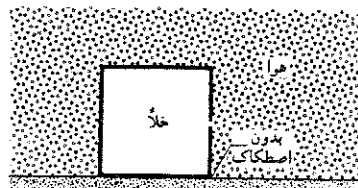
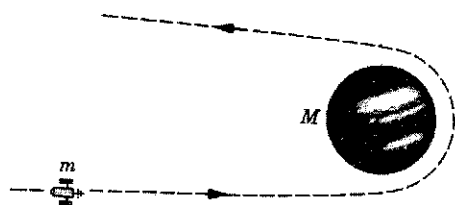


۴. فضاپیما ییجر ۱ (با جرم m و سرعت v سبب به خورشید، به سیاره مشتری (با جرم M و سرعت V نسبت به خورشید) نزدیک می شود (شکل ۲۴). فضاپیما سیاره را دور می زند و در جهت مخالف از آن دور می شود. سرعت فضاپیما (نسبت به خورشید) پس از این "برخورد پرتابی" چقدر است؟ فرض کنید $v = 12 \text{ km/s}$ و $V = 13 \text{ km/s}$ (سرعت مداری مشتری) است. جرم مشتری خیلی بیشتر از جرم فضاپیماست $(M \gg m)$.



شکل ۲۲. پرسش ۲۴



شکل ۲۴. مسئله ۴

۵. گلف بازی ضربه ای به توپ وارد می کند و به آن سرعت اولیه 52.2 m/s در راستای 30° بالای افق می دهد. با فرض اینکه جرم توپ 46° گرم باشد و چوبدست و توپ 120 ms در تماس باشند، کمیت های زیر را تعیین کنید: (الف) ضربه وارد بر توپ، (ب) ضربه وارد بر چوبدست، (ج) نیروی متوسط وارد بر توپ از چوبدست و (د) کار انجام شده روی توپ.

۶. یک اتومبیل 1420 کیلوگرمی با سرعت 52.8 m/s به طرف شمال در حرکت است. این اتومبیل یک گردش به راست 90° را در 46° ثانیه انجام می دهد. پس از آن اتومبیل به یک درخت برخورد می کند و در مدت 350 ms متوقف می شود. ضربه وارد بر اتومبیل در هر یک از حالت های زیر چقدر است؟ (الف) در طی گردش به راست و (ب) در طی برخورد. نیروی متوسط وارد بر اتومبیل در دو حالت زیر چقدر است؟ (ج) در طی گردش به راست و (د) در طی برخورد.

۷. یک توپ بیسبال 150 گرمی (وزن 5 oz) که با سرعت 41.6 m/s در حرکت است با چوبدست ضربه می خورد و با سرعت 61.5 m/s مستقیماً به عقب برمی گردد. مدت تماس توپ و چوبدست 470 ms است. نیروی متوسط وارد بر توپ از چوبدست چقدر است؟ ۸. در برخوردی که 270 ms طول می کشد، نیروی متوسط 984 N به یک گوی فولادی 420 گرمی که با سرعت 13.8 m/s در حرکت است وارد می شود. اگر نیرو در جهت مخالف سرعت اولیه گوی باشد، سرعت نهایی گوی را پیدا کنید.

۹. یک توپ 325 گرمی با سرعت 62.2 m/s تحت زاویه $\theta = 33^\circ$ به دیواری برخورد می کند و تحت همان زاویه و با همان

۱. نگاه کنید به

"The Slingshot Effect: Explanation and Analogies," Albert A. Bartlett and Charles W. Hord, *The Physics Teacher*, November 1985, p. 466.

۲۵. در اظهار نظر درباره پایسته نبودن انرژی جنبشی در برخورد کاملاً ناکشسان، دانشجویی می گوید که در انفجار انرژی جنبشی پایسته نیست و برخورد کاملاً ناکشسان هم صرفاً معکوس فرایند انفجار است. آیا چنین استدلالی مفید یا معقول هست؟
۲۶. تحت چه شرایطی، اگر اصلاً شرطی لازم باشد، مجازیم بگوییم که واپاشی $A \rightarrow B + C$ صرفاً معکوس برخورد کاملاً ناکشسان $B + C \rightarrow A$ است؟

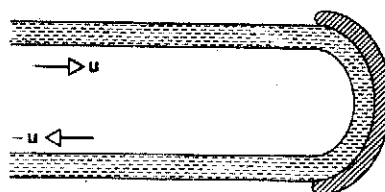
مسئله ها

بخش ۱-۳ پایستگی تکانه در حین برخورد

۱. در یک آزمایش استحکام سپر، اتومبیل 2300 کیلوگرمی که با سرعت 15 m/s در حرکت است با پایه کناری پلی برخورد می کند و در مدت 54 ثانیه متوقف می شود. نیروی متوسط وارد بر اتومبیل در طی این برخورد چقدر بوده است؟

۲. توپی به جرم m با سرعت v به طور عمود با دیواری برخورد می کند و بی آنکه سرعتش کم شود از دیوار باز می جهد. (الف) اگر زمان برخورد برابر Δt باشد، نیروی متوسط وارد بر دیوار از توپ چقدر است؟ (ب) این نیروی متوسط را برای یک توپ لاستیکی 140 گرمی که با سرعت 7.8 m/s در حرکت است و برخورد آن با دیوار 39 ms طول می کشد، محاسبه کنید.

