www.YasDL.com

پرسشها

۱. آیا می‌توانید کلمات دیگری، مثل کار، نام ببرید که معنی آنها در زبان روزمره عموماً با معنی علمی‌شان متفاوت باشد؟

۲. توضیح بدهید که چرا هنگامی که دیواری را فشار می‌دهید، و البته نمی‌توانید آن‌را حرکت بدهید، بدن شما خسته می‌شود، مگر نه اینکه کاری روی دیوار انجام نمی‌شود؟

۳. سه نیروی ثابت بر ذره‌ای وارد می‌شوند و ذره از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر می‌رود ثابت کنیدکه کار حاصل از برایند این سه نیرو برابر است با مجموع کارهای حاصل از تک‌تک نیروها که جداگانه حساب شده باشد.

۴. سطح شیبدار (مثال ۱) یک "ماشین" ساده است که به کمک آن می‌توانیم با نیروی کوچکتر (از آنچه بدون استفاده از ماشین لازم است) کار انجام بدهیم.در مورد گوه، اهرم، پیچ، چرخ‌دنده، و ترکیباتی از قرقره‌ها (مسئلهٔ ۹) هم همین‌طور است. اما این ماشینها نه تنها کار را کم نمی‌کنند بلکه عملاً قدری هم زیاد می‌کنند. چرا؟ چرا این ماشینها را به‌کار می‌بریم؟

۵. در یک مسابقهٔ طناب‌کشی، یک تیم به آهستگی‌وامی‌دهد و به طرف تیم حریف کشیده می‌شود. چه کاری انجام می‌شود و توسط چه تیمی؟

۶. چرا یک کیلومتر دوچرخه‌سواری در یک مسیر افقی، خیلی آسانتر از دویدن در همین مسافت است؟ در هر مورد باید وزن خودتان را یک کیلومتر منتقل کنید، و در مورد اول باید دوچرخه را هم با خودتان ببرید و تازه طی زمان کوتاهتری هم این مسافت را طی کنید؟[۱]

۷. فرض کنید مدارگردش زمین به دور خورشید دقیقاً دایره باشد. در این صورت آیا خورشید روی زمین کاری انجام می‌دهد؟

۸. توپ بولینگی را به‌آرامی از زمین بلند می‌کنید و روی میز می‌گذارید. دو نیرو به توپ وارد می‌شود: وزن توپ، mg، و نیروی رو به بالای شما، $-mg$. این دو نیرو یکدیگر را خنثی می‌کنند، چنانکه کلاً کاری انجام نمی‌شود. از طرف دیگر، می‌دانید که دست شما کار انجام می‌دهد. اشکال در کجاست؟

۹. فنری را نصف می‌کنیم. ثابت نیروی فنر اولیه، k، با ثابت نیروی هر یک از دو نیمهٔ حاصل چه رابطه‌ای دارد؟

۱۰. فنرهای A و B یکسان‌اند جز آنکه A سخت‌تر از B است؛ یعنی، $k_A > k_B$. اگر دو فنر را (الف) به یک اندازه و (ب) با یک نیرو بکشیم، روی کدام‌یک کار بیشتری انجام می‌شود؟

۱۱. آیا انرژی جنبشی به جهت حرکت جسم مورد نظر بستگی دارد؟ آیا می‌تواند منفی باشد؟ آیا مقدار آن به چارچوب مرجع ناظر بستگی دارد؟

۱۲. کتابی را از زمین برمی‌دارید و روی میز می‌گذارید؛ در این حالت کار انجام می‌دهید، اما انرژی جنبشی کتاب تغییر نمی‌کند. آیا قضیهٔ کار-انرژی در این مورد نقض شده است؟ اگر جوابتان مثبت است چرا، و اگر نه باز هم چرا؟

۱۳. آیا در مورد جسمی که تحت اثر نیروی اصطکاک باشد هم قضیهٔ کار-انرژی درست است؟ توضیح بدهید.

۱۴. کار نیروی خالص وارد بر یک ذره برابر است با تغییر انرژی جنبشی آن. آیا ممکن است که کار یکی از مؤلفه‌های نیرو بزرگتر از تغییر انرژی جنبشی باشد؟ اگر چنین است، مثال بیاورید.

۱۵. چرا یک اتومبیل سواری در سربالایی به‌راحتی می‌تواند از یک کامیون پر از بار جلو بزند؟ البته کامیون سنگین‌تر هست اما موتورش هم به همان نسبت قویتر است. (آیا واقعاً چنین است؟) چه ملاحظاتی در طراحی توان موتور کامیون و موتور اتومبیل سواری دخالت دارد؟

۱۶. آیا توان لازم برای بالا بردن یک جعبه و گذاشتن آن روی سکو، به سرعت انجام این کار بستگی دارد؟

۱۷. چند تا از کتابهای کتابخانه را، طی زمان Δt، از یک قفسه به قفسهٔ بالاتر می‌برید. آیا کاری که انجام می‌دهید (الف) به جرم کتابها، (ب) به وزن کتابها، (ج) به ارتفاع قفسهٔ بالایی نسبت به زمین، (د) به زمان Δt و (ه) به این که کتابها را زیگزاگ بالا ببرید یا مستقیم، بستگی دارد؟

۱۸. رکورد جهانی پرش با نیزه در حدود ۵٫۵m است. آیا می‌شود با استفاده از نیزه‌ای بلندتر، این رکورد را، مثلاً به ۸m رساند؟ اگر نه چرا؟ یک قهرمان پرش اصولاً تا حدود چه ارتفاعی امکان دارد بالا ببرد؟

۱۹. امروزه از "بحران انرژی" زیاد صحبت می‌شود. به نظر شما صحبت از "بحران توان" درست‌تر نیست؟

۲۰. آیا کار حاصل از نیروی خالص وارد بر یک ذره به چارچوب مرجع (لخت) ناظر بستگی دارد؟ تغییر انرژی جنبشی چطور؟ اگر چنین است، چند مثال بزنید.

