# ۲

# کار، انرژی و توان

## شناسنامه فصل

| | | تعداد تست |
|---|---|---|
| بخش ۱ | انرژی جنبشی- کار انجام شده توسط نیروی ثابت | ۲۰ |
| بخش ۲ | کار و انرژی جنبشی- کار و انرژی پتانسیل- پایستگی انرژی مکانیکی | ۲۰×۲ |
| بخش ۳ | کار و انرژی درونی - توان | ۲۰×۳ |
| آزمون | آزمون ۱ - آزمون۲ | ۲۵×۲ |
| | کل تست‌های فصل | ۱۷۰ |

میانگین تعداد تست‌های طرح شده در کنکور سراسری

| | |
|---|---|
| رشته ریاضی | ۱ از ۴۵ |
| رشته تجربی | ۱ از ۳۰ |

تقریباً انرژی را می‌توان جزو مهم‌ترین موضوعات فیزیک دانست. انرژی در علم فیزیک، در یک تقسیم‌بندی ساده، به دو دستهٔ کلی انرژی جنبشی[1] و پتانسیل تقسیم‌بندی می‌شود و همهٔ انواع انرژی‌های موجود در طبیعت، در یکی از این دو شاخه قرار می‌گیرد. در فصل پیش رو، پس از آشنایی با انرژی جنبشی، مفهوم کار را بیان می‌کنیم. سپس ارتباط بین کار و انواع انرژی بررسی می‌شود. در پایان، نقش زمان را در حین انجام کار، در قالب توان بیان خواهیم کرد.

## انرژی جنبشی

توپی که توسط بازیکن فوتبال شوت شده است، اتومبیل در حال حرکت، الکترونی که به دور هسته در حال گردش است و... همگی دارای انرژی هستند. بخشی از انرژی این اجسام، به علت حرکت آن‌هاست که به آن انرژی جنبشی گفته می‌شود.

انرژی جنبشی با جرم[2] جسم و مجذور تندی[3] آن رابطه دارد:

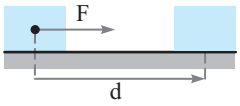
$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

طبق مطالب بیان‌شده در فصل اول برای استفاده از این رابطه، جرم را بر حسب کیلوگرم $(kg)$ و تندی را با یکای $(\frac{m}{s})$ جایگذاری می‌کنیم. به این ترتیب، یکای انرژی $\frac{kgm^2}{s^2}$ خواهد بود که به اختصار ژول $(J)$ نامیده می‌شود.

*اگه تندی جسم، با واحد $\frac{km}{h}$ یا هر واحد دیگری غیر از $\frac{m}{s}$ باشه، باید به $\frac{m}{s}$ تبدیل بشه و بعد در رابطه جایگذاری بشه! از واحد جرم هم غافل نشین!*

## کار انجام شده توسط نیروی ثابت

کار[4] در فیزیک، هنگامی انجام می‌شود که جسمی در اثر اعمال نیرو[5]، جابه‌جا شود، با توجه به اینکه جابه‌جایی[6] و نیرو، دو کمیت برداری هستند، رابطهٔ کار را در چند حالت بررسی خواهیم کرد:



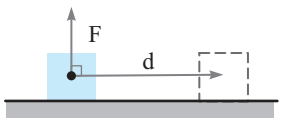

**۱** اگر نیروی اعمال شده $(\vec{F})$ و جابه‌جایی جسم $(\vec{d})$ هم‌جهت باشند، کاری که توسط نیروی $\vec{F}$ روی جسم انجام شده است: از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$W = Fd$$

**نکته**

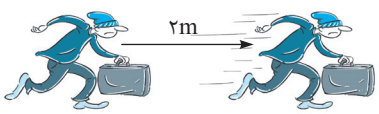
**طبق رابطهٔ کار، واحد سنجش کار، N.m است که به اختصار ژول (J) نامیده می‌شود.**

**۲** اگر نیروی وارد شده بر جسم، عمود بر جابه‌جایی جسم باشد، با اینکه نیرو بر جسم اعمال شده، اما این نیرو کاری انجام نمی‌دهد. $W = 0$




**پرسش نمونه**

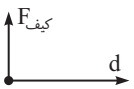
**فردی، کیف دستی‌اش به جرم ۱/۵kg را در دست گرفته و دو متر حرکت می‌کند.**
**کاری که این شخص بر روی کیف انجام داده است را محاسبه کنید.**



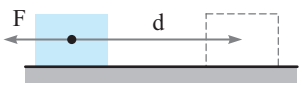

نیرویی که شخص برای نگه داشتن کیف به آن اعمال کرده است، برابر وزن کیف و در راستای عمود است.

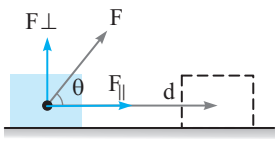
$$F = mg = 1/5 \times 10 = 15N$$

اما چون نیرو بر جابه‌جایی کیف عمود است، کاری روی کیف انجام نمی‌شود.




1. Kinetic Energy
2. mass
3. Velocity
4. Work
5. Force
6. distance



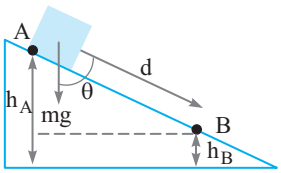

۳ اگر نیروی اعمال شده بر جسم، خلاف جهت جابه‌جایی باشد، این نیرو با جابه‌جایی جسم مخالفت می‌کند و کار این نیرو منفی است. در نتیجه کار این نیرو بر روی جسم از رابطهٔ $W=-Fd$ به‌دست می‌آید.

۴ در حالت کلی، اگر نیرو و جابه‌جایی با یکدیگر زاویهٔ $\theta$ داشته باشند، بخشی از نیرو که به موازات جابه‌جایی است، روی جسم کار انجام می‌دهد و بخشی که عمود بر جابه‌جایی است، کاری انجام نمی‌دهد. به این ترتیب کار نیروی $F$ در جابه‌جایی $d$، برابر است با:

$$\Rightarrow W=(F\cos\theta)\,d$$

در ادامه به تشریح کار انجام‌شده توسط تعدادی از نیروی متداول خواهیم پرداخت:

### نیروی وزن



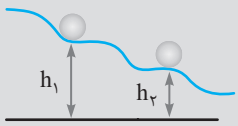

نیروی جاذبهٔ بین زمین و اجسام نزدیک به سطح زمین، نیروی وزن نام دارد. مطابق شکل، جسمی را در نظر بگیرید که از نقطهٔ $A$ تا نقطهٔ $B$ جابه‌جا شده است. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی برابر است با:

$$W_{mg}=(mg)(d)(\cos\theta)\xrightarrow{d\cos\theta=h_A-h_B}W_{mg}=mg(\Delta h)$$

**نکته**

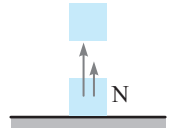
**۱ اگر جسم حرکت رو به پایین داشته باشد، کار نیروی وزن مثبت است. اگر جسم رو به بالا حرکت کند، نیروی وزن مخالف حرکت است و علامت کار آن منفی است.**

**۲ اگر مسیر حرکت جسم منحنی هم باشد،کار نیروی وزن از رابطهٔ بالا محاسبه می‌شود و تنها به تغییرات ارتفاع جسم مربوط می شود.**

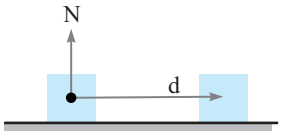



### نیروی عمودی تکیه‌گاه

هنگامی که دو جسم با یکدیگر در تماس هستند، برای جلوگیری از در هم رفتن و تغییر شکل یافتن، به یکدیگر نیرویی وارد می‌کنند. این نیرو عمود بر سطح آن‌هاست و مقدار آن به شرایط مسئله بستگی دارد. این نیرو را نیروی عمودی تکیه‌گاه می‌نامیم. نیروی عمودی تکیه‌گاه، در جابه‌جایی‌های به موازات سطح، کاری انجام نمی‌دهد، اما در مواردی مانند حرکت جسم درون آسانسور، این نیرو کار انجام می‌دهد.




وقتی جسم را در راستای عمودی جابه‌جا می‌کنیم، نیروی عمودی تکیه‌گاه بر روی جسم کار انجام می‌دهد.




وقتی جسم را به طور افقی جابه‌جا می‌کنیم، نیروی عمودی تکیه‌گاه کاری انجام نمی‌دهد؛ چرا که عمود بر جابه‌جایی جسم است.

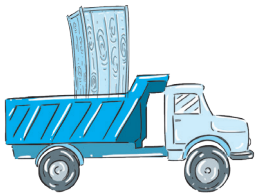
### نیروی اصطکاک

نیروی اصطکاک، نیرویی است که مانع از حرکت دو جسم که با هم در تماس هستند، نسبت به یکدیگر می‌شود. این نیرو به دو شکل ایستایی و جنبشی تقسیم می‌شود.

۱ **کار نیروی اصطکاک ایستایی:** نیروی اصطکاک ایستایی، تا زمانی که دو جسم نسبت به یکدیگر ساکن هستند، میان آن‌ها وجود دارد. اگر مجموعهٔ دو جسم با هم حرکت کند در حالتی که (نسبت به هم ساکن هستند)، نیروی اصطکاک ایستایی بر روی یکی از اجسام کار منفی و بر روی دیگری کار مثبت انجام می‌دهد.

**پرسش نمونه**

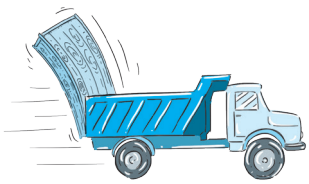
**اتومبیلی مطابق شکل، حامل جعبه‌ای به جرم m است. اگر نیروی اصطکاک بین این جعبه و اتومبیل ۲۰N باشد، کار انجام شده توسط این نیرو را پس از ۲۰m تا جابه‌جایی بیابید.**



$W = f_s d \cos 0^\circ = 20 \times 20 \times 1 = 400\,J$ روی جعبه

$W = f_s d \cos 180^\circ = 20 \times 20 \times (-1) = -400\,J$ روی خودرو

**۲ کار نیروی اصطکاک جنبشی:** نیروی اصطکاک جنبشی، بین دو جسم در تماس که نسبت به هم حرکت می‌کنند وجود دارد.



نیروی اصطکاک جنبشی می‌تواند بر روی یک یا هر دوی آن اجسام کار انجام دهد.

اگر جعبه روی خودرو بلغزد و حرکت کند، نیروی بین جعبه و خودرو، از نوع ایستایی نیست و اصطکاک جنبشی است. در این حالت نیروی اصطکاک جنبشی، روی جعبه کار مثبت و روی خودرو کار منفی انجام می‌دهد.

هنگامی که یک جسم را بر روی زمین می‌کشیم، بین جسم و زمین، نیروی اصطکاک جنبشی وجود دارد. اما به علت اینکه نیروی اصطکاک جنبشی زمین را حرکت نمی‌دهد، پس تنها روی جسم کار انجام می‌شود.

**کار ناشی از چند نیرو**

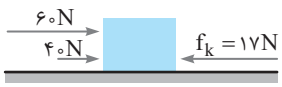
فرض کنید چند نیرو به صورت هم‌زمان بر روی یک جسم اعمال شوند و کار انجام دهند. کل کاری را که روی جسم انجام می‌شود، به روش‌های زیر می‌توانیم محاسبه کنیم:

۱ ابتدا کار هر نیرو را توسط رابطهٔ $W = Fd\cos\theta$ محاسبه کنیم و در نهایت مقادیر محاسبه شده را با هم جمع کنیم.

۲ ابتدا نیروی خالص وارد شده بر جسم مورد نظر را به‌دست بیاوریم و سپس به کمک رابطهٔ کار $W = F_{کل}\, d$ کار انجام شده را محاسبه کنیم[۱].

**پرسش نمونه**

**یک جعبه به کمک دو فرد که نیروهای افقی ۴۰N و ۶۰N وارد می‌کنند، ۸m روی زمین جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جعبه ۱۷N باشد، کل کار انجام شده روی جعبه را محاسبه کنید.**




روش اول:

$$\left.\begin{aligned} W_1 &= 60(8)(\cos 0) = 480\,J \\ W_2 &= 40(8)(\cos 0) = 320\,J \\ W_{f_k} &= 17(8)(\cos 180^\circ) = -136\,J \end{aligned}\right\} \Rightarrow W_T = 480 + 320 + (-136) = 664\,J$$

روش دوم:

$F_{کل} = 60 + 40 - 17 = 83N$ : نیروی خالص

$W_{کل} = 83 \times 8 = 664\,J$

**نکته**

**رابطهٔ بین کار و انرژی جنبشی: هنگامی که روی جسمی کار انجام می‌شود، تندی جسم تغییر می‌کند و به این ترتیب انرژی جنبشی جسم نیز دچار تغییر خواهد شد.**

۱. *توی مورد دوم، نقش زاویه پی شد؟! $\cos\theta$ رو یادتون رفته؟!*

## کار و انرژی جنبشی

اگر روی جسمی چند نیرو اعمال شود، برخی از نیروها می‌توانند باعث افزایش انرژی جنبشی یا کاهش آن شوند و برخی دیگر ممکن است تأثیری روی انرژی جنبشی جسم نداشته باشند. به‌صورت کلی، می‌توان بین کار کل انجام شده روی جسم و انرژی جنبشی رابطه‌ای برقرار کرد. قضیهٔ کار و انرژی جنبشی این رابطه را بیان می‌کند. بر طبق این قضیه، کار کل انجام شده بر روی یک جسم، برابر تغییرات انرژی جنبشی آن است.

$$W_T = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

## کار و انرژی پتانسیل

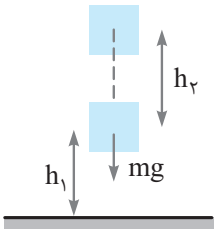
دو توپ مشابه را در نظر بگیرید که یکی را روی سطح زمین و دیگری را در امتداد قائم به بالا پرتاب می‌کنیم. هر دو توپ پس از طی مسافتی می‌ایستند. (توپ پرتاب شده به بالا برای یک لحظهٔ کوتاه توقف دارد.) در واقع نیروی اصطکاک زمین و توپ، توپی را که روی سطح پرتاب شده بود، متوقف می‌کند و انرژی جنبشی آن را می‌گیرد. توپی که در راستای قائم پرتاب شده بود نیز، توسط نیروی وزن انرژی جنبشی خود را از دست می‌دهد، اما بلافاصله پس از توقف رو به پایین شروع به حرکت می‌کند و انرژی خود را باز پس می‌گیرد. به عبارت دیگر، نیروی وزن انرژی جنبشی توپ را گرفته و به آن بازمی‌گرداند. این موضوع در مورد جسمی که به یک فنر برخورد کرده و آن را می‌فشارد نیز صادق است. فنر انرژی جسم را می‌گیرد و سپس به آن برمی‌گرداند.

این نوع از انرژی را که در یک سامانهٔ متشکل از دو یا چند جسم ذخیره می‌شود، انرژی پتانسیل می‌نامیم.

از انواع انرژی‌های پتانسیل، انرژی پتانسیل گرانشی (بین زمین و اجسام اطراف آن)، انرژی پتانسیل کشسانی (بین اجسام کشسان مانند فنر و جسم متصل به آن) و انرژی پتانسیل الکتریکی (بین دو یا چند ذرهٔ باردار) را می‌توان نام برد که در ادامه به تشریح آن‌ها می‌پردازیم.

### انرژی پتانسیل گرانشی

هنگامی که جسمی به جرم $m$ از ارتفاع $h_1$ نسبت به زمین به ارتفاع $h_2$ $(h_2 > h_1)$ نسبت به زمین جابه‌جا می‌شود، نیروی وزن، کار منفی روی جسم انجام می‌دهد و از جسم انرژی می‌گیرد.




$$W_{mg} = mg(h_2 - h_1)(\cos 180^\circ) = -mg(h_2 - h_1)$$

اما این انرژی، به‌صورت انرژی پتانسیل گرانشی مجموعهٔ جسم و زمین، ذخیره می‌شود.

پس می‌توان گفت که تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی سامانه برابر منفی کار نیروی وزن است.

$$\Delta U = -W_{mg}$$

**پرسش نمونه**

**کوهنوردی به جرم $80\,kg$ قله‌ای به ارتفاع $3200$ متر را فتح می‌کند. انرژی پتانسیل گرانشی فرد و زمین چند کیلوژول افزایش یافته است؟ $\left(g \simeq 10\frac{m}{s^2}\right)$**

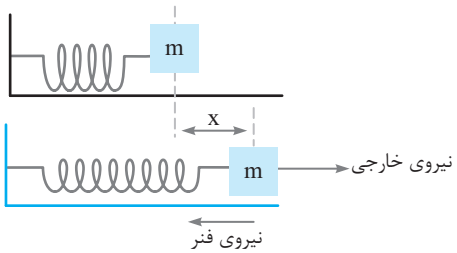
طبق مطالبی که بیان شد، کار نیروی وزن برابر منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است، پس:

$$\Delta U = -mg\Delta h \xrightarrow{(\cos 180^\circ)} \Delta U_{mg} = -(80)(10)(+3200)\overbrace{(\cos 180^\circ)}^{-1} = 80\times 10\times 3200 = 2/56\times 10^6\,J = 2/56\times 10^3\,kJ$$

**نکته**

**انرژی پتانسیل گرانشی، نسبت به یک سطح معین سنجیده می‌شود که عمدتاً سطح زمین را به عنوان مبنا می‌گیرند.**

### انرژی پتانسیل کشسانی فنر




اگر فنری را که در وضعیت عادی و حال تعادل است، از وضعیت عادی خارج کنیم، فنر تمایل دارد به وضعیت عادی خود برگردد؛ به همین جهت نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی وارد می‌کند. نیروی تولید شده توسط فنر را نیروی کشسانی فنر می‌نامیم. نیروی کشسانی فنر که در خلاف جهت جابه‌جایی است، کار انجام شده را به‌صورت انرژی پتانسیل کشسانی در مجموعهٔ جسم و فنر ذخیره می‌کند.

تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر نیز برابر منفی کار انجام شده توسط فنر است.

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

## پایستگی انرژی مکانیکی

انرژی می‌تواند از نوعی به نوع دیگر تبدیل یا از جسمی به جسم دیگر منتقل شود. در حین فرایند تبدیل انرژی، اگر نیروهایی مانند اصطکاک یا مقاومت هوا را در نظر نگیریم، تمام مبادلات انرژی، میان انرژی‌های پتانسیل و جنبشی صورت می‌گیرد. پس مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی جسم ثابت می‌ماند و تغییر نمی‌کند.

مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل یک جسم (یا یک سیستم) را انرژی مکانیکی آن مجموعه می‌نامیم. پس اگر از نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا صرف نظر کنیم، انرژی مکانیکی سیستم ثابت می‌ماند.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1)$$

به این ترتیب، تغییرات انرژی جنبشی جسم و تغییرات انرژی پتانسیل، قرینهٔ یکدیگرند.

$$\Delta K = -\Delta U$$

## کار و انرژی درونی

فنری را در نظر بگیرید که فشرده شده است. یعنی در آن انرژی پتانسیل کشسانی وجود دارد. حال این فنر را در یک مایع اسیدی قرار می‌دهیم و پس از مدتی فنر از بین می‌رود. حال بایستی پرسید که انرژی ذخیره شده در فنر چه شد؟!

برای پاسخ به این سؤال انرژی درونی را معرفی می‌کنیم. انرژی درونی، مجموع انرژی‌های ذرات تشکیل‌دهندهٔ یک سیستم است. هنگامی که جسم متحرکی متوقف می‌شود نیز انرژی جنبشی آن به انرژی درونی تبدیل شده است. عموماً افزایش انرژی درونی با افزایش دمای جسم همراه است، اما همیشه این‌طور نیست.

**پرسش نمونه**

**اتومبیلی به جرم $800\,kg$ با تندی $20\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. اگر رانندهٔ اتومبیل، پای خود را از روی پدال گاز بردارد، پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. افزایش انرژی درونی لاستیک‌های اتومبیل و سطح زمین چند ژول است؟**

به علت توقف اتومبیل، انرژی جنبشی اتومبیل، در اثر کار نیروی اصطکاک، به انرژی درونی تبدیل می‌شود. پس افزایش انرژی درونی، برابر انرژی جنبشی اتومبیل است:

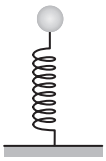
$$\Delta E = K_1 \Rightarrow \Delta E = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \Delta E = \frac{1}{2}(800\,kg)\times(20\frac{m}{s})^2 = 16\times10^4\,J$$

### پایستگی انرژی

در بخش‌های قبل، بیان شد که در نبود نیروهای مقاوم در برابر حرکت، مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی یک سامانه تغییر نمی‌کند و پایسته است. حال اگر نیروهای مقاوم در برابر حرکت مانند اصطکاک یا مقاومت هوا وجود داشته باشند، بخشی از انرژی سامانه، به‌صورت گرما به انرژی درونی تبدیل می‌شود و باعث کاهش انرژی مکانیکی می‌شود. اما در این صورت نیز، تنها شکل انرژی دچار تغییر شده است. در حالت کلی می‌توان گفت: انرژی از بین نمی‌رود و به وجود نمی‌آید. تنها از شکلی به شکل دیگر، یا از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. این بیان را قانون پایستگی انرژی می‌نامند.

### پرسش نمونه

**۱ در شکل مقابل، جسمی را بر روی یک فنر فشرده قرار داده‌ایم. پس از رها شدن فنر، تبدیل‌های انرژی ممکن را توصیف کنید.**



ابتدا انرژی به‌صورت کشسانی در مجموعهٔ فنر و جسم ذخیره شده است. پس از رها شدن، انرژی کشسانی ذخیره شده به انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی تبدیل می‌شود و جسم در راستای قائم بالا می‌رود.

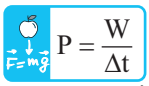
**۲ سنگ کوچکی را از ارتفاع ۲۰ متری یک ساختمان رها می‌کنیم. نیروی مقاومت هوا که به سنگ وارد می‌شود، $\frac{۱}{۲۰}$ وزن آن است. این سنگ با چه سرعتی به پای ساختمان می‌رسد؟ ( $g \simeq ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ )**

در ابتدا، سنگ انرژی پتانسیل گرانشی دارد. پس از رها شدن، انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود که بخشی از آن نیز صرف غلبه بر نیروی مقاومت هوا می‌شود. پس: $E_۱ - E_k = E_۲$ که در آن $E_۱$ انرژی اولیهٔ سنگ، $E_۲$ انرژی نهایی سنگ و $E_k$ انرژی تلف شده توسط مقاومت هواست که برابر کار نیروی مقاومت است.

$$mgh - f_k d = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow \not{m}(۱۰)(۲۰) - \overbrace{(\frac{۱}{۲۰}\not{m})(۱۰)(۲۰)}^{\frac{۱}{۲}mgd} = \frac{۱}{۲}\not{m}v^۲ \Rightarrow ۲۰۰ - ۱۰ = \frac{۱}{۲}v^۲ \Rightarrow v^۲ = ۳۸۰ \Rightarrow v = \sqrt{۳۸۰}\frac{m}{s}$$

## توان

تا اینجا تنها در مورد کار انجام شده صحبت کردیم و در مورد زمان انجام کار حرفی به میان نیامد. طبیعی است که در صنعت و تمام امور روزمره، زمان انجام کار و سرعت آن امری مهم تلقی می‌شود. در علم فیزیک، برای در نظر گرفتن سرعت انجام کار، کمیتی به نام توان را معرفی می‌کنیم. طبق تعریف، توان برابر است با کار انجام شده یا انرژی مصرف شده در واحد زمان. به این ترتیب رابطهٔ توان به صورت زیر است:



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

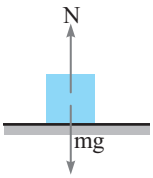
نماد P اولین حرف کلمهٔ power به معنی توان، نماد W اولین حرف کلمهٔ work به معنی کار و نماد t اولین حرف کلمهٔ time به معنی زمان هستند. واحد سنجش توان در SI، ژول بر ثانیه $(\frac{J}{s})$ است که به افتخار جیمز وات، وات $(W)$ نامیده می‌شود. یکای قدیمی توان که امروزه کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، اسب بخار[1] $(hp)$ است و داریم:

برای توان: $۱hp = ۷۴۶W$

### پرسش نمونه

**یک موتور الکتریکی، جسمی به جرم ۵۰kg را در مدت ۲۰s ، با تندی ثابت $۵\frac{m}{s}$ بالا می‌برد. توان این موتور چند کیلو وات است؟**

چون جسم با تندی ثابت در حرکت است، پس کار برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است. یعنی کار نیروی موتور، با کار نیروی وزن برابر است. به این ترتیب، کار نیروی موتور برابر افزایش انرژی پتانسیل گرانشی جسم است.




$$W_T = \Delta K \ , \ \Delta K = ۰ \Rightarrow W_{موتور} = mg\Delta h \Rightarrow W_{موتور} = (۵۰kg)(۱۰\frac{m}{s^۲})(\Delta h)$$

$$\Rightarrow W_T = W_{موتور} + W_{mg} = ۰ \Rightarrow W_{موتور} = -W_{mg} = -(-mg\Delta h)$$

حال باید، تغییر ارتفاع جسم را به‌دست آوریم. چون با تندی $۵\frac{m}{s}$ به مدت ۲۰s حرکت کرده است، پس:

$$\Delta h = \Delta t \Rightarrow \Delta h = (۵\frac{m}{s})(۲۰s) = ۱۰۰m \qquad W = (۵۰kg)(۱۰\frac{m}{s^۲})(۱۰۰m) = ۵\times۱۰^۴ J$$

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{۵\times۱۰^۴ J}{۲۰s} = ۲/۵\times۱۰^۳ W = ۲/۵kW$$

1. hp: horse power

**نکته**

**اگر جسمی تحت اثر نیروی $F$، به اندازهٔ $d$ در مدت زمان $\Delta t$ جابه‌جا شود، توان ناشی از نیروی $F$ را می‌توان از رابطهٔ زیر به‌دست آورد:**

$$\left.\begin{matrix} P=\frac{W}{\Delta t} \\ W=Fd\cos\theta \end{matrix}\right\} \Rightarrow P=\frac{Fd\cos\theta}{\Delta t} \xrightarrow{\bar{v}=\frac{d}{\Delta t}} P=F\bar{v}\cos\theta$$

**پرسش نمونه**

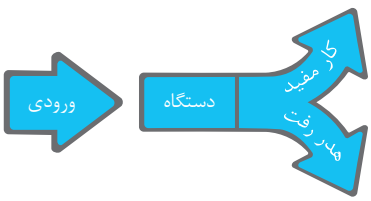
**مثال قبل را با کمک این نکته حل کنیم:**

نیرویی که موتور به جسم وارد می‌کند تا با تندی ثابت حرکت کند، برابر نیروی وزن است. پس:

$$P=Fv \Rightarrow P=(mg)(v) \Rightarrow P=(۵۰kg)(۱۰\frac{m}{s^۲})(۵\frac{m}{s})=۲۵۰۰W=۲/۵kW$$

## بازده

همهٔ ماشین‌ها و مبدل‌های انرژی که کار انجام می‌دهند، بخشی از انرژی دریافتی را به دلایل مختلف از دست می‌دهند و نمی‌توانند تمام انرژی دریافتی را به کار مفید تبدیل کنند. لامپ‌های الکتریکی که وظیفهٔ روشنایی محیط را دارند، بخشی از انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می‌کنند. موتور اتومبیل‌ها تنها بخشی از انرژی حاصل از احتراق را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و قسمت زیادی از این انرژی را به صورت گرما از دست می‌دهند. برای توصیف میزان کار مفیدی که توسط یک دستگاه انجام می‌شود، از کمیتی به نام بازده استفاده می‌شود.




