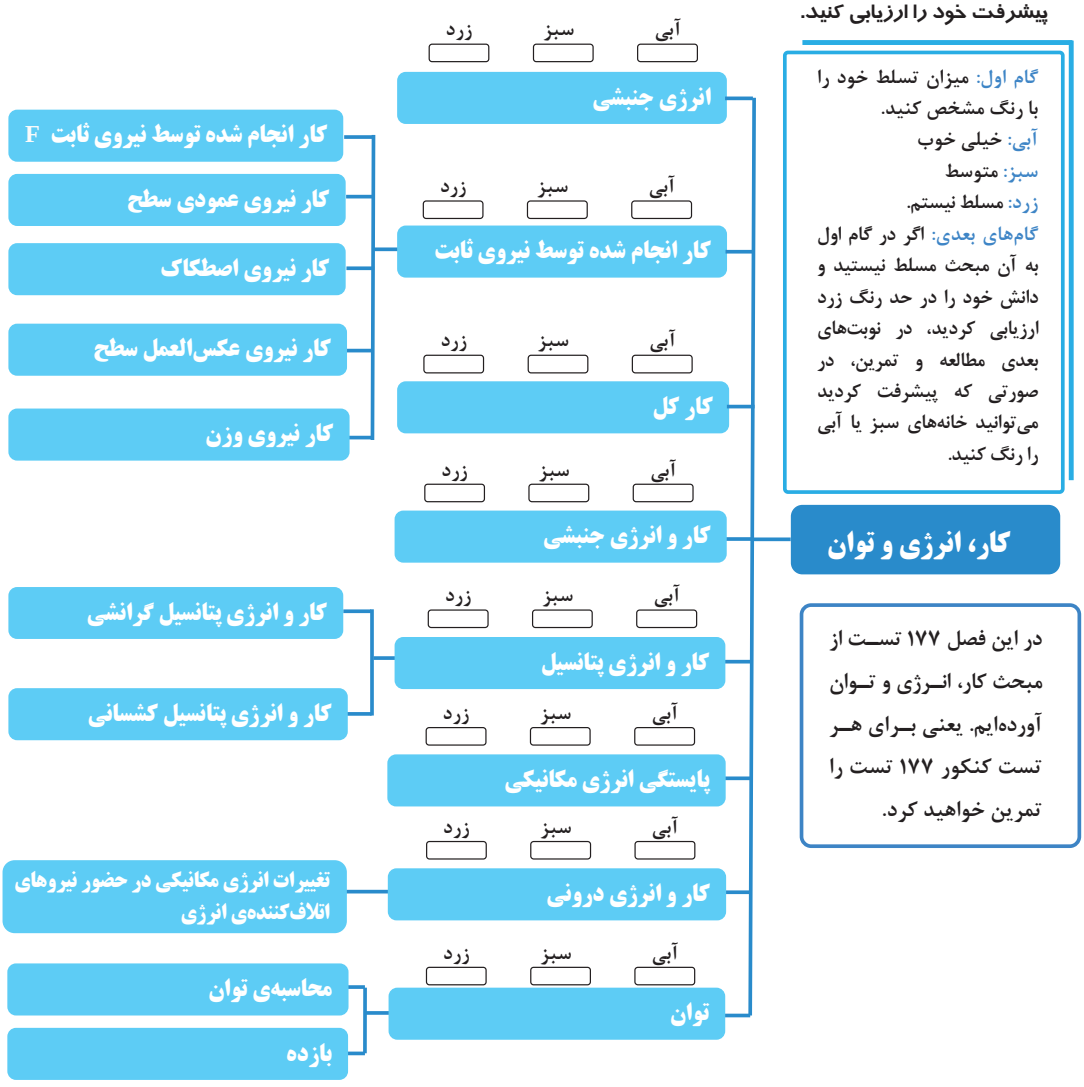
فصل ۲

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.



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

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.

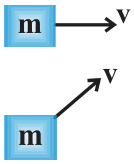
◀ **نکته:** یکای انرژی جنبشی و هر نوع دیگری از انرژی، $kg.\frac{m^2}{s^2}$ است که به افتخار جیمز ژول، فیزیکدان انگلیسی، ژول (J) نامیده می‌شود.

