فصل ۲

کار برد قانون های نیوتون

چـرا هرقـدر دسـته‌ی آچـار بلندتـر باشد، بازکردن پیچ راحت‌تر است؟

سیمای فصل

۴-۱ نیروهای چرخاننده: گشتاورها

۴-۲ گرانیگاه (مرکز گرانش)

۴-۳ تعادل و پایداری جسم‌ها

۴-۴ نیروهای کشسانی

- پرسش‌های مفهومی
- مسئله‌ها

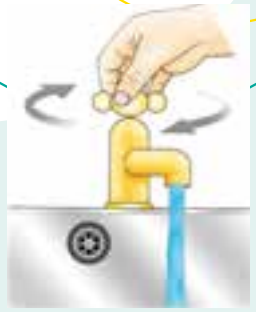
کاربرد قانون‌های نیوتون

در فصل قبل با مفهوم نیرو و اثرهای آن و همچنین قانون‌های نیوتون آشـنا شـدیم. هرچند اثر نیروهایی را که جسمی را هُل می‌دهند و می‌کشند، جسم‌ها را به حرکت وا می‌دارند یا حرکت آن‌ها را کُند می‌سـازند، به سـهولت می‌توان شـناخت، اما نیروهایی که به جسم‌های در حال تعادل، مثلاً جسـم‌های ساکن وارد می‌شـوند، کم‌تر آشکارند. در این فصل ضمن آشنایی با نیروهای چرخاننده، باگرانیگاه یا مرکز گرانش جسـم‌ها 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.

۴-۱ نیروهای چرخاننده: گشتاورها

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

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



انگشت‌ها گشتاوری به‌وجود می‌آورند که شیر را می‌چرخاند.

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

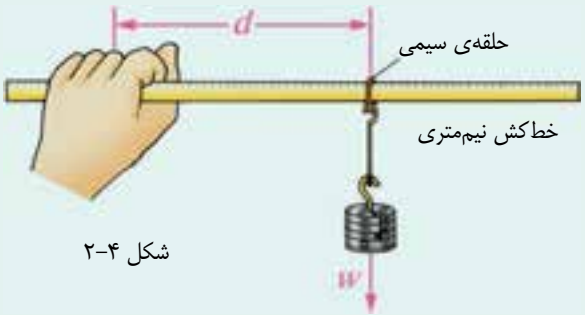
کشیدن یک دست وهل دادن دست دیگر، گشتاوری ایجاد می‌کند که فرمان را می‌چرخاند.

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

شکل ۴-۱

فعالیت ۴-۱

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 ۴-۲).



شکل ۴-۲

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.

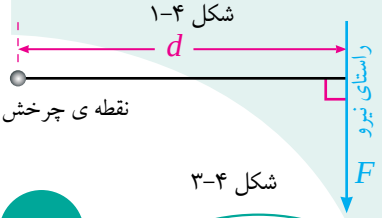
- محل حلقه را ثابت نگه دارید و وزنه‌ها را زیادتر کنید.
- وزنه‌ها را ثابت نگه دارید، و فاصله‌ی حلقه‌ی فلزی تا دستتان را زیادتر کنید.

همان‌طور که فعالیت ۴-۱ 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 ۴-۳ 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 N.m است.



شکل ۴-۳

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

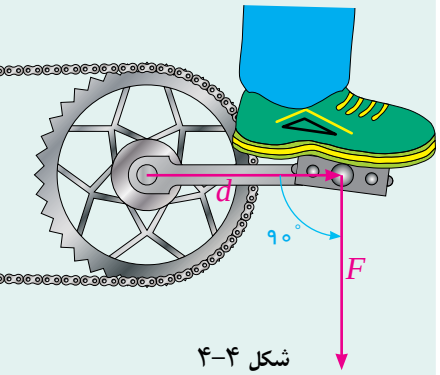
گشـتاور نیرو، کمیتی برداری اسـت و جهت چرخش، بـه جهت نیرو بسـتگی دارد. برای مثال، هنگامی‌که می‌خواهید به کمک آچاری، پیچی را باز یا بسته کنید باید در دو جهت متفاوت نیرو وارد کنید تا گشتاور نیروی ایجاد شده در دو حالت اثر چرخشی متفاوتی به وجود آورد.

