بروزترین و برترین
سایت کنکوری کشور
WWW.KONKUR.INFO

https://konkur.info

انرژی : خاصیتی از جسم است که سبب انجام کار می شود. به عبارتی توانایی انجام کار را انرژی می گویند. انرژی انواع مختلفی دارد که از آن *می‌توان* ***انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، انرژی گرمایی، انرژی الکترومغناطیسی، انرژی شیمیایی و انرژی الکتریکی و انرژی هسته‌ای*** را نام برد

توجه! انرژی کمیتی نرده بوده و یکای آن در SI برابر ژول J می باشد.

انرژی جنبشی: انرژی که اجسام به دلیل حرکتشان دارند را انرژی جنبشی میگویند. به عبارتی هر جسمی که حرکت کند دارای انرژی جنبشی می باشد.

توجه! انرژی جنبشی را با نماد K نشان می دهند و یکای آن ژول J است.

فرمول انرژی جنبشی : انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v در حال حرکت است از رابطه زیر بدست می آید.

$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲}$$

توجه: یکای جرم kg و یکای تندی $^{m}/_{s}$ می باشد که بدین صورت یکای انرژی جنبشی بر حسب یکاهای اصلی برابر $^{kg.m^{۲}}/_{s^{۲}}$ می شود که به افتخار دانشمندی به نام جیمز ژول آن را J ژول می نامیم.

کار: کار در فیزیک بدین صورت تعریف می شود که اگر به جسمی نیرویی وارد شود و جسم در جهت آن نیرو جابجا شود می گوییم روی آن جسم کار انجام شده است.

توجه! کار کمیتی نرده ای بوده ، نماد آن W و یکای آن ژول J می باشد.

فرمول کار:

زمانی که جسم در جهت نیرو جابجا می شود: اگر به جسمی نیرو(F) وارد کنیم و جسم در همان جهتی که نیرو وارد کرده ایم جابجا (d) شود ، کار از رابطه زیر بدست می آید:

https://konkur.info

جسم در جهت نیرو، به اندازهٔ d جابه‌جا شده است.

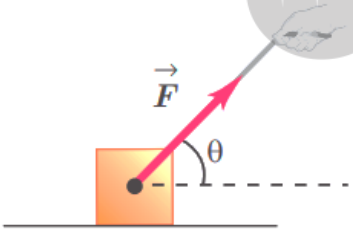
$w = F \times d$ کار انجام شده در جابجایی d

توجه! در فیزیک وقتی میان حروف علامتی نگذاریم به این معنی است که دو کمیت بهم ضرب می شوند ، به عنوان مثال :

$$F \times d = Fd$$

فرمول کار:

زمانی که نیرو در جهت جابجایی نباشد(نیرو با جابجایی زاویه θ بسازد): در این صورت همه نیرو صرف جابجایی نمی شود و فرمول کار از رابطه زیر بدست می آید:



$$w = (F\cos\theta)d$$

مقدار $\cos\theta$ ، کسینوس زاویه بین نیرو و جابجایی است.

https://konkur.info

نکته: مواردی که کار روی جسم صفر است:

زمانی که نیرو وارد نشود:

زمانی که جسم جابجا نشود

زمانی که زاویه بین نیرو و جابجایی ۹۰ درجه است

کار کل : اگر به جای یک نیرو چند نیرو به جسم وارد شود ، آنگاه برای محاسبه کار کل نیروهای وارد شده بر جسم می توانیم به دو صورت عمل کنیم :

الف: محاسبه تک به تک : در این روش به طور جداگانه کار هر نیرو را بدست می آوریم سپس تمام آن ها را جمع می کنیم و کار کل بدست می آید.

ب: یافتن نیروی خالص : در این روش برایند تمام نیرو ها را به دست می آوریم سپس کار برایند نیروها برابر با کار کل انجام شده خواهد بود.

قضیه کار و انرژی جنبشی : کار کل انجام شده روی یک جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی آن جسم است، اگر انرژی جنبشی جسم در حالت آغازی و پایانی K_1 و K_2 باشد کار کل انجام شده به صورت زیر بدست می آید:

$$W_T = K_2 - K_1$$

نکته : اگر کار کل مثبت باشد یعنی $W_T > 0$ آنگاه انرژی جنبشی افزایش یافته است و اگر کار کل منفی باشد یعنی $W_T < 0$ آنگاه انرژی جنبشی کاهش یافته است

انرژی پتانسیل: به انرژی که در اجسام ذخیره شده و می تواند به انرژی جنبشی تبدیل شود انرژی پتانسیل می گویند. انرژی پتانسیل انواع مختلفی دارد مانند : انرژی پتانسیل گرانشی ، انرژی پتانسیل شیمیایی ، انرژی پتانسیل کشسانی و ....

انرژی پتانسیل گرانشی : انرژی که اجسام به دلیل ارتفاعشان دارند را انرژی پتانسیل گرانشی می گویند. هرچه ارتفاع جسم بیشتر باشد انرژی پتانسیل گرانشی آن بیشتر می شود.

https://konkur.info

فرمول انرژی پتانسیل گرانشی : اگر جسمی به جرم m در ارتفاع h از سطح زمین قرار گیرد ، انرژی پتانسیل گرانشی از رابطه زیر بدست می آید:

$$U = mgh$$

m : جرم جسم بر حسب Kg کیلوگرم

h : ارتفاع جسم از مبدا بر حسب m متر

g : ثابت گرانش زمین (جاذبه) می باشد . g مقداری ثابت و برابر $۹/۸ \ {}^{m}/_{s^۲}$ می باشد که معمولا برای راحتی آن را ۱۰ در نظر می گیریم.

کار نیروی وزن: می دانیم که به تمام اجسام از طرف زمین نیرو وارد می شود، وقتی ارتفاع جسمی کم یا زیاد می شود ، زمین روی جسم کار انجام می دهد که این کار ممکن است منفی باشد یا مثبت.

کار نیروی وزن از رابطه زیر بدست می آید:

$$w_{\text{وزن}} = -(U_۲ - U_۱) = -\Delta U$$

یعنی کار انجام شده توسط نیروی وزن روی جسم برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم می باشد

نکته :

- هنگامی که جسم به سمت بالا حرکت می کند انرژی پتانسیل گرانشی افزایش می یابد($\Delta U > ۰$)
- هنگامی که جسم به سمت پایین حرکت می کند انرژی پتانسیل گرانشی کاهش می یابد($\Delta U < ۰$)
- هنگامی که جسم به سمت پایین حرکت می کند کار نیروی وزن مثبت است ($w_{\text{وزن}} > ۰$)
- هنگامی که جسم به سمت بالا حرکت می کند کار نیروی وزن منفی می شود ($w_{\text{وزن}} < ۰$).

نکته : هنگام محاسبه انرژی پتانسیل گرانشی می توانیم هر نقطه دلخواهی را مبدا در نظر گرفته و ارتفاع آن را صفر بگیریم.

https://konkur.info

انرژی پتانسیل کشسانی: انرژی ذخیره شده در اجسامی مانند فنر و کش فشرده شده یا کشیده شده را انرژی پتانسیل کشسانی می گویند.

توجه : انرژی پتانسیل کشسانی در وسایلی مانند : اسباب بازی های کوکی ، ساعت ، قطار و .... کاربرد دارد.

کار انجام شده توسط فنر : فرض کنید فنری را فشرده کرده یا می کشیم در این حالت در فنر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می شود. همچنین باید توجه کنیم که فنر همواره در جهت خلاف حرکتش اش به جسم نیرو وارد می کند ، مثلا اگر فنر را فشرده کنیم فنر می خواهد باز شود و اگر فنر را بکشیم فنر در خلاف کشش نیرو وارد خواهد کرد پس کار انجام شده توسط فنر همواره مخالف تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی اش می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{کشسانی}}$$

قانون پایستگی انرژی : در یک سامانه منزوی ، مجموع کل انرژی ها پایسته می ماند، یعنی انرژی را نمی توان خلق یا نابود کرد و تنها می توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد.

توجه! سامانه منزوی به سامانه ای می گویند از محیط انرژی نگیرد و به محیط انرژی ندهد.

انرژی مکانیکی: به مجموع انرژی جنبشی (K) و پتانسیل (U) یک جسم انرژی مکانیکی (E) می گویند. به صورت زیر بدست می آید:

$$E = K + U$$

پایستگی انرژی مکانیکی: در یک سامانه اگر نیروهای اتلافی (مانند اصطکاک ، مقاومت هوا و ...) را نادیده بگیریم آنگاه انرژی مکانیکی در حالت اول و حالت پایانی یکسان خواهد بود به عبارتی :

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

انرژی درونی : به مجموع انرژی های ذرات تشکیل دهنده مواد انرژی درونی می گویند.

https://konkur.info

توجه : معمولا هر چه انرژی درونی جسم افزایش یابد ذرات ماده سریعتر نوسان می کنند و این باعث می شود دمای جسم افزایش یابد. پس به یاد داشته باشیم معمولا با افزایش انرژی درونی یک جسم دمای آن جسم نیز افزایش می یابد.

نکته : اگر جسمی در اثر نیروهای اتلافی (مانند اصطکاک) بایستد ، انرژی جنبشی جسم به انرژی درونی تبدیل می شود. (که اصطلاحا می گویند انرژی تلف شده است)

نکته : اگر در مسیر حرکت یک جسم نیروهای اتلافی مانند اصطکاک و مقاومت هوا وجود داشته باشد ، انرژی مکانیکی جسم ثابت نمی ماند و کاهش می یابد در این صورت اختلاف انرژی مکانیکی در حالت پایانی و آغازی برابر با کار نیروهای اتلافی خواهد بود:

وقتی نیروهایی مانند اصطکاک و مقاومت هوا درحین حرکت جسم، روی آن کار انجام دهند انرژی مکانیکی جسم پایسته نیست.

$W_f = E_2 - E_1$ کار نیروهای اتلافی

توجه! معمولا نیروهای اتلافی را با حرف کوچک f نشان می دهند.

توان: کار انجام شده در واحد زمان را توان می نامند.

توجه! توان کمیتی نرده بوده ، با نماد P نمایش داده می شود و یکای آن J/s ژول بر ثانیه است که به احترام جیمز وات مخترع ماشین بخار ، یکای توان را w وات می نامیم.

فرمول توان: اگر وسیله ای در مدت زمان t مقدار W کار انجام دهد ، توان وسیله از رابطه زیر بدست می آید:

$$P = \frac{W}{t}$$

https://konkur.info

W: کار انجام شده بر حسب ژول

t : زمان انجام کار بر حسب ثانیه

توجه! متاسفانه یکای توان ، وات w و همچنین علامت کار W شبیه هم نوشته می شوند پس مواظب باشید این دو را اشتباه نگیرید.

بازده: وقتی وسیله ای کار می کند ، نمی تواند تمام انرژی که دریافت می کند را به کار مفید تبدیل می کند، مثلا وقتی یک اتومبیل کار می کند ، تمام انرژی شیمیایی بنزین تبدیل به انرژی جنبشی نمی شود و بخشی از آن به انرژی های ناخواسته ای مانند گرما تبدیل می شود و به صورت اصطکاک و یا از اگزوز خودرو تلف می گردد.

کار کل : کل انرژی که وسیله دریافت می کند ، مانند بنزین ، برق و ... را کار کل (انرژی ورودی) می گویند.

