آموزهٔ شانزدهم

هدف‌های رفتاری را روی تخته بنویسید.

هدف‌های رفتاری: هنرجو با یادگیری این آموزه می‌تواند:

- مفهوم نیرو، نیروی مقاوم و نیروی محرک را شرح دهد.
- یکاهای رایج نیرو را بیان کند و تبدیل یکاهای نیرو را با جدول انجام دهد.
- مفهوم گشتاور نیرو و کاربرد آن در ماشین‌های کشاورزی را با آوردن چند نمونه شرح دهد.
- یکای گشتاور را بیان کند و تبدیل یکای گشتاور را انجام دهد.
- رابطهٔ گشتاور را برای حل مسائل مربوط به ماشین‌های کشاورزی حل کند.

۱ــ۱۶ــ نیرو (۱ــ۴ صفحهٔ ۶۸)

از هنرجویان بخواهید نیرو را تعریف کنند. گفته‌های هنرجویان را روی تخته بنویسید و آن‌ها را برای رسیدن به پاسخ درست هدایت کنید.

تعریف نیرو: نیرو عاملی است که باعث می‌شود یک جسم از حالت سکون شروع به حرکت کند، یا جسمی که در حرکت است متوقف شود، نیرو همچنین می تواند باعث شود یک جسم سریع‌تر یا آهسته‌تر حرکت نماید، یا مسیر حرکت جسم تغییر کند.

اکنون از هنرجویان بخواهید نمونه‌ای برای نیرو بیان کنند، مانند:

- نیروی پیش‌رانندهٔ موتور باعث می‌شود تراکتور به حرکت بیفتد.
- نیروی رو به جلوی تراکتور گاوآهن را از حالت سکون به سمت جلو به حرکت می‌اندازد.
- نیروی وزن باعث سقوط بذر در لولهٔ سقوط خطی‌کار می‌گردد.

بیان کنید: «برخی نیروها باعث ایجاد حرکت جسم می‌شوند که به آن‌ها نیروی محرک می‌گویند». **در این زمینه با استفاده از روش پرسش و پاسخ مثال بیاورید، مانند:**

- نیروی الکتروموتور برای به حرکت انداختن تسمه در نقالهٔ تسمه‌ای؛
- نیروی دست برای به حرکت انداختن دسته‌های قیچی باغبانی.

سپس بیان کنید: «نیروهایی که از حرکت جسم جلوگیری می‌کنند یا از سرعت آن می‌کاهند، «نیروی مقاوم» نامیده می‌شوند. اگر نیروی مقاومی وجود نداشت تمام اجسامی که در حرکت‌اند، بدون به کار بردن نیرو، به حرکت خود ادامه می‌دادند». مانند:

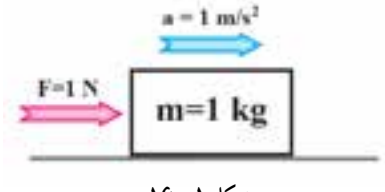
- نیروی ترمز چرخ‌ها برای متوقف کردن تراکتور؛
- مقاومت هوا در هنگام افتادن برگ درختان.

بیان کنید: «گاهی ترکیب چند نیرو به صورت نیروی مقاوم عمل می‌کنند. برای نمونه تراکتوری که در یک سر بالایی حرکت می‌کند و راننده در مسیر ترمز می‌گیرد نیروی ترمز، نیروی مقاومت هوا (هرچند ناچیز) و وزن تراکتور ناشی از شیب باعث کم شدن

سرعت و سرانجام ایستادن تراکتور می‌شود. در این وضعیت همهٔ این نیروها به صورت نیروی مقاوم عمل می‌کنند. در مسائل و شکل‌ها معمولاً نیرو با F و جهت نیرو با یک پیکان مشخص می‌شود. یکای نیرو در سیستم متریک (SI) نیوتن است و با حرف N مشخص می‌گردد».

روی تخته بنویسید: «یک نیوتن (N) مقدار نیرویی است که اگر به جسمی به جرم یک کیلوگرم اعمال شود جسم با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه حرکت خواهد کرد».

شکل ۱ــ۱۴ را روی تخته بکشید.



شکل ۱ــ۱۶

شرح دهید: این تعریف زمانی صادق است که نیروی مقاومی به جسم اعمال نشود یا برایند نیروها برابر یک نیوتن باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$۱N \quad ۱kg\times۱m/s^{۲} \qquad \text{یا} \qquad ۱N = ۱kg\times\frac{m}{s^{۲}}$$

بیان کنید: «نیرو در هر سیستم اندازه‌گیری یکای ویژه‌ای دارد، برای نمونه، یکای نیرو در سیستم MKS کیلوگرم نیرو (kgf) و در سیستم انگلیسی پوند نیرو (lbf) است. می‌توان یکاهای نیرو در سیستم‌های مختلف را به یکدیگر تبدیل کرد. برای این کار می‌توانید از پیوست جدول ۱ صفحهٔ ۱۳۲ کتاب استفاده کنید».

(با نوشتن مطالب زیر روی تخته، روش استفاده از جدول را شرح دهید).

$$۱N = ۱lbf \times ۴/۴۵ \Rightarrow ۱lbf = \frac{۱N}{۴/۴۵}$$

$$۱N = ۱kgf \times ۹/۸۱ \Rightarrow ۱kgf = \frac{۱N}{۹/۸۱}$$

برای درک بهتر هنرجویان، تمرین‌های مطرح شده در این آزمون را در کلاس ارائه دهید و از آن‌ها بخواهید تا تمرین‌ها را حل کنند. یکی از هنرجویان را پای تخته بیاورید تا مسئله را حل کند. جاهایی را که هنرجو اشتباه می‌کند یادآور شوید.

تمرین ۱ : ۳/۵ نیوتن چند پوند نیرو و چند کیلوگرم نیرو است؟

پاسخ :

F　۳/۵ N

F　? lbf　　$۱lbf = \frac{۱N}{۴/۴۵} \Rightarrow F = \frac{۳/۵\,N}{۴/۴۵} \Rightarrow \boxed{F = ۰/۷۸۷\,lbf}$

F　? kgf

$$۱kgf = \frac{۱N}{۹/۸۱} \Rightarrow F = \frac{۳/۵\,N}{۹/۸۱} \Rightarrow \boxed{F = ۰/۳۵۷Kgf}$$

تمرین ۲ : ۱۰ پوند نیرو چند نیوتن و چند کیلوگرم نیرو است؟

پاسخ :

F　۱۰ lbf

$$۱N = ۱lbf \times ۴/۴۵ \Rightarrow F = ۱۰\times۴/۴۵ \Rightarrow \boxed{F = ۴۴/۵N}$$

F　? N

F ? kgf

$$۱\text{kgf} = \frac{۱\text{N}}{۹/۸۱} \Rightarrow \text{F} = \frac{۴۴/۵\,\text{N}}{۹/۸۱} \Rightarrow \boxed{\text{F} = ۴/۵۳۶\text{Kgf}}$$

کار در خانه: ۵۶ پوند نیرو چند نیوتن و چند کیلوگرم نیرو است؟

کار در خانه: از هنرجویان بخواهید تا هر کدام نیروهای محرک اعمال شده به یک وسیلهٔ کشاورزی در حرکت و نیروهای مقاوم آن را مشخص کند.

کار در خانه: از هنرجویان بخواهید تا به صورت گروهی ارقام مختلفی را برای نیرو با واحدهای مختلف انتخاب کنند، سپس هر هنرجو در منزل آن نیروها را به واحدهای دیگر تبدیل کند و در جلسهٔ آینده، پاسخ به دست آمده را با دیگر هنرجویان مقایسه نماید.

کار در خانه: چند مسئله برای کار در خانهٔ هنرجویان طرح و به آنان ارایه کنید.