۲۱. مردی سوار بر قایق، برخلاف جهت جریان آب پارو می‌زند و نسبت به ساحل ساکن است. (الف) آیا این مرد کاری انجام می‌دهد؟ (ب) اگر پارو زدن را متوقف کند و همراه با جریان آب جلو برود، آیا کاری روی او انجام می‌شود؟

۲۲. قضیهٔ کار-انرژی را از دیدگاه چارچوب مرجع خلبان هواپیمای ۱ در مثال ۹ بررسی کنید. آیا قضیه در این حالت نقض می‌شود؟ توضیح بدهید.

۲۳. می‌گوییم که الکترون ۱keV ذره‌ای "کلاسیک" است، الکترون ۱MeV ذره‌ای "نسبیتی" است، و الکترون ۱GeV ذره‌ای "فوق‌نسبیتی" است. منظور از این اصطلاحات چیست؟[۱]

مسئله‌ها

بخش ۷ـ۱ کاری که نیروی ثابت انجام می‌دهد

۱. کارگری برای هل دادن صندوقی به جرم ۵۲kg، نیرویی برابر با ۱۹۰N در جهت ۲۲° زیر سطح افقی بر آن وارد می‌کند. صندوق

---

۱. نگاه کنیدبه

The Physics Teacher, March 1981, p. 194.

www.YasDL.com

به‌اندازهٔ ۳٫۳m جابه‌جا می‌شود. (الف) کار، (ب) نیروی گرانش، و (ج) نیروی عمودی وارد بر صندوق از سطح زمین، هر یک چقدر کار روی صندوق انجام می‌دهند؟

۲. جسمی به جرم ۱۰۶kg با سرعت ۵۱٫۳m/s روی خطی راست حرکت می‌کند. (الف) این جسم را با شتاب کندکنندهٔ ۱٫۹۷m/s^2 متوقف می‌کنیم. چه نیرویی لازم است، جسم طی چه مسافتی متوقف می‌شود، و این نیرو چقدر کار انجام می‌دهد؟ (ب) اگر شتاب کندکننده ۴٫۸۲m/s^2 باشد، جواب این پرسشها چه می‌شود؟

۳. کارگری صندوقی به جرم ۲۵kg را روی سطح شیبداری با زاویهٔ شیب ۲۷° به بالا هل می‌دهد؛ این کارگر نیرویی برابر با ۱۲۰N، موازی با سطح شیبدار، به صندوق وارد می‌کند. صندوق ۳٫۶m جابه‌جا می‌شود. (الف) کارگر، (ب) نیروی گرانش، و (ج) نیروی عمود بر سطح شیبدار، هر یک چقدر کار انجام می‌دهند؟

۴. با استفاده از میدان الکتریکی می‌شود از فلزات الکترون خارج کرد. برای اینکه یک الکترون از تنگستن جدا کنیم، میدان الکتریکی باید ۴٫۵eV کار انجام بدهد. فرض کنید که میدان الکتریکی در طی مسافت ۳٫۴nm اثر می‌کند. حداقل نیرویی که میدان باید بر الکترون وارد کند تا الکترون از فلز کنده شود، چقدر است؟

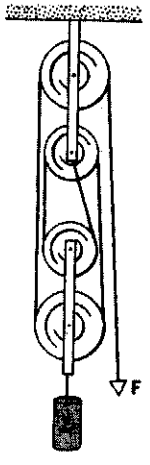
۵. با استفاده از یک طناب، جسمی به جرم M را با شتاب ثابت رو به پایین $g/4$، به اندازهٔ مسافت d در امتداد قائم پایین می‌آوریم. (الف) طناب چقدر کار روی جسم انجام می‌دهد؟ (ب) نیروی گرانش چقدر کار انجام می‌دهد؟

۶. کارگری جسمی به وزن ۵۸٫۷lb($m = 26$٫۶kg) را روی سطح افقی تا مسافت ۳۱٫۳ft (یعنی۹٫۵۴m) منتقل می‌کند. جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند و نیروی کارگر در جهت ۳۲٫۰° زیر سطح افقی به جسم وارد می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی ۰٫۲۱ است. کارگر چقدر کار روی جسم انجام می‌دهد؟

۷. الواری به جرم ۵۲٫۳kg را به‌اندازهٔ ۵٫۹۵m، با سرعت ثابت، روی سطح شیبداری با زاویهٔ ۲۸٫۰° به طرف بالا هل می‌دهیم. برای این کار، یک نیروی ثابت افقی به الوار وارد می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین الوار و سطح شیبدار ۰٫۱۹ است. (الف) کار نیروی اعمال شده و (ب) کار نیروی گرانشی را حساب کنید.

۸. قطعه یخی به جرم ۴۷٫۲kg روی سطح شیبداری به طول ۱٫۶۲m و ارتفاع ۰٫۹۰۲m به طرف پایین می‌لغزد. کارگری به این قطعه یخ در راستای موازی سطح شیبدار طوری به طرف بالا نیرو وارد می‌کند که یخ با سرعت ثابت پایین بیاید. ضریب اصطکاک جنبشی میان یخ و سطح شیبدار ۰٫۱۱۰ است. (الف) نیرویی را که کارگر وارد می‌کند و (ب) کاری را که کارگر روی قطعه یخ انجام می‌دهد، و (ج) کاری را که گرانش روی قطعهٔ یخ انجام می‌دهد پیدا کنید.

