درس‌نامه

● انرژی جنبشی:

انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی V در حال حرکت باشد از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$K=\frac{1}{2}mV^2$$

$\begin{cases} K:(J) & \text{انرژی جنبشی بر حسب ژول} \\ m:(kg) & \text{جرم بر حسب کیلوگرم} \\ V:(\frac{m}{s}) & \text{تندی بر حسب متر بر ثانیه} \end{cases}$

◀ **نکته:** اگر تندی جسم بر حسب کیلومتر بر ساعت $(\frac{km}{h})$ داده شود برای تبدیل آن به متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$ کافیست آن را بر ۳/۶ تقسیم کنیم.

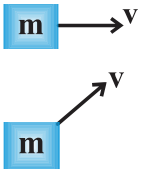
◀ **نکته:** یکای انرژی جنبشی و هر نوع دیگری از انرژی، $kg.\frac{m^2}{s^2}$ است که به افتخار جیمز ژول، فیزیکدان انگلیسی، ژول (J) نامیده می‌شود.

◀ **نکته:** برای مقایسه انرژی جنبشی دو جسم با جرم‌ها و تندی‌های متفاوت داریم:

$$K=\frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1}=\frac{m_2}{m_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2$$

◀ **نکته:** انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای و همواره مثبت است. این کمیت تنها به جرم و تندی جسم بستگی دارد و به جهت حرکت جسم وابسته نیست.

مثال انرژی جنبشی دو جسم در شکل زیر با هم برابرند:



$$K_1=\frac{1}{2}mv^2$$

$$K_2=\frac{1}{2}mv^2$$

انرژی جنبشی

۱۴۰. شهاب سنگی به جرم $4\times10^6\ kg$ و تندی $15\frac{km}{s}$ وارد جو زمین می‌شود، اگر این شهاب سنگ تقریباً با همین تندی به زمین برخورد کند، انرژی جنبشی آن چند برابر انرژی آزاد شده به‌وسیله‌ی یک تن TNT است؟ (انرژی آزاد شده هر تن TNT برابر $4/8\times10^9$ ژول است.)

(مشابه پرسش و مسئله‌ی ۱ انتهای فصل کتاب درسی)

۱) ۴۵۰۰۰۰ ۲) ۸۳۷۵۰ ۳) ۹۳۷۵۰ ۴) ۱۰۰۰۰۰

۱۴۱. جرم خودرویی به همراه راننده‌اش ۸۰۰ کیلوگرم است. مطابق شکل تندی خودرو در دو نقطه از مسیری که روی آن در حال حرکت است نشان داده شده است. تغییرات انرژی جنبشی خودرو بر حسب کیلوژول بین این دو نقطه کدام است؟

(مشابه تمرین ۲-۲ کتاب درسی)

۱) ۴۰۰
۲) ۴۰۰۰۰۰
۳) ۲۰۰
۴) ۲۰۰۰۰۰

۱۴۲. نسبت انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی V در حرکت است، به انرژی جنبشی جسم دیگری که جرم آن $2m$ و تندی‌اش $\frac{1}{2}V$ می‌باشد، چقدر است؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۹)

① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ ۱ ④ ۲

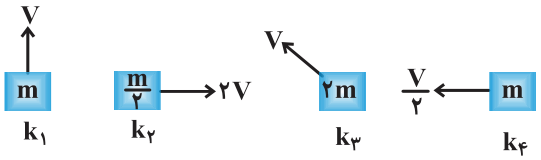
۱۴۳. اگر سرعت متحرکی به جرم m به اندازه‌ی $5\frac{m}{s}$ افزایش پیدا کند، افزایش انرژی جنبشی آن $\frac{5}{4}$ انرژی جنبشی اولیه می‌شود. سرعت اولیه‌ی متحرک چند متر بر ثانیه می‌تواند باشد؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(خارج از کشور تجربی ۹۵)

① ۶/۲۵ ② ۱۰ ③ ۱۵ ④ ۲۰

۱۴۴. هرگاه انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی V در حرکت است، با انرژی جنبشی جسم دیگری به جرم $2m$ که با تندی V' در حال حرکت است برابر باشد، در این‌صورت $\frac{V'}{V}$ برابر است با: (مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۶۴)

① $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ② $\sqrt{2}$ ③ ۱ ④ ۲

۱۴۵. در کدام گزینه مقایسه بین انرژی جنبشی جسم‌های زیر به‌درستی انجام گرفته است؟ (مشابه پرسش ۲-۱ کتاب درسی)



① $k_3 > k_2 > k_1 > k_4$
② $k_2 = k_3 > k_1 > k_4$
③ $k_1 > k_2 = k_3 > k_4$
④ $k_2 > k_3 > k_1 > k_4$

۱۴۶. انرژی جنبشی گلوله‌ای ۴J و تندی آن $4m/s$ است. تندی آن را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی آن ۵J شود؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۸۴)

① ۵ ② ۸ ③ $2\sqrt{5}$ ④ $5\sqrt{2}$

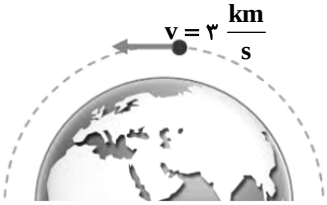
۱۴۷. اتومبیلی که با تندی $72km/h$ در حرکت است، تقریباً چه تندی‌ای برحسب متر بر ثانیه باید داشته باشد، تا انرژی جنبشی آن دو برابر شود؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۲)

① ۲۵ ② ۲۸ ③ ۳۲ ④ ۴۰

۱۴۸. جرم جسمی $2kg$ و تندی آن در یک مسیر مستقیم V_1 است. اگر تندی آن به اندازه‌ی $8m/s$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ۴ برابر می‌شود. V_1 چند متر بر ثانیه می‌تواند باشد؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۸۳)

① ۸ ② ۱۶ ③ ۲۴ ④ ۳۲

۱۴۹. ماهواره‌ای به جرم $20kg$ و با تندی ثابت $3\frac{km}{s}$ مطابق شکل به دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره بر حسب مگاژول کدام است؟ (مشابه تمرین ۲-۱ کتاب درسی)



① ۹۰
② ۹
③ 9×10^{7}
④ ۴۵

۱۵۰. اتومبیلی با تندی $۹۰\frac{km}{h}$ در حال حرکت است. تندی اتومبیل تقریباً چند متر بر ثانیه افزایش یابد، تا انرژی جنبشی آن ۲ برابر شود؟

(مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(خارج از کشور تجربی ۹۰)

۱) ۱۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۵ ۴) ۵۰

۱۵۱. جسمی در مسیر مستقیم با تندی V در حال حرکت است. اگر تندی این جسم $۵\frac{m}{s}$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ۴۴ درصد افزایش می‌یابد. V چند متر بر ثانیه است؟

(مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(خارج از کشور تجربی ۹۳)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۱۵۲. اگر تندی اتومبیلی ۲۰ درصد افزایش یابد، انرژی جنبشی آن چند درصد افزایش می‌یابد؟

(مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۲ اسفند ۹۳)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۴۴ ۴) ۱۴۴

۱۵۳. پدری با پسرش در حال مسابقه دادن است. انرژی جنبشی پدر نصف انرژی جنبشی پسر و جرم وی، دو برابر جرم پسرش است. اگر پدر تندی‌اش را به‌اندازه‌ی $۱\frac{m}{s}$ افزایش دهد، انرژی جنبشی‌اش با انرژی جنبشی پسرش یکی می‌شود. تندی اولیه پدر تقریباً چند $\frac{m}{s}$ بوده است؟

(مکمل پرسش ۲-۱ کتاب درسی)

۱) ۲ ۲) ۲/۴ ۳) ۴/۸ ۴) ۳/۶

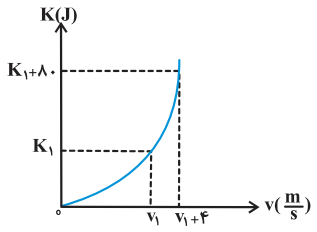
۱۵۴. گلوله‌ای به جرم ۴۲ گرم با تندی $۵۰۰\frac{m}{s}$ به تنه درختی برخورد کرده و با تندی $۱۰۰\frac{m}{s}$ از آن خارج شده است. اگر ۰/۱ انرژی جنبشی از دست رفته، گلوله را گرم کند، تقریباً چند کالری گرما به گلوله رسیده است؟ (هر کالری گرما برابر ۴/۲ ژول است.)

