

دینامیک (حرکت شناسی)

نیروهای دخیل در رویدادهای روزانه معرفی می‌شوند و بالاخره راهکارهای کسب مهارت در حل مسأله‌های ساده و کاربردی دینامیک ارائه می‌شود.

در این فصل مفهوم نیرو، اثرها و ویژگی‌های آن توصیف می‌شود. به‌طور محدود شیوه‌ی اندازه‌گیری نیرو گفته می‌شود. قانون‌های نیوتون درباره‌ی حرکت تشریح می‌شود برخی از

دانسته‌های قبلی

دانش‌آموز در دوره‌ی راهنمایی کم و بیش با مفهوم نیرو آشنا و به او گفته شده، وقتی نیرو به جسمی وارد می‌شود می‌تواند جسم را حرکت دهد.

در این تصویر به‌گونه‌ای می‌خواهیم اثر نیرو را در انجام کارهای روزانه مشاهده کنیم و مهم‌ترین مزیت این روش کمک از وزن شخص برای کشیدن تور ماهی‌گیری است. می‌توان از دانش‌آموز خواست مثال‌های دیگری در زمینه اعمال نیرو در کارهای روزانه ذکر کند. پس از آموختن قانون سوم نیوتون می‌توان از دانش‌آموز خواست نمودار نیروهای وارد بر زمین و ماهی‌گیران را رسم کند.



ماهی‌گیران در سواحل خلیج فارس
به‌نظر شما کشیدن تور ماهی‌گیری از پشت (مطابق شکل) آیا
مزیتی نسبت به کشیدن آن از جلو دارد؟

راهنمای تدریس: در فصل قبل به مفاهیم بنیادی حرکت، جابه‌جایی، سرعت و شتاب پرداختیم بدون این که بگوییم چه عاملی باعث حرکت، سرعت و یا شتاب گرفتن می‌شود. در این فصل به بررسی عامل تغییر سرعت می‌پردازیم. از این رو، می‌توان مقدمه فصل را به صورت یک فعالیت ارائه کرد. با طرح این فعالیت یا مشابه آن زمینه برای شناخت ویژگی‌ها و اثرهای نیرو فراهم می‌آید.

الف) چگونه می‌توان جسم ساکنی را به حرکت درآورد؟

پاسخ: هل دادن، کشیدن، ضربه زدن و ... (اعمال نیرو)

ب) چگونه می‌توان جسم متحرک را متوقف کرد؟

پاسخ: به گونه‌ای جلوی حرکت آن را می‌گیریم (نیروی به آن وارد می‌کنیم.)

پ) چگونه می‌توان مسیر حرکت یک توپ متحرک را تغییر داد؟

پاسخ: با وارد کردن نیرو به آن

یادداشت‌های معلم

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۳-۱- نیرو

هدف: آشنایی با نیرو، پی بردن به اثرها و ویژگی‌های نیرو و چگونگی اندازه‌گیری نیرو

راهنمای تدریس: با طرح فعالیت ۳-۱ می‌توان مبحث آشنایی با نیرو را آغاز کرد. از دانش‌آموزان می‌خواهیم صفحه‌ی ۶۶ کتاب را باز کنند و به هریک از تصویرها به دقت توجه کنند، سپس از آن‌ها می‌خواهیم جمله‌های زیر را کامل و در دفتر خود یادداشت کنند.

۱- در شکل بالا و سمت راست، بازیکن به توپ نیرو وارد می‌کند. بنابراین نیرو می‌تواند

پاسخ: باعث تغییر شکل جسم شود.

۲- در شکل بالا سمت چپ، بازیکن توپ را پرتاب کرده است. بنابراین نیرو می‌تواند

پاسخ: جسم ساکنی را به حرکت درآورد.

۳- مردی اتومبیلی را هل می‌دهد. بنابراین نیرو می‌تواند

پاسخ: باعث تغییر وضعیت یک جسم شود.

۴- تعمیرکاری پیچ‌ها را می‌بندد و (یا باز می‌کند) بنابراین نیرو ممکن است

پاسخ: موجب چرخش شود (تغییر وضعیت)

مثال‌های دیگری از اثر نیرو بیان کنید.

پاسخ: تا کردن کاغذ، فشردن فنر خودکار

و ...

فعالیت پیشنهادی

فعالیت پیشنهادی

با توجه به فعالیت‌های بالا و تجربه‌های روزانه خود اثرهای نیرو را بیان کنید:

پاسخ:

۱- تغییر سرعت

۲- تغییر وضعیت

۳- تغییر شکل

فصل ۳

دینامیک

در فصل دوم با کیت‌های مانند مگن، جابه‌جایی، سرعت و شتاب آشنا شدیم و با تعریف این کیت‌ها، حرکت را توصیف کردیم. دمی که ممکن است حرکت با سرعت ثابت انجام شود و با ممکن است، حرکت جسم نامتساخ باشد و در نتیجه، سرعت تغییر کند. اما از طرح و پاسخ پرسش‌های نظری در چه صورتی یک جسم ساکن می‌ماند؟ چگونه می‌توان جسم ساکنی را به حرکت درآورد؟ چه عاملی باعث تغییر سرعت جسم می‌شود؟ چه عاملی باعث تغییر در حرکت و بطور کلی چه عاملی باعث تغییر در وضعیت جسم می‌شود؟ ... خودتاری کردیم.

در این فصل می‌خواهیم این پرسش‌ها را طرح کرده و پاسخ آن‌ها را بیابیم. برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها، باید در ابتدا با کیتی به نام نیرو آشنا شویم.

