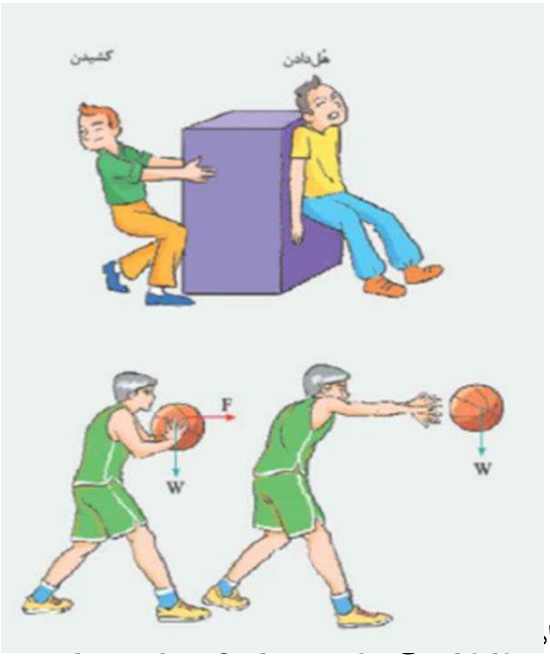
درس اول: نیرو و قانون‌های نیوتون

وقتی حرکت جسمی را مشاهده می کنید، پرسش های گوناگونی در مورد آن، به ذهنتان می رسد. در دانش فیزیک، شاخه ای به نام مکانیک وجود دارد که وظیفه اش، پاسخگویی به هر پرسشی در مورد حرکت‌ها است. خود مکانیک، به دو بخش تقسیم می شود. بخش نخست، فقط به بررسی چگونگی حرکت ها، بدون توجه به دلیل آن ها می پردازد. این شاخه را سینماتیک می نامند. در فصل پیش، چگونگی حرکت با سرعت ثابت و حرکت با شتاب ثابت را بررسی کردیم؛ اما نگفتیم چرا یک حرکت با سرعت ثابت رخ می دهد و حرکتی دیگر، با شتاب ثابت. به این ترتیب، در فصل قبل، به مطالعه سینماتیک پرداختیم. بخش دیگری از مکانیک، که به بررسی دلیل حرکت های گوناگون می پردازد، دینامیک نام دارد و در این فصل، قصد داریم به مطالعه آن بپردازیم در دینامیک، برای توضیح دلیل حرکت یا سکون اجسام، ازکمیتی به نام نیرو، استفاده می شود. ساده ترین تعریف برای نیرو، این است که بگوییم «نیرو یعنی

کشیدن با هل دادن»



اثر قابل مشاهده نیروی وارد بر اجسام، تغییر سرعت و با تغییر شکل آن‌ها است. یادتان باشد که هر وقت از نیرو صحبت می کنیم، حتما پای دو جسم در میان است. به همین دلیل است که گفته می‌شود. نیرو، برهم کنش (تأثیر متقابل دو جسم است. در بیشتر مواردی که در این فصل با آن‌ها سر و کار داریم، دو جسم، برای وارد کردن نیرو به یکدیگر، باید با هم تماس داشته باشند. البته موردهایی نیز وجود دارد که نیرو از راه دور و بدون نیاز به تماس آن، به دو جسم وارد می شود. رایج ترین مثال آن، نیروی وزن (گرانش) است که به زودی الکتریکی و مغناطیسی هم، نیروهای دیگری هستند که از را مورد توجه ما هستند. برای این که درک بهتری از مفهوم نیرو به دست آورید، از پرتاب یک توپ بسکتبال

کمک می گیرم! شکل روبه رو، شخصی را نشان میدهد که یک توپ بسکتبال را به هم تیمی اش پاس می دهد. اگر از تأثیر هوا بر روی توپ، چشم پوشی کنیم، تا زمانی که توپ با دستان او تماس دارد (شکل سمت چپ) دو نیرو به آن وارد می شود: نیرویی از طرف دستان او (F) و وزن توپ (W) به محض آن که همانند شکل سمت راست، توپ از دستان او جدا می شود، دیگر نیرویی از طرف دستان او به توپ وارد نمی شود و تنها، وزن توپ باقی می ماند. این جا است که می فهمید چرا بر روی واژه تماس، تأکید داشتم از آن جایی که پس از پرتاب، توپ با دستان شخص تماس ندارد دیگر دستان او نمی توانند نیرویی به توپ وارد کنند.