(مرتبط با صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۹۱)

۱) ۵۰۴۰ ۲) ۲۱۱۷ ۳) ۵۰۴ ۴) ۱۲۰

۱۵۵. در شکل مقابل، نمودار انرژی جنبشی جسمی به جرم ۲/۵ کیلوگرم بر حسب تندی آن نشان داده شده است. v_1 چند متر بر ثانیه است؟

(مکمل صفحه‌ی ۲۸ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۸ فروردین ۹۴)

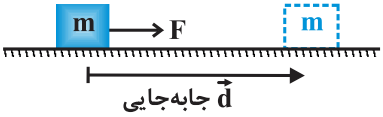


۱) ۲
۲) ۶
۳) ۱۰
۴) ۱۶

درس‌نامه

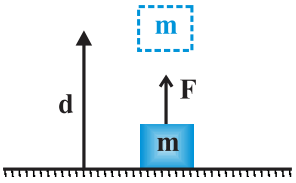
● کار انجام شده توسط نیروی ثابت F:

الف) حالتی که نیرو (F) و جابه‌جایی (d) در یک جهت باشند:



$$W_F = Fd$$

$$\begin{cases} W: & \text{کار انجام شده بر حسب ژول } (J) \\ F: & \text{اندازه‌ی نیرو بر حسب نیوتن } (N) \\ d: & \text{اندازه‌ی جابه‌جایی بر حسب متر } (m) \end{cases}$$



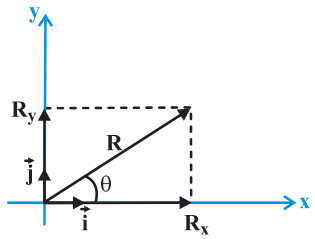
$$W_F = Fd$$

◄ **نکته:** کار یک کمیت نرده‌ای (عددی) است و طبق تعریف یکای آن، یک ژول، برابر است با یک نیوتن در متر $1J = 1\,N.m$

ب) حالتی که نیرو (F) و جابه‌جایی (d) با هم زاویه‌ی θ می‌سازند.

◄ **یادآوری از تجزیه‌ی بردار:**

اگر R_x و R_y مؤلفه‌های بردار $\vec{R}$ روی محورهای x و y و $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بردارهای یکه باشند، آن‌گاه داریم:



$$\vec{R} = R_x\vec{i} + R_y\vec{j}$$

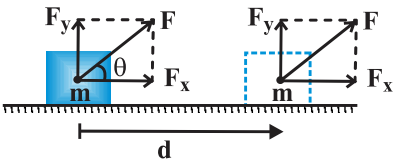
از طرفی با توجه به روابطی که برای نسبت‌های مثلثی داریم، می‌توان نوشت:

$$\cos\theta = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{R_x}{R} \Rightarrow R_x = R\cos\theta$$

$$\sin\theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{R_y}{R} \Rightarrow R_y = R\sin\theta$$

بدین‌ترتیب بردار $\vec{R}$ بر حسب مؤلفه‌های آن و بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به‌صورت زیر است:

$$\vec{R} = R\cos\theta\vec{i} + R\sin\theta\vec{j}$$



مؤلفه‌ی عمودی نیرو $(F_y = F\sin\theta)$ بر جابه‌جایی عمود $\theta = 90^\circ$ است و کار روی جسم انجام نمی‌دهد بنابراین کار انجام شده روی جسم تنها ناشی از مؤلفه‌ای از نیرو است که با جابه‌جایی موازی است $(F\cos\theta)$ بنابراین کاری که نیروی ثابت $\vec{F}$ به‌ازای جابه‌جایی $\vec{d}$ روی جسم انجام می‌دهد از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$W_F = F\cos\theta d$$

◄ **نکته:** اگر نیرو بر راستای جابه‌جایی جسم عمود باشد $(\theta = 90 \Rightarrow \cos\theta = 0)$، کار انجام شده توسط نیرو برابر صفر است.

$$W = Fd\cos\theta \xrightarrow{\theta=90^\circ,\cos\theta=0} W = 0$$

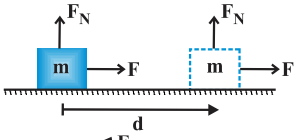
◀ **نکته:** اگر $0^\circ \le \theta < 90^\circ$ باشد، $\cos\theta > 0$ بوده و کار انجام شده توسط نیرو مثبت است.

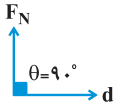
◀ **نکته:** اگر $90^\circ < \theta \le 180^\circ$ باشد، $\cos\theta < 0$ بوده و کار انجام شده توسط نیرو منفی است.

در زیر به بررسی کار برخی از نیروهای ثابت خاص می‌پردازیم:

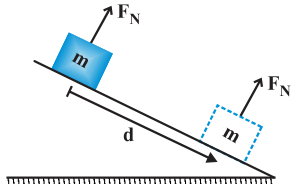
● کار نیروی عمودی سطح (W_{F_N}):

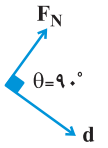
هنگامی که یک جسم روی سطح افقی و یا یک سطح شیب‌دار حرکت می‌کند با توجه به این‌که نیروی عمودی سطح (F_N) بر سطح عمود است می‌توان گفت زاویه بین این نیرو و جابه‌جایی $\theta = 90^\circ$ بوده و بنابراین کار آن صفر است.





$$\Rightarrow W_N = F_N d\cos 90^\circ = 0$$

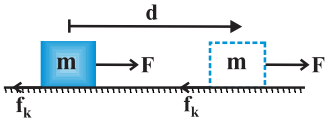


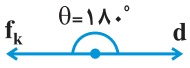


$$\Rightarrow W_N = F_N d\cos 90 = 0$$

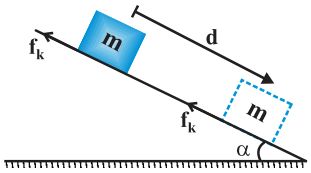
● کار نیروی اصطکاک (W_{f_k}):

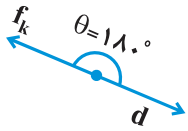
هنگامی که یک جسم روی یک سطح افقی دارای اصطکاک و یا یک سطح شیب‌دار دارای اصطکاک حرکت می‌کند همواره نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت جسم بر آن وارد می‌شود بنابراین:





$$\Rightarrow W_{f_k} = f_k d\cos 180 = -f_k d$$



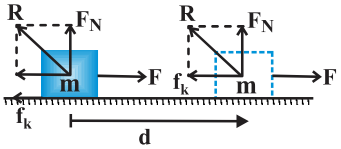


$$\Rightarrow W_{f_k} = f_k d\cos 180 = -f_k d$$

◀ **نکته:** معمولاً کاری که نیروی اصطکاک انجام می‌دهد به‌صورت گرما تولید می‌شود و مقدار این گرما برابر قدرمطلق کار نیروی اصطکاک است.

● کار نیروی عکس‌العمل سطح (W_R):

مطابق شکل نیروی عکس‌العمل سطح (R) دارای دو مؤلفه‌ی نیروی عمودی سطح F_N و نیروی اصطکاک f_k است، بنابراین داریم:



$$W_R = W_{F_N} + W_{f_k}$$

$$\begin{cases} W_{F_N} = 0 \\ W_{f_k} = -f_k d \end{cases} \Rightarrow W_R = -f_k d$$

بنابراین کار نیروی عکس‌العمل سطح همواره با کار نیروی اصطکاک برابر است.

◀ **تذکر:** این رابطه برای سطح شیبدار نیز صادق است. یعنی داریم:

$$W_R = W_{f_k} = -f_k d$$

۱۵۶. کار چه نوع کمیتی است و یکای آن در SI کدام است؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۳۰ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۸۴)

۱) برداری- $N.m$
۲) نرده‌ای- $N.m$
۳) نرده‌ای- $\frac{N}{m}$
۴) برداری- $\frac{N}{m}$

۱۵۷. شکل زیر شخصی را در حال هل‌دادن یک گاری حمل بار روی سطحی هموار و بدون اصطکاک با نیرویی به بزرگی $F = ۶۶\,N$ نشان می‌دهد. اگر گاری $۱۸/۴\,m$ در جهت نیرو جابه‌جا شود، کاری که شخص روی گاری انجام می‌دهد چند ژول است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۲۹ و ۳۰ کتاب درسی)

۱) ۱۲۱۴/۴
۲) ۱۲۱/۴۴
۳) ۱۳۱۲/۲
۴) ۱۳۱/۲۲

۱۵۸. یک قایق به جرم $۵۰۰kg$ روی یک دریاچه بدون اصطکاک ساکن است. در لحظه‌ای که بادی ناگهانی با نیروی ثابت $\vec{F}$ به قایق شتابی به بزرگی $۴۰\frac{m}{s^۲}$ می‌دهد، این قایق در جهت نیروی باد به اندازه‌ی $۸m$ جابه‌جا می‌شود. کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ چند ژول است؟ (مرتبط با مثال ۲-۳ کتاب درسی)

۱) ۱۶۰۰۰۰۰
۲) ۱۶۰۰۰۰
۳) ۱۶۰۰۰
۴) ۱۶۰۰

۱۵۹. برای کشیدن جعبه‌ای روی سطح افقی ۴۰ نیوتن نیرو لازم است. کار لازم برای ۸۰ سانتی‌متر جابه‌جایی جسم چند ژول است؟

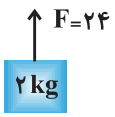
(مرتبط با صفحه‌های ۲۹ و ۳۰ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۴)

۱) ۳۲
۲) ۵۰
۳) ۳۲۰
۴) ۵۰۰

۱۶۰. جسمی بر روی یک سطح افقی تحت اثر نیروی F با تندی ثابت $۴m/s$ حرکت می‌کند. اگر نیروی اصطکاک جنبشی $۲۰۰N$ باشد، کار نیروی F در هر دقیقه، چند کیلو ژول است؟ (مرتبط با صفحه‌های ۲۹ و ۳۰ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۱)

۱) ۰/۸
۲) ۳
۳) ۴۸
۴) ۴۸۰

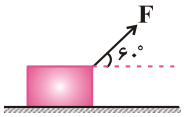
۱۶۱. در شکل زیر نیروی ثابت F در راستای قائم به یک جسم ۲ کیلوگرمی وارد می‌شود. اندازه‌ی (قدر مطلق) کار این نیرو در ثانیه‌های متوالی یک بازه‌ی زمانی معین ... (مکمل صفحه‌ی ۳۱ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۸۳)



۱) افزایش می‌یابد.
۲) کاهش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
۴) بسته به شرایط، هر کدام ممکن است درست باشد.