۳-۱-۱ نیرو

در کتاب‌های علوم دبستان و راهنمایی تا حدودی با نیرو آشنا شدیم. در مکالمه‌های روزانه از این واژه استفاده می‌کنیم. منظور از این واژه چیست؟ ساده‌ترین پاسخ این است که بگوییم هرگاه بطرف جسمی را برانند و یا بکشند، به آن نیرو وارد می‌کنیم. برای شناخت بیشتر نیرو، چهار است به این پرسش پاسخ دهید که آیا نیرو بر یک جسم چیست؟

فعالیت ۳-۱

در هریک از شکل‌های (۳-۱)، (۳-۲) و (۳-۳) که نیرو بر جسم گذاشته است، شرح دهید.

۶۵

برای برداشتن یک کتاب از قفسه کتابها، باید دست شما به آن برسد تا با وارد کردن نیرو به کتاب، بتوانید آن را بردارید. آیا ممکن است بدون آن که دست شما به کتاب برسد، به آن نیرو وارد کنید؟ برای افعال نیروی دست بر کتاب وجود دست و کتاب لازم است.



شکل ۳-۱

در بازی فوتبال، وقتی توپ به طرف راست برتاب می‌شود، اگر توپ به پای شما یا به جسم دیگری برخورد نکند، آیا مسیر توپ تغییر می‌کند؟ برای آن که به توپ نیرو وارد شود و مسیر آن تغییر کند، وجود یا توپ لازم است تا در تماس با به توپ، به آن نیرو وارد شود.

فعالیت ۳-۲

به شکل (۳-۲) نگاه کنید. این تصویر، سیمی را در حال انحنای نشان می‌دهد. پاسخ پرسش‌های صفحه بعد را در کلاس به بحث بگذارید.

۶۶



شکل ۱-۳

وسيله‌ای که تعمیرکاران و کارگران فنی موتاژ با آن میزان محکم کردن پیچ‌ها را مشخص می‌کنند، گشتاورسنج یا Torquemeter نام دارد.

در مهندسی مکانیک هر پیچ باید با گشتاور معینی بسته شود. جدول‌هایی نیز در این مورد تنظیم شده است. قبل از بستن پیچ، دستگاه را روی گشتاور مورد نظر تنظیم می‌کنند. در هنگام بستن پیچ، وقتی گشتاور وارد بر پیچ به مقدار تنظیم شده برسد، چرخش حذف می‌شود و بدین ترتیب از اعمال نیروی اضافی به پیچ که باعث آسیب می‌شود، جلوگیری به عمل می‌آید. در شکل ۱-۳ یک نمونه از گشتاور سنج را ملاحظه می‌کنید.



آنگاه چه جاشی باعث سقوط میبند است؟
 نه نه این نیرو را چه جسمی به سبب وارد می‌کند؟
 پیدا آید این سبب و این جسم نامش برقرار است؟

شکل ۳-۲

باک این‌ها از راه دور به یک قطعه آهن نیرو وارد می‌کند و آن را به سوی خود می‌کشد. خورندید از فاصله‌های بسیار دور، و سیاره‌های منظومه خورشیدی نیرو وارد می‌کند. با توجه به آن چه که تاکنون بیان شده، می‌توان نیرو را بصورت زیر توصیف کرد:

آنگاه نیروی حاصلی است که اگر یک جسم وارد شود، باعث تغییر در وضعیت حرکت آن جسم می‌شود. مثلاً از یک مکان به مکان دیگر می‌رود.

آنگاه نیرو، برهنگش (آشرا) دو جسم بر یکدیگر است.

آنگاه تأثیر دو جسم بر هم، ممکن است ناشی از تماس دو جسم باشد و یا دو جسم از راه دور و یکدیگر نیرو وارد کنند.

نیرو چه ویژگی‌هایی دارد؟ نیرو کمیتی برداری و دارای اندازه و جهت است. تجربه‌های روزانه نشان می‌دهد که اگر بخوانیم جسمی مثلاً یک توپ فوتبال را به فاصله‌ای نزدیک برتاب کنیم، باید به آن نیروی کوچکی وارد کنیم و اگر بخوانیم آن را به فاصله‌ای دورتری برتاب کنیم، باید نیروی بزرگتری به آن وارد کنیم. مثلاً هر هنگام زدن پاشی در بازی فوتبال، برای آن که دروازه‌بان نتواند توپ را بگیرد، باید با وارد کردن نیروی بزرگتری به توپ، آن را با سرعت بیشتری به سوی دروازه بمنت نمود. از طرف دیگر برای آن که توپ از دسترس دروازه‌بان خارج باشد، نیرو را در جهتی بر توپ وارد و رو به دروازه می‌کنیم که احتمال می‌دهیم دروازه‌بان به آن سمت حرکت نمی‌کند.

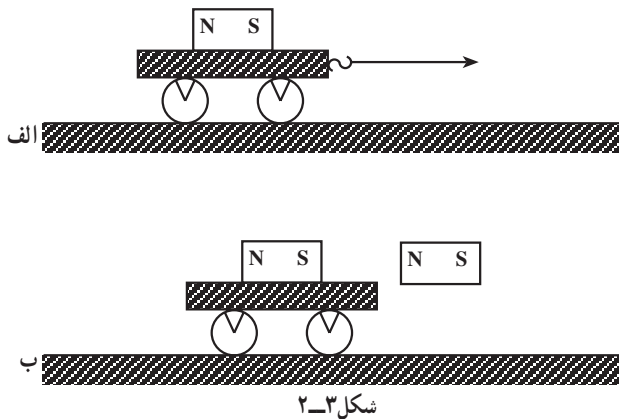
بزرگی (اندازه) نیرو را به کمک تروسنج اندازه می‌گیریم. برای آشنایی با چگونه‌نگی کار تروسنج از مبحث (۱۳-۲) را انجام دهید.

توجه: اغلب کتاب‌های درسی با بیان اثرها و ویژگی‌های نیرو، دانش‌آموز (دانشجو) را با مفهوم نیرو آشنا می‌کنند. به‌جاست برای پرهیز از بی‌دقتی، از تعریف نیرو در قالب یک یا چند جمله خودداری شود و تلاش شود دانش‌آموزان با آشنایی اثرهای نیرو، درک درستی از مفهوم نیرو به‌دست آورند.