مثال ۴-۱

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

حـل: وقتـی رکاب افقی اسـت نیروی پا به سـوی پایین و بر آن عمود اسـت. بنابراین فاصله‌ی عمودی نقطه‌ی چرخش از راسـتای نیرو $d=0/16m$ اسـت. با استفاده از رابطه‌ی گشتاور نیرو داریم

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



شکل ۴-۴

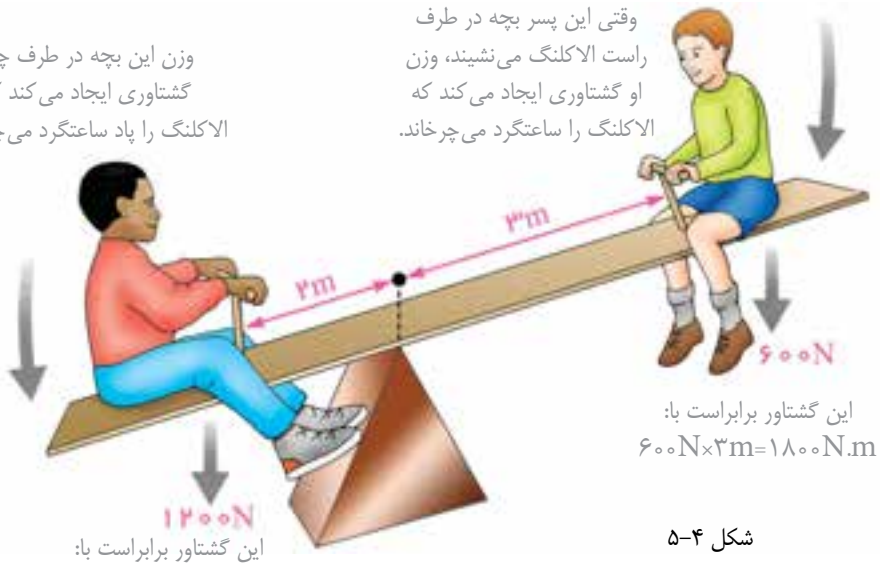
تعادل گشـتاورها: الاکلنگ وسـیله‌ی ساده و آشنایی است که نشان می‌دهد گشتاورها چگونه می‌توانند متعادل شـوند. شـکل ۴-۵ حالتی را نشان می‌دهد که گشـتاورها متعادل نیستند. گشتاور پادساعتگرد، بزرگ‌تر از گشتاور ساعتگرد است.

شبیه‌سازی

- تعادل گشتاورها در ترازو
- بررسی تعادل گشتاورها

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

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



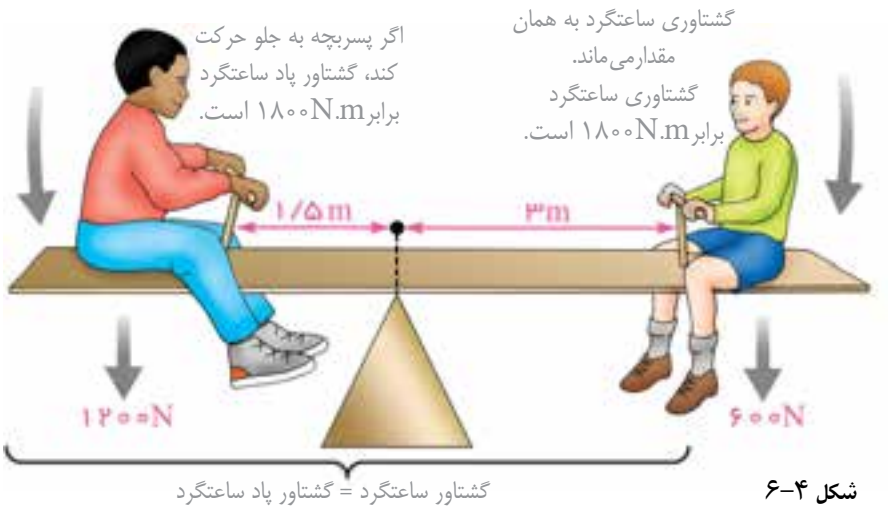
این گشتاور برابراست با:
$600N \times 3m = 1800N.m$

این گشتاور برابراست با:
$1200N \times 2m = 2400N.m$

شکل ۴-۵

اگر پسـر بچه جلوتر رود، به طوری‌که در فاصلـه‌ی ۱/۵m از مرکز چرخش (تکیه‌گاه) قرار گیرد، گشتاور پادساعتگرد کاهش می‌یابد (شکل ۴-۶).

