

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

از سری جزوات آموزشی:

فیزیک پایه 1

(مکانیک)

تالیف: هریس بنسون

ترجمه: محمدرضا بهاری

ناشر: انتشارات دانشگاه پیام نور

گردآوری: واحد آموزشی انجمن علمی پژوهشی فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور قم

تایپ و تدوین: واحد فناوری انجمن علمی پژوهشی فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور قم

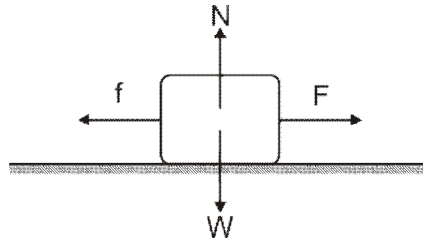


دانشگاه پیام نور قم

فصل ششم: دینامیک زره 2

اصطکاک:

نوعی نیروی تماسی است که با حرکت نسبی دو جسمی که با هم در تماس اند مخالفت می‌کند. اصطکاک معمولاً در فلاپ جهت نیرو وارد می‌شود.



ویژگی‌های اصلی مربوط به اصطکاک:

- (1) نیروی اصطکاک متناسب با نیرویی است که دو جسم را به هم می‌فشارد.
- (2) نیروی اصطکاک بستگی همسوسی به مساحت سطح تماس دو جسم ندارد.
- (3) نیروی اصطکاک در سرعت‌های نسبتاً کم مستقل از سرعت است.

نکته: نیروی اصطکاک به سطح بستگی ندارد یعنی اگر یک مکعب را یک بار از طرف سطح بزرگ و یک بار دیگر از طرف سطح کوچکش روی جسم دیگری قرار دهیم درست است که قله‌هایی که در تماس با پستی و بلندی‌های جسم دیگر قرار می‌گیرد کمتر است اما در عوض در اثر فشار بیشتری قرار دارد.

نکته: اگر دو جسم را سمباده بزنیم اصطکاک میان آنها کم می‌شود ولی اگر آنها را بیش از حد معینی صیقلی کنیم اصطکاک دوباره زیاد می‌شود.

اصطکاک ایستایی: برای به لغزش در آوردن هر جسمی روی یک سطح مستلزم اعمال حداقل معینی نیرو است. اما پس از شروع حرکت برای اینکه جسم با سرعت ثابتی به حرکتش ادامه بدهد نیروی کمتری لازم است. در حالت اول اصطکاک ایستایی و در حالت دوم اصطکاک جنبشی است.

(اصطکاک جنبشی $>$ اصطکاک ایستایی)

نیروی اصطکاک ایستایی را با f_s نشان می‌دهیم. اگر نیرویی که ما به جسمی وارد می‌کنیم صفر باشد f_s نیز صفر است. حال اگر این نیرو را افزایش دهیم f_s هم همپای آن بزرگ می‌شود البته تا زمانی که به یک مقدار ماکزیمم برسد. اگر نیرویی که وارد می‌کنیم از ماکزیمم بیشتر شود جسم حرکت می‌کند. در سرعت‌های زیاد اصطکاک یا ثابت می‌ماند یا به تدریج کم می‌شود. در سرعت‌های کم نیز اصطکاک ترکیبی از اصطکاک جنبشی و ایستایی است.

نیروی که دو جسم را به هم می‌فشارد در واقع همان N است. پس اصطکاک جنبشی برابر است با:

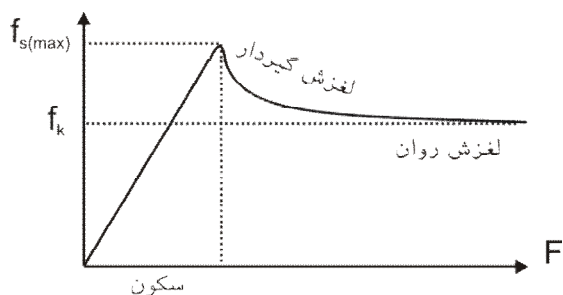
$$f_k = \mu_k N$$

نیروی اصطکاک ایستایی مقدار معینی ندارد ولی برای ماکزیمم آن می‌توانیم بنویسیم:

