

جلسه هجدهم

برنامه زمان بندی جلسه هجدهم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	حل مسئله های مربوط به صفحه ۵۷	۱۵
۳	تدریس مبحث قرقره ها و جرثقیل های قرقره دار	۴۰
۴	گزارش تحقیق مربوط به جلسه گذشته	۳۰

حل مسئله های صفحه ۵۷

حل مسئله ۱:

$$F = \frac{P_{(kW)} \times 9555}{r \times n} = \frac{2/2 \times 9555}{0/18 \times 2820} = 41/4N$$

حل مسئله ۲:

$$P_r = P_1 \times \eta_E \times \eta_M = 3/5 \times 0/9 \times 0/7$$

$$= 2/205kW$$

$$F = \frac{P_{kW} \times 9555}{r \times n} = \frac{2/205 \times 9555}{0/06 \times 3000} = 117/05N$$

بالابرهای ساده (ماشین های ساده)

□ اگر لازم باشد باری را به بالای ساختمانی ببریم.

□ اگر لازم باشد باری سنگین را که توانایی انجام آن را

نداریم به ارتفاع بالاتری منتقل نماییم چه راه هایی را پیشنهاد

می کنید که در زمان کم تر، بدون خطر و هزینه مناسب این کار را

انجام داد.

□ یکی از ساده ترین راه ها استفاده از بالابرهای ساده

می باشد. به طوری که با یک یا چند قرقره ساده و متحرک می توان

با نیروی کم، اجسام سنگین را جا به جا نمود.

تعریف: بالابرهای ساده، وسایلی هستند که بدون تغییر در

مقدار کار، انجام آن را آسان نموده و انسان را قادر می سازد تا با

نیروی کم اجسام سنگین تری را به ارتفاع بالاتری منتقل نمایند.

مانند: قرقره های ساده، جرثقیل های قرقره دار و ...

قرقره ها: برای حمل بار به ارتفاع بالاتر می توان از قرقره ها

استفاده کرد که به دو روش امکان پذیر است.

قرقره های ثابت
انواع قرقره ها
قرقره های متحرک

الف - قرقره های ثابت

مشخصات قرقره های ثابت:

۱- قرقره باید در بالاتر از محل انتقال بار ثابت شود.

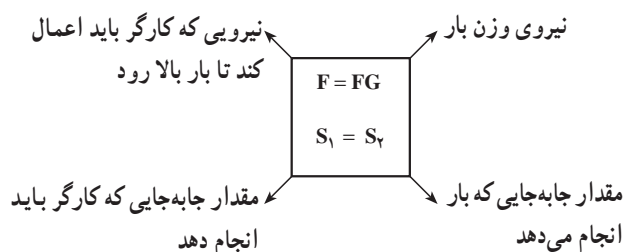
۲- در مقدار نیرو تغییر می ایجاد نمی کنند (نیرو وارد کننده با نیروی وزن جسم برابر است) چون یک طرف ریسمان نیروی بار و طرف دیگر نیروی وارد کننده می باشد.

۳- مقدار جابه جایی بار با مقدار جابه جایی در جهت دیگر ریسمان یکسان است.

۴- برای بالا بردن بار باید طرف دیگر ریسمان را به سمت پایین بکشیم.

۵- احتمال سقوط برای کارگر مربوطه وجود ندارد چون در پایین ایستاده است.

روابط و علائم اختصاری:



نکته: در این حالت (یک قرقره ثابت) باید توجه داشت که

قرقره را بسیار محکم نصب نمود، زیرا در محلی که قرقره در آن جا نصب شده است دو برابر وزن جسم نیرو وارد می شود. (نیروی وزن جسم و نیروی کارگر مربوطه)

روابط:

$$\begin{aligned} S_2 &= 2S_1 \\ F &= \frac{F_G}{2} \end{aligned}$$

نکته: نیرویی که باید برای جابه‌جایی بار وارد نمود حداقل برابر با نصف نیروی وزن جسم می‌باشد. زیرا نیم دیگر نیروی وزن جسم را به طرف دیگر ریسمان که ثابت شده تحمل می‌کند.

مثال نمونه ۳: دیسکی فلزی به شکل تاج دایره با مشخصات قطر خارجی ۶۰ سانتی متر، قطر داخلی ۲۰ سانتی متر، ضخامت ۲۰ میلی متر و چگالی ۵/۴ کیلوگرم بر دسی متر مکعب را قرار است با یک قرقره متحرک، ۳ متر بالا ببریم محاسبه نمایید:

الف - حداقل چند متر باید ریسمان را بکشیم؟
ب - حداقل چند نیوتن باید به طرف دیگر ریسمان نیرو وارد نمود؟

ج - کار انجام شده چند ژول خواهد بود؟

الف) $S_2 = 2S_1 = 2 \times (3) = 6m$

ب) $V = \frac{(D^2 - d^2)\pi \cdot e}{4} = \frac{(0.6^2 - 0.2^2)(\pi)(0.02)}{4}$
 $= 0.005m^3$

ج) $F = \frac{1}{2}F_G = \frac{1}{2}(mg) = \frac{1}{2}(p \cdot g) =$

$\frac{1}{2}(5/4 \times 1000 \times 0.005 \times 10) = 135N$

$W = F \cdot h = 135 \times 6 = 810J$

جرتقیل‌های قرقره‌دار: جرتقیل‌های قرقره‌دار ماشین‌هایی هستند که از قرقره‌های ثابت و متحرک، به صورت مرکب استفاده می‌کنند و قادر خواهند بود، با نیروی کم بارهای سنگین را به ارتفاع بالاتری ببرند.

الف - یک قرقره ثابت و یک قرقره متحرک:

همان‌طور که گفته شد قرقره ثابت اثری روی مقدار بار و یا جابه‌جایی نمی‌گذارد، فقط جهت کشش را تغییر می‌دهد و قرقره متحرک مقدار بار را نصف و جابه‌جایی را دو برابر می‌کند، بنابراین ترکیب این دو باعث می‌شود که هم بار نصف شود و هم جهت کشش تغییر کند.

مثال نمونه ۱: برای بالا بردن جسمی به وزن ۲۰۰ نیوتن به ارتفاع ۳ متر از یک قرقره ثابت استفاده نموده‌ایم؛ محاسبه نمایید:
الف - حداقل نیرویی که باید به طرف دیگر ریسمان وارد نماییم؟

ب - چه مقدار ریسمان را باید بکشیم (جابه‌جا نماییم؟)

ج - به چه جهتی باید ریسمان کشیده شود؟

د - به نقطه‌ای که قرقره در آن‌جا نصب شده است چه نیرویی وارد می‌شود؟

جواب:

الف) $F = F_G \Rightarrow F = 200(N)$

ب) $S_1 = S_2 \Rightarrow S_1 = 3(m)$

به طرف پایین (ج)

د) $N = 2F_G = 2(200) = 400(N)$

مثال نمونه ۲: برای بالا بردن تخته‌ای به ابعاد

$(10cm \times 30cm \times 5m/2)$ و وزن مخصوص ۶/۰ گرم بر

سانتی متر مکعب، به ارتفاع ۲ متری از یک قرقره ثابت استفاده

نموده‌ایم، محاسبه نمایید:

الف - حداقل نیرویی که باید به طرف دیگر ریسمان وارد

نمود.

ب - چه مقدار باید ریسمان را کشید؟

ج - کار انجام شده به چه مقدار می‌باشد؟

جواب:

الف) $F = F_G = mg = p \cdot g = (0.6 \times 1000)$

$(2/5 \times 0.30 \times 0.10)(10) = 450(N)$

ب) $S_1 = S_2 = 2(m)$

ج) $W = F \cdot S = 450 \times 2 = 900(J)$

ب - قرقره‌های متحرک

مشخصات قرقره‌های متحرک:

۱- قرقره همراه بار جابه‌جا می‌شود.

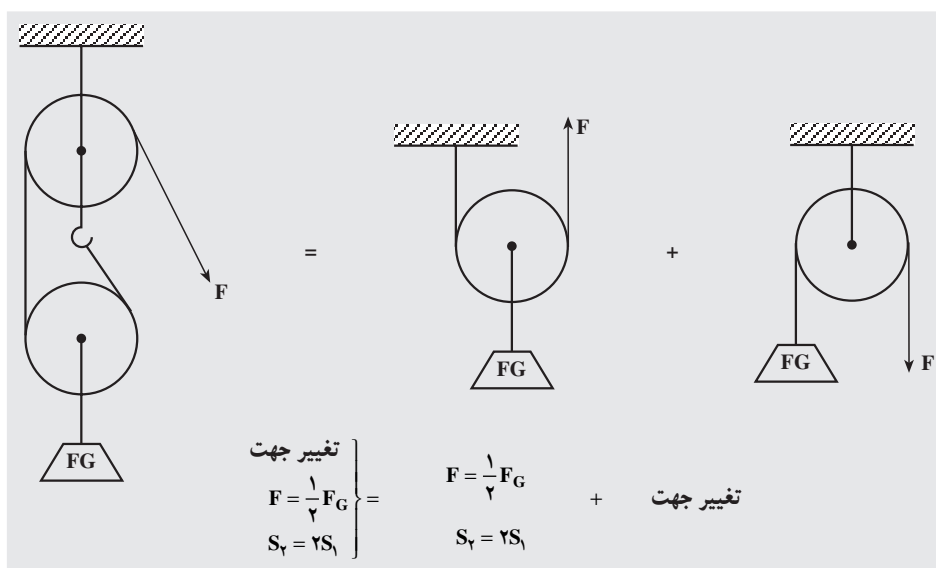
۲- یک طرف ریسمان باید ثابت شود.

۳- مقدار نیروی وارد شده کم‌تر از وزن جسم می‌باشد.

۴- جابه‌جایی ریسمان بیش‌تر از جابه‌جا شدن بار می‌باشد.

۵- جهت جابه‌جایی ریسمان به طرف بالا می‌باشد.

۶- احتمال سقوط کارگر وجود دارد.



مثال نمونه ۵: از بالا بری که دارای یک قرقره ثابت و سه قرقره متحرک می‌باشد، برای بالا بردن باری به جرم ۵۰۰ تن استفاده نموده‌ایم، محاسبه نمایید: حداقل چه نیرویی باید وارد نمود و چقدر باید طناب را بکشیم تا بار مورد نظر یک متر بالا رود؟

$$F = \frac{1}{2^{(n-1)}} F_G = \frac{1}{2^{(4-1)}} (500 \times 10^3) = \frac{1}{8} (500 \times 10^3)$$

$$= 62500 \text{ (N)}$$

$$S_T = 2^{(n-1)} \cdot S_1 = 2^{4-1} \cdot (1) = 8 \text{ (m)}$$

مثال نمونه ۶: برای بالا بردن جسمی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم فقط توانایی وارد نمودن نیرویی معادل ۵۰۰ نیوتن امکان‌پذیر است؟ اگر لازم باشد از یک قرقره ثابت و چند متحرک استفاده نماییم، چند قرقره نیاز داریم؟

$$F = \frac{1}{2^{(n-1)}} F_G \Rightarrow 2^{(n-1)} = \frac{F_G}{F}$$

$$2^{n-1} = \frac{8000}{500} = 16 \Rightarrow 2^{n-1} = 16 = 2^4 \Rightarrow$$

$$n-1=4 \Rightarrow n=5$$

□ پس از اتمام درس و جوابگویی به سؤالات هنرجویان، از آن‌ها خواسته شود که نتایج تحقیقات جلسه گذشته را ارائه نمایند.

سپس یادآوری شود که سؤالات صفحات ۶۱ و ۶۲ را برای جلسه آینده حل نمایند.