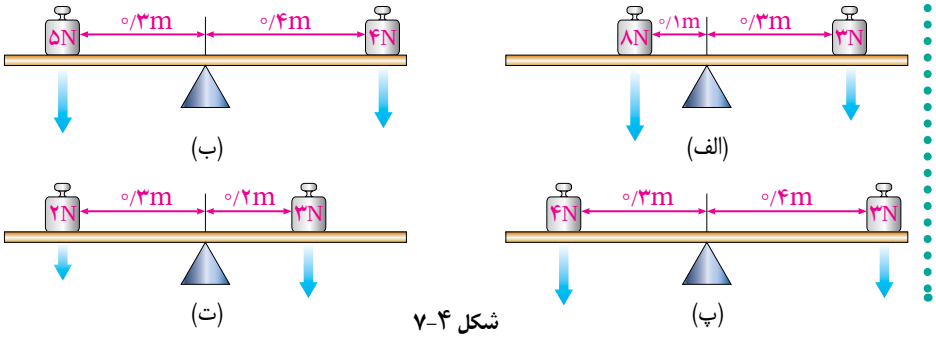
در این حالت،الّاکلنگ درتعادل است، زیرا گشتاور ساعتگرد با گشتاور پادساعتگرد برابر است. این موضوع **اصل گشتاورها** نامیده می‌شود.



شکل ۴-۶

پرسش ۴-۱

با اســتفاده از اصل گشتاورها بررســی کنید کدام‌یک از آلاکلنگ‌های شکل ۴-۷ درحال تعادل‌اند؟



شکل ۴-۷

جسـم در حال تعادل: جسـمی را در حال تعادل گویند که هردو شـرط زیر به طور همزمان درباره‌ی آن برقرار باشد.

شرط اول: برایند 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 شـرط بالا می‌توانیم اندازه‌هـای 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 درحال تعادل،برایند نیروهای رو به بالا و برایند 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 ۴-۲

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

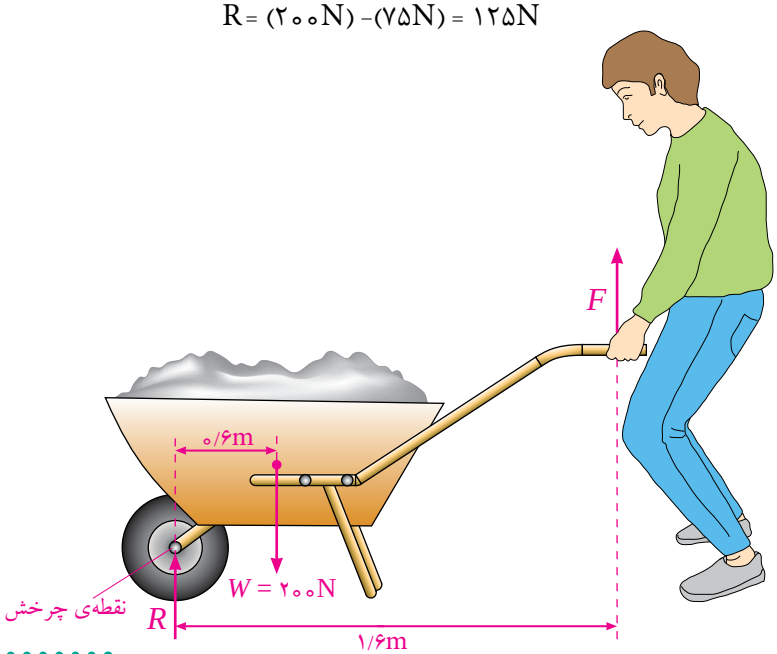
$$F+R=W$$

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

$$(۱/۶\text{m}) \times F = (۰/۶\text{m}) \times (۲۰۰\text{N}) \Rightarrow F = ۷۵\text{N}$$

به این ترتیب بزرگی نیروی R برابر است با

$$R = (۲۰۰\text{N}) - (۷۵\text{N}) = ۱۲۵\text{N}$$

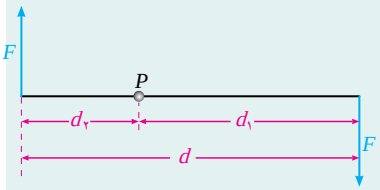


شکل ۴-۸

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.
- برایند 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



شکل ۴-۹

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

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

مثال ۴-۳

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

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

$$\tau = (30N) \times (0/40m) = 12N.m$$

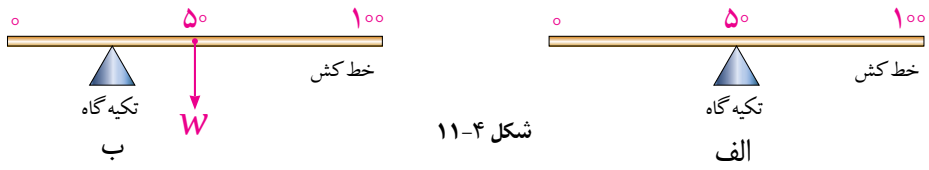
شکل ۴-۱۰

۴-۲ 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، برایند 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