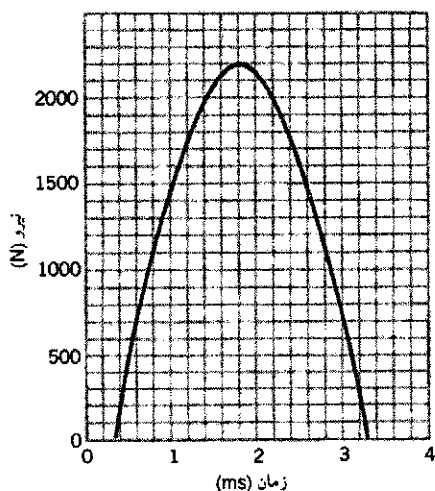
۳. جریان آبی به پره "بشقابی" توربین که ساکن است برخورد می کند (شکل ۲۳). سرعت آب قبل و بعد از برخورد با سطح خمیده پره برابر با u است و جرم آبی که در واحد زمان با پره برخورد می کند مقدار ثابت μ است. چه نیرویی از آب به پره وارد می شود؟



شکل ۲۳. مسئله ۳

۱۳. دو قسمت یک فضاپیما با انفجار مهره‌های منفجره‌ای که آنها را متصل به هم نگه می‌دارد، از هم جدا می‌شوند. جرم دو تکه جدا شده 1200 kg و 1800 kg است؛ ضربهای که به هر تکه وارد می‌شود برابر با 300 Ns است. سرعت نسبی دور شدن تکه‌ها چقدر است؟

۱۴. توپی به جرم 50 kg به ضربهای می‌خورد که نمودار آن در شکل ۲۷ نشان داده شده است. سرعت توپ درست پس از لحظه‌ای که نیرو صفر می‌شود، چقدر است؟



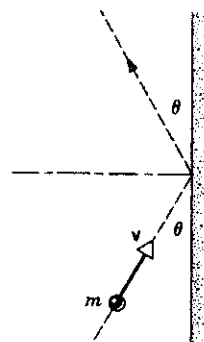
شکل ۲۷. مسئله ۱۴

۱۵. گلوله‌ها و سایر پرتابه‌هایی که به سوپرمن شلیک می‌شوند، معمولاً از سیئه او باز می‌جهند (شکل ۲۸). فرض کنید یک "آدم بد" رگباری از گلوله‌های 30° گرمی را با آهنگ 100 گلوله بر دقیقه به سیئه سوپرمن شلیک می‌کند، و سرعت هر گلوله 500 m/s است. باز هم فرض کنید



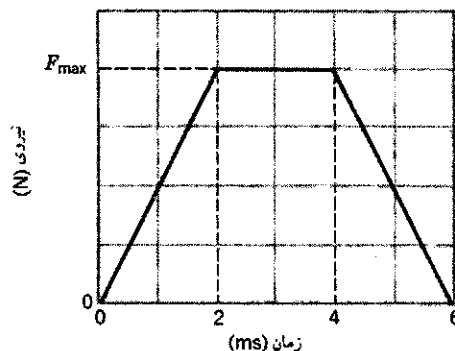
شکل ۲۸. مسئله ۱۵

سرعت از دیوار باز می‌جهد (شکل ۲۵). توپ به مدت 104 ms با دیوار در تماس بوده است. (الف) چه ضربهای به توپ وارد می‌شود؟ (ب) نیروی متوسطی که توپ به دیوار وارد می‌کند چقدر است؟



شکل ۲۵. مسئله ۹

۱۰. شکل ۲۶ نمودار تقریبی نیرو بر حسب زمان را برای یک توپ تنیس 58° گرمی در طی برخورد با یک دیوار نشان می‌دهد. سرعت اولیه توپ 32 m/s و عمود بر دیوار است؛ این توپ با همان سرعت و عمود بر دیوار از آن باز می‌جهد. مقدار نیروی ماکزیموم در طی برخورد چقدر است؟



