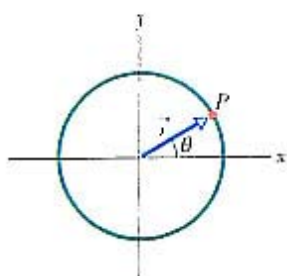


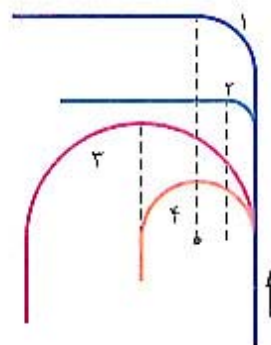
مقدارهایی از  $\theta$ ، بزرگی مؤلفه قائم  $r_\perp$  بردار مکان بیشترین است؟  
(ب) در چه مقدارهایی از  $\theta$ ، بزرگی مؤلفه قائم  $r_\perp$  سرعت ذره بیشترین است؟ (پ) در چه مقدارهایی از  $\theta$ ، بزرگی مؤلفه قائم  $r_\perp$  شتاب ذره بیشترین است؟



شکل ۲۹-۴ پرسش ۱۲

۱۳- (الف) آیا ممکن است ذره‌ای در حین حرکت با تندی ثابت، شتاب داشته باشد؟ آیا ممکن است یک منحنی را با (ب) شتاب صفر و (پ) یک شتاب با بزرگی ثابت دور زد؟

۱۱- شکل ۲۸-۴، چهار مسیر (نیم یا ربع دایره) را نشان می‌دهد که یک قطار می‌تواند با تندی ثابت روی آنها حرکت کند. مسیرها را بنابر بزرگی شتاب وارد به قطار در هر یک از آنها، از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.



شکل ۲۸-۴ پرسش ۱۱

۱۲- در شکل ۲۹-۴، ذره P در حال حرکت دایره‌ای یکپارچه‌ای است که مرکز آن در مبدأ، دستگاه مختصات xy قرار دارد. در چه

## مسئله‌ها

مسئله‌های آموزشی قابل دسترسی (در نسخه مدرس).



SSM پاسخ قابل دسترسی در کتاب حل مسئله‌ها

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

WWW: پاسخ در

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 دسترسی است.



## بخش ۲-۴ مکان و جابه‌جایی

۱۰- بردار مکان یک الکترون  $\vec{r} = (5.0\text{ m})\hat{i} - (3.0\text{ m})\hat{j} + (2.0\text{ m})\hat{k}$  است. (الف) بزرگی  $r$  را پیدا کنید، (ب) این بردار را در دستگاه مختصات راستگرد رسم کنید.

۲۰- مختصات تخم هندوانه‌ای به این قرار است:  $z = 0\text{ m}$ ،  $y = 8.0\text{ m}$  و  $x = -5.0\text{ m}$ . بردار مکان آن را (الف) برحسب نمادگذاری بردارهای یک‌ه و به صورت (ب) بزرگی و (پ) زاویه نسبت به محور  $x$  مثبت به دست آورید. (ت) این بردار را در دستگاه مختصات راستگرد رسم کنید. اگر این تخم هندوانه به مختصات  $(3.0\text{ m}, 0\text{ m}, 0\text{ m})$  برده شود، جابه‌جایی آن (ث) برحسب بردارهای یک‌ه و به صورت (ج) بزرگی و (چ) زاویه نسبت به محور  $x$  مثبت چه می‌شود؟

۳۰- پوزیترونی جابه‌جایی  $\Delta\vec{r} = (2.0\text{ m})\hat{i} - (3.0\text{ m})\hat{j} + (6.0\text{ m})\hat{k}$  را انجام می‌دهد و در بردار مکان نهایی  $\vec{r} = (3.0\text{ m})\hat{j} - (4.0\text{ m})\hat{k}$  متوقف می‌شود. بردار مکان اولیه پوزیترون چه بوده است؟

۴۰۰- اندازه عقربه دقیقه شمار یک ساعت دیواری از نوک عقربه تا محوری که حول آن می‌چرخد،  $10\text{ cm}$  است. می‌خواهیم بزرگی و زاویه بردار جابه‌جایی نوک عقربه را برای سه بازه زمانی تعیین

کنیم. (الف) بزرگی و (ب) زاویه از یک ربع پس از یک ساعت تا نیم ساعت پس از آن چیست؟ (پ) بزرگی و (ت) زاویه در نیم ساعت بعدی چیست؟ (ث) بزرگی و (ج) زاویه در یک ساعت بعدی چیست؟

## بخش ۳-۴ سرعت میانگین و سرعت لحظه‌ای

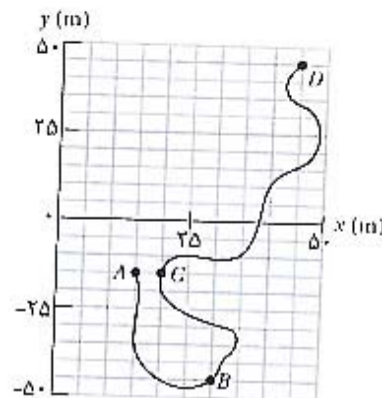
۵۰- SSM قطاری با تندی ثابت  $60\text{ km/h}$  به مدت  $40\text{ min}$  رو به شرق، سپس به مدت  $20\text{ min}$  در جهت  $50^\circ$  شرق شمال، و سرانجام به مدت  $50\text{ min}$  رو به غرب حرکت می‌کند. (الف) بزرگی و (ب) زاویه سرعت میانگین قطار در طی این سفر چقدر است؟

۶۰- مکان الکترونی با  $\vec{r} = 3.00t\hat{i} - 4.00t^2\hat{j} + 2.00t\hat{k}$  که در آن  $t$  برحسب ثانیه و  $\vec{r}$  برحسب متر است، داده شده است. (الف) سرعت الکترون  $\vec{v}(t)$  برحسب بردارهای یک‌ه چیست؟ در  $t = 2.00\text{ s}$ ، (ب)  $\vec{v}$  برحسب بردارهای یک‌ه و به صورت (پ) بزرگی و (ت) زاویه نسبت به محور  $x$  مثبت چیست؟

۷۰- بردار مکان یک یون در آغاز  $\vec{r} = 5.0\hat{i} - 6.0\hat{j} + 2.0\hat{k}$  و  $10$  ثانیه پس از آن  $\vec{r} = -2.0\hat{i} + 8.0\hat{j} - 2.0\hat{k}$ ، همگی برحسب متر، است.  $\vec{v}_{avg}$  در طی زمان  $10\text{ s}$  برحسب بردارهای یک‌ه چیست؟

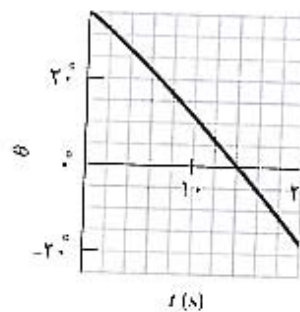
۸۰۰- هواپیمایی از شهر  $A$  به شهر  $B$  در مدت  $۴۵/۰ \text{ min}$  به اندازه  $۴۸۳ \text{ km}$  رو به شرق، و سپس از شهر  $B$  به شهر  $C$  در مدت  $۱/۵۰ \text{ h}$  به اندازه  $۹۶۶ \text{ km}$  رو به جنوب پرواز می‌کند. برای کل سفر، (الف) بزرگی و (ب) زاویه جابه‌جایی هواپیما چقدر است؟ (پ) بزرگی و (ت) جهت سرعت میانگین، و (ث) تندی میانگین هواپیما را به دست آورید.

۹۰۰- شکل ۳۰-۴ مسیر حرکت سنجابی را که روی سطح زمین از نقطه  $A$  (در زمان  $t=۰$ )، به نقطه‌های  $B$  (در زمان  $t=۵/۰۰ \text{ min}$ )،  $C$  (در زمان  $t=۱۵/۰ \text{ min}$ ) و سرانجام  $D$  (در زمان  $t=۱۵/۰ \text{ min}$ ) می‌رود نشان می‌دهد. سرعت‌های میانگین سنجاب از نقطه  $A$  به هر یک از سه نقطه دیگر را در نظر بگیرید. از این سه سرعت میانگین، (الف) بزرگی و (ب) زاویه آنکه کمترین بزرگی را دارد چقدر است؟ (پ) بزرگی و (ت) زاویه آنکه بیشترین بزرگی را دارد چقدر است؟



شکل ۳۰-۴ مسئله ۹

۱۰۰۰- بردار مکان  $\vec{r} = ۵/۰۰t\hat{i} + (et + f/t^2)\hat{j}$ ، مکان ذره‌ای را بر حسب زمان  $t$  مشخص می‌کند. بردار  $\vec{r}$  بر حسب متر،  $t$



شکل ۳۱-۴ مسئله ۱۰

بر حسب ثانیه، و ضریبهای  $e$  و  $f$  ثابت‌اند. شکل ۳۱-۴، زاویه  $\theta$  جهت حرکت ذره را بر حسب تابعی از زمان به دست می‌دهد.  $\theta$  نسبت به سوی مثبت محور  $x$  اندازه‌گیری شده است. (الف) ضریب  $e$  و (ب) ضریب  $f$  را به همراه یکاهایشان به دست آورید.

#### بخش ۴-۴ شتاب میانگین و شتاب لحظه‌ای

۱۱۰- مکان  $\vec{r}$  ذره‌ای که در حال حرکت در صفحه  $xy$  است با رابطه  $\vec{r} = (۲/۰۰t^2 - ۵/۰۰t)\hat{i} + (۶/۰۰ - ۷/۰۰t^2)\hat{j}$  داده می‌شود که  $\vec{r}$  بر حسب متر و  $t$  بر حسب ثانیه است. بر حسب نمادگذاری بردارهای یک‌پارچه (الف)  $\vec{r}$ ، (ب)  $\vec{v}$ ، و (پ)  $\vec{a}$  را به ازای  $t = ۲/۰۰ \text{ s}$  محاسبه کنید. (ت) زاویه بین محور  $x$  مثبت و خط مماس بر مسیر ذره در  $t = ۲/۰۰ \text{ s}$  چیست؟

۱۲۰- در یک لحظه معین، دو چرخه سواری که به فاصله  $۴۰ \text{ m}$  از فواره یک پارک رو به شرق قرار دارد، رو به جنوب با تندی  $۱۰/۰ \text{ m/s}$  شروع به حرکت می‌کنند.  $۳۰/۰ \text{ s}$  بعد که دو چرخه سوار به فاصله  $۴۰/۰ \text{ m}$  رو به شمال پارک است، با تندی  $۱۰/۰ \text{ m/s}$  رو به شرق حرکت می‌کنند. در این بازه  $۳۰/۰ \text{ s}$  (الف) بزرگی و (ب) جهت جابه‌جایی، (پ) بزرگی و (ت) سرعت میانگین، (ث) بزرگی و (ج) جهت شتاب میانگین دو چرخه سوار چیست؟

۱۳۰- SSM ذره‌ای چنان حرکت می‌کند که معادله مکان آن (به متر) بر حسب تابعی از زمان (به ثانیه) چنین است:  $\vec{r} = t^2\hat{i} + 4t^2\hat{j} + t^2\hat{k}$ . عبارتهایی برای (الف) سرعت ذره و (ب) شتاب آن بر حسب تابعی از زمان بنویسید.

۱۴۰- پروتونی در آغاز دارای  $\vec{v} = ۴/۰\hat{i} - ۲/۰\hat{j} + ۳/۰\hat{k}$  و پس از  $۴/۰ \text{ s}$  دارای  $\vec{v} = -۲/۰\hat{i} - ۲/۰\hat{j} + ۵/۰\hat{k}$  (بر حسب متر بر ثانیه) است. برای آن  $a_{avg}$ ، مطلوب است (الف) بزرگی شتاب میانگین  $a_{avg}$  پروتون بر حسب نمادگذاری بردار یک‌پارچه، (ب) بزرگی  $a_{avg}$  و (پ) زاویه بین  $a_{avg}$  و جهت مثبت محور  $x$ .

