فصل ۲

# کار، انرژی و توان

درخت دانش

**با درخت دانش، گام به گام پیشرفت خود را ارزیابی کنید.**

گام اول: میزان تسلط خود را با رنگ مشخص کنید.
آبی: خیلی خوب
سبز: متوسط
زرد: مسلط نیستم.
گام‌های بعدی: اگر در گام اول به آن مبحث مسلط نیستید و دانش خود را در حد رنگ زرد ارزیابی کردید، در نوبت‌های بعدی مطالعه و تمرین، در صورتی که پیشرفت کردید می‌توانید خانه‌های سبز یا آبی را رنگ کنید.

## کار، انرژی و توان

در این فصل ۱۷۷ تست از مبحث کار، انرژی و توان آورده‌ایم. یعنی برای هر تست کنکور ۱۷۷ تست را تمرین خواهید کرد.

- انرژی جنبشی (آبی / سبز / زرد)
- کار انجام شده توسط نیروی ثابت (آبی / سبز / زرد)
  - کار انجام شده توسط نیروی ثابت F
  - کار نیروی عمودی سطح
  - کار نیروی اصطکاک
  - کار نیروی عکس‌العمل سطح
  - کار نیروی وزن
- کار کل (آبی / سبز / زرد)
- کار و انرژی جنبشی (آبی / سبز / زرد)
- کار و انرژی پتانسیل (آبی / سبز / زرد)
  - کار و انرژی پتانسیل گرانشی
  - کار و انرژی پتانسیل کشسانی
- پایستگی انرژی مکانیکی (آبی / سبز / زرد)
- کار و انرژی درونی (آبی / سبز / زرد)
  - تغییرات انرژی مکانیکی در حضور نیروهای اتلاف‌کننده‌ی انرژی
- توان (آبی / سبز / زرد)
  - محاسبه‌ی توان
  - بازده

## 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.

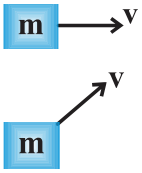
◀ **نکته:** یکای انرژی جنبشی و هر نوع دیگری از انرژی، $kg.\frac{m^2}{s^2}$ است که به افتخار جیمز ژول، فیزیکدان انگلیسی، ژول (J) نامیده می‌شود.

◀ **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:




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

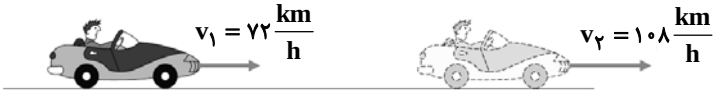
$$K_2=\frac{1}{2}mv^2$$

## انرژی جنبشی

۱۲۸. 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 مسئله ۲ کتاب درسی)

① ۴۵۰۰۰۰ ② ۸۳۷۵۰ ③ ۹۳۷۵۰ ④ ۱۰۰۰۰۰

۱۲۹. 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 خود را بیازمایید ۲-۲ کتاب درسی)




① ۴۰۰
② ۴۰۰۰۰۰
③ ۲۰۰
④ ۲۰۰۰۰۰

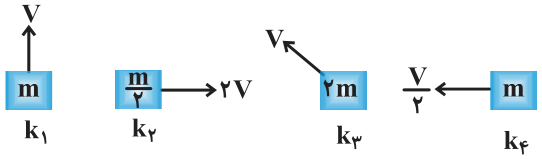
۱۳۰. نسبت انرژی جنبشی جسمی به جرم $m$ که با تندی $V$ در حرکت است، به انرژی جنبشی جسم دیگری که جرم آن $2m$ و تندی‌اش $\frac{1}{2}V$ می‌باشد، چقدر است؟ (سراسری تجربی ۷۹)

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

۱۳۱. 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: (سراسری تجربی ۶۴)

۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ۲) $\sqrt{2}$ ۳) ۱ ۴) ۲

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




۱) $k_3 > k_2 > k_1 > k_4$
۲) $k_2 = k_3 > k_1 > k_4$
۳) $k_1 > k_2 = k_3 > k_4$
۴) $k_2 > k_3 > k_1 > k_4$

۱۳۳. 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؟ (سراسری تجربی ۸۴)

۱) ۵ ۲) ۸ ۳) $2\sqrt{5}$ ۴) $5\sqrt{2}$

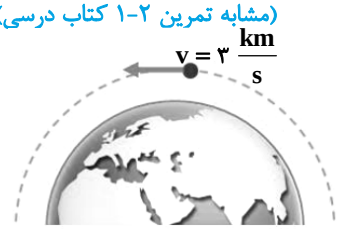
۱۳۴. اتومبیلی که با تندی $72km/h$ در حرکت است، تقریباً چه تندی‌ای برحسب متر بر ثانیه باید داشته باشد، تا انرژی جنبشی آن دو برابر شود؟ (سراسری تجربی ۷۲)

۱) ۲۵ ۲) ۲۸ ۳) ۳۲ ۴) ۴۰

۱۳۵. 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 است؟ (سراسری ر یاضی ۸۳)

۱) ۸ ۲) ۱۶ ۳) ۲۴ ۴) ۳۲

۱۳۶. 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)




۱) ۹۰
۲) ۹
۳) $9\times10^{7}$
۴) ۴۵

۱۳۷. اتومبیلی با تندی $90km/h$ در حال حرکت است. تندی اتومبیل تقریباً چند متر بر ثانیه افزایش یابد، تا انرژی جنبشی آن ۲ برابر شود؟ (خارج از کشور تجربی ۹۰)

۱) ۱۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۵ ۴) ۵۰

۱۳۸. جسمی در مسیر مستقیم با تندی $V$ در حال حرکت است. اگر تندی این جسم $5\frac{m}{s}$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ۴۴ درصد افزایش می‌یابد. $V$ چند متر بر ثانیه است؟ (خارج از کشور تجربی ۹۳)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۱۳۹. اگر تندی اتومبیلی ۲۰ درصد افزایش یابد، انرژی جنبشی آن چند درصد افزایش می‌یابد؟ (آزمون کانون- چهارم ریاضی- ۲۲ اسفند ۹۳)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۴۴ ۴) ۱۴۴

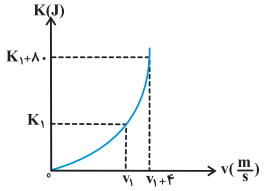
۱۴۰. پدری با پسرش در حال مسابقه دادن است. انرژی جنبشی پدر نصف انرژی جنبشی پسر و جرم وی، دو برابر جرم پسرش است. اگر پدر تندی‌اش را به‌اندازه‌ی $1\frac{m}{s}$ افزایش دهد، انرژی جنبشی‌اش با انرژی جنبشی پسرش یکی می‌شود. تندی اولیه پدر تقریباً چند $\frac{m}{s}$ بوده است؟ (مکمل پرسش ۲-۱ کتاب درسی)

۱) ۲ ۲) ۲/۴ ۳) ۴/۸ ۴) ۳/۶

۱۴۱. گلوله‌ای به جرم ۴۲ گرم با تندی $500\frac{m}{s}$ به تنه درختی برخورد کرده و با تندی $100\frac{m}{s}$ 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.) (آزمون کانون- سوم تجربی- ۹۱)

۱) ۵۰۴۰ ۲) ۲۱۱۷ ۳) ۵۰۴ ۴) ۱۲۰

۱۴۲. 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؟ (آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۸ فروردین ۹۴)

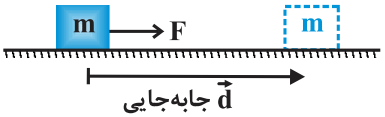



۱) ۲
۲) ۶
۳) ۱۰
۴) ۱۶

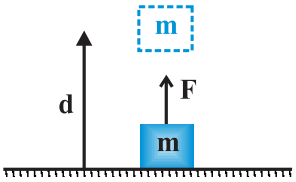
# درس‌نامه

## ● کار انجام شده توسط نیروی ثابت F:

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




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



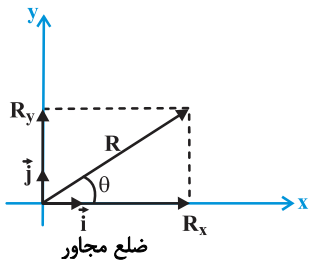

$W_F = Fd$

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

ب) حالتی که نیرو (F) و جابه‌جایی (d) با هم زاویه‌ی $\theta$ 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:




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

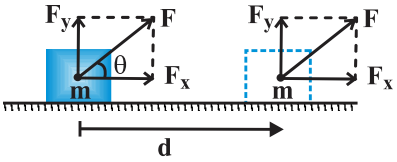
از طرفی با توجه به روابطی که برای نسبت‌های مثلثی داریم، می‌توان نوشت:

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

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

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 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 $(\theta = 90^\circ \Rightarrow \cos\theta = 0)$، کار انجام شده توسط نیرو برابر صفر است.

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

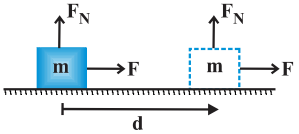
**نکته:** اگر $0^\circ \le \theta < 90^\circ$ باشد، $\cos\theta > 0$ بوده و کار انجام شده توسط نیرو مثبت است.

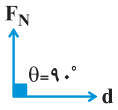
**نکته:** اگر $90^\circ < \theta \le 180^\circ$ باشد، $\cos\theta < 0$ بوده و کار انجام شده توسط نیرو منفی است.

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

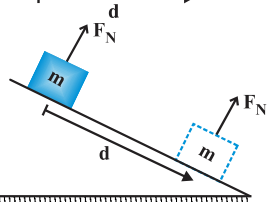
### ● کار نیروی عمودی سطح $(W_{F_N})$:

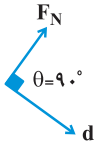
هنگامی که یک جسم روی سطح افقی و یا یک سطح شیب‌دار حرکت می‌کند با توجه به این‌که نیروی عکس‌العمل عمودی سطح $(F_N)$ بر سطح عمود است می‌توان گفت زاویه بین این نیرو و جابه‌جایی $\theta = 90^\circ$ بوده و بنابراین کار آن صفر است.




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

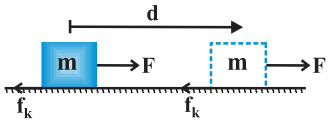


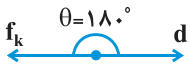




$$\Rightarrow W_N = F_N d\cos 90 = 0$$

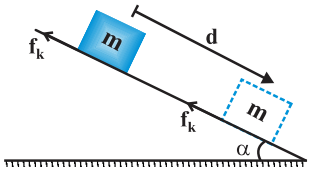
### ● کار نیروی اصطکاک $(W_{f_k})$:

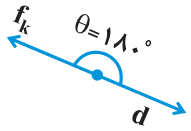
هنگامی که یک جسم روی یک سطح افقی و یا یک سطح شیب‌دار دارای اصطکاک حرکت می‌کند همواره نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت جسم بر آن وارد می‌شود بنابراین:




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



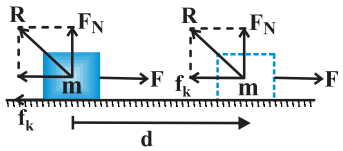




$$\Rightarrow W_{f_k} = f_k d\cos 180 = -f_k d$$

**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 $F_N$ و $f_k$ 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:

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

۱۴۳. کار چه نوع کمیتی است و یکای آن در SI کدام است؟ (آزاد ریاضی ۸۴ خارج از کشور)

① برداری- N.m ② نرده‌ای- N.m
③ نرده‌ای- $\frac{N}{m}$ ④ برداری- $\frac{N}{m}$

۱۴۴. 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 نیرو به اندازه‌ی ۸m جابه‌جا می‌شود. کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ چند ژول است؟ (مسئله ۱۳ کتاب درسی)

① ۱۶۰۰۰۰۰ ② ۱۶۰۰۰۰ ③ ۱۶۰۰۰ ④ ۱۶۰۰

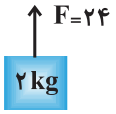
۱۴۵. برای کشیدن جعبه‌ای روی سطح افقی ۴۰ نیوتن نیرو لازم است. کار لازم برای ۸۰ سانتی‌متر جابه‌جایی جسم چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۷۴)

① ۳۲ ② ۵۰
③ ۳۲۰ ④ ۵۰۰

۱۴۶. 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؟ (سراسری تجربی ۷۱)

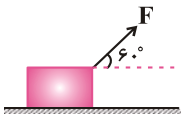
① ۰/۸ ② ۳ ③ ۴۸ ④ ۴۸۰

۱۴۷. در شکل مقابل 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 ... (سراسری ریاضی ۸۳)



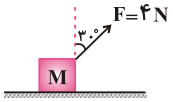

① افزایش می‌یابد.
② کاهش می‌یابد.
③ ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
④ بسته به شرایط، هر کدام ممکن است درست باشد.

۱۴۸. در شکل داده شده، نیروی F = ۶N تحت زاویه‌ی ۶۰° به جسم وارد می‌شود، کار نیروی F در ۱۰ متر جابه‌جایی چند ژول است؟ (آزاد تجربی غیرپزشکی ۹۰)



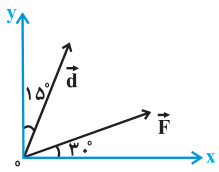

① $۳۰\sqrt{۳}$
② ۶۰
③ $۶۰\sqrt{۳}$
④ ۳۰

۱۴۹. 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؟ (آزاد ریاضی بعدازظهر ۸۲)




① ۴
② $۴\sqrt{۳}$
③ ۴۰
④ $۴۰\sqrt{۳}$

۱۵۰. 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؟ (آزمون کانون- دوم دبیرستان- ۲۱ بهمن ۹۰)




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

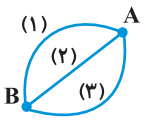
۱۵۱. بر جسم ساکنی تنها دو نیروی عمود بر هم $F_1 = 4N$ و $F_2 = 2N$ وارد می‌شود. پس از ۱۰ متر جابه‌جایی جسم، کار نیروی $F_1$ چند برابر کار نیروی $F_2$ است؟ (آزمون کانون- دوم دبیرستان- ۲۵ بهمن ۹۲)

① ۲ ② ۳ ③ ۴ ④ ۶

۱۵۲. جسمی به جرم $3kg$ روی سطح افقی بر حالت سکون قرار دارد. نیروی ثابت $\vec{F} = 15\vec{i} + 20\vec{j}$ (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؟(سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور)

① ۲۵۰ ② ۲۰۰ ③ ۱۵۰ ④ ۹۰

۱۵۳. 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: (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.

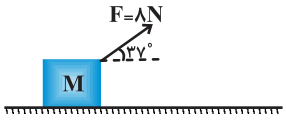
۱۵۴. جسمی به جرم $500g$، روی یک سطح افقی به‌وسیله‌ی نیروی F که تحت زاویه‌ی ۳۷ درجه بر جسم اثر می‌کند، به‌اندازه‌ی ۱۰ متر با تندی ثابت تغییر مکان می‌دهد. کار انجام شده توسط نیروی عمودی سطح چند ژول است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (سراسری ریاضی ۷۴ با اندکی تغییر)

① ۱/۲۵ ② ۲/۵ ③ ۱۲/۵ ④ صفر

۱۵۵. 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: $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (سراسری تجربی ۷۴ با اندکی تغییر)

① -۲۰ ② ۲۰ ③ ۱۰ ④ -۱۰

۱۵۶. در شکل روبه‌رو وزنه‌ی M با تندی ثابت روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود، کار نیروی اصطکاک در هر متر جابه‌جایی چند ژول است؟ $(\sin 37 = 0/6)$ (آزاد پزشکی ۸۱)

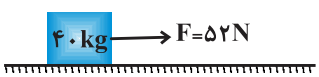



① -۶/۴ ② -۴/۸ ③ ۶/۴ ④ ۴/۸

۱۵۷. صندوقی به جرم $50kg$ با تندی ثابت $1\frac{m}{s}$ 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؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (فرض می‌کنیم کار نیروی اصطکاک تماماً به گرما تبدیل می‌شود.) (مکمل مثال ۲-۲ کتاب درسی)

① ۲۰ ② ۲۰۰ ③ ۱۰ ④ ۱۰۰

۱۵۸. 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؟(سراسری ریاضی ۸۱ خارج از کشور با اندکی تغییر)




① ۱۲۰ ② -۱۲۰ ③ -۱۸۰ ④ صفر

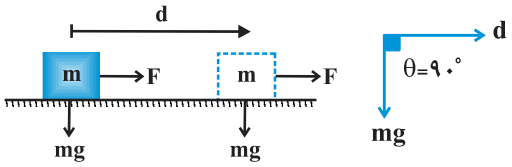
۱۵۹. جسمی به وزن W از بالای سطح شیبداری به طول L که با افق زاویه‌ی θ می‌سازد به پایین می‌لغزد. اگر سطح بدون اصطکاک باشد، کار نیروی عکس‌العمل سطح شیبدار دراین جابه‌جایی برابر با کدام یک از مقادیر زیر خواهد بود؟(مکمل مثال ۲-۵ کتاب درسی)

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

# درس‌نامه

## ● کار نیروی وزن ($W_{mg}$):

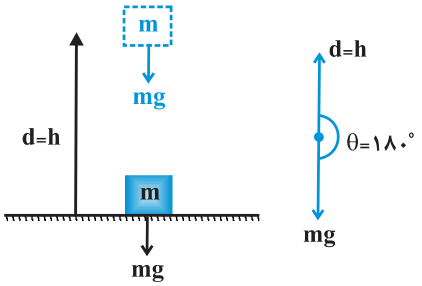
الف) جسم در راستای افقی جابه‌جا شود:




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

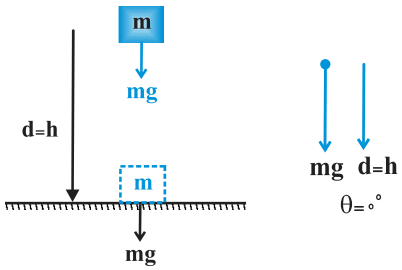
ب) جسم در راستای قائم جابه‌جا شود:

- جسم در راستای قائم به‌طرف بالا حرکت کند.



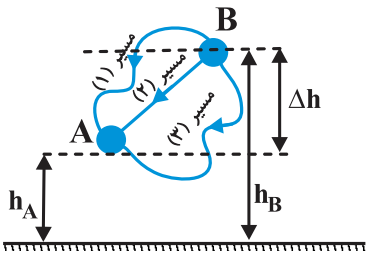

$$\theta = 180 \Rightarrow W_{mg} = mgd\cos 180 = -mgh$$

- جسم در راستای قائم به سمت پایین حرکت کند.




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

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




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

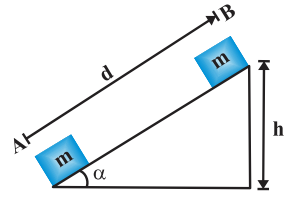
◄ **تذکر:** در نکته‌ی بالا اگر جسم از A به B جابه‌جا شود، آن‌گاه داریم:

$$(W_{mg})_1 = (W_{mg})_2 = (W_{mg})_3 = -mg\Delta h$$

◄ **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:

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

## کار نیروی وزن

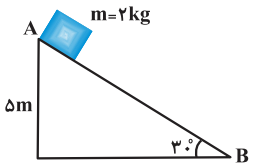
۱۶۰. نخی را به یک وزنه‌ی یک کیلوگرمی بسته و آن را با نیروی کشش ۴ نیوتون روی سطح افقی به اندازه‌ی یک متر جابه‌جا می‌کنیم. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۷۷)

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۹/۸ ۴) ۱۹/۶

۱۶۱. جسمی به وزن ۸ نیوتن 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؟ (سراسری تجربی ۶۶)

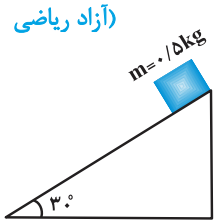
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

۱۶۲. 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؟ ($g = 10N/kg$) (سراسری تجربی ۷۷)




۱) ۴۰
۲) ۵۰
۳) ۶۰
۴) ۱۰۰

۱۶۳. وزنه‌ای به جرم ۰/۵kg روی سطح شیب‌دار شکل مقابل به اندازه‌ی ۶۰ سانتی‌متر به پایین می‌لغزد، کار نیروی گرانش (جاذبه) زمین در این جابه‌جایی چند ژول است؟ ($g = 10N/kg$) (آزاد ریاضی ۸۰)




۱) ۱۵
۲) ۱/۵
۳) ۳
۴) ۳۰

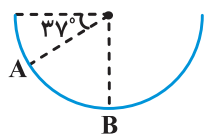
۱۶۴. اتومبیلی به جرم یک تن روی سطح شیب‌داری به شیب ۵ درصد ($\sin\alpha = 0/05$) با تندی ثابت ۱۰m/s بالا می‌رود. کار نیروی گرانش زمین در مدت یک دقیقه چند کیلوژول است؟ ($g = 10N/kg$) (آزاد تجربی ۷۳)

۱) -۳۰۰ ۲) -۶۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

۱۶۵. وزنه‌ای به جرم m درون نیمکره‌ای به شعاع R از نقطه‌ی B می‌لغزد. کار نیروی وزن در این تغییر مکان برابر است با: (سراسری ریاضی ۶۳)

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

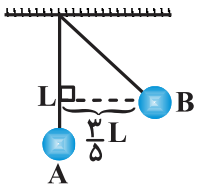
۱۶۶. جسم m به جرم ۱۰۰g درون نیم‌کره صیقلی به قطر ۶۰ سانتی‌متر به پایین می‌لغزد. کار نیروی وزن جسم از A تا B چند ژول است؟ ($g = 10m/s^2$ , $\sin 37^\circ = 0/6$) (سراسری تجربی ۷۸)




۱) ۰/۱۲
۲) ۰/۱۸
۳) ۱/۲
۴) ۱/۸

۱۶۷. مطابق شکل زیر، گلوله‌ای به جرم $3\,kg$ 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؟ $(g = 10\frac{N}{kg})$

(آزمون کانون- چهارم ریاضی- ۲۲ اسفند ۹۳)




① ۱۲

② -۱۲

③ ۳۶

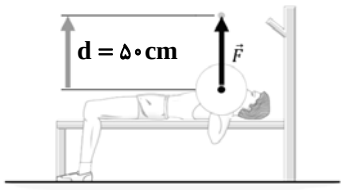
④ -۳۶

۱۶۸. 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: (سراسری تجربی ۶۳)

① ۵ ژول ② ۱۰ ژول ③ ۵۰ ژول ④ ۱۰۰ ژول

۱۶۹. ورزشکاری وزنه‌ای به جرم $40\,kg$ را به‌طور یکنواخت، $50\,cm$ 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)




① -۲۰۰

② ۲۰۰

③ -۱۹۶

④ ۱۹۶

۱۷۰. شکل روبه‌رو شخصی را در حال هل‌دادن یک گاری حمل بار روی سطحی هموار و بدون اصطکاک با نیرویی به بزرگی $F = 66\,N$ نشان می‌دهد. اگر گاری $18/4\,m$ در جهت نیرو جابه‌جا شود، کاری که شخص روی گاری انجام می‌دهد چند ژول است؟

(مشابه تمرین ۲-۴ کتاب درسی)

① ۱۲۱۴/۴

② ۱۲۱/۴۴

③ ۱۳۱۲/۲

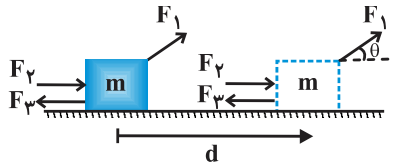
④ ۱۳۱/۲۲

# 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:

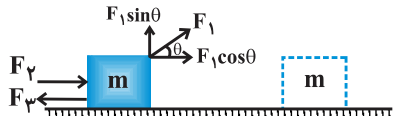
۱) کار انجام شده توسط هر نیرو به‌طور جداگانه محاسبه شود در نهایت کار کل ($W_t$) برابر جمع جبری کار انجام شده توسط تک‌تک نیروهاست.




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

◄ 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:




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

◄ 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 ($\Delta K$) 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. $(V_2 < V_1)$

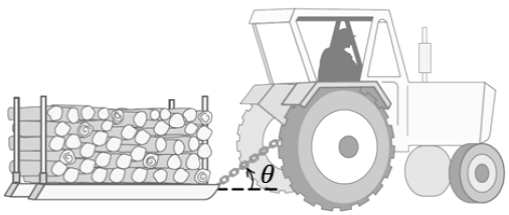
◄ **نکته:** هنگامی که $W_t = 0$ است، انرژی جنبشی جسم در آغاز و پایان جابه‌جایی یکسان است $(k_2 = k_1)$ بنابراین تندی جسم در این دو نقطه یکسان است. $(V_2 = V_1)$

◄ 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.

## کارکل

۱۷۱. کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به‌اندازه‌ی $235\,m$ جابه‌جا می‌کند (شکل زیر) وزن کل سورتمه و بار آن $mg = 1/47\times10^3\ N$ است. تراکتور نیروی ثابت $F_1 = 4\sqrt{2}\times10^3\ N$ را در زاویه‌ی $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3/4\times10^3\ N$ است که بر خلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه کدام است؟ $(\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2})$ (مشابه تمرین ۲-۶ کتاب درسی)



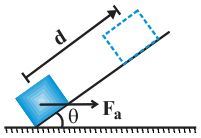

① $141000\,J$

② $94000$

③ $-141000\,J$

④ $-94000$

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




① ۸ ② ۰/۵ ③ -۸ ④ -۰/۵

## قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی بدون حضور اصطکاک

۱۷۳. تندی جسمی به جرم $۸kg$ تحت تأثیر نیروی $F$ از $۴m/s$ به $۶m/s$ می‌رسد، کار این نیرو چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۷۳ و ۶۵)

① ۱۶ ② ۳۲ ③ ۴۰ ④ ۸۰

۱۷۴. توپ فوتبالی به جرم $۰/۵kg$ 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)

① -۱۱ ② ۱۱ ③ -۲۲ ④ ۲۲

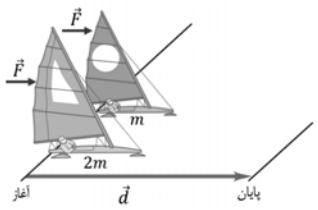
۱۷۵. اگر کار کل نیروهای وارد بر جسمی به جرم $۲kg$ برابر ۲۱ ژول و تندی جسم در ابتدا برابر $۲\frac{m}{s}$ باشد، پس از انجام این کار بر روی جسم، تندی آن به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟ (آزاد ریاضی بعدازظهر ۸۲)

① ۴ ② ۵ ③ ۳ ④ ۷

۱۷۶. به جسمی به جرم ۲ کیلوگرم که با تندی $V_۰$ بر مسیر مستقیم در حرکت است، نیروی ثابت $۴N$ 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؟ (آزاد ریاضی ۷۵)

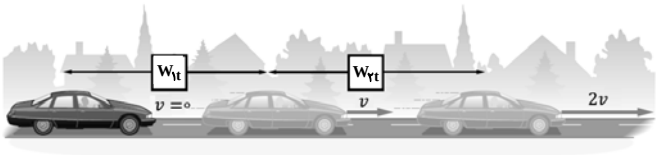
① ۳ ② ۴ ③ ۶ ④ ۱۲

۱۷۷. دو قایق مخصوص حرکت روی سطوح یخزده مطابق شکل، دارای جرم‌های $m$ و $۴m$ 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 ۲-۷ کتاب درسی)




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

۱۷۸. برای آن‌که تندی خودرویی از حال سکون به $v$ برسد، باید کار کل $W_{۱t}$ روی آن انجام شود. هم‌چنین برای آن‌که تندی خودرو از $v$ به $۲v$ برسد، باید کار کل $W_{۲t}$ روی آن انجام شود (شکل زیر). نسبت $\frac{W_{۱t}}{W_{۲t}}$ چقدر است؟ (مشابه پرسش ۲-۳ کتاب درسی)

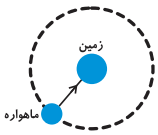



① $\frac{۱}{۳}$ ② ۳ ③ $\frac{۲}{۳}$ ④ $\frac{۳}{۲}$

۱۷۹. 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 ۲-۸ کتاب درسی)

① ۴۰۰
② ۳۰۰
③ ۲۰۰
④ ۱۰۰

۱۸۰. 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؟ (مشابه و مکمل با پرسش و مسئله ۱۴ پایان فصل 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.

