صفحه‌های ۶۸ تا ۷۲ کتاب درسی

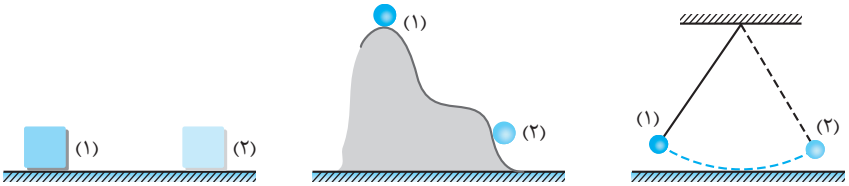
درسنامه پایستگی انرژی مکانیکی - کار و انرژی درونی

انرژی مکانیکی: مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل هر جسم را انرژی مکانیکی آن می‌نامیم که با E نشان می‌دهیم. رابطهٔ انرژی مکانیکی به‌صورت مقابل است:

$$E = U + K$$

اصل پایستگی انرژی مکانیکی: در صورتی که اثر نیروی تلف‌کنندهٔ انرژی مانند نیروی اصطکاک و مقاومت هوا ناچیز فرض شود، انرژی مکانیکی جسم در طی حرکت در هر نقطه از مسیر همواره ثابت باقی می‌ماند.

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



در استفاده از اصل پایستگی انرژی مکانیکی به نکات زیر توجه می‌کنیم:

۱. با توجه به ثابت بودن انرژی مکانیکی، کاهش انرژی جنبشی برابر با افزایش انرژی پتانسیل است و برعکس:

$$E = U + K \Rightarrow \Delta E = \Delta U + \Delta K = 0$$

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

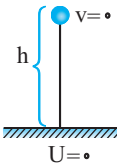
۲. در حل مسائل بهتر است پایین‌ترین سطحی که جسم در آن قرار می‌گیرد را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی (انرژی پتانسیل صفر $U = 0$) در نظر بگیریم.

◇ نکته

کد: ۵۱۲۰

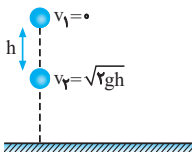
مکان‌ها و واژه‌های مهم در پرتاب یک جسم در شرایط خلأ (جسم فقط تحت تأثیر نیروی وزن قرار دارد.)

۱. پایین‌ترین مکان جسم: در صورتی که پایین‌ترین سطحی که جسم در آن قرار می‌گیرد مبدأ انرژی پتانسیل در نظر گرفته شود، در این سطح تمام انرژی جسم به‌صورت انرژی جنبشی می‌باشد.



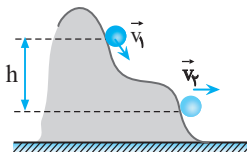
$$E = \cancel{U}^{0} + K = K$$

۲. نقطهٔ اوج: در پرتاب در راستای قائم به طرف بالا، در بالاترین ارتفاعی که جسم قرار می‌گیرد (نقطه اوج)، تمام انرژی مکانیکی جسم به‌صورت انرژی پتانسیل گرانشی است.



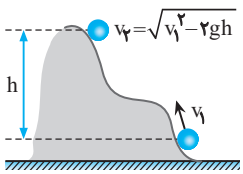
$$E = U + \cancel{K}^{0} = U$$

۳. اگر جسمی با تندی v_1 به‌سمت پایین در حرکت باشد، تندی آن پس از سقوط به اندازهٔ h از محلی که تندی v_1 داشته، از رابطهٔ $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh}$ به‌دست می‌آید.

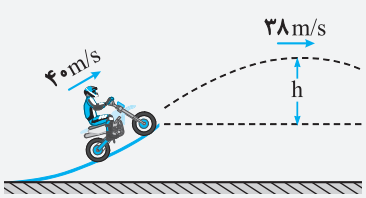


نکته: جسمی که از ارتفاع رها می‌شود $(v_1 = 0)$، تندی آن پس از سقوط به اندازهٔ h از محل رها شدن از رابطهٔ $v = \sqrt{2gh}$ به‌دست می‌آید.

