جزوه علوم نهم اندیشه پویا

فصل پنجم: نیرو

محمد احتشام دبیر علوم تجربی ناحیه ۵ مشهد

آثار نیرو: در سال هفتم اثرات نیرو را آموختید از جمله:

۱– نیرو باعث تغییر جهت حرکت جسم می شود ۲– نیرو باعث شروع حرکت جسم می شود ۳– نیرو باعث توقف حرکت جسم می شود ۴– نیرو باعث کند شدن حرکت جسم می شود ۵– نیرو باعث تند شدن حرکت جسم می شود ۶– نیرو باعث تغییر شکل جسم می شود

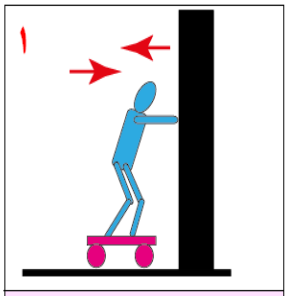
چند نکته مهم در رابطه با نیرو:

نکته ۱: نیرو اثر متقابل بین دو جسم است یعنی با وجود یک جسم نیرو معنا ندارد.

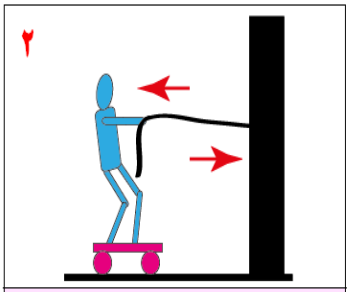
نکته ۲: نیروها عموما در خلاف جهت هم اثر می کنند.

برای این که دو نکته بالا را بهتر درک کنید به مثال های زیر توجه کنید.

فرض کنید روی یک چهار چرخ (اسکیت) در کنار یک دیوار ایستاده اید. اگر به دیوار نیرو وارد کنید یعنی دیوار را هل بدهید چه اتفاقی می افتد؟ بله درست است اگر شما دیوار را به سمت راست هل بدهید خودتان به سمت چپ حرکت می کنید. سوال اینجاست که چرا شما به سمت چپ حرکت می کنید؟ شما که خودتان را به سمت چپ نکشیده اید. زمانی که شما به دیوار نیرو وارد می کنید دیوار هم به همان اندازه به شما نیرو وارد می کند ولی در جهت عکس نیروی شما. یعنی شما دیوار را به سمت راست هل می دهد ولی دیوار شما را به سمت چپ هل می دهد.



شما دیوار را به سمت راست هل می دهید
دیوار شما را به سمت چپ هل می دهد



شما با کمک طناب دیوار را به سمت چپ می کشید
دیوار با کمک طناب شما را به سمت راست می کشد

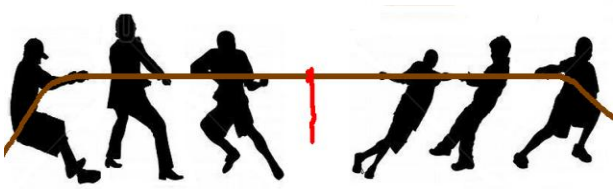
حالا به تصویر شماره ۲ نگاه کنید. در این تصویر شخص با کمک یک طناب دیوار را به

سمت چپ می کشد ولی خودش به سمت راست حرکت می کند. چرا؟ چون زمانی که شخص با کمک طناب به دیوار نیرو وارد می کند (به سمت چپ) دیوار هم به شخص نیرو وارد می کند (به سمت راست) و شخص به سمت راست حرکت می کند یعنی شخص دیوار را به سمت خود می کشد دیوار هم شخص را به سمت خود می کشد.

یک مثال دیگر: احتمالا تجربه کرده اید که اگر با کمک یک چکش سبک ضربه محکمی به یک سنگ بزنید چکش بعد از برخورد به سنگ به سمت عقب بر می گردد؟ چرا چکش به سمت عقب بر می گردد؟ چون به همان اندازه که چکش به سنگ نیرو وارد می کند سنگ هم به چکش نیرو وارد می کند ولی در جهت مخالف و همین نیرو باعث می شود چکش به سمت عقب برگردد. با کمک مثالهای بالا زیر نویس شکل ۱ صفحه ۵۰ کتاب را بهتر درک خواهید کرد.