شکل ۲۶. مسئله ۱۰

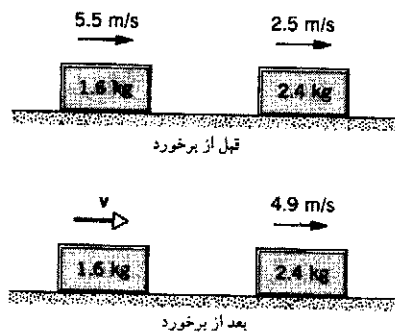
۱۱. یک کاوشگر فضایی بدون سرنشین به جرم 2500 کیلوگرم با سرعت ثابت 300 m/s در امتداد یک خط راست حرکت می‌کند. موتور موشکی کاوشگر در یک مرحله نیروی پیشران 3000 N برای مدت 65° ثانیه تولید می‌کند. (الف) اگر نیروی پیشران به سوی عقب، یا به سوی جلو، یا در جهت جانبی باشد، تغییر تکانه کاوشگر (فقط مقدار) چقدر است؟ (ب) تغییر انرژی جنبشی کاوشگر در همان سه حالت بالا چقدر است؟ فرض کنید جرم سوختی که به بیرون رانده شد در مقایسه با جرم کل کاوشگر قابل چشمپوشی است.

۱۲. نیرویی به جسمی به جرم m ضربه J وارد می‌کند و سرعت آن را از v به u تغییر می‌دهد. حرکت جسم در همان راستای نیروست. نشان دهید که کاری که این نیرو انجام می‌دهد برابر است با $\frac{1}{2}J(u+v)$.

ناگهان آزاد می‌شود و زنجیر روی میز می‌افتد و به صورت پشه نوچنی در می‌آید (شکل ۲۹). هر حلقه زنجیر در لحظه برخورد با میز به حال سکون در می‌آید. نیروی وارد بر زنجیر از طرف میز را در هر لحظه برحسب وزن آن طولی از زنجیر که در آن لحظه روی میز قرار دارد، معین کنید.

بخش ۱۰-۴ برخورد در یک بعد

۲۱. قالبهای نشان داده شده در شکل ۳۰ بدون اصطکاک می‌لغزند. (الف) سرعت قالب ۱٫۶ کیلوگرمی پس از برخورد چقدر است؟ (ب) آیا این برخورد کشسان است؟



شکل ۳۰. مسئله ۲۱ و ۲۲

۲۲. در شکل ۳۰ فرض کنید جهت سرعت اولیه قالب ۲٫۴ کیلوگرمی برعکس شود و این قالب مستقیماً به سوی قالب ۱٫۶ کیلوگرمی حرکت کند. (الف) سرعت قالب ۱٫۶ کیلوگرمی پس از برخورد چقدر است؟ (ب) آیا این برخورد یک برخورد کشسان است؟

۲۳. فیل خشمگینی با سرعت ۲٫۱ m/s به پشه سمجی حمله می‌کند. با فرض کشسان بودن برخورد، پشه با چه سرعتی از فیل دور می‌شود؟ توجه داشته باشید که در این مورد پرتابه (فیل) بسیار سنگین‌تر از هدف (پشه) است.

۲۴. دو کره از جنس تیتانیوم با سرعت یکسانی به همدیگر نزدیک می‌شوند و رودرو برخورد کشسان می‌کنند. پس از برخورد، یکی از کره‌ها که جرم آن ۳۰۰ گرم است ساکن می‌شود. جرم کره دیگر چقدر است؟

۲۵. گلوله‌ای به جرم ۴۵۴g در راستای افقی به سوی یک قالب چوبی به جرم ۲٫۴۱kg که روی سطحی افقی به حال سکون قرار دارد شلیک می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی میان قالب و سطح برابر با ۰٫۲۱۰ است. گلوله در داخل قالب چوبی، که مسافت ۱٫۸۳m را روی سطح طی می‌کند، متوقف می‌شود. (الف) سرعت قالب چوبی درست در لحظه‌ای که گلوله در داخل آن متوقف می‌شود چقدر است؟ (ب) سرعت اولیه گلوله چقدر است؟

۲۶. لغزنده‌ای به جرم ۳۴۲ گرم که با سرعت اولیه ۱٫۲۴m/s روی یک ریل هوای خطی بدون اصطکاک در حرکت است یا لغزنده دیگری با جرم مجهول که روی ریل ساکن است برخورد می‌کند. برخورد بین این اجسام کشسان است. پس از برخورد، جسم اول در همان جهت

که گلوله‌ها بدون از دست دادن سرعت مستقیماً به عقب باز می‌جهند. نشان بدهید که متوسط نیرویی که از این رگبار به سینه سوپرمن وارد می‌شود فقط ۵ نیوتون ($= 1\text{Ao}$) است.