۱۵۰۰- SSM ILW ذره‌ای مبدأ را با سرعت اولیه  $\vec{v} = (۳/۰۰\hat{i}) \text{ m/s}$  و شتاب ثابت  $\vec{a} = (-۱/۰۰\hat{i} - ۵/۰۰\hat{j}) \text{ m/s}^2$  ترک می‌کند. وقتی که ذره به بیشینه مختصه  $x$  خود می‌رسد، (الف) سرعت و (ب) بردار مکان آن چیست؟

۱۶۰۰- سرعت  $\vec{v}$  ذره‌ای که در صفحه  $xy$  حرکت می‌کند با  $\vec{v} = (۶/۰t - ۴/۰t^2)\hat{i} + ۸/۰\hat{j}$  داده شده است که  $\vec{v}$  بر حسب متر بر ثانیه و  $t$  بر حسب ثانیه است. (الف) شتاب در  $t = ۳/۰ \text{ s}$  چیست؟ (ب) چه موقع (در صورت وجود) شتاب صفر می‌شود؟ (پ) چه موقع (در صورت وجود) سرعت صفر می‌شود؟ (ت) چه موقع (در صورت وجود) تندی برای  $۱۰ \text{ m/s}$  می‌شود؟

۱۷۰۰- ارابه کوچکی روی صفحه  $xy$  با مؤلفه‌های شتاب  $a_x = ۴/۰ \text{ m/s}^2$  و  $a_y = -۲/۰ \text{ m/s}^2$  حرکت داده می‌شود. مؤلفه‌های سرعت اولیه آن  $v_{x0} = ۸/۰ \text{ m/s}$  و  $v_{y0} = ۱۲ \text{ m/s}$  است. سرعت ارابه هنگامی که به بزرگترین مختصه  $y$  خود می‌رسد، چیست؟

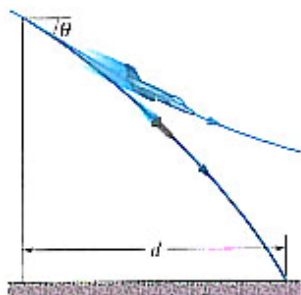
۱۸۰۰- باد ملایمی ریگ کوچکی را بر صفحه افقی  $xy$  با شتاب ثابت  $\vec{a} = (۵/۰۰ \text{ m/s}^2)\hat{i} + (۷/۰۰ \text{ m/s}^2)\hat{j}$  شتاب می‌دهد. در لحظه  $t = ۰$ ، سرعت ریگ  $\vec{v} = (۴/۰۰ \text{ m/s})\hat{i}$  است. (الف) بزرگی و (ب) زاویه سرعت ریگ را هنگامی که به اندازه  $۱۲/۰ \text{ m}$  موازی با محور  $x$  جابه‌جا شده است، به دست آورید.

۱۹۰۰۰- شتاب ذره‌ای واقع بر صفحه  $xy$  افقی با  $\vec{a} = ۳t\hat{i} + ۴t\hat{j}$  داده می‌شود، که در آن  $\vec{a}$  بر حسب متر بر مجذور ثانیه و  $t$  بر حسب ثانیه است. در لحظه  $t = ۰$ ، بردار مکان ذره  $\vec{r} = (۲۰/۰ \text{ m})\hat{i} + (۴۰/۰ \text{ m})\hat{j}$  است. در لحظه  $t = ۴/۰ \text{ s}$ ، بردار مکان ذره بر حسب بردارهای یک‌پارچه و (ب) زاویه بین جهت حرکت ذره با سوی مثبت محور  $x$  چیست؟



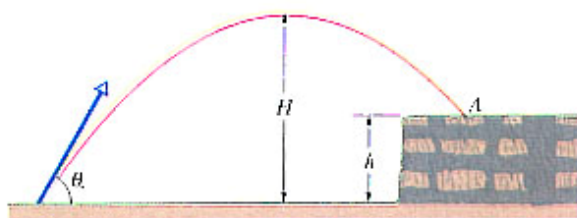
به بزرگی  $20/0 \text{ m/s}$  و با زاویه  $40/0^\circ$  بالای افق پرتاب شده است. مؤلفه‌های (الف) افقی و (ب) قائم جابه‌جایی از محل فلاپ سنگ در زمان  $t = 1/1 \text{ s}$  چیست؟ مؤلفه‌های (پ) افقی و (ت) قائم جابه‌جایی را این بار برای زمان  $t = 1/8 \text{ s}$  به دست آورید. مؤلفه‌های (ث) افقی و (ج) قائم جابه‌جایی سنگ در  $t = 5/0 \text{ s}$  چقدر است؟

**۲۷۰- ILW** هواپیمایی که با تندی  $290/0 \text{ km/h}$  حرکت می‌کند، در حالی که با زاویه  $\theta = 30/0^\circ$  زیر افق شیرجه می‌رود یک تله رادار را رها می‌کند (شکل ۴-۳۷ را ببینید). فاصله افقی بین نقطه رها شدن و نقطه‌ای که تله به زمین می‌خورد  $d = 700 \text{ m}$  است. (الف) تله چه مدت در هوا بوده است؟ (ب) تله در لحظه پرتاب شدن در چه ارتفاعی بوده است؟



شکل ۴-۳۳ مسئله ۲۷

**۲۸۰-** در شکل ۴-۳۴، سنگی به بالای صخره‌ای به بلندی  $h$  با تندی اولیه  $42/0 \text{ m/s}$  و زاویه  $\theta_0 = 60/0^\circ$  بالای افق پرتاب شده است. سنگ  $5/5 \text{ s}$  پس از پرتاب با نقطه  $A$  برخورد می‌کند. مطلوب است (الف) بلندی  $h$  صخره، (ب) تندی سنگ درست پیش از آنکه به  $A$  برخورد کند، و (پ) ارتفاع بیشینه  $H$  که سنگ به بالای زمین می‌رسد.



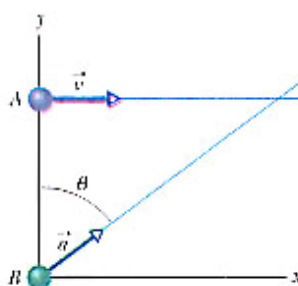
شکل ۴-۳۴ مسئله ۲۸

**۲۹۰۰-** تندی پرتاب یک پرتابه پنج برابر تندی آن در ارتفاع بیشینه است. زاویه پرتاب  $\theta_0$  را پیدا کنید.

**۳۰۰۰-** توپ فوتبالی با تندی اولیه  $19/5 \text{ m/s}$  و با زاویه رو به بالای  $45^\circ$  شوت می‌شود. بازیکنی که در فاصله  $55 \text{ m}$  قرار دارد در همان لحظه برای رسیدن به توپ در راستای پرتاب، شروع به دویدن می‌کند. برای آنکه او به توپ درست پیش از برخورد با زمین برسد، تندی میانگین او باید چقدر باشد؟

**۳۱۰۰-** در بازی والیبال، وقتی بازیکن برای ضربه زدن می‌پرد و سعی می‌کند توپ را به گونه‌ای بزند که در زمین مقابل فرود می‌آید. کنترل کردن زاویه ضربه زدن کار مشکلی است. فرض کنید توپ از ارتفاع  $2/3 \text{ m}$  با تندی اولیه  $20/0 \text{ m/s}$  با زاویه  $18/0^\circ$  زیر افق زده شود. اگر به توپ با زاویه  $8/0^\circ$  زیر افق ضربه زده شود در چه فاصله دورتری در زمین مقابل به زمین خواهد خورد؟

**۲۰۰۰-** در شکل ۴-۳۲، ذره  $A$  در امتداد خط  $y = 30 \text{ m}$  با سرعت ثابت  $\vec{v}$  به بزرگی  $3/0 \text{ m/s}$  و موازی محور  $x$  حرکت می‌کند. در لحظه‌ای که ذره  $A$  از محور  $y$  می‌گذرد، ذره  $B$  از مبدأ با تندی اولیه صفر و شتاب ثابت  $\vec{a}$  به بزرگی  $0/40 \text{ m/s}^2$  شروع به حرکت می‌کند. زاویه  $\theta$  بین  $\vec{a}$  و سوی مثبت محور  $x$  که در نتیجه برخورد این دو ذره به وجود می‌آید چقدر است؟



شکل ۴-۳۲ مسئله ۲۰

## بخش ۴-۶ تحلیل حرکت پرتابی

**۲۱۰-** در بازی دarts نیزه کوچک به طور افقی با تندی اولیه  $10 \text{ m/s}$  به سوی نقطه  $P$  واقع بر صفحه هدف پرتاب شده است. نیزه کوچک  $0/19 \text{ s}$  بعد به نقطه  $Q$  واقع بر پیرامون [دایره‌ای به مرکز هدف] که به طور قائم زیر نقطه  $P$  است برخورد می‌کند. (الف) فاصله  $PQ$  چقدر است؟ (ب) از چه فاصله‌ای از هدف، نیزه رها شده است؟

**۲۲۰-** یک توپ کوچک که به طور افقی می‌غلتد از لبه میزی به بلندی  $1/20 \text{ m}$  فرو می‌افتد. توپ در نقطه‌ای به فاصله افقی  $1/52 \text{ m}$  از لبه میز به کف زمین برخورد می‌کند. (الف) توپ چه مدت در هوا بوده است؟ (ب) تندی توپ در لحظه جدانشدن از میز چقدر بوده است؟

**۲۳۰-** گلوله‌ای از تنگی که  $450 \text{ m}$  بالاتر از سطح صاف زمین قرار دارد با تندی  $250 \text{ m/s}$  به طور افقی شلیک می‌شود. (الف) پرتابه چه مدت در هوا می‌ماند؟ (ب) در چه فاصله افقی از نقطه شلیک به زمین برخورد می‌کند؟ (پ) بزرگی مؤلفه قائم سرعت آن هنگام برخورد با زمین چقدر است؟

**۲۴۰-** در مسابقه‌های جهانی دو میدانی به سال  $1991/1370$  در نوکیو، مایک پاول<sup>۱</sup> با پرش  $8/95 \text{ dm}$  رکورد  $23$  ساله پرش طول متعلق به باب بیمون<sup>۲</sup> را به اندازه  $5 \text{ cm}$  کامل شکست. فرض کنید تندی خیز پاول  $9/5 \text{ m/s}$  (تقریباً برابر با تندی یک قهرمان دو سرعت)، و شتاب گرانشی در نوکیو  $g = 9/80 \text{ m/s}^2$  باشد. برد افقی پاول چقدر کمتر از بیشینه برد افقی ذره‌ای است که با همان تندی پرتاب شده باشد؟

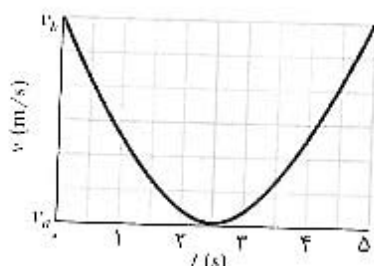
**۲۵۰-** رکورد فعلی پرش با موتور سیکلت  $77/0 \text{ m}$  است. فرض کنید که قهرمان این رشته با زاویه  $12/0^\circ$  نسبت به افق برخیزد و ارتفاع در موقع برخاستن و فرود آمدن یکسان است. تندی برخاستن را حساب کنید.