۲ــ۱۶ــ تعادل نیروها (۲ ــ ۴ــ صفحهٔ ۶۹)

نخست با استفاده از روش پرسش و پاسخ بیان کنید «نیرو یک کمیّت برداری است و از این‌رو برای تعیین یک نیرو باید مقدار، نقطهٔ اثر، امتداد و جهت آن را داشت و نیز جمع بردارها به صورت برداری انجام می‌گردد».

شرایط دو نیروی هم راستای متعادل را با رسم شکل بیان کنید. اکنون با رسم شکل برآیند دو نیرو و نیرویی را که با آن نیرو در تعادل است شرح دهید.

پیشنهاد می‌شود که تعادل گشتاورها و رابطهٔ آن‌ها را پس از تدریس گشتاور نیرو بیان کنید.

نکته: در این کتاب، تعادل جسم در حالت تعادل همزمان نیروها و گشتاور به صورت همزمان مورد نظر نیست و تنها تعادل نیروها بدون در نظر گرفتن گشتاور مورد نظر است.

با پرسش و پاسخ، پارامترهای مورد نیاز را برای تعیین یک نیرو معین کنید. از هنرجویان بپرسید: «فرض کنید به یک جسم درحال سکون، نیرو اعمال شده است و می‌خواهید آن را بررسی کنید. اولین پرسشی که از ذهن شما در مورد نیروی اعمال شده پدید می‌آید چیست؟»

پاسخ هنرجویان را روی تخته بنویسید و موارد را به صورت زیر تکمیل کنید:

- مقدار نیرو؛
- نقطهٔ اثر نیرو (نقطه‌ای از جسم که نیرو به آن اعمال می‌گردد)؛
- راستای نیرو؛
- جهت نیرو.

بیان کنید: «با دانستن پارامترهای فوق می‌توانید نیروی اعمال شده به جسم را بررسی کنید و در صورت نیاز محاسبات مربوط به آن را انجام دهید».

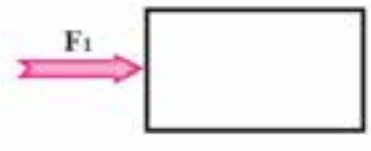
بپرسید: «کدام نوع از کمیّت‌ها هستند که برای تعیین آن‌ها نیاز به پارامترهای فوق است». پس از پاسخ دادن هنرجویان تأکید کنید که کمیت‌های برداری دارای این ویژگی هستند و از این موضوع نتیجه‌گیری کنید که نیرو یک کمیت برداری است.

بیان کنید: «عملیات ریاضی کمیت‌های برداری روش خاصی دارد و از آنجایی که نیرو یک کمیت برداری است، برای جمع دو یا چند نیرو باید از جمع برداری استفاده کرد».

اشتباه رایج

برخی دانش‌آموزان برای انجام عملیات ریاضی روی کمیت‌های برداری از روش‌های معمولی، که در ریاضی برای کمیت‌های اسکالر آموخته‌اند، استفاده می‌کنند. به هنرجویان این نکته را یادآوری و تأکید کنید که در صورت انجام این اشتباه به پاسخی غلط خواهند رسید. بهتر است برای درک اهمیت موضوع چند مثال در کلاس مطرح و آن‌ها را حل کنید.

شکل ۲ــ۱۶ را روی تخته رسم و بیان کنید نیروی F_1 به یک جسم ساکن اعمال می‌شود.



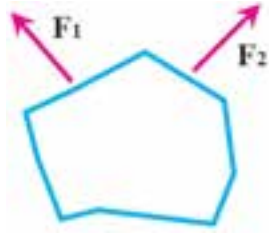
شکل ۲ــ ۱۶

بپرسید: «برای خنثا کردن نیروی اعمال شده به جسم چه باید انجام دهیم؟». پس از پاسخ هنرجویان بیان کنید: « باید نیروی F_2 را که مساوی، هم‌راستا و در جهت مخالف نیروی F_1 است، به جسم اعمال کنیم». شکل فوق را به صورت روبه‌رو تکمیل کنید.

شکل ۳ــ ۱۶

بیان کنید: در این وضعیت نیروهای اعمال شده به جسم همدیگر را خنثا می‌کنند و جسم درحال تعادل است.

شکل ۴ــ ۱۶ را روی تخته رسم و بیان کنید که نیروهای F_1 و F_2 به یک جسم ساکن اعمال می‌شوند.

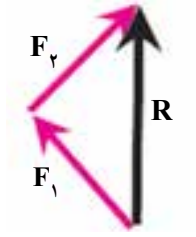


شکل ۴ــ ۱۶

بیان کنید: «این جسم پس از اعمال دو نیرو از حالت سکون خارج می‌شود و به حرکت در می‌آید».

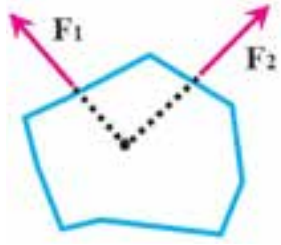
بپرسید: «جسم در کدام سو حرکت می‌کند F_1 یا F_2 ؟»

پس از پاسخ چند هنرجو بیان کنید: «جسم در راستا و سوی برداری که برابر با حاصل جمع دو نیروی F_1 و F_2 است حرکت می‌کند. به این بردار، برآیند دو نیروی F_1 و F_2 می‌گویند. برای پیدا کردن برآیند نیروها که بیشتر با حرف R نشان داده می‌شود از جمع‌برداری استفاده می‌شود». شکل روبه‌رو را رسم کنید و جمع برداری به روش مثلث را شرح دهید.

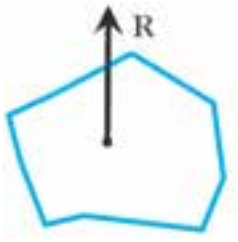


شکل ۵ــ ۱۶

بیان کنید: «امتداد دو نیروی اعمال شده به جسم را باید رسم کنید تا در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند. نیروی برآیند R را در این نقطه قرار دهید». سپس شکل روبه‌رو را رسم کنید.

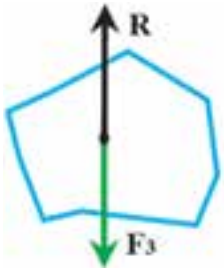


شکل ۶ــ۱۶



شکل ۷ــ ۱۶

بیان کنید: «می‌توان دو نیرو را از شکل حذف کرد و به‌جای آن‌ها برآیند R را به جسم در نقطهٔ تعیین شده اعمال کرد». شکل ۷ــ۱۶ رسم کنید.



شکل ۸ــ ۱۶

بیان کنید: «اگر بخواهیم جسم بایستد و یا به بیان دیگر به حالت تعادل برسد باید یک نیروی مساوی، هم راستا با راستای نیروی R در سوی مخالف به جسم اعمال کنیم». **شکل ۷ــ۱۶ را مانند شکل ۸ــ۱۶ تکمیل کنید.**

با یادآوری این موضوع که نیروی F_3 در واقع نیروهای F_1 و F_2 را خنثا می‌کند، روابط ریاضی آن را به صورت زیر و با شکل‌های رسم شده شرح دهید:

■ **مرحلهٔ اول:** جمع دو نیرو

$F_1 \quad F_2 \quad R \qquad (1)$

■ **مرحلهٔ دوم:** مطابق شرط تعادل مجموع تمام نیروهای اعمال شده برابر صفر است.

$\sum F = 0$

یعنی:

$R \quad F_3 \quad 0 \qquad (2)$

■ **مرحلهٔ سوم:** در رابطهٔ ۲ به جای R مساوی آن را از رابطهٔ ۱ بگذارید:

$$\left.\begin{array}{l} F_1 + F_2 = R \\ R + F_3 = 0 \\ F_1 + F_2 + F_3 = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow F_1 + F_2 = -F_3$$

نیروی F_3 مساوی و خلاف سوی حاصل جمع برداری نیروهای F_1 و F_2 است. بنابراین جسم با اعمال نیروی F_3 به تعادل می‌رسد یا می‌ایستد.