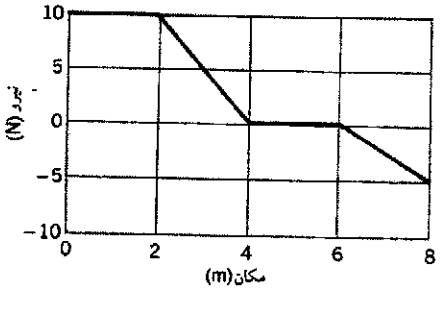
۹. شکل ۱۴ آرایه‌ای از قرقره‌ها را نشان می‌دهد که به کمک آن کشیدن بار سنگین L به طرف بالا آسانتر می‌شود. فرض کنید اصطکاک در همه‌جای سیستم ناچیز است، و وزن تک تک قرقره‌ها را که بار به آنها وصل است ۲۰٫۰lb بگیرید. می‌خواهیم باری به وزن ۸۴۰lb را ۱۲٫۰ft بالا ببریم. (الف) حداقل نیروی F لازم برای این کار چقدر است؟ (ب) چقدر کار باید در برابر گرانش انجام داد تا بار تا این ارتفاع بالا برود؟ (ج) نقطهٔ اثر نیروی اعمال شده را به چه مسافتی باید حرکت داد تا بار ۱۲٫۰ft بالا برود؟ (د) نیروی F چقدر کار باید انجام بدهد تا بار به اندازهٔ مورد نظر بالا برود؟



شکل ۱۴. مسئلهٔ ۹

بخش ۷ـ۲ کاری که نیروی متغیر انجام می‌دهد: مورد یک‌بعدی

۱۰. جسمی به جرم ۵٫۰kg روی خط راستی بر سطح افقی بدون اصطکاکی حرکت می‌کند. طی حرکت نیرویی وابسته به مکان بر آن وارد می‌شود، که به صورت شکل ۱۵ است. این نیرو، طی تغییر مکان ذره از مبدأ تا $x = 8$٫۰m چقدر کار انجام می‌دهد؟

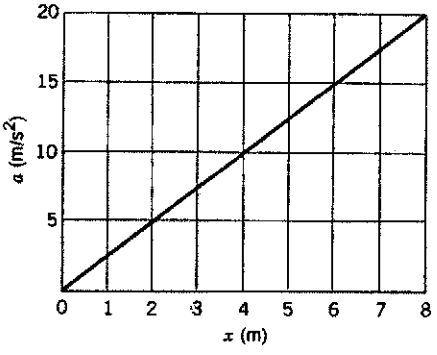


شکل ۱۵. مسئلهٔ ۱۰

۱۱. جسمی به جرم ۱۰kg در راستای محور x حرکت می‌کند. تابع شتاب جسم برحسب مکان، به‌صورت شکل ۱۶ است. کارخالص انجام شده روی ذره، طی حرکت آن از $x = 0$ تا $x = 8$٫۰m چقدر

www.YasDL.com

است؟

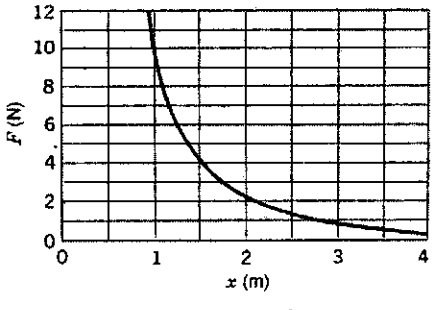


شکل ۱۶. مسئلهٔ ۱۱

۱۲. ثابت نیروی فنری ۱۵٫۰N/cm است. (الف) چقدر کار لازم است تا فنر، از حالت آزاد، به اندازهٔ ۷٫۶۰mm کشیده شود؟ (ب) چقدر کار لازم است تا فنر را، از این حالت، ۷٫۶۰mm دیگر بکشیم؟

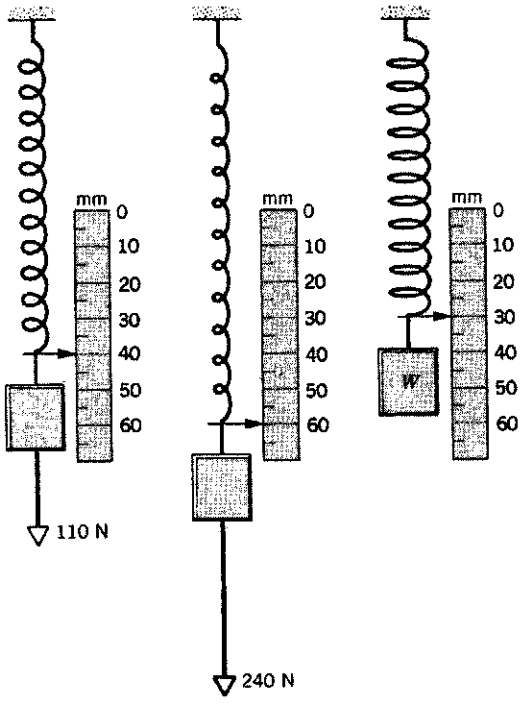
۱۳. نیروی وارد بر جسمی، $F = F_0(x/x_0 - 1)$ است. کار انجام شده طی حرکت جسم از $x = 0$ تا $x = 3x_0$ را (الف) با رسم منحنی $F(x)$ و حساب کردن مساحت زیرمنحنی و (ب) با محاسبهٔ تحلیلی انتگرال به‌دست بیاورید.

۱۴. (الف) کار انجام شده توسط نیروی شکل ۱۷ را، طی تغییر مکان ذره از $x = 1\text{m}$ تا $x = 3\text{m}$، تخمین بزنید. بازه‌ها را کوچکتر کنید و ببینید که تا چه حد می‌توانید به جواب دقیق 6J نزدیک شوید. (ب) معادلهٔ تحلیلی این منحنی، $F = A/x^2$ است که در آن $A = 9\text{Nm}^2$. کار را با انتگرال‌گیری به‌دست بیاورید.