◀ **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

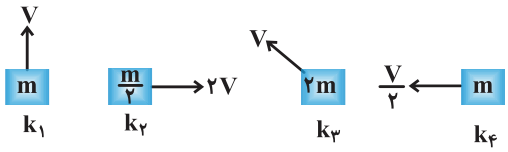
۱۳۰. نسبت انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی V در حرکت است، به انرژی جنبشی جسم دیگری که جرم آن $2m$ و تندی‌اش $\frac{1}{2}V$ می‌باشد، چقدر است؟ (سراسری تجربی ۷۹)

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) $5\sqrt{2}$

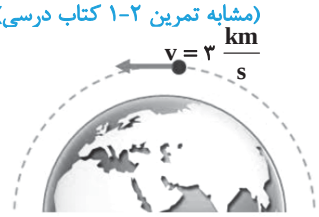
۱۳۴. اتومبیلی که با تندی $72km/h$ در حرکت است، تقریباً چه تندی‌ای برحسب متر بر ثانیه باید داشته باشد، تا انرژی جنبشی آن دو برابر شود؟ (سراسری تجربی ۷۲)

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) 9×10^{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

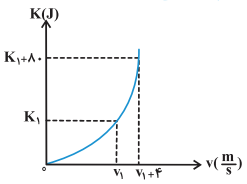
۱۴۰. پدری با پسرش در حال مسابقه دادن است. انرژی جنبشی پدر نصف انرژی جنبشی پسر و جرم وی، دو برابر جرم پسرش است. اگر پدر تندی‌اش را به‌اندازه‌ی $1\frac{m}{s}$ افزایش دهد، انرژی جنبشی‌اش با انرژی جنبشی پسرش یکی می‌شود. تندی اولیه پدر تقریباً چند $\frac{m}{s}$ بوده است؟ (مکمل پرسش ۲-۱ کتاب درسی)

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)

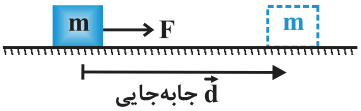


۱) ۲
۲) ۶
۳) ۱۰
۴) ۱۶

درس‌نامه

● کار انجام شده توسط نیروی ثابت F:

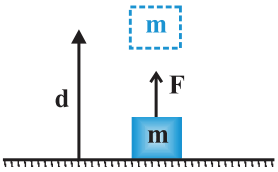
الف) حالتی که نیرو (F) و جابه‌جایی (d) در یک جهت باشند:



$W_F = Fd$ کار انجام شده بر حسب ژول (J)

F: اندازه‌ی نیرو بر حسب نیوتن (N)

d: اندازه‌ی جابه‌جایی بر حسب متر (m)



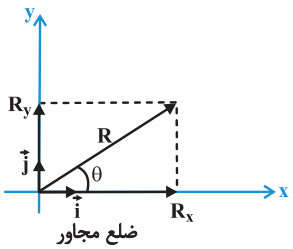
$W_F = Fd$

◄ **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 θ می‌سازند.

◄ یادآوری از تجزیه‌ی بردار:

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



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

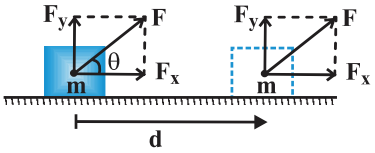
از طرفی با توجه به روابطی که برای نسبت‌های مثلثی داریم، می‌توان نوشت:

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

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

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

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

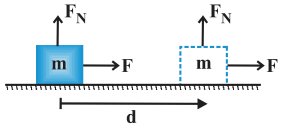
◀ **نکته:** اگر $0^\circ \le \theta < 90^\circ$ باشد، $\cos\theta > 0$ بوده و کار انجام شده توسط نیرو **مثبت** است.

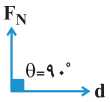
◀ **نکته:** اگر $90^\circ < \theta \le 180^\circ$ باشد، $\cos\theta < 0$ بوده و کار انجام شده توسط نیرو **منفی** است.