بازده یک وسیله، عبارت است از نسبت کار مفید انجام شده توسط دستگاه به کل انرژی دریافتی.

$$\text{بازده } \eta=\frac{W_{\text{مفید}}}{E_{\text{کل}}}\times ۱۰۰$$

**پرسش نمونه**

**۱ موتور یک اتومبیل از هر $۱۰^۳J$ انرژی دریافتی از سوخت، $۳۰۰J$ را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. بازده این موتور چند درصد است؟**

طبق تعریف بازده:

$$\eta=\frac{W_{\text{مفید}}}{E_{\text{کل}}} \Rightarrow \eta=\frac{۳۰۰J}{۱۰۰۰J}=\frac{۳}{۱۰}=۳۰٪$$

**۲ انرژی شیمیایی موجود در سوخت یک موتور الکتریکی برابر $۳\times۱۰^۶\frac{J}{L}$ است. اگر بازده این مولد $۲۰٪$ باشد، برای تولید $۱MJ$ انرژی، چند لیتر سوخت مصرف می‌شود؟**

انرژی مفیدی که باید توسط مولد تأمین شود، برابر $۱MJ$ است. حال به کمک بازده، کل انرژی را که باید به مولد برسد، محاسبه می‌کنیم.

$$\eta=\frac{W_{\text{مفید}}}{E_T} \Rightarrow \frac{۲۰}{۱۰۰}=\frac{۱۰^۶}{E_{\text{کل}}} \Rightarrow E_T=۵\times۱۰^۶J$$

حال سوخت مورد نیاز برای تأمین این میزان انرژی را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{۱L}{۳\times۱۰^۶J}=\frac{x}{۵\times۱۰^۶J} \Rightarrow x=\frac{۵}{۳}L$$

## بخش اول (انرژی جنبشی، کار انجام شده توسط نیروی ثابت)

۱ دروازه‌بان تیم ملی ایران، توپ فوتبال را که در حدود $0/5\,kg$ جرم دارد، با تندی $20\,\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کند. انرژی جنبشی این توپ چند ژول است؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

۲ اتومبیلی به جرم یک تن با تندی $90\,\frac{km}{h}$ در حال حرکت است. این اتومبیل چند کیلوژول انرژی جنبشی دارد؟

۱) ۴۰۵ ۲) ۸/۱ ۳) ۶۲۵ ۴) ۳۱۲/۵

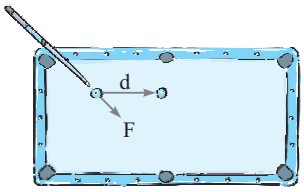
۳ کامیونی به جرم $m$، حاوی باری به جرم $\frac{m}{2}$ است و با تندی $v$ در حال حرکت است. پس از تخلیهٔ بار، این خودرو با تندی $2v$ حرکت می‌کند. انرژی جنبشی آن پس از تخلیه بار، چند برابر شده است؟

۱) $\frac{4}{3}$ ۲) $\frac{3}{4}$ ۳) $\frac{8}{3}$ ۴) $\frac{3}{8}$

۴ فردی در یک فروشگاه، سبد خرید را با نیروی افقی $4N$ به میزان $32\,m$ جابه‌جا می‌کند. کاری که این فرد روی سبد انجام می‌دهد، چقدر است؟

۱) $12/8\,J$ ۲) $24\,J$
۳) $128\,J$ ۴) ۰

۵ به توپ بیلیاردی توسط چوب بیلیارد، $20\,N$ نیرو وارد می‌کنیم. این توپ در امتدادی که با نیروی اعمال شده زاویه $60^\circ$ می‌سازد، $100\,cm$ حرکت می‌کند. کاری که توسط نیروی عمودی تکیه‌گاه روی توپ انجام شده است، ژول است؟




۱) ۱۰
۲) $-10$
۳) ۲۰
۴) ۰

۶ یک قایق بادبانی در اثر وزش باد، با تندی $10\,\frac{m}{s}$ در حرکت است. اگر نیروی باد روی بادبان $400\,N$ باشد، کاری که در مدت $15\,s$ روی قایق انجام می‌شود، چند کیلوژول است؟

۱) ۳۰ ۲) ۶۰
۳) ۶ ۴) ۳

۷ ترنی با تندی ثابت $54\,\frac{km}{h}$ و نیروی موتور $2\times10^3\,N$ در حال حرکت است. اگر جرم ترن ۵۰ تن باشد، کاری که توسط نیروهای مقاوم در مقابل حرکت روی ترن در هر دقیقه انجام می‌شود، کدام است؟

۱) $-1/8\times10^5\,J$ ۲) $1/8\times10^5\,J$ ۳) $18\times10^5\,J$ ۴) $-18\times10^5\,J$

۸ جسمی به جرم $2kg$ را بر روی یک سطح شیبدار با زاویهٔ شیب $30^\circ$ پرتاب می‌کنیم. اگر این جسم ۱۰ متر روی سطح حرکت کند و بایستد، کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چقدر است؟

۱) $100\,J$ ۲) $200\,J$ ۳) $-200\,J$ ۴) $-100\,J$

۹ جعبه‌هایی به ارتفاع $20\,cm$ و جرم $1kg$ در اختیار داریم. ۵ عدد از این جعبه‌ها را روی هم می‌چینیم. حداقل کار نیروی وزن بر روی این جعبه‌ها چند ژول می‌تواند باشد؟ $(g \simeq 10\,\frac{m}{s^2})$

۱) $-30$ ۲) $-20$ ۳) $-40$ ۴) $-50$

۱۰ آونگی را به طول $2m$ که جرم گلولهٔ آن $500\,g$ است، به اندازهٔ $60^\circ$ از وضع تعادلش دور می‌کنیم. پس از رها شدن آونگ تا رسیدن به لحظهٔ تعادل، نیروی وزن چند ژول کار روی این آونگ انجام می‌دهد؟

۱) $-10$ ۲) ۱۰ ۳) $-5$ ۴) ۵

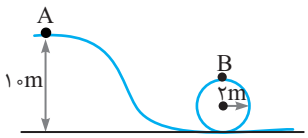
۱۱ دو نفر به جرم‌های ۶۰kg و ۷۰kg به کمک آسانسور از یک برج به ارتفاع ۱۲۰m بالا می‌روند. حداقل کار نیروی عمودی تکیه‌گاه روی این افراد چند ژول است؟

۱) $۱۵۰\times۱۰^{۳}$ ۲) $۱۵۲\times۱۰^{۳}$ ۳) $۱۵۴\times۱۰^{۳}$ ۴) $۱۵۶\times۱۰^{۳}$

۱۲ جعبه‌ای بر روی یک اتومبیل باری قرار دارد. این اتومبیل شروع به حرکت می‌کند و پس از طی ۵۰m، جعبه از روی اتومبیل به زمین می‌افتد. اگر نیروی اصطکاک بین جعبه و اتومبیل ۱۲۰N باشد، کار نیروی اصطکاک بر روی جعبه در طی این جابه‌جایی، چند ژول است؟

۱) $-۶\times۱۰^{۳}\,J$
۲) صفر
۳) $۶\times۱۰^{۳}\,J$
۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۱۳ ترن یک شهربازی در بخشی از مسیر خود، منحنی‌ای مانند شکل زیر را طی می‌کند. کار نیروی وزن در حرکت از نقطهٔ A تا نقطهٔ B بر روی ترنی به جرم ۱۰۰kg را محاسبه کنید.

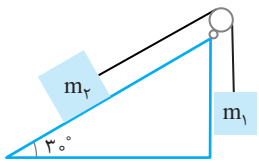



۱) ۳۰۰۰J ۲) ۳۰۰J
۳) ۶۰۰J ۴) ۶۰۰۰J

۱۴ کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟

۱) کار نیروی اصطکاک جنبشی همواره منفی است.
۲) انرژی جنبشی یک جسم، هر مقدار معینی می‌تواند باشد.
۳) نیروی عمودی تکیه‌گاه، عمود بر سطح است و کاری انجام نمی‌دهد.
۴) کار نیروی وزن در هر مسیر بسته‌ای، صفر است.

۱۵ اگر جرم وزنهٔ $m_۲$ دو برابر $m_۱$ و جابه‌جایی حرکت آن $\Delta h_۱$ متر باشد، پس از حرکت وزنه‌ها، کار نیروی وزن روی $m_۱$ چند برابر کار نیروی وزن روی $m_۲$ است؟

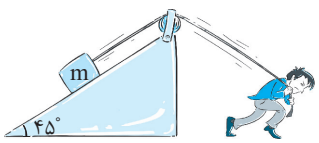



۱) ۲ ۲) $-\frac{۱}{۲}$
۳) $-۱$ ۴) بایستی جهت حرکت معلوم باشد.

۱۶ اگر تندی حرکت اتومبیلی $۱\frac{m}{s}$ افزایش یابد، به انرژی جنبشی آن ٪۴۴ افزوده می‌شود. تندی نهایی این اتومبیل چند متر برثانیه است؟

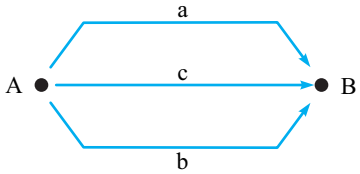
۱) $۵\frac{m}{s}$ ۲) $۱۰\frac{m}{s}$ ۳) $۶\frac{m}{s}$ ۴) $۱۲\frac{m}{s}$

۱۷ در شکل زیر، فرد چند متر طناب را بکشد تا اندازهٔ کار نیروی وزن بر روی جعبه ۴۲۰J شود؟ $(\cos ۴۵^\circ = \sin ۴۵^\circ = ۰/۷$ و $m = ۲۰kg)$




۱) ۴ ۲) ۳
۳) ۸ ۴) ۶

۱۸ جسمی به جرم m را از سه مسیر a، b و c تحت اثر نیروهای یکسان $\vec{F}$ جابه‌جا می‌کنیم. کدام عبارت صحیح است؟




۱) $W_a > W_b > W_c$
۲) $W_a = W_b > W_c$
۳) $W_a = W_b = W_c$
۴) $W_a = W_b < W_c$

۱۹ تیری به جرم ۸۰kg و قطر ۶۰cm و طول ۳/۶m را که به طور افقی روی زمین قرار دارد، بدون لغزش، به صورت قائم درمی‌آوریم. مقدار کار انجام شده توسط نیروی وزن بر روی این میله کدام است؟

۱) ۲۸۸۰J ۲) ۱۴۴۰J ۳) ۱۲۰۰J ۴) ۲۴۰۰J

۲۰ درب چوبی خانه‌ای به ابعاد ۲m × ۹۰cm و جرم ۵۰kg را به کمک نیروی ۲۰N، به اندازهٔ ۶۰° می‌چرخانیم. کاری که در این حالت انجام داده‌ایم کدام است؟

۱) ۹۰J ۲) ۱۸۰J ۳) ۴/۵J ۴) ۴۵J

## بخش دوم سری ۱ (کار و انرژی جنبشی، کار و انرژی پتانسیل، پایستگی انرژی مکانیکی)

۱ توپی به جرم M را در هوا به بالا پرتاب می‌کنیم. این توپ تا ارتفاع h بالا رفته و بازمی‌گردد، در این حرکت:

۱) کار برآیند نیروها در طی رفت و برگشت توپ صفر است.

۲) کار برآیند نیروها در مسیر رفت منفی، و در بازگشت مثبت است.

۳) اندازه‌ی کار برآیند در حین بالا رفتن کمتر از کار برآیند در حین پایین آمدن است.

۴) اندازه‌ی کار برآیند در مسیر رفت برابر مسیر برگشت است.

۲ کاری که نیاز است تا تندی یک اتومبیل را از صفر به v برساند، چند برابر کاری است که باید انجام شود تا تندی آن اتومبیل از v به ۲v برسد؟

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

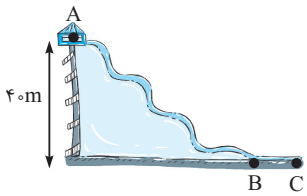
۳ رانندهٔ اتومبیلی به جرم ۲ تن با ترمز کردن، در طی ۱۰m جابه‌جایی، تندی اتومبیل را از $۲۰\frac{m}{s}$ به $۱۵\frac{m}{s}$ می‌رساند. متوسط نیروی مقاوم در مقابل حرکت اتومبیل چند نیوتون است؟

۱) $۷/۵\times۱۰^{۲}N$ ۲) $۱/۷۵\times۱۰^{۳}N$ ۳) $۷/۵\times۱۰^{۳}N$ ۴) $۱/۷۵\times۱۰^{۴}N$

۴ جسمی به جرم ۰/۵kg از ارتفاع ۲۰ متری زمین رها می‌شود و با تندی $۱۶\frac{m}{s}$ به زمین می‌رسد. نیروی مقاومت هوا بر روی جسم، به طور میانگین چند نیوتون است؟

۱) ۰/۹ ۲) ۱/۸ ۳) ۲/۴ ۴) ۳/۶

۵ سرسرهٔ یک پارک آبی مطابق شکل زیر است. اگر طول مسیر AB، برابر ۱۰۰ متر و نیروی اصطکاک در این قسمت از مسیر $\frac{۱}{۴}$ وزن افراد باشد، حداقل طول BC چقدر باشد تا به کسی آسیب نرسد؟ (اصطکاک مسیر BC نصف وزن است.)

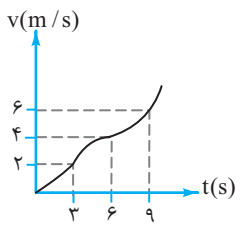



۱) ۳۰m ۲) ۲۵m ۳) ۲۰m ۴) ۱۵m

۶ توپ والیبالی به جرم ۴۰۰g، با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ به دیواری برخورد می‌کند. اگر در حین برخورد توپ ۴cm فشرده شود؛ نیرویی که از سوی دیوار بر توپ وارد شده، تقریباً چند نیوتون است؟

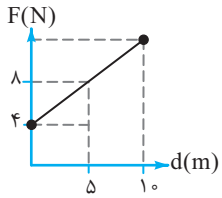
۱) ۲۰۰N ۲) ۱۰۰N ۳) ۲۰۰۰N ۴) ۱۵۰۰N

۷ نمودار تندی بر حسب زمان یک موتورسیکلت مطابق شکل زیر است. نسبت کار برآیند انجام شده بر روی موتورسیکلت از ۰ تا ۶ ثانیه چند برابر کار برآیند در بازهٔ زمانی ۶ تا ۹ ثانیه است؟



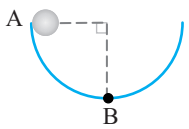

۱) $\frac{۵}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۵}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$

**۸** نمودار نیروی خالص وارد بر جسمی بر حسب جابه‌جایی آن مانند شکل زیر است. کار این نیرو در جابه‌جایی ۱۰ متر، چند ژول است؟




۱) ۲۵J
۲) ۵۰J
۳) ۸۰J
۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

**۹** جسمی درون یک سطح نیم‌کره‌ای مطابق شکل، از نقطهٔ A رها می‌شود و بعد از چند بار رفت و برگشت در نقطهٔ B متوقف می‌شود. نسبت کار نیروی اصطکاک به کار نیروی وزن در طی این حرکت کدام است؟ (سراسری ریاضی ۷۹)




۱) ۴
۲) −۳
۳) ۲
۴) −۱

**۱۰** برای اینکه اتومبیلی به جرم ۸۰۰kg بتواند از یک سراشیبی به شیب ۳۰° با تندی ثابت $54\frac{km}{h}$ بالا رود، چه نیرویی توسط موتور خودرو باید اعمال شود؟ (نیروی مقاومت هوا را $\frac{1}{4}$ وزن در نظر بگیرید.)

۱) ۶۰۰N
۲) ۶۰۰۰N
۳) ۲۰۰N
۴) ۲۰۰۰N

**۱۱** جسمی به جرم ۸kg با تندی ثابت $10\frac{m}{s}$ روی خط راست حرکت می‌کند. چه نیرویی بر حسب نیوتون و در کدام جهت باید به آن وارد شود تا پس از طی ۸m انرژی جنبشی آن به ۱۲۰۰J برسد؟ (سراسری تجربی ۷۲)

۱) ۱۰۰N و در جهت حرکت جسم
۲) ۵۰N و در جهت حرکت جسم
۳) ۵۰N و در خلاف جهت حرکت جسم
۴) ۱۰۰N و در خلاف جهت حرکت جسم

**۱۲** آتش‌نشانی به جرم m از بالای یک ساختمان به ارتفاع ۱۲ متر بر روی یک تشک بادی به قطر ۲ متر می‌پرد. اگر پس از برخورد تشک ۱ متر فشرده شود، نیروی متوسط وارد بر آتش‌نشان از طرف تشک، چند برابر وزن اوست؟

۱) ۹
۲) ۱۰
۳) ۱۱
۴) ۱۲

**۱۳** اتومبیلی به جرم ۲ تُن، در یک جادهٔ شیبدار که با سطح افق زاویهٔ ۳۰° می‌سازد، رو به بالا در حال حرکت است. اگر تندی اتومبیل در مدت ۲۰s از $2\frac{m}{s}$ به $12\frac{m}{s}$ برسد، کار کل نیروهای وارد بر اتومبیل در طی این مدت، چند کیلوژول است؟ (سراسری تجربی ۸۷ خارج از کشور)

۱) ۱۴۰
۲) ۱۴۸
۳) ۲۱۰
۴) ۲۱۸

**۱۴** اتومبیلی به جرم ۸۰۰kg که با تندی $36\frac{km}{h}$ در حرکت است، ترمز می‌کند و پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. کار کل نیروهای وارد بر اتومبیل در طی مدت ترمز کردن چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۷۳)

۱) $-8\times10^3$
۲) $-4\times10^4$
۳) $8\times10^3$
۴) $4\times10^4$

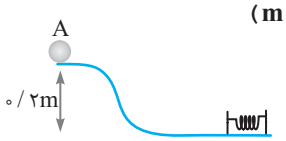
**۱۵** جسمی بر روی یک سطح افقی دارای اصطکاک قرار دارد. به کمک نیروی خارجی F، جسم را به حرکت در می‌آوریم و به تندی v می‌رسانیم. کاری که توسط نیروی F انجام شده، ..... (سراسری ریاضی ۶۰)

۱) صفر است.
۲) برابر $\frac{1}{2}mv^2$ است.
۳) کمتر از $\frac{1}{2}mv^2$ است.
۴) بیشتر از $\frac{1}{2}mv^2$ است.

**۱۶** دوچرخه‌سواری به جرم ۶۰kg با تندی $36\frac{km}{h}$ در حرکت است. ناگهان بر اثر رؤیت مانعی در مسیر، ترمز می‌کند و پس از طی ۱۰ متر می‌ایستد. اگر جرم دوچرخه ۳۰kg باشد، نیروی اصطکاک بین دوچرخه و سطح زمین چند نیوتون است؟

۱) ۵۴۰N
۲) ۴۵۰N
۳) ۴۰۰N
۴) ۵۰۰N

**۱۷** مطابق شکل زیر، جسمی از نقطهٔ A روی سطح شروع به حرکت می‌کند و به فنر برخورد می‌کند و متوقف می‌شود. اگر در لحظهٔ توقف جسم، فنر ۸cm فشرده شده باشد، نیروی متوسطی که فنر بر جسم وارد کرده است، چند نیوتون است؟ ( $m = 1kg$ )




۱) ۲۰N
۲) ۲۵N
۳) ۳۰N
۴) ۳۵N

۱۸ توپی به جرم ۲۰۰g را با تندی $۱۵\frac{m}{s}$ از زمین رو به بالا پرتاب می‌کنیم. این توپ با تندی $۱۲\frac{m}{s}$ به زمین بازمی‌گردد. کاری که توسط نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا بر روی توپ انجام شده، به ترتیب چند ژول است؟

۱) ۱۴/۴ و ۲۲/۵ ۲) ۱۴/۴ و ۲۲/۵ ۳) ۸/۱ و صفر ۴) صفر و ۸/۱

۱۹ جسمی با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ در جهت مثبت محور xها حرکت می‌کند و دارای انرژی جنبشی ۱۰۰J است. پس از مدتی جهت حرکت این جسم عوض می‌شود و در جهت منفی محور x ها با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ حرکت می‌کند. کار برآیند نیروهای وارد بر جسم در این مدت ..... است. (سراسری تجربی ۸۰)

۱) −۵۰۰J ۲) −۳۰۰J ۳) ۳۰۰J ۴) ۵۰۰J

۲۰ قطرات باران در نزدیکی زمین، با سرعتی ثابت، سقوط می‌کنند. به این ترتیب می‌توان گفت:

۱) نیروی مقاومت هوا بر قطرات باران وارد نمی‌شود.

۲) چون جرم قطرات باران کم است، نیروی وزن تأثیر ندارد.

۳) نیروی وزن با نیروی مقاومت هوا برابر است.

۴) نیروی وزن کمتر از نیروی مقاومت هواست.

## بخش دوم سری ۲ (کار و انرژی جنبشی، کار و انرژی پتانسیل، پایستگی انرژی مکانیکی)

۱ گلوله‌ای در شرایط خلأ از سطح زمین با تندی اولیهٔ $۳۰\frac{m}{s}$ در راستای قائم به بالا پرتاب می‌شود. در چند متری سطح زمین انرژی جنبشی گلوله نصف انرژی پتانسیل گرانشی آن خواهد شد؟ (سطح زمین مبدأ پتانسیل گرانشی است.) (سراسری تجربی ۸۹)

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۳۵

۲ جسمی به جرم m در شرایط خلأ از حال سکون، از ارتفاع h سقوط می‌کند. هنگامی که تندی آن به v می‌رسد، .....

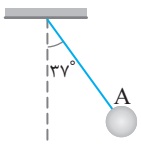
۱) انرژی پتانسیل گرانشی جسم $\frac{۱}{۲}mv^۲$ زیاد می‌شود.

۲) انرژی جسم به میزان $\frac{۱}{۲}mv^۲$ کم می‌شود.

۳) انرژی جسم به میزان $\frac{۱}{۲}mv^۲$ زیاد می‌شود.

۴) انرژی پتانسیل به میزان $\frac{۱}{۲}mv^۲$ کاهش می‌یابد.

۳ در شکل زیر، آونگی به طول ۱/۲۵m با تندی v از نقطهٔ A عبور می‌کند. کمترین مقدار v چقدر باشد تا ریسمان بتواند به وضعیت افقی برسد؟ (سراسری تجربی ۹۳)




۱) $۲\frac{m}{s}$ ۲) $۲\sqrt{۵}\frac{m}{s}$

۳) $\sqrt{۵}\frac{m}{s}$ ۴) $۴\frac{m}{s}$

۴ کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟

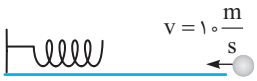
۱) با کاهش انرژی پتانسیل گرانشی جسم، تندی آن افزایش می‌یابد.

۲) نیروی اصطکاک ایستایی، انرژی جسم را ذخیره می‌کند.

۳) انرژی پتانسیل کشسانی فنر، همواره مقداری مثبت است.

۴) انرژی پتانسیل کشسانی، در جسم ذخیره می‌شود.

۵ گلوله‌ای با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به یک فنر برخورد می‌کند. در لحظه‌ای که انرژی ذخیره شده در فنر، $\frac{۱}{۳}$ انرژی جنبشی جسم است، تندی جسم چند متر بر ثانیه است؟



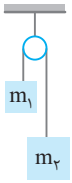

۱) ۵ ۲) $\frac{۵}{۲}$

۳) $\frac{۱۰}{۳}$ ۴) $۵\sqrt{۳}$

۶ جسمی به جرم $m$ از بالای سطح شیبدار بدون اصطکاکی به طول $L$ از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و با تندی $v$ به پایین سطح می‌رسد. اگر جرم جسم $2m$ و طول سطح $2L$ باشد، تندی جسم در پایین سطح چند $v$ می‌شود؟

۱) $\sqrt{2}$ ۲) ۲ ۳) $2\sqrt{2}$ ۴) $\frac{1}{2}$

۷ جرم وزنه‌های شکل زیر $m_1 = 2kg$ و $m_2 = 4kg$ است. اگر وزنهٔ $m_2$ به اندازهٔ ۱ متر سقوط کند، سرعت آن چقدر خواهد شد؟




۱) $2\sqrt{5}\frac{m}{s}$ ۲) $\frac{2\sqrt{30}}{3}\frac{m}{s}$
۳) $\frac{2\sqrt{10}}{3}\frac{m}{s}$ ۴) $\frac{2\sqrt{5}}{3}\frac{m}{s}$

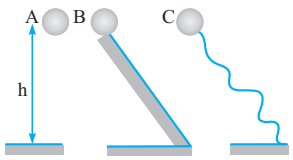
۸ دو جسم $A$ و $B$ روی دو سطح شیبدار که با افق زاویه‌های $30^\circ$ و $60^\circ$ می‌سازند، از ارتفاع یکسان رها می‌شوند و با تندی‌های $v_A$ و $v_B$ به پایین سطح می‌رسند. در این حالت نسبت $\frac{v_B}{v_A}$ کدام است؟

۱) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ۳) ۱ ۴) $\sqrt{3}$

۹ وزنه‌ای به جرم $500g$ تحت زاویهٔ $37^\circ$ نسبت به افق، از سطح زمین پرتاب می‌شود. اگر تندی اولیهٔ پرتاب $10\frac{m}{s}$ و مبنای سنجش انرژی پتانسیل گرانشی، سطح زمین باشد، انرژی مکانیکی گلوله در بالاترین نقطهٔ مسیر چند ژول است؟

۱) ۱۶ ۲) ۲۵ ۳) ۳۲ ۴) ۵۰

۱۰ مطابق شکل، سه گلوله با جرم‌های $m_A = m$ و $m_B = 2m$ و $m_C = 3m$ از ارتفاع‌های یکسان رها می‌شوند. در لحظهٔ رسیدن به زمین تندی حرکت ..... . (از اصطکاک صرف نظر کنید.)




