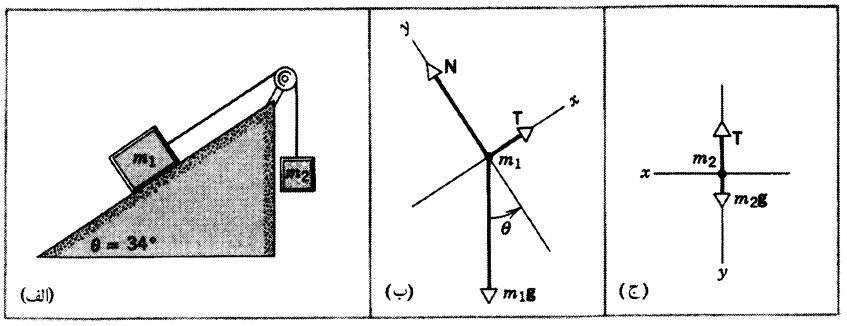
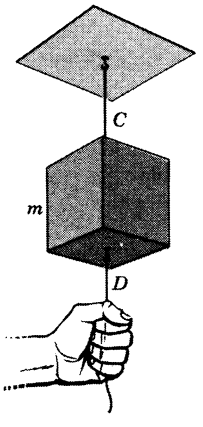


شکل ۲۰. مثال ۱۰. (الف) قطعهٔ m_1 روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی می‌لغزد. قطعهٔ m_2 از ریسمانی، که به m_1 متصل است، آویزان است. (ب) نمودار جسم‌ـآزاد m_1. (ج) نمودار جسم‌ـآزاد m_2.

پرسشها

۱. چرا زمانی که اتوبوس ترمز کند تا بایستد به جلو می‌افتید، و زمانی که از حالت سکون شتاب می‌گیرد به عقب؟ مسافران سرپایی قطار زیرزمینی اغلب به‌این نتیجه می‌رسند که بهتر است موقع شروع حرکت یا شروع توقف، به طرف پنجره‌های جانبی بایستند، و موقع حرکت با سرعت ثابت، به طرف جلو یا عقب. چرا؟

۲. قطعه‌ای به جرم m با ریسمان C از سقف آویزان است، و ریسمان مشابه D هم به ته آن متصل است (شکل ۲۱). اگر D را به سرعت بکشید، خود آن پاره می‌شود، اما اگر D را به آهستگی بکشید، C پاره می‌شود. چرا؟



شکل ۲۱. پرسش ۲

۳. اغلب می‌گویند، جرم هر جسم "مقدار مادهٔ" موجود در آن است. این عبارت را نقد کنید.

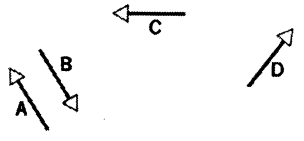
۴. اگر نیرو، طول، و زمان را کمیتهای بنیادی بگیریم، بعد جرم چه خواهد بود؟

۵. آیا می‌شود قانون اول نیوتون را فقط حالت خاص $g = 0$ قانون دوم دانست؟ اگر چنین باشد، آیا واقعاً نیازی به قانون اول هست؛ توضیح بدهید.

۶. آیا رابطه‌ای بین نیروی وارد بر یک جسم و جهت حرکت آن جسم وجود دارد؟ اگر دارد چه رابطه‌ای؟

۷. فرض کنید جسمی تحت تأثیر دو نیرو شتاب گرفته است. آیا می‌شود نتیجه گرفت که (الف) اندازهٔ سرعت جسم نمی‌تواند ثابت باشد؛ (ب) سرعت هیچ‌گاه نمی‌تواند صفر شود؛ (ج) مجموع دو نیرو نمی‌تواند صفر باشد؛ (د) دو نیرو باید همراستا باشند؟

۸. شکل ۲۲ چهار نیرو با اندازهٔ یکسان را نشان می‌دهد. چه ترکیبی از سه تا از این نیروها، اگر بر جسمی اثر کند، آن‌را در حالت تعادل نگه می‌دارد؟



شکل ۲۲. پرسش ۸

۹. اسبی را وادار می‌کنند که ارابه‌ای را بکشد. اسب از این کار امتناع می‌کند و در دفاع از خودش قانون سوم نیوتون را دلیل می‌آورد: کشش اسب بر ارابه هم‌اندازه و در خلاف جهت کشش ارابه بر اسب است. "حالا اگر من هیچ‌گاه نتوانم نیرویی بیش از آنچه ارابه بر من وارد می‌کند بر آن وارد کنم، چطور می‌توانم ارابه را به حرکت در بیاورم؟" لطفاً پاسخ این اسب را بدهید.

۱۰. کدام‌یک از این زوجها زوج عمل‌ـعکس‌العمل‌اند؟ (الف) زمین آجری را جذب می‌کند؛ آجر زمین را جذب می‌کند. (ب) یک هواپیمای ملخی هوا را به طرف دم خود می‌راند؛ هوا هواپیما را به جلو می‌راند. (ج) اسبی گاری‌ای را به جلو می‌کشد و آن‌را به حرکت در می‌آورد؛ گاری اسب را به عقب می‌کشد. (د) اسبی گاری‌ای را به جلو می‌کشد، اما آن‌را حرکت نمی‌دهد؛ گاری اسب را به عقب می‌کشد. (ه) اسبی گاری‌ای را به جلو می‌کشد، اما آن‌را حرکت نمی‌دهد؛ زمین نیرویی به همان اندازه و در خلاف جهت بر گاری وارد می‌کند. (و) زمین گاری را به پایین می‌کشد؛ سطح زمین گاری را، با نیرویی به همان اندازه و در خلاف جهت، به بالا می‌راند.

۱۱. عبارت زیر درست است؛ آن‌را توضیح بدهید. در مسابقهٔ طناب‌کشی، تیمی برنده می‌شود که زمین را (در راستای افقی) بیشترهل بدهد.

۱۲. دو نفر می‌خواهند طنابی را پاره کنند، ابتدا هرکدام یک سر طناب را می‌گیرند و به طرف خودشان می‌کشند، اما موفق نمی‌شوند. بعد یک

سر طناب را به دیوار می‌بندند و سر دیگر را با هم می‌کشند. آیا این روش بهتر از روش اول است؟ توضیح بدهید.

۱۳. جرم شما برحسب اسلاگ چقدر است؟ وزن شما برحسب نیوتون چقدر است؟

۱۴. شخصی موقع پرکردن فرم مشخصات خود، در جلوی کلمهٔ وزن می‌نویسد ۷۸kg، اما وزن نیرو است و کیلوگرم یکای جرم. وقتی یکاهای جرم را برای بیان وزن به‌کار می‌بریم، منظورمان چیست؟ چرا وزن را برحسب نیوتون بیان نمی‌کنیم؟ وزن این شخص چند نیوتون است؟ چند پاوند است؟

۱۵. عبارتهای زیر دربارهٔ جرم و وزن از ورقه‌های امتحانی گرفته شده‌اند. نظرتان دربارهٔ آنها چیست؟ (الف) جرم و وزن کمیت فیزیکی واحدی هستند که برحسب یکاهای متفاوتی بیان شده‌اند. (ب) جرم خاصیت یک جسم به تنهایی است، اما وزن ناشی از برهم‌کنش دو جسم است. (ج) وزن اجسام متناسب با جرمشان است. (د) با تغییر وزن اجسام در نقاط مختلف، جرم آنها هم تغییر می‌کند.

