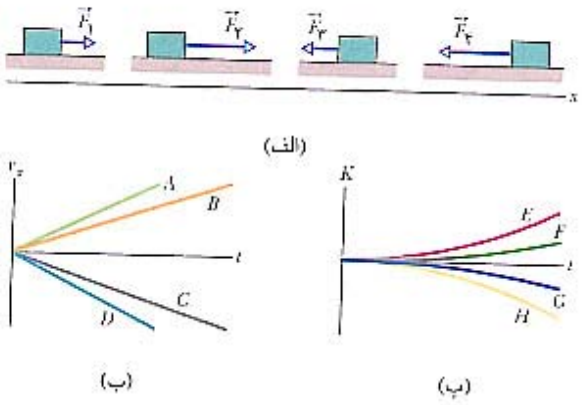
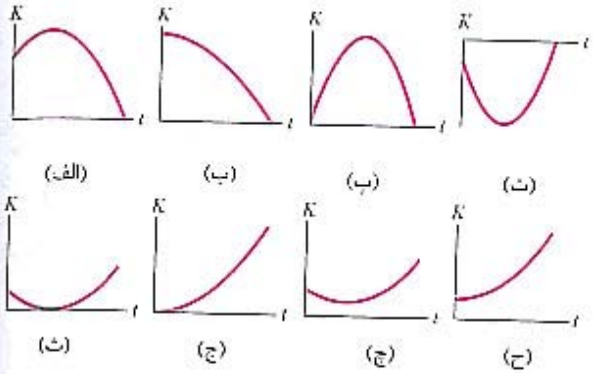
ب با کدامیک از نیروهای شکل ۷-۲۰ الف بهترین تطابق را دارند؟ (ب) هر یک از نمودارهای شکل ۷-۲۰ پ (انرژی جنبشی $K$ برحسب زمان $t$) با کدامیک از نمودارهای شکل ۷-۲۰ ب بهترین تطابق را دارند؟




شکل ۷-۲۰ پرسش ۸

۹- فنر $A$ سخت‌تر از فنر $B$ است ($k_A > k_B$). اگر فنرها فشرده شوند، نیروی فنر کدامیک (الف) در فاصله‌ای یکسان و (ب) با نیروی وارد شدهٔ یکسان، کار بیشتری انجام می‌دهد؟

۱۰- یک گلولهٔ گلی از لبهٔ صخره‌ای پرتاب یا رها شده است. کدامیک از نمودارهای شکل ۷-۲۱ احتمالاً می‌تواند چگونگی تغییرات انرژی جنبشی گلوله را در حین پرواز نشان دهد؟




شکل ۷-۲۱ پرسش ۱۰

## مسئله ها

مسئله‌های آموزشی قابل دسترس (در نسخهٔ مدرس).

SSM: پاسخ قابل دسترس در کتاب حل مسئله‌ها

WWW: پاسخ در http://www.wiley.com/college/halliday

ILW: پاسخ یادگیری تعاملی در ●-●●●● تعداد نقطه‌ها درجهٔ دشوار بودن سطح مسئله را نشان می‌دهد.

اطلاعات اضافی در سیرک پرندهٔ فیزیک و در flyingcircusofphysics.com قابل دسترس است.

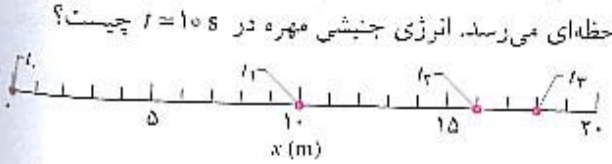
### بخش ۷-۳ انرژی جنبشی

●- SSM پروتونی (به جرم $m = 1/67\times10^{-27}\,kg$) در امتداد یک خط مستقیم در شتابدهنده‌ای تا $3/6\times10^{15}\,m/s^2$ شتابدار شده است. اگر تندی اولیهٔ پروتون $2/4\times10^7\,m/s$ باشد و $3/5\,cm$ را طی کند، (الف) تندی و (ب) افزایش در انرژی جنبشی آن چقدر است؟

●- اگر جرم موشک *ساترن* ۵[1] با فضاپیمای *آپولو*[2] متصل به آن مجموعاً $2/9\times10^5\,kg$ باشد و به تندی $11/2\,km/s$ رسیده باشند، آنگاه انرژی جنبشی آنها چقدر است؟

●- در ۱۰ آگوست سال ۱۹۷۲ میلادی (۱۹ مرداد سال ۱۳۵۱)، شهاب سنگ بزرگی ردّی در آسمان غرب آمریکا و کانادا بر جای گذاشت که بسیار شبیه به ردّی بود که یک سنگ به هنگام برخورد با آب برجای می‌گذارد. گوی آتشین همراه آن به حدی فروزان بود که می‌شد آن را در آسمان روز مشاهده کرد و از دنبالهٔ معمول یک شهاب سنگ درخشانتر بود. جرم شهاب سنگ در حدود $4\times10^6\,kg$ و تندی آن در حدود $15\,km/s$ بود. با فرض آنکه چنین شهاب سنگی به طور قائم وارد جو شود، تقریباً با همین تندی با سطح زمین برخورد می‌کند. (الف) اتلاف انرژی جنبشی شهاب سنگ را (برحسب ژول) به هنگام برخورد قائم با زمین محاسبه کنید. (ب) این انرژی را برحسب مضربی از انرژی یک مگاتُن TNT که $4/2\times10^{15}\,J$ است، بیان کنید. (پ) انرژی مربوط به انفجار بمب اتمی هیروشیما معادل ۱۳ کیلوتن TNT بود. برخورد شهاب سنگ با زمین معادل با انفجار چند بمب هیروشیماست؟

●●- مهره‌ای به جرم $1/8\times10^{-2}\,kg$ در امتداد سیمی واقع در جهت مثبت محور $x$ حرکت می‌کند. وقتی مهره در لحظهٔ $t=0$ با تندی $12\,m/s$ از $x=0$ شروع به حرکت کند، نیروی ثابتی بر مهره وارد می‌شود. شکل ۷-۲۲ مکان مهره را در زمانهای $t = 0, 1/0, 2/0, 3/0\,s$ نشان می‌دهد. مهره در $t=3/0\,s$ به سکون لحظه‌ای می‌رسد. انرژی جنبشی مهره در $t=10\,s$ چیست؟

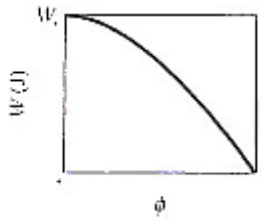



شکل ۷-۲۲ مسئلهٔ ۴

●●- انرژی جنبشی پدری که با پسرش مسابقه دو می‌دهد نصف انرژی جنبشی پسرش است و پسر نصف پدر جرم دارد. وقتی که پدر بر تندی خود به میزان $1/0\,m/s$ می‌افزاید، همان انرژی جنبشی پسر را دارد. تندیهای اولیهٔ (الف) پدر و (ب) پسر چقدر بوده است؟

1. Saturn V
2. Apollo

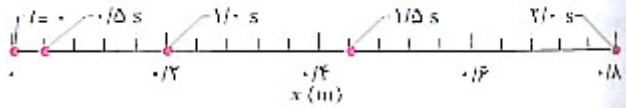
**۶۰-** بر مهره‌ای که در امتداد یک سیم مستقیم $+۵/۰\,cm$ جابه‌جایی یافته است، نیروی $\vec{F}_a$ وارد شده است. بزرگی $\vec{F}_a$ در مقدار معینی ثابت می‌شود، ولی زاویهٔ $\phi$ میان $\vec{F}_a$ و جابه‌جایی مهره را می‌توان انتخاب کرد. شکل ۷-۲۳ کار $W$ انجام شده توسط $\vec{F}_a$ روی مهره را برای گستره‌ای از مقدارهای $\phi$ به دست می‌دهد. اگر $\phi$ (الف) ۶۴° و (ب) ۱۴۷° باشد، چقدر کار توسط $\vec{F}_a$ انجام شده است؟




شکل ۷-۲۳ مسئلهٔ ۶

## بخش ۷-۵ کار و انرژی جنبشی

**۷۰۰-** بر جسمی به جرم $۳/۰\,kg$ که روی تخت هوای افقی بدون اصطکاکی ساکن است، نیروی افقی ثابت $\vec{F}$ در جهت مثبت محور $x$ در امتداد تخت هوا وارد می‌شود. نمودار استروبوسکپی مکان جسم در هنگامی که به سمت راست می‌لغزد در شکل ۷-۲۴ نشان داده شده است. نیروی $\vec{F}$ در زمان $t=۰$ بر جسم وارد شده است و این نمودار، مکان جسم را در بازه‌های زمانی $۰/۵۰\,s$ ثبت کرده است. در بازهٔ زمانی $t=۰$ تا $t=۲/۰\,s$، نیروی $\vec{F}$ چقدر کار روی جسم انجام داده است؟




