

مسئله‌های آموزشی قابل دسترس (در نسخه مدرس).

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

WWW: پاسخ در

SSM: پاسخ قابل دسترس در کتاب حل مسئله

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

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

### بخش ۳-۶ ویژگیهای اصطکاک

۶-۰ یک بازیکن بیسبال به جرم  $m = 79 \text{ kg}$  که به درون جایگاه دوم<sup>۱</sup> می‌لغزد با نیروی اصطکاک به بزرگی  $470 \text{ N}$  کند می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی  $\mu_k$  بین بازیکن و زمین مسابقه چقدر است؟

۷-۰ WWW SSM شخصی با نیروی  $220 \text{ N}$  صندوقی به جرم  $55 \text{ kg}$  را به طور افقی بر امتداد یک کف هموار هل می‌دهد. ضریب اصطکاک جنبشی  $0.35$  است. (الف) بزرگی نیروی اصطکاک چقدر است؟ (ب) بزرگی شتاب صندوق چقدر است؟

۸-۰ سنگهای لغزان اسرارآمیز در مسیر دور افتاده پلایا<sup>۲</sup> در دره مرگ در کالیفرنیا، بعضی اوقات سنگها از جای خود کنده می‌شوند و در بیابان حرکت می‌کنند، گویی که در حال کوچ کردن هستند (شکل ۶-۱۹). برای سالها این کنجکاوی مطرح بود که چرا سنگها حرکت کرده‌اند. یک توجه آن بود که بادهای شدید همراه بارانهای سیل‌آسا سنگهای ناهموار را روی زمینی که بر اثر ریزش باران نرم شده بود، کشیده‌اند. وقتی صحرا خشک می‌شد، مسیر زیر سنگها سخت می‌شد و بدین ترتیب در محل عبور سنگها ردی بر جای می‌ماند. بنابر اندازه‌گیریهای صورت گرفته، ضریب اصطکاک جنبشی میان سنگها و سطح خیس صحرا حدود  $0.80$  است. چه نیروی افقی باید توسط یک تندباد بر یک سنگ  $20$  کیلوگرمی (یک جرم نوعی) وارد شود تا سنگ به همان ترتیبی که حرکتش را شروع کرده به آن ادامه دهد؟ (این داستان با مسئله ۳۷ ادامه می‌یابد.)



شکل ۶-۱۸ مسئله ۸. چه چیزی سنگ را حرکت داده است؟

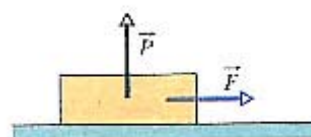
۱-۰ کف یک واگن باری با صندوقهایی که ضریب اصطکاک آنها با کف واگن  $0.25$  است، بار شده است. اگر واگن در ابتدا با تندی  $48 \text{ km/h}$  حرکت کند، کوتاهترین فاصله‌ای که در آن واگن می‌تواند با شتاب ثابتی متوقف شود بدون آنکه باعث لغزیدن صندوقها بر کف واگن شود چقدر است؟

۲-۰ دانشجویان یک خوابگاه که از نتایج امتحانهای پایان ترم به سرشان زده است یک بازی من درآوردی را با یک کتاب ریاضی و یک جاروی دسته بلند بر کف کریدور خوابگاه انجام می‌دهند. اگر کتاب به جرم  $2.5 \text{ kg}$  از حالت سکون توسط نیروی افقی  $25 \text{ N}$  وارد از طرف جارو به اندازه  $0.90 \text{ m}$  هل داده شود و سپس به تندی  $1.60 \text{ m/s}$  برسد، ضریب اصطکاک ایستایی میان کتاب و کف خوابگاه چقدر است؟

۳-۰ WWW SSM یک کمد جالباسی به جرم  $45 \text{ kg}$  که شامل کتوها و لباس است بر کف اتاق خوابی به حالت سکون قرار دارد. (الف) اگر ضریب اصطکاک ایستایی میان کمد و کف اتاق  $0.45$  باشد، بزرگی کمترین نیروی افقی که باید بر کمد وارد شود تا شروع به حرکت کند چقدر است؟ (ب) اگر کتوها و لباس‌ها که جرم آنها روی هم  $17 \text{ kg}$  است از کمد جدا شوند، مقدار کمینه جدید چقدر می‌شود؟

۴-۰ حیوانی روی یک شیب  $35^\circ$  رو به پایین لیز می‌خورد. زمان لیز خوردن حیوان دو برابر زمان لیز خوردنش روی یک شیب بدون اصطکاک  $35^\circ$  است. ضریب اصطکاک جنبشی میان حیوان و سطح شیب‌دار چقدر است؟

۵-۰ قطعه‌ای به جرم  $2.5 \text{ kg}$  در ابتدا روی یک سطح افقی ساکن است. سپس نیروی افقی  $\vec{F}$  به بزرگی  $60 \text{ N}$  و نیروی قائم  $\vec{P}$  بر قطعه وارد می‌شوند (شکل ۶-۲۱). ضریبهای اصطکاک برای قطعه و سطح عبارت‌اند از  $\mu_k = 0.40$  و  $\mu_s = 0.25$ . بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر قطعه را در صورتی که بزرگی  $\vec{P}$  برابر با (الف)  $80 \text{ N}$ ، (ب)  $10 \text{ N}$ ، و (پ)  $12 \text{ N}$  باشد، تعیین کنید.

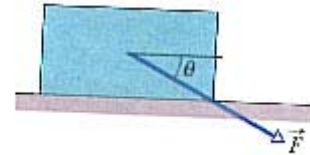


شکل ۶-۲۱ مسئله ۵

۱. base. هر یک از چهار جایگاهی است که یک بازیکن بیسبال باید به نوبت به آنها برسد. م.

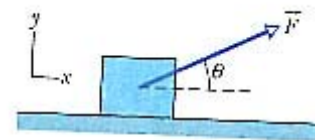


۹-۱۰۰ قطعه‌ای به جرم  $3/5 \text{ kg}$  بر امتداد یک کف افقی با نیروی  $\vec{F}$  به بزرگی  $15 \text{ N}$  که با افق زاویه  $\theta = 40^\circ$  می‌سازد هل داده می‌شود (شکل ۶-۱۹). ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه و کف  $0/25$  است. (الف) بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر قطعه از طرف کف و (ب) شتاب قطعه را محاسبه کنید.



شکل ۶-۱۹ مسئله ۹ و ۳۲

۱۰۰-۱۰۰ شکل ۶-۲۰ قطعه‌ای به جرم  $m$  را نشان می‌دهد که در آغاز روی کف اتاق ساکن است. سپس نیرویی به بزرگی  $0/500 \text{ mg}$  با زاویه  $\theta = 20^\circ$  به سمت بالا بر آن وارد می‌شود. بزرگی شتاب قطعه روی کف اگر (الف)  $\mu_s = 0/600$  و  $\mu_k = 0/500$  و (ب)  $\mu_s = 0/400$  و  $\mu_k = 0/300$  باشد، چقدر است؟



شکل ۶-۲۰ مسئله ۱۰

۱۱۰-SSM صندوقی به جرم  $68 \text{ kg}$  با طنابی که با افق زاویه رو به بالای  $15^\circ$  می‌سازد روی کف اتاق کشیده می‌شود. (الف) اگر ضریب اصطکاک ایستایی  $0/50$  باشد، برای شروع حرکت صندوق کمترین مقدار نیروی لازم از طرف طناب باید چقدر باشد؟ (ب) اگر  $\mu_k = 0/35$  باشد، بزرگی شتاب اولیه صندوق چقدر است؟

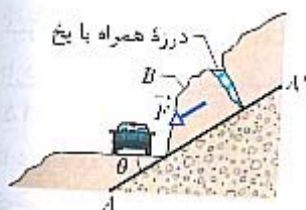


شکل ۶-۲۱ مسئله ۱۲

I. Henry Sinecky

۱۳۰- کارگری با نیرویی به بزرگی  $110 \text{ N}$  صندوقی به جرم  $35 \text{ kg}$  را به طور افقی هل می‌دهد. ضریب اصطکاک ایستایی میان صندوق و کف  $0/37$  است. (الف) در این شرایط مقدار  $f_{s, \text{max}}$  چقدر است؟ (ب) آیا صندوق حرکت می‌کند؟ (پ) نیروی اصطکاک وارد بر صندوق از طرف کف چقدر است؟ (ت) حال فرض کنید که کارگر دیگری برای کمک به او صندوق را به طور مستقیم رو به بالا بکشد. کمترین نیروی قائم باید چقدر باشد تا کارگر اول بتواند با نیروی  $110 \text{ N}$  صندوق را حرکت دهد؟ (ث) اگر، به جای این کار، کارگر دوم برای کمک به او صندوق را به طور افقی بکشد، کمترین مقدار نیروی کشیدن او باید چقدر باشد تا کارگر اول بتواند آن را حرکت دهد؟

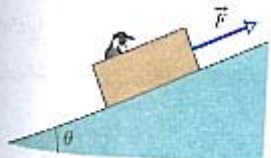
۱۴۰- شکل ۶-۲۲ مقطعی از یک جاده را نشان می‌دهد که از کنار کوهی می‌گذرد. خط توپر  $AA'$  صفحه تخت سنی را نشان می‌دهد که در امتداد آن لغزش امکان‌پذیر است. صخره  $B$  که مستقیماً بالای جاده است از صخره بالایی خود با شکاف بزرگی (موسوم به درزه) جدا شده است، به گونه‌ای که فقط نیروی اصطکاک میان صخره و صفحه تخت از لغزیدن آن جلوگیری می‌کند. جرم صخره  $1/8 \times 10^7 \text{ kg}$ ، زاویه سرازیری  $\theta$  صفحه تخت  $24^\circ$  و ضریب اصطکاک ایستایی بین صخره و صفحه تخت  $0/63$  است. (الف) نشان دهید که صخره نخواهد لغزید. (ب) آبی که به داخل درزه نفوذ می‌کند به هنگام یخ زدن منبسط می‌شود و بدین ترتیب بر صخره نیروی  $\vec{F}$  را که موازی با  $AA'$  است وارد می‌کند. کمترین مقدار  $F$  باید چقدر باشد تا صخره شروع به لغزیدن کند؟



