

فصل چهارم

کاربرد قانون‌های نیوتون



راهنمای تدریس: پیش از شروع فصل، توجه دانش‌آموزان را به تصویر شروع فصل و همچنین پرسشی که در حاشیه‌ی آن آمده است جلب کنید. انتظار می‌رود دانش‌آموزان با توجه به تجربه‌ی روزمره‌ی خود، پاسخ درستی به این پرسش ارائه نمایند. یادآوری می‌شود، دانش‌آموزان در درس علوم تجربی دوره راهنمایی با برخی از مفاهیم اهرم‌ها و گشتاورها آشنا شده‌اند.



کاربرد قانون‌های نیوتون

در فصل قبل با مفهوم نیرو و اثرهای آن و همچنین قانون‌های نیوتون آشنا شدیم. هرچند اثر نیروهایی را که جسمی را خَل می‌دهند و می‌کشند، جسم‌ها را به حرکت و می‌دارند یا حرکت آن‌ها را کند می‌سازند، به سهولت می‌توان شناخت، اما نیروهایی که به جسم‌های در حال تعادل، مثلاً جسم‌های ساکن وارد می‌شوند، کم‌تر آشکارند. در این فصل ضمن آشنایی با نیروهای چرخاننده، با گرانیکه یا مرکز گرانش جسم‌ها آشنا خواهیم شد. پس از آن به بررسی تعادل و پایداری جسم‌ها و انواع آن می‌پردازیم و در پایان نیروهای کشسانی و قانون هوک را بررسی می‌کنیم.

ادامه‌ی راهنمای تدریس: افزون بر شکل شروع فصل، تصویر گربه‌ی در حال سقوط و نحوه‌ی چرخش آن نیز می‌تواند زمینه‌ی مناسبی برای ورود به بحث کاربرد قانون‌های نیوتون و گشتاور باشد.

تاکنون دانش آموزان با اثرهایی از نیرو، که سبب حرکت انتقالی جسم می‌شود، به آشنایی نسبی دست یافته‌اند. در این فصل خواهند دید که چنانچه بخواهیم جسم ساکنی را بچرخانیم یا جسم در حال چرخشی را متوقف کنیم باید به آن گشتاور نیرو وارد کنیم.

۴-۱ نیروهای چرخاننده: گشتاورها

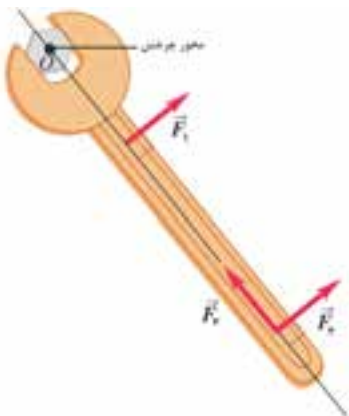
راهنمای تدریس: برای آن که دانش آموزان با مفهوم و اثرهای گشتاور نیرو و عامل‌هایی که در بزرگی آن مؤثرند آشنا شوند ابتدا توجه دانش آموزان را به شکل ۴-۱ جلب کنید و سپس فعالیت ۴-۱ را انجام دهید.

با توجه به شرایط کلاس، این فعالیت می‌تواند به طور گروهی توسط دانش آموزان یا انفرادی توسط معلم انجام شود، اما توصیه بر کار گروهی است.

سرانجام رابطه‌ی مربوط به بزرگی گشتاور نیرو را مطرح کنید و یکای آن (نیوتون در متر) را بیان کنید. برای آشنا شدن بیش تر دانش آموزان با مفهوم گشتاور نیرو و همچنین برداری بودن این کمیت فیزیکی پرسش پیشنهادی زیر را در کلاس درس مطرح کنید.

پرسش پیشنهادی

در شکل ۱ آچاری نشان داده شده است که برای باز کردن یک مهره‌ی محکم شده به کار می‌رود. کدام یک از سه نیرویی که بزرگی یکسان دارند $(F_1 = F_2 = F_3)$ ، بیش تر می‌تواند مهره را شُل کند؟



شکل ۱

فعالیت عملی پیشنهادی

(اشاره: این فعالیت را می‌توانید در شروع بحث گشتاور

نیروها نیز مطرح کنید.)

چکشی را در نظر بگیرید که به طور عمودی روی نوک انگشت شما متوازن شده است. اگر سر چکش سنگین و دسته‌ی آن دراز باشد، متوازن ساختن آن به هنگام قرار داشتن دسته‌اش روی انگشت شما ساده‌تر است یا وقتی سر آن روی دست شما و دسته‌اش بالا قرار دارد؟ (شکل ۲)



شکل ۲

تمرین پیشنهادی

نیروی به بزرگی 20 N برای باز کردن یک در اعمال شده است (شکل ۳). اگر

بازوی گشتاور 110 cm باشد، بزرگی گشتاور نیرو چه قدر است؟

شکل ۳

تعادل گشتاورها

راهنمای تدریس: همه‌ی ما از دوران کودکی با الاکلنگ بازی کرده‌ایم و ذاتاً با گشتاورهای نیرو آشنایی

داریم. حتی به یاد داریم که وقتی وزن‌هایمان برابر نبود، چگونه با عقب و جلو رفتن، الاکلنگ را متوازن می‌ساختیم.

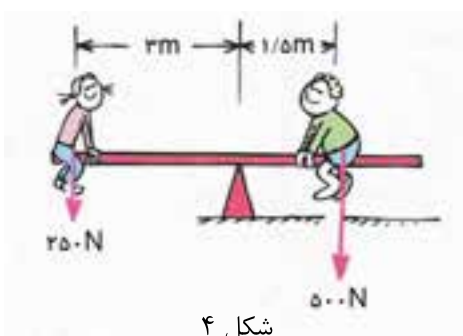
این مقدمه‌ی کوتاه می‌تواند شروع مناسبی برای بحث تعادل گشتاورها باشد.

سپس با توجه به برداری بودن کمیت گشتاور نیرو، بحث گشتاور ساعتگرد و

پادساعتگرد را روی حرکت الاکلنگ مطرح کنید و سرانجام به اصل گشتاورها،

که موضوع آن برابر بودن گشتاور ساعتگرد و گشتاور پادساعتگرد است، بپردازید.

شکل ۴ نشان می‌دهد وقتی گشتاورها متوازن شوند چرخشی به وجود نمی‌آید.



شکل ۴

۱-۴ نیروهای چرخاننده: گشتاورها

گشتاور نیرو: بعضی مواقع، هنگامی که نیرویی به جسمی وارد می‌کنیم، سبب چرخش یا دوران جسم می‌شود. اثر چرخش یا چرخاندگی یک نیرو، **گشتاور** آن نیرو نامیده می‌شود. شکل ۱-۴ گشتاورهایی را که توسط نیروها به وجود آمده‌اند، نشان می‌دهد.

برای آن که دریابید چه عامل‌هایی در گشتاور نیرو دخالت دارند، فعالیت ساده‌ای را که در ادامه آمده است انجام دهید.

..... فعالیت ۱-۴

کف‌های را به یک حلقه‌ی فلزی که می‌تواند روی یک خط‌کش نیم‌متری جابه‌جا شود، آویزان کنید. چند وزنه روی کفه قرار دهید، سپس انتهای خط‌کش را در دست بگیرید و همواره سعی کنید آن را افقی نگه دارید. (شکل ۲-۴).

با انجام حرکت از کارهای زیر، اثر چرخشی یا گشتاور نیرویی را که به دستتان وارد می‌شود، و باید با آن مقابله کنید تا خط‌کش افقی بایستد، احساس می‌کنید.

- محل حلقه را ثابت نگه دارید و وزنه‌ها را زیادتر کنید.
- وزنه‌ها را ثابت نگه دارید، و فاصله‌ی حلقه‌ی فلزی تا دستتان را زیادتر کنید.

همان‌طور که فعالیت ۱-۴ نیز نشان می‌دهد، گشتاور نیرو، هم به بزرگی نیرو و هم به فاصله‌ی نیرو از نقطه‌ی چرخش بستگی دارد. (نقطه‌ی چرخش، نقطه‌ی دلخواهی است که گشتاور نیرو را نسبت به آن محاسبه می‌کنیم. این نقطه می‌تواند روی تکیه‌گاه جسم یا روی محور چرخش آن باشد.)