شکل ۱۷. مسئلهٔ ۱۴

۱۵. شکل ۱۸ فنری را نشان می‌دهد که یک شاخص به انتهای آن متصل است، مجاور فنر، خط‌کشی که برحسب میلی‌متر مدرج شده، آویزان است. مطابق شکل، سه وزنهٔ متفاوت را به نوبت از فنر می‌آویزیم. (الف) اگر هیچ وزنه‌ای به فنر آویزان نباشد، شاخص چه عددی را نشان می‌دهد؟ (ب) وزن W چقدر است؟



شکل ۱۸. مسئلهٔ ۱۵

بخش ۷ـ۳ کاری که نیروی متغیر انجام می‌دهد: مورد دوبعدی

۱۶. با انتگرال‌گیری در امتداد قوس، نشان بدهید که کار گرانش، در مثال ۴ برابر با $-mgh$ است.

۱۷. جسمی به جرم ۰٫۶۷۵kg روی میز بدون اصطکاکی قرار دارد و به ریسمانی متصل است که از سوراخی در میز می‌گذرد؛ جسم با سرعت ثابت روی دایره‌ای افقی به مرکز این سوراخ حرکت می‌کند. (الف) اگر شعاع دایره ۰٫۵۰۰m و سرعت جسم ۱۰٫۰m/s باشد، کشش ریسمان چقدر است؟ (ب) مشاهده می‌شود که اگر ۰٫۲۰۰m دیگر از ریسمان را به درون سوراخ بکشیم، و در نتیجه شعاع دایره را به ۰٫۳۰۰m برسانیم، کشش ریسمان ۴٫۶۳ برابر می‌شود. کل کاری که ریسمان، طی این کاهش شعاع، روی جسمِ گردان انجام می‌دهد چقدر است؟

بخش ۷ـ۴ انرژی جنبشی و قضیهٔ کار-انرژی

۱۸. انرژی جنبشی هر یک از این اجسام را در سرعتهای مشخص شده حساب کنید. (الف) یک بازیکن فوتبال به جرم ۱۱۰kg و با سرعت ۱٫۸m/s؛ (ب) گلوله‌ای به جرم ۴٫۲g و با سرعت ۹۵۰m/s؛ ناو هواپیمابر نیمیتس به جرم ۹۱۴۰۰ تن و با سرعت ۳۲٫۰ گره.

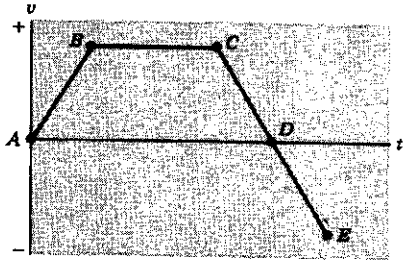
۱۹. یک الکترون رسانش در مس، در دمای نزدیک به صفر مطلق، ۴٫۲eV انرژی جنبشی دارد. سرعت آن چقدر است؟

۲۰. پروتونی در یک شتابدهندهٔ خطی شتاب می‌گیرد، در هر مرحلهٔ دستگاه، پروتون در جهت حرکتش شتاب $3{,}60 \times 10^{15}\text{m/s}^2$

www.YasDL.com

می‌گیرد. اگر پروتون با سرعت اولیهٔ $۲٫۴۰ \times ۱۰^{۷}\text{m/s}$ به یکی از این مراحل، که طول آن $۳٫۵۰\text{cm}$ است وارد شود (الف) سرعت پروتون در پایان این مرحله و (ب) مقدار انرژی جنبشی‌ای که در اثر این شتاب به انرژی قبلی‌اش افزوده می‌شود. چقدر است؟ جرم پروتون $۱٫۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}\text{kg}$ است. انرژی را برحسب الکترون ولت بیان کنید.

۲۱. نیرویی بر ذره‌ای، که روی خط راست حرکت می‌کند، وارد می‌شود. نمودار سرعت-زمان ذره در شکل ۱۹ نشان داده شده است. علامت (مثبت یا منفی) کاری را که نیرو، در هر یک از بازه‌های AB، BC، CD، و DE، روی ذره انجام می‌دهد پیدا کنید.



شکل ۱۹. مسئلهٔ ۲۱

۲۲. برای سفر به ماه، یک موشک ساترن V به جرم $۲٫۹ \times ۱۰^{۵}\text{kg}$ که حامل یک فضاپیمای آپولو است، باید به سرعت گریز $۱۱٫۲\text{km/s}$ (یعنی ۲۵۰۰۰mi/h) در نزدیکی سطح زمین برسد. سوخت موشک باید حاوی چقدر انرژی باشد؟ آیا عملاً سیستم به همین مقدار انرژی نیاز دارد یا کمتر یا بیشتر؟ چرا؟

۲۳. اتومبیلی به وزن ۲۸۰۰lb را در نظر بگیرید. این اتومبیل از چه ارتفاعی باید سقوط کند تا انرژی جنبشی آن برابر با همین انرژی در زمانی باشد که با سرعت ۵۵mi/h حرکت می‌کند؟ آیا جواب به وزن اتومبیل بستگی دارد؟

۲۴. اتومبیلی به جرم ۱۱۰۰kg، با سرعت ۴۶km/h در جاده‌ای افقی حرکت می‌کند. راننده طوری ترمز می‌کند که اتومبیل ۵۱kJ انرژی جنبشی از دست می‌دهد. (الف) سرعت اتومبیل در این حالت چقدر است؟ (ب) ترمز باید چقدر دیگر از انرژی جنبشی اتومبیل را بگیرد تا اتومبیل کاملاً متوقف شود؟

۲۵. بازیکنی توپ بیسبال را با سرعت ۱۲۰ft/s (یعنی $۳۶٫۶\text{m/s}$) پرتاب می‌کند. درست پیش از آنکه بازیکن دیگری توپ را، در همان ارتفاع بگیرد، سرعت توپ به ۱۱۰ft/s (یعنی $۳۳٫۵\text{m/s}$) کاهش یافته است. چقدر انرژی در اثر مقاومت هوا از دست رفته است؟ وزن توپ بیسبال $۹٫۰\text{oz}$ است ($m = ۲۵۵\text{g}$).

