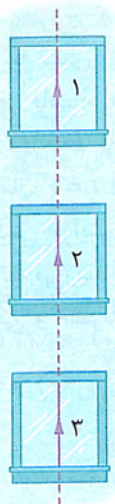
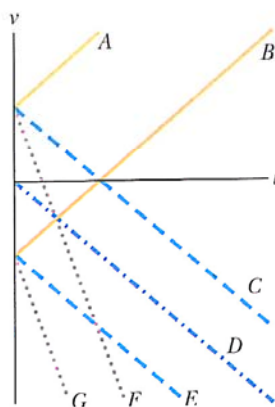


؛ (ت)  $v = 3 - 5t^2$ . برای کدامیک از این وضعیتهای معادله‌های جدول ۱-۲ به کار برده می‌شوند؟



۹- در شکل ۲۰-۲، جسمی که به طور مستقیم رو به بالا پرتاب شده است از مقابل سه پنجره که به فاصله مساوی از یکدیگر با ارتفاع یکسان قرار دارند می‌گذرد. پنجره‌ها را به ترتیب بزرگی (الف) تندی میانگین جسم به هنگام گذشتن از آنها، (ب) زمان لازم برای گذشتن از آنها، (پ) بزرگی شتاب جسم به هنگام گذشتن از آنها، و (ت) تغییر  $\Delta v$  در تندی جسم در ضمن گذشتن از آنها مرتب کنید.

شکل ۲۰-۲ پرسش ۹



شکل ۱۹-۲ پرسش ۷

۷- با تکیه بر نرده یک پل، تخم مرغی را (بدون سرعت اولیه) رها و همزمان تخم مرغ دومی را به سمت پایین پرتاب می‌کنید. کدام منحنی در شکل ۱۹-۲ سرعت  $v(t)$  را برای (الف) تخم مرغ رها شده و (ب) تخم مرغ پرتاب شده نشان می‌دهد؟ (منحنیهای A و B با هم؛ C، D و E با هم و F و G با هم موازی‌اند).

۸- معادله‌های زیر سرعت  $v(t)$  ذره‌ای را در چهار وضعیت به دست می‌دهند: (الف)  $v = 3$ ؛ (ب)  $v = 4t^2 + 2t - 6$ ؛ (پ)  $v = 3t - 4$

## مسئله‌ها

مسئله‌های آموزشی قابل دسترس (در نسخه مدرس).



<http://www.wiley.com/college/halliday>

WWW: پاسخ در

SSM: پاسخ قابل دسترس در کتاب حل مسئله‌ها

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

اطلاعات اضافی در سیرک پرندۀ فیزیک و در [flyingcircusofphysics.com](http://flyingcircusofphysics.com) قابل دسترس است.

## بخش ۲-۴ سرعت میانگین و تندی میانگین

۱۰- در یک عطسه شدید، چشمهای انسان به مدت ۰/۵s بسته می‌شود. اگر در حال رانندگی با تندی ۹۰ km/h عطسه کنید، اتومبیل شما در این مدت چقدر حرکت می‌کند؟

۲۰- سرعت میانگین خود را در دو مورد زیر محاسبه کنید: (الف) ۷۳/۲m را با تندی ۱/۲۲m/s قدم می‌زنید و سپس ۷۳/۲m را با تندی ۳/۰۵m/s در راستای مسیر مستقیمی می‌دوید. (ب) ۱/۰۰min با تندی ۱/۲۲m/s قدم می‌زنید و سپس ۱/۰۰min با ۳/۰۵m/s در راستای مسیر مستقیمی می‌دوید. (پ) نمودار  $x$  را بر حسب  $t$  برای دو مورد رسم کنید و نشان دهید که چگونه سرعت میانگین از روی نمودار به دست می‌آید.

۳۰- WWW SSM اتومبیلی در جاده مستقیمی با ۳۰ km/h، ۴۰ km را می‌پیماید. سپس این اتومبیل در همان جهت ۴۰ km دیگر را با ۶۰ km/h می‌پیماید. (الف) سرعت میانگین اتومبیل در این سفر ۸۰ km چقدر است؟ (فرض کنید اتومبیل در جهت مثبت  $x$  حرکت می‌کند.) (ب) تندی میانگین آن چقدر است؟ (پ) نمودار  $x$  را بر حسب  $t$  رسم و مشخص کنید که سرعت میانگین چگونه از روی نمودار پیدا می‌شود؟

۴۰- اتومبیلی با تندی ثابت ۴۰ km/h رو به بالای تپه‌ای حرکت می‌کند و با تندی ثابت ۶۰ km/h رو به پایین می‌آید. تندی میانگین حرکت را محاسبه کنید.

۵۰- SSM مکان ذره‌ای که راستای محور  $x$  حرکت می‌کند با

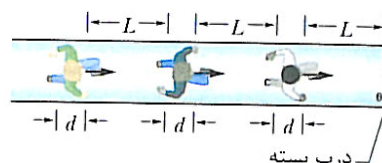
معادله  $x = 3t - 4t^2 + t^3$  داده می‌شود، که  $x$  بر حسب متر و  $t$  بر حسب ثانیه است. مکان جسم را در مقدارهای  $t$  زیر پیدا کنید: (الف) ۱s، (ب) ۲s، (پ) ۳s و (ت) ۴s. (ث) جابه‌جایی ذره بین  $t = 0$  و  $t = 4$ s چقدر است؟ (ج) سرعت میانگین آن در بازه زمانی از  $t = 2$ s تا  $t = 4$ s چقدر است؟ (چ) نمودار  $x$  را بر حسب  $t$  در بازه  $0 \leq t \leq 4$ s رسم کنید و نشان دهید که پاسخ (ج) چگونه از روی نمودار به دست می‌آید.

۶۰- رکورد جهانی تندی برای دوچرخه (با کمک نیروی انسان) توسط کریس هابر<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۲/۱۳۷۱ به ثبت رسیده است. او مسافت ۲۰۰m را با این تعبیر که «فکر می‌کنم پس تند می‌رانم» در ۶/۵۰۹s پیمود. در سال ۲۰۰۱ سام ویتینگهام<sup>۲</sup> رکورد هابر را با ۱۹/۰ km/h بهبود بخشید. زمان ویتینگهام در ۲۰۰m چقدر بوده است؟

۷۰۰- دو قطار هر یک با تندی ۳۰ km/h به طور رودررو در مسیر مستقیمی حرکت می‌کنند. پرندۀ ای که با تندی ۶۰ km/h حرکت می‌کند وقتی که فاصله دو قطار ۶۰ km است از جلوی قطار اول بلند می‌شود و به طور مستقیم به طرف قطار دوم پرواز می‌کند. در لحظه‌ای که به قطار دوم می‌رسد دوباره به طرف قطار اول بر می‌گردد و این کار ادامه پیدا می‌کند. (البته از این که پرندۀ چرا این گونه رفتار می‌کند چیزی نمی‌دانیم.) پیش از رسیدن دو قطار به هم پرندۀ چه مسافتی را طی کرده است؟

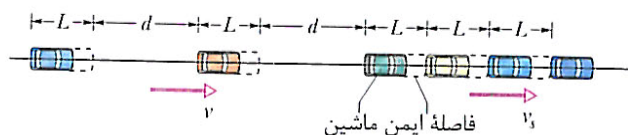
1. Chris Huber  
2. Sam Whittingham

۸۰۰- فرار با مول و هراس. شکل ۲-۲۱ یک وضعیت کلی را نشان می‌دهد که در آن گروهی از مردم به سمت درب خروج هجوم می‌برند و با درب بسته مواجه می‌شوند. مردم با تندی  $v_s = 3/50 \text{ m/s}$  به سمت درب حرکت می‌کنند. هر نفر فاصله  $d = 0/25 \text{ m}$  را اشغال کرده است و با نفر بعدی  $L = 1/75 \text{ m}$  فاصله دارد. ترتیب نشان داده شده در شکل ۲-۲۱ در زمان  $t = 0$  است. (الف) تجمع مردم پشت درب با چه آهنگ میانگینی افزایش می‌یابد؟ (ب) در چه زمانی طول تجمع مردم به  $5/0 \text{ m}$  می‌رسد؟ (پاسخها نشان می‌دهند که با چه سرعتی وضعیت بحرانی و خطرناک می‌شود.)



شکل ۲-۲۱ مسئله ۸

با تندی  $v = 25/0 \text{ m/s}$  به سمت ردیفی از اتومبیلها که به فاصله یکنواخت از هم قرار دارند و تندی آهسته‌تر  $v_s = 5/00 \text{ m/s}$  را دارند حرکت می‌کنند. فرض کنید که هر اتومبیل سریعتر به اندازه  $L = 12/0 \text{ m}$  (طول اتومبیل به علاوه فاصله ایمن) موقع رسیدن به ردیف اتومبیلهای کندتر به آن اضافه کند و فرض کنید که در لحظه آخر ناگهان سرعت را کاهش دهد (الف) در چه فاصله جدایی  $d$  بین اتومبیلهای سریعتر موج ضربه‌ای ساکن باقی می‌ماند؟ اگر فاصله جدایی دو برابر این مقدار باشد، (ب) تندی و (پ) جهت (در جهت حرکت یا در خلاف جهت حرکت) کدام است؟



شکل ۲-۲۲ مسئله ۱۲

۱۳۰۰- ILW در فاصله بین سان آنتونیو تا هوستون نصف زمان را با  $55 \text{ km/h}$  و نصف دیگر را با  $90 \text{ km/h}$  رانندگی می‌کنید. در برگشت نصف مسافت را با  $55 \text{ km/h}$  و نصف دیگر را با  $90 \text{ km/h}$  رانندگی می‌کنید. تندی میانگین شما (الف) از سان آنتونیو تا هوستون، (ب) در هنگام برگشت از هوستون به سان آنتونیو و (پ) در کل مسافت، چقدر است؟ (ت) سرعت میانگین شما در کل مسافت چقدر است؟ (ث) با فرض این که حرکت در جهت مثبت  $x$  باشد، نمودار  $x$  را برحسب  $t$  برای (الف) رسم کنید. نشان دهید که چگونه می‌توان سرعت میانگین را از نمودار به دست آورد.