فعالیت ۳ - ۲

هدف: بیان این موضوع که بر هم کنش سیب و زمین (دو جسم) موجب اعمال نیروست و نیز اشاره به این موضوع که بدون تماس مستقیم دو جسم نیز، می توان نیرو وارد کرد.

پاسخ ها: الف) عامل سقوط سیب وزن آن است.
ب) این نیرو را زمین به سیب وارد می کند.
پ) بین سیب و زمین تماس وجود ندارد.



یک آهنربای تیغه ای را مطابق شکل ۲-۳-الف روی یک وسیله اسباب بازی قرار می دهیم. ابتدا به کمک یک نخ وسیله را می کشیم سپس با یک آهنربای دیگر آن را می کشیم و یا می رانیم. حال از دانش آموز می خواهیم اعمال نیرو را در هر دو حالت این آزمایش باهم مقایسه و نتیجه گیری کند.

نتیجه گیری: می توان با تماس مستقیم و یا بدون تماس بر جسمی نیرو وارد کرد.

پرسش: مورد یا مورد های دیگری را بیان کنید که بدون تماس یک جسم بر جسم دیگر نیرو اعمال می کند.

پاسخ: خورشید از فاصله ی دور بر سیاره های منظومه خورشیدی نیرو وارد می کند. وقتی شانه را به موهای سر می کشیم ذرات ریز کاغذ را می کشد و ...

با توجه به آنچه بیان شد ابتدا از دانش آموز می خواهیم نیرو را توصیف کند. سپس مطابق صفحه ۶۷ کتاب درسی نیز نیرو را توصیف می کنیم.

نیرو چه ویژگی هایی دارد؟

راهنمای تدریس: مثال صفحه ۶۷ کتاب درسی برای طرح یک فعالیت بسیار مناسب

بازیکنی در زمین فوتبال می خواهد توپ را به بازیکن نزدیک خود پرتاب کند، چگونه باید به توپ نیرو وارد کند؟

پاسخ: ضربه باید ملایم یعنی نیروی اعمال شده باید کم باشد.

– اگر بازیکن بخواهد به طرف دروازه پرتاب کند نیروی وارد به توپ چگونه است؟

پاسخ: اندازه ی این نیرو باید بزرگ باشد. بنابراین نیرو یک کمیت فیزیکی و دارای اندازه است.

– آیا نیروی وارد بر توپ می تواند جهت خاصی داشته باشد؟ (چپ، راست، جلو، عقب و ...)

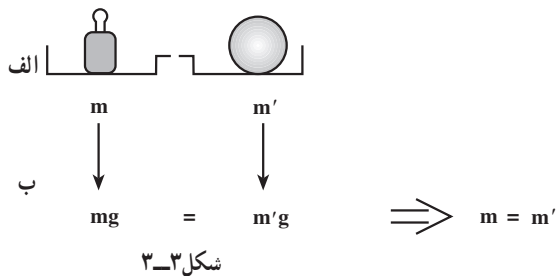
پاسخ: آری

با تعریفی که از انواع کمیت ها، در فصل اول آموخته اند می توان پرسید نیرو چه نوع کمیتی است؟ نیرو کمیتی برداری است و دارای اندازه و جهت است. یکای آن نیوتون (با نماد N) می باشد.



یکای نیرو

یکای نیرو در SI، نیوتون تعریف شده است. ولی دانش آموز در کارهای روزانه می‌بیند وزن اجسام را برحسب کیلوگرم بیان می‌کنند. مثلاً می‌گویند وزن دانش‌آموزی ۵۵ kg است و یا جز در کتاب درسی کم‌تر اتفاق می‌افتد برای یکای نیرو، نیوتون به کار رود. شاید علت آن باشد که در دستگاه‌های اندازه‌گیری قدیمی‌تر برای نیرو یکایی با عنوان کیلوگرم نیرو در نظر می‌گرفتند و هنوز هم در کارهای صنعتی یکای فشار برحسب kgf/cm^2 و یا ton/cm^2 بیان می‌شود. در اغلب کشورهایی که SI رایج است، kg یکای وزن در نظر گرفته می‌شود.

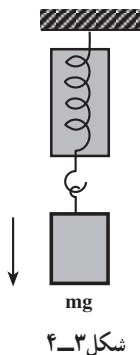


چرا چنین سهل‌انگاری چندان جدی گرفته نمی‌شود، شاید به این دلیل باشد که در ترازوهای معمول، در طی سال‌های متمادی، با استفاده از برابری دو جرم، تساوی وزن آن‌ها اندازه‌گیری شده است.

به عبارت دیگر می‌توان چنین تصور کرد که هر جسمی که جرمی برابر کیلوگرم استاندارد داشته باشد وزن آن نیز برابر وزن کیلوگرم استاندارد است.

روشن است که اگر به جای ترازوی دوکفه‌ای از ترازوی فنری (نیروسنج) استفاده کنیم دیگر نمی‌توان در همه

جا دو جسم هم‌وزن را هم جرم نامید.



فرض کنید در محلی که شتاب گرانشی زمین $9/81 \text{ N/kg}$ است وزنه‌ای به جرم m به نیروسنج آویخته‌ایم که در این صورت $mg = k(\Delta l)$ و در آن جا تغییر طول فنر برای اندازه‌گیری وزن مدرج شده باشد. اگر این نیروسنج در محل دیگری که شتاب گرانشی آن با محل اول متفاوت باشد، به ازای وزنه‌ی m' تغییر طولی برابر محل اول داشته باشد، آن‌گاه $m' \neq m$ خواهد بود.