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

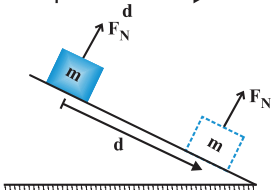
● **کار نیروی عمودی سطح (W_{F_N}):**

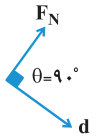
هنگامی که یک جسم روی سطح افقی و یا یک سطح شیب‌دار حرکت می‌کند با توجه به این‌که نیروی عکس‌العمل عمودی سطح (F_N) بر سطح عمود است می‌توان گفت زاویه بین این نیرو و جابه‌جایی $\theta = 90^\circ$ بوده و بنابراین کار آن **صفر** است.





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

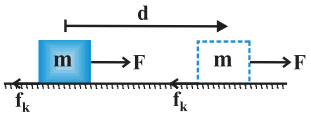


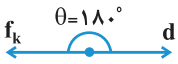


$$\Rightarrow W_N = F_N d\cos 90 = 0$$

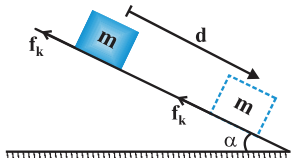
● **کار نیروی اصطکاک (W_{f_k}):**

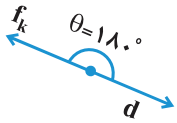
هنگامی که یک جسم روی یک سطح افقی و یا یک سطح شیب‌دار دارای اصطکاک حرکت می‌کند همواره نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت جسم بر آن وارد می‌شود بنابراین:





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



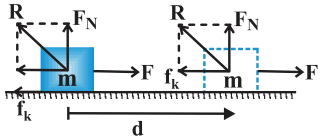


$$\Rightarrow W_{f_k} = f_k d\cos 180 = -f_k d$$

◀ **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:

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

کار انجام شده توسط نیروی ثابت

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

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

۱۴۴. یک قایق به جرم $500kg$ روی یک دریاچه بدون اصطکاک ساکن است. در لحظه‌ای که بادی ناگهانی با نیروی ثابت $\vec{F}$ به قایق شتابی به بزرگی $40\frac{m}{s^2}$ می‌دهد، این قایق در جهت نیرو به اندازه‌ی $8m$ جابه‌جا می‌شود. کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ چند ژول است؟ (مسئله ۱۳ کتاب درسی)

۱) ۱۶۰۰۰۰۰
۲) ۱۶۰۰۰۰
۳) ۱۶۰۰۰
۴) ۱۶۰۰

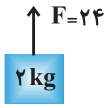
۱۴۵. برای کشیدن جعبه‌ای روی سطح افقی ۴۰ نیوتن نیرو لازم است. کار لازم برای ۸۰ سانتی‌متر جابه‌جایی جسم چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۷۴)

۱) ۳۲
۲) ۵۰
۳) ۳۲۰
۴) ۵۰۰

۱۴۶. جسمی بر روی یک سطح افقی تحت اثر نیروی F با تندی ثابت $4m/s$ حرکت می‌کند. اگر نیروی اصطکاک جنبشی $200N$ باشد، کار نیروی F در هر دقیقه، چند کیلو ژول است؟ (سراسری تجربی ۷۱)

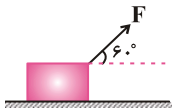
۱) ۰/۸
۲) ۳
۳) ۴۸
۴) ۴۸۰

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)



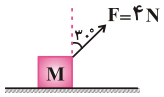
۱) افزایش می‌یابد.
۲) کاهش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
۴) بسته به شرایط، هر کدام ممکن است درست باشد.

۱۴۸. در شکل داده شده، نیروی $F = 6N$ تحت زاویه‌ی 60° به جسم وارد می‌شود، کار نیروی F در ۱۰ متر جابه‌جایی چند ژول است؟ (آزاد تجربی غیرپزشکی ۹۰)



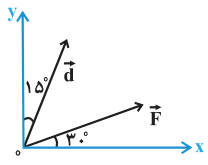
۱) $30\sqrt{3}$
۲) ۶۰
۳) $60\sqrt{3}$
۴) ۳۰

۱۴۹. در شکل زیر، نیروی $F = 4N$ 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)