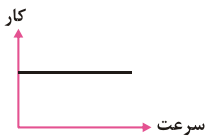
۱۸۱. شخصی به جرم $75\,kg$، چمدانی به جرم $10\,kg$ را از روی زمین برداشته و در داخل صندوق عقب اتومبیل خود قرار می‌دهد. اگر ارتفاع کف صندوق عقب از سطح زمین $1\,m$ باشد، کدام گزینه نادرست است؟ $(g=10\,\frac{N}{kg})$ (مشابه با پرسش و مسئله ۴ پایان کتاب درسی)

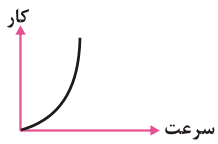
① کار نیروی وزن در این جابه‌جایی $-100\,J$ است.
② کاری که شخص برای غلبه بر نیروی وزن انجام می‌دهد برابر $100\,J$ است.
③ انرژی جنبشی چمدان در این جابه‌جایی تغییر نمی‌کند.
④ انرژی جنبشی چمدان در این جابه‌جایی $100\,J$ تغییر کرده است.

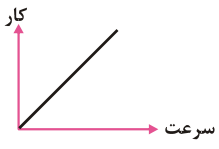
۱۸۲. انرژی جنبشی جسمی ۲۰ ژول است، نیروی ثابت F هم‌راستا و هم‌سو با حرکت بر آن وارد می‌شود و پس از ۱۰ متر جابه‌جایی انرژی جنبشی جسم به ۳۲ ژول می‌رسد. F چند نیوتون است؟ (آزاد ریاضی ۷۴)

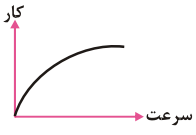
① ۱/۲ ② ۳/۲ ③ ۱۲/۵ ④ ۱۶

۱۸۳. 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؟ (سراسری ریاضی ۶۷)

① 


② 


③ 


④ 


۱۸۴. جسمی با تندی $10\,m/s$ در جهت مثبت محور xها حرکت می‌کند و انرژی جنبشی آن $100\,J$ است. پس از مدتی تندی این جسم تغییر کرده و در جهت منفی محور xها به $20\,m/s$ می‌رسد. کار کل انجام شده بر این جسم در این مدت چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۸۰)

① -۵۰۰ ② -۳۰۰ ③ ۳۰۰ ④ ۵۰۰

۱۸۵. 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؟ (سراسری تجربی ۷۲)

① ۱۰۰ و در جهت حرکت ② ۵۰ و در جهت حرکت
③ ۵۰ و در خلاف جهت حرکت ④ ۱۰۰ و در خلاف جهت

۱۸۶. 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؟ (آزاد پزشکی ۷۶)

① ۵ نیوتون و هم‌جهت با $F_۱$ ② ۴۰ نیوتون و در خلاف جهت $F_۱$
③ ۵ نیوتون و در خلاف جهت $F_۱$ ④ ۴۰ نیوتون و هم‌جهت با $F_۱$

۱۸۷. 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؟ (آزاد تجربی ۷۷)

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

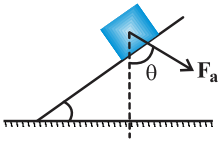
۱۸۸. اتومبیلی به جرم ۲ تن در یک جاده‌ی شیب‌دار که با سطح افق زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد، رو به بالا در حرکت است. اگر تندی اتومبیل در مدت ۲۰ ثانیه از $۲\frac{m}{s}$ به $۱۲\frac{m}{s}$ برسد، کار کل انجام شده بر روی اتومبیل در این بازه‌ی زمانی چند کیلوژول است؟ (خارج از کشور تجربی ۸۷)

① ۱۴۰ ② ۱۴۸ ③ ۲۱۰ ④ ۲۱۸

۱۸۹. 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؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (آزاد ریاضی ۸۷)

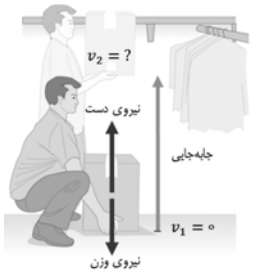
① ۵۰۰ ② $۵۰۰\sqrt{۳}$ ③ ۵۰ ④ $۵۰\sqrt{۳}$

۱۹۰. 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؟ $(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸ \ ، \ g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (مکمل تمرین ۲-۹ کتاب درسی)




① ۴۰ ② -۴۰
③ -۵۰ ④ ۵۰

۱۹۱. 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 ۲-۹ کتاب درسی)

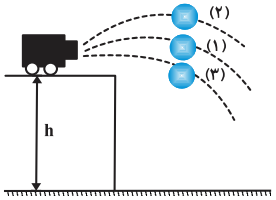



① $۱\frac{m}{s}$
② $۲\frac{m}{s}$
③ $۳\frac{m}{s}$
④ $۴\frac{m}{s}$

۱۹۲. وزنه‌ای به جرم $m$ را با تندی ثابت تا ارتفاع $h$ بالا می‌بریم، کار انجام شده بر روی جسم در این جابه‌جایی کدام است؟ (سراسری تجربی ۷۶)

① $-mgh$ ② صفر ③ $mgh$ ④ $۲mgh$

۱۹۳. 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 پرسش و مسئله ۸ 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 $V_1 = V_2 = V_3$

۱۹۴. 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؟ (آزاد تجربی ۷۵)

① ۹ ② ۱۶ ③ ۴/۸ ④ ۴۸

۱۹۵. 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.) (خارج از کشور تجربی ۹۲)

① ۳ ② ۴ ③ ۵ ④ ۶

## قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی در حضور نیروی اصطکاک

۱۹۶. 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؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

(مشابه با پرسش و مسئله ۹ پایان فصل کتاب درسی)

① -۱۵۰ ② ۱۵۰ ③ -۱۷۵ ④ ۱۷۵

۱۹۷. چتربازی که مجموع جرم او و چترش $۱۴۰kg$ است، از ارتفاع ۶۰۰ متری سطح زمین با تندی ثابت سقوط می‌کند. کار نیروی مقاومت هوا بر روی چتر و شخص از لحظه‌ی سقوط تا لحظه‌ای که به سطح زمین می‌رسد، چند کیلوژول می‌باشد؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

(آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۲ اسفند ۹۳)

① ۶۴۰ ② -۶۴۰ ③ ۸۴۰ ④ -۸۴۰

۱۹۸. چتربازی از ارتفاع ۸۰۰متری 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؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^2}$) (آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۲ اسفند ۹۴)

① -۶۳۹

② -۶۲۵

③ -۶۷۵

④ -۶۸۵

۱۹۹. 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؟ (آزاد ریاضی ۸۲ و ۷۷)

① ۷/۵ ② ۱۸ ③ ۱۲ ④ ۲۲/۵

۲۰۰. 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؟ (سراسری تجربی ۶۹)

① ۱/۹ ② ۱۹ ③ ۳۸ ④ ۱۹۰۰

۲۰۱. 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 $-۶\times۱۰^{۶}$ ② $-۴\times۱۰^{۵}$ ③ $۶\times۱۰^{۶}$ ④ $۴\times۱۰^{۵}$

۲۰۲. 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 $-۸\times۱۰^{۳}$ ② $-۴\times۱۰^{۴}$ ③ $۸\times۱۰^{۳}$ ④ $۴\times۱۰^{۴}$

۲۰۳. اتومبیلی به جرم ۶۰۰ کیلوگرم با تندی ۵۴ کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است. اگر در اثر ترمز، اتومبیل متوقف شود، کار نیروی اصطکاک (بر حسب کیلوژول) کدام است؟ (سراسری ریاضی ۶۹)

① ۱۳۵ ② ۶۷/۵ ③ -۶۷/۵ ④ -۱۳۵

۲۰۴. 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؟ (سراسری تجربی ۶۹)

① $۴\times۱۰^{۳}$ ② $۴\times۱۰^{۴}$

③ $۸\times۱۰^{۴}$ ④ باید نیروی اصطکاک معلوم باشد.

۲۰۵. 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؟ (آزاد تجربی ۷۴)

① ۶۰ ② ۱۲۰ ③ -۸۰ ④ -۸۴

۲۰۶. 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؟ (آزاد تجربی ۷۸)

① -۳۶۰۰ ② -۲۴۰۰ ③ ۱۸۰۰ ④ ۱۴۴۰

۲۰۷. 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؟ (آزمون کانون- چهارم ریاضی- ۲۱ آذر ۹۳)

① ۲۰۰ ② ۴۰۰ ③ ۶۰۰ ④ ۸۰۰

۲۰۸. 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.) (آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۲ اسفند ۹۳)

① ۲۰۰۰۰ ② ۲۵۰۰۰ ③ ۲۰۰۰ ④ ۲۵۰۰

۲۰۹. 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؟ (آزمون کانون ۹۱- سوم ریاضی ۹۱)

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

۲۱۰. 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 $5m/s$ کم‌تر از تندی اولیه‌ی آن است. تندی اولیه‌ی جسم چند متر بر ثانیه بوده است؟ (آزادریاضی ۷۱)

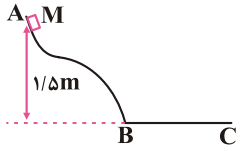
① ۱۰ ② ۷

③ ۱۴ ④ معلومات داده شده کافی نیست.

۲۱۱. 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؟ (سراسری تجربی ۷۱)

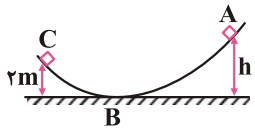
① $W \le K$ ② $W > K$ ③ $W = K$ ④ $W < K$

۲۱۲. جسم $M = 2kg$ از نقطه‌ی $A$ بدون تندی اولیه به پایین لغزیده و پس از طی مسیر افقی $BC = 4m$ در نقطه‌ی $C$ متوقف شده است. اصطکاک قسمت $AB$ مسیر ناچیز است. نیروی اصطکاک طول $BC$ چند نیوتون است؟ $(g = 10m/s^2)$ (سراسری ریاضی ۷۸)



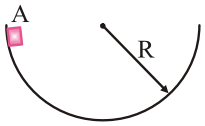

① ۰/۷۵
② ۰/۸
③ ۷/۵
④ ۸

۲۱۳. جسمی به جرم $0/8kg$ مطابق شکل، از نقطه‌ی $A$ بدون تندی اولیه شروع به حرکت می‌کند و با تندی $5m/s$ به نقطه‌ی $C$ می‌رسد، اگر اندازه‌ی کار نیروی اصطکاک در مسیر $ABC$ برابر ۲۲ ژول و $g = 10N/kg$ باشد، ارتفاع $h$ چند متر است؟ (آزاد تجربی ۷۸)



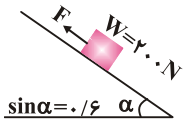

① ۲
② ۶
③ ۸
④ ۳/۵

۲۱۴. 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؟ (سراسری ریاضی ۷۹)




① -۲
② -۱
③ ۱
④ ۲

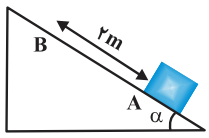
۲۱۵. در شکل زیر نیروی $F$ وزنه ۲۰۰ نیوتونی را با تندی ثابت $2m/s$ روی سطح شیب‌دار بالا می‌برد. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جسم ۳۰ نیوتون باشد، کار نیروی $F$ در مدت ۱۰ ثانیه چند ژول است؟ (آزاد تجربی ۸۰)




① ۱۱۰۰ ② ۶۴۰۰

③ ۲۴۰۰ ④ ۳۰۰۰

۲۱۶. جسمی به جرم $0/4kg$ روی سطح شیب‌داری مطابق شکل به سمت بالا حرکت می‌کند، اگر تندی آن در نقطه‌ی $A$ برابر $6\frac{m}{s}$ و در نقطه‌ی $B$ برابر $2\frac{m}{s}$ باشد، اندازه‌ی برآیند نیروهای وارد بر جسم بین $B$ و $A$ چند نیوتون است؟ (آزاد ریاضی ۷۶)

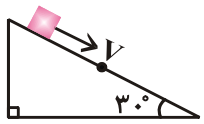



① ۱/۲
② ۳/۲
③ ۲/۴
④ ۲

۲۱۷. 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؟ $(g = 10 m/s^2)$ (سراسری تجربی ۷۴)

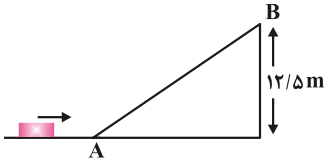
۱) -۵ ۲) -۲/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۵

۲۱۸. 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؟ $(g = 10 m/s^2)$ (سراسری ریاضی ۸۵)




۱) -۴۲
۲) -۴۵
۳) -۶۳
۴) -۸۱

۲۱۹. در شکل مقابل، 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 $20 m/s$ و $10 m/s$ باشد، کار نیروی اصطکاک روی سطح شیب‌دار چند ژول است؟ $(g = 10 m/s^2)$ (سراسری ریاضی ۸۳)

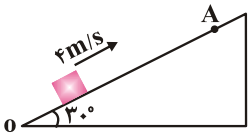



۱) صفر
۲) -۵۰
۳) -۱۲۵
۴) -۲۵۰

۲۲۰. 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؟ (سراسری ریاضی ۷۰)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۳۷۵ ۴) ۰/۷۵

۲۲۱. 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؟ $(g = 10 m/s^2)$ (سراسری ریاضی ۷۶)




۱) ۱
۲) ۱/۵
۳) ۰/۸
۴) ۲

۲۲۲. 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؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (خارج از کشور ریاضی ۸۶)

۱) صفر ۲) -۵ ۳) -۱۰ ۴) -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.

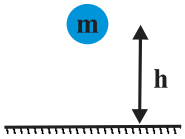
◀ **نکته:** هر سامانه می‌تواند حداقل از دو جسم یا تعداد بیش‌تری از اجسام تشکیل شده باشد مانند، انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه شخص- زمین، انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه‌ی گلوله- فنر و انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه‌ی دو جسم باردار

◀ **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:

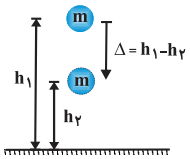
انرژی پتانسیل گرانشی سامانه‌ی متشکل از زمین و جسمی به جرم $m$ که در ارتفاع $h$ از سطح زمین قرار دارد به‌صورت زیر تعریف می‌شود:



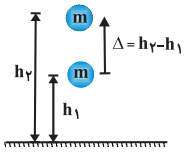

$$U = mgh$$

◀ **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.

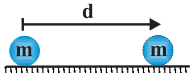
◀ **نکته:** اگر گلوله به‌اندازه‌ی $\Delta h$ به سطح زمین نزدیک شود، انرژی پتانسیل گرانشی آن به‌اندازه‌ی $mg\Delta h$ کاهش می‌یابد $(\Delta U = -mg\Delta h)$ و اگر به‌اندازه‌ی $\Delta h$ از سطح زمین دور شود به‌اندازه‌ی $mg\Delta h$ افزایش می‌یابد $(\Delta U = +mg\Delta h)$. هم‌چنین در حالتی که جسم حرکت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




$\Delta U = -mg\Delta h$



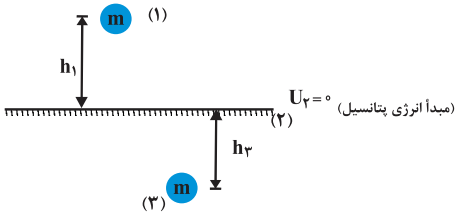

$\Delta U = +mg\Delta h$




$\Delta U = 0$

● **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 $(\Delta U)$ بین دو نقطه مهم است. بنابراین می‌توانیم $U$ را در 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.

$$\Delta U = -W_{mg} \quad \text{یا} \quad W_{mg} = -\Delta U$$

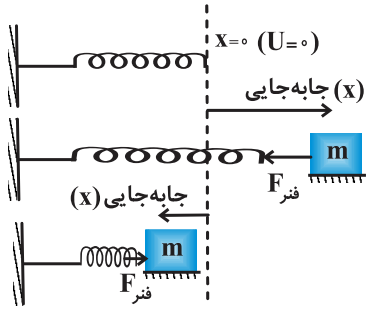
◀ **نکته:** هنگامی که جسمی به جرم $m$ توسط یک نیروی خارجی به آرامی و با تندی ثابت به‌اندازه‌ی $\Delta h$ در راستای قائم

جابه‌جا می‌شود (مانند جرثقیل) کار انجام شده توسط نیروی خارجی $(W_F)$ برابر تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم است.

$$\begin{cases} W_{mg} = -mg\Delta h \\ \Delta U = -W_{mg} = -(-mg\Delta h) = mg\Delta h \end{cases} \Rightarrow W_F = mg\Delta h$$

### ● کار و انرژی پتانسیل کشسانی سامانه‌ی جسم- فنر:

در صورتی که یک فنر از وضعیت تعادل‌اش $(x = 0)$ به‌اندازه‌ی $x$ فشرده یا کشیده شود نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی به عامل واردکننده‌ی نیرو وارد می‌شود، بنابراین کار نیروی فنر در این جابه‌جایی منفی و تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی سامانه‌ی جسم- فنر مثبت است.




$$\Delta U = -W_{\text{فنر}}$$

## کار و انرژی پتانسیل

۲۲۳. با صرف ۱۰ ژول انرژی، وزنه‌ای به جرم یک کیلوگرم را تا ارتفاع چند متری می‌توان بالا برد؟ $(g = 10\frac{N}{kg})$

(مکمل مثال ۲-۹ کتاب درسی)

① ۱ ② ۲ ③ ۱۰ ④ ۲۰

۲۲۴. موتورسواری به جرم کل $120kg$ از بالای تپه‌ای کوتاه‌تر پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد. تغییرات پتانسیل گرانشی موتورسوار و کار نیروی وزن موتورسوار در این جابه‌جایی به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ (مشابه تمرین ۲-۱۲ کتاب درسی)

$(g = 10\frac{N}{kg})$

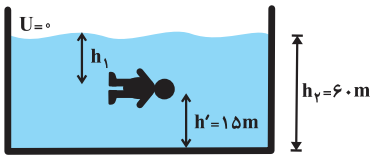
① $5400\,J$ و $-5400\,J$

② $-5400\,J$ و $5400\,J$

③ $54000\,J$ و $-54000\,J$

④ $-54000\,J$ و $54000\,J$

۲۲۵. غواصی به جرم $70kg$ در حال غواصی در یک دریاچه به عمق $60m$ نسبت به سطح آزاد دریاچه است. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی این غواص در فاصله $15m$ تا کف دریاچه کدام است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (مطابق با مثال ۲-۹ کتاب درسی)



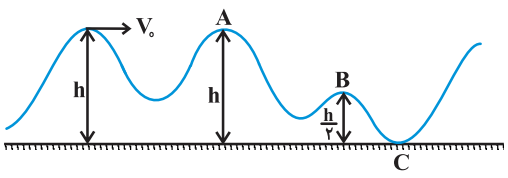

① -۱۰۵۰۰

② -۷۳۵۰۰

③ ۱۰۵۰۰

④ ۷۳۵۰۰

۲۲۶. یک قطار بازی به جرم $m$ مطابق شکل در یک مسیر بدون اصطکاک حرکت می‌کند تا با تندی $V_0$ به بالای نخستین تپه می‌رسد. نسبت انرژی پتانسیل گرانشی سامانه قطار- زمین در نقطه‌ی $B$ به انرژی پتانسیل گرانشی آن در نقطه‌ی $A$ کدام است؟ (مکمل و مشابه تمرین ۲-۱۲ کتاب درسی)




$U_C = 0$ (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی)

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

۲۲۷. یک جسم به‌وسیله جرثقیل به‌آرامی و با تندی ثابت، از سطح زمین تا ارتفاع معین بالا برده می‌شود، در این عمل:
(مکمل تمرین ۲-۱۲ کتاب درسی)

① کار انجام شده صرف تغییر انرژی جنبشی جسم می‌شود.
② کار انجام شده به‌صورت انرژی پتانسیل در جسم ذخیره می‌شود.
③ انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود.
④ انرژی پتانسیل جسم کاهش می‌یابد.

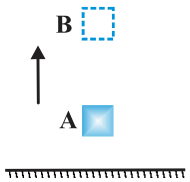
۲۲۸. اتومبیلی به جرم ۱۰۰۰ کیلوگرم توسط جرثقیل از روی یک بارکش به‌آرامی با تندی ثابت از ارتفاع ۲ متری به سطح زمین انتقال می‌یابد. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی اتومبیل در این عمل برابر است با: $(g = 9/8 \frac{m}{s^2})$ (سراسری ریاضی ۶۲)

① صفر ② ۲ کیلوژول ③ ۱۹/۶ کیلوژول ④ ۲۰۰۰ کیلوژول

۲۲۹. جسمی به وزن ۵۰۰ نیوتون را روی سطح شیب‌داری که با افق زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد بالا می‌کشیم . اگر جابه‌جایی جسم روی سطح ۴ متر باشد، افزایش انرژی پتانسیل آن چند ژول خواهد بود؟ (آزاد پزشکی ۶۷)

① ۹۸۰۰ ② ۲۰۰۰ ③ ۱۰۰۰ ④ $۱۰۰۰\sqrt{۳}$

۲۳۰. در راستای قائم جسمی به جرم m از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B می‌بریم، کار نیروی وزن در این جابه‌جایی $-۴۰J$ است. اگر انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطه‌ی B برابر $۶۰J$ باشد، انرژی پتانسیل آن در نقطه‌ی A چند ژول است؟
(مکمل تمرین ۷ کتاب درسی)

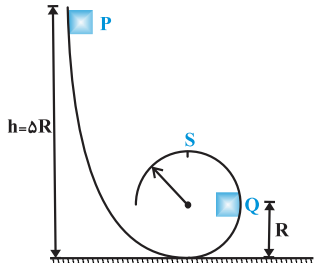



① ۱۰۰
② -۱۰۰
③ ۲۰
④ -۲۰

۲۳۱. شخصی با طناب سبکی، جسمی به جرم m را با شتاب ثابت $\frac{g}{۴}$ از حال سکون از سطح زمین بالا می‌برد. هنگامی که جسم به ارتفاع h می‌رسد، کاری که شخص انجام داده است، چند برابر انرژی پتانسیل گرانشی جسم در آن ارتفاع است؟ (سراسری ریاضی ۷۶)

① $\frac{۳}{۴}$ ② $\frac{۵}{۴}$ ③ $\frac{۴}{۵}$ ④ $\frac{۴}{۳}$

۲۳۲. جسم کوچکی به جرم m مطابق شکل می‌تواند روی مسیر حلقه‌ای بدون اصطکاکی بلغزد. جسم از نقطه‌ی P واقع در ارتفاع $h = ۵R$ از حال سکون رها می‌شود. نسبت تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم بین دو نقطه‌ی P و Q به کار نیروی وزن بین دو نقطه‌ی P و S کدام است؟ (مشابه و مکمل مسئله ۷ کتاب درسی)



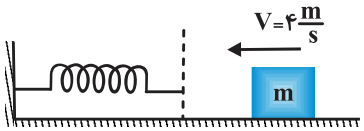

(مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی) $U_C = ۰$

① $\frac{۳}{۴}$
② $-\frac{۳}{۴}$
③ $\frac{۴}{۳}$
④ $-\frac{۴}{۳}$

۲۳۳. شخصی وزنه‌ای به جرم ۱ کیلوگرم را از سطح زمین تا ارتفاع ۲ متر بالا می‌برد و سپس آن‌را با تندی ۵ متر بر ثانیه پرتاب می‌کند، کار انجام شده توسط این شخص بر روی سنگ تقریباً برابر است با: (سراسری تجربی ۶۲ و ۶۳)

① ۱۲/۵ ژول ② ۱۴/۵ ژول ③ ۲۰ ژول ④ ۳۲/۵ ژول

۲۳۴. مطابق شکل، جسمی به جرم $۰/۵kg$ با تندی $۴\frac{m}{s}$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی می‌لغزد و پس از برخورد با فنری آن‌را فشرده می‌کند. وقتی جسم توسط فنر به‌طور لحظه‌ای متوقف می‌شود، تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی فنر چند ژول است؟
(مکمل و مشابه مثال ۲-۱۲ کتاب درسی)




① ۴
② -۴
③ ۸
④ -۸

# درس‌نامه

## ● انرژی مکانیکی (E)

مجموع مقادیر انرژی‌های جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی مکانیکی آن جسم (E) می‌نامند.

$$E = k + U$$

$$\begin{cases} k = \frac{1}{2}mV^2 \\ U = U_{\text{گرانشی}} + U_{\text{فنر}} \end{cases}$$

## ● اصل پایستگی انرژی مکانیکی

اگر فرض کنیم نیروهای اتلاف‌کننده‌ی انرژی (مانند مقاومت هوا و اصطکاک) در طول مسیر حرکت جسم ناچیز باشند، آن‌گاه انرژی مکانیکی جسم در تمام نقاط مسیر مقدار یکسانی خواهد داشت و پایسته می‌ماند، این نتیجه اصل پایستگی انرژی مکانیکی نام دارد.

$$E_1 = E_2$$

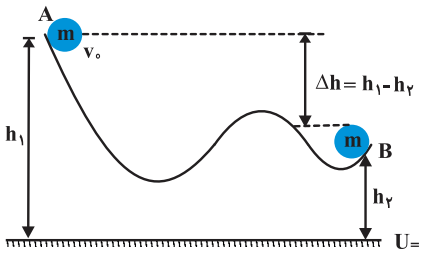
◄ **نکته:** بیان ریاضی دیگری از اصل پایستگی انرژی مکانیکی به صورت زیر است:

$$k_1 + U_1 = k_2 + U_2 \Rightarrow k_2 - k_1 + U_2 - U_1 = 0$$

$$\Rightarrow \Delta k + \Delta U = 0 \Rightarrow \Delta k = -\Delta U \text{ یا } |\Delta k| = |\Delta U|$$

بنابراین اگر انرژی مکانیکی پایسته باشد همواره افزایش (کاهش) انرژی جنبشی جسم با کاهش (افزایش) انرژی پتانسیل آن همراه خواهد بود.

◄ **نکته:** اگر یک جسم در یک سطح بدون اصطکاک مطابق شکل به‌اندازه‌ی $\Delta h$ سقوط کند، اندازه‌ی تندی آن از $V_0$ به $\sqrt{V_0^2 + 2g\Delta h}$ خواهد رسید.




اثبات:

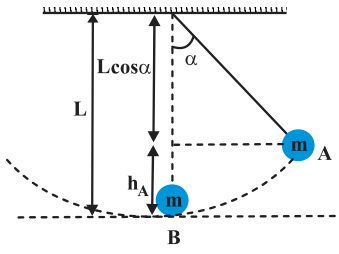
$$E_A = E_B \Rightarrow k_A + U_A = k_B + U_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_0^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mV_B^2 + mgh_2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_B = \sqrt{V_0^2 + 2g\Delta h} \\ \Delta h = h_1 - h_2 \end{cases}$$

◄ **تذکر:** اگر جسم به‌اندازه‌ی $\Delta h$ بالا رود، تندی آن کاهش یافته و به $\sqrt{V_0^2 - 2g\Delta h}$ می‌رسد.

◄ **نکته:** در شکل مقابل گلوله‌ای به جرم $m$، به ریسمانی به طول $L$ متصل است اگر گلوله با تندی $V_0$ از نقطه ی A شروع به حرکت کند، تندی در پایین‌ترین نقطه‌ی مسیر گلوله از رابطه $V = \sqrt{V_0^2 + 2gL(1-\cos\alpha)}$ به‌دست می‌آید: (از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است.)




