

آزمایش پیشنهادی

وسایل لازم : قرقره پایه، نخ، وزنه حلقه، گیره، سربار، خط کش (ماشین اتوود) و کرومتر
روش : قرقره ای را روی پایه‌ی نسبتاً بلندی نصب می‌کنیم.

وزنه‌های A و B را از روی قرقره به وسیله‌ی نخ آویزان می‌کنیم، به آرامی وزنه‌ی A را رها و ثانیه شمار را به کار می‌اندازیم سربار به وسیله‌ی حلقه حذف می‌شود و وزنه‌ها حرکت یکنواخت انجام می‌دهند. وقتی وزنه‌ی A به مانع رسید ثانیه شمار را متوقف می‌کنیم. زمان حرکت را یادداشت می‌کنیم. بار دیگر مانع را در نقطه D قرار می‌دهیم $OD=2OC$ آزمایش را تکرار می‌کنیم این بار نیز زمان حرکت را یادداشت می‌کنیم. اگر زمان حرکت اول t_1 و دوم t_2 باشد، آن‌گاه با مقایسه t_1 و t_2 مشاهده خواهیم کرد که: $t_2 = 2t_1$.

سرعت خارج می‌شود. فرض را روی لایه‌ی خارجی از هوا قرار می‌دهد و به این ترتیب از تماس مستقیم آن با سطح تخت هوا جلوگیری بعمل می‌آید. اگر به فرض در راستای افقی طناب وزنه و به آن سرعت کوچک در راستای افقی بدهیم، مشاهده می‌شود که فرض به خط راست و با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. می‌توان به کمک فیلمبرداری درستی این ادعا را ثابت کرد.

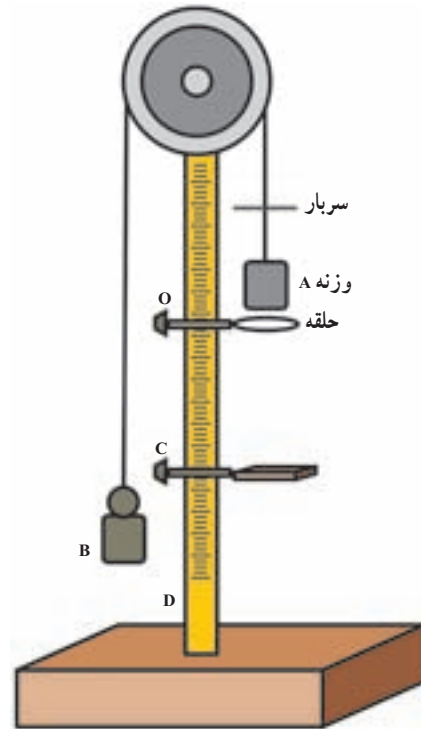
علت آن است که نیروی اصطکاک بین فرض و لایه‌ی نازک هوای زیر آن بسیار ناچیز است. در نتیجه وقتی فرض با یک سرعت به حرکت درمی‌آید، در ضمن حرکت در راستای افقی به آن نیروی وارد نمی‌شود و بنا بر قانون اول نیوتون، فرض به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

به جسم‌های اطراف خود نگاه کنید. آیا جسمی را می‌یابید که به آن نیرو وارد نشود؟ به همه‌ی جسم‌ها نیروی وزن وارد می‌شود. در نتیجه نمی‌توان جسمی را یافت که به آن نیرو وارد نشود تا بتوان قانون اول نیوتون را به‌طور کامل مورد آزمایش قرار داد.

هرگاه به جسمی که در حال حرکت است نیروی وارد نشود همانند جسمی که از زمین بسیار دور شود و به ماه و یا سیاره‌های دیگر نزدیک باشد جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. این مسئله را بشر در فرستادن سفینه‌های فضایی به خارج از زمین تقریباً آزموده است. وقتی سفینه به اندازه‌ی کافی از زمین دور می‌شود، با موتور جانشین و با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. لختی از قانون اول نیوتون، نتیجه می‌شود که اجسام نباید در حالت سکون و با حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ کنند. به این انتقال اجسام، لختی گفته می‌شود. به همین دلیل به قانون اول نیوتون، قانون لختی نیز می‌گویند.

فعالیت ۳-۳

وقتی در ماشین سواری سینه‌ایه و ماشین ناگهان شروع به حرکت می‌کند، به عقب برتاب می‌شود. اگر در ماشین در حال حرکت سینه‌ایه باشید، در توقف ناگهانی، به جلو برتاب می‌شود. توضیح دهید که آیا به شما به‌طرف عقب و یا جلو نیروی وارد شده که باعث برتاب شما شده است؟



شکل ۳-۱۹

تمرین پیشنهادی



به جسم‌های اطراف خود نگاه کنید. آیا جسمی را می‌یابید که به آن نیرو وارد نشود؟

پاسخ: در اطراف ما، جسمی که بر آن هیچ نیرویی وارد نشود یافت نمی‌شود. می‌توان به جسم‌هایی اشاره کرد که از زمین و ستاره‌ها و سیاره‌ها بسیار بسیار دور و در فضای میان ستاره‌ای قرار دارند. در این صورت می‌توان از تأثیر نیروهای گرانشی صرف نظر کرد. آزمون این موضوع در فرستادن سفینه‌های به خارج از زمین نیز انجام شده است. در فاصله‌های بسیار دور از زمین و ستارگان وقتی موتور سفینه خاموش می‌شود با سرعت ثابت در خط راست حرکت می‌کند.

لختی

راهنمای تدریس: تفهیم خاصیت لختی را می توان به وسیله ی آزمایش ها، فعالیت ها و مثال های گوناگون آغاز کرد.

آزمایش

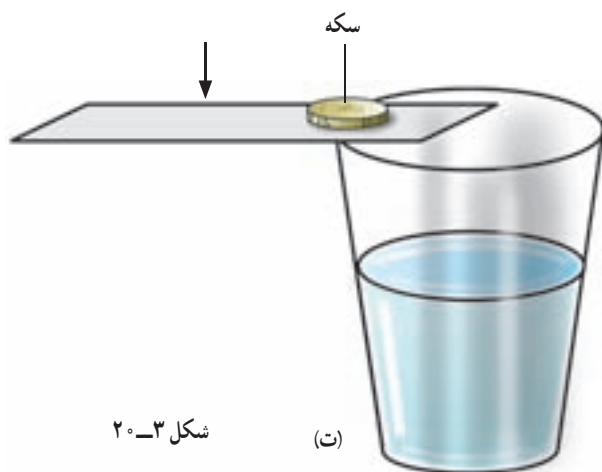
وسایل لازم: سکه، کارت صاف (بدون چروک)، لیوان آب
سکه را وسط کارت و کارت را روی لیوان قرار می دهیم. یک ضربه ی سریع به کارت می زنیم کارت پرت می شود و سکه در لیوان می افتد شکل ۳-۲۰ الف آزمایش فوق را به صورت دیگر نیز انجام می دهند.



(ب)

(ب)

(الف)



یک نوار نازک کاغذ به طول ۱۰ تا ۱۵cm روی لبه ی لیوان می گذاریم و روی نوار سکه ای قرار می دهیم. در این حالت سکه روی لیوان تعادل دارد. با یک دست انتهای دیگر کاغذ را می گیریم. با انگشت اشاره ی دست دیگر، به محلی که نشان داده شده روی نوار کاغذی ضربه ای می زنیم. کاغذ از زیر سکه کشیده می شود. ولی سکه روی لبه ی لیوان باقی می ماند.

شکل ۳-۲۰

(ت)

دانش آموز لختی را یک نیرو فرض می کند، این تصور ممکن است به علت تعریف لختی به صورت های دیگر پدید آمده باشد، بیان کتاب درسی به گونه ای است که این توهم ایجاد نمی شود با بیان قانون دوم می شود از این برداشت نادرست جلوگیری کرد.

اکنون که زمینه ی لازم برای بیان خاصیت لختی ایجاد شده است، لختی را مطابق نوشته کتاب بیان می کنیم. در حقیقت قانون اول نیوتن بیان اصل لختی است. اشتباه رایج (برداشت نادرست): اغلب اتفاق می افتد

فعالیت ۳-۳

هدف: بیان اثر لختی در رخدادهای روزانه است.

