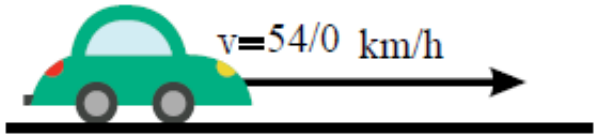
گام به گام فیزیک دهم

(کار انرژی و توان)

حل تمرین‌های فصل (۳)

حسین هاشمی

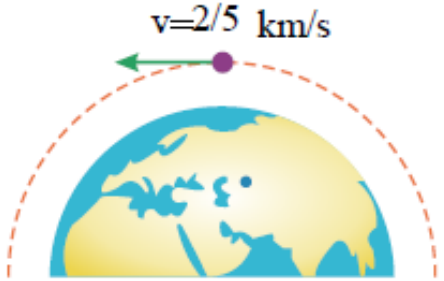
-جرم خودرویی به همراه راننده‌اش $۸۴۰kg$ است. این خودرو با تندی $۵۴٫۰ \frac{km}{h}$ در حرکت است، انرژی جنبشی آن چند ژول است؟



$$v = ۵۴ \frac{km}{h} = ۱۵ \frac{m}{s}$$

$$K = \frac{۱}{۲} m v^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times ۱۵^{۲} = ۹۴۵۰۰J$$

-ماهواره‌ای به جرم $۲۲۰kg$، با تندی ثابت $۲/۵\frac{km}{s}$ دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره را برحسب ژول و مگاژول حساب کنید.



$$v = ۲/۵\frac{km}{s} = ۲۵۰۰\frac{m}{s}$$

$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۲۲۰ \times ۲۵۰۰^{۲} = ۶/۸۷ \times ۱۰^{۸}J$$

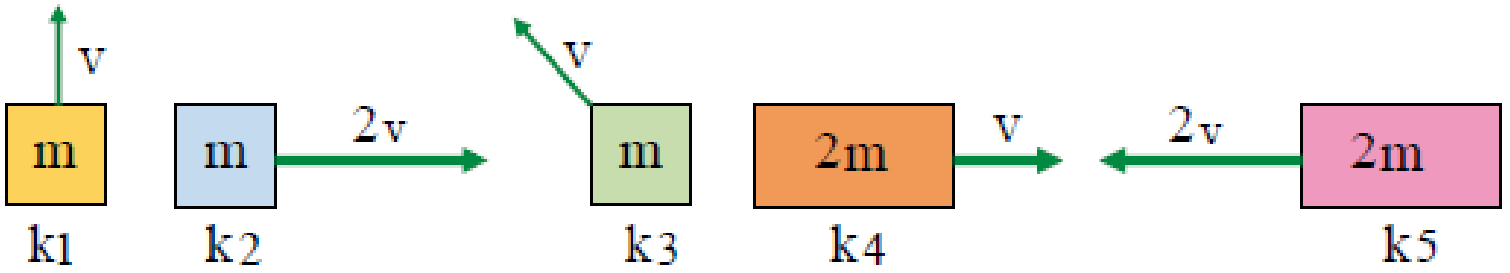
$$K = ۶/۸۷ \times ۱۰^{۸}J \times \frac{۱MJ}{۱۰^{۶}J} = ۶/۸۷ \times ۱۰^{۲}MJ$$

-جرم خودرویی به همراه راننده‌اش $۸۴۰kg$ است (شکل زیر). تندی خودرو در دو نقطه از مسیرش روی شکل زیر داده شده است. تغییرات انرژی جنبشی خودرو $(\Delta K = K_۲ - K_۱)$ را بین این دو نقطه حساب کنید.

$$\Delta K = \frac{۱}{۲} m(v_۲^۲ - v_۱^۲) = \frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times (۲۵^۲ - ۱۸^۲)$$

$$\Delta K = ۱۲۶۴۲۰J$$

-انرژی جنبشی هریک از اجسام زیر را باهم مقایسه کنید و مقدار آن را به‌ترتیب از کم‌ترین تا بیش‌ترین بنویسید.



$$K_۱ = K_۳ < K_۴ < K_۲ < K_۵$$

$$K_۱ = K_۳ = \frac{۱}{۲}mv^۲ \mid K_۲ = \frac{۱}{۲}m(۲v)^۲ = ۲mv^۲$$

$$K_۴ = \frac{۱}{۲}(۲m)v^۲ = mv^۲$$

$$K_۵ = \frac{۱}{۲}(۲m)(۲v)^۲ = ۴mv^۲$$

-شکل زیر کارگری را در حال هُل دادن جعبه‌ای با نیروی ثابت $۲۵۰N$ نشان می‌دهد.

اگر جعبه $۱۴m$ در امتداد نیرو جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟

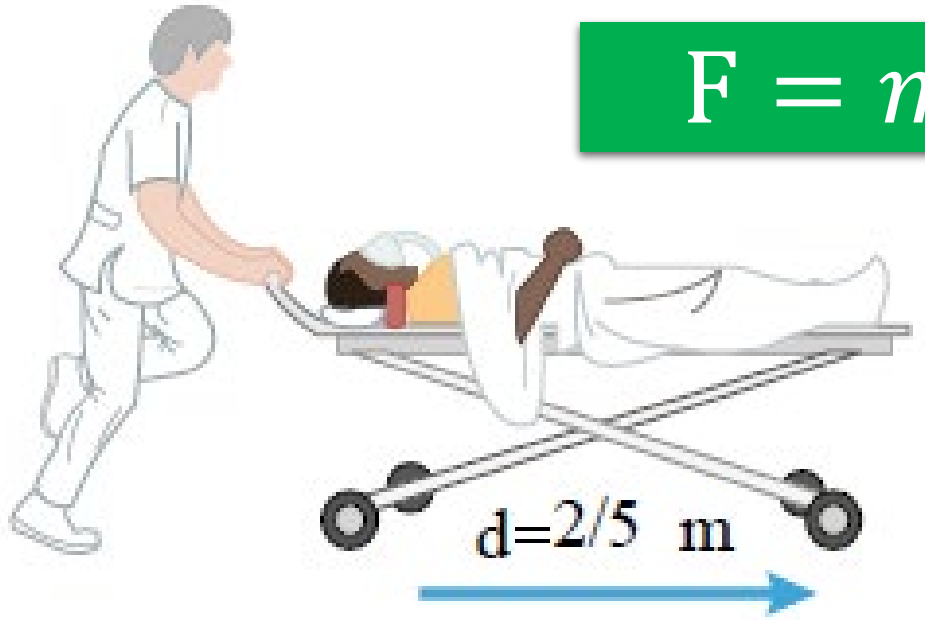
جسم در جهت نیرو به اندازهٔ d جابه‌جا شده است.

$$W = Fd = ۲۵۰ \times ۱۴ = ۳۵۰۰J$$

-بیماری به جرم $۷۲kg$ روی تختی به جرم $۱۵kg$ دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد. مجموعهٔ تخت و بیمار با شتاب $۰٫۶۰ \frac{m}{s^۲}$ حرکت می‌کند.

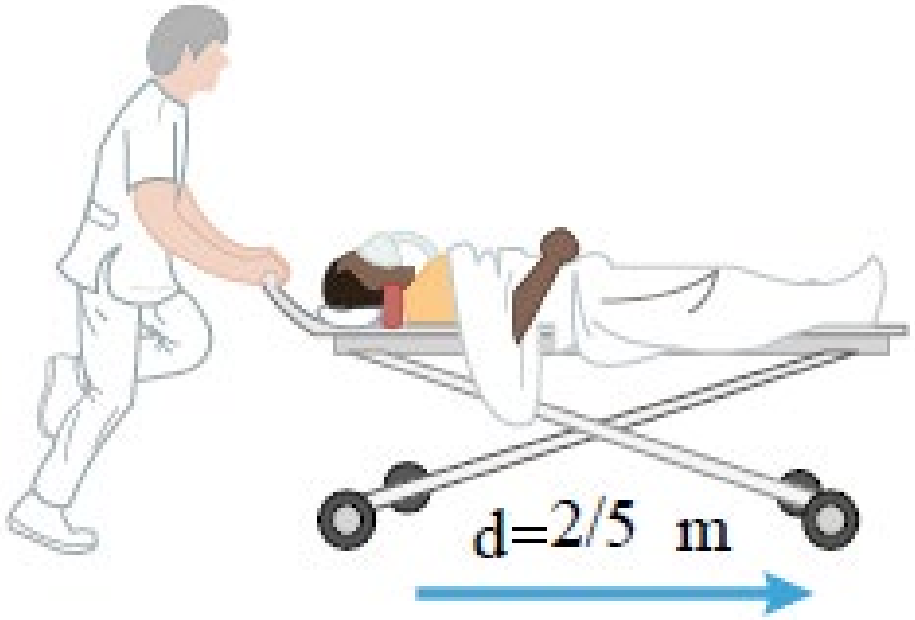
الف) اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ چقدر است؟

$$F = ma = (۱۵ + ۷۲) \times ۰/۶ = ۵۲/۲N$$



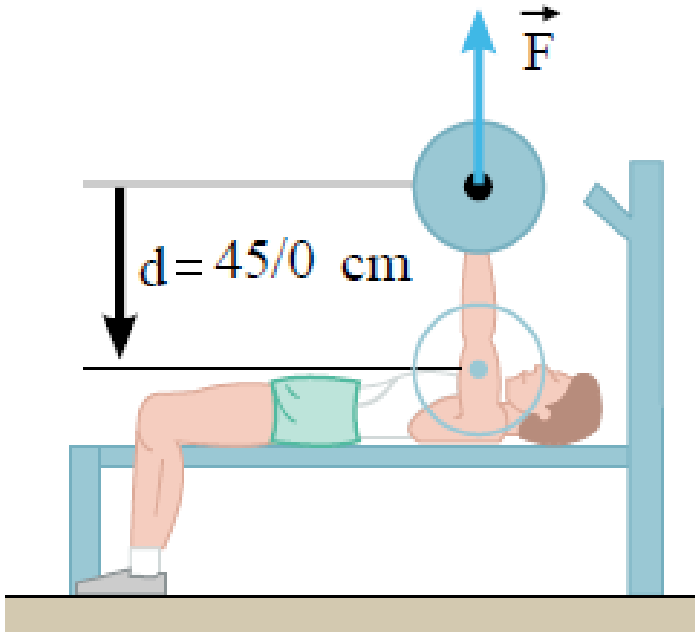
ب) اگر تخت $۱۰m$ در جهت این نیرو جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ را حساب کنید.

$$W = Fd = ۵۲/۲ \times ۱۰ = ۵۲۲\ J$$



-ورزشکاری وزنه‌ای به جرم $۶۵kg$ را به‌طور یکنواخت، $۴۵cm$ بالای سر خود می‌برد (شکل روبه‌رو). کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید. اندازهٔ شتاب گرانش زمین را $g = ۹٫۸ \frac{N}{kg}$ بگیرید.

چون وزنه را به طور یکنواخت بالای سر خود می برد یعنی تندی ثابت است و نیروی دست با وزن برابر است.



$$W = Fd\cos\theta = mgd_{\cos\theta}$$

$$W = ۶۵ \times ۹/۸ \times ۰/۴۵ \times ۱$$

$$W = ۲۸۶/۶\ J$$

-شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که جعبه‌ای را با نیروی ثابت $۲۰۰N$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز، به اندازهٔ $۱۰٫۰m$ جابه‌جا می‌کند.

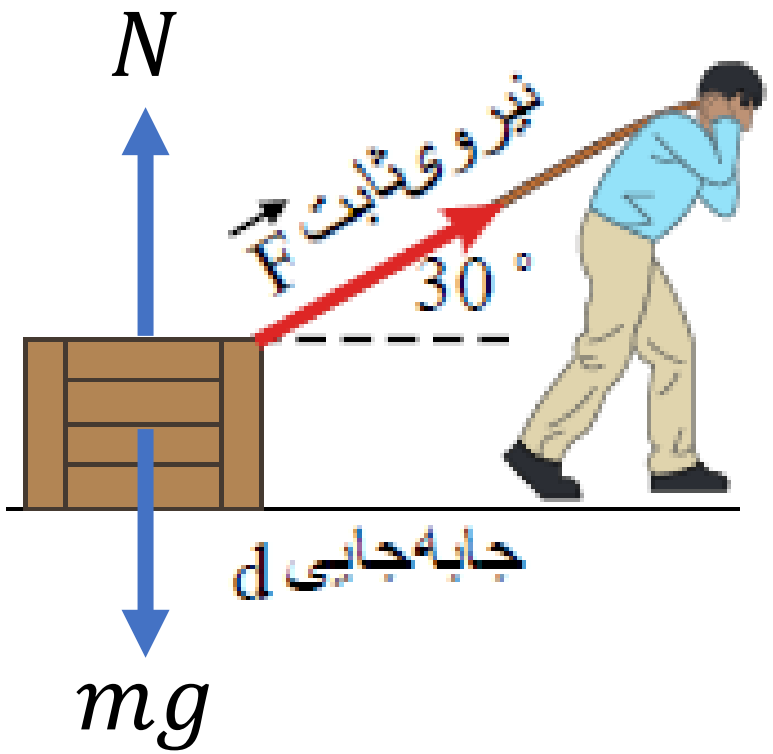
الف) کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$W = ۲۰۰ \times ۱۰ \times \cos ۳۰^\circ$$

$$W = ۱۷۳۲\ J$$

ب) نیروهای دیگری را که بر جسم وارد می‌شود مشخص کنید. کاری را که هر کدام از این نیروها روی جسم انجام می‌دهند حساب کنید.

