

# فصل ۱

## کاربرد قانون های نیوتون



چرا هر قدر دسته ی آچار بلندتر  
باشد، باز کردن پیچ راحت تر است؟

## سیمای فصل

۱-۴ نیروهای چرخاننده: گشتاورها

۲-۴ گرانیگاه (مرکز گرانش)

۳-۴ تعادل و پایداری جسمها

۴-۴ نیروهای کشسانی

■ پرسش‌های مفهومی

■ مسئله‌ها



## کاربرد قانون های نیوتون

در فصل قبل با مفهوم نیرو و اثرهای آن و همچنین قانون های نیوتون آشنا شدیم. هر چند اثر نیروهایی را که جسمی را هل می دهند و می کشند، جسمها را به حرکت وا می دارند یا حرکت آنها را کند می سازند، به سهولت می توان شناخت، اما نیروهایی که به جسمهای در حال تعادل، مثلاً جسمهای ساکن وارد می شوند، کم تر آشکارند. در این فصل ضمن آشنایی با نیروهای چرخاننده، باگرانیگاه یا مرکز گرانش جسمها آشنا خواهیم شد. پس از آن به بررسی تعادل و پایداری جسمها و انواع آن می پردازیم و در پایان نیروهای کشسانی و قانون هوک را بررسی می کنیم.

## 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 چرخانندگی 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.



انگشت‌ها گشتاوری به وجود می‌آورند که شیر را می‌چرخاند.



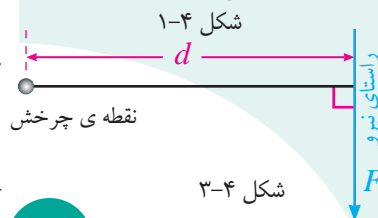
با فشردن رکاب گشتاوری ایجاد می‌شود که چرخ‌دنده‌ها و زنجیر را می‌چرخاند.



کشیدن یک دست و هل دادن دست دیگر، گشتاوری ایجاد می‌کند که فرمان را می‌چرخاند.



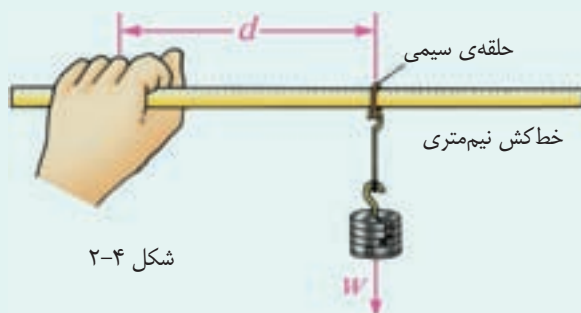
بالا آوردن دسته‌ها، گشتاوری ایجاد می‌کند که فرقون را حول نقطه‌ی چرخش می‌چرخاند.



شکل ۳-۴

### ..... 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).



شکل ۲-۴

- با انجام هریک 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،  $\tau$  مطابق شکل ۳-۴ برابر است با حاصل ضرب اندازه‌ی نیرو،  $F$ ، در فاصله‌ی عمودی نقطه‌ی چرخش از راستای نیرو،  $d$ ، که با رابطه‌ی زیر بیان می‌شود<sup>(۱)</sup>

$$\tau = Fd$$

یکای گشتاور نیرو، نیوتون متر  $N.m$  است.

۱- نماد گشتاور نیرو  $\tau$  (بخوانید: تاو)، یکی از حرف‌های یونانی است.

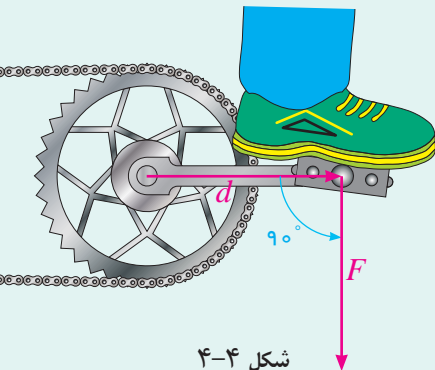
گشتاور نیرو، کمیتی برداری است و جهت چرخش، به جهت نیرو بستگی دارد. برای مثال، هنگامی که می‌خواهید به کمک آچاری، پیچی را باز یا بسته کنید باید در دو جهت متفاوت نیرو وارد کنید تا گشتاور نیروی ایجاد شده در دو حالت اثر چرخشی متفاوتی به وجود آورد.

### ..... مثال ۴-۱

طول دسته‌ی رکاب یک دوچرخه ۱۶cm است و دوچرخه‌سواری با پای خود نیرویی به بزرگی ۴۰۰N را به سمت پایین به آن وارد می‌کند. گشتاور نیرو را در حالتی که دسته‌ی رکاب افقی است به دست آورید (شکل ۴-۴).

**حل:** وقتی رکاب افقی است نیروی پا به سوی پایین و بر آن عمود است. بنابراین فاصله‌ی عمودی نقطه‌ی چرخش از راستای نیرو  $d=0/16m$  است. با استفاده از رابطه‌ی گشتاور نیرو داریم

$$\tau = Fd = (400\text{N})(0/16\text{m}) = 64\text{N.m}$$



شکل ۴-۴

**تعادل گشتاورها:** الاکلنگ وسیله‌ی ساده و آشنایی است که نشان می‌دهد گشتاورها چگونه می‌توانند متعادل شوند. شکل ۴-۵ حالتی را نشان می‌دهد که گشتاورها متعادل نیستند. گشتاور پادساعتگرد، بزرگ‌تر از گشتاور ساعتگرد است.