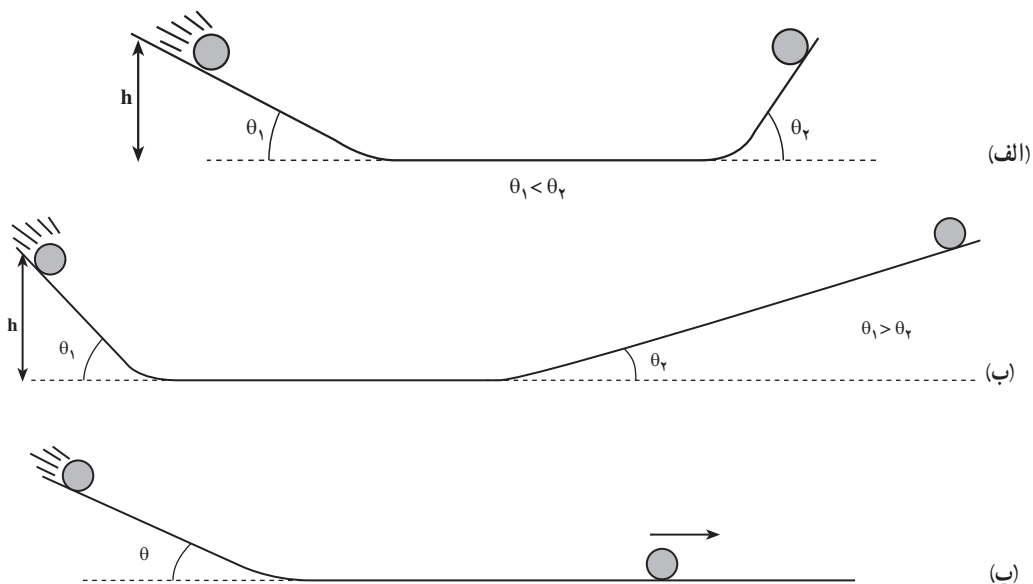
پاسخ: هنگامی که خودرو در حرکت است و ناگهان ترمز می‌کند برخورد، نیرو وارد و متوقف می‌شود و وضعیت حرکتش تغییر می‌کند. اما به سرنشین نیرو وارد نمی‌شود و سرنشین تمایل دارد وضعیت خود را حفظ کند. هنگامی که خودرو از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، به خودرو نیرو وارد می‌شود و سرنشین حفظ موقعیت می‌کند. در حقیقت به عقب پرتاب نمی‌شود.

دانستنی



ارسطو ناظر هوشمند طبیعت بود و به جای در نظر گرفتن موارد مجرد که در طبیعت به وقوع نمی‌پیوندند، مسایل اطراف خود را بررسی می‌کرد. در این مورد همواره یک محیط مقاوم مانند هوا یا آب دخیل بودند. از دید ارسطو خلأ ناممکن بود. در نتیجه، به حرکت، در نبود محیط برهم کنش کننده نمی‌پرداخت. بدین سبب از دید ارسطو تداوم حرکت یک جسم به فشار دادن یا کشیدن نیاز داشت و این اصل اساسی بود. گالیله با بیان این که «اگر در جریان حرکت یک جسم تداخلی به وجود نیاید، به حرکت خود در خط راست تا ابد ادامه می‌دهد». با این اصل مخالفت کرد. برای تداوم حرکت فشار دادن یا کشیدن لازم نبود.

گالیله این فرض خود را با حرکت اجسام روی سطح شیب دار، با زاویه‌های شیب مختلف آزمود. او متوجه شد گلوله‌ای که روی سطح شیب دار به پایین می‌غلند، سرعت می‌گیرد. در حالی که گلوله در بالا رفتن از سطح شیب دار، سرعتش را از دست می‌دهد. از این آزمایش نتیجه گرفت، گلوله‌ای که روی سطح افقی می‌غلند نه سرعت می‌گیرد، و نه سرعت از دست می‌دهد. گلوله‌ای که سرانجام در سطح افقی متوقف می‌شود، این کار را نه به خاطر «طبیعت خود» بلکه به واسطه اصطکاک انجام می‌دهد.



شکل ۳-۲۱

گالیله این آزمایش را به صورت دیگری تحلیل کرد. گلوله به واسطه‌ی حرکت رو به پایین خود از سطح اول، روی سطح دوم تا همان ارتفاع h بالا می‌رود (شکل ۳- ۲۱- الف). حالا اگر شیب سطح دوم کمتر باشد، گلوله به واسطه‌ی سرعت اولیه تا مسافت بیشتری از آن بالا خواهد رفت و مدتی طولانی‌تر روی آن می‌غلتد (شکل ۳- ۲۱- ب). حال اگر گلوله به سطح افق برسد، برای همیشه روی آن خواهد غلتید. در نبود نیروهای کند کننده، گلوله می‌خواهد برای همیشه بدون کندشدن حرکت کند، این تمایل اجسام به مقاومت در برابر تغییر حرکت را لختی می‌نامند.

مفهوم لختی گالیله، نظریه حرکت ارسطو را بی‌اعتبار ساخت. ارسطو متوجه این اندیشه درباره لختی نشد. زیرا نمی‌توانست مجسم کند که حرکت بدون اصطکاک چگونه می‌شود. این موضوع مانع از پیشرفت دانش فیزیک برای ۲۰۰۰ سال شد.

گالیله اندیشه ارسطو درباره‌ی حرکت اجسام را کاملاً دگرگون ساخت و تمایل اجسام به مقاومت در برابر تغییر حرکت را «لختی» نامید.

نیوتون این اندیشه گالیله را بهبود بخشید و قانون اول خود را به وجود آورد که به درستی قانون لختی خوانده می‌شود و به نقل از کتاب پرنکیپای او به شرح زیر است:

هر جسم به حالت سکون یا حرکت خود در خط راست ادامه می‌دهد، مگر این که با نیرویی که بر آن وارد می‌شود، مجبور به تغییر آن شود.

واژه‌ی کلیدی در این جا ادامه می‌دهد است. هر جسم به همان کاری که مشغول بود، ادامه می‌دهد، مگر این که نیرویی بر آن وارد شود. اگر ساکن باشد، به سکون خود ادامه می‌دهد و اگر در حرکت باشد به حرکت یکنواخت خود ادامه می‌دهد.



دانستنی

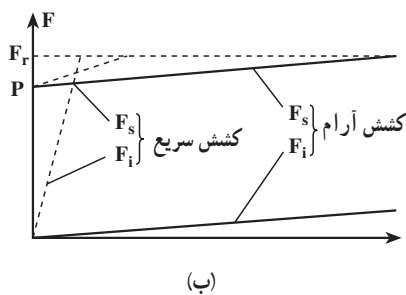


تأثیر لختی در انتقال نیرو

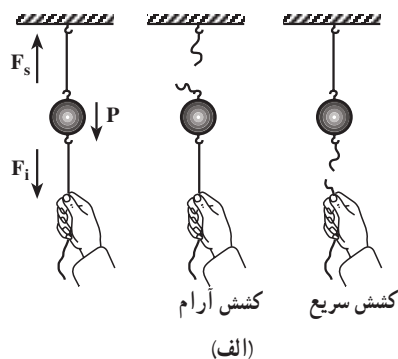
گلوله‌ای به نخ‌ی آویزان است و نخ دیگری از همان جنس و همان قطر به پایین گلوله بسته شده است. اگر نخ پایینی را آرام بکشیم و کم کم به تدریج کشش را افزایش دهیم، سرانجام نخ بالایی حامل گلوله پاره می‌شود. در حالی که اگر نخ پایینی را به طور سریع و ناگهانی بکشیم، همین نخ پایینی پاره می‌شود (شکل ۱). در مورد این دو پدیده متفاوت توضیح زیر قابل ذکر و توجه است.