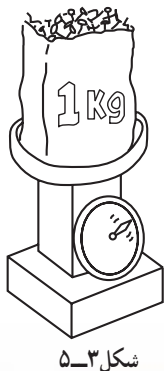
بنابراین می‌توان استدلال کرد که نیروسنج الزاماً وزن را نشان می‌دهد، اگرچه درجه‌بندی (کالیبراسیون) آن برحسب kg باشد. ولی با ترازوی دوکفه‌ای می‌توان جرم را اندازه‌گیری کرد.

برای رفع ابهام می‌توان چنین توجیه کرد که یک کیلوگرم نیرو، نیرویی است که از طرف

زمین بر جرم ۱ kg وارد می‌شود و به طور معمول این وزن $9/81 \text{ N}$ است.

اگر یک ترازو برحسب نیوتون مدرج شده باشد آن‌گاه وقتی جرم ۱ kg در کفه‌ی آن بگذاریم

$9/81$ نیوتون نشان می‌دهد.



اندازه‌گیری نیرو

راهنمای تدریس: دانش‌آموز با اندازه‌گیری برخی از کمیت‌ها مانند دما آشناست. یادآوری می‌کنیم که تغییرات دما می‌تواند در مایع‌ها تغییر حجم به‌وجود آورد. در اینجا نیز برای اندازه‌گیری نیرو از اثر آن بر تغییر طول یک فنر بهره می‌گیریم.

اندازه‌گیری نیرو: برای اندازه‌گیری نیرو، نیوتون (یا نیما) نام دارد که با تعریف آن، این همین فصل آشنا می‌شویم. نیرو را به کمک تأثیری که بر یک جسم می‌گذاریم، اندازه‌گیری می‌کنیم. با تأثیر نیرو بر یک فنر آشنا هستیم و می‌دانیم که اگر یک سر فنری را به نقطه‌ای محکم کنیم و به سر دیگر آن نیروی وارد کرده و آن را بکشیم، طول فنر افزایش می‌یابد. اگر نیروی وارد بر فنر را افزایش دهیم، افزایش طول فنر هم بیشتر می‌شود.

آزمایش ۱-۳

وسایل لازم: فنر، وزنه‌های با جرم‌های متفاوت، خط‌کش

- ۱- فنر را از یک نقطه پایدار و طول آن را اندازه‌گیری کنید.
- ۲- وزنه‌های مختلف را به انتهای فنر آویخته و بعد از آن که دستگیره وزنه در حال سکون درآمد، طول فنر را اندازه بگیرید.
- ۳- جدول زیر را تکمیل کنید و نتیجه آزمایش را در گروه خود غنسی کنید و به کلاس ارائه دهید.

| نیما | طول فنر بدون وزنه | به فنر W | وزنه آویخته | طول فنر با وزنه | تغییر طول | نسبت $\frac{\Delta l}{l_0}$ |
|------|-------------------|----------|-------------|-----------------|-----------|-----------------------------|
| ۱ | | | | | | |
| ۲ | | | | | | |
| ۳ | | | | | | |

آزمایش‌های متعدد مانند آزمایش (۱-۳) نشان می‌دهد که تغییر طول فنر، با اندازه‌گیری نیرو وارد بر آن متناسب است. اگر اندازه‌گیری نیروی وارد بر فنر را با نیما F و اندازه‌گیری تغییر طول فنر را با Δl نشان دهیم، بین آن‌ها رابطه زیر برقرار است:

$$F = k \Delta l \quad (1-3)$$

جسمه k در رابطه (۱-۳) ثابت نیروی فنر نام دارد. ثابت نیروی فنر از مشخصات فنر است. در رابطه (۱-۳) نیرو بر حسب نیوتون (N)، k بر حسب متر (m) و Δl بر حسب نیوتون بر متر (N/m) است.

پرسش پیشنهادی

آیا نیرو می‌تواند بر جسمی تأثیر بگذارد (مثلاً در آن تغییر طول به‌وجود آورد)؟ مثالی ذکر کنید.

پاسخ: آری با اعمال نیرو می‌توان فنر را کشیده و یا فشرده کنیم و یا لاستیک را بکشیم.

آیا می‌توان تجربه‌ی فوق را اساس اندازه‌گیری نیرو قرار داد؟

پاسخ: آری.

آزمایش ۱-۳

تهیه وسایل این آزمایش بسیار ساده است و هر گروه می‌تواند یک پایه، فنر، و جعبه وزنه (یا وزنه‌های متفاوت) داشته باشد. سپس آزمایش را مطابق دستور کار کتاب انجام می‌دهیم و از گروه‌ها می‌خواهیم جدول صفحه ۶۸ را تکمیل کنند.



شکل ۳-۶

تمرین پیشنهادی



چگونه می‌توان با استفاده از آزمایش ۱-۳ نیروسنج درست کرد؟



شکل ۳-۷

حل: فنری را در جعبه‌ای مطابق شکل ۳-۷ قرار می‌دهیم و یک سر فنر را به انتهای جعبه محکم می‌کنیم و به سر دیگر میله‌ای که دارای قلاب آویز است وصل می‌کنیم و در جعبه شیاری درست می‌کنیم. یک نشانگر که در انتهای فنر وصل است می‌تواند در شیار حرکت کند. در حالت عادی نشانگر در نقطه‌ی O قرار دارد. حال به قلاب انتهای فنر به ترتیب وزنه‌های ۱N، ۲N و ۳N آویزان می‌کنیم، محل قرار گرفتن نشانگر را علامت‌گذاری می‌کنیم، فاصله بین هر دو علامت متوالی را به قسمت‌های مساوی (مثلاً ۱۰ یا ۵ قسمت) تقسیم می‌کنیم.

تمرین پیشنهادی



با استفاده از جدول آزمایش ۱-۳ نموداری برای طول فنر و

طول فنر



شکل ۳-۸

وزنه‌ها رسم کنید.

$$F = kx$$

پاسخ: رابطه ۱-۳ کتاب

حال ضریب k را طبق پاراگراف آخر صفحه ۶۸ معرفی

می‌کنیم و یکاهای نیرو، تغییر طول و k را بیان می‌کنیم.