شکل ۷-۲۴ مسئلهٔ ۷

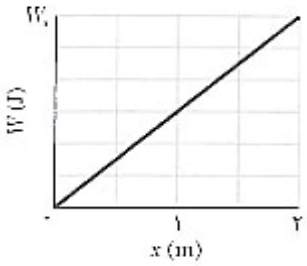
**۸۰-** قالب یخی که در آب شناور است تحت تأثیر نیروی $\vec{F}=(۲۱۰\,N)\hat{i}-(۱۵۰\,N)\hat{j}$ که از سوی جریان آب به آن وارد شده است. جابه‌جایی $\vec{d}=(۱۵\,m)\hat{i}-(۱۲\,m)\hat{j}$ را انجام می‌دهد. نیروی جریان آب در طی این جابه‌جایی چقدر کار روی قطعه انجام می‌دهد؟

**۹۰-** تحت تأثیر تک نیرویی به بزرگی $۵/۰\,N$، یک قوطی به جرم $۲/۰\,kg$ در صفحهٔ $xy$ حرکت می‌کند. قوطی در ابتدا سرعت $۴/۰\,m/s$ در جهت مثبت محور $x$ و چند لحظه بعد سرعت $۶/۰\,m/s$ در جهت مثبت محور $y$ دارد. در این مدت، نیروی $۵/۰\,N$ چقدر کار روی قوطی انجام داده است؟

**۱۰۰-** سکه‌ای تحت تأثیر نیروی ثابتی از نقطه‌ای واقع بر مبداء یک دستگاه مختصات $xy$ به نقطه‌ای به مختصات $(۳/۰\,m, ۴/۰\,m)$ روی صفحهٔ بدون اصطکاکی می‌لغزد. بزرگی نیرو $۲/۰\,N$ و جهت آن ۱۰۰° پادساعتگرد نسبت به جهت مثبت محور $x$ است. در طی این جابه‌جایی چقدر کار توسط نیرو انجام شده است؟

**۱۱۰۰-** یک نیروی $۱۲/۰$ نیوتونی با سمتگیری ثابت روی ذره‌ای کار انجام می‌دهد به گونه‌ای که ذره جابه‌جایی $\vec{d}=(۲/۰۰\hat{i}-۴/۰۰\hat{j}+۳/۰۰\hat{k})\,m$ را پیدا می‌کند. زاویهٔ میان نیرو و جابه‌جایی در صورتی که تغییر انرژی جنبشی ذره (الف) $+۳۰/۰\,J$ و (ب) $-۳۰/۰\,J$ باشد، چقدر است؟

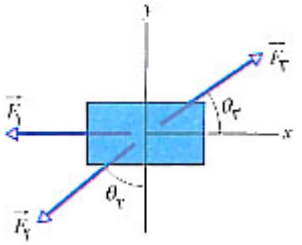
**۱۲۰۰-** یک قوطی پیچ و مهره در امتداد محور $x$ توسط زمین شویی روی کف روغنی (بدون اصطکاک) یک تعمیرگاه اتومبیل هل داده می‌شود. شکل ۷-۲۵ کار $W$ انجام شده روی قوطی توسط نیروی ثابت افقی ناشی از زمین شوی را برحسب مکان $x$ قوطی نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم شکل با $W_s=۶/۰\,J$ مشخص شده است. (الف) بزرگی این نیرو چقدر است؟ (ب) اگر انرژی جنبشی اولیهٔ قوطی $۳/۰۰\,J$ بوده باشد، انرژی جنبشی آن پس از پیمودن $۲/۰۰\,m$ در جهت مثبت محور $x$ چقدر است؟




شکل ۷-۲۵ مسئلهٔ ۱۲

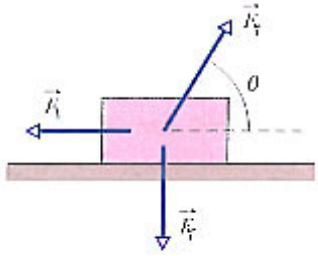
**۱۳۰۰-** یک سورتمهٔ مسابقه و سرنشین آن که جرم کل آنها $۸۵\,kg$ است با تندی اولیهٔ $۳۷\,m/s$ از یک سراشیبی پایین می‌آید و وارد یک مسیر مستقیم افقی می‌شود. اگر نیرویی با آهنگ $۲/۰\,m/s^۳$ حرکت آنها را تا لحظهٔ توقف آهسته کند (الف) بزرگی $F$ مورد نیاز چقدر است؟ (ب) فاصلهٔ $d$ که آنها در حین آهسته شدن طی می‌کنند چقدر است؟ (پ) نیرو چه کار $W$ روی آنها انجام می‌دهد؟ اگر حرکت آنها با شتاب $۴/۰\,m/s^۳$ آهسته شود، آنگاه (ت) $F$، (ث) $d$ و (ج) $W$ چقدرند؟

**۱۴۰۰-** شکل ۷-۲۶، دید از بالای سه نیروی افقی وارد بر یک محمولهٔ بار را نشان می‌دهد. محموله که در ابتدا ساکن بوده است، اکنون روی کف بدون اصطکاکی حرکت می‌کند. بزرگی نیروها عبارت‌اند از $F_۱=۳۰۰\,N$، $F_۲=۴۰۰\,N$، و $F_۳=۱۰۰\,N$، و زاویه‌های نشان داده شده در شکل عبارت‌اند از $\theta_۲=۵۰/۰°$ و $\theta_۳=۳۵/۰°$. کار خالص انجام شده روی محموله توسط این سه نیرو در حین نخستین $۴/۰۰\,m$ جابه‌جایی چقدر است؟



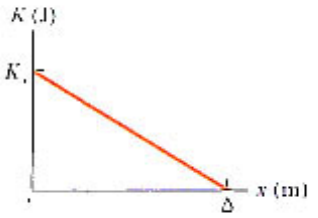

شکل ۷-۲۶ مسئلهٔ ۱۴

**۱۵۰۰-** شکل ۷-۲۷ سه نیروی وارد شده بر یک جعبهٔ بزرگ را نشان می‌دهد که جعبه را ۳/۰۰m روی کف بدون اصطکاکی به سمت چپ حرکت می‌دهند. بزرگی نیروها عبارت‌اند از $F_1 = 5/00\,N$، $F_2 = 9/00\,N$، $F_3 = 3/00\,N$، و زاویهٔ نشان داده شده در شکل $\theta = 60/0^\circ$ است. در طی جابه‌جایی (الف) کار خالص انجام شده روی جعبه توسط این سه نیرو چقدر است؟ و (ب) آیا انرژی جنبشی جعبه افزایش می‌یابد یا کاهش؟




شکل ۷-۲۷ مسئلهٔ ۱۵

**۱۶۰۰-** جسمی به جرم 8/0kg در جهت مثبت محور $x$ حرکت می‌کند. وقتی جسم از $x = 0$ می‌گذرد، نیروی ثابتی در امتداد محور $x$ شروع به تأثیر روی آن می‌کند. شکل ۷-۲۸ انرژی جنبشی $K$ جسم را برحسب مکان آن هنگامی که از $x = 0$ به $x = 5/0\,m$ می‌رود نشان می‌دهد. $K_0 = 30/0\,J$ است. نیرو به طور پیوسته بر جسم وارد می‌شود. وقتی جسم رو به عقب حرکت کند، تندی $v$ آن در $x = -3/0\,m$ چقدر است؟



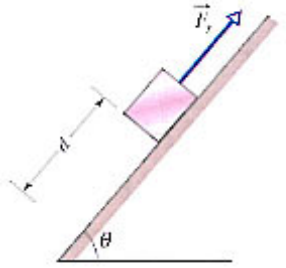

شکل ۷-۲۸ مسئلهٔ ۱۶

## بخش ۷-۶ کار انجام شده به وسیلهٔ نیروی گرانشی

**۱۷۰۰-** WWW SSM بالگردی یک فضانورد به جرم 72kg را توسط کابلی از سطح اقیانوس به طور قائم به اندازهٔ 15m بالا می‌کشد. شتاب فضانورد $g/10$ است. چقدر کار روی فضانورد توسط (الف) نیروی وارد از بالگرد و (ب) نیروی گرانشی وارد به او، انجام شده است؟ درست پیش از آنکه او به بالگرد برسد، (پ) انرژی جنبشی و (ت) تندی او چقدر است؟