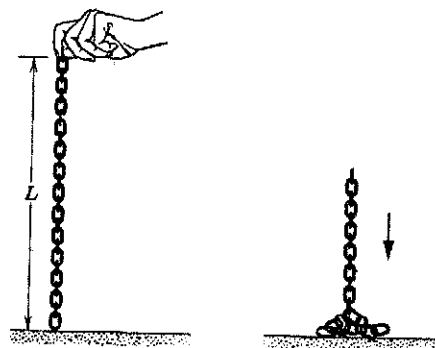
۱۶. یک قهرمان کاراته تخته‌ای به ضخامت ۲٫۲cm را با یک ضربه دست می‌شکند. فیلمبرداری آهسته نشان می‌دهد که دست، که جرم آن را می‌توان ۵۴۰g در نظر گرفت، با سرعت ۹٫۵m/s به بالای تخته برخورد می‌کند و در فاصله ۲٫۸cm پایین‌تر از این نقطه متوقف می‌شود. (الف) مدت زمان این ضربه (با فرض نیروی ثابت) چقدر است؟ (ب) چه نیروی متوسطی اعمال شده است؟

۱۷. یک تفنگ ساچمه‌ای در هر ثانیه ۱۰ ساچمه ۲٫۱۴ گرمی را با سرعت ۴۸۳m/s شلیک می‌کند. ساچمه‌ها در برخورد به یک دیوار صلب متوقف می‌شوند. (الف) تکانه هر ساچمه را معین کنید. (ب) انرژی جنبشی هر ساچمه را به دست بیاورید. (ج) میانگین نیروی وارد بر دیوار از رگبار ساچمه‌ها را محاسبه کنید. (د) اگر هر ساچمه به مدت ۱٫۲۵ms با دیوار در تماس باشد، میانگین نیروی وارد بر دیوار از هر ساچمه در طی مدت تماس چقدر است؟ چرا این جواب تا این حد با جواب قسمت (ج) تفاوت دارد؟

۱۸. در یک توفان تندری، دانه‌های تگرگ به قطر یک سانتی‌متر با سرعت ۲۵m/s فرو می‌ریزند. تخمین زده می‌شود که در هر مترمکعب هوا ۱۲۰ تگرگ موجود باشد. از بازجوش تگرگها به هنگام برخورد چشمپوشی کنید. (الف) جرم هر دانه تگرگ چقدر است؟ (ب) در طی این توفان از طرف تگرگ چه نیرویی بر یک بام مسطح به ابعاد ۱۰m × ۲۰m وارد می‌شود؟ فرض کنید که هر سانتی‌متر مکعب تگرگ، مانند یخ، ۹۲g جرم داشته باشد.

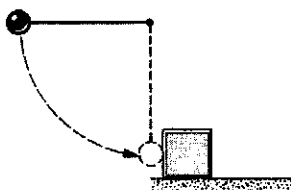
۱۹. فرض کنید پره‌های چرخان یک هلیکوپتر، ستون استوانه‌ای شکل هوای زیرشان را به سمت پایین می‌رانند. جرم کل هلیکوپتر ۱۸۲۰kg و طول پره‌ها ۴٫۸۸m است. حداقل توان مورد نیاز برای اینکه هلیکوپتر در هوا بماند چقدر است؟ چگالی هوا را 1.23kg/m^3 بگیرید.

۲۰. زنجیر یکنواخت بسیار قابل انعطافی به جرم M و طول L از یک انتها آویزان شده است. این زنجیر به طور قائم قرار گرفته است و انتهای آزاد آن درست مماس با سطح یک میز است. انتهای بالایی



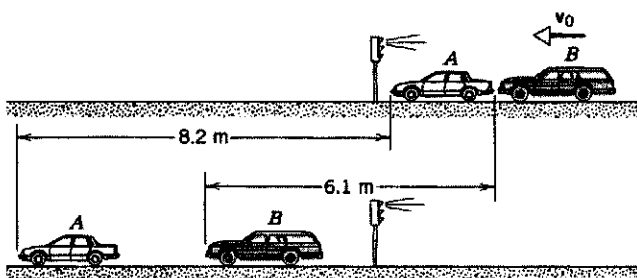
شکل ۲۹. مسئله ۲۰

۳۲. گلوله‌ای فولادی به جرم 514 g از یک سر ریسمانی به طول 687 cm سانتی‌متر آویزان شده است. ریسمان را از حالت کشیده افقی رها می‌کنیم. در پایین‌ترین قسمت مسیر، این گلوله با یک قالب فولادی به جرم 263 g کیلوگرم که روی سطح بدون اصطکاک ساکن است برخورد می‌کند (شکل ۳۲). برخورد کشسان است. کمیت‌های زیر را تعیین کنید: (الف) سرعت گلوله درست پس از برخورد، (ب) سرعت قالب فولادی، درست پس از برخورد، (ج) اکنون فرض کنید که در ضمن برخورد، نیمی از انرژی جنبشی مکانیکی به انرژی داخلی و انرژی صوتی تبدیل شود. در این صورت سرعت‌های نهایی را به دست بیاورید.