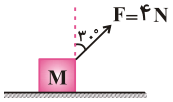
۱۶۲. در شکل داده شده، نیروی $F = ۶N$ تحت زاویه‌ی ۶۰° به جسم وارد می‌شود، کار نیروی F در ۱۰ متر جابه‌جایی چند ژول است؟

(مشابه با مثال ۲-۴ کتاب درسی)



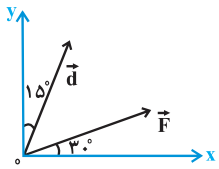
① $۳۰\sqrt{۳}$
② ۶۰
③ $۶۰\sqrt{۳}$
④ ۳۰

۱۶۳. در شکل زیر، نیروی $F = ۴N$ وزنه‌ی M را روی سطح افقی در هر ثانیه ۲ متر جابه‌جا می‌کند، کار این نیرو در مدت ۱۰ ثانیه برابر چند ژول است؟ (مکمل مثال ۲-۴ کتاب درسی)(آزاد ریاضی بعدازظهر ۸۲)



① ۴
② $۴\sqrt{۳}$
③ ۴۰
④ $۴۰\sqrt{۳}$

۱۶۴. مطابق شکل زیر، در صفحه‌ی xoy، نیروی ثابت $F = ۱۰N$ به جسمی اثر می‌کند و آن‌را به‌اندازه‌ی $d = ۲۰m$ جابه‌جا می‌کند. کار نیروی F طی این جابه‌جایی چند ژول است؟ (مکمل با صفحه‌ی ۳۲ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۱ بهمن ۹۰)



① ۲۰۰
② $۱۰۰\sqrt{۲}$
③ ۱۰۰
④ $۱۰۰\sqrt{۳}$

۱۶۵. بر جسم ساکنی تنها دو نیروی عمود بر هم $F_۱ = ۴N$ و $F_۲ = ۲N$ وارد می‌شود. پس از ۱۰ متر جابه‌جایی جسم، کار نیروی $F_۱$ چند برابر کار نیروی $F_۲$ است؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۳۲ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۵ بهمن ۹۲)

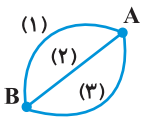
① ۲ ② ۳ ③ ۴ ④ ۶

۱۶۶. جسمی به جرم $۳kg$ روی سطح افقی در حالت سکون قرار دارد. نیروی ثابت $\vec{F} = ۱۵\vec{i} + ۲۰\vec{j}$ (در SI) بر جسم وارد می‌شود و جسم بر روی محور x، ۱۰ متر جابه‌جا می‌شود. کار نیروی F در این جابه‌جایی چند ژول است؟

(مرتبط با صفحه‌ی ۳۲ کتاب درسی)(خارج از کشور ریاضی ۹۳)

① ۲۵۰ ② ۲۰۰ ③ ۱۵۰ ④ ۹۰

۱۶۷. اگر جسمی به جرم M تحت اثر نیروی ثابت $\vec{F}$ از نقطه‌ی A تا B در مسیرهای شکل روبه‌رو جابه‌جا شود، کار انجام شده به‌وسیله این نیرو: (مرتبط با صفحه‌ی ۳۲ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۵)



① در مسیر (۲) کم‌ترین مقدار را دارد.
② در مسیر (۱) کم‌ترین مقدار را دارد.
③ در هر سه مسیر یکسان است.
④ در مسیر (۳) کم‌ترین مقدار را دارد.

۱۶۸. جسمی به جرم $۵۰۰g$، روی یک سطح افقی به‌وسیله‌ی نیروی F که تحت زاویه‌ی ۳۷ درجه بر جسم اثر می‌کند، به‌اندازه‌ی ۱۰ متر با تندی ثابت تغییر مکان می‌دهد. کار انجام شده توسط نیروی عمودی سطح چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

(مرتبط با مثال ۲-۴ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۴ با اندکی تغییر)

① ۱/۲۵ ② ۲/۵ ③ ۱۲/۵ ④ صفر

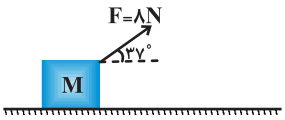
۱۶۹. جسمی به جرم ۵ کیلوگرم به‌اندازه‌ی ۲ متر روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت ۱۰ نیوتون باشد، کار نیروی اصطکاک بر حسب ژول برابر است با: $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

(مرتبط با مثال ۲-۵ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۴ با اندکی تغییر)

① -۲۰ ② ۲۰ ③ ۱۰ ④ -۱۰

۱۷۰. در شکل روبه‌رو وزنه‌ی M با تندی ثابت روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود، کار نیروی اصطکاک در هر متر جابه‌جایی چند ژول است؟ $(\sin ۳۷ = ۰/۶)$

(مرتبط با مثال ۲-۵ کتاب درسی)(آزاد پزشکی ۸۱)



① $-۶/۴$ ② $-۴/۸$ ③ $۶/۴$ ④ $۴/۸$

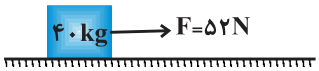
۱۷۱. صندوقی به جرم $۵۰kg$ با تندی ثابت $۱ \frac{m}{s}$ توسط یک نیروی افقی روی کف اتاق کشیده می‌شود. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت ۲۰۰ نیوتن باشد، مقدار گرمایی که در هر متر جابه‌جایی جسم در اثر اصطکاک تولید می‌شود چند ژول است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$ (فرض می‌کنیم کار نیروی اصطکاک تماماً به گرما تبدیل می‌شود.)

(مرتبط با مثال ۲-۵ کتاب درسی)

① ۲۰ ② ۲۰۰ ③ ۱۰ ④ ۱۰۰

۱۷۲. در مجموعه مقابل، بسته از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر نیروی اصطکاک در طول مسیر برابر $۱۲N$ باشد، کار انجام شده توسط نیروی عکس‌العمل سطح در طول ۱۵ متر جابه‌جایی جسم چند ژول است؟

(مرتبط با مثال ۲-۵ کتاب درسی)(خارج از کشور ریاضی ۸۱ با اندکی تغییر)



① ۱۲۰ ② -۱۲۰ ③ -۱۸۰ ④ صفر

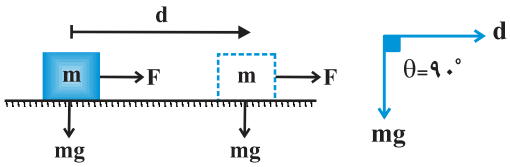
۱۷۳. جسمی به وزن W از بالای سطح شیبداری به طول L که با افق زاویه‌ی θ می‌سازد به پایین می‌لغزد. اگر سطح بدون اصطکاک باشد، کار نیروی عکس‌العمل سطح شیبدار دراین جابه‌جایی برابر با کدام یک از مقادیر زیر خواهد بود؟(مکمل مثال ۲-۵ کتاب درسی)

① صفر ② $W.L$ ③ $W.L\sin\theta$ ④ $W.L\cos\theta$

درس‌نامه

● کار نیروی وزن (W_{mg}):

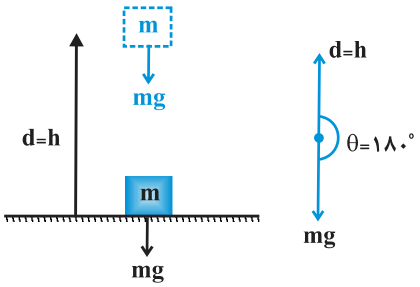
الف) جسم در راستای افقی جابه‌جا شود:



$$\Rightarrow W_{mg} = mgd\cos 90^\circ = 0$$

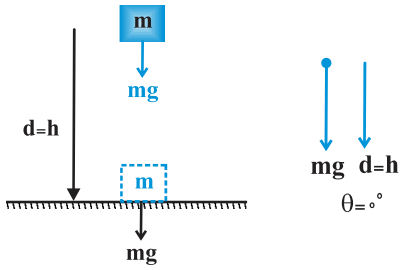
ب) جسم در راستای قائم جابه‌جا شود:

- جسم در راستای قائم به‌طرف بالا حرکت کند.