بزرگی گشتاور نیرو، τ مطابق شکل ۳-۴ برابر است با حاصل‌ضرب اندازه‌ی نیرو، F ، در فاصله‌ی عمودی نقطه‌ی چرخش از راستای نیرو، d ، که با رابطه‌ی زیر بیان می‌شود^(۱)

$$\tau = Fd$$

یکای گشتاور نیرو، نیوتون متر Nm است.

۱- نماد گشتاور نیرو τ (بخوانید: تائو)، یکی از حرف‌های یونانی است.

پرسش ۴-۱

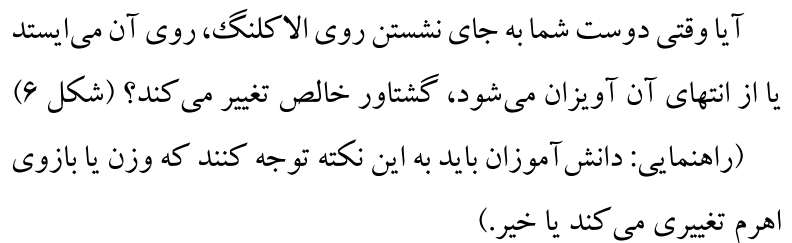
گشتاور نیروهای ساعتگرد و پادساعتگرد را در هر حالت محاسبه کنید و در صورتی که برابر باشند، الکلنگ در حال تعادل است که این موضوع برای حالت‌های (پ) و (ت) برقرار است. برای مثال در حالت (پ) داریم:

$$\text{گشتاور ساعتگرد} = (0.4 \text{ m}) (3 \text{ N}) = 1.2 \text{ N.m}$$
$$\text{گشتاور پادساعتگرد} = (0.3 \text{ m}) (4 \text{ N}) = 1.2 \text{ N.m}$$

به این ترتیب داریم:

$$\text{گشتاور پادساعتگرد} = \text{گشتاور ساعتگرد}$$

آیا الکلنگ نشان داده شده در شکل ۵ در تعادل است یا شروع به چرخش می کند؟



راهنمای تدریس: دانش آموزان در فصل سوم دیدند که هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسم یا دستگاهی صفر باشد، $\vec{F} = 0$ ، جسم یا دستگاه در تعادل مکانیکی است. اکنون در اینجا شرط اضافی را می‌بینیم که بنا بر آن گشتاور خالص وارد بر جسم یا دستگاه هم باید صفر باشد. به این ترتیب جسم یا دستگاهی را در حال تعادل گویند که همزمان دو شرط زیر درباره‌ی آن برقرار باشد:

فصل چهارم / کاربرد قانون های نیوتون

الف) جهت هایی را انتخاب می کنیم تا معادله های نیروها را آسان کنند. برای مثال: برای جسمی در حال تعادل، برآیند نیروهای رو به بالا و برآیند نیروهای رو به پایین همواره با هم برابرند.

ب) نقطه ی چرخش را به گونه ای انتخاب می کنیم که محاسبه ی گشتاورهای نیروها آسان شود. اگر بیش از دو نیرو وجود داشته باشد، نقطه ی چرخش را جایی انتخاب می کنیم که یکی از نیروها در آن جا به جسم وارد می شود. در این صورت، گشتاور آن نیرو، حول آن نقطه ی چرخش صفر می شود و بنابراین محاسبه ساده تر خواهد شد.

مثال ۴-۲

شکل ۴-۸ سه نیروی قائم را که بر یک فرقون وارد می شوند، نشان می دهد. اگر فرقون بالا و پایین نرود و نچرخد، در حال تعادل است. نیروی لازم برای نگه داشتن دسته ها F و اندازه ی نیروی R که بر محور چرخ وارد می شود را محاسبه کنید.

حل: با توجه به شرط اول داریم

$$F + R = W$$

بر اساس شرط دوم می توانیم اصل گشتاورها را حول نقطه ی چرخش که روی محور چرخ انتخاب کرده ایم، بنویسیم. بر اساس این شرط، گشتاور ساعتگرد نیروی بالا برنده ی F با گشتاور پادساعتگرد وزن فرقون و بار W برابر است. یعنی

$$(1/2m) \times F = (200N) \times (2/5m) \Rightarrow F = 75N$$

به این ترتیب بزرگی نیروی R برابر است با

$$R = (200N) - (75N) = 125N$$

شکل ۴-۸

تجربه ۲

در این حالت، آلاکلیک در تعادل است، زیرا گشتاور ساعتگرد با گشتاور پادساعتگرد برابر است. این موضوع اصل گشتاورها نامیده می شود.

اگر پرسوچه به جلو حرکت کند، گشتاور پاد ساعتگرد بزرگتر می ماند. گشتاور ساعتگرد برابر $1800Nm$ است.

شکل ۴-۶

پرسش ۴-۱

با استفاده از اصل گشتاورها بررسی کنید کدام یک از آلاکلیک های شکل ۴-۷ در حال تعادل اند؟

شکل ۴-۷

جسم در حال تعادل: جسمی را در حال تعادل گویند که هر دو شرط زیر به طور همزمان درباری آن برقرار باشد.

شرط اول: برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد.

شرط دوم: جمع گشتاور نیروهای ساعتگرد حول نقطه ی چرخش، برابر با جمع گشتاور نیروهای پادساعتگرد حول همان نقطه ی چرخش باشد.

به کمک معادله های مربوط به دو شرط بالا می توانیم اندازه های نیروهای نامعلوم، یا فاصله ی نقطه ی اثر نیروها را از نقطه ی چرخش حساب کنیم. برای انجام این کار به روشی که در ادامه آمده است، عمل می کنیم.

شکل ۴-۷

شرط اول: برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد.

شرط دوم: جمع گشتاور نیروهای ساعتگرد گرد نقطه ی چرخش، برابر جمع گشتاور نیروهای پادساعتگرد گرد همان نقطه ی چرخش باشد.

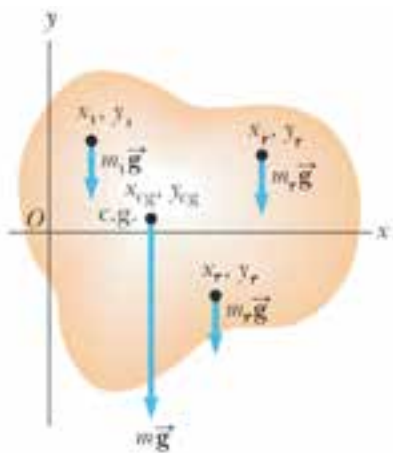
زوج نیرو

راهنمای تدریس: در پایان این بخش زوج نیرو را با توجه به ویژگی هایی که برای آن در کتاب درسی مطرح شده است بیان کنید. ویژگی جالب توجه زوج نیرو آن است که شرط توازن نیروها، $\vec{F} = 0$ ، برقرار است ولی به جهت آن که نیروها در یک امتداد به جسم یا دستگاه وارد نمی شوند، گشتاور خالص وارد شده به جسم یا دستگاه صفر نیست.

۲-۴ گرانیگاه (مرکز گرانش)

راهنمای تدریس: برای شروع و ایجاد انگیزه ی کافی در دانش آموزان، می توانید این بخش را با فعالیت ۲-۴ شروع کنید و با توجه به شرطی که در فعالیت آمده است از دانش آموز یا دانش آموزانی که تصور می کنند قادر به انجام این فعالیت هستند، بخواهید که به انجام این کار بپردازند. از آنجا که هیچ کس به انجام این کار قادر نیست، فضای مناسبی در کلاس درس برای بحث گرانیگاه فراهم خواهد شد.

برای بیان مفهوم گرانیگاه توجه دانش آموزان را به این نکته جلب کنید که وزن یک جسم بر یک نقطه وارد نمی شود، بلکه روی تمامی جسم توزیع شده است. ولی همواره می توانیم گشتاور حاصل از وزن جسم را با این



شکل ۷

فرض که تمام نیروی گرانش (وزن) در نقطه‌ای به نام گرانیگاه (یا مرکز گرانی که به اختصار "c.g" نوشته می‌شود) متمرکز شده است محاسبه کنیم. شتاب ناشی از گرانش با ارتفاع کاهش می‌یابد، ولی اگر بتوانیم از این تغییر در بعد قائم صرف نظر کنیم آن گاه گرانیگاه جسم همان مرکز جرم آن خواهد بود (شکل ۷). هر چند این نتیجه را می‌توان اثبات کرد ولی آن را بدون اثبات به دانش آموزان ارائه می‌کنیم. در ادامه، توجه دانش آموزان را به این نکته جلب کنید که گرانیگاه یک جسم، همواره در یک نقطه‌ی معین است و به چگونگی قرار گرفتن آن بستگی ندارد (شکل ۴-۱۳ کتاب درسی را روی تابلو رسم کنید و سپس از دانش آموزان بخواهید که آن را تفسیر کنند. پس از آن به جمع‌بندی بپردازید).

