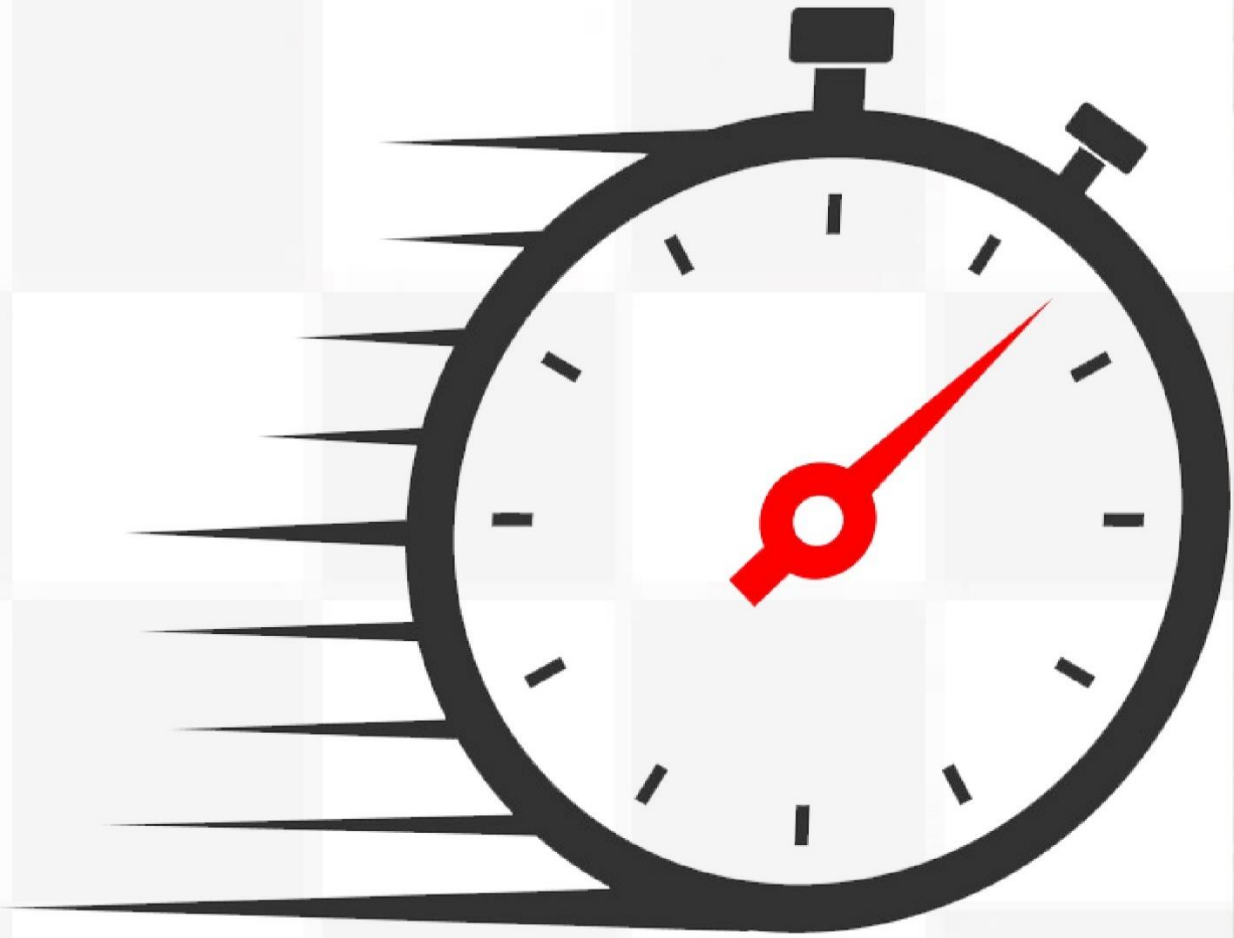
جزوه جمع بندی

فیزیک

کنکور ۱۴ صفر یک



درس نامه، خلاصه، جدول بندی و
تیپ بندی

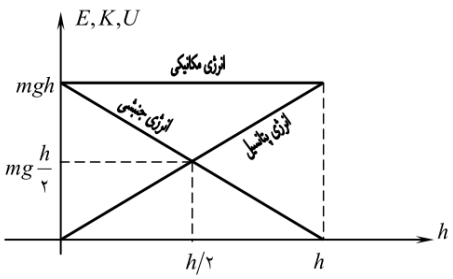
به قلم مهندس علی عاقلی

فصل دوم فیزیک دهم

کار و انرژی (معمولا ۱ تست)

۲-۱ انواع انرژی

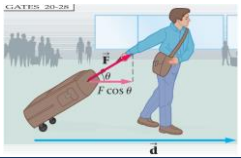
جنبشی	برای جسمی با جرم m و تندی v رابطه انرژی جنبشی $K=\frac{۱}{۲}mv^۲$ می باشد. ✓ مستقل از جهت حرکت یا جهت سرعت است. کمیتی نرده ای و همواره مثبت و واحدش ژوله! ✓ برای یک جسم با تندی ثابت ، انرژی جنبشی ثابت است. پس ثابت بودن آن تابع تندی جسم می باشد. ✓ نمودار k بر حسب v به صورت سهمی است. ✓ رابطه انرژی جنبشی و تکانه (اندازه حرکت) مهم می باشد : $P=mV \rightarrow K=\frac{P^۲}{۲m}$
پتانسیل (ذخیره ای)	توضیحات: ✓ این انرژی به شکل های مختلفی مثل گرانشی ، کشسانی و الکتریکی می تواند باشد. ✓ این انرژی به دلیل موقعیت قرار گرفتن اجسام می باشد و یک انرژی نسبیه!!! ✓ (سنگ در ارتفاع به دلیل نیروی وزن در ارتفاع / فنر کشیده شده به دلیل نیروی کشسانی فنر / وجود نیروی دافعه یا جاذبه بین دو جسم باردار) ✓ به عبارت دیگر این انرژی به مکان اجسام یک سامانه نسبت به یکدیگر بستگی دارد. ✓ برخلاف انرژی جنبشی که به حرکت یک جسم وابسته است، ویژگی یک سامانه (دستگاه) است تا یک جسم منفرد!و ✓ وقتی انرژی پتانسیل یک سامانه کاهش می یابد، به شکل های دیگر از انرژی تبدیل می شود. ✓ سامانه ها: ۱) انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه شخص – زمین : $U_g=mgh$ خود انرژی پتانسیل گرانشی به انتخاب مبدا بستگی دارد و نسبی هستش. ولی تغییراتش به مبدا بستگی ندارد. ۲) انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه جرم – فنر : $U_e=\frac{۱}{۲}kx^۲$ حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی زمانی در فنر ذخیره می‌شود که تندی جسم صفر باشد. ۳) انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه دو جسم باردار
انرژی مکانیکی	مجموع دو انرژی جنبشی و پتانسیل $E=K+U$ ✓ پایستگی انرژی مکانیکی : $E_۱=E_۲$ (اصطکاک و نیروی اتلافی نداریم)
انرژی درونی	مجموع انرژی های ذرات تشکیل دهنده یک جسم است که هم به تعداد ذرات جسم و هم به انرژی هر ذره بستگی دارد. معمولا با گرم تر شدن یک جسم ، انرژی درونی آن نیز افزایش می یابد. قانون پایستگی انرژی : در یک سامانه منزوی(سامانه ای که نه به محیط اطراف انرژی می دهد و نه می گیرد!) ، مجموع کل انرژی ها پایسته می ماند ، انرژی نه خلق میشه و نه نابود!



۲-۲ داستان های کار

کار چیه؟

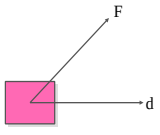
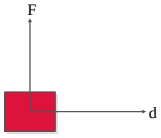
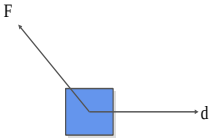
اگر به جسمی نیروی **F** وارد بشه و آن را به اندازه ی **d** جابجا کنه، در واقع کار انجام شده است.



$$W = Fd\cos\theta$$

F : نیرو بر حسب نیوتن	d :جابجایی بر حسب متر	θ : زاویه بین **d** و **F**	W : واحدش ژوله $N.m = J$

کار نیروهای محرک **مثبت** و کار نیروهای مقاوم حرکت **منفی** است.

$if\ \theta < ۹۰ \xrightarrow{\cos\theta > ۰} W > ۰$ 	$if\ \theta = ۹۰ \xrightarrow{\cos\theta = ۰} W = ۰$ 	$if\ \theta > ۹۰ \xrightarrow{\cos\theta < ۰} W < ۰$ 

نکات

- ✓ سطح محصور نمودار F-x برابر کار می باشد.
- ✓ گاهی اوقات برای یافتن جابجایی جسم باید از روابط حرکت شناسی استفاده کرد.
  - جابجایی در حرکت یکنواخت (سرعت ثابت): $\Delta x = Vt$
  - جابجایی در حرکت شتاب ثابت (فرمول های **مستقل از سرعت**، **مستقل** از **سرعت اولیه** و **مستقل از شتاب**، فرمول **فرعی** یا **تصاعد**)

دو مولفه دار

اگر نیرو به صورت $F = F_x i + F_y j$ به جسمی اعمال شود و جسم در مدت اثر این نیرو به اندازه $d = d_x i + d_y j$ جابجا شود:

این یعنی نیروی F_x در راستای d_x و نیروی F_y در راستای d_y وارد شده است. کار هریک را جداجدا حساب کن:

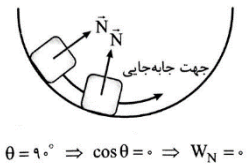
$$W_x = F_x d_x \ ,\ W_y = F_y d_y \xrightarrow{Work\ is\ scalar} W_F = W_x + W_y = F_x d_x + F_y d_y$$

کار های مهم

۱) کار نیروی عمودی سطح :

کار نیروی عمودی سطح در حرکت جسم روی سطح شیب دار، حرکت جسم در راستای x روی یک سطح افقی صفر می باشد. اما این بدین معنی نیست که کار نیروی سطح همیشه صفر می باشد. برای مثال در حرکت آسانسور ، کار نیروی عمودی سطح صفر نیست.($W = F_N d\cos\theta$)

در حرکت روی یک مسیر دایره ای شکل، کار نیروی عمودی سطح صفر می باشد (این نیرو عمود بر راستای حرکت می باشد.)



$\theta = ۹۰^\circ \Rightarrow \cos\theta = ۰ \Rightarrow W_N = ۰$

۲) کار نیروی اصطکاک : برای اصطکاک داریم : $f_k = \mu_k N$. بنابراین کار نیروی اصطکاک برابر $W_{f_k} = -f_k l$ می باشد.