اثبات:

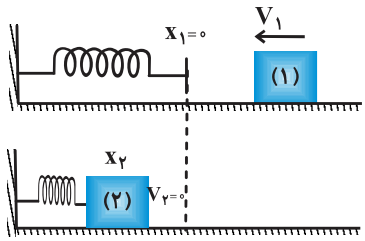
$$\begin{cases} V_B = \sqrt{V_0^2 + 2g\Delta h} \\ \Delta h = h_A = L - L\cos\alpha = L(1-\cos\alpha) \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_B = \sqrt{V_0^2 + 2gL(1-\cos\alpha)}$$

## ● پایستگی انرژی مکانیکی در حضور فنر

در شکل زیر جسمی را در نظر بگیرید که با تندی $V_1$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاک به یک فنر برخورد کرده و فنر تا جایی فشرده می‌شود که جسم برای یک لحظه ساکن شود (حداکثر فشردگی) در این‌صورت بیش‌ترین انرژی پتانسل کشسانی فنر برابر است با $U_{max} = k_1$.

اثبات:




$$E_{۱}=E_{۲}\Rightarrow k_{۱}+U_{۱}=k_{۲}+U_{۲}$$
$$\Rightarrow k_{۱}+۰=۰+U_{max}$$
$$\Rightarrow U_{max}=k_{۱}=\frac{۱}{۲}mV_{۱}^{۲}$$

◄ **تذکر:** کار نیروی فنر در این حالت برابر است با:

$$\begin{cases} W_{\text{فنر}}=-(\Delta U)=-(U_{۲}-U_{۱})=-(U_{max}-۰)=-k_{۱} \\ U_{max}=k_{۱} \end{cases} \Rightarrow W_{\text{فنر}}=-k_{۱}=-\frac{۱}{۲}mV_{۱}^{۲}$$

### ● انرژی درونی

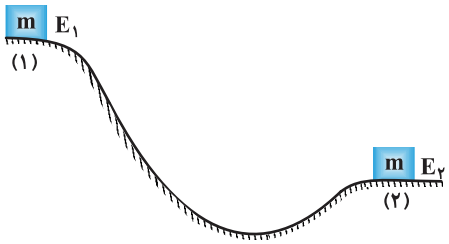
انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن است.

◄ **نکته:** معمولاً با گرم شدن جسم، انرژی درونی آن بالا می‌رود.

◄ **نکته:** هر چه تعداد ذرات سازنده یک جسم بیش‌تر و انرژی هر ذره آن زیادتر باشد، انرژی درونی آن نیز بیش‌تر است.

### ● کار و انرژی درونی- بررسی تغییرات انرژی مکانیکی در اثر نیروهای تلف‌کننده انرژی

اگر در طی مسیر حرکت جسم، نیروهای اتلافی (اصطکاک و مقاومت هوا) به جسم وارد شوند، این نیروها روی جسم کار منفی انجام می‌دهند و بخشی از انرژی مکانیکی جسم را به انرژی درونی جسم، سطح مسیر و یا هوا تبدیل می‌کنند. اگر کار نیروهای اتلافی را با $W_f$ نشان دهیم، داریم:




$$W_f=E_{۲}-E_{۱}$$

◄ **نکته:** با گذشت زمان، انرژی مکانیکی جسم دائماً کاهش می‌یابد و پایسته نمی‌ماند زیرا نیروهای اتلافی به جسم وارد می‌شوند.

◄ **نکته:** در حضور نیروهای اتلافی رابطه بین $\Delta U$ و $\Delta k$ برابر است با:

$$E_{۲}-E_{۱}=W_f\Rightarrow(U_{۲}+k_{۲})-(U_{۱}+k_{۱})=W_f$$
$$\Rightarrow U_{۲}-U_{۱}+k_{۲}-k_{۱}=W_f\Rightarrow\Delta k+\Delta U=W_f$$

### ● سامانه منزوی

به سامانه‌ای که نه از بیرون انرژی می‌گیرد و نه به بیرون انرژی می‌دهد سامانه منزوی گفته می‌شود.

### ● قانون پایستگی انرژی

در یک سامانه منزوی، مجموع کل انرژی پایسته است، نمی‌توان آن‌را خلق یا نابود کرد بلکه فقط از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می‌شود.

◄ **تذکر:** قانون پایستگی انرژی بر اساس آزمایش‌های بی‌شماری بنا شده است و تاکنون هیچ مورد استثنایی برای آن یافته نشده است.

◄ **نکته:** قانون پایستگی انرژی بیانی از ثبات در طبیعت است. انرژی کل، کمیتی است که پایسته می‌ماند در حالیکه کمیت‌های دیگر می‌توانند تغییر کنند.

۲۳۵. جسمی به جرم یک کیلوگرم در شرایط خلأ، بدون تندی اولیه از ارتفاع h رها می‌شود. اگر انرژی جنبشی آن در نیمه‌ی مسیر ۲۰ ژول باشد، ارتفاع h چند متر است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$ (سراسری تجربی ۷۶)

۱) ۱/۵ ۲) ۲/۷۵ ۳) ۶ ۴) ۴

۲۳۶. جسم A به جرم m از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین و جسم B به جرم ۲m از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین رها می‌شوند. انرژی جنبشی جسم B در لحظه‌ی رسیدن به زمین چند برابر انرژی جنبشی جسم A در لحظه‌ی رسیدن به زمین است؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.) (سراسری خارج از کشور ۸۸)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۲۳۷. گلوله‌ای به جرم ۵۰ گرم در شرایط خلاء با تندی $V_۰$ از ارتفاع h پرتاب می‌شود. اگر انرژی جنبشی گلوله در لحظه‌ی رسیدن به سطح زمین ۱۰ ژول بیشتر از انرژی جنبشی آن در لحظه‌ی پرتاب باشد، h چند متر است؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$ (آزاد ریاضی ۷۳)

۱) ۱۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۲۰

۲۳۸. جسمی به جرم m را با تندی $۸ \frac{m}{s}$ در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. با نادیده گرفتن اتلاف انرژی، تندی جسم در نیمه‌ی راه روبه بالا چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$ (سراسری ریاضی ۸۸)

۱) ۶ ۲) ۴ ۳) $۴\sqrt{۲}$ ۴) $۵\sqrt{۲}$

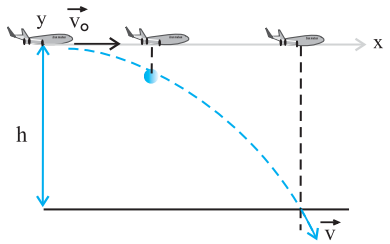
۲۳۹. گلوله‌ای را با تندی اولیه ۸m/s به طور عمودی از ارتفاع ۱۰ متری پرتاب می‌کنیم. اگر شتاب گرانش زمین $۹/۸ m/s^۲$ باشد، انرژی جنبشی گلوله در لحظه برخورد به زمین تقریباً چند برابر انرژی جنبشی آن در حالت اول است؟ (سراسری تجربی ۷۵)

۱) ۴ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۳ ۴) ۲/۵

۲۴۰. بالنی با تندی ثابت $۲۰ \frac{m}{s}$ در راستای قائم در حال حرکت به سمت بالا است. هنگامی که بالن در ارتفاع ۱۰۰ متری سطح زمین قرار دارد گلوله‌ای از آن رها می‌شود، در لحظه‌ای که مقدار تندی گلوله نصف اندازه‌ی تندی آن در لحظه‌ی برخورد با زمین است، ارتفاع گلوله از سطح زمین چند متر است؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$ و مقاومت هوا ناچیز است.) (آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۲ اسفند ۹۳)

۱) ۵۰ ۲) ۹۰ ۳) ۲۵ ۴) ۷۵

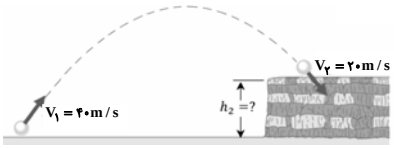
۲۴۱. در شکل زیر، هواپیمای بمب افکنی که در ارتفاع ۲۰۰ متری با تندی $۹۰۰ km/h$ به طور افقی پرواز می‌کند، بمبی را رها می‌کند. اگر از مقاومت هوا صرف نظر شود، اندازه‌ی تندی بمب در لحظه‌ی برخورد به زمین تقریباً چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$ (آزمون کانون ۹۱- چهارم ریاضی ۹۲)




۱) ۲۰۰
۲) ۲۲۰
۳) ۲۵۸
۴) ۳۲۰

۲۴۲. توپی مطابق شکل از سطح زمین با تندی $v_1 = ۴۰\frac{m}{s}$ به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود. اگر توپ با تندی $V_2 = ۲۰\frac{m}{s}$ به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع $h_2$ را به‌دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید. $(g = ۱۰\frac{m}{s^2})$

(خود را بیازمایید ۲-۱۴)




① $۱۲۰m$
② $۶۰m$
③ $۴۰m$
④ $۸۰m$

۲۴۳. جسمی به جرم $m$ بدون تندی اولیه در خلأ سقوط می‌کند، وقتی که تندی آن به $V$ برسد: (آزاد تجربی ۶۳)

① انرژی پتانسیل جسم به اندازه‌ی $\frac{۱}{۲}mV^2$ زیاد می‌شود.
② انرژی پتانسیل جسم به اندازه‌ی $\frac{۱}{۲}mV^2$ کم می‌شود.
③ انرژی کل جسم به اندازه‌ی $\frac{۱}{۲}mV^2$ کم می‌شود.
④ انرژی کل جسم به اندازه‌ی $\frac{۱}{۲}mV^2$ زیاد می‌شود.

۲۴۴. گلوله‌ای در شرایط خلأ، از سطح زمین با تندی اولیه‌ی $۳۰\frac{m}{s}$ در امتداد قائم به طرف بالا پرتاب می‌شود. در چند متری سطح زمین انرژی جنبشی گلوله نصف انرژی پتانسیل گرانشی آن است؟ (سراسری تجربی ۸۹)

① ۱۵ ② ۲۰ ③ ۳۰ ④ ۳۵

۲۴۵. در شرایط خلاء و در راستای قائم از سطح زمین گلوله‌ای با تندی $V_0$ به بالا پرتاب می‌شود، در لحظه‌ای که تندی گلوله به $\frac{V_0}{۵}$ می‌رسد، انرژی پتانسیل گلوله چه کسری از انرژی مکانیکی آن است؟ (آزاد پزشکی ۶۹)

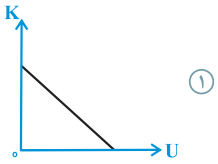
① $\frac{۲۴}{۲۵}$ ② $\frac{۴}{۵}$ ③ $\frac{۱}{۵}$ ④ $\frac{۱}{۲۵}$

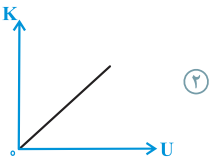
۲۴۶. جسمی به جرم $۲kg$ را با تندی $۱۰m/s$ در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. انرژی مکانیکی جسم در نصف ارتفاع اوج چند ژول است؟ (مبدأ پتانسیل گرانشی، محل پرتاب فرض شده است.) (سراسری تجربی ۸۱)

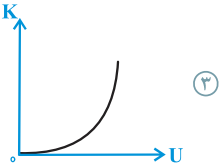
① $۲۵\sqrt{۲}$ ② ۵۰ ③ $۵۰\sqrt{۲}$ ④ ۱۰۰

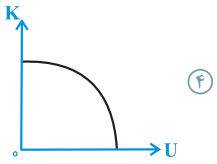
۲۴۷. گلوله‌ای را با تندی اولیه‌ی $v_0$ از سطح زمین در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. اگر مقاومت هوا ناچیز باشد، نمودار انرژی جنبشی گلوله $(K)$ بر حسب انرژی پتانسیل گرانشی آن $(U)$ از لحظه‌ی پرتاب تا لحظه‌ای که گلوله به حداکثر ارتفاع خود از سطح زمین می‌رسد، مطابق کدام گزینه است؟ (سطح زمین را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی در نظر بگیرید.)

(آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۲ اسفند ۹۳)

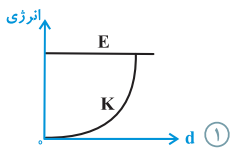
① 

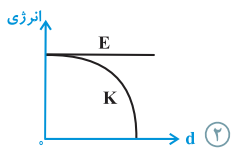
② 

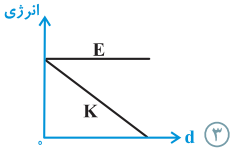
③ 

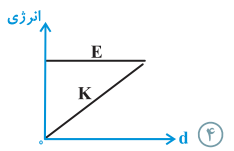
④ 


۲۴۸. در شرایط خلأ، جسمی بدون تندی اولیه از ارتفاع معینی از سطح رها می‌شود. نمودار تغییرات انرژی جنبشی $(K)$ و انرژی مکانیکی جسم $(E)$، برحسب اندازه‌ی جابه‌جایی آن $(d)$، کدام است؟ (آزمون کانون- چهارم تجربی ۹۰)

① 

② 

③ 

④ 

۲۴۹. چنان‌چه کار برآیند نیروهای وارد بر جسمی در یک مسیر برابر صفر باشد، در این صورت کدام نتیجه‌گیری صحیح است؟ (سراسری تجربی ۸۸)

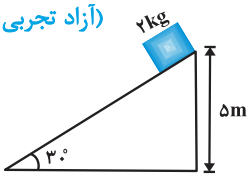
۱) برآیند نیروهای وارد بر جسم نیز لزوماً در آن مسیر صفر است.

۲) انرژی مکانیکی جسم در آن جابه‌جایی ثابت می‌ماند.

۳) مجموع کار نیروهای وارد بر جسم نیز در آن جابه‌جایی برابر صفر است.

۴) در آن مسیر، انرژی مکانیکی جسم، ثابت است و برآیند نیروهای وارد بر جسم لزوماً صفر نیست.

۲۵۰. در شکل زیر، وزنه‌ی $۲kg$ از حال سکون به حرکت درمی‌آید. اگر اصطکاک ناچیز باشد، انرژی جنبشی وزنه در لحظه‌ی رسیدن به سطح افقی به چند ژول می‌رسد؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (آزاد تجربی ۸۰)




۱) ۱۰۰

۲) ۵۰

۳) ۲۰

۴) ۲۰۰

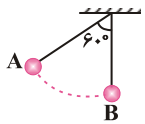
۲۵۱. دو جسم $A$ و $B$ بر روی دو سطح شیب‌دار بدون اصطکاک که به ترتیب با سطح افق زوایای ۳۰ درجه و ۶۰ درجه می‌سازند، از یک ارتفاع، بدون تندی اولیه رها می‌شوند و با تندی‌های $V_A$ و $V_B$ به پایین سطح می‌رسند. در این صورت نسبت $\frac{V_A}{V_B}$ برابر است با: (سراسری ریاضی ۶۲)

۱) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$ ۲) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$ ۳) ۱ ۴) $\sqrt{۳}$

۲۵۲. دو جسم با جرم‌های $m$ و $۲m$ از بالای دو سطح شیب‌دار بدون اصطکاک که با افق زاویه‌های ۳۰° و ۴۵° می‌سازند از ارتفاع یکسان نسبت به سطح افق رها می‌شوند، در لحظه‌ی رسیدن به سطح افق انرژی جنبشی جسم سبک‌تر چند برابر انرژی جنبشی جسم دیگر است؟ (آزاد ریاضی ۷۰)

۱) ۴ ۲) ۲ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

۲۵۳. گلوله‌ای به جرم ۱۰۰ گرم به انتهای نخی به طول ۲/۵ متر آویزان است. اگر گلوله را ۶۰° از وضع تعادل منحرف و رها کنیم، بیشینه‌ی تندی آن چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ (مقاومت هوا ناچیز و $g = ۱۰N/kg$ فرض شود.) (آزاد ریاضی ۷۷)




۱) ۲/۵

۲) ۸

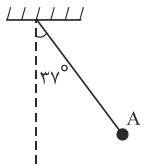
۳) ۴

۴) ۵

۲۵۴. طول دو آونگ $A$ و $B$ با هم برابر و جرم گلوله‌ی $A$ دو برابر جرم گلوله‌ی $B$ است. اگر هریک از آنها را به اندازه‌ی ۴۵° منحرف و رها سازیم، در لحظه عبور از وضع تعادل، تندی گلوله‌ی $A$ چند برابر تندی گلوله‌ی $B$ است؟ (اصطکاک ناچیز است.) (آزاد ریاضی- ۶۹)

۱) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۲) $\sqrt{۲}$ ۳) ۲ ۴) ۱

۲۵۵. مطابق شکل زیر، آونگی به طول ۱/۲۵ متر، با تندی $v$ از وضعیت نشان داده شده (نقطه‌ی $A$) عبور می‌کند. کم‌ترین مقدار $v$ چند متر بر ثانیه باشد، تا ریسمان بتواند به وضعیت افقی برسد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود، $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$) (سراسری تجربی ۹۳)




۱) ۲

۲) $۲\sqrt{۵}$

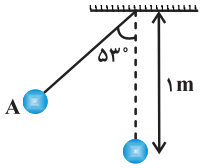
۳) $\sqrt{۵}$

۴) ۴

۲۵۶. آونگی به طول ۱/۶ متر در حال نوسان است. وقتی گلوله‌ی آونگ از پایین‌ترین نقطه‌ی مسیر می‌گذرد، تندیش $۴\,m/s$ است. زاویه‌ی راستای نخ با خط قائم وقتی گلوله به بالاترین نقطه‌ی مسیر می‌رسد، چند درجه است؟ ($g = ۱۰\,m/s^۲$ و مقاومت هوا ناچیز است.) (خارج از کشور ریاضی ۸۷)

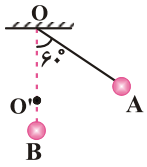
① ۴۵
② ۳۰
③ ۶۰
④ ۹۰

۲۵۷. در شکل زیر، گلوله‌ی آونگ از نقطه‌ی A رها می‌شود و با تندی v از پایین‌ترین نقطه‌ی مسیر می‌گذرد. هنگامی که با تندی گلوله به $\frac{\sqrt{۲}}{۲}v$ می‌رسد، زاویه‌ی نخ با راستای قائم چند درجه است؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود، $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و $\cos ۵۳^\circ = ۰/۶$) (سراسری ریاضی ۹۲)



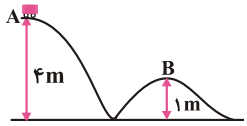

① ۶۰
② ۴۵
③ ۳۷
④ ۳۰

۲۵۸. آونگ ساده‌ای به طول یک متر را ۶۰° منحرف کرده رها می‌کنیم. نخ آونگ پس از عبور از وضع تعادل در نقطه‌ی O′ که ۵۰ سانتی‌متر زیر O است به میخی برخورد می‌کند. اگر مقاومت هوا ناچیز باشد، زاویه‌ی انحراف در طرف دیگر آونگ چند درجه است؟ (سراسری ریاضی ۶۴)



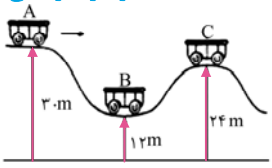

① ۳۰
② ۶۰
③ ۹۰
④ ۱۲۰

۲۵۹. مطابق شکل، ارابه‌ای به جرم m از نقطه‌ی A با تندی ۲ متر بر ثانیه می‌گذرد، تندی آن هنگام عبور از نقطه‌ی B چند متر بر ثانیه است؟ (از اصطکاک صرف‌نظر شود $g = ۱۰\,m/s^۲$) (سراسری ریاضی ۸۶)



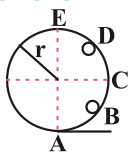

① ۴
② ۸
③ $\sqrt{۴۶}$
④ بستگی به جرم m دارد.

۲۶۰. در شکل روبه‌رو اصطکاک ناچیز است و ارابه بدون تندی اولیه از حالت A رها می‌شود. نسبت تندی ارابه در حالت B به تندی آن در حالت C کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۱)



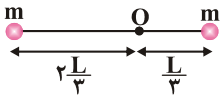

① ۲
② ۳
③ $\sqrt{۲}$
④ $\sqrt{۳}$

۲۶۱. درون حلقه‌ی شیارداری به شعاع r که در سطح قائم نگه داشته شده است گلوله‌ی کوچکی می‌تواند بدون اصطکاک حرکت کند. اگر به این گلوله در نقطه‌ی A تندی‌ای برابر $V = \sqrt{۲gr}$ داده شود (مطابق شکل) تا چه نقطه‌ای می‌تواند درون شیار حلقه بالا رود؟ (سراسری ریاضی ۶۲)




① تا نقطه‌ی B (وسط AC)
② تا نقطه‌ی C
③ تا نقطه‌ی D (وسط CE)
④ تا نقطه‌ی E

۲۶۲. به دو سر میله‌ی سبکی دو گلوله هریک به جرم m متصل است. میله مطابق شکل می‌تواند حول نقطه‌ی O بدون اصطکاک در سطح قائم بچرخد. میله را از وضع افقی رها می‌کنیم، لحظه‌ای که به وضع قائم درمی‌آید، مجموع انرژی جنبشی گلوله‌ها چه‌قدر است؟ (آزاد ریاضی ۷۷)




① $\frac{۱}{۳}mgL$ ② $\frac{۱}{۶}mgL$ ③ $\frac{۱}{۲}mgL$ ④ $\frac{۳}{۲}mgL$

## انرژی درونی - تغییرات انرژی مکانیکی در حضور نیروهای اتلاف‌کننده‌ی انرژی

۲۶۳. انرژی . . . یک جسم، . . . آن است. (مکمل پرسش ۲-۵ کتاب درسی)

① جنبشی- متناسب با سرعت

② درونی- مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذره‌های تشکیل‌دهنده

③ پتانسیل گرانشی- متناسب با تندی

④ مکانیکی- مجموع انرژی پتانسیل گرانشی و کشسانی

۲۶۴. جسمی که در هوا سقوط می‌کند: (سراسری تجربی ۶۲)

① تمام انرژی مکانیکی آن به گرما تبدیل می‌شود.

② انرژی مکانیکی آن مرتباً کاهش می‌یابد.

③ تمام انرژی مکانیکی آن همواره ثابت می‌ماند.

④ کاهش انرژی پتانسیل آن برابر گرمایی است که تولید می‌شود.

۲۶۵. قطاری با تندی ۵۴km/h در حال حرکت است. یک تکه گل به جرم ۴۰۰g با تندی ۲۰m/s به‌طور افقی به‌طرف قطار پرت کرده و به آن می‌چسبد. اتلاف انرژی تکه گل چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۶۹)

① ۱۴۰ ② ۷۰ ③ ۳۵ ④ ۱۷/۵

۲۶۶. از بالونی که در ارتفاع ۵۰ متری سطح زمین و با تندی $۶\frac{m}{s}$ در حال بالارفتن است، وزنه‌ای به جرم ۱۰kg رها می‌شود و این وزنه با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ به زمین برخورد می‌کند. از لحظه‌ی رهاشدن وزنه تا هنگام رسیدن آن به زمین، نیروی مقاومت هوا چند ژول کار روی وزنه انجام می‌دهد؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (مشابه با مثال ۲-۱۵ کتاب درسی)

① ۱۱۸۰ ② -۱۱۸۰ ③ ۳۱۸۰ ④ -۳۱۸۰

۲۶۷. جسمی به جرم ۲ کیلوگرم را از ارتفاع ۵ متری رها می‌کنیم و جسم با تندی ۸ متر بر ثانیه به زمین می‌رسد. کار نیروی مقاومت هوا چند ژول است؟ (g = ۱۰N/kg) (سراسری تجربی ۷۷)

① -۶۴ ② -۳۶ ③ ۳۶ ④ ۶۴

۲۶۸. جسمی بدون تندی اولیه از ارتفاع ۴ متری سقوط می‌کند. اگر ۲۰٪ انرژی جسم برای جبران مقاومت هوا تلف شود، تندی جسم در لحظه رسیدن به زمین چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰m/s^۲)$ (سراسری تجربی ۶۶)

① ۴ ② $۴\sqrt{۲}$ ③ ۸ ④ ۹

۲۶۹. گلوله‌ای به جرم ۱۰۰ گرم از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین با تندی $۲\frac{m}{s}$ به طور قائم روبه پایین پرتاب می‌شود. اگر کار نیروی مقاومت هوا در طول مسیر، $-۲J$ باشد، انرژی جنبشی گلوله در لحظه‌ی برخورد به زمین چند ژول است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

(سراسری خارج از کشور ۸۹)

① ۸ ② ۸/۲ ③ ۱۰/۲ ④ ۱۲/۲

۲۷۰. کاهش انرژی پتانسیل جسمی بر اثر سقوط از ارتفاع ۶ متری، ۴۰ ژول و افزایش انرژی جنبشی آن، ۲۵ ژول است. متوسط نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت جسم چند نیوتون است؟ (سراسری ریاضی ۷۷)

① ۲/۵ ② ۱۵ ③ ۲۵ ④ ۹۰

۲۷۱. 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؟ (سراسری تجربی ۶۹)

① ۱/۹ ② ۱۹ ③ ۳۸ ④ ۱۹۰۰

۲۷۲. گلوله‌ای را از سطح زمین با تندی $۴۰\frac{m}{s}$ در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. اگر گلوله با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ به نقطه‌ی پرتاب بازگردد و کار نیروی مقاومت هوا در مسیری که گلوله از سطح زمین دور می‌شود، دو برابر کار نیروی مقاومت هوا در مسیری که گلوله با سطح زمین نزدیک می‌شود باشد، گلوله حداکثر تا چه ارتفاعی از سطح زمین بالا می‌رود؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

(آزمون کانون ۹۱)

① ۶۰ ② ۲۰ ③ ۵۰ ④ ۴۰

۲۷۳. توپی به جرم $۰/۴۵kg$ مطابق شکل با تندی $V_۱=۸\frac{m}{s}$ از نقطه‌ی A می‌گذرد. نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک بین سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی توپ را تارسیدن به نقطه‌ی B تلف می‌کنند. تندی توپ را در این نقطه به‌دست آورید. (خود را بیازمایید ۲-۱۵ کتاب درسی)

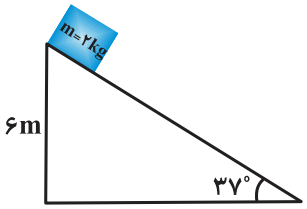
① $۷/۱\frac{m}{s}$ ② $۴/۱\frac{m}{s}$ ③ $۶/۱\frac{m}{s}$ ④ $۵/۱\frac{m}{s}$

۲۷۴. جسمی به جرم $۲kg$ روی سطح شیبداری که با سطح افق زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد، با تندی ثابت رو به پایین می‌لغزد. اگر در این حرکت جسم به‌اندازه‌ی ۲ متر جابه‌جا شود، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$ (سراسری ریاضی ۹۴)

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

۲۷۵. در شکل روبه‌رو، جسم از بالاترین نقطه‌ی سطح شیب‌دار بدون تندی اولیه رها می‌شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی در طول مسیر $۴N$ باشد، تندی جسم در لحظه‌ی رسیدن به پایین سطح چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ $(\sin ۳۷^\circ=۰/۶, g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

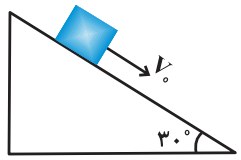
(سراسری خارج از کشور تجربی ۹۴)




① $۴\sqrt{۵}$
② $۴\sqrt{۱۰}$
③ $۲\sqrt{۵}$
④ $۲\sqrt{۱۰}$

۲۷۶. جسمی به جرم $۲kg$ را مطابق شکل با تندی اولیه‌ی $۵\frac{m}{s}$ مماس بر سطح رو به پایین پرتاب می‌کنیم. اگر تندی جسم پس از ۱۲ متر جابه‌جایی روی سطح به $۸\frac{m}{s}$ برسد، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

(سراسری ریاضی ۸۵- سراسری تجربی ۷۱)




① -۴۲
② -۴۵
③ -۶۳
④ -۸۱

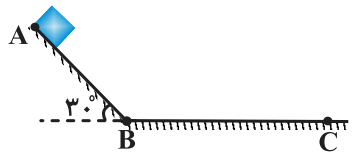
۲۷۷. جسمی به جرم $۱kg$ با تندی اولیه $۶\frac{m}{s}$ از پایین سطح شیب‌داری که با افق زاویه‌ی ۳۷° می‌سازد، به طرف بالا پرتاب می‌شود. هنگامی که جسم روی سطح شیب‌دار ۲ متر را رو به بالا طی می‌کند، تندی‌اش به $۲\frac{m}{s}$ می‌رسد. انرژی مکانیکی جسم در این جابه‌جایی چند ژول کاهش می‌یابد؟ ($\sin ۳۷° = ۰/۶$ و $g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.) (سراسری تجربی ۹۲)

① ۴ ② ۶ ③ ۸ ④ ۱۶

۲۷۸. جسمی به جرم $۰/۵Kg$ از بالای سطح شیب‌داری که با سطح افقی زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد از حال سکون به پایین می‌لغزد. اگر طول سطح شیب‌دار ۲ متر باشد و ۰/۲ انرژی پتانسیل گرانشی جسم به گرما تبدیل شود، جسم با تندی چند $m/s$ به پایین سطح می‌رسد؟ $(g=۱۰\ m/s^۲)$ (آزاد ریاضی بعدازظهر ۸۵)

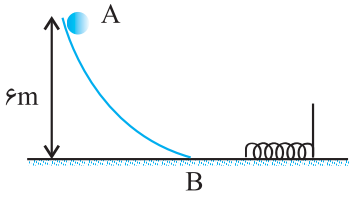
① ۱ ② ۲ ③ ۳ ④ ۴

۲۷۹. مطابق شکل زیر، در شرایط خلأ جسمی را از نقطه‌ی A و از حالت سکون رها می‌کنیم تا روی یک سطح شیب‌دار بدون اصطکاکی به نقطه‌ی B برسد و در نقطه‌ی B وارد یک مسیر افقی به ضریب اصطکاک جنبشی $\mu_k$ شود. اگر جسم در نقطه‌ی C متوقف شود و $\overline{BC}=۲\overline{AB}$ باشد، مقدار $\mu_k$ کدام است؟ (آزمون کانون- چهارم ریاضی- ۲۱ آذر ۹۳)




① $\frac{۱}{۲}$
② $\frac{۱}{۳}$
③ $\frac{۱}{۴}$
④ $\frac{۱}{۵}$

۲۸۰. گلوله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم از نقطه‌ی A رها می‌شود و پس از برخورد به فنری در سطح افقی آن را متراکم می‌کند. اگر کار نیروی اصطکاک در مسیر AB برابر $-۲J$ باشد و سطح افقی بدون اصطکاک باشد. حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر چند ژول خواهد شد؟ $(g=۱۰m/s^۲)$ (سراسری تجربی ۸۶)




① ۱ ② ۸
③ ۱۰ ④ ۱۲

### ● توان

توان کمیتی است نرده‌ای و به‌صورت آهنگ انجام کار (یا کار انجام شده در واحد زمان) تعریف می‌شود. هنگامی که کار $W$ در بازه‌ی زمانی $\Delta t$ انجام می‌شود، کار انجام شده در واحد زمان یا توان متوسط $P_{avg}$ به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$P_{avg}=\frac{W}{\Delta t}$$

$W$ : کار انجام شده بر حسب ژول $(J)$

$\Delta t$ : بازه‌ی زمانی انجام کار بر حسب ثانیه $(s)$

$P_{avg}$ : توان بر حسب ژول بر ثانیه یا وات $(W)$

◄ **نکته:** یکای توان در SI، وات $(W)$ است و مطابق تعریف آن، یک وات برابر است با یک ژول بر ثانیه $(1W=\frac{1J}{1s})$. یکاهای بزرگ‌تر توان مانند کیلووات $(kW)$ و مگاوات $(MW)$ نیز مرسوم است.

$$1\ kW=10^{3}\ W$$

$$1MW=10^{6}\ W$$

◄ **تذکر:** در فیزیک، سریع انجام گرفتن کار بر حسب توان توصیف می‌شود، بنابراین توان یک ماشین معیاری برای توصیف کندتر یا سریع‌تر انجام گرفتن یک کار است.