ب — چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی: در این حالت می‌توان گفت بار به تعداد قرقره‌ها تقسیم می‌شود. مثلاً با دو جفت قرقره، نیروی کشش (F) یک چهارم وزن بار (F_G)، و با سه جفت قرقره نیروی کشش یک ششم نیروی وزن بار خواهد بود. بنابراین در حالت کلی روابط زیر قابل اجرا خواهد بود.

$$F = \frac{1}{n} F_G$$

$$S_T = n S_1$$

n = تعداد کل قرقره‌ها (ثابت و متحرک)

مثال نمونه ۴: با سه جفت قرقره ثابت و متحرک قرار است جسمی به جرم ۱۲۰ کیلوگرم را ۲ متر بالا ببریم، محاسبه نمایید.

— حداقل نیرویی که باید وارد کنیم.

— حداقل جابه‌جایی که باید به ریسمان اعمال شود.

$$F = \frac{1}{n} F_G = \frac{1}{6} (120 \times 10^3) = 20000 \text{ N}$$

$$S_T = n S_1 = 6(2) = 12 \text{ (m)}$$

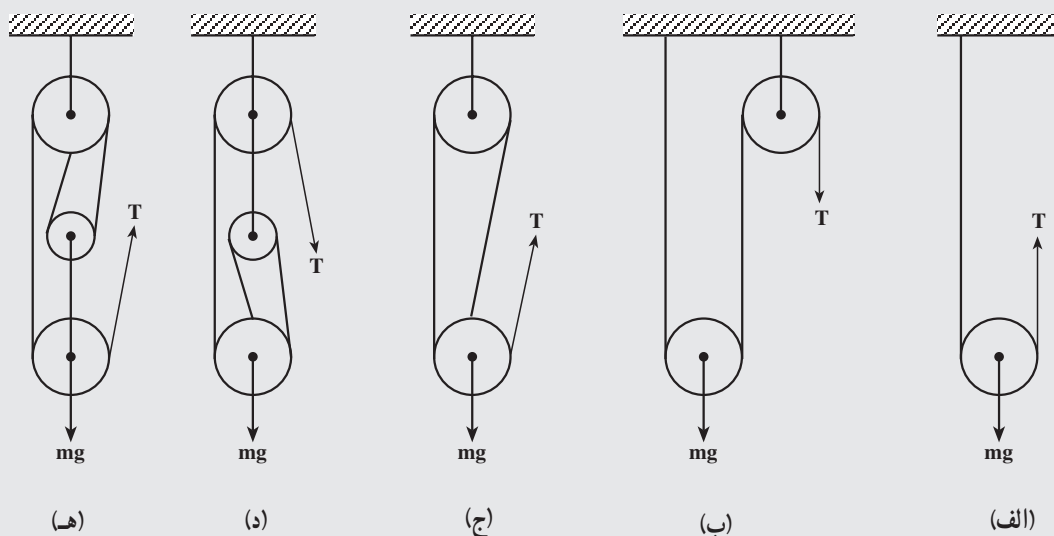
ج — چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت: قرقره ثابت وظیفه تغییر جهت و قرقره‌های متحرک هر کدام وظیفه نصف کردن بارهای وارده را دارند، مثلاً به سه قرقره متحرک وزن بار سه مرتبه باید در ضریب (۱/۳) ضرب شود پس اگر تعداد کل قرقره‌ها را n در نظر بگیریم و بخواهیم قرقره ثابت را کنار بگذاریم، خواهیم داشت:

$$F = \frac{1}{2^{(n-1)}} \cdot F_G$$

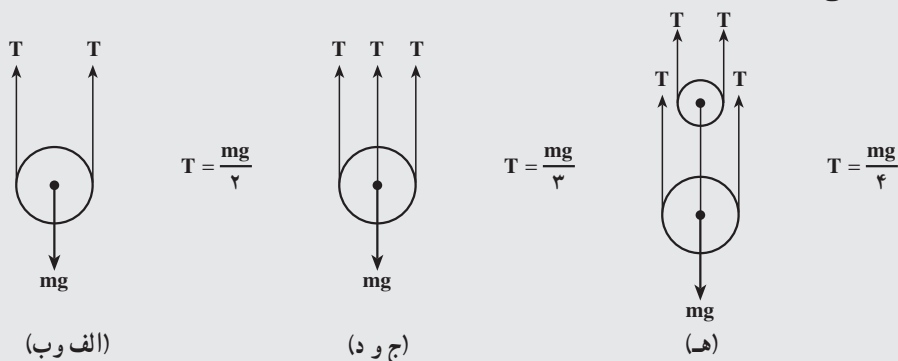
$$S_T = 2^{(n-1)} \cdot S_1$$

مطالعه آزاد

* برای هر یک از وضعیت‌های شکل زیر، مقدار کشش در طناب را بر حسب mg پیدا کنید.



توضیح: (از اصطکاک قرقه صرف نظر می‌شود) کشش در دو سر یک قطعه طناب یکسان است.



* باری به جرم m را با طناب و قرقه مطابق شکل نگه داشته‌اند. اگر $\beta = 2^\circ$ باشد:

الف - به سر آزاد طناب باید چقدر نیرو وارد کرد تا وزنه در تعادل بماند؟

ب - زاویه α در این حالت چقدر است؟

جواب:

$$\sum F_x = 0$$

$$2T \cos 70^\circ = T \cos \alpha$$

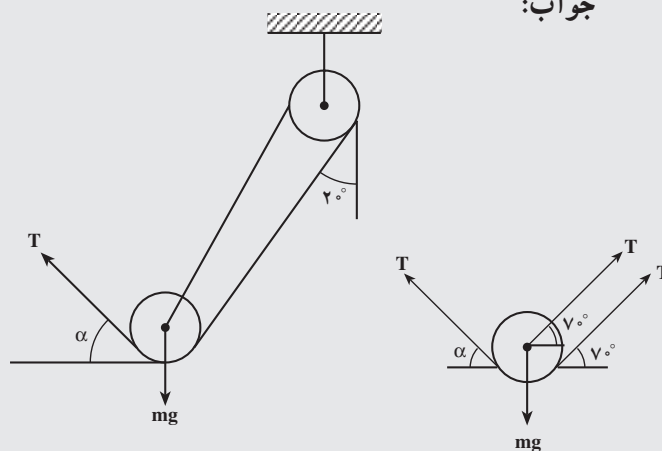
$$\cos \alpha = 2 \cos 70^\circ \Rightarrow \alpha = 46/8^\circ$$

$$\sum F_y = 0$$

$$T \sin \alpha + 2T \sin 70^\circ = mg$$

$$T(\sin 46/8^\circ + 2 \sin 70^\circ) = mg$$

$$T = \frac{mg}{2/6}$$



القاء مقدار جابه جایی و نیروی لازم اگر از یک فرقه متحرک استفاده شود.
بدا مقدار جابه جایی و نیروی لازم اگر از یک فرقه متحرک و یک فرقه ثابت استفاده شود.

ج) کار انجام شده در هر دو مورد یاد شده.

۲- برای بالا بردن باری به جرم یک تن فقط توانایی به کار بردن ۲۵۰۰ نیوتن نیرو وجود دارد. تعداد فرقه‌های مورد نیاز و نسبت جابه جایی را در این دو حالت به دست آورید:

القاء از چند فرقه ثابت و متحرک به طور مساوی استفاده شود.

بدا از یک فرقه ثابت و چند فرقه متحرک استفاده شود.

۳- برای بالا بردن باری به جرم ۱۲۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۵ متری، اگر از فرقه‌های ثابت و متحرک استفاده شود، چه نیروی (F) و چه مقدار جابه جایی (S) لازم است؟ و اگر برای هر متر جابه جایی (S) ۱۰ ثانیه وقت لازم باشد توان مکانیکی دستگاه را به دست آورید.

۴- برای تعمیر الکتروموتور دستگاهی می‌خواهیم آن را از زمین بلند کنیم. اگر از بالای که یک فرقه ثابت و سه فرقه متحرک دارد، استفاده نماییم، چه نیروی باید به دستگاه وارد شود؟ (در صورتی که جرم الکتروموتور ۶۰ کیلوگرم باشد.)

۵- در ترمین شماره ۲ اگر لازم باشد مقدار بار، ۳ متر بلند شود (S) و برای هر متر جابه جایی (S) ۲۰ ثانیه وقت لازم باشد، توان مکانیکی باروها را در هر دو حالت حساب کنید.

۳-۴ اصطکاک

هرگاه جسمی بر روی سطح جسم دیگری بغزد هر یک از دو سطح یکدیگر نیروی وارد می‌کند که اولاً، این نیرو در امتداد سطح است. ثانیاً، مانع حرکت دو جسم بر روی یکدیگر می‌شود. این نیرو را نیروی اصطکاک می‌نامند. مثلاً اگر جسمی بر روی چیزی به طرف چپ به حرکت درآید نیروی اصطکاک وارد بر آن به طرف راست است. این نیرو (نیروی اصطکاک) مانع حرکت جسم می‌شود. حتی وقتی که جسم ساکن است ممکن است بر آن نیروی اصطکاک وارد شود؛ مثلاً اگر جسم سنگینی را روی زمین یا نیروی کمی در امتداد افقی بکنیم این نیرو برای به حرکت درآوردن جسم کافی نیست و جسم به حال سکون باقی می‌ماند. در این حال، حتماً نیروی مساوی و مخالف نیروی خارجی وارد بر جسم آن را خنثی کرده است. این نیروی اخیر همان نیروی اصطکاک در حال سکون است. به طور کلی تا هنگامی که نیروی وارد بر یک جسم کمتر

۶۲

از نیروی اصطکاک باشد جسم به حرکت درنخواهد آمد. هرگاه نیروی وارد بر جسم بیشتر از نیروی اصطکاک باشد جسم به حرکت درمی‌آید و این نیروی اصطکاک را که با نیروی خارجی وارد بر جسم مقابله می‌کند نیروی اصطکاک در حال حرکت یا اصطکاک جنبشی نامند (شکل ۳-۴).

نیروی اصطکاک به این عوامل بستگی دارد:

۱- نیروی عمود بر سطح تماس؛

۲- صافی یا زبری سطح تماس؛

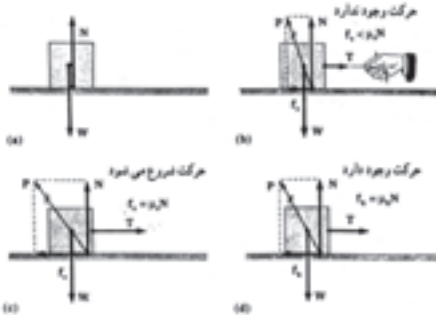
۳- جنس دو قطعه در سطح تماس؛

۴- استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شود؛ مانند روغن و مانند آن.

تذکره:

القاء نیروی اصطکاک در لحظه شروع به حرکت (اصطکاک در حال سکون) بیشتر از نیروی اصطکاک در حین حرکت (اصطکاک جنبشی) است.

بدا مقدار نیروی اصطکاک به اندازه سطح تماس بستگی ندارد.



شکل ۳-۴۰. اندازه نیروی اصطکاک وقتی حرکت وجود نداشته باشد کوچکتر یا مساوی N و وقتی حرکت وجود داشته باشد برابر ۰.۵N است.

۶۳

۱-۴ انواع اصطکاک جنبشی: اصطکاک لغزنی مانند اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ در اتومبیل - حرکت جسم سطحی روی سطح افقی یا سطح شیب‌دار که خود نیز بر دو نوع است اصطکاک در حال سکون و اصطکاک لغزنی مانند اصطکاک چرخ با سطح تماس در وسایط غلیظه، اصطکاک در باسینگها و غیره.