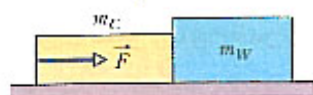
شکل ۶-۲۲ مسئله ۱۴

۱۵۰- ضریب اصطکاک ایستایی میان تفلون و نخ‌مرغ نیمرو شده، در حدود  $0/04$  است. کوچکترین زاویه نسبت به افق باید چقدر باشد تا باعث لغزیدن نیمرو به سمت پایین تابه تفلون شود؟

۱۶۰۰- سورتمه‌ای که در آن پنگونی قرار دارد به حالت سکون روی سطح شیب‌داری که با افق زاویه  $\theta = 20^\circ$  می‌سازد قرار دارد (شکل ۶-۲۳). وزن سورتمه به همراه پنگوئن  $80 \text{ N}$  است. ضریب اصطکاک ایستایی میان سورتمه و سطح  $0/25$  و ضریب اصطکاک جنبشی میان آنها  $0/15$  است. (الف) کمترین مقدار نیروی  $\vec{F}$  که موازی سطح است باید چقدر باشد تا از لغزش رو به پایین سورتمه جلوگیری کند؟ (ب) کمترین اندازه  $F$  باید چقدر باشد تا سورتمه رو به بالا شروع به حرکت کند؟ (پ) برای آنکه سورتمه با سرعت ثابت رو به بالا حرکت کند، مقدار  $F$  باید چقدر باشد؟



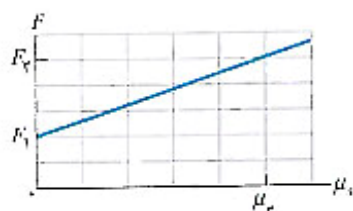
شکل ۶-۲۳ مسئله‌های ۱۶ و ۲۲



شکل ۲۷-۶ مسئله ۲۰

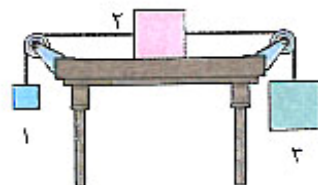
۲۱۰۰- یک جعبه پر از شن که در آغاز در حال سکون است به وسیله طنابی که کشش آن نباید از  $1100\text{ N}$  بیشتر شود در کف اتاقی کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک ایستایی میان جعبه و کف اتاق  $0.35$  است. (الف) برای کشیدن بیشترین مقدار ممکن شن، زاویه میان طناب و افق باید چقدر باشد؟ (ب) وزن شن و جعبه در این حالت چقدر است؟

۲۲۰۰- در شکل ۲۸-۶ سورتمه‌ای به وسیله ریمانی روی سطح شیب‌داری مستقیماً به سمت بالا کشیده می‌شود. سورتمه در آستانه حرکت قرار دارد. بزرگی  $F$  نیروی مورد نیاز ریمان روی سورتمه بر حسب محدوده‌ای از مقادیرهای ضریب اصطکاک ایستایی  $\mu_s$ ، بین سورتمه و سطح:



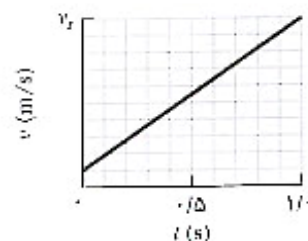
شکل ۲۸-۶ مسئله ۲۲

۲۳۰۰- وقتی سه قطعه شکل ۲۹-۶ از حالت سکون رها شوند، آنها به شتابی به بزرگی  $0.500\text{ m/s}^2$  می‌رسند. جرم قطعه ۱ برابر با  $M$ ، جرم قطعه ۲ برابر با  $2M$  و جرم قطعه ۳ برابر با  $3M$  است. ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه ۲ و میز چقدر است؟



شکل ۲۹-۶ مسئله ۲۳

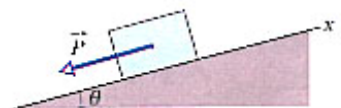
۲۴۰۰- قطعه‌ای به جرم  $4/10\text{ kg}$  توسط یک نیروی افقی ثابت به بزرگی  $40/10\text{ N}$  بر امتداد کف اتاقی هل داده می‌شود. شکل ۳۰-۶ تندی  $v$  قطعه را بر حسب زمان  $t$  حرکت قطعه بر امتداد یک محور  $x$  واقع بر کف اتاق نشان می‌دهد. ضریب اصطکاک جنبشی بین قطعه و کف اتاق چقدر است؟



شکل ۳۰-۶ مسئله ۲۴

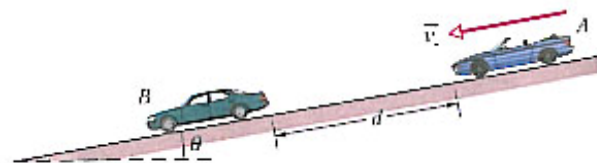
۲۵۰۰- WWW SSM وزن قطعه  $B$  در شکل ۳۱-۶ برابر با  $711\text{ N}$  است. ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه و میز  $0.25$  و زاویه  $\theta$  برابر  $30^\circ$  است. فرض کنید ریمان بین  $B$  و گره،

۱۷۰۰- در شکل ۲۴-۶، نیروی  $\vec{P}$  به قطعه‌ای به وزن  $45\text{ N}$  وارد می‌شود. قطعه در ابتدا به حالت سکون روی سطح شیب‌داری است که با افق زاویه  $\theta = 15^\circ$  می‌سازد. ضریبهای اصطکاک بین قطعه و سطح عبارت‌اند از  $\mu_s = 0.50$  و  $\mu_k = 0.34$ . نیروی اصطکاک وارد بر قطعه از طرف سطح شیب‌دار را بر حسب بردارهای یکه تعیین کنید در صورتی



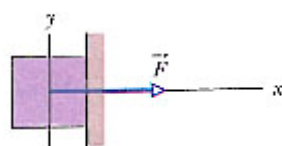
شکل ۲۴-۶ مسئله ۱۷

۱۸۰۰- شما به عنوان یک شاهد خبره در مورد یک تصادف اظهارنظر می‌کنید. این تصادف، روی جاده‌ای که از بالای یک تپه رو به پایین امتداد یافته پیش آمده و در آن اتومبیل  $A$  به اتومبیل جلویی  $B$  که پشت چراغ قرمز متوقف بوده، برخورد کرده است (شکل ۲۵-۶). شما درمی‌یابید که شیب تپه  $\theta = 12.5^\circ$  است و فاصله اتومبیلها در لحظه‌ای که راننده اتومبیل  $A$  ترمز کرده است و تندی اتومبیل  $A$  در آن لحظه  $v_A = 18/10\text{ m/s}$  بوده است. اتومبیل  $A$  با چه تندی به اتومبیل  $B$  برخورد کرده است در صورتی که ضریب اصطکاک جنبشی (الف)  $0.60$  (سطح جاده خشک) و (ب)  $0.1$  (سطح جاده خیس) بوده باشد؟



شکل ۲۵-۶ مسئله ۱۸

۱۹۰۰- نیروی افقی  $\vec{F}$  به بزرگی  $12\text{ N}$ ، قطعه‌ای به وزن  $5/10\text{ N}$  را بر دیوار قائمی می‌فشارد (شکل ۲۶-۶). ضریب اصطکاک ایستایی میان دیوار و قطعه  $0.60$ ، و ضریب اصطکاک جنبشی میان آنها  $0.40$  است. فرض کنید که قطعه در آغاز حرکتی ندارد. (الف) آیا قطعه حرکت خواهد کرد؟ (ب) نیروی وارد بر قطعه از طرف دیوار بر حسب بردارهای یکه چیست؟

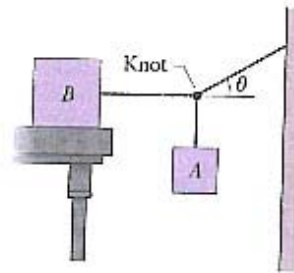


شکل ۲۶-۶ مسئله ۱۹

۲۰۰۰- در شکل ۲۷-۶، دو جعبه یکی به جرم  $m_C = 1/10\text{ kg}$  و دیگری به جرم  $m_W = 3/10\text{ kg}$  با نیروی افقی  $\vec{F}$  که بر جعبه ۱ کیلوگرمی وارد شده است، روی یک سطح افقی شتاب پیدا کرده‌اند. بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جعبه ۱ کیلوگرمی برابر با  $2/10\text{ N}$  و بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جعبه ۳ کیلوگرمی برابر با  $4/10\text{ N}$  است. اگر بزرگی  $\vec{F}$  برابر با  $12\text{ N}$  باشد، بزرگی نیروی وارد بر جعبه ۳ کیلوگرمی از سوی جعبه ۱ کیلوگرمی چقدر است؟

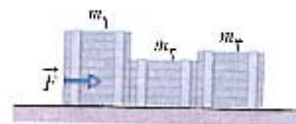


افقی است. بیشترین وزن قطعه  $A$  باید چقدر باشد تا دستگاه ساکن بماند؟



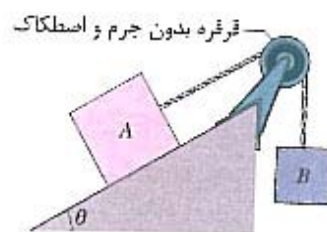
شکل ۳۱-۶ مسئله ۲۵

۲۶۰۰- ۳۱-۶ شکل ۳۱-۶ به صندوق را نشان می‌دهد که روی کف افقی همواری با نیروی افقی  $F$  به بزرگی  $440\text{ N}$  هل داده شده‌اند. جرم صندوقها عبارت‌اند از:  $m_1 = 30\text{ kg}$ ،  $m_2 = 10\text{ kg}$  و  $m_3 = 20\text{ kg}$ . ضریب اصطکاک جنبشی میان کف و هر یک از صندوقها  $0.75$  است. (الف) بزرگی  $F_{T1}$  نیروی وارد بر صندوق ۳ از طرف صندوق ۲ چقدر است؟ (ب) اگر صندوقها روی یک کف صیقل خورده که ضریب اصطکاک جنبشی آن کمتر از  $0.75$  است لغزانده شوند، آیا بزرگی  $F_{T1}$  بیشتر از، کمتر از، یا برابر با هنگامی می‌شود که ضریب اصطکاک  $0.75$  بود؟