۲۶. زمین سالی یک بار به دور خورشید می‌گردد. چقدر کار باید بر زمین انجام داد تا نسبت به خورشید ساکن شود؟ برای به‌دست آوردن داده‌های عددی به پیوست ج رجوع کنید، و چرخش زمین به دور محور خودش را در نظر نگیرید.

۲۷. پدر و پسری در حال دویدن‌اند. جرم پسر نصف جرم پدر اما انرژی جنبشی‌اش دو برابر انرژی جنبشی پدر است. پدر به اندازهٔ $۱٫۰۰\text{m/s}$ به سرعت خودش اضافه می‌کند و انرژی جنبشی‌اش با انرژی جنبشی پسر برابر می‌شود. سرعت پسر و سرعت اولیهٔ پدر چقدر بوده است؟

۲۸. پرتابه‌ای به جرم $۰٫۵۵۰\text{kg}$ با انرژی جنبشی اولیهٔ ۱۵۵۰J از لبهٔ صخره‌ای پرتاب می‌شود؟ نقطهٔ اوج پرتابه ۱۴۰m بالاتر از نقطهٔ پرتاب است. (الف) مؤلفهٔ افقی سرعت پرتابه چقدر است؟ (ب) مؤلفهٔ عمودی سرعت پرتابه، درست پس از پرتاب، چقدر بوده است؟ (ج) در لحظه‌ای در حین پرواز، مؤلفهٔ عمودی سرعت پرتابه $۶۵٫۰\text{m/s}$ می‌شود. در این لحظه، پرتابه چقدر بالاتر، یا پایین‌تر، از نقطهٔ پرتاب است؟

۲۹. دنباله‌داری به جرم $۸٫۳۸ \times ۱۰^{۱۱}\text{kg}$، با سرعت نسبی ۳۰km/s، به زمین برخورد می‌کند. (الف) انرژی جنبشی دنباله‌دار را برحسب "مگاتن TNT" حساب کنید؛ انفجار ۱ میلیون تن TNT انرژی‌ای برابر با $۴٫۲ \times ۱۰^{۱۵}\text{J}$ آزاد می‌کند. (ب) قطر حفره‌ای که در اثر یک انفجار بزرگ ایجاد می‌شود، با توان یک سوم انرژی‌آزاد شده متناسب است، و قطر حفرهٔ حاصل از انفجار ۱ مگاتن TNT برابر با ۱km است. قطر حفرهٔ حاصل از برخورد این دنباله‌دار چقدر است؟ (ممکن است که در گذشته، آثار جوی حاصل از برخورد دنباله‌دارها به زمین، موجب انقراض بسیاری از گونه‌های جانوران و گیاهان شده باشد؛ گمان می‌رود که دایناسورها هم در اثر پیامدهای چنین برخوردی منقرض شده باشند.)

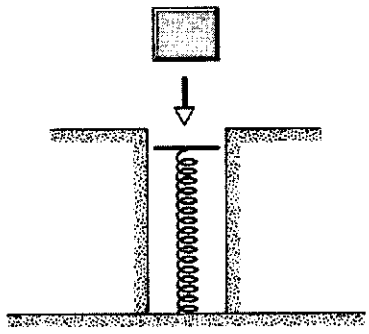
۳۰. یک "بشقاب" پلاستیکی چرخان [فریزبی] به جرم ۱۲۵g، با سرعت $۱۲٫۳\text{m/s}$، از ارتفاع $۱٫۰۶\text{m}$ بالای سطح زمین پرتاب می‌شود. هنگامی که بشقاب به ارتفاع $۲٫۳۲\text{m}$ می‌رسد، سرعت آن $۹٫۵۷\text{m/s}$ می‌شود. (الف) گرانش چقدر کار روی بشقاب انجام داده است؟ (ب) چقدر انرژی جنبشی در اثر مقاومت هوا از دست رفته است؟ چرخش بشقاب را در نظر نگیرید.

۳۱. توپی موقع واجهیدن از یک پیاده‌روی بتونی، ۱۵٫۰٪ از انرژی جنبشی‌اش را از دست می‌دهد. این توپ را باید با چه سرعت اولیه‌ای در امتداد قائم از ارتفاع $۱۲٫۴\text{m}$ به طرف پایین پرتاب کرد تا، پس از واجهیدن، دوباره به همان ارتفاع برگردد؟ فرض کنید مقاومت هوا ناچیز است.

۳۲. یک توپ لاستیکی که از ارتفاع ۶ft رها شده است چندین بار به زمین می‌خورد و از آن وامی‌جهد؛ در هر برخورد، ۱۰٪ انرژی توپ از دست می‌رود. چند برخورد باید انجام شود تا توپ دیگر نتواند به ارتفاع بالاتر از ۳ft برسد؟

۳۳. جسمی به جرم ۲۶۳g روی فنری قائم که ثابت آن $k = ۲٫۵۲\text{N/cm}$ است می‌افتد (شکل ۲۰). جسم به فنر می‌چسبد و آن‌را $۱۱٫۸\text{cm}$ فشرده می‌کند تا خودش به حالت سکون لحظه‌ای برسد. در طی فشرده شدن فنر (الف) نیروی گرانش و (ب) فنر چقدر کار انجام می‌دهند؟ (ج) سرعت جسم، درست پیش از برخورد به فنر، چقدر بوده است؟ (د) اگر سرعت اولیهٔ جسم دو برابر شود، بیشترین مقدار فشردگی فنر چقدر می‌شود؟

www.YasDL.com



شکل ۲۰. مسئلهٔ ۳۳

۳۴. با تعمیم اثبات حالت یک‌بعدی معادلهٔ ۱۹، نشان بدهید که این معادله در حالتهای دو و سه‌بعدی هم درست است.