القاء اصطکاک لغزنی

رابطه‌های اصطکاک لغزنی:

$$F_g = \mu_g \cdot N \quad F_k = \mu_k \cdot N$$

علامت اختصاری:

F_g : نیروی اصطکاک در حال سکون

μ_g : ضریب اصطکاک در حال سکون

N: نیروی عکس‌العمل سطح بر جسم

F_k : نیروی اصطکاک در حال حرکت

μ_k : ضریب اصطکاک در حال حرکت

ضرایب اصطکاک μ_g و μ_k بستگی به اندازه‌های سطوح تماس نداشته هر دو ضریب به طور محسوس تابع نوع و جنس و ماهیت مواد، درجه صافی بودن سطوح، دما و غیره است. مقادیر آنها را با دقت بسیار زیاد حدود پنج درصد تقریب می‌توان محاسبه نمود.

جدول تقریبی مقادیر ضرایب اصطکاک در حال سکون برای سطوح مختلف اجسام خشک در جدول (۳-۱) نوشته شده که مقادیر مربوط به ضریب اصطکاک جنبشی آنها حدود ۲۵ درصد کوچکتر است.

نام جسم	ضریب اصطکاک
فلز روی فلز	۰.۶۰ - ۰.۹۵
فلز روی چوب	۰.۶۰ - ۰.۸۰
فلز روی سنگ	۰.۷۰ - ۰.۹۰
فلز روی چرم	۰.۶۰ - ۰.۹۰
چوب روی چوب	۰.۵۰ - ۰.۹۵
چوب روی چرم	۰.۵۰ - ۰.۹۵
سنگ روی سنگ	۰.۷۰ - ۰.۹۰
خاک روی خاک	۰.۱۰ - ۰.۴۰
لاستیک روی سیمان	۰.۹۰ - ۰.۹۰

جدول ۳-۱

۶۴

مثال نمونه ۱: نیروی لازم برای جابه‌جا کردن دستگاهی را که نیروی وزن آن برابر $W = 800 \cdot N$ است به دست آورید؛ در صورتی که ضریب اصطکاک در حال سکون $\mu_g = 0.5$ در نظر گرفته شود.

$$N = W = 800 \cdot N$$

$$F_g = \mu_g \cdot N = 0.5 \times 800 = 400 \cdot N$$

مثال نمونه ۲: قطعه‌ای مطابق شکل (۳-۴۱) روی سطح شیب‌داری قرار گرفته است. حساب کنید زاویه سطح شیب‌دار را برای لحظه‌ای که جسم بخواهد به سمت پایین به حرکت درآید (لحظه تعادل).

حل: در این حالت اگر جسم به سمت پایین حرکت کند، نیروی اصطکاک (F_g) به سمت بالا اثر کرده، در لحظه تعادل این نیرو باید برابر مؤلفه نیروی وزن در امتداد سطح شیب‌دار (F) باشد (N مؤلفه عمود بر نیروی W)

$$F = F_g$$

$$F_g = \mu_g \cdot N$$

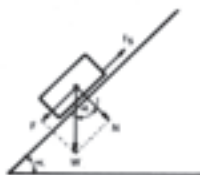
$$N = W \cdot \cos \alpha$$

$$F = W \cdot \sin \alpha$$

با چنانستن کردن مقادیر محاسبه شده برای (F) و (F_g) خواهیم داشت:

$$W \cdot \sin \alpha = \mu_g \cdot W \cdot \cos \alpha \Rightarrow \mu = \frac{W \cdot \sin \alpha}{W \cdot \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha$$



شکل ۳-۴۱

از حل این مسئله نتیجه می‌گیریم که اگر ضریب اصطکاک دو قطعه روی هم، برابر با

۶۵

$$F_f \times f = N \times l$$

حال اگر از این رابطه مقدار نیروی اصطکاک مورد نظر باشد، می‌توان آن را بدین صورت به دست آورد:

$$F_f = \frac{1}{f} \times N$$

مقدار طول مؤثر گشتاور مقاومت (l) به جنس چرخ و جنس سطح اتکا بستگی دارد که مقدار آن در این جا داده شده است.

$$l = 0.04 \text{ cm}$$

چوب: صورتی روی چوب کاج

$$l = 0.05 \text{ cm}$$

(چدن - فولاد - ریختگی - فولاد) روی فولاد

در بلبرینگها چون قطر آنها استاندارد است، در عمل به جای $\frac{1}{f}$ که در اصل ضریب اصطکاک غلشی است معادل آن را قرار می‌دهند که مقدار آن با در نظر گرفتن سایر عوامل $0.001 \sim 0.003$ در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، رابطه یاد شده در بلبرینگها به این صورت خواهد بود:

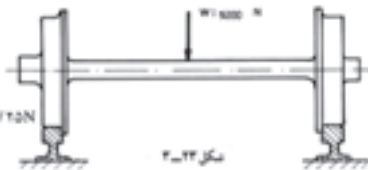
$$F_f = \mu_k \times N$$

مسئله نمونه ۱۹: نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن یک واگن کسور، چوب خشک کنی، مطابق شکل (۳-۲۲) حساب کنید؛ اگر نیروی وزن آن $W = 5000 \text{ N}$ و قطر چرخهای آن ۱۶ سانتیمتر و طول مؤثر گشتاور مقاومت آن $l = 0.05$ سانتیمتر باشد.

$$N = W = 5000 \text{ N}$$

$$F_f = \frac{1}{f} \times N$$

$$F_f = \frac{0.05}{0.001} \times 5000 = 31250 \text{ N}$$



مسئله نمونه ۲۰: لکوموتیو باری جهت انتقال کرده، پنه از جنگل به کارخانه مطابق شکل (۳-۲۳) چه توانی باید داشته باشد تا نیروی وزن $W = 15 \text{ MN}$ را با سرعتی معادل ۲۲ کیلومتر در ساعت به حرکت درآورد؛ در صورتی که ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.05$ و نیروی مقاومت باد

تأثیرات زاویه سطح تیب‌دار باشد جسم در حال تعادل است. اما هنگامی که تأثیرات زاویه سطح تیب‌دار کوچکتر از ضریب اصطکاک باشد، جسم در محل خود در حال سکون بوده و اگر تأثیرات زاویه سطح تیب‌دار بزرگتر از ضریب اصطکاک باشد جسم با یک انساب نامشود به سمت پایین به حرکت درمی‌آید.

بنابراین:

$$\begin{aligned} \mu &= \tan \alpha & \text{تعادل} \\ \mu &> \tan \alpha & \text{سکون} \\ \mu &< \tan \alpha & \text{حرکت} \end{aligned}$$

بیا اصطکاک غلشی، وقتی یک چرخ با یک استوانه روی سطحی بلغزد چون جسم صلب معکوب وجود ندارد چرخ با سطح و با هر دو تغییر شکل می‌دهد. مقدار این تغییر شکلهای به جنس چرخ و سطح اتکا بستگی دارد.

چنانچه در شکل (۳-۲۴) مشاهده می‌شود برای ایجاد حرکت غلشی یک چرخ روی سطح بایستی چرخ بتواند برچسبگی حاصل از تغییر شکل را خنثی نماید. برای محاسبه نیروی محرک لازم برای این کار نقطه D (مرکز دوران) گشتاور گرفته، شرط تعادل را برای آن می‌نویسیم.



علامت اختصاری:

$$\sum M_D = 0$$

F_f : نیروی اصطکاک غلشی بر حسب نیوتن

$$F_f \times h = N \times l = 0$$

h : طول مؤثر گشتاور محرک بر حسب cm

$$F_f \times h = N \times l$$

N : نیروی عمود بر سطح بر حسب نیوتن

$$F_f \times h = N \times l$$

l : طول مؤثر گشتاور مقاومت بر حسب cm

چون در عمل اختلاف اندازه h و l بسیار ناچیز است می‌توان به جای h مقدار r را قرار

کار مکانیکی

$F_{10} = 8000 \text{ N}$ به حساب آید.



شکل ۳-۲۵. لکوموتیو حمل گرده پنه

حلی:

$$N = W = 15 \text{ MN} = 15000000 \text{ N}$$

$$F_f = N \times \mu_k = 15000000 \times 0.05 = 750000 \text{ N}$$

$$F = F_f + F_{10} = 750000 + 8000 = 758000 \text{ N}$$

$$V = \frac{F \times V}{P} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{F \times V}{1000} = \frac{758000 \times 1.2}{1000} = 909.6 \text{ kW}$$

تعریف

۱- مقدار نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن دستگاه مصرف روی میز ماشین خراشی مطابق شکل (۳-۲۵) حساب کنید؛ اگر نیروی وزن آن $W = 2000 \text{ N}$ و ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.15$ باشد.



شکل ۳-۲۵

جلسه نوزدهم

برنامه زمان بندی جلسه نوزدهم		
۱	آماده نمودن کلاس	۵
۲	حل مسائل مربوط به مباحث قرقره ها	۲۰
۳	تدریس مطالب جدید شامل : - تعریف و مفهوم اصطکاک - انواع اصطکاک - روابط اصطکاک - مثال نمونه	۶۰
۴	تعیین تاریخ امتحان از فصل سوم برای دو هفته دیگر	۵

حل تمرین های صفحه ۶۲ و ۶۱

حل تمرین ۱:

$$S_r = nS_l \Rightarrow S_r = 2(5) \Rightarrow S_r = 10 \text{ m}$$

$$P = \frac{F \cdot S}{t} = \frac{6000 \times 10}{10 \times 10} = 600 \text{ Wat}$$

حل تمرین ۴:

$$F = \frac{F_G}{2^{n-1}} = \frac{600}{2^3} = \frac{600}{8} = 75 \text{ N}$$

حل تمرین ۵:

$$S_r = nS_l \Rightarrow S_r = 4(3) = 12 \text{ m}$$

$$P = \frac{F \cdot S_r}{t} = \frac{2500 \times 12}{20 \times 12} = 125 \text{ Wat.}$$

$$\text{الف) } S_r = 2S_l \Rightarrow S_r = 2 \times 8 = 16 \text{ m}$$

$$F = \frac{1}{2} F_G \Rightarrow F = \frac{1}{2} (500 \times 10) = 2500 \text{ N}$$

$$\text{ب) } S_r = 2S_l \Rightarrow S_r = 2 \times 8 = 16 \text{ m}$$

$$F = \frac{1}{2} F_G \Rightarrow F = \frac{1}{2} (500 \times 10) = 2500 \text{ N}$$

$$\text{ج) } W = F \times S = 2500 \times 16 = 40000 \text{ J} = 40 \text{ kJ}$$

حل تمرین ۲:

$$\text{الف) } F = \frac{1}{n} (F_G) \Rightarrow n = \frac{F_G}{F} = \frac{1000 \times 10}{2500} \Rightarrow$$

$$n = 4$$

$$S_r = nS_l \Rightarrow n = \frac{S_r}{S_l} \Rightarrow \frac{S_r}{S_l} = 4$$

$$\text{ب) } F = \frac{1}{2^{n-1}} (F_G) \Rightarrow 2^{n-1} = \frac{F_G}{F} = \frac{10000}{2500}$$

$$= 4 \Rightarrow 2^{n-1} = 2^2 \Rightarrow n-1 = 2 \quad n = 3$$

$$S_r = 2^{n-1} (S_l) \quad 2^{n-1} = \frac{S_r}{S_l} \Rightarrow$$

$$2^{3-1} = \frac{S_r}{S_l} \Rightarrow \frac{S_r}{S_l} = 4$$

حل تمرین ۳:

$$F = \frac{F_G}{n} \Rightarrow F = \frac{12000}{2} \Rightarrow F = 6000 \text{ N}$$

اصطکاک

از هنرجویان سؤال شود اصطکاک چیست؟

با توجه به جمع بندی پاسخ آن ها به طور خلاصه بیان می شود که هرگاه جسمی بر روی سطح دیگری بلغزد اصطکاک رخ داده است. نیروی اصطکاک: بر اثر اصطکاک دو سطح با هم، هر یک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می کنند که این نیرو را نیروی اصطکاک گویند.