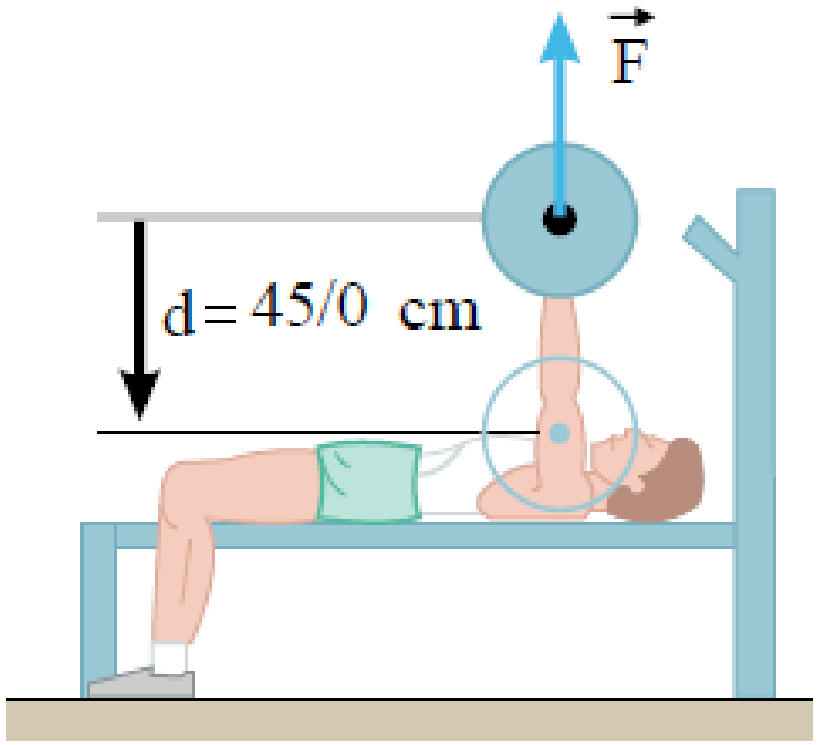


$$W = Fd\cos\theta$$

$$W_{mg} = W_N = mgd \times \cos^{90^\circ}$$

$$W = 0$$

–تمرین ۲ – ۳ را دوباره ببینید. کار انجام شده توسط ورزشکار را روی وزنه برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیروی $\vec{F}$، وزنه را به آرامی پایین می‌آورد (شکل روبه‌رو). توضیح دهید که در این دو حالت، چه تفاوتی بین مقادیر به‌دست آمده برای کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد.

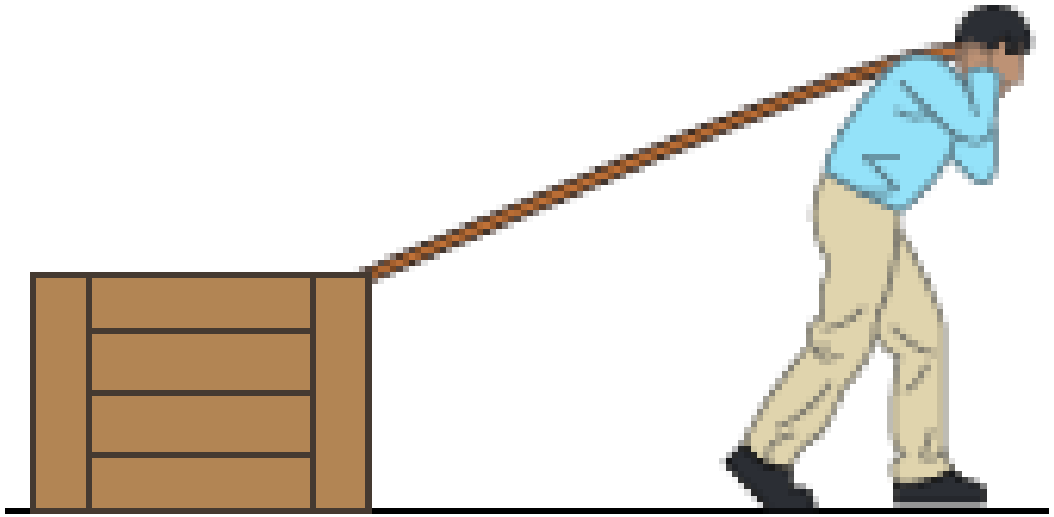


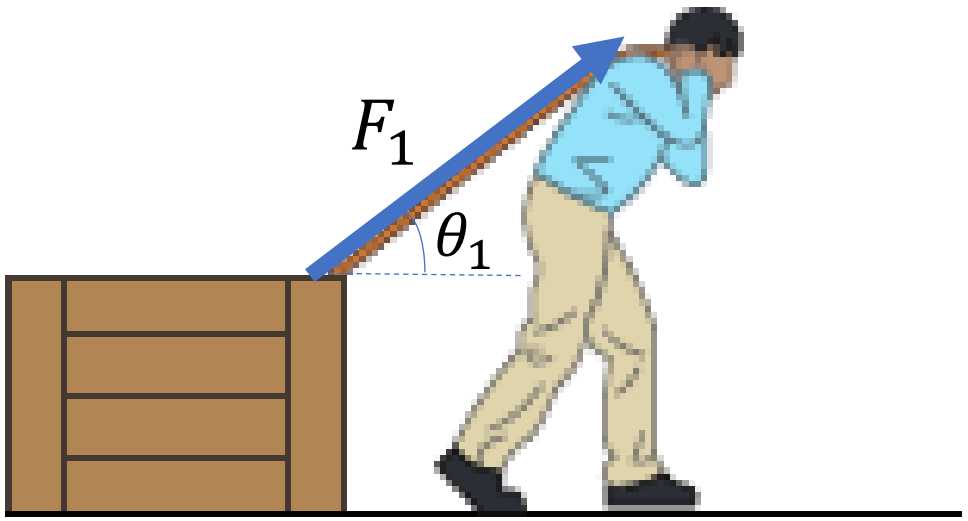
$$W = Fd\cos\theta = mgd_{\cos\theta}$$

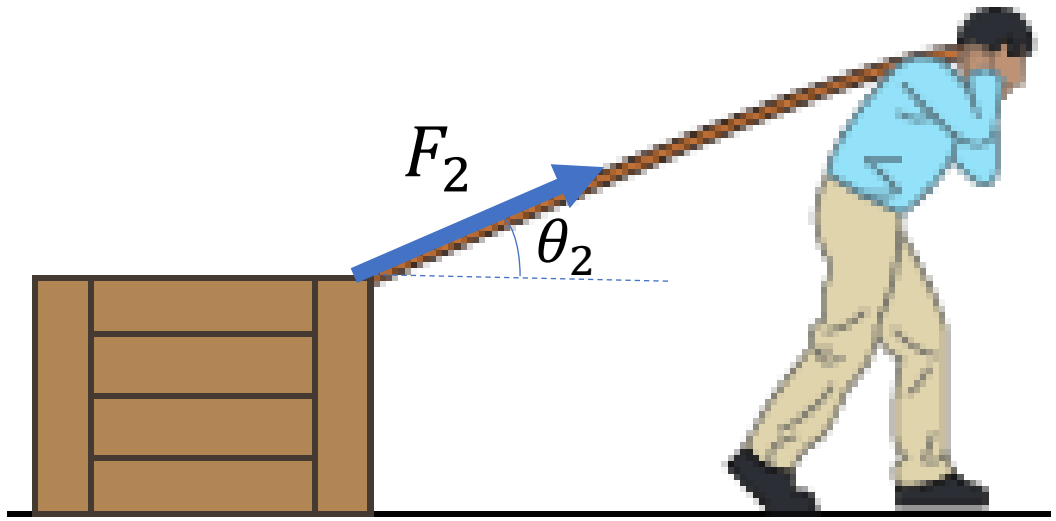
$$W = ۶۵ \times ۹/۸ \times ۰/۴۵ \times (-۱)$$

$$W = -۲۸۶/۶\ J$$

-شخصی جسمی را یک‌بار با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه‌جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت، شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیز فرض کنید.





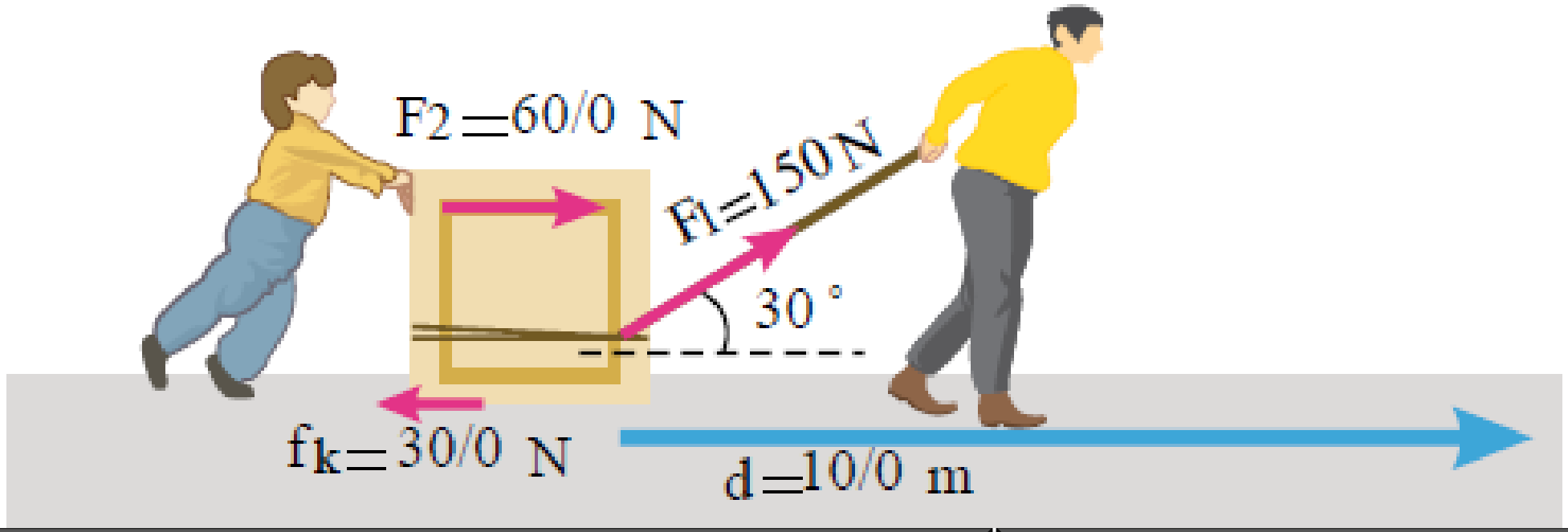


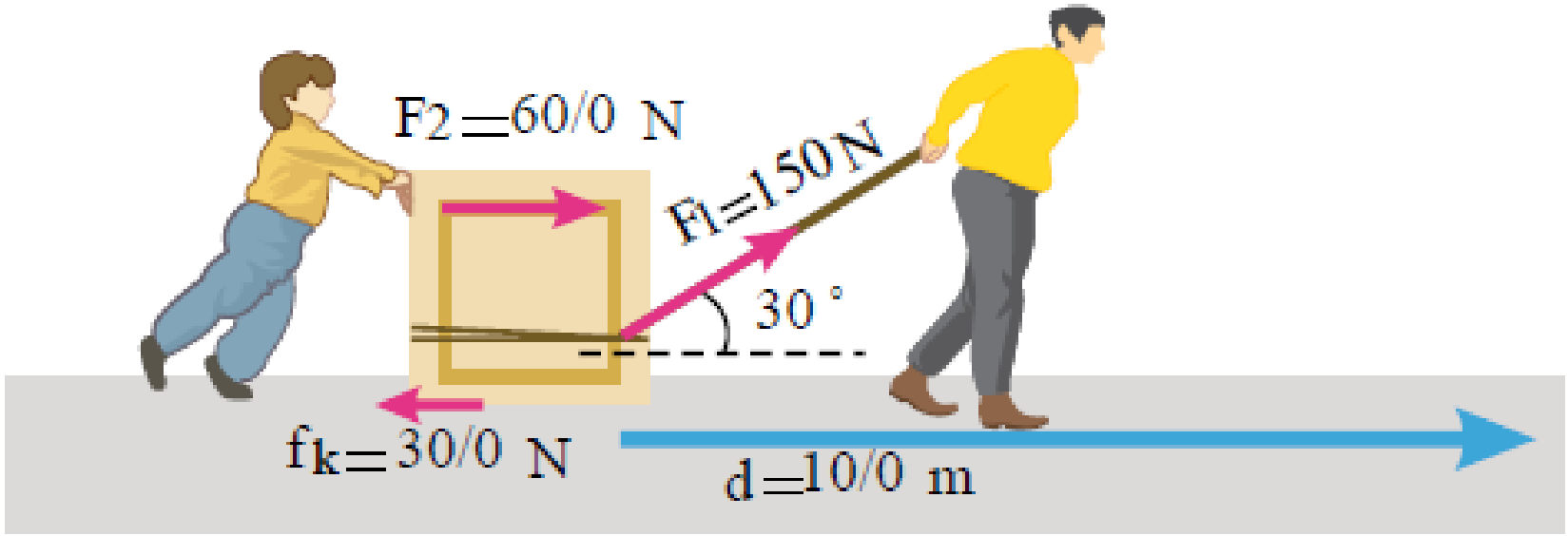
$$W_1 = W_2 \rightarrow F_1 d\cos\theta_1 = F_2 d\cos\theta_2$$

$$\rightarrow F_1\cos\theta_1 = F_2\cos\theta_2$$

$$\theta_1 > \theta_2 \rightarrow \cos\theta_1 < \cos\theta_2 \rightarrow F_1 > F_2$$

-شکل زیر پدر و پسری را در حال جابه‌جا کردن یک جعبهٔ سنگین روی سطحی هموار نشان می‌دهد. نیروی F_1 را پدر و نیروی F_2 را پسر به جسم وارد می‌کنند و f_k نیز نیروی اصطکاک جنبشی است که با حرکت جسم مخالفت می‌کند و درخلاف جهت جابه‌جایی به جعبه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی جسم را محاسبه کنید.





$$W_{mg} = W_N = 0$$

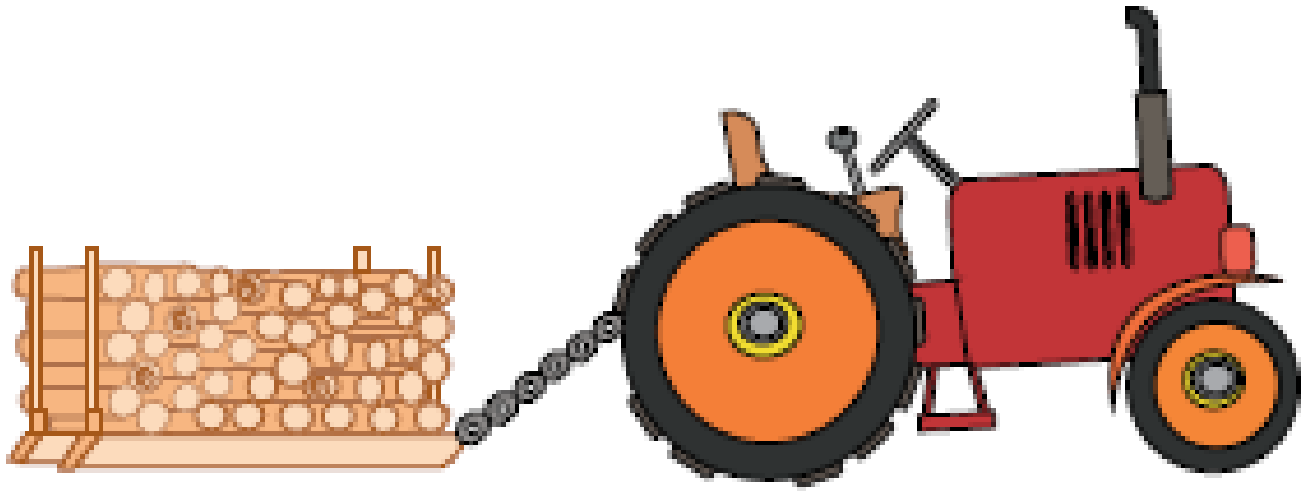
$$W_1 = F_1 d\cos\theta_1 = ۱۵۰ \times ۱۰ \times \cos ۳۰^\circ = ۱۳۰۰\ J$$