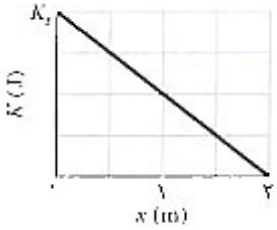
**۱۸۰-** (الف) در سال ۱۹۷۵/۱۳۵۴ سقف سالن دوچرخه سواری مونترال به وزن 360kN به اندازهٔ 10cm بالا برده شد تا مرکز آن تنظیم شود. چقدر کار روی سقف توسط نیروهایی که آن را بالا بردند، انجام شده بود؟ (ب) در سال ۱۹۶۰/۱۳۳۹ مادری از شهر *تامپا*[1] در فلوریدا گزارش داد که او یک سر اتومبیل را که بر اثر شکستن جک روی پسرش افتاده بود، بلند کرده است. اگر او در این بلند کردن اضطراب آمیز به طور مؤثری 4000N (حدود $\frac{1}{4}$ وزن اتومبیل) را به اندازهٔ 5/0cm بلند کرده باشد، چقدر کار توسط نیروی او روی اتومبیل انجام شده است؟

**۱۹۰۰-** در شکل ۷-۲۹، وقتی به قالب یخی توسط یک طناب نیروی $\vec{F}_p$ به بزرگی 50N و رو به بالای سطح شیبداری با زاویهٔ شیب $\theta = 50^\circ$ وارد شود، قالب یخ رو به پایین بر سطح شیبدار بدون اصطکاک می‌لغزد. وقتی قالب یخ به اندازهٔ مسافت $d = 0/50\,m$ در امتداد شیب بلغزد، انرژی جنبشی آن به اندازهٔ 80J افزایش می‌یابد. اگر طناب به قالب یخ متصل نشده باشد، انرژی جنبشی آن چقدر بیشتر می‌شود؟




شکل ۷-۲۹ مسئلهٔ ۱۹

**۲۰۰۰-** قطعه‌ای روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی به سمت بالا در امتداد محور $x$ که در این راستا است، حرکت می‌کند. شکل ۷-۳۰ انرژی جنبشی را برحسب تابع مکان $x$ به دست می‌دهد؛ مقیاس محور قائم شکل با $K_s = 40/0\,J$ مشخص شده است. اگر تندی اولیهٔ قطعه برابر 4/00m/s باشد، نیروی عمودی وارد بر قطعه چقدر است؟




شکل ۷-۳۰ مسئلهٔ ۲۰

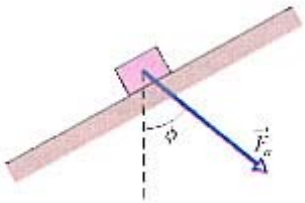
**۲۱۰۰-** SSM از ریسمانی برای پایین آوردن قائم قطعه‌ای به جرم $M$ استفاده می‌شود. قطعه که در ابتدا ساکن است با شتاب ثابت رو به پایین $g/4$ پایین آورده می‌شود. هنگامی که قطعه به اندازهٔ مسافت $d$ پایین آورده شد، مطلوب است (الف) کار انجام شده توسط نیروی ریسمان روی قطعه، (ب) کار انجام شده توسط نیروی گرانشی روی قطعه، (پ) انرژی جنبشی قطعه، و (ت) تندی قطعه.

**۲۲۰۰-** یک تیم نجات غارنوردی، غارنورد مجروحی را توسط یک کابل متحرک مستقیماً رو به بالا می‌کشند و او را از گودالی

1. tampa

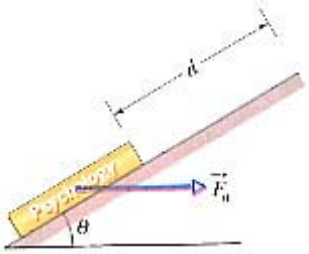
بیرون می‌آورند. بالا آوردن مجروح در سه مرحله صورت می‌پذیرد که در هر مرحله لازم است یک مسافت قائم ۱۰/۰ متری طی شود: (الف) فرد مجروح که در ابتدا ساکن است تا تندی ۵/۰۰ m/s شتابدار می‌شود؛ (ب) سپس با تندی ثابت ۵/۰۰ m/s بالا برده می‌شود؛ (پ) و سرانجام تندی آن با یک شتاب کاهنده به صفر رسانده می‌شود. در طی هر مرحله، چقدر کار توسط نیروی بالا برنده روی مجروح که جرم او ۸۰/۰ kg است انجام شده است؟

**۲۳۰۰**- در شکل ۷-۳۱، نیروی ثابت $\vec{F}_a$، به بزرگی ۸۲/۰ N بر جعبهٔ کفشی به جرم ۳/۰۰ kg در زاویهٔ $\phi = 53/0^\circ$ وارد شده و بدین ترتیب باعث حرکت رو به بالای جعبه با تندی ثابت روی یک شیب بدون اصطکاک شده است. وقتی جعبه تا مسافت قائم $h = 0/150\,m$ حرکت کند، چقدر کار توسط $\vec{F}_a$ روی جعبه انجام شده است؟




شکل ۷-۳۱ مسئلهٔ ۲۳

**۲۴۰۰** GO در شکل ۷-۳۲، نیروی افقی $\vec{F}_a$ به بزرگی ۲۰/۰ N به کتابی به جرم ۳/۰۰ kg وارد شده است و بر اثر آن، کتاب مسافت رو به بالای $d = 0/500\,m$ را روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی با زاویهٔ شیب $\theta = 30/0^\circ$ طی می‌کند. (الف) در حین این جابه‌جایی، کار خالص انجام شده روی کتاب توسط نیروی $\vec{F}_a$، نیروی گرانشی وارد بر کتاب، و نیروی عمودی وارد بر کتاب، چقدر است؟ (ب) اگر انرژی جنبشی کتاب در آغاز این جابه‌جایی برابر با صفر باشد، تندی آن در پایان جابه‌جایی چقدر است؟




شکل ۷-۳۲ مسئلهٔ ۲۴

**۲۵۰۰**- PP در شکل ۷-۳۳، قالب پنیری به جرم ۰/۲۵۰ kg بر کف اتاقک آسانبری به جرم ۹۰۰ kg قرار دارد. اتاقک توسط کابلی نخست به اندازهٔ مسافت $d_1 = 2/40\,m$ و سپس به اندازهٔ $d_2 = 10/5\,m$ رو به بالا کشیده می‌شود. (الف) اگر در طی مسافت $d_1$، نیروی عمودی وارد بر قالب پنیر از سوی کف مقدار ثابت $F_N = 3/00\,N$ را داشته باشد، چقدر کار توسط کابل روی اتاقک انجام شده است؟ (ب) اگر در طی مسافت $d_2$ کار انجام شده روی اتاقک توسط نیروی (ثابت) کابل برابر با ۹۲/۶۱ kg باشد، بزرگی $F_N$ چقدر است؟

شکل ۷-۳۳ مسئلهٔ ۲۵

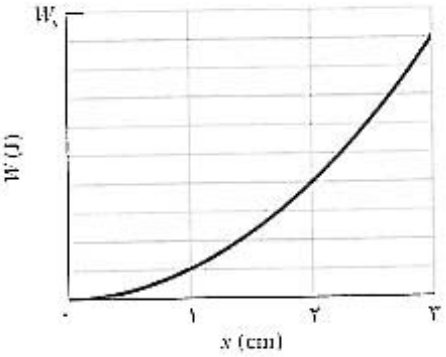
## بخش ۷-۷ کار انجام شده به وسیلهٔ نیروی فنر

**۲۶۰**- در شکل ۷-۹، باید نیرویی به بزرگی ۸۰ N را برای نگه داشتن قطعه به حالت سکون در $x = -2/0\,cm$ وارد کنیم. آنگاه قطعه را از آن مکان به آرامی حرکت می‌دهیم به گونه‌ای که نیروی ما ۴/۰ J+ کار روی دستگاه فنر - قطعه انجام دهد؛ سپس قطعه دوباره ساکن می‌شود. مکان قطعه در این لحظه چیست؟ (*راهنمایی:* دو پاسخ وجود دارد.)