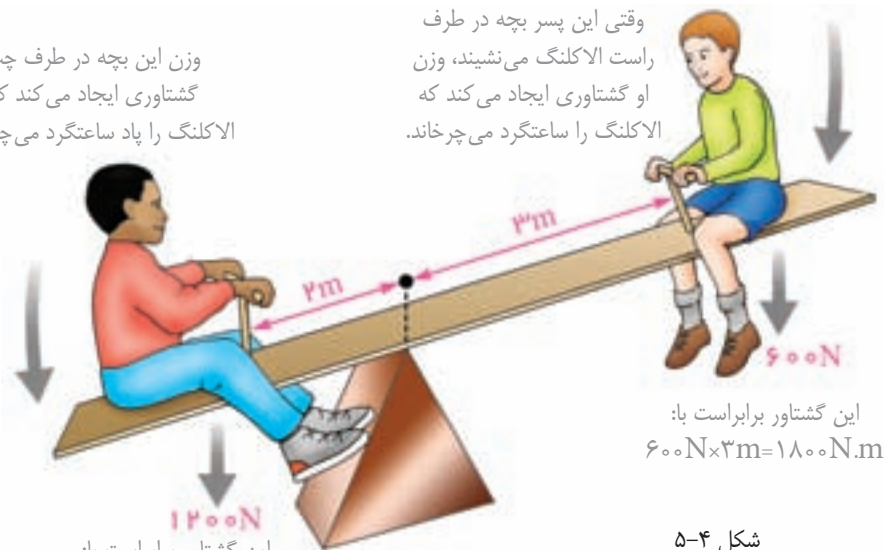
#### شبیه‌سازی



- تعادل گشتاورها در ترازو
- بررسی تعادل گشتاورها

وزن این بچه در طرف چپ گشتاوری ایجاد می‌کند که الاکلنگ را پاد ساعتگرد می‌چرخاند.

وقتی این پسر بچه در طرف راست الاکلنگ می‌نشیند، وزن او گشتاوری ایجاد می‌کند که الاکلنگ را ساعتگرد می‌چرخاند.



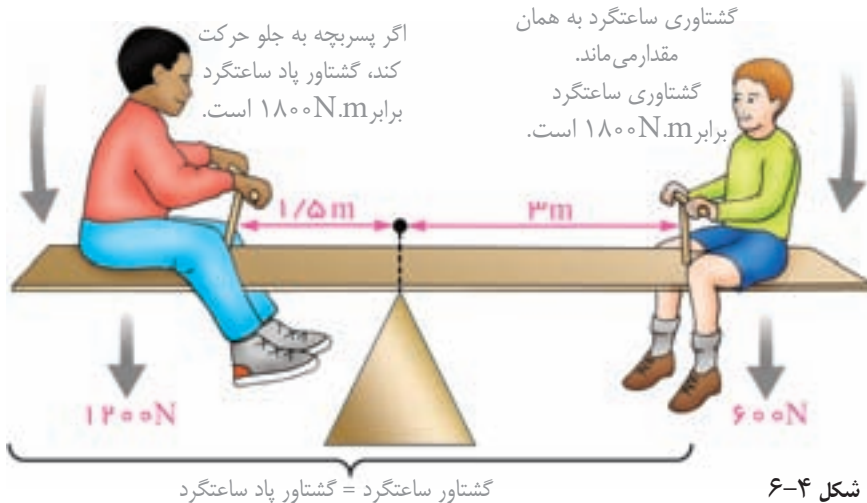
این گشتاور برابر است با:  
 $1200\text{N} \times 2\text{m} = 2400\text{N.m}$

این گشتاور برابر است با:  
 $600\text{N} \times 3\text{m} = 1800\text{N.m}$

شکل ۴-۵

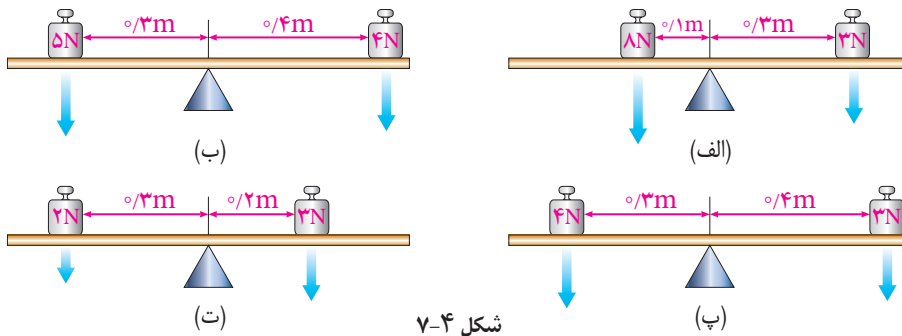
اگر پسر بچه جلوتر رود، به طوری که در فاصله‌ی  $1/5\text{m}$  از مرکز چرخش (تکیه‌گاه) قرار گیرد، گشتاور پادساعتگرد کاهش می‌یابد (شکل ۴-۶).