۱) گلولهٔ $A$ بیشتر است. ۲) گلولهٔ $B$ بیشتر است.
۳) گلولهٔ $C$ بیشتر است. ۴) هر سه گلوله یکسان است.

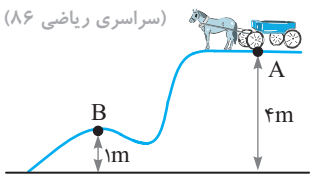
۱۱ گلولهٔ کوچکی در شرایط خلأ از ارتفاع $h$ رها می‌شود. پس از طی $\frac{1}{3}$ از مسیر، انرژی جنبشی گلوله چه کسری از کل انرژی آن را تشکیل می‌دهد؟ (مبدأ پتانسیل گرانشی را سطح زمین در نظر بگیرید.)

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

۱۲ از بالای ساختمانی به ارتفاع $40m$ به طور همزمان، یک توپ را رها می‌کنیم و توپ دیگری را با تندی $20\frac{m}{s}$ رو به بالا پرتاب می‌کنیم. فاصلهٔ دو توپ، در لحظه‌ای که تندی آن‌ها $10\frac{m}{s}$ می‌شود، چند متر است؟

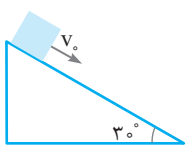
۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۱۳ مطابق شکل زیر، ارابه‌ای به جرم $m$ از نقطهٔ $A$ با تندی $2\frac{m}{s}$ می‌گذرد. با چشم‌پوشی از اصطکاک، تندی آن در نقطهٔ $B$ چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری ریاضی ۸۶)



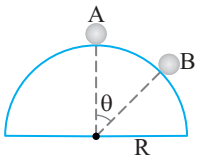

۱) ۴
۲) ۸
۳) $\sqrt{46}$
۴) بستگی به $m$ دارد.

۱۴ جعبه‌ای به جرم $2kg$، با تندی $5\frac{m}{s}$ رو به پایین حرکت می‌کند. اگر پس از $12m$ جابه‌جایی، تندی جسم به $8\frac{m}{s}$ برسد، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۸۵)



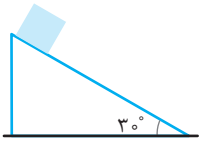

۱) $-42$
۲) $-45$
۳) $-63$
۴) $-81$

۱۵ جسمی به جرم $m$ از نقطهٔ $A$، روی سطح شروع به حرکت می‌کند. با صرف نظر از اصطکاک بین سطح و جسم، تندی جسم در نقطه‌ای مانند $B$ کدام است؟



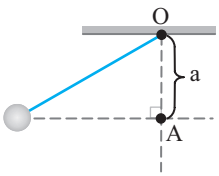

۱) $\sqrt{gR(1-\sin\theta)}$
۲) $\sqrt{2gR(1-\sin\theta)}$
۳) $\sqrt{gR(1-\cos\theta)}$
۴) $\sqrt{2gR(1-\cos\theta)}$

۱۶ جسمی به جرم $150g$ بر روی گوه‌ای به جرم $10kg$ قرار دارد. اگر این جسم از حال سکون شروع به حرکت کند، پس از $1m$ جابه‌جایی روی سطح، به تندی $2\frac{m}{s}$ می‌رسد. تندی گوه در این لحظه چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (از تمامی اصطکاک‌ها صرف نظر کنید.)



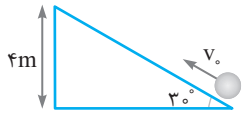

۱) ۰/۱
۲) ۰/۳
۳) ۳۰
۴) ۱۰

۱۷ آونگی را مطابق شکل، به اندازهٔ $60^\circ$ از وضع تعادل خود خارج کرده‌ایم و آن را از حال سکون رها می‌کنیم. اگر در نقطهٔ $A$ میخی قرار داشته باشد که نخ آونگ به آن گیر کند، زاویهٔ بین نقطهٔ $O$ و محل توقف آونگ در سمت راست مسیر، چند درجه است؟




۱) $30^\circ$
۲) $45^\circ$
۳) $60^\circ$
۴) $75^\circ$

۱۸ از پایین سطح شیبدار بدون اصطکاکی که با سطح افق زاویه $30^\circ$ می‌سازد، جسمی را با تندی اولیهٔ $3\frac{m}{s}$ رو به بالا پرتاب می‌کنیم. بیشترین مسافتی که این جسم روی سطح طی می‌کند، چند متر است؟

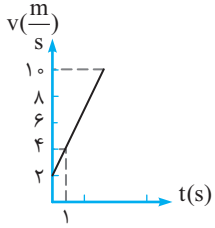



۱) ۰/۴۵
۲) ۰/۹
۳) ۱/۲
۴) ۱/۸

۱۹ به جسمی به جرم $2kg$ که بر روی سطح افقی ساکن است، نیرویی افقی و برابر $10N$ اعمال می‌شود و با شتاب $2\frac{m}{s^2}$ شروع به حرکت می‌کند. کار نیروی اصطکاک پس از $4m$ جابه‌جایی جسم چند ژول می‌شود؟

۱) $-10J$
۲) $-12J$
۳) $-20J$
۴) $-24J$

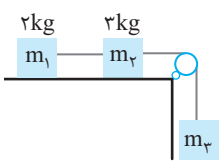
۲۰ اگر نمودار تندی بر حسب زمان جسمی به جرم $2kg$ که بر روی محور $x$ ها حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر باشد. کار کل نیروهای وارد بر جسم در بازهٔ زمانی ۲ تا ۶ ثانیه چند ژول است؟




۱) ۱۵۰
۲) ۱۶۰
۳) ۱۷۰
۴) ۱۸۰

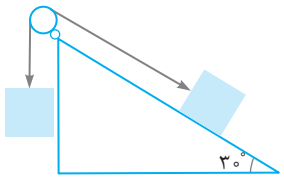
## بخش سوم سری ۱ (کار و انرژی درونی، توان)

۱ در شکل زیر، وزنهٔ $m_3$ از حال سکون رها می‌شود. اگر تا لحظه‌ای که وزنهٔ $m_3$، $90cm$ پایین می‌آید، مجموع انرژی جنبشی دو وزنهٔ $m_1$ و $m_2$ روی سطح افقی به $22/5$ ژول برسد، $m_3$ چند کیلوگرم است؟ (سراسری تجربی ۹۵)



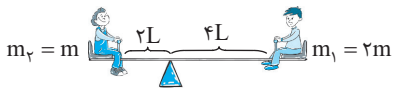

۱) ۴
۲) ۵
۳) ۸
۴) ۱۰

۲ در شکل زیر، وزن هر یک از وزنه‌ها ۱۰N است و دستگاه از حال سکون به حرکت درمی‌آید. اگر جرم نخ و قرقره و اصطکاک ناچیز باشد، پس از چند متر جابه‌جایی، انرژی جنبشی هر یک از وزنه‌ها به ۴J می‌رسد؟



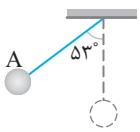

۱) ۰/۴
۲) ۰/۸
۳) ۱
۴) ۱/۶

۳ در شکل زیر، دو کودک به جرم‌های m و ۲m روی الاکلنگی با جرم ناچیز نشسته‌اند. این الاکلنگ حول نقطهٔ O دوران می‌کند. پس از اینکه کودک سنگین‌تر ۳۰° به سمت بالا بیاید، انرژی جنبشی آن‌ها چند ژول است؟



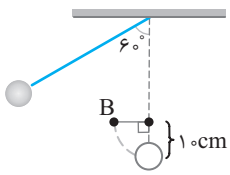

۱) ۵mgL
۲) ۹mgL
۳) ۶mgL
۴) ۳mgL

۴ در شکل زیر گلولهٔ آونگ از نقطهٔ A رها می‌شود و با تندی v از پایین‌ترین نقطهٔ مسیر می‌گذرد. هنگامی که تندی گلوله به $\frac{\sqrt{۲}}{۲}v$ می‌رسد، زاویهٔ نخ با راستای قائم چند درجه است؟ (مقاومت هوا ناچیز است و $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و $\cos ۵۳^\circ = ۰/۶$)



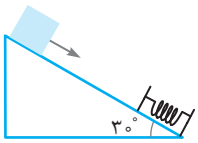

۱) ۶۰
۲) ۵۳
۳) ۳۷
۴) ۳۰

۵ آونگی را ۶۰° از وضع تعادل خارج کرده و آن را رها می‌کنیم. ۱۰cm بالاتر از وضع تعادل، میخی قرار دارد که آونگ پس از برخورد به آن، حول آن می‌چرخد. با صرف نظر از اصطکاک و جرم نخ، تندی آونگ در لحظه‌ای که به نقطهٔ B می‌رسد، کدام است؟ (طول نخ آونگ ۵۰cm است.)




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

۶ جسمی به جرم ۲kg از فاصلهٔ ۴۰cm فنری، بر روی یک سطح شیبدار صیقلی مطابق شکل با تندی $۱\frac{m}{s}$ حرکت می‌کند و پس از برخورد به فنر، آن را ۱۰cm فشرده می‌کند. حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟




۱) ۱۰
۲) ۱۱
۳) ۵
۴) ۶

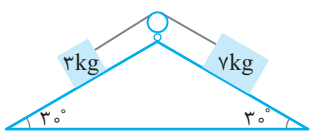
۷ توپی را با تندی v در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، در لحظه‌ای که تندی توپ نصف می‌شود، چند درصد از بیشترین ارتفاع ممکن را طی کرده است؟

۱) ۲۵٪
۲) ۵۰٪
۳) ۷۵٪
۴) ۸۰٪

۸ از بالای ساختمانی به ارتفاع ۲۵m سنگی را در راستای قائم با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ به بالا پرتاب می‌کنیم. حداکثر ارتفاع سنگ از زمین چند متر می‌شود؟ (مقاومت هوا ناچیز و $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)

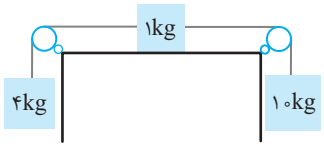
۱) ۲۰m
۲) ۴۰m
۳) ۴۵m
۴) ۵۰m

۹ در شکل مقابل، تندی وزنه‌ها پس از یک متر جابه‌جایی چند متر بر ثانیه است؟ (سطوح صیقلی هستند.)



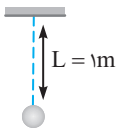

۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

**۱۰** با صرف نظر از کلیهٔ اصطکاک‌ها، در شکل زیر اگر اجسام شروع به حرکت کنند، پس از چند متر حرکت تندی وزنهٔ ۱۰kg به $۲\frac{m}{s}$ می‌رسد؟



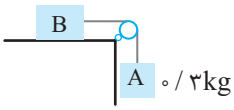

۱) ۰/۵
۲) ۰/۷۵
۳) ۱
۴) ۱/۲۵

**۱۱** به آونگ مقابل ضربه‌ای می‌زنیم و در اثر آن تندی گلوله به $۲\frac{m}{s}$ می‌رسد. حداکثر میزان انحراف آونگ چند درجه می‌شود؟




۱) ۳۷°
۲) ۵۳°
۳) ۳۰°
۴) ۶۰°

**۱۲** در شکل زیر، جرم نخ و قرقره و اصطکاک سطوح ناچیز است. دستگاه از حال سکون به حرکت درمی‌آید و پس از ۲ متر جابه‌جایی، انرژی جنبشی وزنهٔ A به ۱/۵ ژول می‌رسد، در این لحظه انرژی جنبشی وزنهٔ B چند ژول است؟ ($m_A = ۰/۳kg$)

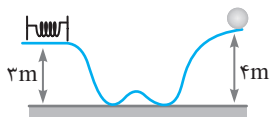



۱) ۱/۵
۲) ۴/۵
۳) ۳
۴) ۶

**۱۳** آونگ ساده‌ای را در نظر بگیرید که حداکثر انحراف آن از وضع تعادل، ۴۵° است. اگر بیشترین انرژی پتانسیل گرانشی آن $E_g$ و بیشترین انرژی جنبشی آن $E_k$ باشد، نسبت $\frac{E_k}{E_g}$ کدام است؟ (سراسری تجربی ۷۱)

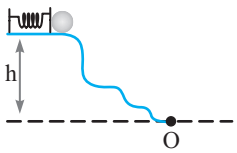
۱) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$
۲) ۱
۳) $\sqrt{۲}$
۴) ۲

**۱۴** مطابق شکل، گلوله‌ای به جرم ۵۰۰g از نقطهٔ A رها می‌شود و پس از طی مسیری بدون اصطکاک، به فنر برخورد می‌کند و آن را می‌فشارد. حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر چند ژول خواهد شد؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)



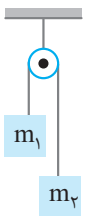

۱) ۵J
۲) ۱۰J
۳) ۱۵J
۴) ۲۰J

**۱۵** در شکل مقابل، برای آنکه گلوله را به فنر متصل کنیم و آن را بفشاریم، ۲۰J انرژی صرف کرده‌ایم. اگر پس از آزاد شدن فنر، گلوله با سرعت $۸\frac{m}{s}$ از نقطهٔ O عبور کند، ارتفاع h چند متر است؟ ($m = ۲kg$)



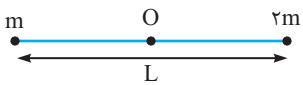

۱) ۲m
۲) ۳m
۳) ۲/۲m
۴) ۳/۲m

**۱۶** در شکل زیر جرم نخ و قرقره و اصطکاک ناچیز است و وزنه‌ها از حال سکون به حرکت درمی‌آیند ($m_۱ > m_۲$). اگر هر یک از وزنه‌ها به اندازهٔ d جابه‌جا شوند، مجموع انرژی جنبشی آن‌ها برابر کدام است؟ (سراسری ریاضی ۸۲)




۱) $(m_۱ + m_۲)gd$
۲) $(m_۱ - m_۲)gd$
۳) $\frac{۱}{۲}(m_۱ - m_۲)gd$
۴) $(m_۱ + m_۲)gd$

**۱۷** دو گلوله به جرم‌های m و ۲m را به دو سر میله‌ای با جرم ناچیز که می‌تواند حول نقطهٔ O در وسط میله دوران کند، وصل کرده‌ایم. اگر میله از وضع افقی رها شود، در لحظه‌ای که به وضع قائم می‌رسد، انرژی جنبشی گلوله‌ها چقدر است؟




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

۱۸ جسمی به جرم ۵۰۰g از نقطهٔ A رها می شود و با تندی $۴\frac{m}{s}$ از نقطهٔ B عبور می‌کند. با صرف نظر از اصطکاک، انرژی پتانسیل گرانشی در نقطهٔ B چند ژول کمتر از انرژی پتانسیل گرانشی در نقطهٔ A است؟

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۱۹ گلوله‌ای به جرم ۲kg / ۰ در شرایط خلأ از ارتفاع ۶ متری سطح زمین با تندی اولیهٔ $۴\frac{m}{s}$ به پایین پرتاب می‌شود. در لحظه‌ای که گلوله به ارتفاع ۳ متری زمین می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول است ؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۳ / ۲ ۲) ۳ / ۶ ۳) ۶ / ۴ ۴) ۷ / ۶

۲۰ گلولهٔ کوچکی در شرایط خلأ از اتفاع h رها می شود. پس از طی $\frac{۱}{۴}$ مسیر، انرژی جنبشی گلوله چه کسری از انرژی کل آن خواهد شد؟

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

## بخش سوم سری ۲ (کار و انرژی درونی، توان)

۱ جسمی از ارتفاع ۱۲ متری سقوط می‌کند. اگر کاهش انرژی پتانسیل گرانشی جسم در طی این حرکت، ۴۰J و افزایش انرژی جنبشی آن ۲۴J باشد، نیروی متوسط مقاومت هوا بر روی جسم، چند نیوتون است؟ (سراسری ریاضی ۷۲)

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

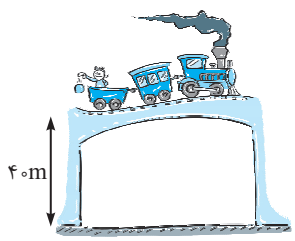
۲ توپ بسکتبالی به جرم ۸۰۰g را با تندی v در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. این توپ تا ارتفاع ۴m بالا می‌رود و پس از چند برخورد متوالی با زمین، متوقف می‌شود. افزایش انرژی درونی توپ و زمین چند ژول است؟

۱) ۱۶ ۲) ۲۰ ۳) ۲۴ ۴) ۳۲

۳ توپ بیلیاردی با تندی $۵\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. این توپ به توپ ساکن دیگری برخورد می‌کند و پس از آن با تندی $۴\frac{m}{s}$ و تحت زاویهٔ θ نسبت به مسیر اولیهٔ خود حرکت می‌کند. تندی توپ دیگر پس از این برخورد چند متر بر ثانیه است؟ (جرم توپ‌ها را یکسان در نظر بگیرید.)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۴ ترنی با $۷۲\frac{km}{h}$ در حال حرکت است. هنگامی که این ترن در حال عبور از پلی به ارتفاع ۴۰m است، کودکی از داخل آن، جسمی به جرم ۵kg / ۰ را رها می‌کند. اگر ۷۵ ژول انرژی صرف غلبه بر مقاومت هوا شود، تندی جسم در هنگام برخورد به سطح زمین چند متر بر ثانیه است؟




۱) ۲۰
۲) ۲۵
۳) ۳۰
۴) ۳۵

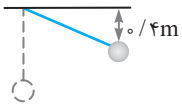
۵ جسمی به جرم ۲kg روی سطح شیبداری که با سطح افق زاویهٔ ۳۰° می‌سازد، با تندی ثابت رو به پایین می‌لغزد. اگر در این حرکت جسم به اندازهٔ ۲m جابه‌جا شود، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۹۴)

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

۶ توپی را در شرایط خلأ از ارتفاع h نسبت به سطح زمین رها می‌کنیم. در چه ارتفاعی از سطح زمین، انرژی جنبشی گلوله، دو برابر انرژی پتانسیل آن است؟ مبدأ پتانسیل را سطح زمین درنظر می‌گیریم.

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

۷ گلوله‌ای به جرم ۲۰۰g به انتهای یک آونگ به طول ۱/۲m متصل است. آونگ را از وضعیت قائم منحرف کرده و رها می‌کنیم. اگر تندی وزنه هنگامی که از راستای قائم عبور می‌کند، $۳\frac{m}{s}$ باشد، چند ژول انرژی در مسیر حرکت تلف شده است؟ (جرم وزنه ۲۰۰g است.)




۱) ۰/۷ ۲) ۰/۱ ۳) ۰/۹ ۴) ۱/۵

۸ در شکل زیر، برای اینکه جسم تا نقطهٔ B بالا رود، باید از نقطهٔ A با چه مقدار تندی پرتاب شود؟ (سطح را بدون اصطکاک در نظر بگیرید.)

۱) $۵\frac{m}{s}$ ۲) $۶\frac{m}{s}$ ۳) $۷\frac{m}{s}$ ۴) $۸\frac{m}{s}$

۹ مطابق شکل، وزنه‌ای به جرم ۲kg را به فنری می‌فشاریم، به طوری که ۶۰J انرژی در مجموعه ذخیره شود. اگر پس از رها شدن جسم، در لحظه‌ای که فنر به طول عادی خود می‌رسد، دارای تندی $۷\frac{m}{s}$ باشد، چند ژول انرژی در طی این فرایند تلف شده است؟

۱) ۸ ۲) ۹ ۳) ۱۰ ۴) ۱۱

۱۰ انرژی شیمیایی موجود در سوخت اتومبیل برابر $۸۰\frac{kJ}{g}$ است. اگر ٪۱۰ از انرژی حاصل از سوخت صرف حرکت اتومبیل شود، یک اتومبیل با جرم ۸۰۰kg و مصرف ۴۵g سوخت، به چه مقدار تندی می‌تواند برسد؟

۱) $۲۰\frac{m}{s}$ ۲) $۲۵\frac{m}{s}$ ۳) $۳۰\frac{m}{s}$ ۴) $۳۵\frac{m}{s}$

۱۱ توان یک موتور الکتریکی که برای بالا بردن اجسام مورد استفاده قرار می‌گیرد، ۰/۲kW است. اگر توسط این موتور جسمی به جرم ۱۰۰kg را بالا بکشیم، در مدت ۱۰s چند متر بالا می‌آید؟

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۱/۵ ۴) ۲

۱۲ اتومبیلی به جرم یک تُن، در مدت ۱۰۰s از حال سکون به حرکت درمی‌آید و به تندی $۳۰\frac{m}{s}$ می‌رسد. اگر ٪۲۰ انرژی موتور صرف غلبه بر مقاومت هوا شود، توان موتور خودرو تقریباً چند کیلووات است؟

۱) ۶/۵ ۲) ۵/۶ ۳) ۶ ۴) ۵

۱۳ پمپ آبی در مدت یک دقیقه، ۲۰kg آب را از عمق ۲۵ متری زمین بالا می‌آورد و با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ بیرون می‌ریزد. توان این پمپ چند وات است؟

۱) $\frac{۲۵۰}{۳}$ ۲) ۱۵۰ ۳) $\frac{۲۰۰}{۳}$ ۴) ۲۰۰

۱۴ گلوله آونگی به جرم ۲۰۰g را که از نخی به طول ۱m آویزان است، از وضع تعادل خود به اندازهٔ ۶۰° خارج و آن را رها می‌کنیم. اگر پس از ۲۰s این آونگ متوقف شود، توان متوسط نیروی مقاومت هوا، چند وات است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۰۵ ۳) ۰/۱ ۴) ۱

۱۵ مولد A نسبت به مولد B دارای توان کمتر ولی بازده بیشتر است. این به این معناست 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

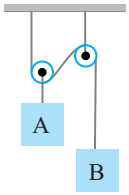
۱۶ ارتفاع یک سد ۱۰۰m و توان الکتریکی مولدی که در پایین سد قرار دارد، در حدود ۲۰۰MW است. اگر ٪۸۰ کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند متر مکعب آب روی پره‌های توربین می‌ریزد؟ $(\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳})$

۱) $۲۵۰\times۱۰^۳$ ۲) $۱۲۰\times۱۰^۳$ ۳) ۲۵۰ ۴) ۱۲۰

۱۷ اتومبیلی به جرم $800kg$ در یک سراشیبی به شیب $30^\circ$ قرار دارد. اگر راننده اتومبیل را در حالت خلاص قرار دهد، حداکثر تندی اتومبیل به $108\frac{km}{h}$ می‌رسد. نیروی مقاوم در برابر حرکت اتومبیل در این حالت، تقریباً چند نیوتون است؟

۱) ۲۰۰۰ ۲) ۳۰۰۰ ۳) ۴۰۰۰ ۴) ۵۰۰۰

۱۸ در شکل زیر، جرم نخ و قرقره و اصطکاک ناچیز است. وزنه‌ها از حال سکون به حرکت درمی‌آیند. پس از اینکه وزنهٔ A، $20cm$ سقوط کرد، تندی وزنهٔ B برابر چند متر بر ثانیه است؟ $(m_A = 8kg \text{ و } m_B = 2kg)$




۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

۱۹ توپی به جرم $400g$ را از ارتفاع $20m$ زمین رها می‌کنیم. اگر نیروی مقاوم در برابر حرکت توپ، ٪۱۰ وزن آن باشد، با چه تندی‌ای به زمین برخورد می‌کند؟

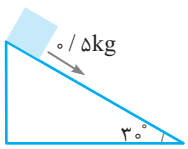
۱) $10\sqrt{6}$ ۲) $6\sqrt{10}$ ۳) $3\sqrt{10}$ ۴) $10\sqrt{3}$

۲۰ بالابری برای بالا بردن یک جسم به جرم $2kg$ از سطح زمین به ارتفاع $h$، $200J$ انرژی مصرف کرده است. اگر جسم از این ارتفاع در شرایط خلأ سقوط کند و با تندی $12\frac{m}{s}$ به زمین برسد، بازده این بالابر کدام است؟

۱) ٪۴۴ ۲) ٪۵۶ ۳) ٪۶۰ ۴) ٪۷۲

## بخش سوم سری ۳ (کار و انرژی درونی، توان)

۱ جسمی به جرم $0/5kg$ از بالای سطح شیبداری که با افق زاویه $30^\circ$ می‌سازد، از حال سکون به پایین می‌لغزد. اگر طول سطح شیبدار ۲ متر باشد و ۲۰ درصد انرژی پتانسیل گرانشی اولیهٔ جسم به گرما تبدیل شود، این جسم با تندی چند متر بر ثانیه به پایین سطح می‌رسد؟

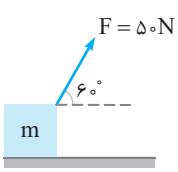



۱) ۲
۲) ۲/۵
۳) ۴
۴) ۳

۲ جسمی را از بالای سطح شیبداری به طول $L$ که با سطح افق زاویهٔ $30^\circ$ می‌سازد، از حال سکون رها می‌کنیم. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جسم $\frac{1}{4}$ نیروی وزن باشد، تندی جسم در پایین سطح کدام است؟ (سراسری تجربی ۷۵)

۱) $\frac{1}{2}\sqrt{gL}$ ۲) $\frac{1}{2}\sqrt{2gL}$ ۳) $gL\frac{\sqrt{2}}{2}$ ۴) $\sqrt{2gL}$

۳ در شکل زیر، وزنهٔ $M$ که با سطح زیرین اصطکاک ندارد، از حال سکون به حرکت درمی‌آید و در مدت $5s$، ۱۰ متر روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود. متوسط توان مفید آن چند وات است؟




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

**۴** کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟

۱) بالا رفتن انرژی درونی، منجر به افزایش دمای جسم می‌شود.

۲) کاری که نیروی اصطکاک انجام می‌دهد، باعث افزایش انرژی درونی می‌شود.

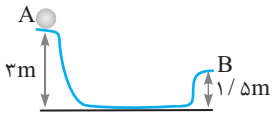
۳) هنگامی که یک جسم در خلأ سقوط می‌کند، انرژی درونی آن کاهش می‌یابد.