**۲۷۰**- یک فنر و یک قطعه را به همان ترتیب شکل ۷-۹ در نظر بگیرید. وقتی قطعه رو به بیرون تا $x = +4/0\,cm$ کشیده شود، باید نیرویی به بزرگی ۳۶۰ N را برای نگه داشتن قطعه در این مکان به آن وارد کنیم. وقتی قطعه از $x_i = 5/0\,cm$ به (الف) $x = +3/0\,cm$، (ب) $x = -3/0\,cm$، (پ) $x = -5/0\,cm$، و (ت) $x = -9/0\,cm$ حرکت کند، چقدر کار توسط فنر روی قطعه انجام می‌شود؟

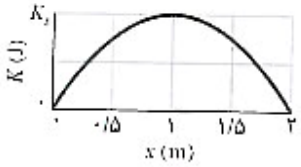
**۲۸۰**- در طول ترم بهاره در دانشگاه MIT، دانشجویان مقیم در ساختمانهای موازی در خوابگاه پردیس شرقی با نیروکمانهای بزرگی که از لوله‌های لاستیکی جراحی متصل به قاب پنجره ساخته بودند با هم مبارزه می‌کردند. برای این کار یک بادکنک پر از آب رنگی را در کیسه‌ای متصل به لولهٔ لاستیکی قرار می‌دادند و آن را تا پهنای اتاق می‌کشیدند. فرض کنید کشش لولهٔ لاستیکی از قانون هوک پیروی کند و ثابت فنر آن ۱۰۰ N/m باشد. اگر لولهٔ لاستیکی به اندازهٔ ۵/۰۰ m کشیده و سپس رها شود، نیروی لولهٔ لاستیکی تا زمانی که به طول واهلیدگی خود برگردد چقدر کار روی بادکنک داخل کیسه انجام می‌دهد؟

**۲۹۰۰**- در آرایش شکل ۷-۹، قطعه را بتدریج از $x = 0$ تا $x = +3/0\,cm$، که در آنجا ساکن می‌شود، می‌کشیم. شکل ۷-۳۴ کار انجام شده توسط نیروی ما را بر قطعه نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم شکل با $W_s = 1/0\,J$ مشخص شده است. سپس قطعه را رو به بیرون تا $x = +5/0\,cm$ می‌کشیم و آن را از حالت سکون رها می‌کنیم. وقتی قطعه از $x_i = +5/0\,cm$ به (الف) $x = +4/0\,cm$، (ب) $x = -2/0\,cm$، و (پ) $x = -5/0\,cm$ حرکت کند، چقدر کار توسط فنر روی قطعه انجام می‌شود؟




شکل ۷-۳۴ مسئلهٔ ۲۹

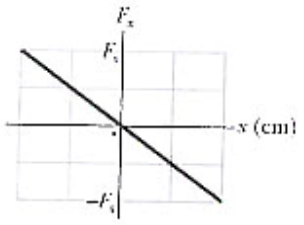
**۳۰۰۰-** در شکل ۷-۹ الف قطعه‌ای به جرم $m$ که روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارد به یک سر فنری افقی (با ثابت فنر $k$) که سر دیگرش در جایی ثابت شده، وصل شده است. وقتی نیروی افقی $\vec{F}$ در جهت مثبت محور $x$ بر قطعه وارد شود، قطعه در ابتدا به حالت سکون در مکانی است که فنر کشیده نشده است ($x=0$). نموداری از انرژی جنبشی قطعه برحسب مکان $x$ در شکل ۷-۳۵ نشان داده شده است. مقیاس محور قائم شکل با $K_s = 2.0\,J$ مشخص شده است. (الف) بزرگی $\vec{F}$ چقدر است؟ (ب) مقدار ثابت فنر $k$ چقدر است؟




شکل ۷-۳۵ مسئلهٔ ۳۰

**۳۱۰۰-** WWW SSM تنها نیروی وارد بر جسمی به جرم $2.0\,kg$ هنگامی که در جهت مثبت محور $x$ حرکت می‌کند، دارای مؤلفهٔ $x$ به صورت $F_x = -6x\ N$ است که در آن $x$ بر حسب متر است. سرعت جسم در $x = 3.0\,m$ برابر با $8.0\,m/s$ است. (الف) سرعت جسم در $x = 4.0\,m$ چقدر است؟ (ب) در چه مقدار مثبتی از $x$، جسم دارای سرعت $5.0\,m/s$ است؟

**۳۲۰۰-** شکل ۷-۳۶ نیروی فنر $F_x$ را برحسب مکان $x$ برای ترکیب فنر - قطعهٔ شکل ۷-۹ نشان می‌دهد. مقیاس با $F_x = 160\,N$ مشخص شده است. قطعه را رو به بیرون تا $x = 12\,cm$ می‌کشیم و سپس رها می‌کنیم. وقتی قطعه از $x_i = +8.0\,cm$ به (الف) $x = +5.0\,cm$، (ب) $x = -5.0\,cm$، (پ) $x = -8.0\,cm$ و (ت) $x = -10.0\,cm$ حرکت کند، چقدر کار توسط فنر روی قطعه انجام می‌شود؟

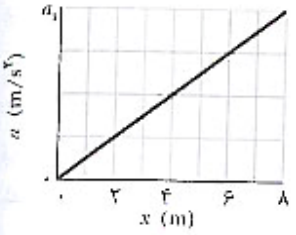



شکل ۷-۳۶ مسئلهٔ ۳۲

**۳۳۰۰۰-** قطعهٔ شکل ۷-۹ الف روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارد و ثابت فنر برابر با $50\,N/m$ است. در ابتدا، فنر در طول واهلیده‌اش واقع است و قطعه به حالت سکون در مکان $x = 0$ قرار دارد. آنگاه یک نیروی خارجی با بزرگی ثابت $3.0\,N$ قطعه را آنقدر در جهت مثبت محور $x$ می‌کشد تا سرانجام متوقف شود. وقتی قطعه به نقطهٔ توقف برسد (الف) مکان قطعه چیست؟ (ب) کاری که توسط نیروی خارجی بر قطعه انجام شده چقدر است؟ و (پ) کار انجام شده توسط نیروی فنر بر قطعه چقدر است؟ در طی جابه‌جایی قطعه (ت) مکان قطعه به هنگامی که انرژی جنبشی آن بیشینه است چیست و (ث) مقدار آن انرژی جنبشی بیشینه چقدر است؟

## بخش ۷-۸ کار انجام شده به وسیلهٔ یک نیروی متغیر در حالت کلی

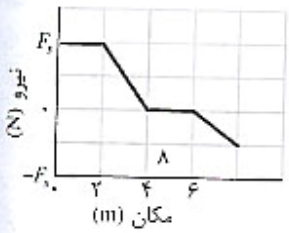
**۳۴۰-** ILW آجری به جرم $10\,kg$ در امتداد محور $x$ حرکت می‌کند. شتاب آن بر حسب تابعی از مکان در شکل ۷-۳۷ نشان داده شده است. وقتی آجر از $x = 0$ به $x = 8.0\,m$ حرکت کند، کار انجام شدهٔ خالص روی آن توسط نیروی ایجاد کنندهٔ شتاب چقدر است؟




شکل ۷-۳۷ مسئلهٔ ۳۴

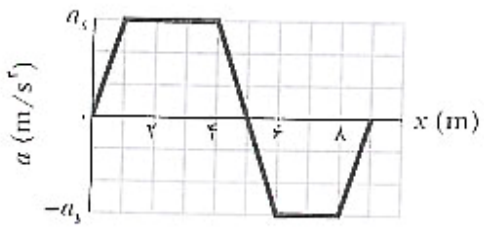
**۳۵۰-** WWW SSM نیروی وارد بر ذره‌ای که در امتداد محور $x$ بر آن وارد شده با رابطهٔ $F = F_0(x/x_0 - 1)$ داده شده است. کار انجام شده توسط این نیرو را برای رفتن ذره از $x = 0$ به $x = 2x_0$ (الف) با رسم $F(x)$ و اندازه‌گیری کار از روی نمودار و (ب) با انتگرالگیری از $F(x)$، به دست آورید.