شکل ۳۲. مسئله ۳۲

۳۳. دو اتومبیل A و B که می‌خواهند قبل از چراغ راهنما متوقف شوند روی جاده یخ‌زده می‌لغزند. جرم اتومبیل A برابر با 1100 kg کیلوگرم و جرم اتومبیل B برابر با 1400 kg کیلوگرم است. ضریب اصطکاک جنبشی بین چرخ‌های قفل‌شده هر دو اتومبیل و جاده برابر با 0.13 است. اتومبیل A موفق می‌شود که قبل از چراغ راهنما بایستد، ولی اتومبیل B نمی‌تواند متوقف شود و از پشت به اتومبیل A می‌زند. پس از برخورد، اتومبیل A در فاصله 8.2 m متر از محل برخورد، و اتومبیل B در فاصله 6.1 m متر از همان محل متوقف می‌شود (شکل ۳۳). در طی این رویداد ترمزهای هر دو اتومبیل قفل بوده است. (الف) با استفاده از مسافتهایی که اتومبیل‌ها پس از برخورد پیموده‌اند، سرعت آنها را درست پس از برخورد تعیین کنید. (ب) با استفاده از پایستگی تکانه، سرعت اولیه اتومبیل B را در لحظه برخورد با اتومبیل A به دست بیاورید. بر چه اساسی می‌توان به کاربرد پایستگی تکانه در این مورد ایزاد گرفت؟

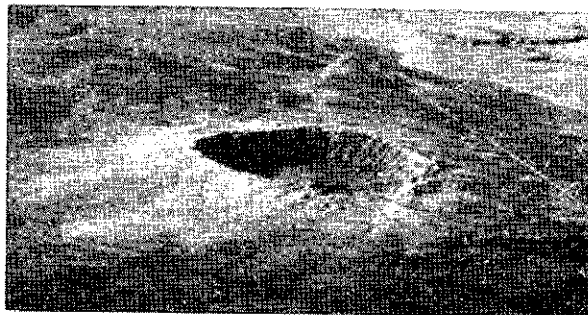


شکل ۳۳. مسئله ۳۳

۳۴. یک وزنه 29 g ، از ارتفاع 65 cm فوت سقوط می‌کند و یک ستون

اولیه‌اش با سرعت 636 m/s به حرکتش ادامه می‌دهد. (الف) جرم جسم دوم چقدر است؟ (ب) سرعت جسم دوم پس از برخورد چقدر است؟

۲۷. چنین تصور می‌شود که "حفره آریزونا" (شکل ۳۱) بر اثر برخورد یک شهاب‌سنگ با زمین در حدود 20000 سال قبل ایجاد شده باشد. تخمین زده می‌شود که جرم این شهاب‌سنگ $5 \times 10^{10} \text{ kg}$ و سرعت آن 72 km/s بوده است. چنین شهاب‌سنگی در یک برخورد رودرو چه سرعتی می‌تواند به زمین بدهد؟

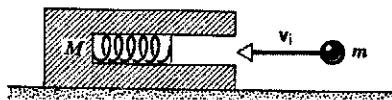


شکل ۳۱. مسئله ۲۷

۲۸. یک گلوله 518 g گرمی که با سرعت 672 m/s در حرکت است با یک قالب چوبی به جرم 715 g گرم که روی سطح بدون اصطکاک قرار دارد برخورد می‌کند. این گلوله با سرعت کاهش یافته 428 m/s از طرف دیگر قالب خارج می‌شود. سرعت نهایی قالب را پیدا کنید. ۲۹. جسمی به جرم 2 kg با جسم دیگری که ساکن است برخورد می‌کند و با سرعتی برابر با یک چهارم سرعت اولیه‌اش در همان راستای اولیه به حرکت ادامه می‌دهد. جرم جسم دیگر چقدر است؟

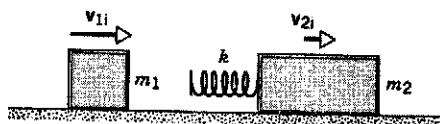
۳۰. در یک تفنگ خودکار قدیمی، سازوکار "بار کردن" در قسمت عقب لوله وقتی وارد عمل می‌شود که گلوله‌ای که پس از شلیک گلوله عقب‌نشینی می‌کند، یک فنر را به اندازه معین d می‌فشارد. (الف) نشان بدهید که برای خودکار بودن تفنگ، باید سرعت گلوله در لحظه شلیک حداقل برابر باشد با $d\sqrt{kM}/m$ که در آن k نیروی ثابت فنر و M جرم گلوله، و m جرم گلوله است. (ب) در چه صورتی می‌توانیم (اگر اصولاً بتوانیم) این فرایند را "برخورد" تلقی کنیم؟

