

آزمایش 1: مطالعه قوانین اصطکاک

تئوری آزمایش:

نیروی اصطکاک نیروی مقاومی است که وقتی دو جسم در حال تماس نسبت به هم تمایل به حرکت دارد به وجود می آید. این نیرو در خلاف جهت سرعت نسبی حرکت دو جسم است و در کل باعث کندی حرکت می شود.

ماهیت اصطکاک به طور کلی شناخته شده نیست، بنابراین این مفهوم را باید بر اساس آزمایشهای تجربی بدست آورد. حتی اگر سطح تماس با جسم صاف و صیقلی به نظر بیاید، از نظر میکروسکوپی روی سطح برجستگی ها و بی نظمی هایی دیده می شود. در واقع هنگام حرکت دو جسم نسبت به هم، برآمدگی و فرورفتگی های دو جسم با هم در گیر می شوند و این بی نظمی های سطحی مانع حرکت نسبی دو جسم می شود.

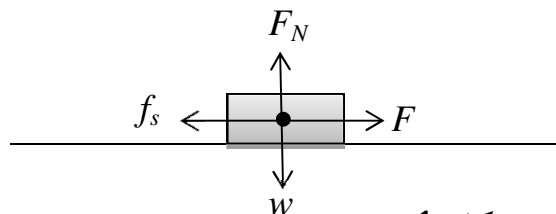
عوامل حاکم بر نیروی اصطکاک، تجربی بوده و عبارتند از :

1- جنس و وضعیت مثل (صافی یا زبری) سطوح در تماس.

2- نیروی عمودی که دو سطح به یکدیگر وارد می کنند.

نیروهای اصطکاک از ظاهر سطوح تماس (مثل اندازه سطح تماس) مستقل است.

در شکل (1) جسم M بر روی سطح افقی قرار دارد. نیروی وزن جسم با عکس العمل سطح اتکا F_N خنثی می شود. اگر به جسم M نیرویی کوچک نظیر F به موازات سطح وارد شود بعلاوه وجود اصطکاک بین دو سطح، جسم به حرکت در نخواهد آمد. چنانچه نیروی F را مرتباً افزایش دهیم نیروی اصطکاک نیز به موازات افزایش نیروی F افزایش می یابد تا آنکه جسم را در حال سکون نگه دارد. برای نیروی اصطکاک یک مقدار حدی وجود دارد که از آن به بعد دیگر قادر به حفظ تعادل سکون در مقابل نیروی F نیست و چنانچه نیروی F از این مقدار حدی بیشتر شود جسم شروع به حرکت با شتاب خواهد کرد. با کم کردن همان نیرویی که در اثر آن حرکت آغاز می شود می توان جسم را در حال حرکت یکنواخت و بدون شتاب نگه داشت.



شکل (1)

آن مقدار نیروی اصطکاکی که خلاف نیروی F بر جسم وارد می شود را با f_s نشان می دهند و آن را نیروی اصطکاک ایستایی می نامند. نیروی اصطکاک ایستایی برابر با کمترین نیروی لازم برای شروع حرکت جسم است. اگر جسم حرکت نکند آنگاه نیروی اصطکاک ایستایی با مقدار نیروی وارده برابر خواهد بود. مقدار بیشینه اصطکاک ایستایی تا لحظه قبل از شروع حرکت را با $f_s(max)$ نشان می دهند و برابر است با:

$$f_s(max) = \mu_s F_N \quad (1) \quad \text{رابطه}$$

μ_s را ضریب اصطکاک ایستایی مینامند.

حال اگر نیروی F به قدری باشد که جسم روی سطح شروع به حرکت کند، مقدار ماکزیمم نیروی اصطکاک ایستایی به نیروی اصطکاک جنبشی f_k تبدیل می شود که از رابطه زیر به دست می آید

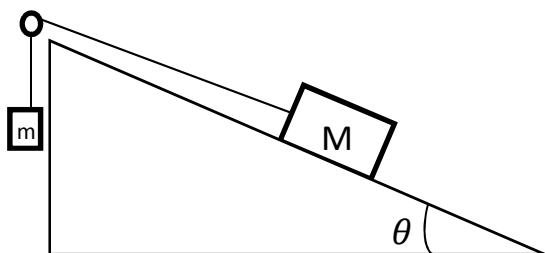
$$f_k = \mu_k F_N$$

که در آن μ_k ضریب اصطکاک جنبشی است.