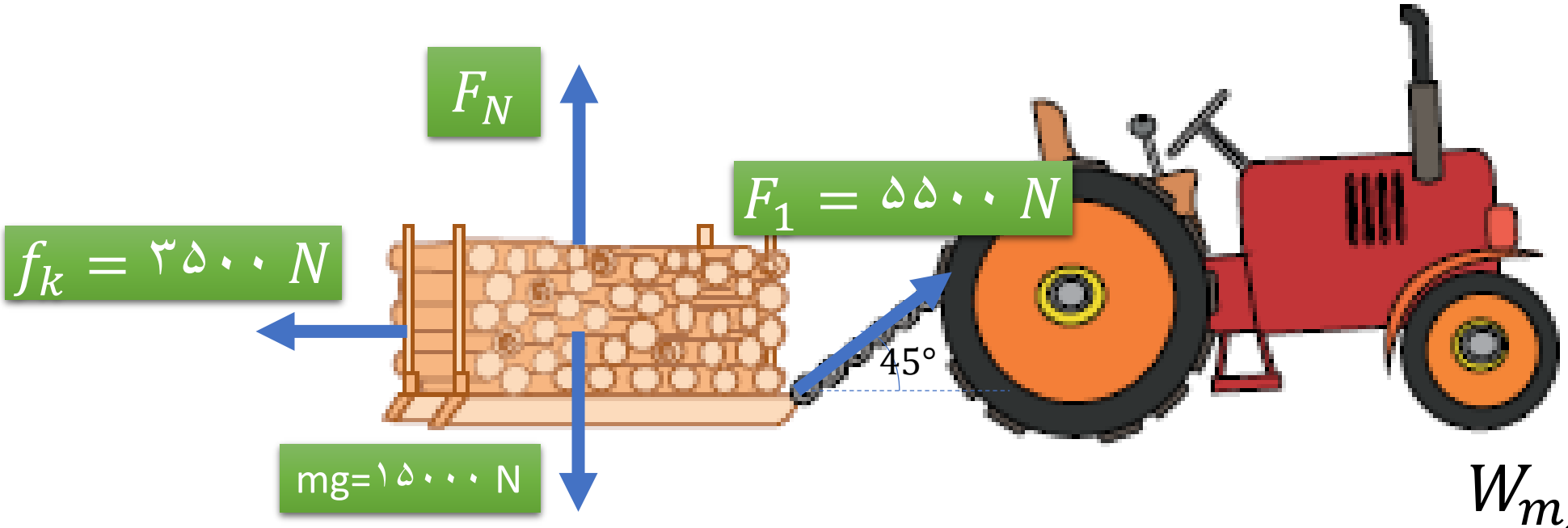
$$W_2 = F_2 d\cos\theta_2 = ۶۰ \times ۱۰ \times \cos ۰^\circ = ۶۰۰\ J$$

$$W_{f_k} = -f_k d = -۳۰ \times ۱۰ = -۳۰۰\ J$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_{f_k} + W_{mg} + W_N = ۱۶۰۰\ J$$

کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به اندازهٔ $۲۰۰m$ جابه‌جا می‌کند (شکل زیر). وزن کل سورتمه و بار آن $mg = ۱۵۰۰۰N$ است. تراکتور نیروی ثابت $F_۱ = ۵۵۰۰N$ را در زاویهٔ $\theta = ۴۵^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = ۳۵۰۰N$ است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را به دو روش محاسبه کنید.



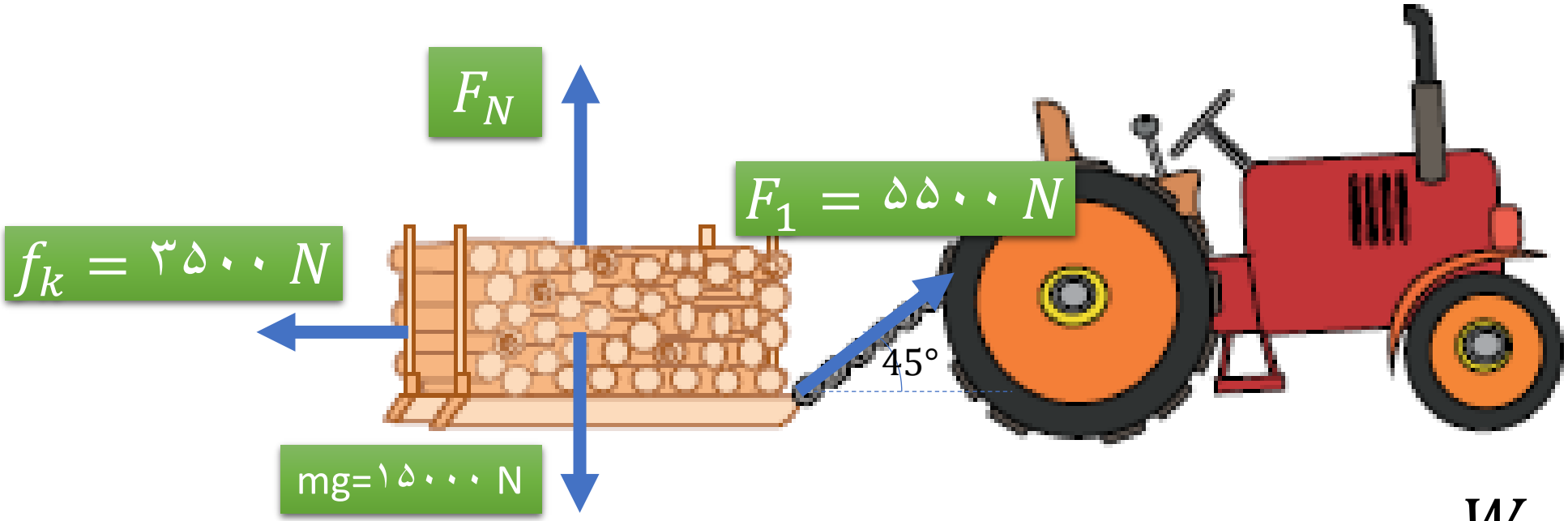


$$W_{mg} = W_N = 0$$

$$W_1 = F_1 d\cos\theta_1 = ۵۵۰۰ \times ۲۰۰ \times \cos ۴۵° = ۷۷۰۰۰۰\ J$$

$$W_{f_k} = -f_k d = -۳۵۰۰ \times ۲۰۰ = -۷۰۰۰۰۰\ J$$

$$W_T = W_1 + W_{f_k} + W_{mg} + W_{F_N} = ۷۰۰۰۰\ J$$



$$W_{mg} = W_N = 0$$

$$F_t = -f_k + F_1 cos^{۴۵°} = -۳۵۰۰ + ۵۵۰۰ \times ۰/۷ = ۳۵۰\ N$$

$$W_t = F_t d cos\theta = ۳۵۰ \times ۲۰۰ \times ۱ = ۷۰۰۰۰\ J$$

–توپ فوتبالی به جرم $۴۵۰g$ از نقطهٔ پنالتی با تندی $۲۰/۰\frac{m}{s}$ به طرف دروازه شوت می‌شود (شکل روبه‌رو). توپ با تندی $۱۸/۰\frac{m}{s}$ به دستان دروازه‌بان برخورد می‌کند. کار کل انجام‌شده روی توپ را که سبب کاهش تندی آن شده است محاسبه کنید.

$$W_t = \Delta K = \frac{۱}{۲} m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$= \frac{۱}{۲} \times ۰/۴۵ \times (۳۲۴ - ۴۰۰) = -۱۷/۱\ J$$

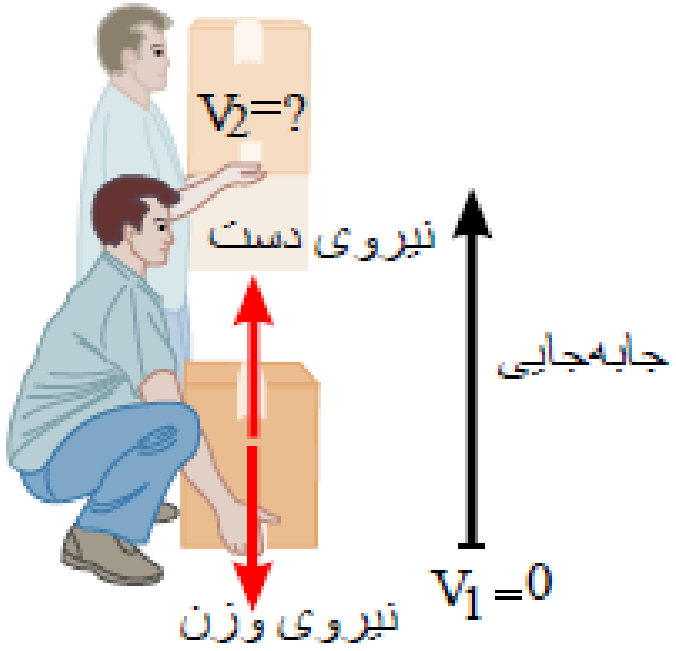
–چتربازی به جرم کل $۷۵٫۰kg$، از بالونی که در ارتفاع $۸۰۰m$ از سطح زمین است، با تندی $۱٫۲۰\frac{m}{s}$ به بیرون بالون می‌پرد. اگر او با تندی $۴٫۸۰\frac{m}{s}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا روی چترباز را در طول مسیر سقوط محاسبه کنید. شتاب گرانش زمین را $۹٫۸۰\frac{m}{s^۲}$ بگیرید.

$$W_t = \Delta K = \frac{۱}{۲}m(v_2^2 - v_1^2) = W_{\text{وزن}} + W_{\text{مقاومت هوا}}$$

$$W_t = \frac{۱}{۲} \times ۷۵ \times \left(۴/۸^۲ - ۱/۲^۲\right) = mgh + W_{\text{مقاومت هوا}}$$

$$W_{\text{مقاومت هوا}} = ۸۱۰ - ۵۸۸۰۰۰ = -۵۸۷۱۹۰\ J$$

-شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت $۵۰N$، جعبه‌ای به جرم $۱kg$ را از حال سکون در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند.الف) کار انجام‌شده توسط شخص و کار انجام‌شده توسط نیروی وزن را روی جعبه در ارتفاع $۱/۵m$ به‌طور جداگانه حساب کنید.

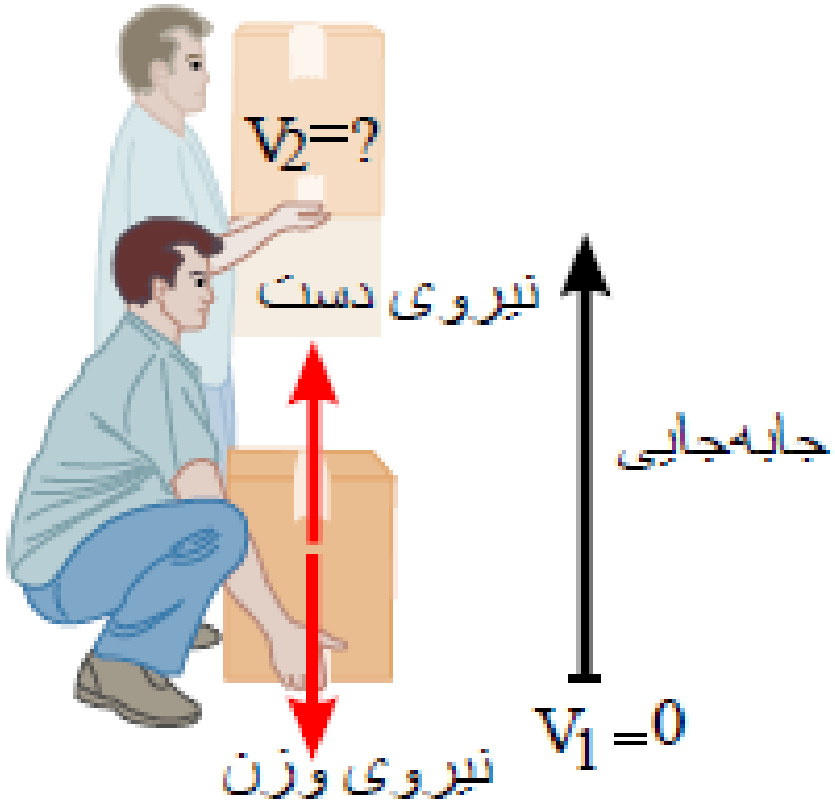


$$W_F = Fd\cos\theta = ۵۰ \times ۱/۵ \times ۱ = ۷۵\ J$$

$$W_{\text{وزن}} = mgh = ۱ \times ۱۰ \times -۱/۵$$

$$W_{\text{وزن}} = -۱۵$$

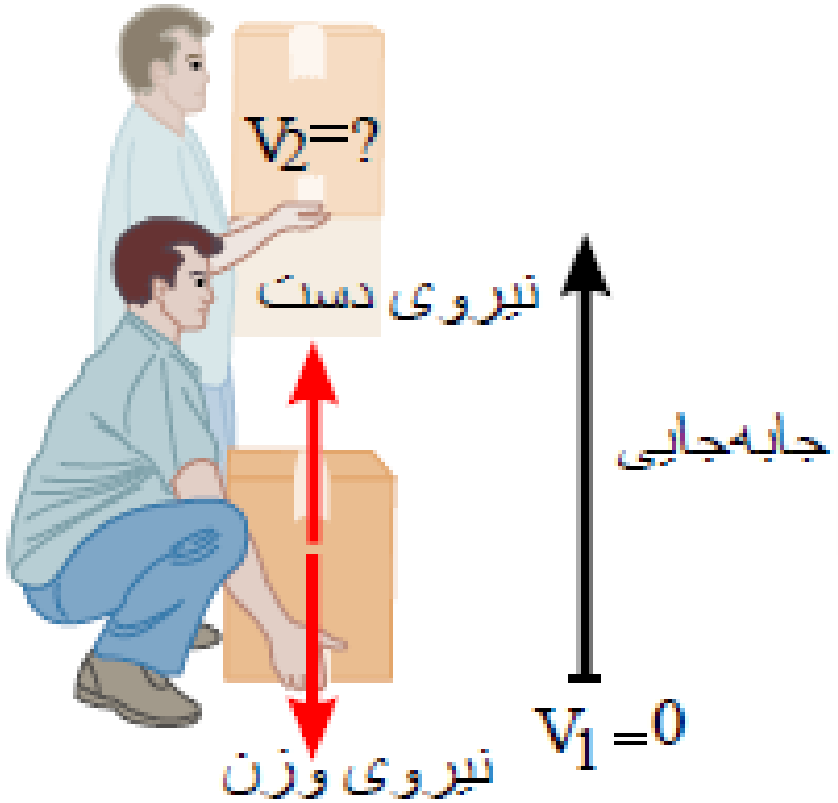
ب) کار کل انجام‌شده روی جعبه تا ارتفاع $۱٫۵m$ چقدر است؟



$$W_T = W_F + W_{\text{وزن}} = ۶۰\,J$$

پ) با استفاده از قضیهٔ کار – انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع $۱/۵m$ حساب کنید.