**۳۶۰-** قطعه‌ای به جرم $5.0\,kg$ در امتداد یک خط مستقیم روی سطح افقی بدون اصطکاکی تحت تأثیر نیرویی که با مکان مطابق شکل ۷-۳۸ تغییر می‌کند، در حرکت است. مقیاس محور قائم شکل با $F_s = 10.0\,N$ مشخص شده است. وقتی قطعه از مبدأ تا $x = 8.0\,m$ حرکت کند، چقدر کار توسط نیروی وارد بر آن، انجام می‌شود؟




شکل ۷-۳۸ مسئلهٔ ۳۶

**۳۷۰۰-** شکل ۷-۳۹ شتاب ذره‌ای به جرم $2.00\,kg$ را نشان می‌دهد که تحت تأثیر نیروی $\vec{F}_0$ از حالت سکون در امتداد محور $x$ از $x = 0$ تا $x = 9.0\,m$ حرکت کرده است. مقیاس محور قائم در شکل با $a_s = 6.0\,m/s^2$ مشخص شده است. وقتی ذره به (الف) $x = 4.0\,m$، (ب) $x = 7.0\,m$ و (پ) $x = 9.0\,m$ می‌رسد، این نیرو چقدر روی ذره کار انجام داده است؟ وقتی ذره به (ت) $x = 4.0\,m$، (ث) $x = 7.0\,m$، و (ج) $x = 9.0\,m$ می‌رسد، تندی و جهت حرکت ذره چیست؟




شکل ۷-۳۹ مسئلهٔ ۳۷

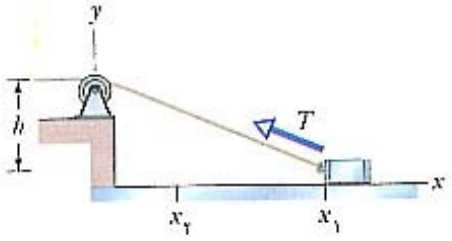
۳۸۰۰- بر قطعه‌ای به جرم ۱/۵ kg که در ابتدا روی سطح افقی بدون اصطکاکی ساکن است، یک نیروی افقی در جهت مثبت محور $x$ وارد می‌شود. این نیرو با رابطهٔ $\vec{F}(x)=(۲/۵-x^۲)\hat{i}$ N داده می‌شود که در آن $x$ برحسب متر و مکان اولیهٔ قطعه $x=۰$ است. (الف) وقتی قطعه از $x=۲/۰$ m می‌گذرد، انرژی جنبشی آن چقدر است؟ (ب) در بازهٔ $x=۰$ تا $x=۲/۰$ m بیشینهٔ انرژی جنبشی قطعه چقدر است؟

۳۹۰۰- نیروی $\vec{F}=(cx-۳/۰۰x^۲)\hat{i}$ که در آن $\vec{F}$ برحسب نیوتون، $x$ برحسب متر و $c$ ثابت است، بر ذره‌ای که در امتداد محور $x$ حرکت می‌کند، وارد می‌شود. انرژی جنبشی ذره در $x=۰$ برابر ۲۰/۰ J، و در $x=۳/۰۰$ m برابر ۰/۰ J است. $c$ را پیدا کنید.

۴۰۰۰- یک قوطی ساردین توسط نیروی $F=\exp(-۴x^۲)$ که در آن $x$ برحسب متر و $F$ برحسب نیوتون است، در امتداد محور $x$ از $x=۰/۲۵$ m به $x=۱/۲۵$ m حرکت داده می‌شود. این نیرو چقدر کار روی قوطی انجام می‌دهد؟

۴۱۰۰- یک نیروی تنها بر جسم ذره مانندی به جرم ۳/۰ kg چنان اثر می‌کند که مکان جسم برحسب تابعی از زمان با $x=۳/۰t-۴/۰t^۲+۱/۰t^۳$ داده می‌شود، که در آن $x$ برحسب متر و $t$ برحسب ثانیه است. کار انجام شده توسط نیرو روی جسم را از $t=۰$ تا $t=۴/۰$ s به دست آورید.

۴۲۰۰- شکل ۷-۴۰ ریسمانی را نشان می‌دهد که به ارابه‌ای متصل شده است و می‌تواند روی ریل افقی بدون اصطکاکی در امتداد محور $x$ حرکت کند. انتهای چپ ریسمان از روی قرقره‌ای با جرم و اصطکاک ناچیز در ارتفاع ریسمان $h=۱/۲۰$ m گذشته است. وقتی ارابه از $x_۱=۳/۰۰$ m تا $x_۲=۱/۰۰$ m بلغزد، ریسمان کشش ثابت ۲۵/۰ N را دارد. در طی این حرکت، تغییر در انرژی جنبشی ارابه چقدر است؟




شکل ۷-۴۰ مسئلهٔ ۴۲

## بخش ۹-۷ توان

۴۳۰- SSM یک نیروی ۵/۰ نیوتونی بر جسمی به جرم ۱۵ kg که در ابتدا ساکن است وارد می‌شود. کار انجام شده توسط نیرو را (الف) در ثانیهٔ اول، (ب) در ثانیهٔ دوم، و (پ) در ثانیهٔ سوم محاسبه کنید. (ت) توان لحظه‌ای این نیرو در پایان ثانیهٔ سوم چقدر است؟

۴۴۰- اسکی بازی روی شیب بدون اصطکاکی که با افق زاویهٔ ۲° می‌سازد، به کمک یک طناب یدک‌کش که موازی با شیب با تندی ثابت ۱/۰ m/s حرکت می‌کند به بالا کشیده می‌شود. برای آنکه اسکی باز مسافت ۸/۰ m را روی سطح شیبدار بالا برود، نیروی طناب کاری برابر با ۹۰۰ J روی او انجام می‌دهد. (الف) اگر طناب با تندی ثابت ۲/۰ m/s حرکت کند، نیروی طناب چقدر کار روی اسکی باز انجام می‌دهد؟ وقتی طناب (ب) با تندی ۱/۰ m/s و (پ) با تندی ۲/۰ m/s حرکت کند، نیروی طناب با چه آهنگی روی اسکی باز کار انجام می‌دهد؟

۴۵۰- HW SSM قطعه‌ای به جرم ۱۰۰ kg با تندی ثابت ۵/۰ m/s توسط نیرویی به بزرگی ۱۲۲ N که جهتش ۳۷° بالای افق است، روی یک کف افقی کشیده می‌شود. با چه آهنگی نیرو روی قطعه کار انجام می‌دهد؟

۴۶۰- اتاقک بار شدهٔ آسانبری به جرم $۳/۰\times۱۰^۳$ kg در مدت ۲۳ s با تندی ثابت مسافت ۲۱۰ m را بالا می‌رود. نیروی کابل با چه آهنگ متوسطی بر اتاقک کار انجام می‌دهد؟

۴۷۰۰- ماشینی، یک بسته به جرم ۴/۰ kg را از مکان اولیهٔ $\vec{d}_i=(۰/۵۰\text{m})\hat{i}+(۰/۷۵\text{m})\hat{j}+(۰/۲۰\text{m})\hat{k}$ در زمان $t=۰$ به مکان نهایی $\vec{d}_f=(۷/۵۰\text{m})\hat{i}+(۱۲/۰\text{m})\hat{j}+(۷/۲۰\text{m})\hat{k}$ در زمان $t=۱۲$ s می‌رساند. نیروی ثابتی که ماشین بر بسته وارد کرده عبارت است از $\vec{F}=(۲/۰۰\text{N})\hat{i}+(۴/۰۰\text{N})\hat{j}+(۶/۰۰\text{N})\hat{k}$. برای این جابه‌جایی، مطلوب است (الف) کار انجام شده توسط نیروی ماشین روی بسته و (ب) توان متوسط نیروی ماشین بر بسته.

۴۸۰۰- ملاقه‌ای به جرم ۰/۳۰ kg که روی سطح افقی بدون اصطکاکی می‌لغزد به یک سر فنری افقی ($k=۵۰۰\text{N/m}$) که سر دیگر آن به جایی ثابت شده، وصل شده است. هنگامی که ملاقه از مکان تعادلش (نقطه‌ای که در آنجا نیروی فنر صفر است) می‌گذرد دارای انرژی جنبشی ۱۰ J است. (الف) هنگامی که ملاقه از مکان تعادلش می‌گذرد فنر با چه آهنگی روی آن کار انجام می‌دهد؟ (ب) هنگامی که فنر ۰/۱۰ m فشرده شود و ملاقه در حال دور شدن از مکان تعادل باشد، فنر با چه آهنگی روی ملاقه کار انجام می‌دهد؟

۴۹۰۰- SSM اتاقک پر شدهٔ یک آسانبر به جرم کل ۱۲۰۰ kg با شروع از حالت سکون، ۵۴ m مسافت را با تندی ثابت در مدت ۳/۰ min رو به بالا طی می‌کند و سپس متوقف می‌شود. جرم وزنهٔ تعادل بالابر فقط ۹۵۰ kg است و از اینرو موتور آسانبر باید به این کار کمک کند. توان متوسط مورد نیاز که موتور توسط کابل بر اتاقک وارد می‌کند چقدر است؟