◄ **نکته:** اگر یک متحرک با تندی ثابت $V$ در یک مسیر مستقیم حرکت کند، توان نیروی ثابت $F$ که بر این متحرک وارد می‌شود برابر است با:

$$\begin{cases}W=Fd\cos\theta\\ d=Vt\end{cases}\Rightarrow P=\frac{W}{t}=\frac{FVt\cos\theta}{t}\Rightarrow P=FV\cos\theta$$

که $\theta$ زاویه‌ی بین نیروی $F$ و جهت حرکت متحرک است.

### ● بازده

هر سامانه‌ای فقط بخشی از انرژی ورودی (انرژی مصرفی سامانه) را به انرژی موردنظر ما تبدیل می‌کند. بنابراین تنها بخشی از انرژی ورودی قابل استفاده است که به آن انرژی خروجی یا کار مفید گفته می‌شود، نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را بازده می‌نامیم.

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}}\times 100$$

◄ **تذکر:** معمولاً بازده هر سامانه را بر حسب درصد بیان می‌کنند که همواره عددی کوچک‌تر از ۱۰۰ است.

◄ **نکته:** بازده را به‌صورت نسبت توان مفید به کل کار یا توان ورودی نیز تعریف می‌کنند.

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times 100$$

◄ **نکته:** کار یا توان تلف شده از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$W_{\text{تلف شده}}=W_{\text{کل}}-W_{\text{مفید}}$$

$$P_{\text{تلف شده}}=P_{\text{کل}}-P_{\text{مفید}}$$

◄ **نکته:** بازده را می‌توان به‌صورت‌های زیر نیز بیان کرد:

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{W_{\text{کل}}-W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}}\times 100=(1-\frac{W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}})\times 100=\frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{مفید}}+W_{\text{تلف}}}\times 100$$

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{P_{\text{کل}}-P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}}\times 100=(1-\frac{P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}})\times 100=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مفید}}+P_{\text{تلف}}}\times 100$$

◄ **تذکر:** یکی از واحدهای متداول توان، اسب بخار $(hP)$ است که هر اسب بخار معادل با ۷۴۶ وات می‌باشد.

## توان

۲۸۱. ژول بر ثانیه معادل با واحد کدام کمیت فیزیکی است؟ (مرتبط و مشابه با پاراگراف سوم صفحه‌ی ۲۶ کتاب درسی)

۱) انرژی ۲) کار ۳) توان ۴) شتاب

۲۸۲. یک پمپ الکتریکی در هر دقیقه ۱۲۰۰ کیلوگرم آب را به سطحی به ارتفاع ۵۰ متر می‌رساند. توان پمپ چند وات است؟ $(g = 10 N/kg)$ (سراسری تجربی ۷۶)

۱) $10^3$ ۲) $10^4$ ۳) ۲۴۰ ۴) ۲۴۰۰

۲۸۳. کوهنوردی که جرمش ۶۰ کیلوگرم است در مدت ۲۰ دقیقه از دامنه‌ی کوهی بالا می‌رود. اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی شروع و پایان حرکت او ۵۰۰ متر باشد، توان متوسط وی در غلبه بر نیروی وزنش چند وات است؟ $(g = 10 N/kg)$ (آزاد ریاضی ۶۵)

۱) ۱۵۰۰ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۱۵۰

۲۸۴. شخصی به جرم ۷۵ کیلوگرم از طریق پلکان یک ساختمان ۵ طبقه که ارتفاع هر طبقه‌ی آن ۳ متر است، در مدت ۲۰ ثانیه از طبقه‌ی همکف به طبقه‌ی آخر ساختمان می‌رسد، توان متوسط این شخص تقریباً چند کیلووات است؟ $(g = 10 N/kg)$ (سراسری تجربی ۶۴)

۱) ۰/۵۶۲ ۲) ۵/۶۲ ۳) ۵۶/۲ ۴) ۵۶۲

۲۸۵. آسانسوری با تندی ثابت، ۱۰ نفر مسافر را در مدت ۳ دقیقه به اندازه‌ی ۸۰ متر در راستای قائم بالا می‌برد. اگر جرم متوسط هر مسافر $80kg$ و جرم آسانسور $1000kg$ باشد، توان متوسط موتور آسانسور چند کیلووات است؟ $(g = 10 \frac{N}{kg})$ (مشابه و مکمل مثال ۲-۱۷ کتاب درسی)

۱) $\frac{800}{3}$ ۲) $\frac{4}{9}$ ۳) ۸ ۴) ۲۱۳

۲۸۶. یک موتور الکتریکی جسمی به جرم ۲۰۰ کیلوگرم را در مدت ۵۰ ثانیه در راستای قائم با تندی ثابت ۱۲ متر بر ثانیه بالا می‌برد. توان این موتور چند کیلووات است؟ $(g = 10 \frac{N}{kg})$ (آزاد غیرپزشکی ۸۹ و آزاد ریاضی ۸۴)

۱) ۲۴ ۲) ۲۴۰ ۳) ۴۸ ۴) ۴۸۰

۲۸۷. هواپیمای ایرباس A۳۲۰ به جرم $8 \times 10^4 kg$ در امتداد باند هواپیما از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از گذشت ۲۰ ثانیه با تندی $360 \frac{km}{h}$ از روی باند به پرواز درمی‌آید، توان موتور این هواپیما چند مگاوات است؟ (مشابه با تمرین ۱۹ پایان فصل کتاب درسی)

۱) ۲۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۲۵/۹ ۴) ۲۵۹

۲۸۸. هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری بوئینگ ۷۶۷، پیشرانه‌ای (نیرویی که به هواپیما به طرف جلو وارد می‌شود) برابر $3/73 \times 10^5 N$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه $8/22 km$ در امتداد پیشرانه حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟ $(1 hP = 746 W)$ (مشابه خود را بیازمایید ۲-۱۶ کتاب درسی)

۱) $68/5 hP$
۲) $6850 hP$
۳) $68500 hP$
۴) $685000 hP$

۲۸۹. یک موتور برقی، در یک کابل جرثقیل کششی برابر ۴۵۰۰ نیوتون ایجاد می‌کند و آن‌را با تندی ثابت $2 \frac{m}{s}$ به دور قرقره‌اش می‌پیچد. توان این موتور چند کیلووات است؟ (آزمون کانون- چهارم تجربی- ۲۲ اسفند ۹۳)

۱) ۱/۵ ۲) ۲/۲۵ ۳) ۴/۵ ۴) ۹

۲۹۰. موتوری با توان ۱۰ کیلووات نیروی ۲۵۰۰ نیوتون را به جسمی وارد می‌کند و آن را با تندی ثابت حرکت می‌دهد. در این حالت تندی جسم چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی ۷۴ و سراسری تجربی ۶۳)

۱) ۰/۴ ۲) ۲/۵ ۳) ۴ ۴) ۵

۲۹۱. یک قایق موتوری با صرف توان ۲/۴ کیلووات با تندی ثابت ۱۰ متر بر ثانیه بر روی آب حرکت می‌کند. نیروی مقاومت آب در مقابل حرکت قایق برحسب نیوتون برابر است با: (سراسری ۶۳)

۱) ۰/۲۴ ۲) ۲۴ ۳) ۲۴۰ ۴) ۲۴۰۰

۲۹۲. اتومبیلی به جرم یک تن با تندی ثابت $54km/h$ در حرکت است. اگر توان موتور آن ۷/۵ کیلووات باشد، برآیند نیروهای مقاوم در مقابل حرکت اتومبیل چند نیوتون است؟ (آزاد پزشکی ۷۷)

۱) ۵۰۰ ۲) ۵۰ ۳) ۷۲ ۴) ۱۱۲/۵

۲۹۳. در آزادراه تهران- کرج، خودرویی به جرم $1/4\times10^{3}\,kg$ برای سبقت‌گرفتن از یک کامیون، در مدت زمان $7s$ تندی خود را از $14\frac{m}{s}$ به $24\frac{m}{s}$ تغییر داده است. حداقل توان متوسط خودرو برای انجام این کار چند کیلووات است؟ (مشابه با مثال ۲-۱۶ کتاب درسی)

۱) ۳۸ ۲) ۳۸۰ ۳) ۷۶ ۴) ۷۶۰

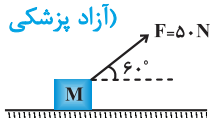
۲۹۴. اتومبیلی به جرم $900kg$ در یک جاده‌ی افقی روی خط راست از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از $10s$ تندی آن به $72\frac{km}{h}$ می‌رسد. توان متوسط اتومبیل چند کیلووات است؟ (نیروی مقاوم در مقابل حرکت اتومبیل را نادیده بگیرید.) (سراسری ریاضی ۸۱)

۱) ۹ ۲) ۱۸ ۳) ۳۰ ۴) ۳۶

۲۹۵. پمپ یک ماشین آتش‌نشانی در هر یک دقیقه ۷۵ کیلوگرم آب را با تندی ۲۰ متر بر ثانیه از دهانه‌ی لوله‌ای به خارج می‌فرستد. توان مفید پمپ برحسب کیلووات برابر است با؛ (سراسری تجربی ۶۲)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۱/۵۰ ۳) ۲/۵۰ ۴) ۳/۰۰

۲۹۶. در شکل زیر، وزنه‌ی M که اصطکاک آن با سطح ناچیز است، از حال سکون به حرکت در می‌آید و در مدت ۵ ثانیه ۱۰ متر روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود. متوسط توان مفید چند وات است؟ (آزاد پزشکی ۸۲)




۱) $50\sqrt{3}$ ۲) $25\sqrt{3}$ ۳) ۵۰ ۴) ۲۵

۲۹۷. مصرف بنزین خودرویی که با تندی $90\frac{km}{h}$ حرکت می‌کند، در هر $100km$، ۶ لیتر است. انرژی شیمیایی موجود در هر لیتر بنزین $3/5\times10^{7}\,J$ است. ۶۵ درصد انرژی ناشی از سوختن بنزین در این خودرو از طریق اگزوز و دستگاه خنک‌کننده‌ی موتور مستقیماً به هوا داده می‌شود و ۱۵ درصد از انرژی در دستگاه تهویه، در دینام و در اثر اصطکاک بین اجزای موتور مصرف می‌شود. توان مفید این خودرو تقریباً چند اسب بخار است؟ $(1hP = 746\,W)$ (مکمل پرسش ۲۲ کتاب درسی)

۱) ۱۴ ۲) ۱۲ ۳) ۱۰ ۴) ۱۱

## بازده

۲۹۸. توان مصرفی یک موتور الکتریکی ۴۰۰ وات و بازده آن ۷۵٪ است. در هر دقیقه چند کیلوژول انرژی الکتریکی در آن به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۷۳)

۱) ۱/۴۴ ۲) ۴ ۳) ۴/۳۲ ۴) ۶

۲۹۹. توان یک تلمبه‌ی برقی ۲ کیلووات و بازده آن ۹۵٪ است. این تلمبه در هر دقیقه چند کیلوگرم آب را از عمق ۹/۵ متر بالا می‌آورد؟ $(g = 10\,m/s^{2})$ (مشابه مثال ۲-۱۵ کتاب درسی)(سراسری تجربی ۷۳)

۱) $1/2\times10^{4}$ ۲) $1/2\times10^{3}$ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۰

۳۰۰. توان یک ماشین ساده ۲۰۰ وات و بازده آن ۸۰٪ است. چند ثانیه طول می‌کشد تا باری به وزن ۴۰۰ نیوتون را با این ماشین ۱۰ متر بالا ببریم؟ (سراسری ریاضی ۶۷)

۱) ۱۶ ۲) ۲۰ ۳) ۲۴ ۴) ۲۵

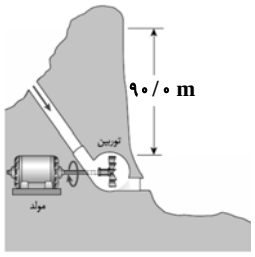
۳۰۱. مولد A نسبت به مولد B دارای توان کم‌تر ولی بازده بیش‌تر است. این بدان معنی است که مولد A نسبت به مولد B با مقدار سوخت مساوی کار ... انجام می‌دهد. (سراسری ریاضی ۷۲)

۱) بیش‌تر و در زمان بیش‌تر ۲) بیش‌تر و در زمان کم‌تر
۳) کم‌تر و در زمان کم‌تر ۴) کم‌تر و در زمان بیش‌تر

۳۰۲. یک ماشین برای بالا بردن یک جسم ۲ کیلوگرمی از سطح زمین به ارتفاع معین ۱۰۰ ژول انرژی مصرف کرده است. اگر جسم از این ارتفاع در شرایط خلاء سقوط کند و تندی آن هنگام رسیدن به زمین $4\sqrt{5}\,m/s$ باشد، بازده ماشین کدام است؟ $(g = 10\frac{N}{kg})$ (سراسری ریاضی ۷۶)

۱) ۰/۷ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۰/۸ ۴) ۰/۸۵

۳۰۳. آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از ارتفاع ۹۰/۰ متری روی پره‌های توربینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل زیر). اگر ۸۵/۰ درصد کار نیروی گرانش به انرژی مکانیکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه ۲۰۰MW برسد، جرم هر متر مکعب آب را $1/00\times10^{3}\,kg$ در نظر بگیرید. $(g = 10\frac{N}{kg})$ (مشابه با خود بیازمایید ۲-۱۷ کتاب درسی)




۱) ۲۶۱/۴
۲) ۱۵۶/۵
۳) ۳۴۵/۳
۴) ۸۶/۴

**۱۲۸.** گزینه ۳

$$\begin{cases} V = 15\frac{km}{s} = 15\times10^{3}\frac{m}{s} \\ K = \frac{1}{2}mV^{2} = \frac{1}{2}\times4\times10^{6}\times(15\times10^{3})^{2} \\ = 450\times10^{12}\ J \end{cases}$$

$$\frac{\text{انرژی شهاب سنگ}}{\text{انرژی آزاد شده یک تن TNT}} = \frac{450\times10^{12}}{4/8\times10^{9}} = 93750$$

**۱۲۹.** گزینه ۳

$$\begin{cases} \Delta k = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2 = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) \\ = \frac{1}{2}\times800\times(30^2 - 20^2) \\ V_1 = \frac{km}{h} = \frac{72}{3/6} = 20\frac{m}{s} \\ V_2 = 108\frac{km}{h} = \frac{108}{3/6} = 30\frac{m}{s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta k = 400\times500 = 200000\ J$$
$$\Rightarrow \Delta k = 200kJ$$

**۱۳۰.** گزینه ۴

انرژی جنبشی حالت اول $k = \frac{1}{2}mV^2$ و انرژی جنبشی حالت دوم $k' = \frac{1}{2}m'V'^2$ می‌باشد:

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{m}{m'}\times(\frac{V}{V'})^2$$

$$\xrightarrow{m'=2m,\ V'=\frac{1}{2}V} \frac{k}{k'} = \frac{m}{2m}\times(\frac{V}{\frac{1}{2}V})^2$$

$$\Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{1}{2}\times4 \Rightarrow \frac{k}{k'} = 2$$

**۱۳۱.** گزینه ۱

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{k'}{k} = \frac{m'}{m}\times(\frac{V'}{V})^2 \Rightarrow 1 = 2\times(\frac{V'}{V})^2$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

**۱۳۲.** گزینه ۲

از رابطه‌ی انرژی جنبشی با تندی استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} k_1 = \frac{1}{2}mV^2 \\ k_2 = \frac{1}{2}\frac{m}{2}(2V)^2 = mV^2 \\ k_3 = \frac{1}{2}(2m)V^2 = mV^2 \\ k_4 = \frac{1}{2}(m)(\frac{V}{2})^2 = \frac{1}{8}mV^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow k_2 = k_3 > k_1 > k_4$$

**۱۳۳.** گزینه ۳

$$k = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{m_2}{m_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2 \Rightarrow \frac{5}{4} = 1\times(\frac{V_2}{4})^2$$

$$\frac{\sqrt{5}}{2} = \frac{V_2}{4} \Rightarrow V_2 = 2\sqrt{5}\frac{m}{s}$$

**۱۳۴.** گزینه ۲

$$\begin{cases} k = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{m_2}{m_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2 \\ V_1 = 72\frac{km}{h} = \frac{72}{3/6}\frac{m}{s} = 20\frac{m}{s} \\ \Rightarrow 2 = 1\times(\frac{V_2}{20})^2 \Rightarrow V_2 = 20\sqrt{2} \\ \Rightarrow V_2 \simeq 28\frac{m}{s} \end{cases}$$

**۱۳۵.** گزینه ۱

$$k = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{m_2}{m_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2 \Rightarrow 4 = 1\times(\frac{V_1+8}{V_1})^2$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{V_1+8}{V_1} \Rightarrow V_1 = 8\frac{m}{s}$$

**۱۳۶.** گزینه ۱

تندی ماهواره را بر حسب $\frac{m}{s}$ به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} V = 3\frac{km}{s} = 3\times10^{3}\ \frac{m}{s} \\ k = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}(20(3\times10^{3})^2 = 9\times10^{7}\ J \\ = 90\ MJ \end{cases}$$

**۱۳۷.** گزینه ۱

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

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{k_2}{k_1} = \frac{m_2}{m_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2 \\ V_1 = 90\frac{km}{h} = 25\frac{m}{s} \end{cases} \Rightarrow 2 = 1\times(\frac{V_2}{25})^2 \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{V_2}{25}$$

$$\Rightarrow V_2 \simeq 35\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow \Delta V = 35 - 25 \Rightarrow \Delta V = 10\frac{m}{s}$$

**۱۳۸.** گزینه ۴

$$k_2 = k_1 + \Delta k = k_1 + 0/44k_1 = 1/44k_1$$

$$k = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{m_2}{m_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2 \Rightarrow 1/44 = 1\times(\frac{V+5}{V})^2$$

$$\Rightarrow 1/2 = \frac{V+5}{V} \Rightarrow 0/2V = 5 \Rightarrow V = 25\frac{m}{s}$$

۱۳۹. گزینه ۳

$$V_۲ = V_۱ + \Delta V \Rightarrow V_۲ = V_۱ + \frac{۲۰}{۱۰۰}V_۱ = \frac{۶}{۵}V_۱$$

طبق رابطه‌ی انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} k = \frac{۱}{۲}mv^۲ \\ m : \text{ثابت} \end{cases} \Rightarrow \frac{k_۲}{k_۱} = (\frac{V_۲}{V_۱})^۲ \Rightarrow \frac{k_۲}{k_۱} = (\frac{\frac{۶}{۵}V_۱}{V_۱})^۲ = \frac{۳۶}{۲۵}$$

$$\Rightarrow k_۲ = ۱/۴۴k_۱$$

درصد افزایش انرژی جنبشی : $\frac{k_۲ - k_۱}{k_۱} \times ۱۰۰$

$$= \frac{۱/۴۴k_۱ - k_۱}{k_۱} \times ۱۰۰ = ۴۴٪$$

۱۴۰. گزینه ۲

$m$ : جرم پدر

$V_i$ : تندی اولیه‌ی پدر

$$k_i = \frac{۱}{۲}k_{\text{پسر}} \Rightarrow k_{\text{پسر}} = ۲k_i \quad (۱)$$

$v_f = v_i + ۱$ : تندی نهایی پدر

طبق صورت سؤال $\rightarrow k_f = k_{\text{پسر}}$ (۲)

$$(۱)\ ,\ (۲) \Rightarrow k_f = ۲k_i \Rightarrow \frac{۱}{۲}mV_f^۲ = ۲ \times \frac{۱}{۲}mV_i^۲$$

$$(V_i + ۱)^۲ = ۲v_i^۲ \Rightarrow V_i^۲ + ۲V_i + ۱ = ۲V_i^۲$$

$$\Rightarrow V_i^۲ - ۲V_i - ۱ = ۰ \Rightarrow V_i = \frac{۲ \pm \sqrt{(-۲)^۲ - ۴(۱)(-۱)}}{۲}$$

$$\Rightarrow V_i = \begin{cases} \frac{۲ + \sqrt{۸}}{۲} \simeq \frac{۲ + ۲/۸}{۲} \simeq ۲/۴ \frac{m}{s} \\ \frac{۲ - \sqrt{۸}}{۲} \simeq \frac{۲ - ۲/۸}{۲} \simeq -۰/۴ \frac{m}{s} \quad \text{غ ق ق} \end{cases}$$

۱۴۱. گزینه ۴

$$\Delta k = k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ = \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲)$$

$$= \frac{۱}{۲} \times ۴۲ \times ۱۰^{-۳} \times (۱۰۰^۲ - ۵۰۰^۲)$$

$$\Rightarrow \Delta k = -۵۰۴۰\,J \Rightarrow \text{گرمای تولیدشده} = ۰/۱ \times ۵۰۴۰ = -۵۰۴\,J$$

$$\Rightarrow \frac{۵۰۴}{۴/۲} = ۱۲۰\,cal$$

۱۴۲. گزینه ۲

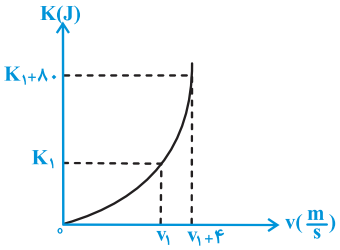
طبق رابطه انرژی جنبشی و با توجه به نمودار، داریم:

$$k_۱ = \frac{۱}{۲}m \times V_۱^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۲/۵ \times V_۱^۲ \Rightarrow k_۱ = ۱/۲۵\,V_۱^۲ \quad (۱)$$

$$k_۲ = \frac{۱}{۲}m \times V_۲^۲ \Rightarrow k_۱ + ۸۰ = \frac{۱}{۲} \times ۲/۵ \times (V_۱ + ۴)^۲$$

$$= ۱/۲۵ \times (V_۱^۲ + ۸V_۱ + ۱۶) \Rightarrow k_۱ = ۱/۲۵V_۱^۲ + ۱۰V_۱ + ۲۰ - ۸۰$$

$$\Rightarrow k_۱ = ۱/۲۵V_۱^۲ + ۱۰V_۱ - ۶۰ \quad (۲)$$




$$(۱) = (۲) \Rightarrow ۱/۲۵V_۱^۲ = ۱/۲۵V_۱^۲ + ۱۰V_۱ - ۶۰ \Rightarrow V_۱ = ۶\,\frac{m}{s}$$

۱۴۳. گزینه ۲

کار یک کمیت نرده‌ای است و با توجه به تعریف، یکای آن برابر حاصل‌ضرب یکای نیرو در یکای جابه‌جایی $(N.m)$ است.

۱۴۴. گزینه ۲

با استفاده از قانون دوم نیوتن برای محاسبه‌ی نیروی باد $(\vec{F})$ داریم:

$$F = ma = ۵۰۰ \times ۴۰ \Rightarrow F = ۲ \times ۱۰^۴\ N$$

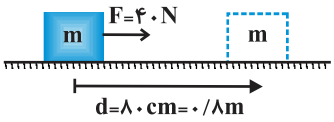
چون نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت‌اند بنابراین برای محاسبه کار نیروی $F$ داریم:

$$W_F = Fd = ۲ \times ۱۰^۴ \times ۸ \Rightarrow W_F = ۱۶ \times ۱۰^۴\ J$$

۱۴۵. گزینه ۱

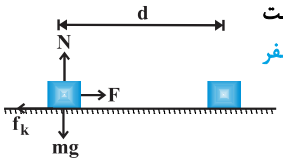
نیرو و جابه‌جایی در جهت هم‌اند بنابراین داریم:

$$\begin{cases} \rightarrow F \\ \rightarrow d \\ W_F = Fd\cos\theta = ۴۰ \times ۰/۸ \times \cos ۰ \Rightarrow W_F = ۳۲\,J \end{cases} \Rightarrow \theta = ۰$$




۱۴۶. گزینه ۳

جسم با تندی ثابت حرکت می‌کند پس شتاب حرکت صفر است:




$$(F_{\text{برآیند}})_x = ma = ۰ \Rightarrow F - f_k = ۰ \Rightarrow F = f_k \Rightarrow F = ۲۰۰N$$

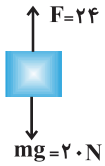
حرکت یکنواخت: $d = Vt = ۴ \times ۶۰ \Rightarrow d = ۲۴۰m$

$$W_F = Fd\cos\theta \Rightarrow W_F = ۲۰۰ \times ۲۴۰ \times \cos ۰ = ۴۸۰۰۰\,J$$

$$\Rightarrow W_F = ۴۸\,kJ$$

**۱۴۷.** گزینه ۴

$W_F = Fd\cos\theta$




i) جسم رو به بالا در حرکت باشد :

$F > mg \Rightarrow \overset{F}{\uparrow}\ \overset{d}{\uparrow}\theta = 0 \Rightarrow W_F = Fd > 0$

کار نیروی $F$ در ثانیه‌های متوالی افزایش می‌یابد.

ii) جسم به سمت پایین در حرکت باشد :

۱) تا قبل از توقف کامل : $\overset{F}{\uparrow}\ \overset{d}{\downarrow}\ \theta = 180^\circ \Rightarrow W_F = -Fd < 0$

کار نیروی $F$ در یک بازه‌ی زمانی معین در ثانیه‌های متوالی کاهش می‌یابد.