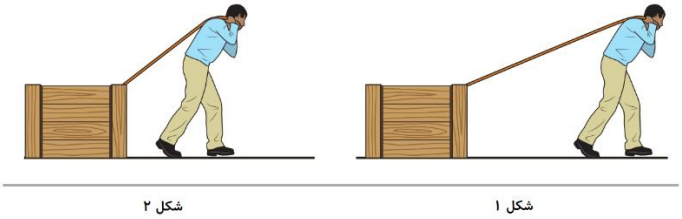
کار نیروی اصطکاک ممکنه مثبت هم باشه!

۳) کار چند نیرو : $W_{total} = W_t = W_۱ + W_۲ + ... = W_{F_{net}}$

$W_{F_{net}} = W_t$ یعنی کار نیروی کل = کار نیروی خالص = کار برآیند نیروها = مجموع کار نیروها

چند آیتمی ۱:

شخصی جسمی را یک بار با طنابی بلند (شکل ۱) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ۲) روی سطحی هموار می‌کشد.

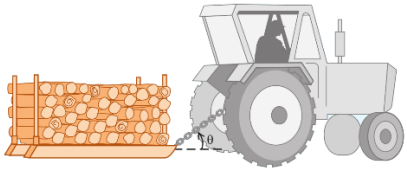


شکل ۲ شکل ۱

(اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیز فرض کنید.)

اگر جابه جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد. در کدام حالت، شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است.	
اگر جابه جایی و نیرویی که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد. کار را مقایسه کنید.	
اگر نیروی شخص ثابت باشد، جابجایی و کار را مقایسه کنید.	

تست ۱: مطابق شکل زیر سورتمه ای پر از هیزم را به اندازه ۲۰۰ متر جابجا می کند. اگر وزن کل سورتمه و بار آن ۸۰۰ کیلوگرم باشد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سورتمه و سطح زمین برابر ۰/۵ باشد و تراکتور با نیروی ثابت ۱۰ کیلو نیوتن تحت زاویه ۳۷ درجه سورتمه را بکشد، کار کل انجام شده روی سورتمه چند مگا ژول می باشد؟ ۱) ۱/۴ ۲)۲/۸ ۳) ۳/۴ ۴) ۸/۶



۲-۳ قضیه ها

کار و انرژی جنبشی

$\boxed{W_t = \Delta K}$

(بحث تندی شد!)

بین کار کل انجام شده روی یک جسم و تغییر انرژی جنبشی آن رابطه ای وجود دارد که به قضیه کار – انرژی جنبشی معروف است.

کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است.

$$W_t = \Delta K = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲} m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$W_t = \Delta K \rightarrow \begin{cases} V_۲ > V_۱ \rightarrow K_۲ > K_۱ \rightarrow \Delta K > ۰ \rightarrow W_t \uparrow \rightarrow \Delta K \uparrow \\ V_۲ = V_۱ \rightarrow K_۲ = K_۱ \rightarrow \Delta K = ۰ \rightarrow W_t = ۰ \\ V_۲ < V_۱ \rightarrow K_۲ < K_۱ \rightarrow \Delta K < ۰ \rightarrow W_t \downarrow \rightarrow \Delta K \downarrow \end{cases}$$

۱) این قضیه فقط برای حرکت مستقیم نیست. کار نیروی خالص یا کار نیروی کل در هر مسیری (مستقیم یا پیچ در پیچ) و در هر شرایطی برابر ΔK است.

۲) کار نیروی خالص یا کار نیروی کل فقط به تندی اول و آخر مسیر بستگی دارد.

(گفتیم تندی: یعنی جهت حرکت جسم مهم نیست)

کار و انرژی پتانسیل

$\boxed{\Delta U_g = -W_g}$

$\boxed{\Delta U_E = -W_E}$

$\boxed{\Delta U_e = -W_e}$

کار و انرژی پتانسیل گرانشی : (h جابجایی در راستای قائم است!)

۱) هنگامی که جسم به سمت پایین حرکت می کند: $(W > ۰ \leftarrow \theta = ۰)$

$$\boxed{W_g = +mgh} \longleftarrow W > ۰ \xleftarrow{W=-\Delta U} \Delta U < ۰ \xleftarrow{U_۲<U_۱} \downarrow U \longleftarrow \downarrow h$$

۲) هنگامی که جسم به سمت بالا حرکت می کند: $(W < ۰ \leftarrow \theta = ۱۸۰)$

$$\boxed{W_g = -mgh} \longleftarrow W < ۰ \xleftarrow{W=-\Delta U} \Delta U > ۰ \xleftarrow{U_۲>U_۱} \uparrow U \longleftarrow \uparrow h$$

کار نیروی وزن به مسیر بستگی ندارد و برای هر مسیر دلخواهی برقرار است و همواره برابر منفی دلتا یو هستش!

کار و انرژی پتانسیل کشسانی فنر : $\boxed{\Delta U_e = U_{e_۲} - U_{e_۱} = -W_e}$

اگر فنر از طول عادی اش دور بشه $W_e < ۰ \longleftarrow \Delta U > ۰ \longleftarrow \uparrow U_e \longleftarrow$

اگر فنر به طول عادی اش نزدیک بشه $W_e > ۰ \longleftarrow \Delta U < ۰ \longleftarrow \downarrow U_e \longleftarrow$

کار و انرژی مکانیکی

✓ **یا اتلاف انرژی نداریم:**

$$E = cte \rightarrow \boxed{K + U_g + U_E + U_e = cte} \rightarrow \boxed{E_۱ = E_۲}$$

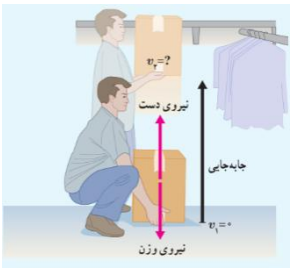
$$\rightarrow K_۱ + U_{g۱} + U_{E۱} + U_{e۱} = K_۲ + U_{g۲} + U_{E۲} + U_{e۲}$$

$$\boxed{\Delta K + \Delta U = ۰} \rightarrow \boxed{\Delta K = -\Delta U}$$

✓ **یا اتلاف انرژی داریم:**

$$\boxed{\Delta E = W_f} \rightarrow \boxed{E_۲ - E_۱ = W_f}$$

گرمای تولید شده : $\boxed{Q = -W_f}$

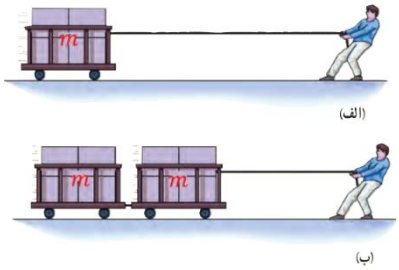


چند آیتمی ۱ : شکل روبه رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت ۱۵۰ نیوتن ، جعبه‌ای به جرم ۱۰ کیلوگرم را از حال سکون در امتداد قائم جابه جا می‌کند.

الف) کار کل انجام شده تا ارتفاع ۱/۵ متری را از دو روش حساب کنید .

ب) تندی نهایی جعبه در ارتفاع ۱/۵ متری را حساب کنید.

تست۲:



در شکل‌های (الف) و (ب) جرم ارابه‌ها یکسان است. برای اینکه تندی ارابه‌ها از صفر به مقدار معین V برسد، کار انجام شده در مورد ب چند برابر مورد الف است ؟

۱) ۲

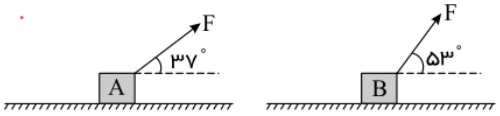
۲) ۸

۳) ۴

۴) ۶

تست۳:

مطابق شکل دو جسم A و B را با دو نیروی ثابت و هم‌اندازه روی سطح افقی بدون اصطکاکی، از حال سکون شروع به حرکت درمی‌آوریم. اگر جرم جسم A دو برابر جرم جسم B باشد، پس از عبور دو جسم از یک نقطه به فاصلهٔ یکسان از نقطهٔ شروع حرکت آن‌ها، انرژی جنبشی و تندی جسم A به‌ترتیب از راست به چپ چند برابر انرژی جنبشی و تندی جسم B است؟



۱) $\frac{۲}{۳}, \frac{۴}{۳}$

۲) $\frac{\sqrt{۶}}{۳}, \frac{۴}{۳}$

۳) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}, ۱$

۴) $\frac{۱}{۲}, ۱$

گزینه ۲

$$W_{t(A)} = K_{۲(A)} - \cancel{K_{۱(A)}^{۰}} \Rightarrow Fd\cos ۳۷^\circ = K_{۲(A)} \Rightarrow K_{۲(A)} = Fd \times ۰/۸$$

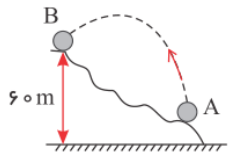
$$W_{t(B)} = K_{۲(B)} - \cancel{K_{۱(B)}^{۰}} \Rightarrow Fd\cos ۵۳^\circ = K_{۲(B)} \Rightarrow K_{۲(B)} = Fd \times ۰/۶$$

$$\frac{K_{۲(A)}}{K_{۲(B)}} = \frac{Fd \times ۰/۸}{Fd \times ۰/۶} = \frac{۴}{۳} \quad , \quad \frac{K_{۲(A)}}{K_{۲(B)}} = \frac{m_A}{m_B} \times (\frac{v_{۲(A)}}{v_{۲(B)}})^۲ \Rightarrow \frac{۴}{۳} = ۲ \times (\frac{v_{۲(A)}}{v_{۲(B)}})^۲$$

$$\Rightarrow \frac{v_{۲(A)}}{v_{۲(B)}} = \sqrt{\frac{۲}{۳}} = \frac{\sqrt{۶}}{۳}$$

تست۴:

مطابق شکل، جسمی به جرم $۳kg$ را از نقطهٔ A پرتاب می‌کنیم تا به نقطهٔ B برسد. اگر قدر مطلق کار نیروی وزن در این جابجایی $۴۵۰J$ باشد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم و زمین در این جابجایی چند ژول و ارتفاع نقطهٔ A از سطح زمین برحسب متر به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $۴۵, -۴۵۰$

۲) $۱۵, +۴۵۰$

۳) $۱۵, -۴۵۰$

۴) $۴۵, +۴۵۰$

پاسخ: گزینه ۴ جسم به سمت بالا حرکت کرده است، بنابراین:

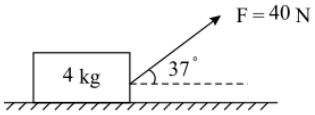
$$W_{mg} = -۴۵۰J \Rightarrow \Delta U = -W_{mg} = ۴۵۰J$$

$$\Delta U = U_B - U_A = mgh_B - mgh_A = ۳۰ \times ۶۰ - ۳۰ \times h_A = ۳۰(۶۰ - h_A)$$

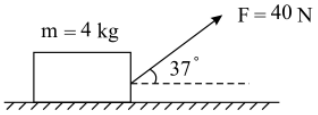
$$\Delta U = ۴۵۰J \Rightarrow ۳۰(۶۰ - h_A) = ۴۵۰J \Rightarrow h_A = ۴۵m$$

تست۵:

مطابق شکل زیر، به جسمی به جرم ۴ کیلوگرم روی سطح افقی نیروی $F = ۴۰N$ وارد می‌شود و پس از طی مسافت ۱٫۶ متر سرعتش از صفر به $۴m/s$ می‌رسد. نیروی اصطکاک چند نیوتون است؟ $(\cos ۳۷^\circ = ۰٫۸)$



۱) ۴
۲) ۱۲
۳) ۲۰
۴) ۳۲



$d = ۱٫۶m$

$v_۱ = ۰, v_۲ = ۴m/s$

$$W_t = \Delta K \to W_F + \underbrace{W_{F_N}}_{\text{صفر}} + \underbrace{W_{mg}}_{\text{صفر}} + W_{f_k} = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$\to Fd\cos ۳۷^\circ + f_k d\cos ۱۸۰^\circ = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - ۰^۲)$$

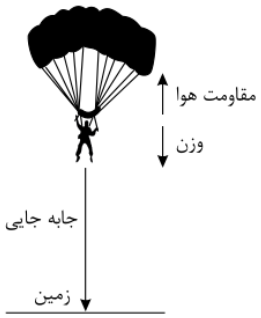
$$\to ۴۰ \times ۱٫۶ \times \frac{۸}{۱۰} + f_k \times ۱٫۶ \times (-۱) = \frac{۱}{۲} \times ۴ \times (۴^۲) = ۳۲$$

$$\to ۵۱٫۲ - ۱٫۶f_k = ۳۲ \to \boxed{f_k = ۱۲N}$$

تست۶:

چتربازی به جرم کل $۱۰۰kg$ از بالونی در ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح زمین با سرعتی به بزرگی $۱٫۵\frac{m}{s}$ به بیرون بالون می‌پرد. اگر او با سرعتی به بزرگی $۴٫۵\frac{m}{s}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا روی چترباز در طول مسیر سقوط چند کیلوژول است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) -۹۰۰
۲) $-۵۰۰٫۹$
۳) -۵۰۰
۴) $-۴۹۹٫۱$



$$\begin{cases} W_t = W_{mg} + W_{f_D} = \Delta K \Rightarrow mgd\cos ۰ + W_{f_D} = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) \\ \Rightarrow ۱۰۰۰ \times ۵۰۰ \times (۱) + W_{f_D} = \frac{۱}{۲}(۱۰۰)(۴٫۵^۲ - ۱٫۵^۲) \Rightarrow W_{f_D} = ۵۰\underbrace{(۲۰٫۲۵ - ۲٫۲۵)}_{۱۸} - ۵ \times ۱۰^۵ \Rightarrow W_{f_D} = ۹۰۰ - ۵۰۰۰۰۰ \\ = -۴۹۹۱۰۰J = -۴۹۹٫۱kJ \end{cases}$$

تست۷:

گلوله‌ای را با تندی اولیه v در امتداد قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. هنگامی که ۴۰ درصد انرژی گلوله صرف غلبه بر مقاومت هوا می‌شود گلوله تا ارتفاع ۳ متری بالا می‌رود. v چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۲۵
۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۱ چون ۴۰ درصد انرژی مکانیکی گلوله در نقطه پرتاب، تلف می‌شود پس:

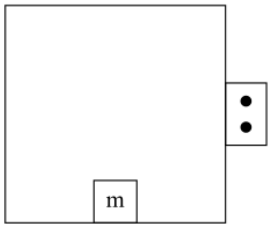
$$E_۲ - E_۱ = W_f \xrightarrow{W_f = -۰٫۴E_۱} E_۲ - E_۱ = -۰٫۴E_۱ \to E_۲ = ۰٫۶E_۱$$

نقطه (۱) نقطهٔ پرتاب است که گلوله دارای انرژی جنبشی است و نقطه (۲) همان نقطه اوج گلوله است که دارای انرژی پتانسیل گرانشی است پس:

$$mgh = ۰٫۶ \times \frac{۱}{۲}mv^۲ \xrightarrow[m]{\text{طرفین تقسیم بر}} gh = ۰٫۶ \times \frac{۱}{۲} \times v^۲ \to ۱۰ \times ۳ = ۰٫۶ \times \frac{۱}{۲} \times v^۲ \to v^۲ = ۱۰۰ \to v = ۱۰\frac{m}{s}$$

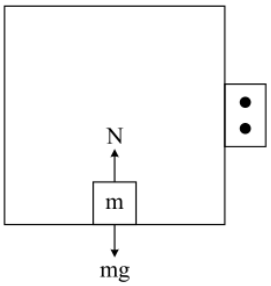
تست ۸:

جسمی به جرم ۶۰ کیلوگرم درون آسانسوری قرار دارد و آسانسور پس از طی کردن مسافت ۹ متری به سمت بالا، تندی‌اش از ۲ به $۸\frac{m}{s}$ می‌رسد. نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



۱) ۴۰۰
۲) ۷۲۰
۳) ۸۰۰
۴) ۹۵۰

گزینه ۳ می‌دانیم کار کل بر جسم برابر است با:



$$W_T = \Delta K \rightarrow W_N + W_{mg} = \Delta K \quad (I)$$
$$W_{mg} = -mgh = -۶۰ \times ۱۰ \times ۹ = -۵۴۰۰J$$
$$\Delta K = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) = \frac{۱}{۲} \times ۶۰ \times (۸^۲ - ۲^۲) \rightarrow \Delta K = ۱۸۰۰$$
$$\xrightarrow{(I)} W_N - ۵۴۰۰ = ۱۸۰۰ \rightarrow W_N = ۷۲۰۰J$$
$$W_N = N \times d \times \cos\theta \rightarrow ۷۲۰۰ = N \times ۹ \times \cos ۰ \rightarrow N = ۸۰۰N$$

تست ۹:

گلوله‌ای را با تندی اولیه v در امتداد قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. هنگامی که ۴۰ درصد انرژی گلوله صرف غلبه بر مقاومت هوا می‌شود گلوله تا ارتفاع ۳ متری بالا می‌رود. v چند متر بر ثانیه است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۲۵
۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۱ چون ۴۰ درصد انرژی مکانیکی گلوله در نقطه پرتاب، تلف می‌شود پس:

$$E_۲ - E_۱ = W_f \xrightarrow{W_f = -۰/۴E_۱} E_۲ - E_۱ = -۰/۴E_۱ \rightarrow E_۲ = ۰/۶E_۱$$

نقطه (۱) نقطهٔ پرتاب است که گلوله دارای انرژی جنبشی است و نقطه (۲) همان نقطه اوج گلوله است که دارای انرژی پتانسیل گرانشی است پس:

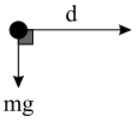
$$mgh = ۰/۶ \times \frac{۱}{۲}mv^۲ \xrightarrow[m]{\text{طرفین تقسیم بر}} gh = ۰/۶ \times \frac{۱}{۲} \times v^۲ \rightarrow ۱۰ \times ۳ = ۰/۶ \times \frac{۱}{۲} \times v^۲ \rightarrow v^۲ = ۱۰۰ \rightarrow v = ۱۰\frac{m}{s}$$

تست ۱۰:

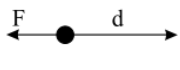
گلوله‌ای به جرم $۴۰g$ با سرعت افقی که بزرگی آن $۳۰۰\frac{m}{s}$ است، به دیواری برخورد می‌کند و پس از طی مسافت $۲۰cm$ داخل دیوار، متوقف می‌شود. کار نیرویی که دیوار به گلوله وارد می‌کند، چند ژول است؟

۱) -۱۸
۲) -۱۸۰۰
۳) -۶
۴) -۶۰۰

پاسخ: گزینه ۲ طبق فرض سؤال گلوله افقی حرکت می‌کند، پس کار نیروی وزن صفر است:



$$W_{mg} = (mg)(d)(a\cos ۹۰) = ۰$$

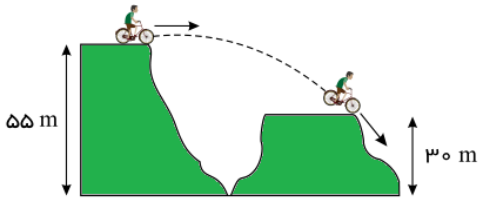


$$W_F = Fd\underbrace{\cos ۱۸۰^\circ}_{-۱} = -Fd$$

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_{mg} + W_F = \frac{۱}{۲}m(v^۲ - v_۰^۲) \Rightarrow W_F = \frac{۱}{۲}(\frac{۴}{۱۰۰})(۰^۲ - ۳۰۰^۲) \Rightarrow W_F = \frac{-۲}{۱۰۰} \times ۹ \times ۱۰^۴ = -۱۸۰۰J \Rightarrow W_F = -۱۸۰۰J$$

تست ۱۱:

در شکل زیر، موتورسوار با سرعتی به بزرگی $۲۰\frac{m}{s}$ از تپهٔ اول جدا می‌شود. اگر تنها نیروی مؤثر، نیروی وزن باشد، بزرگی سرعت آن در لحظهٔ رسیدن به تپهٔ دوم، چند متر بر ثانیه است؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)



۱) ۲۵
۲) ۲۸
۳) ۳۰
۴) ۴۰

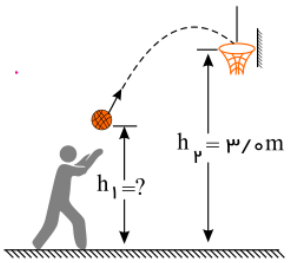
پاسخ: گزینه ۳

$$W_t = \Delta K \Rightarrow \begin{cases} W_{mg} = \Delta K \\ W_{mg} = -\Delta U_g \end{cases} \Rightarrow \Delta K = -\Delta U_g \Rightarrow \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) = mg(h_۱ - h_۲) \Rightarrow \frac{۱}{۲}(v_۲^۲ - ۲۰^۲) = +۱۰ \times \underbrace{(۵۵ - ۳۰)}_{۲۵} = ۲۵۰$$

$$\Rightarrow v_۲^۲ = ۴۰۰ + ۵۰۰ = ۹۰۰ \Rightarrow v_۲ = ۳۰\frac{m}{s}$$

تست ۱۲:

در شکل زیر، ورزشکار توپ را با تندی (سرعت) اولیهٔ $۶\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کند و اندازهٔ سرعت توپ در لحظهٔ ورود به سبد $۵\frac{m}{s}$ است. فاصلهٔ نقطهٔ پرتاب توپ تا سطح زمین ($h_۱$) چند متر است؟ (مقاومت هوا ناچیز است و $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ است.)