۵۰۰۰- (الف) در یک لحظهٔ معین، بر جسم ذره مانندی که در حال حرکت با سرعت $\vec{v}=-(۲/۰\text{m/s})\hat{i}+(۴/۰\text{m/s})\hat{k}$ است، نیروی $\vec{F}=(۴/۰\text{N})\hat{i}-(۲/۰\text{N})\hat{j}+(۹/۰\text{N})\hat{k}$ وارد می‌شود. نیرو با چه آهنگ لحظه‌ای روی جسم کار انجام می‌دهد؟ (ب) در زمان

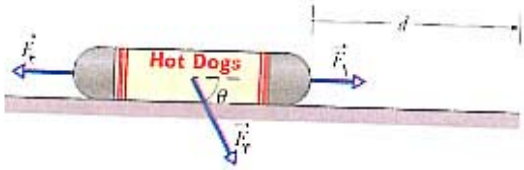
دیگری، سرعت فقط دارای مؤلفهٔ $y$ است. اگر نیرو تغییر نکند و توان لحظه‌ای $-۱۲W$ باشد، سرعت جسم درست در آن لحظه چقدر است؟

**۵۱۰۰۰-** نیروی $\vec{F}=(۳/۰۰\text{N})\hat{i}+(۷/۰۰\text{N})\hat{j}+(۷/۰۰\text{N})\hat{k}$ بر جسم متحرکی به جرم $۲/۰۰\text{kg}$ که از مکان اولیهٔ $\vec{d}_i=(۳/۰۰\text{m})\hat{i}-(۲/۰۰\text{m})\hat{j}+(۵/۰۰\text{m})\hat{k}$ به مکان نهایی $\vec{d}_f=-(۵/۰۰\text{m})\hat{i}+(۴/۰۰\text{m})\hat{j}+(۷/۰۰\text{m})\hat{k}$ در مدت $۴/۰۰\text{s}$ می‌رود، وارد شده است. مطلوب است (الف) کار انجام شده توسط نیرو بر جسم در بازهٔ زمانی $۴/۰۰\text{s}$، (ب) توان متوسط ناشی از نیرو در آن بازه، و (پ) زاویهٔ میان بردارهای $\vec{d}_i$ و $\vec{d}_f$.

**۵۲۰۰۰-** یک ماشین مسابقه از حالت سکون شتاب می‌گیرد و فاصلهٔ معینی از مسیر را در زمان $T$ با موتوری با توان ثابت $P$ طی می‌کند. اگر افراد یاری دهندهٔ ماشین بتوانند توان موتور را به مقدار دیفرانسیلی $dP$ افزایش دهند، چه تغییری در زمان به حرکت درآمدن مورد نیاز است.

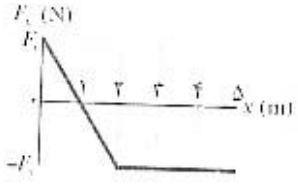
## مسئله‌های اضافی

**۵۳-** شکل ۷-۴۱ کالباسی را نشان می‌دهد که روی کف افقی بدون اصطکاکی در حالی که سه نیرو بر آن وارد می‌شوند، به اندازهٔ مسافت $d=۲۰/۰\text{cm}$ می‌لغزد. دو تا از این نیروها افقی‌اند و بزرگی آنها $F_1=۵/۰۰\text{N}$ و $F_2=۱/۰۰\text{N}$ است. سومین نیرو به بزرگی $F_3=۴/۰۰\text{N}$ در جهت رو به پایین و زاویهٔ $\theta=۶۰/۰^\circ$ قرار دارد. (الف) برای جابه‌جایی $۲۰/۰\text{cm}$، کار خالص انجام شده روی کالباس توسط سه نیروی وارد شده، نیروی گرانشی وارد بر کالباس، و نیروی عمودی وارد بر کالباس چقدر است؟ (ب) اگر جرم کالباس $۲/۰\text{kg}$ و انرژی جنبشی اولیهٔ آن صفر باشد، تندی آن در پایان این جابه‌جایی چقدر است؟




شکل ۷-۴۱ مسئلهٔ ۵۳

**۵۴-** تنها نیروی وارد بر جسمی به جرم $۲/۰\text{kg}$ هنگامی که جسم در امتداد محور $x$ حرکت می‌کند، مطابق شکل ۷-۴۲ تغییر می‌کند. سرعت جسم در $x=۰$ برابر $۴/۰\text{m/s}$ است. (الف) انرژی جنبشی در $x=۳/۰\text{m}$ چقدر است؟ (ب) به ازای چه مقداری از $x$، انرژی جنبشی جسم $۸/۰\text{J}$ است؟ (پ) انرژی جنبشی بیشینهٔ جسم در بازهٔ $x=۰$ تا $x=۵/۰\text{m}$ چقدر است؟

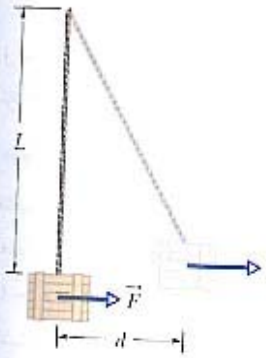



شکل ۷-۴۲ مسئلهٔ ۵۴

**۵۵-** SSM اسبی یک صندوق را با نیروی $۴۰\text{ lb}$ با زاویهٔ $۳۰^\circ$ بالای افق می‌کشد و با تندی $۶/۰\text{mi/h}$ حرکت می‌کند. (الف) در مدت $۱۰\text{min}$، نیرو چقدر کار انجام می‌دهد؟ (ب) توان متوسط نیرو (برحسب اسب بخار) چقدر است؟

**۵۶-** جسمی به جرم $۲/۰\text{kg}$ که در ابتدا ساکن است به طور افقی و به گونه‌ای یکنواخت در مدت $۳/۰\text{s}$ تا تندی $۱۰\text{m/s}$ شتاب می‌گیرد. (الف) در این بازهٔ $۳/۰$ ثانیه‌ای، چقدر کار روی جسم توسط نیرویی که به آن شتاب داده است، انجام می‌شود؟ توان لحظه‌ای ناشی از آن نیرو (ب) در پایان بازهٔ زمانی و (پ) در پایان نیمهٔ اول بازهٔ زمانی چقدر است؟

**۵۷-** جعبه‌ای به جرم $۲۳۰\text{kg}$ از انتهای ریسمانی به طول $L=۱۲/۰\text{m}$ آویزان است. با نیروی متغیر $\vec{F}$ جعبه را به طور افقی رو به جلو هل می‌دهیم تا به اندازهٔ $d=۴/۰۰\text{m}$ به این طرف حرکت کند (شکل ۷-۴۳). (الف) وقتی جعبه در این مکان نهایی است، بزرگی $\vec{F}$ چقدر است؟ در طی جابه‌جایی جعبه (ب) کار کل انجام شده روی آن، (پ) کار انجام شده توسط نیروی گرانشی روی جعبه، و (ت) کار انجام شده توسط کششی که از ریسمان به جعبه وارد می‌آید، چقدر است؟ (ث) با توجه به اینکه جعبه پیش و پس از جابه‌جایی بدون حرکت است، با استفاده از پاسخهای (ب)، (پ) و (ت) کاری را که نیروی $\vec{F}$ روی جعبه انجام می‌دهد، به دست آورید. (ج) چرا کار نیرو برابر با حاصلضرب جابه‌جایی افقی در پاسخ (الف) نیست؟




شکل ۷-۴۳ مسئلهٔ ۵۷

**۵۸-** برای کشیدن صندوقی به جرم $۵۰\text{ kg}$ روی یک کف افقی بدون اصطکاک، کارگری نیروی $۲۱۰\text{N}$ را در جهت $۲۰^\circ$ بالای افق بر آن وارد می‌کند. هنگامی که صندوق به اندازهٔ $۳/۰\text{m}$ حرکت کند، چقدر کار توسط (الف) نیروی کارگر، (ب) نیروی گرانشی وارد بر صندوق، و (پ) نیروی عمودی وارد بر صندوق از طرف کف، انجام شده است؟ (ت) کار کل انجام شده روی صندوق چقدر است؟

**۵۹-** انفجاری در سطح زمین دهانه‌ای را بر جای می‌گذارد که قطر آن متناسب با انرژی انفجار به توان $\frac{1}{۳}$ است. انفجار یک مگاتن TNT دهانه‌ای با قطر $1\text{ km}$ را بر جای می‌گذارد. در زیر دریاچهٔ هورن[1] در میشیگان، یک دهانهٔ ضربه‌ای قدیمی به قطر $۵۰\text{ km}$ وجود دارد. انرژی جنبشی وابسته به آن ضربه برحسب (الف) مگاتن TNT (۱ مگاتن، $۴/۲\times۱۰^{۱۵}\text{J}$ انرژی به دست می‌دهد) و (ب) معادل بمب هیروشیما (هر یک، ۱۳ کیلوتن

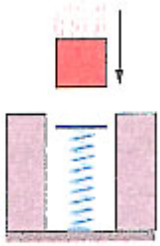
1. Huron

TNT) چقدر است؟ (شهاب سنگها یا ستاره‌های دنباله‌داری که در قدیم به زمین برخورد کرده‌اند ممکن است آب و هوای کرهٔ زمین را به میزان قابل ملاحظه‌ای تغییر داده و در انقراض دایناسورها و سایر گونه‌های زیستی نقش بازی کرده باشند.)