نکته ۳ : دو جسمی که در به وجود آمدن نیرو نقش دارند الزاما با هم در تماس نیستند مثلا زمین بر هواپیما نیرو وارد می کند بدون آن که با آن در تماس باشد. آهن ربا بر آهن نیرو وارد می کند بدون آن که با آن تماس داشته باشد. الکترون بر پروتون نیرو وارد می کند بدون آن که با آن تماس داشته باشد.

نیرو های متوازن: نیروهای متوازن به نیرو هایی گفته می شود که اثر یکدیگر را خنثی می کنند. به تصویر زیر دقت کنید. اگر زور افراد سمت راست و چپ با هم برابر باشد چه اتفاقی می افتد؟ مطمئنا طناب جا به جا نمی شود. چرا؟ چون نیروی افراد سمت راست و نیروی افراد سمت چپ با هم برابر است و اثر یکدیگر را خنثی می کنند



نکته ۴ : نیروهای متوازن همیشه در خلاف جهت هم اثر می کنند.

نکته ۵ : نیروهای متوازن همیشه با هم برابرند مثلا زمانی که هواپیما در آسمان با سرعت ثابت حرکت می کند نیروی بالابر هواپیما و نیروی وزن متوازن هستند چون اولا با هم برابرند و دوما یکی به سمت بالا و دیگری به سمت پایین است.

نکته ۶ : اگر همزمان چند نیرو بر یک جسم اثر کنند برای متوازن بودن نیروها لازم نیست همه نیروها با هم برابر باشند یعنی فقط نیروهایی که در خلاف جهت هم اثر می کنند باید برابر باشند نه همه باید با هم برابر F3 و F1ی نیرو ها. مثلا در تصویر مقابل نیروی F4 با نیروی F2باشند و نیروی و لزومی ندارد هر چهار نیرو برابر باشند.

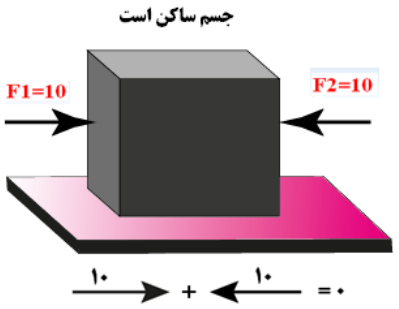
سوال: اگر نیروهای وارد بر یک چتر باز متوازن هستند چرا چترباز در آسمان ثابت نمی ماند؟ چتر باز زمانی که از هواپیما پایین می پرد حرکت شتاب دار دارد چون نیروی وزن از نیروی مقاومت هوا بیشتر است. وقتی چتر

باز چترش را باز می کند نیروی وزن و مقاومت هوا متوازن می شوند و چون چتر باز در حال حرکت است با سرعت ثابت پایین می آید.

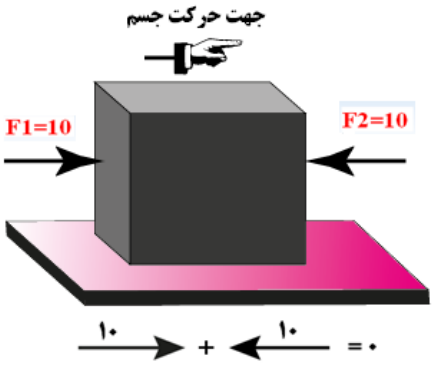
نکته ۷ : وقتی جسمی حرکت شتابدار دارد یعنی نیروها متوازن نیستند. اگر نیروهای وارد بر این جسم متوازن شوند جسم ساکن نمی شود بلکه حرکت شتابدار به حرکت یکنواخت تبدیل می شود.

نکته ۸ : در اجسام متحرک اگر نیروی مقاومت بیشتر از نیروی پیشران باشد سرعت جسم کم شده تا زمانی که متوقف شود مانند زمانی که خودرو ترمز می کند.