**۲۶۰-** سنگی از یک فلاپ سنگ در زمان  $t = 0$  با سرعت اولیه‌ای

1. Mike Powell  
2. Bob Beamon

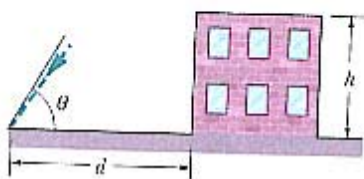
**۳۷۰۰- WWW SSM** شناگری از لبه سکوی شیرجه به ارتفاع  $1.5\text{ m}$  از سطح آب، به طور افقی با تندی  $2.5\text{ m/s}$  شیرجه می‌رود.  $0.8\text{ s}$  پس از شیرجه رفتن (الف) شناگر در چه فاصله افقی از لبه سکو و (ب) در چه فاصله عمودی از سطح آب قرار دارد؟ (پ) در لحظه برخورد شناگر به آب، او در چه فاصله افقی از لبه سکو قرار دارد؟

**۳۸۰۰-** به توپ گلفی روی سطح زمین ضربه‌ای وارد شده است. تندی توپ گلف بر حسب تابعی از زمان در شکل ۴-۴۰ نشان داده شده است، که در آن  $t=0$  لحظه‌ای است که به توپ ضربه زده شده است. (الف) تا پیش از بازگشت توپ به سطح زمین، مسافتی که توپ به طور افقی حرکت می‌کند، چقدر است؟ (ب) بیشینه ارتفاعی که توپ به آن می‌رسد چقدر است؟



شکل ۴-۳۶ مسئله ۳۸

**۳۹۰۰-** در شکل ۴-۳۷ توپی از لبه چپ بام خانه‌ای به بلندی  $h$  رو به سمت چپ پرتاب شده است. توپ  $1/5\text{ s}$  پس از پرتاب، در فاصله  $d=25\text{ m}$  از ساختمان و با زاویه  $\theta=60^\circ$  بالای افق به زمین برخورد می‌کند. (الف)  $h$  را بیابید. (ب) برای حل این مسئله که حرکت را مثل یک نوار ویدئو به عقب برگردانیم، (ب) بزرگی و (پ) زاویه سرعت نسبت به افق در لحظه پرتاب توپ چه بوده است؟ (ت) آیا این زاویه رو به بالای افق است یا پایین؟

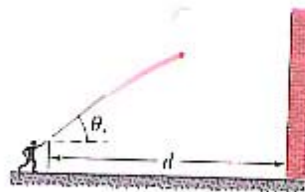


شکل ۴-۳۷ مسئله ۳۹

**۴۰۰۰-** فرض کنید نیراندازی گلوله را با تندی  $v_0=15\text{ m/s}$  و در ارتفاع  $2/16\text{ m}$  شلیک می‌کند. اگر زاویه پرتاب  $\theta_0$ ، (الف)  $45^\circ$  و (ب)  $42^\circ$  باشد، گلوله چه فاصله افقی را طی خواهد کرد؟ پاسخها مشخص می‌کنند که زاویه  $45^\circ$ ، که به ازای آن برد حرکت بیشینه است، وقتی ارتفاع پرتاب و فرود یکسان نباشند، فاصله افقی بیشینه را به دست نمی‌دهد.

**۴۱۰۰-** پشه‌ای روی شاخه کوچکی در بالای آب به طور آویزان قرار دارد و یک ماهی تیرانداز سعی می‌کند با پرتاب

**۳۲۰۰-** توپی با تندی  $25\text{ m/s}$  و زاویه  $\theta_0=40^\circ$  بالای افق پرتاب شده است (شکل ۴-۳۵). فاصله دیوار از نقطه پرتاب  $d=22\text{ m}$  است. (الف) در چه مسافتی بالاتر از نقطه پرتاب، توپ با دیوار برخورد می‌کند؟ مؤلفه‌های (ب) افقی و (پ) قائم سرعت توپ در زمان برخورد با دیوار چیست؟ (ت) آیا هنگامی که توپ با دیوار برخورد می‌کند از بالاترین نقطه مسیرش گذشته است؟



شکل ۴-۳۵ مسئله ۳۲

**۳۳۰۰- SSM** هواپیمایی که با زاویه  $53^\circ$  نسبت به قائم شیرجه می‌رود، پرتابه‌ای را از ارتفاع  $73\text{ m}$  رها می‌کند. پرتابه  $5/5\text{ s}$  پس از رها شدن به زمین برخورد می‌کند. (الف) تندی هواپیمای چقدر است؟ (ب) در مدت پرواز، پرتابه چه مسافتی را به طور افقی پیموده است؟ مؤلفه‌های (ب) افقی و (ت) قائم سرعت پرتابه درست پیش از برخورد با زمین چقدر است؟

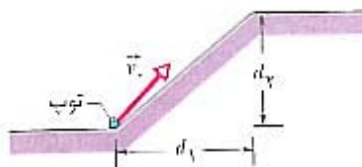
**۳۴۰۰-** منجنیق وسیله‌ای است که در حمله به دیوار یک قلعه تحت محاصره از آن استفاده می‌شود. سنگ بزرگی را می‌توان برای تخریب دیوار به سمت آن پرتاب کرد. این دستگاه در کنار دیوار قرار نمی‌گیرد چون در تیررس افراد بالای دیوار قلعه قرار دارد. از اینرو آن را در جایی قرار می‌دهند که سنگ پس از پرتاب و عبور از اوج به دیوار اصابت کند. فرض کنید سنگ با تندی اولیه  $v_0=28\text{ m/s}$  و با زاویه  $\theta_0=40^\circ$  پرتاب شود. اگر سنگ به دیوار اصابت کند، تندی سنگ (الف) درست در بالای مسیر سهمی شکل و (ب) وقتی در نیمه ارتفاع اوج قرار دارد، چقدر است؟ (پ) برحسب درصد، سنگ در بخش (ب) چقدر تندتر از بخش (الف) حرکت می‌کند؟

**۳۵۰۰- SSM** تنگی گلوله‌ای را با تندی  $46\text{ m/s}$  به سوی هدفی در فاصله  $45/7\text{ m}$  شلیک می‌کند. اگر مرکز هدف هم‌تراز با تنگ باشد، چقدر بالاتر از هدف باید نشانه‌گیری کرد تا گلوله به مرکز آن برخورد کند؟

**۳۶۰۰-** در یک مسابقه تنیس، بازیکنی سرویسی را با تندی  $23/6\text{ m/s}$  می‌زند و مرکز توپ، راکت را که در ارتفاع  $2/37\text{ m}$  بالاتر از سطح زمین بازی قرار دارد، به طور افقی ترک می‌کند. تور به فاصله  $12\text{ m}$  قرار دارد و بلندی آن  $0.9\text{ m}$  است. وقتی که توپ به تور می‌رسد (الف) آیا از آن رد می‌شود؟ و (ب) فاصله بین مرکز توپ تا بالای تور چقدر است؟ حال فرض کنید که باز سرویسی مانند حالت قبل زده شود، ولی این بار مرکز توپ، راکت را با زاویه  $5/5^\circ$  زیر افق ترک کند. وقتی که توپ به تور می‌رسد (پ) آیا از آن رد می‌شود و (ت) اکنون فاصله بین مرکز توپ از بالای تور چقدر است؟



شیب‌راهه‌ای با طول افقی  $d_x = 6/50\text{ m}$  و بلندی  $d_y = 3/60\text{ m}$  قرار دارد. بخش مسطحی در بالای شیب‌راهه قرار گرفته است. (الف) آیا توپ روی شیب‌راهه فرود می‌آید یا بر سطح مسطح؟ وقتی که توپ فرود آید (ب) بزرگی و (ت) زاویه جابه‌جایی از نقطه پرتاب چقدر است؟

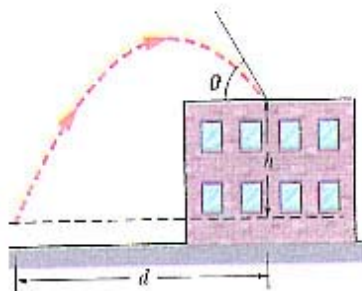


شکل ۴۰-۴ مسئله ۴۵

۴۶۰۰- در بسکتبال، خیز سه قدم بازیکن به سمت سبد با پنداری نادرست اینگونه به نظر می‌رسد که او شتاب گرانش را روی خودش کاهش می‌دهد. این پندار نادرست بستگی به توانایی بازیکن ماهر دارد که چگونه خیلی سریع در حین پرش توپ را بین دستانش جابه‌جا کند، ولی همچنین به فاصله افقی بیشتری که بازیکن در قسمت بالای پرش از قسمت پایین پرش حرکت می‌کند بستگی دارد. اگر بازیکن با تندی اولیه  $v_0 = 7/50\text{ m/s}$  و با زاویه  $\theta_0 = 35/50^\circ$  پرش کند، چند درصد برد پرش را بازیکن در نیمه بالایی پرش طی کرده است (فاصله بین بیشینه ارتفاع و نیمه بیشینه ارتفاع)؟

۴۷۰۰- WWW SSM ضربه زننده توپ در بازی بیسبال، به توپ پرتاب شده‌ای که مرکزش  $1/22\text{ m}$  بالای سطح زمین است ضربه می‌زند. زاویه جداسدن توپ  $45^\circ$  و برد افقی آن (پس از بازگشت به سطح ارتفاع پرتاب)  $107\text{ m}$  است. (الف) آیا توپ از مانعی به بلندی  $7/32\text{ m}$  که به فاصله افقی  $97/5\text{ m}$  از نقطه پرتاب است عبور می‌کند؟ (ب) وقتی که توپ به مانع رسید، فاصله بین بالای مانع و مرکز توپ چقدر است؟

۴۸۰۰- در شکل ۴۱-۴ توپی رو به بالا به سمت بام خانه‌ای پرتاب شده است. توپ  $4/50\text{ s}$  بعد، در ارتفاع  $h = 25/50\text{ m}$  بالای نقطه پرتاب فرود می‌آید. مسیر توپ درست پیش از فرود زاویه  $\theta = 60/50^\circ$  را با بام می‌سازد. (الف) فاصله افقی  $d$  پیموده شده را به دست آورید (به راهنمایی مسئله ۴۱ نگاه کنید). (ب) بزرگی و (ت) زاویه (نسبت به افق) سرعت اولیه توپ چقدر بوده است؟



شکل ۴۱-۴ مسئله ۴۸

یک قطره آب به سمت آن، او را به داخل آب بیندازد (شکل ۳۸-۴). اگرچه ماهی پشه را در خط مستقیم با زاویه  $\phi$  و فاصله  $d$  می‌بیند، اما پرتاب قطره آب باید با زاویه دیگر  $\theta$  انجام شود تا با طی مسیر سهمی شکل به پشه برخورد کند. اگر  $\phi = 36/50^\circ$ ،

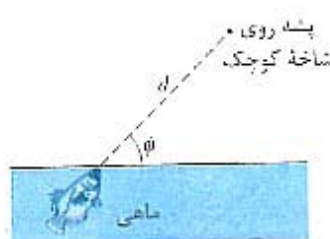
$d = 0/900\text{ m}$  و تندی پرتاب

$3/56\text{ m/s}$  باشد، زاویه  $\theta_0$

باید چقدر باشد تا قطره آب

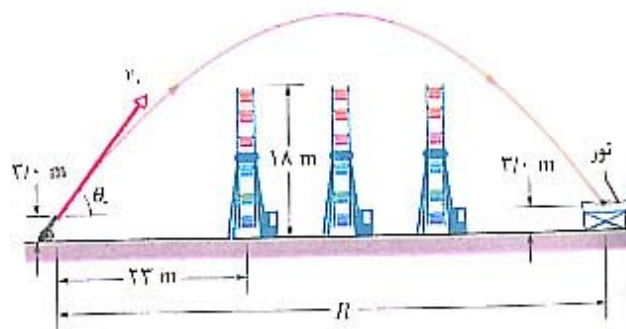
در بالاترین نقطه مسیر سهمی

شکل روی پشه فرود آید؟



شکل ۳۸-۴ مسئله ۴۱

۴۲۰۰- در سال ۱۹۳۹ یا ۱۹۴۰، امانوئل زاخینی خودش را جای گلوله توپ قرار داد؛ پس از شلیک او از روی سه چرخ و فلک عبور کرد و داخل توری که تعبیه شده بود افتاد. (شکل ۳۹-۴). (الف) او را یک ذره فرض کنید و ارتفاع او را از بالای اولین چرخ و فلک به دست آورید. (ب) اگر او در بالای چرخ و فلک مابانی به بیشینه ارتفاع خود برسد، در چه ارتفاعی از بالای چرخ و فلک قرار دارد؟ (پ) مرکز تور در چه فاصله‌ای از توپ قرار داده شده است؟