شکل ۳۲-۶ مسئله ۲۶

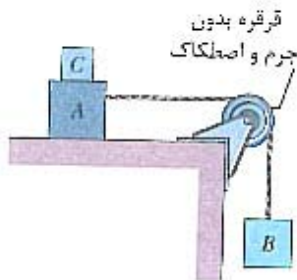
۲۷۰۰- وزن قطعه  $A$  در شکل ۳۳-۶ برابر با  $102\text{ N}$  و وزن قطعه  $B$  برابر با  $32\text{ N}$  است. ضریبهای اصطکاک میان  $A$  و سطح شیبدار عبارت‌اند از  $\mu_s = 0.56$  و  $\mu_k = 0.25$ . زاویه شیب  $\theta$  برابر با  $40^\circ$  است. جهت مثبت محور  $x$  را رو به بالای سطح شیبدار اختیار می‌کنیم. شتاب قطعه  $A$  بر حسب بردارهای یک‌جهت می‌شود، اگر  $A$  در ابتدا (الف) در حال سکون باشد، (ب) رو به بالای سطح شیبدار حرکت کند، و (پ) رو به پایین سطح شیبدار حرکت کند؟



شکل ۳۳-۶ مسئله ۲۷ و ۲۸

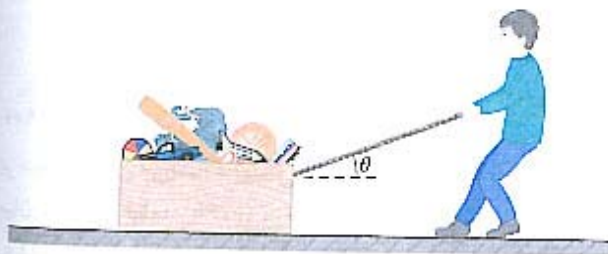
۲۸۰۰- در شکل ۳۳-۶، دو قطعه از روی قرقه‌ای به هم متصل شده‌اند. جرم قطعه  $A$  برابر با  $10\text{ kg}$  و ضریب اصطکاک جنبشی میان  $A$  و سطح شیبدار  $0.25$  است. زاویه  $\theta$  سطح شیبدار  $30^\circ$  است. قطعه  $A$  با تندی ثابت رو به پایین می‌لغزد. جرم قطعه  $B$  چقدر است؟

۲۹۰۰- در شکل ۳۴-۶، وزن قطعه‌های  $A$  و  $B$  به ترتیب  $44\text{ N}$  و  $22\text{ N}$  است. (الف) اگر  $\mu_s$  میان  $A$  و میز برابر با  $0.25$  باشد، کمینه وزن قطعه  $C$  باید چقدر باشد تا قطعه  $A$  را از لغزش بازدارد؟ (ب) قطعه  $C$  ناگهان از روی  $A$  برداشته می‌شود. اگر  $\mu_k$  میان  $A$  و میز  $0.15$  باشد، شتاب قطعه  $A$  چقدر است؟



شکل ۳۴-۶ مسئله ۲۹

۳۰۰۰- وزن جعبه‌ای به همراه اسباب بازیهای داخل آن روی هم  $180\text{ N}$  است. ضریب اصطکاک ایستایی میان جعبه و کف اتاق  $0.42$  است. در شکل ۳۵-۶، بچه‌ای سعی می‌کند این جعبه را با کشیدن ریسمان متصل به آن روی کف اتاق حرکت دهد. (الف) اگر  $\theta$  برابر با  $42^\circ$  باشد، بزرگی نیروی  $F$  که بچه باید بر ریسمان وارد کند تا جعبه در آستانه حرکت قرار گیرد چقدر است؟ (ب) بر حسب تابعی از  $\theta$ ، رابطه‌ای برای بزرگی  $F$  مورد نیاز جهت قراردادن جعبه در آستانه حرکت بنویسید. (پ) مقدار  $\theta$  که در آن  $F$  کمینه است و (ت) آن مقدار کمینه را تعیین کنید.



شکل ۳۵-۶ مسئله ۳۰

۳۱۰۰- SSM دو قطعه به وزنهای  $3.6\text{ N}$  و  $7.2\text{ N}$  توسط ریسمان بدون جرمی به هم متصل شده‌اند و روی یک سطح شیبدار  $30^\circ$  رو به پایین می‌لغزند. ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه سبکتر و سطح برابر با  $0.15$  و میان قطعه سنگینتر و سطح برابر با  $0.25$  است. با فرض اینکه قطعه سبکتر در جلو باشد، مطلوب است (الف) بزرگی شتاب قطعه‌ها و (ب) کشش ریسمان.

۳۲۰۰- قطعه‌ای را روی کف اتاق به وسیله نیرویی که با زاویه  $\theta$  به سمت پایین وارد می‌شود، (شکل ۳۶-۱۹) هل می‌دهیم. بزرگی شتاب  $a$  بر حسب محدوده‌ای از مقدارهای ضریب اصطکاک جنبشی  $\mu_k$  بین قطعه و کف:  $a_1 = 3.0\text{ m/s}^2$ ،  $\mu_{k1} = 0.25$  و  $\mu_{k2} = 0.40$ ، در شکل ۳۶-۳۲ داده شده است. مقدار  $\theta$  چقدر است؟

دست می‌دهد که مساحت سطح مقطع عمودی آن در برابر باد برابر با  $0.040 \text{ m}^2$  و ضریب کششی  $C$  آن  $0.80$  است. چگالی هوا را  $1.21 \text{ kg/m}^3$  و ضریب اصطکاک جنبشی را  $0.80$  بگیرید. (الف) تندی باد  $V$  در امتداد سطح زمین بر حسب کیلومتر بر ساعت باید چقدر باشد تا سنگ به همان ترتیبی که حرکتش را شروع کرده به آن ادامه دهد؟ چون باد در امتداد سطح زمین توسط زمین کند می‌شود، اغلب تندی باد گزارش شده برای یک توفان سخت در ارتفاع  $10 \text{ m}$  اندازه‌گیری می‌شود. فرض کنید تندی باد در ارتفاع  $10 \text{ m}$  دو برابر تندی آن در امتداد سطح زمین باشد. (ب) برای پاسخ خود به قسمت (الف) تندی گزارش شده برای توفان چقدر بوده است؟ (پ) آیا این مقدار برای بادهای پرسرعت در یک توفان سخت معقول است؟ (این داستان با مسئله ۶۵ ادامه می‌یابد.)

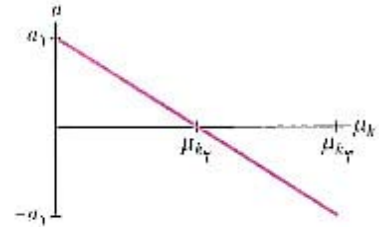
**۳۸۰۰-** فرض کنید معادله  $6-14$  نیروی کششی وارد بر یک خلبان به اضافه صندلی پرتاب او را پس از پرت شدن به بیرون از هواپیمایی که به طور افقی با تندی  $1200 \text{ km/h}$  پرواز می‌کند، به دست دهد. همچنین فرض کنید که جرم صندلی با جرم خلبان برابر است و ضریب کششی آنها برابر یا ضریب کششی یک شیرجه رونده هوایی است. با اختیار یک عدد معقول برای جرم خلبان و استفاده از مقدار  $v_r$  مناسب از جدول ۶-۱، بزرگیهای زیر را تخمین بزنید: (الف) نیروی کششی وارد بر خلبان + صندلی و (ب) شتاب افقی آنها (بر حسب  $g$ )، هر دو درست پس از پرت شدن. (نتیجه (الف) بر این الزام مهندسی اشاره دارد که: صندلی خلبان باید دارای یک مانع محافظ باشد تا ورزش باد اولیه را از سر خلبان منحرف کند.)

**۳۹۰۰-** نسبت نیروی کششی وارد بر یک هواپیمای جت که در ارتفاع  $10 \text{ km}$  با تندی  $1000 \text{ km/h}$  حرکت می‌کند بر نیروی کششی وارد بر یک هواپیمای باری ملخ دار که در نصف آن ارتفاع و با نصف آن تندی حرکت می‌کند چقدر است؟ چگالی هوا در ارتفاع  $10 \text{ km}$  برابر با  $0.38 \text{ kg/m}^3$  و در ارتفاع  $5 \text{ km}$  برابر با  $0.67 \text{ kg/m}^3$  است. فرض کنید مساحت سطح مقطع مؤثر هر دو هواپیما و ثابت کششی  $C$  آنها یکسان باشد.