کار مفید: فقط مقداری از کار کل در وسیله مورد استفاده قرار می گیرد که به آن کار مفید (انرژی خروجی) می گویند.

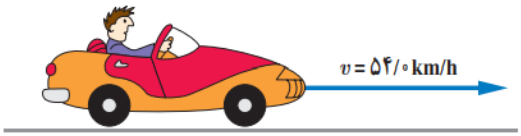
فرمول بازده: نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را بازده می گویند که از رابطه زیر بدست می آید:

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

توجه! مقدار بازده بر حسب درصد همواره کمتر از ۱۰۰ درصد است ، زیرا یک وسیله یا ماشین نمی تواند همه انرژی که دریافت می کند را به کار مفید تبدیل کند و همیشه مقداری از انرژی تلف می شود.

https://konkur.info

مثال ۲ــ۱



جرم خودرویی به همراه راننده‌اش ۸۴۰kg است. این خودرو با تندی ۵۴/۰km/h در حرکت است، انرژی جنبشی آن چند ژول است؟

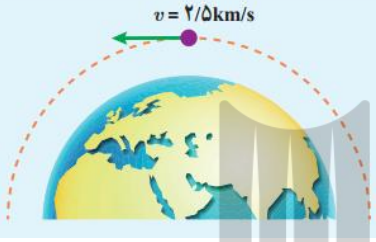
پاسخ : با توجه به اطلاعات داده شده داریم :

$$m = ۸۴۰\,kg \quad , \quad v = ۵۴/۰\,km/h = (۵۴/۰\frac{km}{h})(\frac{۱۰۰۰\,m}{۱\,km})(\frac{۱\,h}{۳۶۰۰\,s}) = ۱۵/۰\,m/s$$

با جایگذاری این مقادیر در رابطهٔ ۲ــ۱ داریم :

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲}(۸۴۰\,kg)(۱۵/۰\,m/s)^۲ = ۹/۴۵\times۱۰^۴\,J$$

تمرین ۲ ــ ۱



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

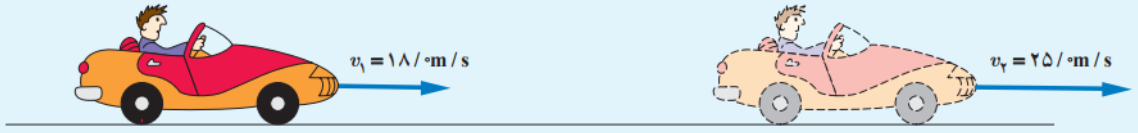
پاسخ تمرین ۲-۱ : باید دقت کنیم هنگام محاسبه انرژی جنبشی یکای کمیت های جرم و تندی بر حسب یکاهای *SI* بین المللی باشد ، یعنی تندی بر حسب $m/s^۲$ و جرم بر حسب *kg* :

$$v = ۲/۵\,km/s \times \frac{۱۰۰۰\,m}{۱\,km} = ۲۵۰۰\,m/s$$

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۲۲۰ \times (۲۵۰۰)^۲ = ۶/۸۷۵ \times ۱۰^۸ J$$

تمرین ۲ ــ ۲

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.



پاسخ تمرین ۲-۲ :

$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times (۱۸)^۲ = ۱۳۶۰۸۰ J$$

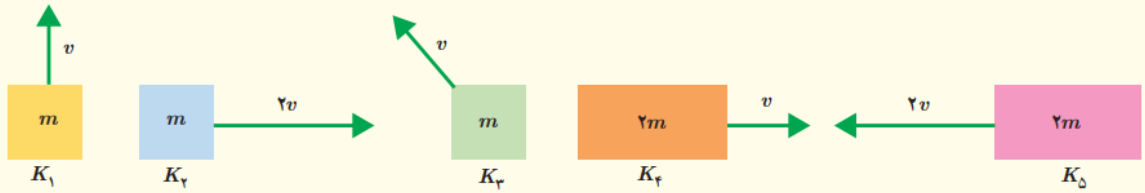
https://konkur.info

$$K_۲ = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times (۲۵)^۲ = ۲۶۲۵۰۰J$$

$$\Delta K = K_۲ - K_۱ = ۲۶۲۵۰۰J - ۱۳۶۰۸۰J = ۱۲۶۴۲۰J$$

پرسش ۲ـ۱

انرژی جنبشی هر یک از اجسام زیر را با هم مقایسه کنید و مقدار آن را به ترتیب از کمترین تا بیشترین بنویسید.



پاسخ پرسش ۲-۱ : کافی است در معادله $K = \frac{۱}{۲}mv^۲$ مقادیر مناسب m و v را قرار دهیم:

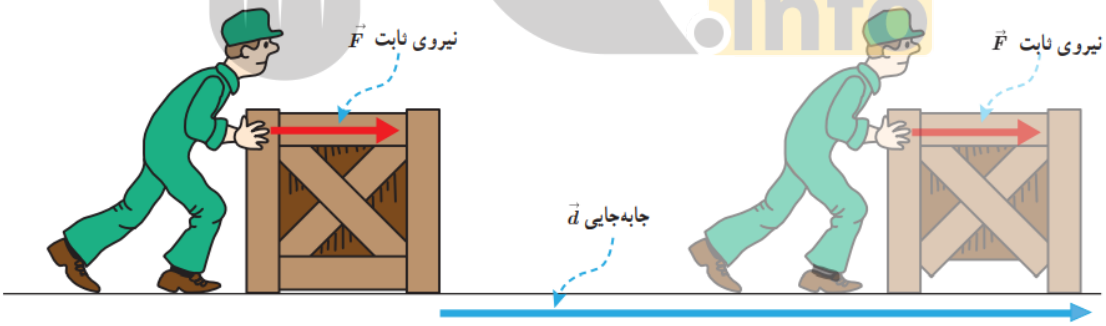
$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv^۲ \quad ■ \quad K_۲ = ۲mv^۲ \quad ■ \quad K_۳ = \frac{۱}{۲}mv^۲ \quad ■ \quad K_۴ = mv^۲ \quad ■ \quad K_۵ = ۴mv^۲$$

پس خواهیم داشت:

$$K_۵ > K_۲ > K_۴ > K_۳ = K_۱$$

مثال ۲ـ۲

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؟

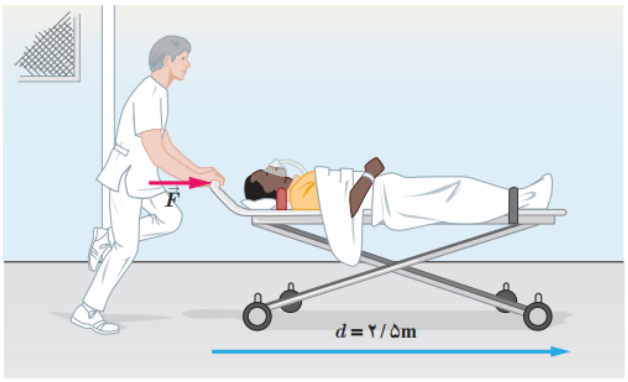


پاسخ : اندازهٔ نیروی وارد شده به جعبه، ثابت و با جابه‌جایی جعبه هم جهت است. بنابراین، از رابطهٔ ۲ـ۲ داریم :

$$W = Fd = (۲۵۰\text{N})(۱۴\text{m}) = ۳/۵ \times ۱۰^۳\text{J}$$

https://konkur.info

مثال ۲ــ ۳



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 $۰/۶۰\text{m/s}^۲$ حرکت می‌کند.

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

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

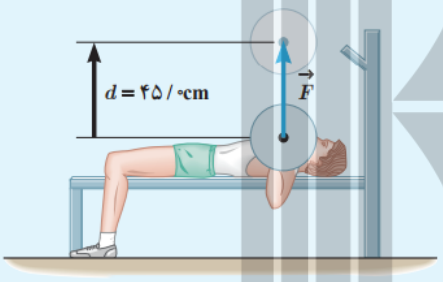
پاسخ : الف) جرم کل بیمار و تخت برابر ۸۷kg است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم :

$$F = ma = (۸۷\text{kg})(۰/۶۰\text{m/s}^۲) = ۵۲\text{N}$$

ب) چون نیرو و جابه‌جایی در یک جهت‌اند، با استفاده از رابطهٔ (۲ــ۲) کار نیروی F برابر است با :

$$W = Fd = (۵۲\text{N})(۱۰\text{m}) = ۵/۲ \times ۱۰^۲\text{J}$$

تمرین ۲ ــ ۳



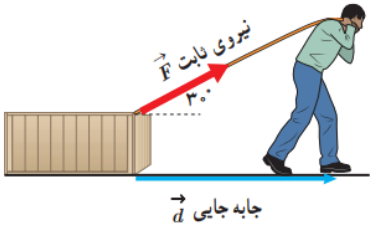
ورزشکاری وزنه‌ای به جرم ۶۵kg را به طور یکنواخت، ۴۵cm بالای سر خود می‌برد (شکل روبه رو). کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید. اندازهٔ شتاب گرانش زمین را $g = ۹/۸\text{N/kg}$ بگیرید.

پاسخ تمرین ۲-۳ : به خاطر داشته باشید وقتی فردی جسمی را با تندی تکنواخت به سمت بالا حرکت دهد نیرویی که به جسم وارد میکند همان وزن آن است. در اینجا نیرو به سمت بالا و همچنین جابه جایی هم به سمت بالاست پس زاویه بین نیرو و جابه جایی صفر است ($\theta = ۰$) :

$$W = F(\cos\theta)\,d = mg(\cos\theta)\,d = ٦٥ \times ٩/٨ \times (\cos٠^\circ) \times ٠/٤٥ = ٢٨٦/٦٥J$$

https://konkur.info

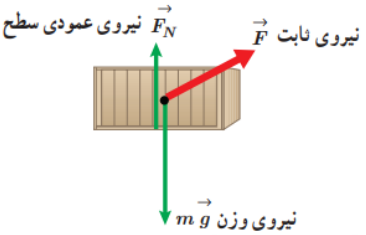
مثال ۲ــ۴



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؟

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.

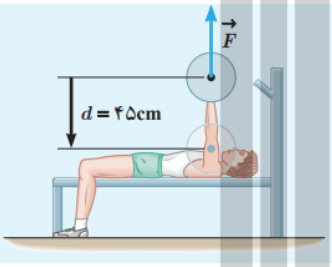


پاسخ : الف) با جایگذاری اطلاعات داده شده و $\cos\theta = \cos ۳۰^\circ = \frac{\sqrt{۳}}{۲}$ در رابطهٔ ۲ــ۳ داریم :

$$W = (F\cos\theta)d = (۲۰۰\text{N} \times \frac{\sqrt{۳}}{۲})(۱۰/۰\text{m}) = ۱/۷۳ \times ۱۰^۳\,\text{J}$$

ب) نیروی وزن و نیروی عمودی سطح بر جابه‌جایی عمودند (شکل روبه‌رو) و کاری روی جسم انجام نمی‌دهند. (توجه کنید که : $\cos\theta = \cos ۹۰^\circ = ۰$)

تمرین ۲ــ۴



تمرین ۲ــ۳ 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 آرامی‌پایین می‌آورد (شکل روبه رو). توضیح دهید که در این دو حالت، چه تفاوتی بین مقادیر به دست آمده برای کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد.