کشش آرام: نیروی کشش نخ پایینی وارد بر گلوله را با \vec{F}_i و نیروی کشش نخ بالایی را با \vec{F}_s نشان می‌دهیم. جرم گلوله را m و وزن آن را \vec{P} و شتاب حرکت را \vec{a} می‌نامیم. با توجه به قانون دوم نیوتون رابطه‌ی زیر را می‌نویسیم: (جرم نخ‌ها را نادیده می‌گیریم)

$$\vec{F}_i + \vec{F}_s + \vec{P} = m \vec{a} \quad (1)$$



(ب)



(الف)

شکل ۳-۲۲

\vec{F}_s به طرف بالا و سایر نیروها به طرف پایین هستند. بنابراین، داریم:

$$F_i - F_s + P = ma \quad (2)$$

وقتی نخ پایینی را آرام بکشیم و کم کم به تدریج نیروی کشش را افزایش دهیم پدیده «شبه ایستا» و شتاب گلوله بسیار ناچیز ($a \approx 0$) است. از رابطه (۲) نتیجه می‌شود

$$F_i + P = F_s \quad (3)$$

بنابراین، نیروی کشش نخ بالایی برابر مجموع وزن گلوله و نیروی کشش نخ پایینی است برای کشش آرام در شکل ۲ نمودارهای F_i و F_s برحسب زمان با خط‌های پر نشان داده شده است. نقطه چین F_i موازی با محور زمان مقدار نیروی لازم برای گسیختن را مشخص می‌کند. با توجه به رابطه (۳) هنگامی که F_i را کم کم و به تدریج افزایش می‌دهیم، F_s همواره به اندازه وزن گلوله از آن بیش‌تر می‌شود. در این حالت همواره $F_s > F_i$ است. سرانجام وقتی مقدار F_s به اندازه F_i رسید نخ بالایی پاره می‌شود.

کشش سریع: وقتی نخ پایینی را سریع و ناگهانی بکشیم در یک بازه‌ی زمان کوتاه، گلوله با جابه‌جایی خیلی کوچک دارای شتاب بسیار زیاد برابر a به طرف پایین می‌شود. بنا به رابطه (۲) هنگامی که $ma > P$ باشد $F_i > F_s$ خواهد بود. برای این حالت در شکل ۳-۲۲ ب نمودارهای F_i و F_s برحسب زمان یا نقطه چین نشان داده شده است.

در این حالت لختی جرم گلوله سبب می‌شود که در بازه‌ی زمانی کوتاه فرصت انتقال ضربه به نخ بالایی وجود نداشته باشد و چون $F_i > F_s$ است، هنگامی که F_i به مقدار لازم برای گسیختن نخ یعنی F_i برسد، نخ پایینی پاره می‌شود.

قانون دوم نیوتون

هدف :

- درک مفهوم قانون دوم نیوتون ارتباط این مفهوم با رخدادهای روزانه به گونه‌ای که رابطه نیرو، جرم و شتاب در پدیده‌ها قابل استنباط باشد.
- به کارگیری قانون دوم در حل مسأله‌های کاربردی

راهنمای تدریس

ایجاد انگیزه : در شکل‌های الف و ب دو مدل ماشین

مشاهده می‌کنید.

مدل الف : دارای شتاب متوسط صفر تا صد ۴ ثانیه است.

پرسش : منظور از این جمله چیست؟ «خودرو دارای

شتاب صفر تا صد ۴ ثانیه است».

پاسخ : یعنی خودرو در بازه‌ی زمانی ۴ ثانیه سرعت آن از

صفر (سکون) به ۱۰۰ km/h می‌رسد.

تمرین : شتاب خودروی مدل الف را بر حسب m/s^2

حساب کنید.

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

حل :

$$\Delta v = 100 \text{ km/h} = \frac{100 \times 10^3}{3600} \approx 27.8 \text{ m/s}$$

$$\bar{a} = \frac{27.8}{4} \approx 6.95 \text{ m/s}^2$$

پرسش : اگر این خودرو پراز سرنشین باشد و در صندوق

عقب آن وزنه‌های خیلی سنگین قرار داده باشیم، آیا شتاب متوسط

آن در بازه‌ی زمانی ۴s همین اندازه است؟ یعنی در ۴ ثانیه سرعت

آن از صفر به ۱۰۰ km/h می‌رسد؟

پاسخ : خیر

پرسش : از این بررسی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ : هر قدر جرم بیش‌تر باشد، شتاب حرکت کم‌تر

است. قدرت مدل الف : ۴۰۰ اسب بخار ولی مدل ب : ۲۴۲

قانون دوم نیوتون: از قانون اول نیوتون استنباط می‌شود که اگر به جسم نیرو وارد شود، تنها جسم ساکن نمی‌ماند، بلکه حرکتش متغیر خواهد بود. رابطه میان نیروی وارد بر جسم و شتاب حرکت جسم، موضوع قانون دوم نیوتون است. معمولاً به جسم چند نیرو وارد می‌شود. قانون دوم نیوتون بصورت زیر بیان شده است:

«اگر به یک جسم نیروهای وارد شود، نشانی می‌گیرد که با برآیند نیروهای وارد بر جسم، نسبت مستقیم دارد و با آن هم جهت است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.»

اگر جرم جسم را m و نیروی وارد بر آن را F باشد، قانون دوم نیوتون با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$a = \frac{F}{m} \quad (2-3)$$

بکای نیرو، نیوتون (N) از رابطه (2-3) تعریف می‌شود. اگر در این رابطه، جرم برحسب کیلوگرم و شتاب و حساب متر بر مجذور ثانیه قرار داده شود، نیرو برحسب $kg \cdot m/s^2$ خواهد شد که آن را نیوتون می‌نامیم. بنابراین یک نیوتون، نیروی است که اگر به جسمی به جرم یک کیلوگرم وارد شود، به آن نشانی واری یک متر بر مجذور ثانیه دهد.»

مثال ۳-۳

جسمی به جرم 2 kg با شتاب 1.5 m/s^2 در حرکت است. وارید نیروهای وارد بر جسم چند نیوتون است؟

حل:

$$a = \frac{F}{m}$$

$$1.5 = \frac{F}{2}$$

$$F = 1.5 \times 2 = 3 \text{ N}$$

مثال ۳-۳

به هر سنگ از دو جسم $m_1 = 2 \text{ kg}$ و $m_2 = 1 \text{ kg}$ نیروی 10 N وارد می‌کنیم شتاب هر یک از دو جسم را حساب کنید.



الف - فراری F۳۶۰، قدرت موتور: ۴۰۰ اسب بخار، شتاب صفر تا صد: ۴ ثانیه



ب - سورنتو، قدرت موتور: ۲۴۲ اسب بخار، شتاب صفر تا صد: ۹/۲ ثانیه

شکل ۳-۳

پرسش از مقایسه شتاب متوسط دو خودرو با یکدیگر چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
 پاسخ: شتاب بیش‌تر مربوط به خودرویی است که از طرف موتور به چرخ‌ها نیروی بیش‌تر وارد می‌شود. یعنی: شتاب متناسب با نیرو است.

اسب بخار است. یعنی در مدل الف، حداکثر نیرویی که به چرخ‌ها وارد می‌شود بیش از مدل ب است. شتاب مدل ب برحسب،

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

$$\Delta v = 27 / 8 \text{ m/s}$$

$$\bar{a} = \frac{27 / 8}{9 / 2} = 3 / 0.2 \text{ m/s}^2$$

یک جعبه کوچک یا یک ماشین اسباب بازی روی میز بگذارید (شکل ۲۴-۳).



شکل ۲۴-۳

با یک ضربه کوچک وسیله را به حرکت درآورید روشن است که هر قدر سرعت آغاز حرکت بیش‌تر باشد شتاب راه‌اندازی بیش‌تر و وسیله مسافت بیش‌تری را قبل از توقف طی می‌کند. حال در وسیله یک دسته کلید و یا جسم‌های کوچک دیگر قرار دهید و به همان شدت به آن ضربه بزنید، (می‌توان ضربه‌زدن را به وسیله یک خودکار فتری انجام داد). شتاب آغاز حرکت را در دو حالت مقایسه کنید و نتیجه‌گیری کنید در کدام حالت بیش‌تر است؟

پاسخ: در حالت اول

چه نتیجه‌ای از این آزمایش به دست می‌آید؟

پاسخ: شتاب حرکت با جرم نسبت وارون دارد.

پرسش: اگر ضربه محکم‌تر (نیرو بیش‌تر) وارد شود، در شتاب آغاز حرکت چه تأثیری دارد؟

پاسخ: شتاب آغاز حرکت بیش‌تر خواهد بود.