$$W_T = W_F + W_{\text{وزن}} = ۶۰\ J$$



$$W_t = \Delta K = \frac{۱}{۲} m \left(v_۲^۲ - v_۱^۲ \right) = ۶۰$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۱ \times \left(v_۲^۲ - ۰^۲ \right) = ۶۰$$

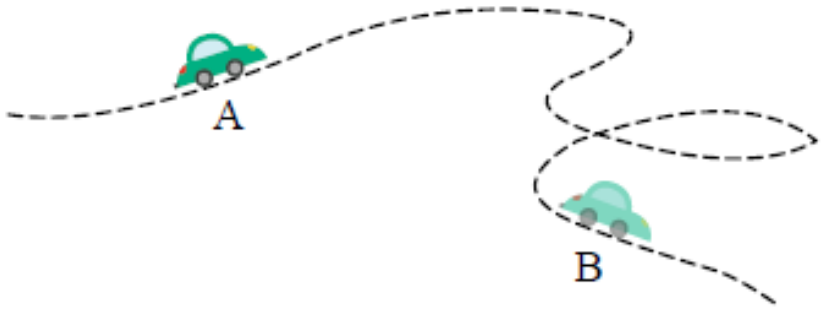
$$v = ۱۰/۹۵\ \frac{m}{s}$$

–جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش $۸۴۰kg$ است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کُل انجام‌شده روی خودرو $۷۳۵۰۰J$ است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر $۵۴٫۰\frac{km}{h}$ باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

$$W_t = \Delta K = \frac{۱}{۲}m\left(v_۲^۲ - v_۱^۲\right) = ۷۳۵۰۰$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times \left(v_۲^۲ - ۱۵^۲\right) = ۷۳۵۰۰$$

$$v_۲^۲ = ۴۰۰ \rightarrow v_۲ = ۲۰\ \frac{m}{s}$$



-دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده، دارای جرم‌های m و $۲m$، روی دریاچهٔ افقی و بدون اصطکاکی قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل روبه‌رو). هردو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصلهٔ d می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، باهم مقایسه کنید.

از حال سکون $\rightarrow K_۱ = K'_۱ = ۰$

$$W_t = F_t d\cos\theta = Fd = \Delta K_۱ = \Delta K'_۱$$

$\rightarrow K_۲ = K'_۲$

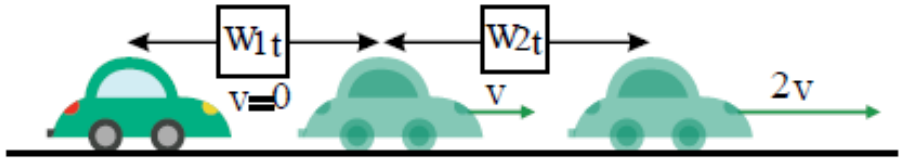
-دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده، دارای جرم‌های m و $۲m$، روی دریاچهٔ افقی و بدون اصطکاکی قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل روبه‌رو). هردو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصلهٔ d می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، باهم مقایسه کنید.

$$K_۲ = K'_۲$$

$$\rightarrow \frac{۱}{۲} m v_۲^۲ = \frac{۱}{۲} (۲m) v'^۲$$

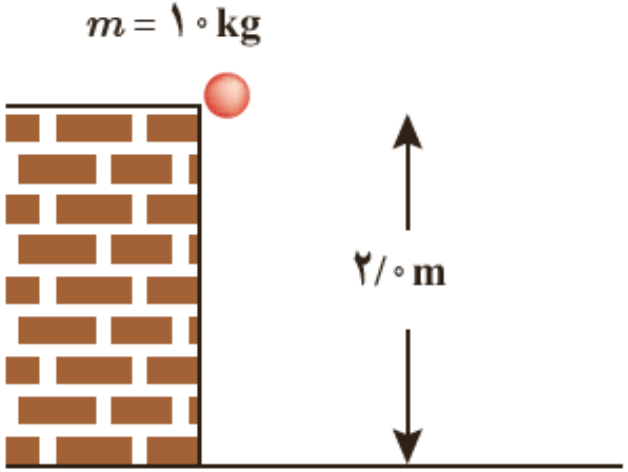
$$\rightarrow v_۲^۲ = ۲ v'^۲ \rightarrow v_۲ = v' \sqrt{۲}$$

–برای آن‌که تندی خودرویی از حال سکون به v برسد، باید کار کل $W_{۱t}$ روی آن انجام شود. همچنین برای آن‌که تندی خودرو از v به $۲v$ برسد، باید کار کل $W_{۲t}$ روی آن انجام شود (شکل زیر). نسبت $\frac{W_{۱t}}{W_{۲t}}$ چقدر است؟



$$\frac{W_{۱t}}{W_{۲t}} = \frac{\Delta K_{۱}}{\Delta K_{۲}} = \frac{v^{۲} - ۰}{(۲v)^{۲} - v^{۲}} = \frac{v^{۲}}{۳v^{۲}} = \frac{۱}{۳}$$

مثال ۳ــ ۸



جسمی به جرم ۱۰kg از ارتفاع ۲/۰m سقوط می‌کند و به زمین می‌رسد. کار نیروی وزن جسم را در این مسیر، (الف) با استفاده از رابطهٔ $W=(F\cos\theta)\,d$ و (ب) با استفاده از رابطهٔ ۳ــ۶ محاسبه کنید.

$$W_{mg} = -\Delta U = mg\Delta h = ۱۰ \times ۹/۸ \times ۲ \approx ۲۰۰\ J$$

برای تعیین علامت کار نیروی وزن، همیشه اگر جسم به سمت پایین بیاید کار نیروی وزن مثبت و اگر به سمت بالا برود کار نیروی وزن منفی است.

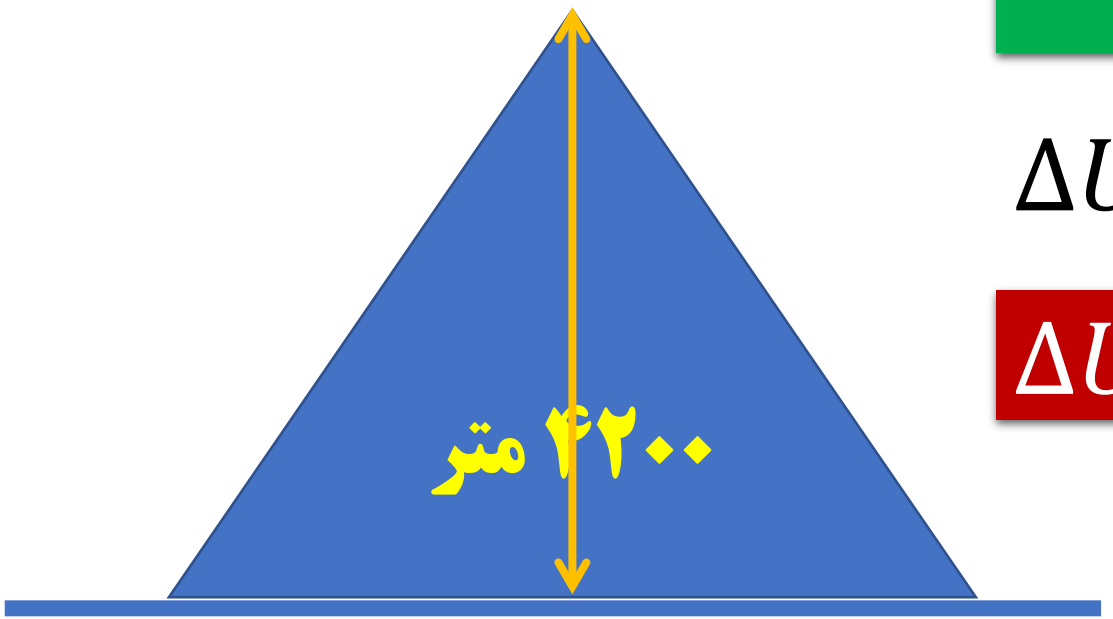
–برای جسمی به جرم m که رو به بالا حرکت می‌کند و از سطح زمین دور می‌شود نشان دهید کار نیروی وزن، همچنان از رابطهٔ ۲ – ۶ به‌دست می‌آید. فرض کنید که جسم به اندازهٔ کافی نزدیک به سطح زمین بماند به گونه‌ای که وزن آن ثابت باشد.

$$W_{mg} = mgd\cos\theta = -mg\Delta h$$

$$U = mgh \rightarrow \Delta U = mg\Delta h$$

$$\rightarrow W_{mg} = -\Delta U$$

-شکل زیر، کوه‌نوردی به جرم $۷۲٫۰kg$ را نشان می‌دهد که در حال صعود به قلهٔ زردکوه بختیاری به ارتفاع $۴۲۰۰m$ از سطح آزاد دریاست. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی کوه‌نورد در ۱۲۰۰ متری پایان ارتفاع صعود چقدر است؟ مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را (الف) سطح دریا و (ب) قلهٔ کوه بگیرید. $(g = ۹٫۸\frac{m}{s^۲})$



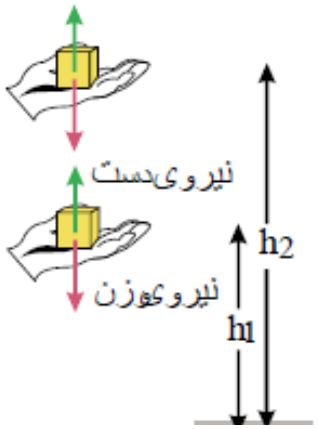
$$\Delta U = mg\Delta h$$

$$\Delta U = ۷۲ \times ۹/۸ \times (۴۲۰۰ - ۳۰۰۰)$$

$$\Delta U = ۷۲ \times ۹/۸ \times (۰ - (-۱۲۰۰))$$

$$= ۸۵۶۷۲۰\ J$$

–جسم ساکنی به جرم m را مانند شکل روبه‌رو، با دستمال از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 می‌بریم و دوباره به حالت سکون می‌رسانیم. با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، کار نیروی دست را در این جابه‌جایی محاسبه کنید.



$$W_t = \Delta K = 0 \rightarrow W_{mg} + W_{\text{نیروی دست}} = 0$$

$$\rightarrow W_{\text{نیروی دست}} = -W_{mg} = mg\Delta h = mg(h_2 - h_1)$$

–انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هواپیمای مسافربری به جرم $۷٫۵۰ \times ۱۰^{۴} kg$ که با تندی $۸۶۴ \frac{km}{h}$ در ارتفاع $۹٫۶۰ \times ۱۰^{۳} m$ حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را باهم مقایسه کنید.

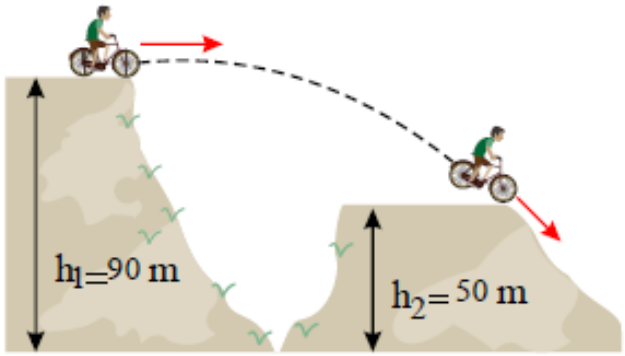
$$v = ۸۶۴ \frac{km}{h} \times \frac{۱ h}{۳۶۰۰ s} \times \frac{۱۰۰۰ m}{۱ km} = ۲۴۰ \frac{m}{s}$$

$$K = \frac{۱}{۲} m v^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۷/۵ \times ۱۰^{۴} \times ۲۴۰^{۲} = ۲/۱۶ \times ۱۰^{۹} J$$

$$U = mgh = ۷/۵ \times ۱۰^{۴} \times ۹/۸ \times ۹/۶ \times ۱۰^{۳}$$

$$U = ۷/۰۵ \times ۱۰^{۹} J \rightarrow U > K$$

–جرم موتور سواری با موتورش $۱۵۰kg$ است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد.الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار را روی هریک از تپه‌ها حساب کنید $(g = ۹٫۸\frac{m}{s^۲})$.



ب) کار نیروی وزن موتورسوار را در این جابه‌جایی به‌دست آورید.

$$U_۱ = mgh_۱ = ۱۵۰ \times ۹/۸ \times ۹۰ = ۱۳۲۳۰۰\ J$$

$$U_۲ = mgh_۲ = ۱۵۰ \times ۹/۸ \times ۵۰ = ۷۳۵۰۰\ J$$

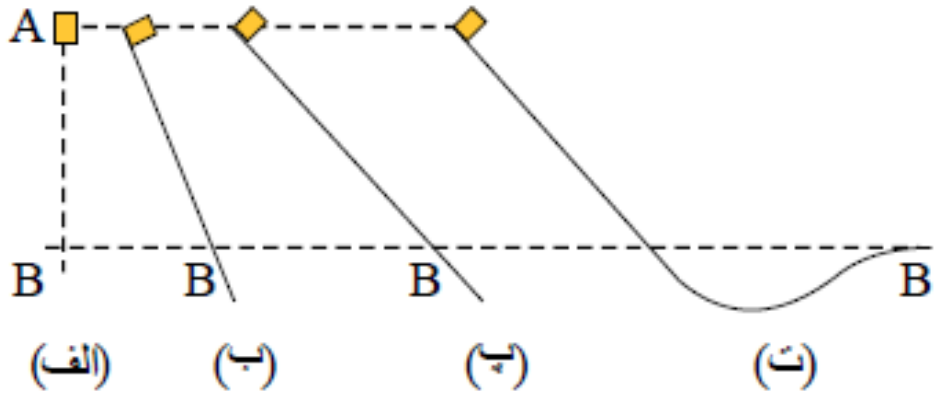
$$W_{mg} = -\Delta U = U_۱ - U_۲ = ۱۳۲۳۰۰ - ۷۳۵۰۰ = ۵۸۸۰۰\ J$$

–شکل روبه‌رو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی نشان می‌دهد. در وضعیت الف، جسم از حال سکون سقوط می‌کند و در سه وضعیت دیگر جسم از حال سکون روی مسیری بدون اصطکاک و رو به پایین حرکت می‌کند. تندی جسم را در نقطهٔ B برای هر چهار وضعیت باهم مقایسه کنید.