ویژگی های نیروی اصطکاک

- این نیرو در امتداد سطح است.
- در حرکت دو جسم بر روی یکدیگر اثر می گذارد.
- جهت آن بر خلاف جهت حرکت می باشد.
- بزرگی آن در لحظه شروع حرکت بیش تر از بزرگی آن در حین حرکت می باشد.

عوامل مؤثر بر نیروی اصطکاک

– نیروی وزن اجسام بر یکدیگر (نیروی عمود بر سطح تماس)

– صافی یا زبری سطح تماس (درجه صیقلی بودن سطوح)

– جنس دو قطعه در سطح تماس (جنس و ماهیت مواد)

– استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل

اصطکاک می شود، مانند روغن و ...

– عوامل جانبی دیگر مانند دما و ...

بنابراین عوامل یاد شده بالا در مقدار نیروی اصطکاک

مؤثرند، حال اگر سه عامل صافی و زبری سطح تماس، جنس دو

قطعه و استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک

می شوند را با ضریبی به نام ضریب اصطکاک به میان آوریم، می توان گفت که نیروی اصطکاک بستگی به نیروی عمود بر سطح تماس و ضریب اصطکاک دارد.

رابطه اصطکاک: با توجه به دو عامل اصلی (ضریب

اصطکاک و نیروی عمود بر سطح تماس) می توان مقدار نیروی

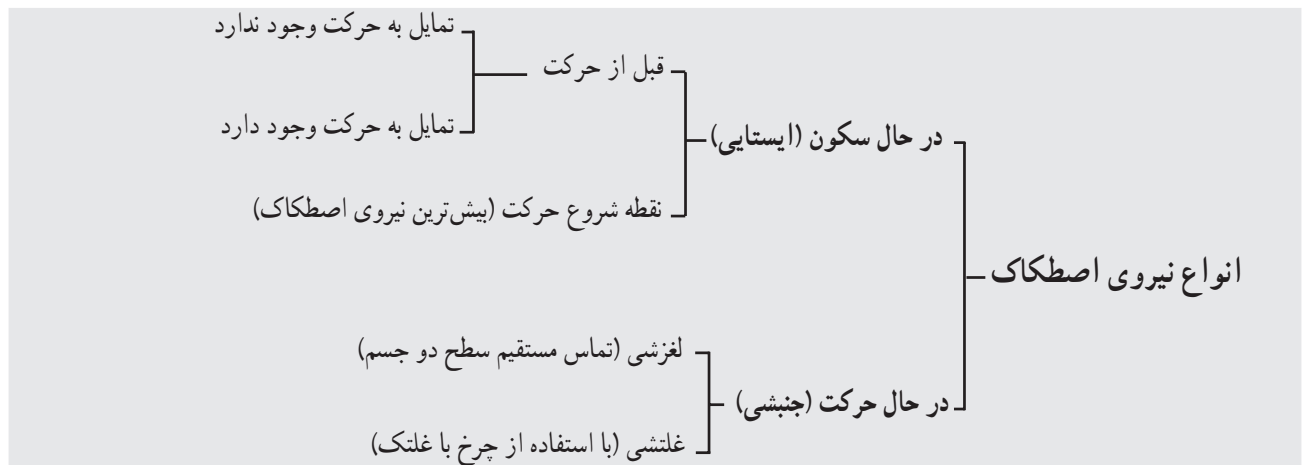
اصطکاک را از رابطه زیر به دست آورد:

$$f = N \mu$$

$$N = \text{نیروی عمود بر سطح تماس}$$

$$\mu = \text{ضریب اصطکاک}$$

$$f = N \cdot \mu$$



سطح نیروی اصطکاک لغزشی وجود دارد و به صورت زیر نمایش داده می شود.

$$f_K = N \cdot \mu_K$$

در مقایسه این دو می توان گفت:

$$f_S > f_K$$

نیروی اصطکاک غلزشی: زمانی که از چرخ یا غلتک

برای حرکت استفاده کرده باشیم، نیروی اصطکاک حاصل را

نیروی اصطکاک غلزشی گویند. در این حالت ضریب اصطکاک

برابر با نسبت نیمی از عرض اثر چرخ روی سطح به شعاع چرخ که

البته بستگی به جنس چرخ و سطح اتکاء دارد بنابراین رابطه نیروی

اصطکاک غلزشی را می توان به صورت زیر نوشت:

$$f_r = \frac{1}{r} \cdot N = \mu_i N$$

نیروی اصطکاک قبل از حرکت: در صورتی که جسم

تمایل به حرکت نداشته باشد یعنی نیرویی برای حرکت جسم وجود

نداشته باشد، پس نیروی اصطکاک هم صفر است.

و اما اگر جسم تمایل به حرکت داشته باشد ولی نیروی

اصطکاک کوچک تر از $N \cdot \mu$ باشد.

نیروی اصطکاک در لحظه شروع حرکت: زمانی است

که نیروی اصطکاک به حداکثر خود برسد و توانایی مقاومت در

برابر نیروهای وارد بر جسم را نداشته باشد، حرکت آغاز می شود

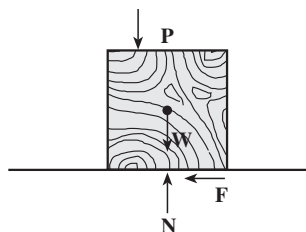
که در این لحظه بیشترین مقدار نیروی اصطکاک را داشته و

به صورت زیر نمایش می دهیم.

$$f_S = N \cdot \mu_S$$

نیروی اصطکاک لغزشی: زمانی که سطح جسمی روی

سطحی دیگر در تماس بوده و حرکت شروع شده باشد بین دو

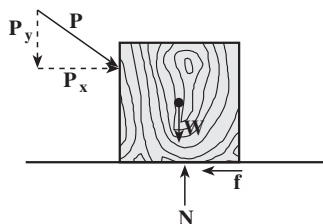


تمایلی برای حرکت وجود ندارد

$$F = 0$$

$$N = P + W$$

تمایلی برای حرکت وجود دارد ولی جسم همچنان ساکن است.

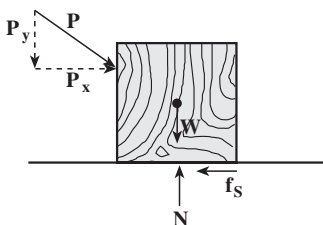


$$f = P_x$$

$$N = P_y + W$$

$$f \leq \mu_s \cdot N$$

در لحظه شروع حرکت

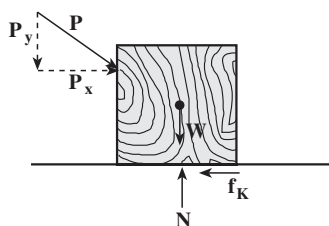


$$f_s = P_x$$

$$N = P_y + W$$

$$f_s = \mu_s \cdot N$$

در حال حرکت



$$f_k = P_x$$

$$N = P_y + W$$

$$f_k = \mu_k \cdot N$$

مثال نمونه ۱: جسمی به جرم ۵۰ کیلوگرم را که روی

سطح افقی قرار دارد، قرار است با یک ریسمان کشیده و آن را

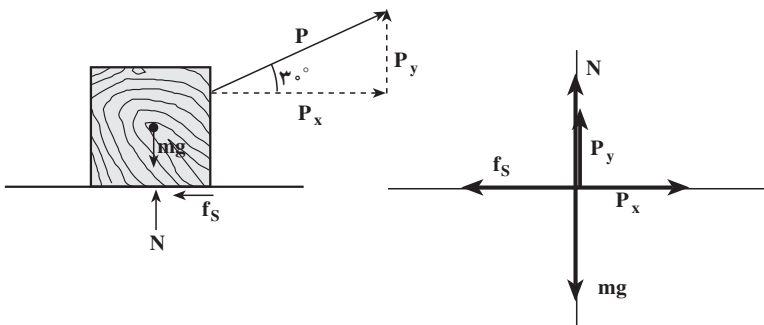
جابه‌جا نماییم اگر زاویه ریسمان با افق ۳۰ درجه و ضریب

اصطکاک ۰/۳ باشد، محاسبه نمایید :

الف - نیروی اصطکاک

ب - حداقل نیروی کششی که باید به ریسمان وارد نمود.

جواب:



$$P_x = P \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} P$$

$$P_y = P \sin 30^\circ = \frac{1}{2} P$$

$$W = mg = 50 \times 10 = 500 \text{ N}$$

$$W = N + P_y \Rightarrow N = W - P_y \Rightarrow N = 500 - \frac{1}{2} P$$

$$f_s = N \cdot \mu_s \Rightarrow f_s = (500 - \frac{1}{2} P)(0/3) \quad (1)$$

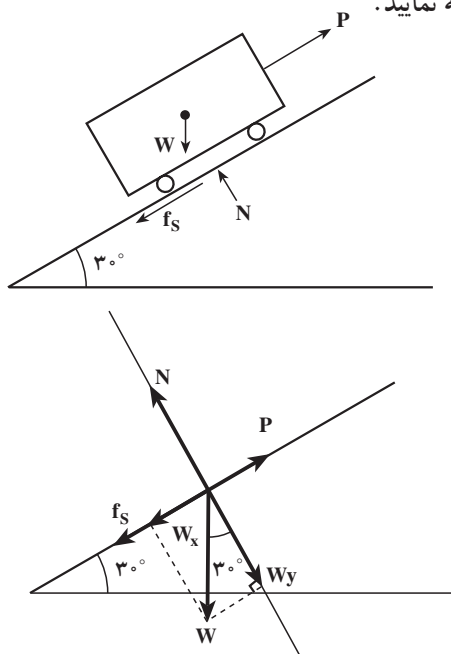
$$f_s = P_x \Rightarrow f_s = P \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} P \quad (2)$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow (500 - \frac{1}{2} P)(0/3) = \frac{\sqrt{3}}{2} P \Rightarrow$$

$$150 = 0/15 P + 0/866 P \Rightarrow P = 147/6 \text{ N}$$

$$f_s = 127/8 \text{ N}$$

مثال نمونه ۲: جسمی به جرم ۵۰ کیلوگرم را که روی سطح افقی قرار دارد، قرار است با یک نیروی فشاری که نسبت به افق زاویه ۳۰ درجه می‌سازد به طرف جلو ببریم اگر ضریب اصطکاک ۰/۳ باشد، محاسبه نمایید:



جواب:

$$W_x = W \sin 30^\circ = 0/5 W$$

$$W_y = W \cos 30^\circ = 0/866 W$$

$$N = W_y = 0/866 W$$

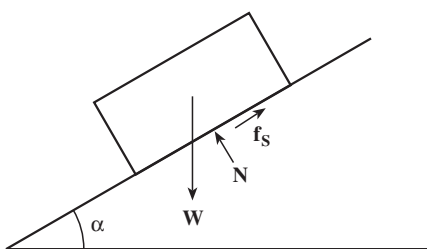
$$\left. \begin{aligned} f_s &= N \cdot \mu_s = (0/866 W)(0/5) = 0/433 W \\ f_s + W_x &= P \Rightarrow f_s = P - W_x = 1000 - 0/5 W \end{aligned} \right\} 0/433 W = 1000 - 0/5 W$$

$$W = 1840/6 N$$

مثال نمونه ۴: جسمی را روی سطح با شیب متغیری قرار داده‌ایم. شیب را زیاد نموده و زمانی که به ۳۱ درجه می‌رسد. جسم به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند، ضریب اصطکاک آن جسم را با سطح شیب‌دار به دست آورید.

$$N = W_y = W \cos \alpha$$

$$\left. \begin{aligned} f_s &= W_x = W \sin \alpha \\ f_s &= \mu \cdot N = \mu W \cos \alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow W \sin \alpha = \mu W \cos \alpha$$