۱) ۲٫۴۵
۲) ۲٫۴۶
۳) ۲٫۵۵
۴) ۲٫۶۴

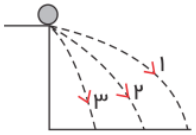
پاسخ: گزینه ۱

$$E_۲ = E_۱ \Rightarrow U_۲ + K_۲ = U_۱ + K_۱ \Rightarrow mgh_۲ + \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ = mgh_۱ + \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ \Rightarrow ۱۰ \times ۳ + \frac{۱}{۲} \times ۲۵ = ۱۰ \times h_۱ + \frac{۱}{۲} \times ۳۶ \xrightarrow{\times ۲} ۶۰ + ۲۵$$

$$= ۲۰h_۱ + ۳۶ \Rightarrow ۲۰h_۱ = ۸۵ - ۳۶ = ۴۹ \Rightarrow h_۱ = \frac{۴۹}{۲۰} = ۲٫۴۵m$$

تست ۱۳:

مطابق شکل روبه‌رو جسمی را از بالای یک ساختمان از سه مسیر متفاوت با تندی اولیه یکسان پرتاب می‌کنیم. کدام گزینه دربارهٔ کار نیروی وزن جسم تا رسیدن جسم به زمین و تندی برخورد جسم به زمین درست است؟ (اندازهٔ نیروی مقاومت هوا در هر سه مسیر ثابت و برابر است.)



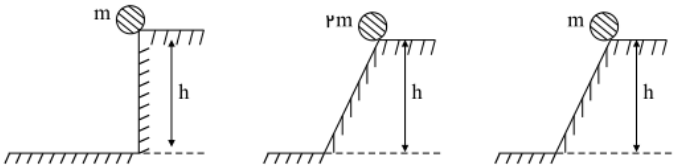
۱) $v_۱ = v_۲ = v_۳ \quad , \quad W_{mg_۱} = W_{mg_۲} = W_{mg_۳}$
۲) $v_۱ > v_۲ > v_۳ \quad , \quad W_{mg_۱} > W_{mg_۲} > W_{mg_۳}$
۳) $v_۱ < v_۲ < v_۳ \quad , \quad W_{mg_۱} > W_{mg_۲} > W_{mg_۳}$
۴) $v_۱ < v_۲ < v_۳ \quad , \quad W_{mg_۱} = W_{mg_۲} = W_{mg_۳}$

پاسخ: گزینه ۴ کار نیروی وزن به تغییر ارتفاع که در هر سه مسیر یکسان است بستگی دارد. بنابراین: $W_{mg_۱} = W_{mg_۲} = W_{mg_۳}$

چون اندازهٔ نیروی مقاومت هوا در هر سه مسیر برابر است و طول مسیر (۱) از (۲) و طول مسیر (۲) از (۳) بیش‌تر است کار نیروی اصطکاک در مسیر (۱) بیش‌تر از (۲) و در مسیر (۲) بیش‌تر از (۳) است. بنابراین انرژی جنبشی در انتهای مسیر (۳) بیش‌تر از (۲) و در (۲) بیش‌تر از (۱) است.

تست ۱۴:

مطابق شکل زیر، سه جسم از حالت سکون و ارتفاع h نسبت به سطح زمین رها می‌شوند. کدام گزینه تندی آنها در سطح زمین (v) و کار نیروی وزن روی آن‌ها تا رسیدن به سطح زمین (W) را به درستی نشان می‌دهد؟ (از اثر مقاومت هوا و اصطکاک صرف‌نظر کنید.)



(۱) (۲) (۳)

۱) $W_۱ = W_۲ = W_۳ \quad , \quad v_۱ = v_۲ = v_۳$

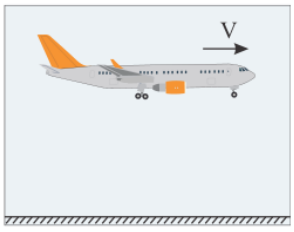
۲) $W_۱ = \frac{۱}{۲}W_۲ = W_۳ \quad , \quad v_۱ = \frac{\sqrt{۲}}{۲}v_۲ = v_۳$

۳) $W_۱ = \frac{۱}{۲}W_۲ = W_۳ \quad , \quad v_۱ = v_۲ = v_۳$

۴) $W_۱ = W_۲ = W_۳ \quad , \quad v_۱ = \frac{\sqrt{۲}}{۲}v_۲ = v_۳$

تست ۱۵:

اگر مطابق شکل هواپیمایی که با تندی $۲۸۸\frac{km}{h}$ در حرکت است، بسته‌ای به جرم ۱۰۰ کیلوگرم را از ارتفاع ۲۰۰ متری زمین رها کند و بسته با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا در این جابجایی چه‌قدر بوده است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $۱۰۰kJ$

۲) $۵۰۰kJ$

۳) $-۱۰۰kJ$

۴) $-۵۰۰kJ$

پاسخ: گزینه ۴ توجه کنید که تندی اولیهٔ بسته صفر نیست و برابر تندی هواپیما است.

$$v_۱ = ۲۸۸\frac{km}{h} = ۸۰\frac{m}{s}$$

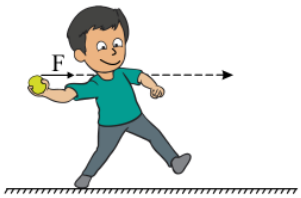
$$W_t = K_۲ - K_۱ \Rightarrow W_{mg} + W_f = \frac{۱}{۲} \times ۱۰۰ \times (۲۰)^۲ - \frac{۱}{۲} \times ۱۰۰ \times (۸۰)^۲$$

$$+mg|\Delta h| + W_f = -۳۰۰۰۰۰ \Rightarrow ۱۰۰۰ \times ۲۰۰ + W_f = -۳۰۰۰۰۰$$

$$\Rightarrow W_f = -۵۰۰۰۰۰J = -۵۰۰kJ$$

تست ۱۶:

مطابق شکل شخصی جسمی به جرم ۱۰۰ گرم را با نیروی ثابت $F = ۱۵N$ از حال سکون پس از ۱۵۰ سانتی‌متر جابجایی افقی، پرتاب می‌کند. تندی جسم هنگام جدا شدن از دست شخص چند متر بر ثانیه است؟



۱) $۵\sqrt{۲}$

۲) $۱۰\sqrt{۲}$

۳) $۱۵\sqrt{۲}$

۴) $۲۰\sqrt{۲}$

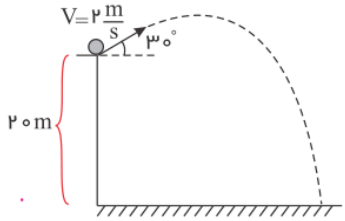
پاسخ: گزینه ۳

$$W_t = K_۲ - \cancel{K_۱}^{\circ} \Rightarrow W_F + \cancel{W_{mg}}^{\circ} = K_۲ \Rightarrow Fd\cos ۰^\circ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲$$

$$\Rightarrow ۱۵ \times ۱/۵ \times ۱ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۱۰} \times v_۲^۲ \Rightarrow v_۲ = \sqrt{۴۵۰} = ۱۵\sqrt{۲}\frac{m}{s}$$

تست ۱۷:

مطابق شکل جسمی به جرم ۱۰۰ گرم را از بالای یک بلندی به ارتفاع ۲۰ متر تحت زاویهٔ ۳۰° نسبت به راستای افقی با تندی $۲\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کنیم. اگر جسم با تندی $۸\frac{m}{s}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۳
۲) -۳
۳) ۱۷
۴) -۱۷

پاسخ: گزینه ۴

$$W_t = K_۲ - K_۱ \Rightarrow W_f + W_{mg} = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$\Rightarrow W_f + mg|\Delta h| = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) \Rightarrow W_f + ۱ \times ۲۰ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱۰۰}{۱۰۰۰}(۸^۲ - ۲^۲) \Rightarrow W_f = -۱۷J$$

نکته ۱: برخورد به فنر، بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی فنر (حداکثر فشردگی فنر) در لحظه ای اتفاق می افتد که تندی جسم متصل به فنر صفر می شود.

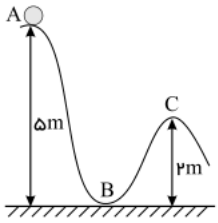
تست ۱۸:

توپی به جرم ۰/۴۵ کیلوگرم با تندی ۸ متر بر ثانیه از نقطه A می گذرد. نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی توپ را تا رسیدن به نقطه B تلف می‌کنند. تندی توپ در این نقطه ؟

۱) ۶
۲) ۷
۳) ۸
۴) ۹

تست ۱۹:

مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۵۰۰ گرم مسیر ABC را طی می‌کند. اگر تندی جسم در نقطهٔ A برابر با $۲\frac{m}{s}$ و اتلاف انرژی در طول مسیر ABC برابر ۶ ژول باشد، تندی جسم در نقطهٔ C چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $\sqrt{۵}$
۲) $۲\sqrt{۵}$
۳) $\sqrt{۱۰}$
۴) $۲\sqrt{۱۰}$

اگر سطح زمین را مبدأ پتانسیل درنظر بگیریم، داریم:

$$Wf = EC - EA \rightarrow Wf = (KC + UC) - (KA + UA)$$

$$\Rightarrow Wf = (\frac{۱}{۲}mv_C^۲ + mghC) - (\frac{۱}{۲}mv_A^۲ + mghA$$

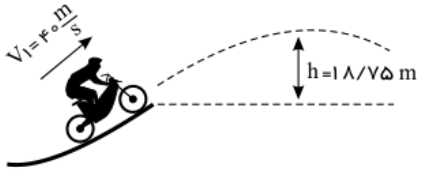
$$\xrightarrow{Wf=-۶J\,,\,m=۵۰۰g=\frac{۱}{۲}kg} -۶ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۲} \times v_C^۲ + \frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times ۲ - \frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۲} \times ۴ - \frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times ۵$$

$$\rightarrow -۶ = \frac{۱}{۴}v_C^۲ + ۱۰ - ۱ - ۲۵ \rightarrow v_C^۲ = ۴۰ \rightarrow vC = ۲\sqrt{۱۰}\,\frac{m}{s}$$