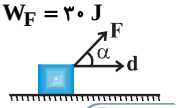
۲) درست قبل از توقف لحظه‌ای : $W_F < 0$

درست بعد از توقف لحظه‌ای : $\overset{F}{\uparrow}\ \overset{d}{\uparrow}\ \theta = 0 \Rightarrow W_F = Fd > 0$

کار نیروی $F$ در یک بازه زمانی معین در ثانیه‌های متوالی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

**۱۴۸.** گزینه ۴

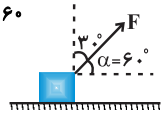
$W_F = Fd\cos\alpha = 6\times10\times\cos60 \Rightarrow W_F = 30\ J$




**۱۴۹.** گزینه ۳

$W_F = Fd\cos\alpha = 4\times(10\times2)\times\cos60$

$W_F = 40\ J$

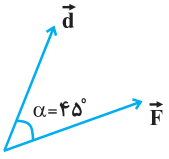



**۱۵۰.** گزینه ۲

$W_F = Fd\cos\alpha$

$\Rightarrow W_F = 10\times20\times\cos45$

$\Rightarrow W_F = 100\sqrt{2}$

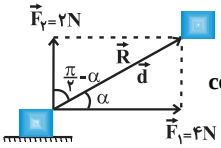



**۱۵۱.** گزینه ۳

چون جسم ساکن است بنابراین در جهت برآیند نیروهای وارد بر آن $(\vec{R})$ جابه‌جا می‌شود.

$W_{F_1} = F_1 d\cos\alpha$

$W_{F_2} = F_2 d\cos(\frac{\pi}{2}-\alpha) = F_2 d\sin\alpha$

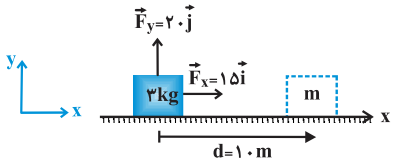



$\cot\alpha = \frac{4}{2} = 2$

$\frac{W_{F_1}}{W_{F_2}} = \frac{F_1 d\cos\alpha}{F_2 d\sin\alpha} = \frac{F_1}{F_2}\cot\alpha = 2\times2 \Rightarrow \frac{W_{F_1}}{W_{F_2}} = 4$

**۱۵۲.** گزینه ۳

مطابق شکل مؤلفه‌های عمود نیرو $(F_y)$ بر جابه‌جایی عمود است بنابراین کار آن صفر است $W_{F_y} = 0$ و فقط مؤلفه‌ی افقی آن $(F_x)$ که در جهت جابه‌جایی به جسم وارد می‌شود، کار انجام می‌دهد:




$\begin{cases} \rightarrow F_x \\ \rightarrow d \end{cases} \theta = 0$

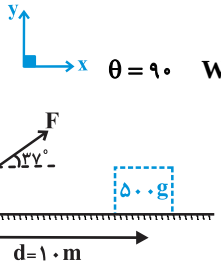
$W_F = W_{F_x} = F_x\cos\theta d = 15\times10\times\cos0$

$\Rightarrow W_F = 150\ J$

**۱۵۳.** گزینه ۳

با توجه به این‌که نقاط ابتدا و انتها $(A, B)$ برای هر سه مسیر یکسان است بنابراین جابه‌جایی $(d)$ در هر سه مسیر یکسان است. از طرفی نیروی ثابت $F$ نیز در هر سه مسیر با جهت و اندازه‌ی یکسان به جسم وارد شده است، بنابراین طبق رابطه‌ی $W = Fd\cos\theta$، کار انجام شده توسط نیروی $F$ در هر سه مسیر یکسان است.

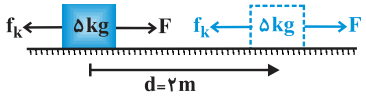
**۱۵۴.** گزینه ۴




$\theta = 90 \quad W_N = Nd\cos90 = 0$

با توجه به عمود بودن $N$ بر $d$، کار انجام شده توسط نیروی عمودی سطح $(N)$ برابر صفر است.

**۱۵۵.** گزینه ۱




$\begin{cases} f_k \quad \theta=180 \quad d \end{cases}$

$W_{f_k} = f_k d\cos180 = 10\times2\times(-1) \Rightarrow W_{f_k} = -20\ J$

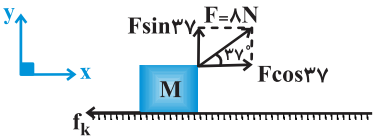
**۱۵۶.** گزینه ۱

چون جسم با تندی ثابت حرکت می‌کند $(a = 0$ :شتاب ) است.

بنابراین داریم:

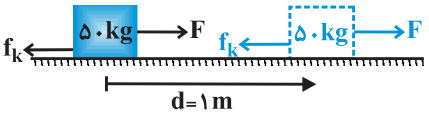
در راستای $x$ : $F = ma = 0 \Rightarrow f_k = F\cos37$

$= 8\times0/8 = 6/4\ N$




$$\begin{cases} f_k \xleftarrow{\theta=180^\circ} d \\ W_{f_k} = f_k d\cos 180^\circ = 6/4\times 1\times(-1) \\ \Rightarrow W_{f_k} = -6/4\ J \end{cases}$$

**۱۵۷.** گزینه ۲




$$\begin{cases} f_k \xleftarrow{\theta=180^\circ} d \\ W_{f_k} = f_k d\cos 180^\circ = 200\times 1\times(-1) \\ \Rightarrow W_{f_k} = -200\ J \end{cases}$$

گرمای تولیدشده $= |W_f| = 200\ J$

**۱۵۸.** گزینه ۳

کار انجام شده توسط نیروی عکس‌العمل $(W_R)$ برابر با کار نیروی اصطکاک $(W_{f_k})$ است (در واقع کار مؤلفه‌ی عمودی سطح $(W_N)$ صفر است.)

$$\begin{cases} f_k \xleftarrow{\theta=180^\circ} d \\ W_N = 0 \\ W_R = W_N + W_{f_k} \Rightarrow W_R = W_{f_k} \\ = f_k d\cos 180^\circ = 12\times 15\times(-1) \\ W_R = -180\ J \end{cases}$$

**۱۵۹.** گزینه ۱

کار نیروی عکس‌العمل سطح $(W_R)$ برابر با کار نیروی اصطکاک است (زیرا کار نیروی عمودی سطح $W_N$ صفر است.)

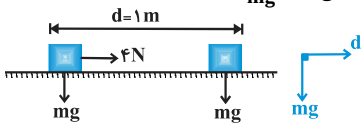
از طرفی چون سطح شیبدار بدون اصطکاک است. پس کار نیروی اصطکاک $(W_{f_k})$ نیز صفر خواهد بود، بنابراین داریم:

$$\begin{matrix} W_N = 0 \\ W_{f_k} = 0 \end{matrix} \Rightarrow W_R = W_N + W_{f_k} = 0+0 = 0$$

$$\Rightarrow W_R = 0$$

**۱۶۰.** گزینه ۱

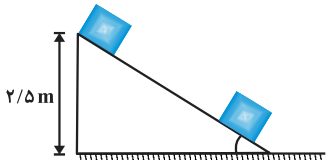
$$W_{mg} = mgd\cos\theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} W_{mg} = 0$$




کار نیروی وزن در جابه‌جایی‌های افقی صفر است.

**۱۶۱.** گزینه ۲

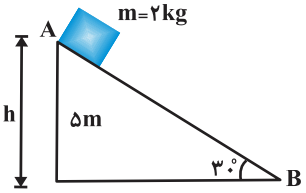
$$\begin{cases} mg = 8\ N \\ \text{کار نیروی وزن در پایین آمدن: } W_{mg} = +mgh \\ = 8\times 2/5 \Rightarrow W_{mg} = 20\ J \end{cases}$$




**۱۶۲.** گزینه ۴

پایین آمدن $W_{mg} = mgh = 2\times 10\times 5$

$W_{mg} = 100\ J$

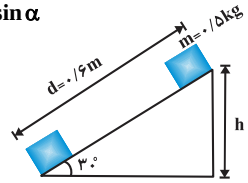



**۱۶۳.** گزینه ۲

پایین آمدن $W_{mg} = mgh = mgd\sin\alpha$

$W_{mg} = 0/5\times 10\times 0/6\times \sin 30^\circ$

$\Rightarrow W_{mg} = 1/5\ J$




**۱۶۴.** گزینه ۱

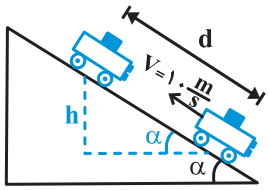
چون حرکت یکنواخت است، داریم:

$d = V.t = 10\times 60 \Rightarrow d = 600\ m$

در بالارفتن $W_{mg} = -mgh = -mgd\sin\alpha$

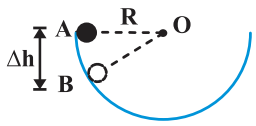
$W_{mg} = -1000\times 10\times 600\times 0/05 = -300000\ J$

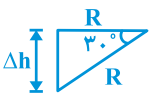
$\Rightarrow W_{mg} = -300\ kJ$




**۱۶۵.** گزینه ۲

کار نیروی وزن به اختلاف ارتفاع $(\Delta h)$ دو نقطه‌ای که بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود بستگی دارد و مستقل از مسیر حرکت است.




$$\sin 30^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{\Delta h}{R}$$

$\Rightarrow \Delta h = R\sin ۳۰ \Rightarrow \Delta h = \frac{R}{۲}$

کار نیروی وزن در پایین‌آمدن : $W_{mg} = mg\Delta h = mg\frac{R}{۲}$

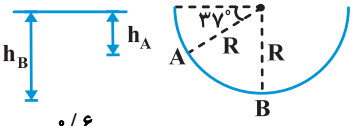
$\Rightarrow W_{mg} = \frac{۱}{۲}mgR$

**۱۶۶.** گزینه ۱

کار نیروی وزن در پایین آمدن جسم برابر $W_{mg} = +mgh$ است که $h$ اختلاف ارتفاع بین دو نقطه در جابه‌جایی است.

$\begin{cases} h_A = R\sin ۳۷ \\ h_B = R \end{cases} \Rightarrow h = R - R\sin ۳۷$

$= R(۱ - \sin ۳۷) = ۰/۴R$




$W_{mg} = mgh = ۰/۱\times ۱۰\times ۰/۴\times(\frac{۰/۶}{۲})$

$\Rightarrow W_{mg} = ۰/۱۲\ J$

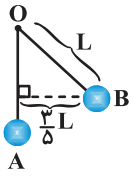
**۱۶۷.** گزینه ۲

کار نیروی وزن در بالارفتن : $\begin{cases} W_{mg} = -mgh \\ h: \text{اختلاف ارتفاع جسم بین دو نقطه‌ی } A \text{ و } B \end{cases}$

رابطه‌ی فیثاغورث : $(\frac{۳}{۵}L)^۲ + h'^۲ = L^۲$

$\Rightarrow h' = \sqrt{L^۲ - \frac{۹}{۲۵}L^۲} \Rightarrow h' = \frac{۴L}{۵}$

$\Rightarrow h = L - h' = L - \frac{۴L}{۵} \Rightarrow L = \frac{L}{۵}$




$\Rightarrow W_{mg} = -mg\frac{L}{۵} = -۳\times ۱۰\times \frac{۲}{۵} \Rightarrow W_{mg} = -۱۲J$

**۱۶۸.** گزینه ۳

کار نیروی وزن در جابه‌جای افقی صفر است اما برای جابه‌جایی در امتداد قائم رو به بالا داریم:

$W_{mg} = -mgh = -۵\times ۱۰\times ۱ = -۵۰ \Rightarrow W_{mg} = -۵۰J$

کار لازم برای غلبه بر وزن چمدان : $W' = ۵۰J$

**۱۶۹.** گزینه ۴

کاری که ورزشکار توسط نیروی $F$ انجام می‌دهد صرف غلبه بر نیروی وزن می‌شود:

در بالارفتن : $W_{mg} = -mgh = -۴۰\times ۹/۸\times ۵۰\times ۱۰^{-۲}$

$= -۱۹۶\ J$

$W_F = |W_{mg}| = ۱۹۶\ J$

**۱۷۰.** گزینه ۱

چون نیرو و جابه‌جایی در یک جهت‌اند کار نیروی $F$ برابر است با:

$W_F = Fd\cos\theta = Fd\cos ۰ = Fd = ۶۶\times ۱۸/۴$

$\Rightarrow W_F = ۱۲۱۴/۴\ J$

$\theta \begin{matrix} \rightarrow F \\ \rightarrow d \end{matrix} \quad \theta = ۰$

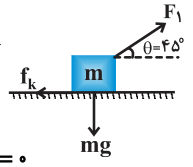
**۱۷۱.** گزینه ۱

روش اول: دراین روش، کار انجام شده توسط هر نیرو را به‌طور جداگانه محاسبه می‌کنیم.

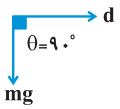
$W_{F_۱} = F_۱d\cos\theta = ۴\sqrt{۲}\times ۱۰^۳ \times ۲۳۵\times\cos ۴۵$

$\Rightarrow W_{F_۱} = ۴\sqrt{۲}\times ۱۰^۳ \times ۲۳۵\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

$W_{F_۱} = ۹۴۰۰۰۰\ J$

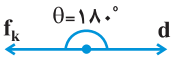



$\begin{cases} W_{mg} = mgd\cos ۹۰ \Rightarrow W_{mg} = ۰ \end{cases}$




کار نیروی وزن در جابه‌جایی‌های افقی صفر است.

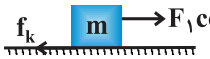
$\begin{cases} W_{f_k} = f_k\cos\pi = -f_kd = -۳/۴\times ۱۰^۳ \times ۲۳۵ \\ = -۷۹۹۰۰۰\ J \end{cases}$




$W_t = W_۱ + W_۲ + W_۳ = ۹۴۰۰۰۰ + ۰ - ۷۹۹۰۰۰$

$\Rightarrow W_t = ۱۴۱۰۰۰\ J$

روش دوم: ابتدا نیروهایی را شناسایی می‌کنیم که در امتداد جابه‌جایی بر جسم وارد می‌شوند.




اندازه‌ی نیروی خالص : $F = F_۱\cos ۴۵ - f_k$

$= ۴\sqrt{۲}\times ۱۰^۳ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} - ۳/۴\times ۱۰^۳ = ۶۰۰\ N$

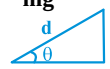
علامت مثبت نشان می‌دهد که نیروی خالص $F$ در جهت جابه‌جایی است، بنابراین داریم:

$W_t = Fd = ۶۰۰\times ۲۳۵ \Rightarrow W_t = ۱۴۱۰۰۰\ J$

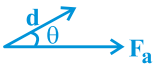
**۱۷۲.** گزینه ۲

کار نیروی وزن در بالارفتن:

$\begin{cases} W_{mg} = -mgh = -mgd\sin\theta = -۳\times ۱۰\times ۰/۵\times\sin ۳۰ \\ h = d\sin\theta \end{cases} \Rightarrow W_{mg} = -۷/۵\ J$




$\begin{cases} W_{Fa} = Fd\cos\theta = ۲۰\times ۰/۵\times\cos ۳۰ = ۸\ J \end{cases}$




کار کل : $W_t = W_{mg} + W_{Fa} = -۷/۵ + ۸$

$\Rightarrow W_t = ۰/۵\ J$

**۱۷۳.** گزینه ۴

تنها نیروی وارد بر جسم، نیروی ثابت $F$ است بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = \Delta k = k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲$

$$= \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} \times 8 \times (6^2 - 4^2)$$

$$W_F = 80\ J$$

**۱۷۴.** گزینه ۱

با استفاده از قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K = K_2 - K_1 \Rightarrow \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$= \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} \times 0/5 \times (10^2 - 12^2)$$

$$\Rightarrow W_t = -11\ J$$

**۱۷۵.** گزینه ۲

طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{\text{برآیند}} = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Rightarrow 21 = \frac{1}{2} \times 2 \times (V_2^2 - 4)$$

$$\Rightarrow V_2^2 = 25 \Rightarrow V_2 = 5\ \frac{m}{s}$$

**۱۷۶.** گزینه ۳

نیروی ثابت $F = 4\ N$ هم‌جهت با حرکت به جسم وارد می‌شود بنابراین طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_2 - k_1 \Rightarrow Fd\cos 0 = 132 - \frac{1}{2}mV_0^2$$

$$\Rightarrow 4 \times 24 = 132 - \frac{1}{2} \times 2 \times V_0^2$$

$$\Rightarrow V_0^2 = 36 \Rightarrow V_0 = 6\ \frac{m}{s}$$

**۱۷۷.** گزینه ۲

تنها نیرویی که در راستای جابه‌جایی $(d)$ به قایق وارد می‌شود نیروی باد $(F)$ است بنابراین فقط این نیرو کار انجام می‌دهد بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} W_t = \Delta k = k_2 - k_1 \xrightarrow{V_1 = 0} W_t = k_2 \\ \Rightarrow Fd = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2Fd}{m}} \\ W_t = W_F = Fd\cos 0 = Fd \\ \rightarrow F \\ \rightarrow d \end{cases} \quad \theta = 0$$

$$\xrightarrow[\text{یکسان } d]{\text{یکسان } F} \frac{V_{\text{قایق }2}}{V_{\text{قایق }1}} = \sqrt{\frac{m_{\text{قایق }1}}{m_{\text{قایق }2}}} = \sqrt{\frac{m}{4m}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{V_{\text{قایق }2}}{V_{\text{قایق }1}} = \frac{1}{2}$$

**۱۷۸.** گزینه ۱

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} W_{1t} = \Delta k = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 \Rightarrow W_{1t} = \frac{1}{2}mV^2 \\ V_1 = 0 \Rightarrow k_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} W_{2t} = \Delta k' = k_2' - k_1' = \frac{1}{2}mV_2'^2 - \frac{1}{2}mV_1'^2 \\ = \frac{1}{2}m(2V)^2 - \frac{1}{2}m(V)^2 = \frac{1}{2}m(4V^2 - V^2) \\ = W_{2t} = \frac{3}{2}mV^2 \\ V_1' = V \\ V_2' = 2V \end{cases}$$

$$\frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{\frac{1}{2}mV^2}{\frac{3}{2}mV^2} \Rightarrow \frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{1}{3}$$

**۱۷۹.** گزینه ۱

قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی برای هر نوع مسیری چه مستقیم و چه خمیده صادق است.

$$W_t = \Delta k = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2$$

$$\Rightarrow 6/391 \times 10^7 = \frac{1}{2} \times 800 \times V_B^2 - \frac{1}{2} \times 800 \times (\frac{54}{3/6})^2$$

$$V_B^2 = 160000 \Rightarrow V_B = 400\ \frac{m}{s}$$

**۱۸۰.** گزینه ۴

گزینه‌ی ۱: چون تندی حرکت ماهواره ثابت است، طبق رابطه $K = \frac{1}{2}mV^2$، تغییرات انرژی جنبشی آن صفر است.

گزینه‌ی ۲: طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی $W = \Delta k$، چون تغییرات انرژی جنبشی ماهواره صفر است (تندی حرکت ثابت) بنابراین کار کل انجام شده روی ماهواره صفر است.

گزینه‌ی ۳: تنها نیروی وارد بر ماهواره نیروی جاذبه گرانشی است که طرف زمین وارد می‌شود و معادل وزن ماهواره است.

گزینه‌ی ۴: چون نیروی جاذبه گرانشی بر مسیر حرکت ماهواره عمود است کاری روی ماهواره انجام نمی‌دهد.

$$W_F = Fd\cos\theta \xrightarrow[\cos 90 = 0]{\theta = 90} W_F = 0$$

**۱۸۱.** گزینه ۴

گزینه‌ی ۱:

$W_{mg} = -mgh$ : کار نیروی وزن در بالارفتن

$$= -10 \times 10 \times 1 = -100\ J$$

گزینه‌ی ۲: کار لازم برای غلبه بر نیروی وزن، قرینه کار نیروی وزن است.

$$W' = -W = -(-۱۰۰) = ۱۰۰\,J$$

گزینه‌ی ۳:

$W_t = W_{\text{شخص}} + W_{\text{وزن}}$ : کار کل

$= mgh - mgh = ۰$

$$W_t = \Delta k \Rightarrow ۰ = \Delta k \Rightarrow k_۱ = k_۲$$

گزینه‌ی ۴: چون کار کل صفر است پس طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی $W_t = \Delta k$ ، انرژی جنبشی چمدان تغییری نمی‌کند.

**۱۸۲.** گزینه ۱

نیروی $F$ در راستای جابه‌جایی و هم‌جهت با آن وارد می‌شود بنابراین داریم:

$$W_F = Fd\cos۰ \Rightarrow W_F = ۱۰F$$

کار نیروی وزن در جابه‌جایی افقی صفر است.

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_۲ - k_۱ \Rightarrow ۱۰F = ۳۲ - ۲۰$$

$$\Rightarrow F = ۱/۲\,N$$

**۱۸۳.** گزینه ۲

تنها نیروی وارد بر جسم، نیروی ثابت $F$ است بنابراین طبق قضیه‌ی کار و انرژی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = W_F = \Delta k = k_۲ - \overset{۰}{k_۱} = k_۲ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲$$

$$\Rightarrow W_F = \frac{۱}{۲}mV^۲$$

بنابراین نمودار کار نیروی $F$ $(W_F)$ بر حسب تندی آن $(V)$، سهمی است. که تقعر آن رو به بالا است چون ضریب $V^۲$، مثبت است.

**۱۸۴.** گزینه ۳

$$k = \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ \Rightarrow ۱۰۰ = \frac{۱}{۲}m\times۱۰^۲ \Rightarrow m = ۲\,kg$$

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k = k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - ۱۰۰ = \frac{۱}{۲}\times۲\times(-۲۰)^۲ - ۱۰۰$$

$$\Rightarrow W_{\text{برآیند}} = ۳۰۰\,J$$

**۱۸۵.** گزینه ۱

$$k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ \Rightarrow k_۱ = \frac{۱}{۲}\times۸\times۱۰^۲ \Rightarrow k_۱ = ۴۰۰\,J$$

چون پس از طی مسافت $۸m$، انرژی جنبشی آن افزایش پیدا کرده است پس نیروی $F$ در جهت حرکت باید به جسم وارد شود، بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_۲ - k_۱ \Rightarrow Fd\cos۰ = ۱۲۰۰ - ۴۰۰$$

$$\Rightarrow F\times۸ = ۸۰۰ \Rightarrow F = ۱۰۰\,N$$

**۱۸۶.** گزینه ۳

اگر برآیند دو نیروی $F_۱$ و $F_۲$ را $F$ بنامیم، چون جسم از حال سکون شروع به حرکت کرده است بنابراین در جهت برآیند نیروهای وارد بر آن حرکت می‌کند بنابراین طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_۲ - k_۱ \Rightarrow Fd\cos۰ = k_۲ - ۰ = k_۲$$

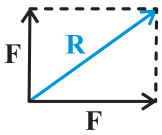
$$\Rightarrow F\times۸ = ۱۲۰ \Rightarrow F = ۱۵\,N$$

چون $F_۱ = ۲۰\,N$ است در نتیجه باید $F_۲ = ۵\,N$ و در خلاف جهت $F_۱$ باشد تا برآیند این دو نیرو $F = ۱۵\,N$ شود.

**۱۸۷.** گزینه ۱

چون جسم در ابتدا در حال سکون است بنابراین در جهت برآیند نیروهای وارد بر آن حرکت می‌کند بنابراین داریم:

$$R = \sqrt{F^۲ + F^۲} = \sqrt{۲}\,F$$




حال طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_R = k_۲ - k_۱ = k_۲ - ۰ = k_۲$$

$$\Rightarrow \sqrt{۲}Fd\cos۰ = k_۲ \Rightarrow \sqrt{۲}\times F\times۱۶ = ۳۲$$

$$\Rightarrow F = \frac{۲}{\sqrt{۲}} \Rightarrow F = \sqrt{۲}\,N$$

**۱۸۸.** گزینه ۱

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k = k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲$$

$$= \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲) = \frac{۱}{۲}\times۲\times۱۰^۳\times(۱۲^۲ - ۲^۲)$$

$$\Rightarrow W_{\text{برآیند}} = ۱۴۰\times۱۰^۳\ J = ۱۴۰\,kJ$$

**۱۸۹.** گزینه ۱

اگر نیرویی که باعث بالارفتن جسم از سطح شیبدار می‌شود را $F$ بنامیم، دو نیروی $F$ و وزن روی این جسم کار انجام می‌دهند بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta k = k_۲ - k_۱ \xrightarrow{\text{تندی ثابت}} W_t = ۰$$

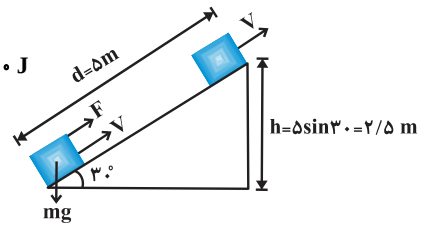
$W_N$ هم هست که بعداً به جای آن صفر می‌گذاریم.

$$\Rightarrow W_F + W_{mg} = k_۲ - k_۱ = ۰$$

$$\Rightarrow W_F = -W_{mg} = -(-mgh)$$

$$\Rightarrow W_F = mgh = ۲۰\times۱۰\times۲/۵$$

$\Rightarrow W_F = ۵۰۰\ J$




**۱۹۰. گزینه ۴**

چون جعبه با تندی ثابت جابه‌جا می‌شود بنابراین تغییرات انرژی جنبشی صفر است از طرفی سطح بدون اصطکاک است پس کار نیروی اصطکاک نیز صفر است لذا طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی، کار برآیند نیروهای وارد بر جعبه صفر است.