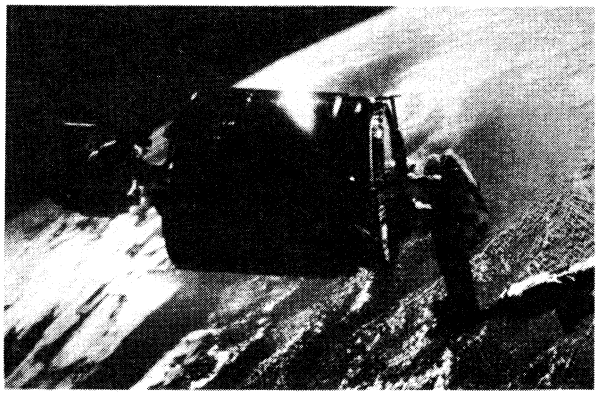
۱۶. یک نیروی افقی بر جسمی اثر می‌کند که می‌تواند آزادانه حرکت کند. آیا این نیرو، اگرکمتر از وزن جسم باشد، می‌تواند به جسم شتاب بدهد؟

۱۷. چرا شتاب اجسامی که سقوطِ آزاد می‌کنند مستقل از وزنشان است؟

۱۸. برای تجربه کردن بی‌وزنی، حتی اگر به مدت خیلی کوتاهی باشد، چه راههایی به نظرتان می‌رسد؟

۱۹. در چه اوضاع و احوالی وزن شما صفر می‌شود؟ آیا پاسخ به چارچوب مرجع بستگی دارد؟

۲۰. "بازوی مکانیکی" فضاپیمای شاتل، در حالتی که ۱۲m دراز شده باشد، می‌تواند ماهواره‌ای به جرم ۲۲۰۰kg را جابه‌جا کند (شکل ۲۳). اما روی زمین، همین سیستم "دستکاری از دور" وزن خودش را هم نمی‌تواند تحمل کند. در شرایط "بی‌وزنی" شاتل در مدار، اصولاً چرا لازم است که RMS بتواند نیرو وارد کند؟



شکل ۲۳. پرسشهای ۲۰ و ۲۶

۲۱. در کتابچهٔ راهنمای اتومبیلی آمده است که کمربند ایمنی را باید چنان تنظیم کرد که "کیپ بسته شود"، و تکیه‌گاه سر در صندلیهای جلو نباید درست پشت گردن قرار بگیرد بلکه باید آنها را چنان تنظیم کرد که سطح بالایشان با بالای گوشها هم‌تراز شود. قوانین نیوتون چگونه این توصیه‌های ایمنی را توجیه می‌کنند؟

۲۲. پیکانی را از کمان رها می‌کنید و مسیر سهموی آن‌را در هوا، تا نقطهٔ برخورد به‌زمین تعقیب می‌کنید. می‌بینید که پیکان در حین پرواز طوری می‌پیچد که همواره بر مسیر پروازش مماس باشد. چه چیزی باعثِ این می‌شود؟

۲۳. در یک مسابقهٔ طناب‌کشی، سه مرد در نقطهٔ A طناب را به طرف چپ و سه مرد در نقطهٔ B طناب را به طرف راست می‌کشند. اندازهٔ دو نیرو با هم برابر است. یک وزنهٔ 5lb از وسط طناب به‌طور عمودی آویزان است. (الف) آیا اینها می‌توانند طناب AB را افقی نگه دارند؟ (ب) اگرنمی‌توانند توضیح بدهید چرا. اگر می‌توانند اندازهٔ نیروهای لازم در نقاط A و B را تعیین کنید.

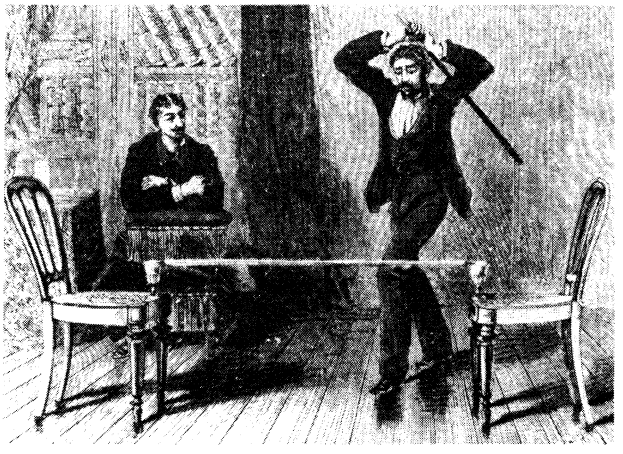
۲۴. پرنده‌ای از روی یک سیم تلگراف کشیده شده بلند می‌شود. آیا این کار کشش سیم را تغییر می‌دهد؟ اگر تغییر می‌دهد، آیا مقدار این تغییر کمتر از وزن پرنده است، با آن برابر است، یا از آن بیشتر است؟

۲۵. ریسمان بی‌جرمی از روی قرقرهٔ بدون اصطکاکی گذشته است. میمونی یک سر طناب را گرفته است، و آینه‌ای هم‌وزن میمون، به سر دیگر طناب، در همان ارتفاع میمون، بسته شده است. آیا میمون می‌تواند (الف) با بالارفتن از طناب، (ب) با پایین آمدن از طناب، یا (ج) با رها کردن طناب، از تماشای تصویر خودش معاف شود؟

۲۶. در نوامبر ۱۹۸۴ جوآلن و دیل گاردنر (فضانوردان امریکایی) یک ماهوارهٔ مخابراتی وستار-۶ را، که در مدار نادرستی افتاده بود، گرفتند و در محفظهٔ بار فضاپیمای (دیسکاوری) (شکل ۲۳) قرار دادند. جو آلن در توصیف این تجربه دربارهٔ ماهواره گفته بود "سنگین نیست؛ جرم زیادی دارد." منظورش چه بوده است؟

۲۷. فرض کنید مسافر سفینه‌ای هستید که در مدار قرار گرفته است. درپوش یک ظرف دراز و باریک را که تنها یک زیتون دارد برمی‌دارید. چند راه برای درآوردن زیتون از ظرف، چه راههایی، که در همهٔ آنها از اینرسی زیتون یا اینرسی ظرف استفاده شده باشد، پیشنهاد می‌کنید؟

۲۸. دسته جارویی را در نظر بگیرید که به هر سر آن یک میخ فروکرده‌اند. این چوب را از میخهایش روی دو گیلاس پر گذاشته‌اند (شکل ۲۴). آزمایشگر با میلهٔ سفتی، ضربهٔ سریع و محکمی به دسته جارو می‌زند. دسته جارو می‌شکند و به زمین می‌افتد، اما گیلاسها سالم می‌مانند و مایع درون آنها هم نمی‌ریزد. این شیرین‌کاری جالب، در اواخر قرن گذشته خیلی رواج داشت. فیزیکِ این قضیه چیست؟ (اگر خواستید امتحان کنید، اول با قوطیهای خالی نوشابه تمرین کنید. می‌توانید از مدرستان خواهش کنید که با این شیرین‌کاری، یک نمایش درسی در کلاس ترتیب بدهد!)



شکل ۲۴. پرسش ۲۸

۲۹. آسانسوری متکی به یک تک کابل است و وزنهٔ مقابل هم ندارد. مسافران در طبقهٔ هم‌کف سوار می‌شوند، به طبقهٔ آخر می‌روند، و پیاده می‌شوند و آنجا مسافران جدیدی سوار می‌شوند و به طبقهٔ همکف می‌آیند. طی این رفت و برگشت، چه موقع کشش کابل برابر با وزن آسانسور به‌علاوهٔ وزن مسافران است؟ چه موقع از آن بیشتر است؟ چه موقع از آن کمتر است؟

۳۰. در عرشهٔ فضاپیمای دیسکاوری در مدار هستید و شخصی دو توپ چوبی به ظاهر کاملاً یکسان به‌شما می‌دهد. یکی از این توپها یک هستهٔ سربی دارد و دیگری ندارد چند راه برای تشخیص توپها از هم پیشنهاد می‌کنید.

۳۱. روی سکوی یک ترازوی فنری بایستید و وزن خودتان را بخوانید. بعد روی آن یک قدم بردارید. خواهید دید که در ابتدای گام، ترازو وزن کمتری نشان می‌دهد و در پایان گام وزن بیشتری، چرا؟

۳۲. آیا می‌توانید خودتان را با ترازویی وزن کنید که حداکثر وزنی که می‌تواند نشان بدهد کمتر از وزن شماست؟ اگر می‌توانید، چگونه؟

۳۳. وزنه‌ای با ریسمانی از سقف آسانسوری آویزان است. در کدام‌یک از حالات زیر، ریسمان بیشترین کشش را دارد؟ در کدام‌یک کمترین کشش را؟ (الف) آسانسور در حال سکون است؛ (ب) آسانسور با سرعت ثابت بالا می‌رود؛ (ج) آسانسوری با سرعت کم‌شونده پایین می‌آید؛ (د) آسانسور با سرعت زیادشونده پایین می‌آید.