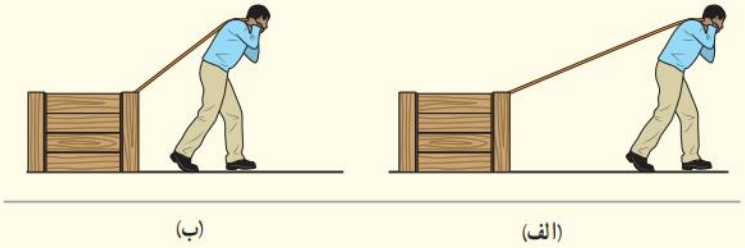
پاسخ تمرین ۲-٤ : در این حالت وزنه بردار نیرویی به سمت بالا را به وزنه وارد کرده و به آرامی پایین می آورد . در این حالت نیرو به سمت بالا است اما جابه جایی به سمت پایین پس زاویه ۱۸۰ درجه خواهد بود:

$$W = F\,(\cos\theta)\,d = mg\,(\cos\theta)\,d = ٦٥ \times ٩/٨ \times (\cos ١٨٠^\circ) \times ٠/٤٥ = -٢٨٦/٦٥J$$

https://konkur.info

پرسش ۲ـ۲

شخصی جسمی را یک بار با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه جایی 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.



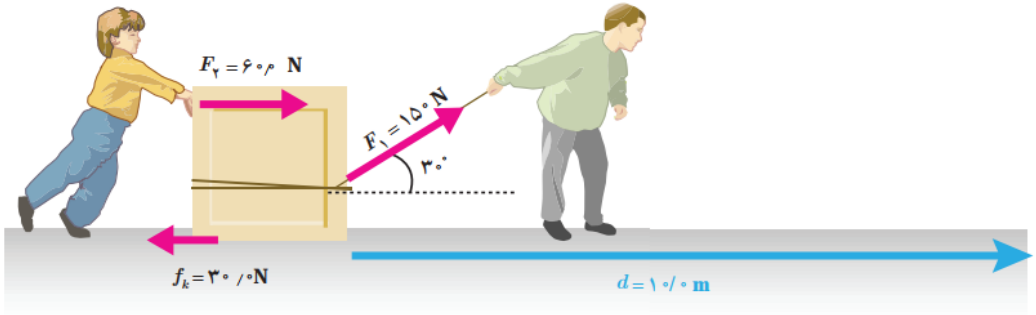
پاسخ پرسش ۲-۲ : با توجه به رابطه کار یعنی $W = F\,(\cos\theta)\,d$ ، و با توجه به این که کار و جابجایی در هر دو حالت یکسان است پس مقادیر $F(\cos\theta)$ در حالت الف و ب یکسان است، یعنی :

$$F(\cos\theta)_{\text{الف}} = F(\cos\theta)_{\text{ب}}$$

دقت کنید در حالت ب که طناب کوتاه تر است زاویه بیشتری با افق دارد، هر چه زاویه بیشتر باشد کسینوس آن کمتر می شود پس $(cos\theta)_{\text{ب}} < (\cos\theta)_{\text{الف}}$ در نتیجه $F_{\text{ب}} > F_{\text{الف}}$

مثال ۲ـ۵

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.



https://konkur.info

پاسخ :

روش اول : در این روش، کار انجام شده توسط هر نیرو را به طور جداگانه محاسبه می‌کنیم. برای محاسبهٔ کار نیروی F_1، اطلاعات داده شده و $\cos\theta = \cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$ را در رابطهٔ ۲ـ۳ جایگذاری می‌کنیم. به این ترتیب داریم :

$$W_1 = (F_1 \cos\theta)d = (150\,\text{N} \times \sqrt{3}/2)(10/0\,\text{m}) = 1/30 \times 10^3\,\text{J}$$

چون پسر جعبه را در جهت جابه‌جایی هُل می‌دهد، کار انجام شده توسط نیروی F_2 برابر است با :

$$W_2 = F_2 d = (60/0\,\text{N})(10/0\,\text{m}) = 600\,\text{J}$$

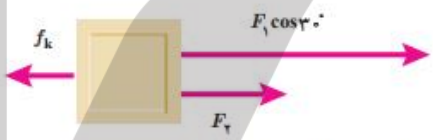
برای محاسبهٔ کار نیروی f_k، اطلاعات داده شده و $\cos\theta = \cos 180^\circ = -1$ را در رابطهٔ ۲ـ۳ جایگذاری می‌کنیم. پس :

$$W_3 = (f_k \cos\theta)d = (30/0\,\text{N} \times (-1))(10/0\,\text{m}) = -300\,\text{J}$$

همان‌طور که گفتیم کار کل (W_t) انجام شده با جمع جبری مقدار کار انجام شده توسط تک تک نیروها برابر است. توجه کنید که کار نیروی وزن و نیروی عمودی تکیه‌گاه صفر است. به این ترتیب داریم :

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 1/30 \times 10^3\,\text{J} + 600\,\text{J} + (-300\,\text{J}) = 1/60 \times 10^3\,\text{J}$$

روش دوم : در این روش، ابتدا نیروها و مؤلفه‌های نیروهایی را شناسایی می‌کنیم که در امتداد جابه‌جایی بر جسم وارد می‌شوند (شکل زیر).



اندازهٔ نیروی خالص در امتداد جابه‌جایی برابر است با :

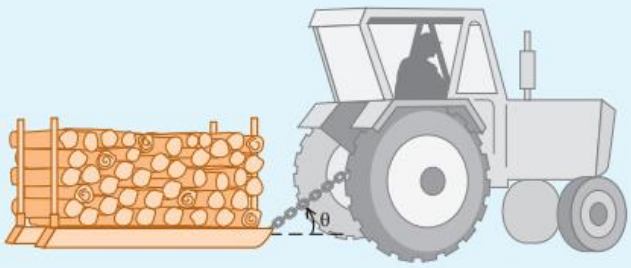
$$F = F_1 \cos 30^\circ + F_2 - f_k = 150\,\text{N} \times \sqrt{3}/2 + 60/0\,\text{N} - 30/0\,\text{N} = +160\,\text{N}$$

علامت مثبت نشان می‌دهد نیروی خالص F در جهت جابه جایی است. به این ترتیب کار کل انجام شده برابر است با :

$$W_t = Fd = (160\,\text{N})(10/0\,\text{m}) = 1/60 \times 10^3\,\text{J}$$

تمرین ۲ـ۵

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 $mg = 15000\,\text{N}$ است. تراکتور نیروی ثابت $F_1 = 5500\,\text{N}$ را در زاویهٔ $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3500\,\text{N}$ است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را به دو روش محاسبه کنید.

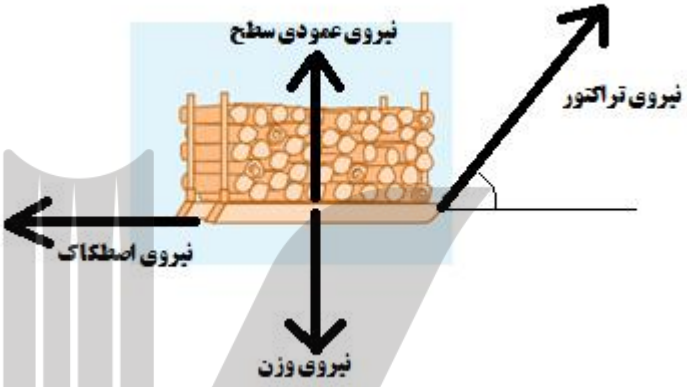


پاسخ تمرین ۲-۵ : قبل از حل این مسئله به مثال ۲-۵ توجه ویژه ای داشته باشید.

https://konkur.info

روش اول: ابتدا کار تمام نیروها را بدست می آوریم سپس با هم جمع کرده کار کل را بدست می آوریم.

نیروهای وارد بر سورتمه عبارت اند از : نیروی تراکتور ، نیروی وزن ، نیروی عمودی سطح(که از طرف سطح وارد می شود) ، نیروی اصطکاک(خلاف جهت حرکت)



کار نیروی وزن و کار نیروی عمودی سطح صفر است زیرا جهت حرکت به سمت راست است اما جهت این نیروها به سمت بالا و پایین است یعنی زاویه نیرو و جابه جایی ۹۰ درجه است و می دانیم هرگاه زاویه نیرو و جابه جایی ۹۰ درجه باشد کار آن نیرو صفر می شود. $W_{\text{وزن}} = W_{\text{عمودی}} = ۰$

$$W_{\text{تراکتور}} = F\,(\cos\theta)\,d = ۵۵۰۰ \times (\cos ٤٥^{\circ}) \times ۲۰۰ = ۷۷۰۰۰۰J$$

$$W_{\text{اصطکاک}} = F\,(\cos\theta)\,d = ۳۵۰۰ \times (\cos ۱۸۰\square) \times ۲۰۰ = -۷۰۰۰۰۰J$$

$$W_{\text{کل}} = W_{\text{تراکتور}} + W_{\text{اصطکاک}} + W_{\text{وزن}} + W_{\text{عمودی}} = ۷۷۰۰۰۰J + (-۷۰۰۰۰۰J) + ۰ + ۰ = ۷۰۰۰۰J$$

روش دوم: مولفه های نیرو در امتداد جابه جایی را محاسبه کرده نیروی خالص وارد بر سورتمه را بدست آورده و سپس کار نیروی خالص را بدست می آوریم.

نیروهای وزن و عمودی سطح مولفه افقی ندارند(به سمت چپ و راست نیرویی وارد نمی کنند) .

https://konkur.info

مولفه افقی نیروی تراکتور ، اصطکاک و سپس نیروی خالص به صورت زیر بدست می آید:

$$F_{\text{x}}\text{تراکتور} = F(\cos\theta) = ۵۵۰۰ \times \cos ۴۵^\circ = ۳۸۵۰N$$

$$f_{\text{x}}\text{اصطکاک} = F(\cos\theta) = ۳۵۰۰ \times \cos ۱۸۰ = -۳۵۰۰N$$

$$F_{\text{T}}\text{خالص} = F_{\text{x}} + f_{\text{x}} = ۳۸۵۰N + (-۳۵۰۰N) = +۳۵۰N$$

علامت مثبت نشان می دهد نیرو در جهت جابه جایی می باشد ، کار کل برابر است با :

$$W_T = F_T d = ۳۵۰ \times ۲۰۰ = ۷۰۰۰۰J$$

مثال ۲ــ ۶

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

پاسخ : با استفاده از قضیهٔ کارــ انرژی جنبشی به سادگی می‌توان مسئله را حل کرد. ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده و رابطهٔ ۲ــ۱ انرژی جنبشی توپ را در دو وضعیت مورد نظر مسئله به دست می‌آوریم :

$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = \frac{۱}{۲}(۰/۴۵۰\text{kg})(۲۰/۰\text{m/s})^۲ = ۹۰/۰\text{J}$$

$$K_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ = \frac{۱}{۲}(۰/۴۵۰\text{kg})(۱۸/۰\text{m/s})^۲ = ۷۲/۹\text{J}$$

به این ترتیب، کار کل انجام شده روی توپ را از رابطهٔ ۲ــ۴ محاسبه می‌کنیم :

$$W_t = K_۲ - K_۱ = ۷۲/۹\text{J} - ۹۰/۰\text{J} = -۱۷/۱\text{J}$$

علامت منفی نشان می‌دهدکه کار کل انجام شده روی توپ، انرژی جنبشی آن را کاهش داده است.