۴. اگر جسمی با تندی v_1 به سمت بالا پرتاب شود، تندی آن در هر ارتفاعی از نقطهٔ پرتابش از رابطهٔ $v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2gh}$ به‌دست می‌آید که h اختلاف ارتفاع دو نقطهٔ مورد نظر است. (v_1 تندی در مکان پایین‌تر و v_2 تندی در مکان بالاتر است.)



◗ **مثال:** مطابق شکل مقابل، موتورسواری از انتهای سکویی پرشی با تندی اولیهٔ $40\,m/s$ انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطهٔ مسیرش به $38\,m/s$ برسد، ارتفاع h چند متر است؟ ($g = 10\,N/kg$ و اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.)

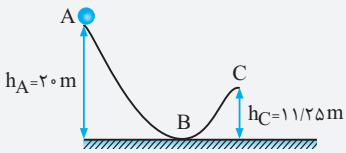


◗ **حل:** در این مسئله اتلاف انرژی وجود ندارد، بنابراین انرژی مکانیکی ثابت می‌ماند. $(E_1 = E_2)$ هم‌چنین در این‌حرکت، جسم فقط تحت تأثیر نیروی وزن قرار دارد. بنابراین می‌توانیم به کمک رابطهٔ زیر h را حساب کنیم:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2gh} \xrightarrow[g=10\,N/kg]{v_1=40\,m/s,\, v_2=38\,m/s} 38 = \sqrt{40^2 - 20h} \xrightarrow{\text{طرفین را به توان ۲ می‌رسانیم.}} 38^2 = 40^2 - 20h \Rightarrow 40^2 - 38^2 = 20h$$

$$\xrightarrow{\text{به کمک اتحاد مزدوج داریم}} (40-38)(40+38) = 20h \Rightarrow 2 \times 78 = 20h \Rightarrow h = 7/8\,m$$

مثال: مطابق شکل زیر گلوله‌ای از نقطهٔ A، مماس با سطح با تندی $۱۵m/s$ روبه‌پایین پرتاب می‌شود. نسبت تندی گلوله در نقطهٔ B به تندی گلوله در نقطهٔ C کدام است؟ (از اتلاف انرژی چشم‌پوشی کنید و $g=۱۰m/s^۲$)



حل: با توجه به‌صورت سؤال، چون اتلاف انرژی نداریم، بنابراین $E_۱=E_۲$ و هم‌چنین چون گلوله تنها تحت تأثیر نیروی وزن است. بنابراین می‌توانیم به کمک روابط زیر، تندی گلوله در نقاط B و C را بیابیم.

$$v_B=\sqrt{v_A^۲+۲gh}\xrightarrow[g=۱۰m/s^۲]{v_A=۱۵m/s,h=۲۰m}v_B=\sqrt{۱۵^۲+۲\times۱۰\times۲۰}\Rightarrow v_B=\sqrt{۲۲۵+۴۰۰}\Rightarrow v_B=\sqrt{۶۲۵}\Rightarrow v_B=۲۵m/s$$

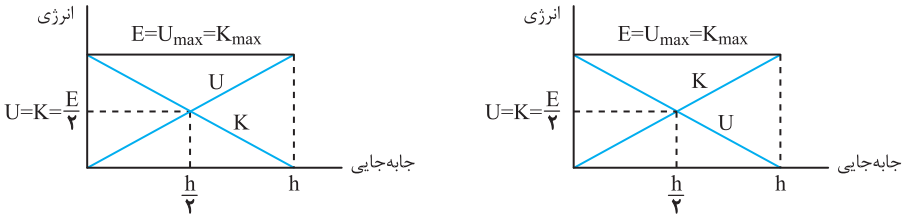
$$v_C=\sqrt{v_A^۲+۲gh'}\xrightarrow[h'=۲۰-۱۱/۲۵=۸/۷۵m]{v_A=۱۵m/s,g=۱۰m/s^۲}v_C=\sqrt{۱۵^۲+۲\times۱۰\times۸/۷۵}\Rightarrow v_C=\sqrt{۲۲۵+۱۷۵}$$

$$\Rightarrow v_C=\sqrt{۴۰۰}\Rightarrow v_C=۲۰m/s$$

نهایتاً نسبت تندی گلوله در نقطه B به نقطه C را می‌یابیم:

$$\frac{v_B}{v_C}=\frac{۲۵}{۲۰}=\frac{۵}{۴}$$

۴. نمودار انرژی‌های یک جسم که در شرایط خلأ از سطح زمین به طرف بالا پرتاب می‌شوند (و یا در ارتفاع مشخص رها می‌شوند) برحسب جابه‌جایی به‌صورت زیر است (h بیشترین ارتفاع جسم از سطح است):