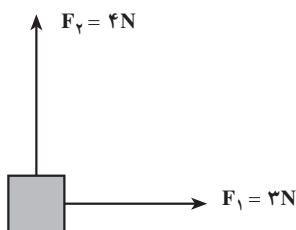
این عمل را نیز انجام دهید.

حال که زمینه برای بیان قانون دوم فراهم شده است، قانون دوم را مطابق کتاب درسی بیان می‌کنیم.

تعریف یکای نیرو را می‌توان به صورت پرسش از دانش‌آموز خواست.

$$F = ma$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$$



شکل ۲۵-۳

مثال ۲-۳ کتاب و ۳-۳ را نیز به کمک دانش‌آموزان حل می‌کنیم.

مثال: (پیشنهادی)

به جسمی به جرم ۲kg که روی یک سطح افقی (با اصطکاک ناچیز) قرار دارد دو نیرو مطابق شکل وارد شده است. شتاب حرکت را به دست آورید.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ N}$$

در این جا تذکر این نکته نیز خالی از فایده نیست که:

۱- منظور از نیروی وارد بر جسم، برآیند نیروهای خارجی است.

۲- برآیند نیروها و شتاب حرکت جسم هم‌سو هستند.



نیروی پیشران کل موتورهای یک هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ برابر $۸/۸ \times ۱۰^۵ \text{ N}$ است. اگر جرم کل هواپیما $۳ \times ۱۰^۵ \text{ kg}$ باشد، (الف) بیشترین شتاب ممکن برای این هواپیما قبل از بلندشدن از زمین چقدر است؟ (ب) سرعت هواپیما پس از ۱ s حرکت روی باند چقدر است؟ (از اثر هوا و اصطکاک زمین چشم‌پوشی کنید).

حل: تنها نیروی افقی وارد بر هواپیما همان نیروی پیشران موتورها است.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{۸/۸ \times ۱۰^۵}{۳ \times ۱۰^۵} = ۲/۹ \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + at = 0 + ۲/۹ \times ۱۰ = ۲۹ \text{ m/s}$$

$$= ۱۰۴ \text{ km/h}$$

دانستنی



در کتاب‌های دبیرستانی دینامیک ذره مطرح می‌شود و نه دینامیک دستگاه. البته برخی از مسأله‌های مربوط به دینامیک دستگاه را می‌توان به کمک دینامیک ذره نیز حل کرد. ولی این موضوع نباید موجب طرح مسأله‌های پیچیده و معماگونه شود. به علاوه در این کتاب، دینامیک در یک بُعد مطرح شده است. توصیه می‌شود، برای حفظ بهداشت آموزشی از طرح دینامیک در دو بعد خودداری شود.

بررسی دینامیک دستگاه ذرات، با معرفی «مرکز جرم» دستگاه انجام می‌شود. به زبان بسیار ساده می‌توان گفت مرکز جرم یک دستگاه نقطه‌ای است که:

- ۱- می‌توان تمام جرم دستگاه را در آن نقطه متمرکز دانست.
- ۲- می‌توان فرض کرد برآیند نیروهای خارجی وارد بر جسم بر آن نقطه اثر می‌کند.

مرکز جرم یک دستگاه متشکل از ذرات نسبت به مبدا مختصات از رابطه $\vec{r}_{\text{com}}^* = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i$ به دست می‌آید.

در صورتی که برای جسم جامد متفاران و پیوسته از رابطه $\vec{r} = \frac{1}{M} \int \vec{r} \cdot d m$ محاسبه می‌شود. در این رابطه بردار مکان مرکز جرم M و جرم کل دستگاه است.

قانون دوم نیوتون برای یک دستگاه به صورت روبه‌رو نوشته می‌شود: $\vec{F}_{\text{ext}} = M \vec{a}_{\text{com}}$ در این رابطه \vec{F}_{ext} برآیند نیروهای خارجی وارد بر دستگاه M جرم کل دستگاه \vec{a}_{com} شتاب حرکت مرکز جرم است. دستگاهی که در آن M در تمام مدت حرکت ثابت بماند، دستگاه «بسته» نامیده می‌شود. با دانستن \vec{a}_{com} هیچ اطلاعاتی از شتاب سایر نقطه‌ها به دست نمی‌آید.

قانون سوم نیوتون

هدف: ایجاد نگرش در مورد کنش و واکنش

۱- توصیف رخداد‌های روزانه با مفهوم قانون سوم

۲- طرح جایگاه قانون سوم در عرصه‌ی فناوری

راهنمای تدریس: می‌توان با بیان مثال‌هایی شبیه شکل

۳-۲۶ الف و ب وارد بحث شد و از دانش آموز پرسید:

چگونگی حرکت هر یک از دو جسم را در شکل ۳-۲۶ الف

و ب توصیف کنید:

پاسخ: در حرکت سفینه گاز از یک طرف (از پایین)

خارج می‌شود و وسیله به طرف دیگر (بالا) رانده می‌شود.

همچنین می‌توان از دانش آموز خواست آزمایش ساده‌ای

را انجام دهد.

حل

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a_1 = \frac{12}{2} = 6 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = \frac{12}{14} = 0.857 \text{ m/s}^2$$

قانون سوم نیوتون، قانون اول نیوتون، وضعیت جسم را در شرایط نیرو و قانون دوم، وضعیت آن را وقتی تحت تأثیر نیرو است، توصیف می‌کند. اما این قانون، مشخص نمی‌کند که نیروی وارد بر جسم از کجا به آن وارد می‌شود.

همان طوری که گفته شد، تجربه‌های روزانه نشان می‌دهد، همواره، یک جسم به جسم دیگر نیرو وارد می‌کند. بازگر فوتبال، با پا به توپ ضربه می‌زند، یعنی پا به توپ نیرو وارد می‌کند، مشخصی که یک جسم را روی زمین می‌کشد، به آن نیرو وارد می‌کند. نیوتون با بیان قانون سوم، مشخص می‌کند که نیروی وارد بر یک جسم از طرف جسم دیگر است و علاوه بر آن معلوم می‌کند که وارد کردن نیرو، یک جابه‌جایی نیست و همواره، عملی دو جابه‌جایی است. بیان قانون سوم نیوتون به صورت زیر است:

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم هم به جسم اول نیرویی بر اثر آن، ولی در خلاف جهت وارد می‌کند.

اگر نیروی که جسم اول به جسم دوم وارد می‌کند را نیروی کنش (عمل) بنامیم، نیروی جسم دوم که بر جسم اول وارد می‌شود، واکنش (عکس‌العمل) خواهد بود. در شکل (۳-۲۶) می‌توان نیروی \vec{F}_{12} (نیروی که جسم اول به دوم وارد می‌کند) را کنش، و نیروی \vec{F}_{21} (نیروی که جسم دوم به جسم اول وارد می‌کند) را واکنش آن نامید.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \vec{F}_{12} = \vec{F}_{21}$$

این دو نیرو همواره هم‌اندازه، هم‌راستا و در سوهای مخالف یکدیگرند.

۳۳



(ب)



(الف)

آزمایش

وسایل لازم: بادکنک، لوله‌ی باریک



شکل ۳-۲۷

لوله‌ی باریکی در دهانه‌ی بادکنک قرار می‌دهیم. بادکنک را از هوا پر می‌کنیم دهانه‌ی آن را با انگشت مسدود می‌کنیم و ابتدا این پرسش مطرح می‌شود که بارها کردن انگشت چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ سپس از دانش‌آموز می‌خواهیم انگشت را رها و حرکت را مشاهده کند (شکل ۳-۲۷).

اکنون توضیحات پاراگراف اول صفحه ۷۳ را بیان می‌کنیم و مثال کتاب را به صورت پرسش مطرح می‌کنیم. آیا بازیکنی که به توپ ضربه می‌زند نیرویی دریافت می‌کند؟ و یا شخصی که جسم را روی زمین می‌کشد بر او نیرویی وارد می‌شود؟ این نیروها از طرف چه اجسامی هستند؟ می‌توان نتیجه گرفت که اعمال نیرو یک جانبه نیست و همواره عملی دو جانبه است. حال که زمینه لازم جهت بیان قانون سوم فراهم است، مطابق کتاب قانون سوم را بیان می‌کنیم. دو نیرویی که دو جسم بر یکدیگر وارد می‌کنند، «کنش» و «واکنش» نامیده می‌شود.