۳۱. سر چوبدست گلف که با سرعت 45 m/s حرکت می‌کند با توپ گلفی به جرم 46 g گرم که روی "پایه" اش قرار دارد برخورد می‌کند. جرم مؤثر قسمت سرچوبدست 220 g گرم است. (الف) توپ با چه سرعتی پایه را ترک می‌کند؟ (ب) اگر جرم قسمت سرچوبدست را دو برابر کنیم سرعت پرتاب توپ از پایه چقدر خواهد شد؟ اگر سه برابر کنیم چطور؟ در مورد استفاده از چوبدست‌های سنگین چه نتیجه‌ای می‌توانید بگیرید؟ فرض کنید برخورد‌ها کاملاً کشسان‌اند و دیگر اینکه گلف‌باز می‌تواند چوبدست‌های سنگین را تا لحظه برخورد به همان سرعت چوبدست سبک برساند (پریش ۱۴).



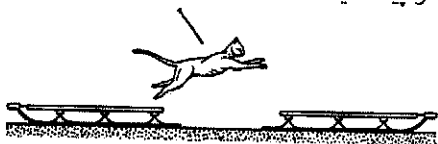
شکل ۳۴. مسئله ۴۰

۴۱. قالبی به جرم $m_1 = 1.88 \text{ kg}$ روی میز بدون اصطکاک با سرعت 1.3 m/s حرکت می‌کند. دقیقاً در جلوی این قالب، قالب دیگری به جرم $m_2 = 4.92 \text{ kg}$ در همان جهت با سرعت 3.27 m/s در حرکت است. فنر بدون جرمی با ثابت نیروی $k = 112 \text{ N/cm}$ به قسمت عقب قالب m_2 وصل شده است (شکل ۳۵). وقتی دو قالب با هم برخورد می‌کنند، حداکثر فشردگی فنر چقدر است؟ (راهنمایی: در لحظه حداکثر فشردگی فنر دو قالب به صورت جسم واحدی حرکت می‌کنند؛ با توجه به اینکه در این نقطه برخورد کاملاً ناکشسان است، سرعت را محاسبه کنید.)



شکل ۳۵. مسئله ۴۱

۴۲. دو سورتبه، که جرم هر کدام 22.7 kg است، در فاصله کمی پشت سرهم روی سطح یخزده بدون اصطکاک قرار دارند (شکل ۳۶). گره‌ای به جرم 3.63 kg روی یکی از دو سورتبه ایستاده است روی سورتبه دیگر می‌پرد و بلافاصله با پرش دیگری به سورتبه اول بازمی‌گردد. هر دو پرش با سرعت 3.5 m/s نسبت به سورتبه‌ای که پرش از آن صورت می‌گیرد انجام می‌شود. سرعت نهایی هر یک از دو سورتبه را پیدا کنید.



شکل ۳۶. مسئله ۴۲

۴۳. الکترونی به جرم m ، رودررو با اتم ساکنی به جرم M برخورد می‌کند. در نتیجه این برخورد مقدار معینی انرژی، E ، به صورت انرژی داخلی در اتم ذخیره می‌شود. حداقل سرعت اولیه‌ای که الکترون باید داشته باشد، v_0 ، چقدر است؟ (راهنمایی: اصول پایستگی منجر به یک معادله درجه دوم برای سرعت نهایی الکترون و یک معادله درجه دوم برای سرعت نهایی اتم می‌شود. حداقل مقدار v_0 از این شرط حاصل می‌شود که رادیکال موجود در جوابهای v و V حقیقی باشد.)

۴۴. دو کره سمت راست شکل ۳۷ کمی با هم فاصله دارند و در ابتدا

50° تنی را به اندازه 1.5 اینچ در زمین فرو می‌برد. فرض کنید برخورد وزنه‌ستون کاملاً ناکشسان است، و میانگین نیروی مقاومت زمین را تعیین کنید.

۳۵. یک واگن باری 35° تنی با یک واگن خدماتی ساکن برخورد می‌کند و به آن "وصل" می‌شود. در این برخورد 27% از انرژی جنبشی اولیه به صورت گرما، صوت، ارتعاش و مانند آن هدر می‌رود. وزن واگن خدماتی را پیدا کنید.