## بخش ۲-۵ سرعت و تندی لحظه‌ای

۱۴۰- مکان الکترونی که در امتداد محور  $x$  حرکت می‌کند با رابطه  $x = 16t e^{-t} \text{ m}$  داده شده، که در آن  $t$  برحسب ثانیه است. وقتی الکترون به طور لحظه‌ای متوقف شود، فاصله آن از مبدأ چقدر است؟

۱۵۰- (الف) اگر مکان ذره‌ای با  $x = 4 - 12t + 3t^2$  داده شده باشد (که در آن  $t$  برحسب ثانیه و  $x$  برحسب متر است)، سرعت ذره در  $t = 1 \text{ s}$  چقدر است؟ (ب) آیا این ذره درست پس از این زمان در جهت مثبت  $x$  حرکت می‌کند یا در جهت منفی آن؟ (پ) تندی ذره درست پس از آن چقدر است؟ (ت) آیا درست پس از این تندی افزایش می‌یابد یا کاهش؟ (به دو پرسش بعدی بدون محاسبه اضافی پاسخ دهید.) (ث) آیا لحظه‌ای وجود دارد که سرعت در آن صفر باشد؟ اگر چنین است، زمان  $t$  را پیدا کنید؛ اگر وجود ندارد، پاسخ دهید نه. (ج) آیا زمانی بعد از  $t = 3 \text{ s}$  وجود دارد که ذره در جهت منفی  $x$  حرکت کند؟ اگر چنین است، زمان  $t$  را پیدا کنید؛ اگر وجود ندارد، پاسخ دهید نه.

۱۶۰- تابع مکان  $x(t)$  ذره‌ای که در راستای محور  $x$  حرکت می‌کند برابر با  $x = 4/0 - 6/0 t^2$  است که در آن  $x$  برحسب متر

۹۰۰- ILW در مسابقه  $1 \text{ km}$ ، دوندۀ اول در مسیر شماره ۱ (با زمان  $2 \text{ min}$  و  $27/95 \text{ s}$ ) به نظر می‌رسد که تندتر از دوندۀ دوم در مسیر شماره ۲ ( $2 \text{ min}$  و  $28/15 \text{ s}$ ) می‌دود. ولی طول  $L_1$  مسیر دوم ممکن است قدری بیشتر از طول  $L_1$  مسیر اول باشد. بزرگی  $L_2 - L_1$  چقدر می‌تواند باشد تا این که نتیجه بگیریم که دوندۀ اول همچنان تندتر می‌دود؟

۱۰۰۰- برای به دست آوردن رکورد سرعت در مسافت معین  $d$  (خط راست)، اتومبیل مسابقه باید ابتدا در یک جهت (در مدت زمان  $t_1$ ) و سپس در جهت مخالف (در مدت زمان  $t_2$ ) حرکت کند. (الف) جهت حذف اثر باد و به دست آوردن تندی  $v_c$  در شرایط نبود وزش باد، آیا باید میانگین  $d/t_1$  و  $d/t_2$  را به دست آوریم (روش ۱) یا باید  $d$  را بر میانگین  $t_1$  و  $t_2$  تقسیم کنیم (روش ۲)؟ (ب) اگر باد یکنواختی در امتداد مسیر اتومبیل بوزد و نسبت تندی باد  $v_w$  به تندی اتومبیل  $v_c$  برابر  $0/240$  باشد، کسر اختلاف دو روش چقدر است؟

۱۱۰۰- برای شرکت در جلسه‌ای در شهری دیگر، فاصله  $300 \text{ km}$  را در بزرگرایی رانندگی می‌کنید. جلسه در ساعت ۱۱:۱۵ پیش از ظهر تشکیل می‌شود. برنامه‌ریزی می‌کنید که با سرعت  $100 \text{ km/h}$  برانید و به همین خاطر ساعت ۸:۰۰ پیش از ظهر با در نظر گرفتن زمان اضافی منزل را ترک می‌کنید. با تندی بالا  $100 \text{ km/h}$  اول را رانندگی می‌کنید ولی با روبه‌رو شدن با عملیات راه‌سازی  $40 \text{ km/h}$  را با تندی  $40 \text{ km/h}$  می‌رانید. کمترین تندی مورد نیاز برای بقیه مسیر باید چقدر باشد تا به موقع به جلسه برسید؟

۱۲۰۰- موج ضربه‌ای ترافیک. کاهش ناگهانی سرعت اتومبیلها در یک ترافیک متراکم می‌تواند مانند یک تب که آن را موج ضربه‌ای می‌نامند در امتداد ردیف اتومبیلها در جهت ترافیک یا در جهت مخالف گسترش یابد یا این که ساکن باشد. شکل ۲-۲۲ ردیفی از اتومبیلها را با فاصله یکنواخت نشان می‌دهد که



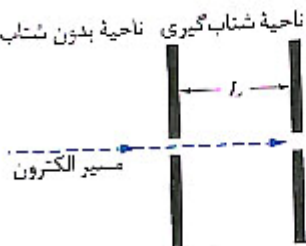
۱ و ۲ را برحسب  $t$  رسم کنید و نشان دهید که چگونه می‌توان پاسخهای (الف) تا (ت) را از نمودارها به دست آورد.

**۲۲۰۰- SSM WWW** مکان ذره‌ای که در راستای محور  $x$  حرکت می‌کند مطابق با معادله  $x = ct^2 - bt^3$  به زمان بستگی دارد، که در آن  $x$  برحسب متر و  $t$  برحسب ثانیه است. یکای (الف) ثابت  $c$  و (ب) ثابت  $b$  چیست؟ مقدارهای عددی این دو ثابت را به ترتیب  $3/5$  و  $2/5$  در نظر بگیرید. (پ) در چه زمانی ذره به پیشینه مکان  $x$  مثبت خود می‌رسد؟ از  $t = 0.05$  تا  $t = 4/5$ ، (ت) ذره چه مسافتی را طی می‌کند و (ث) جابه‌جایی آن چقدر است؟ سرعت آن را در (ج)  $1/5$  و (چ)  $2/5$  (ح)  $3/5$  و (خ)  $4/5$  پیدا کنید. شتاب آن را در زمانهای (د)  $1/5$ ، (ذ)  $2/5$ ، (ر)  $3/5$  و (ز)  $4/5$  پیدا کنید.

### بخش ۲-۷ شتاب ثابت: یک حالت خاص

**۲۳۰- SSM** الکترونی با سرعت اولیه  $v_0 = 1.50 \times 10^6 \text{ m/s}$  وارد ناحیه‌ای به طول  $L = 1.00 \text{ cm}$

می‌شود و از نظر الکتریکی شتاب می‌گیرد (شکل ۲-۲۳). الکترون با سرعت  $v = 5.70 \times 10^6 \text{ m/s}$  از آنجا خارج می‌شود. با فرض ثابت بودن شتاب آن چقدر است؟



شکل ۲-۲۳ مسئله ۲۳

**۲۴۰- SSM** قارچهای پرتاب کننده، برخی از قارچها تخمکهای خود را با سازوکار پرتاب کردن به اطراف می‌اندازند. هنگامی که آب موجود در هوا روی تخمک متصل به قارچ جمع می‌شود، قطره آب در یک طرف تخمک افزایش می‌یابد و یک لایه نازک در طرف دیگر رشد می‌کند. تخمک بر اثر وزن قطره آب خم می‌شود، اما هنگامی که لایه به قطره آب می‌رسد، قطره آب ناگهان داخل لایه پخش می‌شود و تخمک فروار چنان به سرعت به سمت بالا می‌جهد که در هوا پخش می‌شود. به طور معمول، تخمک در فاصله پرتاب  $0.5 \mu\text{m}$  به تندی  $1/6 \text{ m/s}$  می‌رسد و پس از آن در فاصله  $1/5 \text{ mm}$  در هوا تندی‌اش به صفر می‌رسد. با فرض ثابت بودن شتاب و به کار بردن داده‌ها، شتاب را برحسب  $g$  در حین (الف) پرتاب و (ب) کاهش تندی حساب کنید.

**۲۵۰-** یک وسیله الکتریکی از حالت سکون با آهنگ  $2.0 \text{ m/s}^2$  در راستای خط مستقیم شتاب می‌گیرد و به تندی  $2.0 \text{ m/s}$  می‌رسد. پس حرکت این وسیله با آهنگ ثابت  $1/5 \text{ m/s}^2$  کند و متوقف می‌شود. (الف) از شروع تا توقف چقدر طول می‌کشد؟ (ب) از نقطه شروع تا توقف این وسیله چه مسافتی را طی کرده است؟

**۲۶۰-** میونی (یک ذره بنیادی) با تندی  $5.00 \times 10^6 \text{ m/s}$  وارد ناحیه‌ای شده و سپس با آهنگ  $1/25 \times 10^6 \text{ m/s}$  حرکت آن آهسته می‌شود. (الف) در چه فاصله‌ای میون متوقف می‌شود؟ (ب) نمودار

و  $t$  برحسب ثانیه است. (الف) در چه زمانی و (ب) در کجا ذره (به طور لحظه‌ای) توقف می‌کند؟ در کدام (پ) زمان منفی و (ت) زمان مثبت، ذره از مبدأ می‌گذرد؟ (ث) نمودار  $x$  را برحسب  $t$  برای گستره  $-0.5$  تا  $+0.5$  رسم کنید. (ج) برای جابه‌جا کردن منحنی در نمودار به سمت راست، آیا باید جمله  $+2.0t$  یا جمله  $-2.0t$  را به  $x(t)$  اضافه کنیم؟ (چ) آیا این عمل به مقدار  $x$  که در آن ذره به طور لحظه‌ای توقف می‌کند، می‌افزاید یا آن را کاهش می‌دهد؟

**۱۷۰۰-** مکان ذره‌ای که در راستای محور  $x$  حرکت می‌کند برحسب سانتی‌متر با رابطه  $x = 9/75 + 1/50 t^2$  داده می‌شود، که در آن  $t$  برحسب ثانیه است. مطلوب است محاسبه (الف) سرعت میانگین در بازه  $t = 2/500$  تا  $t = 3/500$ ؛ (ب) سرعت لحظه‌ای در  $t = 2/500$ ؛ (پ) سرعت لحظه‌ای در  $t = 3/500$ ؛ (ت) سرعت لحظه‌ای در  $t = 2/500$  و (ث) سرعت لحظه‌ای وقتی که ذره در نیمه راه بین مکان متناظر با  $t = 2/500$  و  $t = 3/500$  قرار دارد. (ج) نمودار  $x$  را برحسب  $t$  رسم کنید و پاسخهای خود را به طور نموداری نشان دهید.