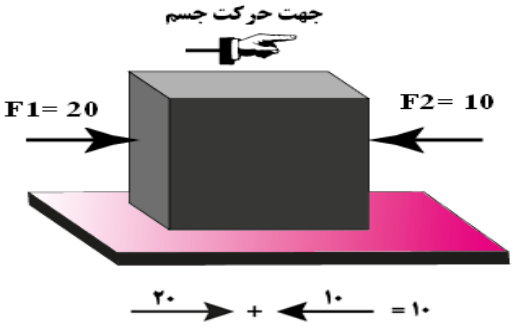
قانون اول نیوتن: اگر نیروهای وارد بر یک جسم متوازن باشند (یعنی اثر هم را خنثی کنند) این نیروها هیچ تاثیری در وضعیت جسم ایجاد نمی کنند یعنی اگر جسم ساکن باشد همچنان ساکن می ماند و اگر در حال حرکت باشد همچنان با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می دهد.

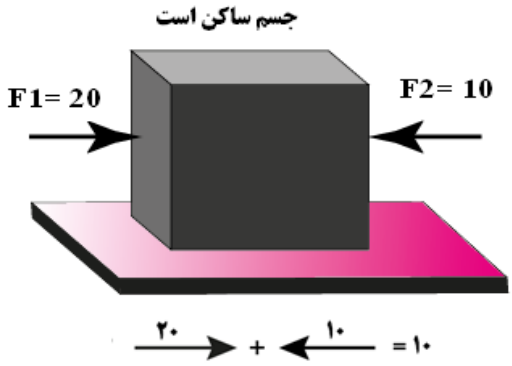


در تصویر مقابل می بینید که جسم ساکن است و نیروی خالص برابر صفر است یعنی دو نیرو اثر هم را خنثی می کنند پس جسم همچنان ساکن می ماند و تغییری در وضعیت جسم ایجاد نمی شود.



در تصویر مقابل جسم به سمت راست در حال حرکت است. نیروی خالص برابر صفر است یعنی دو نیرو اثر هم را خنثی می کنند پس جسم با سرعت ثابت به سمت راست به حرکت خود ادامه می دهد و باز هم هیچ تغییری در وضعیت حرکت جسم ایجاد نمی شود. حالا اگر توازن نیرو ها به هم بخورد چه اتفاقی می افتد؟ یعنی زمانی که نیروها با هم متوازن نیستند چه اتفاقی می افتد؟ اگر نیروها متوازن نباشند یک نیروی خالص ایجاد می شود.





منظور از نیروی خالص چیست؟ به زبان خیلی ساده اگر نیروهایی که در دو جهت مخالف بر جسم وارد می شوند را از هم کم کنیم تفاضل این نیروها می شود نیروی خالص. مثلا اگر بر یک جعبه دو نیرو وارد شود یکی نیروی ۲۰ نیوتنی به سمت راست و دیگری نیروی ۱۰ نیوتنی به سمت چپ تقاضل این دو نیرو برابر است با ۱۰ نیوتن به سمت راست. یعنی این که بر این جسم یک نیروی خالص ۱۰ نیوتنی به سمت راست وارد می شود. حالا خودتان تصور کنید اگر بر یک جسم یک نیروی خالص ۱۰ نیوتنی وارد شود چه اتفاقی می افتد؟ اگر جسم ساکن باشد در جهت نیرو شروع به حرکت می کند و اگر جسم در حال حرکت باشد سرعت حرکت جسم تغییر می کند.

به تصاویر مقابل دقت کنید. در تصویر بالایی جسم ساکن است و نیروی خالص برابر ۱۰ نیوتن و به سمت راست است پس جسم در جهت نیروی خالص یعنی به سمت راست شروع به حرکت می کند. در تصویر پایینی جسم به سمت راست در حال حرکت است. نیروی خالص برابر ۱۰ نیوتن و به سمت راست است (یعنی نیروی خالص هم جهت با حرکت جسم است) پس سرعت جسم افزایش می یابد.

نیروی خالص عامل شتاب: وقتی می گوییم نیروی خالص عامل شتاب است منظور چیست؟ در فصل قبل خواندیم که اگر سرعت یک جسم تغییر کند به آن حرکت شتابدار می گوییم. پس وقتی می گوییم نیروی خالص عامل شتاب است یعنی نیروی خالص باعث تغییر سرعت جسم می شود.