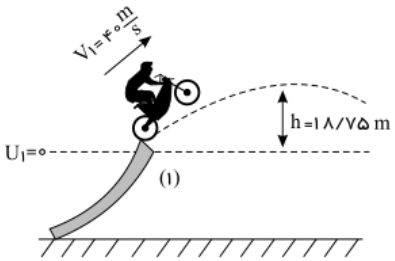
تست ۲۰:

مطابق شکل زیر، موتورسواری از انتهای سکویی، پرشی را با تندی اولیهٔ $۴۰\frac{m}{s}$ انجام می‌دهد. اگر اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیریم، موتورسوار با تندی چند متر بر ثانیه از بالاترین نقطهٔ مسیرش عبور می‌کند؟

$(g=۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۴۰
۲) ۳۲
۳) ۳۵
۴) ۳۰



$$(۱)\quad \begin{cases} U_۱ = ۰ \\ K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ \end{cases}$$

$$(۲)\quad \begin{cases} U_۲ = mgh \\ K_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ \end{cases}$$

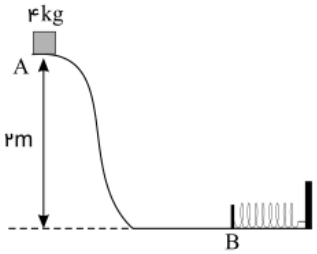
$$E_۲ = E_۱ \xrightarrow{E=U+K} K_۲ + U_۲ = K_۱ + U_۱$$

$$\xrightarrow[U_۲=mgh, K_۲=\frac{۱}{۲}mv_۲^۲]{U_۱=۰, K_۱=\frac{۱}{۲}mv_۱^۲} \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + ۰ \xrightarrow{\text{با حذف } m \text{ از طرفین رابطه}} \frac{v_۲^۲}{۲} + gh = \frac{v_۱^۲}{۲}$$

$$\xrightarrow[h=۱۸/۷۵m]{v_۱=۴۰\frac{m}{s}} \frac{v_۲^۲}{۲} + ۱۰ \times ۱۸/۷۵ = \frac{۱۶۰۰}{۲} \Rightarrow v_۲^۲ + ۳۷۵ = ۱۶۰۰ \Rightarrow v_۲^۲ = ۱۲۲۵ \Rightarrow v_۲ = ۳۵\frac{m}{s}$$

تست ۲۱:

جسمی به جرم $۴kg$ مطابق شکل از نقطهٔ A به ارتفاع $۲m$ با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ روی سطح پرتاب می‌شود و پس از پایین آمدن از سطح شیب‌دار، در نقطهٔ B به فنر برخورد کرده و آن را می‌فشارد. اگر بیشینهٔ انرژی پتانسیل فنر به $۲۲۰J$ برسد، کار نیروی اصطکاک در کل مسیر چند ژول است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) -۶۰
۲) -۸۰
۳) -۲۰۰
۴) -۲۲۰

$$\Delta K = W_t \Rightarrow K_۲ - K_۱ = W_{mg} + \cancel{W_N}^{۰} + W_f + W_{\text{فنر}}$$

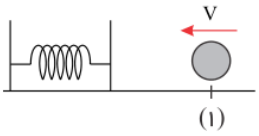
$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ = mgh + ۰ + W_f + (-\Delta U_{\text{فنر}})$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲} \times ۴ \times (۰)^۲ - \frac{۱}{۲} \times ۴ \times ۱۰^۲ = ۴ \times ۱۰ \times ۲ + ۰ + W_f - ۲۲۰$$

$$\Rightarrow -۲۰۰ = ۸۰ + W_f - ۲۲۰ \Rightarrow W_f = -۶۰J$$

تست ۲۲:

جسمی به جرم $۲kg$ مطابق شکل با تندی $v_۱ = ۴\frac{m}{s}$ با عبور از نقطهٔ (۱) با برخورد به فنر، حداکثر ۱۰ ژول انرژی در فنر ذخیره می‌کند. کار نیروی اصطکاک بین جسم و سطح تا هنگامی که تندی گلوله به صفر می‌رسد چند ژول است؟



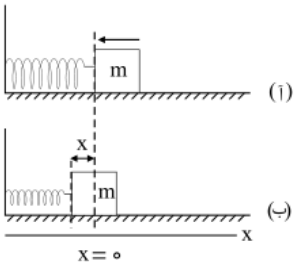
۱) -۶
۲) -۱۰
۳) -۱۶
۴) -۲۶

پاسخ: گزینه ۱

$$E_۲ - E_۱ = W_f \Rightarrow U_{e_۲} - K_۱ = W_f \Rightarrow ۱۰ - \frac{۱}{۲} \times ۲ \times (۴)^۲ = W_f \Rightarrow W_f = -۶J$$

تست ۲۳:

مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۴۰۰ گرم با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به فنری افقی برخورد کرده و آن را تا بیش‌ترین حد ممکن فشرده می‌کند. اگر بیش‌ترین انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در سامانهٔ جسم - فنر برابر با ۱۵ ژول باشد، به‌ترتیب از راست به چپ، کار نیروی فنر روی جسم و کار نیروی اصطکاک روی جسم در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (از جرم فنر صرف‌نظر شود.)

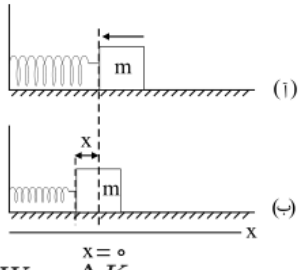


۱) ۱۵ و -۵
۲) ۱۵ و -۳۵
۳) ۱۵ و -۳۵
۴) ۱۵ و -۵

کار نیروی فنر روی جسم برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی فنر است. بنابراین هنگام بیش‌ترین فشردگی فنر داریم:

$$We = -\Delta Ue = -۱۵J$$

برای به‌دست آوردن کار نیروی اصطکاک با استفاده از قضیهٔ کار - انرژی جنبشی داریم:



$$Wt = \Delta K$$

ابتدا Wt را به دست می‌آوریم:

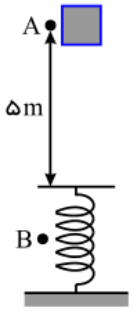
$$Wt = \cancel{W^{\circ}_{mg}} + \cancel{W^{\circ}_{N}} + Wf + We \Rightarrow Wt = Wf + We$$

$$Wf + We = K_۲ - K_۱ \xrightarrow[We=-۱۵J]{K_۲=۰\,,\, m=۴۰۰g=۰/۴kg\,,\, v_۱=۱۰\frac{m}{s}} Wf - ۱۵ = ۰ - \frac{۱}{۲} \times ۰/۴ \times ۱۰^۲$$

$$Wf - ۱۵ = -۰/۲ \times ۱۰۰ \Rightarrow Wf - ۱۵ = -۲۰ \Rightarrow Wf = ۱۵ - ۲۰ = -۵J$$

تست ۲۴:

مطابق شکل، جسمی به جرم $۲kg$ را از نقطهٔ A در فاصلهٔ ۵ متری از فنر رها می‌کنیم. جسم به فنر برخورد می‌نماید، آن را تا نقطهٔ B فشرده می‌کند و برای یک لحظه متوقف می‌شود. اگر کار نیروی فنر تا لحظهٔ توقف $-۱۱۰J$ باشد، فنر چند سانتی‌متر فشرده شده است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۲۰
۲) ۳۰
۳) ۴۰
۴) ۵۰

$$W_t = \Delta K$$

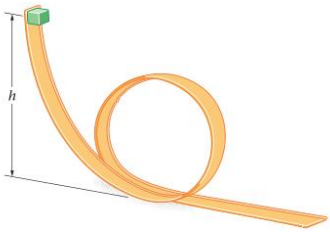
$$W_{\text{وزن}} + W_{\text{فنر}} = \cancel{K_۲ - K_۱}^{\,۰}$$

$$W_{\text{وزن}} = -W_{\text{فنر}}$$

$$mg(۵+x) = -(-۱۱۰) \Rightarrow ۲۰ \times (۵+x) = ۱۱۰ \Rightarrow ۵+x = ۵/۵ \Rightarrow x = ۰/۵m = ۵۰cm$$

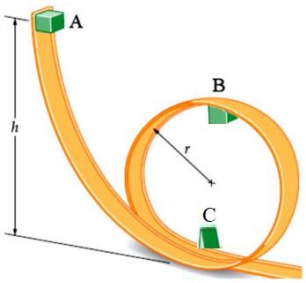
تست ۲۵:

جرم m از ارتفاع مشخص h=۱۰ m روی سطح بدون اصطکاکی رها و سپس وارد حلقه ای به قطر ۵ متر می شود. در نهایت پس از یک دور زدن در حلقه از آن خارج می شود. تندی جسم در پایین ترین نقطه حلقه چند برابر تندی جسم در بالای حلقه می باشد؟



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) $۱۰\sqrt{۵}$
۴) $۲\sqrt{۵}$

با نوشتن پایستگی انرژی بین دو نقطه A و B داریم:



$$K_B + U_B = K_A + U_A$$

$$\frac{۱}{۲}mv_B^۲ + mgd = ۰ + mgh$$

$$\frac{۱}{۲}mv_B^۲ = mg(h-d)$$

$$v_B = \sqrt{۲g(h-d)} = \sqrt{۲\times۱۰\times(۱۰-۵)} = ۱۰\frac{m}{s}$$

با نوشتن پایستگی انرژی بین دو نقطه A و C داریم:

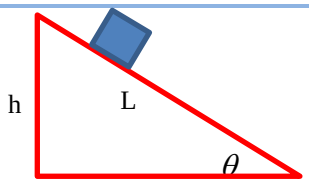
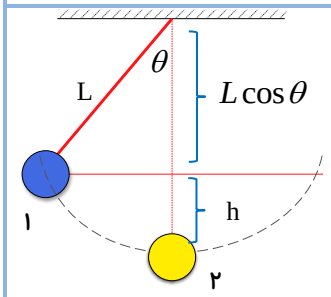
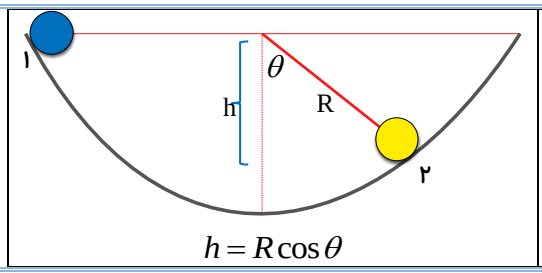
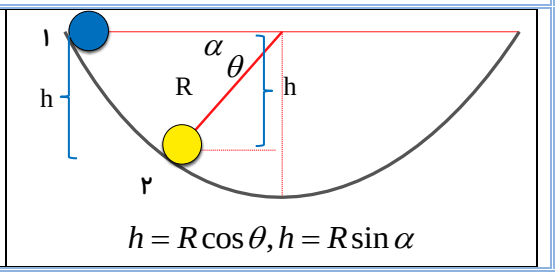
$$K_C + U_C = K_A + U_A$$