### بخش ۲-۶ شتاب

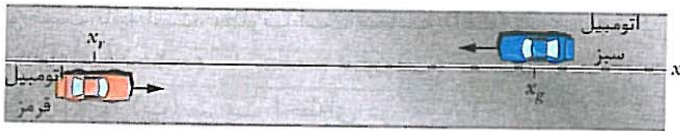
**۱۸۰-** مکان ذره‌ای که در راستای محور  $x$  حرکت می‌کند با رابطه  $x = 1/2 t^2 - 2t^3$  داده شده است، که در آن  $x$  برحسب متر و  $t$  برحسب ثانیه است. (الف) مکان، (ب) سرعت و (پ) شتاب ذره را در  $t = 3/5$  تعیین کنید. (ت) پیشینه مختصه مثبت که ذره به آن می‌رسد چقدر است و (ث) در چه زمانی به آن می‌رسد؟ (ج) پیشینه سرعت مثبتی که ذره به آن می‌رسد چقدر است و (چ) در چه زمانی به آن می‌رسد؟ (ح) شتاب ذره در لحظه‌ای که ذره حرکت نمی‌کند (غیر از  $t = 0$ ) چقدر است؟ (خ) سرعت میانگین ذره بین  $t = 0$  و  $t = 3$  چقدر است؟

**۱۹۰- SSM** در لحظه معینی تندی ذره‌ای  $18 \text{ m/s}$  است و در راستای مثبت  $x$  قرار دارد، و  $2/4$  پس از آن تندی به  $30 \text{ m/s}$  در جهت مخالف می‌رسد. شتاب میانگین ذره در ضمن این بازه  $2/4$  چقدر است؟

**۲۰۰-** (الف) اگر مکان ذره‌ای با رابطه  $x = 20t - 5t^2$  داده شده باشد، که در آن  $x$  برحسب متر و  $t$  برحسب ثانیه است، در صورت وجود، سرعت ذره چه وقت صفر می‌شود؟ (ب) چه وقت شتاب  $a$  صفر می‌شود؟ به ازای چه گستره زمانی (مثبت یا منفی)  $a$  (پ) منفی می‌شود؟ (ت) مثبت می‌شود؟ (ث) نمودارهای  $x(t)$ ،  $v(t)$  و  $a(t)$  را رسم کنید.

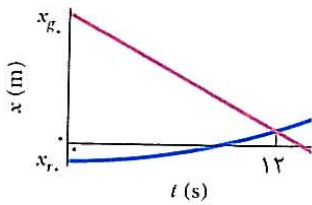
**۲۱۰۰-** مردی از  $t = 0$  تا  $t = 5.00 \text{ min}$  به حال سکون ایستاده است و از  $t = 5.00 \text{ min}$  تا  $t = 10.00 \text{ min}$  در راستای یک خط راست با تندی ثابت  $2.20 \text{ m/s}$  قدم می‌زند. (الف) سرعت میانگین  $v_{\text{avg}}$  و (ب) شتاب میانگین  $a_{\text{avg}}$  او در بازه  $2.00 \text{ min}$  تا  $8.00 \text{ min}$  چقدر است؟ (پ)  $v_{\text{avg}}$  و (ت)  $a_{\text{avg}}$  او در بازه زمانی  $3.00 \text{ min}$  تا  $9.00 \text{ min}$  چقدر است؟ (ث) نمودار  $x$  را برحسب

۳۴۰۰- در شکل ۲-۲۴، یک اتومبیل قرمز رنگ و یک اتومبیل سبز رنگ که به غیر از رنگ شبیه یکدیگرند در دو خط مجاور و موازی با محور  $x$  به طرف هم حرکت می‌کنند. در لحظه  $t=0$ ، اتومبیل قرمز رنگ در  $x_r=0$  و اتومبیل سبز رنگ در  $x_g=220\text{ m}$  قرار دارند. اگر تندی ثابت اتومبیل قرمز رنگ  $20\text{ km/h}$  باشد، این دو اتومبیل در نقطه  $x=44/5\text{ m}$  از یکدیگر عبور می‌کنند، و اگر تندی ثابت آن  $40\text{ km/h}$  باشد، آنها در نقطه  $x=76/6\text{ m}$  از یکدیگر می‌گذرند. (الف) سرعت اولیه و (ب) شتاب اتومبیل سبز رنگ چقدر است؟



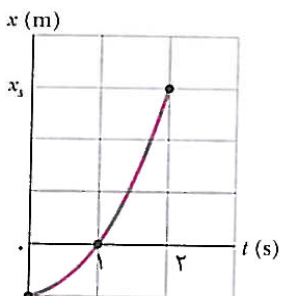
شکل ۲-۲۴ مسئله‌های ۳۴ و ۳۵

۳۵۰۰- شکل ۲-۲۴ دو اتومبیل قرمز و سبز را نشان می‌دهد که به طرف هم حرکت می‌کنند. شکل ۲-۲۵، نمودار حرکت آنها، در زمان  $t=0$  مکان آنها را در  $x_{g0}=270\text{ m}$  و  $x_{r0}=-350\text{ m}$  نشان می‌دهد. اتومبیل سبز رنگ دارای تندی ثابت  $200\text{ m/s}$  و اتومبیل قرمز رنگ از حالت سکون شروع می‌کند. بزرگی شتاب اتومبیل قرمز رنگ چقدر است؟



شکل ۲-۲۵ مسئله ۳۵

۳۶۰۰- اتومبیلی در راستای محور  $x$  با شروع از حالت سکون ( $x=0$ ) پس از طی مسافت  $900\text{ m}$  ( $x=900\text{ m}$ ) دوباره به حالت سکون در می‌آید. در  $\frac{1}{4}$  اول این مسافت، شتاب آن  $+2/25\text{ m/s}^2$  است. در  $\frac{3}{4}$  بعدی این مسافت شتاب آن  $-5/75\text{ m/s}^2$  است. (الف) زمان حرکت در  $900\text{ m}$  و (ب) تندی بیشینه آن، چقدر است؟ (پ) نمودار مکان  $x$ ، سرعت  $v$  و شتاب  $a$  را برحسب زمان  $t$  برای کل حرکت رسم کنید.



شکل ۲-۲۶ مسئله ۳۷

۳۸۰۰- (الف) اگر بیشینه شتابی که برای مسافران یک قطار زمینی قابل تحمل است برابر با  $1/34\text{ m/s}^2$  و فاصله دو ایستگاه  $806\text{ m}$  باشد، بیشینه تندی که یک قطار زیر زمینی می‌تواند بین دو ایستگاه

را برحسب  $t$  و  $v$  را برحسب  $t$  برای میون رسم کنید.

۲۷۰- شتاب ثابت الکترونی  $+3/2\text{ m/s}^2$  است. در لحظه معینی سرعت آن  $+9/6\text{ m/s}$  است. سرعت آن در (الف)  $2/5\text{ s}$  قبل و (ب)  $2/5\text{ s}$  بعد، چقدر است؟

۲۸۰- در جاده‌ای خشک، اتومبیلی با لاستیکهای خوب با شتاب کاهنده ثابت  $4/92\text{ m/s}^2$  می‌تواند ترمز کند. (الف) چقدر طول می‌کشد تا اتومبیلی که با سرعت اولیه  $24/6\text{ m/s}$  در حال حرکت است، متوقف شود؟ (ب) اتومبیل در این مدت زمان چه مسافتی را طی می‌کند؟ (پ) نمودار  $x$  را برحسب  $t$  و  $v$  را برحسب  $t$  برای این شتاب کاهنده رسم کنید.

۲۹۰- ILW مسیر کل یک اتاقک آسانسور  $190\text{ m}$  و بیشینه تندی آن  $305\text{ m/min}$  است و می‌تواند از حالت سکون شتاب بگیرد و سپس با شتاب  $1/2\text{ m/s}^2$  به حالت سکون برگردد. (الف) وقتی آسانسور از حالت سکون تا تندی نهایی‌اش شتاب بگیرد، چقدر حرکت کرده است؟ (ب) اگر مسیر  $190\text{ m}$  را بدون توقف با شروع از حالت سکون و برگشت به همین حالت طی کند، چقدر طول می‌کشد؟

۳۰۰- ترمز کردن می‌تواند با آهنگ  $5/2\text{ m/s}^2$  سرعت اتومبیل را کاهش دهد. (الف) اگر با سرعت  $137\text{ km/h}$  در حال حرکت باشید و ناگهان با پلیس روبه‌رو شوید، کمینه زمان مورد نیاز برای این که تندی اتومبیل خود را به حد تندی  $90\text{ km/h}$  برسانید چقدر است؟ (این جواب روشن خواهد کرد که ترمز کردن برای فرار از آشکار شدن تخلف توسط رادار یا تفنگ لیزری بی فایده است.) (ب) نمودار  $x$  را برحسب  $t$  و  $v$  را برحسب  $t$  برای چنین حرکت کند شونده‌ای رسم کنید.