کار نیروی وزن در بالارفتن:

$$\begin{cases} W_{f_k} = ۰ \\ W_t = k_۲ - k_۱ = \Delta k = ۰ \Rightarrow W_{F_a} + W_{mg} = ۰ \\ \Rightarrow W_{F_a} = -W_{mg} \\ W_{mg} = -mgh = -۵\times۱۰\times۱ = -۵۰\ J \\ \Rightarrow W_{Fa} = -W_{mg} \\ = -(-۵۰) = ۵۰\ J \Rightarrow W_{F_a} = ۵۰\ J \end{cases}$$

**۱۹۱. گزینه ۳**

نیروها در راستای حرکت عبارتند از نیروی دست $F_۱$ و نیروی وزن $mg$:

بنابراین اندازه‌ی نیروی خالص برابر است با:

$$F = F_۱ - mg = ۵۲ - ۴\times۱۰ = ۱۲\ N$$

علامت مثبت نشان می‌دهد که نیروی خالص $F$ در جهت جابه‌جایی است به این‌ترتیب داریم:

$$W_t = Fd\cos۰ = Fd = ۱۲\times۱/۵ = ۱۸\ J$$
$$\Rightarrow W_t = ۱۸\ J$$

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$V_۱ = ۰ \Rightarrow k_۱ = ۰$$

$$\begin{cases} W_t = \Delta k = k_۲ - k_۱ = k_۲ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ \\ \Rightarrow ۱۸ = \frac{۱}{۲}\times۴\times V_۲^۲ \\ \Rightarrow V_۲ = ۳\frac{m}{s} \end{cases}$$

**۱۹۲. گزینه ۲**

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \xrightarrow{\text{تندی ثابت}} W_{\text{برآیند}} = ۰$$

**۱۹۳. گزینه ۴**

تنها نیروی وارد بر گلوله از نقطه پرتاب تا نقطه برخورد به زمین، نیروی وزن است. (زیرا از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است) که برای هر سه توپ یکسان است:

$$\begin{cases} h_۱ = h_۲ = h_۳ = h \\ (W_{mg})_۱ = (W_{mg})_۲ = (W_{mg})_۳ = +mgh \end{cases}$$

$$(W_t)_۱ = (W_t)_۲ = (W_t)_۳$$

از طرفی با توجه به این‌که تندی اولیه برای هر سه توپ یکسان است انرژی جنبشی اولیه $k_i$ آن‌ها نیز یکسان است. بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} (W_t)_۱ = (W_t)_۲ = (W_t)_۳ \\ (k_i)_۱ = (k_i)_۲ = (k_i)_۳ \\ \Rightarrow W_t = \Delta k = k_f - k_i \Rightarrow (k_f)_۱ = (k_f)_۲ = (k_f)_۳ \end{cases}$$

از طرفی طبق رابطه $K = \frac{۱}{۲}mV^۲$، چون جرم هر سه گلوله یکسان است پس تندی نهایی آن‌ها نیز با هم برابر است:

$$(V_f)_۱ = (V_f)_۲ = (V_f)_۳$$

**۱۹۴. گزینه ۱**

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k = k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲$$

$$= \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲) = \frac{۱}{۲}\times۲۰\times۱۰^{-۳}(۳۰^۲ - ۰^۲)$$

$$\Rightarrow W_{\text{برآیند}} = ۹\ J$$

**۱۹۵. گزینه ۴**

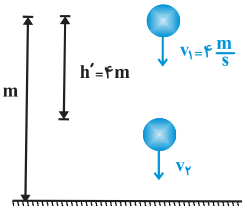
از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است بنابراین تنها نیروی وزن در این جابه‌جایی کار انجام می‌دهد پس طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{mg} = k_۲ - k_۱$$

$$\Rightarrow mgh' = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲$$

$$\Rightarrow ۱۰\times۴ = \frac{۱}{۲}V_۲^۲ - \frac{۱}{۲}\times۴^۲$$

$$\Rightarrow V_۲^۲ = ۹۶\ (\frac{m}{s})^۲$$




$$\begin{cases} k = \frac{۱}{۲}mV^۲ \\ m_۱ = m_۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{k_۲}{k_۱} = \frac{V_۲^۲}{V_۱^۲} = \frac{۹۶}{۱۶} \Rightarrow k_۲ = ۶k_۱$$

**۱۹۶. گزینه ۳**

دو نیروی وزن و مقاومت هوا در طول حرکت به جسم وارد می‌شوند.

کار نیروی وزن در پایین آمدن: $W_{mg} = +mgh$

$$= +۵۰۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰\times۲۰ \Rightarrow W_{mg} = +۱۰۰\ J$$

اگر کار نیروی مقاومت هوا را $W_F$ بنامیم طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta k \Rightarrow W_F + W_{mg}$$

$$= k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲)$$

$$\Rightarrow W_F + ۱۰۰ = \frac{۱}{۲}\times۵۰۰\times۱۰^{-۳}(۱۰^۲ - ۲۰^۲)$$

$$\Rightarrow W_F = -۱۰۰ - ۷۵ \Rightarrow W_F = -۱۷۵\ J$$

**۱۹۷. گزینه ۴**

چترباز با تندی ثابت سقوط می‌کند پس تغییرات انرژی جنبشی آن صفر است از طرفی فقط نیروی وزن (mg) و نیروی مقاومت هوا (R) بر روی آن کار انجام می‌دهند پس طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_R + W_{mg} = 0$$

$$\Rightarrow W_R = -W_{mg} = -mgh = -140 \times 10 \times 600$$

$$\Rightarrow W_R = -840\ kJ$$

**۱۹۸. گزینه ۱**

نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا (R) روی چترباز کار انجام می‌دهند بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{mg} + W_R = k_2 - k_1$$

$$\Rightarrow mgh + W_R = \frac{1}{2}mV_2^2 - 0$$

$$\Rightarrow W_R = \frac{1}{2} \times 80 \times 5^2 - 80 \times 10 \times 800 \Rightarrow W_R = -639000\ J$$

$$\Rightarrow W_R = -639\ kJ$$

**۱۹۹. گزینه ۱**

دو نیروی وزن (mg) و مقاومت هوا (R) در حین سقوط جسم، بر آن وارد می‌شوند بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} W_{\text{برآیند}} = \Delta k = k_2 - k_1 \\ V_1 = 0 \Rightarrow k_1 = 0 \\ W_{mg} = mgh \end{cases} \Rightarrow W_{mg} + W_R = k_2 - k_1 = k_2$$

$$\Rightarrow W_R = \frac{1}{2}mV_2^2 - mgh$$

$$\Rightarrow W_R = \frac{1}{2} \times 0/2 \times 15^2 - 0/2 \times 10 \times 15$$

$$\Rightarrow W_R = 22/5 - 30 \Rightarrow W_R = -7/5\ J$$

بنابراین اندازه‌ی کار انجام شده توسط نیروی مقاوم $7/5\ J$ است.

**۲۰۰. گزینه ۱**

کار نیروی وزن در یک مسیر رفت و برگشت صفر است. بنابراین تنها نیروی وارد بر توپ مقاومت هوا (R) است. پس طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_R = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$= \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-3}[(-9)^2 - (10)^2]$$

$$\Rightarrow W_R = 1/9\ J$$

بنابراین $1/9\ J$ گرما به محیط و توپ داده می‌شود.

**۲۰۱. گزینه ۲**

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k = k_2 - k_1$$

$$= \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^3 (15^2 - 25^2)$$

$$W_{\text{برآیند}} = -4 \times 10^5\ J$$

**۲۰۲. گزینه ۲**

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2 = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$W_{\text{برآیند}} = \frac{1}{2} \times 800 \times (0^2 - 10^2) \Rightarrow W_{\text{برآیند}} = -4 \times 10^4\ J$$

**۲۰۳. گزینه ۳**

در طول مسیر حرکت، نیروی اصطکاک روی اتومبیل کار انجام می‌دهد، کار نیروی وزن در جابه‌جایی‌های افقی صفر است بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{f_k} = k_2 - k_1 = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 600 \times [0 - (\frac{54}{3/6})^2]$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = -67500\ J = -67/5\ kJ$$

**۲۰۴. گزینه ۲**

کار نیروی عمودی سطح و کار نیروی وزن در جابه‌جایی‌های افقی همواره صفر است بنابراین تنها نیروی وارد بر اتومبیل، نیروی اصطکاک است که کار انجام شده توسط آن به شکل گرما ظاهر می‌شود. طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{f_k} = k_2 - k_1 = 0 - \frac{1}{2}mV_1^2 = -\frac{1}{2} \times 800 \times 10^2 \\ V_2 = 0 \Rightarrow k_2 = 0 \\ \Rightarrow W_{f_k} = -4 \times 10^4\ J \\ \Rightarrow \text{انرژی گرمایی تولید شده} = 4 \times 10^4\ J \end{cases}$$

**۲۰۵. گزینه ۴**

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{\text{برآیند}} = \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2 = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-3} \times (40^2 - 100^2)$$

$$W_{\text{برآیند}} = -84\ J$$

۲۰۶. گزینه ۱

با فرض آن‌که حرکت گلوله در دیوار افقی باشد کار نیروی وزن گلوله صفر است بنابراین تنها نیرویی که کار انجام می‌دهد، نیروی دیوار بر روی گلوله (F) است. پس طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_2 - k_1 = 0 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$\Rightarrow W_F = -\frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-3} \times 600^2$$

$$\Rightarrow W_F = -3600\ J$$

۲۰۷. گزینه ۴

با فرض آن‌که حرکت گلوله در دیوار افقی باشد، کار نیروی وزن گلوله صفر است بنابراین تنها نیرویی که کار انجام می‌دهد، نیروی دیوار بر روی گلوله (F) است، پس طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_2 - k_1 = 0 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$\Rightarrow W_F = -\frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-3} \times 40^2$$

$$W_F = -160\ J$$

از طرفی F و جابه‌جایی d گلوله در خلاف جهت هم هستند:

$$W_F = -Fd \Rightarrow -160 = -F \times 0/2 \Rightarrow F = 800\ N$$

۲۰۸. گزینه ۲

از لحظه‌ی برخورد چکش با میخ تا لحظه‌ی فرورفتن میخ در چوب، نیروی F از طرف چوب به میخ در خلاف جهت حرکت آن وارد می‌شود بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = k_2 - k_1 = 0 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$\Rightarrow W_F = -\frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 \Rightarrow W_F = -500\ J$$

از طرفی : $W_F = -\bar{F}d \Rightarrow -500 = -\bar{F} \times 2 \times 10^{-2}$

$$\Rightarrow \bar{F} = 25000\ N$$

۲۰۹. گزینه ۱

اتلاف انرژی در اثر کاری است که درخت روی گلوله انجام می‌دهد $W_R$ بنابراین طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{cases} W_{\text{برآیند}} = \Delta k \\ W_R = -0/6\,k_1 \end{cases} \Rightarrow W_R = k_2 - k_1$$

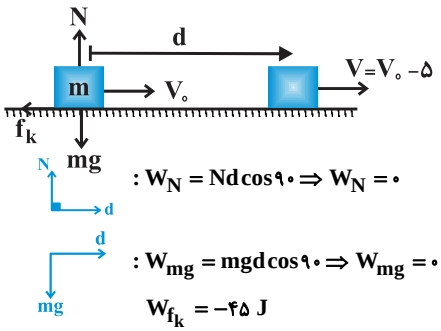
$$\Rightarrow -0/6k_1 = k_2 - k_1 \Rightarrow k_2 = 0/4k_1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m \times V_2^2 = 0/4 \times \frac{1}{2}m \times V_1^2$$

$$\Rightarrow 10^2 = 0/4 \times V_1^2 \Rightarrow V_1^2 = 250 \Rightarrow V_1 = \sqrt{250}$$

$$\Rightarrow V_1 = 5\sqrt{10}\ \frac{m}{s}$$

۲۱۰. گزینه ۲




$$: W_N = Nd\cos 90 \Rightarrow W_N = 0$$

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

$$W_{f_k} = -45\ J$$

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{mg} + W_N + W_{f_k}$$

$$= k_2 - k_1 = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2}m(V^2 - V_0^2)$$

$$\Rightarrow 0 + 0 - 45 = \frac{1}{2} \times 2[(V_0 - 5)^2 - V_0^2]$$

$$\Rightarrow -10V_0 + 25 = -45 \Rightarrow V_0 = 7\ \frac{m}{s}$$

۲۱۱. گزینه ۲

نیروهای F و اصطکاک ($f_k$) روی جسم کار انجام می‌دهند، کار نیروی وزن در جابه‌جایی‌های افقی صفر است، بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F + W_{f_k} = k_2 - k_1$$

$$\Rightarrow W - f_k d = k - 0 \Rightarrow W = k + f_k d \Rightarrow W > k$$

۲۱۲. گزینه ۳

در طول مسیر $A \longrightarrow C$ نیروهای اصطکاک و وزن کار انجام می‌دهند پس طبق قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow (W_{f_k})_{B\to C} + (W_{mg})_{A\to B} = k_C - k_A$$

$$\Rightarrow (W_{f_k})_{B\to C} + mgh = 0 - 0 = 0$$

$$\Rightarrow (W_{f_k})_{B\to C} = -mgh = -2 \times 10 \times 1/5 \Rightarrow W_{f_k} = -30\ J$$

از طرفی : $W_{f_k} = -f_k d = -f_k BC$

$$\Rightarrow -30 = -f_k \times 4 \Rightarrow f_k = 7/5\ N$$

۲۱۳. گزینه ۲

نیروی وزن و اصطکاک در این جابه‌جایی از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی C، کار انجام می‌دهند بنابراین طبق قضیه‌ی کار و انرژی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_{mg} + W_{f_k} = k_C - k_A$$

$$\Rightarrow mg(h-2) + W_{f_k} = \frac{1}{2}mV_C^2 - 0$$

$$\Rightarrow \circ/\lambda\times 1\circ\times(h-2)-22=\frac{1}{2}\times\circ/\lambda\times 5^2$$

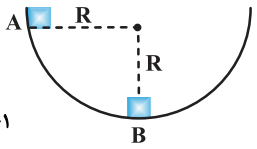
$$\Rightarrow h-2=4\Rightarrow h=6\ m$$

**۲۱۴.** گزینه ۲

در جابه‌جایی جسم از A تا B، نیروی وزن و اصطکاک کار انجام می‌دهند بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{برآیند}=\Delta k\Rightarrow W_{mg}+W_{f_k}=k_B-k_A$$

$$\Rightarrow W_{mg}+W_{f_k}=\circ-\circ=\circ$$



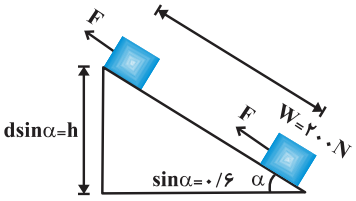

$$\Rightarrow W_{f_k}=-W_{mg}\Rightarrow \frac{W_{f_k}}{W_{mg}}=-1$$

**۲۱۵.** گزینه ۴

تندی ثابت است بنابراین داریم:

$$d=V.t=2\times 1\circ\Rightarrow d=2\circ\ m$$

$$h=d\sin\alpha=2\circ\times\circ/6\Rightarrow h=12\ m$$




از طرفی طبق قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی چون تندی ثابت است، داریم:

$$W_{برآیند}=\Delta k\Rightarrow W_F+W_{mg}+W_{f_k}=\circ$$

$$\Rightarrow W_F=-W_{mg}-W_{f_k}=-(-mgh)-(-f_k d)$$

$$\Rightarrow W_F=2\circ\circ\times 12+3\circ\times 2\circ$$

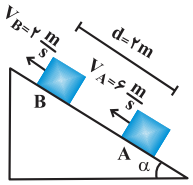
$$\Rightarrow W_F=3\circ\circ\circ\ J$$

**۲۱۶.** گزینه ۲

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{برآیند}=\Delta k=k_B-k_A$$

$$=\frac{1}{2}m(V_B^2-V_A^2)$$




$$W_{برآیند}=\frac{1}{2}\times\circ/4(2^2-6^2)$$

$$\Rightarrow W_{برآیند}=-6/4\ J$$

از طرفی اندازه کار نیروی برآیند برابر است با:

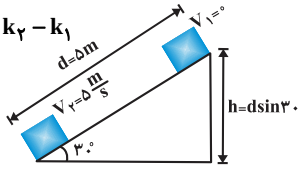
$$W_{برآیند}=F_{برآیند}\times d\Rightarrow 6/4=F_{برآیند}\times 2\Rightarrow F_{برآیند}=3/2\ N$$

**۲۱۷.** گزینه ۲

نیروی وزن و نیروی اصطکاک روی جسم کار انجام می‌دهند بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

$$W_{برآیند}=\Delta k\Rightarrow W_{mg}+W_{f_k}=k_2-k_1$$

$$mgh+W_{f_k}=\frac{1}{2}mV_2^2-\circ$$



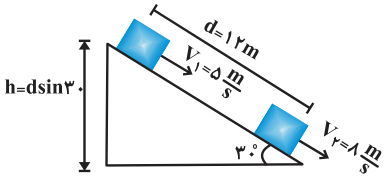

$$\Rightarrow W_{f_k}=\frac{1}{2}mV_2^2-mgd\sin 3\circ$$

$$=\frac{1}{2}\times\circ/2\times 5^2-\circ/2\times 1\circ\times 5\times\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-2/5\ J$$

**۲۱۸.** گزینه ۴

نیروهای وزن و اصطکاک بر روی جسم کار انجام می‌دهند بنابراین طبق قضیه کار- انرژی جنبشی داریم:




$$W_{برآیند}=\Delta k\Rightarrow W_{f_k}+W_{mg}=k_2-k_1\ ,\ W_{mg}=mgh$$

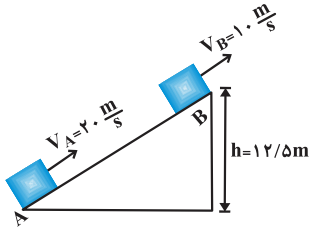
$$\Rightarrow W_{f_k}=\frac{1}{2}m(V_2^2-V_1^2)-mgh$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=\frac{1}{2}\times 2(8^2-5^2)-2\times 1\circ\times 12\times\sin 3\circ$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-81\ J$$

**۲۱۹.** گزینه ۲

نیروهای وزن و اصطکاک روی جسم کار انجام می‌دهند، بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:




$$W_{برآیند}=\Delta k\Rightarrow W_{f_k}+W_{mg}=k_B-k_A\ ,\ W_{mg}=-mgh$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=\frac{1}{2}m(V_B^2-V_A^2)+mgh$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=\frac{1}{2}\times 2(1\circ^2-2\circ^2)+2\times 1\circ\times 12/5$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-5\circ J$$

**۲۲۰.** گزینه ۴

چون نقاط ابتدا و انتهای حرکت یکی است پس کار نیروی وزن صفر است بنابراین فقط نیروی اصطکاک کار انجام می‌دهد بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

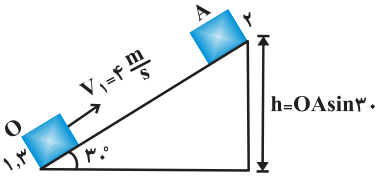
$$W_{برآیند}=\Delta k\Rightarrow W_{f_k}=\frac{1}{2}m(V_2^2-V_1^2)=\frac{1}{2}m[(\frac{1}{2}V_\circ)^2-V_\circ^2]$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-\frac{3}{8}mV_\circ^2$$

$$\frac{|W_{f_k}|}{k_\circ}=\frac{\frac{3}{8}mV_\circ^2}{\frac{1}{2}mV_\circ^2}=\circ/75$$

**۲۲۱.** گزینه ۱

چون جسم به مکان اولیه برمی‌گردد کار نیروی وزن صفر است بنابراین با توجه به قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:




$$W_{\text{برآیند}}=\Delta k \Rightarrow W_{f_k}=\frac{۱}{۲}m(V_۳^۲-V_۱^۲)=\frac{۱}{۲}m(۲^۲-۴^۲)$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-۶\times m$$

بنابراین کار نیروی اصطکاک در مسیر رفت (۲ ← ۱) یا برگشت (۳ ← ۲) نصف این مقدار است. در مسیر برگشت داریم:

$$W_{\text{برآیند}}=\Delta k \Rightarrow W_{mg}+W_{f_k}=\frac{۱}{۲}m(V_۳^۲-V_۲^۲)$$

$$\Rightarrow mgh-۳\times m=\frac{۱}{۲}m(۲^۲-۰)$$

$$\Rightarrow ۱۰\times OA\sin۳۰-۳=۲\Rightarrow OA=\frac{۵}{۵}\Rightarrow OA=۱\,m$$

**۲۲۲.** گزینه ۳

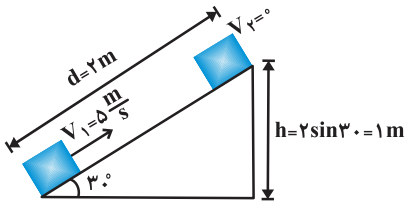
قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی را برای مسیر رفت جسم می‌نویسیم، دو نیروی وزن و اصطکاک روی جسم کار انجام می‌دهند.

$$W_{\text{برآیند}}=\Delta k \Rightarrow W_{mg}+W_{f_k}=k_۲-k_۱$$

$$-mgh+W_{f_k}=۰-\frac{۱}{۲}mV_۱^۲$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-\frac{۱}{۲}\times۲\times۵^۲+۲\times۱۰\times۱$$

$$\Rightarrow W_{f_k}=-۵\ J$$



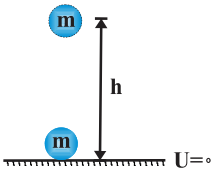

کار نیروی اصطکاک در مسیر برگشت هم برابر $-۵\ J$ است و در نتیجه کار نیروی اصطکاک در کل مسیر رفت و برگشت برابر $-۱۰\ J$ است.

**۲۲۳.** گزینه ۱

انرژی مصرف شده برای بالابردن جسم، به‌صورت انرژی پتانسیل گرانشی در جسم ذخیره می‌شود بنابراین داریم:

$$U=mgh\Rightarrow ۱۰=۱\times۱۰\times h$$

$$\Rightarrow h=۱m$$




**۲۲۴.** گزینه ۳

اگر جسم به‌اندازه‌ی $\Delta h$ به سطح زمین (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی $U=۰$) نزدیک شود انرژی پتانسیل گرانشی آن به‌صورت زیر تغییر می‌کند:

$$\Delta U=-mg\Delta h=-۱۲۰\times۱۰\times(۸۰-۳۵)$$

$$=-۵۴۰۰۰\,J$$

$$W_{mg}=-\Delta U\Rightarrow W_{mg}=+۵۴۰۰۰\ J$$

**۲۲۵.** گزینه ۱

راه‌حل اول:

$$\begin{cases}h_۱=(۶۰-۱۵)=۴۵\,m\\ h_۲=۶۰\,m\\ U_۱=-mgh_۱=-۷۰\times۱۰\times۴۵=-۳۱۵۰۰\,J\\ U_۲=-mgh_۲=-۷۰\times۱۰\times۶۰=-۴۲۰۰۰\,J\end{cases}$$

$$\Delta U=U_۲-U_۱=-۴۲۰۰۰-(-۳۱۵۰۰)$$

$$\Rightarrow \Delta U=-۱۰۵۰۰$$

راه‌حل دوم:

چون غواص به سمت پایین جابه‌جا شده است، پس داریم:

$$\Delta U=-mg\Delta h=-۷۰\times۱۰\times(۶۰-۴۵)$$

$$\Rightarrow \Delta U=-۱۰۵۰۰\ J$$

**۲۲۶.** گزینه ۱

$$\begin{cases}U_A=mgh\\ U_B=mg\frac{h}{۲}\end{cases}\Rightarrow\frac{U_B}{U_A}=\frac{۱}{۲}$$

**۲۲۷.** گزینه ۲

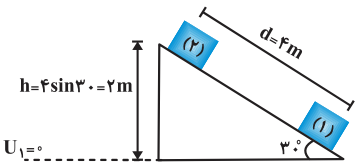
چون تندی جسم تغییر نکرده، بنابراین انرژی جنبشی ثابت می‌ماند.

**۲۲۸.** گزینه ۳

اگر سطح زمین را به‌عنوان مبدأ انرژی پتانسیل در نظر بگیریم، تغییر انرژی پتانسیل برابر است با:

$$\Delta U=mgh=۱۰۰۰\times۹/۸\times۲\Rightarrow \Delta U=۱۹۶۰۰\ J=۱۹/۶\ kJ$$

**۲۲۹.** گزینه ۳




$$\Delta U=U_۲-U_۱=U_۲-۰=U=mgh$$

$$\Rightarrow \Delta U=۵۰۰\times۲=۱۰۰۰\ J$$

**۲۳۰.** گزینه ۳

با توجه به این‌که کار نیروی وزن منفی است، بنابراین می‌توان گفت که جسم به سمت بالا جابه‌جا شده است بنابراین داریم:

$$\begin{cases} V_1 = ۴\,\frac{m}{s} \\ V_2 = ۰ \Rightarrow k_2 = ۰ \end{cases} \Rightarrow W_t = \Delta k$$

$$\Rightarrow W_{\text{فنر}} = k_2 - k_1 = ۰ - k_1 = -k_1$$

$$\Rightarrow W_{\text{فنر}} = -\frac{۱}{۲}mV_1^۲ = -\frac{۱}{۲}\times ۰/۵ \times ۴^۲$$

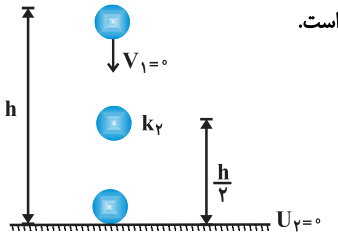
$$\Rightarrow W_{\text{فنر}} = -۴\ J$$

از طرفی تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی سامانه جسم- فنر برابر منفی کار نیروی فنر بر روی جسم است:

$$\Delta U_{\text{فنر}} = -W_{\text{فنر}} \Rightarrow \Delta U = -(-۴) \Rightarrow \Delta U = ۴\ J$$

**۲۳۵.** گزینه ۴

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است بنابراین انرژی مکانیکی جسم در طول مسیر پایسته است.