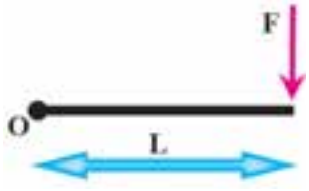
۳ــ۱۶ــ گشتاور نیرو (۳ــ۴ــ صفحهٔ ۷۰)

بپرسید: «اگر نتوانید با دست و بدون ابزار یک مهره را که روی یک پیچ بسته شده است باز کنید، از آچار استفاده می‌کنید. در این حالت با اعمال همان نیرو مهره باز می‌شود. چرا؟ یا هنگام جابه‌جایی اجسام سنگین، چرا از اهرم استفاده می‌کنید؟».

بیان کنید: «در تمام کارهای گفته شده و مانند آن از ویژگی یک کمیت فیزیکی به نام گشتاور استفاده می‌گردد».

تعریف گشتاور را روی تخته بنویسید: لنگر یا گشتاور نیرو نسبت به یک نقطه برابر است با حاصل‌ضرب نیرو در فاصلهٔ عمودی نقطه تا امتداد نیرو.

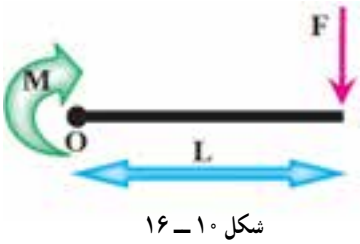
شکل روبه‌رو را رسم کنید.



شکل ۹ــ ۱۶

بیان کنید: «اهرمی به طول L را فرض کنید که به لولای O متصل است و به انتهای دیگر آن نیروی F اعمال می‌گردد. گشتاور به‌وجود آمده در اثر نیروی F، که با حرف M مشخص می‌شود، تمایل دارد تا اهرم را در جهت عقربه‌های ساعت بچرخاند».

شکل ۹ــ ۱۶ را مانند شکل ۱۰ــ ۱۶ تکمیل کنید.



شکل ۱۰ــ ۱۶

اکنون رابطهٔ گشتاور را با توجه به شکل ۱۰ــ ۱۶ شرح دهید.

$M \quad F \times L$

M : گشتاور نیرو بر حسب نیوتن متر (N.m)

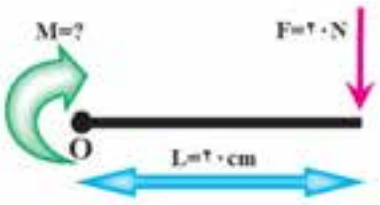
F : نیرو بر حسب نیوتن (N)

L : فاصلهٔ عمودی نیرو تا مرکز دوران یا بازوی گشتاور بر حسب متر (m)

بیان کنید: «جهت گشتاور روی شکل با یک علامت پیکان گرد مشخص می‌شود که بیشتر کنار مرکز دوران رسم می‌شود. البته می‌توان این علامت پیکان گرد را کنار پیکان نیروی عامل گشتاور و یا هر جای دیگری نزدیک بازوی گشتاور رسم نمود. اگر اهرم در سوی عقربه‌های ساعت بچرخد، علامت گشتاور مثبت و اگر خلاف عقربه‌های ساعت بچرخد با علامت منفی نشان داده می‌شود».

مثال ۱ : در شکل زیر مقدار نیرو ۲۰ نیوتن و بازوی گشتاور ۲۰ سانتی‌متر است. گشتاور نیرو حول نقطهٔ O را محاسبه کنید.

پاسخ :



شکل ۱۱ــ ۱۶

$F \quad ۲۰\ N$

$L \quad ۲۰\ cm \quad ۰/۲\ m$

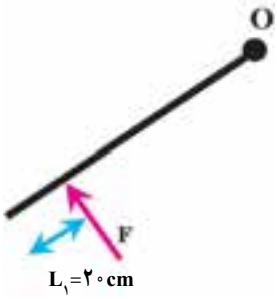
$M \quad ?\ N.m$

$M \quad F \times L$

$\Rightarrow M \quad ۲۰ \times ۰/۲ \Rightarrow M \quad ۴/۰\ N.m$

شرح دهید: چون نیروی F تمایل دارد اهرم را در جهت عقربه‌های ساعت بچرخاند پس علامت گشتاور مثبت است.

تمرین ۳ : در شکل نشان داده شده، نیروی ۶۰ نیوتنی به اهرمی به طول ۲ متر اعمال می‌شود. گشتاور نیرو حول نقطه O را محاسبه کنید.



شکل ۱ــ۱۲ ــ ۱۶

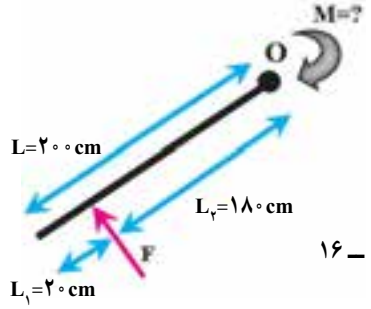
پاسخ :

$F \quad ۶۰\ N$

$L \quad ۲\ m$

$M \quad ?\ N.m$

$L_۲ \quad L \quad L_۱ \quad ۲ \quad ۰/۲ \quad ۱/۸\ m$



شکل ۲ــ۱۲ ــ ۱۶

$$M \quad F \times L$$

$$\Rightarrow M = ۶۰ \times ۱/۸ \Rightarrow \boxed{M = +۱۰۸ N.m}$$

شرح دهید : چون نیروی F تمایل دارد اهرم را هم‌سو با عقربه‌های ساعت بچرخاند پس علامت گشتاور مثبت است.

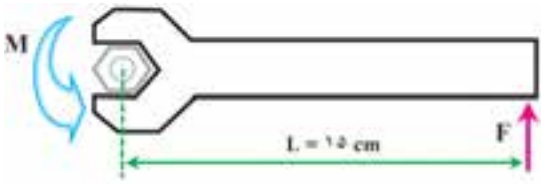
کار در خانه (۲) : مهره‌ای به وسیلهٔ آچار ترک متر با گشتاور ۲۰۰ N.m روی پیچی بسته شده است. اگر فاصلهٔ دست تا مهره روی آچار ۱۵ سانتی‌متر باشد، نیروی مورد نیاز برای باز کردن مهره چقدر است؟

پاسخ :

M ۲۰۰ N.m

L ۱۵ cm ۰/۱۵ m

F ?



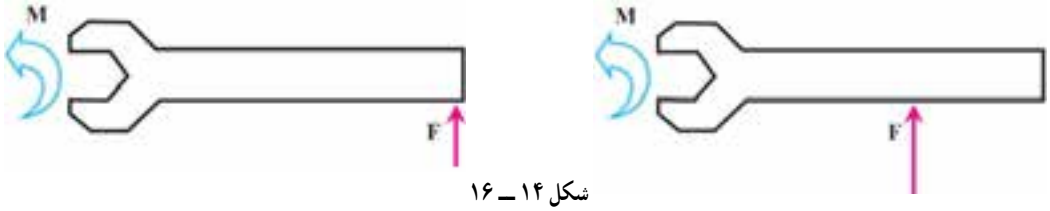
شکل ۱۳ ــ ۱۶

$$M = F \times L \Rightarrow ۲۰۰ = F \times ۰/۱۵ \Rightarrow \boxed{F = ۱۳۳۳/۳ N}$$

بیان کنید: «هنگامی که می‌خواهید مهره یا پیچی را با آچار باز کنید، نیروی لازم دست برای باز کردن مهره به فاصلهٔ قرارگیری دست روی آچار ــ که همان بازوی گشتاور است ــ تا مهره بستگی دارد».