۳۴. شخصی در آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در کدام‌یک از حالات زیر، ترازو کمترین وزن را نشان می‌دهد؟ در کدام‌یک بیشترین وزن را؟ (الف) آسانسور ساکن است؛ (ب) آسانسور کابلش بریده است و دارد سقوط آزاد می‌کند؛ (ج) آسانسور به طرف بالا شتاب دارد؛ (د) آسانسور به طرف پایین شتاب دارد؛ (ه) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

۳۵. دو جرم نامساوی که توسط نخی از دو طرف قرقره‌ای آویزان‌اند، در آسانسوری در حالت تعادل‌اند؛ یعنی، قرقره تمایلی به چرخیدن ندارد. کسی که فیزیک بلد باشد چه نتیجه‌ای از این مشاهده می‌گیرد؟

۳۶. شکل ۲۵ دنباله‌دار کوهوتک را نشان می‌دهد که در سال ۱۹۷۳ ظاهر شد. این دنباله‌دار هم، مثل همهٔ دنباله‌دارهای دیگر، در اثر جاذبهٔ گرانشی خورشید به دور خورشید می‌گردد. هستهٔ دنباله‌دار، تودهٔ نسبتاً پرجرمی است که در نقطهٔ P شکل قرار دارد. دم دنباله‌دار در اثر بادهای خورشیدی تشکیل می‌شود. باد خورشیدی انبوهی از ذرات بارداری است که از خورشید به بیرون فوران می‌کنند. آیا می‌توانید چیزی دربارهٔ جهت نیرویی که بر هستهٔ دنباله‌دار وارد می‌شود بگویید؟ اگر می‌توانید چه چیز؟ دربارهٔ جهت شتاب هسته چطور؟ دربارهٔ جهت حرکت آن چطور؟

شکل ۲۵. پرسشهای ۳۶ و ۳۷

۳۷. دنباله‌دارها عموماً یک دم غبار دارند (شکل ۲۵) که متشکل است از ذرات غباری که در اثر فشار نور خورشید، به طرف مخالف خورشید رانده می‌شوند. چرا این دم اغلب خمیده است.

۳۸. آیا می‌توانید یک پدیدهٔ فیزیکی مثال بزنید که زمین در آن دخیل باشد ولی نتوانیم در تحلیل این پدیده زمین را "ذره" در نظر بگیریم؟

مسئله‌ها

بخش ۵ـ۵ قانون دوم نیوتون

۱. فرض کنید نیروی گرانشی خورشید ناگهان قطع شود، چنانکه زمین دیگر در قید خورشید نباشد و از مدار آن رها شود. در این‌صورت چقدر طول می‌کشد تا زمین به فاصلهٔ مدار فعلی پلوتون از خورشید برسد؟ (راهنمایی: بعضی از داده‌های مورد نیازتان را می‌توانید از پیوست ج به‌دست بیاورید.)

۲. قطعه‌ای به جرم $5{,}5\text{kg}$ را که روی سطح افقی بدون اصطکاکی در حالت سکون است با نیروی افقی ثابت $3{,}8\text{N}$ می‌کشیم. (الف) شتاب آن چقدر می‌شود؟ (ب) چه مدتی باید آن‌را کشید تا سرعت آن $5{,}2\text{m/s}$ شود؟ (ج) دراین مدت، قطعه چه مسافتی را می‌پیماید؟

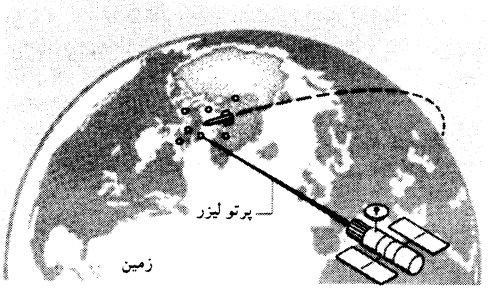
۳. الکترونی در خط مستقیم از کاتد یک لامپ خلأ به آند آن می‌رود.

فاصلهٔ آند از کاتد ۱٫۵cm است. الکترون با سرعت صفر شروع به حرکت می‌کند و با سرعت $5{,}8 \times 10^{6}\,m/s$ به آند می‌رسد. (الف) با این فرض که شتاب ثابت است، نیروی وارد بر الکترون را محاسبه کنید. جرم الکترون $9{,}11 \times 10^{-31}\,kg$ است. این نیرو منشأ الکتریکی دارد. (ب) نیروی گرانشی وارد بر الکترون را حساب کنید.

۴. نوترونی با سرعت $1{,}4 \times 10^{7}\,m/s$ حرکت می‌کند. برد نیروهای هسته‌ای بسیار کوتاه است؛ نیروی هسته‌ای در خارج هسته عملاً صفر است، اما در داخل هسته بسیار قوی است. اگر نوترون را هسته‌ای به قطر $1{,}0 \times 10^{-14}\,m$ به دام بیندازد و به حالت سکون در بیاورد، کمترین مقدار نیروی لازم برای این کار، چقدر است؟ این نیرو را ثابت فرض کنید. جرم نوترون $1{,}67 \times 10^{-27}\,kg$ است.

۵. در نوع تغییر شکل یافته‌ای از بازی "طناب‌کشی" دو نفر، به‌جای طناب، سورتمه‌ای به جرم ۲۵kg را در دو جهت مخالف هم می‌کشند. اگر این دو، سورتمه را با نیروی ۹۰N و ۹۲N به‌طرف خود بکشند، شتاب سورتمه چقدر می‌شود؟

۶. باریکهٔ نور که از چشمهٔ لیزری ماهواره‌ای گسیل شده، به جسمی که از موشکی رها شده است برخورد می‌کند (شکل ۲۶). این باریکه نیروی $2{,}7 \times 10^{-5}\,N$ بر هدف وارد می‌کند. اگر مدت تابش باریکه ۲٫۴s باشد، جسم در این مدت چقدر جابه‌جا می‌شود؟ (الف) فرض کنید جسم سلاحی به جرم ۲۸۰kg است. (ب) فرض کنید جسم یک هدف کاذب به جرم ۲٫۱kg است؟ (این جابه‌جاییها را با مشاهدهٔ باریکهٔ بازتابیده هم می‌شود سنجید.)



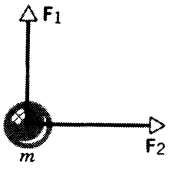
شکل ۲۶. مسئلهٔ ۶

۷. اتومبیلی با سرعت 53km/h به پایهٔ پلی برخورد می‌کند. یکی از مسافران که بلافاصله پشت یک بالشتک هوا نشسته است، 65cm (نسبت به جاده) حرکت می‌کند تا نهایتاً توسط بالشتک متوقف شود. ضمن این توقف چه نیرویی بر بالاتنهٔ این شخص، که جرم آن 39kg است، وارد می‌شود؟ نیرو را ثابت فرض کنید.

۸. الکترونی به‌طور افقی با سرعت $1{,}2 \times 10^{7}\,m/s$ وارد میدان الکتریکی‌ای می‌شود که به آن نیروی عمودی ثابتی به اندازهٔ $4{,}5 \times 10^{-16}\,N$ وارد می‌کند. طی مدتی که الکترون مسافت افقی 33mm را می‌پیماید، در راستای عمودی چقدر منحرف می‌شود؟

۹. "قایق" خورشیدی دیانا برای سفر در منظومهٔ شمسی با استفاده از فشار نور خورشید طراحی شده است. مسافت "بادبان" این قایق $3{,}1\,km^2$ و جرم آن 930kg است. در نزدیکی سطح زمین، خورشید می‌تواند نیروی 29N بر بادبان وارد کند. (الف) چنین نیرویی چه شتابی به قایق می‌دهد؟ (ب) شتابهای کوچک هم، اگر به مدت کافی به‌طور پیوسته اعمال شوند، می‌توانند آثار بزرگی تولید کنند. اگر این قایق از حالت سکون شروع به حرکت کند، پس از ۱ روز چه مسافتی را می‌پیماید؟ (ج) سرعت آن چقدر می‌شود؟[1]

۱۰. دو نیروی $\mathbf{F}_1$ و $\mathbf{F}_2$ بر جرم m اثر می‌کنند (شکل ۲۷). اگر $m = 5{,}2\,kg$، $F_1 = 3{,}7\,N$، و $F_2 = 4{,}3\,N$ باشد، شتاب برداری جسم را به‌دست بیاورید.