مثال ۱-۳

هدف: به کارگیری رابطه $F = kx$ و کسب مهارت در حل

تمرین‌های مشابه

پرسش: از آزمایش ۱-۳ و آزمایش‌های مشابه چه

نتیجه‌ای به دست می‌آید؟

پاسخ: تغییر طول فنر با اندازه‌ی نیروی وارد بر آن

متناسب است.

پرسش: اگر نیروی وارد بر فنر را با نماد F و اندازه‌ی

تغییر طول فنر را با x نشان دهیم، چه رابطه‌ای بین F و x می‌توان

در نظر گرفت؟

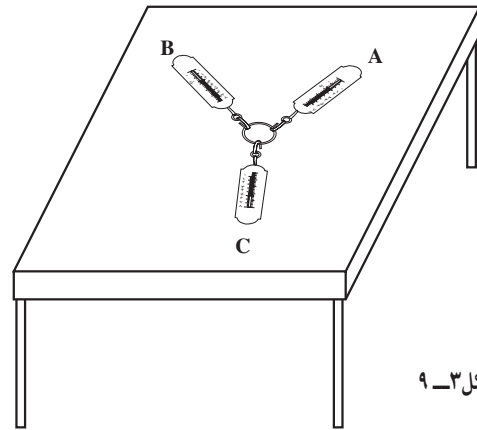
پرسش پیشنهادی

آزمایشی (آزمایش‌هایی) را طراحی کنید که نشان دهد نیرو کمیته برداری است و از جمع برداری پیروی

می‌کند.

آزمایش ۳-۲

می‌توان این آزمایش را روی سطح افقی یک میز نیز انجام داد (شکل ۳-۹).



شکل ۳-۹

در این آزمایش دانش‌آموز می‌بیند، جمع جبری دو نیرو الزاماً برابر جمع برداری آنها نیست. برای جمع کمیت‌های برداری باید از اعمال برداری استفاده کرد.

با کمیت‌های برداری رفتار برداری، و با کمیت‌های نرده‌ای رفتار جبری

این آزمایش به صورت‌های دیگر نیز قابل اجرا است.

مثال ۳-۲

بلند یک نفر ۱۶۵cm و طول آن ۱۶۵cm است. اگر از یک قطعه آهن کربن به انتهای آن وزنه ۲۰ نیوتن می‌آویزیم. طول فنر چند سانتی‌متر خواهد شد؟

$$F = kx$$

$$20 = 120 - 10$$

$$k = 10 / 10 = 1 \text{ N/cm}$$

$$k = 1 \text{ N/cm}$$

$$20 = 1x$$

$$x = 20 \text{ cm}$$

برای آن که مطمئن شویم که نیرو کشش برداری است، باید ببینیم که نیرو از جمع برداری نیروی می‌کشد یا خیر؟
برای حصول این اطمینان آزمایش (۳-۳) را انجام دهیم.

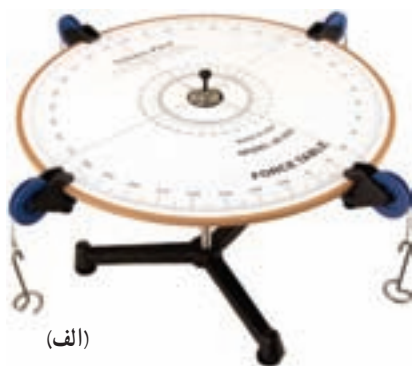
آزمایش ۳-۳

وسایل لازم: تروسنج ۳ عدد، یک قطعه چوب یک حلقه، فلان و میخ چند عدد.

۱- مطابق شکل (۳-۳)، دو تروسنج را به حلقه وصل کنید و روی قطعه چوب افقی قرار دهید. سر دیگر تروسنج (۱) را به میخ که در ۹ کوبیده و سر دیگر تروسنج (۲) را به میخ ۱۵ وصل کنید.

۲- تروسنج سوم را نیز به حلقه وصل کنید و آن را از نظر بکشید. اگر سه تروسنج به حالت کشیده درآید، در همین وضعیت سر دیگر آن را به میخ که در قطعه چوب فرو برید تا هیچ‌کدام وصل کنید.

در این حالت تروسنج که با نیروی که در حلقه وارد می‌کند، اثر کششی دو تروسنج دیگر را خنثی می‌کند. در نتیجه، حلقه ساکن می‌ماند. اگر اندازه نیروی که هر تروسنج به حلقه وارد می‌کند را یادداشت کنید. اگر



(الف)



(ب)

شکل ۳-۱۰

آزمایش پیشنهادی

میز نیرو: یکی از وسایل آزمایشگاه، میز نیرو است که تشکیل شده از یک صفحه دایره‌ای شکل مدرج که روی پایه‌ای استوار است و در پیرامون این صفحه قرقره‌هایی نصب شده که می‌توان جای آن‌ها را تغییر داد. در وسط صفحه محور کوتاهی است که از وسط یک حلقه می‌گذرد (شکل ۳-۱۰). برای آن که کل دستگاه تعادل داشته باشد لازم است محور وسط صفحه درست در مرکز حلقه واقع شود. می‌توان با داشتن نیروهای کشش و امتداد آن‌ها به روش ترسیم تحقیق کرد نیروها از جمع برداری پیروی می‌کنند.