در این حالت، الکلنگ در تعادل است، زیرا گشتاور ساعتگرد با گشتاور پادساعتگرد برابر است. این موضوع اصل گشتاورها نامیده می‌شود.



### پرسش ۴-۱

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



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

**شرط اول:** براینده نیروهای وارد بر آن صفر باشد.

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

به کمک معادله‌های مربوط به دو شرط بالا می‌توانیم اندازه‌های نیروهای نامعلوم، یا فاصله‌ی نقطه‌ی اثر نیروها را از نقطه‌ی چرخش حساب کنیم. برای انجام این کار به روشی که در ادامه آمده است، عمل می‌کنیم.

الف) جهت‌هایی را انتخاب می‌کنیم تا معادله‌های 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) نقطه‌ی چرخش را به گونه‌ای انتخاب می‌کنیم که محاسبه‌ی گشتاورهای نیروها آسان شود. اگر بیش از دو نیرو وجود داشته باشد، نقطه‌ی چرخش را جایی انتخاب می‌کنیم که یکی از نیروها در آن جا به جسم وارد می‌شود. در این صورت، گشتاور آن نیرو، حول آن نقطه‌ی چرخش صفر می‌شود و بنابراین محاسبه ساده‌تر خواهد شد.

### ..... مثال ۲-۴

شکل ۴-۸ سه نیروی قائم را که بر یک فرقون وارد می‌شوند، نشان می‌دهد. اگر فرقون بالا و پایین نرود و نچرخد، در حال تعادل است. نیروی لازم برای نگه داشتن دسته‌ها  $F$ ، و اندازه‌ی نیروی  $R$  که بر محور چرخ وارد می‌شود را محاسبه کنید.

**حل:** با توجه به شرط اول داریم

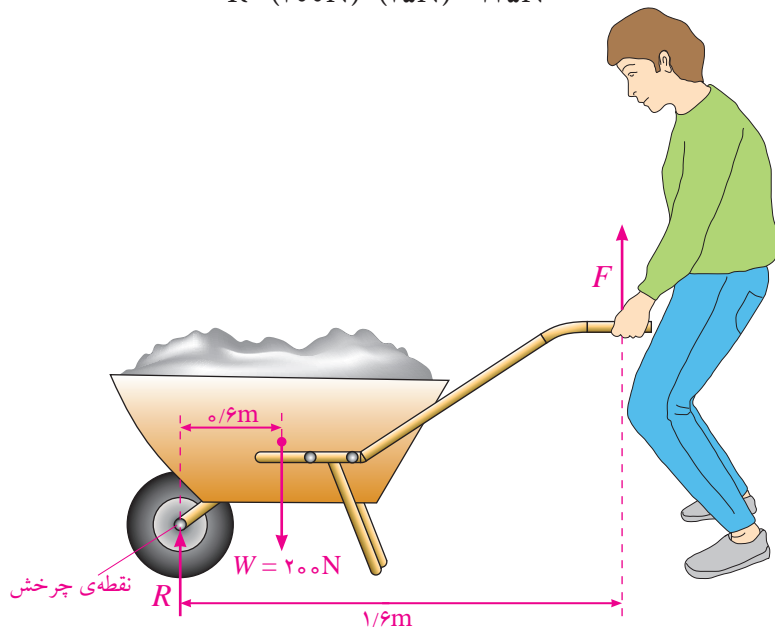
$$F + R = W$$

بر اساس شرط دوم می‌توانیم اصل گشتاورها را حول نقطه‌ی چرخش که روی محور چرخ انتخاب کرده‌ایم، بنویسیم. بر اساس این شرط، گشتاور ساعتگرد نیروی بالا برنده‌ی  $F$  با گشتاور پادساعتگرد وزن فرقون و بار  $W$ ، برابر است. یعنی

$$(1/6m) \times F = (0/6m) \times (200N) \Rightarrow F = 75N$$

به این ترتیب بزرگی نیروی  $R$  برابر است با

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



شکل ۴-۸

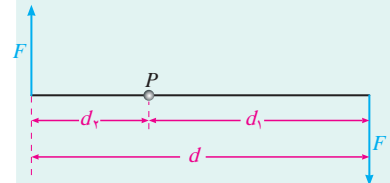
**زوج نیرو:** وقتی به کمک دست‌های خود فرمان دوچرخه یا اتومبیلی را می‌چرخانیم، دو نیروی موازی و با جهت مخالف به فرمان وارد می‌کنیم. این دو نیرو متعادل نیستند، زیرا اثر چرخشی یکدیگر را خنثی نمی‌کنند و گشتاور دارند. این دو نیرو را **زوج نیرو** می‌نامند. به این ترتیب، زوج نیرو، نیروهایی هستند که بر یک جسم 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 ۹-۴ 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.