شکل ۲۷. مسئلهٔ ۱۰

۱۱. جسمی به جرم 8٫5kg با سرعت 42m/s در جهت محور x از مبدأ می‌گذرد. به این جسم نیروی 19N در جهت مثبت محور y وارد می‌شود. حساب کنید که پس از گذشت ۱۵s (الف) سرعت جسم چقدر است و (ب) مکان آن کجاست؟

۱۲. نیروی معینی به جسم m_1 شتاب $12{,}0\,m/s^2$ می‌دهد. همین نیرو به جسم m_2 شتاب $3{,}30\,m/s^2$ می‌دهد. این نیرو به جسمی که جرمش برابر با (الف) تفاضل m_1 و m_2 و (ب) مجموع m_1 و m_2 باشد، چه شتابی می‌دهد؟

۱۳. (الف) با چشمپوشی از نیروهای گرانشی، حساب کنید چه نیرویی لازم است تا فضاپیمایی به جرم ۱۲۰۰ تن متریک را طی ۳ روز از حالت سکون به یک دهم سرعت نور برساند. چه نیرویی لازم است تا طی ۲ ماه چنین شود؟ (یک تن متریک برابر با 1000kg است.) (ب) فرض کنید که در این لحظه موتورها خاموش شوند. درهر یک از این دو مورد، چقدر زمان دیگر لازم است تا فضاپیما کلاً مسافت ۵ ماه نوری را بپیماید؟ (۱ ماه را مساوی ۳۰ روز بگیرید.)

بخش ۵ـ۶ قانون سوم نیوتون

۱۴. دو قطعه به جرمهای $m_1 = 4{,}6\,kg$ و $m_2 = 3{,}8\,kg$، توسط ریسمان سبکی، روی میز افقی بدون اصطکاکی، به هم متصل‌اند. در لحظهٔ خاصی که شتاب جرم m_2 برابر با $2{,}6\,m/s^2$ است، (الف) نیروی وارد بر m_2 و (ب) شتاب m_1 چقدر است؟

۱۵. کودکی به جرم 40kg و سورتمه‌ای به جرم 8٫4kg روی سطح دریاچهٔ یخزده‌ای به‌فاصلهٔ ۱۵m از هم قرار دارند. کودک با استفاده از طنابی، نیروی 5٫2N بر سورتمه وارد می‌کند و آن‌را به طرف خودش می‌کشد. (الف) شتاب سورتمه چقدر است؟ (ب) شتاب کودک چقدر

---

۱. نگاه کنید به "The Wind from the Sun"، که یک داستان علمی تخیلی جالب از آرتور سی کلارک است.

است؟ (ج) این دو در چه فاصله‌ای از مکان اولیهٔ کودک به هم می‌رسند؟ فرض کنید نیرو ثابت می‌ماند و هیچ اصطکاکی هم وجود ندارد.

بخش ۵ـ۸ وزن و جرم

۱۶. وزن هر یک از اجسام (الف) تا (ج) برحسب نیوتون و جرم آنها برحسب کیلوگرم چقدر است؟ (الف) یک بستهٔ ۵٫۰۰lb شکر، (ب) یک ورزشکار ۲۴۰lb، و (ج) یک اتومبیل ۱٫۸۰ton. (1ton = 2000lb).

۱۷. (الف) جرم یک اتومبیل سورتمه‌ای ۱۴۲۰lb و (ب) وزن یک پمپ گرمایی ۴۱۲kg چقدر است؟

۱۸. فضانوردی به جرم ۷۵٫۰kg زمین را ترک می‌کند. حساب کنید که وزن او (الف) در روی زمین، (ب) در مریخ ($g = 3{,}72 m/s^2$)، و (ج) در فضای بین سیارات چقدر است. (د) در هر مورد جرم او چقدر است؟

۱۹. ذره‌ای در نقطه‌ای که شتاب گرانی ۹٫۸۰m/s² است وزنی برابر با ۲۶٫۰N دارد. (الف) وزن و جرم این ذره در نقطه‌ای که شتاب گرانی ۴٫۶۰m/s² باشد چقدر است؟ (ب) وزن و جرم این ذره در نقطه‌ای که نیروی گرانشی صفر باشد چقدر است؟

۲۰. هواپیمایی به جرم ۱۲۰۰۰kg با سرعت ۸۷۰km/h در امتداد افق پرواز می‌کند. نیروی بالابرنده‌ای که از هوا بر هواپیما وارد می‌شود چقدر است؟

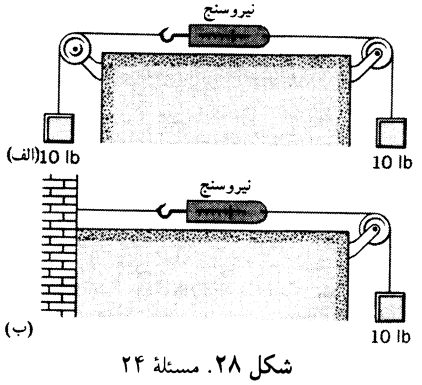
۲۱. نیروی خالص وارد بر اتومبیلی به وزن ۳۹۰۰lb، که با شتاب ۱۳ft/s² حرکت می‌کند. چقدر است؟

۲۲. یک سورتمهٔ موشکی آزمایشی به جرم ۵۲۳kg، می‌تواند طی ۱۸٫۲s از سکون به سرعت ۱۶۲۰km/h برسد، نیروی خالص لازم برای این کار چقدر است؟

۲۳. هواپیمایی قبل از برخاستن از زمین با شتاب ۲٫۳m/s² (یعنی ۷٫۵۵ft/s²) روی باند فرودگاه حرکت می‌کند. این هواپیما دو موتور جت دارد، که هر کدام نیروی $1{,}40 \times 10^5$N (یعنی ۱۵٫۷ton) تولید می‌کند. وزن هواپیما چقدر است؟

بخش ۵ـ۱۰ کاربردهای قوانین نیوتون

۲۴. (الف) دو وزنهٔ ۱۰lb، طبق شکل ۲۸الف، به یک نیروسنج متصل‌اند. نیروسنج چه مقداری نشان می‌دهد؟ (ب) یک وزنهٔ ۱۰lb به نیروسنجی



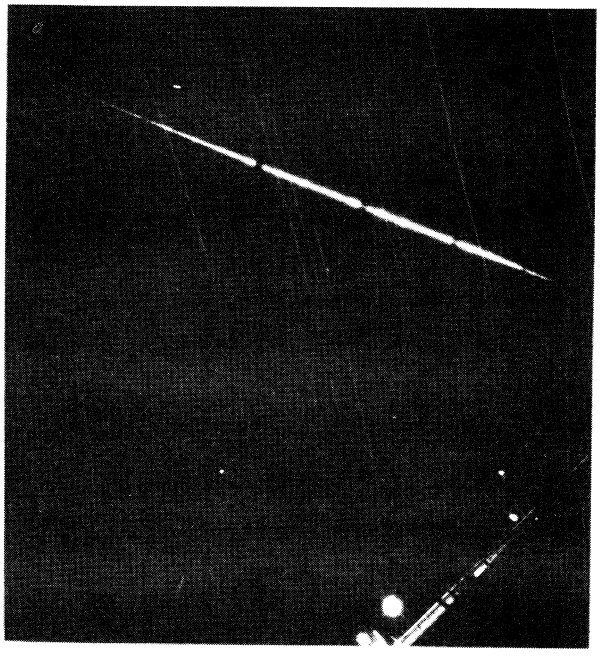
شکل ۲۸. مسئلهٔ ۲۴

متصل است، که سر دیگرش به دیوار وصل شده است؛ شکل ۲۸ب. نیروسنج چه مقداری را نشان می‌دهد؟ (وزن نیروسنج ناچیز است.)

۲۵. کرهٔ بارداری به جرم $2{,}8 \times 10^{-4}$kg از ریسمانی آویزان است. یک نیروی الکتریکی در راستای افقی بر این کره وارد می‌شود، چنانکه ریسمان، در حالت سکون، با راستای قائم زاویهٔ ۳۳° می‌سازد. (الف) اندازهٔ نیروی الکتریکی و (ب) کشش ریسمان را پیدا کنید.