پرسش پیشنهادی

مثال‌های دیگری بیان کنید که با قانون سوم قابل توصیف باشند.

پاسخ: حرکت موشک، جهت شنا کردن، راه رفتن، پریدن از روی تخته‌ی شنا هنگام شیرجه زدن و

۳- آیا می‌توان بین کنش و واکنش برآیند تعیین کرد؟
پاسخ: ۱- آری ۲- آری اگر کنش گرانشی باشد واکنش نیز گرانشی است ۳- خیر، زیرا این دو نیرو بر دو جسم اعمال می‌شوند.

مثال ۳-۴

هدف: تشخیص نیروهای کنش و واکنش در یک رخداد معمولی است.

اکنون با رسم شکل (۳-۶) روی تابلو از دانش‌آموزان می‌خواهیم رابطه $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$ و $F_{21} = F_{12}$ را بنویسند. با طرح پرسش‌های زیر به بیان ویژگی‌های کنش و واکنش می‌پردازیم:

۱- آیا کنش و واکنش همواره هم اندازه و در دو سوی مخالف‌اند؟

۲- آیا همواره هم‌نوع‌اند؟ به طور مثال، امکان دارد یکی گرانشی و دیگری الکتریکی باشد؟

فعالیت ۳-۴

در این فعالیت رابطه جرم و شتاب مطرح می‌شود. ضمن این که نیروهای کنش و واکنش مطرح می‌شود قانون دوم نیز در مورد هر کدام به کار گرفته می‌شود.

نیروی از طرف زمین به سیب وارد می‌شود. این نیرو را $F_{۱۲}$ می‌نامیم مطابق قانون دوم نیوتون $F_{۱۲} = mg$ در این رابطه m جرم سیب و g اندازه شتاب سقوط است. از طرف سیب نیز نیروی $F_{۲۱}$ به زمین وارد می‌شود و قانون دوم را در مورد این نیرو نیز می‌نویسیم در این رابطه $M_e a = F_{۲۱}$ جرم زمین و a شتاب حرکت آن است

$$F_{۱۲} = F_{۲۱} \quad M_e a = mg$$

$$\frac{a}{g} = \frac{m}{M_e}$$

سمت راست رابطه عملاً صفر است بنابراین شتاب حرکت زمین به طرف بالا عملاً صفر است.

به دو جسم دانه می‌نویسند نیروی کشش را جسم اول به جسم دوم و نیروی واکنش را جسم دوم به جسم اول دارد می‌کند.
این دو نیرو همدیگر اند. همدیگر مخالف با هم در راستای و با هم در اندازه یکی اند.

مثال ۳-۴
فکر کنید که سیب‌های درخت را کسی را که در حال سقوط آزاد است مشخص کند. درخت مشخص کند که واکنش این نیروها به چه حسسهایی وارد می‌شود؟
جواب: سیب در حال سقوط. تنها نیروی وزن از طرف زمین وارد می‌شود. اگر سیب را جسم ۱ و زمین را جسم ۲ بگیریم، نیروی $F_{۱۲}$ را زمین به سیب وارد می‌کند. واکنش آن نیروی $F_{۲۱}$ است که توسط سیب به زمین وارد می‌شود. شکل ۳-۴.

فعالیت ۳-۴
با توجه به قانون دوم نیوتون توضیح دهید که چرا سیب در مثال (۳-۴) بعد از آن نیروی که زمین به آن وارد می‌کند با شتاب g سقوط می‌کند. آیا زمین بعد از آن نیروی که سیب به آن وارد می‌کند، عملاً شتاب می‌گیرد؟

مثال ۳-۵
مثالی شکل ۳-۵ را با یکدیگر مقایسه کنید.
شماره ۱ و ۲ در شکل ۳-۵ را با هم مقایسه کنید.

مثال ۳-۵

پاسخ: با جدایی طناب، دیگر بین دیوار و طناب کنش و واکنش موجود نیست. فقط بین دست شخص و طناب موجود

این نیز یک مثال کاربردی از قانون سوم است.

تمرین: اگر طناب از دیوار جدا شود و شخص هم چنان است.

طناب را بکشد کنش و واکنش را پس از رهایی مشخص کنید.

فعالیت ۳-۵

در این فعالیت هدف آن است که به کارگیری درست قانون دوم و نیز درک عمیق‌تر، قانون سوم را آموزش دهیم:

الف) پرسش: از طرف دست ما و نیز دیوار به طناب نیرو وارد شده است. ولی طناب ساکن می‌ماند (چرا)؟ زیرا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است.

$$a = 0 \quad \vec{F}_{۱۲} - \vec{F}_{۲۳} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{۱۲} = \vec{F}_{۲۳}$$

و از آن جایی که $F_{۱۲} = F_{۲۳}$ داریم: $F_{۲۱} = F_{۳۲}$ این دو نیرو هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند.

ب: در این جا این پرسش دوباره مطرح می‌شود که آیا دو نیروی $F_{۱۲}$ و $F_{۲۳}$ کنش و واکنش هستند؟

پاسخ: نیرویی که دست به طناب ($F_{۱۲}$) و طناب به دست

دیگرش را با دست می‌کشد. اگر طناب از دیوار جدا شود، نیروهای کنش و واکنش بین دست و طناب و دیوار و طناب را مشخص کند.
جواب: در قسمت‌های مختلف شکل (۳-۵) نیروهای بین دست و طناب و دیوار را نشان دادیم. در این شکل‌ها، دست را جسم ۱، طناب را جسم ۲ و دیوار را جسم ۳ می‌نامیم.

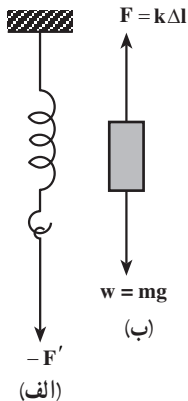
$F_{۱۲} = -F_{۲۱}$ کنش و واکنش
 $F_{۲۳} = -F_{۳۲}$ کنش و واکنش

فعالیت ۳-۵
با توجه به مثال (۳-۵) و پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
الف) به کمک یکی از قانون‌های نیوتون پاسخ دهید که آیا نیروی $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ همدیگرند و در خلاف جهت یکدیگرند یا خیر؟
ب- با مثال‌هایی که در آن دو نیروی $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ کنش و واکنش یکدیگرند یا خیر؟

فعالیت ۳-۶
فکر کنید که یک دست می‌کشد و در آن طرف دیگر آن دیوار را می‌کشد. اگر دستک را جسم ۱ و دیوار را جسم ۲ بگیریم، شکل ۳-۶ را مشخص کنید.
الف) نیروهای وارد بر جسم ۱ را مشخص کنید.
ب) واکنش این نیروها را مشخص کنید و توضیح دهید که هر کدام به چه جسمی وارد می‌شود؟

(\vec{F}_{11}) وارد می‌کند، کنش و واکنش محسوب می‌شوند. همین‌طور \vec{F}_{22} و \vec{F}_{21} کنش و واکنش هستند. ولی دو نیروی F_{21} و F_{22} گرچه هم‌اندازه و در خلاف جهت هستند، کنش و واکنش نیستند.

فعالیت ۳-۶



شکل ۳-۲۸

هدف: ۱- با رسم نمودارهای آزاد نیرو، ذهن دانش‌آموز جهت تجسم نیروها آماده

می‌شود.

۲- مهارت لازم جهت تعیین نیروهای کنش و واکنش به وجود می‌آید.

پاسخ: الف) بر جسم نیروهای وزن و نیروی کشسانی فنر وارد می‌شود.

ب) ۱- واکنش نیرویی که از طرف زمین به جسم وارد می‌شود، نیرویی است که زمین را به طرف جسم می‌کشد. جهت این نیرو رو به بالا و نقطه اثر آن در مرکز زمین است.