konkur.info

مثال ۲ــ۷

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

پاسخ: ابتدا انرژی جنبشی چترباز را در دو وضعیت پریدن از بالون و همچنین رسیدن به سطح زمین به دست می‌آوریم. با توجه به اطلاعات داده شده و همچنین رابطهٔ ۲ــ۱ داریم:

$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = \frac{۱}{۲}(۷۵/۰\text{kg})(۱/۲۰\text{m/s})^۲ = ۵۴/۰\text{J}$$

$$K_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ = \frac{۱}{۲}(۷۵/۰\text{kg})(۴/۸۰\text{m/s})^۲ = ۸۶۴\text{J}$$

همان‌طور که در شکل روبه‌رو دیده می‌شود در طول حرکت چترباز، دو نیروی وزن و مقاومت هوا به او وارد می‌شود. نیروی وزن در جهت جابه جایی و نیروی مقاومت بر خلاف جابه جایی است. بنابراین، کار کل برابر مجموع کار این دو نیرو است. به این ترتیب، از رابطهٔ ۲ــ۴ داریم:

$$W_t = K_۲ - K_۱ \Rightarrow W_{\text{وزن}} + W_{\text{مقاومت هوا}} = ۸۶۴\text{J} - ۵۴/۰\text{J} = ۸/۱۰ \times ۱۰^۲\text{J}$$

با پیدا کردن کار نیروی وزن (mg) و جایگذاری آن در عبارت بالا، کار نیروی مقاومت هوا را به دست می‌آوریم. از رابطهٔ ۲ــ۲ داریم:

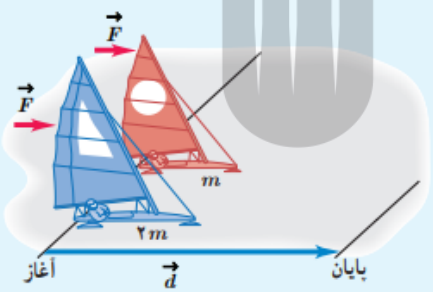
$$W_{\text{وزن}} = mgd = (۷۵/۰\text{kg})(۹/۸۰\text{m/s}^۲)(۸۰۰\text{m}) = ۵/۸۸ \times ۱۰^۵\text{J}$$

به این ترتیب، کار نیروی مقاومت هوا برابر است با:

$$۵/۸۸ \times ۱۰^۵\text{J} + W_{\text{مقاومت هوا}} = ۸۰۰\text{J} \rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = -۵/۸۷ \times ۱۰^۵\text{J}$$

توجه کنید برای اینکه چترباز به طور ایمن و با تندی نسبتاً کمی به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا اثر کار نیروی وزن را تقریباً خنثی کرده است.

تمرین ۲ــ۶



دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده[۱]، 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، با هم مقایسه کنید.

پاسخ تمرین ۲-۶ :

کار انجام شده روی قایق قرمز : $W_{\text{قرمز}} = F.d$

کار انجام شده روی قایق آبی : $W_{\text{آبی}} = F.d$ در نتیجه : $W_{\text{قرمز}} = W_{\text{آبی}}$

https://konkur.info

کار انجام شده روی هر قایق برابر با تغییرات انرژی جنبشی آن هاست ، هر دو قایق در ابتدا ساکن هستند و انرژی جنبشی آنها در حالت اول صفر است . از قضیه کار و انرژی جنبشی داریم :

$$\begin{cases} W_{\text{قرمز}} = \mathrm{K}_{\text{قرمز}} - ۰ & \rightarrow \quad W_{\text{قرمز}} = \mathrm{K}_{\text{قرمز}} \\ W_{\text{آبی}} = \mathrm{K}_{\text{آبی}} - ۰ & \rightarrow \quad W_{\text{آبی}} = \mathrm{K}_{\text{آبی}} \end{cases} \rightarrow$$

انرژی جنشی هر دو قایق با کار انجام شده روی قایق یکسان است و از آنجایی که کار انجام شده روی هر دو قایق مساوی می باشد پس انرژی جنبشی هر دو قایق نیز مساوی خواهد بود.

حال برای مقایسه تندی دو قایق داریم : (به جای جرم قایق قرمز m و به جای قایق آبی $۲m$ قرار می دهیم)

$$\mathrm{K}_{\text{قرمز}} = \mathrm{K}_{\text{آبی}} \rightarrow \left(\frac{۱}{۲}mv^{۲}\right)_{\text{قرمز}} = \left(\frac{۱}{۲}mv^{۲}\right)_{\text{آبی}} \rightarrow \left(\frac{۱}{۲}\right)v^{۲}_{\text{قرمز}} = v^{۲}_{\text{آبی}} \rightarrow v_{\text{آبی}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲}v_{\text{قرمز}}$$

تمرین ۲ ـ ۷

جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش ۸۴۰kg است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کُل انجام شده روی خودرو ۷۳۵۰۰J است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر ۵۴/۰km/h باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ تمرین ۲-۷ : با استفاده از قضیه کار و انرژی داریم :

$$W_{\text{کل}} = K_B - K_A \rightarrow ۷۳۵۰۰ = \frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times v_B^{۲} - \frac{۱}{۲} \times ۸۴۰ \times ۱۵^{۲}$$

$$۷۳۵۰۰ = ۴۲۰ \times v_B^{۲} - ۹۴۵۰۰ \rightarrow ۴۲۰ \times v_B^{۲} = ۱۶۸۰۰۰ \rightarrow v_B^{۲} = \frac{۱۶۸۰۰۰}{۴۲۰} = ۴۰۰$$

https://konkur.info

$$v_B = ۲۰\,{}^{m}/_{s}$$

تمرین ۲ــ ۸

شکل روبه رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت ۵۰N، جعبه ای به جرم ۱۰kg را از حال سکون در امتداد قائم جابه جا می‌کند.

الف) کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه در ارتفاع ۱/۵m به‌طور جداگانه حساب کنید.

ب) کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع ۱/۵m چقدر است؟

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

پاسخ تمرین ۲-۸ : الف: مسئله ایراد دارد، نمی شود با نیروی ۵۰ نیوتون جسمی به جرم ۱۰ کیلوگرم را برداشت چون ۱۰ کیلوگرم تقریبا برابر ۱۰۰ نیوتون می باشد.(پس جرم جسم را $۱kg$ در نظر می گیریم).

$$W_{\text{شخص}} = F\,(cos\theta)\,d = ۵۰ \times (cos۰^{\circ}) \times ۱/۵ = ۷۵J$$

$$W_{\text{وزن}} = mg\,(cos\theta)\,d = ۱ \times ۹/۸ \times (cos۱۸۰^{\circ}) \times ۱/۵ = -۱۴/۷J$$

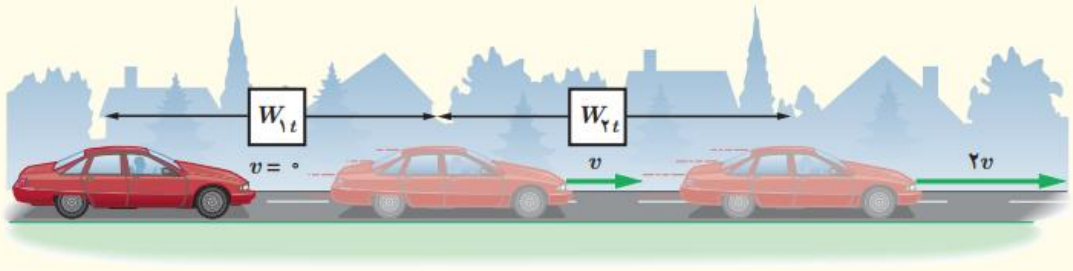
ب: کار کل : $W_{\text{کل}} = W_{\text{شخص}} + W_{\text{وزن}} = ۷۵ + (-۱۴/۷) = ۶۰/۳J$

پ: در حالت ابتدایی جعبه ساکن بوده پس انرژی جنبشی اش در آن لحظه صفر است.

$$W_{\text{کل}} = K_۲ - K_۱ \rightarrow ۶۰/۳ = \frac{۱}{۲} \times ۱ \times v^{۲} - ۰ \rightarrow v = ۱۰/۹۸\frac{m}{s}$$

پرسش ۲ــ ۳

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 $W_{۱t}/W_{۲t}$ چقدر است؟



https://konkur.info

پاسخ پرسش۲-۳ :

$$W_{1t} = K_2 - K_1 \rightarrow W_{1t} = \frac{1}{2} \times m \times v^2 - 0$$

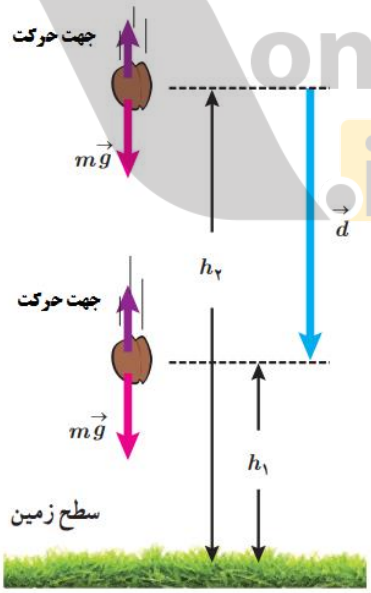
$$W_{2t} = K_2 - K_1 \rightarrow W_{2t} = \frac{1}{2} \times m \times (2v)^2 - \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{3}{2} \times m \times v^2$$

$$\frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{\frac{1}{2} \times m \times v^2}{\frac{3}{2} \times m \times v^2} = \frac{1}{3}$$

تمرین ۲ــ۹

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 ۲ــ۶ به دست می‌آید. فرض کنید که جسم به اندازهٔ کافی نزدیک به سطح زمین بماند به گونه‌ای که وزن آن ثابت باشد.

پاسخ تمرین ۲-۹ : وقتی جسمی به سمت بالا حرکت می کنند جهت حرکت رو به بالا و نیروی وزن رو به پایین می شود پس زاویه بین این دو ۱۸۰ درجه خواهد بود.



$$W_{\text{وزن}} = F\,(\cos\theta)\,d = mg\,(\cos 180^\circ)(h_2 - h_1) = -mg(h_2 - h_1) = -\Delta U$$

https://konkur.info

مثال ۲ــ۸

شکل زیر، کوه نوردی 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 کوه نورد در ۱۲۰۰متری پایان ارتفاع صعود چقدر است؟ مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را (الف) سطح دریا و (ب) قلهٔ کوه بگیرید. ($g = ۹/۸\text{m/s}^۲$)

زردکوه بختیاری، یکی از غنی‌ترین ذخایر طبیعی آب ایران و سرچشمهٔ رودخانه‌های کارون و زاینده‌رود است.

پاسخ : اگر مطابق فرض (الف)، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در سطح دریا بگیریم، می‌توان نوشت :

$h_۱ = ۳۰۰۰\text{m}$ و $h_۲ = ۴۲۰۰\text{m}$

$$\Delta U = mg(h_۲ - h_۱) = (۷۲/۰\text{kg})(۹/۸\text{m/s}^۲)(۴۲۰۰\text{m} - ۳۰۰۰\text{m}) \approx ۸/۵ \times ۱۰^۵\text{J}$$

حال اگر مطابق فرض (ب)، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در قلهٔ کوه فرض کنیم، خواهیم داشت :

$h_۱ = -۱۲۰۰\text{m}$ و $h_۲ = ۰$

$$\Delta U = mg(h_۲ - h_۱) = (۷۲/۰\text{kg})(۹/۸\text{m/s}^۲)[۰ - (-۱۲۰۰\text{m})] \approx ۸/۵ \times ۱۰^۵\text{J}$$

همان‌طور که انتظار داشتیم انتقال مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی، تأثیری در نتیجه نهایی و فیزیک مسئله ندارد.