۲۶. اتومبیلی به وزن ۳۰۰۰lb (≃ ۱۳۰۰۰N) که با سرعت ۵۰mi/h (≃ ۸۰km/h) در حرکت است، پس از طی مسافت ۲۰۰ft (≃ ۶۱m) متوقف می‌شود. (الف) نیروی ترمز و (ب) زمان لازم برای توقف را به‌دست بیاورید. با همان نیروی ترمز (ج) مسافت و (د) زمان لازم برای توقف از سرعت اولیه ۲۵mi/h (≃ ۴۰km/h) را حساب کنید.

۲۷. شهابی به جرم ۲۵kg٫۰ به‌طور عمودی با شتاب ۹٫۲m/s² به درون جو زمین سقوط می‌کند. علاوه بر گرانش، نیروی بازدارنده‌ای (ناشی از کشش اصطکاکی جو) هم بر شهاب وارد می‌شود. اندازهٔ این نیروی بازدارنده چقدر است؟ (شکل ۲۹).



شکل ۲۹. مسئلهٔ ۲۷

۲۸. آسانسوری به وزن ۶۲۰۰lb با کابلی بالا کشیده می‌شود. شتاب آسانسور ۳٫۸ft/s² است. (الف) کشش کابل چقدر است؟ (ب) اگر شتاب آسانسور ۳٫۸ft/s² به‌طرف پایین بود، اما همچنان به طرف بالا حرکت می‌کرد، کشش کابل چقدر می‌شد؟

۲۹. مردی به جرم ۸۳kg (وزن $mg = 180$lb) از لبهٔ پنجره‌ای به روی یک سکوی بتونی می‌پرد، لبهٔ پنجره ۰٫۴۸m (یعنی ۱٫۶ft)

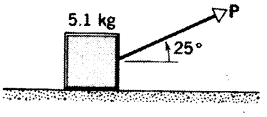
بالاتر از سکو است، مرد فراموش می‌کند زانوهایش را خم کند و پس از برخورد به سکو طی مسافت ۲٫۲cm (یعنی ۰٫۸۷in) متوقف می‌شود. (الف) شتاب متوسط مرد از زمانی که پاهایش به سکو می‌رسد تا زمان توقف کامل چقدر است؟ (ب) در این پرش چه نیروی متوسطی بر استخوانبندی او وارد می‌شود؟

۳۰. قطعه‌ای با سرعت اولیهٔ v_0 روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی به طرف بالای شیب پرتاب می‌شود. زاویهٔ سطح شیبدار θ است. (الف) این قطعه تا چه مسافتی روی این سطح بالا می‌رود؟ (ب) چقدر طول می‌کشد تا به آنجا برسد؟ (ج) سرعت قطعه هنگامی که در برگشت به نقطهٔ اولیه می‌رسد چقدر است؟ مقدار عددی جوابها را به‌ازای $\theta = 35°$ و $v_0 = 8{,}2\text{ft/s}^2$ به‌دست بیاورید.

۳۱. لامپی در راستای قائم از ریسمانی آویزان است. ریسمان و لامپ در آسانسوری هستند که به پایین می‌آید. آسانسور، پیش از توقف شتاب کندکنندهٔ $2{,}4\text{m/s}^2$ (یعنی $7{,}9\text{ft/s}^2$) دارد. (الف) اگر کشش ریسمان ۸۹N (یعنی ۲۰lb) باشد. جرم لامپ چقدر است؟ (ب) اگر آسانسور با شتاب رو به بالای $2{,}4\text{m/s}^2$ (یعنی $7{,}9\text{ft/s}^2$) به‌طرف بالا حرکت کند، کشش ریسمان چقدر می‌شود؟

۳۲. نخ قلاب ماهیگیری باید چه کششی را تحمل کند تا بتواند یک ماهی ۱۹lb را که با سرعت ۹٫۲ft/s شنا می‌کند، طی مسافت ۴٫۵in متوقف کند؟

۳۳. جسمی به جرم ۵٫۱kg را با ریسمانی روی سطح بدون اصطکاکی می‌کشند. ریسمان نیروی $P = 12\text{N}$ در زاویهٔ $\theta = 25°$ بالاتر از سطح افقی وارد می‌کند؛ (شکل ۳۰). (الف) شتاب جسم چقدر است؟ (ب) نیروی P را به آهستگی زیاد می‌کنیم. مقدار P درست پیش از بلند شدن جسم از سطح چقدر است؟ (ج) شتاب جسم درست پیش از بلند شدن آن از سطح، چقدر است؟

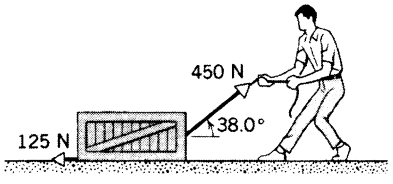


شکل ۳۰. مسئلهٔ ۳۳

۳۴. چگونه می‌توانیم جسمی به وزن ۱۰۰lb را با استفاده از طنابی که فقط تحمل ۸۷lb کشش را دارد از بالای بامی به پایین بفرستیم بی‌آنکه طناب پاره بشود؟

۳۵. قطعه‌ای از حالت سکون از بالای سطح شیبداری به طول ۱۶m رها می‌شود، و ۴٫۲s بعد به پایین می‌رسد. در همان لحظه‌ای که قطعهٔ اول رها می‌شود، قطعهٔ دیگری از پایین سطح شیبدار طوری به طرف بالای شیب پرتاب می‌شود که همزمان با قطعهٔ اول به پایین سطح برگردد. (الف) شتاب هر یک از این قطعات را پیدا کنید. (ب) سرعت اولیهٔ قطعهٔ دوم چقدر بوده است؟ (ج) این قطعه چقدر از سطح شیبدار بالا می‌رود؟ (د) زاویهٔ سطح شیبدار با سطح افقی چقدر است؟

۳۶. کارگری صندوقی را با طنابی روی کف کارگاه می‌کشد. کارگر نیروی ۴۵۰N به طناب وارد می‌کند، و سر طناب ۳۸° بالاتر از سطح افقی است. کف نیروی بازدارندهٔ افقی‌ای به اندازهٔ ۱۲۵N بر صندوق وارد می‌کند (شکل ۳۱). اگر(الف) جرم صندوق ۹۶٫۰kg باشد و (ب) وزن آن ۹۶٫۰N باشد، شتاب صندوق چقدر است؟



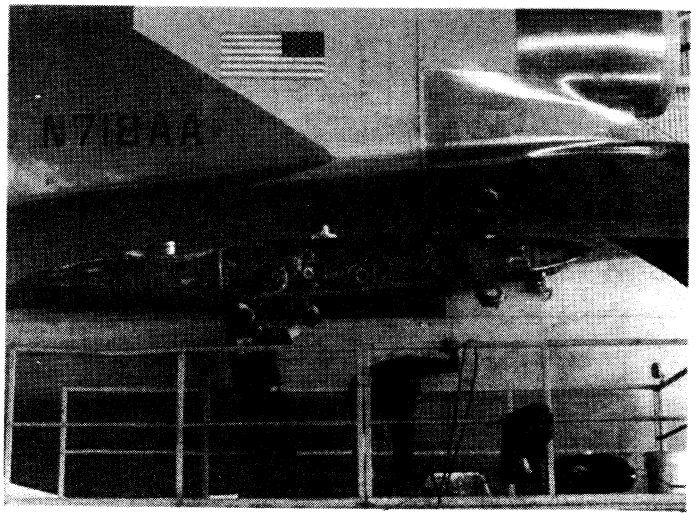
شکل ۳۱. مسئلهٔ ۳۶

۳۷. جرم آسانسوری با بارش ۱۶۰۰kg است. این آسانسور، که با سرعت ۱۲٫۰m/s به طرف پایین در حرکت است، طی مسافت ۴۲٫۰m متوقف می‌شود. کشش کابل نگهدارنده، طی مدتی که آسانسور متوقف می‌شود چقدر است؟

۳۸. جسمی از یک ترازوی فنری که به سقف آسانسوری متصل شده، آویزان است. وقتی آسانسور ساکن است، ترازو ۶۵N را نشان می‌دهد. (الف) اگر آسانسور با سرعت ثابت ۷٫۶m/s به طرف بالا حرکت کند، ترازو چه مقداری نشان می‌دهد؟ (ب) وقتی آسانسور با سرعت ۷٫۶m/s با شتاب کندشوندهٔ $2{,}4\text{m/s}^2$ به طرف بالا در حرکت باشد، ترازو چه مقداری نشان می‌دهد؟

۳۹. وزنهٔ کوچکی توسط قطعه نخی به جرم ناچیز از سقف واگن قطاری آویزان است. چنین شاغولی می‌تواند مانند شتاب‌سنج عمل کند. (الف) نشان بدهید که رابطهٔ شتاب افقی واگن با زاویهٔ θ، که ریسمان با راستای قائم می‌سازد، $a = g\tan\theta$ است. (ب) a را به‌ازای $\theta = 20°$ حساب کنید. (ج) θ را به‌ازای $a = 5{,}0\text{ft/s}^2$ حساب کنید.