$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2 \Rightarrow ۰ + mgh = ۲۰ + mg\frac{h}{۲}$$

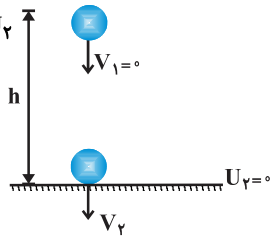
$$\Rightarrow mg\frac{h}{۲} = ۲۰ \Rightarrow ۱\times ۱۰ \times \frac{h}{۲} = ۲۰ \Rightarrow h = ۴\ m$$

**۲۳۶.** گزینه ۳

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است بنابراین انرژی مکانیکی جسم در طول مسیر پایسته است:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$\Rightarrow ۰ + mgh = k_2 + ۰$$




$$\Rightarrow k_2 = mgh \Rightarrow \frac{k_B}{k_A} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{h_B}{h_A} = \frac{۲m}{m} \times \frac{۲۰}{۱۰}$$

$$\Rightarrow \frac{k_B}{k_A} = ۴$$

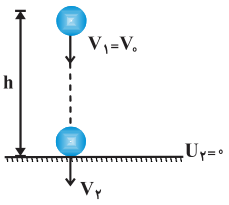
**۲۳۷.** گزینه ۴

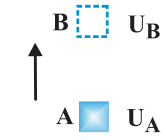
از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است بنابراین انرژی مکانیکی گلوله در طول مسیر پایسته است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$\Rightarrow k_1 + mgh = (k_1 + ۱۰) + ۰$$

$$۵۰\times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ \times h = ۱۰ \Rightarrow h = ۲۰\ m$$




$$\Delta U = -W_{mg} \Rightarrow U_B - U_A = -(-۴۰)$$

$$\Rightarrow ۶۰ - U_A = ۴۰ \Rightarrow U_A = ۲۰\ J$$

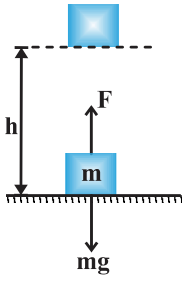
**۲۳۱.** گزینه ۲

$$(F_{\text{برآیند}})_y = ma \Rightarrow F - mg = ma$$

$$\Rightarrow F = m\frac{g}{۴} + mg \Rightarrow F = \frac{۵}{۴}mg$$

$$W_F = Fh\cos ۰ \Rightarrow W_F = \frac{۵}{۴}mgh$$

$$U = mgh \Rightarrow \frac{W_F}{U} = \frac{\frac{۵}{۴}mgh}{mgh} = \frac{۵}{۴}$$




**۲۳۲.** گزینه ۴

اگر جسم به‌اندازه‌ی $\Delta h$ به سطح زمین نزدیک شود، انرژی پتانسیل گرانشی جسم به‌صورت زیر تغییر می‌کند:

$$\begin{cases} \Delta U = -mg\Delta h = -mg(۴R) \\ \Delta h = h_P - h_Q = ۵R - R = ۴R \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta U = -۴mgR$$

$$\Delta h_{(S,P)} = ۵R - ۲R = ۳R$$

$$\Rightarrow \Delta U = -mg\Delta h_{(P,S)} = -۳mgR$$

$$W_{mg} = -\Delta U = ۳mgR$$

$$\frac{\Delta U_{(P,Q)}}{W_{mg}} = \frac{-۴mgR}{۳mgR} = -\frac{۴}{۳}$$

**۲۳۳.** گزینه ۴

زمین را مبدأ انرژی پتانسیل در نظر می‌گیریم و از مقاومت هوا صرف‌نظر می‌کنیم و فرض می‌کنیم جسم ابتدا در حال سکون بوده است.

$$W_{\text{شخص}} = \Delta U + \Delta K \Rightarrow W_{\text{شخص}} = U_2 - U_1 + k_2 - k_1$$

$$= mgh - ۰ + \frac{۱}{۲}mV^۲ - ۰$$

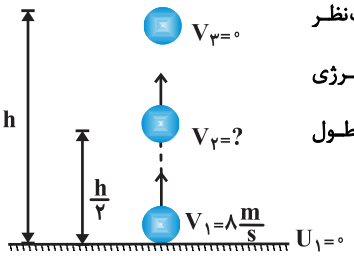
$$\Rightarrow W_{\text{شخص}} = ۱\times ۱۰ \times ۲ + \frac{۱}{۲}\times ۱ \times ۵^۲ \Rightarrow W_{\text{شخص}} = ۳۲/۵\ J$$

**۲۳۴.** گزینه ۱

با توجه به نبود اصطکاک از لحظه‌ی برخورد جسم با فنر تا لحظه‌ی متوقف شدن آن ($V_2 = ۰$)، فقط نیروی فنر بر روی جسم کار انجام می‌دهد بنابراین برای محاسبه‌ی کار نیروی فنر طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی داریم:

**۲۳۸.** گزینه ۳

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است، بنابراین انرژی مکانیکی جسم در طول مسیر پایسته است.




$$E_1=E_3\Rightarrow k_1+U_1=k_3+U_3$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_1^2+0=0+mgh\Rightarrow h=\frac{V_1^2}{2g}=\frac{8^2}{2\times10}$$

$$\Rightarrow h=3/2\ m$$

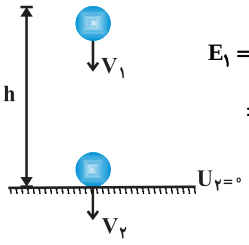
$$E_1=E_2\Rightarrow \frac{1}{2}mV_1^2=\frac{1}{2}mV_2^2+mg\frac{h}{2}$$

$$\Rightarrow V_2=\sqrt{V_1^2-gh}=\sqrt{8^2-10\times3/2}=\sqrt{32}$$

$$\Rightarrow V_2=4\sqrt{2}\ \frac{m}{s}$$

**۲۳۹.** گزینه ۱

از مقاومت هوا صرف‌نظر می‌شود بنابراین انرژی مکانیکی گلوله در طول مسیر ثابت است.




$$E_1=E_2\Rightarrow k_1+U_1=k_2+U_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_1^2+mgh=k_2+0$$

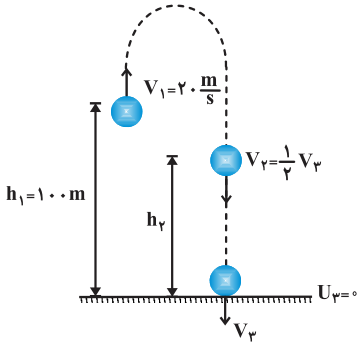
$$\Rightarrow k_2=\frac{1}{2}m\times8^2+m\times9/8\times10\Rightarrow k_2=130\ m$$

$$k_1=\frac{1}{2}mV_1^2=\frac{1}{2}m\times8^2\Rightarrow k_1=32\ m$$

$$\Rightarrow \frac{k_2}{k_1}=\frac{130m}{32m}\simeq4$$

**۲۴۰.** گزینه ۲

تندی گلوله درلحظه‌ای که از بالن رها می‌شود برابر $20\ \frac{m}{s}$ و جهت آن به سمت بالاست. از طرفی چون مقاومت هوا ناچیز است بنابراین انرژی مکانیکی گلوله در کل مسیر پایسته است.




$$E_1=E_3\Rightarrow k_1+U_1=k_3+U_3$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_1^2+0=0+mgh_1=\frac{1}{2}mV_3^2+0$$

$$\frac{1}{2}m\times20^2+m\times10\times100=\frac{1}{2}mV_3^2\Rightarrow V_3^2=2400$$

$$E_1=E_2\Rightarrow k_1+U_1=k_2+U_2$$

$$\Rightarrow 1200m=\frac{1}{2}m(\frac{V_3}{2})^2+mgh_2$$

$$\Rightarrow 10h_2=1200-300\Rightarrow h_2=90\ m$$

**۲۴۱.** گزینه ۳

با توجه به این‌که از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است پس انرژی مکانیکی بمب در طول مسیر پایسته است.

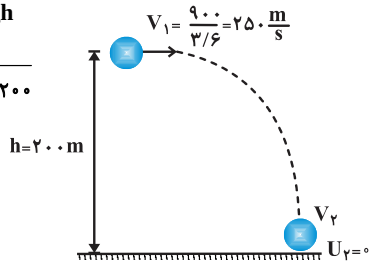
$$E_1=E_2\Rightarrow k_1+U_1=k_2+U_2$$

$$\frac{1}{2}mV_1^2+mgh=\frac{1}{2}mV_2^2+0$$

$$\Rightarrow V_2=\sqrt{V_1^2+2gh}$$

$$=\sqrt{250^2+2\times10\times200}$$

$$\Rightarrow V_2\simeq258\ \frac{m}{s}$$




**۲۴۲.** گزینه ۲

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است، بنابراین داریم:

$$\begin{cases}E_1=E_2\Rightarrow k_1+U_1=k_2+U_2\\U_1=0\end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_1^2+0=\frac{1}{2}mV_2^2+mgh_2$$

$$\frac{1}{2}\times(40)^2=\frac{1}{2}\times(20)^2+10h_2\Rightarrow h_2=60m$$

**۲۴۳.** گزینه ۲

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است بنابراین انرژی مکانیکی جسم در طول مسیر پایسته است پس تغییرات انرژی پتانسیل جسم برابر با منفی تغییرات انرژی جنبشی آن است.

$$E_1=E_2\Rightarrow k_1+U_1=k_2+U_2\Rightarrow U_2-U_1=-(k_2-k_1)$$

$$\Rightarrow \Delta U=-\Delta k$$

$$\begin{cases}V_1=0\Rightarrow k_1=0\\V_2=V\Rightarrow k_2=\frac{1}{2}mV^2\end{cases}\Rightarrow \Delta k=\frac{1}{2}mV^2$$

$$\Rightarrow \Delta U=-\Delta k=-\frac{1}{2}mV^2$$

بنابراین انرژی جنبشی جسم به‌اندازه‌ی $\frac{1}{2}mV^2$ زیاد می‌شود و در نتیجه انرژی پتانسیل آن به‌اندازه‌ی $\frac{1}{2}mV^2$ کاهش می‌یابد.

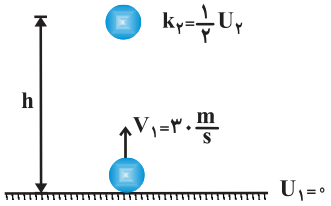
**۲۴۴.** گزینه ۳

چون مقاومت هوا وجود ندارد پس انرژی مکانیکی پایسته است.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow k_۱ + U_۱ = k_۲ + U_۲$$

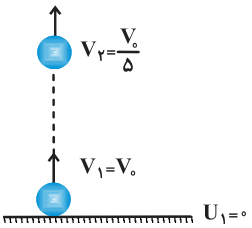
$$k_۱ = \frac{۱}{۲}U_۲ + U_۲ = \frac{۳}{۲}U_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ = \frac{۳}{۲}mgh$$

$$h = \frac{V_۱^۲}{۳g} = \frac{۳۰^۲}{۳\times۱۰} \Rightarrow h = ۳۰\ m$$




**۲۴۵.** گزینه ۱

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است پس انرژی مکانیکی گلوله در طول مسیر پایسته است.




$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow k_۱ + U_۱ = k_۲ + U_۲$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mV_۰^۲ + ۰ = \frac{۱}{۲}m(\frac{V_۰}{۵})^۲ + U_۲$$

$$\Rightarrow U_۲ = \frac{mV_۰^۲}{۲} - \frac{mV_۰^۲}{۵۰} \Rightarrow U_۲ = \frac{۲۴}{۵۰}mV_۰^۲$$

انرژی مکانیکی گلوله در نقطه‌ی ۲ همان انرژی مکانیکی گلوله در نقطه‌ی ۱ است:

$$E_۱ = k_۱ + U_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۰^۲ + ۰ \Rightarrow E_۲ = E_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۰^۲$$

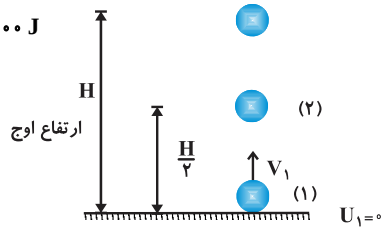
$$\frac{U_۲}{E_۲} = \frac{\frac{۲۴}{۵۰}mV_۰^۲}{\frac{۱}{۲}mV_۰^۲} \Rightarrow \frac{U_۲}{E_۲} = \frac{۲۴}{۲۵}$$

**۲۴۶.** گزینه ۴

اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر شود، انرژی مکانیکی جسم پایسته می‌ماند بنابراین انرژی مکانیکی در نصف ارتفاع اوج یا هر نقطه‌ی دیگری با انرژی مکانیکی در لحظه پرتاب برابر است:

$$E_۲ = E_۱ \Rightarrow E_۲ = k_۱ + U_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ = \frac{۱}{۲}\times۲\times۱۰^۲$$

$$\Rightarrow E_۲ = ۱۰۰\ J$$




**۲۴۷.** گزینه ۱

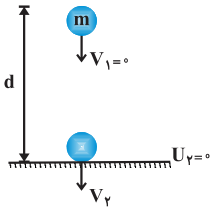
چون مقاومت هوا ناچیز است بنابراین انرژی مکانیکی پایسته است:

$$E = k + U = \text{ثابت} \Rightarrow K = -U + \text{ثابت}$$

بنابراین نمودار $k - U$ یک خط راست با شیب منفی و عرض از مبدأ مثبت است.

**۲۴۸.** گزینه ۴

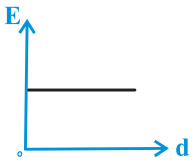
چون مقاومت هوا وجود ندارد پس انرژی مکانیکی (E) پایسته است (بدون تغییر می‌ماند):



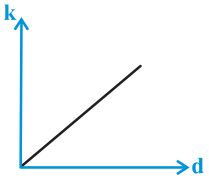

ثابت = E

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow k_۱ + U_۱ = k_۲ + U_۲$$

$$\Rightarrow ۰ + mgd = k_۲ \Rightarrow k_۲ = mgd$$




بنابراین نمودار انرژی جنبشی $(k_۲)$ و اندازه‌ی جابه‌جایی (d)، یک خط راست با شیب ثابت و مثبت است.




**۲۴۹.** گزینه ۳

کار برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر است با مجموع کار تک‌تک نیروهای وارد بر جسم

$$W_{\text{برآیند}} = W_۱ + W_۲ + \ldots$$

بنابراین اگر کار برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، مجموع کار نیروهای وارد بر جسم نیز صفر است.

**۲۵۰.** گزینه ۱

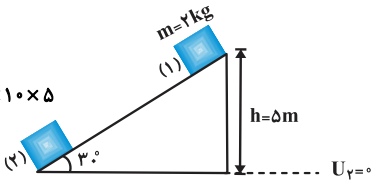
چون سطح بدون اصطکاک است انرژی مکانیکی وزنه در طول مسیر پایسته است.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow k_۱ + U_۱ = k_۲ + U_۲$$

$$۰ + mgh = k_۲ + ۰$$

$$\Rightarrow k_۲ = mgh = ۲\times۱۰\times۵$$

$$\Rightarrow k_۲ = ۱۰۰\ J$$



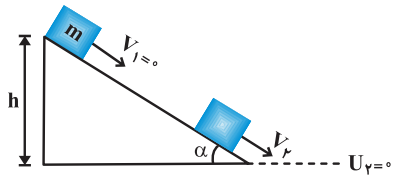

**۲۵۱.** گزینه ۳

چون از اصطکاک صرف‌نظر شده است انرژی مکانیکی جسم در طول مسیر پایسته است.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow k_۱ + U_۱ = k_۲ + U_۲$$

$$\Rightarrow \circ + mgh = \frac{1}{2}mV_2^2 + \circ$$

$$\Rightarrow V_2 = \sqrt{2gh}$$




بنابراین تندی گلوله در موقع رسیدن به پایین سطح فقط تابعی از ارتفاع سطح شیبدار است بنابراین برای هر دو جسم A و B که از یک ارتفاع مشخص رها می‌شوند، تندی آن‌ها در لحظه رسیدن به پایین سطح شیبدار یکی است.

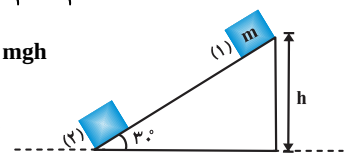
**۲۵۲.** گزینه ۴

از اصطکاک صرف‌نظر شده است پس انرژی مکانیکی جسم پایسته است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

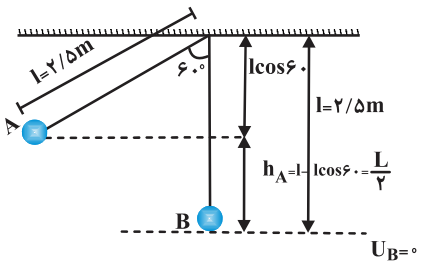
$$\circ + mgh = k_2 \Rightarrow k_2 = mgh$$

$$\frac{k_{\text{سبک}}}{k_{\text{سنگین}}} = \frac{m}{2m} \times \frac{h}{h} = \frac{1}{2}$$




**۲۵۳.** گزینه ۴

چون از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است بنابراین انرژی مکانیکی گلوله در طول مسیر پایسته است. بنابراین هر چه جسم پایین‌تر می‌رود انرژی پتانسیل آن کم‌تر و انرژی جنبشی آن بیش‌تر خواهد شد در نتیجه تندی گلوله در پایین‌ترین نقطه مسیر (نقطه B)، بیش‌ترین مقدار را خواهد داشت:




$$E_A = E_B \Rightarrow k_A + U_A = k_B + U_B$$

$$\circ + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B^2 + \circ$$

$$V_B^2 = \sqrt{2gh_A} = \sqrt{2g\frac{l}{2}} = \sqrt{gl} = \sqrt{10 \times 2/5}$$

$$\Rightarrow V_B = 5\frac{m}{s}$$

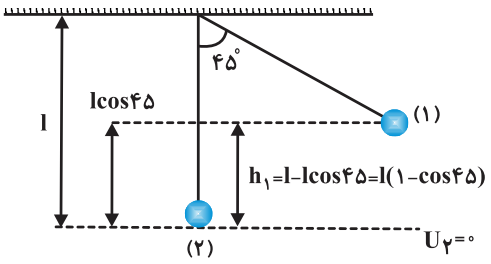
**۲۵۴.** گزینه ۴

اصطکاک و مقاومت هوا ناچیز است بنابراین انرژی مکانیکی آونگ پایسته است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$\circ + mgh_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 + \circ$$

$$\Rightarrow V_2 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2gl(1-\cos 45)}$$




بنابراین تندی آونگ در عبور از وضع تعادل فقط متناسب با $\sqrt{l}$ است:

$$\frac{V_A}{V_B} = \sqrt{\frac{l_A}{l_B}} = 1 \Rightarrow V_A = V_B$$

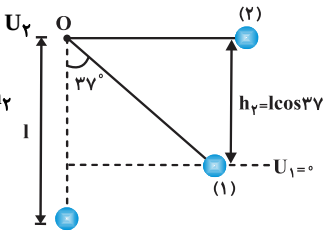
**۲۵۵.** گزینه ۲

چون از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است، انرژی مکانیکی آونگ پایسته می‌ماند.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$\frac{1}{2}mV_1^2 + \circ = \frac{1}{2}mV_2^2 + mgh_2$$

$$\Rightarrow V^2 = V_2^2 + 2gh_2$$




چون کم‌ترین مقدار V خواسته شده است باید فرض کنیم تندی در نقطه‌ی ۲ صفر شود و ریسمان دیگر بالاتر نرود.

$$\Rightarrow V = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2gl\cos 37}$$

$$= \sqrt{2 \times 10 \times 1/25 \times 0/8} = \sqrt{20} = \sqrt{4 \times 5}$$

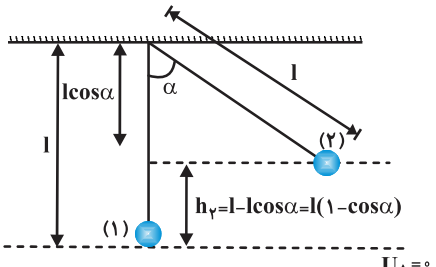
$$\Rightarrow V = 2\sqrt{5}\frac{m}{s}$$

**۲۵۶.** گزینه ۳

چون مقاومت هوا ناچیز است، انرژی مکانیکی آونگ پایسته است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

بالاترین نقطه‌ی مسیر، مکانی است که تندی در آن‌جا صفر است.




$$\frac{1}{2}mV_1^2 + \circ = \circ + mgh_2$$

$$V_1^2 = 2gh_2 = 2gl(1-\cos\alpha)$$

$$4^2 = 2 \times 10 \times 1/6(1-\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = 1-\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

**۲۵۷.** گزینه ۳

از مقاومت هوا صرف‌نظر شده است پس انرژی مکانیکی گلوله در مسیر پایسته است.

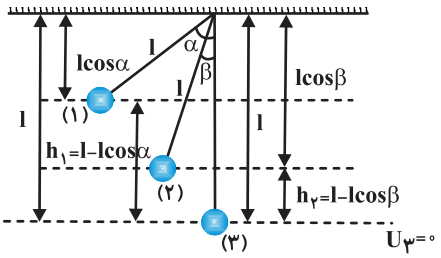
$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$0 + mgh_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 + mgh_2$$

$$\Rightarrow V_2^2 = 2gh_1 - 2gh_2 = 2g(h_1 - h_2)$$

$$V_2^2 = 2g(l - l\cos\alpha - l + l\cos\beta)$$

$$\Rightarrow V_2 = \sqrt{2gl(\cos\beta - \cos\alpha)}$$




بنابراین اگر گلوله‌ای را به‌اندازه‌ی زاویه‌ی $\alpha$ از وضع تعادل خارج کرده، رها کنیم تندی آن در هر لحظه از رابطه‌ی بالا به‌دست می‌آید.

$$\begin{cases}\alpha = 53^\circ \\ \beta = 0\end{cases} \Rightarrow V_3 = V = \sqrt{2gl(\cos 0 - \cos 53)}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{2\times 10\times 1\times 0/4} \Rightarrow V = \sqrt{8l}$$

$$\begin{cases}\alpha = 53 \\ \beta = ? \\ V_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}V\end{cases} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2gl(\cos\beta - \cos 53)}$$

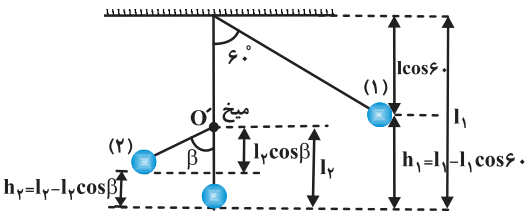
$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2}\times\sqrt{8l} = 2\sqrt{l} = \sqrt{20l(\cos\beta - 0/6)}$$

$$\Rightarrow 4l = 20l(\cos\beta - 0/6) \Rightarrow \cos\beta = 0/2 + 0/6 = 0/8$$

$$\Rightarrow \beta = 37^\circ$$

**۲۵۸.** گزینه ۳

مقاومت هوا ناچیز است بنابراین انرژی مکانیکی آونگ در طول مسیر پایسته است.




$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$0 + mgh = 0 + mgh_2 \Rightarrow h_1 = h_2$$

$$\Rightarrow l_1 - l_1\cos 60 = l_2 - l_2\cos\beta$$

$$\frac{l_1}{2} = l_2(1 - \cos\beta)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = 0/5(1 - \cos\beta) \Rightarrow 1 - \cos\beta = 1$$

$$\cos\beta = 0 \Rightarrow \beta = 90^\circ$$

**۲۵۹.** گزینه ۲

چون از اصطکاک صرف‌نظر شده است، انرژی مکانیکی ارابه در طول مسیر پایسته است. مبدأ انرژی پتانسیل را زمین در نظر می‌گیریم:

$$E_A = E_B \Rightarrow k_A + U_A = k_B + U_B$$

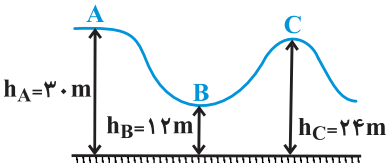
$$\frac{1}{2}mV_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B^2 + mgh_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\times(2)^2 + 10\times 4 = \frac{1}{2}\times V_B^2 + 10\times 1$$

$$V_B^2 = 64 \Rightarrow V_B = 8\ \frac{m}{s}$$

**۲۶۰.** گزینه ۴

چون اصطکاک ناچیز است انرژی مکانیکی ارابه پایسته است.




$$E_A = E_B \Rightarrow k_A + U_A = k_B + U_B$$

$$0 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B^2 + mgh_B$$

$$\Rightarrow V_B^2 = 2g(h_A - h_B) \quad (1)$$

$$E_A = E_C \Rightarrow k_A + U_A = k_C + U_C$$

$$\Rightarrow 0 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_C^2 + mgh_C$$

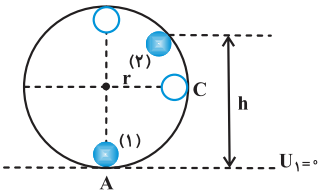
$$\Rightarrow V_C^2 = 2g(h_A - h_C) \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{V_B^2}{V_C^2} = \frac{2g(h_A - h_B)}{2g(h_A - h_C)} = \frac{30-12}{30-24} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\Rightarrow \frac{V_B}{V_C} = \sqrt{3}$$

**۲۶۱.** گزینه ۲

چون مسیر بدون اصطکاک است انرژی مکانیکی گلوله پایسته می‌ماند. از طرفی گلوله تا جایی بالا می‌رود که تندی آن صفر شود. اگر فرض کنیم این نقطه، نقطه (۲) باشد، داریم:




$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$\frac{1}{2}mV^2 + 0 = 0 + mgh \Rightarrow h = \frac{V^2}{2g} = \frac{2gr}{2g}$$

$$\Rightarrow h = r$$

یعنی جسم تا نقطه‌ی C بالا می‌رود.

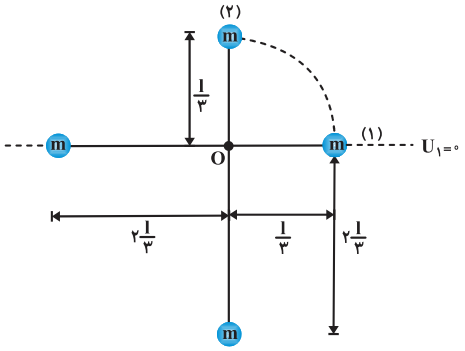
۲۶۲. گزینه ۱

چون از اصطکاک و مقاومت هوا صرف‌نظر شده است، انرژی مکانیکی جسم پایسته می‌ماند.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k_1 + U_1 = k_2 + U_2$$

$$0 + 0 = k_2 + mg\frac{l}{3} - mg \times \frac{2l}{3}$$

$$\Rightarrow k_2 = \frac{1}{3}mgl$$




۲۶۳. گزینه ۲

طبق تعریف، انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذره‌های تشکیل‌دهنده آن است.

گزینه‌ی «۱»: انرژی جنبشی متناسب با مجذور تندی است $k = \frac{1}{2}mV^2$.

گزینه‌ی «۳»: انرژی پتانسیل گرانشی متناسب با جرم و ارتفاع آن از سطح زمین است $U = mgh$.

گزینه‌ی «۴»: انرژی مکانیکی، مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی جسم است $E = k + U$.

۲۶۴. گزینه ۲

به علت وجود مقاومت هوا، انرژی مکانیکی جسم رفته‌رفته کاهش می‌یابد.

۲۶۵. گزینه ۳

حرکت تکه گل قبل و بعد از برخورد به قطار افقی است بنابراین انرژی پتانسیل آن در طول مسیر صفر است. از طرفی اگر کاری که باعث اتلاف انرژی می‌شود را با $W'$ نشان دهیم، داریم:

$$W' = E_2 - E_1 = k_2 + U_2 - k_1 - U_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 + 0 - \frac{1}{2}mV_1^2 - 0$$

$$\Rightarrow W' = \frac{1}{2}\times 400\times 10^{-3}\times(\frac{54}{3/6})^2 - \frac{1}{2}\times 400\times 10^{-3}\times(20)^2$$

$$W' = 45 - 80 \Rightarrow W' = -35\ J$$

بنابراین ۳۵ J انرژی در اثر این برخورد اتلاف می‌شود.

۲۶۶. گزینه ۴

مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین در نظر می‌گیریم، بنابراین داریم:

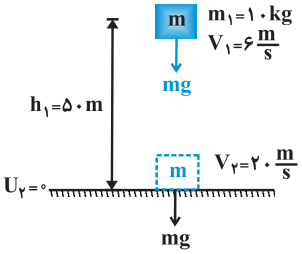
$$E_1 = K_1 + U_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 + mgh_1$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{1}{2}\times 10\times 6^2 + 10\times 10\times 50$$

$$\Rightarrow E_1 = 5180\ J$$

$$E_2 = K_2 + U_2 = \frac{1}{2}mV_2^2 + mgh_2$$

$$\Rightarrow E_2 = \frac{1}{2}\times 10\times 20^2 + 0 \Rightarrow E_2 = 2000\ J$$

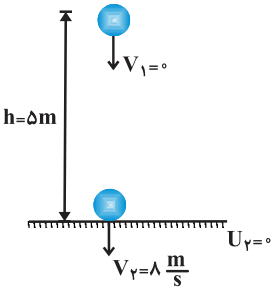



بنابراین کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا $(W_f)$ برابر است با:

$$W_f = E_2 - E_1 = 2000 - 5180 \Rightarrow W_f = -3180\ J$$

۲۶۷. گزینه ۲

کار نیروی مقاومت هوا را در طول مسیر با $W_R$ نشان می‌دهیم بنابراین داریم:

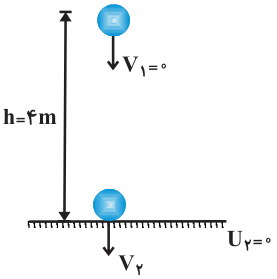



$$W_R = E_2 - E_1 = k_2 + U_2 - k_1 - U_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 + 0 - 0 - mgh$$

$$\Rightarrow W_R = \frac{1}{2}\times 2\times 8^2 - 2\times 10\times 5 \Rightarrow W_R = -36\ J$$

۲۶۸. گزینه ۳

اگر کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا را $W_R$ بنامیم، داریم:




$$W_R = E_2 - E_1$$

$$E_1 = k_1 + U_1 = 0 + mgh = m\times 10\times 4 \Rightarrow E_1 = 40m$$

طبق سؤال: $W_R = -0/2E_1 \Rightarrow W_R = -8\ m$

$$E_2 = k_2 + U_2 = \frac{1}{2}mV_2^2 + 0 \Rightarrow E_2 = \frac{1}{2}mV_2^2$$

$$\Rightarrow -8m = \frac{1}{2}mV_2^2 - 40m \Rightarrow 32 = \frac{1}{2}V_2^2 \Rightarrow V_2 = 8\ \frac{m}{s}$$

راه‌حل دوم:

وقتی جسم سقوط کرده، ٪۲۰ انرژی اولیه آن تلف شده و ٪۸۰ آن در لحظه برخورد با زمین باقی می‌ماند:

$E_۱ = k_۱ + U_۱ = ۰ + mgh \Rightarrow E_۱ = ۴۰\,m$

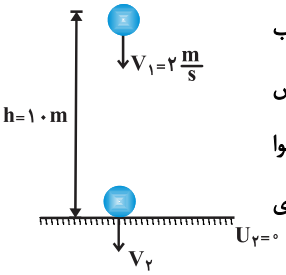
$\Rightarrow E_۲ = \frac{۸۰}{۱۰۰}E_۱ \Rightarrow E_۲ = ۳۲\,m$

$E_۲ = k_۲ + U_۲ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ + ۰$

$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ = ۳۲m \Rightarrow V_۲ = ۸\ \frac{m}{s}$

**۲۶۹. گزینه ۲**

به علت وجود مقاومت هوا، انرژی مکانیکی گلوله از لحظه پرتاب تا لحظه برخورد با زمین کاهش می‌یابد بنابراین کار نیروی هوا $(W_R)$ برابر با تغییرات انرژی مکانیکی آن است.