شکل ۳۹-۴ مسئله ۴۲

۴۳۰۰- ILW تویی از سطح زمین به هوا شوت شده است. در ارتفاع  $9/1\text{ m}$ ، سرعت توپ  $\vec{v} = (7/6\hat{i} + 6/1\hat{j})\text{ m/s}$  است که  $\hat{i}$  افقی و  $\hat{j}$  رو به بالاست. (الف) توپ تا چه ارتفاع بیشینه‌ای بالا می‌رود؟ (ب) کل مسافت افقی پیموده شده توسط توپ چقدر است؟ (پ) بزرگی و (ت) زاویه (زیر افق) سرعت توپ، درست پیش از برخورد با زمین چقدر است؟

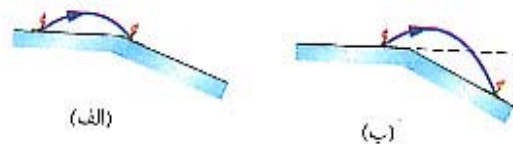
۴۴۰۰- پرتاب کننده توپ بیسبال آن را به طور افقی و با تندی  $161\text{ km/h}$  پرتاب می‌کند. فاصله او با ضربه زننده به توپ  $18/3\text{ m}$  است. (الف) چقدر طول می‌کشد که توپ نیمه اول مسیر را طی کند؟ (ب) نیمه دوم را چطور؟ (پ) در نیمه اول مسیر، توپ چقدر به طور آزاد سقوط می‌کند؟ (ت) در نیمه دوم چطور؟ (ث) چرا پاسخهای (پ) و (ت) با هم برابر نیستند؟

۴۵۰۰- در شکل ۴۰-۴ توپی با سرعتی به بزرگی  $10/50\text{ m/s}$  با زاویه  $50/50^\circ$  نسبت به بالای افق پرتاب شده است. نقطه پرتاب در مبدا

**۴۹۰۰۰ - SSM** در بازی فوتبال آمریکایی، ضربه زننده می‌تواند توپ را با تندی اولیه  $۲۵\text{ m/s}$  شوت کند. (الف) کمترین و (ب) بیشترین زاویه‌های شوت کردن توپ باید چقدر باشد تا او بتواند با عبور توپ از تیر دروازه‌ای که تیرک افقی آن  $۳/۴۴\text{ m}$  بالای زمین و فاصله آن از محل شوت کردن  $۵۰\text{ m}$  است، یک گل به ثمر برساند؟

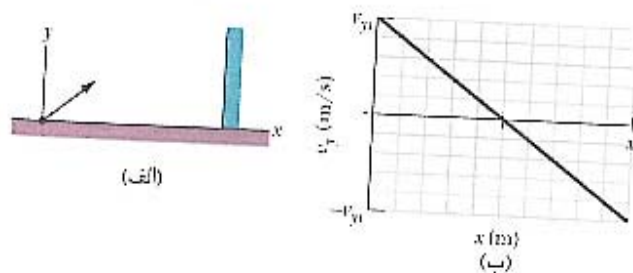
**۵۰۰۰۰ - ۵۰** یک پرتابه دو ثانیه پس از پرتاب از سطح زمین به اندازه  $۴۰\text{ m}$  افقی و  $۵۳\text{ m}$  عمودی از نقطه پرتاب جابه‌جا شده است. مؤلفه‌های (الف) افقی و (ب) قائم سرعت اولیه پرتابه چقدر بوده است؟ (پ) در لحظه‌ای که پرتابه به ارتفاع بیشینه خود از سطح زمین می‌رسد، چه مسافتی را به طور افقی از نقطه پرتاب طی کرده است؟

**۵۱۰۰۰ - ۵۱** یک اسکی‌باز ماهر می‌داند که قبل از رسیدن به یک شیب باید به بالا پرش کند. پرشی را در نظر بگیرید که تندی پرتاب برابر  $v_0 = ۱۰\text{ m/s}$  و زاویه پرتاب برابر  $\theta_0 = ۹/۵^\circ$  و مسیر اولیه تقریباً مسطح و زاویه مسیر شیبدار برابر  $۱۱/۳^\circ$  است. شکل ۴-۲۲ الف یک پیش‌پرشی را نشان می‌دهد که امکان می‌دهد تا اسکی‌باز در قسمت بالایی شیب فرود می‌آید. شکل ۴-۲۲ ب پرش در لبه شیب را نشان می‌دهد. در شکل ۴-۲۲ الف اسکی‌باز تقریباً در همان سطح پرتاب، فرود آمده است. (الف) در فرود، زاویه  $\phi$  بین مسیر اسکی‌باز و شیب چقدر است؟ در شکل ۴-۲۲ ب. (ب) اسکی‌باز در چه فاصله‌ای از سطح پرتاب روی شیب فرود می‌آید و (پ) زاویه  $\phi$  چقدر است؟ (فرود طولانی‌تر و  $\phi$  بزرگتر می‌تواند موجب از دست دادن کنترل در موقع فرود شود).



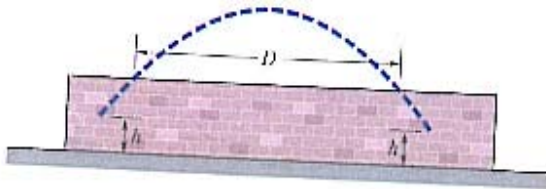
شکل ۴-۲۲ مسئله ۵۱

**۵۲۰۰۰ - ۵۲** توپی از سطح زمین به سمت دیواری در فاصله  $x$  شوت شده است (شکل ۴-۲۳ الف). شکل ۴-۲۳ ب مؤلفه  $v_x$  سرعت توپ را درست در لحظه رسیدن به دیوار برحسب تابعی از فاصله  $x$  نشان می‌دهد. زاویه پرتاب چه بوده است؟



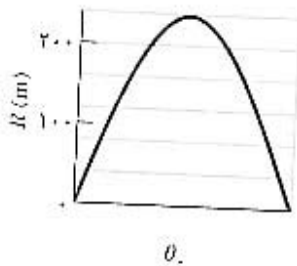
شکل ۴-۲۳ مسئله ۵۲

**۵۳۰۰۰ - ۵۳** در شکل ۴-۲۴، به یک توپ پیمبال در ارتفاع  $h = ۱/۵۰\text{ m}$  ضربه‌ای زده شده و سپس در همان ارتفاع گرفته شده است. توپ از کنار دیواری می‌گذرد و  $۱/۵۰\text{ s}$  پس از پرتاب، رو به بالا و  $۴/۵۰\text{ s}$  بعد، با طی مسافت  $D = ۵۰/۵\text{ m}$ ، رو به پایین از بالای دیوار می‌گذرد. (الف) فاصله افقی پیموده شده توسط توپ از لحظه ضربه زدن تا لحظه گرفتن، چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) زاویه (نسبت به افق) سرعت توپ درست پس از ضربه زدن چقدر است؟ (ت) ارتفاع دیوار چقدر است؟



شکل ۴-۲۴ مسئله ۵۳

**۵۴۰۰۰ - ۵۴** توپی از سطح زمین با سرعت معینی شوت شده است. شکل ۴-۲۵ برد  $R$  توپ را برحسب زاویه پرتاب  $\theta$  نشان می‌دهد. مقدار  $\theta_0$  زمان پرواز را تعیین می‌کند؛  $t_{\text{max}}$  را زمان پرواز بیشینه بگیرید. اگر  $\theta_0$  به گونه‌ای انتخاب شده باشد که زمان پرواز  $t_{\text{max}} = ۵/۵۰\text{ s}$  شود، کمترین تندی که توپ در حین پرواز خواهد داشت، چقدر است؟



شکل ۴-۲۵ مسئله ۵۴

**۵۵۰۰۰ - SSM** توپی به طور افقی از بالای پلکانی می‌غلتد و با تندی  $۱/۵۲\text{ m/s}$  فرو می‌افتد. بلندی هر پله  $۲۵/۳\text{ cm}$  و پهنای آن نیز  $۲۵/۳\text{ cm}$  است. توپ نخست به کدام پله برخورد می‌کند؟

#### بخش ۴-۷ حرکت دایره‌ای یکنواخت

**۵۶۰۰۰ - ۵۶** یک ماهواره زمین‌گرد در یک مدار دایره‌ای که  $۶۴۰\text{ km}$  بالای سطح زمین است با دوره  $۹۸/۵\text{ min}$  حرکت می‌کند. (الف) تندی و (ب) بزرگی شتاب مرکزگرای ماهواره چقدر است؟

**۵۷۰۰۰ - ۵۷** چرخ و فلک حول یک محور عمودی با آهنگ ثابت می‌چرخد. شخصی که بر کناره آن ایستاده است دارای تندی ثابت  $۳/۶۶\text{ m/s}$  و شتاب مرکزگرای  $a$  به بزرگی  $۱/۸۳\text{ m/s}^2$  است. بردار مکان  $\vec{r}$ ، مکان او را نسبت به محور مشخص می‌کند. (الف) بزرگی  $\vec{r}$  چقدر است؟ جهت  $\vec{r}$  در صورتی که  $a$  (ب) رو به شرق و (پ) رو به جنوب باشد، چیست؟



۶۶۰- ذره‌ای روی یک مسیر دایره‌ای واقع بر دستگاه مختصات افقی  $xy$  با تندی ثابت می‌چرخد. در لحظه  $t_1 = 4/005$  ذره در نقطه  $(5/00m, 6/00m)$  است و سرعت  $\vec{v} = (3/00m/s)\hat{j}$  و شتابی در جهت مثبت  $x$  دارد. در لحظه  $t_2 = 10/08$  سرعت آن  $\vec{v} = (-3/00m/s)\hat{i}$  و شتاب آن در سوی مثبت  $y$  است. اگر  $t_1 - t_2$  کمتر از یک دوره حرکت باشد، مختصات (الف)  $x$  و (ب)  $y$  مرکز مسیر دایره‌ای چیست؟

۶۷۰۰۰- **SSM WWW** بچه‌ای سنگی را به وسیله ریسمانی به طول  $1/5m$  در یک دایره افقی که  $2/0m$  بالاتر از سطح زمین است، می‌چرخاند. ریسمان پاره و سنگ به طور افقی رها می‌شود و پس از طی یک مسافت افقی به طول  $10m$ ، با زمین برخورد می‌کند. بزرگی شتاب مرکزگرای سنگ در هنگام حرکت دایره‌ای چقدر بوده است؟

۶۸۰۰۰- **GO** گریه‌ای که سوار بر یک چرخ و فلک است، حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام می‌دهد. در لحظه  $t_1 = 2/00s$ ، سرعت گریه  $\vec{v}_1 = (3/00m/s)\hat{i} + (4/00m/s)\hat{j}$  است که در دستگاه مختصات افقی  $xy$  اندازه‌گیری شده است. در لحظه  $t_2 = 5/00s$ ، سرعت گریه  $\vec{v}_2 = (-3/00m/s)\hat{i} + (4/00m/s)\hat{j}$  است. بزرگی (الف) شتاب مرکزگرای گریه و (ب) شتاب میانگین گریه در بازه زمانی  $t_1 - t_2$  چقدر است؟