بخش ۷ـ۵ توان

۳۵. زنی به جرم ۵۷kg از پلکانی به ارتفاع ۴٫۵m در مدت ۳٫۵s بالا می‌رود. توان متوسطی که باید مصرف کند چقدر است؟

۳۶. یک دستگاه بالابر، ۱۰۰ نفر اسکی‌باز به وزن متوسط ۶۶۷N را طی ۵۵٫۰s، با سرعت ثابت تا ارتفاع ۱۵۲m بالا می‌برد. توان خروجی موتور بالابر، به فرض اینکه هیچ اتلاف ناشی از اصطکاکی در کار نباشد، چقدر است؟

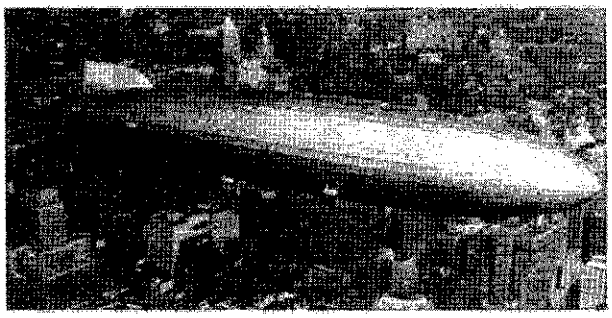
۳۷. شناگری با سرعت ۰٫۲۲m/s در آب شنا می‌کند. نیروی مقاومت آب، که با حرکت او مخالفت می‌کند، ۱۱۰N است. شناگر با چه توانی شنا می‌کند؟

۳۸. دونده‌ای به جرم ۶۸٫۲kg مسافت ۷٫۰۴m ابتدای مسابقه را در مدت ۱٫۶۰s می‌دود. دونده از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند و شتاب او در این مدت ثابت است. سرعت او در پایان ۱٫۶۰s چقدر است؟ (ب) انرژی جنبشی‌اش چقدر است؟ (ج) توان متوسط او، طی این ۱٫۶۰s، چقدر است؟

۳۹. اسبی گاری‌ای را با نیروی ۴۲٫۰lb که با زاویهٔ ۲۷٫۰° بالای سطح افقی اعمال می‌شود می‌کشد و با سرعت ۶٫۲۰mi/h حرکت می‌کند. (الف) اسب در مدت ۱۲٫۰min چقدر کار انجام می‌دهد؟ (ب) توان خروجی اسب را، برحسب hp حساب کنید.

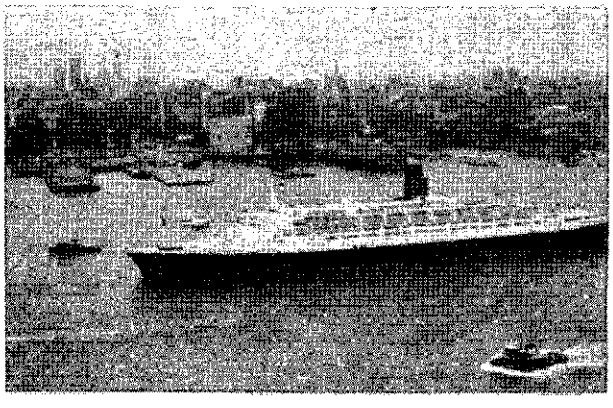
۴۰. یک شرکت سازندهٔ اتومبیل می‌گوید که حداکثر توانی که موتوراتومبیلی به جرم ۱۲۳۰kg می‌تواند تحویل بدهد، ۹۲٫۴kW است. حداقل زمان لازم برای اینکه این اتومبیل از حالت سکون به سرعت ۲۹٫۱m/s (یعنی۶۵mi/h) برسد چقدر است؟ در یک آزمون، این زمان برابر با ۱۲٫۳s اندازه‌گیری شده است. علت اختلاف بین این دو زمان چه می‌تواند باشد؟

۴۱. کشتی هوایی هیدنبورگ، شکل ۲۱ بالونی بود محتوی گاز هیدروژن که می‌توانست با استفاده از ۴۸۰۰hp توان موتورهایش، با سرعت ۷۷ گره حرکت کند. نیروی مقاومت هوا (برحسب در این سرعت چقدر است؟



شکل ۲۱. مسئلهٔ ۴۱

۴۲. توان کشتی مجلل "ملکه الیزابت دوم" (شکل ۲۲) از یک نیروگاه الکتریکی دیزلی جدید تأمین می‌شود، که جایگزین ماشینهای بخار اولیهٔ آن شده است. بیشینهٔ توان خروجی ۹۲MW است که در این توان، کشتی با سرعت ۳۲٫۵ گره حرکت می‌کند. در این بیشترین سرعت کشتی، پروانه‌های کشتی چه نیرویی بر آب وارد می‌کنند؟



شکل ۲۲. مسئلهٔ ۴۲

۴۳. اتومبیلی به جرم ۱۶۰۰kg، با سرعت ۲۶m/s (یعنی۹۴km/h) در جاده‌ای افقی حرکت می‌کند. اگر کل نیروهای مقاوم ۷۲۰N باشد، توان خروجی موتور چند اسب بخار است؟

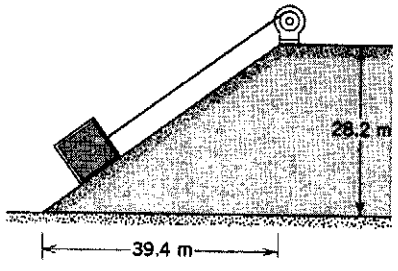
۴۴. در هر دقیقه، ۷۳۸۰۰m³ آب از آبشاری به ارتفاع ۹۶٫۳m به پایین می‌ریزد. فرض کنید ۵۸٫۰٪ انرژی جنبشی‌ای که آب در طی سقوط کسب می‌کند، به کمک یک مولد هیدروالکتریکی، به انرژی الکتریکی تبدیل شود. توان خروجی مولد را حساب کنید. (چگالی آب ۱۰۰۰kg/m³ است.)