همانطور که در تصاویر بالا مشاهده می کنیم تا زمانی که برایند نیرو های وارد بر جسم یعنی نیروی خالص صفر باشد شتابی ایجاد نمی شود چون اگر جسم ساکن باشد ساکن می ماند و اگر در حال حرکت باشد با حرکت یکنواخت به مسیر خود ادامه می دهد. ولی وقتی برایند نیروها یعنی نیروی خالص صفر نباشد وضعیت جسم تغییر می کند و حرکت جسم شتاب دار می شود. یعنی به صورت خلاصه نیروی خالص باعث ایجاد شتاب می شود.

سوال: چرا حرکت چترباز بدون شتاب است؟ چون نیروها متوازن هستند یعنی نیروی مقاومت هوا و نیروی وزن با هم برابرند در نتیجه نیروی خالص برابر صفر است و چون نیروی خالصی وجود ندارد پس شتابی هم وجود ندارد.

قانون دوم نیوتن: در صورتی که نیرو های وارد بر جسمی متوازن نباشند جسم حرکتی شتابدار پیدا می کند یعنی سرعت جسم کم یا زیاد می شود. مقدار شتاب با مقدار نیرو نسبت مستقیم و با جرم جسم نسبت عکس دارد.

سوال: چرا حرکت گلوله به سمت زمین حرکت شتاب دار است؟ چون نیروها متوازن نیستند یعنی نیروی وزن از نیروی مقاومت هوا بیشتر است در نتیجه نیروی خالص برابر صفر نیست به همین دلیل حرکت گلوله در هنگام سقوط یک حرکت شتابدار است.

رابطه بین جرم، نیرو و شتاب: شتاب یک جسم با نیروی وارده بر آن نسبت مستقیم و با جرم جسم نسبت عکس دارد.

$f = m \times a$ یا $a = \frac{f}{m}$ یا شتاب $\times$ جرم $=$ نیرو یا $\text{شتاب} = \frac{\text{نیرو}}{\text{جرم}}$

نکته ۹ : در فرمول شتاب منظور از نیرو، نیروی خالص وارد بر جسم است یعنی اگر هم زمان چند نیرو بر جسم وارد شود باید ابتدا نیروی خالص وارد بر جسم را محاسبه کرده و سپس با کمک این نیروی خالص، شتاب جسم را حساب کنیم.

نکته ۱۰ : یکای شتاب متر بر مربع ثانیه است (m/s^2) که معادل نیوتن بر کیلوگرم است. (N/Kg)

وزن: وزن جسم برابر نیروی جاذبه ای است که از طرف زمین بر یک جسم وارد می شود و با استفاده از شتاب جاذبه g جرم جسم و m همان وزن جسم ، W محاسبه می شود. در این رابطه $W=mg$ رابطه زمین است. وزن را با وسیله ای به نام نیروسنج اندازه گیری می کنیم و یکای آن نیوتن است.

نکته ۱۰ : مطابق فرمول وزن، شتاب گرانش نسبت وزن به جرم است (فرمول مقابل) یعنی نسبت وزن یک جسم به جرم آن جسم در هر نقطه ای که باشد برابر نیروی گرانشی است که بر جسم وارد می شود مثلا اگر در ارتفاع ۱۰ کیلومتری از سطح زمین نسبت وزن به جرم یک جسم ۵ باشد یعنی در آن ارتفاع نیروی جاذبه زمین ۵ است. یا مثلا شتاب جاذبه ماه ۱/۶ است یعنی در سطح ماه وزن یک جسم ۱/۶ برابر جرم جسم است.

$W = mg \Rightarrow g = \frac{W}{m}$

نکته ۱۱ : در فرمول محاسبه شتاب دیدیم که $F = m \times a$ و از طرفی می دانیم که نیروی کنش و واکنش با هم برابرند پس نتیجه می گیریم زمانی که دو جسم بر هم نیرو وارد می کنند جسمی که جرم کمتری دارد شتابش بیشتر می شود.

نکته ۱۱ : اگر فرمول وزن و فرمول شتاب را با هم مقایسه کنیم می بینیم که فرمول وزن همان فرمول شتاب است.