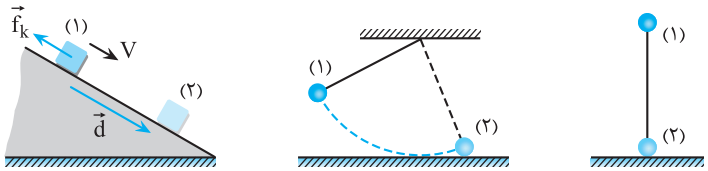


«جسم از سطح زمین رو به بالا پرتاب می‌شود.» «جسم از ارتفاع h رها می‌شود.»

بررسی اتلاف انرژی در مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم

تعریف انرژی درونی: انرژی درونی یک جسم برابر مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ جسم است. انرژی درونی یک جسم هم به تعداد ذرات جسم و هم به انرژی هر ذره بستگی دارد.

رابطهٔ تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی درونی: اگر در طول مسیر حرکت، جسم تحت تأثیر نیروهایی قرار گیرد که اتلاف کنندهٔ انرژی هستند، تغییر انرژی مکانیکی جسم در یک جابه‌جایی برابر با کار نیروی اتلاف‌کنندهٔ انرژی است که معمولاً به‌صورت گرما ظاهر می‌شود.



$$W_f=E_۲-E_۱=(U_۲+K_۲)-(U_۱+K_۱)=\Delta U+\Delta K$$

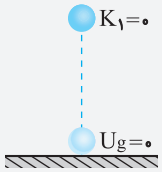
◇ نکته

کار نیروهای اتلاف‌کنندهٔ انرژی از جمله نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک همواره منفی و برابر با $W_f=-fd$ است.

قانون پایستگی انرژی: در یک سامانه منزوی (سامانه‌ای که نه از محیط اطراف انرژی بگیرد و نه به محیط اطراف انرژی بدهد)، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌ماند. به عبارتی انرژی را نمی‌توان خلق یا نابود کرد و تنها می‌توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد. این بیان را قانون پایستگی انرژی می‌نامند.

مثال: جسمی به جرم ۱۰ کیلوگرم را از ارتفاع ۲۰ متری رها می‌کنیم و جسم با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به زمین می‌رسد. کار نیروی مقاومت هوا چند ژول است؟

حل: با توجه به شکل روبه‌رو، چون جسم از ارتفاع ۲۰ متری رها شده، بنابراین سرعت اولیهٔ جسم برابر صفر است. با کمک رابطهٔ زیر خواهیم داشت:



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

$$\xrightarrow{K_۱=۰\ ,\ U_۲=۰}W_f=K_۲-U_۱\xrightarrow[U_۱=mgh_۱]{K_۲=\frac{۱}{۲}mv_۲^۲}$$

$$W_f=\frac{۱}{۲}\times۱۰\times۱۰^۲-۱۰\times۱۰\times۲۰\Rightarrow W_f=۵۰۰-۲۰۰۰=-۱۵۰۰J$$

پایستگی انرژی مکانیکی – کار و انرژی درونی

۱۰ سؤال

صفحه‌های ۶۸ تا ۷۲ کتاب درسی

اصل پایستگی انرژی مکانیکی در مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم

مرجع

۱۵۱. در هر یک از جمله‌های زیر کلمه یا عبارت درست را انتخاب کنید و یا جاهای خالی را کامل کنید.

الف) به مجموع انرژی‌های ..... و ..... یک جسم انرژی مکانیکی گفته می‌شود.

ب) افزایش انرژی درونی هر جسم غالباً به‌صورت ..... در آن ظاهر می‌شود.

پ) به مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی هر جسم ..... می‌گوییم.