۴۵. فرض کنید میزان مصرف بنزین اتومبیل شما ۳۰mi/gal است. (الف) با ۱kWh انرژی، اتومبیل شما چه مسافتی را می‌پیماید؟ (ب) اگر سرعت اتومبیل ۵۵mi/h باشد، آهنگ مصرف انرژی چقدر است؟ ۱۴۰MJ/h است.

www.YasDL.com

۴۶. توان موتور تلمبهٔ آبی ۶٫۶hp است. با این تلمبه از چه عمقی می‌توان آب را با آهنگ ۲۲۰gal/min بیرون کشید؟

۴۷. یک جرثقیل قطعهٔ بزرگی از گرانیت به جرم ۱۳۸۰kg را با سرعت ثابت ۱٫۳۴m/s، از سطح شیبداری بالا می‌کشد (شکل ۲۳). ضریب اصطکاک جنبشی بین گرانیت و سطح شیبدار ۰٫۴۱ است. توان جرثقیل چقدر است؟



شکل ۲۳. مسئلهٔ ۴۷

۴۸. اتومبیلی به وزن ۳۷۰۰lb ($m = 1680\text{kg}$) از حالت سکون شروع به حرکت درجاده‌ای افقی می‌کند و، طی ۳۳s، به سرعت ۴۵mi/h(یعنی ۷۲km/h) می‌رسد. (الف) انرژی جنبشی اتومبیل در پایان این ۳۳s چقدر است؟ (ب) توان خالص متوسطی که اتومبیل، طی این ۳۳s، دریافت کرده است چقدر است؟ (ج) با فرض اینکه شتاب اتومبیل ثابت بوده باشد، توان لحظه‌ای آن در پایان این ۳۳s چقدر است؟

۴۹. جسمی به جرم m از حالت سکون به‌طور یکنواخت شتاب می‌گیرد و طی زمان t_f به سرعت v_f می‌رسد. (الف) نشان بدهید که کار انجام شده روی جسم، به‌صورت تابعی از زمان، برحسب v_f و t_f برابر است با

$$W = \frac{1}{2} m \frac{v_f^2}{t_f^2} t^2$$

(ب) توان مصرفی جسم را به‌صورت تابعی از زمان پیدا کنید.

۵۰. نیرویی بر ذره‌ای به جرم ۲٫۸۰kg اثر می‌کند؛ مکان ذره، برحسب زمان، $x = 3t - 4t^2 + t^3$ است، که در آن x برحسب متر و t برحسب ثانیه است. (الف) کار این نیرو، طی ۴٫۰s اول چقدر است؟ (ب) این نیرو در لحظهٔ $t = 3.0\text{s}$ با چه آهنگی روی ذره کار انجام می‌دهد؟

۵۱. جرم یک آسانسور باری، وقتی کاملاً بار شده باشد، ۱۲۲۰kg است. این آسانسور باید طی ۴۳٫۰s، به‌اندازهٔ ۵۴٫۵m به‌طرف پایین برود. جرم وزنهٔ مقابله ۱۳۸۰kg است. توان خروجی موتور آسانسور، برحسب hp، چقدر است؟ از کار لازم برای راه انداختن و متوقف کردن آسانسور صرفنظر کنید، یعنی فرض کنید سرعت آسانسور ثابت است.

۵۲. اتومبیلی به جرم m، که توان موتور آن مقدار ثابت P است، می‌تواند پس از پیمودن مسافت x از حالت سکون به سرعت v برسد. نشان بدهید که v از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید

$$v = \left(\frac{3xP}{m}\right)^{1/3}$$

۵۳. (الف) نشان بدهید که توان خروجی هواپیمایی که با سرعت ثابت v به‌طورافقی پرواز می‌کند متناسب با v^3 است. نیروی اصطکاک آئرودینامیکی را $D = bv^2$ بگیرید. (ب) توان موتورها را به چه نسبتی زیاد کنیم تا سرعت هواپیما نسبت به هوا ۲۵٫۰٪ زیاد شود؟

۵۴. یک ماشین تیزکن، چرخی به شعاع ۲۰٫۷cm دارد و در هر ثانیه ۲٫۵۳ دور می‌زند. ابزاری را که باید تیز شود با نیروی ۱۸۰N بر لبهٔ چرخ می‌فشاریم. این ماشین چه توانی دارد؟ ضریب اصطکاک بین ابزار و چرخ ۰٫۳۲ است.

۵۵. یک پله برقی، دو طبقه را که فاصله‌شان از هم ۸٫۲۰m است به هم مرتبط می‌کند. طول پله برقی ۱۳٫۳m و سرعت حرکت آن در راستای خودش ۶۲٫۰cm/s است. (الف) فرض کنید پله باید هر دقیقه ۱۰۰ نفر، به جرم متوسط ۷۵٫۰kg، را جابه‌جا کند. در این صورت، موتور آن چقدرتوان باید تحویل بدهد؟ (ب) مردی به جرم ۸۳٫۵kg از پله برقی متحرک بالا می‌رود و طی ۹٫۵۰s به طبقهٔ بالا می‌رسد. موتور پله برقی چقدر کار روی او انجام می‌دهد؟ (ج) اگر همین مرد، وسط راه برگردد و به طرف پایین حرکت کند، چنان‌که در ارتفاع ثابتی باقی بماند، آیا موتور روی او کار انجام می‌دهد؟ اگر می‌دهد، چقدر توان برای این کار مصرف می‌شود؟ (د) آیا راهی (دیگر) به نظرتان می‌رسد که مرد بتواند روی پله برقی راه برود، بی‌آنکه توانی از موتور را مصرف کند؟