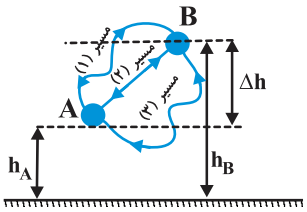
$$\theta = 180^\circ \Rightarrow W_{mg} = mgd\cos 180^\circ = -mgh$$

- جسم در راستای قائم به سمت پایین حرکت کند.



$$W_{mg} = mgd\cos 0^\circ = mgh$$

◄ **نکته:** کار نیروی وزن مستقل از مسیر حرکت است و فقط به اختلاف ارتفاع (Δh) دو نقطه‌ای که بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود بستگی دارد.



$$\begin{cases} (W_{mg})_1 = (W_{mg})_2 = (W_{mg})_3 = \pm mg\Delta h \\ \Delta h = h_B - h_A \end{cases}$$

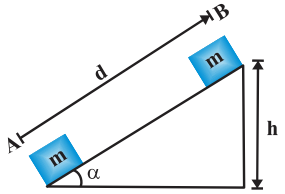
علامت + برای زمانی است که جسم به طرف پایین حرکت کند.

علامت − برای زمانی است که جسم به طرف بالا حرکت کند.

◄ **نکته:** کار لازم برای غلبه بر نیروی وزن (W') برابر قدر مطلق کار نیروی وزن W_{mg} است

$$W' = |W_{mg}|$$

◄ **نکته:** هرگاه جسمی از نقطه‌ی A تا B روی سطح شیبدار مطابق شکل جابه‌جا شود کار نیروی وزن برابر است با:



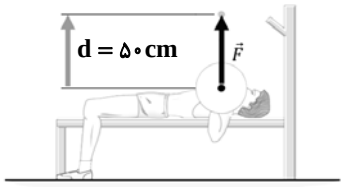
$$\begin{cases} W_{mg} = -mgh \Rightarrow W_{mg} = -mgd\sin\alpha \\ \sin\alpha = \dfrac{h}{d} \end{cases}$$

◄ **تذکر:** اگر جسم از نقطه‌ی B تا نقطه‌ی A جابه‌جا شود، داریم:

$$W_{mg} = +mgd\sin\alpha$$

۱۷۴. ورزشکاری وزنه‌ای به جرم $40kg$ را به‌طور یکنواخت، $50cm$ بالای سر خود می‌برد (مطابق شکل). کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام می‌دهد چند ژول است؟ (اندازه‌ی شتاب گرانشی زمین را $9/8\frac{N}{kg}$ در نظر بگیرید.)

(مشابه تمرین ۲-۳ کتاب درسی)



۱) -200
۲) 200
۳) -196
۴) 196

۱۷۵. نخی را به یک وزنه‌ی یک کیلوگرمی بسته و آن را با نیروی کشش ۴ نیوتون روی سطح افقی به اندازه‌ی یک متر جابه‌جا می‌کنیم. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۷)

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۹/۸ ۴) ۱۹/۶

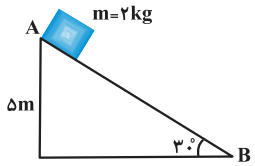
۱۷۶. جسمی به وزن ۸ نیوتون از بالای سطح شیبدار بدون اصطکاکی که با افق زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد، به‌طرف پایین سطح می‌لغزد. اگر ارتفاع سقوط جسم ۲/۵ متر باشد، کار نیروی وزن بر روی جسم چند ژول است؟

(مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۶۶)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

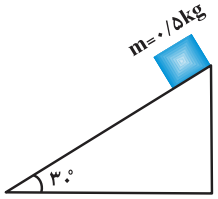
۱۷۷. اگر در سطح شیب‌دار مطابق شکل، اندازه‌ی نیروی اصطکاک برابر ۰/۱ وزن جسم باشد و جسم از نقطه‌ی A (ارتفاع ۵ متر) به نقطه‌ی B برسد، کار نیروی گرانش (جاذبه) زمین روی جسم در این جابه‌جایی چند ژول است؟ ($g = 10N/kg$)

(مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۷)



۱) ۴۰
۲) ۵۰
۳) ۶۰
۴) ۱۰۰

۱۷۸. وزنه‌ای به جرم $0/5kg$ روی سطح شیب‌دار شکل مقابل به اندازه‌ی ۶۰ سانتی‌متر به پایین می‌لغزد، کار نیروی گرانش (جاذبه) زمین در این جابه‌جایی چند ژول است؟ ($g = 10N/kg$) (مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۸۰)



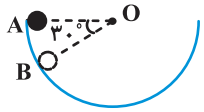
۱) ۱۵
۲) ۱/۵
۳) ۳
۴) ۳۰

۱۷۹. اتومبیلی به جرم یک تن روی سطح شیب‌داری به شیب ۵ درصد ($\sin\alpha = 0/05$) با تندی ثابت $10m/s$ بالا می‌رود. کار نیروی گرانش زمین در مدت یک دقیقه چند کیلوژول است؟ ($g = 10N/kg$) (مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۳)

۱) -300 ۲) -600 ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

۱۸۰. وزنه‌ای به جرم m درون نیمکره‌ای به شعاع R از نقطه‌ی A تا B می‌لغزد. کار نیروی وزن در این تغییر مکان برابر است با:

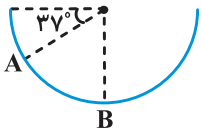
(مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۶۳)



① صفر
② $\frac{۱}{۲}mgR$
③ $\frac{\sqrt{۳}}{۲}mgR$
④ $\frac{۱}{۴}mgR$

۱۸۱. جسم m به جرم $۱۰۰g$ درون نیم‌کره صیقلی به قطر ۶۰ سانتی‌متر به پایین می‌لغزد. کار نیروی وزن جسم از A تا B چند ژول است؟ $(g = ۱۰m/s^۲ ,\ \sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$

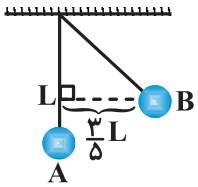
(مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۸)



① ۰/۱۲
② ۰/۱۸
③ ۱/۲
④ ۱/۸

۱۸۲. مطابق شکل زیر، گلوله‌ای به جرم $۳kg$ از انتهای یک نخ سبک به طول ۲ متر آویزان است. اگر آونگ را از حالت عمودی A به نقطه‌ی B برسانیم، کار نیروی وزن گلوله در این جابه‌جایی چند ژول می‌شود؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

(مکمل تمرین ۲-۳ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۲ اسفند ۹۳)



① ۱۲
② -۱۲
③ ۳۶
④ -۳۶

۱۸۳. شخصی چمدانی به جرم ۵ کیلوگرم را یک متر در امتداد افق و سپس یک متر در امتداد قائم حمل می‌کند. کاری که این شخص در غلبه بر وزن چمدان انجام می‌دهد تقریباً برابر است با:

(مکمل تمرین ۷ پایان فصل کتاب درسی)(سراسری تجربی ۶۳)

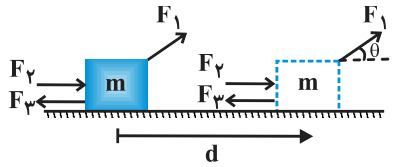
① ۵ ژول
② ۱۰ ژول
③ ۵۰ ژول
④ ۱۰۰ ژول

درس‌نامه

● کار کل (W_t):

اگر به جای یک نیرو، چند نیرو به یک جسم وارد شود، برای محاسبه کار کل به یکی از دو روش زیر می‌توان عمل کرد:

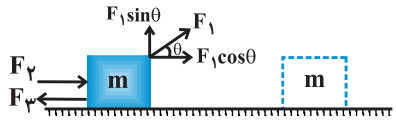
۱) کار انجام شده توسط هر نیرو به‌طور جداگانه محاسبه شود در نهایت کار کل (W_t) برابر جمع جبری کار انجام شده توسط تک‌تک نیروهاست.



$$W_t = W_{F_1} + W_{F_2} + W_{F_3} + \dots$$

◄ تذکر: جمع جبری به این معناست که ممکن است کار برخی نیروها منفی شود و برای محاسبه کار کل، علامت منفی کار باید در جمع کردن در نظر گرفته شود.

۲) ابتدا نیروهایی که در امتداد جابه‌جایی بر جسم وارد می‌شوند شناسایی شوند. سپس اندازه‌ی نیروی خالص (F_t) موازی با بردار جابه‌جایی وارد بر جسم تعیین شود و در نهایت کار کل انجام شده برابر است با:



$$\begin{cases} W_t = F_t d \\ F_t = F_2 + F_1\cos\theta - F_3 \end{cases} \Rightarrow W_t = (F_2 + F_1\cos\theta - F_3)d$$

◄ تذکر: نیروهایی که عمود بر جابه‌جایی هستند سهمی در محاسبه کار کل وارد شده بر جسم (W_t) نخواهند داشت.