نیروهای کنش و واکنش: نیروی های کنش و واکنش سه ویژگی مهم دارند که عبارتند از:

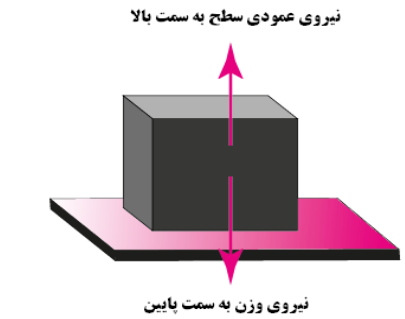
۱– نیروی های کنش و واکنش هم اندازه هستند **۲–** نیروی های کنش و واکنش در خلاف جهت هم هستند

۳– نیروی های کنش و واکنش بر دو جسم وارد می شوند.

مثال: اگر با دست ضربه آرامی به دیوار بزنیم دستمان درد نمی گیرد ولی اگر ضربه محکمی به دیوار بزنیم دستمان درد می گیرد چون زمانی که دست ما نیروی کمی به دیوار وارد می کند دیوار هم نیروی کمی به دست ما وارد می کند و دست ما درد نمی گیرد ولی اگر دست ما نیروی زیادی به دیوار وارد کند دیوار هم نیروی زیادی به دست ما وارد می کند و دست ما درد می گیرد.

نکته ۱۲ : نیروهای کنش و واکنش الزاما با هم در تماس نیستند یعنی ممکن است از راه دور هم بر هم اثر کنند، مانند نیروی کنش و واکنشی که قطبهای دو آهنربا بر هم وارد می کنند.

قانون سوم نیوتن: اگر جسمی به جسم دیگری نیرو وارد کند جسم دوم هم به جسم اول نیرویی هم اندازه و در خلاف جهت وارد می کند.



نیروی عمودی سطح: نیروی عمودی سطح به نوعی نیروی کنش و واکنش است یعنی نیرویی که در خلاف جاذبه زمین بر جسم وارد می شود و باعث می شود جسم ساکن بماند این نیرو نیروی تکیه گاه نیز نامیده می شود البته نیروی تکیه گاه انواع دیگری هم دارد . نیروی عمودی سطح با نیروی وزن جسم N نشان می دهند و مقدار آن برابر و در خلاف جهت نیروی وزن است.

نیروی اصطکاک: به نیرویی گفته می شود که در جهت خلاف حرکت جسم بر آن وارد می شود و به دو حالت ظاهر می شود: **۱–** نیروی اصطکاک ایستایی **۲–** نیروی اصطکاک جنبشی

اصطکاک ایستایی چیست؟ برای درک اصطکاک ایستایی به مثال زیر دقت کنید

شخصی با نیروی ۱۰۰ نیوتن جعبه ای را هل می دهد ولی جعبه تکان نمی خورد. مطابق اصل کنش و واکنش جعبه هم نیرویی برابر ۱۰۰ نیوتن بر شخص وارد می کند. شخص نیروی خود را افزایش می دهد و نیرویی معادل ۲۰۰ نیوتن بر جعبه وارد می کند، پس جعبه هم متقابلا نیروی ۲۰۰ نیوتنی بر شخص وارد می کند ولی باز هم تکان نمی خورد. سرانجام شخص نیروی ۳۰۰ نیوتنی بر جعبه وارد می کند و جعبه شروع به حرکت می کند. این مثال نشان می دهد برای حرکت جعبه یک حد نیرو (۳۰۰ نیوتن) لازم است و تا زمانی که نیروی وارد بر جعبه کمتر از ۳۰۰ نیوتن باشد جعبه این نیرو را تحمل کرده و حرکت نمی کند. تا

زمانی که جعبه تکان نخورد ما هر چه نیرو بر جعبه وارد کنیم جعبه هم همان اندازه نیرو به ما وارد می کند. نیرویی که جعبه ساکن به ما وارد می کند برابر است با اصطکاک ایستایی.