۱) ۴
۲) $4\sqrt{3}$
۳) ۴۰
۴) $40\sqrt{3}$

۱۵۰. مطابق شکل زیر، در صفحه‌ی xoy، نیروی ثابت $F = 10N$ به جسمی اثر می‌کند و آن‌را به‌اندازه‌ی $d = 20m$ جابه‌جا می‌کند. کار نیروی F طی این جابه‌جایی چند ژول است؟ (آزمون کانون- دوم دبیرستان- ۲۱ بهمن ۹۰)



۱) ۲۰۰
۲) $100\sqrt{2}$
۳) ۱۰۰
۴) $100\sqrt{3}$

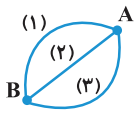
۱۵۱. بر جسم ساکنی تنها دو نیروی عمود بر هم $F_1 = 4N$ و $F_2 = 2N$ وارد می‌شود. پس از ۱۰ متر جابه‌جایی جسم، کار نیروی F_1 چند برابر کار نیروی F_2 است؟ (آزمون کانون- دوم دبیرستان- ۲۵ بهمن ۹۲)

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.

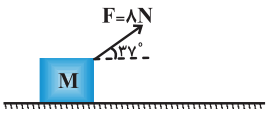
۱۵۴. جسمی به جرم $500g$، روی یک سطح افقی به‌وسیله‌ی نیروی F که تحت زاویه‌ی ۳۷ درجه بر جسم اثر می‌کند، به‌اندازه‌ی ۱۰ متر با تندی ثابت تغییر مکان می‌دهد. کار انجام شده توسط نیروی عمودی سطح چند ژول است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (سراسری ریاضی ۷۴ با اندکی تغییر)

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)

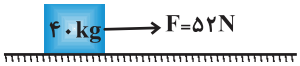


① -۶/۴ ② -۴/۸ ③ ۶/۴ ④ ۴/۸

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 نیوتون 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 $12N$ 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

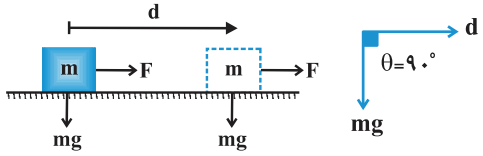
۱۵۹. جسمی به وزن W از بالای سطح شیبداری به طول L که با افق زاویه‌ی θ می‌سازد به پایین می‌لغزد. اگر سطح بدون اصطکاک باشد، کار نیروی عکس‌العمل سطح شیبدار دراین جابه‌جایی برابر با کدام یک از مقادیر زیر خواهد بود؟(مکمل مثال ۲-۵ کتاب درسی)

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

درس‌نامه

● کار نیروی وزن (W_{mg}):

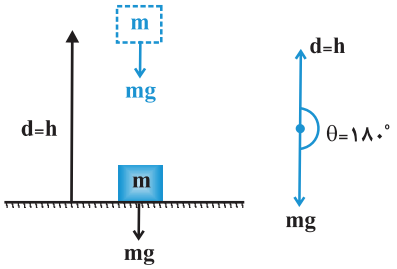
الف) جسم در راستای افقی جابه‌جا شود:



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

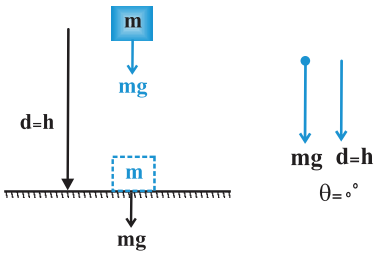
ب) جسم در راستای قائم جابه‌جا شود:

- جسم در راستای قائم به‌طرف بالا حرکت کند.



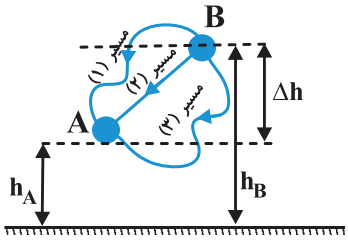
$$\theta = 180 \Rightarrow W_{mg} = mgd\cos 180 = -mgh$$

- 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 (Δh) دو نقطه‌ای که بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود بستگی دارد.