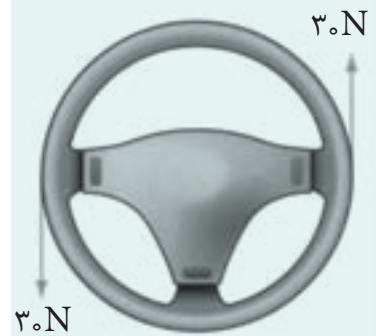
شکل ۹-۴

### مثال ۳-۴

دست‌های راننده‌ای، زوج نیرویی به بزرگی ۳۰ N به فرمان اتومبیلی وارد می‌کنند (شکل ۱۰-۴). اگر قطر فرمان ۴۰ cm باشد، بزرگی گشتاور زوج نیروی وارد بر فرمان چقدر است؟

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

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



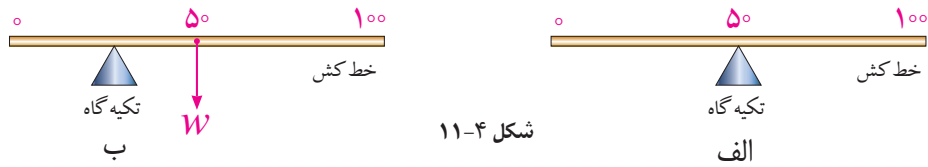
شکل ۱۰-۴

### ۲-۴ گرانیگاه (مرکز گرانش)

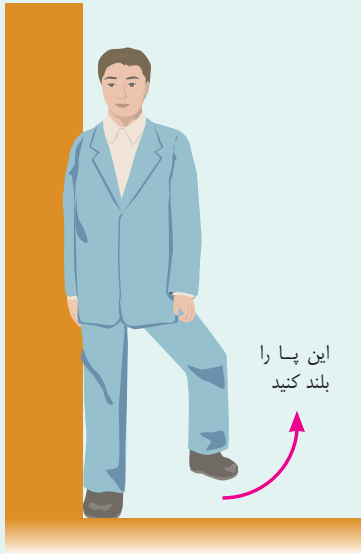
به تمام اجزای سازنده‌ی هر جسم از طرف زمین نیروی جاذبه‌ی گرانشی وارد می‌شود، به عبارت دیگر هر ذره از جسم دارای وزن است. به همین دلیل وزن یک جسم، برآیند وزن همه‌ی ذره‌های سازنده‌ی آن جسم است. یک جسم به گونه‌ای رفتار می‌کند که گویی وزن کل آن، به یک نقطه وارد می‌شود. این نقطه را **گرانیگاه** یا **مرکز گرانش**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



تکیه گاهی قرار گیرد به تعادل می رسد (شکل ۴-۱۱ الف). اگر این خط کش در هر نقطه ی دیگر به جز گرانیگاه، روی تکیه گاه قرار گیرد تعادل ندارد زیرا گشتاور نیروی ناشی از وزن خط کش حول تکیه گاه صفر نیست (شکل ۴-۱۱ ب).



شکل ۴-۱۱

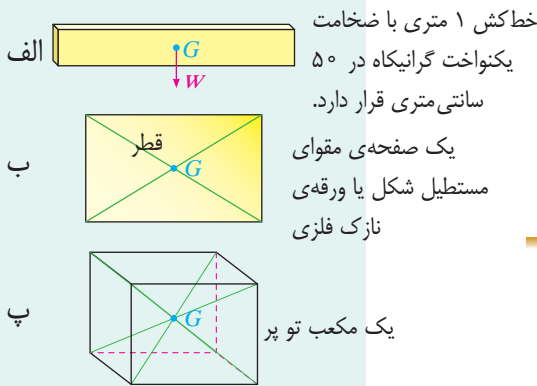


شکل ۴-۱۲

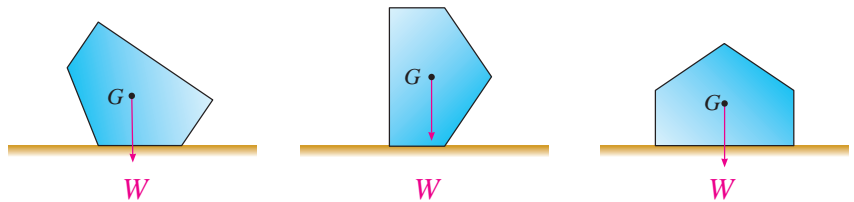
### ..... فعالیت ۴-۲

مطابق شکل ۴-۱۲ یک طرف بدن خود را به دیواری تماس دهید و در همان حال سعی کنید پای دیگر خود را بلند کنید، آیا می توانید بدون آن که بیفتید این کار را انجام دهید! (راهنمایی: ابتدا گرانیگاه بدنتان را در این وضعیت به طور تقریبی پیدا کنید و با توجه به مفاهیمی که تاکنون آشنا شده اید به علت این پدیده پاسخ دهید).

در شکل ۴-۱۳ سه وضعیت متفاوت یک جسم نشان داده شده است. چنان که دیده می شود، گرانیگاه، نقطه ی  $G$ ، همواره در یک نقطه ی معین نسبت به جسم باقی می ماند (با این که ممکن است ارتفاع آن از سطح زمین تغییر کند). بردار نیروی وزن جسم همیشه از آن نقطه می گذرد.



شکل ۴-۱۴ گرانیگاه چند جسم با شکل منظم که ماده ی تشکیل دهنده ی آن ها به طور یکنواخت توزیع شده است.