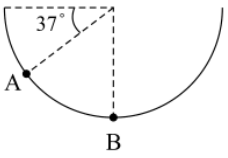
$$\frac{۱}{۲}mv_C^۲ + ۰ = ۰ + mgh$$

$$\frac{۱}{۲}mv_C^۲ = mgh$$

$$v_C = \sqrt{۲gh} = \sqrt{۲\times۱۰\times۱۰} = ۲۰\sqrt{۵}\frac{m}{s}$$

۱-۳-۲ تیپ مسائل معروف

کار نیروی وزن در سطوح افقی	در سطوح افقی نیروی وزن بر جابجایی عمود است، بنابراین کاری انجام نمی دهد.
کار نیروی وزن در راستای قائم	در حرکت رو به بالا : – در حرکت رو به پایین : + h : ارتفاع قائم بین نقطه ی ابتدا و انتها (کار انجام شده به مسیر حرکت بستگی ندارد و فقط ارتفاع قائم بین ابتدا و انتها مهم است.) $W = \pm mgh$
سطح شیبدار	 $\boxed{h = L\sin\theta}$
آونگ از ۱ به ۲	 $\boxed{h = L - L\cos\theta}$ $E_۱ = E_۲ \rightarrow \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ + mgh = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ + ۰$ $\rightarrow V_۲ = V_{Max} = \sqrt{V_۱^۲ + ۲gL(۱ - \cos\theta)}$
در نیم کره	 $h = R\cos\theta$  $h = R\cos\theta, h = R\sin\alpha$



چند آیتمی : جسمی به جرم ۱۰۰ گرم درون نیم کره صیقلی به شعاع ۳۰ سانتی متر به پایین می لغزد.

۱) کار نیروی وزن جسم از A تا B چند ژول است؟

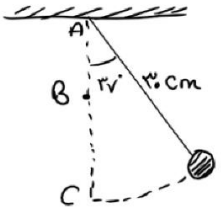
۲) تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی در این جابجایی چند ژول است ؟

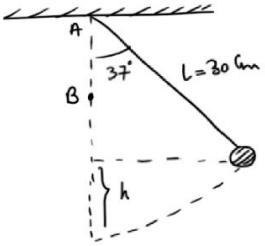
۳) کار نیروی عمودی سطح ؟

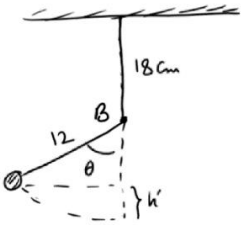
۴) کار نیروی سطح از A تا B ؟

تست۲۶:

آونگی به طول ۳۰ سانتی متر را به اندازه ی ۳۷ درجه منحرف کرده و در نهایت رها می کنیم. نخ آونگ در لحظه عبور از وضع تعادل در نقطه **B** که ۱۸ سانتی متر زیر نقطه **A** می باشد، به میخی برخورد می کند. اگر از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، زاویه ی انحراف از وضع تعادل در طرف دیگر آونگ چند درجه است ؟







۱) ۳۷

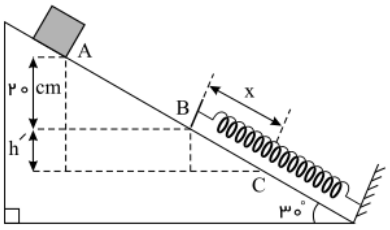
۲) ۶۰

۳) ۳۰

۴) ۵۳

تست۲۷:

جسمی به جرم ۲ کیلوگرم روی سطح شیبدار با اصطکاک ناچیز به سمت پایین می‌لغزد و با سرعت $۲m/s$ از نقطهٔ A عبور کرده و در نقطهٔ B به فنر برخورد می‌کند. اگر حداکثر فشردگی فنر x و بیشینهٔ انرژی ذخیره شده در فنر ۱۰ ژول باشد، x چند سانتی‌متر است؟ ($g = ۱۰m/s^۲$)



۱) ۱۰

۲) ۲۰

۳) ۳۰

۴) ۴۰

پاسخ: گزینه ۲

پایستگی انرژی مکانیکی : $E_A = E_C \Rightarrow mgh_A + \frac{۱}{۲}mV_A^۲ = U_e$

$\Rightarrow ۲ \times ۱۰ \times (۰/۲ + x\sin ۳۰^\circ) + \frac{۱}{۲} \times ۲ \times ۲^۲ = ۱۰$

$۲۰(۰/۲ + \frac{x}{۲}) + ۴ = ۱۰ \Rightarrow x = ۰/۲m = ۲۰\ cm$

۲-۴ توان متوسط

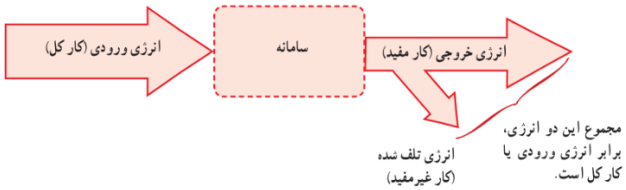
تراکتور ! گاوا! ⟵ هر دو زمین را شخم بزنند ⟵ یکی ۱ ساعت ، یکی ۱ روز ⟵ تفاوت در زمان است! یکی سریع تره.

آهنگ انجام کار یا توان انجام کار ⟵ به زمان وابسته است :

$\bar{P}=\frac{W}{t}\rightarrow \bar{P}=FV\cos\theta$		
P : توان انجام کار و واحد آن وات ($\frac{j}{s}$) واحد دیگر اسب بخار می باشد ($1\ hp=746\ W$)	W : کار و واحد آن ژول	t : زمان و واحد آن ثانیه است.

هرچه توان یک وسیله بیشتر باشد : یعنی کار معینی را در زمان کمتری انجام داده است. یا در زمان معینی کار بیشتری را انجام داده است.

۲-۵ بازده



بازده: نسبت کار مفید به انرژی ورودی!

$$Ra=\frac{E_{out}}{E_{in}}=\frac{khorooji}{Voroodi}=\frac{Mofid}{koll}$$

برای محاسبه بازده بر اساس درصد کافیست در ۱۰۰ ضرب کنیم!

توان مفید : توانی که با فرمول به دست می آید، صورت

توان کل یا ورودی : توان مصرفی : توان دستگاه : توان پمپ : توان موتور : توان اسمی

تست۲۸:

پمپ آبی در هر دقیقه ۳ مترمکعب آب رودخانه‌ای را به نقطه‌ای منتقل می‌کند که ارتفاع آن تا سطح آب رودخانه ۲۴ متر است. اگر توان ورودی پمپ ۲۰ کیلووات باشد، بازده پمپ چند درصد است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$ و $\rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3}$)

۱) ۷۰ ۲) ۶۰ ۳) ۴۰ ۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۲

$$\begin{cases} R_a=\frac{P_{خروجی}}{P_{ورودی}} \text{ و } \rho=1000\frac{kg}{m^3}=\frac{m}{v}=\frac{m}{3m^3}\Rightarrow m=3000kg \\ P_{ورودی}=20kW \text{ و } P_{خروجی}=\frac{mgh}{t}=\frac{(3000\times 10\times 24)J}{60s}=50\times 240W \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_{خروجی}=12kW\Rightarrow R_a=\frac{12kW}{20kW}=\frac{6}{10}$$ درصد ۶۰یا

تست۲۹:

ارتفاع یک سد خاکی ۱۵۰ متر است. در پایین این سد مولدی با توان $150MW$ برق تولید می‌کند. اگر ۷۵ درصد کار نیروی وزن آب به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند مترمکعب آب روی پره‌های توربین ریخته شده است؟

$$(g=10\frac{N}{kg}\ ,\ \rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3})$$

۱) $\frac{450}{3}$ ۲) $\frac{400}{3}$ ۳) $\frac{45}{3}$ ۴) $\frac{40}{3}$

پاسخ: گزینه ۲

$$\text{الکتریکی } E=\frac{75}{100}W_{mg}=\frac{75}{100}mg|\Delta h|=\frac{3}{4}\times m\times 10\times 150=1125m$$

$$P=\frac{W}{\Delta t}\Rightarrow 150\times 10^6=\frac{1125m}{1}\Rightarrow m=\frac{4}{3}\times 10^5 kg$$

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow 1000=\frac{\frac{4}{3}\times 10^5}{V}\Rightarrow V=\frac{400}{3}m^3$$

۱ یک ماشین بالابر، برای بالا بردن وزنه‌ای به جرم $۵۰kg$ تا ارتفاع معینی از سطح زمین $۲۰۰۰J$ انرژی مصرف می‌کند. اگر این وزنه از ارتفاع فوق بدون سرعت اولیه در شرایط خلأ رها شود، با تندی $۸\frac{m}{s}$ به زمین می‌رسد. بازده این ماشین چند درصد است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

سراسری- ۱۴۰۰

۱) ۵۵ ۲) ۶۰ ۳) ۷۵ ۴) ۸۰

پاسخ: گزینه ۴ گام اول: چون شرایط خلأ است، انرژی مکانیکی جسم هنگام رسیدن به سطح زمین با انرژی مکانیکی وزنه در ارتفاع h از سطح زمین (که توسط بالابر به این ارتفاع رسانده شده) برابر است، پس:

$$\text{انرژی مکانیکی وزنه } E=mgh=\frac{۱}{۲}m\underbrace{V^۲}_{\text{تندی جسم هنگام برخورد به زمین}}=\frac{۱}{۲}\times ۵۰\times ۸^۲=۱۶۰۰J$$

گام دوم: این بالابر $۲۰۰۰J$ انرژی مصرف کرده و در عوض به جسم $۱۶۰۰J$ انرژی تزریق کرده و احتمالا مابقی آن تلف شده!

$$\text{بازده}=\frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}}\times ۱۰۰=\frac{۱۶۰۰J}{۲۰۰۰J}\times ۱۰۰=۸۰\%$$

۲ هواپیمایی به جرم ۶۰ تن با تندی $۸۰\frac{m}{s}$ از باند فرودگاه بلند می‌شود و در مدت یک دقیقه تندی آن دو برابر می‌شود و به ارتفاع ۶۰۰ متری از سطح زمین می‌رسد. در این یک دقیقه، کار نیروی وزن روی هواپیما چند ژول است و انرژی مکانیکی هواپیما چند ژول افزایش می‌یابد؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