#### بخش ۴-۸ حرکت نسبی در یک بعد

۶۹۰- فیلمبرداری که بر یک اتومبیل رو باز سوار است و با تندی  $20km/h$  به سوی غرب حرکت می‌کند از یوزپلنگی که رو به غرب،  $30km/h$  سریعتر از اتومبیل حرکت می‌کند، فیلمبرداری می‌کند. یوزپلنگ ناگهان می‌ایستد، برمی‌گردد و سپس رو به شرق با تندی  $45km/h$ ، اندازه‌گیری شده توسط افراد گروه که نگران در کنار مسیر یوزپلنگ ایستاده‌اند، حرکت می‌کند. تغییر سرعت یوزپلنگ در مدت  $2/0s$  رخ می‌دهد. (الف) بزرگی و (ب) جهت شتاب یوزپلنگ از دید فیلمبردار چیست؟ (ب) بزرگی و (ت) جهت این شتاب از دید افراد گروه که در کنار مسیر ایستاده‌اند چیست؟

۷۰۰- قایقی با تندی  $14km/h$  نسبت به آب یک رودخانه، بر خلاف جریان آب که رو به سوی مثبت محور  $x$  است، حرکت می‌کند. آب با تندی  $9/0km/h$  نسبت به زمین جریان دارد. (الف) بزرگی و (ب) جهت حرکت قایق نسبت به زمین چیست؟ بچه‌ای در قایق از جلو به سمت عقب، با تندی  $6/0km/h$  نسبت به قایق، راه می‌رود. (ب) بزرگی و (ت) جهت سرعت بچه نسبت به زمین چقدر است؟

۷۱۰۰- مظنون تحت نظری با چنان سرعتی می‌دود که می‌تواند از یک سر پیاده رو متحرک تا سر دیگر آن را در  $2/50s$  طی کند. وقتی سر و کله مأموران امنیتی پیدا می‌شود، او با چنان سرعتی بر امتداد پیاده رو می‌دود که می‌تواند پس از طی زمان  $10/0s$  به نقطه شروع حرکتش بازگردد. نسبت تندی دویدن شخص به تندی پیاده‌رو چیست؟

۵۸۰- یک پنگه در حال چرخش در هر دقیقه  $1200$  دور می‌چرخد. نقطه‌ای را روی نوک پره آن به شعاع  $0/15m$  در نظر بگیرید. (الف) در یک دور، این نقطه چه فاصله‌ای را می‌پیماید؟ (ب) تندی این نقطه و (پ) بزرگی شتاب آن چقدر است؟ (ت) دوره حرکت چقدر است؟

۵۹۰- **ILW** شخصی سوار چرخ و فلکی به شعاع  $15m$  است. چرخ و فلک در هر دقیقه حول محور افقی خود پنج دور کامل می‌چرخد. (الف) دوره حرکت چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) جهت شتاب مرکزگرای وارد به شخص در بالاترین نقطه چقدر است؟ (ت) بزرگی و (ث) زاویه شتاب مرکزگرای وارد به شخص در پایینترین نقطه چقدر است؟

۶۰۰- حرکت دورانی یکنواختی را با دوره  $T = 2/0s$  و شعاع دوران  $r = 3/00m$  در نظر بگیرید. در لحظه  $t_1$  شتاب [مرکزگرای] وارد به شخصی که این حرکت را انجام می‌دهد،  $\vec{a} = (6/00m/s^2)\hat{i} + (-4/00m/s^2)\hat{j}$  است. در این لحظه مطلوب است مقدارهای (الف)  $\vec{v} \cdot \vec{a}$  و (ب)  $\vec{r} \times \vec{a}$ .

۶۱۰- وقتی یک ستاره بزرگ به ابرنواختر تبدیل می‌شود، هسته مرکزی آن ممکن است چنان متراکم شود که به صورت یک ستاره نوترونی به شعاع تقریباً  $20km$  (اندازه‌ای تقریباً به بزرگی مساحت سانفرانسیسکو) درآید. اگر یک ستاره نوترونی در هر ثانیه یک بار بچرخد، (الف) تندی ذره‌ای واقع بر استوای آن چقدر است؟ (ب) شتاب مرکزگرای ذره چقدر است؟ (پ) اگر ستاره نوترونی تندتر بچرخد، آیا پاسخهای (الف) و (ب) افزایش می‌یابند یا کاهش یا بدون تغییر باقی می‌مانند؟

۶۲۰- بزرگی شتاب دایره‌ای که با تندی  $10m/s$  دوری را به شعاع  $25m$  می‌دود چقدر است؟

۶۳۰۰- **GO** در لحظه  $t_1 = 2/00s$ ، شتاب ذره‌ای که به طور باد ساعتگرد حرکت دایره‌ای می‌کند عبارت است از  $\vec{a} = (6/00m/s^2)\hat{i} + (4/00m/s^2)\hat{j}$ . تندی ذره ثابت است. در لحظه  $t_2 = 5/00s$ ، شتاب آن  $\vec{a} = (-6/00m/s^2)\hat{i} + (4/00m/s^2)\hat{j}$  است. اگر  $t_1 - t_2$  کمتر از یک دوره حرکت باشد، شعاع مسیری که ذره پیموده چقدر است؟

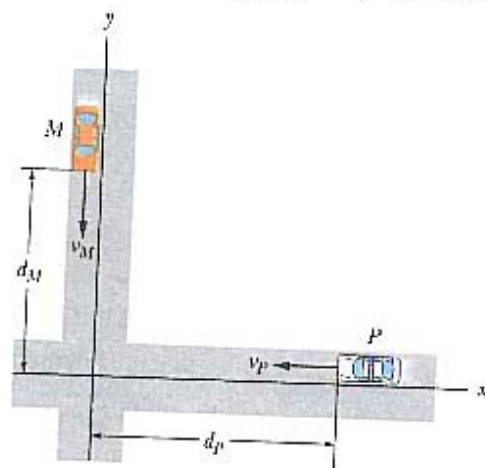
۶۴۰۰- **GO** ذره‌ای روی یک صفحه  $xy$  افقی حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام می‌دهد. در یک لحظه، ذره از نقطه‌ای به مختصات  $(4/00m, 4/00m)$  با سرعت  $5/00m/s$  و شتاب  $12/5j m/s^2$  می‌گذرد. مختصات (الف)  $x$  و (ب)  $y$  مرکز مسیر دایره‌ای چیست؟

۶۵۰- یک کیف دستی در شعاع  $2/00m$  و یک کیف بغلی در شعاع  $3/00m$  در کف چرخ و فلکی که در حرکت دایره‌ای یکنواخت است قرار دارند. آنها در خط شعاعی یکسانی هستند. در یک لحظه، شتاب کیف دستی  $\vec{a} = (4/00m/s^2)\hat{i} + (2/00m/s^2)\hat{j}$  است. در آن لحظه و با نمادگذاری بردار یکه، شتاب کیف بغلی چیست؟

## بخش ۴-۹ حرکت نسبی در دو بعد

۷۲۰- یک بازیکن راگی همراه با توپ به سمت دروازه تیم مقابل در جهت مثبت محور  $x$  می‌دود. او قانوناً می‌تواند تا زمانی به هم گروه خود پاس دهد که سرعت توپ نسبت به زمین بازی هیچ مؤلفه  $x$  مثبتی نداشته باشد. فرض کنید بازیکنی که با تندی  $4\text{ m/s}$  نسبت به زمین در حال دویدن است، توپ را با تندی  $\vec{v}_{BP}$  نسبت به خود پاس دهد. اگر بزرگی  $\vec{v}_{BP}$ ،  $6\text{ m/s}$  باشد کوچکترین زاویه پاس دادن باید چقدر باشد تا آن پاس قانونی باشد؟

۷۳۰۰- دو بزرگراه مطابق شکل ۴-۴۶ تقاطع دارند. در لحظه نشان داده شده، اتومبیل پلیس  $P$  در فاصله  $d_P = 800\text{ m}$  از تقاطع است و با تندی  $v_P = 80\text{ km/h}$  حرکت می‌کند. راننده  $M$  در فاصله  $d_M = 600\text{ m}$  از تقاطع قرار دارد و با تندی  $v_M = 60\text{ km/h}$  حرکت می‌کند. (الف) سرعت راننده را نسبت به اتومبیل پلیس بر حسب بردارهای یک‌ه بنویسید. (ب) برای لحظه نشان داده شده در شکل ۴-۴۶، زاویه بین سرعت به دست آمده در قسمت (الف) و خط دید میان دو اتومبیل چقدر است؟ (پ) اگر اتومبیلها در همان سرعتها بمانند، آیا پاسخهای (الف) و (ب) در هنگامی که اتومبیلها به تقاطع نزدیک می‌شوند، تغییر می‌کند؟



شکل ۴-۴۶ مسئله ۷۳

۷۴۰۰- پس از پروازی به مدت  $15\text{ min}$  در یک هوای بادی که باد در جهت  $20^\circ$  جنوب شرقی با تندی  $42\text{ km/h}$  می‌وزد، خلبان بر فراز شهری است که در فاصله  $55\text{ km}$  شمال نقطه شروع پرواز واقع است. تندی هواپیما نسبت به هوا چیست؟

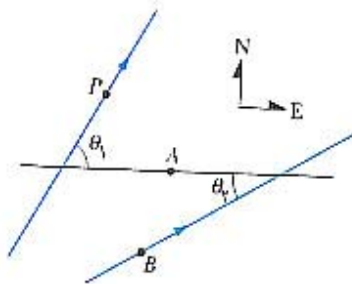
۷۵۰۰- قطاری با تندی  $30\text{ m/s}$  (نسبت به زمین) در بارانی که به دلیل وزش باد، متمایل به جنوب می‌بارد به سوی جنوب حرکت می‌کند. از دید یک ناظر ساکن روی زمین، مسیر هر قطره با امتداد قائم زاویه  $70^\circ$  می‌سازد. با این حال، ناظر سوار بر قطار سقوط قطره‌های باران را کاملاً قائم می‌بیند. تندی قطره‌های باران را نسبت به زمین تعیین کنید.

۷۶۰۰- یک هواپیمای سبک دارای تندی هوایی  $500\text{ km/h}$  است. خلبان هواپیما را برای مقصدی به فاصله  $800\text{ km}$  رو به شمال

تنظیم می‌کند. ولی مشاهده می‌کند که برای پرواز مستقیم به آنجا باید هواپیما را  $20^\circ$  به سمت شرق شمال کج کند. هواپیما در مدت  $2\text{ h}$  به آنجا می‌رسد. (الف) بزرگی و (ب) جهت سرعت باد چگونه بوده است؟

۷۷۰۰- SSM برف با تندی ثابت  $8\text{ m/s}$  به طور قائم می‌بارد. از دید راننده اتومبیلی که بر جاده مستقیمی با تندی  $50\text{ km/h}$  حرکت می‌کند، سقوط دانه‌های برف با چه زاویه‌ای نسبت به قائم به نظر می‌رسند؟

۷۸۰۰- شکل ۴-۴۷، دید از بالای دو ماشین جیب  $P$  و  $B$  را نشان می‌دهد که در امتداد خطهای مستقیمی واقع بر یک زمین تخت مسابقه می‌دهند و از کنار نگهبان مرزی ساکن  $A$  می‌گذرند. از دید این نگهبان، ماشین  $B$  با تندی ثابت  $20\text{ m/s}$  در زاویه  $\theta_P = 30^\circ$  حرکت می‌کند. ماشین  $P$  از حالت سکون با آهنگ ثابت  $400\text{ m/s}^2$  و در زاویه  $\theta_B = 60^\circ$  نسبت به نگهبان، شتاب گرفته است. در یک لحظه معین در حین شتاب، تندی  $P$  برابر با  $40\text{ m/s}$  است. در همین زمان (الف) بزرگی و (ب) جهت سرعت  $P$  نسبت به  $B$  و (پ) بزرگی و (ت) جهت شتاب  $P$  نسبت به  $B$  چیست؟