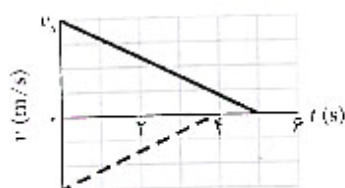
۳۱۰- SSM فرض کنید یک سفینه فضایی در عمق فضا با شتاب ثابت برابر  $9/8\text{ m/s}^2$  حرکت می‌کند، تا احساسی از گرانش عادی را در ضمن پرواز نشان دهد. (الف) اگر سفینه از حالت سکون شروع کرده باشد، چقدر طول می‌کشد تا به تندی یک دهم تندی نور که برابر با  $3/0 \times 10^8\text{ m/s}$  است، برسد؟ (ب) با این سرعت چه مسافتی را طی خواهد کرد؟

۳۲۰- رکورد تندی روی زمین در جهان توسط سرهنگ جان استپ هنگامی که در مارس ۱۹۵۴ سورتمه‌ای با موشک واکنشی را با تندی  $1020\text{ km/h}$  می‌راند به دست آمد. او و وسیله‌اش در مدت  $1/4\text{ s}$  به حالت سکون در آمدند (به شکل ۲-۷ نگاه کنید). برحسب  $g$ ، او موقع توقف چه شتابی را تحمل کرده است؟

۳۳۰- SSM WWW اتومبیلی که با سرعت  $56/0\text{ km/h}$  حرکت می‌کند، هنگامی که راننده ترمز می‌کند  $24/0\text{ m}$  تا مانعی فاصله دارد.  $2/00\text{ s}$  بعد اتومبیل به مانع برخورد می‌کند. (الف) پیش از برخورد بزرگی شتاب ثابت اتومبیل چقدر بوده است؟ (ب) سرعت اتومبیل در موقع برخورد چقدر بوده است؟



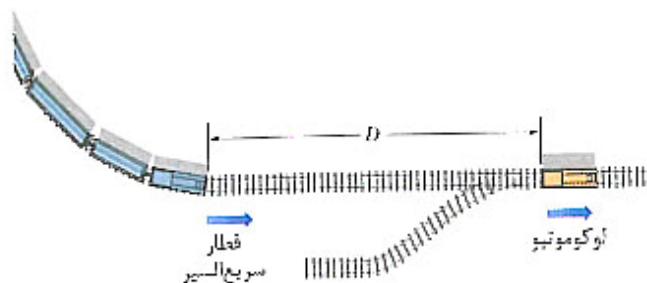
انجام می‌گیرد که قطارها از یکدیگر ۲۰۰m فاصله دارند. فاصله آنها وقتی که هر دو قطار متوقف شوند چقدر است؟



شکل ۲۸-۲ مسئله ۴۱

**۴۲۰۰-** در حالی که به دنبال اتومبیل بدون علامت پلیس به فاصله ۲۵m در حرکت‌اید با تلفن صحبت می‌کنید؛ هم اتومبیل شما و هم اتومبیل پلیس با تندی ۱۱۰km/h در حال حرکت‌اند. شما به مدت ۲/۵s توجه شما را از پلیس بر می‌گرداند (زمان کافی جهت دیدن تلفن و گفتن این که «من این کار را انجام نمی‌دهم!»). در آغاز ۲/۵s، افسر پلیس ناگهان با شتاب ۵۰m/s<sup>2</sup> شروع به ترمز می‌کند. (الف) وقتی شما بالاخره متوجه پلیس می‌شوید فاصله بین دو اتومبیل چقدر است؟ فرض کنید ۵/۴s دیگر طول می‌کشد که متوجه خطر شده و ترمز می‌کنید. (ب) اگر شما نیز با ۵۰m/s<sup>2</sup> ترمز کنید، تندی شما وقتی که به ماشین پلیس برخورد می‌کنید چقدر است؟

**۴۳۰۰۰-** هنگامی که قطار مسافری سریع السیر پیچی را با ۱۶۱km/h دور می‌زند، راننده آن با ناراحتی متوجه می‌شود که یک لوکوموتیو به طور نامناسبی در فاصله  $D = ۶۷۶m$  از آن وارد خط آهن شده است (شکل ۲۹-۲). لوکوموتیو با سرعت ۲۹۰km/h حرکت می‌کند. راننده قطار بی‌درنگ ترمز می‌کند. (الف) بزرگی شتاب ثابت به وجود آمده چقدر باید باشد تا فقط از برخورد جلوگیری شود؟ (ب) فرض کنید که راننده در  $x = ۰$  در  $t = ۰$  لوکوموتیو را دیده باشد. نمودار  $x(t)$  لوکوموتیو و قطار را در مواردی که از برخورد جلوگیری شده باشد و کاملاً جلوگیری نشده باشد، رسم کنید.



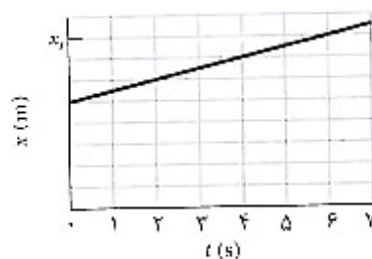
شکل ۲۹-۲ مسئله ۴۳

## بخش ۲-۹ شتاب سقوط آزاد

**۴۴۰-** وقتی حیوان گورکن می‌ترسد رو به بالا می‌جهد. فرض کنید در مدت ۰/۲۰۰s تا ۰/۵۴۴m بالا می‌پرد. (الف) تندی اولیه این حیوان در لحظه ترک زمین چقدر بوده است؟ (ب) تندی آن در ارتفاع ۰/۵۴۴m چقدر است؟ (پ) تا چقدر بالاتر می‌جهد؟

داشته باشد، چقدر است؟ (ب) زمان حرکت بین دو ایستگاه چقدر است؟ (پ) اگر قطار به مدت ۲۰s در هر ایستگاه توقف کند. بیشینه تندی میانگین قطار از یک مرحله شروع تا مرحله بعدی چقدر است؟ (پ) نمودار  $x$ ،  $v$  و  $a$  را بر حسب  $t$  برای بازه از مرحله شروع تا مرحله بعدی رسم کنید.

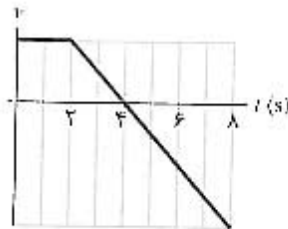
**۳۹۰۰-** دو اتومبیل A و B در مسیرهای مجاور در یک جهت حرکت می‌کنند. مکان x اتومبیل A از لحظه  $t = ۰$  تا  $t = ۷/۵s$  در شکل ۲۷-۲ داده شده است. در مقیاس عمودی شکل  $x_p = ۳۲/۵m$  مشخص شده است. در  $t = ۰$ ، اتومبیل B با سرعت ۲ m/s و شتاب ثابت منفی  $a_B$  در  $x = ۰$  قرار دارد. (الف) شتاب  $a_B$  چقدر باید باشد تا اتومبیلها (به طور لحظه‌ای) در  $t = ۴/۵s$  (به طور لحظه‌ای در مقدار یکسان  $x$ ) پهلوی یکدیگر قرار گیرند؟ (ب) به ازای این مقدار  $a_B$ ، چند بار دو اتومبیل به صورت پهلوی به پهلوی قرار می‌گیرند؟ (پ) مکان x اتومبیل B را بر حسب زمان  $t$  در شکل ۲۶-۲ رسم کنید. اگر بزرگی شتاب  $a_B$  (ت) بیشتر از و (ث) کمتر از پاسخ (الف) باشد، چند بار دو اتومبیل به صورت پهلوی به پهلوی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند؟



شکل ۲۷-۲ مسئله ۳۹

**۴۰۰۰-** هنگامی که چراغ راهنمایی زرد روشن می‌شود به طرف آن نزدیک می‌شوید. تندی شما حد تندی قانونی  $v_0 = ۵۵km/h$  است؛ بهترین آهنگ کاهش شتاب شما دارای بزرگی  $a = ۵/۱۸m/s^2$  است. بهترین زمان واکنش شما برای ترمز کردن  $T = ۰/۷۵s$  است. برای جلوگیری از ورود جلوی اتومبیل به تقاطع پس از این که چراغ قرمز شد، اگر فاصله با تقاطع و زمان روشن ماندن چراغ زرد (الف) ۴۰m و ۲/۸s و (ب) ۳۲m و ۱/۸s باشد، آیا شما برای توقف باید ترمز کنید یا با همان تندی ۵۵km/h به حرکت خود ادامه دهید؟ پاسخ دهید ترمز می‌کنم، به حرکت ادامه می‌دهم، یکی از این دو روش (وقتی که یکی از آنها مؤثر است) را نام ببرید یا این که پاسخ دهید هیچ کدام (هنگامی که هیچ کدام مؤثر نیستند و زمان چراغ زرد کافی نیست).