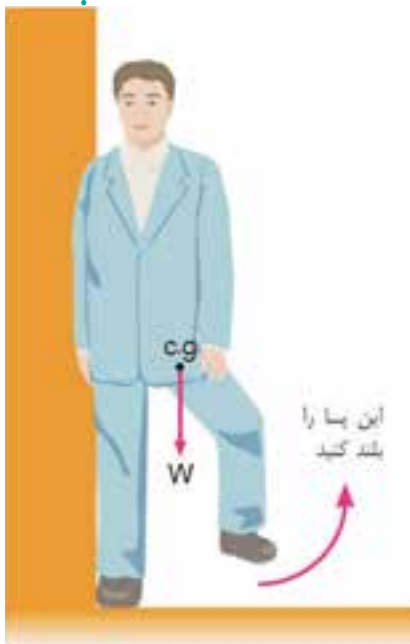
پرسش پیشنهادی

آیا جسم می‌تواند بیش از یک گرانیگاه داشته باشد؟

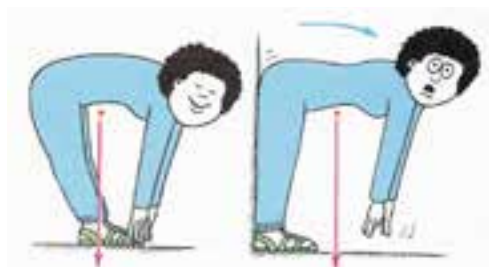
پاسخ: خیر. جسم صلب تنها یک گرانیگاه دارد. اگر جسم صلب نباشد، مانند تکه‌ای گل رُس یا خمیر بازی، که بتوان آن را به شکل‌های مختلف در آورد، گرانیگاه آن با تغییر شکل تغییر می‌کند. حتی در این صورت، هر شکل فقط یک گرانیگاه دارد.

فعالیت ۲-۴

محل گرانیگاه هر شخص با توجه به چگونگی ایستادن یا نشستن او تغییر می‌کند. برای مثال، در حالتی که یک طرف بدون شخص (مطابق شکل ۴-۱۲ کتاب درسی) به طور کامل با دیوار تماس داشته باشد، و یک پای خود را بلند کند، محل گرانیگاه او مطابق شکل ۸ به گونه‌ای جابه‌جا می‌شود که گشتاور نیروی ناشی از وزن او تعادل او را بر هم می‌زند. این فعالیت را به صورت شکل ۹ نیز دانش آموزان می‌توانند انجام دهند.



شکل ۸



شکل ۹

گرانیکاه در جسم‌هایی با شکل منظم

راهنمای تدریس: گرانیکاه جسم‌های منظم که ماده‌ی

تشکیل دهنده‌ی آن‌ها به طور یکنواخت توزیع شده باشد همواره یک نقطه است و محل آن با توجه به شکل جسم منظم می‌تواند داخل یا خارج آن باشد. در شکل ۴-۱۴ گرانیکاه چند جسم با شکل منظم نشان داده شده است.

پرسش پیشنهادی

چرا اتومبیل شکل ۱۰ هنگام سقوط از صخره به طرف جلو

می‌چرخد؟



شکل ۱۰

پاسخ: وقتی تمام چرخ‌ها روی زمین باشند، گرانیکاه اتومبیل بالای پایه‌ی تکیه‌گاه است. اما

وقتی اتومبیل از صخره فرو می‌افتد، ابتدا چرخ‌های جلو سطح زمین را ترک می‌کنند و پایه‌ی تکیه‌گاه به خط بین دو چرخ عقبی محدود می‌شود. بنابراین گرانیکاه فراتر از پایه‌ی تکیه‌گاه قرار می‌گیرد و اتومبیل می‌چرخد. اگر گرانیکاه برج کج پیزا، فراتر از پایه‌ی تکیه‌گاه آن قرار گیرد همین اتفاق می‌افتد (شکل ۱۱).

زوج نیرو: وقتی به کمک دست‌های خود فرمان دوچرخه یا اتومبیلی را می‌چرخانیم، دو نیروی مساوی و با جهت مخالف به فرمان وارد می‌کنیم. این دو نیرو متادل نیستند، زیرا اثر چرخشی یکدیگر را خنثی نمی‌کنند و گشتاور دارند. این دو نیرو را **زوج نیرو** می‌نامند. به این ترتیب، زوج نیرو، نیروهایی هستند که بر یک جسم وارد می‌شوند و شرط‌های زیر را دارند:

- اندازه‌های آن‌ها برابر و جهت آن‌ها مخالف یکدیگر است.
- روی یک خط راست وارد نمی‌شوند.
- گشتاوری بر جسم وارد می‌کنند و بنابراین تمایل دارند که آن را بچرخانند.
- برآیند آن‌ها صفر است.

شکل ۴-۹ زوج نیرویی را نشان می‌دهد که سبب چرخش میله‌ای حول نقطه‌ی چرخش P می‌شود. اندازه‌ی گشتاور زوج نیرو حول نقطه‌ی چرخش P با رابطه‌ی زیر به دست می‌آید. توجه کنید گشتاور زوج نیرو ساعتگرد است

$$\tau = Fd_1 + Fd_2 = F(d_1 + d_2) = Fd$$

بنابراین اندازه‌ی گشتاور یک زوج نیرو برابر است با حاصل ضرب بزرگی یکی از نیروها ضربدر فاصله‌ی عمودی دو نیرو از هم.

مثال ۳-۴

دست‌های راننده‌ای، زوج نیرویی به بزرگی 30 N به فرمان اتومبیلی وارد می‌کنند (شکل ۴-۱۰). اگر قطر فرمان 40 cm باشد، بزرگی گشتاور زوج نیروی وارد بر فرمان چقدر است؟

حل: با استفاده از رابطه‌ی $\tau = Fd$ داریم

$$\tau = (30\text{ N}) \times (0.40\text{ m}) = 12\text{ N}\cdot\text{m}$$

۴-۲ گرانیکاه (مرکز گرانش)

به تمام اجزای سازنده‌ی هر جسم از طرف زمین نیروی جاذبه‌ی گرانشی وارد می‌شود. به عبارت دیگر هر ذره از جسم دارای وزن است. به همین دلیل وزن یک جسم، برآیند وزن همه‌ی ذره‌های سازنده‌ی آن جسم است. یک جسم به گونه‌ای رفتار می‌کند که گویی وزن کل آن، به یک نقطه وارد می‌شود. این نقطه را **گرانیکاه** یا **مرکز گرانش** جسم گویند.

گرانیکاه یک خط‌کش یکنواخت در مرکز آن قرار دارد و هنگامی که خط‌کش در این نقطه روی

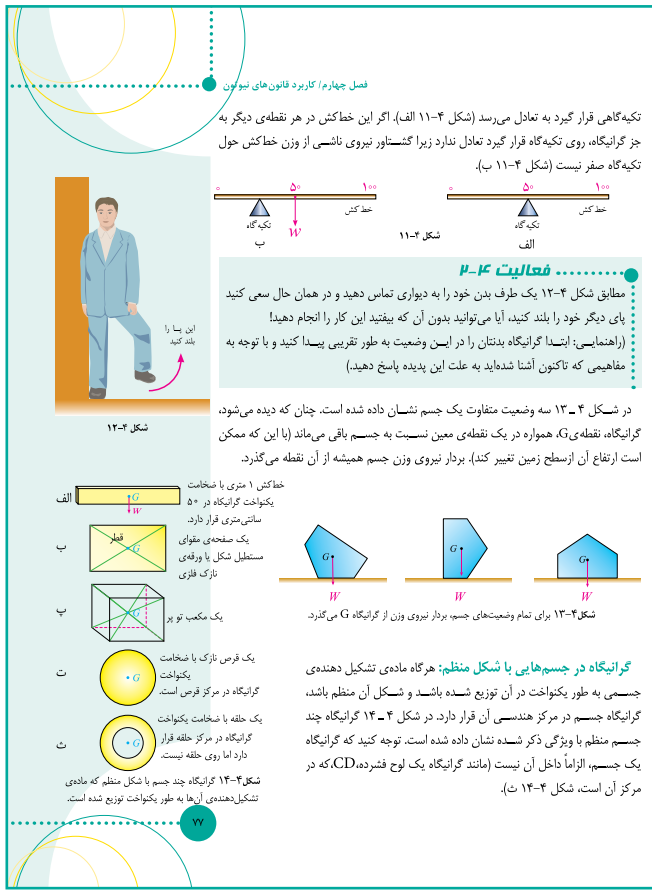


شکل ۱۱

گرانیکاه در جسم‌های نامنظم

راهنمای تدریس: برای تعیین گرانیکاه در جسم‌های نامنظم، توصیه می‌شود از گروه‌های دانش‌آموزی بخواهید