● کار و انرژی جنبشی:

قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی: همواره کار کل انجام شده روی یک جسم (W_t) با تغییرات انرژی جنبشی آن (ΔK) برابر است.

$$W_t = \Delta K = K_2 - K_1$$

◄ نکته: هنگامی که $W_t > 0$ است، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد ($k_2 > k_1$) بنابراین تندی جسم در پایان جابه‌جایی بیش‌تر از تندی آن در ابتدای حرکت است ($V_2 > V_1$)

◄ نکته: هنگامی که $W_t < 0$ است، انرژی جنبشی جسم کاهش می‌یابد ($k_2 < k_1$) بنابراین تندی جسم در انتهای جابه‌جایی کم‌تر از تندی آن در آغاز حرکت است. ($V_2 < V_1$)

◄ نکته: هنگامی که $W_t = 0$ است، انرژی جنبشی جسم در آغاز و پایان جابه‌جایی یکسان است ($k_2 = k_1$) بنابراین تندی جسم در این دو نقطه یکسان است. ($V_2 = V_1$)

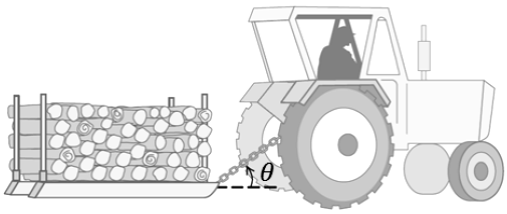
◄ تذکر: قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی نه تنها برای حرکت یک جسم روی مسیر مستقیم معتبر است بلکه اگر جسم روی مسیر خمیده‌ای نیز حرکت کند می‌توان از آن استفاده کرد.

◄ تذکر: قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی، قانون جدیدی در فیزیک نیست بلکه صرفاً کار ($W = Fd\cos\theta$) و انرژی جنبشی ($k = \frac{1}{2}mV^2$) را به هم مرتبط می‌سازد و به سادگی می‌توان آن‌را از قانون دوم نیوتون به‌دست آورد.

◄ نکته: قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی برای حل مسئله‌هایی مفید است که کار نیروهای وارد شده به جسم به سادگی محاسبه می‌شود، در این صورت با داشتن کار کل، می‌توانیم تندی جسم را در هر نقطه‌ی دلخواه از مسیرش پیدا کنیم.

کارگل

۱۸۴. مطابق شکل زیر کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به‌اندازه‌ی $۲۳۵\,m$ جابه‌جا می‌کند وزن کل سورتمه و بار آن $mg = ۱/۴۷\times۱۰^{۳}\,N$ است. تراکتور نیروی ثابت $F_۱ = ۴\sqrt{۲}\times۱۰^{۳}\,N$ را در زاویه‌ی $\theta = ۴۵^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = ۳/۴\times۱۰^{۳}\,N$ است که بر خلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه کدام است؟ $(\cos ۴۵ = \frac{\sqrt{۲}}{۲})$ (مشابه تمرین ۲-۵ کتاب درسی)



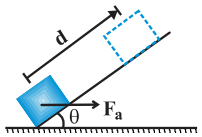
۱) $۱۴۱۰۰۰\,J$

۲) ۹۴۰۰۰۰

۳) $-۱۴۱۰۰۰\,J$

۴) -۹۴۰۰۰۰

۱۸۵. نیروی افقی $F_a = ۲۰\,N$ به جسمی به جرم $۳\,kg$ که روی یک سطح شیبدار بدون اصطکاک به زاویه‌ی $\theta = ۳۰^\circ$ قرار گرفته، وارد می‌شود. اگر جسم به‌اندازه‌ی $d = ۰/۵\,m$ جابه‌جا شود. در طول این جابه‌جایی، کار خالص انجام شده روی جسم تقریباً چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg}\ ،\ \sin ۳۰ = ۰/۵\ و\ \cos ۳۰ \simeq ۰/۸)$ (مکمل مثال ۲-۵ کتاب درسی)



۱) ۸

۲) ۰/۵

۳) -۸

۴) -۰/۵

قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی بدون حضور اصطکاک

۱۸۶. تندی جسمی به جرم $۸\,kg$ تحت تأثیر نیروی F از $۴\,m/s$ به $۶\,m/s$ می‌رسد، کار این نیرو چند ژول است؟

(مرتبط با صفحه‌ی ۳۵ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۳)

۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) ۸۰

۱۸۷. توپ فوتبالی به جرم $۰/۵\,kg$ از طریق یک ضربه ایستگاهی با تندی $۱۲\frac{m}{s}$ به سمت دروازه، شوت می‌شود. اگر توپ با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به تیرک دروازه برخورد کند، کار کل انجام شده روی توپ چند ژول است؟ (مطابق با مثال ۲-۶ کتاب درسی)

۱) -۱۱ ۲) ۱۱ ۳) -۲۲ ۴) ۲۲

۱۸۸. اگر کار کل نیروهای وارد بر جسمی به جرم $۲\,kg$ برابر ۲۱ ژول و تندی جسم در ابتدا برابر $۲\frac{m}{s}$ باشد، پس از انجام این کار بر روی جسم، تندی آن به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟ (مشابه تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد ریاضی بعدازظهر ۸۲)

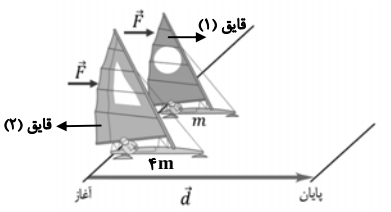
۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۳ ۴) ۷

۱۸۹. به جسمی به جرم ۲ کیلوگرم که با تندی $V_۰$ بر مسیر مستقیم در حرکت است، نیروی ثابت $۴\,N$ هم‌جهت با $V_۰$ وارد می‌شود. اگر پس از طی مسافت ۲۴ متر انرژی جنبشی جسم به ۱۳۲ ژول برسد، $V_۰$ چند متر بر ثانیه است؟

(مشابه تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۷۵)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۱۲

۱۹۰. دو قایق مخصوص حرکت روی سطوح یخزده مطابق شکل، دارای جرم‌های m و $4m$ و بادبان‌های مشابه‌اند. قایق‌ها روی دریاچه‌ی افقی و بدون اصطکاکی قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود. هر دو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصله‌ی d می‌گذرند. نسبت تندی قایق ۲ به تندی قایق ۱ درست پس از عبور از خط پایان کدام است؟ (مشابه تمرین ۲-۶ کتاب درسی)



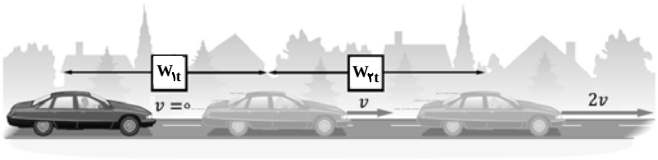
① $\sqrt{2}$

② $\frac{\sqrt{2}}{2}$

③ 2

④ $\frac{1}{2}$

۱۹۱. مطابق شکل زیر برای آن‌که تندی خودرویی از حال سکون به v برسد، باید کار کل W_{1t} روی آن انجام شود. هم‌چنین برای آن‌که تندی خودرو از v به $2v$ برسد، باید کار کل W_{2t} روی آن انجام شود. نسبت $\frac{W_{1t}}{W_{2t}}$ چقدر است؟ (مشابه پرسش ۲-۳ کتاب درسی)



① $\frac{1}{3}$

② 3

③ $\frac{2}{3}$

④ $\frac{3}{2}$

۱۹۲. جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش $800\,kg$ است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کُل انجام شده روی خودرو $6/391\times10^{7}\,J$ است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر $54\frac{km}{h}$ باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟ (مشابه تمرین ۲-۷ کتاب درسی)

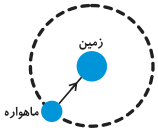
① ۴۰۰

② ۳۰۰

③ ۲۰۰

④ ۱۰۰

۱۹۳. ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابت به دور زمین می‌چرخند. شکل زیر حرکت ماهواره را به دور زمین مدل‌سازی کرده است. کدام گزینه نادرست است؟ (مرتبط با صفحه‌ی ۵ کتاب درسی)



① تغییرات انرژی جنبشی ماهواره در طول حرکت آن صفر است.

② کار کل انجام شده روی ماهواره در طول حرکت آن صفر است

③ نیروی جاذبه‌ی گرانشی که از طرف زمین به ماهواره وارد می‌شود معادل وزن ماهواره است.

④ نیروی جاذبه‌ی گرانشی که از طرف زمین به ماهواره وارد می‌شود روی آن کار انجام می‌دهد.

۱۹۴. شخصی به جرم $۷۵kg$، چمدانی به جرم $۱۰kg$ را از روی زمین از حال سکون برداشته و در داخل صندوق عقب اتومبیل خود به حالت سکون قرار می‌دهد. اگر ارتفاع کف صندوق عقب از سطح زمین $۱m$ باشد، کدام گزینه نادرست است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

(مشابه با پرسش و مسئله‌ی ۴ انتهای کتاب درسی)

۱) کار نیروی وزن در این جابه‌جایی $-۱۰۰J$ است.

۲) کاری که شخص برای غلبه بر نیروی وزن انجام می‌دهد برابر $۱۰۰J$ است.