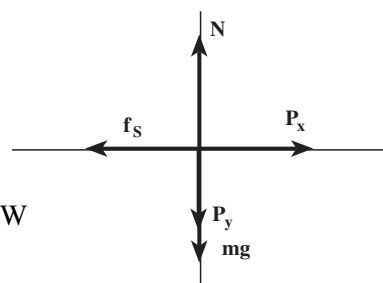
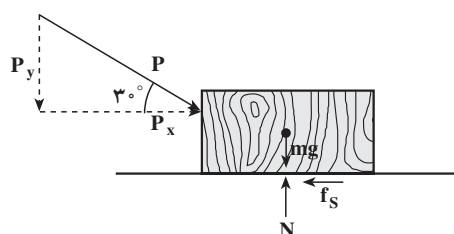


الف - نیروی اصطکاک
ب - حداقل نیروی فشاری که باید به جسم وارد نماییم.

$$P_x = P \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} P$$

$$P_y = P \sin 30^\circ = \frac{1}{2} P$$

$$W = mg = 50 \cdot N$$



$$N = W + P_y = 500 + \frac{1}{2} P$$

$$\left. \begin{aligned} f_s &= N \cdot \mu_s = (500 + \frac{1}{2} P)(0/3) \\ f_s &= P_x = \frac{\sqrt{3}}{2} P \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$(500 + \frac{1}{2} P)(0/3) = \frac{\sqrt{3}}{2} P$$

$$150 = 0/866 P - 0/15 P \Rightarrow P = 209/5 N$$

$$f_s = 181/4 N$$

مثال نمونه ۳: مطابق شکل قرار است جسمی را روی سطح شیب‌داری به طرف بالا بکشیم اگر بزرگی نیروی

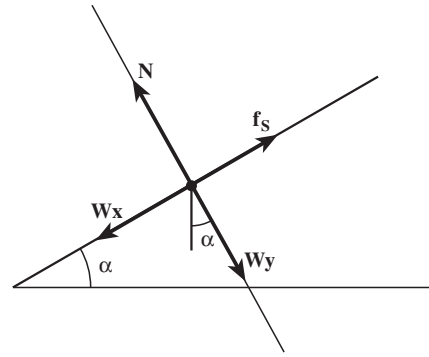
چیز مقایسه‌ای است.

دو نوع اصطکاک وجود دارد: اصطکاک خشک، که بعضی اوقات آن را (اصطکاک کولتی) می‌نامند و اصطکاک سیالی، اصطکاک سیالی در میان لایه‌هایی از سیال که با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند پدید می‌آید. اصطکاک سیالی در مسئله‌های مربوط به جریان سیال در لوله‌ها و روزه‌ها یا بررسی اجسامی که سیال‌های متحرک شناور هستند، اهمیت بسیار دارد. اصطکاک سیالی در تحلیل حرکت مکانیسم‌های روغن کاری شده هم نقش اساسی دارد. چنین مسئله‌هایی در مبحث مکانیک سیالات بررسی می‌شوند. در حال حاضر مطالعه خودمان را به اصطکاک خشک، یعنی به مسئله‌های مربوط به اجسام صلب در تماس با سطوح روغنکاری نشده محدود می‌کنیم.

در این فصل، تعادل اجسام صلب و سازه‌های مختلف را با فرض وجود اصطکاک خشک در سطوح تماس، تحلیل خواهیم کرد. سپس تعدادی از کاربردهای خاص مربوط به صنایع چوب را در نظر خواهیم گرفت. البته این مسایل می‌تواند مربوط به پیچ‌های دنده چهار گوش، یاتاقان‌های بوشی، یاتاقان‌های کف‌گرد، مقاومت غلتشی، حرکت شیئی روی سطح، اصطکاک تسمه و ... باشد.

قوانین اصطکاک خشک و ضرایب اصطکاک

قوانین اصطکاک خشک به کمک آزمایش زیر بهتر فهمیده می‌شوند. قطعه‌ای به وزن W ، بر روی یک سطح تخت افقی قرار داده شده است.



$$\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \quad \tan 31^\circ = 0.6$$

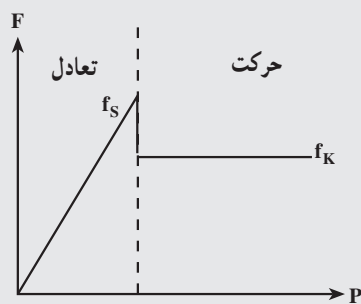
$\mu = \tan \alpha$ لحظه شروع حرکت

$\mu = \tan \alpha$ سکون نتیجه:

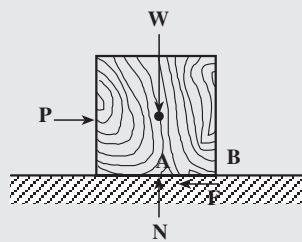
$\mu < \tan \alpha$ حرکت

مطالب تکمیلی اصطکاک

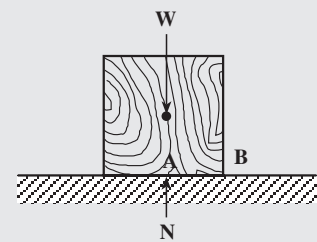
اگر سطوح بدون اصطکاک بودند، نیرویی که هر سطح بر سطح دیگر وارد می‌کرد عمود بر سطوح بود و دو سطح می‌توانستند آزادانه نسبت به یکدیگر حرکت کنند که در واقع چنین حالتی، یعنی سطح کاملاً صیقلی و بدون اصطکاک وجود ندارد. وقتی دو سطح در تماس اند، نیروهای مماسی که نیروهای اصطکاک نامیده می‌شوند به خوبی ظاهر می‌شوند. اگر بخواهند یک سطح را نسبت به سطح دیگر حرکت دهند، این نیروها پیوسته گسترش می‌یابند. البته نیروهای اصطکاک از نظر مقدار محدودند و در صورتی که نیروی کافی وارد کنیم نمی‌توانند از حرکت جلوگیری کنند. تمایز بین سطوح بدون اصطکاک و ناصاف در واقع یک



(ج)



(ب)



(الف)

الف - نیروهای وارد بر قطعه عبارت‌اند از وزن آن W و عکس‌العمل سطح. از آن‌جا که وزن فاقد مؤلفه افقی است، عکس‌العمل سطح هم مؤلفه افقی ندارد، بنابراین عکس‌العمل بر سطح عمود است که با N نشان داده شده است. حالا فرض می‌کنیم که یک نیروی افقی P به قطعه وارد شود.

ب - اگر P کوچک باشد، قطعه حرکت نخواهد کرد، بنابراین باید نیروی افقی دیگری وجود داشته باشد که نیروی P را خنثی کند. این نیروی دیگر، نیروی اصطکاک ایستایی F است که در واقع برآیند تعداد زیادی از نیروهای وارد بر سطح کل تماس میان قطعه و صفحه است. ماهیت این نیروها دقیقاً معلوم نیست، ولی به‌طور کلی فرض می‌شود که این نیروها از ناهمواری‌های سطح تماس و تا حدودی از جاذبه مولکولی ناشی می‌شوند.

اگر نیروی P زیاد شود، نیروی اصطکاک F هم افزایش می‌یابد و همواره در جهت مخالف P عمل می‌کند، تا این که مقدارش به مقدار معینی حداکثر f_s برسد.

ج - اگر P باز هم افزایش پیدا کند، نیروی اصطکاک نمی‌تواند بیش از این P را خنثی کند و قطعه شروع به لغزش می‌کند. به محض این که قطعه شروع به حرکت کند، مقدار F از f_s به مقدار کوچک‌تر f_k تنزل پیدا می‌کند، دلیلش آن است که وقتی دو سطح در تماس نسبت به یکدیگر در حرکت باشند، ناهمواری‌های شان کم‌تر برهم اثر می‌کنند. از این به بعد، جسم هم‌چنان می‌لغزد و رفته رفته سرعتش زیاد می‌شود و در حالی که نیروی اصطکاک که با f_k نشان داده می‌شود و آن را نیروی اصطکاک جنبشی می‌نامند تقریباً ثابت می‌ماند.

شواهد تجربی نشان می‌دهد که حداکثر مقدار نیروی اصطکاک ایستایی f_s متناسب با مؤلفه قائم عکس‌العمل سطح N است یعنی:

$$f_s = \mu_s N$$

که در آن μ_s مقدار ثابتی است که آن را ضریب اصطکاک ایستایی می‌نامند و به همین ترتیب مقدار نیروی اصطکاک جنبشی f_k را می‌توان به این صورت نوشت:

$$f_k = \mu_k N$$

که در آن μ_k مقدار ثابتی است که آن را ضریب اصطکاک

جنبشی می‌نامند. ضرایب اصطکاک μ_s و μ_k مساحت به سطوح تماس بستگی ندارند، ولی هر دو شدیداً به ماهیت سطوح تماس وابسته‌اند. از آن‌جا که این ضریب‌ها به وضعیت دقیق سطوح همبستگی دارند، به ندرت می‌شود مقدار آن‌ها را با دقتی بیش از ۵ درصد به‌دست آورد. مقادیر تقریبی ضریب اصطکاک ایستایی برای سطوح خشک مختلف در جدولی در متن درس آمده است. مقادیر ضرایب اصطکاک جنبشی متناظر در حدود ۲۵ درصد کوچک‌تر خواهند بود.

از آن‌جا که ضرایب اصطکاک کمیت‌های بدون بعد هستند می‌توانیم مقادیر داده شده را با یکاهای SI و هم با یکاهای رایج آمریکا به کار ببریم.

با توجه به مطالبی که ذکر کردیم معلوم می‌شود که در هنگام تماس یک جسم صلب با یک سطح افقی ممکن است چهار حالت اتفاق بیفتد.

۱- نیروهای وارد بر جسم تمایل به حرکت دادن آن در امتداد سطح تماس ندارند. بنابراین نیروی اصطکاک وجود ندارد.

۲- نیروهای وارد بر جسم تمایل به حرکت دادن آن را امتداد سطح تماس دارند ولی به اندازه کافی بزرگ نیستند تا آن را به حرکت درآورند. نیروی اصطکاک F حاصل را می‌شود از حل معادله تعادل جسم به‌دست آورد. چون معلوم نیست که F به مقدار حداکثرش رسیده است یا نه، معادله $f_s = \mu_s N$ را نمی‌شود برای تعیین نیروی اصطکاک به کار برد.

۳- نیروهای وارد چنان‌اند که جسم در آستانه لغزش است و می‌گوییم حرکت در شرف وقوع است. نیروی اصطکاک F به مقدار حداکثرش f_s رسیده است و همراه با نیروی قائم N ، نیروهای اعمال شده را خنثی می‌کند. هم معادله‌های تعادل و هم معادله $f_s = \mu_s N$ را می‌شود به کار برد. هم‌چنین توجه می‌کنیم که نیروی اصطکاک جهتی خلاف جهت حرکت در شرف وقوع دارد.