شکل‌های ۱۴ــ ۱۶ را رسم کنید و شرح دهید: «هر چه دست از مهره دورتر باشد، بازوی گشتاور زیادتر می‌شود، بنابراین گشتاور افزایش می‌یابد پس برای باز کردن مهره به نیروی کمتری نیاز است».

پرسش: از هنرجویان بپرسید چرا برای بستن پیچ و مهره در قطعات حساس، از آچار ترک‌متر استفاده می‌شود؟

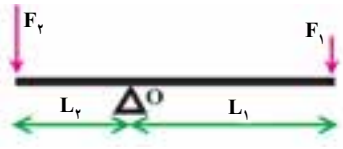


شکل ۱۴ ــ ۱۶

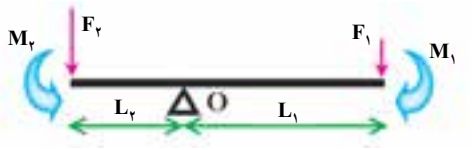
پاسخ: برای اینکه گشتاور بیش از حد به پیچ یا مهره یا قطعه اعمال نشود و از بریدن پیچ، خرابی مهره یا اعمال نیروی زیاد به قطعه جلوگیری شود.

شکل ۱۵ــ ۱۶ را رسم کنید.

بیان کنید: «اهرم نشان داده شده روی یک پایه در نقطهٔ O قرار دارد. نیروی $F_۱$ و $F_۲$ مانند شکل به اهرم اعمال می‌گردد. فرض کنید $F_۱$ از $F_۲$ کمتر است و اهرم هم ثابت است و نمی‌چرخد. نیروی $F_۱$ گشتاور $M_۱$ و نیروی $F_۲$ گشتاور $M_۲$ را حول نقطهٔ O ایجاد می‌کنند. گشتاور $M_۱$ تمایل دارد تا اهرم را هم‌سوی عقربه‌های ساعت بچرخاند و علامت آن مثبت است و گشتاور $M_۲$ تمایل دارد تا اهرم را خلاف عقربه‌های ساعت بچرخاند و علامت آن منفی است».



شکل ۱۵ ــ ۱۶



شکل ۱۶ــ ۱۶

شکل ۱۵ــ۱۶ را به صورت شکل ۱۶ــ۱۶ تکمیل کنید و سوی چرخش را نسبت به تکیه‌گاه نشان دهید.

بیان کنید: «از آنجایی که اهرم ثابت است و نمی‌چرخد پس آشکار است که دو گشتاور همدیگر را خنثا می‌کنند و مجموع آن‌ها برابر صفر است. در این وضعیت اهرم در حالت تعادل است و گشتاورها با هم برابرند با این که نیروها برابر نیستند».

روابط زیر را روی تخته بنویسید و شرح دهید.

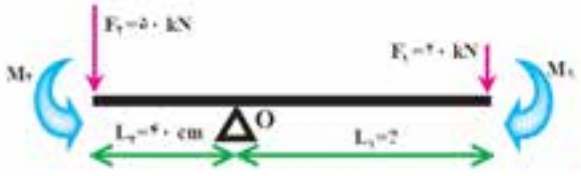
$$\sum M = ۰ \Rightarrow M_۱ + (-M_۲) = ۰ \Rightarrow M_۱ - M_۲ = ۰ \Rightarrow M_۱ = M_۲$$

پس می‌توان نوشت:

$$F_۱ \times L_۱ = F_۲ \times L_۲ \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} = \frac{L_۲}{L_۱}$$

مثال ۲ : در شکل ۱۷ــ۱۶ اگر نیروهای $F_۱$ و $F_۲$ به ترتیب ۲۰ و ۵۰ کیلونیوتن و فاصلهٔ $F_۲$ تا نقطهٔ O، ۴۰ سانتی‌متر باشند، فاصلهٔ $F_۱$ تا نقطهٔ O باید چقدر باشد تا اهرم در حالت تعادل قرار بگیرد؟

پاسخ:



شکل ۱۷ــ ۱۶

$F_۱$　۲۰ kN　۲۰۰۰۰ N

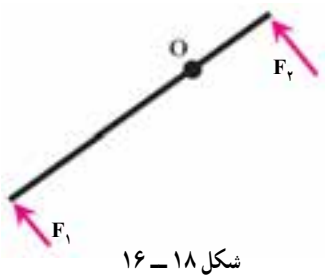
$F_۲$　۵۰ kN　۵۰۰۰۰ N

$L_۲$　۴۰ cm　۰/۴ m

$L_۱$　?

$M_۱$　$M_۲$

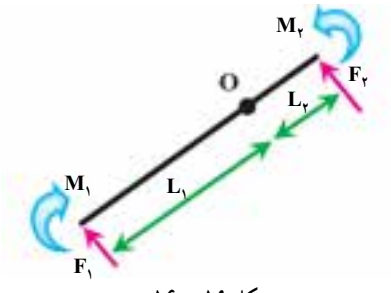
$$\Rightarrow F_۱ \times L_۱ = F_۲ \times L_۲ \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} = \frac{L_۲}{L_۱} \quad \Rightarrow \quad \frac{۲۰۰۰۰}{۵۰۰۰۰} = \frac{۰/۴}{L_۱} \Rightarrow \boxed{L_۱ = ۱\text{m}}$$



شکل ۱۸ــ ۱۶

تمرین ۴ : در شکل روبه‌رو نیروی ۶۰ کیلونیوتنی $F_۱$ به اهرم اعمال می شود. فاصلهٔ $F_۱$ تا نقطهٔ O، ۸۵ سانتی‌متر است. اگر فاصلهٔ $F_۲$ تا نقطهٔ O، ۳۵ سانتی‌متر باشد، اندازهٔ نیروی $F_۲$ چقدر باید باشد تا اهرم در حالت تعادل قرار بگیرد؟

پاسخ :



شکل ۱۹ــ ۱۶

$F_۱$　۶۰ kN　۶۰۰۰۰ N

$F_۲$　? kN

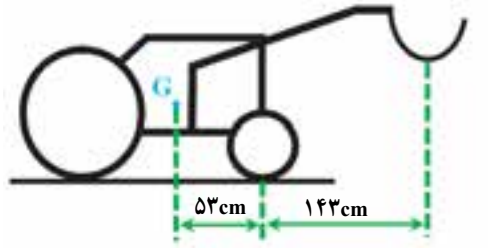
$L_۱$　۸۵ cm　۰/۸۵ m

$L_۲$　۳۵ cm　۰/۳۵ m

$$M_۱ = M_۲ \Rightarrow F_۱ \times L_۱ = F_۲ \times L_۲ \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} = \frac{L_۲}{L_۱}$$

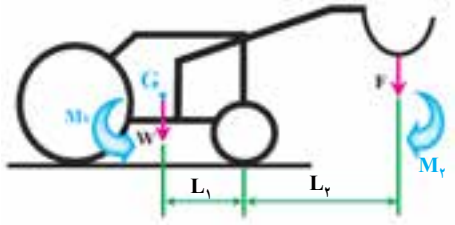
$$\frac{۶۰۰۰۰}{F_۱}=\frac{۰/۳۵}{۰/۸۵}\Rightarrow \boxed{F_۱=۲۰۱۶۸۱N}$$

کاردرخانه (۳): بیل نصب شده‌ای در تراکتوری به جرم ۹۸۰ کیلوگرم در موقعیت نشان داده شده در شکل روبه‌رو قرار دارد. مرکز ثقل تراکتور با نقطهٔ G تعیین شده است. بیشترین وزنه‌ای را که زنبهٔ تراکتور می‌تواند بارگیری کند، بدون این که تراکتور واژگون شود چه اندازه است؟ از وزن شاسی زنبه چشم‌پوشی می‌شود.