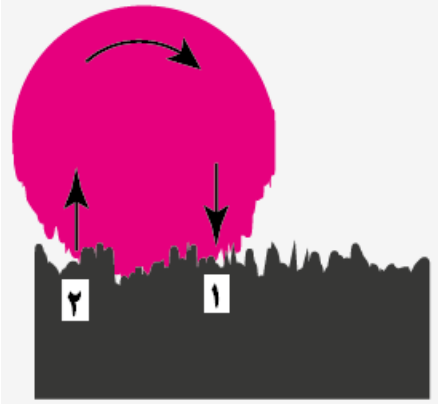
نکته ۱۳ : نیروی اصطکاک ایستایی معادل نیرویی که بر جسم وارد می کنیم افزایش می یابد یعنی نیروی اصطکاک ایستایی یک مقدار ثابت نیست. این نیرو (نیروی اصطکاک ایستایی) تا جایی افزایش می یابد که برجستگی های بین دو جسم دیگر توان نگه داشتن جسم را نداشته باشند و از آن لحظه به بعد اگر نیرو را افزایش دهیم جسم شروع به حرکت می کند. پس یادتان باشد مقدار اصطکاک ایستایی یک عدد ثابت نیست بلکه متناسب با نیروی ما، اصطکاک ایستایی هم افزایش می یابد

اصطکاک جنبشی: اصطکاک جنبشی اصطکاک بین سطح دو جسم است که نسبت به هم ثابت نیستند. وقتی دو جسم را روی هم می کشیم برجستگی های دو سطح داخل هم گیر کرده و در مقابل حرکت مقاومت می کنند و این اتفاق نیروی اصطکاک را زیاد می کند تصویر مقابل. (در این تصویر برجستگی ها بزرگ نشان داده شده)

نکته ۱۴ : در مواقعی که اصطکاک برای ما مفید است سعی می کنیم آن را افزایش دهیم مانند لاستیک خودرو، کف کفش، کاغذ سنباده و ...

نکته ۱۵ : در مواقعی که نیروی اصطکاک برای ما مضر است سعی می کنیم اصطکاک را کاهش دهیم.

روشهای کاهش اصطکاک: ۱– لغزنده کردن سطح تماس دو جسم با کمک مواد لغزنده مثلا روغن کاری کردن سطوح قطعات موتور خودرو، لولای در و .... **۲–** کم کردن برجستگی های سطوح مانند صیقلی کردن کف چوب اسکی و ... **۳–** استفاده از چرخ، بلبرینگ و ....



سوال: چرا استفاده از چرخ نیروی اصطکاک را کاهش می دهد؟

وقتی دو جسم روی هم می غلتند برجستگی ها وارد هم شده و خارج می شوند یعنی روی هم کشیده نمی شوند و این نیروی اصطکاک را کاهش می دهد. مثلا در شکل مقابل که حرکت یک چرخ روی یک سطح را نشان می دهد در نقطه ۱ برجستگی ها وارد هم می شوند و بعد از چرخش چرخ در نقطه ۲ دوباره از داخل هم خارج می شوند. (برجستگی ها بزرگ نشان داده شده)

نکته ۱۶ : نیروی اصطکاک به مساحت سطح تماس دو جسم ارتباطی ندارد یعنی اگر یک جعبه را از روی سطح کوچک یا سطح بزرگش روی یک میز بکشیم نیروی اصطکاک یکسان خواهد بود چون وقتی جسم

روی سطح بزرگش کشیده می شود نیروی وزن جسم در یک سطح بزرگ پخش می شود و برجستگیها دو جسم خیلی در هم فرو نمی روند. در این حالت تعداد برجستگیها زیاد است ولی فرو رفتن برجستگیها زیاد نیست. وقتی جسم را روی سطح کوچک می کشیم تعداد برجستگیها کم است ولی برجستگی های دو سطح بیشتر در هم فرو می روند. به همین دلیل در هر دو حالت نیروی اصطکاک تقریبا یکسان است.

نکته ۱۷: هر چه وزن جسم بیشتر باشد نیروی اصطکاک بیشتر می شود چون هر چه وزن جسم بیشتر باشد برجستگی های سطح جسم بیشتر داخل برجستگی های سطح دیگر فرو می روند و هر چه این برجستگی ها بیشتر داخل هم فرو بروند نیروی اصطکاک بیشتر می شود