انواع نیروی اصطکاک :

نیروی اصطکاک ایستایی : $f_s$ ثابت نیست و $0 \leq f_s \leq f_{s.max}$

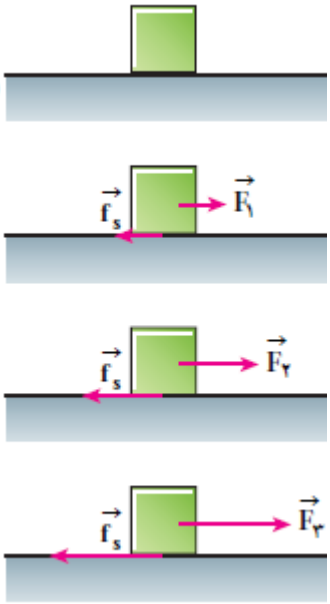
نیروی اصطکاک جنبشی : $f_k$ $f_k = \mu_k F_N$

## نیروی اصطکاک ایستایی

اگر یک خودروی ساکن بر سطح افقی خیابان را (که در وضعیت پارک است) هُل دهید، و نتوانید آن را به حرکت درآورید، به این معناست که نیرو های وارد بر خودرو در راستای افقی متوازن هستند از آنجا که شما تنها یک نیرو به خودرو وارد کرده اید پس باید نیرویی هم اندازه و مخالف نیروی شما به خودرو وارد شده باشد تا نیروی شما را خنثی کند

این نیروکه در خلاف جهت هُل دادن شما بین لاستیکها و سطح به وجود آمده است و با حرکت خودرو مخالفت میکند ، نمونه ای از نیروی اصطکاک ایستایی است .

همین گونه است که برای به حرکت در آوردن صندوق سنگی‌نی که روی سطح افقی ساکن است بای‌د نیروی بزرگی به آن وارد کنید و اگر نیروی کوچکی به آن وارد کنید صندوق ساکن می ماند. این نیرویی در خلاف جهت نیرویی که به صندوق وارد کرده اید، به آن وارد شده باشد را نیروی اصطکاک ایستایی می نامیم.




با دقت در شکل های روبرو میتوان گفت تا هنگامی که جسم ساکن است با افزایش نیرو نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش می یابد.

با توجه به قانون دوم نیوتن چون اجسام ساکن هستند داریم :

$$\sum F = ma \xrightarrow{\text{جسم ساکن}} \sum F = 0$$

در شکل اول چون نیرویی به جسم در راستای افقی وارد نشده ، اندازه ی نیروی اصطکاک نیز صفر است

در شکل های دوم تا چهارم داریم :

$$\sum F = 0 \rightarrow F_{\text{یا } 1....} - f_s = 0 \rightarrow f_s = F_{\text{یا}1....}$$

همانطور که گفته شد با افزایش F نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می یابد اما این

افزایش تا بینهایت ادامه ندارد!!!

برای نیروی اصطکاک حد بالا و بیشینه ای وجود دارد که آن را نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه یا در آستانه حرکت می نامیم. ( $f_{s.max}$ )

اگر به جسمی نیروی F وارد شود تا هنگامی که کمتر از $f_{s.max}$ باشد جسم ساکن می ماند . در حالتی که برابر شد جسم در آستانه حرکت قرار گرفته و اگر بیشتر باشد جسم به حرکت در می آید که در این حالت نیروی اصطکاک جنبشی به جسم وارد می شود.