آزمایش

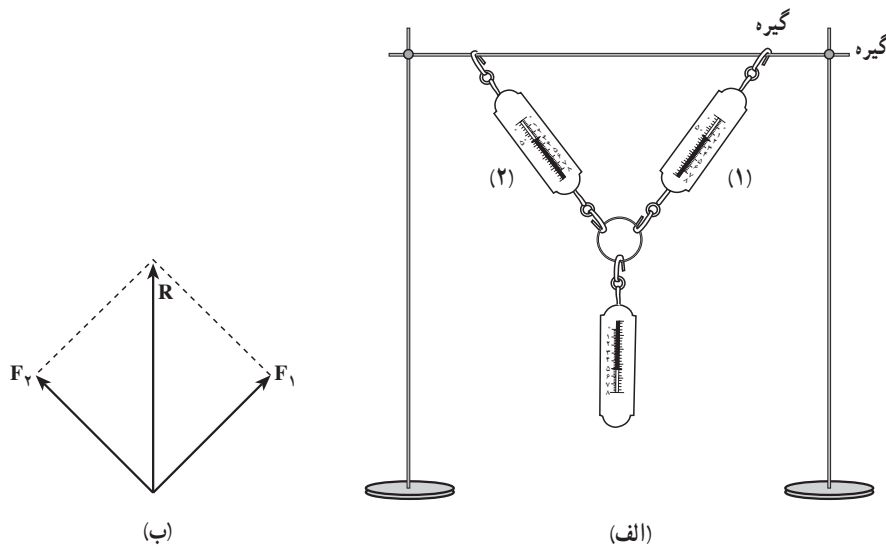
وسایل: نیروسنج، پایه، گیره، وزنه، میله، نقاله

روش: میله را مطابق شکل روی دو پایه نصب می‌کنیم. بالای هر کدام از نیروسنج‌های ۱ و ۲ را به وسیله دو گیره در دو نقطه به میله افقی محکم می‌کنیم. انتهای نیروسنج‌ها را به حلقه‌ای وصل می‌کنیم و سپس وزنه‌ای به این حلقه آویزان می‌کنیم. آزمایش را چهار بار تکرار و نتیجه‌ها را در جدول زیر می‌نویسیم.

F_1 نیرویی که نیروسنج ۱ نشان می‌دهد.

F_2 نیرویی که نیروسنج ۲ نشان می‌دهد.

R برآیند نیروها



شکل ۳-۱۱

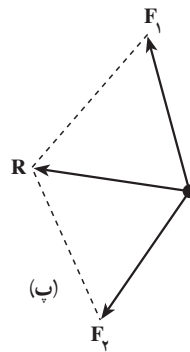
| R | زاویه بین F_2 و F_1 | F_2 | F_1 | وزنه W | ردیف |
|---|-------------------------|-------|-------|--------|------|
| | | | | | ۱ |
| | | | | | ۲ |
| | | | | | ۳ |
| | | | | | ۴ |



(ب)



(الف)



شکل ۳-۱۲

حل: نیروهای کشش را هم اندازه فرض می‌کنیم. دو بردار مساوی رسم می‌کنیم که هر کدام موازی یکی از طناب‌ها باشد. سپس به روش متوازی‌الاضلاع برآیند آن‌ها را تعیین می‌کنیم.

۲-۳- قانون‌های حرکت

هدف: شناخت و درک قانون‌های حرکت و پی‌بردن به اهمیت آن‌ها، کسب توانایی و مهارت لازم در توجیه پدیده‌های فیزیکی به کمک این قانون‌ها و پی‌بردن به تأثیر این قانون‌ها در عرصه فناوری و کارهای روزانه

قانون اول

دانشته‌های قبلی: دانش‌آموزان از دوره‌ی راهنمایی با مفهوم نیرو آشنا و جابه‌جایی اجسام را توسط نیرو که موجب انجام کار می‌شود تجربه کرده‌اند.

راهنمای تدریس: قبل از ورود به بحث قانون اول نیوتون بد نیست اگر تأملی کوتاه در مورد تصور دانش‌آموزان از حرکت و عامل‌های اثرگذار بر آن داشته باشیم. برای پی‌بردن به چگونگی درک دانش‌آموزان از مفهوم حرکت می‌توانیم مثال یا فعالیتی مشابه فعالیت زیر طراحی کنیم.

ایجاد انگیزه

صندلی را روی زمین به آرامی تا مسافتی کوتاه می‌کشیم (یا هل می‌دهیم) و رها می‌کنیم. از دانش‌آموزان می‌خواهیم به دقت حرکت و توقف صندلی را روی سطح صاف زمین مشاهده کنند. سپس جمله‌ی زیر را روی تابلو نوشته و از دانش‌آموزان می‌خواهیم آن را نقد کنند «هر جسم مادامی که بر آن نیرو وارد می‌شود، حرکت می‌کند، وقتی نیرو حذف شد می‌ایستد».

اشتباه رایج: تجربه نشان می‌دهد درصد بالایی از دانش‌آموزان گفته‌ی بالا را که به بیان ارسطو نزدیک است را درست ارزیابی می‌کنند و در آن اشکالی نمی‌یابند.

واقعیت این است که برای جانداختن مفهوم درست قانون اول باید فرض کرد تصور دانش‌آموز، تصویری ارسطویی است،



به این معنی که آن‌ها برای هر نوع حرکت وجود نیروی الزامی می‌دانند. اصلاح این برداشت نادرست، مهم‌ترین و اساسی‌ترین گام معلم در جهت جانداختن درست قانون اول است.

این شیوه نگرش به موضوع حرکت، نه فقط مربوط به دانش‌آموزان است بلکه اغلب کسانی که با قانون‌های نیوتون آشنایی ندارند، تصویری ارسطویی از حرکت دارند.

با توجه به این موضوع که دانش‌آموز به دشواری می‌پذیرد که یک جسم بدون اعمال نیرو در حرکت باشد، با طرح یک مثال، پرسش یا فعالیت دیگر، یک گام در جهت اصلاح تصور نادرست برمی‌داریم!