شکل ۲۰ــ۱۶

پاسخ :



شکل ۲۱ ــ ۱۶

m ۹۸۰ kg

$L_۱$ ۵۳ cm ۰/۵۳ m

$L_۲$ ۱۴۳ cm ۱/۴۳ m

F ?

W mg ۹۸۰×۹/۸⇒W ۹۶۰۴ N

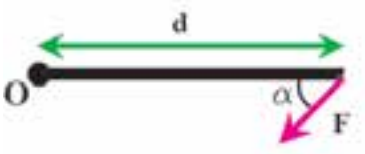
$M_۱$ $M_۲$

$$\Rightarrow W\times L_۱=F\times L_۲\Rightarrow \frac{W}{F}=\frac{L_۲}{L_۱}\Rightarrow \frac{۹۶۰۴}{F}=\frac{۱/۴۳}{۰/۵۳}\Rightarrow \boxed{F=۳۵۶۰N}$$

بپرسید: «وقتی با آچار می‌خواهید یک پیچ را باز کنید آیا اگر بازوی شما عمود بر طول آچار باشد نیروی بیشتری می‌توانید وارد کنید یا زمانی که بازوی شما عمود بر آچار نباشد؟».

پس از پاسخ دادن هنرجویان توضیح دهید که امتداد نیرو می‌تواند بر امتداد بازوی گشتاور عمود نباشد، مانند آنچه در شکل نشان داده شده است.

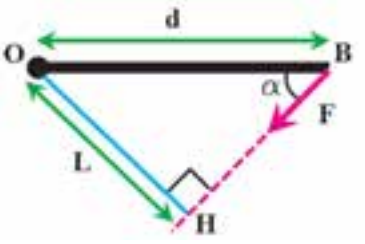
شکل ۲۲ــ۱۶ را روی تخته رسم کنید.



شکل ۲۲ ــ ۱۶

بیان کنید: «در این حالت مقدار گشتاور را نمی‌توان از رابطه‌ای که پیش از این گفته شد به دست آورد؛ یعنی برای محاسبهٔ گشتاور نیروی F حول نقطهٔ O، نمی‌توان F را در d ضرب کرد. چون، همان‌طور که در تعریف گشتاور بیان شد، گشتاور برابر است با حاصل‌ضرب نیرو در فاصلهٔ عمودی نقطه تا امتداد نیرو، یعنی F تا فاصلهٔ L».

شکل ۲۲ــ۱۶ را مانند شکل ۲۳ــ۱۶ کامل کنید.



شکل ۲۳ ــ ۱۶

بیان کنید: «در شکل ایجاد شده گشتاور برابر خواهد شد با» :

M F×L

توضیح دهید که در مثلث OHB، d وتر است و برای زاویهٔ α می‌توان نوشت :

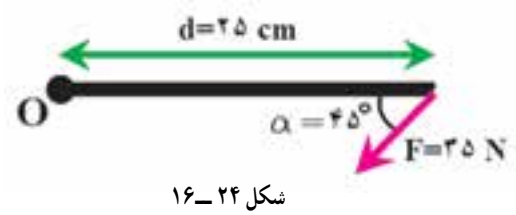
$$\sin\alpha=\frac{L}{d}\Rightarrow L=d\times\sin\alpha$$

پس خواهیم داشت :

$$\left.\begin{matrix} M = F \times L \\ L = d \times \sin\alpha \end{matrix}\right\} \quad M = F \times d \times \sin\alpha$$

مثال ۳ : در شکل ۲۴ــ۱۶ مقدار نیرو ۳۵ نیوتن و طول d برابر ۲۵ سانتی‌متر و زاویه α برابر ۴۵ درجه است. گشتاور نیرو حول نقطه O را محاسبه کنید.

پاسخ :



شکل ۲۴ ــ ۱۶

F　۳۵ N
d　۲۵ cm　۰/۲۵ m
M　?

$$M \quad F \times d \times \sin\alpha$$

$$M = ۳۵ \times ۰/۲۵ \times \sin ۴۵^\circ \Rightarrow \boxed{M = +۶/۱۹ N.m}$$

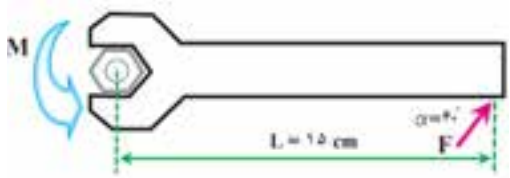
پرسش: «چرا هنگامی که نیرو عمود بر بازوی گشتاور است، اندازهٔ گشتاور بیشتر است؟».

پاسخ: زیرا در این حالت اندازهٔ زاویهٔ α، ۹۰ درجه و سینوس این زاویه برابر یک است که بیشترین عدد برای سینوس زاویه است پس در این وضعیت گشتاور بیشترین خواهد بود.

مثال صفحهٔ ۷۱ را حل کنید.

تمرین ۵ : مهره‌ای به‌وسیله آچار ترکمتر با گشتاور ۲۰۰ N.m روی پیچی بسته شده است. اگر فاصلهٔ دست تا مهره روی آچار ۱۵ سانتی‌متر باشد و نیرو با زاویهٔ ۶۰ درجه نسبت به بازوی آچار به آن اعمال شود، نیروی مورد نیاز برای باز کردن مهره چقدر خواهد بود؟

پاسخ :



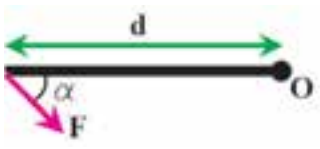
شکل ۲۵ ــ ۱۶

M　۲۰۰ N.m
L　۱۵ cm　۰/۱۵ m
F　?

$$M \quad F \times d \times \sin\alpha$$

$$۲۰۰ \quad F \times ۰/۱۵ \times \sin ۶۰^\circ \Rightarrow \boxed{F \quad ۱۵۴۰ N}$$

کار در خانه(۴): در شکل مقابل، مقدار نیرو ۷۰ نیوتن و طول d برابر ۵۵ سانتی‌متر و زاویهٔ α برابر ۴۵ درجه است. گشتاور نیرو حول نقطهٔ O را محاسبه کنید.



شکل ۲۶ ــ ۱۶

کار در خانه(۵): از چند نفر از هنرجویان بخواهید تا هر کدام فهرستی تهیه کنند که در آن کاربرد گشتاور نیرو در ماشین‌های کشاورزی نام برده شده باشد و شکل سادهٔ یکی از موارد نام برده شده را رسم کنند و در جلسهٔ آینده در کلاس ارائه دهند.

آموزهٔ هفدهم

هدف‌های رفتاری را روی تخته بنویسید.

هدف‌های رفتاری : هنرجو با یادگیری این آموزه می‌تواند:

- گشتاور گردشی را تعریف کند.
- اندازه گشتاور گردشی یا کوپل دَوَرانی را بیان کند و محاسبات مرتبط را انجام دهد.
- عوامل مؤثر در نیروی اصطکاک را شرح دهد.
- انواع اصطکاک را شرح دهد.
- محاسبات اصطکاک لغزشی را انجام دهد.

۱ــ ۱۷ــ گشتاور گردشی یا کوپل دورانی (۴ــ ۴ــ صفحهٔ ۷۲)

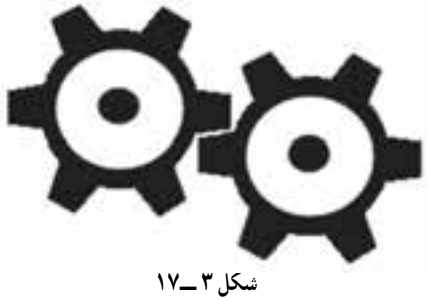
چرخ دندهٔ شکل ۱ــ۱۷ را روی تخته رسم کنید.