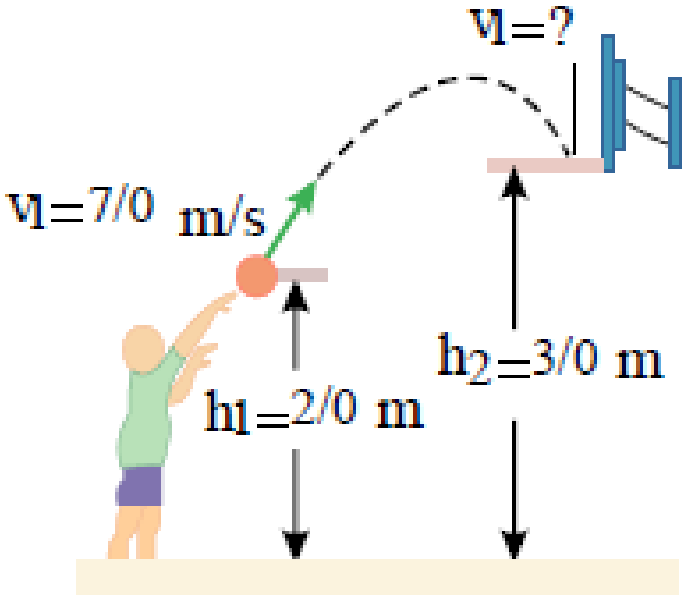
$$E_A = E_B \rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$U_A = K_B \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$



-شکل روبه‌رو ورزشکاری را درحال پرتاب توپ بسکتبالی با تندی $v_۱ = ۷/۲ \frac{m}{s}$ به طرف سبد نشان می‌دهد. تندی توپ هنگام رسیدن به دهانهٔ سبد چقدر است؟ مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.



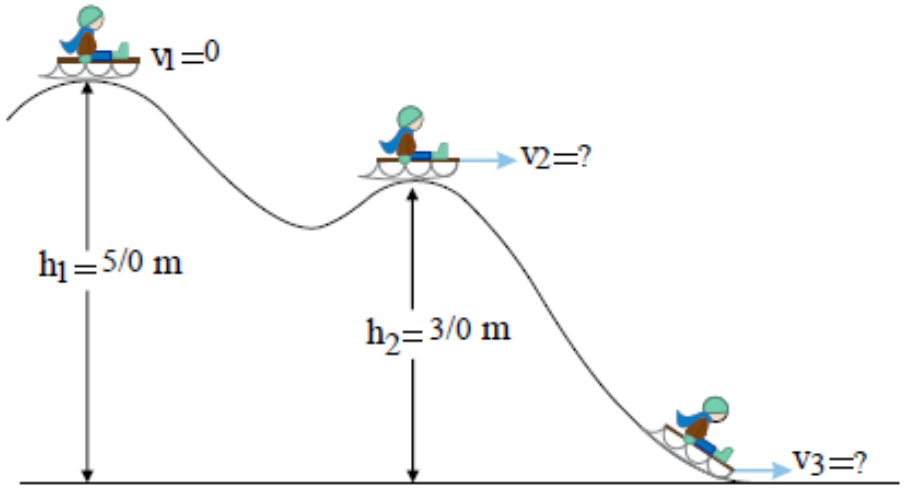
$$E_۱ = E_۲ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۷^۲ + ۹/۸ \times ۲ = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + ۹/۸ \times ۳$$

$$۲۴/۵ + ۱۹/۶ = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + ۲۹/۴ \rightarrow v_۲ = ۵/۴ \frac{m}{s}$$

–سورتمه‌سواری از ارتفاع $h_1 = ۵/۰ m$ بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند.الف) تندی سورتمه را در ارتفاع h_2 به‌دست آورید.



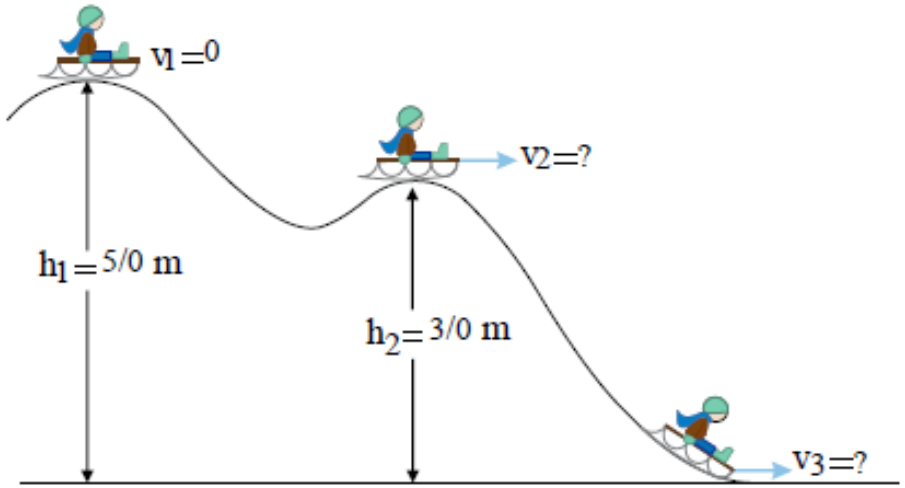
ب) تندی سورتمه را هنگامی‌که به سطح زمین می‌رسد پیدا کنید. مقاومت هوا را هنگام حرکت سورتمه نادیده بگیرید.

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۰^۲ + ۹/۸ \times ۵ = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + ۹/۸ \times ۳ \rightarrow v_۲ = ۶/۳ \frac{m}{s}$$

–سورتمه‌سواری از ارتفاع $h_۱ = ۵/۰ m$ بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند.الف) تندی سورتمه را در ارتفاع $h_۲$ به‌دست آورید.



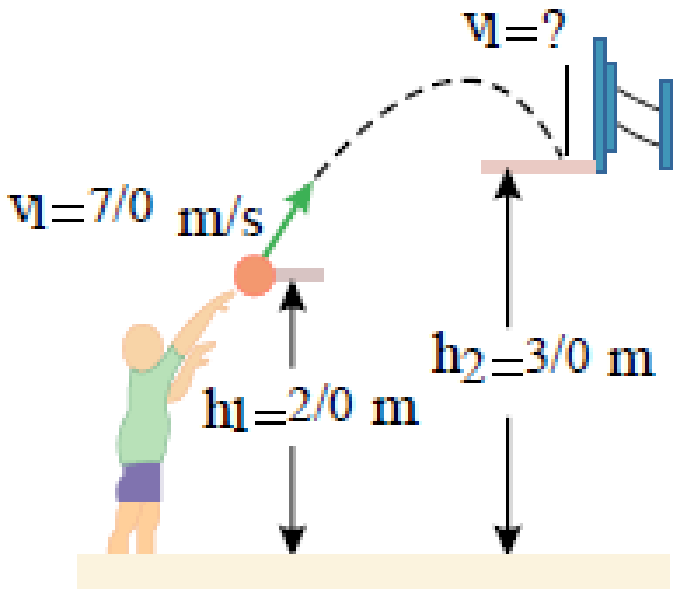
ب) تندی سورتمه را هنگامی‌که به سطح زمین می‌رسد پیدا کنید. مقاومت هوا را هنگام حرکت سورتمه نادیده بگیرید.

$$E_۱ = E_۳ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۳ + U_۳$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۳^۲ + mgh_۳$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۰^۲ + ۹/۸ \times ۵ = \frac{۱}{۲}v_۳^۲ + ۹/۸ \times ۰ \rightarrow v_۳ = ۹/۹ \frac{m}{s}$$

–در مثال ۲ – ۱۲، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در ارتفاع $h_۱$ بگیرید و بر این اساس تندی توپ را هنگام رسیدن به دهانهٔ سبد حساب کنید.



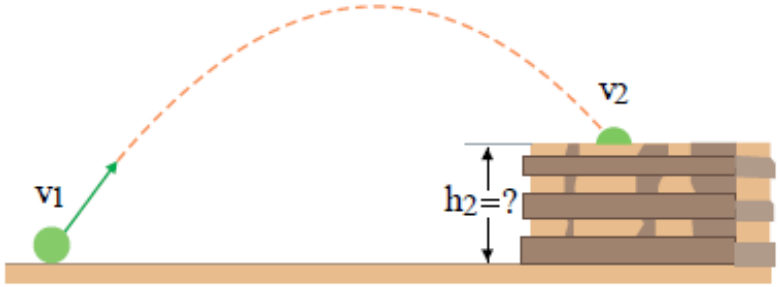
$$E_۱ = E_۲ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۷^۲ + ۹/۸ \times ۰ = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + ۹/۸ \times ۱$$

$$۲۴/۵ = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + ۹/۸ \rightarrow v_2 = ۵/۴ \ \frac{m}{s}$$

-توپی مطابق شکل از سطح زمین با تندی $v_۱ = ۴۰\frac{m}{s}$ به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود. اگر توپ با تندی $v_۲ = ۲۵\frac{m}{s}$ به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع $h_۲$ را به‌دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرک توپ نادیده بگیرید.



$$E_۱ = E_۲ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۴۰^۲ + ۹/۸ \times ۰ = \frac{۱}{۲}۲۵^۲ + ۹/۸ \times h_۲ \rightarrow h_۲ = ۴۹/۷\ m$$

-شخصی توپ در حال حرکتی را با دست خود می‌گیرد (شکل روبه‌رو). پس از توقف توپ، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟

جواب:

انرژی جنبشی توپ صرف افزایش انرژی درونی توپ و دست شده است.

-از بالونی که در ارتفاع ۵۰ متری سطح زمین و با تندی $۴/۰ \frac{m}{s}$ در پرواز است، بسته‌ای به جرم $۳۰kg$ رها می‌شود و با تندی $۲۵ \frac{m}{s}$ به زمین برخورد می‌کند. کار انجام‌شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته را از لحظهٔ رها شدن تا هنگام رسیدن به زمین حساب کنید.

$$W_f = E_۲ - E_۱ = mgh_۲ + \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - mgh_۱ - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲$$

$$W_f = mg(h_۲ - h_۱) + \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$۳۰ \times ۹/۸ \times -۵۰ + \frac{۱}{۲} \times ۳۰ \times (۲۵^۲ - ۴^۲)$$

$$W_f = -۱۴۷۰۰ + ۹۱۳۵ = -۵۵۶۵\ J$$

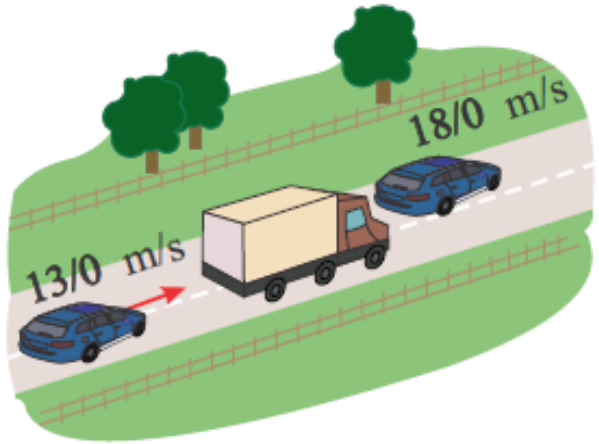
–توپی به جرم $۰/۴۵kg$ با تندی $v_۱ = ۸/۰ \frac{m}{s}$ از نقطهٔ A می‌گذرد (شکل روبه‌رو). نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی توپ را تا رسیدن به نقطهٔ B تلف می‌کنند. تندی توپ را در این نقطه به‌دست آورید.

$$W_f = E_B - E_A = \frac{۱}{۲}mv_B^۲ - \frac{۱}{۲}mv_A^۲ = -\frac{۲۰}{۱۰۰}\frac{۱}{۲}mv_A^2$$

$$v_B^۲ - v_A^۲ = -\frac{۲۰}{۱۰۰}v_A^۲ \rightarrow v_B^۲ = \frac{۸۰}{۱۰۰}v_A^۲ = \frac{۴}{۵} \times ۶۴ = ۵۱/۲$$

$$v_B = ۷/۲ \frac{m}{s}$$

–شکل روبه‌رو خودرویی به جرم $۱۳۰۰kg$ را نشان می‌دهد که برای سبقت گرفتن از کامیونی، در مسیری افقی و در مدت $۳٫۰s$ تندی خود را از $v_۱ = ۱۳٫۰\frac{m}{s}$ به $v_۲ = ۱۸٫۰\frac{m}{s}$ تغییر داده است. توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار، دست کم چقدر باید باشد؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.



$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{\Delta K}{t} = \frac{\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)}{t} = \frac{\frac{۱}{۲} \times ۱۳۰۰ \times (۱۸^۲ - ۱۳^۲)}{۳} = ۳۳۵۸۳\ W$$

-جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن $۵۰۰kg$ است (شکل روبه‌رو). اگر این بالابر در مدت $۱۰s$ از طبقهٔ همکف به طبقهٔ دوم در ارتفاع $۶٫۰m$ برود، توان متوسط موتور این بالابر چند اسب بخار است؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{mg\Delta h}{t} = \frac{۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۶}{۱۰} = ۲۹۴۰\ W$$

$$\bar{P} = ۲۹۴۰\ W \times \frac{۱\ hp}{۷۴۶\ W} = ۳/۹۴\ hp$$

–هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پیشرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $۲٫۰ \times ۱۰^{۵} N$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه $۱۵km$ در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{Fd\cos\theta}{t} = \frac{۲ \times ۱۰^{۵} \times ۱۵ \times ۱۰^{۳} \times ۱}{۶۰} = ۵ \times ۱۰^{۷}\ W$$

$$\bar{P} = ۵ \times ۱۰^{۷}\ W \times \frac{۱\ hp}{۷۴۶\ W} = ۶/۷ \times ۱۰^{۴}\ hp$$

-تلمبه‌ای با توان ورودی $۱۵kW$ در هر ثانیه ۷۰ لیتر آب دریاچه‌ای به چگالی $۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ را مطابق شکل روبه‌رو تا ارتفاع ۱۵ متری مخزنی می‌فرستد. بازده تلمبه چند درصد است؟

پاسخ در صفحه بعدی

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{mg\Delta h}{Pt} \times ۱۰۰ = \frac{\rho V g \Delta h}{Pt} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۱۰۰۰ \times ۷۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۹/۸ \times ۱۵}{۱۵۰۰۰ \times ۱} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده بر حسب درصد} = ۶۸/۶$$

-آب ذخیره‌شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از مسیری مطابق شکل روی پره‌های توبینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل روبه‌رو). اگر ۸۵ درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به $۲۰۰MW$ برسد؟ جرم هر متر مکعب آب را $۱۰۰۰kg$ در نظر بگیرید.