یک تیله را روی میز یا کف اتاق می‌گذاریم و با یک تلنگر آن را به حرکت درمی‌آوریم. چه مدت نیروی انگشت بر گلوله اثر کرد؟ چه بخشی از مسیر، نیرو به‌طور مستقیم بر جسم اثر کرد؟ چرا در این آزمایش با حذف نیرو گلوله تا مسافت زیادی به راه خود ادامه می‌دهد؟ آیا فقط حذف نیروی محرک عامل توقف گلوله است؟

ممکن است پاسخ‌های غیرقابل انتظار نیز دریافت کنیم. مثلاً چون تیله گرد است و



شکل ۳-۱۳

دست دارد و خودرو در حال حرکت است (شکل ۳-۱۴-الف). حال اگر سیب را رها کند، سیب به کجا می‌افتد در نقطه‌ی A یا نقطه‌ی B؟

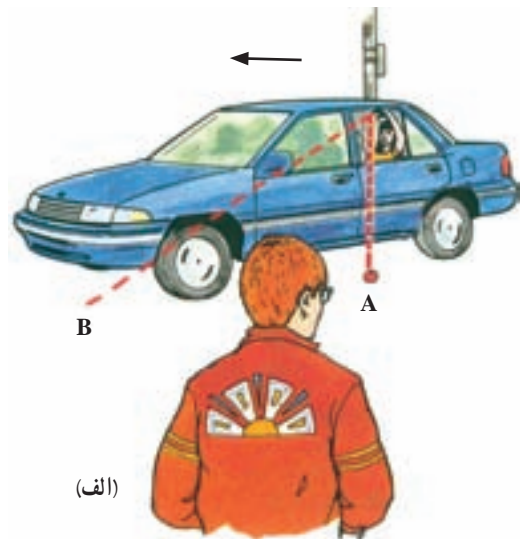
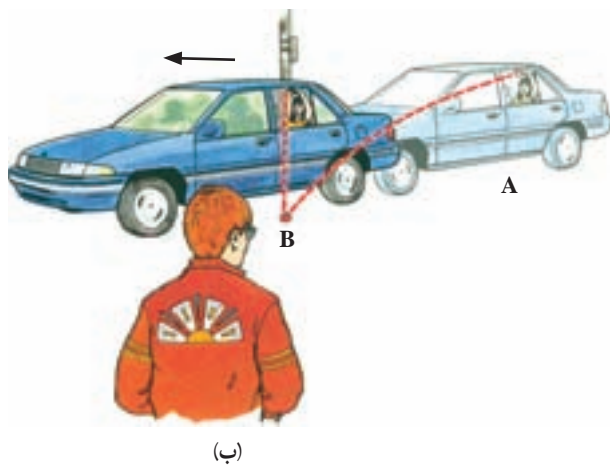
با استدلال ارسطویی سیب در نقطه‌ی A به زمین می‌رسد. زیرا پس از رها شدن هیچ نیروی افقی جسم را به جلو نمی‌برد و چون نیروی جلوبر حذف شده است، جسم مستقیم پایین می‌آید. مانند حالتی که ایستاده‌ایم و جسمی را رها می‌کنیم. اما با استدلال نیوتونی جسم در نقطه‌ی B به زمین می‌رسد. زیرا در لحظه‌ی رها شدن سرعتی روبه‌جلو داشته است و به حرکت خود ادامه می‌دهد. از طرف زمین نیز به پایین کشیده می‌شود. وقتی مسافر به نقطه B می‌رسد، محل برخورد سیب را روی زمین زیرپای خود می‌بیند نه در نقطه‌ی A که اکنون در عقب خودرو است!

اکنون تاحدودی زمینه برای پذیرش حرکت بدون حضور نیرو فراهم شده است. البته نباید انتظار داشت که دانش‌آموزان در ابتدای کار به ژرف‌نگری نیوتون در مورد حرکت پی‌برند. زیرا عامل‌های توقف، از قبیل اصطکاک و مقاومت هوا از دید ظاهری پنهان می‌مانند. درحالی که حرکت جسم ساکن با اعمال نیرو به سادگی پذیرفته می‌شود.

ضرورت توجه به چالشی که در یاددهی قانون اول نیوتون پیش‌رو داریم، موجب می‌شود که در تدریس، موارد مذکور را لحاظ کنیم.

در صورت لزوم می‌توان با یک مثال یا فعالیت دیگر زمینه را برای درک هرچه عمیق‌تر قانون اول فراهم کرد.

یک مثال جالب: شخصی که در خودرو نشسته سویی در



شکل ۳-۱۴



شکل ۳-۱۵

- در شکل ۳-۱۵ بازیکنی به توپ ضربه می‌زند با پیش‌بینی وضعیت توپ پس از ضربه به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
- ۱- اگر توپ به بازیکن دیگری برخورد نکند توپ چگونه حرکت می‌کند؟
 - ۲- در این حالت تغییر سرعت توپ چگونه است؟
 - ۳- اگر توپ به بازیکن دیگری برخورد کند، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

پاسخ: ۱- اغلب مسیر حرکت مستقیم است. ۲- سرعت کاهش می‌یابد. ۳- مسیر حرکت تغییر می‌کند.

پرسش: به نظر شما عامل تغییر سرعت در پرسش ۲ و ۳ چیست؟

پاسخ: نیرو

پرسش: آیا می‌توانید این نیرو(ها) را نام ببرید؟

پاسخ: نیروی اصطکاک زمین، مقاومت هوا و نیروی بازیکن دیگر

— به نظر شما اگر بتوان عامل کاهش سرعت و تغییر مسیر (نیروی وارد بر توپ) را حذف کرد، توپ چه وضعیتی

پیدا می‌کند؟

پاسخ: بدون تغییر مسیر و تغییر سرعت به حرکت خود ادامه می‌دهد. اکنون که اثر نیرو را بر حرکت جسم

بررسی کردیم و دانش آموز به این باور رسید که عامل تغییر بزرگی و جهت سرعت، نیرو است، به روشنی می‌تواند فرض

کند. با حذف نیرو، مسیر حرکت مستقیم و تغییری در اندازه‌ی سرعت آن رخ نمی‌دهد. یعنی به هر علتی که جسم در

حرکت باشد، حرکت آن روی خط مستقیم و بزرگی سرعت آن نیز ثابت می‌ماند.