**۴۰۰۰-** تندی اسکی‌باز در حین اسکی به سمت پایین، هم به وسیله نیروی مقاومت هوا روی بدن او و هم نیروی اصطکاک جنبشی به وسیله اسکیها، کاهش می‌یابد. (الف) فرض کنید زاویه شیب  $\theta = 40.0^\circ$  و برف خشک بوده و ضریب اصطکاک جنبشی آن  $\mu_k = 0.0400$  و جرم اسکی‌باز و وسایل همراهش  $m = 85.0 \text{ kg}$  است. مساحت سطح مقطع اسکی‌باز  $A = 1.30 \text{ m}^2$ ، ضریب کششی  $C = 0.150$  و چگالی هوا برابر  $1.20 \text{ kg/m}^3$  است. (الف) تندی حد چقدر است؟ (ب) اگر اسکی‌باز بتواند  $C$  را با تغییر حالت بدنش به مقدار کمی مانند  $dC$  تغییر دهد، تغییر تندی حد متناظر چقدر خواهد بود؟

#### بخش ۵-۶ حرکت دایره‌ای یکنواخت

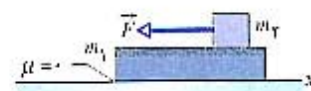
**۴۱۰-** گره‌ای روی یک چرخ و فلک افقی ساکن در شعاع  $5.4 \text{ m}$  از مرکز دوران آن چرت می‌زند. در همین زمان مسئول چرخ فلک



شکل ۶-۳۶ مسئله ۳۲

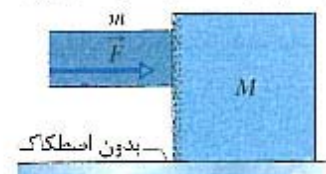
**۳۳۰۰-SSM** تندی یک قایق موتوری به جرم  $1000 \text{ kg}$  در لحظه‌ای که موتور آن خاموش می‌شود برابر با  $90 \text{ km/h}$  است. بزرگی نیروی اصطکاک  $\vec{f}_k$  میان قایق و آب متناسب با تندی  $v$  قایق است:  $f_k = 70v$ ، که در آن  $v$  بر حسب متر بر ثانیه و  $f_k$  بر حسب نیوتون است. زمان لازم برای آنکه قایق با تندی  $45 \text{ km/h}$  کند شود، چقدر است؟

**۳۴۰۰-** در شکل ۶-۳۷، تخته سنگی به جرم  $m_1 = 40 \text{ kg}$  روی کف بدون اصطکاک ساکن است، و قطعه‌ای به جرم  $m_2 = 10 \text{ kg}$  به حالت سکون روی تخته سنگ قرار داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه و تخته سنگ  $0.60$  و ضریب اصطکاک جنبشی میان آنها  $0.40$  است. قطعه توسط نیروی افقی  $\vec{F}$  به بزرگی  $100 \text{ N}$  کشیده می‌شود. بر حسب بردارهای یک‌ه شتاب حاصل در (الف) قطعه و (ب) تخته سنگ چیست؟



شکل ۶-۳۷ مسئله ۳۴

**۳۵۰۰-ILW** دو قطعه ( $M = 88 \text{ kg}$  و  $m = 16 \text{ kg}$ ) شکل ۶-۳۸ به یکدیگر متصل نیستند. ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه‌ها  $\mu_s = 0.38$  است، ولی سطح زیرین قطعه بزرگتر بدون اصطکاک است. بزرگی کمینه نیروی  $\vec{F}$  باید چقدر باشد تا از لغزیدن قطعه کوچکتر بر قطعه بزرگتر جلوگیری کند؟



شکل ۶-۳۸ مسئله ۳۵

#### بخش ۴-۶ نیروی کششی و تندی حدی

**۳۶۰-** تندی حدی یک شیرجه رونده هوایی در وضعیت «عقاب گسترده بال»  $160 \text{ km/h}$  و در وضعیت «شیرجه با سر»  $210 \text{ km/h}$  است. با فرض آنکه ضریب کششی  $C$  از وضعیتی به وضعیتی دیگر تغییر نکند، نسبت مساحت سطح مقطع مؤثر  $A$  در وضعیت کندتر به همین مساحت در وضعیت سریعتر چقدر است؟

**۳۷۰۰-** ادامه مسئله ۸ اکنون فرض کنید معادله  $6-14$  بزرگی نیروی کشش وارد بر یک سنگ نوعی  $20$  کیلوگرمی را به

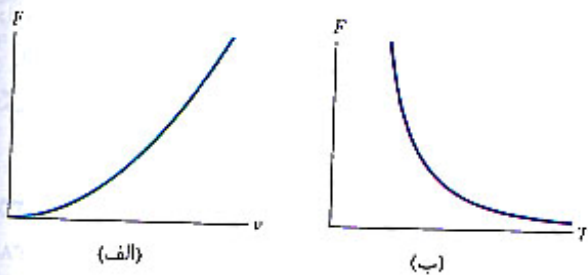


۴۹۰- در شکل ۶-۳۹ اتومبیلی با تندی ثابت از بالای یک تپه دایره‌ای عبور می‌کند و سپس وارد یک دره دایره‌ای به همان شعاع می‌شود. در بالاترین نقطه تپه، نیروی عمودی وارد بر راننده از طرف صندلی اتومبیل برابر با صفر است. جرم راننده  $70\text{ kg}$  است. هنگامی که اتومبیل از پایین‌ترین نقطه دره عبور می‌کند، بزرگی نیروی عمودی وارد بر راننده از طرف صندلی چقدر است؟



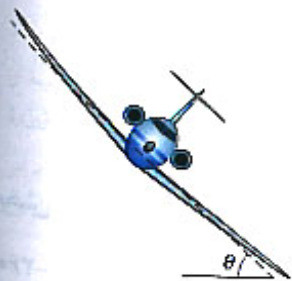
شکل ۶-۳۹ مسئله ۴۹

۵۰۰۰- شخصی به جرم  $85\text{ kg}$  در امتداد سیری دایره‌ای به شعاع  $r = 3/50\text{ m}$  و با حرکت دایره‌ای یکنواخت، حرکت می‌کند. (الف) شکل ۶-۴۰ الف نموداری است از بزرگی  $F$  نیروی مرکزگرای خالص مورد نیاز برای محدوده مقادیرهای ممکن تندی  $v$  مسافر. نمودار شیب در  $v = 8/3\text{ m/s}$  چگونه است؟ (ب) شکل ۶-۴۰ ب نموداری است از  $F$  برای محدوده مقادیرهای ممکن  $T$ ، دوره تناوب حرکت. نمودار شیب در  $T = 2/5\text{ s}$  چگونه است؟



شکل ۶-۴۰ مسئله ۵۰

۵۱۰۰- WWW SSM هواپیمایی با تندی  $480\text{ km/h}$  در حال پرواز روی یک دایره افقی است (شکل ۶-۴۱). اگر بالهای هواپیما نسبت به افق به اندازه  $\theta = 40^\circ$  کج شده باشند، شعاع دایره‌ای که هواپیما در آن پرواز می‌کند چقدر است؟ فرض کنید که نیروی لازم توسط یک «نیروی بالابرنده آیرودینامیکی» که عمود بر سطح بال است، فراهم می‌شود.



شکل ۶-۴۱ مسئله ۵۱

۵۲۰۰- در یک پارک تفریحی، واگنی روی یک دایره قائم که در انتهای پایه صلیبی با جرم ناچیز قرار دارد، حرکت می‌کند. مجموع وزن واگن و سرنشینان آن  $50\text{ kN}$  و شعاع دایره  $10\text{ m}$  است. در بالاترین نقطه دایره (الف) بزرگی  $F_B$  و (ب) جهت (رو به بالا یا رو به پایین) نیروی وارد بر واگن از طرف پایه را در

آن را روشن می‌کند و آهنگ چرخش آن را در مقدار مناسب یک دور کامل در هر  $6/5\text{ s}$  تنظیم می‌کند. کمترین ضریب اصطکاک ایستایی میان گریه و چرخ فلک باید چقدر باشد تا گریه بدون لغزیدن در سر جایش باقی بماند؟

۴۲۰- فرض کنید ضریب اصطکاک ایستایی میان جاده و لاستیکهای اتومبیلی  $0/60$  باشد و بر اتومبیل هیچ نیروی بالابر منفی وارد نمی‌شود. تندی اتومبیل موقع دورزدن یک پیچ مسطح به شعاع  $30/5\text{ m}$  در آستانه لغزش چقدر است؟

۴۳۰- ILW اگر تندی یک دوچرخه‌سوار  $29\text{ km/h}$  و ضریب اصطکاک ایستایی  $\mu_s$  میان چرخها و مسیر  $0/32$  باشد، کمترین شعاع یک پیچ شیب‌بندی نشده باید چقدر باشد تا دوچرخه‌سوار بتواند در آن حرکت کند؟

۴۴۰- در مسابقه‌های سورتمه رانی دو نفره المپیک زمستانی، تیم جامائیکا پیچی به شعاع  $7/6\text{ m}$  را با تندی  $96/6\text{ km/h}$  دور زده است. شتاب این تیم بر حسب  $g$  چقدر بوده است؟

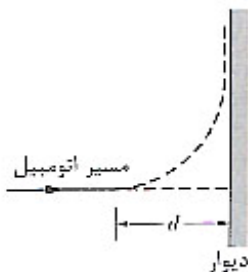
۴۵۰۰- ILW SSM دانشجویی به وزن  $667\text{ N}$  بر چرخ و فلکی که با تندی ثابت می‌چرخد سوار است (دانشجو راست نشسته است). در بالاترین نقطه، بزرگی نیروی عمودی  $F_N$  وارد بر دانشجو از طرف صندلی  $556\text{ N}$  است. (الف) آیا در آن نقطه دانشجو احساس «سبکی» می‌کند یا «سنگینی»؟ (ب) بزرگی  $F_N$  در پایین‌ترین نقطه چقدر است؟ اگر تندی چرخ فلک دو برابر شود، بزرگی  $F_N$  در (پ) بالاترین نقطه و (ت) پایین‌ترین نقطه چقدر است؟

۴۶۰- یک افسر پلیس در یک تعقیب و گریز نفس‌گیر اتومبیل خود را با تندی ثابت  $80\text{ km/h}$  در یک پیچ دایره‌ای به شعاع  $300\text{ m}$  می‌راند. جرم او  $55\text{ kg}$  است. (الف) بزرگی و (ب) زاویه (نسبت به خط قائم) نیروی خالص وارد بر صندلی از طرف افسر پلیس چیست؟ (راهنمایی: هم نیروهای افقی و هم قائم را در نظر بگیرید.)