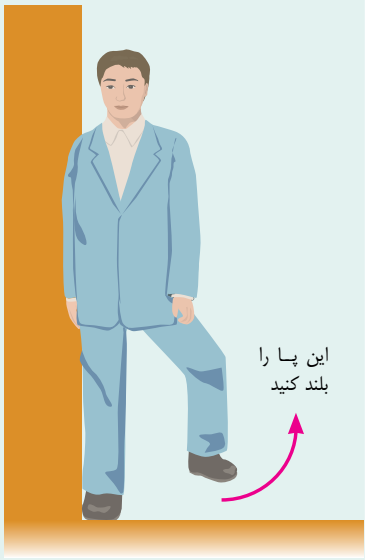
تکیه‌گاهی قرار گیرد به تعادل می‌رسد (شکل ۴-۱۱ الف). اگر این خط‌کش در هر نقطه‌ی دیگر به جز گرانیگاه، روی تکیه‌گاه قرار گیرد تعادل ندارد زیرا گشتاور نیروی ناشی از وزن خط‌کش حول تکیه‌گاه صفر نیست (شکل ۴-۱۱ ب).



شکل ۴-۱۱

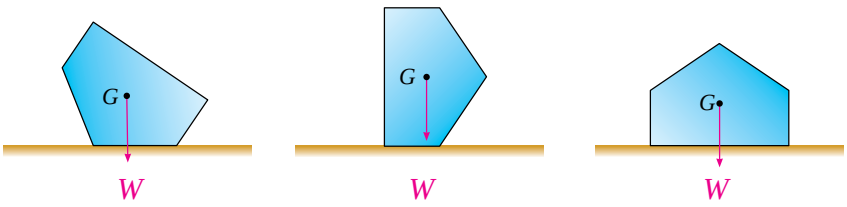
فعالیت ۴-۲

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 می‌توانید 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 شده‌اید به علت این پدیده پاسخ دهید.)



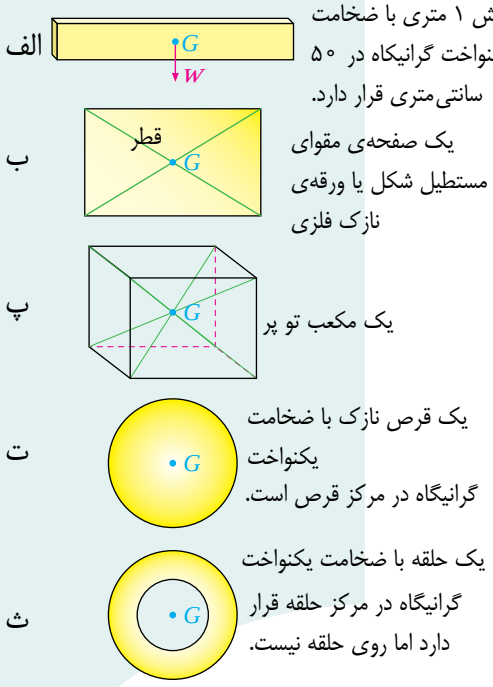
شکل ۴-۱۲

در شکل ۴ ـ ۱۳ سه وضعیت متفاوت یک جسم نشان داده شده است. چنان که دیده می‌شود، گرانیگاه، نقطه‌ی G، همواره در یک نقطه‌ی معین نسبت به جسم باقی می‌ماند (با این که ممکن است ارتفاع آن ازسطح زمین تغییر کند). بردار نیروی وزن جسم همیشه از آن نقطه می‌گذرد.



شکل۴-۱۳ برای تمام وضعیت‌های جسم، بردار نیروی وزن از گرانیگاه G می‌گذرد.

گرانیگاه در جسم‌هایی با شکل منظم: هرگاه ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی 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 ـ 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).



شکل۴-۱۴ گرانیگاه چند جسم با شکل منظم که ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها به طور یکنواخت توزیع شده است.

گرانیگاه در جسم‌های نامنظم: منظور از جسم نامنظم، جسمی است که شکل هندسی آن نامنظم است یا ماده تشکیل‌دهنده‌ی آن به طور یکنواخت توزیع نشده است یا جسمی که هردو ویژگی ذکر شده را داشته باشد. در صورتی‌که 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

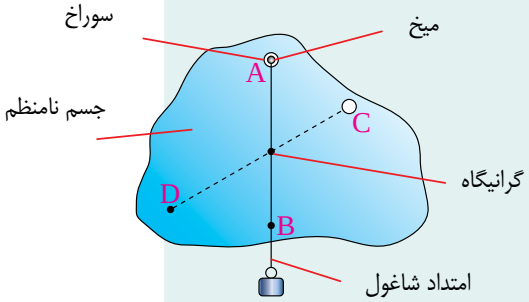
۱- روی جسم نامنظمی که می‌خواهیم گرانیگاه آن را تعیین کنیم دو سوراخ کوچک در نزدیکی لبه‌های آن ایجاد می‌کنیم.(سوراخ‌های A و C درشکل۴-۱۵).