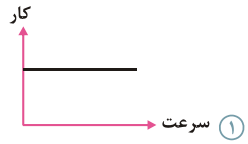
۳) انرژی جنبشی چمدان در این جابه‌جایی تغییر نمی‌کند.

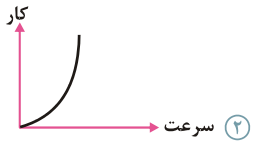
۴) کار کل در این جابه‌جایی $۱۰۰J$ است.

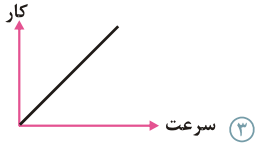
۱۹۵. انرژی جنبشی جسمی ۲۰ ژول است، نیروی ثابت F هم‌راستا و هم‌سو با حرکت بر آن وارد می‌شود و پس از ۱۰ متر جابه‌جایی انرژی جنبشی جسم به ۳۲ ژول می‌رسد. F چند نیوتون است؟ (مشابه تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۷۴)

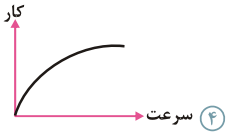
۱) ۱/۲ ۲) ۳/۲ ۳) ۱۲/۵ ۴) ۱۶

۱۹۶. جسمی از حال سکون تحت‌تأثیر نیرویی که اندازه و جهت آن ثابت است به حرکت درمی‌آید. اگر این نیرو در تمام طول مسیر بر جسم اثرکند و نیروی مقاومی در مقابل حرکت وجود نداشته باشد، کدام نمودار تغییرات کار نیرو را برحسب تندی جسم درست نشان می‌دهد؟ (مکمل تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۶۷)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۹۷. جسمی با تندی $۱۰m/s$ در جهت مثبت محور xها حرکت می‌کند و انرژی جنبشی آن $۱۰۰J$ است. پس از مدتی تندی این جسم تغییر کرده و در جهت منفی محور xها به $۲۰m/s$ می‌رسد. کار کل انجام شده بر این جسم در این مدت چند ژول است؟ (مکمل تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۸۰)

۱) -۵۰۰ ۲) -۳۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۵۰۰

۱۹۸. جسمی به جرم $۸kg$ با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ روی خط راست حرکت می‌کند. چه نیرویی بر حسب نیوتون و در کدام جهت باید در راستای حرکت به آن وارد شود، تا پس از طی مسافت ۸ متر انرژی جنبشی آن به ۱۲۰۰ ژول برسد؟ (مکمل تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۲)

۱) ۱۰۰ و در جهت حرکت ۲) ۵۰ و در جهت حرکت

۳) ۵۰ و در خلاف جهت حرکت ۴) ۱۰۰ و در خلاف جهت

۱۹۹. دو نیروی $F_۱ = ۲۰N$ و $F_۲$ تواماً بر جسمی اثر می‌کنند و آن‌را از حال سکون بر مسیر مستقیم به حرکت درمی‌آورند، پس از طی مسافت ۸ متر انرژی جنبشی جسم به ۱۲۰ ژول می‌رسد، $F_۲$ چند نیوتون و در چه جهتی است؟ (مکمل تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد پزشکی ۷۶)

۱) ۵ نیوتون و هم‌جهت با $F_۱$ ۲) ۴۰ نیوتون و در خلاف جهت $F_۱$

۳) ۵ نیوتون و در خلاف جهت $F_۱$ ۴) ۴۰ نیوتون و هم‌جهت با $F_۱$

۲۰۰. دو نیروی عمود بر هم با اندازه‌های مساوی جسمی به جرم ۴ کیلوگرم را از حال سکون به حرکت درمی‌آورند. اگر پس از ۱۶ متر جابه‌جایی انرژی جنبشی جسم به ۳۲ ژول برسد، اندازه‌ی هر یک از نیروها چند نیوتون است؟

(مکمل تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۷)

① $\sqrt{۲}$ ② ۱ ③ ۲ ④ $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

۲۰۱. اتومبیلی به جرم ۲ تن در یک جاده‌ی شیب‌دار که با سطح افق زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد، رو به بالا در حرکت است. اگر تندی اتومبیل در مدت ۲۰ ثانیه از $۲\frac{m}{s}$ به $۱۲\frac{m}{s}$ برسد، کار کل انجام شده بر روی اتومبیل در این بازه‌ی زمانی چند کیلوژول است؟

(مکمل تمرین ۲-۷ کتاب درسی)(خارج از کشور تجربی ۸۷)

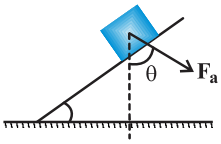
① ۱۴۰ ② ۱۴۸ ③ ۲۱۰ ④ ۲۱۸

۲۰۲. جسمی به جرم ۲۰ کیلوگرم را بر روی سطح شیب‌داری که اصطکاک آن ناچیز است و زاویه‌ی آن با سطح افق ۳۰ درجه می‌باشد با تندی ثابت به‌اندازه‌ی ۵ متر به طرف بالا می‌بریم. کار انجام شده چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

(مکمل تمرین ۲-۸ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۸۷)

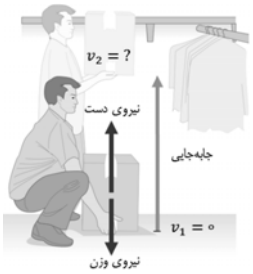
① ۵۰۰ ② $۵۰۰\sqrt{۳}$ ③ ۵۰ ④ $۵۰\sqrt{۳}$

۲۰۳. نیروی ثابت F_a به یک جعبه به جرم $۵kg$ تحت زاویه‌ی $\theta = ۳۷^\circ$ مطابق شکل وارد می‌شود. اگر جعبه تحت این نیرو و با تندی ثابت بر روی سطح شیبدار بدون اصطکاک تا ارتفاع عمودی $۱m$ جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط F_a چند ژول است؟ $(\sin ۵۳ = ۰/۸ \ ، \ g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (مکمل تمرین ۲-۸ کتاب درسی)



① ۴۰ ② -۴۰ ③ -۵۰ ④ ۵۰

۲۰۴. شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با واردکردن نیروی ثابت $۵۲N$، جعبه‌ای به جرم $۴kg$ را از حال سکون تا ارتفاع $۱۵۰cm$ در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند. تندی نهایی جعبه کدام است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (مشابه تمرین ۲-۸ کتاب درسی)



① $۱\frac{m}{s}$ ② $۲\frac{m}{s}$ ③ $۳\frac{m}{s}$ ④ $۴\frac{m}{s}$

۲۰۵. وزنه‌ای به جرم m را با تندی ثابت تا ارتفاع h بالا می‌بریم. کار انجام شده بر روی جسم در این جابه‌جایی کدام است؟

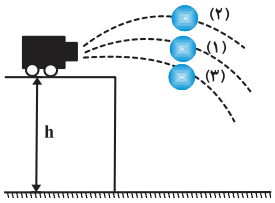
(مکمل تمرین ۲-۸ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۶)

① $-mgh$ ② صفر ③ mgh ④ $۲mgh$

۲۰۶. ورزشکاری سعی می‌کند توپ بیسبالی به جرم $۱۵۰g$ را با بیش‌ترین تندی ممکن پرتاب کند به این منظور ورزشکار نیرویی به بزرگی $F = ۶۰N$ تا لحظه پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی $(d = ۱/۵m)$ بر آن وارد می‌کند، تندی توپ هنگام جداشدن از دست ورزشکار چند $\frac{m}{s}$ است؟ (مکمل تمرین ۲-۸ کتاب درسی)

① $۱۰\sqrt{۳}$ ② $۲۰\sqrt{۳}$ ③ ۱۰ ④ ۲۰

۲۰۷. مطابق شکل سه گلوله مشابه از بالای ساختمان به ارتفاع h با تندی یکسان توسط یک توپ شلیک می‌شوند. گلوله‌ی اول (۱) در امتداد افقی، گلوله دوم (۲) با زاویه‌ای بالاتر از افق و گلوله سوم (۳) با زاویه‌ای زیر امتداد افق. اگر تندی گلوله اول، دوم و سوم در هنگام برخورد به زمین به‌ترتیب V_1، V_2 و V_3 باشد کدام گزینه صحیح است؟ (مشابه مسئله ۱۵ پایان فصل کتاب درسی)



① $V_3 > V_1 > V_2$

② $V_2 > V_1 > V_3$

③ $V_1 > V_3 > V_2$

④ $V_1 = V_2 = V_3$

۲۰۸. جسمی به جرم ۲۰ گرم از ارتفاع ۸۰ متری سطح زمین بدون تندی اولیه سقوط می‌کند و با تندی ۳۰ متر بر ثانیه به زمین می‌رسد. کار برآیند نیروهای وارد بر آن در طول مسیر چند ژول است؟(مکمل مسئله ۱۵ پایان فصل کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۵)