**۴۱۰۰-** به هنگام حرکت دو قطار در راستای یک مسیر، رانندگان آنها ناگهان متوجه می‌شوند که آنها به طور رودررو به طرف هم حرکت می‌کنند. شکل ۲۸-۲ سرعت‌های  $v$  آنها را بر حسب تابعی از زمان  $t$  به هنگام آهسته شدن قطارها نشان می‌دهد. مقیاس عمودی شکل،  $v_p = ۴۰/۵m/s$  را نشان می‌دهد. فرایند آهسته شدن زمانی



شکل ۳۱-۲ مسئله ۵۱

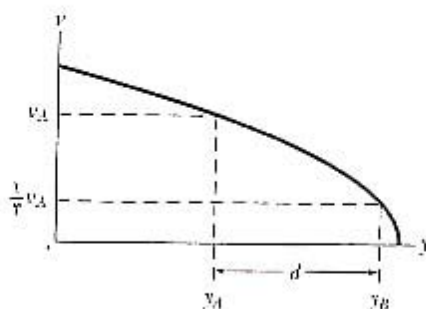
**۵۲۰۰- (GO)** پیچی از یک پل در حال ساخت به ارتفاع  $9.0\text{ m}$  به درای در زیر پل سقوط می‌کند. (الف) در چه مدت زمانی، این پیچ  $2.0$  درصد آخر سقوط خود را طی می‌کند؟ (ب) تنیدی آن (ب) در شروع  $2.0$  درصد آخر سقوط و (پ) به هنگام رسیدن به ته دره چقدر است؟

**۵۳۰۰- (WWW SSM)** کلیدی از روی پلی که  $45\text{ m}$  بالاتر از آب است سقوط می‌کند. این کلید به طور مستقیم به درون قایقی می‌افتد که با سرعت ثابتی حرکت می‌کند و هنگام رها شدن کلید در فاصله  $12\text{ m}$  از محل برخورد بوده است، تنیدی قایق چقدر است؟

**۵۴۰۰-** سنگی از روی پل رودخانه‌ای که  $42.9\text{ m}$  از آب بالاتر است درون آب رها می‌شود. سنگ دیگری  $1.0\text{ s}$  پس از آن به طور قائم به سمت پایین پرتاب می‌شود. هر دو سنگ در یک زمان به آب برخورد می‌کنند. (الف) تنیدی اولیه سنگ دوم چقدر بوده است؟ (ب) اگر زمان صفر را لحظه رها شدن سنگ اول در نظر بگیریم، نمودار سرعت را بر حسب زمان برای هر کدام از سنگها رسم کنید.

**۵۵۰۰- (SSM)** یک گلوله گلی از ارتفاع  $15.0\text{ m}$  به زمین می‌افتد. گلوله پیش از این که ساکن شود به مدت  $2.0\text{ s}$  با زمین در حال تماس می‌ماند. (الف) بزرگی شتاب میانگین گلوله در مدتی که با زمین در تماس بوده چقدر است؟ (گلوله را یک ذره در نظر بگیرید). (ب) شتاب میانگین رو به بالاست با رو به پایین؟

**۵۶۰۰- (55)** شکل ۳۲-۲ تنیدی  $v$  را بر حسب ارتفاع  $y$  تویی که به طور مستقیم رو به بالا در راستای محور  $y$  پرتاب شده است نشان می‌دهد. فاصله  $d$  برابر  $0.4\text{ m}$  است. تنیدی در ارتفاع  $y_A$  برابر با  $v_A$  است. تنیدی در ارتفاع  $y_B$  برابر با  $\frac{1}{3}v_A$  است. تنیدی  $v_B$  چقدر است؟



شکل ۳۲-۲ مسئله ۵۶

**۴۵۰۰- (WWW SSM)** (الف) با چه تنیدی تویی به طور قائم از سطح زمین برای رسیدن به بیشینه ارتفاع  $50\text{ m}$  باید پرتاب شود؟ (ب) توپ چه مدت در هوا حرکت می‌کند؟ (پ) نمودارهای  $v$  و  $a$  را بر حسب  $t$  برای توپ رسم کنید. روی دو نمودار اول، زمان رسیدن به ارتفاع  $50\text{ m}$  را نشان دهید.

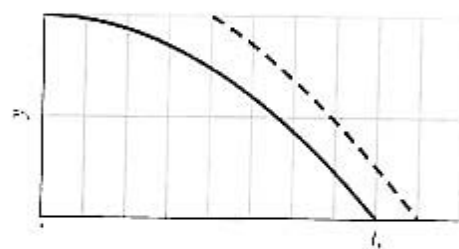
**۴۶۰۰-** قطره‌های باران از ابری که  $1700\text{ m}$  بالاتر از سطح زمین قرار دارد به زمین فرو می‌ریزد. (الف) اگر آنها بر اثر مقاومت هوا کند نشوند، سرعت قطره‌ها در هنگام برخورد با زمین چقدر است؟ (ب) آیا قدم زدن در بیرون در هنگام چنین رگباری بی‌خطر است؟

**۴۷۰۰- (SSM)** در یک کارگاه ساختمانی، آجاری پس از رها شدن با تنیدی  $24\text{ m/s}$  به زمین می‌خورد. (الف) آچار از چه ارتفاعی بر اثر بی‌مبالاتی فرو افتاده است؟ (ب) زمان سقوط آن چقدر بوده است؟ (پ) نمودارهای  $v$  و  $a$  را بر حسب  $t$  برای آچار رسم کنید.

**۴۸۰۰-** شخصی سنگی را به طور قائم با تنیدی اولیه  $12.0\text{ m/s}$  از بام ساختمانی به ارتفاع  $30.0\text{ m}$  به پایین می‌اندازد. (الف) چقدر طول می‌کشد تا سنگ به زمین برسد؟ (ب) تنیدی سنگ در لحظه برخورد با زمین چقدر است؟

**۴۹۰۰- (SSM)** یک بالون هوای گرم با آهنگ  $12\text{ m/s}$  به بالا می‌رود و در ارتفاع  $80\text{ m}$  بالاتر از زمین بسته‌ای را به طرف زمین می‌اندازد. (الف) چقدر طول می‌کشد تا بسته به زمین برسد؟ (ب) بسته با چه تنیدی با زمین برخورد می‌کند؟

**۵۰۰۰-** در لحظه  $t=0$ ، سیب شماره ۱ از بالای پلی روی جاده‌ای که در زیر قرار دارد فرو می‌افتد، پس از چند لحظه، سیب شماره ۲ از همان ارتفاع به سمت پایین پرتاب می‌شود. شکل ۳۰-۲ مکانهای قائم سیبها را بر حسب زمان سقوط  $t$  تا برخورد با زمین نشان می‌دهد. با چه تنیدی تقریبی سیب شماره ۲ به سمت پایین پرتاب شده است؟

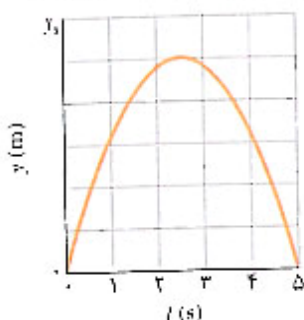


شکل ۳۰-۲ مسئله ۵۰

**۵۱۰۰-** وقتی که یک بالون علمی با سرعت  $16.6\text{ m/s}$  بالا می‌رود، یکی از بسته‌های ابزار آن از یکی از طنابها رها می‌شود و به طور آزاد سقوط می‌کند. شکل ۳۱-۲ سرعت قائم بسته را بر حسب زمان پیش از رها شدن تا لحظه رسیدن آن به زمین نشان می‌دهد. (الف) بیشینه ارتفاعی که پس از رها شدن بالا می‌رود چقدر است؟ (ب) نقطه رها شدن چقدر از زمین فاصله دارد؟



سیاره و (ب) سرعت اولیه توپ چقدر است؟

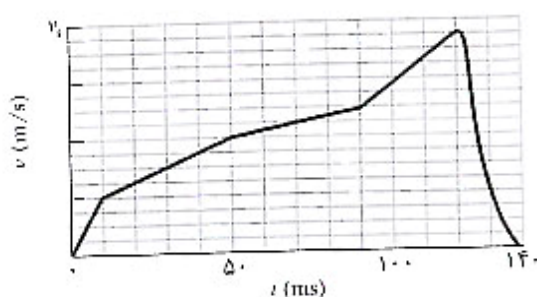


شکل ۲-۳۳ مسئله ۶۴

## بخش ۲-۱۰ انتگرال گیری نموداری در تحلیل حرکت

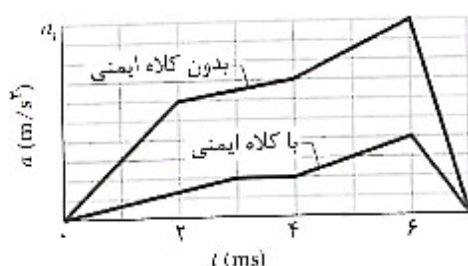
۶۵۰- شکل ۲-۱۳ شتاب سر و بدن یک داوطلب را در ضمن یک برخورد به دست می‌دهد. در بیشینه شتاب سر او، تندی (الف) سر و (ب) بدن چقدر است؟

۶۶۰۰- در ضربت رو به جلو در کاراته، مشت در ناحیه کمر از حال سکون شروع می‌کند و با باز شدن کامل بازو خیلی تند به جلو آورده می‌شود. سرعت  $v(t)$  مشت برای یک کاراته کار ماهر در شکل ۲-۳۴ داده شده است. (الف) در  $t = 50 \text{ ms}$  و (ب) وقتی تندی مشت بیشترین مقدار است، مشت چقدر حرکت می‌کند؟



شکل ۲-۳۴ مسئله ۶۶

۶۷۰۰- وقتی در بازی راگبی توپ به طرف بازیکنی شوت می‌شود و بازیکن با ضربه «سر» آن را بر می‌گرداند، شتاب سر در ضمن برخورد می‌تواند مهم باشد. شکل ۲-۳۵ شتاب اندازه‌گیری شده  $a(t)$  سر یک بازیکن فوتبال را با سر بدون کلاه ایمنی و با کلاه ایمنی با شروع از حالت سکون نشان می‌دهد. در لحظه  $t = 7.0 \text{ ms}$ ، اختلاف بین تندی حاصل شده با سر بدون کلاه ایمنی و تندی حاصل شده با کلاه ایمنی چقدر است؟



شکل ۲-۳۵ مسئله ۶۷

۵۷۰۰- برای آزمایش کیفیت یک توپ تنیس آن را از ارتفاع  $4.00 \text{ m}$  متری روی زمین رها می‌کنند. این توپ تا ارتفاع  $2.00 \text{ m}$  بر می‌گردد. اگر زمان تماس توپ با زمین  $12.0 \text{ ms}$  باشد. (الف) بزرگی شتاب میانگین آن در ضمن تماس چقدر است؟ (ب) آیا جهت شتاب میانگین رو به بالاست یا رو به پایین؟

۵۸۰۰- جسم ساکنی از ارتفاع  $h$  سقوط می‌کند. اگر جسم در  $1/5 \text{ s}$  آخر  $0.50 \text{ m}$  را طی کند، (الف) زمان و (ب) ارتفاع سقوط را پیدا کنید. (پ) درباره حل فیزیکی غیر قابل قبول معادله درجه دوم که برحسب  $t$  به دست می‌آید توضیح دهید.