۲- میخی را در جایی محکم کرده و جسم را از یکی از سوراخ‌ها به میخ آویزان می‌کنیم به طوری‌که جسم بتواند آزادانه نوسان کند، شکل۴-۱۵.

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 شکل۴-۱۵).

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



شکل ۴-۱۵

۴-۳ 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

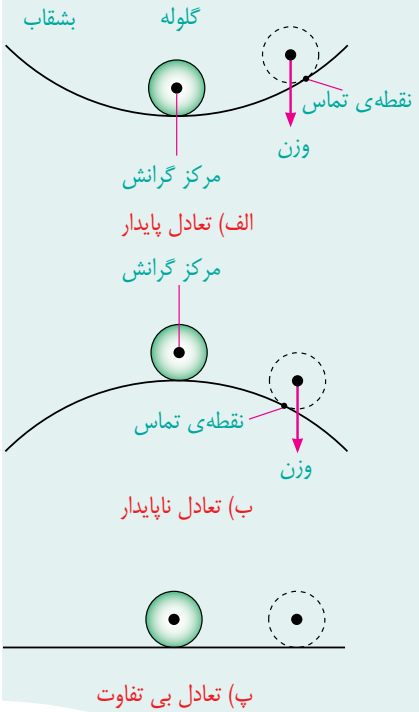
جسمی در **تعادل پایدار** است که هرگاه اندکی جابه‌جا شود و سپس رها شود به وضعیت اولیه‌ی خود برگردد. شکل ۴-۱۶ الف که گلوله‌ای را در ته کاسه‌ای نشان می‌دهد نمونه‌ای از تعادل پایدار است.

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

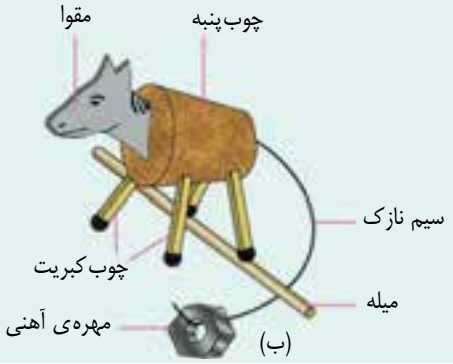
جسمی در تعادل بی‌تفاوت است که هرگاه جابه‌جا شود در وضعیت جدید خود باقی بماند. شکل ۴-۱۶ پ نمونه‌ای از تعادل بی‌تفاوت است که با غلتاندن گلوله، در وضعیت جدیدی قرار می‌گیرد و نه به وضعیت اولیه باز می‌گردد و نه بیش از آن می‌غلتد.



شکل ۴-۱۶

فعالیت ۴-۳

با ساختن وسایل مختلفی می‌توان تعادل پایدار اجسام را نشان داد. در شکل ۴-۱۷ دو نمونه از این‌گونه 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

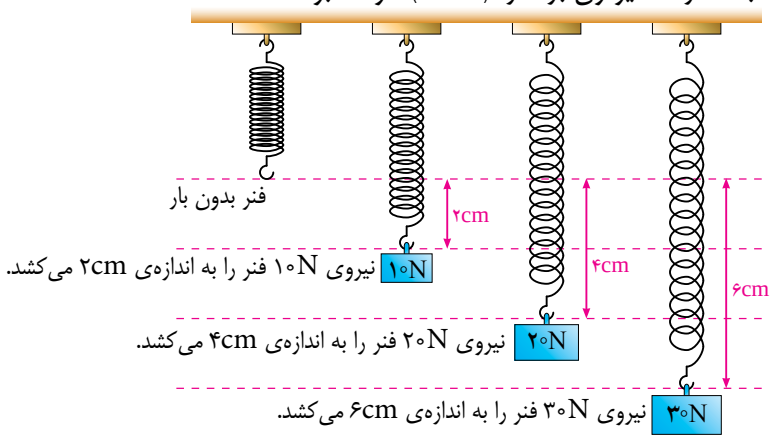
۴-۴ نیروهای کشسانی

هرگاه نیرویی روی یک فنر اعمال کنیم، شکل آن تغییر 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 فشردگی) با اندازه‌ی 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 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 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 (Nm^{-1}) خواهد بود.