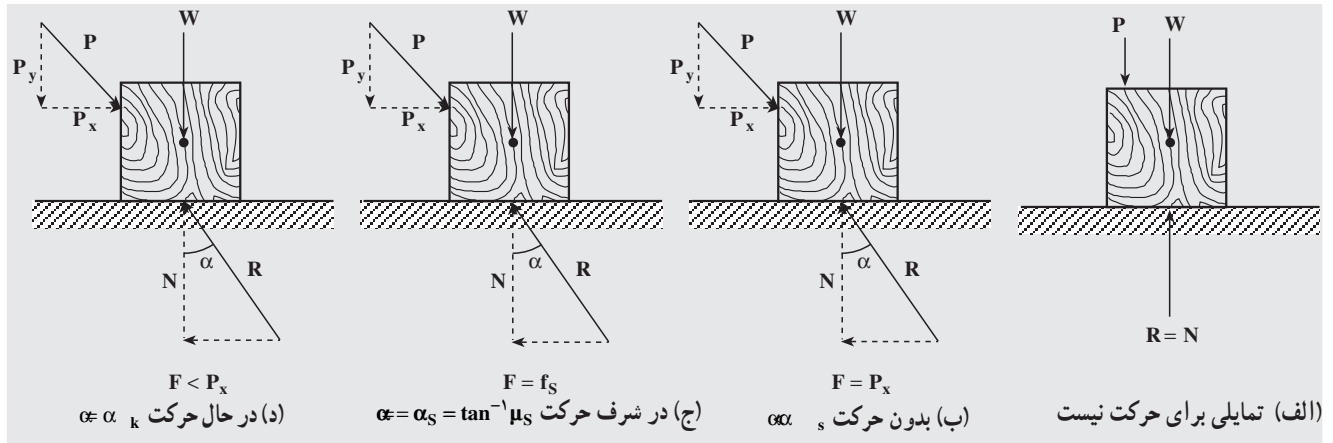
۴- جسم تحت تأثیر نیروهای وارد می‌لغزد و دیگر نمی‌شود معادله‌های تعادل را به کار برد. با وجود این، F در این وضع برابر با F_k است و می‌شود معادله $f_k = \mu_k N$ را به کار برد. جهت f_k در خلاف جهت حرکت است.

زاویه‌های اصطکاک

N می‌شود.

الف - اما اگر نیروی وارد شده P دارای مؤلفه‌های افقی P_x باشد که تمایل به حرکت دادن قطعه دارد، نیروی مؤلفه‌ای، افقی مانند F خواهد داشت و در نتیجه زاویه معینی را با امتداد قائم تشکیل خواهد داد.

بعضی وقت‌ها بهتر است که به جای نیروی قائم N و نیروی اصطکاک F برآیندشان R را قرار بدهیم. قطعه‌ای را در نظر بگیرید به وزن W که روی سطحی افقی قرار گرفته است. اگر هیچ نیروی افقی به قطعه وارد نشود برآیند R تبدیل به نیروی قائم



با یک مثال دیگر نشان می‌دهیم که از زاویه اصطکاک می‌شود برای تحلیل بعضی از مسایل استفاده کرد. قطعه‌ای را در نظر بگیرید که بر روی تخته‌ای، قرار گرفته است که می‌شود آن را نسبت به افق به میزان دلخواه شیب داد و به قطعه به جز وزنش W و عکس‌العمل تخته R نیروی دیگری وارد نمی‌شود. اگر تخته افقی باشد، نیروی R وارد از تخته به قطعه، بر تخته است و وزن W را خنثی می‌کند.

الف - اگر به تخته زاویه شیب کوچکی مانند θ بدهیم نیروی R به اندازه زاویه θ از حالت عمود بر تخته منحرف می‌شود و باز هم W را خنثی می‌کند.

ب - در این صورت R مؤلفه قائم مانند N به بزرگی $N = W \cos \theta$ در مؤلفه‌ای مماسی مانند F به بزرگی $F = W \sin \theta$ خواهد داشت.

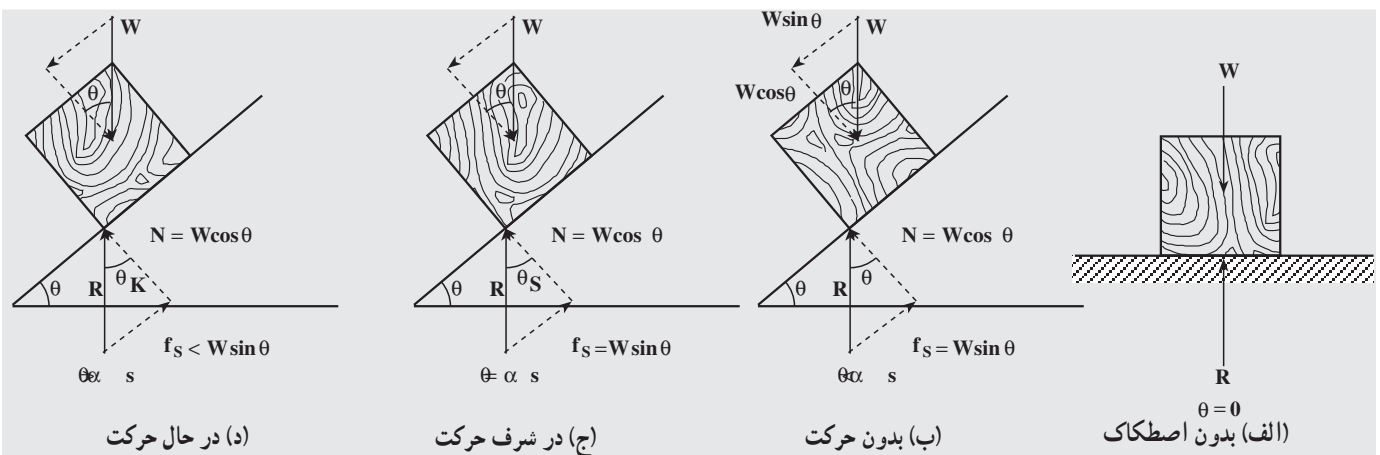
ب - اگر P_x به اندازه‌ای افزایش یابد که حرکت در آستانه وقوع باشد، زاویه میان R و امتداد قائم بزرگ‌تر می‌شود و به یک مقدار حداکثر می‌رسد.

ج - این مقدار را زاویه اصطکاک ایستایی می‌نامند و اگر آن را با α_s نشان دهیم، با توجه به شکل (ج) می‌بینیم که :

$$\tan \alpha_s = \frac{f_s}{N} = \frac{\mu_s N}{N} = \mu_s$$

اگر حرکت واقعاً اتفاق بیفتد مقدار نیروی اصطکاک به f_k تنزل پیدا می‌کند، به همین ترتیب زاویه میان R و N به مقدار کم‌تر α_k می‌رسد که آن را زاویه اصطکاک جنبشی می‌نامند. با توجه به شکل (د) می‌نویسیم :

$$\tan \alpha_k = \frac{F_k}{N} = \frac{\mu_k N}{N} = \mu_k$$



(شامل عکس‌العمل‌ها در سطوح تماس)، نیروها را در دستگاه مختصات تجزیه نموده و مسئله را به کمک معادله‌های تعادل $\sum F_y = 0$ و $\sum F_x = 0$ حل خواهیم کرد. اگر به جسم موردنظر تنها سه نیرو وارد شده باشد، ممکن است با نشان دادن هر عکس‌العمل توسط تک نیروی R کار آسان‌تر شود و بتوان مسئله را با رسم مثلث نیرو حل کرد.

بیش‌تر مسئله‌های مربوط به اصطکاک در یکی از سه دسته زیر قرار می‌گیرند: در مسئله‌های دسته اول، همه نیروهای وارد معین‌اند و ضرایب اصطکاک نیز معلوم‌اند، باید تعیین کنیم که آیا جسم موردنظر در حال سکون باقی می‌ماند یا می‌لغزد. نیروی اصطکاک F لازمه حفظ تعادل، مجهول است (مقدارش برابر با $\mu_s N$ نیست) و می‌بایست همراه با نیروی عمودی N با رسم نمودار جسم آزاد و حل مسئله‌های تعادل تعیین شود (شکل پایین).

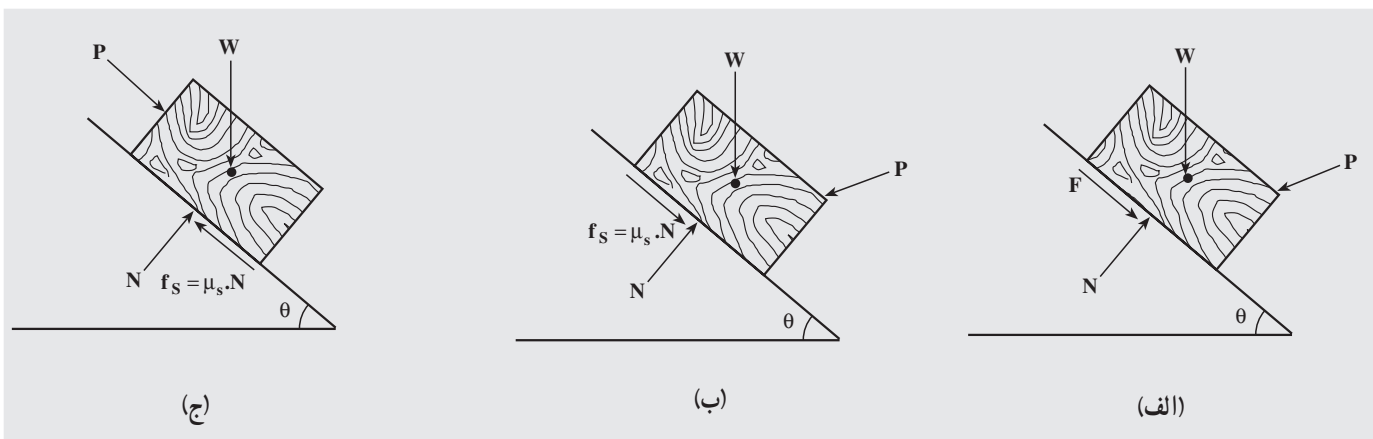
ج- اگر زاویه شیب را باز هم افزایش بدهیم، طولی نمی‌کشد که حرکت در آستانه وقوع قرار می‌گیرد. در آن لحظه زاویه میان R و امتداد قائم به مقدار حداکثرش α_s می‌رسد.

د- مقدار زاویه شیب متناظر با آستانه حرکت را زاویه قرار می‌نامند. واضح است که زاویه قرار برابر با زاویه اصطکاک ایستایی α_s است. اگر زاویه شیب θ باز هم افزایش پیدا می‌کند، حرکت شروع می‌شود و زاویه میان R و امتداد قائم به مقدار کم‌تر α_k کاهش می‌یابد.

دیگر عکس‌العمل R عمودی نیست و نیروهای وارد بر قطعه یکدیگر را خنثی نخواهند کرد.

مسئله‌های مربوط به اصطکاک خشک

اگر به جسم موردنظر بیش از سه نیرو وارد شده باشد



آمده برای F ، همان مقدار حداکثر f_s است، می‌توانیم ضریب اصطکاک را با نوشتن و حل معادله $f_s = \mu_s N$ به‌دست بیاوریم. در مسئله‌های دسته سوم، ضریب اصطکاک ایستایی معین است و می‌دانیم که جسم در راستای معینی در آستانه حرکت است، باید بزرگی یا راستای یکی از نیروهای اعمال شده را تعیین کنیم. باید در نمودار جسم آزاد جهت نیروی اصطکاک را در خلاف جهت حرکت در آستانه وقوع و بزرگی آن را برابر با $f_s = \mu_s N$ نشان بدهیم (شکل ج). آن‌گاه ما می‌توانیم معادله‌های تعادل را بنویسیم و نیروی مطلوب را تعیین کنیم. چنان‌چه در بالا گفته شد، وقتی تنها سه نیرو در کار باشد ممکن است بهتر باشد که عکس‌العمل سطح تماس را با تک نیروی R نشان دهیم و مسئله را از طریق رسم مثلث نیروها حل کنیم.