نقشه‌ی استان خود را روی یک مقوا رسم کنند و سپس با قیچی نقشه را از بقیه‌ی مقوا جدا سازند و به کمک روشی که در کتاب درسی برای شکل ۴-۱۵ توضیح داده شده است، گرانیکاه نقشه‌ی استان خود را به دست آورند. دانش‌آموزان در صورت علاقه‌مند بودن می‌توانند همین کار را برای نقشه‌ی ایران نیز تکرار کنند.



همان طور که در کتاب درسی نیز اشاره شده است، گرانیگاه هر جسمی که آزادانه آویزان باشد مستقیماً در زیر (یا در) نقطه‌ی آویز است. اگر خطی عمودی از نقطه‌ی آویز رسم کنیم، گرانیگاه در نقطه‌ای در امتداد این خط خواهد بود. برای تعیین محل دقیق آن کافی است جسم را از نقطه‌ی دیگری بیاویزیم و خط عمودی دیگری از این نقطه‌ی آویز رسم کنیم. گرانیگاه در محل برخورد دو خط قرار دارد (شکل ۱۲).



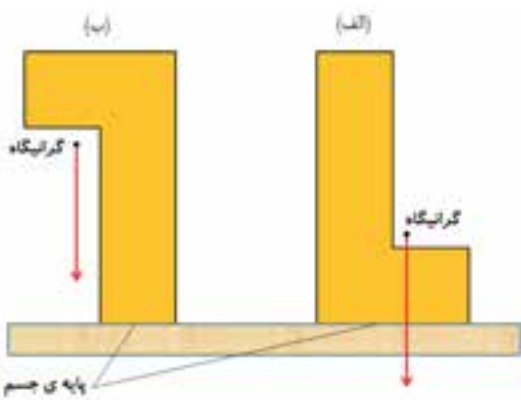
پرسش پیشنهادی

گرانیگاهِ جوّ زمین کجاست؟

پاسخ: جوّ زمین، مانند یک توپ فوتبال عظیم، پوسته‌ای کروی است که مرکز گرانش آن در مرکز زمین است.

۳-۴ تعادل و پایداری جسم‌ها

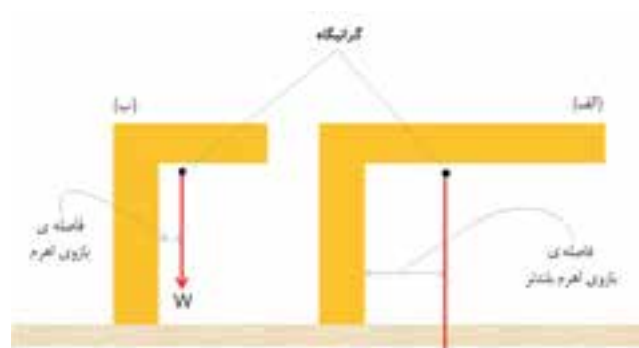
راهنمای تدریس: گرانیگاه برای پایداری هر جسم یا دستگاه اهمیت دارد. اگر از گرانیگاه جسمی به هر شکل خطی مستقیم به طرف پایین رسم کنیم و این خط در داخل پایه‌ی جسم باشد، آن جسم در تعادل پایدار و متوازن است (شکل ۱۳-الف). اما در صورتی که این خط در داخل پایه‌ی جسم نباشد، آن جسم ناپایدار است (شکل ۱۳-ب).



پس از آشنا شدن دانش آموزان با موضوع بالا، انواع مختلف تعادل را به گونه‌ای که در کتاب مطرح شده است بیان کنید.

پرسش پیشنهادی

به دو دلیل در شکل ۱۴- الف گشتاور بزرگ‌تری وارد می‌شود. این دلیل‌ها کدام‌اند؟



شکل ۱۴

پاسخ: در شکل الف هم نیروی وزن که سبب گشتاور می‌شود بزرگ است و هم طول بازوی اهرم نسبت به شکل ب بزرگ‌تر است. پس با توجه به رابطه‌ی $\tau = rF$ ، در شکل ۱۴- الف گشتاور بزرگ‌تری وارد می‌شود.

۴-۴ نیروهای کشسانی

راهنمای تدریس: دانش آموزان از دوره‌ی راهنمایی با فنرها و خواص کشسانی آن‌ها آشنایی دارند. در این بخش با معرفی قانون هوک، به روشی که در کتاب درسی آمده است، آن‌ها را با ویژگی‌های دیگر فنر شامل حد تناسب و حد کشسانی آشنا کنید. با توجه به ملموس بودن بحث‌های این بخش به نظر می‌رسد دانش آموزان به راحتی مفاهیم آن را درک خواهند کرد و قادر خواهند شد مثال‌های دیگری را در این زمینه حل نمایند.

درخصوص نمودار شکل ۴-۲۰ که به جهت اهمیت در اینجا با شکل ۱۵ نشان داده شده است، دانش آموزان باید توجه کنند که داشتن خاصیت کشسانی لزوماً با پیروی کردن از قانون هوک همراه نیست. قسمت سبز رنگ نمودار، بین دو نقطه‌ی B و C، فنر دارای خاصیت کشسانی است، ولی از قانون هوک پیروی نمی‌کند.

فعالیت عملی

گرایگاه در جرم‌های نامنظم: منظور از جسم نامنظم، جسمی است که شکل هندسی آن نامنظم است یا ماده تشکیل‌دهنده آن به طور یکنواخت توزیع نشده است یا جسمی که هر دو ویژگی ذکر شده را داشته باشد. در صورتی که جسم نامنظم باشد به سادگی نمی‌توان گرایگاه آن را تعیین کرد و لازم است به روشی که در ادامه آمده است عمل کنیم.

۱- روی جسم نامنظمی که می‌خواهیم گرایگاه آن را تعیین کنیم دو سوراخ کوچک در نزدیکی لبه‌های آن ایجاد می‌کنیم (سوراخ‌های A و C در شکل ۴-۱۵).

۲- میخی را در جایی محکم کرده و جسم را از یکی از سوراخ‌ها به میخ آویزان می‌کنیم به طوری که جسم بتواند آزادانه نوسان کند، شکل ۴-۱۵.

۳- شاغولی را توسط قطعه‌ای نخ به میخ می‌نندیم.

۴- پس از این که جسم و شاغول از حرکت باز ایستادند، خطی در امتداد نخ شاغول روی جسم می‌کشیم (خط AB روی شکل ۴-۱۵).

۵- این عمل را برای سوراخ دیگر انجام می‌دهیم. محل برخورد دو خط رسم شده، گرایگاه جسم است.

۴-۳ تعادل و پایداری جسم‌ها

تا اینجا با گشتاور، شرایط تعادل یک جسم و چگونگی پیدا کردن گرایگاه در جسم‌هایی با شکل منظم و نامنظم آشنا شدیم. در این بخش با انواع تعادل یک جسم آشنا خواهیم شد.

الف) تعادل پایدار

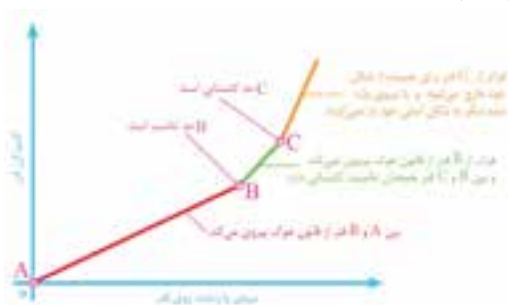
جسمی در تعادل پایدار است که هرگاه اندکی جابه‌جا شود و سپس رها شود به وضعیت اولیه‌ی خود برگردد. شکل ۴-۱۶ الف که گلوله‌ای را در ته کاسه‌ای نشان می‌دهد نمونه‌ای از تعادل پایدار است.