۴) اگر در خلأ جسمی را رو به بالا پرتاب کنیم، انرژی درونی آن ثابت می‌ماند.

**۵** توپی به جرم ۱۰۰g از ارتفاع ۸ متری زمین رها می‌شود و پس از برخورد با سطح زمین حداکثر تا ارتفاع ۵m بالا می‌آید. چند ژول انرژی به انرژی درونی زمین و توپ تبدیل شده است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

**۶** جسمی مطابق شکل از نقطهٔ A رها شده و پس از طی سطح افقی ۳ متری، حداکثر تا ارتفاع $h_B$ بالا می‌رود. اگر فقط در سطح افقی، نیروی اصطکاک داشته باشیم، نیروی اصطکاک چند برابر وزن جسم است؟




۱) ۲

۲) ۳

۳) $\frac{۱}{۲}$

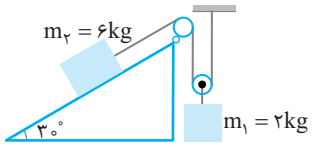
۴) $\frac{۱}{۳}$

**۷** در شکل زیر، گلوله‌ای به جرم ۱۰۰g از نقطهٔ A رها می‌شود و در حین پیمودن مسیر دایره‌ای، تندی آن در نقطهٔ B به $۴\frac{m}{s}$ می‌رسد. اگر ۳ ژول انرژی در اثر اصطکاک تلف شده باشد، شعاع دایره چند متر است؟

۱) $\frac{۱۰}{۸}$ ۲) $\frac{۸}{۱۰}$

۳) $\frac{۱۰}{۷}$ ۴) $\frac{۷}{۱۰}$

**۸** در شکل زیر، دستگاه از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و اصطکاک ناچیز است. پس از چند متر جابه‌جایی، تندی $m_۲$ به $۶\frac{m}{s}$ می‌رسد؟



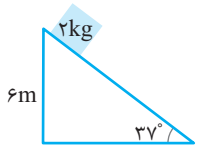

۱) ۵/۵۵

۲) ۵/۶۵

۳) ۵/۷۵

۴) ۵/۸۵

**۹** در شکل زیر، جسم از بالاترین نقطهٔ سطح شیبدار، رها می‌شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی برابر ۴N باشد، تندی جسم در لحظهٔ رسیدن به پایین چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$ (سراسری تجربی ۹۴ خارج از کشور)



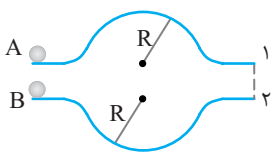

۱) $۴\sqrt{۵}$

۲) $۴\sqrt{۱۰}$

۳) $۲\sqrt{۵}$

۴) $۲\sqrt{۱۰}$

**۱۰** انرژی شیمیایی موجود در هر لیتر بنزین $۴\times۱۰^۷ J$ است. اتومبیلی که با تندی ثابت $۱۰۸\frac{km}{h}$ در حرکت است، در هر ۱۰۰km، ۶ لیتر بنزین مصرف می‌کند. اگر بازده موتور اتومبیل ٪۲۵ باشد، میانگین نیروی مقاومت هوا بر اتومبیل چند نیوتون است؟




۱) $۶\times۱۰^۲$ ۲) $۱۸\times۱۰^۲$

۳) $۱۲\times۱۰^۲$ ۴) $۳۶\times۱۰^۲$

**۱۱** دو توپ یکسان را با تندی‌های برابر در مسیرهای بدون اصطکاک ۱ و ۲ مطابق شکل پرتاب می‌کنیم. کدام توپ زودتر به پایان مسیر می‌رسد؟

۱) توپ A

۲) توپ B

۳) هم‌زمان می‌رسند.

۴) اظهار نظر نمی‌توان کرد.

**۱۲** در شکل زیر، گلوله‌ای به جرم $4kg$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی با تندی $4\frac{m}{s}$ به فنر برخورد می‌کند. وقتی تندی گلوله به $2\frac{m}{s}$ می‌رسد، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر $16J$ است. تا این لحظه چند ژول انرژی به انرژی درونی گلوله و فنر تبدیل شده است؟

۱) ۸ ۲) ۷

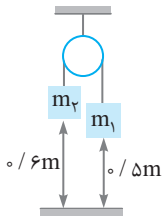
۳) ۶ ۴) ۵

**۱۳** اتومبیلی به جرم $900kg$ در یک جادهٔ 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؟ (سراسری ریاضی ۸۱)

۱) ۹ ۲) ۱۸

۳) ۳۰ ۴) ۳۶

**۱۴** اگر وزنه‌های شکل مقابل از حال سکون رها شوند، وزنهٔ $m_2$ تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ $(m_1 = 4kg \text{ و } m_2 = 1kg)$




۱) ۱/۱

۲) ۰/۸

۳) ۱/۳

۴) ۱/۴

**۱۵** یک ماشین برای بالا بردن یک جسم $2kg$ از سطح زمین تا ارتفاع معین، $100J$ انرژی مصرف کرده است. اگر جسم از این ارتفاع در شرایط خلأ سقوط کند و تندی آن هنگام رسیدن به زمین $4\sqrt{5}\frac{m}{s}$ باشد، بازده ماشین کدام است؟ (سراسری ریاضی ۷۶)

۱) ۰/۷ ۲) ۰/۷۵

۳) ۰/۸ ۴) ۰/۸۵

**۱۶** فردی که تفنگی را در ارتفاع $1/2m$ زمین به صورت افقی نگه داشته است، شلیک می‌کند. گلوله‌ای به جرم $20g$ با تندی $1000\frac{m}{s}$ از دهانهٔ تفنگ خارج می‌شود و پس از طی مسافتی با تندی $500\frac{m}{s}$ به زمین می‌خورد. کار نیروی مقاومت هوا در این فرایند چند ژول است؟

۱) ۷۵۰۰

۲) بیشتر از ۷۵۰۰

۳) کمتر از ۷۵۰۰

۴) به مسافت طی شده بستگی دارد.

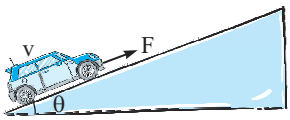
**۱۷** توپ فوتبالی به جرم $400g$ با تندی اولیهٔ $10\frac{m}{s}$ روی زمین در حال حرکت است. اگر پس از طی مسافت $10m$ تندی آن به $6\frac{m}{s}$ برسد، نیروی اصطکاک بین توپ و زمین چند نیوتون است؟

۱) ۱۲/۸ ۲) ۱/۲۸ ۳) ۲۵/۶ ۴) ۲/۵۶

**۱۸** بالابری با تندی ثابت، ۵ مسافر را که هرکدام به طور متوسط $70kg$ جرم دارند، در مدت ۲ دقیقه تا ارتفاع $30m$ بالا می‌برد. اگر جرم اتاقک بالابر $1050kg$ باشد، توان متوسط بالابر چند کیلووات است؟

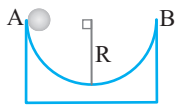
۱) ۳/۵ ۲) ۴۲۰ ۳) ۲/۸ ۴) ۰/۸۷۵

۱۹ اتومبیلی به جرم $m$، در حال حرکت در یک سراشیبی است که با سطح افق زاویهٔ $\theta$ می‌سازد. اگر اتومبیل با تندی ثابت $v$ در حرکت باشد و نیروی موتور اتومبیل برابر $F$ باشد، توان موتور اتومبیل کدام است؟




۱) $\frac{Fv^2}{m\cos\theta}$
۲) $\frac{Fv\sin\theta}{m}$
۳) $Fv\cos\theta$
۴) $Fv$

۲۰ گلولهٔ شکل زیر، از نقطهٔ $A$ با تندی $v$ مماس بر سطح پرتاب می‌شود. اگر نیروی اصطکاک بین سطح و توپ $f_k$ باشد، توپ پس از جدا شدن از سطح در نقطهٔ $B$، تا چه ارتفاعی نسبت به $B$ صعود می‌کند؟




۱) $\frac{v^2}{mg}-\frac{f_k\pi R}{mg}$
۲) $\frac{v^2}{2mg}-\frac{f_k\pi R}{mg}$
۳) $\frac{2v^2}{g}-\frac{f_k\pi R}{2mg}$
۴) $\frac{v^2}{2g}-\frac{f_k\pi R}{mg}$

## آزمون جامع ۱

۱) جسمی به جرم $۲kg$ بر روی خط $y = \frac{۴}{۳}x + ۲$ تحت اثر نیروی $\vec{F} = ۶\vec{i} + ۸\vec{j}$ در حرکت است. کار این نیرو در طی $۵m$ جابه‌جایی جسم کدام گزینه است؟

۱) $۲۵J$ ۲) $-۲۵J$ ۳) $۵۰J$ ۴) $-۵۰J$

۲) جسمی در مسیر مستقیم با تندی $v$ در حرکت است. اگر تندی جسم $۵\frac{m}{s}$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ٪۴۴ افزایش می‌یابد. $v$ چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی ۹۳ خارج از کشور)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

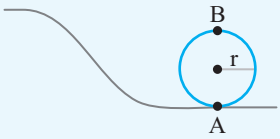
۳) اتومبیلی با تندی $۹۰\frac{km}{h}$ در حرکت است. تندی اتومبیل چند متر بر ثانیه افزایش یابد تا انرژی جنبشی آن ۲ برابر شود؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۵ ۴) ۵۰

۴) گلوله‌ای را در شرایط خلأ از سطح زمین با تندی $v$ به بالا پرتاب می‌کنیم. فاصلهٔ نقطه‌ای که در آن نسبت انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل گرانشی $\frac{۱}{۲}$ است، از نقطه‌ای که در آن نسبت انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی $\frac{۱}{۲}$ است، چند برابر ارتفاع اوج گلوله می‌شود؟ (سطح زمین را مبدأ پتانسیل درنظر می‌گیریم.)

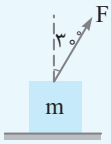
۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۵}$

۵) مطابق شکل یک سورتمهٔ شهربازی در نقطهٔ A دارای تندی $۳۰\frac{m}{s}$ و در نقطهٔ B، دارای تندی $۱۰\frac{m}{s}$ است. اگر جرم سورتمه و مسافران $۵۰۰kg$ باشد، نیروی اصطکاک بین سورتمه و ریل تقریباً چند نیوتون است؟ $(r = ۱۰m \ , \pi \simeq ۳)$



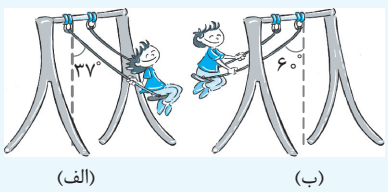

۱) ۲۰۰۰ ۲) ۳۰۰۰
۳) ۴۰۰۰ ۴) ۵۰۰۰

۶) در شکل زیر، نیروی $\vec{F} = ۴N$ وزنهٔ $m$ را بر روی سطح افقی در هر ثانیه $۲m$ جابه‌جا می‌کند. کار این نیرو در $۱۰s$ چند ژول است؟




۱) ۴ ۲) $۴\sqrt{۳}$
۳) ۴۰ ۴) $۴۰\sqrt{۳}$

۷) کودکی به جرم $۴۰kg$ بر روی یک تاب، در حال بازی است. کار نیروی وزن بر روی او، در مدتی که از وضعیت (الف) به (ب) جابه‌جا می‌شود، چند ژول است؟ (طول زنجیر تاب $۲m$ است و $\cos ۳۷^\circ = ۰/۸$)

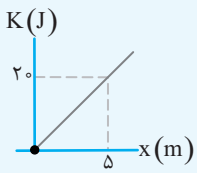



۱) $-۱۰۰$ ۲) $-۲۰۰$
۳) $-۱۲۰$ ۴) $-۲۴۰$

۸) حداکثر توان یک اتومبیل یک تُنی، $۱۰۰kW$ است. کمترین زمان لازم برای اینکه اتومبیل از حال سکون به سرعت $۳۰\frac{m}{s}$ برسد، چند ثانیه است؟

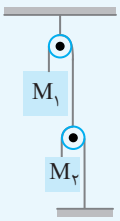
۱) ۹ ۲) ۳/۲۵ ۳) ۴/۵ ۴) ۱۸

۹) نمودار انرژی جنبشی بر حسب مکان یک جسم که از حال سکون و از مبدأ مختصات شروع به حرکت کرده، مطابق شکل است. برآیند نیروهای وارد بر جسم چند نیوتون است؟




۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۴

۱۰ کار نیروی وزن بر روی $M_۲$، پس از اینکه $M_۱$ دو متر به پایین حرکت کند، چند ژول است؟ $(M_۱ = ۴kg \text{ و } M_۲ = ۲kg)$

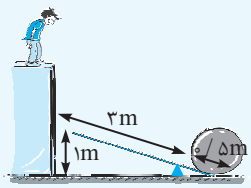



۱) $-۷۰$
۲) $-۵۰$
۳) $-۴۰$
۴) $-۸۰$

۱۱ چتربازی از روی برجی به ارتفاع $۴۰۰m$ می‌پرد و پس از طی $۳۰۰m$، چتر خود را باز می‌کند و $۵۰m$ آخر مسیر را با تندی ثابت $۱۰\frac{m}{s}$ سپری می‌کند. اگر جرم شخص $۷۰kg$ باشد، نیروی متوسط مقاومت هوا چند نیوتون است؟

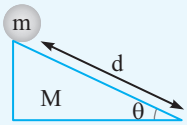
۱) ۵۰۰ ۲) ۷۰۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۳۵۰

۱۲ فردی به جرم $۷۰kg$ از بالای یک سکو به ارتفاع $۲m$ بر روی دیلمی مطابق شکل زیر می‌پرد. سنگی به جرم $۱۰kg$ که در سوی دیگر قرار دارد، حداکثر تا چه ارتفاعی به بالا پرتاب می‌شود؟



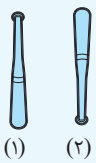

۱) ۲ ۲) ۱/۶
۳) ۱/۴ ۴) ۱/۲

۱۳ جسمی به جرم $m$ بر روی سطح شیبداری به جرم $M$ قرار دارد. اگر از تمام اصطکاک‌های میان جسم و سطح شیبدار و سطح شیبدار با زمین چشم‌پوشی کنیم، کدام گزینه در مورد تندی وزنهٔ $m$ هنگام رسیدن به پایین سطح صحیح است؟



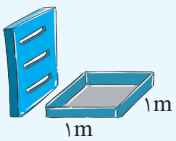

۱) $v > \sqrt{۲gd}$ ۲) $v \geq \sqrt{۲g\frac{d}{\sin\theta}}$
۳) $v < \sqrt{۲gd\sin\theta}$ ۴) $v = \sqrt{۲gd\sin\theta}$

۱۴ یک چوب بیسبال را مطابق شکل به دو صورت (۱) و (۲) از یک ارتفاع یکسان رها می‌کنیم. تندی آن هنگام برخورد به زمین:




۱) در هر دو حالت یکسان است.
۲) در حالت (۱) بیشتر است.
۳) در حالت (۲) بیشتر است.
۴) هر سه حالت ممکن است.

۱۵ درب ورودی یک کانال بر روی یک سطح افقی قرار دارد. کمترین مقدار کار مورد نیاز برای اینکه این درب را که جرمی برابر $۲۰kg$ دارد، به وضعیت قائم درآورد، چند ژول است؟

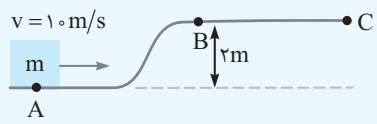



۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰
۳) ۲۰۰ ۴) ۲۵۰

۱۶ جسمی را با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ از ارتفاع ۳ متری، در راستای قائم به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر میانگین نیروی مقاومت هوا در مقابل حرکت را $\frac{۱}{۹}$ وزن در نظر بگیریم، حداکثر ارتفاع جسم، چند متر خواهد شد؟

۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۸

۱۷ اگر نیروی اصطکاک وارد بر جسم، در مسیر BC، $۱۰N$ باشد، جسم $m$ پس از پرتاب از نقطهٔ A، چند متر را روی سطح BC طی می‌کند؟ $(m = ۱kg)$

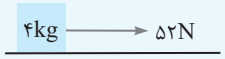



۱) ۴ ۲) ۳
۳) ۲ ۴) ۱

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

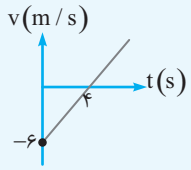
۱) $\frac{۳}{۱}$ ۲) $\frac{۵}{۴}$ ۳) $\frac{۴}{۵}$ ۴) $\frac{۴}{۳}$

۱۹) در مجموعهٔ زیر، بسته از حال سکون با شتاب $۱۰\frac{m}{s^۲}$ شروع به حرکت می‌کند. پس از ۱۵ متر جابه‌جایی، کار انجام شده توسط نیروی عکس‌العمل سطح چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



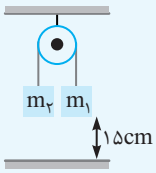

۱) $۱۲۰J$
۲) $-۱۲۰J$
۳) $-۱۸۰J$
۴) صفر

۲۰) نمودار تندی برحسب زمان برای جسمی به جرم ۴kg مطابق شکل است. کار کل انجام شده بر روی جسم تا زمان $t = ۱۰s$ چند ژول است؟



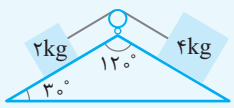

۱) ۴۵
۲) ۹۰
۳) ۱۲۰
۴) ۰

۲۱) در دستگاه مقابل، اجسام از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند. جسم $m_۲$ تا چه ارتفاعی صعود می‌کند؟ $(m_۲ = ۲kg \text{ و } m_۱ = ۴kg)$



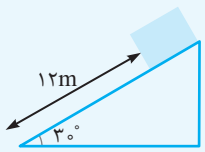

۱) $۱۵cm$
۲) $۲۰cm$
۳) $۳۰cm$
۴) $۳۵cm$

۲۲) در شکل مقابل، تندی وزنه‌ها پس از $۳۰cm$ جابه‌جایی کدام است؟




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

۲۳) جسمی به جرم ۲kg را مطابق شکل با تندی اولیهٔ $۵\frac{m}{s}$ مماس بر سطح رو به پایین پرتاب می کنیم. اگر تندی جسم پس از جابه‌جایی روی سطح به $۸\frac{m}{s}$ برسد، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟




۱) $-۴۲$
۲) $-۴۵$
۳) $-۶۳$
۴) $-۸۱$

۲۴) جسمی به جرم $۰/۵kg$ تحت تأثیر نیروی ثابت ۲N از حالت سکون به حرکت در می‌آید. پس از چند ثانیه انرژی جنبشی جسم به ۲۵J می رسد؟

۱) ۲/۵
۲) ۶/۲۵
۳) ۱۰
۴) ۲۵

۲۵) توان یک تلمبهٔ آبی ۲kW و بازده آن ٪۹۵ است. این تلمبه در هر دقیقه چند کیلوگرم آب را از عمق $۹/۵m$ زمین بالا می‌آورد؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) $۱/۲\times۱۰^۴$
۲) $۱/۲\times۱۰^۳$
۳) ۲۰۰
۴) ۲۰

## آزمون جامع ۲

۱) در راستای قائم، جسمی به جرم m را از نقطهٔ A به B می‌بریم. کار نیروی جاذبهٔ زمین در این جابه‌جایی $-۲۰J$ است. اگر انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطهٔ B، ۳۰J باشد، انرژی پتانسیل گرانشی جسم در A چند ژول است؟

۱) $-۱۰$
۲) ۱۰
۳) ۵۰
۴) ۷۰

۲) اگر از جرم جسمی ٪۱۰ کم کنیم و بر تندی آن ٪۱۰ بیفزاییم، انرژی جنبشی آن تقریباً چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ٪۱۰ کاهش
۲) ٪۱۰ افزایش
۳) ٪۹ کاهش
۴) ٪۹ افزایش

**۳** جسمی به جرم $3kg$ را با نیروی $15N$ با تندی ثابت $2\frac{m}{s}$ حرکت می‌دهیم. پس از ۵ ثانیه کاری که توسط سطح بر روی جسم انجام می‌شود، چند ژول است؟

۱) $-100$ ۲) $-150$ ۳) $-200$ ۴) $-250$

**۴** نیروی ثابت $24N$ در راستای قائم بر جسمی به جرم $2kg$ وارد می‌شود، اندازهٔ کار این نیرو در ثانیه‌های متوالی یک بازهٔ زمانی معین: (سراسری ریاضی ۸۳)

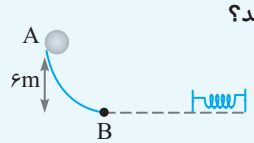
۱) افزایش می‌یابد. ۲) کاهش می‌یابد.

۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. ۴) هر سه گزینه محتمل است.

**۵** جسمی به جرم $2kg$ را با سرعت $10\frac{m}{s}$ در راستای قائم و رو به بالا پرتاب می‌کنیم. انرژی مکانیکی این جسم در نصف ارتفاع اوج چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۸۱)

۱) ۵۰ ۲) $50\sqrt{2}$ ۳) ۱۰۰ ۴) $45\sqrt{2}$

**۶** گلوله‌ای به جرم $200g$ از نقطهٔ A رها می‌شود و پس از برخورد به فنری در سطح افقی آن را متراکم می‌کند. اگر کار نیروی اصطکاک در مسیر AB برابر $2J$ و سطح افقی بدون اصطکاک باشد، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر چند ژول خواهد شد؟



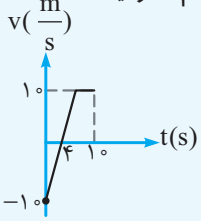

۱) ۱ ۲) ۸

۳) ۱۰ ۴) ۱۲

**۷** گلوله‌ای در شرایط خلأ از سطح زمین با تندی اولیهٔ $30\frac{m}{s}$ 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)

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۳۵

**۸** نمودار تندی زمان برای متحرکی در طی $10s$ مطابق شکل است. در کدام بازهٔ زمانی، کار برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر نیست؟



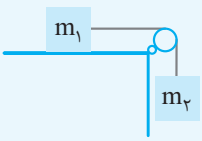

۱) ۰ تا ۸ ثانیه

۲) ۸ تا ۱۰ ثانیه

۳) ۰ تا ۴ ثانیه

۴) ۰ تا ۱۰ ثانیه

**۹** در شکل زیر، با چشم‌پوشی از کلیهٔ مقاومت‌ها، اگر دستگاه از حال سکون شروع به حرکت کند، کدام‌یک از موارد زیر با گذشت زمان کاهش می‌یابد؟




۱) انرژی پتانسیل گرانشی $m_1$

۲) انرژی جنبشی مجموعهٔ $m_1$ و $m_2$

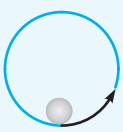
۳) انرژی مکانیکی $m_2$

۴) انرژی جنبشی $m_2$

**۱۰** گلوله‌ای به جرم $100g$ با تندی $20\frac{m}{s}$ به دیواری برخورد می‌کند. پس از $5cm$ فرو رفتن در آن، متوقف می‌شود. متوسط نیرویی که دیوار بر گلوله وارد می‌کند، چند نیوتون است؟

۱) ۸۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۰۰

**۱۱** گلوله‌ای به جرم $500g$ داخل یک حلقهٔ بدون اصطکاک به شعاع $40cm$ در صفحهٔ قائم حرکت می‌کند. اگر تندی گلوله در پایین‌ترین نقطهٔ مسیر $5\frac{m}{s}$ باشد، تندی آن در بالاترین نقطهٔ مسیر چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۵ ۲) ۳

۳) ۲ ۴) ۴

۱۲) گویی به جرم $m$ را به یک ریسمان به طول $L$ بسته و مطابق شکل می‌چرخانیم. کار نیروی کشش نخ در یک نیم دور برابر است با:

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

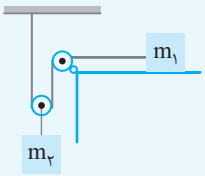
۱۳) اتومبیلی به جرم $۸۰۰kg$ در یک مسیر افقی از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از طی $۴۰m$ در مدت $۲۰s$ به تندی $۳۶\frac{km}{h}$ می‌رسد. اگر نیروهای مقاوم در برابر حرکت این اتومبیل $۳۰۰N$ باشند، توان متوسط موتور اتومبیل چند کیلووات است؟

۱) ۲
۲) ۲/۴
۳) ۲/۶
۴) ۲/۸

۱۴) در مورد جسمی که در هوا در حال سقوط است:

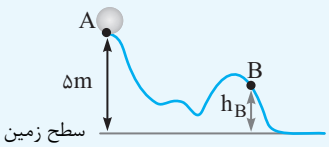
۱) لزوماً انرژی مکانیکی افزایش می‌یابد.
۲) قطعاً بر سرعتش افزوده می‌شود.
۳) انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد.
۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۱۵) در دستگاه زیر، تندی جسم $m_۱$ پس از اینکه $m_۲$ به میزان $۲۵cm$ سقوط کرد، چند متر بر ثانیه است؟ $(m_۱ = m_۲)$



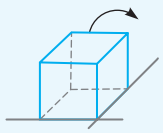

۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

۱۶) جسمی به جرم $۴۰۰g$ مطابق شکل از نقطهٔ $A$ رها می‌شود و با تندی $۴\frac{m}{s}$ از نقطهٔ $B$ عبور می‌کند. انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطهٔ $B$ چند ژول است؟ مبدأ انرژی پتانسیل را سطح زمین درنظر می‌گیریم.