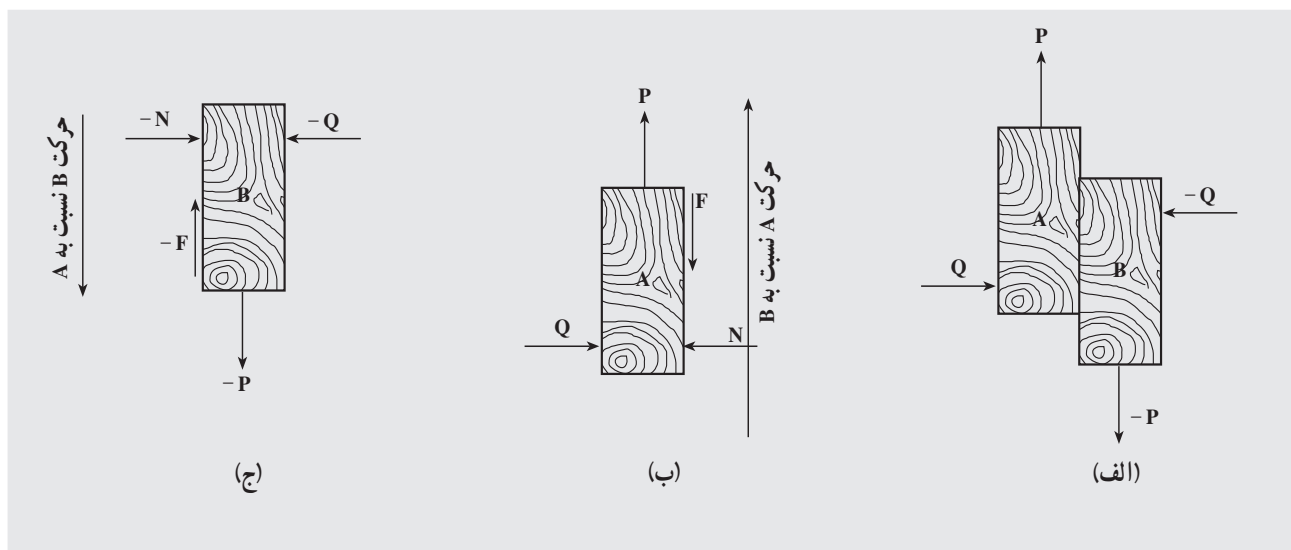
مقدار به‌دست آمده برای نیروی اصطکاک F را با مقدار حداکثر $f_s = \mu_s N$ مقایسه می‌کنیم.

اگر F کوچک‌تر از، یا برابر با f_s باشد، جسم در حال سکون باقی می‌ماند. اگر مقدار به‌دست آمده برای F بزرگ‌تر از f_s باشد، تعادل نمی‌تواند برقرار بماند و حرکت اتفاق می‌افتد، در این صورت مقدار واقعی نیروی اصطکاک برابر $F_k = \mu_k N$ است.

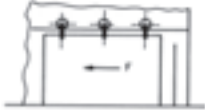
در مسئله‌های دسته دوم، همه نیروهای اعمال شده معین‌اند و می‌دانیم که حرکت در آستانه وقوع است، باید مقدار ضریب اصطکاک ایستایی را تعیین کنیم. در این‌جا مجدداً با رسم نمودار جسم آزاد و حل معادله‌های تعادل، نیروی اصطکاک و نیروی قائم را تعیین می‌کنیم (شکل ب) چون می‌دانیم که مقدار به‌دست

ب). جهت نیروی اصطکاک وارد بر B به روش مشابهی تعیین می‌شود (شکل ج). توجه داشته باشید که حرکت A از دید ناظر واقع در B یک حرکت نسبی است. مثلاً اگر جسم A ساکن باشد و جسم B حرکت کند، جسم A نسبت به B یک حرکت نسبی خواهد داشت. همچنین اگر A و B هر دو در حال حرکت به طرف پایین باشند ولی سرعت B بیش‌تر از A باشد، از دید ناظر واقع در B به نظر می‌رسد که A دارد بالا می‌رود.

وقتی دو جسم A و B در تماس‌اند (شکل پایین) نیروهای اصطکاک وارد از A به B و از B به A برابر و در جهت مخالف‌هم‌اند (قانون سوم نیوتن). موقع رسم نمودار جسم آزاد یکی از جسم‌ها، مهم است که نیروی اصطکاک مربوط را با جهت درست نشان بدهیم. بنابراین باید قاعده زیر را رعایت کنید: از دید ناظر واقع در B، جهت نیروی اصطکاک وارد بر A در خلاف جهت حرکت (یا حرکت در آستانه وقوع) A است (شکل

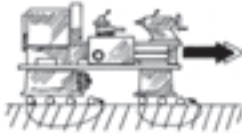


۵- در انباری به وسیله پلینگ مطابق شکل (۳-۲۸) حرکت می‌کند. نیروی لازم باز و بسته شدن آن را حساب کنید اگر نیروی وزن آن $W = 2000\text{ N}$ و ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.005$ باشد.



شکل ۳-۲۸

۶- برای جابه‌جا کردن دستگاهی مطابق شکل (۳-۲۹) نیروی لازم آن را در دو حالت محاسبه کنید (اگر نیروی وزن آن $W = 8000\text{ N}$ باشد)



شکل ۳-۲۹

الف) اگر بخواهیم آن را روی کف کارگاه به حرکت درآوریم؛ در صورتی که ضریب اصطکاک آن $\mu_k = 0.05$ باشد.

ب) اگر برای همین منظور، زیر آن غلشکهای به قطر $d = 120\text{ mm}$ میلر قرار دهیم؛ در حالی که طول میلر گشتاور مقاوم $I = 0.005$ سانتیمتر باشد.

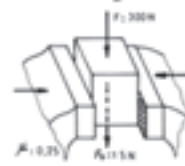
۷- در پاتالان‌بندی میله ترانسیمیونی که نیروی برآورد $F = 2000\text{ N}$ بر آن وارد می‌آید، اگر از پاتالان‌بندی لغزشی با ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.01$ و با از پاتالان‌بندی لغزشی با ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.002$ استفاده کنیم، نیروهای اصطکاک را با هم مقایسه کنید.

۸- صندوق مخصوص حمل قطعات جوی با جرم 75 kg را روی کف افقی کارگاه با نیروی معادل 350 N به وسیله یک طناب که امتداد آن با راستای افقی زاویه 37° می‌سازد با سرعت ثابت کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک بین کف کارگاه و صندوق را حساب کنید.

۹- الواری به جرم 60 kg را می‌خواهیم به وسیله اره نواری برش بزنیم؛ در صورتی که ضرایب اصطکاک بین الوار و صفحه دستگاه به ترتیب $\mu_k = 0.05$ و $\mu_s = 0.15$ باشد، محاسبه کنید:

۷۰

۲- قطعه کساری که نیروی وزن آن $W = 150\text{ N}$ است به وسیله گیره‌های مطابق شکل (۳-۳۰) محکم شده است. حساب کنید، نیروی وارد از طرف فکهای گیره به سطح کسار را اگر نیروی عمودی وارد بر قطعه کار 300 N و ضریب اصطکاک سطح $\mu_k = 0.25$ باشد.



شکل ۳-۳۰

۳- برای رنده کسردن الواری روی دستگاه کف رند در صورتی که وزن الوار $W = 250\text{ N}$ ، $\mu_k = 0.30$ ، $\mu_s = 0.25$ باشد، نیروهای لازم داده شده را محاسبه نمایید.

الف) مقدار نیروی لازم برای شروع حرکت؛

ب) مقدار نیروی لازم در حال حرکت قبل از رنده شدن؛

ج) مقدار نیروی لازم در حال رنده شدن؛ در صورتی که نیجه نیرویی افقی معادل $F = 20\text{ N}$ به الوار وارد نماید.

۴- بعد از تولید تخته خرده چوب، برای مرتب جبهه شدن آنها مطابق شکل (۳-۳۱) لازم است که صفحات روی هم کشیده شوند. اگر جرم یک ورق $m = 4\text{ kg}$ و ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.15$ باشد، نیروی لازم را برای کشیدن و جابه‌جا کردن یک ورق به دست آورید.



شکل ۳-۳۱: جبهه صفحات تخته خرده چوب

کار مکانیکی

الف) حداقل نیروی که باعث شروع حرکت الوار روی صفحه دستگاه می‌شود؛

ب) مقدار نیرویی که باعث ختمی شدن نیروی اصطکاک جنبشی می‌شود؛

ج) اگر در هنگام برش الوار نیروی عمودی معادل 100 N و نیروی افقی معادل 80 N نیون از طرف اره به الوار وارد شود، برای حرکت الوار روی دستگاه مقدار نیروی لازم را با سرعت ثابت به دست آورید.

۱۰- نیرویی که به یک واگن حمل جوب می‌توان وارد نمود حدود 700 N نیون است. حساب کنید حداکثر باری را که به وسیله این واگن می‌توان حمل کرد؛ در صورتی که نیروی وزن خود واگن 400 N و ضریب اصطکاک لغزشی $\mu_k = 0.25$ باشد.

سؤالات آزمون پایان فصل سوم

۱- کار مکانیکی را تعریف کنید.

۲- در کدام یک از این موارد کار انجام می‌گیرد.

الف) بلند کردن یک الوار بر روی دست.

ب) حرکت کردن در صورتی که الوار روی دست قرار دارد.

۳- یک زول کار را تعریف کنید.

۴- در صورت مختلف انرژی را نام ببرید.

۵- توان مکانیکی را تعریف کنید.

۶- منظور از راندمان دستگاه چیست؟

۷- نیروی اصطکاک را تعریف کنید.

۸- منظور از نیروی اصطکاک در حال سکون چیست؟

۹- نیروی اصطکاک جنبشی را تعریف کنید.

۱۰- نیروی اصطکاک به چه عواملی بستگی دارد؟

۱۱- تفاوت اصطکاک لغزشی را با اصطکاک لغزشی بنویسید.

تعمین

۱- ظرفیت بالای 5 kg کیلوژول است. اگر لازم باشد از این بالا برای حمل صندوق روکش استفاده شود، در هر دفعه چند صندوق را می‌توان تا ارتفاع 3 m متری بالا برد؛ در صورتی که هر صندوق 600 kg جرم داشته باشد.

۷۱

۲- تقاطع زنجیرهای برای حمل گردیده تا ارتفاع $1/5$ متری موجود است. اگر زمان حمل 30 ثانیه و مشخصات گردیده با قطر 7 cm طول 2 m و جرم ویژه 7500 kg/m^3 گرم بر سانتیمتر مکعب باشد، توان موتور این غلاف را بر حسب کیلووات و اسب بخار به دست آورید.

۳- توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی $P_1 = 800\text{ W}$ و راندمان آن $\eta_E = 0.85$ می‌باشد. اگر این توان به وسیله جرم دنده‌ای با راندمان $\eta_1 = 0.75$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید:

الف) راندمان کل دستگاه؛

ب) توان محور محرک.