$$f_s(\max) = \mu_s N$$

و در حالت کلی

$$f_s \leq \mu_s N$$

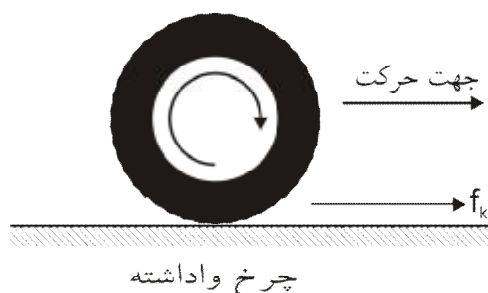


نمودار تغییر اصطکاک با نیروی اعمال شده

اصطکاک غلتشی:

توپ یا پرفی که روی زمین می‌غلتد دارای این نوع اصطکاک است که به صورت اصطکاک جنبشی (لغزشی) بسیار کوچکی است. جهت نیروی اصطکاک غلتشی بستگی به این دارد که غلتش آزاد باشد یا واداشته.

غلتش واداشته: مثل چرخ‌های عقب اتومبیل (البته اتومبیلی که نیرو از چرخ‌های عقب اعمال می‌شود) که در آن در محل تماس چرخ با زمین نیروی به طرف عقب به جاده وارد می‌کند. (در اثر این نیرو است که در جاده‌های فاکلی سنگ ریزه‌ها به عقب پرتاب می‌شود) و جاده هم عکس‌العمل آن را رو به جلو به چرخ وارد می‌کند. پس در غلتش واداشته نیروی اصطکاک رو به جلو است. اگر نیروی چرخاننده بیش از حد اکثر نیروی اصطکاک ایستایی میان چرخ و جاده باشد غلتش با لغزش همراه می‌شود.



غلتش آزاد: در غلتش آزاد نیروی اصطکاک به سمت عقب می‌باشد و حرکت چرخ را کند می‌کند به همین دلیل است که وقتی چرخ در پاله می‌افتد موقع بیرون آمدن ضربه‌ای به عقب وارد می‌کند.

دینامیک حرکت دایره‌ای:

یک نمونه مهم از حرکت شتابدار، حرکت در مسیر دایره‌ای با سرعتی به مقدار ثابت است که به آن حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌گویند. شتاب در چنین حرکتی برابر است با $\mathbf{a} = -\frac{v^2}{r}\hat{r}$ که در آن v برابر است با سرعت و r شعاع دایره است.

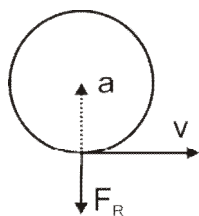
$$T = \frac{t}{n} \quad \text{دوره تناوب} \quad \mathbf{w} = \frac{2p}{T} \quad \text{سرعت زاویه‌ای} \quad \underline{v = wr}$$

پس مقدار نیرویی که این شتاب را ایجاد می‌کند برابر است با:

$$F = ma \rightarrow F = m \frac{v^2}{r}$$

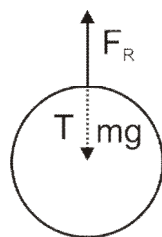
این نیرو همجهت با شتاب مرکزگراست که نیروی مرکزگرا نامیده می‌شود.

نکته: شتاب همیشه مرکزگراست و نیز سرعت مماس بر مسیر و بر هم عمودند.



دوران نخ (کشش نخ):

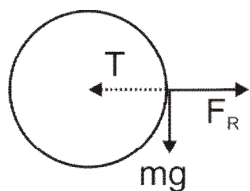
در دوران نخ فرمول کلی به صورت $T = F_R + mg \cos \alpha$ می‌باشد که α زاویه بین F_R و mg می‌باشد.