پاسخ در صفحه بعدی

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰ = ۸۵$$

$$\frac{۸۵}{۱۰۰} = \frac{Pt}{mg\Delta h} \rightarrow m = \frac{Pt \times ۱۰۰}{g\Delta h \times ۸۵}$$

$$= \frac{۲۰۰ \times ۱۰^{۶} \times ۱ \times ۱۰۰}{۹/۸ \times ۹۰ \times ۸۵} \simeq ۲/۶ \times ۱۰^{۵} kg$$

$$m = ۲/۶ \times ۱۰^{۵} kg = \rho \times V \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = ۲۶۰\ m^3$$

-مدت زمانی را که طول می‌کشد تا با دویدن به بالای یک راه‌پله برسید اندازه بگیرید. آهنگ انجام این کار را محاسبه کنید. پاسخ خود را برحسب وات و اسب بخار بیان کنید.

با فرض ۱۰ پله به ارتفاع هر پله ۳۰ سانتی متر که برابر ۳ متر ارتفاع می شود و شخصی به جرم ۸۰ کیلوگرم در مدت ۳۰ ثانیه این پله ها را طی کند داریم:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mg\Delta h}{۶۰} = \frac{۸۰ \times ۹/۸ \times ۳}{۳۰} = ۷۸/۴\ W = ۰/۱\ hp$$

-تقریباً بیش‌تر شهاب‌سنگ‌هایی که وارد جوّ زمین می‌شوند به دلیل اصطکاک زیاد با ذرات تشکیل‌دهندهٔ جوّ، به دمای بالایی می‌رسند و می‌سوزند. شکل روبه‌رو شهاب سنگی به جرم $۱/۴ \times ۱۰^{۵} kg$ را نشان می‌دهد که تندی $۴/۰ \frac{km}{s}$ وارد جوّ زمین شده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ را به‌دست آورید. این انرژی را با انرژی جنبشی یک هواپیمای مسافربری به جرم $۷/۲ \times ۱۰^{۴} kg$ که با تندی $۲۵۰ \frac{m}{s}$ در حرکت است مقایسه کنید.

$$K_1 = \frac{۱}{۲} m_۱ v_۱^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۱/۴ \times ۱۰^{۵} \times ۴۰۰۰^{۲} = ۱/۱۲ \times ۱۰^{۱۲} J$$

$$K_۲ = \frac{۱}{۲} m_۲ v_۲^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۷/۲ \times ۱۰^{۴} \times ۲۵۰^{۲} = ۲/۲۵ \times ۱۰^{۹} J$$

$$\rightarrow K_1 > K_2$$

–حدود ۵۰۰۰۰ سال پیش شهاب‌سنگی در نزدیک آریزونای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله‌ای بزرگ از خود به‌جای گذاشته است (شکل روبه‌رو). با اندازه‌گیری‌های جدید (۲۰۰۵ میلادی) برآورد شده است که جرم این شهاب‌سنگ حدود $۱٫۴۰ \times ۱۰^{۸} kg$ بوده و با تندی $۱۲٫۰ \frac{km}{s}$ به زمین برخورد کرده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ هنگام برخورد به زمین چقدر بوده است؟ (خوب است بدانید انرژی آزادشده توسط هر تُن TNT تقریباً برابر $۴٫۲ \times ۱۰^{۹} J$ است.)

$$K_{۱} = \frac{۱}{۲} mv^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۱/۴ \times ۱۰^{۸} \times ۱۲۰۰۰^{۲} = ۱۰۱ \times ۱۰^{۱۴} J$$

–در شکل‌های (الف) و (ب) جرم ارابه‌ها یکسان است. برای این‌که تندی ارابه‌ها از صفر به مقدار معین v برسد، کار انجام‌شده در هر دو حالت را باهم مقایسه کنید.

(ب) (الف)

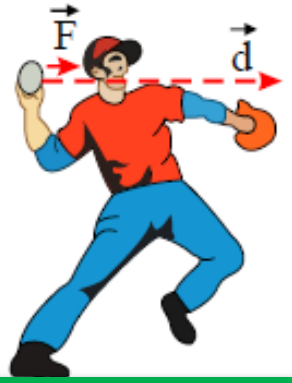
$$W_t = \Delta K = K_۲ - K_۱ = K_۲ = \frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$\rightarrow W_{t_۱} = \frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$\rightarrow W_{t_۲} = \frac{۱}{۲}(۲m)v^۲ = mv^۲$$

$$\rightarrow W_{t_۲} = ۲W_{t_۱}$$

-ورزشکاری سعی می‌کند توپ بیسبالی به جرم $۱۵۰g$ را با بیش‌ترین تندی ممکن پرتاب کند. به این منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی $F = ۷۵٫۰N$ تا لحظهٔ پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی $(d = ۱٫۵m)$ بر آن وارد می‌کند (شکل روبه‌رو). تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدر است؟



$$W_t = Fdcos\theta = ۷۵ \times ۱/۵ \times ۱ = \Delta K = K_۲ - K_۱ = K_۲$$

$$= \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱۵ \times v_۲^۲ \rightarrow v_۲^۲ = ۱۵۰۰ \rightarrow v = ۳۸/۷ \frac{m}{s}$$

-آیا کار کل انجام شده بر یک جسم در یک جابه‌جایی می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید.

$$W_t = \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$W_t < 0 \rightarrow v_2 < v_1$$

بله, اگر کار کل منفی باشد یعنی تندی جسم کاهش پیدا کرده است. مانند زمانی که یک خودرو ترمز کرده است.

–برای آن‌که نیروی خالصی، بتواند تندی جسم را از صفر به v برساند باید مقدار کار W را روی آن انجام دهد. اگر قرار باشد تندی این جسم از صفر به $۳v$ برسد کاری که روی جسم باید انجام شود چند برابر W است؟

$$W = \Delta K = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲}m\left(v_۲^۲ - v_۱^۲\right) = \frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$W' = \Delta K' = K'_۲ - K'_۱ = \frac{۱}{۲}m(۳v)^۲ = \frac{۹}{۲}mv^۲$$

$$\rightarrow \frac{W'}{W} = ۹$$

-اگر مطابق شکل روبه‌رو سطلی را در دست نگه دارید، آیا نیروی دست شما هنگامی‌که با تندی ثابت در مسیر افقی قدم می‌زنید روی سطل کاری انجام می‌دهد؟ اگر تندی حرکت شما در طول مسیر کم و زیاد شود چطور؟ پاسخ خود را در هر مورد توضیح دهید.

خیر, چون تغییر انرژی جنبشی سطل صفر است پس کار کل صفر است و تنها نیرویی که می تواند روی سطل کاری انجام دهد دست ماست پس کار نیروی دست صفر است.

بله, چون انرژی جنبشی تغییر می کند پس کار کل مخالف صفر است و چون تنها نیرویی که می تواند روی سطل کار انجام بدهد نیروی دست ماست پس کار نیروی دست مخالف صفر است. کار نیروی وزن در هر حالت صفر است و نیروی دیگری وجود ندارد.

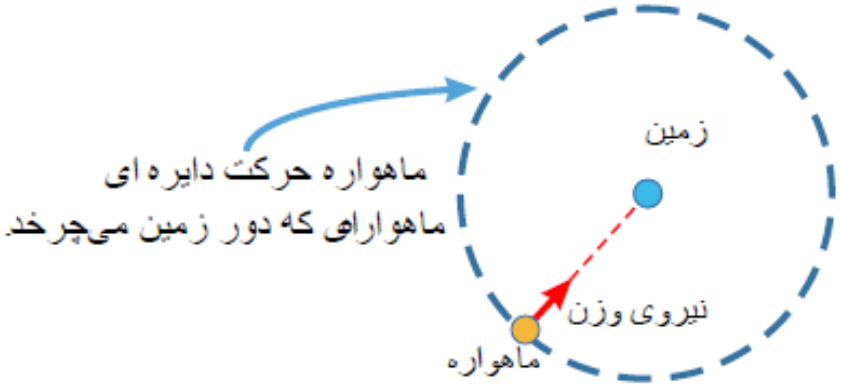
-شخصی گلوله‌ای برفی به جرم $۱۵۰g$ را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع $۱۸۰cm$ بالا می‌برد و سپس آن را با تندی $۱۲\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلولهٔ برف چقدر است؟

$$W_{\text{شخص}} = W_۱ + W_۲ = mg\Delta h + \frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$= ۰/۱۵ \times ۹/۸ \times ۱/۸ + \frac{۱}{۲} \times ۰/۱۵ \times ۱۲^۲$$

$$= ۲/۶۴۶ + ۱۰/۸ = ۱۳/۴۴۶\ J$$

-ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابتی دور زمین می‌چرخند. حرکت یک ماهواره به دور زمین (شکل الف) را می‌توان مطابق شکل (ب) مدل‌سازی کرد. همان‌طور که دیده می‌شود نیروی خالصی (نیروی وزن) همواره بر ماهواره وارد می‌شود. چگونه امکان دارد با وجود وارد شدن این نیرو به ماهواره، انرژی جنبشی آن ثابت بماند؟



چون نیروی وزن همواره بر مسیر حرکت ماهواره عمود است طبق فرمول, کار نیروی وزن روی ماهواره صفر می شود و طبق قضیه کار انرژی جنبشی مقدار انرژی جنبشی تغییری نمی کند.

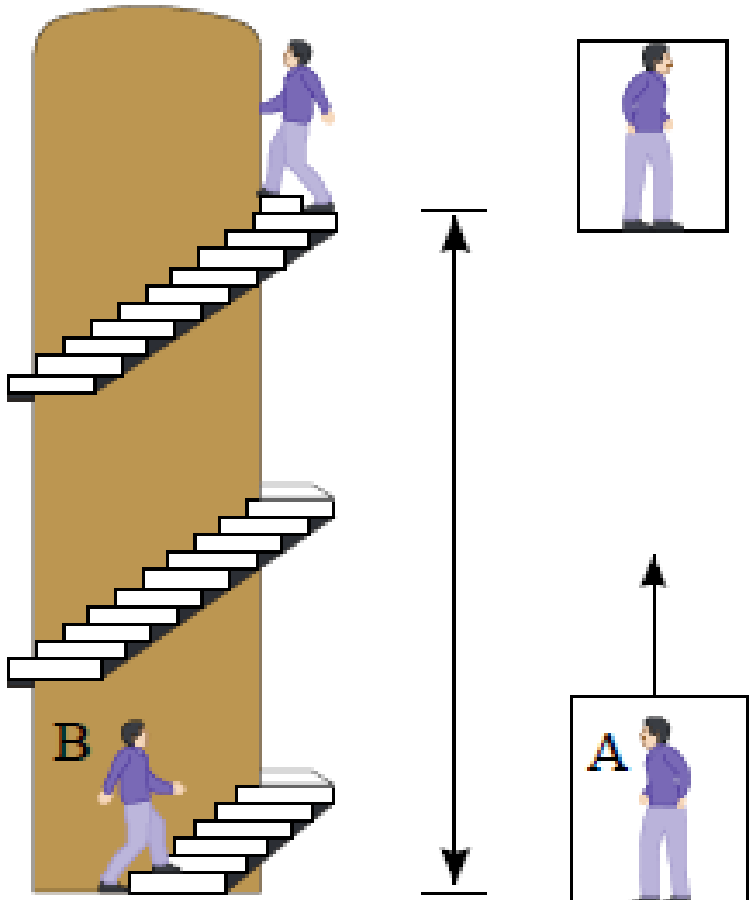
-آیا انرژی جنبشی یک جسم می‌تواند منفی باشد؟ انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه چطور؟ توضیح دهید.

خیر, انرژی جنبشی همواره بزرگتر مساوی صفر است.

انرژی پتانسیل گرانشی می تواند منفی باشد و بستگی به این دارد که مبدا پتانسیل صفر را کجا

فرض کنیم که کاملا به انتخاب ما بستگی دارد.

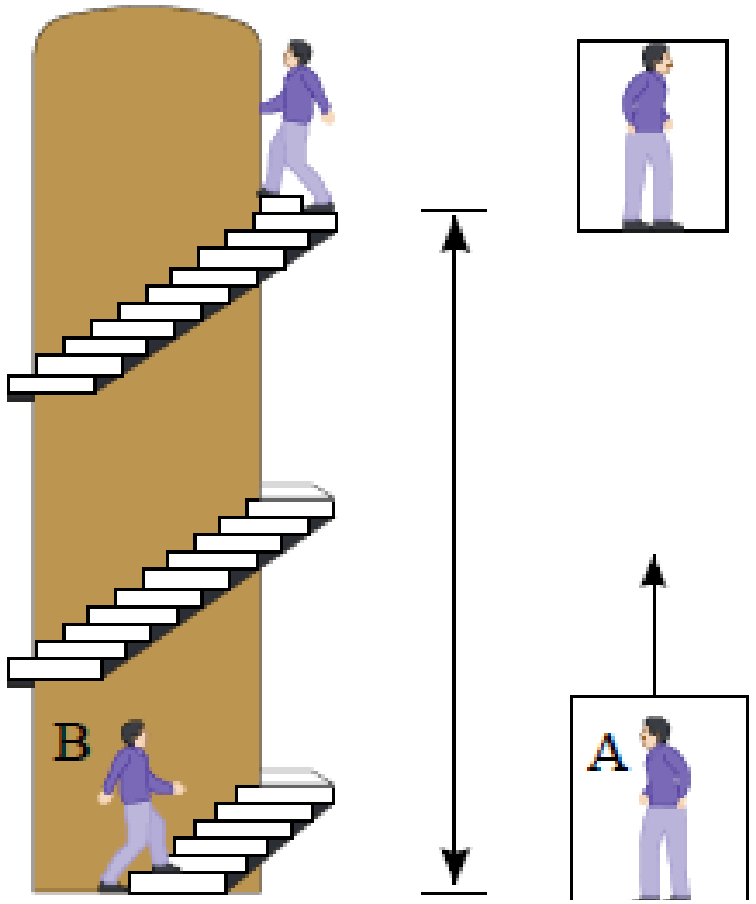
-دو شخص هم‌جرم A و B به طبقهٔ سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسان‌بَر (آسانسور) و شخص B به آرامی از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.



الف) در طبقهٔ سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A از شخص B کم‌تر است، زیرا آرام‌تر بالا رفته است.