شکل ۴-۱۳ برای تمام وضعیت های جسم، بردار نیروی وزن از گرانیگاه  $G$  می گذرد.

### گرانیگاه در جسم هایی با شکل منظم: هرگاه ماده ی تشکیل دهنده ی

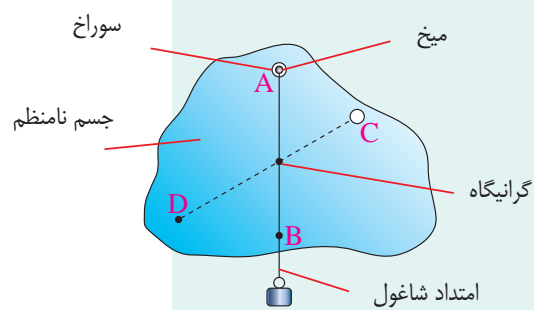
جسمی به طور یکنواخت در آن توزیع شده باشد و شکل آن منظم باشد، گرانیگاه جسم در مرکز هندسی آن قرار دارد. در شکل ۴-۱۴ گرانیگاه چند جسم منظم با ویژگی ذکر شده نشان داده شده است. توجه کنید که گرانیگاه یک جسم، الزاماً داخل آن نیست (مانند گرانیگاه یک لوح فشرده،  $CD$ ، که در مرکز آن است، شکل ۴-۱۴ ث).

**گرانیگاه در جسم‌های نامنظم:** منظور از جسم نامنظم، جسمی است که شکل هندسی آن نامنظم است یا ماده تشکیل دهنده‌ی 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 گرانیگاه آن را تعیین کرد و لازم است به روشی که در ادامه آمده است عمل کنیم.

**فعالیت عملی**

- گرانیگاه یک سامانه‌ی چند جسمی
- یافتن گرانیگاه یک جسم نامنظم
- یافتن گرانیگاه یک میله

- ۱- روی جسم نامنظمی که می‌خواهیم گرانیگاه 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 می‌بندیم.
- 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، گرانیگاه جسم است.



شکل ۴-۱۵

### ۳-۴ تعادل و پایداری جسم‌ها

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

#### الف) تعادل پایدار

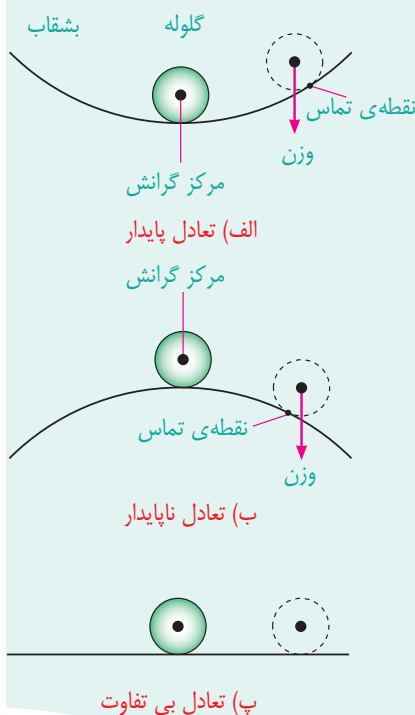
جسمی در **تعادل پایدار** است که هرگاه اندکی جابه‌جا شود و سپس رها شود به وضعیت اولیه‌ی خود برگردد. شکل ۴-۱۶ الف که گلوله‌ای را در ته کاسه‌ای نشان می‌دهد نمونه‌ای از تعادل پایدار است.

#### ب) تعادل ناپایدار

جسمی در **تعادل ناپایدار** است که هرگاه اندکی جابه‌جا شود از وضعیت اولیه‌ی خودش 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

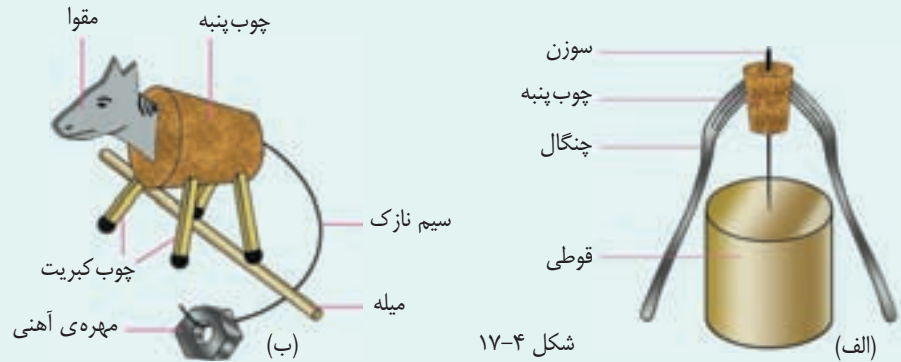
جسمی در **تعادل بی‌تفاوت** است که هرگاه جابه‌جا شود در وضعیت جدید خود باقی بماند. شکل ۴-۱۶ پ نمونه‌ای از تعادل بی‌تفاوت است که با غلتاندن گلوله، در وضعیت جدیدی قرار می‌گیرد و نه به وضعیت اولیه باز می‌گردد و نه بیش از آن می‌غلتد.