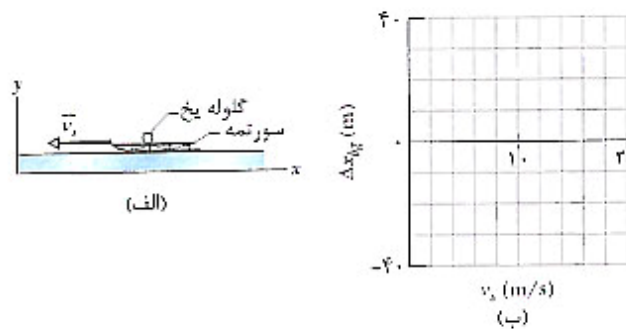
شکل ۴-۴۷ مسئله ۷۸

۷۹۰۰- SSM ILW دو کشتی  $A$  و  $B$  بندر را همزمان ترک می‌کنند. کشتی  $A$  با تندی  $24$  گره رو به شمال غرب و کشتی  $B$  با تندی  $28$  گره در جهت  $40^\circ$  غرب جنوب حرکت می‌کند. (۱) گره  $1$  مایل دریایی بر ساعت؛ به پیوست ت نگاه کنید. (الف) بزرگی و (ب) جهت سرعت کشتی  $A$  نسبت به کشتی  $B$  چیست؟ (پ) پس از طی چه زمانی فاصله دو کشتی از یکدیگر  $160$  مایل دریایی می‌شود؟ (ت) در آن لحظه جهت مکانی  $B$  نسبت به  $A$  چگونه است؟

۸۰۰۰- SSM از رودخانه‌ای به پهنای  $200\text{ m}$  جریانی با تندی  $2\text{ m/s}$  رو به شرق عبور می‌کند. قایقی با تندی  $8\text{ m/s}$  نسبت به آب، ساحل جنوبی را در زاویه  $30^\circ$  غرب شمال ترک می‌کند. (الف) بزرگی و (ب) جهت سرعت قایق نسبت به زمین چیست؟ (پ) چقدر طول می‌کشد تا قایق پهنای رودخانه را طی کند؟

۸۱۰۰۰- کشتی  $A$  به اندازه  $4\text{ km}$  در شمال و  $2\text{ km}$  در شرق کشتی  $B$  واقع است. کشتی  $A$  دارای سرعت  $22\text{ km/h}$  به طرف جنوب و کشتی  $B$  دارای سرعت  $40\text{ km/h}$  در جهت

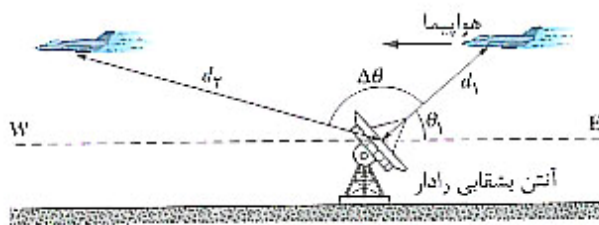




شکل ۴-۴۸ مسئله ۸۴

**۸۵-** شما توسط دانشجویان رشته علوم سیاسی ربوده شده‌اید (آنها از اینکه شما به آنها گفته‌اید که علوم سیاسی یک علم واقعی نیست برآشفته شده‌اند). اگر چه چشمان شما بسته شده است، ولی می‌توانید تندی اتومبیل آنها را (از روی زیر و بم صدای موتور)، زمان حرکت را (از روی شمارش ذهنی ثانیه‌ها)، و جهت حرکت را (از روی دورهای اتومبیل روی دستگاه راست‌گوشه خیابان) تشخیص دهید. با استفاده از این نشانه‌ها، شما می‌دانید که مسیرهای زیر را طی کرده‌اید:  $50 \text{ km/h}$  به مدت  $2/0 \text{ min}$ ، سپس  $90^\circ$  گردش به سمت راست،  $20 \text{ km/h}$  به مدت  $4/0 \text{ min}$ ، سپس  $90^\circ$  گردش به سمت راست،  $20 \text{ km/h}$  به مدت  $6/0 \text{ s}$ ، سپس  $90^\circ$  گردش به سمت چپ،  $50 \text{ km/h}$  به مدت  $6/0 \text{ s}$ ، سپس  $90^\circ$  گردش به سمت راست،  $20 \text{ km/h}$  به مدت  $2/0 \text{ min}$ ، سپس  $90^\circ$  گردش به سمت چپ، و سرانجام  $50 \text{ km/h}$  به مدت  $3/0 \text{ s}$  در نقطه پایانی حرکت. (الف) چقدر از نقطه شروع فاصله گرفته‌اید، و (ب) در چه جهتی نسبت به جهت اولیه حرکتتان قرار دارید؟

**۸۶-** در شکل ۴-۴۹، یک ایستگاه رادار هواپیمایی را که به طور مستقیم از شرق نزدیک می‌شود، ردیابی می‌کند. در مشاهده نخست، هواپیما در فاصله  $d_1 = 360 \text{ m}$  از ایستگاه و در زاویه  $\theta_1 = 40^\circ$  بالای افق قرار دارد. پس از تغییر زاویه  $\Delta\theta = 123^\circ$  از شرق به غرب در صفحه قائم، هواپیما در فاصله  $d_2 = 790 \text{ m}$  از ایستگاه مشاهده می‌شود. (الف) بزرگی و (ب) جهت جابه‌جایی هواپیما در این بازه زمانی چیست؟



شکل ۴-۴۹ مسئله ۸۶

**۸۷- SSM** به یک توپ بیسبال در سطح زمین ضربه زده می‌شود. توپ  $3/0 \text{ s}$  پس از ضربه خوردن به بیشینه ارتفاع خود می‌رسد.  $2/5 \text{ s}$  پس از آنکه توپ به ارتفاع بیشینه‌اش رسید، مماس بر حصار که به فاصله  $97/5 \text{ m}$  از محل ضربه زدن واقع است،

$37^\circ$  شمال شرق است. (الف) سرعت  $A$  نسبت به  $B$  برحسب نمادگذاری بردار بکه و با  $\hat{i}$  به طرف شرق چیست؟ (ب) عبارتی برای مکان  $A$  نسبت به  $B$  برحسب تابعی از  $t$  بنویسید که در آن  $t=0$  زمانی است که کشتیها در مکانهای بالا هستند. (پ) در چه زمانی فاصله بین کشتیها کمترین مقدار است؟ (ت) این کمترین فاصله چقدر است؟

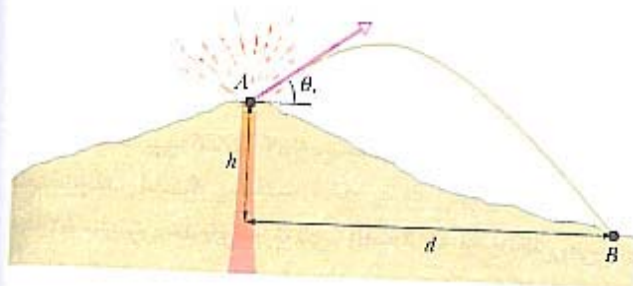
**۸۲۰۰۰-** از رودخانه‌ای به پهنای  $200 \text{ m}$  که از جنگلی می‌گذرد جریان یکنواختی با تندی  $1/8 \text{ m/s}$  رو به شرق می‌گذرد. سیاحی می‌خواهد از نقطه‌ای واقع بر ساحل جنوبی با یک قایق موتوری عرض رودخانه را با تندی ثابت  $4/0 \text{ m/s}$  نسبت به آب طی کند و به نقطه‌ای در ساحل شمالی که به فاصله افقی  $82 \text{ m}$  از نقطه آغازین حرکت قرار دارد برود. (الف) قایق باید در چه جهتی حرکت کند تا بر یک خط مستقیم به نقطه موردنظر برسد؟ (ب) چقدر زمان لازم است تا قایق از عرض رودخانه عبور کند و به نقطه موردنظر برسد؟

### مسئله‌های اضافی

**۸۳-** شخصی که می‌تواند در قایقی واقع در آب ساکن با تندی  $6/4 \text{ km/h}$  پارو بزند با رودخانه مستقیمی به پهنای  $6/4 \text{ km}$  که از آن جریانی با تندی  $3/2 \text{ km/h}$  می‌گذرد مواجه می‌شود.  $\hat{i}$  را در امتداد پهنای رودخانه و  $\hat{j}$  را رو به پایین رود در نظر می‌گیریم. اگر او بخواهد بر یک خط مستقیم به نقطه‌ای درست در نقطه مقابل نقطه شروعش برسد (الف) قایق را باید در چه زاویه‌ای نسبت به  $\hat{i}$  منحرف کند؟ و (ب) این کار چقدر طول می‌کشد؟ (پ) فرض کنید او به جای عبور از پهنای رودخانه،  $3/2 \text{ km}$  رو به پایین رودخانه برود و سپس به نقطه شروعش بازگردد. این کار چقدر طول می‌کشد؟ (ت) اگر او  $3/2 \text{ km}$  رو به بالای رودخانه برود و سپس به نقطه شروعش بازگردد، چقدر طول می‌کشد؟ (ث) اگر او بخواهد در کوتاهترین زمان ممکن از پهنای رودخانه بگذرد، قایق را باید در چه زاویه‌ای نسبت به  $\hat{i}$  منحرف کند؟ (ج) این زمان چقدر است؟

**۸۴-** در شکل ۴-۴۸ الف سورتمه‌ای در جهت منفی  $x$  با تندی ثابت  $v_x$  حرکت می‌کند. در حین حرکت سورتمه، گلوله‌ای یخی با سرعت  $\vec{v} = v_{ox}\hat{i} + v_{oy}\hat{j}$  نسبت به سورتمه پرتاب می‌شود. وقتی که گلوله فروذ می‌آید، جابه‌جایی افقی  $\Delta x_{fg}$  آن نسبت به زمین (از مکان پرتاب تا مکان فروذ آمدنش) اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۴-۴۸ ب  $\Delta x_{fg}$  را بر حسب تابعی از  $v_x$  به دست می‌دهد. فرض کنید گلوله تقریباً در همان بلندی نقطه پرتابش فروذ می‌آید. مقادیرهای (الف)  $v_{ox}$  و (ب)  $v_{oy}$  چقدر است؟ جابه‌جایی گلوله  $\Delta x_{fg}$  نسبت به سورتمه را نیز می‌توان اندازه‌گیری کرد. فرض کنید در هنگام پرتاب گلوله، سرعت سورتمه تغییر نکرده باشد. هنگامی که  $v_x$  (ب)  $5/0 \text{ m/s}$  و (پ)  $15 \text{ m/s}$  باشد،  $\Delta x_{fg}$  چقدر است؟

هوا پاسخ در (الف) را کاهش می‌دهد یا افزایش؟



شکل ۴-۵۱ مسئله ۹۱

۹۲- فضانوردی در یک دستگاه مرکزگرای افقی به شعاع  $500\text{ m}$  دوران داده می‌شود. (الف) اگر بزرگی شتاب مرکزگرای فضانورد  $7g$  باشد، تندی او چقدر است؟ (ب) برای ایجاد این شتاب به چند دور بر دقیقه نیاز است؟ (پ) دوره حرکت چقدر است؟