نادرست – طبق رابطه انرژی پتانسیل گرانشی به شتاب گرانش زمین – جرم جسم و اختلاف ارتفاع نسبت به پتانسیل صفر بستگی دارد که برای هر دو برابر می شود.

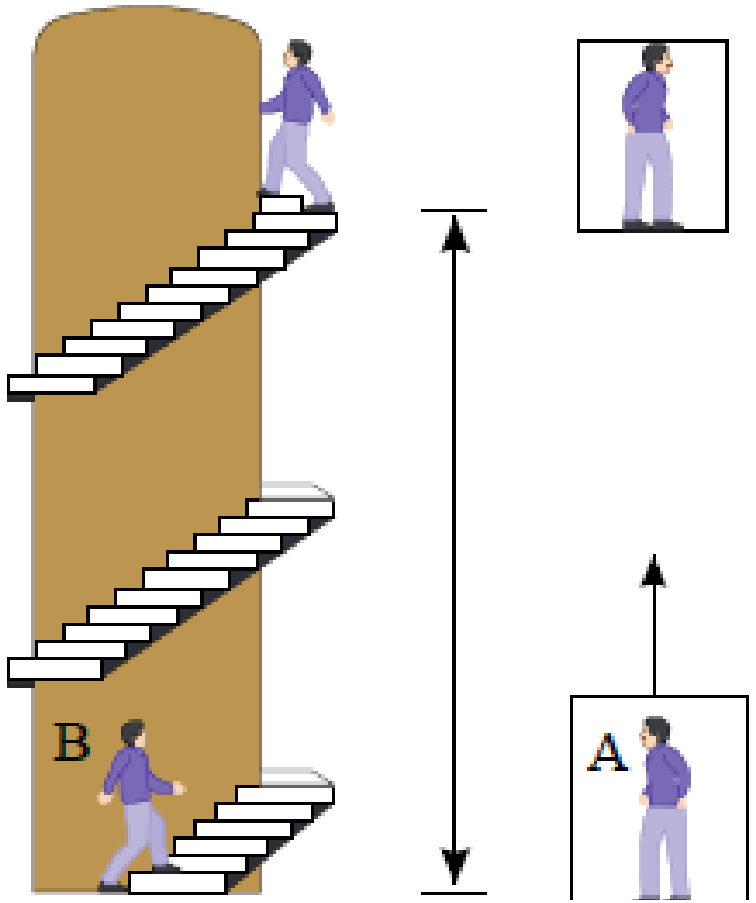
-دو شخص هم‌جرم A و B به طبقهٔ سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسان‌بَر (آسانسور) و شخص B به آرامی از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.



ب) انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A کم‌تر از شخص B است، زیرا برای رسیدن به طبقهٔ سوم ساختمان مسافت کم‌تری پیموده است.

نادرست – طبق رابطه انرژی پتانسیل گرانشی به شتاب گرانش زمین – جرم جسم و اختلاف ارتفاع نسبت به پتانسیل صفر بستگی دارد که برای هر دو برابر می شود.

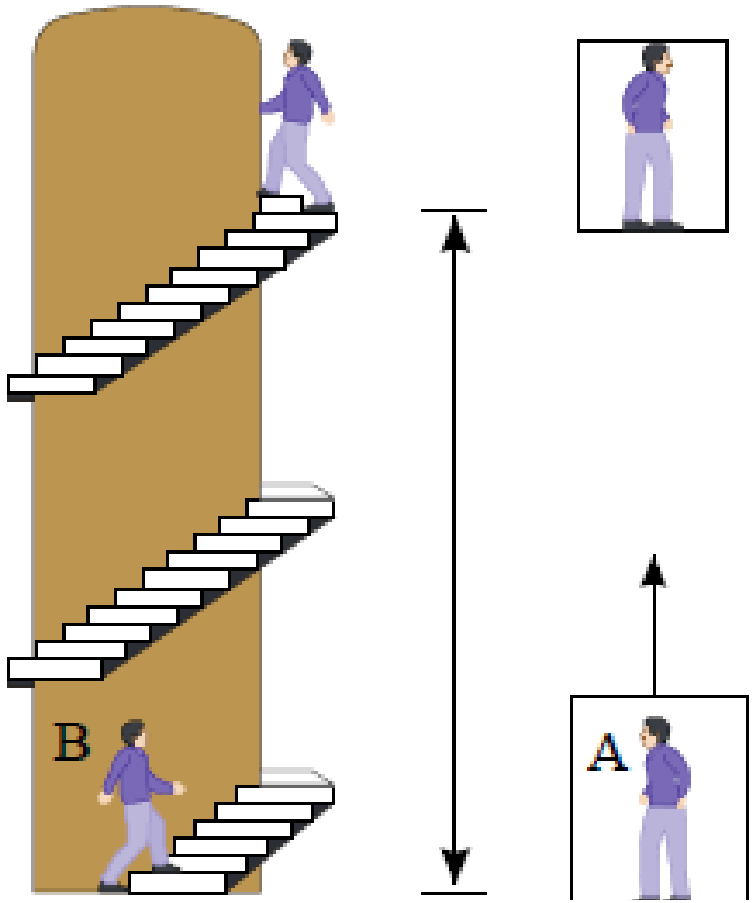
–دو شخص هم‌جرم A و B به طبقهٔ سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسان‌بَر (آسانسور) و شخص B به آرامی از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.



پ) کار نیروی وزن برای هر دو شخص در طول مسیر یکسان است.

درست – طبق رابطه کار نیروی وزن همواره قرینه تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است. و چون تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی هر دو جسم با هم برابر است کار نیروی وزن آن دو نیز با هم برابر است.

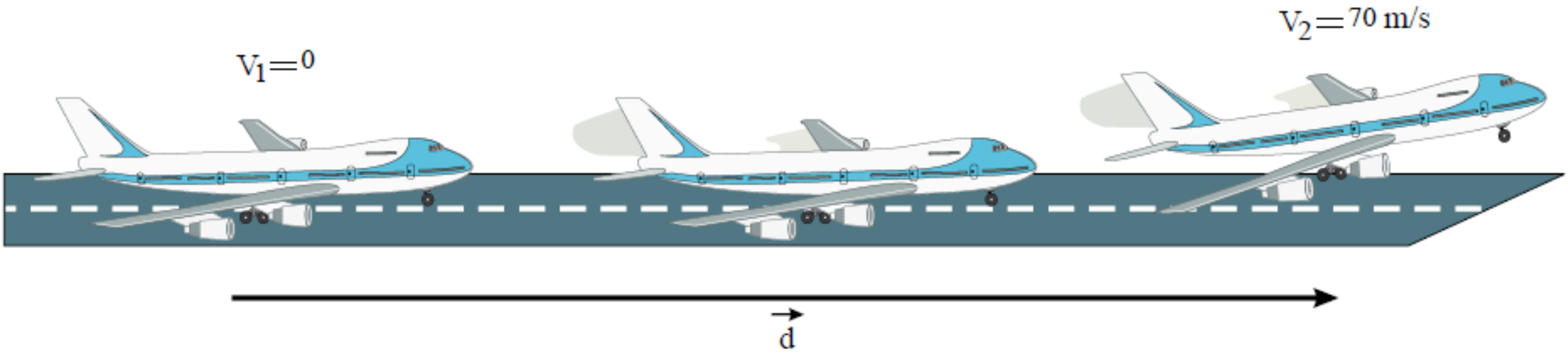
–دو شخص هم‌جرم A و B به طبقهٔ سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسان‌بَر (آسانسور) و شخص B به آرامی از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.



ت) انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص در طبقهٔ سوم ساختمان یکسان است.

درست – طبق رابطه انرژی پتانسیل گرانشی به شتاب گرانش زمین – جرم جسم و اختلاف ارتفاع نسبت به پتانسیل صفر بستگی دارد که برای هر دو برابر می شود.

-شکل زیر هواپیمایی به جرم $۷٫۲ \times ۱۰^{۴} kg$ را نشان می‌دهد که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از $۲۰۵۰m$ جابه‌جایی در امتداد باند هواپیما، به تندی برخاستن $v_۲ = ۷۰ \frac{m}{s}$ می‌رسد.



الف) کار کل نیروهای وارد بر هواپیما را در این جابه‌جایی حساب کنید.

$$W_t = \Delta K = K_۲ - K_۱$$

$$= \frac{۱}{۲} \times ۷/۲ \times ۱۰^۴ \times (۷۰^۲ - ۰^۲)$$

$$W_t = ۱/۷۶ \times ۱۰^۸ J$$

یک دقیقه پس از برخاستن، هواپیما تا ارتفاع $۵۶۰m$ از سطح زمین اوج می‌گیرد و تندی ان به $۱۴۰\frac{m}{s}$ می‌رسد. در این مدت، ب) کار نیروی وزن چقدر است؟

$$W_{mg} = -\Delta U = -mg\Delta h$$

$$= ۷/۲ \times ۱۰^{۴} \times ۹/۸ \times (۵۶۰ - ۰)$$

$$W_{mg} = -۳/۹۵ \times ۱۰^{۸} J$$

پ) به‌جز نیروی وزن، چه نیروهای دیگری بر هواپیما اثر می‌کند (با این نیروها در علوم سال ششم آشنا شدید)؟ کار کدام یک از این نیروها مثبت و کار کدام یک از آن‌ها منفی است؟

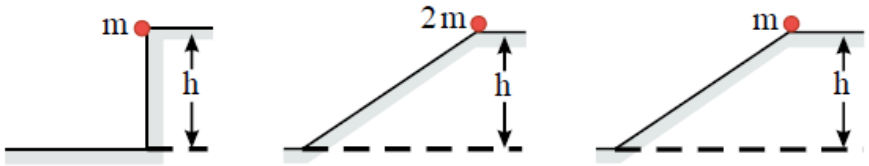
نیروی پیشران (نیروی جلو بر هواپیما): کار این نیرو مثبت است.

نیروی مقاومت هوا: کار این نیرو منفی است.

نیروی بالابر: وقتی هواپیما در حال اوج گرفتن است کار این نیرو مثبت و وقتی در ارتفاع خاص فقط به سمت جلو حرکت می کند کار این نیرو صفر است.

-در سه شکل زیر اجسامی از حالت سکون و ارتفاع h نسبت به سطح افق رها می‌شوند و نیروی اصطکاک و مقاومت هوا بر آن‌ها وارد نمی‌شود. در کدام حالت، جسم

الف) بیش‌ترین تندی را هنگام رسیدن به سطح افقی دارد؟



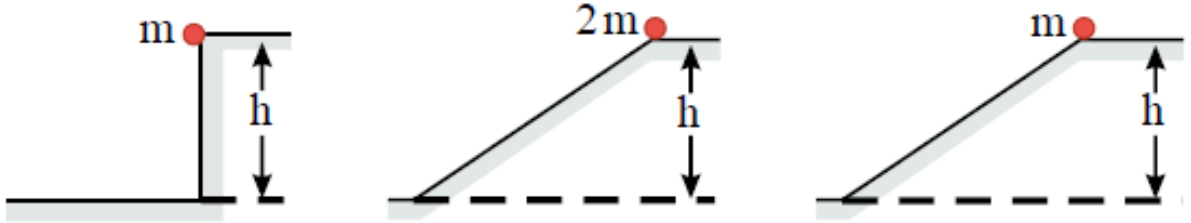
$$E_A = E_B \rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$U_A = K_B \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

تندی هر سه جسم با هم برابر است. زیرا در نبود مقاومت هوا و اصطکاک و پایستگی انرژی مکانیکی تندی لحظه برخورد به زمین فقط به ارتفاع h بستگی دارد.

ب) تا هنگام رسیدن به پایین مسیر، بیش‌ترین مقدار کار نیروی وزن روی آن انجام شده است؟

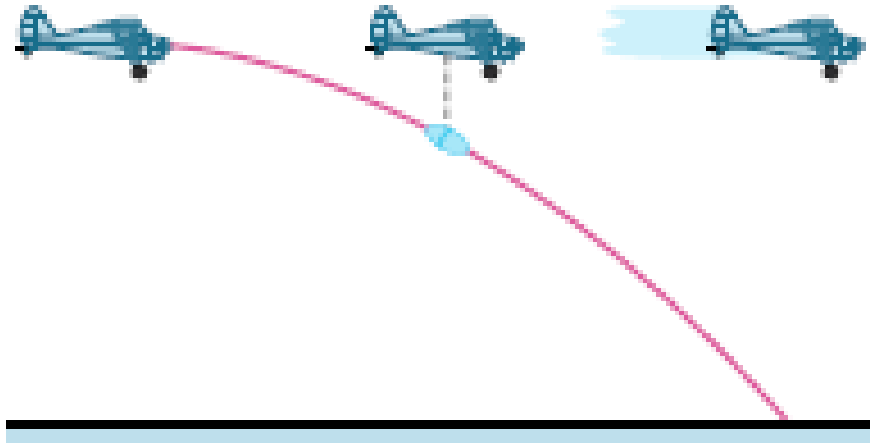


$$W_{mg} = mg\Delta h$$

$$\rightarrow W_{۱} = W_{۳} = mg\Delta h$$

$$W_{۲} = {}^{۲}mg\Delta h \rightarrow W_{۲} > W_{۱} = W_{۳}$$

–در شکل روبه‌رو هواپیمایی که در ارتفاع $۳۰۰m$ از سطح زمین و با تندی $۵۰\frac{m}{s}$ پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب‌دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ (از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم‌پوشی کنید.)

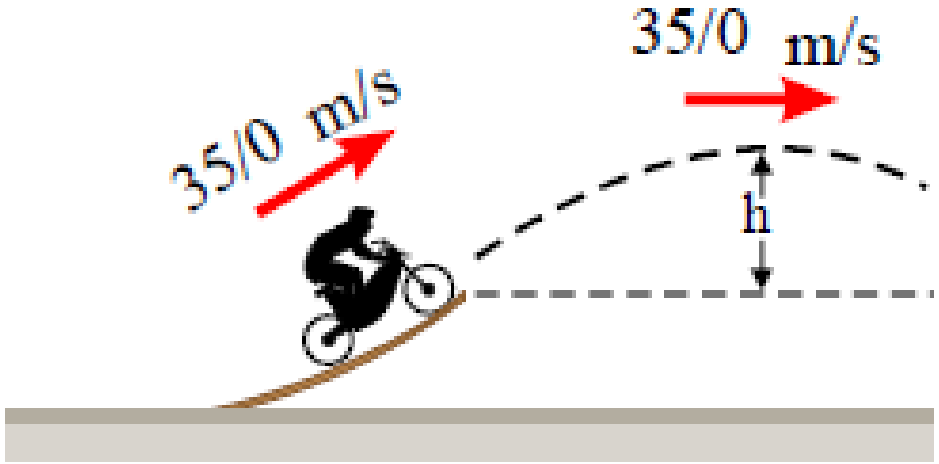


$$E_۱ = E_۲ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + ۰$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۵۰^۲ + ۹/۸ \times ۳۰۰ = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ \rightarrow v_۲ = ۹۱/۵\frac{m}{s}$$

-موتورسواری از انتهای سکویی مطابق شکل روبه‌رو، پرشی را با تندی $۳۵/۰ \frac{m}{s}$ انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطهٔ مسیرش به $۳۲/۰ \frac{m}{s}$ برسد، ارتفاع h را پیدا کنید. اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.