۶۰- کودک وحشت زده‌ای که توسط مادرش نگهداشته شده روی سرسرهٔ بدون اصطکاکی رو به پایین می‌لغزد. اگر بزرگی نیروی وارد از مادر به کودک ۱۰۰N و جهت آن رو به بالای شیب باشد، وقتی کودک ۱/۸m را رو به پایین بلغزد، انرژی جنبشی آن به میزان ۳۰J افزایش می‌یابد. (الف) نیروی گرانشی در طی ۱/۸m لغزش رو به پایین کودک، چقدر کار روی او انجام داده است؟ (ب) اگر کودک توسط مادرش نگهداشته نشده بود، پس از طی همان مسافت، انرژی جنبشی او به چه میزانی افزایش می‌یافت؟

۶۱- کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}=(۲x\,\mathrm{N})\hat{i}+(۳\,\mathrm{N})\hat{j}$ ، که در آن $x$ برحسب متر است، برای بردن ذره‌ای از مکان $\vec{r}_i=(۲\,\mathrm{m})\hat{i}+(۳\,\mathrm{m})\hat{j}$ به مکان $\vec{r}_f=-(۴\,\mathrm{m})\hat{i}-(۳\,\mathrm{m})\hat{j}$ چقدر است؟

۶۲- قطعه‌ای به جرم ۲۵۰g روی فنر واهلیدهٔ قائمی با ثابت فنر $k=۲/۵\,\mathrm{N/cm}$ فرو می‌افتد (شکل ۷-۴۴). قطعه به فنر می‌چسبد و فنر را تا پیش از توقف لحظه‌ای ۱۲cm فشرده می‌کند. هنگامی که فنر فشرده می‌شود، چقدر کار توسط (الف) نیروی گرانشی وارد بر آن و (ب) نیروی فنر انجام شده است؟ (پ) تندی قطعه درست پیش از برخورد آن با فنر چقدر است؟ (فرض کنید اصطکاک ناچیز است.) (ت) اگر تندی در هنگام برخورد دو برابر شود، فشردگی بیشینهٔ فنر چقدر می‌شود؟



شکل ۷-۴۴
مسئلهٔ ۶۲

۶۳- SSM برای هل دادن رو به بالای صندوقی به جرم ۲۵/۰kg روی یک شیب بدون اصطکاک که با افق زاویهٔ ۲۵/۰° می‌سازد، کارگری نیروی ۲۰۹N را موازی با شیب بر آن وارد می‌کند. هنگامی که صندوق به اندازهٔ ۱/۵۰m بلغزد، چقدر کار روی صندوق توسط (الف) نیروی وارد شده از طرف کارگر، (ب) نیروی گرانشی وارد بر صندوق، و (پ) نیروی عمودی وارد شده از سطح شیبدار بر صندوق، انجام می‌گیرد؟ (ت) کار کل انجام شده روی صندوق چقدر است؟

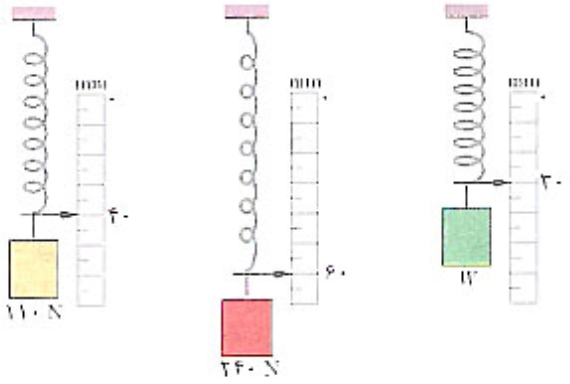
۶۴- جعبه‌هایی از یک مکان در انبار توسط نسمه‌نقاله‌ای که با تندی ثابت ۰/۵۰m/s حرکت می‌کند، به مکان دیگری منتقل می‌شوند. در یک مکان معین، نسمه‌نقاله از شیبی به طول ۲/۰m که با افق زاویهٔ ۱۰° می‌سازد بالا می‌رود، سپس به طور افقی ۲/۰m را طی می‌کند، و سرانجام از شیب دیگری به طول ۲/۰m که با افق زاویهٔ ۱۰° می‌سازد، پایین می‌آید. فرض کنید یک جعبهٔ ۲/۰ کیلوگرمی بدون لیز خوردن توسط نسمه نقاله منتقل شود. هنگامی که جعبه (الف) از شیب ۱۰° بالا می‌رود، (ب) به طور افقی حرکت می‌کند و (پ) از شیب ۱۰° پایین می‌آید، نیروی نسمه‌نقاله با چه آهنگی روی جعبه کار انجام می‌دهد؟

۶۵- در شکل ۷-۴۵، ریسمانی از دور دو قرقرهٔ بدون جرم و بدون اصطکاک می‌گذرد. وزنه‌ای به جرم $m=۲۰\,\mathrm{kg}$ از یکی از قرقره‌ها آویزان است، و نیروی $\vec{F}$ بر سر آزاد ریسمان وارد می‌شود. (الف) اگر بخواهیم وزنه را با تندی ثابتی بالا بیاوریم، بزرگی $\vec{F}$ چقدر باید باشد؟ (ب) برای بالا بردن وزنه به اندازهٔ ۲/۰cm، طرف آزاد ریسمان را چقدر باید کشید؟ در حین بالا بردن، کار انجام شده روی وزنه توسط (پ) نیروی وارده (از طریق ریسمان) و (ت) نیروی گرانشی چقدر است؟ (*راهنمایی:* وقتی ریسمانی به دور یک قرقره مشابه شکل بپیچد، قرقره را با نیروی خالصی که دو برابر کشش ریسمان است، می‌کشد.)

شکل ۷-۴۵ مسئلهٔ ۶۵

۶۶- اگر اتومبیلی به جرم ۱۲۰۰kg در بزرگراهی با تندی ۱۲۰km/h حرکت کند، انرژی جنبشی آن از دید شخصی که در کنار بزرگراه ایستاده، چقدر است؟

۶۷- SSM فنری که عقربه‌ای به آن متصل است، در کنار خط‌کشی که برحسب میلی متر نشانه گذاری شده، آویزان است. همان گونه که در شکل ۷-۴۶ نشان داده شده است، سه وزنهٔ مختلف را به نوبت از فنر می‌آویزیم. (الف) وقتی هیچ وزنه‌ای به فنر متصل نباشد، عقربه چه عددی را روی خط‌کش نشان می‌دهد؟ (ب) وزن W وزنهٔ سوم چقدر است؟




شکل ۷-۴۶ مسئلهٔ ۶۷

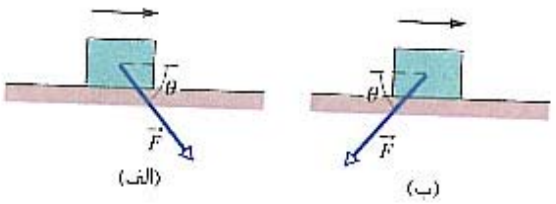
۶۸- یک قایق بخی در لحظه‌ای که بادی ناگهانی نیروی ثابت ۲۰۰N را رو به شرق بر آن وارد می‌آورد، روی یک دریاچهٔ یخ زدهٔ بدون اصطکاک ساکن است. به دلیل سمتگیری بادبان، نیروی باد قایق را در امتداد خطی مستقیم و در جهت ۲۰° شمال شرق به اندازهٔ مسافت ۸/۰m می‌لغزاند. انرژی جنبشی قایق در پایان این ۸/۰m چقدر است؟

۶۹- اگر آسانبری بخواهد ۱۰۰ اسکی باز با وزن میانگین ۶۶۰N را در مدت ۶۰/۰s با تندی ثابت تا ارتفاع ۱۵۰m بالا ببرد، توان میانگین لازم برای کار نیروی آسانبر چقدر است؟