۴۷۰۰- شخصی به جرم  $80\text{ kg}$  سوار چرخ و فلکی می‌شود که به دور یک دایره عمودی به شعاع  $10\text{ m}$  با تندی ثابت  $6/1\text{ m/s}$  می‌چرخد. (الف) دوره حرکت چقدر است؟ بزرگی نیروی عمودی وارد بر شخص از طرف صندلی به هنگام عبور هر دو از (ب) بالاترین نقطه مسیر و (پ) پایین‌ترین نقطه مسیر چقدر است؟

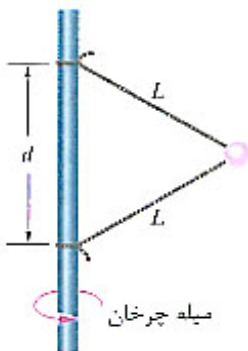
۴۸۰۰- جرم یک قطار هوایی تفریحی پر از سرنشینان  $1200\text{ kg}$  است. قطار روی ریلهای مارپیچ یک شهر بازی حرکت می‌کند. تندی قطار هنگامی که از بالاترین نقطه یکی از دایره‌های مارپیچ به شعاع  $18\text{ m}$  می‌گذرد تغییر نمی‌کند. در بالاترین نقطه این دایره، مطلوب است (الف) بزرگی  $F_N$  و (ب) جهت (رو به بالا یا رو به پایین) نیروی عمودی وارد از مسیر بر قطار، در صورتی که تندی قطار  $v = 11\text{ m/s}$  باشد. اگر  $v = 14\text{ m/s}$  باشد (پ)  $F_N$  و (ت) جهت آن چیست؟

**۵۸۰۰-** باید ترمز کرد یا پیچید؟ شکل ۶-۴۴ دید از بالای مسیر اتومبیلی را که به سمت دیواری در حرکت است نشان می‌دهد. فرض کنید وقتی اتومبیل در فاصله  $d = 107\text{ m}$  از دیوار قرار دارد، راننده ترمز کند، جرم اتومبیل را  $m = 1400\text{ kg}$ ، تندی اولیه آن را  $v_0 = 35\text{ m/s}$  و ضریب اصطکاک ایستایی را  $\mu_s = 0.50$  در نظر بگیرید. فرض کنید وزن اتومبیل حتی در حین ترمز گرفتن به طور یکسان روی چهار چرخ توزیع شده باشد. (الف) بزرگی اصطکاک ایستایی (بین لاستیکها و جاده) مورد نیاز برای اینکه اتومبیل درست موقع رسیدن به دیوار متوقف شود، چقدر است؟ (ب) اصطکاک ایستایی ممکن بیشینه  $f_{s,\text{max}}$  چقدر است؟ (پ) اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین لاستیکها (در حال لغزش) و جاده برابر  $\mu_k = 0.40$  باشد، اتومبیل با چه تندی به دیوار برخورد می‌کند؟ برای پیشگیری از تصادف، راننده می‌تواند تصمیم بگیرد که ماشین را طوری پیچاند که مطابق شکل تقریباً مماس و موازی با دیوار ادامه حرکت دهد. (ت)



شکل ۶-۴۴ مسئله ۵۸

**۵۹۰۰۰- SSM ILW** در شکل ۶-۴۵، گلوله‌ای به جرم  $1/34\text{ kg}$  به وسیله دو ریسمان بدون جرم که طول هر کدام  $L = 1/70\text{ m}$  است به میله قائم در حال چرخشی متصل شده است. ریسمانها



شکل ۶-۴۵ مسئله ۵۹

با فاصله  $d = 1/70\text{ m}$  محکم به میله بسته شده‌اند. کشش در ریسمان بالایی  $35\text{ N}$  است. (الف) کشش در ریسمان پایینی، (ب) بزرگی نیروی خالص ریسمان  $\vec{F}_{\text{net}}$  که بر گلوله وارد می‌شود، و (پ) تندی گلوله چقدر است؟ (ت) جهت  $\vec{F}_{\text{net}}$  چیست؟

### مسئله‌های اضافی

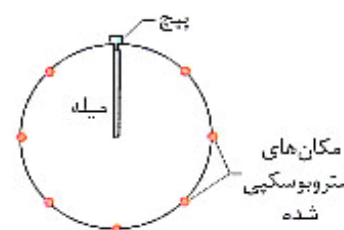
**۶۰-** در شکل ۶-۴۶، جعبه‌ای به جرم  $m_1 = 1/65\text{ kg}$  توسط میله بدون جرمی که موازی سطح شیبدار است به جعبه‌ای به جرم  $m_2 = 3/30\text{ kg}$  متصل شده است و هر دو روی سطح به پایین می‌لغزند. زاویه شیب  $\theta = 30^\circ$  است. ضریب اصطکاک ایستایی میان جعبه  $m_1$  و سطح  $\mu_1 = 0.226$  و میان جعبه  $m_2$  و سطح  $\mu_2 = 0.113$  است. (الف) کشش در میله و (ب) بزرگی شتاب

صورتی که  $v = 50\text{ m/s}$  باشد، تعیین کنید. اگر  $v = 12\text{ m/s}$  باشد (پ) بزرگی  $F_D$  و (ت) جهت آن چیست؟

**۵۳۰۰-** یک تراموای قدیمی با تندی  $16\text{ km/h}$  پیچ تختی به شعاع  $9.1\text{ m}$  را دور می‌زند. دستگیره‌های آویزان از سقف تراموا چه زاویه‌ای با خط قائم می‌سازند؟

**۵۴۰۰-** در طراحی یک مسیر دایره‌ای برای سواری در یک پارک تفریحی، مهندسان مکانیک باید تغییرات ناچیزی را در عوامل معینی که می‌تواند نیروی وارد بر شخص را تغییر دهد در نظر بگیرند. شخصی با جرم  $m$  را در نظر بگیرید که روی دایره‌ای افقی با شعاع  $r$  و با تندی  $v$  سواری می‌کند. تغییر  $dF$  در بزرگی نیروی خالص برای (الف) تغییر  $dr$  در شعاع و  $v$  ثابت، (ب) تغییر  $dv$  و  $r$  ثابت و (پ) تغییر  $dT$  در دوره تناوب با  $r$  ثابت چقدر است؟ **۵۵۰۰-** پیچی به داخل انتهای یک میله افقی بسته شده و میله به طور افقی حول سر دیگرش چرخانده می‌شود. مهندسی این حرکت را با درخشش یک لامپ استروبوسکوپی روی میله و پیچ ثبت می‌کند. آهنگ استروبوسکوپی طوری تنظیم شده است که در هر دور کاملی که میله می‌زند، پیچ در هشت مکان که به فاصله یکسانی از هم قرار گرفته‌اند دیده می‌شود (شکل ۶-۴۲).

آهنگ استروبوسکوپی برابر با  $2000$  درخشش در ثانیه است. جرم پیچ  $30\text{ g}$  و شعاع حرکت  $2/5\text{ cm}$  است. بزرگی نیرویی که میله بر پیچ وارد می‌کند چقدر است؟

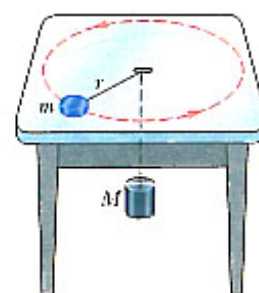


شکل ۶-۴۲ مسئله ۵۵

**۵۶۰۰-** پیچ دایره‌ای شیب‌بندی شده یک بزرگراه برای حرکت با تندی  $60\text{ km/h}$  طراحی شده است. شعاع پیچ  $200\text{ m}$  است. در روزهای بارانی اتومبیلها پیچ دایره‌ای را با تندی  $40\text{ km/h}$  طی می‌کنند. کمینه ضریب اصطکاک میان لاستیکها و جاده باید چقدر باشد تا اتومبیلها بتوانند بدون لغزیدن پیچ را دور بزنند؟ (فرض کنید بر اتومبیلها نیروی بالابر منفی وارد نمی‌شود).

**۵۷۰۰-** قرصی به جرم  $m = 1/50\text{ kg}$  واقع بر یک میز بدون اصطکاک به وسیله ریسمانی که از سوراخی در میز گذشته است به یک وزنه استوانه‌ای به جرم  $M = 2/50\text{ kg}$  متصل شده است و

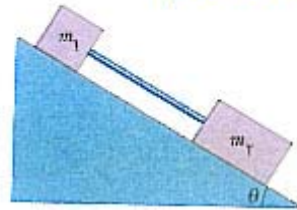
روی دایره‌ای به شعاع  $r = 20/0\text{ cm}$  حرکت می‌کند (شکل ۶-۴۳). تندی  $m$  باید چقدر باشد تا وزنه استوانه‌ای به حالت سکون باقی بماند؟



شکل ۶-۴۳ مسئله ۵۷

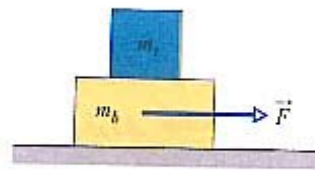


مشترک دو جعبه را محاسبه کنید. (پ) اگر جای جعبه‌ها با هم عوض شود و  $m_1$  در جلوی  $m_2$  قرار گیرد، پاسخهای (الف) و (ب) چگونه خواهند شد؟



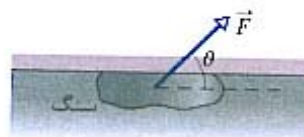
شکل ۴۶-۶ مسئله ۶۰

۶۱- SSM قطعه‌ای به جرم  $m_1 = 4.0 \text{ kg}$  روی قطعه‌ای به جرم  $m_2 = 5.0 \text{ kg}$  گذاشته می‌شود. در حالی که قطعه پایینی ثابت نگه داشته شده است، برای آنکه قطعه بالایی روی قطعه پایینی بلغزد، باید یک نیروی افقی که بزرگی آن دست کم  $12 \text{ N}$  باشد بر قطعه بالایی وارد شود. حال مجموعه قطعه‌ها را روی میز افقی بدون اصطکاک قرار می‌دهیم (شکل ۴۷-۶). بزرگیهای (الف) بیشینه نیروی افقی  $F$  را که باید بر قطعه پایینی وارد کرد تا دو قطعه با هم حرکت کنند و (ب) شتابی را که قطعه‌ها به آن می‌رسند پیدا کنید.