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

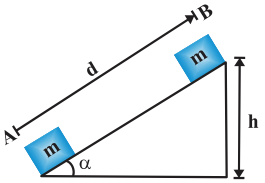
◄**تذکر:** در نکته‌ی بالا اگر جسم از A به B جابه‌جا شود، آن‌گاه داریم:

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

◄**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

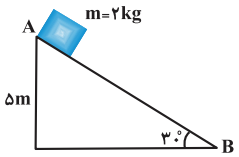
۱۶۰. نخی را به یک وزنه‌ی یک کیلوگرمی بسته و آن را با نیروی کشش ۴ نیوتون روی سطح افقی به اندازه‌ی یک متر جابه‌جا می‌کنیم. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۷۷)

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)

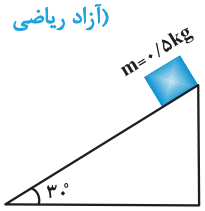
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

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)

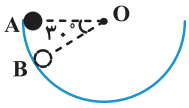


۱) ۱۵
۲) ۱/۵
۳) ۳
۴) ۳۰

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)

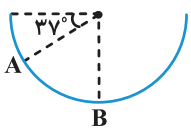
۱) -۳۰۰ ۲) -۶۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

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) $\frac{1}{4}mgR$

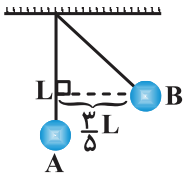
۱۶۶. جسم m به جرم ۱۰۰g درون نیم‌کره صیقلی به قطر ۶۰ سانتی‌متر به پایین می‌لغزد. کار نیروی وزن جسم از A تا B چند ژول است؟ ($g = 10m/s^2$, $\sin 37^\circ = 0/6$) (سراسری تجربی ۷۸)



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)



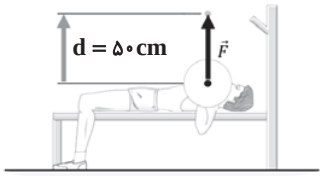
۱) ۱۲
۲) -۱۲
۳) ۳۶
۴) -۳۶

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)

۱) ۵ ژول ۲) ۱۰ ژول ۳) ۵۰ ژول ۴) 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)



۱) -۲۰۰
۲) ۲۰۰
۳) -۱۹۶
۴) 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)

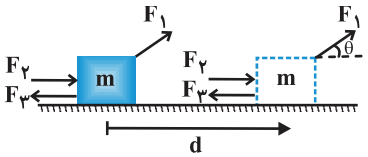
۱) ۱۲۱۴/۴
۲) ۱۲۱/۴۴
۳) ۱۳۱۲/۲
۴) ۱۳۱/۲۲

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:

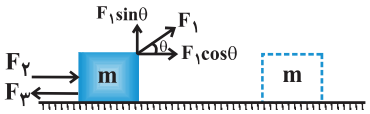
۱) کار انجام شده توسط هر نیرو به‌طور **جداگانه** محاسبه شود در نهایت کار کل (W_t) برابر **جمع جبری** کار انجام شده توسط تک‌تک نیروهاست.



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

◀ **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 (ΔK) برابر است.

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

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

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

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

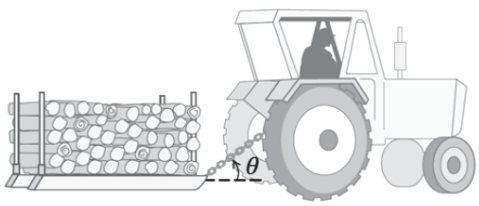
◀ **تذکر:** قضیه‌ی کار- انرژی جنبشی نه تنها برای حرکت یک جسم روی مسیر مستقیم معتبر است بلکه اگر جسم روی مسیر خمیده‌ای نیز حرکت کند می‌توان از آن استفاده کرد.