۳۶. سیر یک اتومبیل 122° کیلوگرمی چنان طراحی شده است که بتواند تمام انرژی را وقتی اتومبیل با سرعت 52° km/h با یک دیوار سنگی برخورد می‌کند، جذب کند. این اتومبیل هنگامی که با سرعت 75.5 km/h در حرکت است با اتومبیل جلویی به جرم 934 kg که با سرعت 62° km/h در همان جهت در حرکت است تصادف می‌کند. در نتیجه این برخورد سرعت اتومبیل 934 kg کیلوگرمی تا 71.3 km/h افزایش می‌یابد. (الف) سرعت اتومبیل 122° کیلوگرمی بلافاصله پس از برخورد چقدر است؟ (ب) نسبت انرژی جنبشی جذب شده در برخورد بر آنچه سیر اتومبیل 122° کیلوگرمی می‌تواند جذب کند چقدر است؟

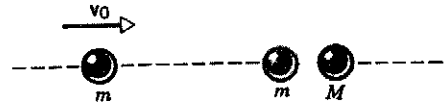
۳۷. یک واگن باری 31.8 تنی که با سرعت 52° ft/s در حرکت است با یک واگن باری 24.2 تنی که با سرعت 29° ft/s در همان جهت در حرکت است برخورد می‌کند. (الف) اگر واگنها پس از برخورد به همدیگر ملحق شوند، سرعت مجموعه پس از برخورد چقدر است و چه مقدار انرژی جنبشی در این برخورد به هدر می‌رود؟ (ب) اگر برخورد واگنها کشسان می‌بود (گرچه بسیار نامحتمل است)، سرعت هر واگن پس از برخورد چقدر می‌شد؟

۳۸. یک ترازوی کفه‌ای چنان مدرج شده است که جرم اجسامی را که روی کفه‌اش قرار می‌گیرند برحسب کیلوگرم نشان بدهد. ذراتی از ارتفاع 43.5 متری پایین می‌افتند و با کفه ترازو برخورد می‌کنند. برخوردها کشسانند و ذرات با همان سرعتی که به کفه می‌خورند از آن باز می‌جهند. جرم هر ذره 11° گرم و آهنگ برخوردها 42 s^{-1} است. این ترازو در حین ریزش ذرات چه جرمی را نشان می‌دهد.

۳۹. جعبه‌ای روی ترازویی قرار دارد، و ترازو چنان تنظیم شده است که وقتی جعبه خالی است رقم صفر را نشان می‌دهد. جریانی از تپله‌ها از ارتفاع h نسبت به ته جعبه، با آهنگ R (تپله در ثانیه) به داخل آن می‌ریزد. جرم هر تپله m است. برخورد میان تپله‌ها و جعبه کاملاً ناکشسان است. ترازو t ثانیه پس از شروع ریزش تپله‌ها چه رقمی را نشان می‌دهد؟ برای وقتی که $R = 115 \text{ s}^{-1}$ ، $h = 9.62 \text{ m}$ ، $m = 4.6^\circ \text{ g}$ و $t = 6.5^\circ \text{ s}$ است جواب عددی پیدا کنید.

۴۰. گلوله‌ای به جرم m با سرعت v_i به داخل لوله یک تفنگ فنی به جرم M که در آغاز روی سطح بدون اصطکاک ساکن است شلیک می‌شود (شکل ۳۴). گلوله در نقطه حداکثر فشردگی فنر به داخل لوله گیر می‌کند. هیچ انرژی‌ای صرف مقابله با اصطکاک نمی‌شود. (الف) سرعت تفنگ فنی، پس از آنکه گلوله در داخل لوله متوقف شد، چقدر است؟ (ب) چه کسری از انرژی جنبشی اولیه گلوله در فنر ذخیره شده است؟

هر دو ساکن اند؛ کره سمت چپ با سرعت v_0 به طرف آنها در حرکت است. فرض کنید برخوردها رودررو و کشسان باشند. (الف) نشان بدهید که اگر $M \leq m$ باشد دو برخورد روی می‌دهد و سرعت‌های نهایی را معین کنید. (ب) نشان بدهید که اگر $M > m$ باشد سه برخورد انجام می‌شود و سرعت‌های نهایی سه کره را معین کنید.



شکل ۳۷. مسئله‌های ۴۴ و ۴۵

۴۵. وضعیتی مانند مسئله قبل را در نظر بگیرید (شکل ۳۷) ولی فرض کنید که در این مورد برخوردها ممکن است همگی کشسان، همگی غیرکشسان، یا بعضی کشسان و بعضی ناکشسان باشند؛ به علاوه در این مسئله جرم‌ها را m ، m' و M انتخاب می‌کنیم. نشان بدهید برای اینکه بیشترین انرژی جنبشی از m به M منتقل شود باید جرم جسم واسط برابر با $m' = \sqrt{mM}$ — یعنی میانگین هندسی دو جرم مجاور — باشد. (در آکوستیک هم همین رابطه بین جرم‌های لایه‌های متوالی هوا در "شیپور نمایی" برقرار است).^۱

بخش ۱۰-۵ برخورد در دو بعد

۴۶. دو خودرو A به وزن 2720 پوند و B به وزن 3640 پوند که به ترتیب به سمت غرب و جنوب در حرکت‌اند در یک تقاطع با هم تصادف می‌کنند و درهم قفل می‌شوند. قبل از برخورد، سرعت خودرو A 38.5 mi/h و سرعت خودرو B 58 mi/h است. بلافاصله پس از برخورد، خودروهای درهم قفل شده با چه سرعتی و در کدام جهت حرکت می‌کنند؟