ت) اتومبیلی پس از ترمز متوقف می‌شود. انرژی جنبشی اولیهٔ اتومبیل به‌صورت انرژی درونی ظاهر می‌شود. (درست- نادرست)

ث) در صورتی انرژی مکانیکی جسم پایسته می‌ماند که نیروهای اتلاف کنندهٔ انرژی به جسم وارد نشوند. (درست- نادرست)

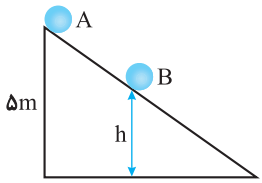
ج) اگر نیروهای اتلافی را در نظر بگیریم، انرژی مکانیکی جسم (ثابت- متغیر) می‌باشد.

چ) جسم‌هایی که با جرم‌های یکسان و از ارتفاع یکسان و مسیرهای مختلف رها شوند، در هر صورت با تندی یکسان به سطح زمین می‌رسند. (درست- نادرست)

ح) طبق قانون پایستگی انرژی در یک سامانه ..... مجموع کل انرژی‌های پایسته می‌ماند.

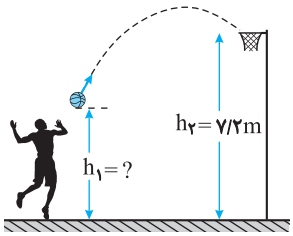
صفحهٔ ۶۸ تا ۷۲، مرتبط با متن درس
الف) قم ـ ارمغان دانش ـ ۱۴۰۱
ب) تهران ـ فاتح ـ ۱۴۰۱
پ) تهران ـ مهر البرز ـ ۱۴۰۱
ت) تهران ـ امام محمدباقر ـ ۱۴۰۱
ث) اهرم ـ حضرت زینب ـ ۱۴۰۱
ج) تهران ـ فدک ـ ۱۴۰۱
چ) ارومیه ـ سما ـ ۱۴۰۱
ح) بهشهر ـ دکتر حسابی ـ ۱۴۰۱

۱۵۲. جسمی به جرم m از نقطهٔ A با تندی $10\,m/s$ به سمت پایین پرتاب شده و با تندی $12\,m/s$ از نقطهٔ B عبور می‌کند. با صرف‌نظر از اتلاف انرژی، ارتفاع نقطهٔ B از سطح چقدر است؟ $(g = 10\,m/s^2)$



صفحهٔ ۷۰، مکمل و مرتبط با مثال ۳-۱۲
تبریز ـ مشکات نور ـ ۱۴۰۱

۱۵۳. در شکل زیر، ورزشکار توپ را با تندی اولیهٔ $10\,m/s$ پرتاب می‌کند و تندی توپ در لحظهٔ ورود به سبد $6\,m/s$ است. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، فاصلهٔ نقطهٔ پرتاب توپ تا سطح زمین چند متر است؟ $(g = 10\,m/s^2)$

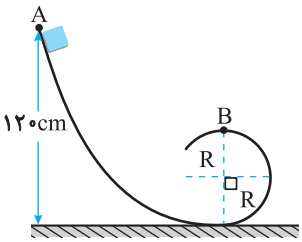


صفحهٔ ۶۹، مشابه و مرتبط با مثال ۳-۱۱
تهران ـ سید الشهدا ـ ۱۴۰۱

۱۵۴. مطابق شکل زیر جسمی به جرم $4kg$ از ارتفاع $1/2$ متری رها شده و سپس وارد مسیر دایره شکل به شعاع $20cm$ می‌شود.

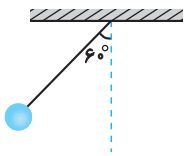
الف) کار نیروی وزن در مسیر AB چقدر است؟ $(g = 10\,m/s^2)$

ب) اگر از اصطکاک چشم‌پوشی شود، تندی جسم در نقطهٔ B چقدر است؟



صفحهٔ ۷۰، مکمل و مرتبط با مثال ۳-۱۲
تهران ـ فاتح ـ ۱۴۰۱

۱۵۵. مطابق شکل گلوله‌ای به جرم $0/2$ کیلوگرم را به طنابی به طول $50cm$ بسته و گلوله را به اندازهٔ 60 درجه از وضعیت قائم منحرف و از حال سکون رها می‌کنیم. سرعت گلوله هنگامی که از وضعیت قائم می‌گذرد، چقدر است؟ $(g = 10\,m/s^2)$