اگه این طور باشه که توپ، باید بعد از جدایی از دستای بسکتبالیست، در راستای قائم سقوط کنه! نمی شه بگیم نیروی دست، توی توپ ذخیره می شه؟!

خیلی ها اینطور فکر می کنند؛ اما باید طرز فکرتان را اصلاح کنید! باید بدانید که جهت نیروی وارد بر یک جسم، لزوماً جهت حرکت آن را نشان نمی دهد. اگر کمی صبر کنید، در ادامه همین درس نامه، بیشتر در این مورد، توضیح خواهم داد. در مورد ذخیرهٔ نیرو هم باید بگویم که این عبارت، اساساً بی معنی است؛ آنچه قابل ذخیره کردن است، انرژی است؛ نه نیرو! گفتیم نیرو، یعنی کشیدن یا هل دادن. تا زمانی که دستان شخص با توپ در تماس اند، آن را هل می دهند و وقتی این تماس از بین رفت، دیگر دستان شخص نمی توانند توپ را هل بدهند. به همین سادگی

پس چه نیرویی توپ رو جلو می بره؟

هم باید کمی صبر کنید! من باز هم این را تکرار می کنم که برای جلو رفتن توپ لزوماً نباید نیرویی رو به جلو به آن وارد شود. در حقیقت، جهت حرکت توپ را جهت سرعت توپ معین می کند؛ نه جهت نیروی وارد بر آن همان گونه که گفتم، باید کمی صبر کنیدا وقتی به قانون دوم نیوتون برسیم، در این مورد، بیشتر

بحث می کنیم ارتباط بین نیروها و چگونگی حرکت جسم و همچنین ارتباط بین نیروهایی که دو جسم به یکدیگر وارد می کنند، با سه قانون، به نام قانون های نیوتون بیان می شود که ادامه این درس نامه به بررسی آن‌ها اختصاص دارد.

بهتر است برای درک نیرو و چند نمونه زیر را با هم بررسی کنیم:

نمونه ۱← فرض کنید شما در خودروی پورشه نشسته اید که یک دفعه ماشین خاموش می شود و شما می خواهید دستی به ماشین بزنید و آن را هل دهید. همین هل دادن شما نمونه ای از نیرو وارد کردن است. در این حالت نیرویی که به خودرو وارد می کنید، باعث افزایش اندازه سرعت آن می شود.

(میدونیم کلمه خودرو اصلا به پورشه نمیاد، فقط به سمند میاد!)

نمونه ۲← مرد هندی ای که در شکل روبه رو می بینید، با موی خود قطار ۴۰۰۰ کیلوگرمی را می کشد کشیدن نیز نمونه ای از نیرو وارد کردن است.

نمونه ۳← وقتی کاغذی را مچاله می کنید یا تکه چوبی را می برید، به آن‌ها نیرو وارد می کنید؟ پس نیرو می تواند باعث تغییر شکل اجسام شود مثال های دیگری که بیانگر وارد کردن نیرو هستند نیز همواره در اطراف ما رخ می دهند، مانند شوت زدن یا پرتاب کردن یک توپ، بستن یک پیچ با آچار، شکستن چیزی یا خم کردن آن و . اما آیا برای وارد کردن نیرو به یک جسم، باید با جسم تماس داشت؟ برای پاسخ به این سؤال به نمونه زیر توجه کنید:

نمونه ۴ زمانی که سیب روی سر نیوتون افتاد. زمین بدون هیچ تماسی، سیب را به سمت خود کشید؛ بنابراین نیروی گرانش می تواند بدون تماس بین دو جسم اثر کند. نیروهای الکتریکی و مغناطیسی نیز از این گونه اند. با توجه به مطالب ذکر شده می توان نتایج صفحه بعد را در مورد نیرو بیان کرد:

نتیجه گیری

۱- نیرو عاملی است که اگر بر یک جسم وارد شود، سبب تغییر شکل جسم و تغییر اندازه یا جهت سرعت آن می شود

۲- نیرو، برهم کنش (تأثیر دو جسم بر یکدیگر است)

۳- این تأثیر می تواند ناشی از تماس در جسم و یا از راه دور باشد؛ به همین خاطر نیروها به دو دسته نیروهای تماسی (مانند اصطکاک) و نیروهای غیرتماسی (مانند نیروی وزن) تقسیم می شود.