اکنون برای بیان قانون اول زمینیه لازم فراهم است

باشد، یا جسم ساکن می‌ماند و یا حرکت راست خط یکنواخت

مطابق نوشته‌ی کتاب قانون اول بیان می‌کنیم.

دارد» این شیوه بیان قانون‌های نیوتون نادرست و به هیچ‌وجه

«گاهی ابتدا قانون دوم $F=ma$ تدریس می‌شود و سپس با

توصیه نمی‌شود.

قرار دادن $a = 0$ ، گفته می‌شود در صورتی که برآیند نیروها $F=0$

دانستنی



قانون اول نیوتون در تمام چارچوب‌های مرجع برقرار نیست. ولی همواره می‌توان چارچوب مرجعی یافت که

در آن قانون اول برقرار باشد.

چنین چارچوب‌هایی را «چارچوب‌های مرجع لخت» و یا «چارچوب لخت» می‌نامیم.

— چارچوب لخت، چارچوبی است که در آن قانون‌های نیوتون برقرارند: اگر از حرکت‌های نجومی

زمین (مانند چرخش آن) چشم‌پوشی کنیم، آن‌گاه می‌توان زمین را

یک چارچوب لخت در نظر گرفت.

این فرض زمانی معتبر است که مسیر حرکت یک جسم کوتاه

باشد و بتوان از اصطکاک صرف نظر کرد. مثلاً یک حلقه یا قرص

روی یک منطقه‌ی یخ‌زده در مسیری کوتاه بلغزد. در این صورت

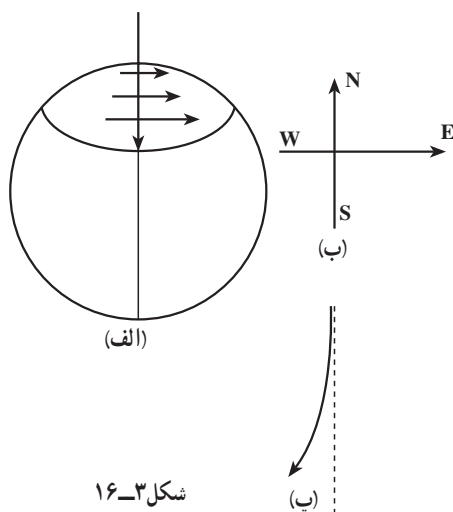
قرص از قانون‌های نیوتون پیروی می‌کند.

حال فرض کنید قرص روی زمین یخ‌زده از قطب شمال به

طرف جنوب بلغزد اگر از چارچوبی ساکن در فضا به قرص نگاه

کنیم، مسیر حرکت قرص خط مستقیم خواهد بود زیرا فرض بر

این است که زمین یخ‌زده و اصطکاک ندارد و حرکت زمین صرفاً

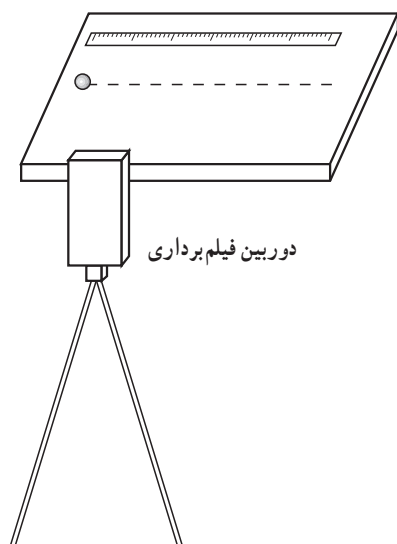


شکل ۳-۱۶

یخ را زیر قرص می‌لغزاند. ولی اگر از یک نقطه واقع روی سطح زمین بنگریم چون ما با کره زمین می‌چرخیم مسیر حرکت یک خط مستقیم نخواهد بود. زیرا وقتی قرص به طرف جنوب حرکت می‌کند، بزرگی سرعت خطی آن افزایش می‌یابد و از دید ناظر روی زمین که به زمین کاملاً متصل است مسیر حرکت قرص به طرف غرب منحرف می‌شود. البته این انحراف ظاهری به علت وارد شدن یک نیروی لازم بر اثر قانون‌های نیوتون نیست. بلکه به علت آن است که ناظر قرص را از دید یک چارچوب در حال چرخش می‌بیند. در این حالت است که زمین یک چارچوب نالخت محسوب می‌شود. اغلب زمین را چارچوب لخت در نظر می‌گیریم و نیرو و شتاب را از دید این چارچوب اندازه‌گیری می‌کنیم. اگر به طور مثال اندازه‌گیری‌ها در بالابری که نسبت به زمین حرکت شتاب‌دار دارد انجام شود، آن‌گاه اندازه‌گیری در چارچوب نالخت صورت گرفته است.



شکل ۳-۱۷



شکل ۳-۱۸

آزمایش ۳-۳- تخت هوا

هدف: تحقیق قانون اول نیوتون : در این آزمایش حرکت قرص، بیشتر به صورت کیفی بررسی می‌شود.

بررسی دقیق‌تر به وسیله‌ی فیلم‌برداری امکان‌پذیر است. به این ترتیب که با ضربه آرام و خفیف قرص را موازی یک خط‌کش به حرکت در می‌آوریم. دوربین از حرکت قرص در بازه‌های زمانی متوالی و مساوی عکس‌برداری می‌کند. مشاهده عکس‌ها نشان می‌دهد که قرص روی خط راست با سرعت ثابت حرکت کرده است. اگر تخت هوا در آزمایشگاه دبیرستان موجود نباشد، از روش‌های متداول دیگر نیز می‌توان جهت نشان‌دادن درستی قانون اول استفاده کرد.