مثال ۲ــ۹

جسم ساکنی به جرم m را مانند شکل روبه رو، با دستمان از ارتفاع $h_۱$ به ارتفاع $h_۲$ می‌بریم و دوباره به حالت سکون می‌رسانیم. با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، کار نیروی دست را در این جابه‌جایی محاسبه کنید.

پاسخ : با استفاده از قضیهٔ کار ــ انرژی جنبشی (رابطهٔ ۲ــ۴) داریم :

$$W_t = W_{\text{وزن}} + W_{\text{دست}} = K_۲ - K_۱$$

از آنجا که جسم در ابتدا و انتهای مسیر ساکن است، تغییر انرژی جنبشی آن صفر است ($\Delta K = ۰$).

به این ترتیب داریم :

$$W_{\text{وزن}} + W_{\text{دست}} = ۰ \Rightarrow W_{\text{دست}} = -W_{\text{وزن}}$$

با توجه به رابطهٔ ۲ــ۵ می‌توانیم کار نیروی وزن را با استفاده از تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی به دست آوریم.

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(mgh_۲ - mgh_۱)$$

به این ترتیب، کار نیروی دست برابر است با :

$$W_{\text{دست}} = -(-\Delta U) = +(mgh_۲ - mgh_۱)$$

https://konkur.info

تمرین ۲ ــ ۱۰

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

پاسخ تمرین ۲-۱۰ :

$$۸۶٤\ {}^{km}/_{h} = ۲٤۰\ {}^{m}/_{s}$$

انرژی جنبشی :

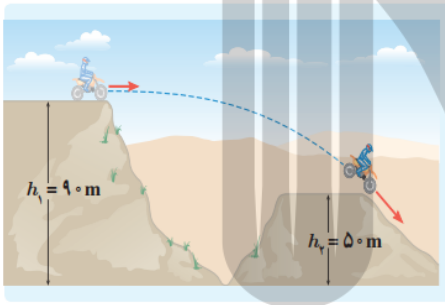
$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۷/۵ \times ۱۰^{٤} \times (۲٤۰)^{۲} = ۲/۱٦ \times ۱۰^{۹}J$$

انرژی پتانسیل گرانشی:

$$U = mgh = ۷/۵ \times ۱۰^{٤} \times ۹/۸ \times ۹/٦۰ \times ۱۰^{۳} = ۷/۰۵ \times ۱۰^{۹}J$$

پس انرژی پتانسیل گرانشی هواپیما بیشتر از انرژی جنبشی اش می باشد.

تمرین ۲ ــ ۱۱



جرم موتور سواری با موتورش $۱۵۰kg$ است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد.

الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید ($g = ۹/۸m/s^{۲}$).

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

پاسخ تمرین ۲-۱۱ :

الف:

$$U_{۱} = mgh_{۱} = ۱۵۰ \times ۹/۸ \times ۹۰ = ۱۳۲۳۰۰J$$

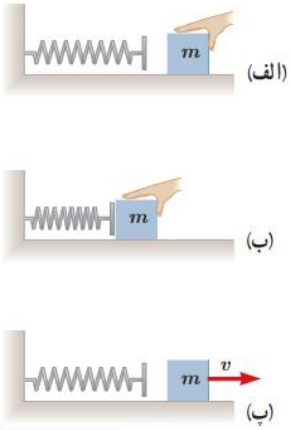
$$U_{۲} = mgh_{۲} = ۱۵۰ \times ۹/۸ \times ۵۰ = ۷۳۵۰۰J$$

ب: کار نیروی وزن برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است:

$$W_{\text{وزن}} = -(U_{۲} - U_{۱}) = -(۷۳۵۰۰ - ۱۳۲۳۰۰) = ۵۸۸۰۰J$$

https://konkur.info

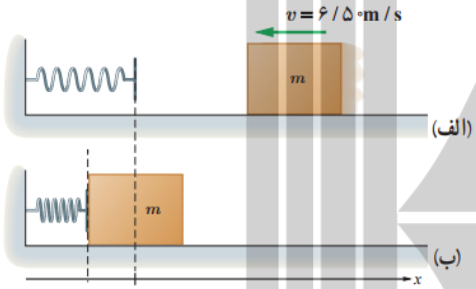
مثال مفهومی ۲ــ ۱۰



دریافت خود را از شکل رو به رو با توجه به مفاهیمی که تا اینجا با آن آشنا شدید، بیان کنید. فرض کنید جسم روی سطحی افقی و بدون اصطکاک حرکت می‌کند.

پاسخ : شکل الف فنری را درحال تعادل نشان می‌دهد که نه فشرده و نه کشیده شده است و انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ــ فنر صفر است. در شکل ب، جسمی به جرم m فنر را فشرده می‌کند. با توجه به فشردگی فنر، انرژی پتانسیل کشسانی در سامانهٔ جسم ــ فنر ذخیره شده است. وقتی جسم رها می‌شود، مطابق شکل پ نیرویی که فنر به جسم وارد می‌کند روی جسم کار انجام می‌دهد، انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ فنر ــ جسم کاسته و انرژی جنبشی جسم افزوده می‌شود.

مثال ۲ــ ۱۱



جسمی به جرم ۴۲۰g مطابق شکل روبه‌رو با تندی ۶/۵۰m/s به فنری برخورد کرده و آن را فشرده می‌کند.

الف) انرژی جنبشی جسم در موقعیت شکل الف چقدر است؟

ب) اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در سامانهٔ جسم ــ فنر ۵/۶۰J باشد، کار نیروی فنر چقدر است؟

پ) با استفاده از قضیهٔ کار ــ انرژی جنبشی، کار نیروی اصطکاک را وقتی جسم از موقعیت شکل (الف) به موقعیت شکل (ب) می‌رود حساب کنید.

پاسخ : الف) با استفاده از رابطهٔ ۲ــ۱، انرژی جنبشی جسم در موقعیت الف برابر است با :

$$K_1 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(0/420\,\text{kg})(6/50\,\text{m/s})^2 = 8/87\,\text{J}$$

ب) با توجه به رابطهٔ ۲ــ۷ کار نیروی فنر برابر است با :

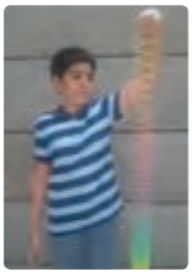
$$W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{کشسانی}} = -(U_2 - U_1) = -(5/60 - 0) = 5/60\,\text{J}$$

پ) از قضیهٔ کار ــ انرژی جنبشی (رابطهٔ ۲ــ۴) کار نیروی اصطکاک را به‌دست می‌آوریم :

$$W_{\text{فنر}} + W_{\text{اصطکاک}} + W_{\text{وزن}} + W_{\text{عمودی سطح}} = K_2 - K_1$$

$$-5/60\,\text{J} + W_{\text{اصطکاک}} + 0 + 0 = 0 - 8/87\,\text{J} \Rightarrow W_{\text{اصطکاک}} = -3/27\,\text{J}$$

فعالیت ۲ــ ۱

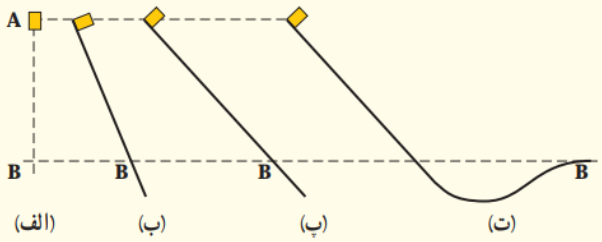


یک فنر فلزی یا پلاستیکی نرم و نسبتاً بلند اختیار کنید. فنر را مطابق شکل روبه رو، از یک طرف آن در امتداد قائم آویزان کنید. ابتدا پیش بینی کنید که با رها کردن فنر، چه اتفاقی می‌افتد؟ فنر را رها کنید و با دقت، تمامی تبدیل‌های انرژی آن را بررسی کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید. اگر دوربین با امکان ضبط و پخش آهستهٔ فیلم در اختیار دارید، فیلمی از این فعالیت تهیه کنید و آن را به‌طور آهسته مشاهده کنید.

https://konkur.info

پاسخ فعالیت ۲-۱ : به عهده دانش آموز است

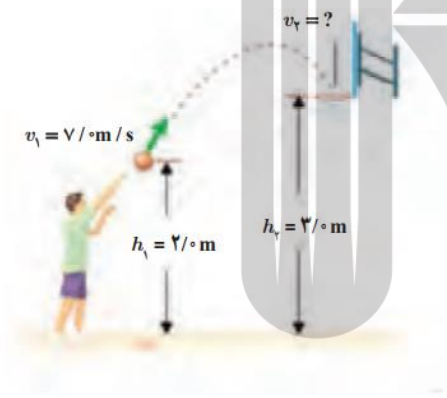
پرسش ۲ـ ۴



شکل روبه‌رو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی‌نشان 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 با هم مقایسه کنید.

پاسخ پرسش ۲-٤: بنا به قانون پایستگی انرژی ، چون در چهار وضعیت شکل مقابل ارتفاع و جرم اجسام یکسان است پس انرژی جنبشی هر چهار وضعیت برابر می باشد که هنگام رسیدن به پایین همه این انرژی به انرژی جنبشی تبدیل می شود که در نتیجه تندی هر چهار حالت یکسان است. (توجه داشته باشید که بعضی از اجسام زود و بعضی دیر به پایین برسند اما تندی همه ی آنها در لحظه رسیدن یکسان است)

مثال ۲ـ ۱۲



شکل روبه‌رو ورزشکاری را در حال پرتاپ توپ بسکتبالی با تندی $v_1 = 7/2 m/s$ به طرف سبد نشان می‌دهد. تندی توپ هنگام رسیدن به دهانهٔ سبد چقدر است؟ مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.

پاسخ : چون اثر نیروی مقاومت هوا را در حین حرکت توپ ناچیز فرض کردیم، پایستگی انرژی مکانیکی برقرار است. لذا از رابطهٔ ۲ـ۸ می‌توان نوشت :

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

با حذف m از طرفین معادلهٔ بالا، و جایگذاری مقادیر داده شده داریم :

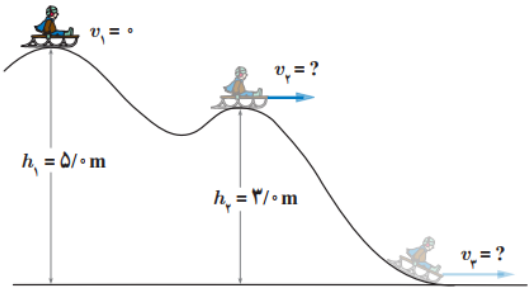
$$\frac{1}{2}(7/0\,m/s)^2 + (9/8\,m/s^2)(2/0\,m) = \frac{1}{2}v_2^2 + (9/8\,m/s^2)(3/0\,m)$$

با حل معادلهٔ بالا، تندی توپ در دهانهٔ سبد تقریباً برابر $v_2 = 5/4 m/s$ به دست می‌آید.