نیرو کمیتی برداری است.

وقتی می گوییم نیرو یک کمیت برداری است؛ یعنی هم اندازه دارد و هم جهت اندازه نیرو را با نیروسنج اندازه می گیریم و بر حسب نیوتون (N) بیان می کنیم. اما برای درک بهتر جهت دار بودن نیرو کافی است که به تصاویر زیر نگاه کنیم. در هر دو حالت پت و مت نیروی ۵۰N به جعبه وارد می کنند اما در تصویر اول، جعبه تکان نمی خورد ولی در تصویر دوم، جعبه حرکت می کند

تصویر دوم

تصویر اول

این اتفاق به این خاطر است که در تصویر اول، نیروهای وارد بر جعبه مانند آنچه در شکل زیر می بینید، در خلاف جهت هم هستند و همدیگر را خنثی می کنند ولی در حالت دوم این نیروها هم جهت هستند پس در مورد نیرو جهت نیز مهم است

با توجه به این که نیر و یک کمیت برداری است، آن را با یک پاره خط جهت دار نشان می دهیم. هر چه قدر پاره خط بزرگتر باشد، بیانگر بزرگتر بودن نیرو است. نمادی که برای نمایش نیرو در رابطه ها استفاده

می کنیم. $\vec{F}$ است که علامت – بر روی F بیانگر برداری بودن نیرو است. اگر بخواهیم اندازه نیرو را نشان دهیم، از نمادهای F یا $|\vec{F}|$ استفاده می کنیم.

نیروهای متوازن

اگر چند نیرو اثر یکدیگر را خنثی کنند، می گوییم آن نیروها متوازن، هستند. مثلا اگر دو نیرو هم اندازه و در خلاف جهت هم باشند، متوازن هستند اگر نیروهای وارد بر یک جسم متوازن نباشند، می گوییم بر چسم، «نیروی خالص غیرصفری» وارد می شود. متوازن بودن یا نبودن نیروهای وارد بر یک جسم، چگونگی حرکت یک جسم را تعیین می کنند حالا می خواهیم به **یک سؤال مهم پاسخ دهیم: «نقش و اثر نیرو در حرکت اجسام چیست؟»**

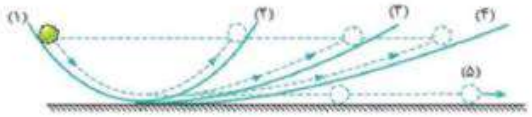
پاسخ این سؤال را نیوتون در قانون های سه گانه اش به ما داده است. ما در این درس نامه به بررسی قانون اول می پردازیم و در درس نامه های بعدی به سراغ قانون دوم و سوم می رویم.

قانون اول نیوتون

قانون اول نیوتون، به این موضوع می‌پردازد که اگر نیروی خالصی به یک جسم وارد نشود. آن جسم چه وضعیتی خواهد داشت. تا پیش از قرن هفدهم میلادی، تصور می‌کردند که اگر به جسمی ساکن است، نیروی خالصی وارد نشود، آن جسم، ساکن می‌ماند و اگر هم جسمی در حال حرکت باشد و از یک لحظه به بعد، نیروی خالص وارد بر آن به صفر برسد، آن جسم متوقف خواهد شد؛ به بیان دیگر، عقیده داشتند که سرشت اجسام، ایستاست که در نبود نیروی خالص، ساکن باشند، گالیله، نخستین کسی بود که بخشی از این تصور را به چالش کشید!