شکل ۴۷-۶ مسئله ۶۱

۶۲ سنگی به جرم  $5.00 \text{ kg}$  در امتداد سقف افقی گذرگاه غاری کشیده می‌شود (شکل ۴۸-۶). اگر ضریب اصطکاک جنبشی  $0.65$  باشد و نیرو با زاویه  $\theta = 70^\circ$  به سنگ وارد شده باشد، بزرگی نیروی وارد بر سنگ باید چقدر باشد تا سنگ با سرعت ثابت حرکت کند؟



شکل ۴۸-۶ مسئله ۶۲

۶۳- SSM شکل ۴۹-۶، صخره‌نوردی به جرم  $49 \text{ kg}$  را نشان می‌دهد که در حال صعود از میان دو صخره است. ضریب اصطکاک ایستایی میان کفهای او و صخره  $1/2$  و میان پشت او و صخره  $0.80$  است. او فشار



وارد بر صخره را کم می‌کند تا پشت و کفشایش در آستانه لغزیدن قرار گیرند. (الف) یک نمودار جسم-آزاد برای او رسم کنید. (ب) بزرگی نیرویی که او با آن بر صخره فشار وارد می‌آورد چقدر است؟ (پ) چه کسری از وزن او توسط نیروی اصطکاک وارد بر کفشایش نگه داشته شده است؟

شکل ۴۹-۶ مسئله ۶۳

۶۴ یک قطار سریع السیر با تندی ثابت به دور یک دایره افقی به شعاع  $470 \text{ m}$  حرکت می‌کند. بزرگی مؤلفه‌های افقی و قائم نیروی

وارد از قطار بر مسافری به جرم  $51.0 \text{ kg}$  به ترتیب  $210 \text{ N}$  و  $500 \text{ N}$  است. (الف) بزرگی نیروی خالص (ناشی از کایه نیروها) وارد بر مسافر چقدر است؟ (ب) تندی قطار چقدر است؟

۶۵- SSM ادامه مسئله‌های ۱ و ۳۷. توضیح دیگر این است که سنگها تنها زمانی حرکت می‌کنند که آب انباشته شده ناشی از یک توفان سخت روی سطح صحرا یخ بزند و یک لایه نازک و بزرگ یخی تشکیل شود. سنگها به دام این لایه یخی می‌افتند. آنگاه همین که بادی در امتداد لایه یخی بوزد، بر اثر جریان باد، نیروهای کشش هوا بر یخ و سنگها وارد می‌شوند و باعث حرکت هر دو آنها می‌گردند و بدین ترتیب سنگها ردی از خود بر جای می‌گذارند. بزرگی نیروی کشش هوای وارد بر این «کشتی بادی یخی» با رابطه  $D_{ice} = C_{ice} \rho A_{ice} v^2$  داده می‌شود که در آن  $C_{ice}$  ضریب کشش یخ  $(2.0 \times 10^{-2})$ ،  $\rho$  چگالی هوا  $(1.21 \text{ kg/m}^3)$ ،  $A_{ice}$  مساحت افقی یخ، و  $v$  تندی باد در امتداد یخ است.

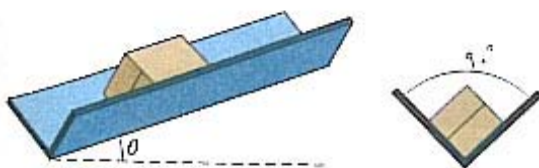
فرض کنید اندازه‌های لایه یخی  $400 \text{ m}$  در  $500 \text{ m}$  در  $4.0 \text{ mm}$ ، ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح زمین  $0.10$  و چگالی آن  $917 \text{ kg/m}^3$  باشد. همچنین فرض کنید صد سنگ مشابه تک سنگ مسئله ۲ به دام لایه یخی افتاده باشند. برای آنکه حرکت لایه یخی تداوم یابد، تندی باد (الف) در نزدیک لایه و (ب) در ارتفاع  $10 \text{ m}$  بالای آن باید چقدر باشد؟ آیا این مقادارها برای بادهای پر سرعت در یک توفان سخت معقول است؟

۶۶- SSM در شکل ۵۰-۶، قطعه ۱ به جرم  $m_1 = 2.0 \text{ kg}$  و قطعه ۲ به جرم  $m_2 = 3.0 \text{ kg}$  توسط ریمانی با جرم ناچیز به هم متصل شده‌اند. مجموعه در ابتدا در وضعیت شکل، ثابت نگه داشته شده است. قطعه ۲ روی سطح بدون اصطکاک شیب‌داری با زاویه شیب  $\theta = 30^\circ$  قرار گرفته است. ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه ۱ و سطح افقی  $0.25$  است. جرم و اصطکاک قفزه قابل چشم‌پوشی است. وقتی مجموعه رها شود، قطعه‌ها شروع به حرکت می‌کنند. در این موقع کشش ریمان چقدر است؟



شکل ۵۰-۶ مسئله ۶۶

۶۷ در شکل ۵۱-۶، جعبه‌ای داخل ناودانی که از دو سطح شیب‌دار عمود بر هم ساخته شده است، رو به پایین می‌لغزد. ضریب اصطکاک جنبشی میان جعبه و ناودان  $\mu_k$  است. شتاب بر حسب  $\mu_k$ ،  $\theta$ ، و  $g$  چقدر است؟



شکل ۵۱-۶ مسئله ۶۷



۷۱- قطعه‌ای فولادی به جرم  $8/00 \text{ kg}$  به حالت سکون روی یک میز افقی قرار دارد. ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه و میز  $0/450$  است. قرار است نیرویی بر قطعه وارد شود. بزرگی این نیرو باید چقدر باشد تا در هر سه وضعیت زیر، قطعه در آستانه لغزش قرار گیرد؟ (الف) نیرو به طور افقی، (ب) نیرو رو به بالا در زاویه  $60^\circ$  نسبت به افق و (پ) نیرو رو به پایین در زاویه  $60^\circ$  نسبت به افق وارد شود.

۷۲- جعبه کتسروی روی سطح شیب‌داری که ابتدای آن هم تراز با سطح خیابان است با شتاب رو به پایین  $0/75 \text{ m/s}^2$  به داخل زیرزمین یک مغازه خواربار فروشی می‌لغزد. زاویه سطح شیب‌دار با افق  $40^\circ$  است. ضریب اصطکاک جنبشی میان جعبه و سطح شیب‌دار چقدر است؟

۷۳- در شکل ۶-۵۴، ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه و سطح شیب‌دار  $0/20$  و زاویه شیب  $\theta$  برابر با  $60^\circ$  است. در صورتی که قطعه در حال لغزش رو به پایین بر سطح شیب‌دار باشد (الف) بزرگی شتاب  $a$  قطعه و (ب) جهت (رو به پایین یا رو به بالا) آن چیست؟ اگر قطعه رو به بالا بر سطح شیب‌دار لغزانده شود (پ) بزرگی  $a$  و (ت) جهت آن چه می‌شوند؟



شکل ۶-۵۴  
مسئله ۷۳

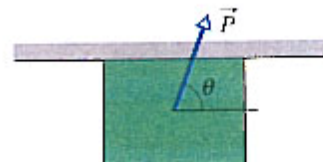
۷۴- یک قرص حاکی به جرم  $110 \text{ g}$  که روی سطحی یخی لغزانده شده است، پس از پیمودن  $15 \text{ m}$  توسط نیروی اصطکاک وارد از یخ، متوقف می‌شود. (الف) اگر تندی اولیه قرص  $6/00 \text{ m/s}$  باشد، بزرگی نیروی اصطکاک چقدر است؟ (ب) ضریب اصطکاک میان قرص و یخ چقدر است؟

۷۵- لوکوموتیوی به  $25$  واگن در امتداد مسیر هموازی شتاب می‌دهد. جرم هر واگن  $5/0 \times 10^4 \text{ kg}$  و نیروی اصطکاک وارد بر آن  $f_k = 250 \text{ N}$  است که در آن تندی  $7$  بر حسب متر بر ثانیه و نیروی  $F$  بر حسب نیوتون است. در لحظه‌ای که تندی لوکوموتیو  $30 \text{ km/h}$  است، شتاب آن  $0/20 \text{ m/s}^2$  است. (الف) کشش در اتصال اولین واگن به لوکوموتیو چقدر است؟ (ب) اگر این کشش برابر با نیروی بیشینه‌ای باشد که لوکوموتیو می‌تواند بر واگنها وارد کند، تندترین شیب رو به بالایی که لوکوموتیو می‌تواند واگنها را با تندی  $30 \text{ km/h}$  روی آن بالا بکشد، چقدر است؟

۷۶- خانه‌ای بر بالای تپه‌ای نزدیک به شیب  $\theta = 45^\circ$  ساخته شده است (شکل ۶-۵۵). بررسی‌های یک مهندس نشان می‌دهد که زاویه شیب باید کاسته شود، زیرا ممکن است لایه‌های بالایی خاک در امتداد شیب روی لایه‌های پایینی بلغزند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی میان این دو لایه  $0/5$  باشد، کمترین زاویه  $\phi$  که باید از شیب کنونی کاسته شود تا از لغزش لایه‌ها جلوگیری گردد چقدر است؟

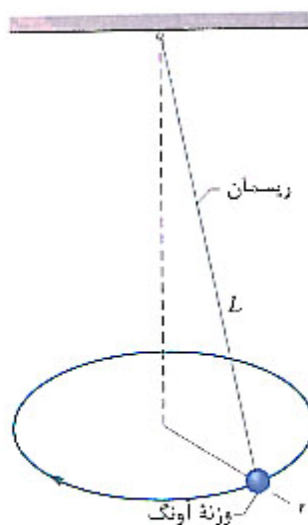
۶۸- مهندسی در پیچ یک بزرگراه، اگر اتومبیلی پیچی را با تندی بالایی بیماید، اتومبیل متمایل به لغزیدن روی پیچ می‌شود. برای یک پیچ شیب‌بندی شده با اصطکاک، نیروی اصطکاک بر اتومبیل وارد می‌شود که جهت آن مخالف جهت تمایل لغزش اتومبیل بر پیچ است. یک پیچ دایره‌ای به شعاع  $R = 200 \text{ m}$  و زاویه شیب  $\theta$  را در نظر بگیرید که ضریب اصطکاک ایستایی میان لاستیکها و سطح  $\mu_s$  است. اتومبیلی (بدون نیروی بالابر منفی) روی پیچ نشان داده شده در شکل ۶-۱۳ حرکت می‌کند. (الف) رابطه‌ای برای تندی بیشینه  $v_{\max}$  اتومبیل به دست آورید که اتومبیل را در آستانه لغزش قرار دهد. (ب) روی یک نمودار،  $v_{\max}$  را بر حسب زاویه  $\theta$  در گستره  $0^\circ$  تا  $50^\circ$  به ترتیب برای دو حالت  $\mu_s = 0/060$  (جاده خشک) و  $\mu_s = 0/050$  (جاده خیس یا یخ زده) رسم کنید.  $v_{\max}$  را بر حسب  $\text{km/h}$  برای جاده‌ای با زاویه شیب  $\theta = 10^\circ$  در صورتی که (پ)  $\mu_s = 0/060$  و (ت)  $\mu_s = 0/050$  باشد، محاسبه کنید. (اکنون شما درمی‌یابید که چرا تصادفهای رانندگی در پیچهایی که یخ‌زدگی سطح آنها واضح نیست برای رانندگانی که در حال حرکت با تندی معمولی هستند رخ می‌دهد.)