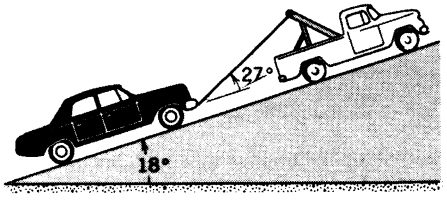
۴۰. یک موتور جت به جرم ۱۴۰۰kg با سه بست به بدنهٔ یک هواپیمای مسافری متصل است (در عمل هم همین‌طور است، شکل ۳۲). فرض کنید که هر بست یک سوم بار را تحمل می‌کند. (الف) نیروی وارد بر هر بست را، در حالتی که هواپیما منتظر خالی شدن باند است تا شروع به حرکت کند، حساب کنید. (ب) طی پرواز، هواپیما ناگهان به جریان متلاطمی برمی‌خورد که به آن شتاب $2{,}60\text{m/s}^2$ به‌طرف بالا می‌دهد. نیروی وارد بر هر بست، در این شرایط چقدر است؟ چرا فقط از سه بست استفاده می‌شود؟



شکل ۳۲. مسئلهٔ ۴۰

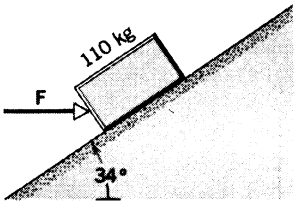
۴۱. چند کارگر در طبقهٔ بالای ساختمانی وسایل و دستگاههایی را در یک آسانسور باری می‌گذارند تا به طبقهٔ پایین بفرستند، اما کابل کهنهٔ آسانسور تحمل این همه بار را ندارد و پاره می‌شود. جرم آسانسور با بار، در لحظهٔ حادثه ۱۶۰۰kg است. هنگام سقوط آسانسور، ریلهای هدایت‌کنندهٔ آن نیروی بازدارندهٔ ثابتی به اندازهٔ ۳۷۰۰N بر اتاقک وارد می‌کنند. آسانسور با چه سرعتی به کف محفظه‌اش برخورد می‌کند؟ کف‌محفظه ۷۲m از طبقهٔ بالا پایین‌تر است.

۴۲. اتومبیلی به جرم ۱۲۰۰kg را با طنابی که به پشت کامیونی بسته شده است به بالای سطح شیبداری با زاویهٔ ۱۸° یدک می‌کشند. زاویهٔ طناب با سطح شیبدار ۲۷° است (شکل ۳۳). اگر طناب بتواند کشش ۴٫۶kN را تحمل کند، اتومبیل را طی مدت ۷٫۵s، از حالت سکون، حداکثر تا چه مسافتی می‌شود یدک کشید؟ نیروهای بازدارندهٔ وارد بر اتومبیل را در نظر نگیرید.



شکل ۳۳. مسئلهٔ ۴۲

۴۳. صندوقی به جرم ۱۱۰kg را با سرعت ثابت روی سطحی به شیب ۳۴° هل می‌دهیم؛ (شکل ۳۴). (الف) نیروی افقی لازم برای این کار (F) چقدر است؟ (ب) نیرویی که سطح شیبدار بر صندوق وارد می‌کند چقدر است؟

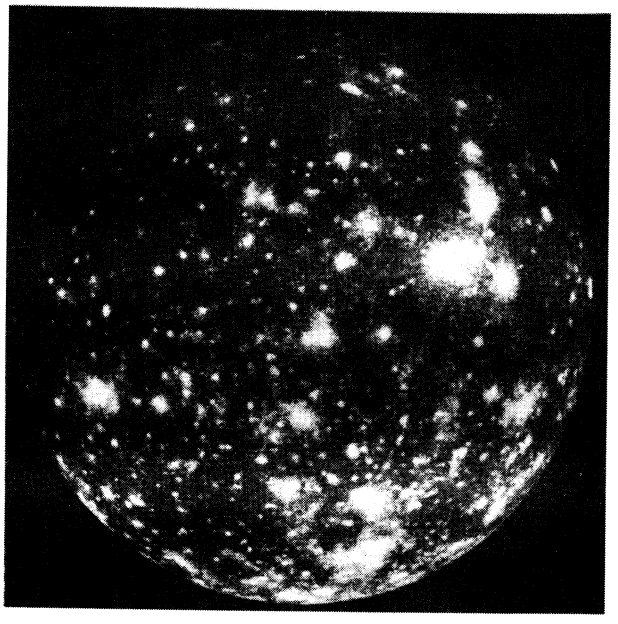


شکل ۳۴. مسئلهٔ ۴۳

۴۴. یک جت نظامی (شکل ۳۵) به جرم ۲۶ton، باید به سرعت ۲۸۰ft/s نسبت به هوا برسد تا بتواند شروع به پرواز کند. موتور خودِ جت نیروی ۲۴۰۰۰lb تولید می‌کند. این جت باید از ناو هواپیمابری که طول عرشهٔ پرواز آن ۳۰۰ft است به هوا بلند شود. پرتاب‌کنندهٔ ناو چه نیرویی باید بر هواپیما اعمال کند؟ فرض کنید که هم پرتاب‌کننده و هم موتور، در تمام مسافت ۳۰۰ft، نیروی ثابتی اعمال می‌کنند.

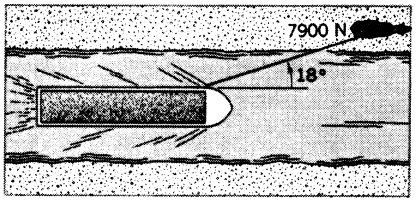
شکل ۳۵. مسئلهٔ ۴۴

۴۵. موشک سیاره‌نشینی به سطح کالیستو، یکی از اقمار سیارهٔ مشتری، نزدیک می‌شود (شکل ۳۶). اگر موتور موشک نیروی رو به بالای ۳۲۶۰N تولید کند، سیاره‌نشین با سرعت ثابت فرود می‌آید. کالیستو جوّ ندارد. اگر نیروی رو به بالا ۲۲۰۰N باشد، سیاره‌نشین با شتاب ۰٫۳۹۰m/s² به‌طرف پایین می‌آید. (الف) وزن سیاره‌نشین در نزدیکی سطح کالیستو چقدر است؟ (ب) جرم سیاره‌نشین چقدر است؟ (ج) شتاب گرانشی در نزدیکی سطح کالیستو چقدر است؟



شکل ۳۶. مسئلهٔ ۴۵

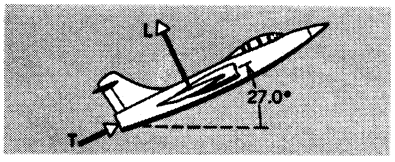
۴۶. روزگاری کرجیها را با اسب می‌کشیدند و در کانال جلو می‌بردند (شکل ۳۷). فرض کنید اسب نیروی ۷۹۰۰N، با زاویهٔ ۱۸° نسبت به جهت حرکت در کانال، بر کرجی وارد کند. جرم کرجی ۹۵۰۰kg و شتاب آن ۰٫۱۲m/s² است. آب چه نیرویی بر کرجی وارد می‌کند؟



شکل ۳۷. مسئلهٔ ۴۶

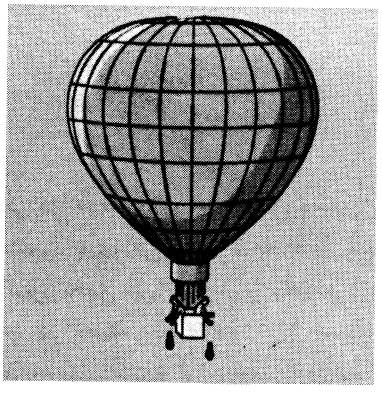
۴۷. موشکی با بارش ۵۱۰۰۰kg جرم دارد. نیروی پیشران موشک در حالتی که موشک (الف) بلافاصله پس از روشن شدن روی سکوی پرتاب به حالت "شناور" درآمده است و (ب) با شتاب ۱۸m/s² به طرف بالا، حرکت می‌کند چقدر است؟

۴۸. جت جنگنده‌ای با زاویهٔ ۲۷٫۰° نسبت به سطح افقی، و با شتاب ۲٫۶۲m/s² از زمین جدا می‌شود (شکل ۳۸). (الف) نیروی پیشران T موتور هواپیما و (ب) نیروی بالابرندهٔ L را که ناشی از هوا و عمود بر بالهای هواپیماست به‌دست بیاورید.