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

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)



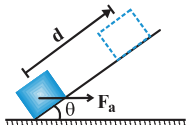
① $141000\,J$

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)



۱) ۸ ۲) ۰/۵ ۳) -۸ ۴) -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)

۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) 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)

۱) -۱۱ ۲) ۱۱ ۳) -۲۲ ۴) ۲۲

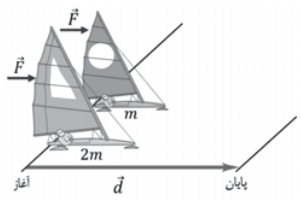
۱۷۵. اگر کار کل نیروهای وارد بر جسمی به جرم $۲kg$ برابر ۲۱ ژول و تندی جسم در ابتدا برابر $۲\frac{m}{s}$ باشد، پس از انجام این کار بر روی جسم، تندی آن به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟ (آزاد ریاضی بعدازظهر ۸۲)

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۳ ۴) 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)

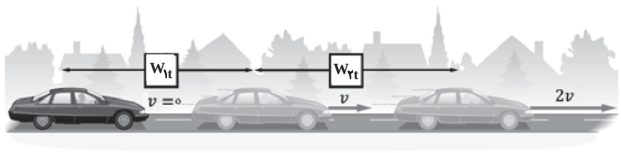
۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۱۲

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)



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

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)

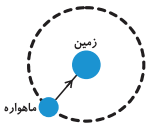


۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۳ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳}{۲}$

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.

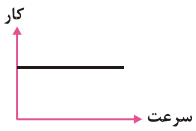
۱۸۱. شخصی به جرم $75\,kg$، چمدانی به جرم $10\,kg$ را از روی زمین برداشته و در داخل صندوق عقب اتومبیل خود قرار می‌دهد. اگر ارتفاع کف صندوق عقب از سطح زمین $1\,m$ باشد، کدام گزینه نادرست است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$ (مشابه با پرسش و مسئله ۴ پایان کتاب درسی)

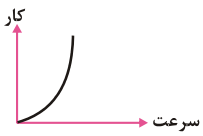
① کار نیروی وزن در این جابه‌جایی $-100\,J$ است.
② کاری که شخص برای غلبه بر نیروی وزن انجام می‌دهد برابر $100\,J$ است.
③ انرژی جنبشی چمدان در این جابه‌جایی تغییر نمی‌کند.
④ انرژی جنبشی چمدان در این جابه‌جایی $100\,J$ تغییر کرده است.

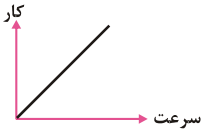
۱۸۲. انرژی جنبشی جسمی ۲۰ ژول است، نیروی ثابت F هم‌راستا و هم‌سو با حرکت بر آن وارد می‌شود و پس از ۱۰ متر جابه‌جایی انرژی جنبشی جسم به ۳۲ ژول می‌رسد. F چند نیوتون است؟ (آزاد ریاضی ۷۴)

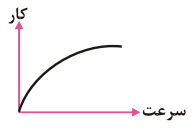
① ۱/۲ ② ۳/۲ ③ ۱۲/۵ ④ ۱۶

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 $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

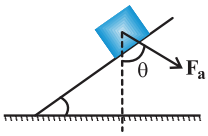
۱۸۸. اتومبیلی به جرم ۲ تن در یک جاده‌ی شیب‌دار که با سطح افق زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد، رو به بالا در حرکت است. اگر تندی اتومبیل در مدت ۲۰ ثانیه از $۲\frac{m}{s}$ به $۱۲\frac{m}{s}$ برسد، کار کل انجام شده بر روی اتومبیل در این بازه‌ی زمانی چند کیلوژول است؟ (خارج از کشور تجربی ۸۷)

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 $۵۰۰\sqrt{۳}$
③ ۵۰۰
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

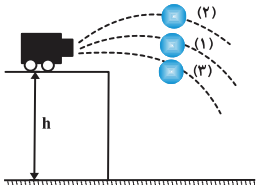
۱۹۱. شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با واردکردن نیروی ثابت $۵۲N$، جعبه‌ای به جرم $۴kg$ را از حال سکون تا ارتفاع $۱۵۰cm$ در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند. تندی نهایی جعبه کدام است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$ (مشابه تمرین ۲-۹ کتاب درسی)

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؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ 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 ۸۰۰ متری از حال سکون رها می‌شود. جرم چترباز به همراه چترش $۸۰kg$ است. اگر او با تندی $۵\frac{m}{s}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا در مسیر سقوط چند کیلوژول است؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$) (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