۱) ۲/۱
۲) ۴/۲
۳) ۸/۴
۴) ۱۶/۸

۱۷) می‌خواهیم مکعبی فلزی به جرم $۲۰kg$ و ضلع $۵۰cm$ را یک بار روی زمین بغلتانیم. حداقل کاری که بایستی انجام دهیم، تقریباً چند ژول است؟



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۲۵
۴) صفر

۱۸) بازده بدن انسان در بالا رفتن از پله ٪۲۰ است. شخصی به جرم $۶۰kg$ در مدت $۸s$ از پلکانی به ارتفاع $۲m$ بالا می‌رود. آهنگ مصرف انرژی این شخص در این فعالیت، چند وات است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۱۵۰
۲) ۳۰۰
۳) ۵۰
۴) ۷۵۰

۱۹) توان 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

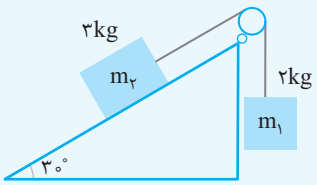
۲۰) توپی به جرم $m$ را از ارتفاع $۲m$ زمین رها می‌کنیم. اگر در حین حرکت و برخورد به زمین ٪۳۰ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آن تلف شود، پس از برخورد به زمین تا چه ارتفاعی بالا می‌آید؟

۱) ۱/۷
۲) ۱/۵
۳) ۱/۴
۴) ۱/۶

۲۱) آونگی به طول $1m$ و جرم $200g$ را به میزان $60^\circ$ از وضع تعادل خود خارج کرده و سپس آن را رها می‌کنیم. این آونگ به علت مقاومت هوا پس از چند رفت و برگشت می‌ایستد. کل کاری که توسط هوا بر روی آن انجام شده، چند ژول است؟

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۲۲) در دستگاه مقابل، وزنه‌ها با تندی $0/1\frac{m}{s}$ در حال حرکت هستند. کار نیروی اصطکاک بر روی $m_2$ را پس از $3s$ کدام است؟




۱) $1/5J$
۲) $3J$
۳) $4/5J$
۴) $6J$

۲۳) توان یک ماشین ساده $200W$ و بازده آن $80\%$ است. چند ثانیه طول می کشد تا باری به وزن $40N$ را با این ماشین $10$ متر بالا ببریم؟

۱) ۱۶ ۲) ۲۰ ۳) ۲۴ ۴) ۲۵

۲۴) جسمی به جرم $m$ را با تندی $8\frac{m}{s}$ در راستای قائم رو به بالا پرتاب می کنیم. با نادیده گرفتن اتلاف انرژی، تندی جسم در نیمهٔ مسیر چند متر بر ثانیه است ؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) ۶ ۲) ۴ ۳) $4\sqrt{2}$ ۴) $5\sqrt{2}$

۲۵) یک قایق موتوری با صرف توان $2/4\times10^3$ با تندی ثابت $10\frac{m}{s}$ روی آب حرکت می کند. نیروی مقاوم آب در مقابل حرکت قایق چند نیوتون است؟

۱) ۰/۲۴ ۲) ۲۴ ۳) ۲۴۰ ۴) ۲۴۰۰

## پاسخنامه بخش اول

**۱** ۱

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow K=\frac{1}{2}(0/5)(20)^2=100J$$

**۲** ۴

*فقط تبدیل واحد می‌خواد! باقیش راحته!*

$$m=1\,T=1000kg$$

$$v=90\frac{km}{h}=90\frac{km}{h}\times\frac{1000m}{3600\,s}=25\frac{m}{s}$$

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow K=\frac{1}{2}(1000)(25)^2=312/5\times10^3J$$

$$=312/5kJ$$

**۳** ۳

$$\frac{K_2}{K_1}=\frac{\frac{1}{2}m_2v_2^2}{\frac{1}{2}m_1v_1^2}=\frac{m_2}{m_1}\times(\frac{v_2}{v_1})^2$$

$$\Rightarrow \frac{K_2}{K_1}=\frac{m}{(m+\frac{m}{2})}(\frac{2v}{v})^2=\frac{1}{\frac{3}{2}}\times4=\frac{8}{3}$$

**۴** ۳

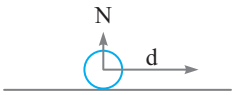
*اینم یه سؤال راحت!*

$$W=Fd\cos\theta$$

$$W=4\times32\times\cancel{\cos0^\circ}^{1}=128J$$

**۵** ۴

نیروی عمودی تکیه‌گاه $(N)$ بر جابه‌جایی عمود است، پس کار آن صفر خواهد شد!




$$W_N=N\cdot d\cancel{\cos90^\circ}^{0}=0$$

**۶** ۲

اول جابه‌جایی را حساب می‌کنیم.

$$d=vt \Rightarrow d=(10)(15)=150m$$

$$W=Fd\cos\theta \Rightarrow W=(400)(150)(1)=60000J=60kJ$$

**۷** ۴

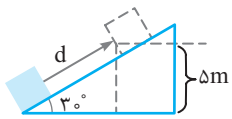
وقتی تندی حرکت ثابت است، یعنی برآیند نیروها برابر صفر است. در نتیجه مقدار نیروی موتور برابر با نیروی مقاوم خواهد بود و داریم:

$$|f_k|=F_{\text{موتور}} \quad v=54\frac{km}{h}=15\frac{m}{s}$$

$$d=vt \Rightarrow d=15\times60=900m$$

$$W_{f_k}=-(2\times10^3)(900)=-1800\times10^3=-18\times10^5J$$

**۸** ۴




$$\Delta h=d\sin\theta=10\times\frac{1}{2}=5m$$

$$W_{mg}=-mg\Delta h \quad , \quad \Delta h=5m$$

$$\Rightarrow W=-(2)(10)(5)=-100J$$

**۹** ۲

چون حداقل کار خواسته شده، پس کمترین تغییر ارتفاع را در نظر می‌گیریم:

اولین جعبه که کاری روش انجام نمی‌شه، چون فاصله‌ای از زمین نداره! $W_1=0$

دومین جعبه رو باید به اندازهٔ ۲۰cm بالا ببریم.

$$W_2=-mg(0/2)=-1(10)(0/2)=-2$$

به همین ترتیب جعبهٔ سوم باید ۴۰cm بالا برده بشه و الی آخر!

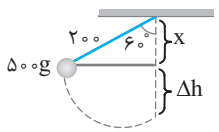
$$W_3=-mg(0/4)=-1(10)(0/4)=-4$$

$$W_4=-mg(0/6)=-1(10)(0/6)=-6$$

$$W_5=-mg(0/8)=-1(10)(0/8)=-8$$

$$\Rightarrow W_T=-[2+4+6+8]=-20J$$

**۱۰** ۴




$$\Delta h+x=L \Rightarrow \Delta h=L-x$$

$$x=L\cos\theta$$

$$\Rightarrow \Delta h=L-L\cos\theta$$

$$\Rightarrow \Delta h=2-2(\frac{1}{2})=1m$$

$$W_{mg}=+mg\Delta h \Rightarrow W=(0/5)(10)(1)=5J$$

**۱۱** ۴

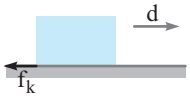
حداقل کار نیروی عمودی تکیه‌گاه، برابر کار نیروی وزن در این جابه‌جایی است. پس:

$$W_N=Nd \Rightarrow W_N=m_Tgh$$

$$\Rightarrow W=(60+70)(10)(120)=130\times10\times120=156\times10^3J$$

**۱۲** ۳

عامل حرکت جعبه به همراه اتومبیل، نیروی اصطکاک است.




$$W_{f_k}=f_kd\cos\theta$$

$$\Rightarrow W=(120)(50)(\cos0)=6000J$$

**۱۳** ۴

$$W_{mg}=-mg\Delta h$$

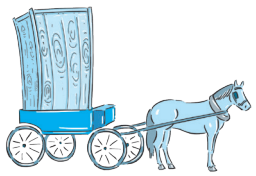
$$\Delta h=h_2-h_1=4-10=-6m$$

$$W_{mg}=-(100)(10)(-6)=6000J$$

**۱۴** ○○○● ۴

بررسی گزینه‌ها:

۱) ممکن است کار نیروی اصطکاک جنبشی، مثبت باشد.



۲) انرژی جنبشی، هر مقدار دلخواه و غیرمنفی می‌تواند داشته باشد.

۳) نیروی عمودی تکیه‌گاه در آسانسورها و بالابرها کار انجام می‌دهد.

۴) چون در یک مسیر بسته، ابتدا و انتهای جسم، دارای یک ارتفاع است و تغییر ارتفاع نداریم، پس کار نیروی وزن صفر است.

**۱۵** ○○●○ ۳

$$\Delta h_2 = \Delta h_1 \sin\theta = \Delta h_1 \sin 30^\circ = \frac{1}{2}\Delta h_1$$

$$\frac{|W_1|}{|W_2|} = \frac{|m_1 g \Delta h_1|}{|m_2 g \Delta h_2|} = \frac{m_1}{m_2} \times \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{m_1}{2m_1} \times \frac{\Delta h_1}{\frac{1}{2}\Delta h_1} = 1$$

یکی از وزنه‌ها حرکتی رو به بالا ($W_{mg} < 0$) و دیگری حرکتی رو به پایین ($W_{mg} > 0$) دارد. با توجه به اینکه اندازهٔ کار آن‌ها یکسان است، پس $\frac{W_1}{W_2} = -1$ خواهد شد!

**۱۶** ○○●○ ۳

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \quad , \quad v_2 = v_1 + 1 \quad , \quad K_2 = \frac{1}{2}m(v_1+1)^2$$

$$\frac{K_2}{K_1} = 1/44 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}m(v_1+1)^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} \Rightarrow \left(\frac{v_1+1}{v_1}\right)^2 = 1/44$$

$$\Rightarrow \frac{v_1+1}{v_1} = 1/2 \Rightarrow v_1 + 1 = 1/2 v_1$$

$$\Rightarrow 0/2 v_1 = 1 \Rightarrow v_1 = 5\frac{m}{s} \qquad v_2 = 5 + 1 = 6\frac{m}{s}$$

**۱۷** ○○●○ ۲

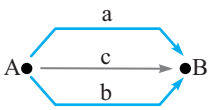
$$|W_{mg}| = 420J \Rightarrow mgh = 420 \quad , \quad h = d\sin\theta$$

$$\Rightarrow (20)(10)(h) = 420 \Rightarrow h = 2/1m$$

$$\Rightarrow 2/1 = d\sin(45) \Rightarrow d = \frac{2/1}{0/7} = 3m$$

**۱۸** ○○●○ ۳

چون جابه‌جایی جسم، در هر سه مسیر یکسان است، پس کار انجام شده نیز در هر سه مسیر برابر است.

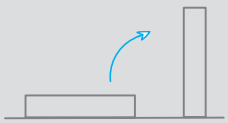



($\vec{d}$ بردار جابه‌جایی میان دو نقطهٔ A و B است.) $W = Fd\cos\theta$

**۱۹** ○○●○ ۳

**نکته**

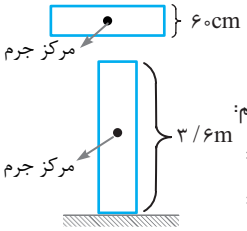
هنگامی‌که جسمی مانند یک میله را از حالت افقی به حالت عمودی درآوریم، برخی از نقاط جسم، تغییر ارتفاع بیشتری نسبت به باقی نقاط دارند.



به همین دلیل، در مورد چنین اجسامی، نقطه‌ای را به عنوان مرکز جرم در نظر می‌گیریم و تصور می‌کنیم تمام جرم جسم، در آن نقطه وجود دارد و تغییر ارتفاع آن را در نظر می‌گیریم. در اجسام متقارن و با توزیع جرم یکنواخت، مرکز جرم، در مرکز هندسی جرم قرار دارد.

*حالا بریم سراغ حل سؤال!*

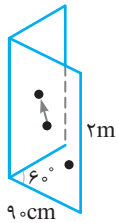
مرکز جرم میله، ابتدا در ارتفاع ۳۰cm نسبت به سطح زمین قرار دارد.




پس از عمودی شدن میله، مرکز جرم جسم در ارتفاع $\frac{3/6}{2}$ متری قرار می‌گیرد. پس تغییر ارتفاع مرکز جرم جسم:

$$\Rightarrow |W_{mg}| = mgh = (80)(10)(1/5) = 1200J$$

**۲۰** ○○●○ ۳




$$W = F.d\cos\theta$$

$$W = 20 \times \frac{45}{100} \times \frac{1}{2} = 4/5J$$

## پاسخنامه بخش دوم سری ۱

**۱** ○○●○ ۲

(۱) نادرست است، چون توپ به علت وجود مقاومت هوا با تندی اولیه به محل پرتاب باز نمی‌گردد.

(۲) درست است، چون در حین رفت، تندی جسم کاهش می‌یابد و می‌ایستد؛ اما در حین بازگشت، تندی آن افزایش می‌یابد.

درست است. چون در مسیر رفت نیروی برآیند گرانش و مقاومت هوا هم‌جهت هستند و کار بیشتری نسبت به مسیر بازگشت که این دو نیرو در خلاف جهت همدیگر هستند، انجام می‌دهند. بنابراین کار برآیند در

مسیر رفت بیشتر از مسیر بازگشت است.

(۳) نادرست است، چون اندازهٔ کار برآیند در مسیر رفت، بزرگ‌تر از کار برآیند در بازگشت جسم است.

(۴) نادرست است، اندازهٔ کار برآیند در مسیر رفت، بزرگ‌تر از کار برآیند در بازگشت جسم است.

**۲** ○○●○

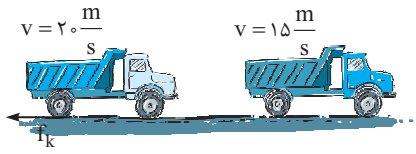
کار انجام شده روی اتومبیل، باعث تغییر انرژی جنبشی جسم خواهد شد:

$$W_{۲} = K_{۲} - K_{۱} = \frac{۱}{۲}m(۲v)^{۲} - \frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{۳}{۲}mv^{۲}$$

$$\Rightarrow \frac{W_{۱}}{W_{۲}} = \frac{\frac{۱}{۲}mv^{۲}}{\frac{۳}{۲}mv^{۲}} = \frac{۱}{۳}$$

**۳** ●○○○

*بازم کار برآیند نیروها و تغییر انرژی جنبشی؛*

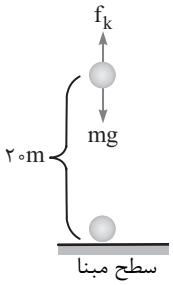



$$W_T = \Delta K = -f_k(d) = \frac{۱}{۲}mv^{۲} - \frac{۱}{۲}mv_{۰}^{۲}$$

$$\Rightarrow -f_k(۱۰) = \frac{۱}{۲}(۲۰۰۰)(۱۵)^{۲} - \frac{۱}{۲}(۲۰۰۰)(۲۰^{۲})$$

$$\Rightarrow f_k = ۱۷۵۰۰N \Rightarrow f_k = ۱/۷۵\times۱۰^{۴}N$$

**۴** ○○●○




$$W_T = \Delta K = mgh - \bar{f}_k(h) = \frac{۱}{۲}mv^{۲} - ۰$$

$$\Rightarrow (۰/۵)(۱۰)(۲۰) - \bar{f}_k(۲۰) = \frac{۱}{۲}(۰/۵)(۱۶^{۲})$$

$$\Rightarrow ۲۰f_k = ۳۶ \Rightarrow \bar{f}_k = \frac{۳۶}{۲۰} = ۱/۸N$$

**۵** ●○○○

در ابتدا و انتهای مسیر افراد ساکن هستند، پس کل کاری که روی افراد انجام می‌شود، برابر صفر است.

$$W_T = \Delta K \quad , \quad \Delta K = ۰ \Rightarrow W_{mg} + W_{f_k}^{AB} + W_{f_k}^{BC} = ۰$$

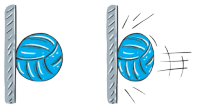
$$\Rightarrow mgh - f_{k_{AB}}d_{AB} - f_{k_{BC}}d_{BC} = ۰$$

$$\Rightarrow \cancel{m}(۱۰)(۴۰) - (\frac{۱}{۴}\cancel{m})(۱۰)(۱۰۰) - (\frac{۱}{۲}\cancel{m})(۱۰)(d) = ۰$$

$$\Rightarrow ۴۰۰ - ۲۵۰ - ۵d = ۰ \Rightarrow ۵d = ۱۵۰ \Rightarrow d = ۳۰m$$

**۶** ○○●○

*باز هم مرکز جرم و حرکتش!*



*وقتی توپ به دیوار برخورد می‌کنه، در حین فشرده شدن، مرکز جرم توپ حرکت می‌کنه و در نهایت متوقف می‌شه. تو این سؤال، مرکز جرم در حدوداً ۴cm حرکت داره. (البته کمتر از ۴cm، ولی ما با تقریب همون ۴cm درنظر می‌گیریم.*

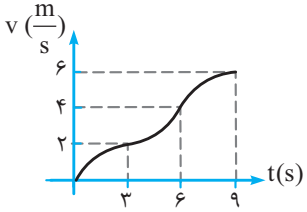
کار ناشی از نیروی دیوار، توپ را متوقف می‌کند؛ پس:

$$W = \Delta K \quad , \quad m = ۴۰۰g = ۰/۴kg \quad , \quad d = ۴cm = ۴\times۱۰^{-۲}m$$

$$\Rightarrow fd(\cos\theta) = K_{۲} - K_{۱} \Rightarrow -f(۴\times۱۰^{-۲}) = ۰ - \frac{۱}{۲}(۰/۴)(۲۰^{۲})$$

$$\Rightarrow ۴f\times۱۰^{-۲} = ۸۰ \Rightarrow f = ۲۰۰۰N$$

**۷** ○○●○




$$W_T = \Delta K$$

$$\frac{W_{T(۰-۶)}}{W_{T(۶-۹)}} = \frac{\Delta K_{(۰-۶)}}{\Delta K_{(۶-۹)}}$$

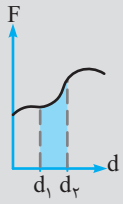
$$= \frac{K_{۶} - K_{۰}}{K_{۹} - K_{۶}} = \frac{\frac{۱}{۲}m(v_{۶}^{۲} - v_{۰}^{۲})}{\frac{۱}{۲}m(v_{۹}^{۲} - v_{۶}^{۲})} = \frac{v_{۶}^{۲}}{v_{۹}^{۲} - v_{۶}^{۲}} = \frac{۱۶}{۲۰} = \frac{۴}{۵}$$

**۸** ○○○●

**نکته**

محاسبهٔ کار نیروهای متغیر: برای محاسبهٔ کار در نیروهای متغیر، می‌توان ابتدا میانگین نیرو را محاسبه کرد و در رابطهٔ کار قرار داد.

$$W = \bar{F}d\cos\theta$$

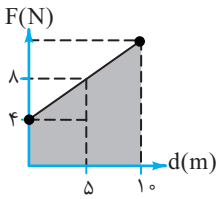



همچنین، اگر نمودار نیرو بر حسب جابه‌جایی را داشته باشیم، مساحت بین نمودار و محور جابه‌جایی، بیانگر کار انجام شده است.

*حالا بریم سراغ حل سؤال؛*

راه اول) استفاده از مساحت زیر نمودار:

ابتدا به کمک تناسب (یا استفاده از معادلهٔ خط) مقدار F در لحظهٔ ۱۰s را پیدا می‌کنیم، سپس مساحت زیر نمودار را پیدا می‌کنیم.




$$\frac{۸-۴}{۵} = \frac{F-۴}{۱۰} \Rightarrow F = ۱۲N$$

$$S = \frac{۴+۱۲}{۲}(۱۰) = ۸۰ \Rightarrow W = ۸۰J$$

راه دوم) به کمک میانگین نیرو: چون نیروی وارد شده به صورت یکنواخت و خطی تغییر کرده است، پس:

$$\bar{F} = \frac{F_{۱} + F_{۲}}{۲} \Rightarrow \bar{F} = \frac{۴+۱۲}{۲} = ۸N$$

مقدار کاری که این نیروی متوسط در طی ۱۰m جابه‌جایی انجام داده، برابر است با:

$$\Rightarrow W = Fd = ۸\times۱۰ = ۸۰J$$

**۹** ○○○● ۴

انرژی اولیهٔ جسم به صورت پتانسیل در گلوله در نقطهٔ A ذخیره شده است. این انرژی را با رابطهٔ زیر نشان می‌دهیم: در این رابطه R همان شعاع نیم‌دایره و ارتفاع نقطهٔ A از سطح زمین است.

$$E_A = mgh = m\times ۱۰\times R = ۱۰mR$$

وقتی جسم در نقطهٔ B متوقف می‌شود، تمام انرژی پتانسیل آن به کار اصطکاک تبدیل می‌شود؛ یعنی:

$$W_{f_k} = -۱۰mR$$

کار نیروی وزن برابر است با:

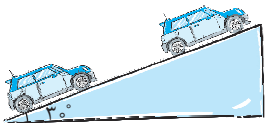
$$W_{mg} = mgR = ۱۰mR$$

پس داریم:

$$\frac{W_{f_k}}{W_{mg}} = \frac{-۱۰mR}{۱۰mR} = -۱$$

**۱۰** ○○●○ ۲

*حرکت با تندی ثابته، یعنی کار کل صفره!*




$$\Delta h = d\sin\theta$$

$$W_T = ۰ \Rightarrow W_{mg} + W_{f_k} + W_{موتور} = ۰$$

$$\Rightarrow -mg\Delta h - f_k d + W_{موتور} = ۰ \Rightarrow f_{موتور} = mg\Delta h + f_k d$$

$$\Rightarrow f_{موتور}(\not{d}) = mg\not{d}\sin(۳۰^\circ) + \frac{۱}{۴}mg\not{d}$$

$$\Rightarrow f_{موتور} = (۸۰۰)(۱۰)(\frac{۱}{۲}) + \frac{۱}{۴}(۸۰۰)(۱۰) \Rightarrow f_{موتور} = ۶۰۰۰N$$

**۱۱** ○○○● ۱

کار نیروی وارد منجر به تغییر انرژی جنبشی جسم خواهد شد. پس:

$$fd = \Delta K \Rightarrow f\times ۸ = ۱۲۰۰ - \frac{۱}{۲}(۸)(۱۰^۲)$$

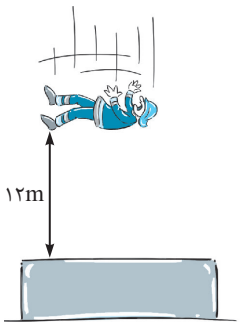
$$\Rightarrow f\times ۸ = ۸۰۰ \Rightarrow f = ۱۰۰N$$

پس بایستی ۱۰۰N در جهت حرکت جسم بر آن وارد شود.

**۱۲** ○○●○ ۳

در ابتدا و انتهای حرکت، آتش‌نشان ساکن است. پس:

$$W_T = ۰ \Rightarrow mgh + Fd(\cos ۱۸۰) = ۰ \Rightarrow F = ۱۱mg$$



**۱۳** ○○○● ۱

$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_T = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) \quad , \quad m = ۲T = ۲۰۰۰kg$$

$$\Rightarrow W_T = \frac{۱}{۲}(۲۰۰۰)(۱۲^۲ - ۲^۲) = ۱۴۰\times ۱۰^۳ J$$

**۱۴** ○○●○ ۲

$$v_۱ = ۳۶\frac{km}{h} = ۱۰\frac{m}{s} \quad , \quad m = ۸۰۰kg$$

$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_T = ۰ - \frac{۱}{۲}(۸۰۰)(۱۰^۲) = -۴\times ۱۰^۴ J$$

**۱۵** ●○○○ ۴

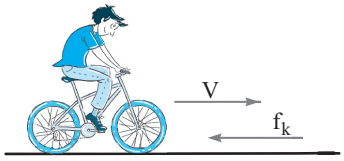
$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_F - |W_{f_k}| = \frac{۱}{۲}mv^۲ \quad , \quad W_{f_k} < ۰$$

$$\Rightarrow W_f = \frac{۱}{۲}mv^۲ + |W_{f_k}|$$

پس کار نیروی F از $\frac{۱}{۲}mv^۲$ بیشتر است.

**۱۶** ○○●○ ۲

پس از ترمز کردن فقط نیروی اصطکاک روی دوچرخه کار انجام می‌دهد؛ پس:




$$v = ۳۶\frac{km}{h} = ۱۰\frac{m}{s} \quad , \quad M_{کل} = ۳۰ + ۶۰ = ۹۰kg$$

$$W_{f_k} = \Delta K \Rightarrow -f_k(۱۰) = \frac{۱}{۲}M_{کل}(۰^۲ - ۱۰^۲)$$

$$\Rightarrow f_k(۱۰) = \frac{۱}{۲}(۹۰)(۱۰۰) \Rightarrow f_k = ۴۵۰N$$

**۱۷** ○○●○ ۲

$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_T = ۰ \Rightarrow W_{mg} + W_{فنر} = ۰ \Rightarrow mgh - f_{فنر}d = ۰$$

$$\Rightarrow (۱)(۱۰)(۰/۲) - f_{فنر}(۸\times ۱۰^{-۲}) = ۰ \Rightarrow f_{فنر} = \frac{۲}{۸\times ۱۰^{-۲}} = ۲۵N$$

**۱۸** ●○○○ ۴

کار نیروی وزن برابر $W = -mg\Delta h$ است، پس چون تغییر ارتفاعی نداریم، $W_{mg} = ۰$ می‌شود. کار مقاومت هوا هم باعث تغییر انرژی جنبشی جسم می‌شود، پس:

$$W_{f_k} = \Delta K \Rightarrow W_{f_k} = \frac{۱}{۲}(۰/۲)(۱۲^۲ - ۱۵^۲) = -۸/۱J$$

**۱۹** ○○●○ ۳

$$v_۱ = ۱۰\frac{m}{s} \quad , \quad K_۱ = ۱۰۰J \quad , \quad v_۲ = ۲۰\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow \frac{K_۲}{K_۱} = (\frac{v_۲}{v_۱})^۲ \Rightarrow K_۲ = ۴۰۰J$$

$$W_T = \Delta K = ۴۰۰ - ۱۰۰ = ۳۰۰J$$

**۲۰** ○○●○

گزینهٔ (۱): نادرست، اگر مقاومت هوا نبود، قطرات باران با سرعت ثابت حرکت نمی‌کردند و سرعت آن‌ها زیاد می‌شد.

گزینهٔ (۲): نادرست، اگر نیروی وزن بی‌تأثیر باشد که قطرات سقوط نمی‌کردند.

گزینهٔ (۳): درست، وقتی سرعت ثابت است، یعنی کار برآیند نیروها صفر است. پس نیروی مقاومت هوا و وزن برابرند.

گزینهٔ (۴): نادرست، اگر نیروی وزن کمتر بود، باید از سرعت قطرات کاسته می‌شد.