ب) تعادل ناپایدار

جسمی در تعادل ناپایدار است که هرگاه اندکی جابه‌جا شود از وضعیت اولیه‌ی خود دورتر شود. شکل ۴-۱۶ ب نمونه‌ای از تعادل ناپایدار است که در آن گلوله پس از اندکی جابه‌جا شدن، از وضعیت اولیه‌ی خود دورتر می‌شود.

پ) تعادل بی‌تفاوت

جسمی در تعادل بی‌تفاوت است که هرگاه جابه‌جا شود در وضعیت جدید خود باقی بماند. شکل ۴-۱۶ پ نمونه‌ای از تعادل بی‌تفاوت است که با غلتاندن گلوله، در وضعیت جدیدی قرار می‌گیرد و نه به وضعیت اولیه باز می‌گردد و نه بیش از آن می‌غلتد.



شکل ۱۵

فصل چهارم / کاربرد قانون‌های نیوتون

..... فعالیت ۳-۴

با ساختن وسایل مختلفی می‌توان تعادل پایدار اجسام را نشان داد. در شکل ۳-۴ دو نمونه از این گونه وسایل نشان داده شده است. سعی کنید به طور فردی یا گروهی این وسایل را بسازید و در کلاس درس به نمایش بگذارید.



شکل ۳-۴ (الف) و (ب)

۴-۴ نیروهای کشسانی

هرگاه نیرویی روی یک فنر اعمال کنیم، شکل آن تغییر می‌کند و ممکن است کشیده یا فشرده شود. اگر نیروی بزرگ‌تری اعمال کنیم، بیش‌تر کشیده یا فشرده می‌شود. وقتی به فنر نیرویی وارد نکنیم، فنر به وضعیت اولیه‌ی خود باز می‌گردد. به این خاصیت فنر، خاصیت کشسانی گفته می‌شود و نیرویی که سبب می‌شود تا فنر را به وضعیت اولیه‌ی خود برگرداند، نیروی کشسانی می‌نامند. برای نخستین بار دانشمندی به نام رابرت هوک کشف کرد که تغییر طول (مقدار کشیدگی یا فشرددگی) با اندازه‌ی نیروی وارد شده (مشرودا بر آن که نیرو خیلی بزرگ نباشد) متناسب است. اگر مقدار نیروی وارد شده دو برابر شود، تغییر طول نیز دو برابر می‌شود (شکل ۴-۱۸). چنان‌که اندازه‌ی نیروی وارد بر فنر را با نماد F و اندازه‌ی تغییر طول را با نماد x نشان دهیم، رابطه‌ی زیر بین آن‌ها برقرار است

$$F = kx$$

که در آن ضریب k ، ثابت نیروی فنر یا به اختصار ثابت فنر نام دارد. ثابت نیروی فنر از مشخصه‌های فنر و معماری از سفتی آن است. اگر نیروی F بر حسب نیوتون (N) و x بر حسب متر (m) بیان شود یکای ثابت فنر k ، نیوتون بر متر (Nm^{-1}) خواهد بود.



شکل ۴-۱۸

ممکن است دیده باشید که برخی از کتاب‌های درسی نمودار نیروی وارد شده روی فنر را برحسب کشیدگی فنر رسم کرده‌اند که عکس این نمودار است. در این کتاب‌ها نیز تمرکز اصلی بر انتقال مفاهیمی است که، در این بخش به دنبال آن‌ها بوده‌ایم.

تمرین پیشنهادی

با توجه به شکل ۱۶، جرم وزنه‌ی آویزان شده چه قدر است؟

حل: چون نیروی وارد شده به فنر از طرف وزنه‌ای است که به انتهای آن آویزان شده است داریم:

$$F = W = mg$$

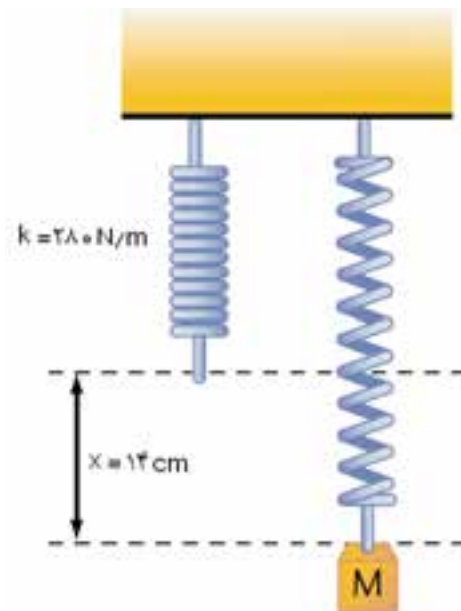
از سوی دیگر بنا به قانون هوک داریم:

$$F = kx$$

به این ترتیب می‌توان نوشت:

$$mg = kx \Rightarrow m(10 \text{ N/kg}) = (280 \text{ N/m})(0.14 \text{ m})$$

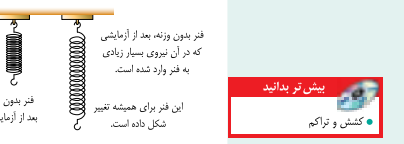
$$m = 3.92 \text{ kg}$$



شکل ۱۶

..... فعالیت ۳

هرگاه فنری پس از حذف نیروی وارد شده به آن به حالت اولیه‌ی خود باز گردد گفته می‌شود که فنر از قانون هوک پیروی می‌کند. در صورتی‌که نیروی بسیار بزرگی به یک فنر وارد شود، فنر دیگر از قانون هوک پیروی نمی‌کند و برای همیشه تغییر شکل می‌دهد به‌طوری‌که حتی با حذف نیروی وارد شده نیز، به حالت اصلی خود باز نمی‌گردد (شکل ۴-۱۹).



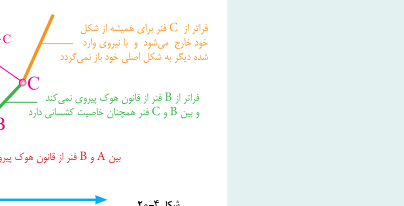
شکل ۴-۱۹

بیش‌تر بدانید
کشش و تراکم

بیشینه نیرویی که باید روی یک فنر وارد نشود حد تناسب نامیده می‌شود. افزایش بیش‌تر این نیرو بدان معناست که فنر از قانون هوک پیروی نمی‌کند و وقتی تمامی نیروهای وارد شده روی فنر حذف شوند، فنر به شکل اصلی‌اش باز نمی‌گردد. پس از حد تناسب، حد کشسانی نیز وجود دارد. بین این دو حد هرچند فنر از قانون هوک پیروی نمی‌کند ولی پس از حذف نیروی وارد شده، همچنان خاصیت کشسانی دارد و تقریباً می‌تواند به حالت اولیه‌ی خود باز گردد (شکل ۴-۲۰).

..... مثال ۴-۴

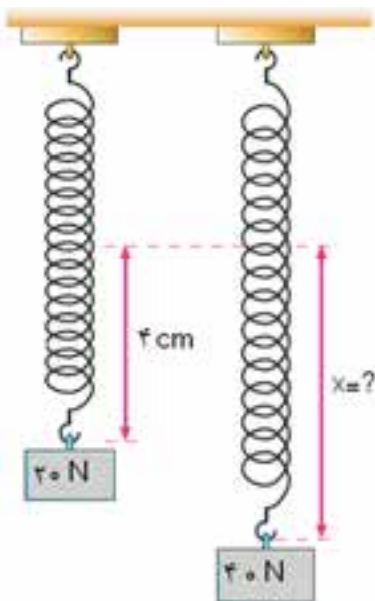
ثابت یک فنر $2000 Nm^{-1}$ و طول آن 14 cm است. فنر را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به انتهای آن وزنه‌ی 100 نیوتونی می‌آویزیم. با فرض این‌که فنر از قانون هوک پیروی می‌کند طول آن چند سانتی‌متر خواهد شد؟



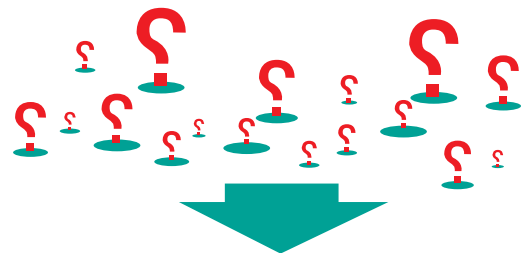
شکل ۴-۲۰

تمرین پیشنهادی

با توجه به شکل ۱۷، مقدار x چه قدر است؟ فرض کنید فنر از قانون هوک پیروی می کند.