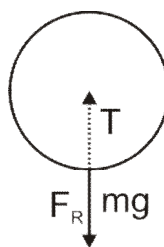
$$mg + T = F_R \rightarrow T = F_R - mg$$

و از طریق فرمول $\cos 180^\circ = -1$:

$$T = F_R - mg$$



$$T = F_R$$



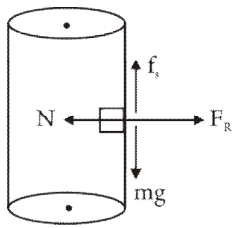
$$T = F_R + mg$$

پی بیشترین مقدار T در پایین‌ترین نقطه از مسیر می‌باشد.

مثال: جسمی را به دیواره‌ی داخلی استوانه‌ای تکیه داده بر روی سکویی می‌گذاریم و استوانه شروع به گردش می‌کند. حال وقتی سرعت دوران به حد کافی رسید سکو را از زیر جسم برمی‌داریم. حداقل ضریب اصطکاک

مقدر باید باشد تا شیء نلغزد؟ شعاع استوانه $2m$ و دوره تناوب $2s$ است. $(n^2 = 10)$ ، $(g = 10)$

در این مواقع ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و بعد نیروهای عمودی و افقی را تفکیک می‌کنیم.



$$T = 2s$$

$$r = 2m$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \pi$$

$$v = r\omega$$

$$\mu_s = ?$$

$$f_s = mg$$

$$f_s = \mu_s N$$

$$N = F_R \rightarrow F_R = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\pi^2 r \rightarrow N = m\pi^2 r$$

$$f_s = mg \rightarrow \mu_s N = mg \rightarrow \mu_s m\pi^2 r = mg$$

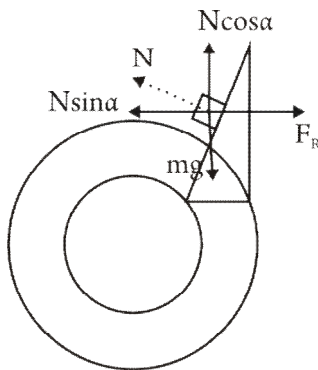
$$\mu_s = \frac{g}{\pi^2 r} = \frac{10}{10 * 2} = 0.5$$

در جاده‌های مسطح:

در جاده‌های مسطح فکر می‌کنیم که $F_R = f_s$.

در جاده‌های با شیب عرضی:

در این گونه جاده‌ها برای اینکه ماشین در آنها نلغزد باید معادلات زیر برقرار باشد.



$$N \sin \alpha = F_R$$

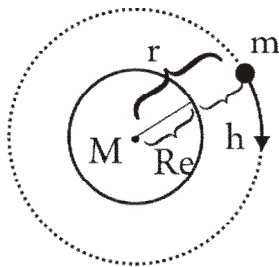
$$F_R = m \frac{v^2}{R}$$

$$N \cos \alpha = mg$$

$$\frac{N \sin \alpha}{N \cos \alpha} = \frac{m \frac{v^2}{R}}{mg} \rightarrow \tan \alpha = \frac{v^2}{Rg}$$

مدارهای ماهواره‌ای:

در گردش ماهواره‌ها به دور زمین (یا سیاره به دور خورشید) اگر جسم مرکزی خیلی بزرگتر از جسم جسمی باشد که در مدار قرار گرفته است، می‌توانیم جسم مرکزی را ثابت بگیریم. پس جسم m که حول جسم M حرکت دورانی یکنواخت دارد در این مورد قانون دوم به شکل زیر است که در آن G ثابت جهانی است.



$$r = R_e + h$$

$$F = ma \Rightarrow \frac{GmM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$v_{\text{مداری}} = \sqrt{\frac{GM}{r}} \text{ با } \text{این سرعت ماهواره‌ها برابر است}$$

نکته: همانطور که از فرمول پیداست سرعت به جسم بستگی ندارد. سرعت به شعاع مدار بستگی دارد.

دوره تناوب مدار:

$$v = r\omega = r \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2r\pi}{v}$$
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM}} \sqrt{r^3} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3 = Kr^3$$

که در آن ضریب K را به جای $\frac{4\pi^2}{GM}$ قرار داده ایم که رابطه‌ی بالا به قانون سوم کپلر معروف است.

نکته: وقتی جسمی در حالت سقوط است، در حالت بی‌وزنی است.

پایان فصل ششم