۲- واکنش نیرویی که فنر به جسم وارد می‌کند، به فنر اعمال می‌شود. ($W' = -W$)



به طور مثال اگر وزنه 10° نیوتنی به فنر آویزان شود، از طرف زمین جسم با نیروی 10° N پایین کشیده می‌شود.

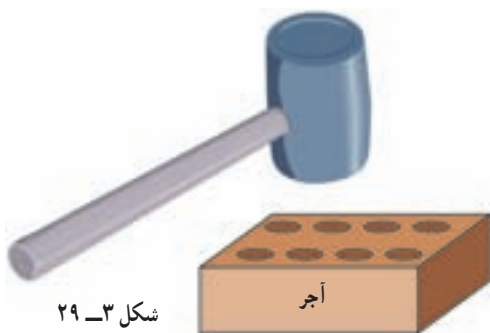
فنر نیز جسم را با نیروی 10° N به بالا می‌کشد و به این ترتیب جسم در حالت تعادل قرار می‌گیرد. جسم زمین را با 10° N رو به بالا می‌کشد و به فنر نیز نیروی 10° N رو به پایین اعمال می‌کند.

لازم به ذکر است که در مواردی دانش‌آموز ممکن است جسم، جسم دیگر را می‌راند یا می‌شکند (خرد می‌کند) برای رفع در درستی قانون سوم نیوتون تردید داشته باشد. مثلاً وقتی یک این چالش می‌توان تمرین‌هایی مطرح کرد.

تمرین پیشنهادی



۱- وقتی با چکش به آجری ضربه وارد می‌کنیم و آجر خرد می‌شود، آیا می‌توان گفت نیرویی که چکش به آجر وارد می‌کند هم‌اندازه نیرویی است که آجر به چکش وارد می‌کند؟ آیا قانون سوم در این حالت و حالت‌های مشابه صادق است؟



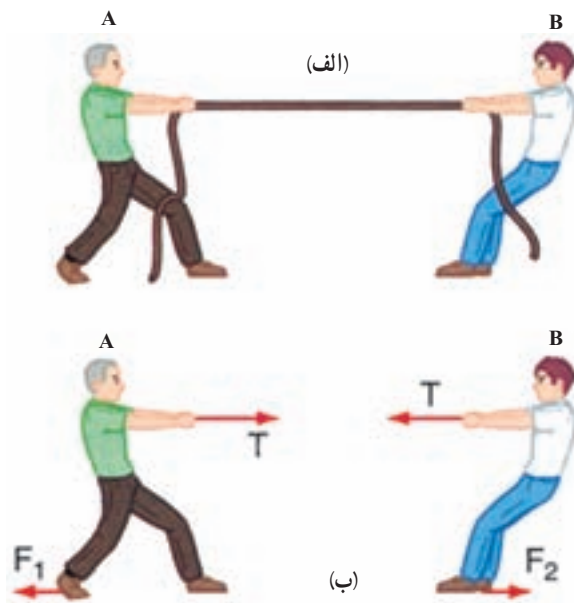
شکل ۳-۲۹

پاسخ: همواره کنش و واکنش هم‌اندازه و در خلاف جهت یک‌دیگرند نیرویی که چکش به آجر وارد می‌کند باعث می‌شود آجر خرد شود. نیرویی که آجر به چکش وارد می‌کند واکنش هم‌اندازه‌ی

نیروی کنش است. اما ساختمان چکش به گونه‌ای است که این نیرو قادر به شکستن آن نیست.

۲- در مسابقه طناب‌کشی و یا میچ‌اندازی آیا همواره کنش و واکنش هم‌اندازه هستند؟ اگر چنین است چرا یکی از آن‌ها مسابقه را می‌برد؟

(می‌توان این تمرین را به وسیله یک طناب کوتاه و دو نفر از دانش‌آموزان به طور عملی در کلاس نمایش داد.)



شکل ۳-۳

در شکل روبه‌رو یک مسابقه طناب‌کشی را مشاهده می‌کنید. شخص A به وسیله طناب نیروی T را به دست شخص B وارد می‌کند و خود با نیروی T کشیده می‌شود.

شخص B نیز نیروی T را به دست شخص A وارد می‌کند و او نیز با نیروی T به طرف A کشیده می‌شود. پس مشاهده می‌کنیم کشش و واکنش هم‌اندازه هستند. حال اگر A قوی‌تر باشد B را به طرف خود می‌کشد. (چرا؟) A وقتی می‌خواهد طناب را بکشد با پشت پا در جهت مثبت محور x به زمین نیرو وارد می‌کند. زمین نیز با نیروی F_1 که هم‌اندازه نیروی شخص A است او را به عقب می‌راند.

چون شخص A قوی‌تر است $F_1 > T$ و جهت حرکت شخص A در خلاف محور x است برای شخص B وضعیت به صورت دیگری است به این ترتیب که F_2 (نیروی که او را به عقب می‌راند) کم‌تر از T است و B به طرف جلو کشیده می‌شود.

به این ترتیب A تحت تأثیر $F_1 - T$ به عقب و B تحت اثر $T - F_2$ در جهت منفی محور x حرکت می‌کند.

دانستنی



تاکنون نیرو را به ساده‌ترین شکل به صورت فشار و کشش در نظر گرفتیم. اما هیچ کشش و فشاری به تنهایی رخ نمی‌دهد. هر نیرو بخشی از یک برهم‌کنش بین یک چیز و چیز دیگر است. وقتی با انگشتان خود دیوار را فشار می‌دهید، چیزی بیش از فشار آوردن به دیوار رخ می‌دهد. این موضوع را انگشتان خمیده‌ی شما نشان می‌دهد. در این فرآیند یک زوج نیرو دخیل است. شما به دیوار فشار می‌آورید و دیوار هم به شما فشار وارد می‌آورد. نیروها از نظر اندازه برابر و در جهت خلاف هم هستند و یک «برهم‌کنش» را تشکیل می‌دهند. در واقع، شما نمی‌توانید دیوار را فشار دهید مگر این‌که دیوار هم شما را فشار دهد.

وقتی یک گاری را هل می‌دهید و شتاب می‌گیرد، گاری هم شما را فشار می‌دهد و دلیل آن محکم شدن طناب دور دستان شماست. وقتی با چکش تیری را در زمین می‌کوبید تیر نیز نیرویی هم‌اندازه را به چکش وارد و آن را ناگهان متوقف می‌کند. شما با گاری برهم‌کنش دارید و چکش با تیر. کدام یک نیرو را وارد و کدام یک آن را دریافت می‌کند؟ پاسخ نیوتون این است که هیچ‌کدام را نمی‌توان به عنوان «وارد آورنده» و «دریافت‌کننده» مشخص ساخت، به نظر او هر دو جسم را باید یکسان در نظر گرفت؛ یعنی اگر یکی از نیروها را «کنش» و دیگری را «واکنش» بنامیم، قانون سوم نیوتون به صورت زیر در می‌آید:

هر کنشی همواره دارای واکنش هم اندازه و در جهت مخالف است.

مهم نیست که کدام نیرو را «کنش» بنامیم و کدام یک را واکنش، نکته مهم آن است که آن‌ها اجزای یک برهم کنش هستند و هیچ کدام از آن‌ها به تنهایی وجود ندارند. وقتی راه می‌روید، با زمین برهم کنش دارید. شما به زمین فشار وارد می‌آورید و زمین به شما. این زوج نیرو، در یک زمان وارد می‌شوند (آن‌ها هم‌زمانند)، همین‌طور لاستیک‌های اتومبیل به جاده فشار وارد می‌آورند و جاده به آن‌ها لاستیک‌ها و جاده هم‌زمان به هم نیرو وارد می‌کند. در هنگام شنا کردن با آب برهم کنش دارید. آب را به عقب می‌زنید و آب هم‌زمان شما را به جلو می‌راند (شما و آب به هم فشار وارد می‌آورید).

نیروی برهم کنش چیزی است که در این مثال‌ها، باعث حرکت ما می‌شود. این نیروها به اصطکاک بستگی دارند؛ شخص یا اتومبیلی که روی یخ است، ممکن است نتواند نیروی کنشی را که برای تولید واکنش ضروری است، وارد کند. هیچ کدام از آن‌ها نمی‌توانند بدون دیگری وجود داشته باشند.

واکنش: جاده به لاستیک‌ها فشار می‌آورد.