هدف آزمایش: تعیین ضرایب اصطکاک ایستایی و جنبشی در سطح شیبدار

چنانچه جسمی به جرم M بر روی سطح شیبدار قرار داشته باشد نیروی عمود بر سطح برابر با وزن جسم نخواهد بود. بلکه فقط مؤلفه عمود بر سطح نیروی وزن برابر با نیروی عمودی سطح خواهد شد. مطابق شکل زیر قرقره ای به انتهای سطح شیبدار متصل می کنیم و کفه ای را توسط نخ به قلاب متصل به جسم وصل کرده و از روی قرقره عبور می دهیم. در این حالت با قرار دادن وزنه هایی بر روی کفه می توان جسم را در آستانه حرکت قرار داد. اگر جرم (کفه + وزنه ها) را m در نظر بگیریم به ازای حداقل m ای که جسم در آستانه حرکت واقع شود ضریب اصطکاک ایستایی μ_s را می توان از رابطه ی زیر به دست آورد: (به دست آوردن این رابطه به عهده دانشجو است)

$$\mu_s = \frac{m - M \sin \theta}{M \cos \theta}$$



روش آزمایش:

ابتدا جرم M مکعب مستطیلی و کفه را به کمک ترازو تعیین کرده و یادداشت می کنیم. سپس نخ را به قلاب مکعب مستطیل بسته و از روی قرقره عبور داده و به انتهای دیگر نخ، کفه را می بندیم. حال مکعب مستطیل را بر روی سطح شیبدار صیقلی که برای زاویه ای خاص (مثلاً 15 درجه) تنظیم شده است می گذاریم طوری که کفه نیز از طرف دیگر قرقره آویزان گردد.

الف) تعیین ضریب اصطکاک ایستایی:

بر روی کفه به تدریج وزنه هایی قرار می دهیم تا مکعب مستطیل به جرم M در آستانه حرکت قرار گیرد. حداقل جرم لازم را برای این که مکعب به حرکت در آید یادداشت می کنیم. m جرم کفه به اضافه وزنه هایی است که روی آن قرار داده شده است. در مرحله بعد جرم مکعب مستطیلی را با قراردادن وزنه ای دلخواه بر روی آن افزایش می دهیم (M را تغییر می دهیم). بنابراین m هم افزایش خواهد یافت. حداقل جرم لازم را برای این که دوباره مکعب در آستانه حرکت قرار گیرد در حالت جدید یادداشت می کنیم. این افزایش جرم مکعب M را حداقل شش مرتبه با وزنه های مختلف انجام دهیم و در هر مرتبه مقدار جرم m حداقلی که لازم است تا مکعب را به حرکت در آورد یادداشت می کنیم. این اعداد به دست آمده را در جدولی مناسب یادداشت میکنیم. نمودار $(m - M \sin \theta)$ را بر حسب $(M \cos \theta)$ رسم می کنیم. شیب خط رگرسیون، ضریب اصطکاک ایستایی خواهد بود.

ب) تعیین ضریب اصطکاک جنبشی:

دقیقاً مراحل فوق را انجام می دهیم. فقط با این تفاوت که ضمن اضافه کردن تدریجی وزنه های مختلف بر روی کفه، ضربات کوچکی نیز به سطح شیبدار در کنار مکعب مستطیل وارد میکنیم، تا جسم به صورت آهسته و یکنواخت شروع به حرکت کند. دوباره نمودار $(m - M \sin \theta)$ را بر حسب $M \cos \theta$ رسم میکنیم. معادله خط رگرسیون را مینویسیم. شیب خط رگرسیون، ضریب اصطکاک جنبشی خواهد بود.

پس از تعیین ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی مابین یک سطح خاص از مکعب و سطح شیبدار موجود، خطای نسبی μ_s و μ_k را نیز محاسبه کنید.

پرسشها:

- 1- توضیح دهید که چرا برای اندازه گیری μ_k لازم است که جسم دارای حرکت یکنواخت باشد؟
- 2- وقتی که شما بر روی یخ حرکت می کنید برای جلوگیری از لغزندگی قدمهای خود را کوتاه می کنید. با توجه به قوانین اصطکاک توضیح دهید که چگونه با این عمل نیروی اصطکاک را افزایش می دهید؟
- 3- چگونه وجود اصطکاک بین چرخهای اتومبیل و جاده برای حرکت اتومبیل لازم است؟