۷۰- ذره‌ای تحت تأثیر نیروی $\vec{F}=(۴/۰\text{N})\hat{i}+c\hat{j}$، جابه‌جایی $\vec{d}=(۳/۰\text{m})\hat{i}-(۲/۰\text{m})\hat{j}$ را انجام می‌دهد. (نیروهای دیگری نیز بر ذره وارد می‌شوند.) اگر کار x مکان $(۲/۰\text{m})\hat{i}-(۴/۰\text{m})\hat{j}$ می‌رود، چقدر کار توسط این نیرو انجام می‌شود؟

۷۱- نیروی ثابتی به بزرگی ۱۰N وقتی بر جسمی ۲/۰ کیلوگرمی که در صفحهٔ xy حرکت می‌کند وارد می‌شود با جهت مثبت x زاویهٔ ۱۵۰° می‌سازد (به طور ساعتگرد). وقتی جسم از مبدأ تا نقطه‌ی به بردار مکان $(۲/۰\text{m})\hat{i}-(۴/۰\text{m})\hat{j}$ حرکت کند چقدر کار روی آن انجام شده است؟

۷۲- در شکل ۷-۴۷ الف نیرویی به بزرگی ۲/۰N با زاویهٔ رو به پایین $\theta$ بر قطعه‌ای به جرم ۴/۰ kg وارد شده است، به طوری که قطعه مسافت ۱/۰m را روی کف بدون اصطکاک به سمت راست می‌پیماید. اگر سرعت اولیهٔ قطعه (الف) صفر و (ب) ۱/۰m/s رو به سمت راست باشد، رابطه‌ای برای تندی $v_f$ قطعه در پایان آن مسافت پیدا کنید. (پ) در شکل ۷-۴۷ ب قطعه با تندی اولیهٔ ۱/۰m/s رو به سمت راست حرکت می‌کند، ولی این بار جهت نیروی ۲/۰ نیوتونی به سمت چپ است. رابطه‌ای برای تندی $v_f$ قطعه در پایان مسافت ۱/۰m پیدا کنید. (ت) هر سه رابطهٔ به دست آمده برای $v_f$ را برحسب زاویهٔ رو به پایین $\theta$ در گسترهٔ $\theta=۰°$ تا $\theta=۹۰°$ رسم کنید و نمودارها را توضیح دهید.




شکل ۷-۴۷ مسئلهٔ ۷۲

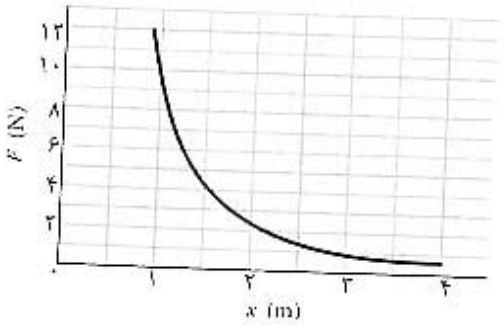
۷۳- نیروی $\vec{F}$ در جهت مثبت محور x بر جسمی که در امتداد این محور حرکت می‌کند وارد می‌شود. اگر بزرگی نیرو $F=۱۰e^{-x^2/۲/۰}\text{N}$ باشد، که در آن x برحسب متر است، کار انجام شده متوسط $\vec{F}$ را هنگامی که جسم از $x=۰$ به $x=۲/۰\text{m}$ می‌رود (الف) با رسم $F(x)$ و محاسبهٔ مساحت زیر منحنی و (ب) با انتگرالگیری به طور تحلیلی، بیابید.

۷۴- ذره‌ای در امتداد مسیری مستقیم در حالی که نیروی $\vec{F}=(۲\text{N})\hat{i}-(۴\text{N})\hat{j}$ بر آن وارد می‌شود، جابه‌جایی $\vec{d}=(۸\text{m})\hat{i}+c\hat{j}$ را انجام می‌دهد. (نیروهای دیگری نیز بر ذره وارد می‌شوند.) اگر کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ روی ذره (الف) صفر، (ب) مثبت، و (ت) منفی باشد، مقدار c چقدر است؟

۷۵- SSM جرم اتاقک آسانبری ۴۵۰۰kg است و اتاقک می‌تواند تا حداکثر ۱۸۰۰kg بار را حمل کند. اگر اتاقک با بیشینهٔ بار خود و با تندی ۳/۸۰m/s رو به بالا حرکت کند، چه توانی برای نیرو لازم است تا حرکت اتاقک در این تندی ثابت بماند؟

۷۶- قالب یخی به جرم ۴۵ kg روی شیب بدون اصطکاکی که طول آن ۱/۵m و بلندی آن ۰/۹۱m است رو به پایین می‌لغزد. کارگری یخ را موازی با شیب رو به بالا هل می‌دهد، به طوری که یخ با تندی ثابت رو به پایین حرکت کند. (الف) بزرگی نیروی کارگر را بیابید. چقدر کار روی قالب یخ توسط (ب) نیروی کارگر، (پ) نیروی گرانشی وارد بر قالب یخ، (ت) نیروی عمودی که از سطح شیبدار بر قالب یخ وارد می‌شود و (ث) نیروی برایند وارد بر قالب یخ، انجام شده است؟

۷۷- وقتی ذره‌ای در امتداد محور x حرکت کند، نیرویی در جهت مثبت محور x بر آن وارد می‌شود. شکل ۷-۴۸، بزرگی F نیرو را بر حسب مکان x ذره نشان می‌دهد. منحنی با رابطهٔ $F=a/x^2$ داده می‌شود که در آن $a=۹/۰\text{N}\cdot\text{m}^2$ است. کار انجام شده توسط این نیرو روی ذره را هنگامی که ذره از $x=۱/۰\text{m}$ به $x=۳/۰\text{m}$ می‌رود با (الف) محاسبهٔ کار از روی منحنی و (ب) انتگرالگیری از تابع نیرو، به دست آورید.

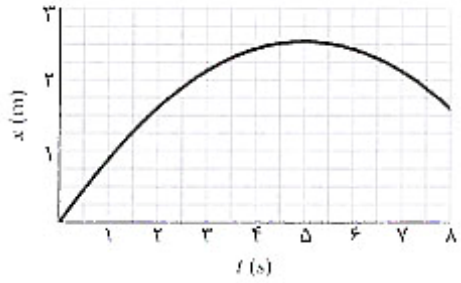



شکل ۷-۴۸ مسئلهٔ ۷۷

۷۸- یک جعبهٔ CD در حالی که بر آن نیروی $\vec{F}_a$ وارد شده است، روی کفی در جهت مثبت محور x می‌لغزد. نیرو در جهت محور x است و دارای مؤلفهٔ x برابر $F_a=۹x-۳x^2$ است که در آن x برحسب متر و $F_{ax}$ برحسب نیوتون است. جعبه از حالت سکون در مکان $x=۰$ شروع به لغزش کرده و تا وضعیت سکون مجدد حرکت می‌کند. (الف) کار انجام شده توسط $\vec{F}_a$ روی جعبه را بر حسب تابعی از x رسم کنید. (ب) در چه مکانی این کار بیشینه

است؟ و (پ) این مقدار بیشینه چقدر است؟ (ت) در چه مکانی کار به مقدار صفر کاهش می‌یابد؟ (ث) جعبه در چه مکانی دوباره ساکن می‌شود؟

۷۹- SSM جعبهٔ غذایی به جرم ۲/۰ kg، روی سطح بدون اصطکاکی در جهت مثبت محور $x$ لغزانده می‌شود. باد پایایی با شروع در لحظهٔ $t = 0$ بر جعبه نیرویی در جهت منفی محور $x$ وارد می‌کند. شکل ۷-۴۹ مکان $x$ جعبه را برحسب تابعی از زمان $t$ که در آن باد بر جعبه نیرو وارد می‌آورد، نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار، انرژی جنبشی جعبه را در (الف) $t = 1/0\,s$ و (ب) $t = 5/0\,s$ پیدا کنید. (پ) نیروی باد در بازهٔ زمانی $t = 1/0\,s$ تا $t = 5/0\,s$ چقدر کار روی جعبه انجام می‌دهد؟




شکل ۷-۴۹ مسئلهٔ ۷۹

۸۰- *انتگرال‌گیری عددی.* جعبهٔ نانی توسط نیرویی به بزرگی $F = \exp(-2x^2)$ که در آن $x$ برحسب متر و $F$ برحسب نیوتون است، از $x = 0/15\,m$ به $x = 1/20\,m$ حرکت داده می‌شود. این نیرو چقدر کار روی جعبه انجام داده است؟