سراسری- ۱۴۰۰

۱) $۹/۳۶\times ۱۰^۸$ و $-۳/۶\times ۱۰^۸$ ۲) $-۳/۶\times ۱۰^۸$ و $۲/۱۶\times ۱۰^۸$

۳) $-۳/۶\times ۱۰^۸$ و $۲/۱۶\times ۱۰^۸$ ۴) $-۳/۶\times ۱۰^۸$ و $۹/۳۶\times ۱۰^۸$

پاسخ: گزینه ۴ گام اول: می‌دانیم کار نیروی وزن:

$$W_{\text{وزن}}=-mg\Delta h=-(۶۰\times ۱۰^۳)(۱۰)(۶۰۰)=-۳۶\times ۱۰^۷J\Rightarrow W_{\text{وزن}}=-۳/۶\times ۱۰^۸J$$

گام دوم:

$$E=U+K\Rightarrow \Delta E=\Delta U+\Delta K=mg\Delta h+\frac{۱}{۲}m(۱۶۰^۲-۸۰^۲)\Rightarrow \Delta E=۳/۶\times ۱۰^۸+\frac{۱}{۲}\times(۶۰\times ۱۰^۳)\times\underbrace{(۲۵۶۰۰-۶۴۰۰)}_{۱۹۲۰۰}$$

$$\Rightarrow \Delta E=۳/۶\times ۱۰^۸+\underbrace{۵۷۶\times ۱۰^۶}_{۵/۷۶\times ۱۰^۸}=۹/۳۶\times ۱۰^۸J\Rightarrow \Delta E=۹/۳۶\times ۱۰^۸J$$

۳ اگر تندی جسمی در یک مسیر ثابت بماند، کدام موارد الزاماً درست است؟

خارج از کشور- ۱۴۰۰

الف) کار نیروی خالص وارد بر جسم صفر است.

ب) انرژی مکانیکی جسم ثابت می‌ماند.

پ) نیروی خالص وارد بر جسم صفر است.

۱) الف ۲) پ ۳) الف و ب ۴) ب و پ

پاسخ: گزینه ۱ با توجه به قضیهٔ کار و انرژی جنبشی با ثابت ماندن تندی جسم، انرژی جنبشی نیز ثابت مانده، سپس تغییر انرژی جنبشی همینطور کار نیروی خالص وارد بر آن صفر است.

گزینهٔ ب صحیح نیست چون ممکن است در اثر یک نیروی ناپایدار مانند اصطکاک و ... جسم با تندی ثابت حرکت کند (یا روی سطح شیبدار حرکت کند و ...) که در این صورت انرژی مکانیکی آن ثابت نمی‌ماند.

گزینهٔ پ صحیح نیست چون ممکن است جسم روی مسیر خمیده حرکت کند که در اینصورت حرکت به دلیل تغییر جهت سرعت و در نتیجه به دلیل تغییر سرعت، یک حرکت شتابدار است.

۴ اگر شهاب سنگی به جرم $۲/۱\times ۱۰^۴kg$ با تندی $۸\frac{km}{s}$ به زمین برخورد کند، انرژی جنبشی آن در لحظهٔ برخورد، معادل انرژی حاصل از انفجار چند تُن TNT است؟ (انرژی حاصل از انفجار هر تن TNT برابر $۴/۲\times ۱۰^۹J$ است.)

خارج از کشور- ۱۴۰۰

۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) ۱۶۰ ۴) ۳۲۰

پاسخ: گزینه ۳

$$K=\frac{۱}{۲}mv^۲=\times ۲/۱\times ۱۰^۴\times(۸۰۰۰)^۲\rightarrow K=۳۲\times ۲/۱\times ۱۰^{۱۰}J$$

حال با یک تناسب ساده داریم:

$$\begin{array}{c|c}۱TonTNT & ۴/۲\times ۱۰^۹J\\ x=? & ۳۲\times ۲/۱\times ۱۰^{۱۰}J\end{array}\rightarrow x=\frac{۳/۲\times ۲/۱\times ۱۰^{۱۸}}{۴/۲\times ۱۰^۹}\rightarrow x=۱۶۰$$

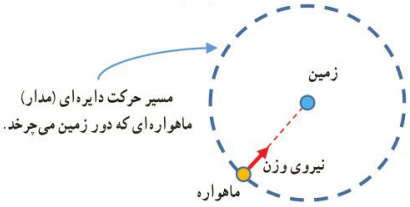
پرسش ۲-۴

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

انرژی جنبشی توپ در اثر برخورد با مولکول‌های هوا و سرانجام برخورد با دست، باعث بالا رفتن انرژی درونی محیط اطراف و دست می‌شود.

تمرین ۹ کتاب : ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابتی دور زمین می‌چرخند. حرکت یک ماهواره به دور زمین (شکل الف) را می‌توان مطابق شکل (ب) مدل سازی کرد. همان طور 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؟

نیروی خالص وارد بر ماهواره عمود بر جهت جابه‌جایی است، پس کار کل ماهواره صفر است. از طرفی با توجه به قضیه کار و انرژی، $W_t=\Delta K$ ، تغییرات انرژی جنبشی نیز صفر است، پس انرژی جنبشی ماهواره و سرعت آن ثابت می‌ماند.



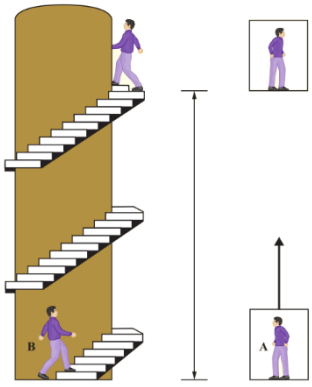
تمرین ۷ کتاب :

اگر مطابق شکل روبه رو 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.

به سطل، نیرویی برابر با وزن سطل و رو به بالا به وارد می‌کنیم. چون سطل با تندی ثابت حرکت می‌کند، شخص نیرویی در جهت افقی به آن وارد نمی‌کند. از طرفی زاویه بین نیروی F و جابه‌جایی d، ۹۰ درجه است.

اگر تندی متغیر باشد، شتاب و در نتیجه نیروی خالصی در راستای جابه‌جایی به سطل وارد خواهد شد. این نیرو روی سطل کار انجام می‌دهد.

تمرین ۱۱ کتاب:



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

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

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

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

راهنمای پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۲

۱

$m_{\text{شهاب سنگ}} = ۱/۳۵ \times ۱۰^{۵}\text{kg}$

$v_{\text{شهاب سنگ}} = ۴/۱۲\text{km/s} = ۴/۱۲ \times ۱۰^{۳}\text{m/s}$

$K_{\text{شهاب سنگ}} = \frac{۱}{۲} mv^{۲} = \frac{۱}{۲}(۱/۳۵ \times ۱۰^{۵}\text{kg})(۴/۱۲ \times ۱۰^{۳}\text{m/s})^{۲}$

$= ۱۱/۵ \times ۱۰^{۱۱}\text{J}$

$m_{\text{هواپیما}} = ۷/۲۵ \times ۱۰^{۴}\text{kg}$

$v_{\text{هواپیما}} = ۹۳۶\text{km/h} = (۹۳۶\text{km/h}) \times (\frac{۱۰^{۳}\text{m}}{۱\text{km}}) \times (\frac{۱}{۳۶۰۰}\frac{\text{h}}{\text{s}})$

$= ۲/۶۰ \times ۱۰^{۲}\text{m/s}$

$K_{\text{هواپیما}} = \frac{۱}{۲} mv^{۲} \times ۷/۲۵ \times ۱۰^{۴}\text{kg} \times (۲/۶۰ \times ۱۰^{۲}\text{m/s})^{۲}$

$= ۲۴/۵ \times ۱۰^{۸}\text{J}$

$$\frac{K_{\text{شهاب سنگ}}}{K_{\text{هواپیما}}} = \frac{۱۱/۵ \times ۱۰^{۱۱}\text{J}}{۲۴/۵ \times ۱۰^{۸}\text{J}} = \frac{۱۱۵۰۰ \times ۱۰^{۸}\text{J}}{۲۴/۵ \times ۱۰^{۸}\text{J}} \approx ۴۶۹$$

$K_{\text{شهاب سنگ}} \simeq ۴۷۰ K_{\text{هواپیما}}$

۲

$m = ۱/۴۰ \times ۱۰^{۸}\text{kg}$

$v = ۱۲/۰\text{km/s} = (۱۲/۰\text{km/s})(۱۰^{۳}\frac{\text{m}}{\text{km}}) = ۱۲/۰ \times ۱۰^{۳}\text{m/s}$

$K = \frac{۱}{۲} mv^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۱/۴۰ \times ۱۰^{۸}\text{kg} \times (۱۲/۰ \times ۱۰^{۳}\text{m/s})^{۲} = ۱۰۱ \times ۱۰^{۱۴}\text{J}$

اگر بخواهیم مقایسه‌ای با انرژی آزاد شده توسط هر تن TNT داشته باشیم، داریم :

$$\frac{۱۰۱ \times ۱۰^{۱۴}\text{J}}{۴/۱۸ \times ۱۰^{۹}\text{J}} = \frac{۱۰۱}{۴/۱۸} \times ۱۰^{۵} \simeq ۲/۴ \times ۱۰^{۶}$$

یعنی تقریباً انرژی آن معادل دو نیم میلیون تن TNT بوده است.

۳

$W_t = \Delta K$

$W_t = K_۲ - K_۱$

(حالت الف) $W_t = \frac{۱}{۲} mv^{۲}$

(حالت ب) $W'_t = \frac{۱}{۲}(۲m)v^{۲}$

$$\frac{W_t}{W_t} = \frac{\frac{۱}{۲}(۲)mv^{۲}}{\frac{۱}{۲}mv^{۲}} = ۲$$

کار انجام شده در حالت (ب) باید دو برابر حالت (الف) باشد.

۴

$m = ۱۵۰\,g = (۱۵۰\,g)(۱۰۰۰\,kg/g) = ۱۵۰ \times ۱۰^{-۳}\,kg$

$F = ۷۵/۰\,N\ ,\ d = ۱/۵m\ ,\ W_t = \Delta K$

از کار مقاومت هوا صرف نظر می‌کنیم

$Fd\cos\theta = K_۲ - K_۱$

$۷۵/۰\,N \times ۱/۵m = \frac{۱}{۲} \times ۱۵۰ \times v^۲$

$\Rightarrow v = \sqrt{۱/۵۰ \times ۱۰^{۳}} \Rightarrow v \quad ۳۹\,m/s$

۵ بله. با توجه به رابطه کار ـ انرژی جنبشی داریم

$W_t = K_۲ - K_۱$

اگر W_t منفی باشد به این معنی است که $K_۱ > K_۲$ یعنی تندی جسم کاهش پیدا کرده است و این اتفاق زمانی برقرار است که یک خودرو ترمز می‌گیرد.