شکل ۱۷



راهنمای پاسخ‌یابی پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۴

پرسش‌های مفهومی

۱- انتظار می‌رود دانش‌آموزان با توجه به این که با مفهوم گشتاور نیرو آشنا شده‌اند و حتی با توجه به تجربه‌های قبلی خود، پاسخ درست را به راحتی و با ذکر دلایل کافی ارائه نمایند. آچاری که دسته‌ی آن بلندتر است گشتاور نیروی بزرگ‌تر ایجاد می‌کند.

۲- در این پرسش نیز دانش‌آموزان با توجه به مفهوم گشتاور نیرو، انتظار می‌رود به درستی به محل C برای دسته‌ی در اشاره کنند.

۳- توصیه می‌شود در صورتی که در حین تدریس از نقشه‌ی استان محل اقامت یا نقشه‌ی کشور ایران استفاده نکرده‌اید، در این جا از دانش‌آموزان بخواهید که مرکز گرانش را به جای شکل دلخواه ۲۳-۴ کتاب درسی، برای نقشه‌ی استان یا نقشه‌ی ایران پیدا کنند.

پرسش‌های مفهومی

۱- توضیح دهید کدام یک از آچارهای شکل ۲۱-۴ برای باز کردن یک پیچ خیلی سفت مناسب‌تر است.

۲- با توجه به شکل ۲۲-۴ کدام محل را برای دسته‌ی در پیشنهاد می‌کنید! دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

۳- مقوایی به ابعاد $15\text{cm} \times 20\text{cm}$ را به شکل دایره‌ای، مانند شکل ۲۳-۴ ببرید و مرکز گرانش آن را به کمک آزمایش پیدا کنید.

شکل ۲۱-۴

شکل ۲۲-۴

شکل ۲۳-۴

۴- شکل ۲۴-۴ جسمی را در سه وضعیت مختلف نشان می‌دهد. نوع تعادل جسم را در هر وضعیت با ذکر دلیل مشخص کنید.

شکل ۲۴-۴

۵- خودروهای با ارتفاع زیاد، مانند شکل ۲۵-۴ که به اندازه‌ی کافی پایدار نیستند، می‌توانند عامل برخی از تصادف‌های جاده‌ای باشند. با این که شرکت‌های سازنده‌ی این خودروها، توجه خاصی نسبت به پایداری آن‌ها دارند، اما شرایط توفانی و بارگیری نادرست، می‌تواند پایداری آن‌ها را تا میزان خطرناکی کاهش دهد.

(الف) اگر چنین خودروهایی به اندازه‌ی کافی پایدار نباشند، چه مشکلی پیش می‌آید؟

(ب) چرا پایداری آن‌ها به ویژه در شرایط توفانی مهم است؟

(پ) چگونه بارگیری نادرست می‌تواند پایداری این گونه خودروها را کاهش دهد؟

شکل ۲۵-۴

۴- با توجه به آشنایی دانش آموزان با انواع مختلف تعادل در کتاب درسی، انتظار می‌رود که نوع تعادل جسم را در هر حالت به صورت زیر بیان کنند:

وضعیت A: تعادل ناپایدار

وضعیت B: تعادل پایدار

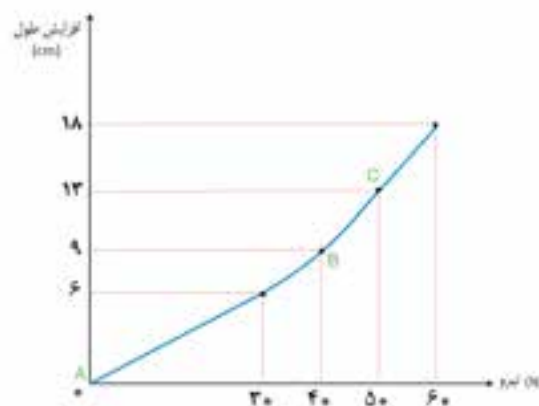
وضعیت C: تعادل بی تفاوت

۵- الف) اگر این خودروها به اندازه‌ی کافی پایدار نباشند در برخی از شرایط جاده‌ای یا جوی یا حتی بارگیری نامناسب، گرانیگاه آن‌ها به راحتی از محل اتکای آن‌ها خارج می‌شود و نیروی ناشی از وزن کامیون گشتاوری ایجاد می‌کند که سبب واژگون شدن آن می‌شود.

ب) زیرا در شرایط طوفانی به جهت وارد شدن نیروهای عرضی به کامیون، تعادل آن به هم می‌خورد. لذا این قبیل کامیون‌ها باید از لحاظ تعادل به دقت طراحی شوند تا در هیچ شرایط متعارف و غیرمتعارف واژگون نشوند.

پ) بارگیری نادرست کامیون سبب انتقال گرانیگاه به بالاتر از محل تکیه‌گاه می‌شود و در نتیجه در برخی شرایط به راحتی و به سبب ایجاد شدن گشتاور نیروی ناشی از وزن، کامیون واژگون می‌شود.

۶- الف) در شکل ۱۸ نمودار افزایش طول فنر بر حسب نیرو رسم شده است.



شکل ۱۸

ب) از A تا B فنر از قانون هوک پیروی می‌کند. از B تا C فنر دارای خاصیت کشسانی است، ولی از قانون هوک پیروی نمی‌کند. فراتر از C فنر خاصیت کشسانی خود را از دست می‌دهد و دیگر به حالت اول بر نمی‌گردد.

توجه کنید که بین دو نیروی ۳۰ تا ۴۰ نیوتون، فنر در آستانه‌ی پیروی نکردن از قانون هوک است که مقدار آن ناچیز است و از آن چشم‌پوشی کرده‌ایم.

پ) نقطه‌ی B حد تناسب است.

ت) فنر به حالت اولیه باز نمی‌گردد و خاصیت کشسانی خود را از دست داده است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

مسئله‌ها

۱- چون تعادل برقرار است و از جرم خط کش صرف نظر شده است، داریم:

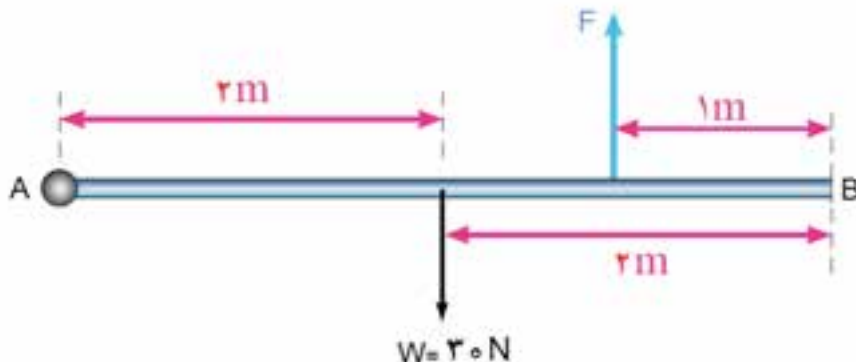
$$M(0.5\text{ m}) = (0.4\text{ m})(0.1\text{ kg})$$

$$M = 0.08\text{ kg} = 80\text{ g}$$

۲- با توجه به شکل ۲۰، گشتاور نیروهای W و F را نسبت به نقطه A حساب می‌کنیم. در این صورت چون می‌خواهیم تعادل برقرار باشد داریم:

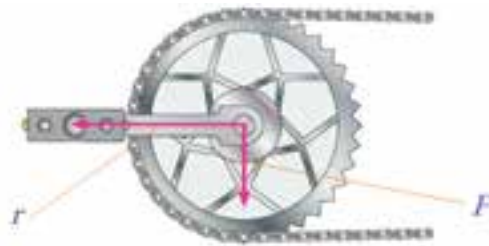
$$(30\text{ N})(2\text{ m}) = F(3\text{ m})$$

$$F = 20\text{ N}$$



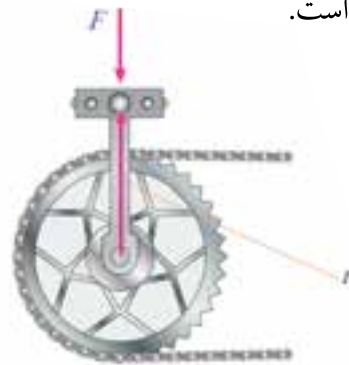
شکل ۲۰

- ۳- (i) مربوط به حالت (پ) است. در این وضعیت همان طور که دیده می شود (شکل ۲۱)، نیروی F با بازوی اهرم زاویه ی 90° درجه می سازد. پس گشتاور ناشی از نیروی F برابر است با:
- $$(25 \text{ N}) (0.2 \text{ m}) = 5 \text{ N.m}$$



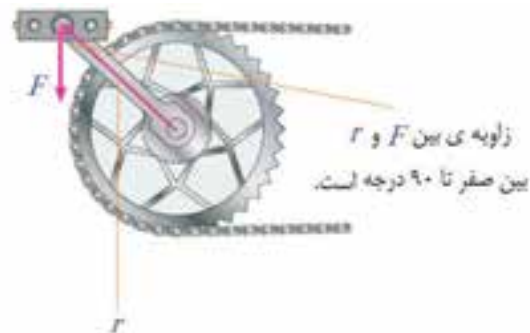
شکل ۲۱

- (ii) مربوط به حالت الف است. در این حالت همان طور که در شکل ۲۲ نیز نشان داده شده است، نیروی F در امتداد بازوی اهرم است.



شکل ۲۲

- (iii) مربوط به حالت (ب) است. توجه کنید که در این حالت نیروی F با بازوی اهرم زاویه ای بین 0° تا 90° می سازد (شکل ۲۳) و محاسبه ی گشتاور نیرو در این حالت جزء برنامه ی درسی این کتاب نیست.



شکل ۲۳

۴- اگر گشتاور ایجاد شده توسط بازوی هریک از این ورزشکارها در شکل ۲۹-۴ برابر باشد، مقدار نیروی F را حساب کنید.

شکل ۲۹-۴

۵- شکل ۴-۳ یک فنر فولادی را قبل از وارد کردن هرگونه نیرو و بعد از وصل وزنه ی 30 نیوتونی نشان می دهد.

الف) افزایش طول فنر به ازای نیروی 30 N چقدر است؟

ب) اگر فنر از قانون هوک پیروی کند، افزایش طول آن به ازای یک نیروی 20 N چقدر خواهد بود؟

پ) اگر نیروی 10 N به آن وارد شود، افزایش طول آن چقدر است؟

ت) اگر نیرویی بزرگتر از حد کشسانی بر فنر وارد شود، چه اتفاقی برای آن می افتد؟

ث) نمودار افزایش طول بر حسب نیرو را برای فنری که فراتر از حد کشسانی خود کشیده شده است، رسم کنید.

شکل ۳۰-۴

۴- با توجه به فرض مسئله داریم:

$$(0/6)F = (0/5m)(200N)$$

$$F \approx 166N$$

توجه کنید نیروی F به دست ورزشکاری که در سمت چپ قرار دارد وارد شده است.

۵- الف) با توجه به شکل افزایش طول فنر به ازای وزنه‌ی ۳۰ نیوتونی برابر $30\text{ cm} (= 40\text{ cm} - 10\text{ cm})$ است.

ب) با توجه به رابطه‌ی $F = kx$ داریم:

$$\frac{F_1}{x_1} = \frac{F_2}{x_2} \Rightarrow \frac{20N}{30\text{ cm}} = \frac{20N}{x_2} \Rightarrow x_2 = 20\text{ cm}$$

پ) در این حالت نیز مشابه حالت (ب) افزایش طول فنر 10 cm خواهد بود.

ت) پس از حذف نیرو، فنر دیگر به حالت اول خود باز نمی‌گردد.

ث) مشابه شکل ۴-۲۰ کتاب درسی است.



حکیم ابن سینا، ابوعلی حسین بن عبدالله

تولد: افشنه، نزدیک بخارا، آسیای مرکزی، ازبکستان ۳۵۹ شمسی (۳۷۰ ق)

وفات: همدان، ایران، ۴۱۶ شمسی (۴۲۸ ق)

حوزه‌ی فعالیت: فلسفه، علم، طب

زندگی‌نامه

ابن سینا که در غرب به او یسنا (Avicenna) هم معروف است، از کودکی هوشی سرشار داشت. پدرش کارمند دولت و مأمور جمع‌آوری مالیات بود و خانه‌اش محل ملاقات و گفتگوی علاقه‌مندان علم و کمال بود. او به سرعت علم زمان خود را با همه‌ی شاخه‌هایش فرا گرفت و در شانزده سالگی به کار طبابت پرداخت و در ۱۷ سالگی منصور سامانی پادشاه بخارا را که دیگر پزشکان از درمان او ناتوان شده بودند معالجه کرد ولی به جای دستمزد، استفاده از کتابخانه‌ی سلطنتی را درخواست کرد. وی در امور سیاسی زمان خود نیز دستی داشت. پس از آن که مدتی را در گرگانج (جرجانیه) به قضاوت گذراند و در گرگان به تدریس علوم پرداخت و در ری و همدان کارهای دیوانی پیش گرفت، وزیر شمس‌الدوله دیلمی شد. وی، گذشته از کارهای حکومتی، فرصت را برای پرداختن به کارهای علمی،

که به همان اندازه سنگین بود، از دست نمی داد. ابن سینا به بیماری مرموزی در گذشت، و ظاهراً علت مرگش قولنجی بود که خوب درمان نشده است. به مناسبت هزارمین سال تولد او، بنای پر شکوهی بر مزار او در همدان برپا شد. پس از فوت ابن سینا، آثارش به زبان لاتین ترجمه شد و مورد استفاده دانشمندان اروپایی قرار گرفت. از کتاب‌های او به عنوان کتاب‌های مرجع برای مدت چهار قرن در مدارس پزشکی استفاده می شد. در ظرف ۵۰ سال پس از اختراع چاپ، کتاب قانون پزشکی او ۱۵ بار تجدید چاپ شد.

ابن سینا در فنون گوناگون زمانه‌ی خود تألیف‌های بسیاری دارد و آثار او متجاوز از ۲۷۰ عنوان است، از آن جمله زندگینامه‌ای است که خود نوشته و شاگردش جوزجانی آن را تکمیل کرده است.

وی در زندگینامه خود می گوید که کتاب قانون را در گرگان آغاز کرده، بخشی از آن را در ری، زادگاه رازی، نوشته و آن را در همدان به پایان رسانده است، پزشکان این کتاب را (که بزرگترین اثر طبی ابن سیناست و نزدیک به یک میلیون کلمه دارد) بسیار می پسندیدند و آن را بر کتاب «حاوی» رازی و حتی آثار جالینوس ترجیح می دادند. در کتاب قانون ضمن شرح دستاوردهای عمده‌ی پزشکی روم و یونان، فهرست ۷۶۰ دارو و فرآورده‌های پزشکی به طور نظام‌مند فراهم آمده است. ابن سینا ماهیت عفونی بیماری سل و نقش آب را در پراکندن بیماری‌ها شناسایی کرد. نخستین کسی است که مشخصه‌های بیماری منثرت را شرح داد. علاوه بر آن وی جزئیات قسمت‌های مختلف چشم را تشریح کرده است و نشان داد دارویی که برای معالجه‌ی بیماری یک نفر مؤثر است می تواند برای همه یا بسیاری از افرادی که به همان درد مبتلا هستند مؤثر باشد و آزمایش‌هایی که روی حیوانات صورت می گیرد نمی تواند به تنهایی تأییدی بر اثر آن‌ها بر انسان باشد.

مهمترین اثر فلسفی ابن سینا کتاب شفا است که دایره المعارف عظیمی است در چهار بخش شامل منطق، طبیعیات (فیزیک)، ریاضیات (هندسه، حساب، موسیقی، نجوم) و مابعدالطبیعه. وی تلخیصی هم از این اثر فراهم آورده به نام «نجات» و نیز کلیات فلسفه‌ی خود را در آثار دیگری هم بیان کرده که از آن جمله است الهدایه، عیون الحکمه و دانشنامه‌ی علائی به فارسی و آخرین اثر او الاشارات و التنبیهاست.