توضیح دهید: این چرخ دنده بر روی یک محور ثابت قرار گرفته است. محور را در داخل سوراخ مرکزی نشان دهید (شکل ۲ــ۱۷).

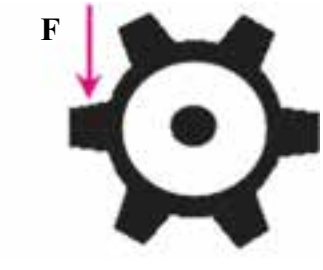
شکل ۱ ــ۱۷

شکل ۲ ــ۱۷

چرخ دندهٔ دیگری کنار این چرخ دنده مطابق شکل ۳ــ۱۷ رسم کنید.



شکل ۳ ــ۱۷

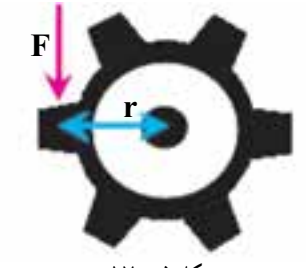


شکل ۴ ــ۱۷

توضیح دهید: «فرض کنید چرخ دندهٔ دوم محرک است در این صورت دندانهٔ آن به دندانهٔ چرخ دندهٔ اول نیرو اعمال می‌کند».

اکنون چرخ دندهٔ دوم را پاک کنید و به جای آن نیروی اعمال شده از طرف دندانهٔ چرخ دندهٔ دوم به اول را مانند شکل ۴ــ ۱۷ رسم نمایید.

از هنرجویان بپرسید: «در اثر اعمال نیرو به چرخ دنده چه اتفاقی می‌افتد؟»



شکل ۵ ــ ۱۷

پس از پاسخ هنرجویان، توضیح دهید: «این نیرو چون مماس بر محیط چرخ دنده است به آن نیروی مماسی گفته می‌شود. به‌دلیل نصب شدن چرخ دنده بر روی محور ثابت، چرخ دنده و محور نمی‌توانند جابه‌جا شوند ولی چرخ دنده می‌تواند حول محور بچرخد. نیروی مماسی F باعث به‌وجود آمدن گشتاوری حول محور ثابت می‌شود. بازوی گشتاور معادل شعاع دایره گام (فاصله نقطهٔ درگیری دو دندانه تا مرکز محور ثابت) است». شکل ۴ــ۱۷ را مانند شکل ۵ــ۱۷ تکمیل کنید.

توضیح دهید: «چون گشتاور اعمال شده باعث چرخیدن چرخ دنده حول محور می‌شود از این‌رو به آن *گشتاور دورانی* یا *کوپل* می‌گویند». اکنون رابطهٔ گشتاور دورانی را روی تخته نوشته و شرح دهید.

$$M \quad F \times r$$

که در آن:

M : گشتاور نیرو بر حسب نیوتن متر (N.m)؛

F : نیرو بر حسب نیوتن (N)؛

r : شعاع چرخ دنده بر حسب متر (m).

بیان کنید: «گشتاور دورانی در مکانیزم‌هایی مانند تسمه و چرخ‌تسمه، چرخ دنده‌ها، چرخ زنجیرها و غیر آن‌ها ایجاد می‌شود».

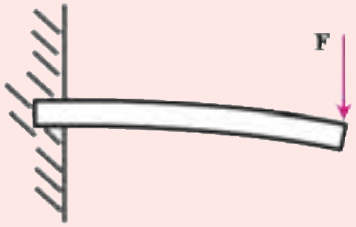
پرسش: از هنرجویان بخواهید تا نمونه‌هایی از کاربرد گشتاور دورانی در ماشین‌های کشاورزی بیان کنند.

اکنون مثال صفحهٔ ۷۲ کتاب را حل کنید.

یادآوری برای هنرآموز

گشتاور را می‌توان بر پایهٔ اثری که در جسم می‌گذارد نام‌گذاری کرد. یک تیر فلزی را در نظر بگیرید که یک سر آن درون دیوار ثابت شده و انتهای دیگر آن آزاد است (شکل ۶ــ ۱۷). تیر با اعمال نیرو به سر آزاد آن، خمیده می‌شود (شکل ۷ــ۱۷).

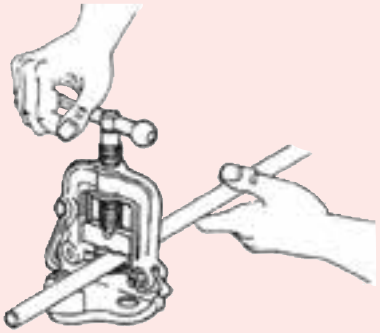
شکل ۶ ــ ۱۷



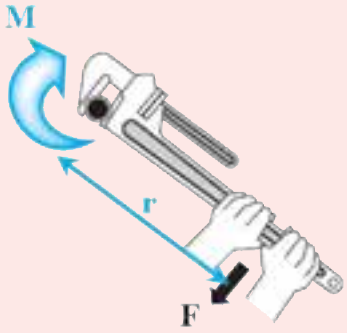
شکل ۷ ــ ۱۷

نیروی F با گشتاور M، که به تیر وارد می‌کند، باعث خم شدن تیر می‌شود. از این‌رو به این گشتاور، *گشتاور خمشی* می‌گویند.

گشتاور پیچشی ــ لولهٔ فلزی را در نظر بگیرید که یک سر آن بین دو فک گیره محکم شده است و سر دیگر آن آزاد است (شکل ۸ــ۱۷).



شکل ۸ ــ ۱۷



شکل ۹ ــ ۱۷

اگر با یک آچار لوله گیر نیروی F را به انتهای لوله اعمال کنیم آچار، گشتاور M را به انتهای لوله اعمال می‌کند (شکل ۹ــ۱۷).

در اثر این گشتاور، پیچیدگی در لوله حول محور طولی ایجاد می‌شود. از این رو به این گشتاور، *گشتاور پیچشی* می‌گویند. نوع دیگری از این گشتاور در فنر میله‌ای پیچشی وجود دارد (شکل ۱۰ــ۱۷).

شکل ۱۰ ــ ۱۷

۲ــ۱۷ــ نیروی اصطکاک (۵ ــ ۴ــ صفحهٔ ۷۳)

۱ــ ۲ــ ۱۷ــ اصطکاک در حال سکون : از هنرجویان تعریف نیروی اصطکاک را بپرسید و گفته‌های آن‌ها را روی تخته بنویسید و نوشته‌ها را با گفته‌های دیگر هنرجویان تکمیل کنید تا سرانجام به پاسخ زیر برسید :

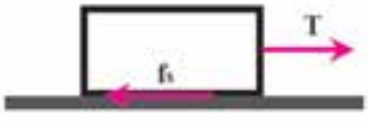
«هر گاه جسمی روی سطح جسم دیگری بلغزد، هر یک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می‌کند که این نیرو در امتداد سطح است و مانع حرکت دو جسم روی یکدیگر می‌شود. این نیرو را نیروی اصطکاک می‌نامند».

از هنرجویان بخواهید «مثال‌هایی از کاربرد نیروی اصطکاک بیان کنند».

شما نیز می‌توانید مثال‌های دیگری مطرح کنید، مانند: نیروی اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه‌چرخ، لاستیک و زمین، تسمه و چرخ‌تسمه و غیر آن‌ها.

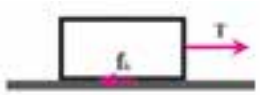
شکل ۱۱ــ ۱۷ را روی تخته رسم کنید.