۶

در حالت اول $W_۱ = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲} mv^۲$

در حالت دوم $W_۲ = \Delta K$

$W_۲ = K_۲ - K_۱$

$W_۲ = \frac{۱}{۲} m(۳v)^۲ = ۹(\frac{۱}{۲} mv^۲) = ۹\,W_۱$

در نتیجه باید ۹ برابر کار انجام شود.

۷ خیر. زیرا نیروی دست ما بر جابه‌جایی عمود است.

در حالتی که تندی تغییر کند چون زاویه نیروی دست ما با راستای جابه‌جایی عمود نمی‌ماند بنابراین کار انجام خواهد شد. توجه کنید که از منظر انرژی، وقتی روی جسمی کار انجام می‌شود یا انرژی جنبشی، یا انرژی پتانسیل و یا هر دوی آنها می‌تواند تغییر کند.

۸

$m = ۱۵۰\,g = (۱۵۰\,g)(\frac{kg}{۱۰۰۰\,g}) = ۱۵۰ \times ۱۰^{-۳}\,kg$

$h = ۱۸۰\,m\ ,\ v = ۱۲\,m/s$

در مرحله اول این کار برابر منهای کار نیروی وزن است و در حالت دوم برابر تغییرات انرژی جنبشی جسم.

مرحله اول $W_۱ = mgh = ۱۵۰ \times ۱۰^{-۳}\,kg \times ۹/۸N/kg \times ۱۸۰ \simeq ۲/۶ \times ۱۰^۲\,J$

مرحله دوم $W_۲ = \Delta K = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲} mv^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۱۵۰ \times ۱۰^{-۳}\,kg \times (۱۲\,m/s)^۲ \simeq ۱۱\,J$

کار کل برابر مجموع این دو مقدار است.

$W_{کل} = ۲/۶ \times ۱۰^۲\,J + ۱۱\,J = ۲۷۱\,J$

۹ چون این نیرو بر مسیر حرکت ماهواره همواره عمود است؛ بنابراین کاری روی ماهواره انجام نمی‌دهد. بنابراین انرژی جنبشی ماهواره ثابت می‌ماند.

۱۰ انرژی جنبشی جسم همواره مقداری مثبت است. پرسش کتاب در خصوص انرژی پتانسیل، معطوف به انرژی پتانسیل گرانشی است که با جزئیات بیشتری بررسی شده است. امّا انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه، به مبدأ که در نظر می‌گیریم بستگی دارد و می‌تواند مثبت، منفی و یا صفر باشد. توجه کنید همان طور که در کتاب نیز توضیح داده شده است کمیتی که در فیزیک اهمیت دارد ΔU است نه U.

۱۱ الف) نادرست ـ انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) برای دو شخص هم جرم، فقط به ارتفاع از مبدأ درنظر گرفته شده بستگی دارد.

ب) نادرست

پ) درست ـ زیرا این کار با تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی آنها یکسان است.

ت) درست

۱۲ الف) تندی هر سه یکسان است زیرا از ارتفاع‌های یکسان رها شده‌اند و تندی در پایین سطح شیب‌دار بدون اصطکاک تنها به ارتفاع بستگی دارد ($v = \sqrt{2gh}$).

ب) کار نیروی وزن با تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی برابر است و این کار برای جسم وسطی بیشتر است زیرا جرم بیشتری دارد.

۱۳

$h = 300\,m$

$v = 50\,m/s$

$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$

سطح زمین را مبدأ پتانسیل گرانشی می‌گیریم بنابراین $U_2 = 0$

$$\frac{1}{2}m(50\,m/s)^2 + m \times 9/8\,N/kg \times 300\,m = \frac{1}{2}mv_2^2 \Rightarrow v_2 \simeq 91\,m/s$$

۱۴

$v_1 = 35/0\,m/s\ ,\ v_2 = 32/0\,m/s\ ,\ h = ?$

مکان جدا شدن از سکو را مبدأ پتانسیل درنظر می‌گیریم بنابراین داریم :

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 = \frac{1}{2}m(35/0\,m/s)^2 = \frac{1}{2}m(32/0\,m/s)^2 = m \times 9/8\,N/kg \times h \Rightarrow h = 10/2\,m$$

۱۵ چون اصطکاک نداریم طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی، چون ارتفاع و تندی همه آنها در ابتدا یکسان است بنابراین تندی آنها در لحظه برخورد با زمین هم یکسان خواهد بود و در نتیجه چون جرم یکسان دارند انرژی جنبشی یکسانی نیز خواهند داشت.

۱۶

$m = ۵۰\,g$

$v_۱ = ۱/۵\ km/s = (۱/۵\ km/s)(۱۰^۳ \frac{m}{km}) = ۱/۵ \times ۱۰^۳ m/s$

$h = ۱/۶ m$

$v_۲ = ۰/۴۵ km/s = ۰/۴۵ \times ۱۰^۳ m/s$

الف)

$W_f = E_۲ - E_۱$

$W_f = (K_۲ + U_۲) - (K_۱ + U_۱) = [\frac{۱}{۲} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۳} kg \times (۰/۴۵ \times ۱۰^۳ \frac{m}{s})^۲] + ۰ - [\frac{۱}{۲} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۳}\ kg \times (۱/۵ \times ۱۰^۳ \frac{m}{s})^۲ + ۵۰ \times ۱۰^{-۳} kg \times ۹/۸ \frac{m}{s^۲} \times ۱/۶ m] = -۵/۱ \times ۱۰^۴ J$

ب) کار نیروی وزن برابر $۷۸۴ \times ۱۰^{-۳} J$ است که در مقابل کار نیروی اصطکاک قابل چشم‌پوشی است.

۱۷

$m = ۱۲ kg\ ,\ h_A = ۵/۰ m\ ,\ h_B = ۳/۲ m\ ,\ v_B = ?$

الف)

$E_A = E_B$

$U_A + K_A = U_B + K_B$

$mgh_A = mgh_B + \frac{۱}{۲} m v_B^۲$

$۹/۸ N/kg \times ۵/۰ m = ۹/۸ N/kg \times ۳/۲ m + \frac{۱}{۲} v_B^۲ \Rightarrow v_B = ۵/۹ m/s$

ب) کار نیروی وزن برابر است، با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانش جسم

$W_{mg} = -mg\Delta h = -mg(h_C - h_A) = -۱۲ kg \times ۹/۸ N/kg \times (۲/۰ m - ۵/۰ m) = +۳/۵ \times ۱۰^۲ J$

۱۸ الف) انرژی گلوله قبل از رها کردن برابر است با انرژی پتانسیل گرانشی آن (توجه شود که گلوله باید رها شود و هیچ‌گونه انرژی جنبشی نباید به گلوله داده شود) بنابراین در برگشت مقداری از انرژی آن به‌دلیل مقاومت هوا تلف خواهد شد و مطمئن خواهیم بود که تا ارتفاعی کمی پایین‌تر از محل رها شدن بالا خواهد آمد.

ب) در این حالت احتمال برخورد با صورت دانش‌آموز وجود دارد.

۱۹

$m_1 = ۶/۵۰ \times ۱۰^۲ kg , t = ۱۸۰ s , h = ۷۵ m , ۲m = ۳/۲۰ \times ۱۰^۲ kg$

$m = m_1 + m_۲ = ۹/۷ \times ۱۰^۲ kg$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{۹/۷ \times ۱۰^۲ \times ۹/۸ \times ۷۵ m}{۱۸۰ s}$$

$P \simeq ۳/۹ \times ۱۰^۳ W$

$$P = (۳/۹ \times ۱۰^۳ W)(\frac{۷۴۶}{۱} \frac{hp}{W}) \simeq ۲/۹۰ \times ۱۰^۳ hp$$

۲۰

$m = ۷۲ kg , t = ۹۰ s , n = ۵۰ \text{ پله} , y = ۳۰ cm$

$h = ny = ۵۰ \times ۳۰ = ۱/۵ \times ۱۰^۳ cm = ۱۵ m$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{۷۲ \times ۹/۸ \times ۱۵}{۹۰} = ۱/۲ \times ۱۰^۲ W$$

۲۱

$v_1 = ۰ , m = ۷۲/۰ \times ۱۰^۴ kg , d = ۲/۰۵ \times ۱۰^۳ m$

$v_۲ = ۷۰ m/s$

الف)

$W_t = \Delta K$

$$W_t = \frac{۱}{۲} m(v_۲^۲ - v_1^۲) = \frac{۱}{۲} \times ۷/۲۰ \times ۱۰^۴ kg\,(۷۰^۲ - ۰^۲) = ۱/۸ \times ۱۰^۴ J$$

$h = ۵۶۰ m , v_۲ = ۱۴۰ m/s$

ب)

$W_{mg} = -\Delta U = -mg(h_۲ - h_1) = -۷۲/۰ \times ۱۰^۴ kg \times ۹/۸ N/kg \times ۵۶۰ m = -۳/۹ \times ۱۰^۹ J$

پ) سه نیروی دیگر بر هواپیما اثر می‌کند. ۱ـ نیروی جلو بر هواپیما (پیشرانه thrust) ۲ـ نیروی بالابر (lift) ۳ـ نیروی مقاومت هوا (drag) که کار نیروی مقاومت هوا منفی و سایر نیروها زمانی که هواپیما در حال جلو رفتن و اوج گرفتن است مثبت است.

۲۲

$h_1 = ۲/۰۵ \times ۱۰^۳ m , h_۲ = ۲/۷۰ \times ۱۰^۳ m , \Delta h = ۶/۵۰ \times ۱۰^۲ m$

برای ۲ پمپ $\Delta U = mg\Delta h = (۸/۶۰ \times ۱۰^۲ kg) \times (۹/۸ N/kg) \times (۶/۵۰ \times ۱۰^۲ m) = ۵/۴۸ \times ۱۰^۶ J$

برای یک پمپ $\frac{\Delta U}{۲} = \frac{۵/۴۸ \times ۱۰^۶}{۲} = ۲/۷۴ \times ۱۰^۶ J$

توان هر پمپ $= (۰/۲۸) P \Rightarrow P = \frac{\frac{۲/۷۴ \times ۱۰^۶ J}{۰/۲۸}}{۱ s} = ۹/۷۸ \times ۱۰^۶ W = ۹/۷۸ MW$

$= (۹/۷۶ \times ۱۰^۶ W) \times (\frac{hp}{۷۴۶ W}) = ۱/۳۱ \times ۱۰^۴ hp$