ابن سینا، همچون دانشمندان یونانی، فیزیک را مطالعه‌ی اجسام طبیعی و حرکت می دانست و در چندین مورد به تفصیل نظر اتم‌گرایان را درباره‌ی جسم به تفصیل رد می کند و به جای آن از اتصال و پیوستگی جسم جانبداری می کند.

از قرن هفدهم تا به حال، واژه‌ی «کشسانی» برای توصیف رفتار آشنای اجسامی به کار رفته است که بر اثر نیرویی خارجی تغییر شکل می‌دهند و پس از حذف این نیرو به شکل اولیه‌ی خود باز می‌گردند. هر فنر، میله، قطعه، یا شکل جامد دیگری را می‌توان تا حدودی تحت کشش، فشار، پیچش، خمش یا تراکم قرار داد، به طوری که پس از حذف عامل خارجی، ظاهراً بی‌درنگ به شکل اولیه‌اش باز خواهد گشت. مایعات و گازها نیز این رفتار کشسانی را، ظاهراً فقط تحت تراکم، از خود نشان می‌دهند.

این واژه را برای مفاهیمی که کمتر ملموس‌اند نیز به کار می‌برند: برای مثال، در اقتصاد (کشسانی قیمت، عرضه و تقاضا)؛ در فلسفه و روان‌شناسی (کشسانی ذهن، روان، خوبی، بدی، روح، احساسات و شخصیت)؛ در قانون (به این معنی که قانون را می‌توان کش داد و از این رو آن را آسان‌گیرتر کرد). این واژه، در واقع برای هر چیزی که به معنی حقیقی یا مجازی کلمه می‌تواند کش بیاید و بدون تغییر به وضع اولیه برگردد، به کار می‌رود.

همچنین به طور معمول فرض می‌شود که در رفتار کشسان همیشه حدی وجود دارد: یعنی اگر تغییر شکل خیلی زیاد باشد، جسم هرگز به طور کامل به وضع اولیه بر نخواهد گشت، چون از حد کشسانی آن فراتر رفته است.

قانون هوک

کاربرد علمی و فنی این اصطلاح همیشه برای مجموعه‌ی محدودی از پدیده‌ها بوده است و اولین بار در سال ۱۶۷۶ فیزیک‌دان و فیلسوف انگلیسی رابرت هوک به طور روشن آن را بیان کرد و عموماً با عنوان قانون هوک شناخته می‌شود. هوک معاصر و رقیب آیزاک نیوتون بود. وی از لحاظ بدنی و احساسی مردی فاقد جاذبه، تنگدست و منزوی بود و روحیه‌ای زود رنج داشت.

هوک کشف‌های متعدد و مهمی داشت، ولی امتیاز بیشترشان به دیگران نسبت داده شد. از جمله این کشفیات عبارت‌اند از: نظریه‌ی (اولیه‌ی) موجی نور که پدیده‌های تداخل و پراش را (که خود مشاهده و توصیف کرده بود) پیش‌بینی می‌کرد؛ پیشنهادی برای گرانش که براساس حرکت سیاره‌ها استوار بود (کاملاً مستقل از نیوتون)؛ اختراع

فشارسنج چرخشی برای استفاده در پیش‌بینی‌های هواشناسی؛ تلگراف اُپتیکی؛ استفاده از آونگ برای اندازه‌گیری گرانی و اختراع نوع سازوکار چرخ دنگ ساعت.

هوک، همیشه از این می‌ترسید که دیگران ایده‌های او را به سرقت ببرند. به این دلیل در ابتدای امر قانون مشهور خود را با استفاده از حروف پس و پیش بیان کرد که باید رمزگشایی می‌شد تا قابل درک گردد: «Ut tension sic vis» (به زبان کنونی، «تنش متناسب است با کرنش»). واژه‌ی «تنش» میزان اثر تغییر شکل دهنده را به دقت مشخص می‌کند، در حالی که «کرنش» خود تغییر شکل را توصیف می‌کند.

قانون هوک یک «قانون» واقعی فیزیک، شبیه به قانون حرکت نیوتون یا قانون‌های پایستگی انرژی و تکانه نیست. این قانون تنها تقریبی است که در گستره‌ی بسیار کوچکی از کرنش صدق می‌کند. با این حال، ظهور بخش‌هایی از مکانیک و تحلیل سازه‌ها را امکان‌پذیر ساخته است، زیرا قانونی را بیان می‌کند که از نظر ریاضی رابطه‌ای خطی است و آن را می‌توان برای مسائل واقعی بسیار گوناگونی به دقت حل کرد.

به این ترتیب هوک، با وجود همه کوتاهی‌ها و زحمت‌های فراموش شده‌اش، به سبب این قانون، که به نام او شناخته می‌شود، جاودانه شده است. البته، به صورت صفت نیز به نام او ارجاع داده می‌شود؛ مثلاً برای توصیف پدیده‌های کشسانی‌ای که دقیقاً از قانون هوک تبعیت می‌کنند، از رفتار «هوکی» سخن می‌گویند.

محدوده‌ی رفتار کشسانی

به طور کلی قانون هوک در گستره‌ی عملی بسیار کوچکی برقرار است، و معمولاً فقط برای کرنش‌های بسیار کوچک‌تر از ۱ درصد درست است. برای نمونه، در بیشتر فلزهای خاص برای کرنش‌هایی به کوچکی ۰/۰۰۱ درصد به مرز کشسانی می‌رسیم. در کرنش‌های بزرگ‌تر، پس از حذف کرنش، جسم هرگز دقیقاً به شکل اولیه‌اش باز نمی‌گردد و تا حدودی تغییر یافته باقی می‌ماند؛ که در این صورت جسم را به طور پلاستیکی تغییر شکل یافته می‌نامند.

سادگی قانون هوک در خطی بودن تناسب بین تنش و کرنش است: اگر تنش را دو برابر کنیم کرنش دو برابر می‌شود؛ اگر سه برابر کنیم کرنش سه برابر می‌شود.

البته، تنش ممکن است تا حد کمتری به تأثیرهای دیگری هم وابسته باشد. همچنین می‌تواند به مجذور و توان‌های بالاتر کرنش، به آهنگ کرنش، به زمان و به دما نیز بستگی داشته باشد.

گاهی پس از اعمال تنش، کرنش به طور کامل به یک باره روی نمی‌دهد، بلکه کرنش اضافی به تدریج و اغلب طی زمانی طولانی، روی می‌دهد. این پدیده را معمولاً خزش، یا به طور فنی‌تر، ناکشسانی یا کشسانی بعد از اثر می‌گویند.

انرژی کشسانی

هنگامی که جسمی بر اثر نیرویی خارجی به طور کشسان تغییر شکل می‌دهد، انرژی به شکل انرژی پتانسیل در آن ذخیره می‌شود. هنگامی که این تنش حذف می‌شود، جسم شکل اولیه‌اش را در نهایت باز می‌یابد و انرژی کشسانی ذخیره شده قابل بازیافت است. این همان سازوکاری است که به وسیله‌ی آن فنر پیچیده شده می‌تواند ساعت یا خودرو اسباب بازی را به حرکت در آورد. ولی اگر پس از تغییر شکل جسم، قید خارجی به ناگهان حذف شود، چه پیش می‌آید؟ روشن است که تحت تأثیر نیروی بازگرداننده‌ی کشسانی (قانون هوک)، جسم سعی در به دست آوردن شکل اولیه‌اش می‌کند، اما به دلیل پایداری انرژی باید فراتر از شکل اولیه برود و این وضعیت بارها و بارها تکرار شود.

به فتری فکر کنید که آن را کشیده و رها کرده‌اید. این فنر جست و خیز به طرف بالا و پایین را شروع می‌کند. در نهایت این رفتار نوسانی، با اتلاف انرژی به صورت گرم کردن مولکول‌های هوا یا فقط بر اثر اصطکاک داخلی ناشی از عوامل غیر خطی اجتناب‌ناپذیر و ناکشسان باید خاتمه یابد. هرچه اثر ناکشسانی کوچک‌تر باشد، جسم مدت بیشتری نوسان خواهد کرد. به همین دلیل است که ناقوسی که از جنس مفرغ یا فولاد سخت باشد برای مدت بسیار طولانی‌تری نسبت به سرب یا مس نرم صدا خواهد داشت.