۶۹- دانشجویی که بر اثر امتحانهای پایان ترم به سرش زده است، با استفاده از نیروی  $P$  به بزرگی  $80 \text{ N}$  و با زاویه  $\theta = 70^\circ$  یک قطعه  $5/0$  کیلوگرمی را در امتداد سقف اتاقش هل می‌دهد (شکل ۶-۵۲). اگر ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه و سقف  $0/40$  باشد، بزرگی شتاب قطعه چقدر است؟

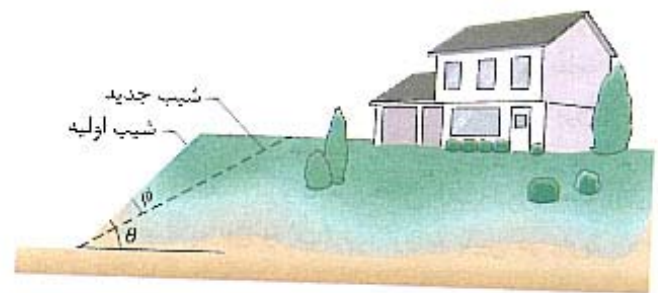


شکل ۶-۵۲ مسئله ۶۹

۷۰- شکل ۶-۵۳ یک آونگ مخروطی را نشان می‌دهد که در آن وزنه آونگ (یک جسم کوچک که به انتهای پایینی ریسمان وصل است) با تندی ثابت بر یک دایره افقی حرکت می‌کند. (با چرخش وزنه آونگ، ریسمان سطح یک مخروط را جاروب می‌کند.) جرم وزنه آونگ  $0/040 \text{ kg}$ ، طول ریسمان  $L = 0/90 \text{ m}$  و جرم آن ناچیز است. پیرامون مسیر دایره‌ای که وزنه آونگ می‌پیماید برابر با  $0/94 \text{ m}$  است. (الف) کشش ریسمان و (ب) دوره حرکت چقدر است؟



شکل ۶-۵۳ مسئله ۷۰

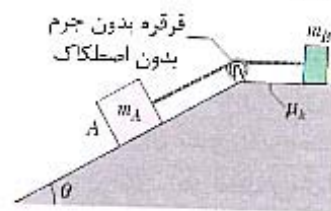


شکل ۵۵-۶ مسئله ۷۶

۷۷- تندی حادی یک گوی کروی به جرم  $6/00 \text{ kg}$  و شعاع  $3/00 \text{ cm}$  را در صورتی که ضریب کشش آن  $1/60$  باشد محاسبه کنید. چگالی هوایی که نوپ در آن سقوط می کند  $1/20 \text{ kg/m}^3$  است.

۷۸- دانشجویی می خواهد ضریبهای اصطکاک ایستایی و جنبشی میان یک جعبه و تخته ای را تعیین کند. او جعبه را روی تخته می گذارد و بتدریج یک انتهای تخته را بلند می کند. هنگامی که زاویه شیب آن نسبت به افق به  $30^\circ$  می رسد، جعبه شروع به لغزیدن می کند و در مدت  $4/0 \text{ s}$  مسافت  $2/5 \text{ m}$  را رو به پایین با شتاب ثابت روی تخته طی می کند. (الف) ضریب اصطکاک ایستایی و (ب) ضریب اصطکاک جنبشی میان جعبه و تخته چقدر است؟

۷۹- **SSM** جرم قطعه  $A$  در شکل ۵۶-۶ برابر با  $m_A = 4/0 \text{ kg}$  و جرم قطعه  $B$  برابر با  $m_B = 2/0 \text{ kg}$  است. ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه  $B$  و سطح افقی  $\mu_s = 0/50$  است. سطح شیب دار بدون اصطکاک و زاویه شیب آن  $\theta = 30^\circ$  است. قرقره فقط جهت ریسمان رابط قطعه ها را تغییر می دهد. جرم ریسمان قابل چشم پوشی است. مطلوب است (الف) کشش ریسمان و (ب) بزرگی شتاب قطعه ها.



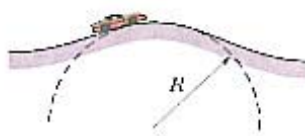
شکل ۵۶-۶ مسئله ۷۹

۸۰- بزرگی نیروی کششی وارد بر گلوله ای به قطر  $53 \text{ cm}$  را که با تندی  $250 \text{ m/s}$  در ارتفاع پایین و در هوایی با چگالی  $1/2 \text{ kg/m}^3$  حرکت می کند، محاسبه کنید. فرض کنید  $C = 0/75$  است.

۸۱- **SSM** دوچرخه سواری دایره ای به شعاع  $25/0 \text{ m}$  را با تندی ثابت  $9/00 \text{ m/s}$  دور می زند. جرم مجموع دوچرخه و دوچرخه سوار  $85/0 \text{ kg}$  است. بزرگیهای (الف) نیروی اصطکاک وارد بر دوچرخه از طرف مسیر و (ب) نیروی خالص وارد بر دوچرخه از طرف مسیر را محاسبه کنید.

۸۲- در شکل ۵۷-۶، بدل کاری یک اتومبیل را (بدون نیروی بالابر منفی) روی تپه ای که برش مقطعی از آن را می توان دایره ای

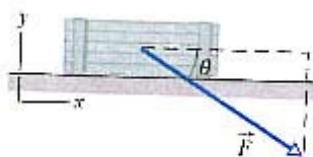
به شعاع  $R = 250 \text{ m}$  در نظر گرفت، می راند. بیشترین تندی ای که اتومبیل می تواند داشته باشد بدون آنکه در بالاترین نقطه تپه از جاده جدا شود، چقدر است؟



شکل ۵۷-۶ مسئله ۸۲

۸۳- شما می خواهید صندوقی را در امتداد یک کف به سمت باراندازی هل بدهید. وزن صندوق  $165 \text{ N}$  است. ضریب اصطکاک ایستایی میان صندوق و کف  $0/50$ ، و ضریب اصطکاک جنبشی میان آنها  $0/32$  است. نیروی وارد از شما بر صندوق در راستای افقی است. (الف) بزرگی نیروی شما باید چقدر باشد تا صندوق در آستانه لغزیدن قرار گیرد؟ (ب) بزرگی نیرویی که از آن پس باید بر صندوق وارد کنید تا با سرعت ثابت حرکت کند چقدر است؟ (پ) اگر شما به جای این نیرو، همان نیروی پاسخ (الف) را به کار گیرید، بزرگی شتاب صندوق چقدر خواهد شد؟

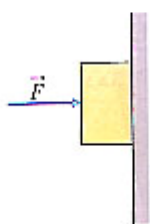
۸۴- در شکل ۵۸-۶، نیروی  $F$  بر صندوقی به جرم  $m$  واقع بر کف اتاقی وارد شده است. ضریب اصطکاک ایستایی میان صندوق و کف  $\mu_s$  است. زاویه  $\theta$  از مقدار اولیه  $0^\circ$  بتدریج افزایش پیدا می کند به گونه ای که بردار نیرو در صفحه شکل به طور ساعتگرد می گردد. در حین این چرخش، بزرگی  $F$  نیرو به طور مداوم طوری تنظیم می شود که صندوق همواره در آستانه لغزش باشد. به ازای  $\mu_s = 0/70$ ، (الف) نسبت  $F/mg$  را بر حسب  $\theta$  رسم کنید و (ب) زاویه  $\theta_{\text{inf}}$  را که در آن این نسبت به یک مقدار نامتناهی می رسد، تعیین کنید. (پ) آیا روغن سالی کردن کف، مقدار  $\theta_{\text{inf}}$  را افزایش می دهد یا کاهش؟ یا بدون تغییر نگه می دارد؟ (ت) مقدار  $\theta_{\text{inf}}$  به ازای  $\mu_s = 0/60$  چقدر است؟



شکل ۵۸-۶ مسئله ۸۴

۸۵- اتومبیلی در خیابانی واقع بر تپه ای که با افق زاویه  $35/0^\circ$  می سازد، در اوایل غروب پارک کرده است. درست در آن لحظه ضریب اصطکاک میان لاستیکها و سطح خیابان  $0/725$  است. مدتی بعد به هنگام شب، توفانی به همراه تگرگ سر می گیرد و از برخورد تگرگها با سطح خیابان، ضریب اصطکاک هم به دلیل حضور یخ و هم به دلیل کاهش دما که منجر به تغییرات شیمیایی در سطح خیابان می شود، کاهش می یابد. ضریب اصطکاک با چه درصدی باید تغییر کند تا اتومبیل در وضعیت خطرناک لغزش رو به پایین در خیابان قرار گیرد؟





قطعه چقدر است؟ در کدام آزمایش، قطعه (ج) رو به بالای دیواره و (ح) رو به پایین دیواره حرکت می‌کند؟ (خ) در کدام آزمایش جهت نیروی اصطکاک به سمت پایین دیواره است؟

### شکل ۶-۶۰ مسئله ۹۰

**۹۱-SSM** قطعه‌ای روی سطح شیب‌داری به زاویه شیب  $\theta$ ، با سرعت ثابت رو به پایین می‌لغزد. قطعه سپس روی همان سطح با تندی اولیه  $v_0$  رو به بالا پرتاب می‌شود. (الف) قطعه تا پیش از رسیدن به حالت سکون، چقدر روی سطح بالا می‌رود؟ (ب) وقتی قطعه به حالت سکون برسد، آیا دوباره رو به پایین می‌لغزد؟ دلیلی برای پاسخ خود ارائه کنید.