شکل ۱۱ ــ ۱۷



شکل ۱۲ ــ ۱۷

بیان کنید: «فرض کنید به جسمی که روی جسم دیگر قرار دارد نیروی کمی برابر با T اعمال شود. بر پایهٔ دانسته‌های پیش، این جسم باید حرکت کند ولی این پیش‌بینی رخ نمی‌دهد. زیرا نیروی برابر و هم راستا و غیر هم سو با نیروی T، که بین سطح دو جسم پدید می‌آید، نیروی T را خنثی می‌کند. این نیرو، نیروی اصطکاک است و تا زمانی که جسم شروع به حرکت نکند برابر با نیروی T است . به این نیروی مقاوم، نیروی *اصطکاک ساکن* می‌گویند و آن را با f_s نشان می‌دهند.» شکل ۱۱ــ۱۷ را مانند شکل ۱۲ــ ۱۷ تکمیل کنید.



شکل ۱۳ ــ ۱۷

بیان کنید: «اگر نیروی T به قدری افزایش یابد که جسم شروع به حرکت کند در این مرحله نیروی اصطکاک از نیروی T کمتر است و به آن نیروی اصطکاک در حال حرکت یا *نیروی اصطکاک جنبشی* می‌گویند که با علامت f_k نشان داده می‌شود». شکل ۱۳ــ ۱۷ را رسم کنید.

از هنرجویان بپرسید: «عوامل مؤثر بر نیروی اصطکاک چیست؟»

پاسخ هنرجویان را روی تخته بنویسید تا به صورت زیر تکمیل شود و هر کدام را کوتاه شرح دهید.

- اندازهٔ نیروی عمود بر سطح تماس؛
- صافی یا زبری سطح تماس،
- جنس دو قطعه در سطح تماس.

۲ــ ۲ــ۱۷ــ انواع اصطکاک جنبشی(۱ــ۵ــ ۴ صفحهٔ ۷۴): از هنرجویان بپرسید: «اصطکاک و محاسبهٔ آن چه اهمیتی در ماشین‌های کشاورزی دارد. با ذکر مثال توضیح دهید».

پاسخ: «از آنجایی که ما در ماشین‌های کشاورزی با انواع مختلف اجسام، ماشین، مکانیزم و قطعات سروکار داریم که با هم درگیر هستند و نسبت به هم حرکت دارند یا بر هم نیرو وارد می‌کنند باید بتوانیم نوع نیروی اصطکاک بین آن‌ها را تشخیص دهیم و مقدار آن را محاسبه کنیم».

از هنرجویان بپرسید: «بر اساس نوع حرکت اجسام نسبت به یکدیگر چند نوع اصطکاک موجود است؟»

سپس پاسخ ایشان را با بیان نام *اصطکاک لغزشی* و *اصطکاک غلتشی* تکمیل کنید و روی تخته به صورت زیر بنویسید.

انواع اصطکاک جنبشی ⟨ لغزشی ، غلتشی

کار در کلاس: از هنرجویان بخواهید تا برای هر نوع اصطکاک مثال‌هایی بیان کنند.

پاسخ‌ها را به صورت زیر روی تخته بنویسید:

اصطکاک لغزشی: بین لنت ترمز و کاسه چرخ تراکتور، بین خاک و صفحه برگردان گاوآهن برگرداندار، بین جسم متحرک و سطح شیبدار و...

اصطکاک غلتشی: بین چرخ تراکتور و سطح زمین هنگام حرکت تراکتور، بین سطح خارجی ساچمه و سطح داخلی کنس‌های بلبرینگ.

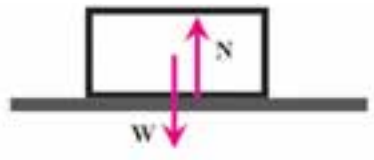
بیان کنید: «اصطکاک لغزشی خود دارای دو نوع اصطکاک در حال سکون و در حال حرکت است که پیش‌تر توضیح داده شده است». نمودار زیر را روی تخته بنویسید.

انواع اصطکاک لغزشی ⟨ در حال سکون ، جنبشی

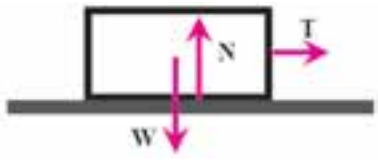
الف) اصطکاک لغزشی (صفحهٔ ۷۵)

بیان کنید: «جسمی به وزن W روی سطح قرار دارد و از آنجایی که جسم در حال سکون است پس در حال تعادل است. می‌دانیم به جسم نیروی وزن وارد می‌شود ولی چون این جسم در وضعیت تعادل است پس نیروی دیگر به جسم وارد می‌شود که نیروی وزن جسم را خنثی می‌کند».

شکل ۱۴ــ ۱۷ را رسم کنید:



شکل ۱۴ــ۱۷



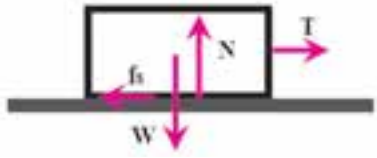
شکل ۱۵ ــ ۱۷

بیان کنید: «این نیرو باید با W برابر، هم راستا و در سوی مخالف باشد. به این نیرو که به جسم اعمال می‌گردد تا W را خنثی کند «نیروی عمود بر سطح» می‌گوییم و آن را با N نشان می‌دهیم».

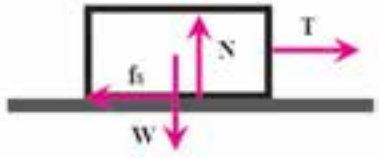
حال شکل ۱۵ــ۱۷ را کنار شکل فوق رسم و بیان کنید که در شکل‌ها از گشتاورها صرف‌نظر شده است.

بیان کنید: «فرض کنید این جسم با نیروی T کشیده می‌شود. مقدار نیروی T به قدری کم است که جسم به حرکت نمی‌افتد ولی مقدار آن به تدریج افزایش می‌یابد. نیروی T هر مقداری که باشد باید باعث حرکت جسم شود ولی پس از اعمال نیروی T یک نیروی عکس‌العمل f_s بین سطح تماس دو جسم پدید می‌آید که T را خنثا می‌کند».

شکل ۱۵ــ۱۷ را به صورت شکل ۱۶ــ۱۷ تکمیل کنید.



شکل ۱۶ــ۱۷



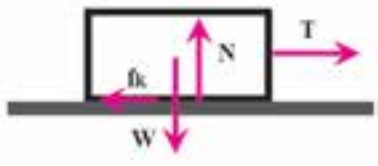
شکل ۱۷ــ۱۷

بیان کنید: «f_s نیروی اصطکاک در حالت سکون است. با افزایش نیروی T، نیروی f_s نیز افزایش می‌یابد، ولی در این مرحله مقدار آن همواره برابر T است، زیرا جسم آغاز به حرکت نمی‌کند. اکنون فرض کنید که نیروی T به اندازه ای افزایش یابد که نیروی f_s نتواند به آن اندازه افزایش یابد و جسم در آستانه حرکت قرار گیرد. اکنون بیشترین نیروی اصطکاک در حال سکون پدید می‌آید که قابل محاسبه است».

شکل ۱۷ــ۱۷ را که در آن افزایش دو نیروی f_s و T دیده می‌شود رسم کنید.

بیان کنید: «پس از آغاز حرکت جسم، دیگر نیروی اصطکاک در حال سکون وجود ندارد و بین دو سطح اصطکاک در حال حرکت یا اصطکاک جنبشی پدیدار می‌شود که با f_k مشخص می‌گردد و در برابر حرکت ایستادگی می‌کند».

شکل ۱۸ــ۱۷ را رسم کنید.