توجه! پاسخ این مثال اشکال دارد، در سوال آمده که تندی اولیه ۷/۲ می باشد و هنگام حل مسئله مقدار ۷ قرار داده است.

https://konkur.info

مثال ۲ــ ۱۳



سورتمه سواری از ارتفاع $h_1 = 5/0\,m$ بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند.

الف) تندی سورتمه را در ارتفاع h_2 به دست آورید.

ب) تندی سورتمه را هنگامی‌که به سطح زمین می‌رسد پیدا کنید.

مقاومت هوا را هنگام حرکت سورتمه نادیده بگیرید.

پاسخ : الف) چون نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا را در حین حرکت سورتمه ناچیز فرض کردیم، پایستگی انرژی مکانیکی برقرار است؛ لذا از رابطهٔ ۲ــ۸ می‌توان نوشت :

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

با حذف m (جرم سورتمه و سورتمه سوار) از طرفین معادلهٔ بالا، و جایگذاری مقادیر داده شده داریم :

$$0 + (9/8\,m/s^2)(5/0\,m) = \frac{1}{2}v_2^2 + (9/8\,m/s^2)(3/0\,m) \Rightarrow v_2 = 6/3\,m/s$$

ب) به‌طور مشابه قسمت قبل، انرژی مکانیکی وضعیت اول و وضعیت سوم سورتمه سوار را مساوی یکدیگر قرار می‌دهیم. در این صورت تندی سورتمه سوار روی زمین برابر $v_3 = 9/9\,m/s$ به دست می‌آید. به‌جای این کار می‌توانستید انرژی مکانیکی وضعیت دوم و وضعیت سوم سورتمه سوار را مساوی یکدیگر قرار دهید.

تمرین ۲ــ ۱۲

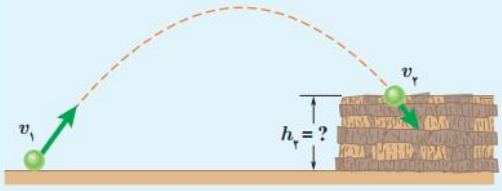
در مثال ۲ــ۱۲، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در ارتفاع h_1 بگیرید و بر این اساس تندی توپ را هنگام رسیدن به دهانهٔ سبد حساب کنید.

پاسخ تمرین ۲-۱۲: اگر ارتفاع h_1 را مبدا (صفر) در نظر بگیریم ارتفاع سبد h_2 برابر یک متر می شود :

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2}m(v_1)^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}m(v_2)^2 + mgh_2$$

$$\frac{1}{2}(7/2)^2 + 0 = \frac{1}{2}(v_2)^2 + 9/8 \times 1 \rightarrow (v_2)^2 = 32/24 \rightarrow v_2 = 5/67\,m/s$$

تمرین ۲ــ ۱۳



توپی مطابق شکل از سطح زمین با تندی $v_1 = 40\,m/s$ به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود.

اگر توپ با تندی $v_2 = 25\,m/s$ به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع h_2 را به دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.

https://konkur.info

پاسخ تمرین ۲-۱۳ : با استفاده از قانون پایستگی انرژی مکانیکی داریم :

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2}m(v_1)^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}m(v_2)^2 + mgh_2$$

$$\frac{1}{2}(40)^2 + 0 = \frac{1}{2}(25)^2 + 9/8 \times h_2 \quad \rightarrow \quad 9/8 \times h_2 = 487/5 \rightarrow h_2 = \frac{487/5}{9/8} = 49/7m$$

پرسش ۲ـ۴

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

پاسخ پرسش ۲-۴: انرژی جنبشی توپ در اثر اصطکاک به انرژی درونی دست و توپ تبدیل شده است.

مثال ۲ـ۱۴

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

پاسخ : ابتدا انرژی مکانیکی بسته را در لحظهٔ رها شدن و هنگام برخورد به زمین حساب می‌کنیم. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین فرض می‌کنیم، داریم :

$$E_1 = K_1 + U_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$$

$$= \frac{1}{2}(30kg)(4/0m/s)^2 + (30kg)(9/8\ m/s^2)(50m) = 14940J \approx 1/5 \times 10^4 J$$

$$E_2 = K_2 + U_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$= \frac{1}{2}(30kg)(25m/s)^2 + 0 = 9375J \approx 9/4 \times 10^3 J$$

با جایگذاری مقادیر انرژی مکانیکی بسته در رابطهٔ $W_f = E_2 - E_1$ ، کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته برابر است با :

$$W_f = E_2 - E_1 = 9375J - 14940J = -5565J \approx -5/6 \times 10^3 J$$

تمرین ۲ـ۱۴

توپی به جرم ۰/۴۵kg با تندی $v_1 = 8/0m/s$ 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 به دست آورید.

https://konkur.info

پاسخ تمرین ۲-۱۴ : انرژی جنبشی در حالت اول :

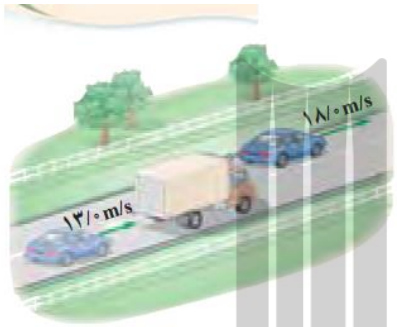
$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۴۵ \times ۸^۲ = ۱۴/۴J$$

اگر ۲۰ درصد (یعنی ۰/۲) از انرژی جنبشی کم شود ، ۸۰ درصد (یعنی ۰/۸) از انرژی جنبشی باقی می ماند :

$$K_۲ = ۰/۸ \times K_۱ = ۰/۸ \times ۱۴/۴ = ۱۱/۵۲J \rightarrow ۱۱/۵۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۴۵ \times v^۲$$

$$v^۲ = \frac{۱۱/۵۲ \times ۲}{۰/۴۵} = ۵۱/۲ \rightarrow v = ۷/۱۵ \, m/s$$

مثال ۲ــ ۱۵



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 $v_۱ = ۱۳/۰m/s$ به $v_۲ = ۱۸/۰m/s$ تغییر داده است. توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار، دست کم چقدر باید باشد؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.

پاسخ : با توجه به رابطهٔ ۲ــ۴، کار کل انجام شده توسط موتور خودرو، برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به‌این ترتیب، با به‌دست آوردن انرژی جنبشی خودرو در دو وضعیت داده شده و محاسبهٔ کار کل موتور خودرو داریم :

$$W_t = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲$$

$$= \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) = \frac{۱}{۲}(۱۳۰۰kg)[(۱۸/۰m/s)^۲ - (۱۳/۰m/s)^۲] = ۱۰۰۷۵۰ \approx ۱/۰۱ \times ۱۰^۵ J$$

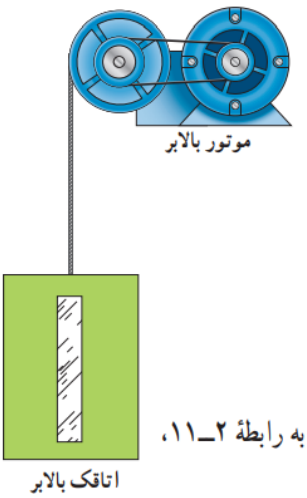
با جایگذاری مقدار به دست آمده در رابطهٔ ۲ــ۱۱، کمترین توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار برابر است با :

$$\overline{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{۱۰۰۷۵۰J}{۳/۰s} \approx ۳/۴ \times ۱۰^۴ W = ۴۵hp$$

در واقع با وجود نیروهای اتلافی (مانند مقاومت هوا) در حین حرکت خودرو، توان مورد نیاز از این مقدار بیشتر است.

https://konkur.info

مثال ۲ــ ۱۶



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.

پاسخ : با توجه به رابطهٔ ۲ــ۴، کار کل انجام شده روی اتاقک بالابر (شامل کار نیروی وزن و کار نیروی موتور بالابر) برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب داریم :

$$W_{\text{وزن}} + W_{\text{موتور}} = K_2 - K_1$$

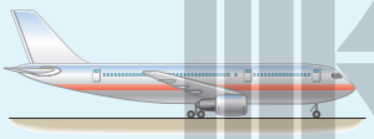
$$-mg(h_2 - h_1) + W_{\text{موتور}} = 0 - 0$$

$$W_{\text{موتور}} = mg(h_2 - h_1) = (500\,\text{kg})(9/8\,\text{m/s}^2)(6/0\,\text{m} - 0) = 29400\,\text{J} \approx 2/9 \times 10^4\,\text{J}$$

در محاسبهٔ بالا، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین (طبقهٔ همکف) گرفته‌ایم. با توجه به رابطهٔ ۲ــ۱۱، توان متوسط موتور بالابر برابر است با :

$$\overline{P} = \frac{W_{\text{موتور}}}{\Delta t} = \frac{29400\,\text{J}}{10\,\text{s}} \approx 2/9 \times 10^3\,\text{W} = 3/9\,\text{hp}$$

تمرین ۲ ــ ۱۵



هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پیشرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $2/0 \times 10^5\,\text{N}$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه 15km در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟

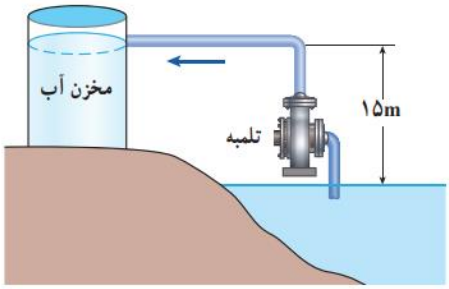
پاسخ تمرین ۲-۱۵ : کار انجام شده توسط موتور جت :

$$W = F\,(\cos\theta)\,d = ۲ \times ۱۰^۵(\cos ۰^\circ) \times ۱۵۰۰۰ = ۳ \times ۱۰^۹ J$$

توان متوسط $\quad \bar{\bar{P}} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{۳\times۱۰^۹ J}{۶۰ s} = ۵ \times ۱۰^۷ w$

https://konkur.info

مثال ۲ــ ۱۷



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

پاسخ : انرژی الکتریکی ورودی به تلمبه برابر است با

$$E_{\text{ورودی}} = (۱۵۰۰۰\text{W})(۱/۰\text{s}) = ۱۵۰۰۰\text{J} \approx ۱/۵ \times ۱۰^۴\text{J}$$

جرم هر لیتر آب دریاچه ۱/۰kg و کار مفید تلمبه برابر است با :

$$E_{\text{خروجی}} = mg(h_۲ - h_۱) = (۷۰\text{kg})(۹/۸\text{N/kg})(۱۵\text{m} - ۰) = ۱۰۲۹۰\text{J} \approx ۱/۰ \times ۱۰^۴\text{J}$$

در محاسبهٔ بالا، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح آب دریاچه گرفته‌ایم. با توجه به رابطهٔ ۲ــ۱۲، درصد بازدهٔ تلمبه برابر است با :

$$\text{بازده برحسب درصد} = \frac{۱۰۲۹۰\text{J}}{۱۵۰۰۰\text{J}} \times ۱۰۰ \approx ٪۶۸$$

لازم است توجه کنید که بخشی از توان ورودی تلمبه به‌دلیل اصطکاک آب در حال حرکت با جدارهٔ داخلی لوله تلف می‌شود.