۴- دستگاه فرزی با قطر بولی 100 mm میلر موجود است. اگر دارای الکتروموتوری با این مشخصات باشد، نیروی محیطی آن را حساب کنید:

— تعداد دور موتور 6000 rpm

— توانی معادل $P_1 = 3/5\text{ kW}$

— راندمان الکتروموتور $\eta_E = 0.90$

— راندمان ماشین $\eta_M = 0.75$

۷۲

جلسه بیستم

برنامه زمان بندی جلسه بیستم		
۱	آمادگی کلاس	۵
۲	حل تمرین های صفحه های ۶۸ تا ۷۲	۸۰
۳	یادآوری : امتحان میان ترم از فصل سوم	۵

حل تمرین های صفحه های ۶۸ ، ۶۹ و ۷۰

ب) $F = f_r = \frac{1}{r} \times N = \frac{0.05}{6} \times 8000 = 66.7 \text{ N}$

حل تمرین ۱:

$$f_s = N \cdot \mu_s \Rightarrow f_s = 200 \times 0.15 = 30 \text{ N}$$

حل تمرین ۲:

$$2f_s = N \cdot \mu_s \Rightarrow 315 = N(0.25)$$

$$N = \frac{315}{0.25} = 1260 \text{ (N)}$$

حل تمرین ۳:

الف) $F = f_s = N \cdot \mu_s \Rightarrow F = 450 \times 0.3 = 135 \text{ (N)}$

ب) $F = f_k = N \cdot \mu_k \Rightarrow F = 450 \times 0.22 = 99 \text{ (N)}$

ج) $F = f_k + F_1 \Rightarrow F = 99 + 20 = 119 \text{ (N)}$

حل تمرین ۴:

$$F = f_s = N \times \mu_s = 60 \times 10 \times 0.5 = 300 \text{ N}$$

حل تمرین ۵:

$$F = f_i = N \times \mu_i = 4000 \times 0.005 = 20 \text{ N}$$

حل تمرین ۶:

الف) $F = f_s = N \cdot \mu_s = 8000 \times 0.5 = 4000 \text{ N}$

حل مسئله ۷:

$$f_s = N \cdot \mu_s = 2000 \times 0.1 = 200 \text{ N}$$

$$f_r = N \cdot \mu_r = 2000 \times 0.002 = 4 \text{ N}$$

حل مسئله ۸:

$$N = W - T \sin \alpha$$

$$f_s = T \cos \alpha \Rightarrow N \cdot \mu_s = T \cos \alpha$$

$$\mu_s = \frac{T \cos \alpha}{W - T \sin \alpha} \Rightarrow \frac{350 \cdot \cos 37^\circ}{750 - 350 \cdot \sin 37^\circ}$$

$$\mu_s = \frac{280}{540} \approx 0.52$$

حل مسئله ۹:

الف) $F = f_s = N \cdot \mu_s = 600 \times 0.35 = 210 \text{ N}$

ب) $F = f_k = N \cdot \mu_k = 600 \times 0.25 = 150 \text{ N}$

ج) $F = F_x + (F_y + W) \mu_s = 80 + (100 + 600) \cdot 0.25 = 255 \text{ N}$

حل مسئله ۱۰:

$$F = f_s = (W_1 + W_2) \mu_s$$

$$700 = (400 + W_2)(0.25)$$

$$W_2 = \frac{700 - (400 \times 0.25)}{0.25} = 2760 \text{ N}$$

پاسخ سؤال ۱: هرگاه به جسمی نیروی چنان وارد شود آن جسم بر اثر آن نیرو جابه‌جا شود، کار صورت گرفته است و مقدار کار انجام شده برابر است با حاصل ضرب نقطه‌ای بردار نیرو در بردار جابه‌جایی به شرط آن که هم راستا و هم جهت باشند.

پاسخ سؤال ۲:

الف - چون جهت وارد کردن نیرو جهت جابه‌جایی هر دو به طرف بالا بوده و جسم جابه‌جا شده است پس کار صورت گرفته است.

ب - چون جهت وارد کردن نیرو به طرف بالا و جهت حرکت کردن و جابه‌جا شدن به طرف جلو می‌باشد، کار مکانیکی صورت نمی‌گیرد.

پاسخ سؤال ۳: یک ژول مقدار کالری است که بتواند جسمی را که نیروی وزن آن برابر یک نیوتن می‌باشد به اندازه یک متر از زمین بلند کند.

پاسخ سؤال ۴: انرژی مکانیکی - انرژی حرارتی - انرژی الکتریکی

پاسخ سؤال ۵: مقدار کار انجام شده را در واحد زمان توان گویند.

پاسخ سؤال ۶: نسبت توان بازده را به توان گرفته شده راندمان یا ضریب بهره گویند.

پاسخ سؤال ۷: هرگاه جسمی بر روی سطح جسم دیگری بلغزد هر یک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می‌کنند که اولاً: این نیرو در امتداد سطح است و ثانیاً: مانع حرکت دو جسم بر روی یکدیگر می‌شود این نیرو را نیروی اصطکاک می‌نامند.

پاسخ سؤال ۸: نیروی اصطکاک در لحظه شروع به حرکت را نیروی اصطکاک ایستایی یا در حال سکون گویند.

پاسخ سؤال ۹: نیروی اصطکاک در حین حرکت را نیروی اصطکاک جنبشی گویند.

پاسخ سؤال ۱۰: نیروی عمود بر سطح تماس، صافی یا زبری سطح تماس، جنس دو قطعه در سطح تماس و استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شود.

پاسخ سؤال ۱۱: در اصطکاک لغزشی سطح دو جسم با هم تماس دارند - در اصطکاک غلتشی جسم توسط یک چرخ یا یک استوانه روی جسم دیگر حرکت می‌کند.

حل تمرین ۱:

$$W = F \times S \Rightarrow 54000 = (n \times 6000) \times 3$$

$$n = \frac{54000}{18000} = 3 \text{ عدد}$$

حل تمرین ۲:

$$P = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{t}$$

$$= \frac{(0.65 \times 1000)(0.35^2 \times \pi \cdot 2/2)(10)(1/5)}{30}$$

$$= 275 \text{ (Wat)}$$

$$P = 275 \times \frac{1.36}{1000} = 0.374 \text{ hp}$$

حل تمرین ۳:

الف) $\eta_E \times \eta_M = 0.85 \times 0.75 \approx 0.64$

ب) $P_r = P_i \times \eta = 800 \times 0.64 = 512 \text{ Wat}$

حل تمرین ۴:

$$P_r = P_i \times \eta_E \times \eta_M = 3/5 \times 0.9 \times 0.75$$

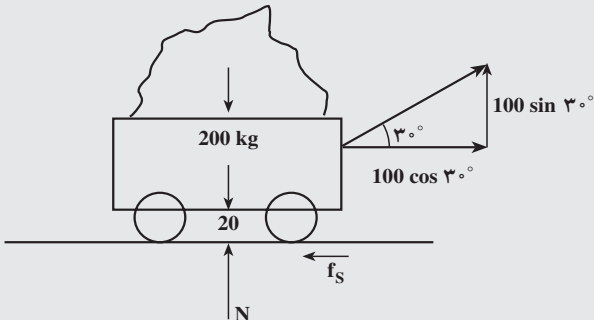
$$= 2/36 \text{ kWat}$$

$$F = \frac{P \times 9555}{r \times n} = \frac{2/36 \times 9555}{0.05 \times 6000} = 75/2 \text{ (N)}$$

جلسه بیست و یکم
امتحان از فصل سوم

امتحان از فصل سوم محاسبات فنی (۲)			
زمان:	رشته صنایع چوب و کاغذ	تاریخ:	نام و نام خانوادگی:
ردیف	توجه:	$g = 10$	$\pi = 3$
نمره			
۱	کار انجام شده یک بالا برای بالا بردن تخته‌هایی تا ارتفاع ۳ متری معادل ۱۸/۹ کیلوژول می‌باشد اگر ابعاد هر تخته $(1 \times 15 \times 2 \text{ cm})$ و وزن مخصوص 7° گرم بر سانتی مترمکعب باشد، همزمان چند تخته را می‌توان بالا برد؟		
۲	موتور پمپی در مدت ۵ دقیقه می‌تواند یک بشکه استوانه‌ای به ارتفاع یک متر و قطر نیم متر را از یک چاه به عمق ۴ متری پر از آب کند، اگر بشکه در ارتفاع ۳ متر از سطح زمین قرار گرفته باشد، توان بازده را محاسبه نمایید.		
۳	ماشینی از یک الکتروموتور و یک جعبه دنده تشکیل شده است، اگر توان گرفته شده الکتروموتور $4/1$ اسب بخار، راندمان الکتروموتور 8° و توان بازده جعبه دنده $1/8$ کیلووات باشد، محاسبه نمایید. الف) راندمان جعبه دنده ب) راندمان کل دستگاه		
۴	الکتروموتوری با مشخصات زیر مفروض است، نیروی کشش لازم در تسمه‌ای که به وسیله آن ایجاد می‌گردد را محاسبه نمایید. ۱- توان گرفته شده $2/72$ اسب بخار ۲- بازده 9° درصد ۳- تعداد دور 150° دور در دقیقه ۴- قطر چرخ تسمه 2° سانتی متر		
۵	از بالا بری مطابق شکل برای بالا بردن باری به جرم 16° کیلوگرم استفاده نموده‌ایم، اگر بار $2/5$ متر بالا رود، محاسبه نمایید : الف) نیرویی که باید به ریسمان وارد نمود (F) ب) مقدار جابه‌جایی که ریسمان دارد (S_2) ج) مقدار نیروی کششی که به ریسمان‌های A و B و C ایجاد می‌شود.		
۶	باری به جرم 20° کیلوگرم را روی یک واگن به جرم 2° کیلوگرم قرار داده و با یک نیرویی معادل 1° نیوتن که با افق زاویه 3° درجه می‌سازد می‌کشیم، محاسبه نمایید : الف) نیروی اصطکاک ب) ضریب اصطکاک		

پاسخنامه امتحان از فصل سوم محاسبات فنی (۲)
رشته صنایع چوب و کاغذ

۱	$V = 2 \times 0.15 \times 0.1 = 0.03 \text{ m}^3$ $\rho = 0.7 \times 1000 = 700 \text{ kg/m}^3 \quad F = \rho \cdot V \cdot g = 0.03 \times 700 \times 10 = 210 \text{ N}$ $W = nF \times S \Rightarrow 18900 = n(210) \times 3 \Rightarrow n = \frac{18900}{630} = 30 \text{ عدد}$
۲	$V = r^2 \pi h = (0.25)^2 \pi (1) = 0.196 \text{ m}^3$ $W = \rho V g H = (1000)(0.196)(10)(3+4) = 13720 \text{ J}$ $P = \frac{W}{t} = \frac{13720}{5 \times 60} = 45.7 \text{ Wat.}$
۳	$P_{1E} = 4/1 \times \frac{1}{1/36} = 36 \text{ kWat}$ $P_{2E} = \eta_E \cdot P_{1E} = 0.8 \times 36 = 28.8 \text{ kWat}$ $P_{1M} = P_{2E} = 28.8 \text{ kWat} \quad \eta_T = \eta_E \cdot \eta_M = 0.8 \times 0.75 = 0.6$ $\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}} = \frac{1/8}{2/4} = 0.25$
۴	$P_T = \eta \cdot P_1 = 0.9 \times 2/72 \times \frac{1}{1/36} = 1/8 \text{ kWat}$ $F = \frac{P_{kW} \times 9555}{r \times n} = \frac{1/8 \times 9555}{0.1 \times 1500} = 114/66 \text{ (N)}$
۵	$F = \frac{F_G}{r^{n-1}} = \frac{1600}{2^3} = 200 \text{ N}$ $S_T = r^{n-1} \cdot S_1 = 2^3 \times 2/5 = 20 \text{ m}$ $T_A = 1600 \times \frac{1}{2} = 800 \text{ N}$ $T_B = 800 \times \frac{1}{2} = 400 \text{ N}$ $T_C = 400 \times \frac{1}{2} = 200 \text{ N}$
۶	$N + F_y = W_1 + W_2$ $N + (100 \sin 30^\circ) = (200 + 20) \times 10$ $N = 2200 - 50 = 2150 \text{ (N)}$ $f_S = F_x = 100 \cos 30^\circ = 866 \text{ (N)}$ $f_S = N \cdot \mu \Rightarrow 866 = 2150 \cdot \mu$ $\mu = \frac{866}{2150} = 0.4$  <p>The diagram shows a rectangular block labeled '200 kg' resting on two wheels. A downward arrow from the top of the block indicates its weight. The wheels are on a horizontal surface. An upward arrow labeled 'N' represents the normal force. A horizontal arrow labeled 'f_S' points to the left, representing static friction. A force of 100 N is applied to the right side of the block at an angle of 30° to the horizontal. This force is decomposed into a vertical component labeled '100 sin 30°' pointing upwards and a horizontal component labeled '100 cos 30°' pointing to the right.</p>