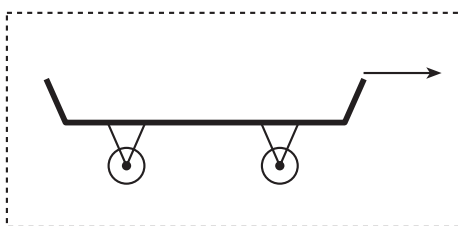
کنش: لاستیک‌ها به جاده فشار وارد می‌آورند.

حال یک بار دیگر به تحلیل این پرسش می‌پردازیم

که اگر کنش و واکنش هم‌اندازه و در جهت مخالفند، پس چرا یک دیگر را خنثی نمی‌کنند؟ این موضوع را از این دیدگاه بررسی می‌کنیم که باید دستگاه دخیل را در نظر بگیریم. به طور مثال یک دستگاه متشکل از یک گاری را در نظر بگیرید (کادر خط‌چین آن را مشخص کرده است) براداری که به طرف خارج است، نیروی خارجی وارد بر دستگاه را نشان می‌دهد.

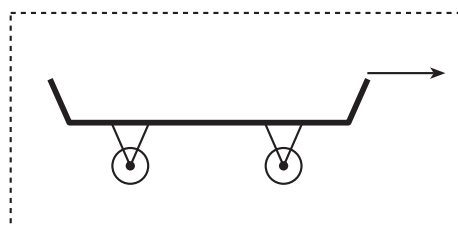


شکل ۳-۳۱

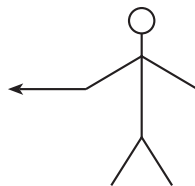


(الف)

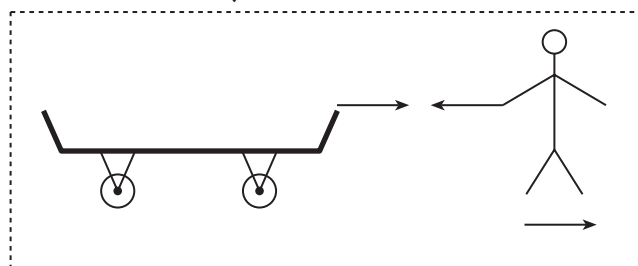
طبق قانون دوم نیوتون، دستگاه شتاب می‌گیرد. اگر این نیرو را مشخص بر دستگاه وارد کند، تحلیل ما تغییر نمی‌کند. شخص خارج از دستگاه قرار دارد. این حقیقت که گاری هم، هم‌زمان نیرویی بر شخص وارد می‌کند، که در



(ب)



خارج از دستگاه است، ممکن است بر شخص (دستگاه دیگر) تأثیر داشته باشد، ولی بر گاری مؤثر نیست. بنابراین کنش و واکنش یک دیگر را خنثی نمی‌کنند.



(پ)

اکنون دستگاه را چنان در نظر بگیرید که گاری و شخص را در بر بگیرد. در این صورت چون زوج نیرو برای این دستگاه داخلی است، در این صورت این دو نیرو یک دیگر را خنثی می‌سازند و دیگر نقشی در شتاب دادن به دستگاه ندارند.

شکل ۳-۳۲

در این صورت نیروی خارجی برای شتاب دادن به جسم ضروری است و این جاست که اصطکاک با زمین وارد کار می‌شود. وقتی شخص پای خود را به زمین می‌فشارد، زمین هم‌زمان به شخص فشار وارد می‌کند که برای دستگاه نیروی خارجی است. در درون توپ فوتبال، تریلیون‌ها نیروی بین اتمی وجود دارند. آن‌ها اجزای توپ را به هم پیوند می‌دهند. اما نقشی در شتاب دادن به توپ ندارند. گرچه هر یک از نیروهای میان اتمی بخشی از زوج کنش و واکنش درون توپ هستند، اما تعدادشان هر چه باشد؛ برآیندشان صفر است. نیروی خارجی (لگدزدن به توپ) لازم است تا به توپ شتاب دهد.

دانستنی



شکل ۳-۳۳

اسحاق (ایزاک) نیوتون در سال ۱۶۴۲ در انگلستان به دنیا آمد. پدرش دو ماه قبل از متولد شدنش درگذشته بود. زمانی که ایزاک ۳ ساله بود مادرش دوباره ازدواج کرد، و او نزد مادر بزرگش باقی ماند. او علاقه‌ای به مزرعه خانوادگی نداشت، به همین جهت او برای تحصیل به دانشگاه کمبریج فرستاده شد. ایزاک تنها چند ماه بعد از مرگ گالیله متولد شد، یکی از بزرگترین دانشمندان تمام قرن‌ها، گالیله ثابت کرده بود که این سیاره‌ها هستند که به دور خورشید می‌چرخند و نه به دور زمین. آن‌طور که عموم مردم می‌اندیشیدند. ایزاک نیوتون به دستاوردها و اکتشافات گالیله و دیگران بسیار علاقمند بود. ایزاک فکر می‌کرد که عالم هستی مثل ماشینی عمل می‌کند که قانون‌های کم و ساده‌ای بر آن حاکم است.

او همانند گالیله بر این اندیشه بود که ریاضیات راهی است برای اثبات و بیان این قانون‌ها، نیوتون یکی از بزرگترین دانشمندان دنیا بود. چون هم ایده و اندیشه‌های خود را حفظ کرده بود و هم از اندیشه‌های دیگر دانشمندان بهره می‌گرفت تا تصویری از کارکرد عالم به دست آورد. ایزاک نحوه کار جهان را با ریاضیات توضیح می‌داد، او قانون‌های حرکت و گرانش را فرمول بندی کرد. این قانون‌ها فرمول‌های ریاضی‌هایی هستند که حرکت اشیا را هنگامی که بر آن‌ها نیرویی وارد می‌شود توضیح می‌دهند.

هنگامی که ایزاک به عنوان پروفیسور ریاضیات در دانشگاه تدریس می‌کرد، مشهورترین کتابش را منتشر کرد. او سه قانون مهم را در مورد حرکت اشیا در این کتاب آورده است. سپس او نظراتش را در مورد گرانش تشریح کرد.

گرانش نیرویی است که باعث می‌شود اشیا به طرف زمین کشیده شوند. مثلاً اگر مدادی از میز به پایین سقوط کند بر روی کف اتاق می‌افتد نه روی سقف.

ایزاک هم‌چنین در این کتابش از قوانینش استفاده کرد تا نشان دهد که سیارات در یک مدار بیضوی شکل

به دور خورشید می‌گردند نه مداری دایره‌ای. نیوتون از سه قانون برای بیان حرکت اجسام استفاده کرد. که از آن‌ها به قوانین نیوتون اسم برده می‌شود.

بیش تر مردم وقتی به نیوتن فکر می‌کنند، او را زیر یک درخت سیب در حال افتادن سیب می‌بینند. زمانی که نیوتون سیب را هنگام افتادن دید به فکر حرکت خاصی افتاد. نیوتون فهمید که جاذبه نیروی جذب کننده‌ای است بین دو جسم. او هم چنین دانست که اجسام با جرم بیش تری نیروی جاذبه بیش تری را اعمال می‌کنند، یا به بیان دیگری اجسام کوچک تر را به سمت خود می‌کشند. این همان دلیلی است که سیب به خاطر آن به سمت زمین می‌افتد به جای رفتن به هوا، و این که چرا مردم در آسمان شناور نیستند ایزاک در مورد جاذبه و سیب اندیشید. او فکر می‌کرد که ممکن است جاذبه به زمین و اشیای بر روی آن محدود نشود. چه می‌شود اگر جاذبه در ماه و اطراف آن وجود داشته باشد؟ ایزاک نیرویی که لازم بود تا ماه به دور زمین بگردد را محاسبه کرد و سپس با نیرویی که موجب افتادن سیب شده بود، مقایسه کرد. بعد از پذیرفتن این واقعیت که ماه بسیار از زمین دور است، و جرم بسیار بیش تری دارد، او متوجه شد که نیروها هم اندازه است. ماه توسط نیروی جاذبه زمین به دور مدار زمین نگه داشته شده است محاسبات نیوتون درک مردم از عالم را تغییر داد. کسی تا آن زمان نمی‌توانست بگوید که چرا سیارات در مداراتشان مانده‌اند؟ چه چیزی آن‌ها را نگه داشته است؟ پنجاه سال قبل از این که نیوتون متولد شود، تصور مردم بر این بود که سیاره‌ها توسط سپرهای نامرئی نگه داشته شده است. ایزاک ثابت کرد که آن‌ها توسط جاذبه خورشید نگه داشته شده‌اند. هم چنین او نشان داد که نیروی جاذبه به فاصله و جرم دو جسم بستگی دارد. او اولین کسی نبود که فهمید مدار سیارات حلقوی نمی‌باشد، بلکه بیش تر بیضوی شکل هستند.