## پاسخنامه بخش دوم سری ۲

**۱** ○○●○

انرژی مکانیکی گلوله پایسته است، پس:

$$E_۱ = E_۲ \qquad \frac{۱}{۲}mv_۰^۲ = K_۲ + U_۲ \qquad K_۲ = \frac{۱}{۲}U_۲$$

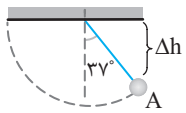
$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}m(۳۰^۲) = \frac{۱}{۲}(mgh) + mgh \Rightarrow ۴۵۰ = ۱۵h \Rightarrow h = ۳۰m$$

**۲** ○○○●

در سقوط جسم در خلأ، کاهش انرژی پتانسیل گرانشی، برابر با افزایش انرژی جنبشی جسم است. $\Delta K = -\Delta U$

**۳** ○○●○

با توجه به شکل، تغییر ارتفاع گوی برابر است با:




$$\Delta h = L\cos\theta$$

$$\Delta h = ۱/۲۵\cos(۳۷^\circ) = ۱/۲۵ \times \frac{۸}{۱۰} = ۱m$$

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow ۰ - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = -mg\Delta h \Rightarrow \frac{۱}{۲}v_A^۲ = ۱۰$$

$$\Rightarrow v_A^۲ = ۲۰ \Rightarrow v_A = \sqrt{۲۰} = ۲\sqrt{۵}\,\frac{m}{s}$$

**۴** ○○○●

بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱) نادرست: ممکن است انرژی پتانسیل گرانشی کاهش یابد؛ اما تندی افزایش نداشته باشد، مانند سقوط یک جسم سبک در حضور هوا.

*گزینهٔ (۲) نادرست است. نیروی اصطکاک ایستایی که نمی‌تونه انرژی ذخیره کنه!*

گزینهٔ (۳) صحیح است، چون انرژی ذخیره شده در فنر نسبت به مبنای ثابتی سنجیده می‌شود (وضع تعادل فنر) و مانند انرژی پتانسیل گرانشی نیست.

گزینهٔ (۴) نادرست؛ انرژی‌های پتانسیل، در مجموعه‌ای از اجسام ذخیره می‌شوند و انرژی پتانسیل کشسانی در مجموعهٔ فنر و جسم وجود دارد.

**۵** ○○○●

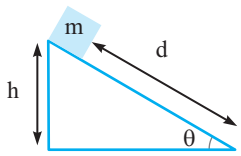
$$E_۱ = E_۲ \quad , \quad U_۲ = \frac{۱}{۳}K_۲$$

$$U_۲ + K_۲ = K_۱ \Rightarrow \frac{۱}{۳}K_۲ + K_۲ = K_۱$$

$$\Rightarrow (\frac{۴}{۳})(\frac{۱}{۲})mv_۲^۲ = \frac{۱}{۲}m(۱۰^۲)$$

$$\Rightarrow v_۲^۲ = \frac{۳}{۴}(۱۰^۲) \Rightarrow v_۲ = \frac{\sqrt{۳}}{۲}(۱۰) = ۵\sqrt{۳}\,\frac{m}{s}$$

**۶** ●○○○




$$\Delta K = -\Delta V \quad , \quad h = d\sin\theta$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mv^۲ = mgh \Rightarrow v^۲ = ۲gd\sin\theta \Rightarrow v = \sqrt{۲gd\sin\theta}$$

این رابطه بیان می‌کند که تندی جسم، تنها به تغییر ارتفاع جسم بستگی دارد و جرم جسم در آن بی‌تأثیر است.

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \sqrt{\frac{d_۲}{d_۱}} = \sqrt{\frac{۲L}{L}} = \sqrt{۲}$$

**۷** ○○○●

کاهش انرژی پتانسیل گرانشی وزنهٔ $m_۲$، باعث بالا رفتن $m_۱$ و افزایش تندی هر دو وزنه می‌شود. به این ترتیب: $\Delta K = -\Delta U$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲ + \frac{۱}{۲}m_۲v_۲^۲ = -[-m_۲gh + m_۱gh]$$

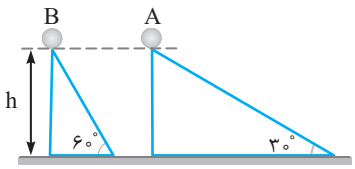
تندی وزنه‌ها یکسان است $F$ پس:

$$\frac{۱}{۲}(۲)(v^۲) + \frac{۱}{۲}(۴)(v^۲) = -[-۴(۱۰)(۱) + ۲(۱۰)(۱)]$$

$$\Rightarrow ۳v^۲ = ۲۰ \Rightarrow v^۲ = \frac{۲۰}{۳} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{۲۰}}{\sqrt{۳}} = \frac{۲\sqrt{۵}}{۳}$$

**۸** ○○●○

هر دو از یک ارتفاع رها شدند، پس تندی آن‌ها در پایین سطح برابر است. $v = \sqrt{۲gh}$




**۹** ○○●○

انرژی مکانیکی جسم پایسته است، پس انرژی مکانیکی آن در بالاترین نقطهٔ مسیر برابر با انرژی مکانیکی اولیهٔ جسم خواهد بود. پس:

$$E = \frac{۱}{۲}mv_۰^۲ = \frac{۱}{۲}(۰/۵)(۱۰^۲) = ۲۵J$$

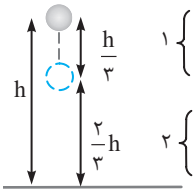
**۱۰** ●○○○

$$\Delta K = -\Delta U$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mv^۲ - ۰ = -mg(-h) \Rightarrow v = \sqrt{۲gh}$$

پس تندی وزنه‌ها در انتهای مسیر (با توجه به ساکن بودن آن‌ها در ابتدا)، برابر است.

**۱۱** ۴




$$K_۲ + U_۲ = U_۱$$

$$\Rightarrow K_۲ + mg(\frac{۲}{۳}h) = mgh$$

$$\Rightarrow K_۲ = \frac{۱}{۳}mgh$$

$$\Rightarrow \frac{K_۲}{E} = \frac{\frac{۱}{۳}mgh}{mgh} = \frac{۱}{۳}$$

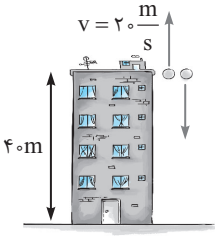
**۱۲** ۴

به کمک تندی توپ، ارتفاع آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

توپ اول : $E_۱ = E_۲ \Rightarrow \cancel{m}gh_۱ = \cancel{m}gh_۲ + \frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۲^۲$

$$\Rightarrow ۱۰(۴۰) = ۱۰h_۲ + \frac{۱}{۲}(۱۰^۲) \Rightarrow h_۲ = ۳۵m$$

توپ دوم : $E_۱ = E_۲ \Rightarrow mgh_۲ + \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$




$$\Rightarrow ۱۰(۴۰) + \frac{۱}{۲}(۲۰^۲)$$

$$= \frac{۱}{۲}(۱۰^۲) + ۱۰h_۲ \Rightarrow h_۲ = ۵۵m$$

پس فاصلهٔ آن‌ها از یکدیگر از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$۵۵ - ۳۵ = ۲۰m$$

**۱۳** ۲

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_B^۲ - \frac{۱}{۲}mv_A^۲ = -(mgh_B - mgh_A)$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(v_B^۲ - ۴) = -((۱۰)(۱) - (۱۰)(۴))$$

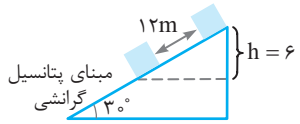
$$\Rightarrow v_B^۲ - ۴ = ۶۰ \Rightarrow v_B^۲ = ۶۴ \Rightarrow v_B = ۸\frac{m}{s}$$

**۱۴** ۴

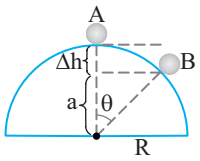
$$E_۲ - E_۱ = W_{f_k} \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - (mgh_۱ + \frac{۱}{۲}mv_۱^۲) = W_{f_k}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۲)(۸^۲) - (۲(۱۰)(۶) + \frac{۱}{۲}(۲)(۵)^۲) = W_{f_k}$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = ۶۴ - (۱۴۵) = -۸۱J$$




**۱۵** ۴




می‌دانیم که اگر جسمی از حال سکون شروع به حرکت کند، پس از اینکه به اندازهٔ h تغییر ارتفاع داشت، به تندی v می‌رسد که v برابر است با:

$$v = \sqrt{۲gh}$$

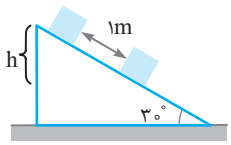
تغییر ارتفاع جسم در این مسئله برابر است با:

$$a + h = R \quad , \quad a = R\cos\theta$$

$$\Rightarrow h = R - a = R - R\cos\theta \Rightarrow h = R(۱ - \cos\theta)$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{۲gR(۱ - \cos\theta)}$$

**۱۶** ۳




با حرکت جسم کوچک بر روی گوه، انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد و به انرژی جنبشی جسم و گوه تبدیل می‌شود:

$$h = ۱ \times \sin(۳۰^\circ) = ۰/۵m$$

$$K_۱ + K_۲ = mgh$$

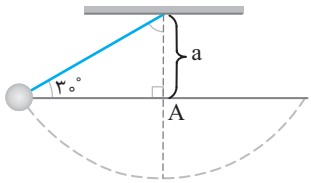
$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۰/۱۵)(۲)^۲ + \frac{۱}{۲}(۱۰)(v^۲) = (۰/۱۵)(۱۰)(۰/۵)$$

$$\Rightarrow ۰/۳ + ۵v^۲ = ۰/۷۵ \Rightarrow ۵v^۲ = ۰/۴۵ \Rightarrow v^۲ = ۰/۰۹$$

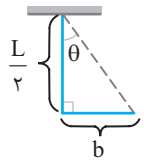
$$\Rightarrow v = ۰/۳\frac{m}{s} = ۳۰\frac{cm}{s}$$

**۱۷** ۲

با صرف نظر از اصطکاک، انرژی مکانیکی گوی ثابت می‌ماند. پس گوی پس از برخورد با میخ باید تا ارتفاع اولیهٔ خود بالا رود.




اگر طول نخ آونگ را L در نظر بگیریم و a فاصلهٔ بین نقطهٔ آویز تا میخ باشد، داریم: $a = L\cos(۶۰^\circ) = \frac{۱}{۲}L$

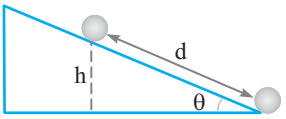



پس از برخورد با میخ، با توجه به شکل نیمی از طول نخ آونگ بین میخ و نقطهٔ آویز باقی می‌ماند و نیم دیگر بین میخ و گوی آونگ. پس داریم: $b = \frac{L}{۲}$.

در این صورت زاویهٔ بین نقطهٔ آویز و محل توقف گوی یعنی θ با توجه به روابط مثلثاتی زیر به‌دست می‌آید: $\sin\theta = \cos\theta \Rightarrow \theta = ۴۵^\circ$

**۱۸** ۲

این جسم تا جایی بالا می‌رود که تمام انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل شود:




$\Delta U = -\Delta K \Rightarrow mgh = -(0 - \frac{1}{2}mv_0^2)$

$\Rightarrow 10h = \frac{1}{2}(3)^2 \Rightarrow h = 0/45m$

$h = d\sin\theta \Rightarrow 0/45 = \sin(30^\circ) \Rightarrow d = 0/9m$

**۱۹** ○○○● ۴

$F - f_k = ma \Rightarrow 10 - f_k = 2(2) \Rightarrow f_k = 6N$

$\Rightarrow W = fd\cos\theta \Rightarrow W_{f_k} = 6(4)(-1) = -24J$

**۲۰** ○○●○

ابتدا معادلهٔ خط این نمودار را به‌دست می‌آوریم تا بتوانیم تندی را در لحظات ۲s و ۶s حساب کنیم.

$v - v_0 = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}(t - t_0) \Rightarrow v - 2 = \frac{4-2}{1-0}(t-0)$

$\Rightarrow v = 2t + 2$

پس تندی جسم در لحظات ۲s و ۶s برابر است با:

$v_{2s} = 2\times(2) + 2 = 6\frac{m}{s}$ ، $v_{6s} = 2(6) + 2 = 14\frac{m}{s}$

$\Rightarrow W_T = \Delta K = \frac{1}{2}(m)(v_2^2 - v_1^2) \Rightarrow \Delta K = \frac{1}{2}(2)(14^2 - 6^2) = 160J$

## پاسخنامه بخش سوم سری ۱

**۱** ○○●○

هر سه وزنه جابه‌جایی یکسان و تندی یکسان دارند. ابتدا به کمک انرژی جنبشی دو وزنهٔ $m_1$ و $m_2$، تندی مجموعه را محاسبه می‌کنیم: $K = \frac{1}{2}mv^2$

$22/5 = \frac{1}{2}(2)v^2 + \frac{1}{2}(3)v^2 \Rightarrow 45 = 5v^2 \Rightarrow v = 3\frac{m}{s}$

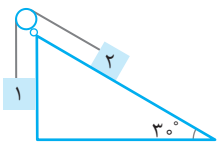
حال با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \frac{1}{2}m_3(3)^2 + 22/5 = m_3gh$

$\Rightarrow \frac{1}{2}(m_3)(9) + 22/5 = m_3(10)(0/9)$

$\Rightarrow 22/5 = \frac{9}{2}m_3 \Rightarrow m_3 = 5kg$

**۲** ○○○● ۴




در اولین گام باید جهت حرکت وزنه‌ها معین باشد! با توجه به اینکه اصطکاک وجود ندارد، پس وزنهٔ (۱) به پایین حرکت می‌کند و کاهش انرژی پتانسیل آن صرف بالا رفتن وزنهٔ (۲) و افزایش انرژی جنبشی مجموعه خواهد شد.

(تغییر ارتفاع وزنه‌ها هم یکسان نیست!) $h_2 = h_1\sin\theta(30^\circ) = \frac{1}{2}h_1$

$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow 4 + 4 = -(-m_1gh_1 + m_2gh_2)$

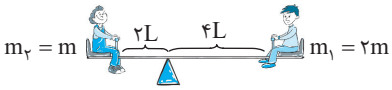
$\Rightarrow 8 = 10h_1 - 10h_1(\frac{1}{2}) \Rightarrow 8 = 5h_1 \Rightarrow h_1 = 1/6m$

**۳** ○○○● ۴

$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \Delta K = -(-m_1gh_1 + m_2gh_2)$

$h_1 = (4L)\sin(30^\circ) = 2L$ و $h_2 = (2L)\sin(30^\circ) = L$

$\Rightarrow \Delta K = (2m)(g)(2L) - mgL = 3mgL$




**۴** ○○○● ۳

(۱) $E_1 = E_2 \Rightarrow mgh_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow gh_1 = \frac{1}{2}v_2^2$

$h_1 = L - L\cos(53^\circ) = L - 0/6L \Rightarrow h_1 = 0/4L$

$10\times 0/4L = \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = 8L \Rightarrow v_2 = 2\sqrt{2L}$

(۲) $E_2 = E_3 \Rightarrow K_2 = K_3 + U_3 \Rightarrow \frac{1}{2}v_2^2 = \frac{1}{2}v_3^2 + gh_3$

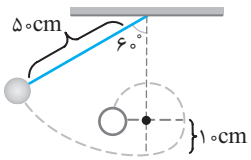
$v_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}v_2 = 2\sqrt{2}L\times\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow v_3 = 2\sqrt{L}$

$4L = 2L + gh_3 \Rightarrow gh_3 = 2L \Rightarrow h_3 = 0/2L$

$\Rightarrow h_3 = L - L\cos\theta \Rightarrow 0/2L = L - L\cos\theta$

$\Rightarrow 0/8L = L\cos\theta \Rightarrow 0/8 = \cos\theta \Rightarrow \theta = 37^\circ$

**۵** ○○●○ ۳




*تو این سؤال، بدون توجه به نمودِ پرفش و...، فقط تغییر ارتفاع گوی برای ما مهمه!*

ارتفاع اولیهٔ گوی از وضع تعادل:

$h_1 = L - L\cos\theta = 0/5(1 - \frac{1}{2}) = 0/25m$

$h_2 = 10cm = 0/1m$

$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow K_2 - 0 = -(mg)\Delta h$

$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 = mg(0/25 - 0/1) \Rightarrow v_2^2 = 3 \Rightarrow v_2 = \sqrt{3}\frac{m}{s}$

**۶** ○○○● ۴

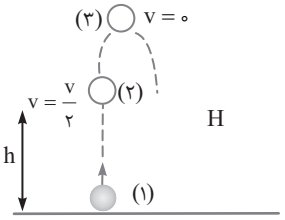
جسم در مجموع $40cm + 10cm = 50cm$ بر روی سطح شیبدار حرکت می‌کند. پس تغییر ارتفاع آن برابر است با:

$\Delta h = d\sin\theta \Rightarrow \Delta h = 50(\sin 30^\circ) = 25cm = 0/25m$

$U_{\text{فنر}} = \Delta K + \Delta U \Rightarrow U_{\text{فنر}} = \frac{1}{2}mv^2 + mg\Delta h$

$U_{\text{فنر}} = \frac{1}{2}(2)(1)^2 + 2(10)(0/25) = 6J$

**۷** ○○●○




$E_۱ = \frac{۱}{۲}mv^۲$

$E_۲ = \frac{۱}{۲}m(\frac{v}{۲})^۲ + mgh$

$E_۳ = mgH$

حداکثر ارتفاعی که جسم می‌تواند طی کند:

$E_۱ = E_۲ = E_۳ \Rightarrow mgH = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow H = \frac{v^۲}{۲g}$

$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲}m(\frac{v^۲}{۴}) + mgh \Rightarrow h = \frac{۳}{۸g}v^۲$

$\frac{h}{H} = \frac{\frac{۳v^۲}{۸g}}{\frac{v^۲}{۲g}} = \frac{۳}{۴} \Rightarrow \frac{h}{H} = ۰/۷۵$

**۸** ○○●○

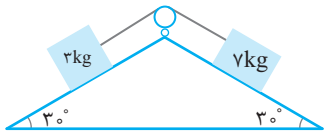
$U_۱ + K_۱ = U_۲ \Rightarrow mgh_۱ + \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = mgh_۲$

$gh_۱ + \frac{۱}{۲}v^۲ = gh_۲ \Rightarrow (۱۰\times ۲۵) + (\frac{۱}{۲}\times ۴۰۰) = ۱۰ \times h_۲$

$\Rightarrow h_۲ = ۴۵m$

**۹** ○○●○

با توجه به جرم وزنه‌ها، وزنهٔ ۷kg پایین می‌آید و وزنهٔ ۳kg رو به بالا حرکت می‌کند و سرعت تندی آن‌ها یکسان خواهد بود.




پس از ۱m جابه‌جایی، تغییر ارتفاع هر کدام از وزنه‌ها برابر است با:

$h = d\sin\theta \Rightarrow h = ۱\times\frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۲}m$

$\Delta K = -\Delta U$

$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۳)(v^۲) + \frac{۱}{۲}(۷)(v^۲) = -(-(۷)(۱۰)(۰/۵) + ۳(۱۰)(۰/۵))$

$\Rightarrow ۵v^۲ = ۲۰ \Rightarrow v^۲ = ۴ \Rightarrow v = ۲\frac{m}{s}$

**۱۰** ●○○○

وزنهٔ ۱۰kg به پایین حرکت می‌کند و همهٔ وزنه‌ها با تندی یکسان در حرکت خواهند بود. به این ترتیب تندی وزنه‌های ۱kg و ۴kg هم $۲\frac{m}{s}$ است:

$m_۱ = ۱۰kg \quad m_۲ = ۱kg \quad m_۳ = ۴kg$

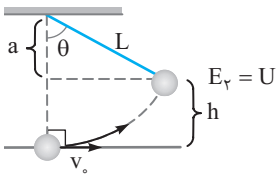
$\Delta K = -\Delta U$

$\Rightarrow \frac{۱}{۲}m_۱v^۲ + \frac{۱}{۲}m_۲v^۲ + \frac{۱}{۲}m_۳v^۲ = -(-m_۱gh + m_۳gh)$

$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۱۰)(۲^۲) + \frac{۱}{۲}(۱)(۲^۲) + \frac{۱}{۲}(۴)(۲^۲) = (۱۰)(۱۰)(h) - ۴(۱۰)(h)$

$\Rightarrow ۳۰ = ۶۰h \Rightarrow h = ۰/۵m$

**۱۱** ●○○○




$E_۱ = K$

$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۰^۲ = mgh$

$\Rightarrow h = \frac{v_۰^۲}{۲g} \Rightarrow h = ۰/۲$

$h = L - a \Rightarrow h = L - L\cos\theta$

$\Rightarrow ۰/۲ = ۱(۱ - \cos\theta) \Rightarrow \cos\theta = ۰/۸ \Rightarrow \theta = ۳۷^\circ$

**۱۲** ○○●○

$-\Delta U = +\Delta K \Rightarrow m_A gh = K_A + K_B$

$\Rightarrow (۰/۳)(۱۰)(۲) = ۱/۵ + K_B \Rightarrow K_B = ۴/۵J$

**۱۳** ○○●○

بنا بر اصل پایستگی انرژی:

$E_g = E_k \Rightarrow \frac{E_k}{E_g} = ۱$

**۱۴** ●○○○

طبق اصل پایستگی انرژی، اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی توپ، به انرژی ذخیره شده در وزنهٔ فنر تبدیل می‌شود. پس:

$U_{\text{فنر max}} = |\Delta U_{\text{توپ}}|$

$\Rightarrow U_{\text{فنر}} = mg(h_A - h_B) = (۰/۵)(۱۰)(۴ - ۳) = ۵J$

**۱۵** ○○●○

باز هم طبق اصل پایستگی انرژی انرژی مکانیکی توپ در نقطهٔ O، برابر مجموع انرژی‌های پتانسیل گرانشی و کشسانی توپ در لحظهٔ اولیه است:

$E_۱ = E_۲ \Rightarrow U_{\text{فنر}} + U_{\text{گرانشی}} = K_O$

$\Rightarrow ۲۰ + (۲)(۱۰)(h) = \frac{۱}{۲}(۲)(۸)^۲ \Rightarrow h = ۲/۲m$

**۱۶** ○○●○

کاهش انرژی پتانسیل گرانشی مجموعه، برابر انرژی جنبشی مجموعه است:

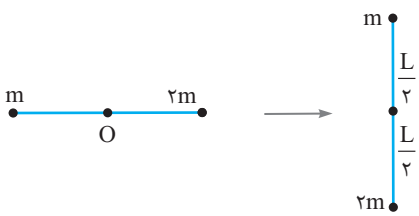
$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow K_T = -(-m_۱gd + m_۲gd) = (m_۱ - m_۲)gd$

$m_۱$ پایین می‌یاد، پس انرژی پتانسیل گرانشی‌اش کم می‌شه.

$m_۲$ بالا می‌ره، پس انرژی پتانسیل گرانشی‌اش زیاد می‌شه.

**۱۷** ●○○○

*اینم شبیه سؤال قبلیه! تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی برابر تغییرات انرژی جنبشی مجموعه است. جرم ۲m سنگین‌تره، پس پایین‌تر قرار می‌گیره.*



$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \Delta K = (2m)g(\frac{L}{2}) - mg(\frac{L}{2}) = \frac{mgL}{2}$$

**۱۸** ○○○ ۱

طبق قانون پایستگی انرژی مکانیکی: $\Delta U = -\Delta K$

$$\Rightarrow U_B - U_A = -(K_B - K_A) \quad , \quad K_A = 0$$

$$\Rightarrow U_B - U_A = -(\frac{1}{2} m v_B^2 - 0)$$

$$\Rightarrow U_B - U_A = (-\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(4^2) = -4J$$

پس انرژی پتانسیل گرانشی نقطهٔ B، ۴J کمتر از انرژی پتانسیل گرانشی نقطهٔ A است.

**۱۹** ○○○ ۴

مبدأ پتانسیل گرانشی را سطح زمین می‌گیریم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(0/2)(4^2) + (0/2)(10)(6) = k^2 + (0/2)(10)(3)$$

$$\Rightarrow 1/6 + 12 = K_2 + 6 \Rightarrow K_2 = 7/6J$$

**۲۰** ○○ ۲ ○

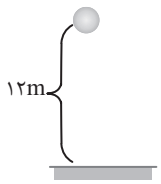
مبدأ پتانسیل گرانشی را سطح زمین می‌گیریم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow mgh = mg(\frac{3}{4}h) + K$$

$$\Rightarrow K = \frac{1}{4}mgh \Rightarrow E_T = mgh \Rightarrow \frac{K}{E_T} = \frac{1}{4}$$

## پاسخنامه بخش سوم سری ۲

**۱** ○○○ ۱




تغییرات انرژی مکانیکی جسم در طی یک حرکت، برابر کار نیروهای مقاوم است! پس:

$$\left.\begin{matrix} U_2 - U_1 = -40J \\ K_2 - K_1 = 24J \end{matrix}\right\} \Rightarrow E_2 - E_1 = -16J \Rightarrow W_{f_k} = -16J$$

جابه‌جایی جسم ۱۲m است. در نتیجه:

$$-f_k d = -16 \Rightarrow f_k = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}N$$

**۲** ○○○ ۴

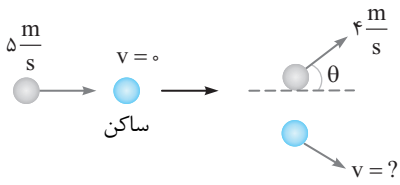
توپ در نهایت متوقف شده، یعنی تمام انرژی مکانیکی آن به انرژی درونی توپ و زمین تبدیل شده است! چون ارتفاع اولیهٔ توپ را نداریم، به کمک ارتفاع اوج توپ، انرژی مکانیکی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$E_1 = K_1 + U_1 \qquad E_2 = mgh \Rightarrow E_2 = (0/8)(10)(4) = 32J$$

تمام این انرژی صرف افزایش انرژی درونی توپ و زمین شده است.