شکل ۳۸. مسئلهٔ ۴۸

۴۹. یک بالون پژوهشی به جرم M با شتاب رو به پایین در راستای قائم پایین می‌آید (شکل ۳۹). چقدر بار باید از بالون بیرون ریخت تا بالون شتاب رو به بالای a پیدا کند؟ فرض کنید نیروی بالابرندهٔ بالون تغییری نمی‌کند.



شکل ۳۹. مسئلهٔ ۴۹

۵۰. موشکی به جرم ۳۰۳۰kg از زمین با زاویهٔ فراز ۵۸٫۰° آتش می‌شود. موتور موشک به مدت ۴۸٫۰s یک نیروی پیشران به مقدار ۶۱٫۲kN در زاویهٔ ثابت ۵۸٫۰° با سطح افقی تولید می‌کند و بعد خاموش می‌شود. از جرم سوخت مصرف شده و از مقاومت هوا صرفنظر کنید. (الف) ارتفاع موشک در نقطهٔ خاموش شدن موتور و (ب) کل فاصلهٔ میان نقطهٔ پرتاب و نقطهٔ برخورد موشک به زمین را پیدا کنید.

۵۱. مکعبی به جرم m روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی که در آسانسوری واقع شده است به پایین می‌لغزد. زاویهٔ سطح نسبت به کف آسانسور θ است. شتاب این مکعب نسبت به سطح شیبدار را در حالتهای زیر پیدا کنید. (الف) آسانسور با سرعت ثابت v پایین می‌آید. (ب) آسانسور با سرعت ثابت v بالا می‌رود. (ج) آسانسور با شتاب ثابت تندکنندهٔ a پایین می‌آید. (د) آسانسور با شتاب ثابت کندکنندهٔ a پایین می‌آید. (ه) کابل آسانسور پاره می‌شود. (و) در قسمت (ج) سطح شیبدار چه نیرویی بر مکعب وارد می‌کند؟

بخش ۵ـ۱۱ کاربردهای دیگری از قوانین نیوتون

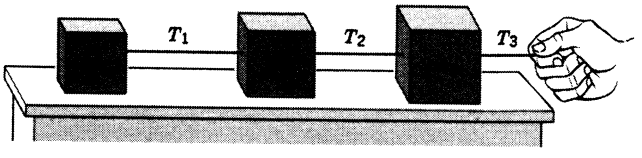
۵۲. در شکل ۱۸، فرض کنید که $m_1 = 4٫30\,\text{kg}$ و $m_2 = 1٫80\,\text{kg}$

است. (الف) شتاب دو قطعه و (ب) کشش ریسمان را پیدا کنید.

۵۳. مردی به جرم ۱۱۰kg با گرفتن طنابی خودش را از ارتفاع ۱۲m به سطح زمین می‌رساند. طناب از روی قرقرهٔ بدون اصطکاکی گذشته و سر دیگرش به کیسهٔ شنی به جرم ۷۴kg بسته شده است. (الف) مرد با چه سرعتی به زمین می‌خورد؟ (ب) آیا راهی هست که با سرعت کمتری به زمین بخورد؟

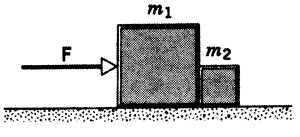
۵۴. میمونی به جرم ۱۱kg از طنابی بسیار سبک بالا می‌رود. طناب (بدون اصطکاک!) از روی شاخهٔ درختی گذشته است و به باری به جرم ۱۵kg متصل است. (الف) میمون حداقل با چه شتابی باید از طناب بالا برود تا بتواند بار را از زمین بلند کند؟ (ب) اگر پس از بلند شدن بار از زمین، میمون بالا رفتن خود را متوقف کند و از طناب آویزان بماند، (ب) شتاب میمون و (ج) کشش طناب چقدر می‌شود؟

۵۵. سه جسم روی میز افقی بدون اصطکاکی به هم بسته شده‌اند، و با نیروی $T_3 = 6{,}5\text{N}$ به طرف راست کشیده می‌شوند (شکل ۴۰). اگر $m_1 = 1{,}2\text{kg}$، $m_2 = 2{,}4\text{kg}$، و $m_3 = 3{,}1\text{kg}$ باشد، (الف) شتاب سیستم و (ب) کششهای T_1 و T_2 را به‌دست بیاورید. تبادل نیرو بین اجسامی که به دنبال هم کشیده می‌شوند، مثلاً واگنهای قطار که لکوموتیو آنها را می‌کشد، مثل همین سیستم است.



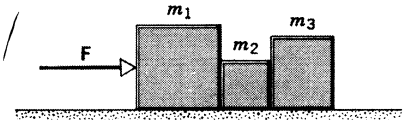
شکل ۴۰. مسئلهٔ ۵۵

۵۶. دو جسم روی میز بدون اصطکاکی با هم در تماس‌اند. نیرویی افقی F به یکی از آنها اعمال می‌شود (شکل ۴۱). (الف) اگر $m_1 = 2{,}3\text{kg}$، $m_2 = 1{,}2\text{kg}$، و $F = 3{,}2\text{N}$ باشد، نیروی تماسی بین دو جسم را پیدا کنید. (ب) نشان بدهید که اگر همین نیروی خارجی را، به‌جای m_1، به m_2 وارد کنیم، نیروی تماسی بین اجسام ۲٫۱N می‌شود، که با مقدار حاصل از قسمت (الف) فرق می‌کند. چرا چنین است؟



شکل ۴۱. مسئلهٔ ۵۶

۵۷. شکل ۴۲ سه صندوق به جرمهای $m_1 = 45{,}2\text{kg}$، $m_2 = 22{,}8\text{kg}$، و $m_3 = 34{,}3\text{kg}$ را روی سطح افقی بدون اصطکاکی نشان می‌دهد. (الف) چه نیروی افقی‌ای (F) لازم است تا کل مجموعه را با شتاب $1{,}32\text{m/s}^2$ به طرف راست براند؟ در این حالت (ب) m_2 بر m_3 و (ج) m_1 بر m_2 چه نیرویی وارد می‌کند؟

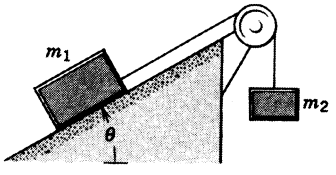


شکل ۴۲. مسئلهٔ ۵۷

۵۸. زنجیری شامل ۵ حلقه، هر یک به جرم ۱۰۰g، را با شتاب ثابت $2{,}50\text{m/s}^2$ در راستای قائم بالا می‌بریم (شکل ۴۳). (الف) نیرویی که حلقه‌های مجاور بر هم وارد می‌کنند، (ب) نیروی F که عامل خارجی بر حلقهٔ بالایی وارد می‌کند، و (ج) نیروی خالص وارد بر هر حلقه را حساب کنید.