$W_R = E_۲ - E_۱ = (k_۲ + U_۲) - (k_۱ + U_۱)$

$\Rightarrow W_R = k_۲ + ۰ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ - mgh$

$\Rightarrow -۲ = k_۲ - \frac{۱}{۲}\times ۱۰۰\times ۱۰^{-۳}\times ۲^۲ - ۱۰۰\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰\times ۱۰$

$\Rightarrow k_۲ = -۲ + ۰/۲ + ۱۰ \Rightarrow k_۲ = ۸/۲\ J$

**۲۷۰. گزینه ۱**

اگر کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا را $W_R$ بنامیم آن‌گاه خواهیم داشت:

$W_R = E_۲ - E_۱ = (k_۲ + U_۲) - (k_۱ + U_۱)$

$= k_۲ - k_۱ + U_۲ - U_۱$

$\Rightarrow W_R = \Delta k + \Delta U \Rightarrow W_R = -۲۵ + ۴۰ \Rightarrow W_R = -۱۵\ J$

از طرفی چون نیروی مقاومت هوا $(R)$ در خلاف جهت حرکت جسم بر آن وارد می‌شود داریم:

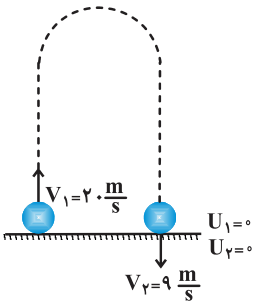
$W_R = Rd\cos\theta \Rightarrow W_R = Rd\cos\pi$

$\Rightarrow W_R = -Rd \Rightarrow -۱۵ = -R\times ۶$

$\Rightarrow R = ۲/۵\ J$

**۲۷۱. گزینه ۱**

کار نیروی مقاومت هوا بر روی توپ $(W_R)$ به‌صورت انرژی گرمایی به محیط و توپ داده می‌شود.




$E_۱ = k_۱ + U_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ + ۰ = \frac{۱}{۲}\times ۲۰۰\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰^۲$

$\Rightarrow E_۱ = ۱۰\ J$

$E_۲ = k_۲ + U_۲ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ + ۰ = \frac{۱}{۲}\times ۲۰۰\times ۱۰^{-۳}\times ۹^۲$

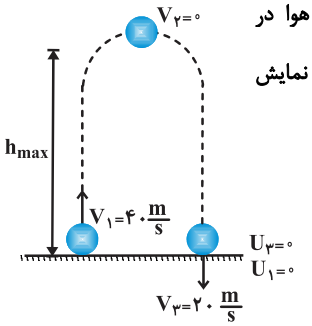
$\Rightarrow E_۲ = ۸/۱\ J$

$W_R = E_۲ - E_۱ = ۸/۱ - ۱۰ \Rightarrow W_R = -۱/۹\ J$

بنابراین ۱/۹ ژول انرژی به‌صورت گرما به محیط و توپ داده شده است.

**۲۷۲. گزینه ۴**

اگر کار نیروی مقاومت هوا در طول مسیر را با $W_R$ نمایش دهیم، خواهیم داشت:




$W_R = E_۳ - E_۱ = k_۳ + U_۳ - k_۱ - U_۱$

$= \frac{۱}{۲}mV_۳^۲ + ۰ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ - ۰$

$\Rightarrow W_R = \frac{۱}{۲}m\times ۲۰^۲ - \frac{۱}{۲}m\times ۴۰^۲ \Rightarrow W_R = -۶۰۰\,m$

از طرفی کار نیروی مقاومت هوا برابر مجموع کار نیروی مقاومت هوا در مسیر رفت و برگشت است و از آن‌جایی که کار نیروی مقاومت هوا در مسیر رفت دو برابر مسیر برگشت گلوله است، داریم:

$W_R = W_{\text{رفت}} + W_{\text{برگشت}} = W_{\text{رفت}} + \frac{W_{\text{رفت}}}{۲} = \frac{۳}{۲}W_{\text{رفت}}$

$\Rightarrow W_{\text{رفت}} = \frac{۲}{۳}W_R = \frac{۲}{۳}\times -۶۰۰\,m$

$\Rightarrow W_{\text{رفت}} = -۴۰۰\,m$

$W_{\text{رفت}} = E_۲ - E_۱ = k_۲ + U_۲ - k_۱ - U_۱$

$= ۰ + mgh_{max} - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ - ۰$

$\Rightarrow -۴۰۰m = ۱۰mh_{max} - \frac{۱}{۲}m\times ۴۰^۲$

$\Rightarrow -۴۰۰ + ۸۰۰ = ۱۰\,h_{max}$

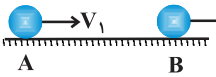
$\Rightarrow h_{max} = ۴۰$ متر

**۲۷۳. گزینه ۱**

جسم روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود بنابراین انرژی پتانسیل گرانشی در هر دو نقطه A و B صفر است، از طرفی انرژی مکانیکی در اثر حضور نیروهای اصطکاک تلف می‌شود:

$E_A = k_A + U_A = k_A = \frac{۱}{۲}m_A^۲$

$= \frac{1}{2} \times 0/45 \times (8)^2 = 14/4 \text{ J}$




کار نیروی اتلافی $W_f = \frac{20}{100} \times k_A = \frac{20}{100} \times 14/4 = 2/88 \text{ J}$

$$\begin{cases} W_f = E_B - E_A \\ E_B = k_B + U_B = k_B + 0 = k_B = \frac{1}{2} m V_B^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow -2/88 = \frac{1}{2} \times 0/45 \times V_B^2 - 14/4$$

$$\Rightarrow V_B \simeq 7/1 \frac{m}{s}$$

راه‌حل دوم:

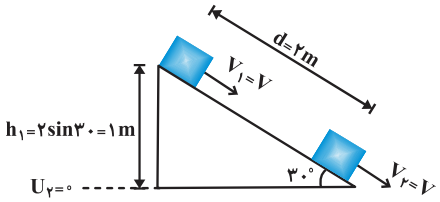
۲۰ درصد انرژی جنبشی تلف می‌شود بنابراین ۸۰ درصد آن به نقطه B می‌رسد:

$$k_B = 0/8 k_A \Rightarrow \frac{1}{2} m V_B^2 = 0/8 \times \frac{1}{2} m V_A^2$$

$$\Rightarrow V_B^2 = 0/8 \times 8^2 \Rightarrow V_B \simeq 7/1 \frac{m}{s}$$

**۲۷۴. گزینه ۴**

به علت وجود اصطکاک، انرژی مکانیکی جسم پایسته نیست و تغییر می‌کند.



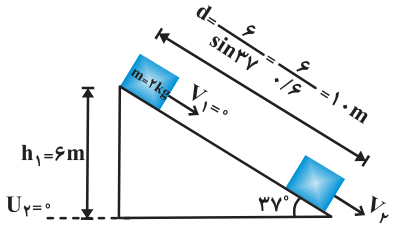

$$W_{f_k} = E_2 - E_1 = (k_2 + U_2) - (k_1 + U_1)$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = (k_2 - k_1) + (U_2 - U_1) = 0 + 0 - U_1 = -U_1$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = -mgh_1 = -2 \times 20 \times 1 \Rightarrow W_{f_k} = -20 \text{ J}$$

**۲۷۵. گزینه ۱**

در اثر وجود اصطکاک، انرژی مکانیکی پایسته نیست.




$$W_{f_k} = E_2 - E_1 = (k_2 + U_2) - (k_1 + U_1)$$

$$\Rightarrow -f_k d = \frac{1}{2} m V_2^2 + 0 - 0 - mgh_1$$

$$\Rightarrow -4 \times 10 = \frac{1}{2} \times 2 \times V_2^2 - 2 \times 10 \times 6$$

$$\Rightarrow V_2^2 = 80 \Rightarrow V_2 = \sqrt{80} = \sqrt{16 \times 5}$$

$$\Rightarrow V_2 = 4\sqrt{5} \frac{m}{s}$$

**۲۷۶. گزینه ۴**

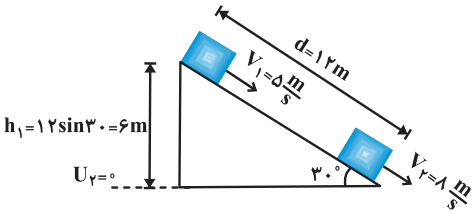
به‌علت وجود اصطکاک، انرژی مکانیکی جسم تغییر می‌کند بنابراین داریم:

$$W_{f_k} = E_2 - E_1 = (k_2 + U_2) - (k_1 + U_1)$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = (\frac{1}{2} m V_2^2 + 0) - (\frac{1}{2} m V_1^2 + mgh_1)$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = \frac{1}{2} \times 2(8^2 - 5^2) - 2 \times 10 \times 6$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = -81 \text{ J}$$



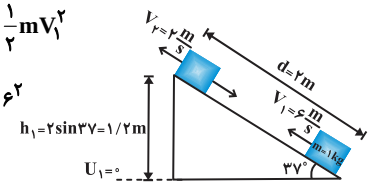

**۲۷۷. گزینه ۱**

$$E_1 = k_1 + U_1$$

$$= \frac{1}{2} m V_1^2 + 0 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2$$

$$\Rightarrow E_1 = 18 \text{ J}$$




$$E_2 = k_2 + U_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 + U_2$$

$$\Rightarrow E_2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 + 1 \times 10 \times 1/2 \Rightarrow E_2 = 14 \text{ J}$$

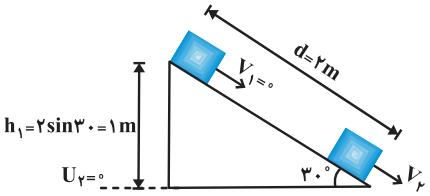
$$\Delta E = E_2 - E_1 = 14 - 18 \Rightarrow \Delta E = -4 \text{ J}$$

پس انرژی مکانیکی به‌اندازه‌ی ۴ J کاهش می‌یابد.

**۲۷۸. گزینه ۴**

به علت وجود اصطکاک، انرژی مکانیکی پایسته نمی‌ماند. انرژی تلف‌شده توسط اصطکاک را که به‌صورت گرما ظاهر می‌شود به‌صورت $E_{\text{تلف}}$ نشان می‌دهیم:

$$\begin{cases} k_1 = 0 \\ U_1 = mgh_1 = 0/5 \times 10 \times 1 = 5 \text{ J} \end{cases} \Rightarrow E_1 = 5 \text{ J}$$




$$E_{\text{تلف شده}} = -0/2 U_1 = -1 \text{ J}$$

$$\begin{cases} k_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 = \frac{1}{2} \times 0/5 V_2^2 = 0/25 V_2^2 \\ U_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow E_2 = 0/25 V_2^2$$

$$E_{\text{تلف شده}} = E_2 - E_1 \Rightarrow -1 = 0/25 V_2^2 - 5 \Rightarrow V_2^2 = 16$$

$$\Rightarrow V_2 = 4 \frac{m}{s}$$

راه‌حل دوم:

وقتی جسم به سمت پایین می‌لغزد، ۰/۲ انرژی پتانسیل آن به گرما تبدیل می‌شود و ۰/۸ آن در نقطه‌ی B وجود دارد:

$$\begin{cases} E_2 = k_2 + U_2 = \frac{1}{2}mV_2^2 + 0 \Rightarrow E_2 = \frac{1}{2}mV_2^2 \\ E_2 = 0/8U_1 = 0/8mgh_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_2^2 = 0/8mgh_1$$

$$V_2^2 = 2\times 0/8\times 10\times 1 = 16$$

$$V_2 = 4\ \frac{m}{s}$$

۲۷۹. گزینه ۳

زمین را به‌عنوان مبدأ پتانسیل در نظر می‌گیریم و به‌علت وجود اصطکاک انرژی مکانیکی پایسته نمی‌ماند:

$$(W_{f_k})_{A\to C} = E_C - E_A \Rightarrow (W_{f_k})_{A\to B} + (W_{f_k})_{B\to C}$$

$$= (k_C + U_C) - (k_A + U_A)$$

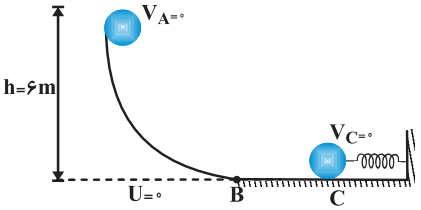
$$\Rightarrow 0 - f_k\overline{BC} = (0+0) - (0 + mgh_A)$$

$$\Rightarrow -\mu_k mg\overline{BC} = -mg\overline{AB}\sin 30$$

$$\Rightarrow -2\mu_k\overline{AB} = -\frac{1}{2}\overline{AB} \Rightarrow \mu_k = \frac{1}{4}$$

۲۸۰. گزینه ۳

حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر زمانی حاصل می‌شود که جسم در برخورد با فنر، آن‌را حداکثر متراکم کند یعنی تا نقطه‌ای که تندی آن صفر شده (C) و متوقف شود. با توجه به وجود اصطکاک انرژی مکانیکی گلوله پایسته نمی‌ماند.




$$E_A = k_A + U_A = 0 + mgh \Rightarrow E_A = mgh$$

$$E_C = k_C + U_C + (U_{\text{فنر}})_{max} = 0+0+(U_{\text{فنر}})_{max}$$

$$W_{f_k} = E_C - E_A$$

$$\Rightarrow -2 = (U_{\text{فنر}})_{max} - 200\times 10^{-3}\times 10\times 6$$

$$\Rightarrow (U_{\text{فنر}})_{max} = 10\ J$$

۲۸۱. گزینه ۳

طبق رابطه‌ی $W = Fd$، یک نیوتن. متر معادل یک ژول است.

بنابراین داریم: $1\frac{N.m}{s} \equiv 1\frac{J}{s} = 1W$

که وات واحد توان است.

۲۸۲. گزینه ۲

کاری که پمپ انجام می‌دهد صرف غلبه بر نیروی وزن آب می‌شود:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{1200\times 10\times 50}{60} \Rightarrow P = 10^4\ W$$

۲۸۳. گزینه ۳

کاری که کوهنورد انجام می‌دهد برای غلبه بر نیروی وزن‌اش است.

$$P_{\text{شخص}} = \frac{W_{\text{شخص}}}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{60\times 10\times 500}{20\times 60}$$

$$\Rightarrow P_{\text{شخص}} = 250\ W$$

۲۸۴. گزینه ۱

کاری که شخص انجام می‌دهد صرف غلبه بر نیروی وزن آن می‌شود:

$$P_{\text{شخص}} = \frac{W_{\text{شخص}}}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{75\times 10\times 5\times 3}{20}$$

$$= 562/5\ W = 0/562\ kW$$

۲۸۵. گزینه ۳

چون تندی ثابت است پس نیرویی که آسانسور باید وارد کند برابر وزن آسانسور و مسافران داخل آن است.

$$\begin{cases} P = FV\cos\theta = mgV\cos 0 \\ V = \frac{h}{t} = \frac{80}{3\times 60} = \frac{4}{9}\frac{m}{s} \end{cases}$$

$$P = (80\times 10 + 1000)\times 10\times\frac{4}{9} = 8000\ W \Rightarrow P = 8\ kW$$

۲۸۶. گزینه ۱

چون تندی ثابت است، برای این‌کار باید نیرویی برابر با mg از طرف موتور بر جسم وارد شود و همچنین توان متوسط با توان لحظه‌ای و تندی متوسط با تندی لحظه‌ای یکی است:

$$\overline{P} = \overline{F}V\cos\theta \Rightarrow P = mgV\cos 0 = 200\times 10\times 12 = 24000\ W$$

$$\Rightarrow P = 24\ kW$$

۲۸۷. گزینه ۱

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی، کار انجام شده توسط موتور هواپیما برابر با تغییر انرژی جنبشی آن است، بنابراین داریم:

$$W_t = \Delta k = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

$$= \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Rightarrow W_t = \frac{1}{2}\times 8\times 10^4\times((\frac{360}{3/6})^2 - 0) = 400\times 10^6\ J$$

بنابراین توان متوسط موتور برای انجام این کار برابر است با:

$$\overline{P} = \frac{W_t}{\Delta t} = \frac{400\times 10^6}{20} \Rightarrow \overline{P} = 20\times 10^6\ W$$

$$\Rightarrow \overline{P} = 20mW$$

۲۸۸. گزینه ۳

$$d = V.d \Rightarrow V = \frac{d}{t} = \frac{8/22\times 10^3}{60} = 137\ \frac{m}{s}$$

$$\begin{cases} P = FV\cos\theta = FV\cos 0 = FV = 3/73\times 10^5\times 137 \\ V \xleftarrow{d} \bullet \xrightarrow{} F \end{cases}$$

$$\Rightarrow P = 511/01\times 10^5\ W \xrightarrow[746\ W]{\text{هر اسب بخار (hP)}}$$

$$P = 68500\ hP$$

۲۸۹. گزینه ۴

$$P = FV\cos\theta \Rightarrow P = ۴۵۰۰ \times ۲ \times \cos ۰ = ۹۰۰۰ W$$

$$\Rightarrow P = ۹ kW$$

۲۹۰. گزینه ۳

چون تندی ثابت است، توان متوسط همان توان لحظه‌ای و تندی متوسط و تندی لحظه‌ای برابر هستند.

$$\bar{P} = F\bar{V}\cos\theta \Rightarrow ۱۰ \times ۱۰^{۳} = ۲۵۰۰ \times V \times \cos ۰$$

$$\Rightarrow V = \frac{۱۰۰۰۰}{۲۵۰۰} \Rightarrow V = ۴ \frac{m}{s}$$

۲۹۱. گزینه ۳

چون تندی ثابت است (شتاب صفر)، نیروی مقاومت آب با نیروی موتور قایق یکی است.

$$P = FV\cos\theta \Rightarrow ۲/۴ \times ۱۰^{۳} = F \times ۱۰ \times \cos ۰$$

$$\Rightarrow F = ۲۴۰ N$$

۲۹۲. گزینه ۱

چون اتومبیل با تندی ثابت (شتاب صفر) حرکت می‌کند، پس برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است و در نتیجه نیروی موتور اتومبیل برابر نیروهای مقاوم در برابر حرکت اتومبیل است و داریم:

$$P = FV\cos\theta \Rightarrow ۷/۵ \times ۱۰^{۳} = F \times \frac{۵۴}{۳/۶}$$

$$\Rightarrow F = \frac{۷۵۰۰}{۱۵} \Rightarrow F = ۵۰۰ N$$

۲۹۳. گزینه ۱

طبق قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی، کار انجام شده توسط موتور خودرو برابر با تغییر انرژی جنبشی آن است، بنابراین داریم:

$$W_t = k_۲ - k_۱ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲$$

$$= \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲) = \frac{۱}{۲} \times ۱/۴ \times ۱۰^{۳}(۲۴^۲ - ۱۴^۲)$$

$$\Rightarrow W_t = ۲۶۶۰۰۰ J$$

بنابراین حداقل (کم‌ترین) توان متوسط خودرو برای انجام این کار برابر است با:

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{۲۶۶۰۰۰}{۷} = ۳۸۰۰۰ W \Rightarrow \bar{P} = ۳۸ kW$$

۲۹۴. گزینه ۲

چون نیروی مقاوم ناچیز است تنها نیروی موتور اتومبیل $(F)$ کار انجام می‌دهد بنابراین طبق قضیه‌ی کار- انرژی داریم:

$$W_{\text{برآیند}} = \Delta k \Rightarrow W_F = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mV_۱^۲ = \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲)$$

$$\Rightarrow W_F = \frac{۱}{۲} \times ۹۰۰[(\frac{۷۲}{۳/۶})^۲ - ۰] \Rightarrow W_F = ۱۸ \times ۱۰^{۴} J$$

$$P = \frac{W_F}{t} = \frac{۱۸ \times ۱۰^{۴}}{۱۰} \Rightarrow P = ۱۸۰۰۰ W = ۱۸ kW$$

۲۹۵. گزینه ۱

تغییرات انرژی جنبشی آب هنگام خروج از دهانه لوله پمپ آتش‌نشانی نتیجه کار پمپ است.

$$W_{\text{پمپ}} = \Delta k_{\text{آب}} = \frac{۱}{۲}mV^۲ \Rightarrow W_{\text{پمپ}} = \frac{۱}{۲} \times ۷۵ \times ۲۰^۲$$

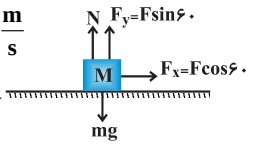
$$\Rightarrow W_{\text{پمپ}} = ۱۵۰۰۰ J$$

$$P_{\text{پمپ}} = \frac{W_{\text{پمپ}}}{t} = \frac{۱۵۰۰۰}{۶۰} \Rightarrow P_{\text{پمپ}} = ۲۵۰ W = ۰/۲۵ kW$$

۲۹۶. گزینه ۳

$$\bar{P} = F\bar{V}\cos\theta \quad و \quad \bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۱۰}{۵} = ۲ \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow \bar{P} = ۵۰ \times ۲ \times \cos ۶۰ \Rightarrow \bar{P} = ۵۰ W$$




۲۹۷. گزینه ۱

۲۰ درصد انرژی صرف راندن اتومبیل می‌شود:

$$(۱۰۰ - ۶۵ - ۱۵ = ۲۰)$$

$$\text{انرژی مفید} = ۶ lit \times ۳/۵ \times ۱۰^{۷} \frac{J}{lit} \times \frac{۲۰}{۱۰۰} = ۴/۲ \times ۱۰^{۷} J$$

$$\text{مدت زمان حرکت} : t = \frac{۱۰۰ km}{۹۰ \frac{km}{h}} = \frac{۱۰}{۹} h = \frac{۳۶۰۰۰}{۹} s \Rightarrow t = ۴۰۰۰ s$$

$$\begin{cases} P = \frac{E}{t} = \frac{۴/۲ \times ۱۰^{۷}}{۴۰۰۰} = ۱۰۵۰۰ W = \frac{۱۰۵۰۰}{۷۴۶} \Rightarrow P \simeq ۱۴ hp \\ (hp) \text{ هر اسب بخار} = ۷۴۶ W \text{ (وات)} \end{cases}$$

۲۹۸. گزینه ۴

$$\text{بازده} = \frac{\text{انرژی خروجی (مفید)}}{\text{انرژی تولیدی (کل)}} = \frac{E_{\text{مفید}}}{E_{\text{تولیدی}}}$$

$$E_{\text{تولیدی}} = P_{\text{تولیدی}} \times t = ۴۰۰ \times ۶۰ \Rightarrow E_{\text{تولیدی}} = ۲۴۰۰۰ J$$

$$\Rightarrow \frac{۷۵}{۱۰۰} = \frac{E_{\text{مفید}}}{۲۴۰۰۰} \Rightarrow E_{\text{مفید}} = ۱۸۰۰۰ J$$

$$E_{\text{گرمایی}} = E_{\text{تولیدی}} - E_{\text{مفید}} = ۲۴۰۰۰ - ۱۸۰۰۰$$

$$\Rightarrow E_{\text{گرمایی}} = ۶۰۰۰ J \Rightarrow E_{\text{گرمایی}} = ۶ kJ$$

۲۹۹. گزینه ۲

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \Rightarrow ۰/۹۵ = \frac{P_{\text{مفید}}}{۲ \times ۱۰^{۳}} \Rightarrow P_{\text{مفید}} = ۱۹۰۰ W$$

کاری که تلمبه برقی انجام می‌دهد صرف غلبه بر کار نیروی وزن می‌شود.

$$\text{در بالا رفتن} : W_{mg} = -mgh \Rightarrow W_{\text{تلمبه}} = mgh = m \times ۱۰ \times ۹/۵$$

$$\Rightarrow W_{\text{تلمبه}} = ۹۵ m$$

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{تلمبه}}}{t} \Rightarrow ۱۹۰۰ = \frac{۹۵m}{۶۰} \Rightarrow m = ۱۲۰۰kg$$

$$\Rightarrow m = ۱/۲\times۱۰^{۳}\ kg$$

**۳۰۰.** گزینه ۴

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{کل}}} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = ۰/۸\times۲۰۰ \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = ۱۶۰W$$

کاری که این ماشین انجام می‌دهد ($W_{\text{خروجی}}$) صرف غلبه بر کار نیروی وزن در جابه‌جایی بار به سمت بالا می‌شود:

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{W_{\text{خروجی}}}{t} = \frac{mgh}{t} \Rightarrow t = \frac{۴۰۰\times۱۰}{۱۶۰} \Rightarrow t = ۲۵\ s$$

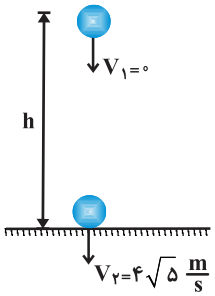
**۳۰۱.** گزینه ۱

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} = \frac{W_{\text{خروجی}}}{W_{\text{ورودی}}} \xrightarrow[(\text{بازده‌ی A}) > (\text{بازده‌ی B})]{(W_{\text{ورودی}})_A = (W_{\text{ورودی}})_B}$$

$$\Rightarrow (W_{\text{خروجی}})_A > (W_{\text{خروجی}})_B$$

از طرفی چون توان مولد A کم‌تر از مولد B است، مولد A برای انجام یک کار مشخص، زمان بیش‌تری باید صرف کند.

**۳۰۲.** گزینه ۳




چون جسم در شرایط خلأ سقوط کرده است بنابراین از مقاومت هوا صرف‌نظر شده و انرژی مکانیکی در طول مسیر پایسته است.

$$E_{۱} = E_{۲} \Rightarrow k_{۱} + U_{۱} = k_{۲} + U_{۲} \Rightarrow ۰ + mgh = \frac{۱}{۲}mV_{۲}^{۲} + ۰$$

$$h = \frac{V_{۲}^{۲}}{۲g} = \frac{(۴\sqrt{۵})^{۲}}{۲\times۱۰} \Rightarrow h = ۴\ m$$

کاری که ماشین در بالابردن جسم انجام می‌دهد ($W'$) صرف غلبه بر کار نیروی وزن می‌شود:

$$W' = mgh = ۲\times۱۰\times۴ \Rightarrow W' = ۸۰\ J$$

از طرفی کل انرژی ماشین در انجام این کار ۱۰۰ J بوده است

بنابراین داریم: $\text{بازده} = \frac{W'}{W} = \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۰/۸$

**۳۰۳.** گزینه ۱

کار نیروی وزن در پایین آمدن : $W_{mg} = mgh = m\times۱۰\times۹۰$

$$\Rightarrow W_{mg} = ۹۰۰\ m$$

توان ورودی به مولد $P_{\text{کل}} = \frac{W_{mg}}{t} = \frac{۹۰۰m}{۱}$

$$\Rightarrow P_{\text{کل}} = ۹۰۰\ m$$

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \Rightarrow \frac{۸۵}{۱۰۰} = \frac{۲۰۰\times۱۰^{۶}}{۹۰۰m}$$

$$\Rightarrow m = \frac{۲۰۰\times۱۰^{۶}}{۹\times۸۵} = ۲۶۱۴۳۷/۹\ kg$$

با توجه به این‌که جرم هر مترمکعب آب را برابر $۱۰^{۳}$ در نظر گرفتیم بنابراین داریم:

$$\text{حجم آب بر حسب } m^{۳} = \frac{۲۶۱۴۳۷/۹}{۱۰^{۳}} = ۲۶۱/۴\ m^{۳}$$