**۹۲-** پیچ دایره‌ای بزرگ‌راهی برای حرکت اتومبیلها با تندی  $60 \text{ km/h}$  طراحی شده است. فرض کنید که در هنگام حرکت اتومبیلها بر آنها نیروی بالابر منفی وارد نمی‌شود. (الف) اگر شعاع پیچ  $150 \text{ m}$  باشد، زاویه درست شیب‌بندی جاده چقدر است؟ (ب) اگر پیچ شیب‌بندی نشده باشد، کمینه ضریب اصطکاک میان لاستیکها و مسیر باید چقدر باشد تا از لغزیدن اتومبیلها به هنگامی که پیچ را با تندی  $60 \text{ km/h}$  دور می‌زنند، جلوگیری شود؟

**۹۳-** جعبه‌ای به جرم  $1/5 \text{ kg}$  در ابتدا به حالت سکون روی سطحی افقی قرار دارد. در لحظه  $t=0$  نیروی افقی  $\vec{F} = (1/8t) \hat{i} \text{ N}$  (که  $t$  بر حسب ثانیه است) بر جعبه وارد می‌شود. شتاب جعبه بر حسب تابعی از زمان  $t$  به این قرار است:  $\vec{a} = 0$  به ازای  $0 \leq t \leq 2/8 \text{ s}$  و  $\vec{a} = (1/2t - 2/4) \hat{i} \text{ m/s}^2$  به ازای  $t > 2/8 \text{ s}$ . (الف) ضریب اصطکاک ایستایی میان جعبه و سطح چقدر است؟ (ب) ضریب اصطکاک جنبشی میان جعبه و سطح چقدر است؟

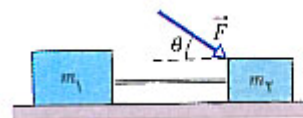
**۹۴-** بچه‌ای به وزن  $140 \text{ N}$  به حالت سکون بر بالای سرسره‌ای که با افق زاویه  $25^\circ$  می‌سازد نشسته است. بچه با نگه داشتن کناره‌های سرسره از لغزیدن خود جلوگیری می‌کند. پس از اینکه بچه کناره‌های سرسره را رها می‌کند به شتاب ثابت  $0.86 \text{ m/s}^2$  (البته رو به پایین) می‌رسد. (الف) ضریب اصطکاک جنبشی میان بچه و سرسره چقدر است؟ (ب) مقدارهای بیشینه و کمینه ضریب اصطکاک ایستایی میان بچه و سرسره که با اطلاعات داده شده سازگار باشد چقدر است؟

**۹۵-** در شکل ۶-۶۱ یک کارگر سخت‌کوش با نیروی  $\vec{F}$  که به طور مستقیم در امتداد دسته یک زمین‌شوی است آن را بر کف اتاق فشار می‌دهد. دسته با امتداد قائم زاویه  $\theta$  می‌سازد و ضریبهای اصطکاک ایستایی و جنبشی میان سر زمین‌شوی و کف به ترتیب  $\mu_s$  و  $\mu_k$  است. از جرم دسته چشمپوشی و فرض کنید که همه جرم زمین‌شوی در سر آن قرار گرفته است. (الف) اگر سر زمین‌شوی روی کف با سرعت ثابت حرکت کند، بزرگی  $F$  چقدر است؟ (ب) نشان دهید اگر  $\theta$  کمتر از مقدار معین  $\theta_0$  باشد، آنگاه

**۸۶-** شخصی، سنگی به جرم  $0.250 \text{ kg}$  را در کیسه قلاب سنگی به جرم  $0.01 \text{ kg}$  می‌گذارد و سپس سنگ و کیسه را روی یک دایره قائم به شعاع  $0.650 \text{ m}$  می‌چرخاند. جرم ریسمان بین کیسه و دست شخص ناچیز است و وقتی کشش ریسمان به  $33.0 \text{ N}$  یا بیشتر برسد، پاره می‌شود. فرض کنید که شخصی بتواند تندی سنگ را بتدریج افزایش دهد. (الف) آیا ریسمان در پایتترین نقطه دایره پاره می‌شود یا در بالاترین نقطه آن؟ (ب) در لحظه پاره‌شدن ریسمان، تندی سنگ چقدر است؟

**۸۷-SSM** اتومبیلی به وزن  $10.7 \text{ kN}$  می‌خواهد پیچ شیب‌بندی نشده‌ای به شعاع  $61.0 \text{ m}$  را بدون نیروی بالابر منفی، با تندی  $13.4 \text{ m/s}$  دور بزند. (الف) بزرگی نیروی اصطکاک لازم برای نگه داشتن اتومبیل روی مسیر دایره‌ای باید چقدر باشد؟ (ب) اگر ضریب اصطکاک ایستایی میان لاستیکها و جاده  $0.350$  باشد، آیا اتومبیل می‌تواند با موفقیت پیچ را دور بزند؟

**۸۸-** در شکل ۶-۵۹، قطعه ۱ به جرم  $m_1 = 2.0 \text{ kg}$  و قطعه ۲ به جرم  $m_2 = 1.0 \text{ kg}$  به وسیله ریسمانی با جرم ناچیز به هم متصل شده‌اند. قطعه ۲ توسط نیروی  $\vec{F}$  به بزرگی  $20 \text{ N}$  در زاویه  $\theta = 25^\circ$  هل داده می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی میان هر قطعه و سطح افقی  $0.20$  است. کشش ریسمان چقدر است؟

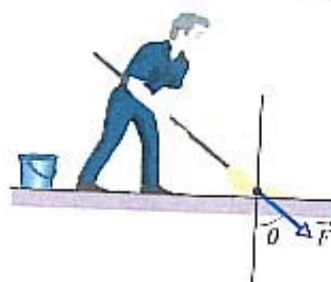


### شکل ۶-۵۹ مسئله ۸۸

**۸۹-SSM** یک قفسه پرورنده به وزن  $556 \text{ N}$  به حالت سکون روی کف اتاق قرار دارد. ضریب اصطکاک ایستایی میان قفسه و کف اتاق  $0.68$ ، و ضریب اصطکاک جنبشی بین آنها  $0.56$  است. در چهار تلاش متفاوت برای حرکت دادن آن، قفسه با نیروهای افقی (الف)  $222 \text{ N}$ ، (ب)  $234 \text{ N}$ ، (پ)  $445 \text{ N}$  و (ت)  $556 \text{ N}$  هل داده می‌شود. برای هر یک از تلاشها بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر قفسه را از سوی کف اتاق تعیین کنید. (قفسه در ابتدا برای کلیه تلاشها ساکن است.) (ث) در کدامیک از تلاشها قفسه حرکت می‌کند؟

**۹۰-** در شکل ۶-۶۰، قطعه‌ای به وزن  $22 \text{ N}$  توسط نیروی افقی  $\vec{F}$  به بزرگی  $60 \text{ N}$  به حالت سکون بر دیواره قائمی ثابت نگه داشته شده است. ضریب اصطکاک ایستایی میان دیواره و قطعه  $0.55$ ، و ضریب اصطکاک جنبشی میان آنها  $0.38$  است. در شش آزمایش متفاوت نیروی دوم  $\vec{P}$  موازی با دیواره بر قطعه وارد شده است. بزرگیها و جهت‌های  $\vec{P}$  در این شش آزمایش به این قرارند: (الف)  $34 \text{ N}$ ، رو به بالا، (ب)  $12 \text{ N}$ ، رو به بالا، (پ)  $48 \text{ N}$ ، رو به بالا، (ت)  $62 \text{ N}$ ، رو به بالا، (ث)  $10 \text{ N}$ ، رو به پایین، و (ج)  $18 \text{ N}$ ، رو به پایین. در هر آزمایش، بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر

$\vec{T}$  (که همچنان در امتداد دسته است) نمی‌تواند سر زمین‌شوی را حرکت دهد،  $\theta$  را بیابید.

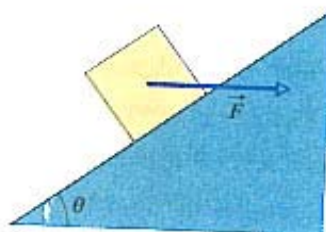


شکل ۶۱-۶ مسئله ۹۵

۹۶- بجای سبد کوچکی را بر پیرامون خارجی یک چرخ و فلک افقی به شعاع  $4/6\text{ m}$  قرار می‌دهد. چرخ و فلک در هر  $3.0\text{ s}$  یک بار می‌چرخد. (الف) تندی نقطه‌ای واقع بر پیرامون چرخ و فلک چقدر است؟ (ب) کمترین مقدار ضریب اصطکاک ایستایی میان سبد و چرخ و فلک باید چقدر باشد تا سبد در سر جایش باقی بماند؟

۹۷- SSM کارگر انبار نیروی افقی ثابتی به بزرگی  $85\text{ N}$  را بر جعبه‌ای به جرم  $4.0\text{ kg}$  که در ابتدا به حالت سکون بر کف افقی انبار قرار دارد، وارد می‌کند. در لحظه‌ای که جعبه مسافت  $1/4\text{ m}$  را پیموده است، تندی آن  $1/5\text{ m/s}$  است. ضریب اصطکاک جنبشی میان جعبه و کف انبار چقدر است؟

۹۸- در شکل ۶۲-۶، در حالی که هر قطعه‌ای به جرم  $5/0\text{ kg}$  نیروی افقی  $\vec{T}$  به بزرگی  $50\text{ N}$  وارد می‌شود، قطعه روی سطح شیب‌داری با زاویه شیب  $\theta = 37^\circ$  رو به بالا لغزانده می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی میان قطعه و سطح  $0/30$  است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به پایین یا رو به بالا) شتاب قطعه چقدر است؟ تندی اولیه قطعه  $4/0\text{ m/s}$  است. (پ) قطعه تا کجا بر سطح شیب‌دار بالا می‌رود؟ (ت) وقتی قطعه به بالاترین نقطه مسیرش رسید، آیا در حالت سکون باقی می‌ماند یا رو به پایین می‌لغزد؟



شکل ۶۲-۶ مسئله ۹۸