۹۳- SSM آبادی A به فاصله  $90\text{ km}$  در غرب آبادی B واقع است. شتری آبادی A را ترک می‌کند و در مدت زمان  $50\text{ h}$  مسافت  $75\text{ km}$  را در جهت  $37^\circ$  شمال شرق می‌پیماید. سپس شتر مسافت  $65\text{ km}$  را در مدت زمان  $25\text{ h}$  رو به جنوب طی می‌کند. پس از آن به مدت  $50\text{ h}$  استراحت می‌کند. در نقطه استراحت شتر (الف) بزرگی و (ب) جهت جابه‌جایی شتر نسبت به A چیست؟ از هنگامی که شتر آبادی A را ترک می‌کند تا زمان پایان مدت استراحت، (پ) بزرگی و (ت) جهت سرعت میانگین و (ث) تندی میانگین شتر چقدر است؟ اگر آخرین آب خوردن شتر در آبادی A باشد، برای آب خوردن بعدی، شتر باید در زمانی کمتر از  $120\text{ h}$  به آبادی B برسد. با فرض آنکه شتر درست پس از  $120\text{ h}$  به آبادی B برسد، (ج) بزرگی و (چ) جهت سرعت میانگین شتر پس از زمان استراحت باید چه باشد؟

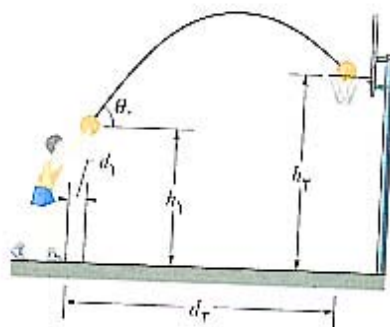
۹۴- نمایش مرگ. سیارک فلزی بزرگی به زمین برخورد می‌کند و با پرتاب تخته سنگها به فضای بالا و اطراف، حفره‌ای را در مواد سنگی زیر سطح زمین ایجاد می‌کند. جدول زیر پنج جفت از تندیها و زاویه‌های (نسبت به افق) پرتاب چنین تخته سنگها را بر اساس یکی از مدل‌های پیشنهادی ارائه می‌کند. (سایر تخته سنگها با زاویه‌ها و تندیهایی در بین این مقادیر پرتاب می‌شوند). فرض کنید هنگامی که سیارک در زمان  $t=0$  و مکان  $x=0$  با زمین برخورد می‌کند شما در  $x=20\text{ km}$  هستید. (شکل ۴-۵۲). (الف) در زمان  $t=20\text{ s}$  مختصات  $x$  و  $y$  تخته سنگهای A تا E که رو به سوی شما پرتاب شده‌اند چیست؟ (ب) این مختصات را نقطه‌یابی کنید و آنگاه یک منحنی از آن نقطه‌ها بگذرانید تا تخته سنگهایی با زاویه‌ها و تندیهای در بین مقادیرهای A تا E را هم شامل شود. این منحنی می‌تواند نشان دهد که شما در هنگام نزدیک شدن تخته سنگها چه می‌بینید و نتیجه بگیرید که دایناسورها در گذشته‌های بسیار دور در خلال برخورد یک سیارک با زمین چه دیده‌اند.

می‌گذرد. با فرض آنکه زمین مسطح باشد (الف) ارتفاع بیشه‌ای که توپ نسبت به زمین یافته چقدر است؟ (ب) بلندی حصار چقدر است؟ (پ) توپ در چه فاصله‌ای پس از حصار به زمین می‌خورد؟

۸۸- پروازهای طولانی در عرض جغرافیایی مبانه در نیمکره شمالی با جریانهای تندبادی به طرف شرق مواجه می‌شوند که می‌تواند بر تندی هواپیما نسبت به زمین تأثیر بگذارد. اگر خلبانی تندی هواپیما نسبت به هوا (تندی هوایی هواپیما) را در یک مقدار معین ثابت نگه دارد، تندی هواپیما نسبت به زمین (تندی زمینی هواپیما) هنگامی که هواپیما در امتداد جریان تند باد حرکت کند. بیشتر از هنگامی است که بر خلاف جریان تند باد پرواز کند. یک پرواز رفت و برگشت را در نظر بگیرید که بین دو شهر به فاصله  $4000\text{ km}$  زمان‌بندی شده است. در مسیر رفت، پرواز در جهت جریان تند باد و در مسیر برگشت برخلاف آن است. رایانه هواپیما برای تندی هوایی  $1000\text{ km/h}$  را نشان می‌دهد که برای آن اختلاف زمان پرواز رفت و برگشت  $70\text{ min}$  است. تندی جریان تندباد چقدر است؟

۸۹- SSM ذره‌ای در  $t=0$  با سرعت  $8\text{ m/s}$  از مبدأ شروع و با شتاب ثابت  $(4\text{ m/s}^2 + 2\text{ m/s}^2 \hat{j})$  در صفحه  $xy$  حرکت می‌کند. در لحظه‌ای که مؤلفه  $x$  ذره  $29\text{ m}$  است، (الف) مختصه  $y$  و (ب) تندی آن چقدر است؟

۹۰- بازیکن بسکتبال در شکل ۴-۵۰ باید توپ را با چه تندی اولیه‌ای با زاویه  $\theta_0 = 55^\circ$  بالای افق پرتاب کند تا توپ از میان سبد بگذرد؟ فاصله‌های افقی  $d_1 = 10\text{ ft}$  و  $d_2 = 4\text{ ft}$  و بلندی‌ها  $h_1 = 7\text{ ft}$  و  $h_2 = 10\text{ ft}$  است.

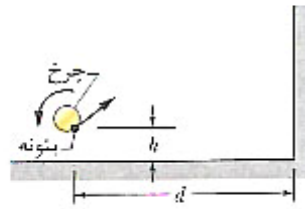


شکل ۴-۵۰ مسئله ۹۰

۹۱- در حین فوران آتشفشانی، تکه‌های بزرگی از سنگهای سخت از دهانه آتشفشان به بیرون پرتاب می‌شوند. این پرتابه‌ها بمب‌های آتشفشانی نامیده می‌شوند. شکل ۴-۵۱ برشی از کوه فوجی در ژاپن را نشان می‌دهد. (الف) با چه تندی اولیه‌ای بمب باید با زاویه  $\theta_0 = 35^\circ$  نسبت به افق از دهانه A پرتاب شود تا در پای آتشفشان، واقع در نقطه B به فاصله عمودی  $h = 3/30\text{ km}$  و فاصله افقی  $d = 9/40\text{ km}$  فرود آید؟ فعلاً از اثر هوا بر حرکت بمب چشم‌پوشی کنید. (ب) زمان پرواز چقدر است؟ (پ) آیا اثر



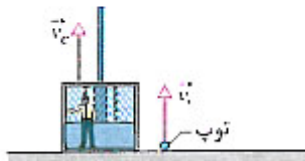
به وضعیت ساعت ۵ می‌رسد، از پیرامون چرخ رها می‌شود. در این لحظه، ارتفاع بتونه از کف  $h = 1/20\text{m}$  و فاصله آن از دیوار  $d = 2/50\text{m}$  است. بتونه در چه ارتفاعی با دیوار برخورد می‌کند؟



شکل ۴-۵۴ مسئله ۹۹

۱۰۰- یک قایق بخی بر سطح یک دریاچه یخ بست با شتاب ثابتی که به وسیله باد ایجاد شده است، حرکت می‌کند. در یک لحظه معین سرعت قایق  $(6/30\hat{i} - 8/42\hat{j})\text{m/s}$  است. سه ثانیه پس از آن، به دلیل تغییر جهت باد، قایق به طور لحظه‌ای ساکن می‌شود. شتاب میانگین برای این بازه زمانی ۳s چقدر است؟

۱۰۱- در شکل ۴-۵۵ تویی از روی سطح زمین با تندی اولیه  $v_0 = 7/00\text{m/s}$  به طور مستقیم رو به بالا شوت شده است. همزمان با آن اتاقک یک بالابر از روی زمین، رو به بالا با تندی ثابت  $v_0 = 3/00\text{m/s}$  شروع به حرکت می‌کند. بیشینه ارتفاعی که توپ نسبت به (الف) زمین و (ب) کف اتاقک می‌رسد چقدر است؟ تندی توپ با چه آهنگی نسبت به (پ) زمین و (ت) کف اتاقک تغییر می‌کند؟



شکل ۴-۵۵ مسئله ۱۰۱

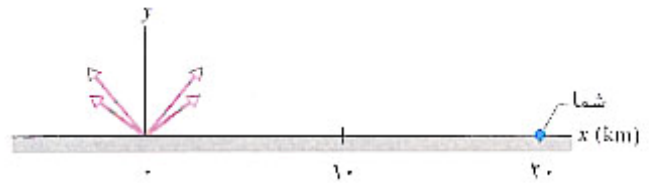
۱۰۲- یک میدان مغناطیسی می‌تواند بر ذره باردار که بر یک مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند نیرو وارد کند. فرض کنید در یک میدان مغناطیسی خاص، بر الکترونی که در یک مسیر دایره‌ای می‌چرخد، یک شتاب شعاعی به بزرگی  $3/00 \times 10^{14}\text{m/s}^2$  وارد شود. (الف) اگر شعاع مسیر دایره‌ای ۱۵m باشد، تندی الکترون چقدر است؟ (ب) دوره حرکت چقدر است؟

۱۰۳- در مدت ۳/۵۰h، یک بالون ۲۱/۵km رو به شمال، ۹/۷۰km رو به شرق، و ۲/۸۸km رو به بالا از نقطه رها شدن روی زمین، حرکت می‌کند. مطلوب است (الف) بزرگی سرعت میانگین بالون و (ب) جهت سرعت میانگین آن نسبت به افق.

۱۰۴- تویی که به طور افقی از ارتفاع ۲۰m پرتاب شده است با تندی برابر با سه برابر تندی اولیه‌اش به زمین برخورد می‌کند. تندی اولیه توپ چقدر بوده است؟

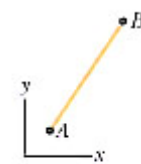
۱۰۵- پرتابه‌ای با تندی اولیه  $3/0\text{m/s}$  با زاویه  $60^\circ$  بالای افق پرتاب شده است. (الف) بزرگی و (ب) جهت سرعت پرتابه ۲/۰s پس از پرتاب چیست؟ (پ) در این لحظه آیا جهت سرعت، رو به بالای افق است یا پایین آن؟ (ت) بزرگی و (ث) جهت سرعت پرتابه ۵/۰s پس از پرتاب چیست؟ (ج) در این لحظه آیا جهت

| پرتاب | تندی (m/s) | زاویه (درجه) |
|-------|------------|--------------|
| A     | ۵۲۰        | ۱۴/۰         |
| B     | ۶۳۰        | ۱۶/۰         |
| C     | ۷۵۰        | ۱۸/۰         |
| D     | ۸۷۰        | ۲۰/۰         |
| E     | ۱۰۰۰       | ۲۲/۰         |



شکل ۴-۵۲ مسئله ۹۴

۹۵- شکل ۴-۵۳ مسیر مستقیم ذره‌ای را که از حالت سکون در بازه زمانی  $\Delta t_1$  شتاب گرفته است روی یک دستگاه مختصات  $xy$  نشان می‌دهد. شتاب ثابت است. مختصات  $xy$  نقطه A،  $(4/00\text{m}, 6/00\text{m})$  و مختصات  $xy$  نقطه B،  $(12/00\text{m}, 18/00\text{m})$  است. (الف) نسبت مؤلفه‌های شتاب  $a_y/a_x$  چیست؟ (ب) اگر این حرکت برای بازه زمانی یکسان  $\Delta t_1$  دیگری ادامه پیدا کند، مختصات نقطه بعدی چیست؟



شکل ۴-۵۳ مسئله ۹۵

۹۶- در بازی والیبال بانوان بلندی بُه بالایی تور ۲/۲۴m بالای سطح زمین و مساحت زمین بازی ۹/۰m در ۹/۰m است. بازیکنی با استفاده از یک سرویس پرشی به تویی که در ارتفاع ۳/۰m بالای سطح زمین است و به فاصله افقی ۸/۰m از تور قرار دارد، ضربه می‌زند. اگر سرعت اولیه توپ افقی باشد (الف) مقدار کمینه تندی توپ چقدر باید باشد تا توپ بتواند از تور عبور کند؟ (ب) مقدار بیشینه تندی توپ چقدر باید باشد تا توپ در خط انتهایی زمین مقابل بخوابد؟

