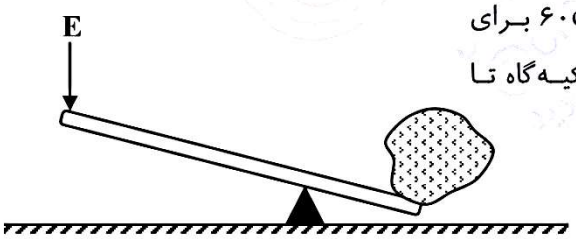
پاسخ

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



فیزیک پایه نهم

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:

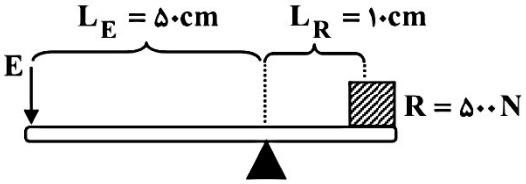


الف) طول بازوهای محرّک و مقاوم چند سانتی‌متر است؟

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)

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

دبیر: اشرفی

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 ... .

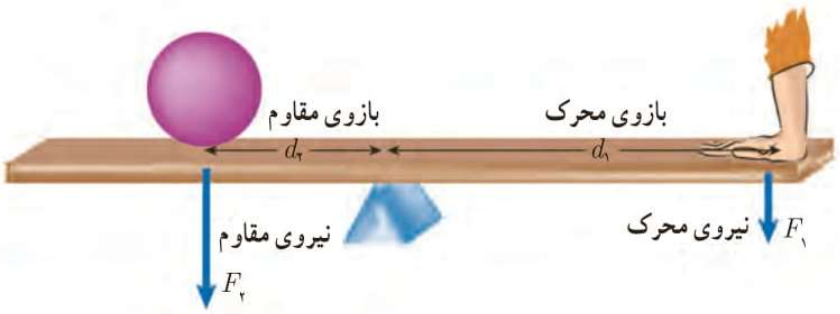
اهرم های مورد استفاده	وسیله نمونه
اهرم نوع دوم	دستگاه منگنه
اهرم نوع دوم	در بازکن
اهرم نوع دوم	فرقون
اهرم نوع دوم	میخ بر
اهرم نوع دوم	فندق شکن

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

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

فیزیک پایه نهم

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

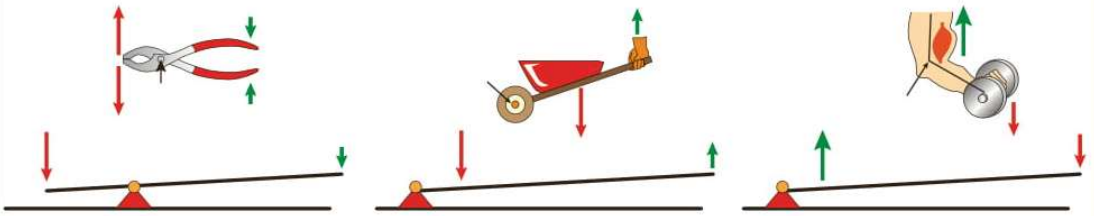
$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{d}{d} = \frac{\text{بازوی محرک}}{\text{بازوی مقاوم}}$$

دبیر: اشرفی

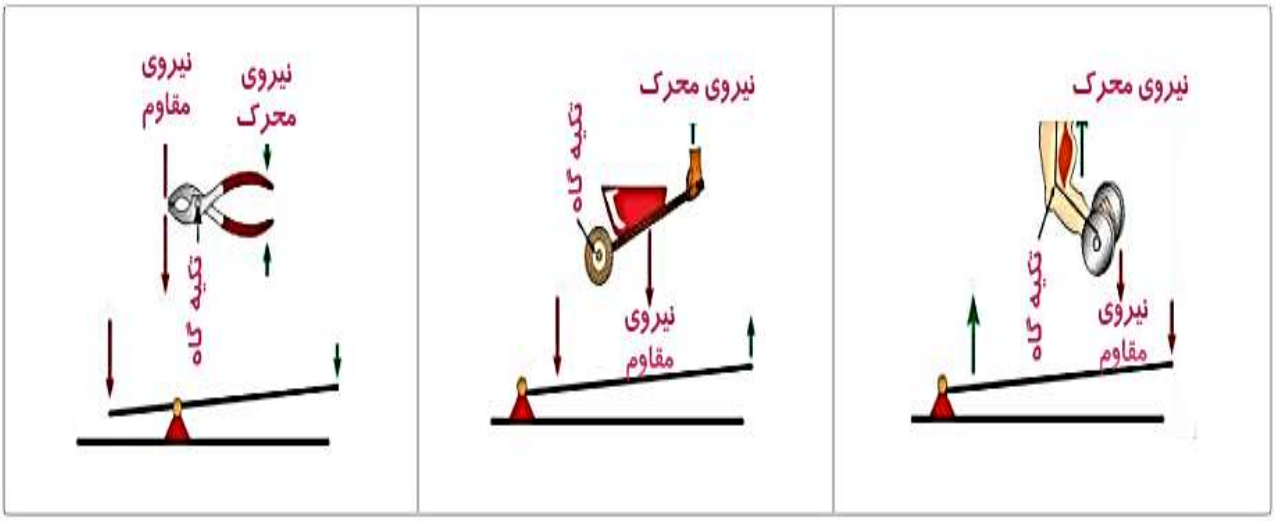
فیزیک پایه نهم

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

فیزیک پایه نهم

جمع‌بندی اهرم‌ها

نوع اهرم	جایگاه E و F و R	شکل	ویژگی خاص	تغییر جهت	افزایش نیرو	افزایش سرعت و مسافت	نوع صرفه‌جویی	منال
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

دبیر: اشرفی