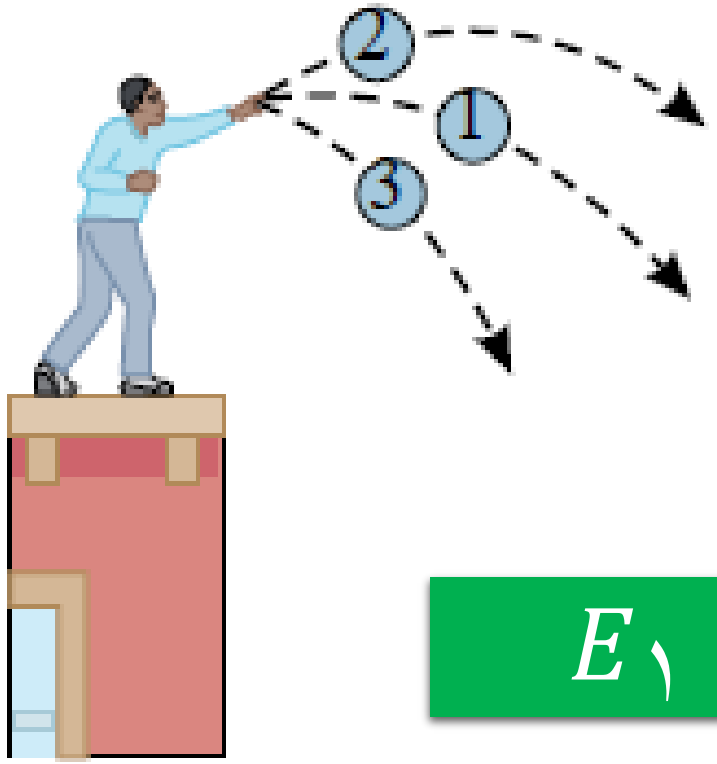


$$E_۱ = E_۲ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۳۵^۲ = \frac{۱}{۲}۳۲^۲ + ۹/۸ \times h \rightarrow h = ۱۰/۲۵m$$

–سه توپ مشابه، از بالای ساختمانی با تندی یکسانی پرتاب می‌شوند (شکل روبه‌رو). توپ (۱) در امتداد افق، توپ (۲) با زاویه‌ای بالاتر از امتداد افق و توپ (۳) با زاویه‌ای پایین‌تر از امتداد افق پرتاب می‌شود. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، انرژی جنبشی توپ‌ها را هنگام برخورد با سطح زمین، با یکدیگر مقایسه کنید.



چون مقاومت ها صرف نظر کرده ایم اصل پایستگی انرژی مکانیکی برقرار است و چون انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل اولیه هر سه توپ با هم برابر است پس انرژی جنبشی نهایی آن ها نیز با هم برابر است.

$$E_۱ = E_۲ \rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲$$

-گلوله‌ای به جرم $۵۰g$ از دهانهٔ تفنگی با تندی $۱٫۵\frac{km}{s}$ و ارتفاع $۱٫۶m$ از سطح زمین شلیک می‌شود. اگر گلوله با تندی $۰٫۴۵\frac{km}{s}$ به زمین برخورد کند،

الف) در مدت حرکت گلوله کار نیروی مقاومت هوا چقدر است؟

$$W_f = E_۲ - E_۱ = mgh_۲ + \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - mgh_۱ - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲$$

$$W_f = mg(h_۲ - h_۱) + \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$۰/۰۵ \times ۹/۸ \times -۱/۶ + \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۵ \times (۴۵۰^۲ - ۱۵۰۰^۲)$$

$$W_f = -۰/۷۸۴ - ۵۱۱۸۸ \simeq -۵۱۱۸۸J$$

ب) مقدار به‌دست آمده در قسمت (الف) را با کار نیروی وزن مقایسه کنید.

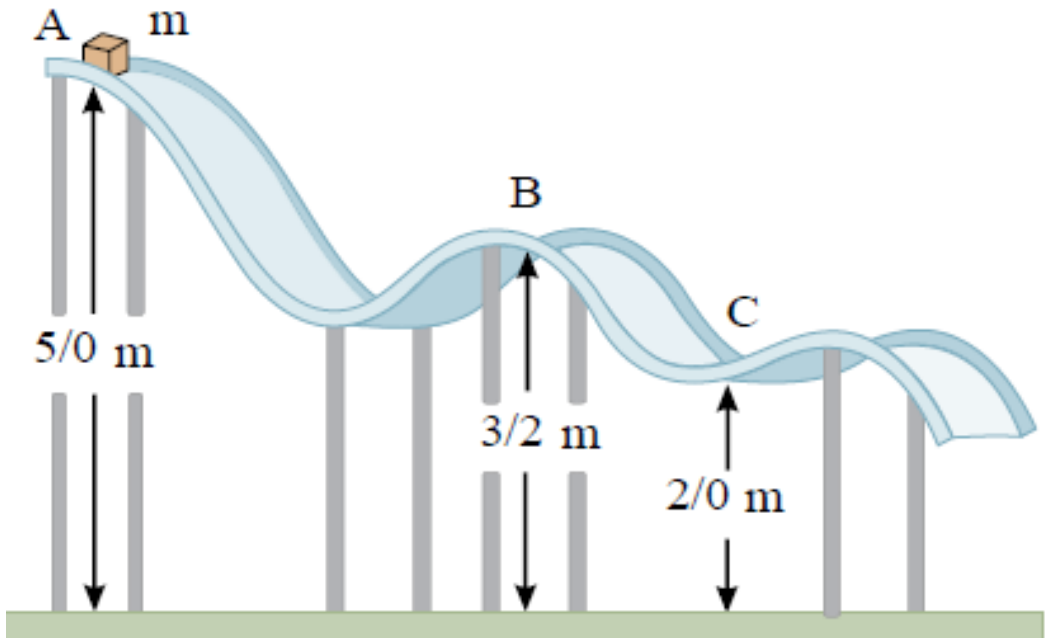
$$W_f = -۰/۷۸۴ - ۵۱۱۸۸ \simeq -۵۱۱۸۸J$$

کار نیروی وزن

کار نیروی مقاومت هوا

–جسمی به جرم $m = ۱۲kg$ در نقطهٔ A از حالت سکون رها می‌شود و در مسیری بدون اصطکاک سُر می‌خورد (شکل زیر). تعیین کنید:

الف) تندی جسم را در نقطهٔ B.

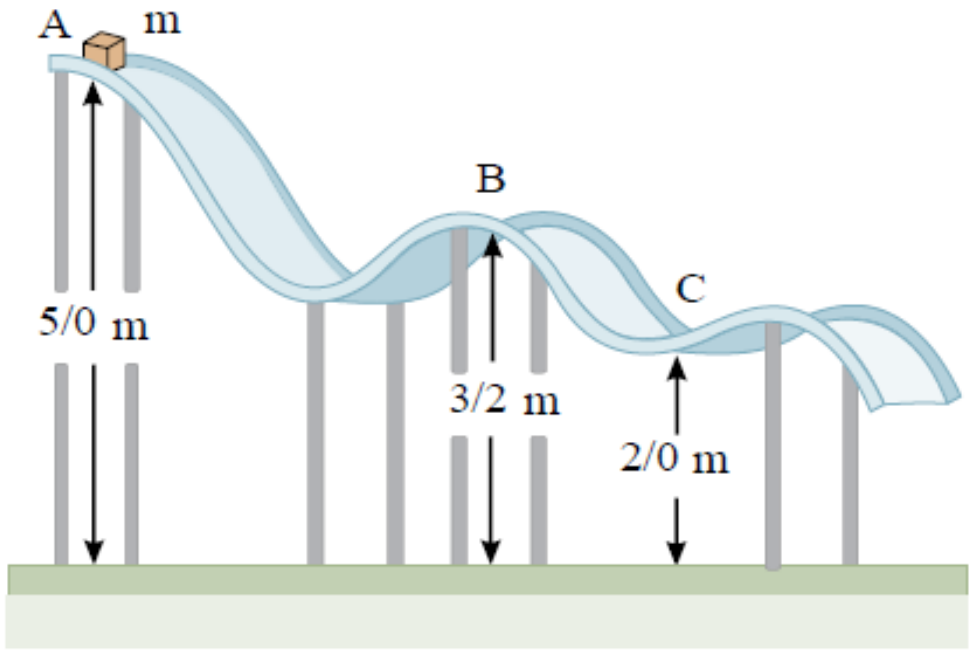


$$E_A = E_B \rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$\frac{۱}{۲}mv_A^۲ + mgh_A = \frac{۱}{۲}mv_B^۲ + mgh_B$$

$$۹/۸ \times ۵ = \frac{۱}{۲}v_B^۲ + ۹/۸ \times ۳/۲ \rightarrow v_B = ۵/۹\,\frac{m}{s}$$

ب) کار نیروی گرانشی را در حرکت جسم از نقطهٔ A تا نقطهٔ C.



$$W_{mg} = -\Delta U = -mg\Delta h$$

$$W_{mg} = -۱۲ \times ۹/۸ \times (۲ - ۵)$$

$$W_{mg} = ۳۵۲/۸J$$

-شکل روبه‌رو گلوله‌ای را نشان می‌دهد که از سقف کلاسی آویزان شده و دانش‌آموزی آن را از وضعیت تعادل خارج کرده و در برابر نوک بینی خود گرفته است.

الف) وقتی دانش‌آموز گلوله را رها می‌کند هنگام برگشت به او برخورد نمی‌کند. چرا؟ (این تجربهٔ ساده ولی هیجان‌انگیز را در صورت امکان در کلاستان انجام دهید.)

ب) اگر دانش‌آموز رها کردن گلوله، آن را هُل دهد، هنگام برگشت آن، چه اتفاقی می‌افتد؟

چون نیروی مقاومت هوا وجود دارد بخشی از انرژی مکانیکی صرف کار نیروی مقاومت هوا شده و مقدار انرژی مکانیکی کاهش می یابد. چون وزنه در ابتدا رها شده (انرژی جنبشی اولیه ندارد) و در برگشت نیز وقتی به اوج خود می رسد تندی آن صفر می شود (انرژی جنبشی ثانویه ندارد) تا ارتفاع کمتری نسبت به حالت اول بالا می آید (انرژی پتانسیل گرانشی ثانویه از انرژی پتانسیل اولیه کمتر خواهد بود.)

-شکل روبه‌رو گلوله‌ای را نشان می‌دهد که از سقف کلاسی آویزان شده و دانش‌آموزی آن را از وضعیت تعادل خارج کرده و در برابر نوک بینی خود گرفته است.

الف) وقتی دانش‌آموز گلوله را رها می‌کند هنگام برگشت به او برخورد نمی‌کند. چرا؟ (این تجربهٔ ساده ولی هیجان‌انگیز را در صورت امکان در کلاستان انجام دهید.)

ب) اگر دانش‌آموز رها کردن گلوله، آن را هُل دهد، هنگام برگشت آن، چه اتفاقی می‌افتد؟

در حالت (ب) چون انرژی جنبشی اولیه دارد تا ارتفاع بیشتری بالا می آید.

–بالابری با تندی ثابت، باری به جرم $۶۵۰kg$ را در مدت ۳ دقیقه تا ارتفاع $۷۵m$ بالا می‌برد. اگر جرم بالابر $۳۲۰kg$ باشد، توان متوسط موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{mg\Delta h}{t} = \frac{(۶۵۰ + ۳۲۰) \times ۹/۸ \times ۷۵}{۳ \times ۶۰} = ۳۹۶۱\ W$$

$$\bar{P} = ۳۹۶۱\ W \times \frac{۱\ hp}{۷۴۶\ W} = ۵/۳\ hp$$

–شخصی به جرم $۷۲kg$، در مدت زمان $۹۰s$ از تعداد ۵۰ پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟ ارتفاع هر پله را $۳۰cm$ فرض کنید.

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{mg\Delta h}{t} = \frac{۷۲ \times ۹/۸ \times ۵۰ \times ۰/۳}{۹۰} = ۱۱۷/۶\ W$$

–سالانه نزدیک به ۱۲۵ میلیارد لیتر مواد و فراورده‌های نفتی از طریق حدود $۱۴۰۰۰km$ خطوط لوله در نقاط مختلف کشور توزیع می‌شود. این خطوط در طول مسیر خود از مراکز انتقال متعددی می‌گذرند تا توان لازم را برای ادامهٔ راه به‌دست آورند. شکل زیر یکی از این مراکز را نشان می‌دهد که در ارتفاع $۲۰۵۰m$ از سطح دریای آزاد قرار دارد. در این مرکز، در هر ثانیه یک متر مکعب مواد نفتی از طریق لوله‌ای با قطر ۳۲٫۰ اینچ $(۸۱٫۲cm)$ توسط دو دستگاه پمپ (تلمبه) تا ارتفاع $۲۷۰۰m$ از سطح دریای آزاد فرستاده می‌شود. اگر بازده هر یک از پمپ‌های این مرکز حدود ۲۸ درصد باشد توان هر یک از آن‌ها برحسب مگاوات (MW) و اسب بخار (hp) چقدر است؟ (چگالی مواد نفتی را $۸۶۰\frac{kg}{m}$ بگیرید.)

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰$$

$$۲۸ = \frac{mg\Delta h}{Pt} \times ۱۰۰ = \frac{\rho V g \Delta h}{Pt} \times ۱۰۰$$

$$P = \frac{۸۶۰ \times ۰/۵ \times ۹/۸ \times (۲۷۰۰ - ۲۰۵۰)}{۲۸ \times ۱} \times ۱۰۰$$

$$P = ۹/۷۸ \times ۱۰^{۶}\, MW$$

$$\bar{P} = ۹/۷۸ \times ۱۰^{۶}\, MW \times \frac{۱\ hp}{۷۴۶\ W} = ۱/۳۱ \times ۱۰^{۴}\, hp$$

علی جبرا سایت تخصصی ریاضی فیزیک

WWW.ALIGEBRA.COM

۰۹۱۲۷۷۴۴۲۸۱

۰۹۱۲۷۷۴۴۳۸۹