شکل ۴-۱۶

### ..... فعالیت ۳-۴

با ساختن وسایل مختلفی می توان تعادل پایدار اجسام را نشان داد. در شکل ۴-۱۷ 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.



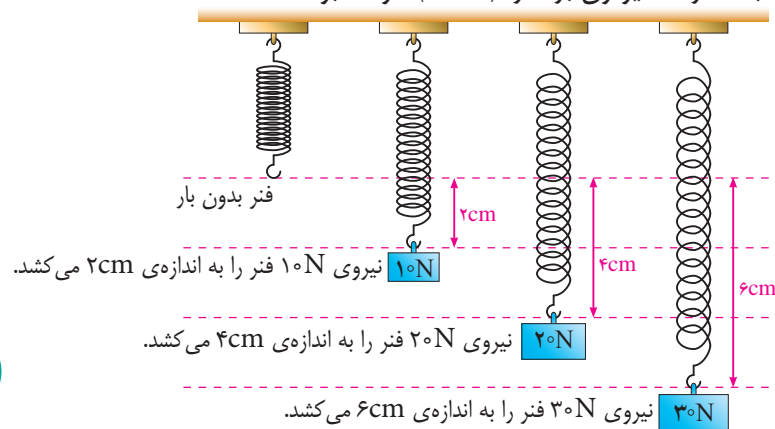
شکل ۴-۱۷

### ۴-۴ نیروهای کشسانی

هرگاه نیرویی روی یک فنر اعمال کنیم، شکل آن تغییر می کند و ممکن است کشیده یا فشرده شود. اگر نیروی بزرگ تری اعمال کنیم، بیش تر کشیده یا فشرده می شود. وقتی به فنر نیرویی وارد نکنیم، فنر به وضعیت اولیه خود باز می گردد. به این خاصیت فنر، خاصیت کشسانی گفته می شود و نیرویی که سبب می شود تا فنر را به وضعیت اولیه خود برگرداند، نیروی کشسانی می نامند. برای نخستین بار دانشمندی به نام رابرت هوک کشف کرد که تغییر طول (مقدار کشیدگی یا فشرده گی) با اندازه ی نیروی وارد شده (مشروط بر آن که نیرو خیلی بزرگ نباشد) متناسب است. اگر مقدار نیروی وارد شده دو برابر شود، تغییر طول نیز دو برابر می شود (شکل ۴-۱۸). چنان که اندازه ی نیروی وارد بر فنر را با نماد  $F$  و اندازه ی تغییر طول را با نماد  $x$  نشان دهیم، رابطه ی زیر بین آن ها برقرار است

$$F = kx$$

که در آن ضریب  $k$ ، ثابت نیروی فنر یا به اختصار ثابت فنر نام دارد. ثابت نیروی فنر از مشخصه های فنر و معیاری 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 ( $\text{Nm}^{-1}$ ) خواهد بود.



شکل ۴-۱۸

### رابرت هوک (۱۷۰۳-۱۶۳۵)

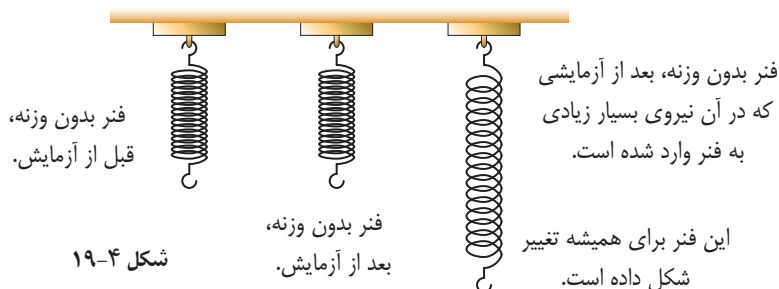
یکی از بزرگ ترین دانشمندان انگلیسی، نخستین کسی بود که نظریه ی موجی نور را مطرح و سلول را توصیف کرد (به همین دلیل به پدر میکروسکوپی معروف شد). او به عنوان فیزیکدان با رابرت بویل و دیگر فیزیکدانان زمان خود همکاری کرد و به عنوان رئیس انجمن سلطنتی برگزیده شد. پس از درگذشت او، نیوتون رئیس انجمن سلطنتی شد و گفته می شود از روی حسادت هر چیز مربوط به هوک را که می توانست از بین برد. اکنون، هیچ نقاشی یا تصویری از هوک باقی نمانده است.

### شبیه سازی



● بررسی قانون هوک

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 صورتی که نیروی بسیار بزرگی به یک فنر وارد شود، فنر دیگر از قانون هوک پیروی نمی‌کند و برای همیشه تغییر شکل می‌دهد به طوری که حتی با حذف نیروی وارد شده نیز، به حالت اصلی خود باز نمی‌گردد (شکل ۴-۱۹).