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه

اندازه نیروی اصطکاک در آستانه حرکت به دو عامل بستگی دارد :

۱- نیروی عمودی که سطح به جسم وارد می کند $F_N$

۲- مشخصات فیزیکی سطح جسم و تکیه گاه ( جنس، زبری، رطوبت، دما و ....) $\mu_S$

$$f_{s.max} = \mu_S \times F_N$$

اندازه ی نیروی اصطکاک ایستایی همانگونه که قبلا نیز گفته شد ثابت نیست بلکه بین صفر تا یک مقدار بیشینه تغییر می کند : $0 \leq f_s \leq f_{s.max}$

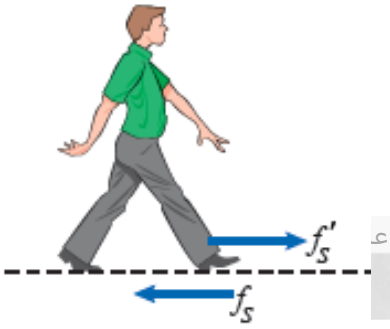
چند نکته: تا هنگامی که جسم ساکن است $f_s = F$

اگر در راستای قائم نیرویی بجز وزن و عمودی سطح به جسم وارد نشود وجسم حرکت در راستای قائم نداشته باشد :

$$F_N = mg$$

اندازه ی نیروی اصطکاک ایستایی به نیروی عمودی سطح و جنس سطح تماس بستگی ندارد

## پرسش صفحه ۸۳ کتاب




الف) بر اساس قانون سوم نیوتون و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می شود؟

هنگام راه رفتن، پا زمین را به عقب هل می دهد این برهم کنش به علت اصطکاک

بین پا و زمین اتفاق می افتد. طبق قانون سوم نیوتون زمین نیز پا را به طرف جلو هُل

می دهد که سبب حرکت و راه رفتن می شود..

ب) چرا راه رفتن روی یک سطح سُر مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟

اگر سطح زمین سُر و بدون اصطکاک باشد، نیروی اصطکاک که پا به زمین وارد می کند و نیروی اصطکاکی که زمین به پا وارد می کند بسیار ناچیز است و راه رفتن به سختی ممکن خواهد بود و حتی ممکن است نتوانیم راه برویم

## تمرین صفحه ۳۹ کتاب

در شکل روبرو اگر جرم جسم ۴kg باشد و نیرویی که به آن وارد می شود را به تدریج افزایش دهیم هنگامی که نیرو به ۱۶ نیوتن می رسد جسم در آستانه حرکت قرار می گیرد .

الف) به ازای نیرو های ۴ و ۸ و ۱۶ نیوتن اندازه ی نیروی اصطکاک ایستایی را بدست آورید.

ج: چون جسم ساکن است برایند نیوهای افقی که به آن وارد می شود برابر صفر است در نتیجه

$\sum F = ۰ \rightarrow F - f_s = ۰ \rightarrow f_s = F$ اگر F=۴N $\Rightarrow f_s =$ ۴N ,

اگر F=۸N $\Rightarrow f_s =$ ۸N , اگر F=۱۶N $\Rightarrow f_s =$ ۱۶N

ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید. $f_{s.max}$=۱۶ N , $f_{s.max} = \mu_S \times F_N$

$$\sum F_y = ۰ \rightarrow F_N - mg = ۰ \rightarrow F_N = mg = ۴۰\ N$$

$$\mu_S = \frac{۱۶}{۴۰} = ۰.۴$$

## مثال

یک کمد به جرم ۴۵ کیلوگرم روی کف اتاق قرار دارد . با نیروی ۵۰ نیوتن کمد را هل می دهیم . اگر ضریب اصطکاک ایستایی میان کمد و کف اتاق ۰,۴۵ باشد؛

الف) حداقل نیروی لازم برای به حرکت در آوردن کمد چند نیوتن است ؟

$$\sum F_y = ۰ \rightarrow F_N - mg = ۰ \rightarrow F_N = mg = ۴۵۰\ N$$

$$f_{s.max} = \mu_S \times F_N \ \rightarrow \ f_{s.max}=۰,۴۵\times۴۵۰=۲۰۲,۵\ \text{N}$$

ب) آیا کمد روی کف اتاق حرکت می کند ؟ اگر ساکن است نیروی اصطکاک ایستایی چند نیوتن است؟ خیر . نیروی افقی از نیروی اصطکاک در آستانه حرکت کمتر است $f_s = F = ۵۰\ N$