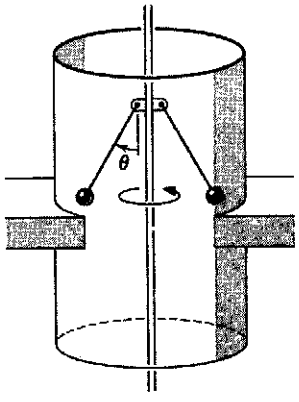
۵۶. یک لوکوموتیو ۱٫۵MW، هنگامی که با توان کامل کارمی‌کند، قطار را طی ۶٫۰min از سرعت ۱۰m/s به سرعت ۲۵m/s می‌رساند. (الف) با چشمپوشی از اصطکاک، جرم قطار را محاسبه کنید. (ب) سرعت قطار را در این بازه به‌صورت تابعی از زمان (برحسب ثانیه) به‌دست بیاورید. (ج) نیروی شتابدهنده به قطار را به‌صورت تابعی از زمان، در این بازه، به‌دست بیاورید (د) مسافتی را که قطار در این مدت می‌پیماید حساب کنید.

۵۷. نیروی مقاوم در برابر حرکت اتومبیل ناشی از دو عامل است: اصطکاک جاده، که تقریباً مستقل از سرعت v است، و مقاومت آئرودینامیک، که متناسب با v^2 است. برای اتومبیل خاصی به وزن ۱۲۰۰۰N، کل نیروی مقاوم F برابر است با $F = 300 + 1.8v^2$، که در آن F برحسب نیوتون و v برحسب متر بر ثانیه است. موتور چه توانی باید داشته باشد تا بتواند، در سرعت ۸۰km/h، به اتومبیل ۰٫۹۲m/s^2 شتاب بدهد؟

۵۸. یک تنظیم‌کنندهٔ سرعت شامل دو گلوله، هر یک به جرم ۲۰۰g، است که با میله‌های صلب و سبک به طول ۱۰٫۰cm به محور قائم چرخانی متصل‌اند (شکل ۲۴). میله‌ها به محور لولا شده‌اند، چنان‌که با چرخش محور، گلوله‌ها هم با آن می‌چرخند و از محور فاصله می‌گیرند. ۴ برسد، کره‌ها به دیوارهٔ استوانه‌ای که سیستم

www.YasDL.com

درون آن می‌چرخد می‌رسند (الف) حداقل آهنگ دوران، برحسب دور بر دقیقه، برای اینکه گلوله‌ها به دیواره برسند چقدر است؟ (ب) اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین کره‌ها و دیواره ۰٫۳۵ باشد، هنگامی که سیستم با سرعت ۳۰۰ rev/min می‌چرخد، چقدر توان در اثر مالش گلوله‌ها بر دیواره اتلاف می‌شود؟



شکل ۲۴. مسئلهٔ ۵۸

بخش ۷ـ۶ چارچوبهای مرجع

۵۹. دو ناظر را در نظر بگیرید که چارچوب یکی به زمین متصل است و چارچوب دیگری، مثلاً به قطاری که با سرعت ثابت $\mathbf{u}$ نسبت به زمین حرکت می‌کند. هر دو ناظر مشاهده می‌کنند که ذره‌ای، که در ابتدا نسبت به قطار ساکن است، با نیروی ثابتی که در مدت زمان t برآن وارد می‌شود، به طرف جلو شتاب می‌گیرد. (الف) نشان بدهید که از دید هر دو ناظر، کاری که نیرو انجام می‌دهد برابر است با تغییر انرژی جنبشی ذره، اما یکی از ناظرها این کمیت را $\frac{1}{2}ma^2t^2$ می‌سنجد و دیگری $\frac{1}{2}ma^2t^2 + maut$. در اینجا m جرم، و a شتاب ذره است، که از دید هر دو ناظر یکی است. (ب) اختلاف کار انجام شده توسط نیروی یکسان از دید دو ناظر را، برحسب اختلاف مسافتِ اثر این نیرو از دید این دو ناظر توضیح بدهید. اختلاف انرژی جنبشی پایانی ذره از دید دو ناظر را برحسب کاری که ذره می‌تواند انجام بدهد تا، نسبت به چارچوب هر ناظر، به حالت سکون برسد توضیح بدهید.

بخش ۷ـ۷ انرژی جنبشی در سرعتهای زیاد

۶۰. انرژی جنبشی پروتونی را حساب کنید که سرعت آن $2{,}94 \times 10^8 \text{m/s}$ است. جواب خود را هم برحسب ژول و هم برحسب MeV بیان کنید.

۶۱. الکترونی با چنان سرعتی حرکت می‌کند که با آن می‌شود کمربند استوای زمین را طی ۱٫۰ s دور زد. (الف) سرعت این الکترون را، برحسب سرعت نور، بیان کنید. (ب) انرژی جنبشی آن‌را برحسب الکترون‌ولت حساب کنید. (ج) اگر از فرمول کلاسیک برای محاسبهٔ انرژی جنبشی استفاده کنیم، چند درصد خطا خواهیم داشت؟

۶۲. سرعت الکترونی $0{,}999c$ است. (الف) انرژی جنبشی آن چقدر است؟ (ب) اگر سرعت آن ۰٫۰۵٪ زیاد شود، انرژی جنبشی آن چند درصد زیاد می‌شود؟

۶۳. قضیهٔ کار-انرژی در هر سرعتی درست است. چقدر کار باید انجام داد تا سرعت الکترونی از صفر به (الف) $0{,}50c$، (ب) $0{,}99c$، و (ج) $0{,}999c$ برسد؟