شکل ۴-۱۸

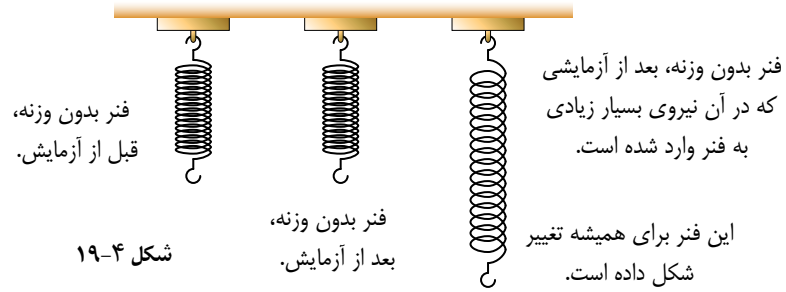
رابرت هوک(۱۷۰۳ - ۱۶۳۵)

یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان انگلیسی، نخستین کسی بود که نظریه‌ی موجی نور را مطرح و سلول را توصیف کرد (به‌همین 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 می‌شود از روی حسادت هر چیز مربوط به هوک را که می‌توانست از بین برد. اکنون، هیچ نقاشی یا تصویری از هوک باقی نمانده است.

شبیه‌سازی

- 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 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

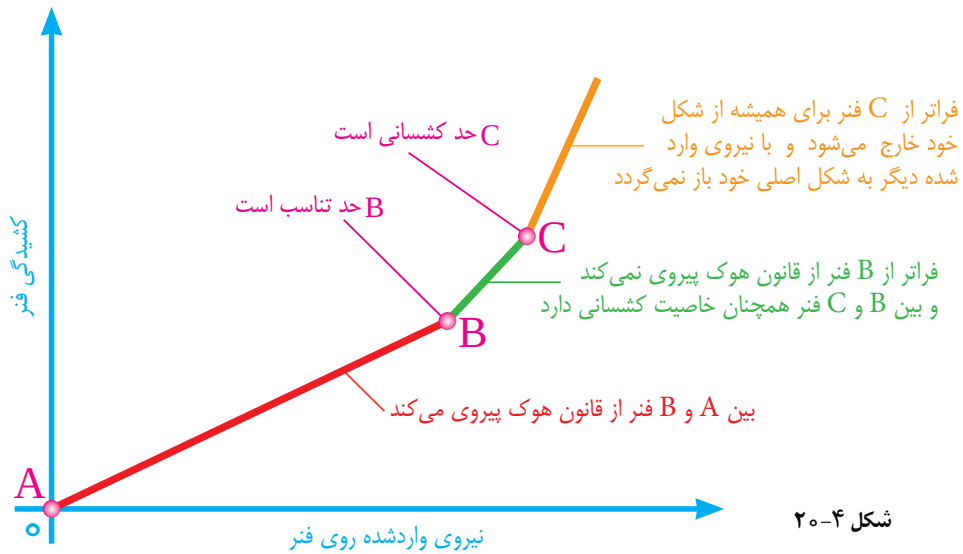
بیش‌تر بدانید

- کشش و تراکم

بیشینه نیرویی که باید روی یک فنر وارد شود **حد تناسب** نامیده می‌شود. افزایش بیش‌تر 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).

شبیه‌سازی

- سامانه‌ی جرم و فنر



شکل ۴-۲۰

مثال ۴-۵

ثابت یک فنر $2000\,Nm^{-1}$ و طول آن $14cm$ است. فنر را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به انتهای آن وزنه‌ی ۱۰۰ 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 می‌کنیم

$$F = kx$$

$$۱۰۰N = (۲۰۰۰Nm^{-۱})\,x \Rightarrow x = \frac{۱}{۲۰}\,m = ۵cm$$

چون طول اولیه‌ی فنر ۱۴cm بوده اســت، بنابراین پس از آویزان کردن وزنه به انتهای آن، طول فنر به ۱۹cm می‌رسد.