صفحهٔ ۶۹، مرتبط با رابطهٔ ۳-۷
شهرکرد ـ پژوهش ـ ۱۴۰۱

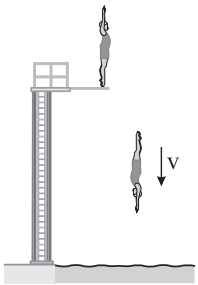
بررسی اتلاف انرژی در مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم

۱۵۶. توپی به جرم $2kg$ را با تندی $15\,m/s$ از سطح زمین به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. اگر تا رسیدن توپ به نقطهٔ اوج مقدار $75J$ از انرژی مکانیکی توپ تلف شود، حداکثر ارتفاع توپ از زمین چند متر می‌شود؟ $(g = 10\,m/s^2)$

صفحهٔ ۷۲، مکمل و مرتبط با مثال ۳-۱۳
ری ـ دکتر حسابی ـ ۱۴۰۱

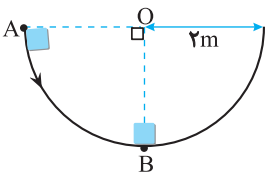
مرجع

۱۵۷. مطابق شکل یک شناگر به جرم ۸۰ کیلوگرم با سرعت ۲ متر بر ثانیه از روی یک تخته پرش به ارتفاع ۲۰ متر شیرجه می‌زند. اگر شناگر با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به سطح آب برسد، چند ژول انرژی در مسیر تلف شده است؟ $(g = 10 m/s^2)$



صفحهٔ ۷۲، مرتبط و مکمل مثال ۳-۱۳
بابل ـ البرز ـ ۱۴۰۱

۱۵۸. مطابق شکل جسمی به جرم ۲kg از نقطهٔ A در نیمکره رها می‌شود. اگر مقدار ۴J از انرژی مکانیکی صرف غلبه بر اصطکاک سطح در مسیر A تا B شود، سرعت جسم در مکان B را بیابید. $(g = 10 m/s^2)$



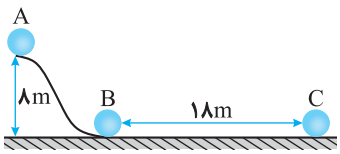
صفحهٔ ۷۳، مکمل و مرتبط با تمرین ۳-۱۵
تهران ـ روشنگران ـ ۱۴۰۱

۱۵۹. در شکل مقابل، جسمی به جرم ۰/۵kg از نقطهٔ A روی سطح بدون اصطکاک AB شروع به لغزیدن می‌کند و به نقطهٔ B می‌رسد و پس از طی مسافت BC = ۱۸m متوقف می‌شود. مطلوب است: $(g = 10 m/s^2)$

الف) انرژی پتانسیل گرانشی در نقطهٔ A

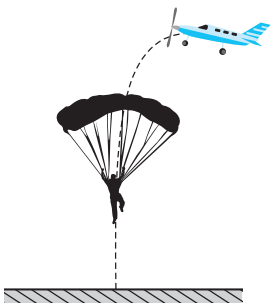
ب) سرعت جسم در نقطهٔ B

پ) نیروی اصطکاک در مسیر BC



صفحهٔ ۷۲، مکمل و مرتبط با مثال ۳-۱۳
تهران ـ فدک ـ ۱۴۰۱

۱۶۰. چتربازی به جرم ۶۰kg از هواپیمایی که در ارتفاع ۵۰۰m از سطح زمین و با تندی ۵۰m/s پرواز می‌کند، به بیرون می‌پرد. اگر او با تندی ۱۰m/s به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا روی چترباز را در طول مسیر سقوط محاسبه کنید. $(g = 10 m/s^2)$



صفحهٔ ۷۲، مکمل و مشابه با مثال ۳-۱۳
سیب و سراوان ـ پیامبر اعظم ـ ۱۴۰۱

صفحه‌های ۷۳ تا ۷۷ کتاب درسی

درسنامه توان و بازده

بررسی توان بدون اتلاف انرژی (بازده ۱۰۰٪)

توان: آهنگ انجام کار را توان می‌نامیم که کمیتی نرده‌ای است.