گالیله در یک آزمایش همانند شکل زیر، یک گوی را از بالای سطح شیب‌دار (۱) رها کرد. سطح به خوبی صیقلی بود و می‌شد که اصطکاک، چشم‌پوشی کرد. گالیله مشاهده کرد که گلوله پس از پایین غلتیدن روی سطح (۱) و ورود به سطح (۲)، حداکثر تا همان ارتفاع اولیه، روی این سطح بالا رفت. او سپس، شیب سطح سمت راست را کاهش داد و دید که روی سطح (۳) و (۴) نیز همین اتفاق افتاد؛ یعنی گوی، باز هم حداکثر،

تا همان ارتفاع اولیه بالا رفت و البته برای این منظور، باید مسافت بیشتری را می‌پیمود. گالیله با خود فکر کرد که اگر سطح سمت راست را کاملاً افقی کند، گوی که می‌خواهد تا همان ارتفاع اولیه خود بالا برود، تا ابد به حرکت روی سطح (۵) ادامه می‌دهد.



توجه کنید که وقتی گوی روی سطح (۵) پیش می‌رود، نیروی خالصی به آن وارد نمی‌شود و برخلاف تصور پیشینیان گالیله، گوی متوقف نمی‌شود و به حرکت خود ادامه می‌دهد. آزمایش نشان می‌دهد که حرکت گوی در این حالت، با سرعت ثابت صورت می‌گیرد.

پس از گالیله، نیوتون، این موضوع را به صورت یک قانون بیان کرد که به قانون اول نیوتون شهرت یافت: اگر به جسمی، نیروی خالصی وارد نشود. آن جسم، اگر ساکن بوده است، ساکن می‌ماند و اگر در حال حرکت بوده است، به حرکت خود، با سرعت ثابت (برخط راست)، ادامه می‌دهد. چنان‌که می‌بینید، قانون اول نیوتون، بیانگر این است که اجسام تمایل دارند در نبود نیروی خالص، در وضعیت سکون یا حرکت یا سرعت ثابت باشند.

این تمایل اجسام را لختی می‌نامند و برای سنجش آن، از کمیت جرم استفاده می‌کنند. هر چه جرم جسمی بیشتر باشد، لختی‌اش نیز بیشتر است؛ یعنی بیشتر تمایل به حفظ حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت را دارد. جرم، یک کمیت اصلی دستگاه SI است و یکای آن در این دستگاه، کیلوگرم (kg) نام دارد. برخلاف سایر یکاهای SI که در تعریف اولیه‌شان، پیشوندی وجود ندارد، یکای جرم، دارای پیشوند کیلو است.

برای اندازه‌گیری جرم، از ترازوی دو کفه‌ای (شکل روبه‌رو) استفاده می‌شود. در یک کفه، جسمی را که می‌خواهیم جرمش را اندازه بگیریم. قرار می‌دهیم و در طرف دیگر، آن‌قدر وزنه‌هایی با جرم معلوم می‌گذاریم تا دو کفه، هم‌تراز شوند؛ در این حال جرم دو طرف، مساوی است.

قانون اول نیوتون: یک جسم حالت سکون یا حرکت یا سرعت ثابت بر روی خط راست خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالص غیرصفری به آن وارد شود.

از قانون اول نیوتون نتایج زیر دریافت می‌شود:

۱. اگر جسم در حال سکون یا حرکت باسرعت ثابت باشد، نیروی خالص وارد بر آن صفر است و داریم:

$$F_{net} = ۰$$

۲. اجسام همواره تمایل دارند حالت حرکت خود را حفظ کنند مگر آن‌که نیروی خالصی آن‌ها را مجبور به تغیر وضعیت کند. به این خاصیت اجسام «لختی» می‌گوییم. به همین جهت، قانون اول نیوتون را « قانون لختی» نیز می‌نامیم.

شما لختی را در زندگی روزمره خود بسیار مشاهده می‌کنید:

نمونه ۱ : وقتی اتومبیل ترمز می‌کند، سرنشینان داخل اتومبیل تمایل دارند با همان سرعت قبل به حرکت خود ادامه دهند و با کاهش سرعت اتومبیل آن‌ها به جلو پرتاب می‌شوند.

نمونه ۲ : در سرپیچ جاده‌ها که اتومبیل به سمت معینی می‌پیچد، سرنشینان تمایل به ادامه حرکت در همان مسیر مستقیم دارند و در نتیجه به سمت مخالف متمایل می‌شوند (این‌جاست که میگن جاده پیچید، طرف نپیچید!!!)