پ) اگر یکی از کشوهای کمد به جرم ۵ کیلوگرم را خارج کنیم، نیروی اصطکاک ایستایی چند نیوتن می شود ؟

$$f_{s.max} = \mu_S \times F_N \ \rightarrow \ f_{s.max}=۰,۴۵\times۴۰۰=۱۸۰\ \text{N}$$

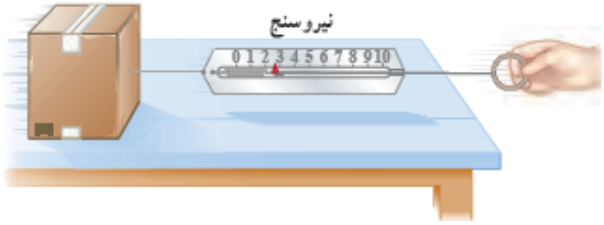
در این حالت نیز کمد هنوز ساکن است چون نیروی افقی از نیروی اصطکاک در آستانه حرکت کمتر است

$$f_s = F = ۵۰\ N$$

## فعالیت صفحه ۴۰

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه متناسب با نیروی عمودی سطح است .

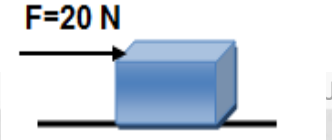
ابتدا یک مکعب که وزن آن را اندازه گیری کردیم را با نیروسنج آن قدر می کشیم تا جسم در آستانه حرکت قرار گیرد . عددی که نیرو سنج نشان میدهد را یادداشت کرده و سپس جسمی با وزن مشخص را روی مکعب قرار میدهیم




مشاهده می شود با نیروی قبل مکعب در آستانه حرکت قرار نمیگیرد! آنقدر نیرو را افزایش می دهیم تا مجدد مکعب در آستانه حرکت قرار گیرد . این آزمایش را چند بار انجام داده و اندازه نیروی نیروسنج را با مجموع وزن های مکعب و اجسام روی آن مقایسه می کنیم...

## تمرین

۱- مطابق شکل جسمی به جرم ۳۰kg ، با نیروی F ساکن نگه داشته شده است. نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید و تعیین کنید واکنش هر نیرو چه اندازه و به چه جسمی وارد می شود .



ب) اگر ضریب اصطکاک ایستایی سطح ۰٫۸ باشد ، اندازه ی نیروی F را چقدر افزایش دهیم تا در آستانه حرکت قرار گیرد؟

۲- نمودار تغییرات نیروی اصطکاک ایستایی را بر حسب نیروی محرک رسم کنید.شیب نمودار چقدر است؟

۳- نمودار تغییرات نیروی اصطکاک ایستایی را بر حسب نیروی عمودی سطح رسم کنید!

۴-نمودار تغییرات نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه را بر حسب نیروی عمودی سطح رسم کنید. شیب نمودار نشان دهنده چه کمیتی است ؟

## نیروی اصطکاک جنبشی

حال خودروی در حال حرکتی را در نظر بگیرید که راننده اش ترمز کرده و چرخهای خودرو قفل شده است. سرعت خودرو کاهش پیدا می کند و پس از طی مسافتی متوقف میشود. در این حالت نیزباید نیرویی در خلاف جهت حرکت از طرف سطح بر خودرو وارد شده باشد تا شتاب منفی به خودرو بدهد. این نیرو، نمونه ای از نیروی اصطکاک جنبشی است .

به عنوان مثال دیگر جسمی را درنظر بگیرید که آن را با کشیدن یا هُل دادن روی سطح افقی به حرکت درآورده اید. اگر دست از کشیدن یا هل دادن جسم بردارید سرعت آن کاهش می یابد و پس از مدتی می ایستد. با توجه به اینکه نیرو عامل تغییر سرعت است، باید نیرویی در خلاف جهت حرکت به جسم وارد شده باشد. این نیرو را نیروی اصطکاک جنبشی می نامیم.