① ۹ ② ۱۶ ③ ۴/۸ ④ ۴۸

۲۰۹. گلوله‌ای از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین، با تندی اولیه‌ی $۴\frac{m}{s}$ در راستای قائم رو به پایین پرتاب می‌شود. انرژی جنبشی این گلوله بعد از ۴ متر پایین آمدن چند برابر می‌شود؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^2}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)

(مکمل پرسش و مسئله‌ی ۱۵ انتهای فصل کتاب درسی)(خارج از کشور تجربی ۹۲)

① ۳ ② ۴ ③ ۵ ④ ۶

قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی در حضور نیروی اصطکاک

۲۱۰. جسمی به جرم $۵۰۰g$ از بالای ساختمان به ارتفاع $۲۰m$ از سطح زمین، با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ پرتاب می‌شود. اگر جسم با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به زمین برخورد کند در طول حرکت جسم، کار نیروی مقاومت هوا چند ژول است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

(مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)

① -۱۵۰ ② ۱۵۰ ③ -۱۷۵ ④ ۱۷۵

۲۱۱. چتربازی از ارتفاع ۸۰۰ متری از حال سکون رها می‌شود. جرم چترباز به همراه چترش $۸۰kg$ است. اگر او با تندی $۵\frac{m}{s}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا در مسیر سقوط چند کیلوژول است؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^2}$)

(مشابه مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۲ اسفند ۹۴)

① -۶۳۹

② -۶۲۵

③ -۶۷۵

④ -۶۸۵

۲۱۲. جسمی به جرم ۰/۲ کیلوگرم از ارتفاع ۱۵ متری سطح زمین بدون تندی اولیه رها می‌شود و با تندی $۱۵\frac{m}{s}$ به زمین می‌رسد. اندازه کار نیروی مقاوم (مقاومت هوا) در مقابل حرکت جسم چند ژول است؟ (مشابه مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۸۲)

① ۷/۵ ② ۱۸ ③ ۱۲ ④ ۲۲/۵

۲۱۳. توپی به جرم ۲۰۰ گرم را با تندی ۱۰ متر بر ثانیه در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. تندی توپ موقع رسیدن به نقطه پرتاب ۹ متر بر ثانیه است. چند ژول گرما به محیط و توپ داده شده است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۶۹)

① ۱/۹ ② ۱۹ ③ ۳۸ ④ ۱۹۰۰

۲۱۴. راننده اتومبیلی به جرم ۲ تن با ترمز اتومبیل موفق می‌شود تندی آن را در طی مسافت ۲۰m از ۲۵m/s به ۱۵m/s برساند، کار برایند نیروهای وارد بر اتومبیل در این مدت چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۷۲)

① -۶×۱۰^{۶} ② -۴×۱۰^{۵} ③ ۶×۱۰^{۶} ④ ۴×۱۰^{۵}

۲۱۵. اتومبیلی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم که با تندی ۱۰m/s در جاده افقی درحرکت است، ترمز می‌کند و پس از طی مسافتی متوقف می‌گردد. کار انجام شده روی بر اتومبیل در مدت ترمز کردن چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۷۳)

① -۸×۱۰^{۳} ② -۴×۱۰^{۴} ③ ۸×۱۰^{۳} ④ ۴×۱۰^{۴}

۲۱۶. اتومبیلی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم و تندی ۱۰ متر بر ثانیه ترمز کرده و متوقف می‌شود، چه مقدار انرژی بر حسب ژول به حرارت تبدیل می‌شود؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۶۹)

① ۴×۱۰^{۳} ② ۴×۱۰^{۴}

③ ۸×۱۰^{۴} ④ باید نیروی اصطکاک معلوم باشد.

۲۱۷. گلوله‌ای به جرم ۲۰ گرم با تندی $۱۰۰\frac{m}{s}$ به مانعی برخورد می‌کند و با تندی $۴۰\frac{m}{s}$ از طرف دیگر آن خارج می‌شود. کار کل انجام شده روی گلوله در این برخورد چند ژول است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۴)

① ۶۰ ② ۱۲۰ ③ -۸۰ ④ -۸۴

۲۱۸. گلوله‌ای به جرم ۲۰ گرم در راستای افقی با تندی $۶۰۰\frac{m}{s}$ به تنه درختی برخورد کرده و به‌اندازه ۲۰ سانتی‌متر در آن فرو رفته و متوقف می‌شود، کار درخت بر روی گلوله چند ژول است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۸)

① -۳۶۰۰ ② -۲۴۰۰ ③ ۱۸۰۰ ④ ۱۴۴۰

۲۱۹. گلوله‌ای به جرم ۲۰۰g با تندی $۴۰\frac{m}{s}$ به‌صورت افقی به یک دیوار قائم برخورد کرده، ۲۰ سانتی‌متر در آن فرورفته و سپس متوقف می‌شود. اندازه‌ی نیروی متوسطی که دیوار در راستای افق بر گلوله وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۱ آذر ۹۳)

① ۲۰۰ ② ۴۰۰ ③ ۶۰۰ ④ ۸۰۰

۲۲۰. چکشی به جرم ۱۰kg با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به میخی برخورد می‌کند و باعث می‌شود میخ به‌اندازه‌ی ۲cm درون چوبی فرو رود. نیروی متوسط وارد شده از طرف چوب بر میخ در این جابه‌جایی چند نیوتون است؟ (چکش بعد از ضربه ساکن می‌شود و از اتلاف انرژی صرف‌نظر شود.) (مرتبط با صفحه‌ی ۳۸ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۲۲ اسفند ۹۳)

① ۲۰۰۰۰ ② ۲۵۰۰۰ ③ ۲۰۰۰ ④ ۲۵۰۰

۲۲۱. گلوله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم با تندی افقی v به تنه‌ی درختی برخورد کرده و با تندی افقی $۱۰\frac{m}{s}$ از طرف دیگر آن خارج می‌شود. اگر اتلاف انرژی گلوله به هنگام عبور از درخت معادل ۶۰ درصد انرژی اولیه‌ی آن در لحظه‌ی برخورد باشد، اندازه‌ی تندی v چند متر بر ثانیه است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزمون کانون- ۹۱)

① $۵\sqrt{۱۰}$ ② $۱۰\sqrt{۵}$ ③ ۲۵ ④ ۴

۲۲۲. مکعبی به جرم ۲ کیلوگرم را روی سطح افقی، با تندی اولیه به حرکت درمی‌آوریم. در لحظه‌ای که کار نیروی اصطکاک به ۴۵ ژول می‌رسد، تندی جسم ۵m/s کم‌تر از تندی اولیه‌ی آن است. تندی اولیه‌ی جسم چند متر بر ثانیه بوده است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزادریاضی ۷۱)

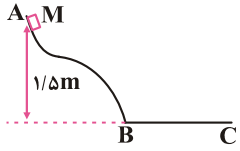
① ۱۰ ② ۷

③ ۱۴ ④ معلومات داده شده کافی نیست.

۲۲۳. روی یک سطح افقی بر جسمی به جرم M که با سطح دارای اصطکاک است نیروی افقی F را وارد می‌کنیم. جسم از حال سکون به حرکت درآمده و پس از مدتی به تندی V می‌رسد. اگر کار نیروی F در این مدت W و انرژی جنبشی جسم در این لحظه K باشد، کدام گزینه درست است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۱)

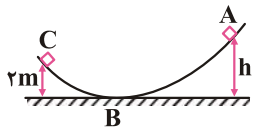
① $W \leq K$ ② $W > K$ ③ $W = K$ ④ $W < K$

۲۲۴. جسم $M = ۲kg$ از نقطه‌ی A بدون تندی اولیه به پایین لغزیده و پس از طی مسیر افقی $BC = ۴m$ در نقطه‌ی C متوقف شده است. اصطکاک قسمت AB مسیر ناچیز است. نیروی اصطکاک طول BC چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰m/s^۲)$ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۸)



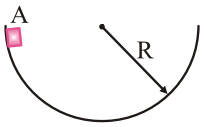
① ۰/۷۵
② ۰/۸
③ ۷/۵
④ ۸

۲۲۵. جسمی به جرم $۰/۸kg$ مطابق شکل، از نقطه‌ی A بدون تندی اولیه شروع به حرکت می‌کند و با تندی $۵m/s$ به نقطه‌ی C می‌رسد، اگر اندازه‌ی کار نیروی اصطکاک در مسیر ABC برابر ۲۲ ژول و $g = ۱۰N/kg$ باشد، ارتفاع h چند متر است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۷۸)



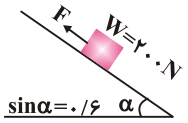
① ۲
② ۶
③ ۸
④ ۳/۵

۲۲۶. جسمی درون سطح نیم‌کره‌ای مطابق شکل، از نقطه‌ی A رها می‌شود و بعد از چند حرکت رفت و برگشت لغزشی، روی سطح در پایین سطح می‌ایستد. نسبت کار نیروی اصطکاک به کار نیروی جاذبه‌ی زمین کدام است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۹)