تمرین ۲ ــ ۱۶

آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از مسیری مطابق شکل روی پره های توربینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل روبه رو). اگر ۸۵ درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، درهر 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 تمرین ۲-۱۶ : کار خروجی توربین ۸۵ درصد از کار نیروی گرانش است که به انرژی الکتریکی تبدیل میشود پس در فرمول توان خروجی خواهیم نوشت:

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{W_{\text{خروجی}}}{t} \rightarrow ۲۰۰ \times ۱۰^۶ = \frac{۰/۸۵ \times W_{\text{گرانش}}}{۱}$$

$$W_{\text{گرانش}} = \frac{۲۰۰ \times ۱۰^۶ \times ۱}{۰/۸۵} = ۲/۳۵ \times ۱۰^۸ J \rightarrow -mg(h_۲ - h_۱) = ۲/۳۵ \times ۱۰^۸$$

$$-m \times ۹/۸ \times (۰ - ۹۰) = ۲/۳۵ \times ۱۰^۸ \rightarrow m = \frac{۲/۳۵ \times ۱۰^۸}{۹/۸ \times ۹۰} = ۲/۶۶ \times ۱۰^۵ kg$$

هر $۱۰۰۰kg$ برابر یک متر مکعب است پس : $۲/۶۶ \times ۱۰^۵ kg \times \frac{۱m^۳}{۱۰۰۰kg} = ۲/۶۶ \times ۱۰^۲ m^۳$

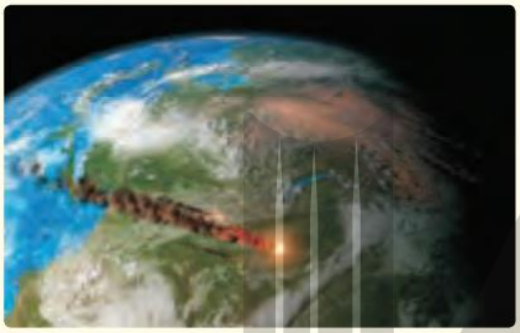
https://konkur.info

فعالیت ۲ـ ۳

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.

پاسخ فعالیت ۲-۳ : ابتدا مقدار کاری که با بالا رفتن از پله ها انجام می دهید را محاسبه کرده تقسیم بر زمان بالارفتن می کنیم مقدار آهنگ انجام کار بدست می آید.

۲ـ ۱ انرژی جنبشی



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

پاسخ تمرین ۱ آخر فصل: انرژی جنبشی شهاب سنگ بسیار بیشتر از انرژی جنبشی هواپیما است.

$$K_{\text{شهاب}} = \frac{۱}{۲} \times ۱/٤ \times ۱۰^{۵} \times (٤ \times ۱۰^{۳})^{۲} = ۱/۱۲ \times ۱۰^{۱۱} J$$

$$K_{\text{هواپیما}} = \frac{۱}{۲} \times ۷/۲ \times ۱۰^{٤} \times (۲۵۰)^{۲} = ۲/۲۵ \times ۱۰^{۵} J$$

۲ حدود ۵۰۰۰۰ سال پیش شهاب سنگی در نزدیک آریزونای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله‌ای بزرگ از خود به جای گذاشته است (شکل روبه رو). با اندازه گیری‌های جدید (۲۰۰۵ میلادی) برآورد شده است که جرم این شهاب سنگ حدود $۱/۴۰ \times ۱۰^{۸}kg$ بوده و با تندی $۱۲/۰km/s$ به زمین برخورد کرده است.

انرژی جنبشی این شهاب سنگ هنگام برخورد به زمین چقدر بوده است؟ (خوب است بدانید انرژی آزاد شده توسط هر تُن TNT تقریباً برابر $۴/۲ \times ۱۰^{۹}J$ است.)

پاسخ تمرین ۲ آخر فصل:

https://konkur.info

$$K_{\text{شهاب}} = \frac{1}{2} \times 1/4 \times 10^{8} \times (12 \times 10^{3})^{2} = 1/008 \times 10^{16} J$$

۲ـ۲ و ۲ـ۳ کار انجام شده توسط نیروی ثابت و کار و انرژی جنبشی

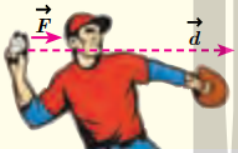
۳ در شکل‌های (الف) و (ب) جرم ارابه‌ها یکسان است. برای اینکه تندی ارابه‌ها از صفر به مقدار معین v برسد، کار انجام شده در هر دو حالت را باهم مقایسه کنید.

(ب) (الف)

پاسخ تمرین ۳ آخر فصل: با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی داریم :

حالت الف : $W_{\text{کل}} = K_{2} - K_{1} = \frac{1}{2}mv^{2} - 0 \quad \rightarrow \quad W_{\text{کل}} = \frac{1}{2}mv^{2}$

حالت ب : $W_{\text{کل}} = K_{2} - K_{1} = \frac{1}{2}(2m)v^{2} - 0 \quad \rightarrow \quad W_{\text{کل}} = mv^{2}$



۴ ورزشکاری سعی می‌کند توپ بیسبالی به جرم ۱۵۰g را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به این منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی $F = 75/0\,\text{N}$ تا لحظهٔ پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی $(d = 1/5\,\text{m})$ بر آن وارد می‌کند (شکل روبه‌رو). تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدراست؟

پاسخ تمرین ٤ آخر فصل: کار انجام شده توسط ورزشکار برابر است با :

$$W = F\,(\cos\theta)\,d = 75 \times (\cos 0) \times 1/5 = 112/5 J$$

کار کل انجام شده در امتداد این جابجایی همان کار دست ورزشکار است ، با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی خواهیم داشت:

$$W_{\text{کل}} = K_{2} - 0 \quad \rightarrow \quad 112/5 J = \frac{1}{2} \times 0/15 \times v^{2} \rightarrow \quad v^{2} = 1500 \quad \rightarrow \quad v = 38/72\,{}^{m}/_{s}$$

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

https://konkur.info

پاسخ تمرین ۵ آخر فصل: بله اگر کار نیروهای اتلافی بیشتر باشد کار کل منفی می باشد، به عبارتی بنا به قضیه کار و انرژی جنبشی هرگاه انرژی جنبشی کاهش یابد تغییرات انرژی جنبشی منفی شده پس کار کل انجام شده روی جسم نیز منفی می گردد.

۶ 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 $3v$ برسد کاری که روی جسم باید انجام شود چند برابر W است؟

پاسخ تمرین ٦ آخر فصل:

حالت اول $W = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

حالت دوم $W_2 = \frac{1}{2}m(3v)^2 - 0 \rightarrow W_2 = \frac{1}{2}m(3v)^2 = 9 \times \left(\frac{1}{2}mv^2\right) = 9W$

۷ اگر مطابق شکل روبه‌رو سطلی را در دست نگه دارید، آیا نیروی دست شما هنگامی که 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.

پاسخ تمرین ۷ آخر فصل: اگر تندی حرکت ما ثابت بماند بنا به قضیه کار و انرژی جنبشی چون تغییر انرژی جنبشی سطل صفر است پس کار دست ما هم صفر می شود. اما اگر تندی کم یا زیاد شود کار روی سطل انجام می گیرد ، اگر تندی کم شود کار منفی و اگر تندی زیاد شود کار مثبت روی سطل انجام شده است.

۸ شخصی گلوله‌ای برفی به جرم ۱۵۰g را از روی زمین بر می‌دارد و تا ارتفاع ۱۸۰cm بالا می‌برد و سپس آن را با تندی ۱۲m/s پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلولهٔ برف چقدر است؟

پاسخ تمرین ۸ آخر فصل: در دو مرحله کار انجام می دهد :

$$W_1 = mg\Delta h = 0/15 \times 9/8 \times 1/8 = 2/646J$$

https://konkur.info

$$W_۲ = \frac{۱}{۲}mv^۲ - ۰ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱۵ \times ۱۲^۲ = ۱۰/۸J$$

$$W_{\text{کل}} = W_۱ + W_۲ = ۲/۶۴۶J + ۱۰/۸J = ۱۳/۴۴J$$

۹ 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؟

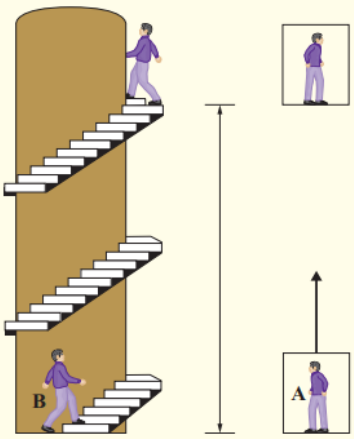
پاسخ تمرین ۹ آخر فصل: این نیرو همواره در جهت مرکز زمین است اما حرکت ماهواره تقریبا دایره ای شکل است با این اوصاف و با توجه به شکل مشاهده می کنید که جهت نیروی وارد بر ماهواره همواره عمود بر جهت حرکت آن است پس نیروی زمین کاری روی ماهواره انجام نمی دهد و در نتیجه انرژی جنبشی ماهواره ثابت باقی می ماند.

۲ـ۴ کار و انرژی پتانسیل

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

پاسخ تمرین ۱۰ آخر فصل : انرژی جنبشی با توجه به رابطه $K = \frac{۱}{۲}mv^۲$ همواره مثبت است زیرا مقدار تندی به توان ۲ و جرم جسم همواره عددی مثبت هستند. اما در رابطه با انرژی پتانسیل گرانشی جسم $U = mgh$ اگر ارتفاع از مبدا پایین تر بیاید مقدار h منفی شده و انرژی پتانسیل گرانشی منفی می گردد.

https://konkur.info



۱۱ دو شخص هم جرم 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 طبقه سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A از شخص B کمتر است، زیرا آرام‌تر بالا رفته است.

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.

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

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

پاسخ تمرین ۱۱ آخر فصل :

الف: نادرست، انرژی پتانسیل گرانشی فقط به ارتفاع و جرم بستگی دارد .

ب: نادرست ، مسافت طی شده تاثیری ندارد و همانطور که گفته شد ارتفاع تعیین کننده است.

پ: درست، تغییرات انرژی پتانسیل هر دو یکسان است و در نتیجه کار نیروی وزن یکسان می باشد.

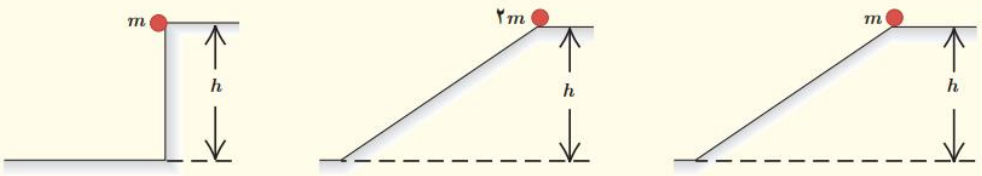
ت: درست ، زیرا هر دو دارای ارتفاع و جرم یکسانی هستند.