فعالیت عملی

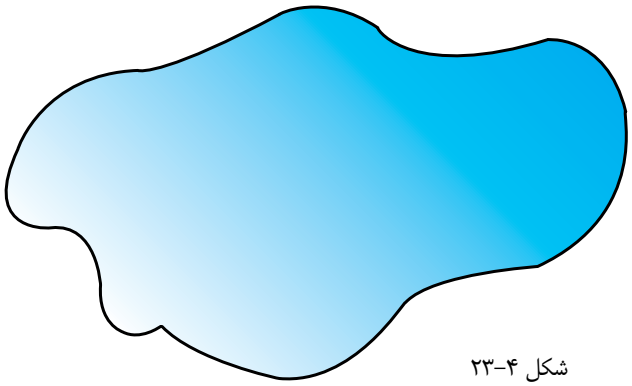
- ساخت نیرو سنج

پرسش‌های مفهومی

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

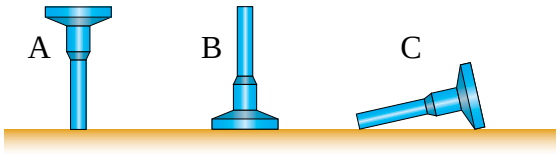
۲- با توجه به شـکل ۴-۲۲ کدام محل را برای دسته‌ی در پیشنهاد می‌کنید! دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

۳- مقوایی به ابعاد ۱۵cm×۲۰cm را به شکل دلخواهی، مانند شکل ۴-۲۳ ببرید و مرکز گرانش آن را به کمک آزمایش پیدا کنید.



شکل ۴-۲۳

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



شکل ۴-۲۴

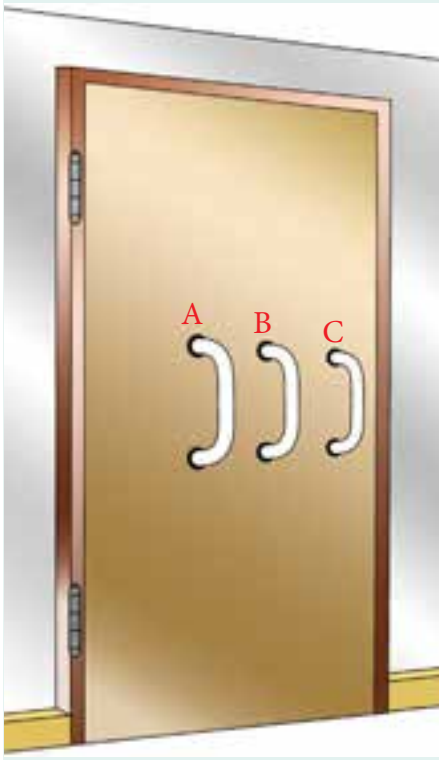
۵- خودروهای با ارتفاع زیاد، مانند شکل ۴-۲۵ که به اندازه‌ی کافی پایدار نیستند، می‌توانند عامل برخی از تصادف‌های جاده‌ای باشـند. با این‌که شـرکت‌های سازنده‌ی این خودروها، توجه خاصی نسبت به پایداری آن‌ها دارند، اما شرایط توفانی و بارگیری نادرست، می‌تواند پایداری آن‌ها را تا میزان خطرناکی کاهش دهد.

الـف) اگـر چنین خودروهایی به اندازه‌ی کافی پایدار نباشـند، چه مشـکلی پیش می‌آید؟

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

پ) چگونه بارگیری نادرست می‌تواند پایداری این‌گونه خودروها را کاهش دهد؟

شکل ۴-۲۱



شکل ۴-۲۲

شکل ۴-۲۵

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

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

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

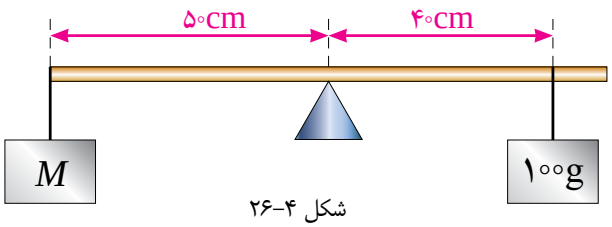
پ) روی نمودار حد تناسب را علامت بزنید.

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

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

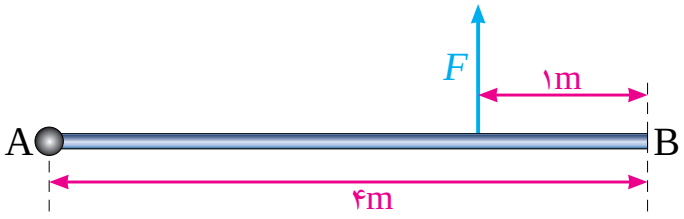
مسئله‌ها

۱- خط‌کشی با جرم ناچیز به طول یک متر از وسط آن روی تکیه‌گاهی قرار دارد (شکل ۴-۲۶). اگر تعادل برقرار باشد، جرم M چقدر است؟



شکل ۴-۲۶

۲- میله‌ای یکنواخت به وزن ۳۰N و طول ۴m مطابق شـکل ۴-۲۷ از نقطه‌ی A لولا شده است. اندازه‌ی نیروی عمودی F چقدر باشد تا میله به طور افقی در حال تعادل باشد؟