۳-۳- معرفی نیروها

دعیم که نیرو عامل ایجاد شتاب و در نتیجه، عامل تغییر در سرعت جسم است. بازنویس برای بررسی حرکت یک جسم، پایه نیروهای وارد بر آن را مشخص و اندازه‌گیری کنیم.

وای شتاب و اندازه‌گیری یک نیرو باید عامل‌های مؤثر بر آن را معلوم کرد. این مهم، توسط قانون‌های نیوتن انجام می‌شود. قانون یک نیرو، عامل‌های مؤثر در ایجاد آن نیرو را مشخص می‌کند. هر قانون نیرو، رابطه‌ای را بدست می‌دهد که به کمک آن می‌توانیم اندازه‌گیری را محاسبه کنیم. قانون‌های نیوتن به کمک آزمایش و تجربه‌های گوناگون رابطه‌ای را بدست می‌دهد که عامل‌های مؤثر در اندازه‌گیری را تعیین می‌کند.

آنکون به بررسی قانون گرانش نیوتون می‌رویم.

قانون گرانش نیوتون: آیا قانون از خود برمی‌آید که چرا آب در جویبارها به طرف پایین حرکت می‌کند؟ و یا چرا وقتی یک جسم را به بالا پرتاب می‌کنیم، پس از مدتی به پایین می‌افتد؟ از زمان‌های دور، بشر می‌دانست که زمین، جسم‌های مجاور خود را به سوی خود می‌کشد. به آن نیرو، نیروی گرانشی گفته می‌شود. نیوتون دانست که سنگی با همان قانون گرانشی، شتاب دارد که نیروی گرانش میان هر دو جسم وجود دارد.

بنابراین قانون گرانش نیوتون، هر دو جرم، همواره یکدیگر را می‌ربانند. جان این قانون بصورت زیر است:

نیروی گرانشی میان دو ذره، با حاصل ضرب جرم دو ذره، نسبت مستقیم و با معکوس فاصله آن‌ها از یکدیگر، نسبت وارون دارد.

اگر جرم دو ذره، m_1 و m_2 و فاصله میان آن‌ها مطابق شکل (۳-۳) برابر r باشد، اندازه نیروی گرانشی میان دو ذره، (۳-۳) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

در این رابطه G ثابت گرانش عمومی نام دارد. در SI که یکای جرم، کیلوگرم (kg) یکای نیرو، نیوتون (N) است و r یکای فاصله است.

$$F_{12} = -F_{21}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

در این رابطه G ثابت گرانش عمومی نام دارد. در SI که یکای جرم، کیلوگرم (kg) یکای نیرو، نیوتون (N) است و r یکای فاصله است.

شکل ۳-۳-۱-۱- کشش و دافعه

۳-۳- معرفی نیروها

در مقدمه این مبحث، کتاب به چگونگی تأثیر عامل‌های مؤثر در تعیین اندازه نیرو اشاره کرده است. توضیحات کتاب راهنمای دقیق ورود به بحث است.

توجه به این نکته ضروری است که در این جا ویژگی‌های نیروهای گرانشی، عمودی تکیه‌گاه و اصطکاک معرفی می‌شود و سرشت این نیروها مورد نظر نیستند.

قانون گرانش نیوتون

راهنمای تدریس: مثال‌های کتاب، آغاز خوبی برای ورود به بحث است. هم چنین می‌توان مثال‌ها را به صورت پرسش و پاسخ نیز مطرح کرد.

پرسش: وقتی سنگی را به بالا پرتاب می‌کنیم، به طرف زمین برمی‌گردد این آزمایش و تجربه‌های مشابه، بیانگر چه واقعیتی است؟

تمرین ۳ - ۱



در این تمرین می‌خواهیم در ذهن دانش‌آموزان این واقعیت جا بیفتد که در واقع وزن جسم، نیروی گرانشی

$$F = G \frac{M_e m}{R_e^2} \quad \text{است.}$$

توجه: ممکن است در این مرحله که دانش‌آموز مهارت کافی در به‌کارگیری رابطه بالا را ندارد، r را فاصله جسم از سطح زمین بگیرد. لازم است که به این نکته اشاره شود که منظور از فاصله جسم از زمین، فاصله از مرکز زمین است که در انتهای تمرین نیز اشاره شده است.

$$m = 64 \text{ kg} \quad M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg} \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

$$F = 6.67 \times 10^{-11} \frac{6 \times 10^{24}}{(6/4 \times 6/4) \times 10^{12}} = 625/5 \text{ N}$$

این نیرو «وزن» نام دارد.

$$= \frac{6/67 \times 6 \times 10^{13}}{(6/4)^2 \times 10^{12}}$$

$$g = \frac{400/2}{40/96} = 9/77 \text{ m/s}^2$$

نیروی وزن - شتاب گرانی: یک جسم مانند پاک‌کن

یا قطعه‌ای گچ را از یک ارتفاع رها می‌کنیم و از دانش‌آموز

می‌خواهیم قانون دوم را در مورد جسم بنویسد.

$$F = ma \quad a=g \Rightarrow F = mg$$

سپس مطابق آن چه در کتاب آمده F را وزن می‌نامیم و

رابطه‌ی $W = mg$ را می‌نویسیم.

تمرین: با استفاده از رابطه‌ی (۳-۴) وزن جسم یعنی

نیروی گرانی زمین بر جسم را به دست آورید.

$$F = G \frac{mM_e}{R_e^2}$$

$$W = F$$

و چون

$$W = G \frac{mM_e}{R_e^2}$$

تمرین: رابطه $W = mg$ و $W = G \frac{M_e m}{R_e^2}$ را با هم

مقایسه و نتیجه را به دست آورید.

$$g = G \frac{M_e}{R_e^2}$$

تمرین ۳ - ۲



$$g = G \frac{M_e}{R_e^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24}}{(6/4 \times 10^6)^2}$$

$F = W$
 $W = mg$ (۳-۴)

وزن یک جسم بر روی زمین، نیروی گرانی است که زمین به جسم وارد می‌کند. اگر جسم و سطح زمین را به ترتیب با M_e و M نشان دهیم، با استفاده از رابطه (۳-۴) نیز می‌توان وزن جسم را بر روی زمین و جسم را حساب کرد.

$W = F$
 $W = G \frac{mM_e}{R_e^2}$ (۳-۴)

با مقایسه رابطه (۳-۴) و (۳-۴) نتیجه می‌شود:

$mg = G \frac{mM_e}{R_e^2}$
 $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$ (۴-۴)

تمرین ۳-۲
مقدار g را از رابطه (۴-۴) محاسبه کنید. برای این محاسبه از مقدارهای داده‌شده در تمرین ۳-۱ استفاده کنید.

فصلیت ۳-۳
۱- تعلق کنید که ضرب ثابت گرانش عمومی، g نخستین بار توسط چه کسی محاسبه شده است. خلاصه‌ای از روش کار او را به کلاس گزارش کنید.
۲- شاید وایان جالب باشد که بدانند حدود ۲۲۰۰ سال پیش سطح زمین با روش ساده‌ای توسط دانشمندان محاسبه شده است. روش کار او را تعلق و به کلاس گزارش کنید.

تمرین ۳-۴
بعد از اندازه‌گیری g هر فرد زمین به کمک رابطه (۴-۴) محاسبه شد. با توجه به این که مقدار متوسط g در سطح زمین حدود 9.78 m/s^2 و شعاع زمین حدود $6.37 \times 10^6 \text{ m}$ است، هر فرد زمین را حساب کنید.