۴۷. اجسام A و B با هم برخورد می‌کنند. جرم جسم A برابر با 2.0 kg و جرم جسم B برابر با 3.0 کیلوگرم است. سرعت‌های این اجسام قبل از برخورد عبارت است از $v_{iA} = 15\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$ و $v_{iB} = -10\mathbf{i} + 5\mathbf{j}$ بعد از برخورد سرعت جسم A به صورت $v_{fA} = -6\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$ است. تمام سرعت‌ها برحسب متر بر ثانیه بیان شده‌اند. (الف) سرعت نهایی جسم B را پیدا کنید. (ب) در این برخورد چقدر انرژی جنبشی به سیستم افزوده یا از سیستم کاسته می‌شود؟

۴۸. ذره آلفایی با یک هسته اکسیژن که در آغاز ساکن است برخورد می‌کند. ذره آلفا تحت زاویه 64° بالاتر از راستای اولیه حرکتش پراکنده می‌شود و هسته اکسیژن تحت زاویه 51° پایین‌تر از همان راستا پس می‌زند. سرعت نهایی هسته برابر با $1.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ است. سرعت نهایی ذره آلفا چقدر است؟ (جرم ذره آلفا 4.0 u و جرم هسته اکسیژن 16 u است).

۴۹. یک نوترون کند (که نوترون گرمایی هم نامیده می‌شود) در برخورد کشسان با یک دوتریون ساکن تحت زاویه 90° پراکنده می‌شود. نشان بدهید که این نوترون دو سوم انرژی جنبشی اولیه‌اش را به دوتریون

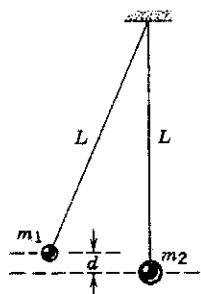
می‌دهد. (جرم نوترون 1 u و جرم دوتریون 2 u است).
۵۰. دو جسم با جرم‌های یکسان که سرعت‌های اولیه‌شان هم یکی است در یک برخورد کاملاً ناکشسان به هم می‌چسبند و با سرعت مشترکی که برابر با نصف سرعت اولیه هر یک از آنهاست حرکت می‌کنند. زاویه میان سرعت‌های اولیه دو جسم چقدر بوده است؟

۵۱. پروتونی (با جرم اتمی 1 u) با سرعت 518 m/s با پروتون ساکنی برخورد کشسان انجام می‌دهد. پروتون متحرک با زاویه 64° نسبت به راستای اولیه حرکتش پراکنده می‌شود. (الف) جهت حرکت پروتون هدف پس از برخورد کدام است؟ (ب) سرعت هریک از پروتون‌ها پس از برخورد چقدر است؟

۵۲. دو گوی A و B با جرم‌های متفاوت و مجهول با هم برخورد می‌کنند. گوی A در آغاز ساکن است و گوی B با سرعت v حرکت می‌کند. پس از برخورد، گوی B دارای سرعت $v/2$ است و در راستای عمود بر سرعت اولیه‌اش حرکت می‌کند. (الف) تعیین کنید که گوی A پس از برخورد در چه جهتی حرکت می‌کند. (ب) آیا می‌توانید سرعت گوی A را از اطلاعات داده شده در این مسئله تعیین کنید؟ درباره پاسخ خودتان توضیح بدهید.

۵۳. در یک بازی بلیارد، به توپ "چوبخور" سرعت اولیه V داده می‌شود و این توپ با مجموعه ۱۵ توپ که مماس به یکدیگر در وسط میز قرار دارند برخورد می‌کند. همه ۱۶ توپ (یکسان) در برخوردهای متعدد توپ به توپ و توپ به دیواره میز درگیر می‌شوند. برحسب تصادف، پس از اندک زمانی معلوم می‌شود که همه توپ‌ها دارای سرعت یکسان v ‌اند. فرض کنید همه برخوردها کشسان باشند و از جنبه چرخشی حرکت توپ‌ها هم چشمپوشی کنید. سرعت v را برحسب V به دست بیاورید.

۵۴. دو آونگ هریک به طول L در آغاز مطابق شکل ۳۸ قرار گرفته‌اند. آونگ اول از ارتفاع d رها می‌شود و با آونگ دوم برخورد می‌کند. فرض کنید برخورد کاملاً ناکشسان است و از جرم ریسمانها و هر نوع آثار اصطکاکی چشمپوشی کنید. مرکز جرم این مجموعه پس از برخورد تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟



شکل ۳۸. مسئله ۵۴

۱. نگاه کنید به