۹۷- SSM تنگی به طور افقی هدفی را به فاصله ۳۰m نشانه‌گیری کرده است. گلوله ۱/۹cm پایین نقطه نشانه‌گیری شده به هدف برخورد می‌کند. (الف) زمان پرواز گلوله و (ب) تندی آن در هنگام خروج از تنگ چقدر است؟

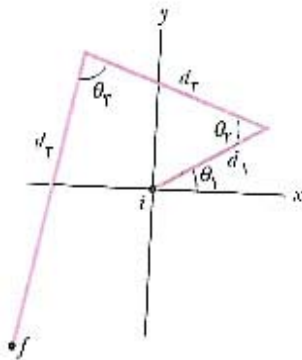
۹۸- ذره‌ای به طور ساعتگرد در حال حرکت دایره‌ای یکنواخت با دوره ۷/۰۰s حول مبدا یک دستگاه مختصات  $xy$  است. در یک لحظه، بردار مکان ذره (نسبت به مبدأ)  $\vec{r} = (2/00\text{m})\hat{i} - (3/00\text{m})\hat{j}$  است. در همان لحظه، سرعت ذره برحسب بردارهای یکه چیست؟

۹۹- در شکل ۴-۵۴ گلوله‌ای از بتونه خیس بر پیرامون چرخ به شعاع ۲۰cm که به طور پادساعتگرد با دوره ۵/۰۰ms می‌گردد، قرار دارد و حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام می‌دهد. اگر صفحه چرخ را به صفحه ساعتی شبیه کنیم، وقتی که بتونه

جسم واقع بر استوا شتاب مرکزگرایی به بزرگی  $9.8 \text{ m/s}^2$  داشته باشد، دوره حرکت چرخش زمین باید چقدر باشد؟

۱۱۲- برد یک پرتابه نه تنها به  $v_0$  و  $\theta_0$ ، بلکه به مقدار  $g$  شتاب سقوط آزاد نیز بستگی دارد، که از جایی به جای دیگر تغییر می‌کند. در سال ۱۹۳۶/۱۳۱۵، جسی آرنس<sup>۲</sup> با پرش  $8.1 \text{ m}$  یک رکورد جهانی برای پرش طول در بازیهای المپیک برلین (که در آنجا  $g = 9.812 \text{ m/s}^2$  است) بر جای گذاشت. اگر او در المپیک ملبورن (که در آنجا  $g = 9.7999 \text{ m/s}^2$  است) به سال ۱۹۵۶/۱۳۳۵ شرکت می‌کرد و با فرض اینکه مقادیرهای  $v_0$  و  $\theta_0$  پرش او یکسان می‌ماند، رکورد او به چه میزانی تغییر می‌کرد؟

۱۱۳- شکل ۵۷-۴ مسیر طی شده توسط یک آدم مست را روی سطح زمین از نقطه آغازین  $i$  تا نقطه نهایی نشان می‌دهد. زاویه‌ها عبارتند از  $\theta_1 = 30^\circ$ ،  $\theta_2 = 50^\circ$  و  $\theta_3 = 80^\circ$  و مسافتها عبارتند از:  $d_1 = 5.0 \text{ m}$ ،  $d_2 = 8.0 \text{ m}$  و  $d_3 = 12.0 \text{ m}$ . (الف) بزرگی و (ب) زاویه جابه‌جایی شخص از  $i$  به  $f$  چقدر است؟



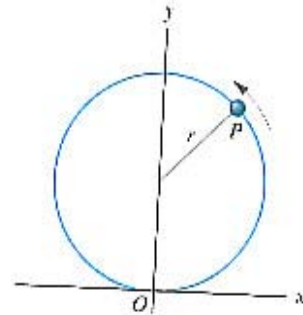
شکل ۵۷-۴ مسئله ۱۱۳

۱۱۴- بردار مکان  $\vec{r}$  یک ذره در حال حرکت در یک صفحه  $xy$  با رابطه  $\vec{r} = 2t\hat{i} + 2\sin[(\pi/4 \text{ rad/s})t]\hat{j}$  داده شده است که در آن  $t$  بر حسب متر و  $t$  بر حسب ثانیه است. (الف) مؤلفه‌های  $x$  و  $y$  مکان ذره را در  $t = 0, 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 \text{ s}$  محاسبه کنید و مسیر ذره را برای بازه  $0 \leq t \leq 4/5 \text{ s}$  در صفحه  $xy$  رسم کنید. (ب) مؤلفه‌های سرعت ذره را در  $t = 1/5, 2/5, 3/5 \text{ s}$  محاسبه کنید و با رسم بردارهای سرعت روی منحنی مسیر ذره در بخش (الف) نشان دهید که سرعت، مماس بر مسیر ذره است و در هر زمان در جهت حرکت ذره قرار دارد. (پ) مؤلفه‌های شتاب ذره را در  $t = 1/5, 2/5, 3/5 \text{ s}$  محاسبه کنید.

۱۱۵- الکترونی با سرعت اولیه افقی به بزرگی  $1.0 \times 10^6 \text{ cm/s}$  در فضای بین دو صفحه فلزی افقی که به طور الکتریکی باردار شده‌اند حرکت می‌کند. در این ناحیه، الکترون مسافت افقی  $2.0 \text{ cm}$  را طی کند و دارای شتاب رو به پایین ثابتی به بزرگی  $1.0 \times 10^6 \text{ cm/s}^2$  است که بر اثر میدان الکتریکی بین صفحه‌ها به آن وارد می‌شود. مطلوب است (الف) زمان لازم برای آنکه الکترون

سرعت، رو به بالای افق است یا پایین آن؟  
۱۰۶- بردار مکان اولیه یک پروتون  $\vec{r} = (5.0\hat{i} - 6.0\hat{j} + 2.0\hat{k}) \text{ m}$  و بردار مکان بعدی آن  $\vec{r} = (-2.0\hat{i} + 6.0\hat{j} + 2.0\hat{k}) \text{ m}$  است. (الف) بردار جابه‌جایی پروتون چیست؟ و (ب) با کدام صفحه موازی است؟

۱۰۷- ذره  $P$  با تندی ثابت روی دایره‌ای به شعاع  $r = 3.0 \text{ m}$  حرکت می‌کند (شکل ۵۶-۴) و در  $20 \text{ s}$  یک دور کامل می‌زند. ذره در لحظه  $t = 0$  از نقطه  $O$  می‌گذرد. بردارهای موردنظر را برحسب نمادگذاری بزرگی - زاویه (نسبت به سوی مثبت  $x$ ) به دست آورید. نسبت به مبدأ  $O$  بردار مکان ذره را در زمانهای (الف)  $t = 5.0 \text{ s}$ ، (ب)  $t = 7.5 \text{ s}$ ، و (پ)  $t = 10.0 \text{ s}$  پیدا کنید. (ت) برای بازه  $5.0 \text{ s}$  از پایان ثانیه پنجم تا پایان ثانیه دهم جابه‌جایی ذره را پیدا کنید. برای این بازه، مطلوب است (ث) سرعت میانگین و سرعت آن در (ج) آغاز و (چ) پایان بازه زمانی. سپس شتاب را در (ح) آغاز و (خ) در پایان بازه زمانی به دست آورید.



شکل ۵۶-۴ مسئله ۱۰۷

۱۰۸- قطار تندرو فرانسوی به نام 'TGV' دارای تندی میانگین زمان‌بندی شده  $216 \text{ km/h}$  است. (الف) اگر این قطار با این تندی، انحنایی را طی کند و شتابی که به وسیله مسافرین احساس می‌شود  $0.50g$  باشد، کمترین شعاع انحنای مجاز برای مسیر قطار چقدر است؟ (ب) قطار باید با چه تندی انحنایی به شعاع  $1.0 \text{ km}$  را طی کند تا شتاب  $0.50g$  باشد؟

۱۰۹- (الف) اگر الکترونی با تندی  $3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$  به طور افقی پرتاب شود، پس از پیمودن فاصله افقی  $1.0 \text{ m}$ ، چقدر سقوط می‌کند؟ (ب) اگر تندی اولیه افزایش یابد، آیا این پاسخ افزایش می‌یابد یا کاهش؟

۱۱۰- شخصی از یک پله برقی ساکن به طول  $15 \text{ m}$  در مدت  $9.0 \text{ s}$  بالا می‌رود. هنگامی که شخص روی همین پله برقی که در حال حرکت است می‌ایستد، در مدت  $6.0 \text{ s}$  بالا برده می‌شود. چقدر طول می‌کشد تا این شخص از پله برقی در حال حرکت بالا برود؟ آیا پاسخ به طول پله برقی بستگی دارد؟

۱۱۱- (الف) بزرگی شتاب مرکزگرایی جسمی که بر استوای زمین واقع است به واسطه چرخش زمین چقدر است؟ (ب) اگر بخواهیم



مسافت  $2/00\text{cm}$  را بییماید، (ب) مسافت قائمی که الکترون در طی این زمان می پیماید، و بزرگی مؤلفه‌های (ب) افقی و (ت) قائم سرعت الکترون هنگامی که از ناحیه بین صفحه‌ها خارج می شود.

**۱۱۶-** یک آسانبر بدون سقف با تندی ثابت  $10\text{m/s}$  رو به بالا حرکت می کند. پسر بچه‌ای در بالای در دست زمانی که کف آسانبر  $28\text{m}$  بالای سطح زمین است توپی را از ارتفاع  $2/0\text{m}$  بالای کف آسانبر به طور مستقیم رو به بالا پرتاب می کند. تندی اولیه توپ نسبت به آسانبر  $20\text{m/s}$  است. (الف) ارتفاع بیشینه‌ای که توپ به آن می رسد چقدر است؟ (ب) چقدر طول می کشد تا توپ به کف بالابر برگردد؟

**۱۱۷-** یک بازیکن فوتبال توپی را قبل از برخورد با زمین طوری می زند که پس از یک «زمان تعلیق» (زمان پرواز) به مدت  $4/5\text{s}$  در فاصله  $46\text{m}$  به زمین برخورد می کند. اگر توپ  $150\text{m}$  بالاتر از زمین شوت شده باشد، (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به افق) سرعت اولیه توپ باید چه باشد؟

**۱۱۸-** پایانه فرودگاهی دارای پیاده روی متحرکی است تا مسافران را هر چه سریعتر از یک راهروی دراز بگذرانند. شخصی که از پیاده روی متحرک استفاده نمی کند در مدت  $150\text{s}$  قدم زنان از راهرو می گذرد، ولی شخصی که بر پیاده روی متحرک می ایستد، همین مسافت را به سادگی در  $70\text{s}$  طی می کند. شخص دیگری که بر پیاده روی سوار می شود و روی آن راه می رود، چقدر طول می کشد تا از راهرو بگذرد؟ فرض کنید دو نفری که راه می روند تندی یکسانی داشته باشند.

**۱۱۹-** یک واگن باری چوبی در امتداد یک خط آهن مستقیم با تندی  $v_1$  حرکت می کند. نیراندازی با یک تفنگ پر قدرت گلوله‌ای را (با تندی اولیه  $v_2$ ) شلیک می کند. گلوله از دو دیواره واگن می گذرد، به گونه‌ای که از دید ناظر داخل واگن سوراخهای ورودی و خروجی دقیقاً در مقابل یکدیگرند. گلوله از چه جهتی، نسبت به مسیر واگن، شلیک شده است؟ فرض کنید گلوله با ورود به واگن منحرف نشده، ولی تندی آن به اندازه  $20\%$  کاهش یافته است.  $v_1 = 85\text{km/h}$  و  $v_2 = 650\text{m/s}$  در نظر بگیرید. (چرا نیازی به دانستن پهنای واگن ندارید؟)