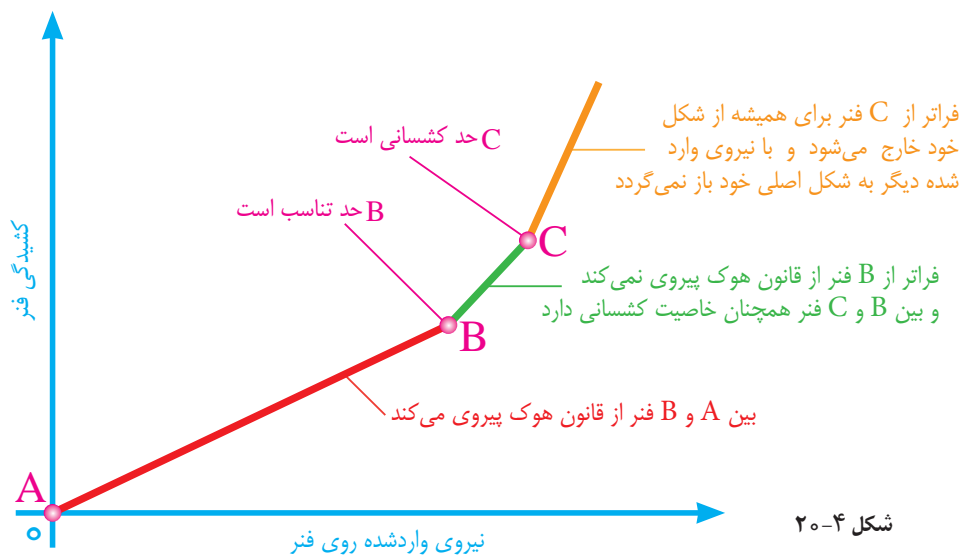
**بیش تر بدانید**

کشش و تراکم

بیشینه نیرویی که باید روی یک فنر وارد شود حد تناسب نامیده می‌شود. افزایش بیش تر این نیرو بدان معناست که فنر از قانون هوک پیروی نمی‌کند و وقتی همه‌ی 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).

**شبیه سازی**

سامانه‌ی جرم و فنر



### مثال ۴-۵

ثابت یک فنر  $2000 \text{ Nm}^{-1}$  و طول آن  $14 \text{ cm}$  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؟

**حل:** با استفاده از قانون هوک، ابتدا تغییر طول فنر را پیدا می کنیم

$$F = kx$$

$$100\text{N} = (2000\text{Nm}^{-1})x \Rightarrow x = \frac{1}{20}\text{m} = 5\text{cm}$$

چون طول اولیه ی فنر ۱۴cm بوده است، بنابراین پس از آویزان کردن وزنه به انتهای آن، طول فنر به ۱۹cm می رسد.

#### فعالیت عملی



● ساخت نیرو سنج

### پرسش‌های مفهومی

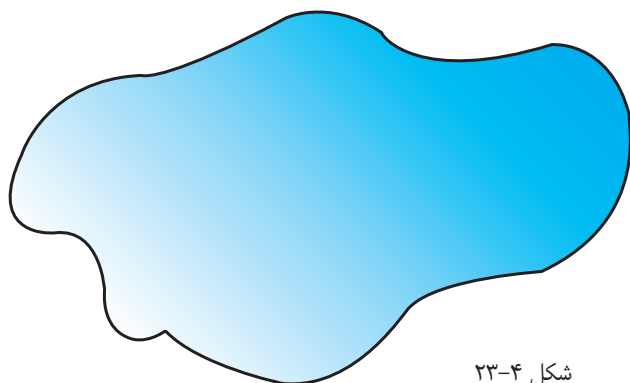
۱- توضیح دهید کدام یک از آچارهای شکل ۲۱-۴ برای باز کردن یک پیچ خیلی سفت مناسب‌تر است.

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 دلخواهی، مانند شکل ۲۳-۴ ببرید و مرکز گرانش آن را به کمک آزمایش پیدا کنید.

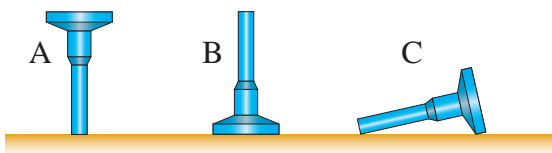


شکل ۲۱-۴



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.



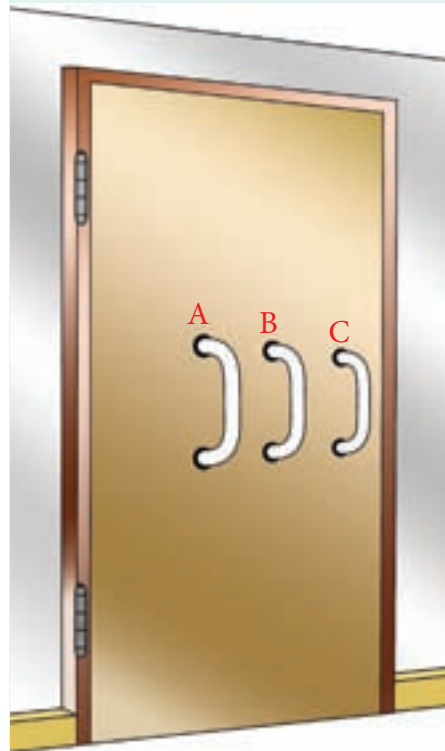
شکل ۲۴-۴

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 ۲۲-۴



شکل ۲۵-۴

افزایش طول (cm)	نیروی اعمالی (N)
۰	۰
۲/۰	۱۰
۴/۰	۲۰
۶/۰	۳۰
۹/۰	۴۰
۱۳/۰	۵۰
۱۸/۰	۶۰

۶- جدول روبه‌رو چگونگی افزایش طول فنری را با وارد کردن نیرو نشان می‌دهد که با انجام آزمایشی به دست آمده است.