نمونه ۳ : اگر یک برگ کاغذ را به سرعت از زیر یک سکه بکشیم، سکه در جای قبلی خود باقی می‌ماند، زیرا نیروی خالصی که بتواند به سکه همان شتاب کاغذ را بدهد، بر سکه وارد نمی‌شود.

۳. اگر نیروهای وارد بر جسمی که حرکت می‌کند، متوازن باشند، نه اندازه سرعت تغییر می‌کند و نه جهت آن.

۴. از نظر قانون اول نیوتون، بین حالت سکون جسم با حالتی که جسم با سرعت ثابت بر خط راست حرکت می‌کند، تفاوتی وجود ندارد. در هر دو حالت نیروهای وارد بر جسم، متوازن است.

۵. برای آن‌که اندازه یا جهت سرعت جسمی تغییر کند و جسم شتاب داشته باشد باید بر آن نیروی خالص غیرصفری وارد شود.

قانون اول نیوتن:

قانون اول نیوتون(قانون ماند یا قانون اینرسی) : هرگاه برآیند نیروهای وارد بر یک جسم صفر باشد:	
اگر جسم ساکن است ⬇	اگر جسم حرکت دارد ⬇
ساکن می‌ماند	الزاماً حرکتش مستقیم‌الخط و یکنواخت می‌باشد
توجه: عکس قانون فوق نیز صادق است. یعنی اگر جسمی ساکن است یا اگر حرکت مستقیم‌الخط و یکنواخت دارد قطعاً برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است.	

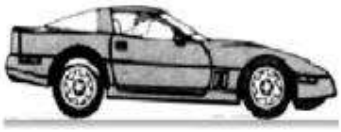
اینرسی (لختی) چیست؟ چرا با قانون اول نیوتون توجیح می‌شود؟

تمایل اجسام به حفظ حالت قبلی در هنگام اعمال نیروهای ناگهانی (لحظه‌ای یا ضربه‌ای) را اینرسی (لختی جسم یا قانون ماند یا عادت یا قانون تبلی) می‌نامند که با قانون اول نیوتن ترجیح می‌شود مثل دردی که

شخص معتاد در روزهای اول ترک خود تحمل می‌کند یا بیدار شدن زود هنگام کارمندان بازنشسته‌ای که سال‌ها اول صبح سرکار رفتن.

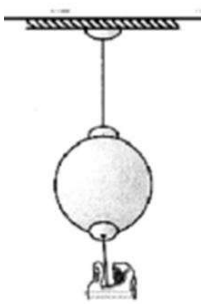
چرا این پدیده با قانون اول توجیح می‌شود

چون در هنگام اعمال نیرو ناگهانی(مثل ترمز ناگهانی) ما زمان کافی برای انتقال نیروی ترمز به فرد را نمی-دهیم و طبق قانون اول چون هنوز نیروی خالصی به فرد وارد نشده است بدن تمایل دارد حالت قبلی خودش را حفظ کند یعنی اگر ساکن است، ساکن می‌ماند و اگر حرکت دارد به حرکت مستقیم‌الخط و یکنواخت خود ادامه می‌دهد. انگار در هنگام اعمال نیروهای ناگهانی، جسم نسبت به نیرو نافرمانی می‌کند. وقتی در اتومبیل در حال حرکت نشسته‌ایم، با ترمز ناگهانی اتومبیل ما به جلو پرتاب می‌شویم و یا هنگامی که در اتومبیل ساکنی نشسته‌ایم با شروع حرکت، ناگهان به عقب پرت می‌شویم.



مطابق شکل، اگر کاغذ را به طور ناگهانی از زیر لیوان بیرون بکشید مشاهده می‌کنید لیوان آب تمایل دارد حالت اولیه خود را حفظ کرده و همراه کاغذ حرکت نکند. (اگر نیرو را به تدریج زیاد کنیم این نیرو به لیوان هم منتقل می‌شود سیستم به صورت یکپارچه حرکت می‌کند)

مثال۲) کمی بیشتر از ریاضی ۹۱:



مطابق شکل جسمی توسط نخی، به سقف آویخته شده است