**۳** ○○○ ۳

*انرژی کل قبل از برخورد و پس از برخورد توپ‌ها باید یکسان باشه، اینو اصل پایستگی انرژی می‌گه!*




$$K_{1i} + K_{2i} = K_{1f} + K_{2f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_{1i}^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_{1f}^2 + \frac{1}{2}mv_{2f}^2 \Rightarrow 5^2 = 4^2 + v_{2f}^2$$

$$\Rightarrow v_{2f}^2 = 9 \Rightarrow v_{2f} = 3\frac{m}{s}$$

**۴** ○○○ ۳

*حواستون باشه، درسته که بچه جسم رو رها می‌کنه؛ اما جسم با قطار در حرکت بوده، پس یک تندی اولیه و انرژی جنبشی داره! سطح مبنای گرانشی هم پایین پل در نظر می‌گیریم:*

$$v_{\text{قطار}} = 72\frac{km}{h} = 20\frac{m}{s}$$

$$E_1 = U_1 + K_1$$

$$\Rightarrow E_1 = mgh + \frac{1}{2}mv^2 = (0/5)(10)(40) + \frac{1}{2}(0/5)(20)^2$$
$$\Rightarrow E_1 = 200 + 100 = 300J$$

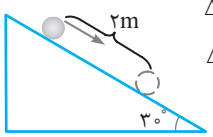
$$E_2 - E_1 = W_{f_k} \Rightarrow E_2 - 300 = -75 \Rightarrow E_2 = 225J$$

$$E_2 = K_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 225 \Rightarrow \frac{1}{2}(0/5)(v^2) = 225$$

$$\Rightarrow v^2 = 900 \Rightarrow v = 30\frac{m}{s}$$

**۵** ○○○ ۴

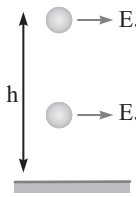
$v = \text{ثابت} \Rightarrow \Delta K = 0$




$$\left.\begin{matrix} \Delta E = \cancel{\Delta K}^{0} + \Delta U \\ \Delta E = -W_{f_k} \end{matrix}\right\} \Rightarrow W_{f_k} = -mgd\sin 30^\circ$$

$$= -2 \times 10 \times 2 \times \frac{1}{2} = -20$$

**۶** ○○ ۲ ○




$$\rightarrow E_1 = U_1$$

$$\rightarrow E_2 = K_2 + U_2 \,, \quad K_2 = 2U_2$$

$$E_2 = E_1 \Rightarrow K_2 + U_2 = U_1 \Rightarrow 2U_2 + U_2 = U_1$$

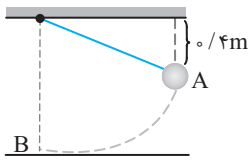
$$\Rightarrow 3(mgh_2) = mgh \Rightarrow h_2 = \frac{h}{3}$$

**۷** ○○○ ۱

$$E_B - E_A = W_{f_k} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 - mgh_A = W_{f_k}$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = \frac{1}{2}(0/2)(3^2) - (0/2)(10)(0/8) = 0/9 - 1/6 = -0/7J$$

۰/۷J انرژی تلف شده است.



مبنای پتانسیل گرانشی

**۸** ○○○ ۴

سطح بدون اصطکاک است. پس $E_A = E_B$ و مبنای انرژی پتانسیل گرانشی را پایین سطح در نظر می‌گیریم.

$$E_A = E_B \Rightarrow K_A + U_A = U_B + K_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = mgh_B + 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(v_A^2) + 10(5) = 10(8/2)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}v_A^2 = 32 \Rightarrow v_A^2 = 64 \Rightarrow v_A = 8\frac{m}{s}$$

**۹** ○○○ ۴

هنگامی که فنر به طول عادی خود می‌رسد، تمام انرژی پتانسیل کشسانی خود را تخلیه کرده است. به این ترتیب: $E_1 = U_{\text{فنر}}$ , $E_2 = K_{\text{جسم}}$

$$E_2 - E_1 = W_{f_k} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 - U_{\text{فنر}} = W_{f_k}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(2)(7)^2 - 60 = W_{f_k} \Rightarrow W_{f_k} = -11J$$

**۱۰** ○○○ ۳

انرژی شیمیایی سوخت: $\frac{1g}{80kJ} = \frac{45g}{E}$

$$\Rightarrow E = 45 \times 80kJ = 3600kJ$$

۱۰٪ از این انرژی به انرژی جنبشی اتومبیل تبدیل می‌شود:

$$K = 10\%E \Rightarrow K = \frac{1}{10} \times 3600 \times 10^3 = 36 \times 10^4 J$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 36 \times 10^4 = \frac{1}{2}(800)v^2$$

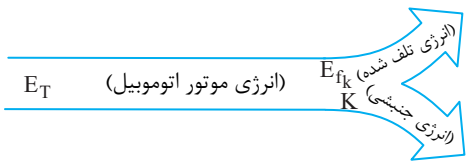
$$\Rightarrow v^2 = 900 \Rightarrow v = 30\frac{m}{s}$$

**۱۱** ○○○ ۴

$$P = \frac{W}{t} \quad , \quad W = mgh$$

$$\Rightarrow 0/2 \times 10^3 = \frac{(100)(10)(h)}{10} \Rightarrow h = 2m$$

**۱۲** ○○ ۲ ○




$$E_T = K + |E_{f_k}| \, , \, |E_{f_k}| = 0/2E_T$$

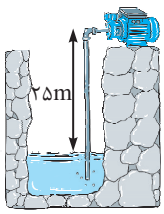
$$\Rightarrow E_T = K + 0/2E_T \Rightarrow K = 0/8E_T$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 0/8E_T \Rightarrow \frac{1}{2}(1000)(30)^2 = 0/8E_T$$

$$\Rightarrow E_T = 562/5 \times 10^3 J$$

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow P = \frac{562/5 \times 10^3}{100} = 5625W \simeq 5/6kW$$

**۱۳** ○○ ۲ ○




کار انجام شده توسط پمپ آب، صرف بالا آوردن (افزایش انرژی پتانسیل گرانشی) و افزایش انرژی جنبشی آب می‌شود:

$$W = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow W = (20)(10)(25) + \frac{1}{2}(20)(20)^2$$

$$W = 5000 + 4000 = 9000J \, , t = 1min = 60s$$

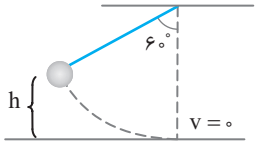
$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{9000}{60} = 150W$$

**۱۴** ○○ ۲ ○

$$E_2 = 0 \quad , \quad E_1 = mgh$$

$$E_2 - E_1 = W_{f_k} \quad , \quad h = L - L\cos\theta = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}m$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = -mgh = -(0/2)(10)(0/5)$$




$$\Rightarrow W_{f_k} = -1J$$

$$\Rightarrow P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{1}{20} = 0/05W$$

**۱۵** ○○○ ۱

$$\eta = \frac{W}{E_T} \quad , \quad P = \frac{W}{t}$$

$$\Rightarrow \eta_A > \eta_B \Rightarrow \frac{W_A}{E_A} > \frac{W_B}{E_B} \xrightarrow{E_A = E_B} W_A > W_B$$

ماشین A کار بیشتری انجام می‌دهد.

$$P_A < P_B \Rightarrow \frac{W_A}{t_A} < \frac{W_B}{t_B} \quad , \quad W_A > W_B \Rightarrow t_A > t_B$$

مدت زمان انجام کار در ماشین A بیشتر از ماشین B است.

**۱۶** ○○○ ۳

$$P = 200MW = 200 \times 10^6 W \quad , \quad t = 1s$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = 2 \times 10^8 J$$

$$W_{\text{موتور}} = \frac{8}{10}W_{mg} = \frac{8}{10}mgh$$

$$\Rightarrow 2 \times 10^8 = \frac{8}{10}(m)(10)(100) \Rightarrow m = 25 \times 10^4 kg = 250m^3$$

هر $1000kg$ آب برابر $1m^3$ است. به عبارت دیگر داریم:

$$P_{\text{آب}}=\frac{m_{\text{آب}}}{V_{\text{آب}}}$$

$$P_{\text{آب}}=1000\frac{kg}{m^3}\Rightarrow 1000=\frac{25\times10^4}{v}\Rightarrow v=250m^3$$

**۱۷** ○○●○

در حالت خلاص، نیروی موتور صفر است و تنها کار وزن اتومبیل باعث حرکت آن می‌شود. چون سرعت ثابت است، یعنی کار نیروی وزن و کار نیروهای مقاوم برابرند.

$$|W_{mg}|=|W_{f_k}|\Rightarrow f_k d=mgh, h=d\sin\theta$$

$$\Rightarrow f_k \cancel{d}=mg\cancel{d}(\frac{1}{2})\Rightarrow f_k=(800)(10)(\frac{1}{2})=4000N$$

**۱۸** ○○●○

**نکته**

قرقره‌های متحرک:

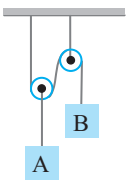
قرقره‌ای مطابق شکل را در نظر بگیرید که نخ بدون جرم متصل به آن را با نیروی F کشیدیم. این نیرو در تمام طول نخ وجود دارد. پس نیروهای وارد به قرقره به

صورت هستند.

پس در قرقرهٔ متحرک، دو نیروی نخ اعمال می‌شود. حال اگر قرقره بدون جرم باشد، برآیند این دو نیرو با نیروی کشش نخ متصل به آن برابرند. پس:

$$F+F=T\Rightarrow T=2F$$

پس نیرویی که به واسطهٔ قرقره به جرم زیرین اعمال می‌شود، دو برابر نیروی کشش نخ است. از طرفی، با کشیدن نخ به میزان L، قرقره به اندازهٔ $\frac{L}{2}$ حرکت می‌کند. یعنی «قرقرهٔ متحرک نیرو را دو برابر می‌کند؛ اما جابه‌جایی جسم نصف می‌شود.»




وقتی وزنهٔ A به اندازهٔ 20cm سقوط می‌کند، وزنهٔ B، 40cm به بالا حرکت می‌کند.

$$|\Delta h_B|=2|\Delta h_A|$$

همین‌طور، تندی وزنهٔ B دو برابر تندی A است:

$$v_B=2v_A$$

$$\frac{1}{2}m_Av_A^2+\frac{1}{2}m_Bv_B^2=-(m_Ag\Delta h_A+m_Bg\Delta h_B)$$

$$\Delta K=-\Delta U$$

$\Delta h_A=-20cm$ (پایین می‌رود)

$\Delta h_B=+40cm$ (بالا می‌آید)

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(8)(\frac{v_B}{2})^2+\frac{1}{2}(2)(v_B)^2=(8)(10)(0/2)-2(10)(0/4)$$

$$\Rightarrow v_B^2+v_B^2=16-8\Rightarrow v_B^2=4\Rightarrow v_B=2\frac{m}{s}$$

**۱۹** ○○●○

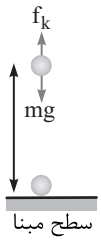
$$E_1=U\ ,\ E_2=K\ ,\ f_k=\frac{1}{10}mg$$

$$E_2-E_1=W_{f_k}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2-mgh=-\frac{1}{10}mgh$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{2}-200=-\frac{1}{10}(200)\Rightarrow \frac{v^2}{2}=180$$

$$\Rightarrow v=6\sqrt{10}\frac{m}{s}$$




**۲۰** ○○○●

افزایش انرژی پتانسیل گرانشی در ارتفاع، برابر انرژی جنبشی جسم در لحظهٔ رسیدن به زمین است. یعنی کار مفید انجام شده توسط ماشین، برابر است با:

$$|\Delta U|=\Delta K\Rightarrow|\Delta U|=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}(2)(12)^2=144J$$

$$\Rightarrow \eta=\frac{W}{E}=\frac{144}{200}=0/72\xrightarrow{\times100}72\%$$

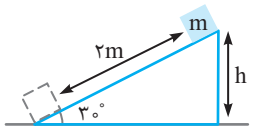
## پاسخنامه تمرینات بخش سوم سری ۳

**۱** ○○●○

$$E_1=U=mgh=mgd\sin\theta$$

$$E_2=K=\frac{1}{2}mv^2$$

$$W_{f_k}=-\frac{2}{10}mgh$$




$$E_2-E_1=W_{f_k}\Rightarrow\frac{1}{2}mv^2-mgd\sin\theta=-0/2mgd\sin\theta$$

$$\Rightarrow\frac{v^2}{2}=(0/8)gd\sin\theta=(0/8)(10)(2)(\frac{1}{2})$$

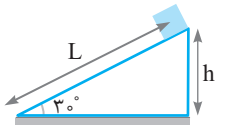
$$\Rightarrow v^2=16\Rightarrow v=4\frac{m}{s}$$

**۲** ○○●○

$$h=L\sin\theta=\frac{L}{2}$$

$$E_1=mgh=mg\frac{L}{2}\ ,\ E_2=\frac{1}{2}mv^2$$

$$f_k=\frac{1}{4}mg\Rightarrow W_{f_k}=-\frac{1}{4}mgL$$




$$E_2-E_1=W_{f_k}\Rightarrow\frac{1}{2}mv^2-mg\frac{L}{2}=-\frac{1}{4}mgL$$

$$\Rightarrow\frac{v^2}{2}=\frac{gL}{4}\Rightarrow v^2=\frac{gL}{2}\Rightarrow v=\frac{1}{2}\sqrt{2gL}$$

**۳** ○○○ ۳

$$P=\frac{W}{t}\quad,\quad W=Fd\cos\theta$$

$$\Rightarrow W=(۵۰)(۱۰)(\cos ۶۰^\circ)=۲۵۰J$$

$$\Rightarrow \bar{P}=\frac{۲۵۰}{۵}=۵۰W$$

**۴** ○○○ ۴

گزینهٔ (۱): بالا رفتن انرژی درونی لزوماً با افزایش دما همراه نیست. (نادرست)

گزینهٔ (۲): کار نیروی اصطکاک ممکن است باعث کاهش انرژی درونی جسم شود. (نادرست)

گزینهٔ (۳): با سقوط در خلأ، انرژی پتانسیل گرانشی کم می‌شود و به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. به این ترتیب انرژی درونی جسم ثابت است. (نادرست)

گزینهٔ (۴): در پرتاب جسم، انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل گرانشی جسم تبدیل می‌شود و انرژی درونی ثابت خواهد ماند. (درست)

**۵** ○○○ ۳

طبق اصل پایستگی انرژی، اختلاف انرژی‌های مکانیکی جسم در ابتدا و انتها، توسط نیروهای مقاوم صرف افزایش انرژی درونی توپ و زمین شده است.

$$E_۱=mgh_۱=(۰/۱)(۱۰)(۸)=۸J$$

$$E_۲=mgh_۲=(۰/۱)(۱۰)(۵)=۵J$$

$$\Rightarrow E_۲-E_۱=-۳J$$

پس ۳ ژول انرژی تلف شده است.

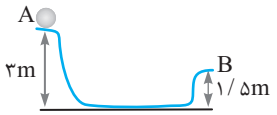
**۶** ○○○ ۳

سطح زمین را مبنای پتانسیل گرانشی می‌گیریم:

$$E_۲-E_۱=W_{f_k}$$

$$\Rightarrow mgh_۲-mgh_۱=W_{f_k}$$

$$\Rightarrow ۱/۵mg-۳mg=-f_k(۳)$$




$$\Rightarrow -۱/۵mg=-f_k(۳)\Rightarrow \frac{f_k}{mg}=\frac{۱/۵}{۳}=\frac{۱}{۲}$$

**۷** ○○○ ۲

$$E_A=mgh=(۰/۱)(۱۰)(۵)=۵J$$

$$E_B=U_B+K_B=mgh_B+\frac{۱}{۲}mv_B^۲$$

$$\Rightarrow E_B=(۰/۱)(۱۰)(\frac{۳R}{۲})+\frac{۱}{۲}(۰/۱)(۴)^۲=۰/۸+\frac{۳R}{۲}$$

$$E_B-E_A=W_{f_k}\Rightarrow ۰/۸+\frac{۳R}{۲}-۵=-۳$$

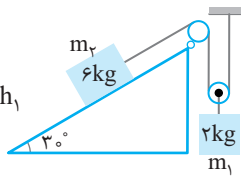
$$\Rightarrow \frac{۳R}{۲}=۱/۲\Rightarrow R=۰/۸m$$

**۸** ○○○ ۴

$$d_۲=۲d_۱\Rightarrow v_۲=۲v_۱\Rightarrow v_۱=۳\frac{m}{s}$$

$$h_۲=d_۲\sin ۳۰^\circ\Rightarrow h_۲=\frac{d_۲}{۲},\Delta h_۲=\Delta h_۱$$

$$\Delta K=-\Delta U$$




$$\frac{۱}{۲}m_۲(v_۲^۲)+\frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲=-(m_۱g\Delta h_۱+m_۲g\Delta h_۲)$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۶)(۶)^۲+\frac{۱}{۲}(۲)(۳^۲)=-(۲(۱۰)(+h)+۶(۱۰)(-h))$$

$$\Rightarrow ۱۰۸+۹=۴۰h\Rightarrow h=\frac{۱۱۷}{۴۰}m$$

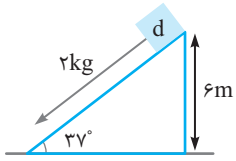
$$\Rightarrow d_۲=۲h_۲\Rightarrow d_۲=\frac{۱۱۷}{۲۰}=۵/۸۵m$$

**۹** ○○○ ۱

$$E_۱=U=mgh\,,E_۲=K=\frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$h=d\sin\theta\Rightarrow ۶=d\sin ۳۷^\circ$$

$$\Rightarrow d=۱۰m$$




$$E_۲-E_۱=W_f\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۲)(v^۲)-(۲)(۱۰)(۶)=-(۴)(۱۰)$$

$$\Rightarrow v^۲-۱۲۰=-۴۰\Rightarrow v^۲=۸۰\Rightarrow v=۴\sqrt{۵}\frac{m}{s}$$

**۱۰** ○○○ ۱

اتومبیل با تندی ثابت در حرکت است. پس کار نیروی موتور و کار نیروی مقاومت هوا برابرند.

$$E_{موتور}=\frac{۲۵}{۱۰۰}E_{کل}$$

$$E_{کل}=۶\times۴\times۱۰^۷J=۲۴\times۱۰^۷J\Rightarrow E_{موتور}=\frac{۲۵}{۱۰۰}\times E_{کل}=۶\times۱۰^۷J$$

$$W_{f_k}=E_{موتور}\Rightarrow \bar{f}_k(d)=E_{موتور}\Rightarrow \bar{f}_k\times۱۰^۵=۶\times۱۰^۷$$

$$\Rightarrow \bar{f}_k=۶\times۱۰^۲N$$

**۱۱** ○○○ ۲

توپ B در قسمت منحنی، دارای انرژی پتانسیل گرانشی کمتری نسبت به گوی A است. به همین جهت دارای انرژی جنبشی بیشتر و تندی بیشتر خواهد بود. پس گوی B در قسمت منحنی مسیر، از گوی A جلو می‌افتد.

**۱۲** ○○○ ۱

*اصل پایستگی انرژی و دیگر هیچ!*

$$E_۱=K=\frac{۱}{۲}mv^۲\Rightarrow E_۱=\frac{۱}{۲}(۴)(۴^۲)=۳۲J$$

$$E_۲=K_{جسم}+U_{فنر}\Rightarrow E_۲=\frac{۱}{۲}(۴)(۲^۲)+۱۶=۲۴J$$

$$E_۲-E_۱=W_{f_k}\Rightarrow W_{f_k}=۲۴-۳۲=-۸J$$

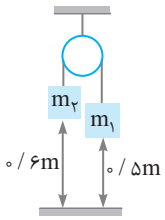
پس ۸J انرژی به انرژی درونی جسم و فنر تبدیل شده است.

**۱۳** ○○●○

$$P=\frac{W}{t}\quad,\quad W=\Delta K=\frac{۱}{۲}(۹۰۰)((۲۰^۲)-۰)$$

$$\Rightarrow P=\frac{\frac{۱}{۲}(۹۰۰)(۲۰^۲)}{۱۰}=۱۸۰۰۰W=۱۸kW$$

**۱۴** ●○○○




وزنهٔ $m_۱$ به پایین و وزنهٔ $m_۲$ به بالا حرکت می‌کنند و تندی آن‌ها افزایش می‌یابد. پس از اینکه $m_۱$ به زمین رسید، $m_۲$ دارای انرژی جنبشی است و به حرکت خود ادامه می‌دهد تا تمام انرژی جنبشی آن به پتانسیل گرانشی تبدیل شود.

پس ابتدا انرژی جنبشی وزنه‌ها را در لحظهٔ رسیدن $m_۱$ به زمین به‌دست می‌آوریم.

$$\Delta K=-\Delta U\Rightarrow \frac{۱}{۲}(m_۲)v^۲+\frac{۱}{۲}m_۱v^۲=-(m_۱g\Delta h_۱+m_۲g\Delta h_۲)$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۱)(v^۲)+\frac{۱}{۲}(۴)(v^۲)=-(-۴(۱۰)(۰/۵)+۱(۱۰)(۰/۵))$$

$$\Rightarrow ۲/۵v^۲=۱۵\Rightarrow v^۲=\frac{۱۵\times ۲}{۵}=۶$$

$$\Rightarrow K_۲=\frac{۱}{۲}m_۲v^۲=۳J$$

از این لحظه $m_۲$ تا ارتفاعی بالا می‌رود که این انرژی به پتانسیل گرانشی تبدیل شود.

$$\Rightarrow U=K\Rightarrow ۳=(۱)(۱۰)(h)\Rightarrow h=۰/۳m=۳۰cm$$

پس تاکنون وزنهٔ $m_۲$، $۳۰cm+۵۰cm=۸۰cm$ بالاتر آمده است و در ارتفاع: $h=۶۰cm+۸۰cm=۱۴۰cm$ قرار دارد.

**۱۵** ○○●○

با داشتن تندی وزنه در هنگام رسیدن به زمین، انرژی پتانسیل گرانشی اولیهٔ جسم محاسبه می‌شود.

$$U=K\Rightarrow U=\frac{۱}{۲}(۲)(۴\sqrt{۵})^۲=۸۰J$$

این ماشین با بالا بردن جسم ۸۰J کار مفید انجام داده است. پس:

$$\eta=\frac{W}{E_T}=\frac{۸۰}{۱۰۰}=۰/۸$$

**۱۶** ○○●○

$$E_۱=K_۱+U_۱\Rightarrow E_۱=\frac{۱}{۲}mv_۱^۲+mgh$$

$$\Rightarrow E_۱=\frac{۱}{۲}(۰/۰۲)(۱۰۰۰)^۲+(۰/۰۲)(۱۰)(۱/۲)$$

$$\Rightarrow E_۱=(۱۰^۴+۰/۲۴)J$$

$$E_۲=\frac{۱}{۲}mv_۲^۲=\frac{۱}{۲}(۰/۰۲)(۵۰۰)^۲=۲۵\times ۱۰^۲J$$

$$E_۲-E_۱=W_{f_k}\Rightarrow E_۲-E_۱=۰/۲۵\times ۱۰^۴-۱۰^۴-۰/۲۴$$

$$=-۷۵۰۰/۲۴$$

پس کمی از ۷۵۰۰J بیشتر است.

**۱۷** ○○●○

$$E_۲-E_۱=W_{f_k}\quad,\quad W_{f_k}=f_kd$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۲^۲-\frac{۱}{۲}mv_۱^۲=-f_kd$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۰/۴)(۶^۲-۱۰^۲)=-f_k(۱۰)$$

$$\Rightarrow ۱۲/۸=۱۰f_k\Rightarrow f_k=۱/۲۸N$$

**۱۸** ●○○○

$$W=mgh\Rightarrow W=(۵\times ۷۰+۱۰۵۰)(۱۰)(۳۰)=۴/۲\times ۱۰^۵J$$

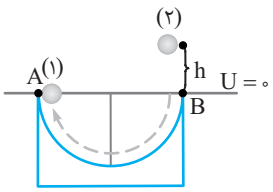
$$P=\frac{W}{t}\Rightarrow P=\frac{۴/۲\times ۱۰^۵}{۱۲۰}=۳/۵\times ۱۰^۳=۳/۵kW$$

**۱۹** ●○○○

$$P=\frac{W}{t}\quad,\quad W=Fd\Rightarrow P=\frac{Fd}{t}=Fv$$

**۲۰** ●○○○

مبنای پتانسیل را خطی در نظر می‌گیریم که از نقاط A و B می‌گذرد، مسیری که گلوله طی می‌کند، برابر نصف محیط دایره یعنی $d=\pi R$ است.




$$E_۲-E_۱=W_{f_k}\Rightarrow E_۲-E_۱=-f_kd$$

$$E_۱=K_۱\quad,\quad E_۲=U_۲$$

$$mgh-\frac{۱}{۲}mv^۲=-f_k(\pi R)$$

$$\Rightarrow mgh=\frac{۱}{۲}mv^۲-f_k\pi R\Rightarrow h=\frac{v^۲}{۲g}-\frac{f_k\pi R}{mg}$$

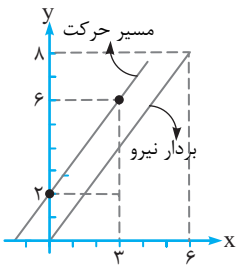
## پاسخنامه آزمون جامع ۱

**۱** ○○●○

برای محاسبهٔ کار، طبق رابطهٔ $W = Fd\cos\theta$، به اندازهٔ نیرو، جابه‌جایی و زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی نیاز داریم. در حال حاضر جابه‌جایی که معلومه! $d = 5m$، از بردار نیرو هم، اندازه‌اش به‌دست میاد:

$$|\vec{F}| = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{100} = 10N$$

فقط مونده زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی! اگه روی محورهای مختصات، مسیر حرکت و نیرو رو رسم کنیم، مشخصه که این دو تا هم‌جهت هستند. پس $\theta = 0$




$$\Rightarrow W = (10)(5)(+1) = 50J$$

**۲** ○○○●

انرژی جنبشی جسم وقتی که با سرعت $v$ حرکت می‌کند:

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

انرژی جنبشی جسم بعد از اینکه به تندی آن $5\frac{m}{s}$ افزوده می‌شود:

$$K_2 = \frac{1}{2}m(v+5)^2$$

$$\frac{K_2}{K_1} = 1/44 \Rightarrow \frac{\frac{1}{2}m(v+5)^2}{\frac{1}{2}mv^2} = 1/44 \Rightarrow \frac{v+5}{v} = 1/2$$

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

**۳** ●○○○

اول باید تندی رو بر حسب واحد SI به‌دست بیاریم:

$$v = 90\frac{km}{h} = \frac{90\times1000}{3600} = 25\frac{m}{s}$$

حالا ببینیم برای اینکه انرژی جنبشی دو برابر بشه، تندی باید چقدر باشه؟

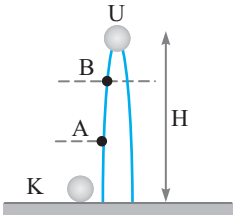
$$\frac{K_2}{K_1} = 2 \Rightarrow \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = 2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{v_2}{25} = \sqrt{2}$$

$$\Rightarrow v_2 = 25\sqrt{2} \simeq 35\frac{m}{s}$$

پس باید تندی‌اش $10\frac{m}{s}$ زیاد شه.

**۴** ○○●○

در دو نقطه نسبت انرژی‌های جنبشی و پتانسیل گرانشی، ۱ به ۲ است. یعنی در نقطهٔ A، $\frac{K}{U} = 2$ و در نقطهٔ B، $\frac{U}{K} = 2$ است. حال این دو نقطه را بایستی پیدا کنیم.