۵۹۰۰- قطره‌های آب از دهانه دوشی روی کف زمین که  $200 \text{ cm}$  زیر آن قرار دارد می‌افتند. قطره‌های آب در بازه‌های منظم (برابر) سقوط می‌کنند. قطره اول زمانی به کف برخورد می‌کند که قطره چهارم شروع به سقوط می‌کند. مکانهای (الف) قطره‌های دوم و (ب) سوم را هنگامی که قطره اول به کف برخورد می‌کند پیدا کنید.

۶۰۰۰- سنگی به طور قائم از سطح زمین در لحظه  $t = 0$  رو به بالا پرتاب می‌شود. در لحظه  $t = 1/5 \text{ s}$  سنگ از بالای یک ساختمان بلند عبور می‌کند و  $1/5 \text{ s}$  پس از آن به بیشینه ارتفاع خود می‌رسد. ارتفاع ساختمان چقدر است؟

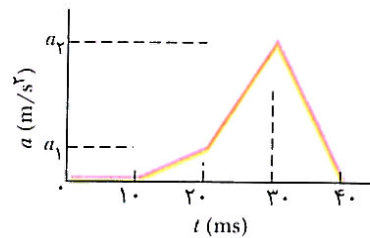
۶۱۰۰۰- یک گلوله فولادی از بام ساختمانی پایین می‌افتد و از مقابل پنجره‌ای که فاصله بالا تا پایین آن  $1.20 \text{ m}$  است در مدت  $0.125 \text{ s}$  می‌گذرد. گلوله پس از برخورد به پیاده‌رو «به طور کامل» به بالا می‌جهد و از پایین پنجره تا بالای آن را در مدت  $0.125 \text{ s}$  طی می‌کند. فرض کنید که حرکت رو به بالا درست معکوس فرو افتادن باشد. زمانی که گلوله پایتیر از زیر پنجره بوده  $2/5 \text{ s}$  است. بلندی ساختمان چقدر است؟

۶۲۰۰۰- یک بازیکن بسکتبال که برای گرفتن توپ در برگشت از نخته در کنار سبد ایستاده است به طور قائم  $76.0 \text{ cm}$  به بالا پرش می‌کند. کل زمانی (بالا رفتن و پایین آمدن) که بازیکن (الف)  $15.0 \text{ cm}$  در بالای این پرش و (ب)  $15.0 \text{ cm}$  پایین آن بوده، چقدر است؟ آیا پاسخهای شما نشان می‌دهند که چرا به نظر می‌رسد که بازیکنها در بالای پرش خود در هوا معلق می‌مانند؟

۶۳۰۰۰- گربه‌ای در حال چرت زدن می‌بیند که گلدانی نخست رو به بالا و سپس رو به پایین از مقابل پنجره بازی می‌گذرد. گلدان در کل رفت و برگشت به مدت  $0.50 \text{ s}$  در معرض دید بوده و پنجره از بالا تا پایین  $2.00 \text{ m}$  ارتفاع دارد. گلدان تا چه ارتفاعی از لبه بالای پنجره بالاتر رفته است؟

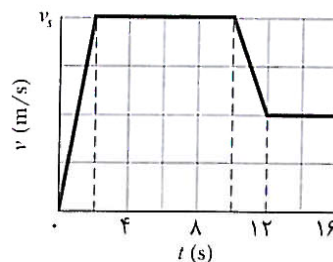
۶۴۰۰۰- توبی از سطح سیاره‌ای به طور قائم و رو به بالا پرتاب می‌شود. نمودار  $t$  برحسب  $t$  برای این توپ در شکل ۲-۳۳ نشان داده شده است که  $y$  ارتفاع توپ از نقطه شروع و  $t = 0$  لحظه‌ای است که توپ پرتاب شده است. مقیاس قائم شکل  $y_s = 30.0 \text{ m}$  را مشخص کرده است. بزرگی (الف) شتاب سقوط آزاد روی

۶۸۰- نوعی سمندر شکارش را با پرتاب کردن زبانش به سمت او شکار می‌کند: سمندر پس از مشاهده شکار زبانش را که در دهانش به صورت جمع شده است به سمت شکار پرت می‌کند و شکار به زبان چسبناک او می‌چسبد و طعمه سمندر می‌شود. شکل ۲-۳۶ بزرگی شتاب  $a$  را برحسب زمان  $t$  برای مرحله شتاب پرتاب در یک وضعیت نوعی نشان می‌دهد. شتابهای نشان داده شده عبارت‌اند از  $a_1 = 100 \text{ m/s}^2$  و  $a_2 = 400 \text{ m/s}^2$ . تندی به طرف خارج زبان در انتهای مرحله شتاب‌گیری چقدر است؟



شکل ۲-۳۶ مسئله ۶۸

۶۹۰۰- ILW دوندهای که نمودار سرعت- زمان آن در شکل ۲-۳۷ نشان داده شده است، در  $16 \text{ s}$  چه مسافتی دویده است؟ مقیاس عمودی شکل  $v_s = 8.0 \text{ m/s}$  را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۷ مسئله ۶۹

۷۰۰۰۰- دو ذره در امتداد محور  $x$  حرکت می‌کنند. مکان ذره ۱ با رابطه  $x = 6.00t^2 + 3.00t + 2.00$  (برحسب متر و ثانیه) داده شده است؛ شتاب ذره ۲ با رابطه  $a = -8.00t$  (برحسب متر بر مربع ثانیه و ثانیه) داده شده است و در  $t=0$  سرعت آن برابر  $20 \text{ m/s}$  است. وقتی سرعت دو ذره با هم مساوی می‌شوند، سرعت آنها چقدر است؟

### مسئله‌های اضافی

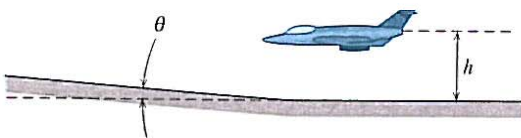
۷۱- در یک بازی ویدئویی، نقطه‌ای برای حرکت در صفحه نمایش مطابق با  $x = 9.00t^2 - 0.750t^3$  برنامه‌ریزی شده است، که در آن  $x$  فاصله برحسب سانتی‌متر از لبه سمت چپ صفحه نمایش و  $t$  برحسب ثانیه است. وقتی نقطه به لبه صفحه نمایش در  $x=0$  یا  $x=15.0 \text{ cm}$  می‌رسد،  $t$  صفر می‌شود و نقطه حرکت را دوباره مطابق با  $x(t)$  شروع می‌کند. (الف) در چه زمانی پس از شروع نقطه به طور لحظه‌ای ساکن می‌شود؟ (ب) در چه مقداری از  $x$  این رخ می‌دهد؟ (پ) شتاب نقطه (با در نظر گرفتن علامت) در لحظه این رخداد چقدر است؟ (ت) آیا ذره درست پیش از ساکن شدن به طرف راست حرکت می‌کند یا به طرف چپ؟ (ث) درست پس

از ساکن شدن چطور؟ (ج) در چه زمان  $t > 0$  نقطه برای اولین بار به لبه صفحه نمایش می‌رسد؟

۷۲- سنگی به طور قائم از لبه بالای ساختمان بلندی به طرف بالا پرتاب می‌شود. این سنگ پس از  $1/60 \text{ s}$  از پرتاب به بیشینه ارتفاع خود در بالای ساختمان می‌رسد. سپس سقوط می‌کند و پس از عبور از لبه ساختمان، طی مدت  $6/00 \text{ s}$  از لحظه پرتاب به زمین می‌رسد. برحسب یکاهای SI (الف) این سنگ با چه سرعتی رو به بالا پرتاب شده است؟ (ب) بیشینه ارتفاع قسمت بالای ساختمان که سنگ به آنجا می‌رسد و (پ) ارتفاع ساختمان چقدر است؟

۷۳- (a) در لحظه‌ای که چراغ راهنما سبز می‌شود، خودرویی با شتاب ثابت  $2/2 \text{ m/s}^2$  شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه کامیونی که با تندی ثابت  $9/5 \text{ m/s}$  در حال حرکت است از خودرو سبقت می‌گیرد و از آن عبور می‌کند. (الف) در چه فاصله‌ای دورتر از چراغ راهنمایی خودرو از کامیون سبقت می‌گیرد؟ (ب) خودرو در این لحظه با چه سرعتی حرکت می‌کند؟

۷۴- خلبانی با سرعت  $1300 \text{ km/h}$  در ارتفاع  $h = 35 \text{ m}$  بالاتر از سطح زمین به طور افقی پرواز می‌کند. در لحظه  $t=0$  خلبان شروع به پرواز روی زمین شیب‌داری به طرف بالا و با زاویه  $\theta = 4/3^\circ$  می‌کند (شکل ۲-۳۸). اگر خلبان مسیر هواپیما را تغییر ندهد، پس از چه مدت زمان  $t$  هواپیما به زمین برخورد می‌کند؟