شکل ۴۳. مسئلهٔ ۵۸

۵۹. جسمی به جرم $m_1 = 3{,}70\text{kg}$ روی سطح شیبداری به زاویهٔ $\theta = 28{,}0°$ واقع شده و با ریسمانی که از قرقرهٔ کوچک بی‌جرم و بدون اصطکاکی عبورکرده، به جسم دیگری به جرم $m_2 = 1{,}86\text{kg}$ متصل شده است. m_2 به‌طور قائم از ریسمان آویزان است (شکل ۴۴). (الف) شتاب هر جسم چقدر است؟ (ب) کشش ریسمان چقدر است؟

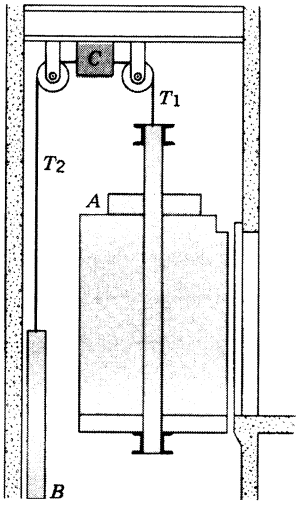


شکل ۴۴. مسئلهٔ ۵۹

۶۰. چتربازی به جرم 77kg، کمی پس از باز شدن چترش با شتاب رو به پایین $2{,}5\text{m/s}^2$ سقوط می‌کند. جرم چتر $5{,}2\text{kg}$ است. (الف) نیروی رو به بالای هوا بر چتر چقدر است؟ (ب) نیروی رو به پایینی که شخص بر چتر وارد می‌کند چقدر است؟

۶۱. آسانسوری شامل اتاقک (A)، وزنهٔ مقابل (B)، موتور (C)، وکابل و قرقره است (شکل ۴۵). جرم اتاقک ۱۰۰۰kg و جرم وزنهٔ مقابل ۱۴۰۰kg است. اصطکاک و جرم کابل و قرقره‌ها را به‌حساب نیاورید. آسانسور با شتاب تندکنندهٔ $2{,}30\text{m/s}^2$ به بالا می‌رود و وزنهٔ مقابل هم با همین شتاب به پایین می‌آید. (الف) کشش T_1 و (ب) کشش

T_2 در کابل چقدر است و (ج) موتور چه نیرویی به کابل وارد می‌کند؟

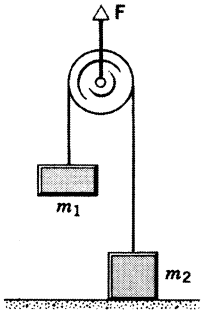


شکل ۴۵. مسئلهٔ ۶۱

۶۲. هلی‌کوپتری به جرم ۱۵۰۰۰kg اتومبیلی به جرم ۴۵۰۰kg را، با شتاب $۱٫۴\text{m/s}^۲$ از زمین بلند می‌کند. (الف) نیروی عمودی‌ای را که هوا بر پروانه‌های هلی‌کوپتر وارد می‌کند و (ب) کشش بخش بالایی کابل نگهدارنده را پیدا کنید (شکل ۴۶).

شکل ۴۶. مسئلهٔ ۶۲

۶۳. محور قرقرهٔ شکل ۴۷ با نیروی F به بالا کشیده می‌شود. فرض کنید قرقره و ریسمان بی‌جرم‌اند و محور هم بدون اصطکاک است. دو جسم، $m_۱$ به جرم ۲kg٫۱ و $m_۲$ به جرم ۹kg٫۱، به دو سر ریسمانی بسته شده‌اند که از روی قرقره می‌گذرد. جسم $m_۲$ روی زمین است. (الف) نیروی F از چه مقداری بیشتر نباشد تا $m_۲$ روی زمین بماند؟ (ب) اگر F برابر با ۱۱۰N باشد، کشش ریسمان چقدر است؟ (ج) با کشش حاصل از قسمت (ب)، شتاب $m_۱$ چقدر است؟

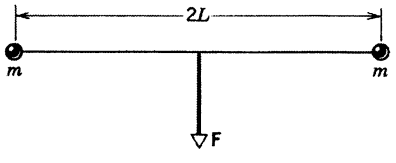


شکل ۴۷. مسئلهٔ ۶۳

۶۴. دو ذره، هر یک به جرم m، با ریسمان سبکی به طول $۲L$ به‌هم متصل‌اند (شکل ۴۸). نیروی ثابت $\boldsymbol{F}$ در نقطهٔ میانی ریسمان $(x = ۰)$ در جهت عمود بر راستای اولیهٔ ریسمان بر آن وارد می‌شود. نشان بدهید که شتاب هر جرم در راستای عمود بر $\boldsymbol{F}$ برابر است با

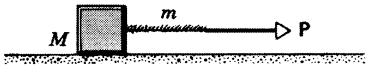
$$a_x = \frac{\boldsymbol{F}}{۲m}\,\frac{x}{(L^۲ - x^۲)^{۱/۲}}$$

که در آن، x فاصلهٔ عمودی هر جرم از خط اثر $\boldsymbol{F}$ است. وضعیت را در حالت $x = L$ بررسی کنید.



شکل ۴۸. مسئلهٔ ۶۴

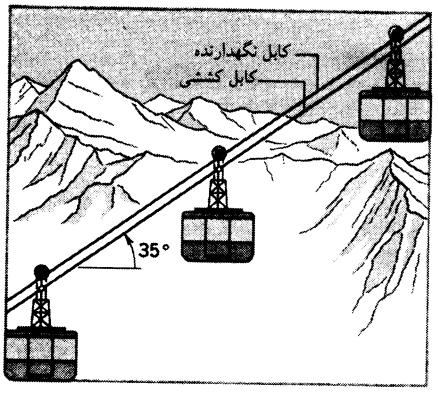
۶۵. جسمی به جرم M روی سطح افقی بدون اصطکاکی با طنابی به جرم m کشیده می‌شود (شکل ۴۹). نیروی افقی $\mathbf{P}$ بر انتهای طناب وارد می‌شود. (الف) نشان بدهید که طناب، هر چقدر ناچیز، به هر حال باید "شکم بدهد". حالا با فرض ناچیز بودن مقدار خمیدگی طناب، (ب) شتاب طناب و جسم، (ج) نیرویی که طناب بر جسم وارد می‌کند، و (د) کشش طناب در وسط آن‌را حساب کنید.



شکل ۴۹. مسئلهٔ ۶۵

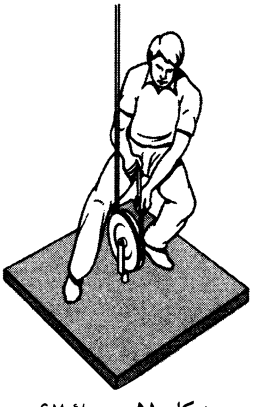
۶۶. شکل ۵۰ بخشی از یک دستگاه "تله‌کابین" را نشان می‌دهد. بیشترین جرم مجاز هر اتاقک با محتویاتش ۲۸۰۰kg است. اتاقکها به یک کابل نگهدارنده سوارند و با کابل دیگری که به دکلها متصل است کشیده می‌شوند. اگر اتاقکها با شتاب $۰٫۸۱\text{m/s}^۲$ در امتداد

شیب ۳۵° به بالا کشیده شوند، اختلاف کشش دو قسمت مجاور کابل کشش (در دو طرف اتاقک) چقدر است؟



شکل ۵۰. مسئلهٔ ۶۶

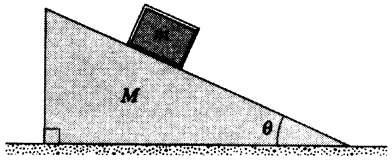
۶۷. در شکل ۵۱، وزن شخص ۱۸۰lb است؛ وزن سکو و قرقره



شکل ۵۱. مسئلهٔ ۶۷

قرقرهٔ متصل به آن هم کلاً ۴۳lb است. وزن طناب ناچیز است. شخص باید با چه نیرویی طناب را بکشد تا بتواند خودش سکو را با شتاب $1.2\,ft/s^2$ به‌بالا حرکت بدهد؟

۶۸. جسمی به جرم m روی گوهٔ قائم‌الزاویه‌ای به جرم M و زاویهٔ شیب θ واقع شده است. گوه روی یک میز افقی قرار دارد (شکل ۵۲). (الف) M باید چه شتابی (a) نسبت به میز داشته باشد تا m نسبت به گوه ساکن بماند؟ تماس گوه و جسم را بدون اصطکاک فرض کنید. (ب) چه نیروی افقی $\mathbf{F}$ باید به این سیستم وارد کرد تا نتیجهٔ (الف) حاصل شود؟ سطح میز را هم بدون اصطکاک فرض کنید. (ج) فرض کنید نیرویی به M وارد نمی‌کنیم و همهٔ سطوح را هم بدون اصطکاک بگیرید. حالا حرکت حاصل را توصیف کنید.



شکل ۵۲. مسئلهٔ ۶۸