در نقطهٔ A:

$$K_A + U_A = mgH \Rightarrow 2U_A + U_A = mgH$$

$$\Rightarrow 3mgh_A = mgH \Rightarrow H = 3h_A \Rightarrow h_A = \frac{H}{3}$$

در نقطهٔ B:

$$K_B + U_B = mgH \Rightarrow \frac{1}{2}mgh_B + mgh_B = mgH$$

$$\Rightarrow H = \frac{3}{2}h_B \Rightarrow h_B = \frac{2}{3}H$$

$$h_B - h_A = \frac{2}{3}H - \frac{1}{3}H \Rightarrow \Delta h = \frac{1}{3}H \Rightarrow \frac{\Delta h}{H} = \frac{1}{3}$$

**۵** ○○●○

به کمک اصل پایستگی انرژی مسئله را حل می‌کنیم. اختلاف انرژی بین نقاط A و B، توسط نیروی اصطکاک تلف شده، پس:

$$E_B - E_A = W_{f_k}$$

$$\Rightarrow (mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2) - (\cancel{mgh_A}^{0} + \frac{1}{2}mv_A^2) = W_{f_k}$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = (500)(10)(20) + \frac{1}{2}(500)(10^2) - \frac{1}{2}(500)(30^2)$$

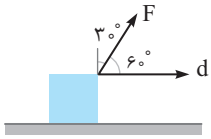
$$\Rightarrow W_{f_k} = -10^5 J \quad , \quad W_{f_k} = -f_k d$$

حال طول مسیر AB را به‌دست می‌آوریم:

$$d_{AB} = \pi(r) = 3\times10 = 30m$$

$$\Rightarrow f_k d = 10^5 \Rightarrow f_k(30) = 10^5 \Rightarrow f_k = \frac{10^5}{30} \sim 3000N$$

**۶** ○○●○




ابتدا جابه‌جایی جسم را در این مدت حساب می‌کنیم:

$$d = 10(s)\times2(\frac{m}{s}) = 20m$$

زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی جسم هم $60^\circ$ است. پس:

$$W = Fd\cos\theta \Rightarrow W = 4\times20\times\frac{1}{2} = 40J$$

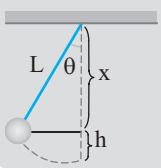
**۷** ●○○○

کار نیروی وزن فقط به تغییرات ارتفاع جسم بستگی داره، پس:

$$W_{mg} = -mg\Delta h$$

**نکته**

وقتی یک آونگ به میزان $\theta$ از وضع تعادلش دور است، ارتفاعش نسبت به وضع تعادل برابر است با:




$$x = L\cos\theta \Rightarrow h = L - x = L - L\cos\theta$$

$$\Rightarrow h = L(1 - \cos\theta)$$

پس ارتفاع کودک در وضعیت‌های A و B برابر است با:

$$h_A = L(1-\cos\theta) = 2(1-\cos 37^\circ) = 2(1-\frac{4}{5}) = \frac{2}{5}m$$

$$h_B = 2(1-\cos 60^\circ) = 2(1-\frac{1}{2}) = 1m$$

$$h_B - h_A = 1-\frac{2}{5} = \frac{3}{5}m$$

$$W = -mg\Delta h \Rightarrow W = -(40)(10)(\frac{3}{5}) = -240J$$

**۸** ○○●○

*باید ببینیم برای اینکه به سرعت $30\frac{m}{s}$ برسه، چقدر انرژی لازم داره؟ اولش چون ساکنه، داریم: $K_1 = 0$*

$$K_2 = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow K_2 = \frac{1}{2}(1000)(30^2) = 450\times10^3 J$$

پس حداقل 450kJ انرژی نیاز داریم!

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow 100\times10^3 = \frac{450\times10^3}{t} \Rightarrow t = \frac{450}{100} = 4/5\ s$$

**۹** ●○○○

*شاید قیافهٔ سؤاله سخت باشه؛ اما خیلی ساده‌س! (قضیهٔ کار و انرژی جنبشی رو بنویس!)*

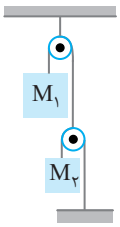
$$F_{\text{برآیند}} \times d = \Delta K$$

این متحرک پس از ۵ متر جابه‌جایی، دارای 20J انرژی جنبشی می‌شود:

پس:

$$F(5) = 20 \Rightarrow F = 4N$$

**۱۰** ●○○○




وقتی $M_1$ دو متر به پایین حرکت کند، قرقرهٔ (۲) نیز ۲ متر به بالا حرکت می‌کند. به این ترتیب، چون طول نخ متصل به $M_2$ ثابت است، $M_2$ بایستی 4m به بالا حرکت کند، به این ترتیب کار وزن بر روی $M_2$ برابر است با:

$$W_{mg} = -mgh \Rightarrow W = -(2)(10)(4) = -80J$$

**۱۱** ○○●○

چون ۵۰ متر آخر مسیر را با تندی ثابت طی کرده است، پس کار برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. در نتیجه کار ناشی از نیروی مقاومت هوا و کار نیروی وزن برابرند.

$$|W_{f_k}| = |W_{mg}| \Rightarrow W_{mg} = mgh = (70)(10)(50) = 35\times10^3 J$$

به این ترتیب:

$$W_{f_k} = f_k d \Rightarrow 35\times10^3 = f_k(50) \Rightarrow f_k = 700N$$

**۱۲** ○○●○

*احتمالاً با دیدن این سؤال به یاد علوم نهم و ماشین‌ها و... افتادین! حل این سؤال فقط نیازمند دونستن پایستگی انرژیه!*

$$E_{\text{آدم}} = E_{\text{سنگ}} \Rightarrow (mgh)_{\text{آدم}} = (mgh)_{\text{سنگ}}$$

دیلم، انرژی مکانیکی فرد را به سنگ منتقل می‌کند. پس:

$$\Rightarrow (70)(10)(2) = (10)(100)(h) \Rightarrow h = 1/4m$$

**۱۳** ○○●○

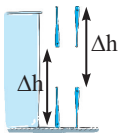
*وقتی وزنهٔ m از سطح شیبدار پایین میاد، انرژی پتانسیل گرانشی‌اش به انرژی جنبشی تبدیل می‌شه! اما این انرژی بین خودش و سطح شیبدار تقسیم می‌شه و بخشی از انرژی جنبشی به سطح شیبدار می‌رسه و اون رو به حرکت در میاره! پس سرعت وزنهٔ m وقتی که به پایین سطح می‌رسه، کمتر از حالتیه که سطح شیبدار ثابته! وقتی سطح شیبدار ثابته و حرکت نداره، سرعت وزنه در پایین برابره با:*

$$E_1 = E_2 \Rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow g(d\sin\theta) = \frac{1}{2}v^2$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2gd\sin\theta}$$

*پس تو این وضعیت سرعت جسم از مقدار $\sqrt{2gd\sin\theta}$ کمتره!*

**۱۴** ●○○○




در هر دو حالت، تغییرات ارتفاع مرکز جرم یکسان است. پس تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی، برابر و انرژی جنبشی و تندی چوب‌ها هنگام رسیدن به زمین، برابر است.

**۱۵** ○○●○

اگر درب کانال را به حالت قائم درآوریم، مرکز جرم کانال، 50cm بالاتر می‌آید. پس حداقل کار لازم، برابر کار نیروی وزن در این فرایند است.

$$W = |mgh| \Rightarrow W = (20)(10)(0/5) = 100J$$

**۱۶** ○○●○

به کمک قضیهٔ کار و انرژی جنبشی:

$$W_{f_k} + W_{mg} = \Delta K$$

$$\Rightarrow -(\frac{1}{9}mg)(h) + (-mgh) = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\Rightarrow \frac{10}{9}\cancel{m}(10)(h) = \frac{1}{2}\cancel{m}(10^2) \Rightarrow h = 4/5m$$

از طرفی، ارتفاع اولیهٔ جسم در لحظهٔ پرتاب، ۳ متر بوده، پس:

$$H_{\text{نهایی}} = 4/5 + 3 = 7/5m$$

**۱۷** ○○●○

$$W_{f_k} + W_{mg} = \Delta K$$

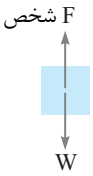
$$\Rightarrow -f_k d + (-mgh) = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\Rightarrow -10d - (1)(10)(2) = -\frac{1}{2}(1)(10^2)$$

$$\Rightarrow 10d = 50 - 20 \Rightarrow d = 3m$$

**۱۸** ○○●○ ۲

چون با شتاب $\frac{g}{۴}$ به بالا حرکت کرده است، پس نیروی شخص بزرگ‌تر از نیروی وزن جسم بوده:




$$F - W = ma \Rightarrow F - mg = m(\frac{g}{۴}) \Rightarrow F = \frac{۵mg}{۴}$$

$$\Rightarrow \frac{W_{\text{شخص}}}{W_{\text{وزن}}} = \frac{F(h)}{mg(h)} = \frac{۵}{۴}$$

**۱۹** ○○○● ۳

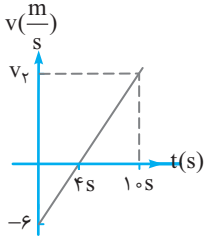
نیروی عکس‌العمل سطح، شامل نیروی عمودی تکیه‌گاه $(\vec{N})$ و نیروی اصطکاک است.

$W_N = ۰$ (عمود بر جابه‌جایی است N) $\quad W_{f_k} = ?$

$$F - f_k = ma \Rightarrow ۵۲ - f_k = ۴(۱۰) \Rightarrow f_k = ۱۲N$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = -(۱۲)(۱۵) = -۱۸۰J$$

**۲۰** ○○●○ ۲




$$W_{\text{کل}} = \Delta K = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۰^۲)$$

$$v_۰ = -۶\frac{m}{s} \quad m = ۴kg \quad v_۲ = ?$$

به کمک تشابه مثلثات (یا تعریف شتاب):

$$\frac{v_۲}{۱۰-۴} = \frac{۶}{۴} \Rightarrow \frac{v_۲}{۶} = \frac{۶}{۴} \Rightarrow v_۲ = ۹\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow \Delta K = \frac{۱}{۲}(۴)(۹^۲ - (-۶)^۲) = ۲(۸۱-۳۶) = ۹۰J$$

**۲۱** ○○○● ۴

در حین سقوط $m_۱$، $m_۲$ نیز رو به بالا حرکت می‌کند. پس از اینکه $m_۱$ به زمین رسید، $m_۲$ دارای تندی است و کماکان بالا می‌رود.

برای حل مسئله، به کمک پایستگی انرژی، تندی $m_۲$ را در لحظه‌ای که $m_۱$ به زمین می‌رسد، محاسبه می‌کنیم:

$$U_{m_۱} = K_۱ + K_۲ + U_{m_۲}$$

$$\Rightarrow m_۱gh = \frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲ + \frac{۱}{۲}m_۲v_۲^۲ + m_۲gh$$

$$\Rightarrow (m_۱ - m_۲)gh = \frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲ + \frac{۱}{۲}m_۲v_۲^۲$$

$$\Rightarrow ۲(۱۰)(۰/۱۵) = \frac{۱}{۲}(۴)v_۱^۲ + \frac{۱}{۲}(۲)v_۲^۲ \Rightarrow ۳ = ۳v^۲ \Rightarrow v = ۱\frac{m}{s}$$

حال باید محاسبه کنیم که با این تندی، $m_۲$ تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟!

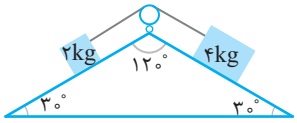
$$K_۲ = U_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}(۲)(۱) = (۲)(۱۰)(h) \Rightarrow ۱ = ۲۰h$$

$$\Rightarrow h = \frac{۱}{۲۰}m = ۵cm$$

پس در مجموع ۲۰cm از وضع اولیه‌اش بالاتر می‌رود و در ارتفاع ۳۵cm قرار می‌گیرد.

**۲۲** ○○○● ۴

پس از ۳۰cm جابه‌جا شدن وزنه‌ها، هر کدام به اندازهٔ ۱۵cm تغییر ارتفاع دارند. به این ترتیب انرژی پتانسیل گرانشی وزنهٔ ۴kg، صرف بالا بردن جسم ۲kg و حرکت هر دو وزنه شده است.




$$m_۱gh_۱ = m_۲gh_۲ + \frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲ + \frac{۱}{۲}m_۲v_۲^۲$$

$$\Rightarrow ۴(۱۰)(۰/۱۵) = (۲)(۱۰)(۰/۱۵) + \frac{۱}{۲}(۴)(v^۲) + \frac{۱}{۲}(۲)v^۲$$

$$\Rightarrow ۶ = ۳ + ۳v^۲ \Rightarrow ۳ = ۳v^۲ \Rightarrow v = ۱\frac{m}{s}$$

**۲۳** ○○○● ۴

انرژی پتانسیل گرانشی جسم، صرف افزایش انرژی جنبشی و غلبه بر کار نیروی اصطکاک شده است، پس:

$$|\Delta U| = \Delta K + |W_{f_k}| \Rightarrow mg\Delta h = \Delta K + |W_{f_k}|$$

و $\Delta h = d\sin\theta = ۱۲(\sin ۳۰^\circ) = ۶m$

$$\Rightarrow (۲)(۱۰)(۶) = [\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)] + |W_{f_k}|$$

$$\Rightarrow ۱۲۰ = (۶۴ - ۲۵) + |W_{f_k}|$$

$$|W_{f_k}| = ۱۲۰ - ۳۹ = ۸۱J \Rightarrow W_{f_k} = -۸۱J$$

**۲۴** ○○○● ۱

کار نیروی اعمال شده باعث افزایش انرژی جنبشی جسم می‌شود. پس:

$$W_T = K_۲ - K_۱ \Rightarrow W_T = ۲۵ - ۰ = ۲۵J$$

$$K_۲ = ۲۵J \Rightarrow \frac{۱}{۲}(۰/۵)(v^۲) = ۲۵ \Rightarrow v^۲ = ۱۰۰ \Rightarrow v = ۱۰\frac{m}{s}$$

$$F = ma \Rightarrow ۲ = (۰/۵)(a) \Rightarrow a = ۴\frac{m}{s^۲}$$

$$v = at \Rightarrow ۱۰ = ۴(t) \Rightarrow t = ۲/۵s$$

پس ۲/۵ ثانیه زمان نیاز است تا جسم به تندی $۱۰\frac{m}{s}$ و انرژی جنبشی ۲۵J برسد.

**۲۵** ○○●○ ۲

کار مفید این تلمبهٔ آبی، بالا کشیدن آب از عمق ۹/۵ متری زمین است:

$$W_{\text{مفید}} = mgh \Rightarrow W = m(۱۰)(۹/۵) = ۹۵m$$

$$P_{\text{مفید}} = \eta P_{\text{کل}} \Rightarrow P_{\text{مفید}} = ۰/۹۵ \times ۲ \times ۱۰^۳ = ۱۹۰۰W$$

$$\Rightarrow P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{t} \Rightarrow ۱۹۰۰ = \frac{۹۵m}{۶۰} \Rightarrow m = ۱۲۰۰kg$$

## پاسخنامه آزمون جامع ۲

**۱** ○○●○

کار نیروی وزن برابر منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم است.

$$W_{mg} = -\Delta U \qquad W_{mg} = -۲۰J$$

$$\Rightarrow \Delta U = ۲۰J \Rightarrow U_B - U_A = ۲۰$$

$$\Rightarrow ۳۰ - U_A = ۲۰ \Rightarrow U_A = ۱۰J$$

**۲** ●○○○

$$\begin{cases} m_۲ = m_۱ - ۰/۱۰m_۱ = ۰/۹m_۱ \\ v_۲ = v_۱ + ۰/۱v_۱ = ۱/۱v_۱ \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{K_۲}{K_۱} = \frac{\frac{۱}{۲}m_۲v_۲^۲}{\frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲} = (\frac{m_۲}{m_۱})(\frac{v_۲}{v_۱})^۲ = ۰/۹ \times (۱/۱)^۲ \simeq ۱/۰۹$$

پس ٪۹ به انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود.

**۳** ○○●○

به این دلیل که کار نیروی عمودی تکیه‌گاه صفر است؛ پس کار سطح، تنها کار نیروی اصطکاک خواهد بود.

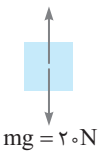
$$\text{کار برآیند} = ۰ \Rightarrow W_{f_k} = W_F \Rightarrow \text{تندی ثابت است}$$

$$d = vt \Rightarrow d = (۲\frac{m}{s})(۵s) = ۱۰m \quad , \quad f_k = F = ۱۵N$$

$$\Rightarrow W_{f_k} = (-۱)(۱۵)(۱۰) = -۱۵۰J$$

**۴** ●○○○

چون جهت حرکت جسم بیان نشده، پس هر سه حالت محتمل است. اگر جسم در ابتدا ساکن باشد یا رو به بالا حرکت کند، حرکت جسم با شتاب رو به بالاست. پس جابه‌جایی‌های جسم و کار افزایش می‌یابد.




اگر در ابتدا حرکت رو به پایین باشد، چون شتاب رو به بالاست، مقدار جابه‌جایی‌ها کم می‌شود و کار کاهش می‌یابد تا جسم متوقف شود و در ادامه رو به بالا حرکت می‌کند و کار افزایش می‌یابد.

**۵** ○○●○

با چشم‌پوشی از نیروهای اتلاف‌کننده، انرژی مکانیکی جسم پایسته است. پس انرژی مکانیکی در نصف ارتفاع اوج یا هر نقطهٔ دیگر با انرژی مکانیکی اولیه برابر است.

$$E = \frac{۱}{۲}mv_۰^۲ = \frac{۱}{۲}(۲)(۱۰^۲) = ۱۰۰J$$

**۶** ○○●○

انرژی که در جسم و فنر ذخیره می‌شود، برابر مجموع کار وزن و کار اصطکاک است. پس:

$$U = W_{mg} + W_{f_k} \Rightarrow U = mgh + W_f$$

$$\Rightarrow U = (۰/۲)(۱۰)(۶) + (-۲) = ۱۰J$$

**۷** ○○●○

به کمک اصل پایستگی انرژی داریم:

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow K_۱ = K_۲ + U_۲ \quad , \quad K_۲ = \frac{۱}{۲}U_۲$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = \frac{۱}{۲}U_۲ + U_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۱^۲ = \frac{۳}{۲}\cancel{m}gh$$

$$\Rightarrow ۳۰^۲ = ۳۰(h) \Rightarrow h = ۳۰m$$

**۸** ○○●○

اگر اندازهٔ تندی جسم، در ابتدا و انتهای بازهٔ زمانی برابر نباشد، کار برآیند غیرصفر است. در بازهٔ زمانی ۰ تا ۴ ثانیه سرعت اولیه و نهایی یکسان نیستند.

**۹** ○○●○

انرژی پتانسیل گرانشی $m_۱$، تغییر نمی‌کند، چون تغییر ارتفاع ندارد.

انرژی جنبشی مجموعه با افزایش تندی وزنه‌ها، افزایش می‌یابد.

انرژی مکانیکی $m_۲$ کاهش می‌یابد، چون بخشی از انرژی پتانسیل گرانشی آن، صرف افزایش انرژی جنبشی $m_۱$ می‌شود.

انرژی جنبشی $m_۲$ نیز با افزایش تندی، افزایش می‌یابد.

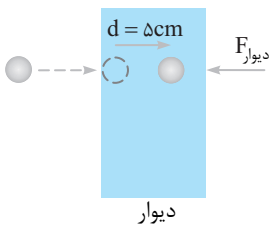
**۱۰** ○○●○

کار انجام شده توسط دیوار بر روی گلوله، باعث توقف آن شده است.

$$W = \Delta K \Rightarrow \bar{F}d(\cos\theta) = K_۲ - K_۱$$

$$\Rightarrow \bar{F}(۵\times۱۰^{-۲})(-۱) = ۰ - \frac{۱}{۲}(۰/۱)(۲۰)^۲$$

$$\Rightarrow \bar{F} \times (۵\times۱۰^{-۲}) = ۲۰ \Rightarrow \bar{F} = ۴\times۱۰^۲N$$

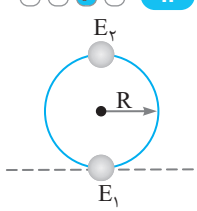



**۱۱** ○○●○

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۱^۲ = \frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۲^۲ + \cancel{m}g(۲R)$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}(۵^۲) = \frac{۱}{۲}(v^۲) + ۱۰(۲)(۰/۴)$$

$$\Rightarrow v^۲ = ۲۵ - ۱۶ \Rightarrow v = ۳\frac{m}{s}$$



**۱۲** ۴

چون نیروی نخ عمود بر حرکت جسم است، پس کاری انجام نمی‌دهد. $W = ۰$

**۱۳** ۳

ابتدا کار انجام شده توسط موتور اتومبیل را در این مدت محاسبه می‌کنیم:

$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_m - W_{f_k} = \Delta K \quad \text{و} \quad ۳۶\frac{km}{h} = ۱۰\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow W_m - (۳۰۰)(۴۰) = \frac{۱}{۲}(۸۰۰)(۱۰)^۲ - ۰$$

$$\Rightarrow W_m = ۴\times۱۰^۴ + ۱۲\times۱۰^۳ = ۵۲\times۱۰^۳ J$$

$$\bar{P} = \frac{W}{t} \Rightarrow \bar{P} = \frac{۵۲\times۱۰^۳}{۲۰} = ۲/۶\times۱۰^۳ W = ۲/۶kW$$

**۱۴** ۳

۱) انرژی مکانیکی جسم به علت وجود مقاومت هوا کاهش می‌یابد. پس گزینهٔ (۱) نادرست است.

۲) ممکن است سرعت جسم در حین سقوط در هوا ساکن بماند؛ مانند سقوط چترباز. پس گزینهٔ (۲) نادرست است.

۳) به علت کاهش ارتفاع، انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد. پس گزینهٔ (۳) درست است!

**۱۵** ۳

قبل از حل توجه کنید که تندی وزنهٔ (۱) دو برابر تندی وزنهٔ (۲) است. انرژی پتانسیل گرانشی (۲) به انرژی جنبشی (۱) و (۲) تبدیل می‌شود.

$$\Rightarrow m_۲gh = \frac{۱}{۲}m_۱v_۱^۲ + \frac{۱}{۲}m_۲(\frac{v_۱}{۲})^۲ \Rightarrow gh = \frac{v_۱^۲}{۲} + \frac{v_۱^۲}{۸}$$

$$\Rightarrow \frac{۵v_۱^۲}{۸} = ۱۰(۰/۲۵) \Rightarrow v_۱^۲ = \frac{۲۰}{۵} = ۴ \Rightarrow v_۱ = ۲\frac{m}{s}$$

**۱۶** ۴

$$m = ۰/۴kg\ ,\ g = ۱۰\frac{m}{s^۲},\ v_B = ۴\frac{m}{s}$$

$$E_A = E_B \Rightarrow U_A + K_A = U_B + K_B$$

$$\Rightarrow mgh_A + ۰ = U_B + \frac{۱}{۲}mv_B^۲$$

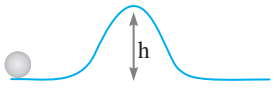
$$\Rightarrow (۰/۴)(۱۰)(۵) = U_B + \frac{۱}{۲}(۰/۴)(۴^۲)$$

$$\Rightarrow ۲۰ = U_B + ۳/۲ \Rightarrow U_B = ۱۶/۸J$$

**۱۷** ۲

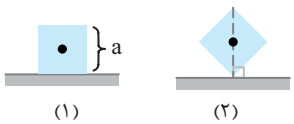
قبل از حل این سؤال، این سؤال را حل کنید:

برای عبور دادن گوی از تپهٔ مقابلش، حداقل چقدر انرژی نیاز است؟




پاسخ: گوی باید تا ارتفاع $h$ حرکت کند. پس حداقل $E = mgh$ انرژی نیاز دارد.

پس برای غلتاندن مکعب نیز باید حداقل، آن را به صورت زیر درآوریم تا ادامهٔ مسیر را خود به خود حرکت کند.




به این ترتیب بایستی محاسبه کنیم که مرکز جرم این مکعب چقدر بالا رفته است.

در شکل (۱) مرکز جرم در ارتفاع $\frac{a}{۲}$ است:

$$\Rightarrow U_۱ = mg(\frac{a}{۲}) = (۲۰)(۱۰)(۰/۲۵) = ۵۰J$$

در شکل (۲) مرکز جرم در ارتفاع $\frac{\sqrt{۲}}{۲}a$ است:

$$\Rightarrow U_۲ = mg(\frac{\sqrt{۲}}{۲}a) = (۲۰)(۱۰)(۰/۲۵\sqrt{۲}) = ۵۰\sqrt{۲}J$$

$$\Rightarrow \Delta U = U_۲ - U_۱ = ۵۰\sqrt{۲} - ۵۰ \simeq ۵۰(۱/۴) - ۵۰ = ۲۰J$$

**۱۸** ۴

کاری که شخص انجام داده است، برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی او است. پس:

$$W = \Delta U = mgh \Rightarrow W = (۶۰)(۱۰)(۲) = ۱۲۰۰J$$

$$\eta = \frac{۲۰}{۱۰۰} \Rightarrow \frac{۲۰}{۱۰۰} = \frac{۱۲۰۰}{E_{مصرفی}} \Rightarrow E_{مصرفی} = ۶۰۰۰J$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{۶۰۰۰}{۸} = ۷۵۰W$$

**۱۹** ۴

این موتور، ٪۲۵ از انرژی ورودی را به گرما تبدیل می‌کند و ٪۷۵ را به انرژی مفید.

$$P = ۴۰۰W \Rightarrow \frac{P_{تلف\ شده}}{P_{کل}} = \frac{۲۵}{۱۰۰} \Rightarrow P_{تلف\ شده} = ۱۰۰W$$

$$\Rightarrow E_{اتلافی} = P_{اتلافی}t = ۱۰۰\times۶۰ = ۶۰۰۰J = ۶kJ$$

**۲۰** ۳

چون در حین این حرکت ٪۳۰ از تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی را از دست می‌دهد، پس از برخورد به زمین تا ٪۷۰ ارتفاع اولیه یعنی $۱/۴m$ بالا می‌آید.

**۲۱** ۴

$$K_۲ = K_۱ = ۰ \Rightarrow W_{کل} = ۰ \qquad \Rightarrow W_{mg} + W_{هوا} = ۰$$

$$|W_{هوا}| = |W_{mg}| \Rightarrow W_{هوا} = mg\Delta h = (۰/۲)(۱۰)(\Delta h)$$