شکل ۲-۳۸ مسئله ۷۴

۷۵- برای توقف اتومبیلی، نخست به زمان واکنش معینی برای ترمز کردن نیاز دارید؛ سپس اتومبیل با آهنگ ثابتی آهسته می‌شود. فرض کنید که مسافت کل طی شده توسط اتومبیل در ضمن این دو مرحله، وقتی تندی اولیه  $80/5 \text{ km/h}$  است برابر با  $56/7 \text{ m}$  و وقتی تندی اولیه  $48/3 \text{ km/h}$  است برابر با  $24/4 \text{ m}$  باشد. (الف) زمان واکنش و (ب) بزرگی شتاب اتومبیل چقدر است؟

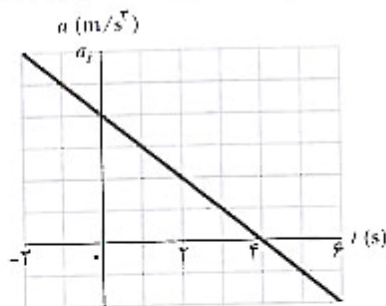
۷۶- شکل ۲-۳۹ قسمتی از خیابان را نشان می‌دهد که در آن جریان ترافیک کنترل می‌شود و به گرمی از اتومبیلها اجازه می‌دهد به آرامی در امتداد خیابان حرکت کنند. فرض کنید که اتومبیلهای جلویی درست به تقاطع ۲ می‌رسند جایی که وقتی آنها به فاصله  $d$  از تقاطع بوده‌اند چراغ سبز روشن می‌شود. آنها با تندی معین  $v_0$  (تندی مجاز) به حرکت ادامه می‌دهند تا به تقاطع ۳ می‌رسند جایی که وقتی آنها به فاصله  $d$  از تقاطع بوده‌اند چراغ سبز روشن می‌شود. فاصله بین تقاطعها  $D_{21}$  و  $D_{22}$  است. (الف) تأخیر زمانی چراغ سبز در تقاطع ۳ نسبت به تقاطع ۲ چقدر باید باشد تا حرکت اتومبیلها به صورت آرام انجام شود؟ حال فرض کنید این گروه با چراغ قرمز تقاطع، متوقف شوند.



شتاب، (ب) زمان لازم برای طی کردن  $160\text{m}$  ذکر شده، (پ) زمان لازم برای رسیدن به تندی  $30\text{m/s}$  و (ت) مسافت پیموده شده را از حالت سکون تا زمان رسیدن تندی قطار به  $30\text{m/s}$  محاسبه کنید. (ث) نمودار  $x$  را برحسب  $t$  و  $v$  را برحسب  $t$ ، از حالت سکون قطار رسم کنید.

**۸۱- SSM** شتاب ذره‌ای در راستای محور  $x$  عبارت است از  $a = 5/t$ ، که  $t$  برحسب ثانیه و  $a$  برحسب متر بر مربع ثانیه است. در  $t = 2/\text{s}$ ، سرعت ذره  $17\text{m/s}$  است. سرعت ذره در  $t = 4/\text{s}$  چقدر است؟

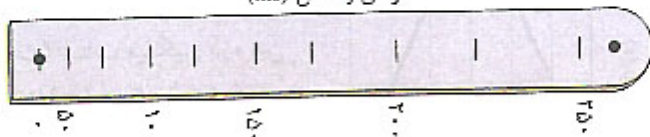
**۸۲-** شکل ۲-۴۱ شتاب  $a$  را برحسب  $t$  برای ذره‌ای که در راستای محور  $x$  حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. مقیاس محور  $a$  با  $a_0 = 12/\text{s}^2$  مشخص شده است. در  $t = -2/\text{s}$  سرعت ذره برابر  $7\text{m/s}$  است. سرعت آن در  $t = 6/\text{s}$  چقدر است؟



شکل ۲-۴۱ مسئله ۸۲

**۸۳-** شکل ۲-۴۲ وسیله ساده‌ای را نشان می‌دهد که می‌تواند برای اندازه‌گیری زمان واکنش شخص به کار رود. این وسیله عبارت است از نوار نازکی از مقوا که روی آن یک مقیاس و دو نقطه سیاه نشانه‌گذاری شده‌اند. دوست شما با انگشتی شست و نشانه از نقطه واقع در سمت راست شکل ۲-۴۲ میله را به طور قائم نگه می‌دارد. سپس شما انگشتی شست و نشانه خود را روی نقطه دیگر (در سمت چپ شکل ۲-۴۲) با دقت طوری قرار می‌دهید که با نوار تماس پیدا نکند. دوست شما نوار را رها می‌کند و شما سعی می‌کنید پس از شروع به سقوط نوار هر چه زودتر آن را بگیرید. نشانه در محلی که نوار را با انگشتان خود می‌گیرید، زمان واکنش شما را به دست می‌دهد. (الف) در چه فاصله‌ای از نقطه پایینی باید نشانه  $50\text{ms}$  را قرار داد؟ نشانه‌ها را برای (ب)  $100$ ، (پ)  $150$ ، (ت)  $200$ ، (ث)  $250$  میلی ثانیه چقدر باید بالاتر قرار دهید؟ (مثلاً آیا فاصله نشانه  $100\text{ms}$  باید دو برابر فاصله نشانه  $50\text{ms}$  از نقطه باشد؟ آیا می‌توانید الگویی برای پاسخها پیدا کنید؟)

زمان واکنش (ms)



شکل ۲-۴۲ مسئله ۸۳

وقتی چراغ سبز در آنجا روشن می‌شود، اتومبیل‌های جلویی به زمان معین  $t_r$  برای واکنش به این تغییر و زمان اضافی دیگری برای شتاب گرفتن با آهنگ  $a$  احتیاج دارند تا به تندی  $v_p$  برسند. (ب) اگر چراغ سبز در تقاطع ۲ وقتی روشن شود که اتومبیل‌های جلویی به فاصله  $d$  از آن تقاطع قرار دارند، چه مدت پس از روشن شدن چراغ سبز در تقاطع ۱، باید چراغ سبز در تقاطع ۲ روشن شود؟

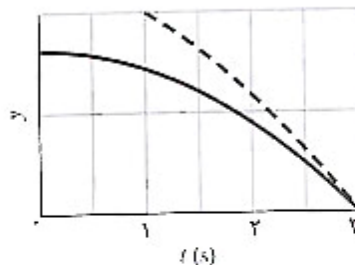


شکل ۲-۳۹ مسئله ۷۶

**۷۷- SSM** میله‌ای در مدت  $5/4\text{s}$  می‌تواند از  $0$  تا  $60\text{km/h}$  شتاب بگیرد. (الف) در این زمان شتاب میانگین آن برحسب  $\text{m/s}^2$  چقدر است؟ (ب) با فرض ثابت بودن شتاب در مدت  $5/4\text{s}$  چقدر حرکت خواهد کرد؟ (پ) اگر شتاب میله در مقدار (الف) حفظ شود، چقدر طول می‌کشد تا از حال سکون به مسافت  $0.25\text{km}$  برسد؟

**۷۸-** قطار قرمز رنگی با تندی  $72\text{km/h}$  و قطار سبز رنگی با تندی  $144\text{km/h}$  در راستای یک خط مستقیم به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند. وقتی فاصله بین آنها  $950\text{m}$  است هر دو راننده یکدیگر را مشاهده و اقدام به ترمز می‌کنند. ترمز موجب آهسته شدن آنها با آهنگ  $1/\text{s}$  می‌شود. آیا برخوردی روی می‌دهد؟ اگر برخوردی رخ می‌دهد، تندی قطار قرمز رنگ و تندی قطار سبز رنگ را در لحظه برخورد به دست آورید. اگر برخوردی رخ نمی‌دهد، فاصله بین دو قطار را در لحظه توقف به دست آورید.

**۷۹-** در لحظه  $t = 0$ ، به طور تصادفی یک میخ کوهنوردی از نقطه بالایی واقع بر دیواره صخره از دست صخره نورد به دره‌ای در زیر او با سقوط آزاد فرو می‌افتد. پس از زمان کوتاهی همکار صخره نورد که  $10\text{m}$  بالاتر از او واقع شده میخ کوهنوردی را به طرف پایین پرتاب می‌کند. مکانهای  $x$  میخها برحسب  $t$  در ضمن سقوط در شکل ۲-۴۰ داده شده‌اند. میخ دوم با چه تندی پرتاب شده است؟



شکل ۲-۴۰ مسئله ۷۹

**۸۰-** قطاری از حالت سکون شروع و با شتاب ثابت حرکت می‌کند. در یک لحظه با سرعت  $30\text{m/s}$  در حرکت بوده و در  $160\text{m}$  پس از آن با سرعت  $50\text{m/s}$  حرکت کرده است. (الف)

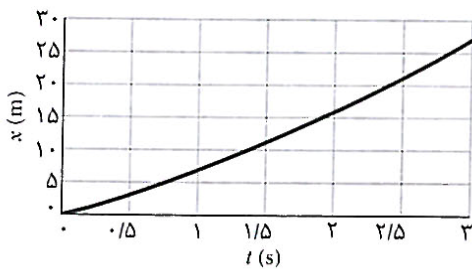
۹۱- سنگی از صخره‌ای به ارتفاع  $100\text{ m}$  سقوط می‌کند. چه مدت طول می‌کشد تا (الف)  $50\text{ m}$  اول را و (ب)  $50\text{ m}$  دوم را طی کند؟

۹۲- دو ایستگاه قطار زیرزمینی به فاصله  $1100\text{ m}$  از یکدیگر قرار دارند. اگر در نیمه اول این فاصله قطار از حالت سکون به مقدار  $+1/2\text{ m/s}^2$  و در نیمه دوم به مقدار  $-1/2\text{ m/s}^2$  شتاب بگیرد، (الف) زمان حرکت قطار و (ب) تندى بیشینه آن، چقدر است؟ (پ) نمودار  $x$ ،  $v$  و  $a$  را برحسب  $t$  برای این حرکت رسم کنید.