شکل ۱۸ ــ۱۷

بیان کنید: «مقدار نیروی اصطکاک جنبشی از مقدار نیروی اصطکاک در آستانه حرکت کمتر است. بنابراین با آغاز حرکت جسم، نیروی کمتری برای حرکت جسم نیاز خواهد بود. برای محاسبهٔ نیروی اصطکاک در آستانهٔ حرکت و نیروی اصطکاک

جنبشی از روابط زیر استفاده می‌شود». **روابط زیر را روی تخته بنویسید و کاملاً شرح دهید.**

$f_s=\mu_s.N$

$f_k=\mu_k.N$

f_s : نیروی اصطکاک در حال سکون(در آستانهٔ حرکت) بر حسب نیوتن (N)

μ_s : ضریب اصطکاک در حال سکون (بدون یکا)

f_k : نیروی اصطکاک در حال حرکت بر حسب نیوتن (N)

μ_k : ضریب اصطکاک در حال حرکت (بدون یکا)

N : نیرو عکس‌العمل سطح بر جسم بر حسب نیوتن (N)

حال بیان کنید: «μ_s و μ_k ضرایب اصطکاک برای دو وضعیت اصطکاک ساکن و جنبشی هستند. معمولاً μ_s از μ_k بیشتر است. ضریب اصطکاک به اندازهٔ سطح بستگی ندارند».

بپرسید: «به نظر شما ضریب اصطکاک به چه چیزی بستگی دارد؟». پاسخ‌های درست هنرجویان را روی تخته بنویسید و به‌صورت زیر تکمیل کنید:

- نوع جسم
- ماهیت جسم
- درجهٔ صیقلی بودن سطوح
- دما
- رطوبت

اکنون جدول ۱ــ ۴ صفحهٔ ۷۶ کتاب را توضیح دهید.

مثال اول صفحهٔ ۷۶ کتاب را حل کنید.

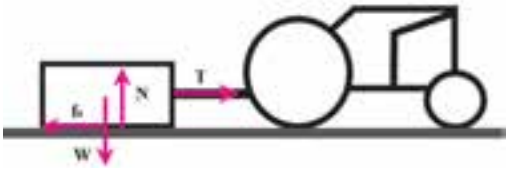
تمرین ۱ : تنهٔ درختی به جرم ۴۰۰ kg روی سطح بتنی قرار دارد. اگر قرار باشد این تنه به‌وسیلهٔ یک تراکتور جابه‌جا شود، برای شروع حرکت، چه نیرویی باید اعمال کند. ضریب اصطکاک ساکن چوب روی بتن ۰/۶۲ است.

پاسخ:

m ۴۰۰ kg

μ_s ۰/۶۲

f_s ?



شکل ۱۹ ــ ۱۷

$W = mg \Rightarrow W = 400 \times 9/81 \Rightarrow W = 3924N$

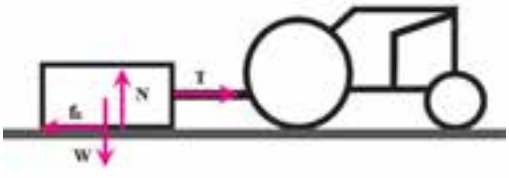
$N = W \Rightarrow N = 3924N$

$f_s = \mu_s.N \Rightarrow f_s = 0/62 \times 3924 \Rightarrow \boxed{f_s = 2432/9N}$

$T = f_s \Rightarrow \boxed{T = 2432/9N}$

کار در خانه (۱): در تمرین قبل پس از آغاز حرکت، تراکتور چه نیرویی باید اعمال کند؟ ضریب اصطکاک جنبشی چوب روی بتن ۰/۳ است.

پاسخ:



شکل ۲۰ــ۱۷

$m = ۴۰۰\ kg$

$\mu_k = ۰/۳$

$f_k = ?$

$$W = mg = ۴۰۰ \times ۹/۸۱ \Rightarrow W = ۳۹۲۴N$$

$$N = W \Rightarrow N = ۳۹۲۴N$$

$$f_k = \mu_k . N \Rightarrow f_k = ۰/۳ \times ۳۹۲۴ \Rightarrow \boxed{f_k = ۱۱۷۷/۲N}$$

$$T = f_k \Rightarrow \boxed{T = ۱۱۷۷/۲N}$$

حال مثال دوم صفحهٔ ۷۶ کتاب را با شرح کامل حل کنید.

شرح دهید: «بر پایهٔ آنچه در تمرین پیش اثبات شد، اندازهٔ ضریب اصطکاک در سطح شیبدار به زاویهٔ شیب بستگی دارد». روابط زیر را روی تخته بنویسید.

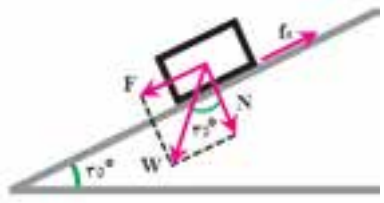
$\mu > \tg \alpha$ حالت سکون

$\mu = \tg \alpha$ حالت تعادل

$\mu < \tg \alpha$ در حال حرکت

تمرین ۲ : بستهٔ علوفه‌ای به جرم $۶۰\ kg$ روی یک نقالهٔ تسمه‌ای شیبدار قرار دارد. نقالهٔ تسمه‌ای خاموش است و تسمه حرکت نمی‌کند. در این حالت زمانی که زاویهٔ شیب نقاله به ۳۵° تغییر می‌کند، بسته به سمت پایین حرکت می‌کند. نیروی اصطکاک ساکن جسم و تسمه چقدر است؟

پاسخ:



شکل ۲۱ــ۱۷

$m = ۶۰\ kg$

$\alpha = ۳۵^\circ$

$f_s = ?$

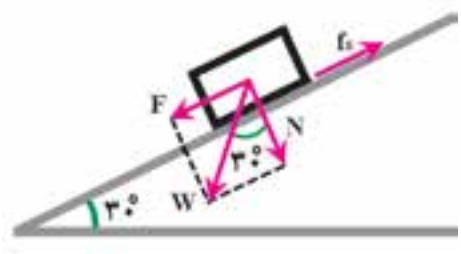
$$\mu_s = \tg\alpha = \tg ۳۵^\circ \Rightarrow \mu_s = ۰/۷$$

$$N = W \times \cos\alpha = m \times g \times \cos\alpha = ۶۰ \times ۹/۸۱ \times \cos ۳۵^\circ \Rightarrow \boxed{N = ۴۸۲/۲N}$$

$$f_s = \mu_s \times N \Rightarrow f_s = ۰/۷ \times ۴۸۲/۲ \Rightarrow \boxed{f_s = ۳۳۷/۵N}$$

کار در خانه (۲): بسته‌ای به جرم ۱۰۰ kg روی یک نقالهٔ تسمه‌ای شیبدار قرار دارد. نقالهٔ تسمه‌ای خاموش است و تسمه حرکت نمی‌کند. در این حالت زمانی که زاویهٔ شیب نقاله به ۳۰° تغییر می‌کند، بسته به سمت پایین حرکت می‌کند. نیروی اصطکاک ساکن جسم و تسمه چقدر است؟

پاسخ :



شکل ۲۲ــ۱۷

$m \quad ۱۰۰\ kg$

$\alpha \quad ۳۰^\circ$

$f_s \quad ?$

$$\mu_s \quad tg\alpha \quad tg۳۰^\circ \Rightarrow \mu_s \quad ۰/۵۷۷$$

$$N \quad W\times\cos\alpha \quad m\times g\times\cos\alpha \quad ۱۰۰\times۹/۸۱\times\cos۳۰^\circ \Rightarrow \boxed{N \quad ۸۵۰N}$$

$$f_s = \mu_s\times N \Rightarrow f_s \quad ۰/۵۷۷\times۸۵۰ \Rightarrow \boxed{f_s \quad ۴۹۰N}$$

کار در خانه (۳): از هنرجویان بخواهید نمونه‌هایی از انواع اصطکاک را، که در ماشین‌های کشاورزی روی می‌دهد، تهیه کنند.