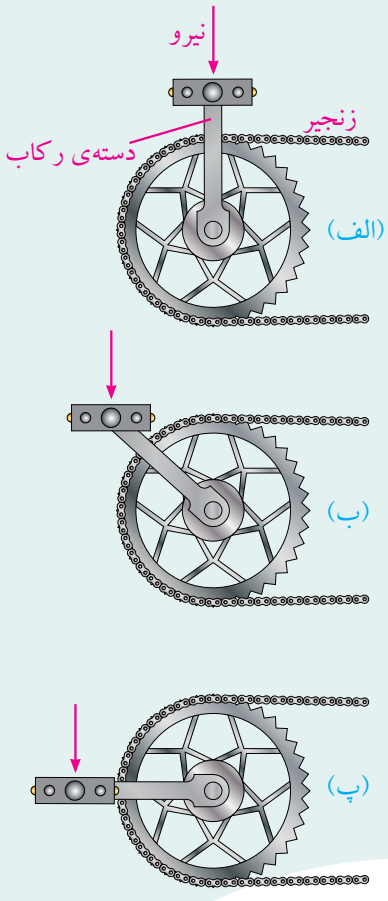
شکل ۴-۲۷

۳- شـکل ۴-۲۸ سه وضعیت رکاب دوچرخه‌ای را نشان می‌دهد که طول دسته‌ی رکاب آن ۰/۲۰m اسـت. در هر سـه وضعیت نیروی قائم و رو به پایین یکسانی به بزرگی ۲۵N توسـط پای دوچرخه‌سـوار به رکاب وارد می‌شـود. هر کدام از اثرهای چرخشی زیر مربوط به کدام وضعیت رکاب اسـت؟ برای پاسـخ خود دلیل کافی بیاورید. (اشـاره: مثال ۴-۱ را ببینید.)

(i) ۲۵N× ۰/۲۰m = ۵N m،

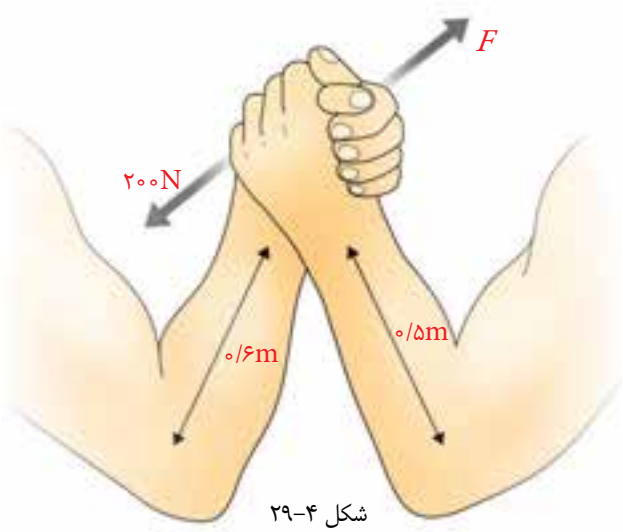
(ii) صفر،

(iii) بین صفر و ۵N.m.



شکل ۴-۲۸

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



شکل ۴-۲۹

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

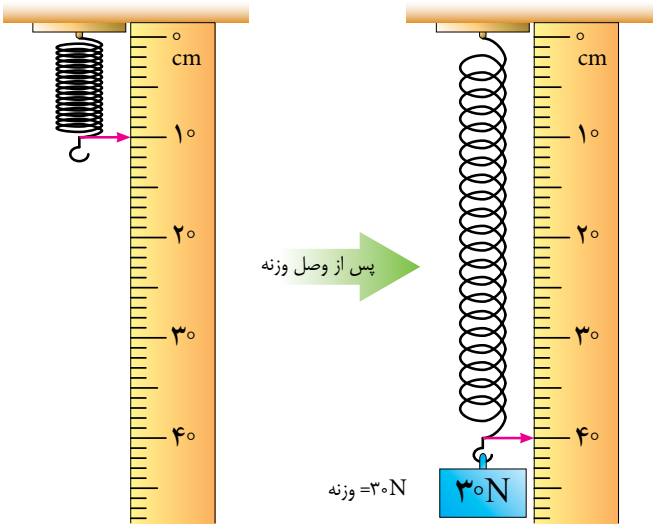
الف) افزایش طول فنر به ازای نیروی ۳۰N چقدر است؟

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

پ) اگر نیروی ۱۰N به آن واردشود، 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.



شکل ۴-۳۰