۹۳- سنگی به طور قائم به طرف بالا پرتاب می‌شود. در این حرکت رو به بالا از نقطه  $A$  با تندى  $v$  و از نقطه  $B$ ،  $300\text{ m}$  بالاتر از نقطه  $A$  با تندى  $1/4 v$  می‌گذرد. مطلوب است (الف) تندى  $v$  و (ب) بیشینه ارتفاعی که سنگ به بالاتر از نقطه  $B$  می‌رسد.

۹۴- سنگی (از حال سکون) از بالای ساختمانی به بلندی  $60\text{ m}$  سقوط می‌کند. در چه فاصله‌ای از زمین سنگ  $1/2\text{ s}$  پیش از رسیدن به زمین قرار دارد؟

۹۵- SSM قایقی با سرعت ثابت به سمت شرق حرکت می‌کند که ناگهان تند بادی به مدت  $3/5\text{ s}$  موجب می‌شود که با شتاب ثابت به سمت شرق حرکت کند. نمودار  $x$  برحسب  $t$  در شکل ۴۴-۲ نشان داده شده است، که  $t=0$  لحظه شروع وزیدن باد و محور  $x$  به طرف شرق، مثبت در نظر گرفته شده است. (الف) شتاب قایق در بازه  $3/5\text{ s}$  چقدر است؟ (ب) سرعت قایق در انتهای بازه  $3/5\text{ s}$  چقدر است؟ (پ) اگر شتاب در  $3/5\text{ s}$  اضافی دیگر ثابت بماند، این قایق در این بازه  $3/5\text{ s}$  چقدر حرکت می‌کند؟



شکل ۴۴-۲ مسئله ۹۵

۹۶- یک گلوله سربی از روی یک تخته شیشه که  $5/20\text{ m}$  بالاتر از آب قرار دارد به درون استخر سقوط می‌کند. گلوله با سرعت معینی با آب برخورد می‌کند و سپس با همین سرعت ثابت به کف استخر فرو می‌رود. گلوله در مدت  $4/80\text{ s}$  پس از سقوط به ته آب می‌رسد. (الف) گودی استخر چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) جهت (رو به بالا یا رو به پایین) سرعت میانگین گلوله را در کل سقوط پیدا کنید. فرض کنید که تمام آب استخر تخلیه شود، اکنون گلوله از تخته شیشه طوری پرتاب می‌شود که باز هم در همان مدت  $4/80\text{ s}$  به ته استخر برسد. (ت) بزرگی و (ث) جهت سرعت اولیه گلوله چیست؟

۸۴- سورتمه متحرکی که در مسیر مستقیم همواری حرکت می‌کند برای بررسی اثرهای فیزیولوژیکی شتابهای بالا در انسان به کار می‌رود. یک چنین سورتمه‌ای با شروع از حالت سکون، در مدت  $1/8\text{ s}$  به تندى  $1600\text{ km/h}$  می‌رسد. (الف) شتاب (با فرض ثابت بودن) را برحسب  $g$  و (ب) مسافت طی شده را پیدا کنید.

۸۵- واگن معدنی با تندى  $20\text{ km/h}$  به بالای تپه‌ای کشیده شده و سپس با تندى  $30\text{ km/h}$  به طرف پایین تا سطح اولیه آن آورده می‌شود. (زمان لازم برای این که واگن در بالای تپه تغییر جهت دهد ناچیز است.) تندى میانگین واگن در این رفت و برگشت، از سطح اولیه و برگشت به سطح اولیه، چقدر است؟

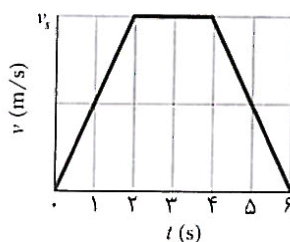
۸۶- شتاب موتورسواری که در راستای محور  $x$  به طرف شرق حرکت می‌کند در بازه  $0 \leq t \leq 6/5\text{ s}$  با  $a = (6/1 - 1/2t)\text{ m/s}^2$  داده شده است. در  $t=0$ ، سرعت و مکان موتور سوار  $2/7\text{ m/s}$  و  $7/3\text{ m}$  است. (الف) بیشینه تندى که موتور سوار به آن می‌رسد چقدر است؟ (ب) مسافتی که موتور سوار بین  $t=0$  و  $t=6/5\text{ s}$  طی می‌کند، چقدر است؟

۸۷- وقتی سرعت مجاز بزرگراه نیویورک از  $55\text{ mi/h}$  به  $65\text{ mi/h}$  افزایش یافت، برای راننده‌ای که فاصله  $700\text{ km}$  بین بوفالو و نیویورک را با این سرعت مجاز رانندگی می‌کند چقدر زمان صرفه‌جویی شده است؟

۸۸- اتومبیلی با شتاب ثابت فاصله  $600\text{ m}$  بین دو نقطه را در  $6/00\text{ s}$  می‌پیماید. تندى اتومبیل در هنگام گذشتن از نقطه دوم  $150\text{ m/s}$  است. (الف) تندى در نقطه اول چقدر بوده است؟ (ب) بزرگی شتاب چقدر بوده است؟ (پ) در چه نقطه‌ای قبل از نقطه اول اتومبیل در حالت سکون بوده است؟ (ت) نمودار  $x$  را برحسب  $t$  و  $v$  را برحسب  $t$  از حالت سکون  $t=0$  برای اتومبیل رسم کنید.

۸۹- SSM شعله‌بازی توییهای را به طور قائم تا ارتفاع  $H$  به هوا می‌اندازد. اگر او بخواهد زمان سپری شدن در هوا دو برابر شود، آنها را چقدر باید بالاتر بیاندازد؟

۹۰- ذره‌ای در  $t=0$  از مبدأ شروع و در جهت مثبت محور  $x$  حرکت می‌کند. نمودار سرعت ذره برحسب تابعی از زمان در شکل ۴۳-۲ نشان داده شده است؛ مقیاس محور  $v$  با  $v_s = 4/0\text{ m/s}$  مشخص شده است. مطلوب است (الف) مکان ذره در  $t=5/5\text{ s}$ ، (ب) سرعت ذره در  $t=5/5\text{ s}$ ، (پ) شتاب ذره در  $t=5/5\text{ s}$ ، (ت) سرعت میانگین ذره بین  $t=1/5\text{ s}$  و  $t=5/5\text{ s}$ ، (ث) شتاب میانگین ذره بین  $t=1/5\text{ s}$  و  $t=5/5\text{ s}$ .



شکل ۴۳-۲ مسئله ۹۰



۹۷- تنها کابل نگه دارنده یک بالابر خالی ساختمانی هنگامی که به حالت سکون در بالای ساختمان به بلندی  $120\text{m}$  قرار دارد پاره می‌شود. (الف) بالابر با چه تندی به زمین برخورد می‌کند؟ (ب) زمان سقوط آن چقدر است؟ (پ) تندی آن هنگامی که از نقطه میانی مسیرش، در حین حرکت رو به پایین، می‌گذرد چقدر است؟ (ت) چقدر طول می‌کشد تا از نقطه میانی مسیرش بگذرد؟

۹۸- دو ذره از حال سکون از یک ارتفاع معین به فاصله  $1/08$  شروع به سقوط آزاد می‌کنند. پس از چه مدت زمان پس از این که جسم اول شروع به سقوط می‌کند، فاصله دو جسم به  $10\text{m}$  می‌رسد؟

۹۹- توپی به طور قائم از بالای ساختمانی به بلندی  $36/6\text{m}$  به طرف پایین پرتاب می‌شود. این توپ از بالای پنجره‌ای که  $12/2\text{m}$  بالاتر از زمین قرار دارد،  $2/08\text{s}$  پس از پرتاب می‌گذرد. تندی توپ وقتی از بالای پنجره می‌گذرد چقدر است؟

۱۰۰- چتربازی بیرون می‌برد و  $50\text{m}$  را به طور آزاد سقوط می‌کند. سپس چتر او باز می‌شود و چتر باز با شتاب منفی  $2/0\text{m/s}^2$  حرکت می‌کند. چتر باز با تندی  $3/0\text{m/s}$  به زمین می‌رسد. (الف) چتر باز چه مدت در هوا بوده است؟ (ب) از چه ارتفاعی سقوط شروع شده است؟

۱۰۱- توپی با تندی اولیه  $1/0$  از ارتفاع  $h$  به طور قائم به طرف پایین پرتاب می‌شود. (الف) تندی آن درست در لحظه پیش از برخورد با زمین چقدر است؟ (ب) چقدر طول می‌کشد تا توپ به زمین برسد؟ اگر توپ از همان ارتفاع و با همان تندی اولیه به طرف بالا پرتاب می‌شد، پاسخهای (پ) قسمت (الف) و (ت) قسمت (ب)، چقدر می‌شدند؟ پیش از حل معادله‌ها، بگویید که پاسخهای (پ) و (ت) آیا کمتر از پاسخهای قسمت (الف) و قسمت (ب) می‌شوند، یا بیشتر یا مساوی‌اند؟

۱۰۲- اسکواش ورزشی است که در آن توپ سریعترین حرکت را دارد و تندیهای اندازه‌گیری شده به  $303\text{km/h}$  می‌رسد. اگر یک بازیکن حریف اسکواش با توپی در این تندی روبه‌رو شود و به طور غیر ارادی پلک بزند، او به مدت  $100\text{ms}$  نخواهد دید. توپ در مدت بسته بودن چشمهای بازیکن چقدر حرکت می‌کند؟