۲ـ۵ و ۲ـ۶ پایستگی انرژی مکانیکی و کار و انرژی درونی

۱۲ 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؟

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

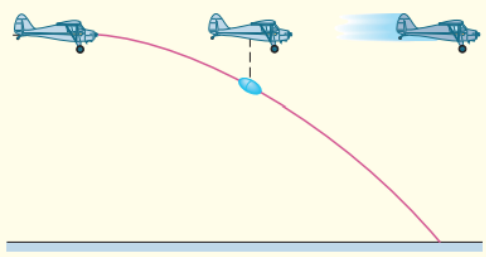


پاسخ تمرین ۱۲ آخر فصل :

الف: بنا به قانون پایستگی انرژی تندی هر سه جسم هنگام رسیدن به زمین یکسان است.

https://konkur.info

ب: کار نیروی وزن به تغییرات انرژی پتانسیل جسم بستگی دارد از آنجایی که جرم و ارتفاع هر سه در حالت ابتدایی و پایانی یکسان است پس نیروی وزن به یک اندازه کار انجام داده است.



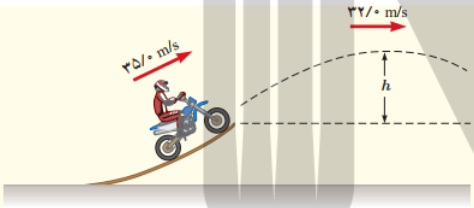
۱۳ در شکل روبه‌رو هواپیمایی که در ارتفاع ۳۰۰m از سطح زمین و با تندی ۵۰m/s پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ (از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم‌پوشی کنید.)

پاسخ تمرین ۱۳ آخر فصل : با استفاده از قانون پایستگی انرژی مکانیکی داریم :

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

$$\frac{۱}{۲}mv_۲^{۲} + mgh_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۱^{۲} + mgh_۱ \quad \rightarrow \quad \frac{۱}{۲}v_۲^{۲} + ۰ = \frac{۱}{۲}v_۱^{۲} + gh_۱$$

$$\frac{۱}{۲}v_۲^{۲} + ۰ = \frac{۱}{۲} \times ۵۰^{۲} + ۹/۸ \times ۳۰۰ \rightarrow \frac{۱}{۲}v_۲^{۲} = ٤۱۹۰ \quad \rightarrow v_۲ = ۹۱/۵٤ \, {}^{m}/_{s}$$



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

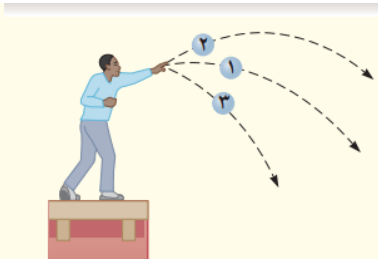
پاسخ تمرین ۱٤ آخر فصل : با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی خواهیم داشت:

$$E_۲ = E_۱ \rightarrow \quad K_۲ + U_۲ = K_۱ + U_۱ \quad \rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۲^{۲} + mgh_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۱^{۲} + mgh_۱$$

چون m در تمام جملات وجود دارد از طرفین معادله مقدار m را حذف (ساده) می کنیم و سایر مقادیر را وارد می نماییم:

$$\frac{۱}{۲} \times ۳۲^{۲} + ۹/۸ \times h_۲ = \frac{۱}{۲} \times ۳۵^{۲} + ۰ \quad \rightarrow \quad h_۲ = ۱۰/۲m$$

https://konkur.info



۱۵ سه توپ مشابه، از بالای ساختمانی با تندی یکسانی پرتاب می‌شوند (شکل روبه رو). 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.

پاسخ تمرین ۱۵ آخر فصل : بنا به قانون پایستگی انرژی مکانیکی چون انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی هر سه جسم هنگام پرتاب یکسان است پس انرژی جنبشی هر سه هنگام رسیدن به زمین یکسان و به صورت زیر بدست می آید : (و به زاویه پرتاب بستگی ندارد).

$$E_۲ = E_۱ \rightarrow K_۲ + U_۲ = K_۱ + U_۱ \quad \rightarrow \quad K_۲ = (K_۱ + U_۱) - U_۲$$

۱۶ گلوله‌ای به جرم ۵۰g از دهانهٔ تفنگی با تندی ۱/۵km/s و ارتفاع ۱/۶m از سطح زمین شلیک می‌شود. اگر گلوله با تندی ۰/۴۵km/s به زمین برخورد کند،
الف) در مدت حرکت گلوله کار نیروی مقاومت هوا چقدر است؟
ب) مقدار به‌دست آمده در قسمت (الف) را با کار نیروی وزن مقایسه کنید.

پاسخ تمرین ۱۶ آخر فصل :

الف: کار نیروی مقاومت هوا برابر با اختلاف انرژی مکانیکی در حالت پایانی و حالت آغازین است :

$$W_{\text{هوا}} = E_۲ - E_۱ = (K_۲ + U_۲) - (K_۱ + U_۱) = \left(\frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲\right) - \left(\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱\right)$$

$$W_{\text{هوا}} = \left(\frac{۱}{۲} \times ۰/۰۵ \times ۴۵۰^۲ + ۰/۰۵ \times ۹/۸ \times ۰\right) - \left(\frac{۱}{۲} \times ۰/۰۵ \times ۱۵۰۰^۲ + ۰/۰۵ \times ۹/۸ \times ۱/۶\right)$$

$$W_{\text{هوا}} = (۵۰۶۲/۵) - (۵۶۲۵۰/۷۸۴) = -۵۱۱۸۸/۲۸۴$$

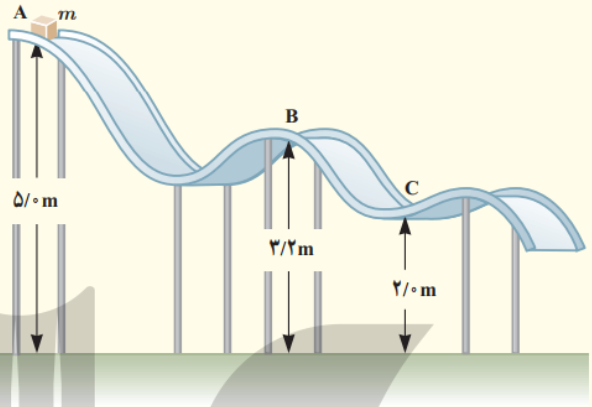
ب: کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی گلوله :

$$W_{\text{وزن}} = -mg(h_۲ - h_۱) = -۰/۰۵ \times ۹/۸ \times (۰ - ۱/۶) = ۰/۷۸۴J$$

https://konkur.info

در این مسئله کار نیروی وزن در مقایسه با مقاومت هوا بسیار ناچیز است.

۱۷ 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
ب) کار نیروی گرانشی را در حرکت جسم از نقطهٔ A تا نقطهٔ C.



پاسخ تمرین ۱۷ آخر فصل :

الف: با استفاده از قانون پایستگی انرژی مکانیکی داریم :

$$E_B = E_A \rightarrow \quad K_B + U_B = K_A + U_A \quad \rightarrow \frac{۱}{۲}mv_B^۲ + mgh_B = ۰ + mgh_A$$

$$\frac{۱}{۲}v_B^۲ + gh_B = gh_A \quad \rightarrow \quad v_B^۲ = ۲g(h_A - h_B) \rightarrow v_B^۲ = ۲ \times ۹/۸ \times (۵ - ۳/۲)$$

$$v_B^۲ = ۳۵/۲۸ \rightarrow v_B = ۵/۹ \, {}^{m}/_{s}$$

ب: همانطور که قبلا هم گفته شد کار نیروی وزن برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است:

$$W_{\text{وزن}} = -mg(h_C - h_A) = -۱۲ \times ۹/۸ \times (۲ - ۵) = ۳۵۲/۸J$$

۱۸ 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 درصورت امکان در کلاستان انجام دهید.)
ب) اگر دانش‌آموز هنگام رها کردن گلوله، آن را هُل دهد، هنگام برگشت آن، چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ تمرین ۱۸ آخر فصل :

https://konkur.info

الف: زیرا انرژی مکانیکی پایسته است و نمی تواند خود به خود زیاد شود پس حداکثر تا همان ارتفاعی که رها کرده ایم می تواند بالا بیاید.

ب: در این صورت چون انرژی اضافی به صورت جنبشی به جسم وارد کرده ایم می تواند بالاتر از نقطه رها شده برود و به بینی آسیب برساند.

۲ـ۷ توان

۱۹ 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؟

پاسخ تمرین ۱۹ آخر فصل :

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F\,(\cos\theta)\,d}{\Delta t} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t} = \frac{۶۵۰ \times ۹/۸ \times ۷۵}{۱۸۰} = ۲۶۵۴/۱۶w$$

یک اسب بخار برابر ۷۴۶ وات است پس :

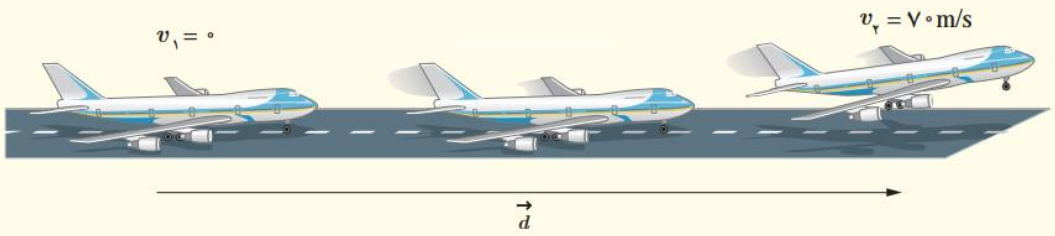
$$\bar{P} = ۲۶۵۴/۱۶w \times \frac{۱hp}{۷۴۶w} = ۳/۵۵hp$$

۲۰ 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.

پاسخ تمرین ۲۰ آخر فصل : ۵۰ پله به ارتفاع $۳۰cm$ می شود ۱۵ متر :

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F\,(\cos\theta)\,d}{\Delta t} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t} = \frac{۷۲ \times ۹/۸ \times ۱۵}{۹۰} = ۱۱۷/۶w$$

۲۱ 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 $v_۲ = ۷۰$m/s می‌رسد.



https://konkur.info

الف) کار کل نیروهای وارد بر هواپیما را در این جابه‌جایی حساب کنید.
یک دقیقه پس از برخاستن، هواپیما تا ارتفاع ۵۶۰m از سطح زمین اوج می‌گیرد و تندی آن به ۱۴۰m/s می‌رسد. در این‌مدت،
ب) کار نیروی وزن چقدر است؟
پ) به جز 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؟

پاسخ تمرین ۲۱ آخر فصل :

الف: $W_{\text{کل}} = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲} \times (۷/۲ \times ۱۰^٤) \times ۷۰^۲ - ۰ = ۱/۷۶ \times ۱۰^۸ J$

ب: $W_{\text{وزن}} = -mg(h_۲ - h_۱) = -(۷/۲ \times ۱۰^٤) \times ۹/۸ \times (۵۶۰ - ۰) = -۳/۹۵ \times ۱۰^۸$

پ: نیروی بالابرنده موتور جت (مثبت) ، نیروی مقاومت هوا (منفی)

۲۲ 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[۱] توان هر یک از آنها بر حسب مگاوات (MW) و اسب بخار (hp) چقدر است؟ (چگالی مواد نفتی را $۸۶۰ kg/m$ بگیرید.)

https://konkur.info

بروزترین و برترین
سایت کنکوری کشور
WWW.KONKUR.INFO

https://konkur.info