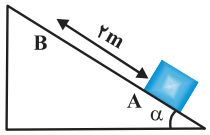
① -۲
② -۱
③ ۱
④ ۲

۲۲۷. در شکل زیر نیروی F وزنه ۲۰۰ نیوتونی را با تندی ثابت $۲m/s$ روی سطح شیب‌دار بالا می‌برد. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جسم ۳۰ نیوتون باشد، کار نیروی F در مدت ۱۰ ثانیه چند ژول است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد تجربی ۸۰)



① ۱۱۰۰
② ۶۴۰۰
③ ۲۴۰۰
④ ۳۰۰۰

۲۲۸. جسمی به جرم $۰/۴kg$ روی سطح شیب‌داری مطابق شکل به سمت بالا حرکت می‌کند، اگر تندی آن در نقطه‌ی A برابر $۶\frac{m}{s}$ و در نقطه‌ی B برابر $۲\frac{m}{s}$ باشد، اندازه‌ی برآیند نیروهای وارد بر جسم بین B و A چند نیوتون است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(آزاد ریاضی ۷۶)

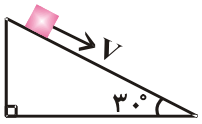


① ۱/۲
② ۳/۲
③ ۲/۴
④ ۲

۲۲۹. جسمی روی سطح شیب‌دار و دارای اصطکاکی که با سطح افق زاویه‌ی ۳۰ درجه ساخته است، بدون تندی اولیه به پایین سطح می‌لغزد. اگر جرم جسم ۲۰۰ گرم و طول سطح ۵ متر و تندی آن در پایین سطح $5m/s$ باشد، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ $(g = 10m/s^2)$ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۴)

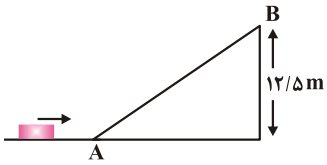
① -۵ ② -۲/۵ ③ ۲/۵ ④ ۵

۲۳۰. جسمی به جرم $2kg$ را مطابق شکل با تندی اولیه‌ی $5\ m/s$ مماس بر سطح رو به پایین پرتاب می‌کنیم. اگر تندی جسم پس از ۱۲ متر جابه‌جایی روی سطح به $8\ m/s$ برسد، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ $(g = 10\ m/s^2)$ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۸۵)



① -۴۲
② -۴۵
③ -۶۳
④ -۸۱

۲۳۱. در شکل زیر، جسم متحرک به جرم $2kg$ پس از رسیدن به نقطه‌ی A در امتداد سطح شیب‌دار بالا می‌رود. اگر تندی جسم در نقاط A و B به ترتیب برابر $20m/s$ و $10m/s$ باشد، کار نیروی اصطکاک روی سطح شیب‌دار چند ژول است؟ $(g = 10m/s^2)$ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۸۳)

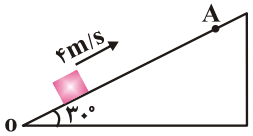


① صفر
② -۵۰
③ -۱۲۵
④ -۲۵۰

۲۳۲. جسمی به جرم m را از پایین سطح شیب‌داری با تندی اولیه V_0 به طرف بالای سطح پرتاب می‌کنیم. تندی در برگشت به نقطه‌ی پرتاب نصف تندی اولیه V_0 است. چه کسری از انرژی جنبشی اولیه به صورت اصطکاک تلف شده است؟ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۰)

① ۰/۲۵ ② ۰/۵ ③ ۰/۳۷۵ ④ ۰/۷۵

۲۳۳. جسمی به جرم m را مطابق شکل از پایین یک سطح شیب‌دار با تندی $4m/s$ رو به بالا پرتاب می‌کنیم، جسم در نقطه‌ی A متوقف می‌شود و دوباره برمی‌گردد. اگر تندی آن در نقطه‌ی پرتاب $2m/s$ باشد، طول OA چند متر است؟ $(g = 10m/s^2)$ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(سراسری ریاضی ۷۶)



① ۱
② ۱/۵
③ ۰/۸
④ ۲

۲۳۴. جسمی به جرم $2kg$ را از پایین سطح شیبداری که با افق زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد، با تندی اولیه‌ی $5\frac{m}{s}$ مماس با سطح رو به بالا پرتاب می‌کنیم. جسم روی سطح به اندازه‌ی $2m$ بالا می‌رود و سپس به نقطه‌ی پرتاب برمی‌گردد. کار نیروی اصطکاک در این مسیر رفت و برگشت چند ژول است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (مکمل مثال ۲-۷ کتاب درسی)(خارج از کشور ریاضی ۸۶)

① صفر ② -۵ ③ -۱۰ ④ -۲۰

درس‌نامه

● انرژی پتانسیل:

انرژی پتانسیل، کمیتی مربوط به یک سامانه (دستگاه یا سیستم) است. بنابراین وقتی دو یا چند جسم به یک‌دیگر نیرو وارد می‌کنند به دلیل موقعیت مکانی‌شان در سامانه، انرژی پتانسیل دارند. این نوع انرژی می‌تواند به شکل‌های مختلفی، بسته به این‌که چه نیروهایی در سامانه وجود دارد، مانند گرانشی، کشسانی و الکتریکی در سیستم ذخیره شود.

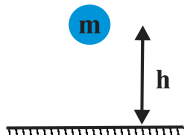
◄ **نکته:** هر سامانه می‌تواند حداقل از دو جسم یا تعداد بیش‌تری از اجسام تشکیل شده باشد مانند، انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه شخص- زمین، انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه‌ی گلوله- فنر و انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه‌ی دو جسم باردار.

◄ **نکته:** انرژی پتانسیل بر خلاف انرژی جنبشی که به حرکت یک جسم وابسته است، ویژگی یک سامانه است تا ویژگی یک جسم منفرد، به عبارت دیگر انرژی پتانسیل به مکان اجسام یک سامانه نسبت به یک‌دیگر بستگی دارد.

◄ **نکته:** وقتی انرژی پتانسیل یک سامانه تغییر می‌کند به شکل‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌شود.

● انرژی پتانسیل گرانشی:

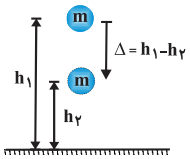
انرژی پتانسیل گرانشی سامانه‌ی متشکل از زمین و جسمی به جرم m که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد به‌صورت زیر تعریف می‌شود:



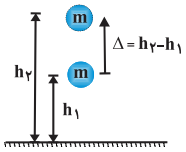
$$U = mgh$$

◄ **نکته:** انرژی پتانسیل گرانشی، یک ویژگی مشترک جسم و زمین است و برای سامانه‌ی متشکل از این دو تعریف می‌شود. توجه کنید که رابطه $U = mgh$ شامل هر دو ویژگی جسم (m) و زمین (مقدار g) است. (برای سادگی در گفتار، برخی مواقع به انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم- زمین، انرژی پتانسیل گرانشی جسم نیز گفته می‌شود.)

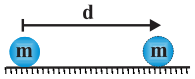
◄ **نکته:** اگر گلوله به‌اندازه‌ی Δh به سطح زمین نزدیک شود، انرژی پتانسیل گرانشی آن به‌اندازه‌ی $mg\Delta h$ کاهش می‌یابد $(\Delta U = -mg\Delta h)$ و اگر به‌اندازه‌ی Δh از سطح زمین دور شود به‌اندازه‌ی $mg\Delta h$ افزایش می‌یابد $(\Delta U = +mg\Delta h)$. هم‌چنین در حالتی که جسم حرکت افقی دارد انرژی پتانسیل گرانشی آن تغییر نمی‌کند $(\Delta U = 0)$.



$\Delta U = -mg\Delta h$



$\Delta U = +mg\Delta h$

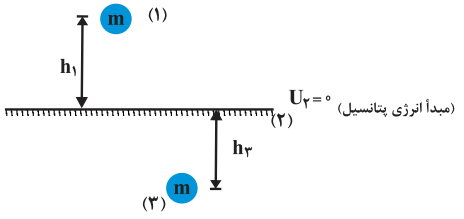


$\Delta U = 0$

● مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی:

مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی نقطه‌ای است که در آن جا $U = 0$ $(h = 0)$ قرار داده می‌شود و انرژی پتانسیل گرانشی نقاط دیگر نسبت به آن نقطه سنجیده می‌شود که این نقطه کاملاً اختیاری است زیرا آن‌چه در فیزیک اهمیت دارد مقدار U در یک نقطه خاص نیست بلکه تنها تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU) بین دو نقطه مهم است. بنابراین می‌توانیم U را در هر نقطه‌ای که بخواهیم برابر صفر تعریف کنیم بدون آن‌که تأثیری در فیزیک مسئله داشته باشد.

◄ **نکته:** اگر جسم بالای مبدأ انرژی پتانسیل $(U = 0)$ قرار داشته باشد، انرژی پتانسیل گرانشی آن مثبت و در صورتی‌که زیر آن قرار گیرد انرژی پتانسیل گرانشی‌اش منفی است.



$$U_1 = +mgh_1$$
$$U_2 = 0$$
$$U_3 = -mgh_3$$

● کار و انرژی پتانسیل گرانشی:

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم، منفی کار نیروی وزن است.