الف) نمودار افزایش طول - نیرو را با توجه به نتایج این جدول رسم کنید.

ب) کدام قسمت از نمودار نشان می‌دهد که فنر از قانون هوک پیروی می‌کند؟

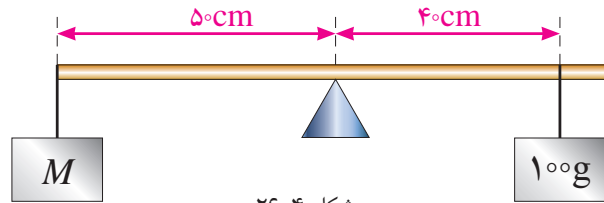
پ) روی نمودار حد تناسب را علامت بزنید.

ت) هرگاه در پایان آزمایش نیروی وارد شده روی فنر حذف شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

### مسئله‌ها

۱- خط‌کشی با جرم ناچیز به طول یک متر از وسط آن روی تکیه‌گاهی قرار دارد (شکل

۲۶-۴). اگر تعادل برقرار باشد، جرم  $M$  چقدر است؟



شکل ۲۶-۴

۲- میله‌ای یکنواخت به وزن  $30N$  و طول  $4m$  مطابق شکل ۲۷-۴ از نقطه‌ی A لولا شده است.

اندازه‌ی نیروی عمودی  $F$  چقدر باشد تا میله به طور افقی در حال تعادل باشد؟



شکل ۲۷-۴

۳- شکل ۲۸-۴ سه وضعیت رکاب دوچرخه‌ای را نشان می‌دهد که طول دسته‌ی رکاب

آن  $0.20m$  است. در هر سه وضعیت نیروی قائم و رو به پایین یکسانی به بزرگی  $25N$

توسط پای دوچرخه‌سوار به رکاب وارد می‌شود. هر کدام از اثرهای چرخشی زیر مربوط

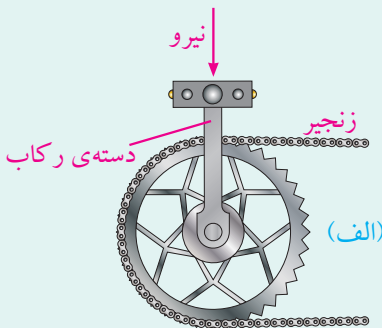
به کدام وضعیت رکاب است؟ برای پاسخ خود دلیل کافی بیاورید. (اشاره: مثال ۴-۱ را

ببینید.)

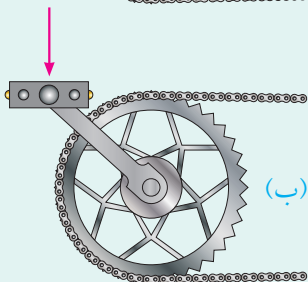
$$(i) \quad 25N \times 0.20m = 5N.m$$

(ii) صفر،

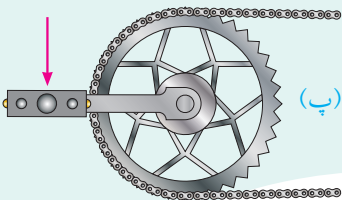
(iii) بین صفر و  $5N.m$ .



(الف)



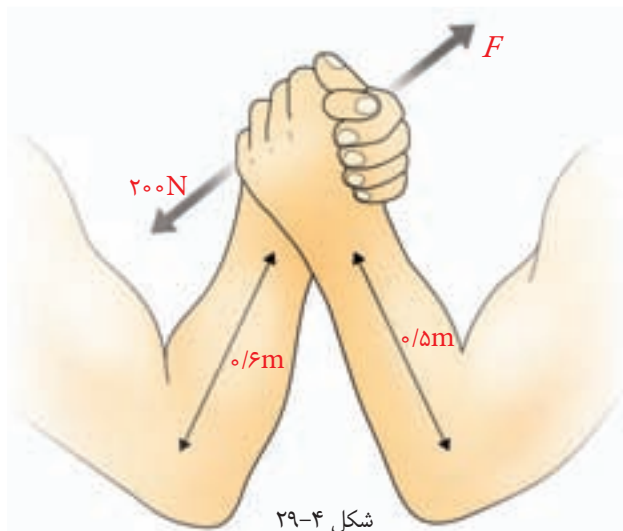
(ب)



(پ)

شکل ۲۸-۴

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



۵- شکل ۴-۳۰ یک فنر فولادی را قبل از وارد کردن هرگونه نیرو و بعد از وصل وزنه‌ی ۳۰ نیوتونی نشان می‌دهد.

الف) افزایش طول فنر به ازای نیروی ۳۰ N چقدر است؟

ب) اگر فنر از قانون هوک پیروی کند، افزایش طول آن به ازای یک نیروی ۲۰ N چقدر خواهد بود؟

پ) اگر نیروی ۱۰ 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 می‌افتد؟

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