توان متوسط: هنگامی که کار W در بازهٔ زمانی Δt انجام می‌شود، کار انجام شده در واحد زمان یا توان متوسط P_{av} به‌صورت زیر تعریف می‌شود که یکای SI آن وات (W) و معادل ژول بر ثانیه است.

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

تذکر: یکای قدیمی توان، اسب بخار (hp) است که هنوز هم از آن استفاده می‌شود و یک اسب بخار معادل ۷۴۶ وات است. یعنی: $1\ hp = 746\ W$

◇ **نکته**

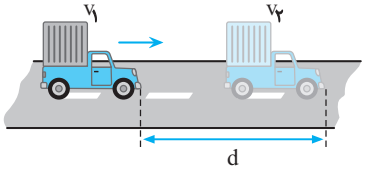
طبق تعریف توان، هر اندازه کار معینی در زمان کمتری انجام شود و یا در زمان معینی، کار بیشتری انجام گیرد، توان دارای مقدار بیشتری است.

بررسی محاسبهٔ توان در حالت‌های مختلف

الف) تندی و نیروی متوسط وارد بر جسم مطرح باشد: مانند حرکت خودرو، قطار و هواپیما که در این صورت ۳ حالت خواهیم داشت.

۱. اگر جسمی با تندی ثابت v، در اثر نیروی متوسط $\vec{F}$ جابه‌جا شود، در این صورت توان متوسط نیروی $\vec{F}$ از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} \xrightarrow[v_{av}=v]{v_{av}=\frac{d}{t}} P = Fv$$



۲. اگر کار کل یا تغییر انرژی جنبشی را داشته باشیم (تندی جسم از v_1 به v_2 تغییر کند):

$$P=\frac{W_{کل}}{t}=\frac{\Delta K}{t}\quad,\quad \Delta K=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$$

مثال: اتومبیلی به جرم ۱ تُن بر روی یک مسیر افقی از حالت سکون به حرکت درمی‌آید و بعد از ۵ ثانیه تندی آن به $80\,m/s$ می‌رسد. توان متوسط برایند نیروهای وارد بر اتومبیل برحسب kW چقدر است؟

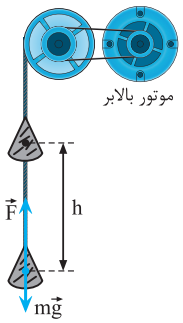
حل: به کمک قضیهٔ کار- انرژی جنبشی کار کل نیروهای وارد بر اتومبیل با تغییر انرژی جنبشی اتومبیل برابر است:

$$W_{کل}=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)=\frac{1}{2}\times 10^3\times(80^2-0)=32\times 10^5\,J$$

برای محاسبهٔ توان متوسط داریم:

$$P=\frac{W_{کل}}{t}=\frac{32\times 10^5}{5}=6/4\times 10^5\,W=640\,kW$$

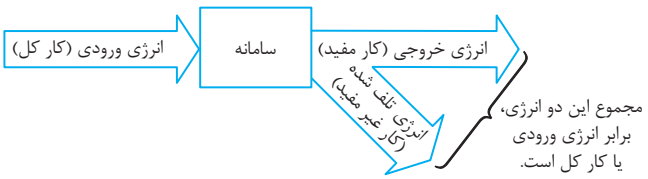
ب) محاسبهٔ توان دستگاه‌های بالابر (پمپ، پله برقی، آسانسور و ...): هرگاه جسمی به جرم m با تندی ثابت، توسط نیروی $\vec{F}$ به طرف بالا تا ارتفاع h جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ برابر با کار نیروی وزن در این جابه‌جایی است.



$$P_{av}=\frac{W}{t}=\frac{mgh}{t}$$

بررسی توان با اتلاف انرژی (بازدهٔ کمتر از ۱۰۰٪)

در هر سامانه تنها بخشی از انرژی تولیدی یا انرژی ورودی به انرژی موردنظر (انرژی مفید یا انرژی خروجی) تبدیل می‌شود و بخش دیگر انرژی تلف می‌شود (کار غیر مفید). شکل زیر طرح‌واره‌ای است که این نوع تبدیل انرژی‌ها را در سامانه نشان می‌دهد:



بازده: نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی (کل انرژی) در یک سامانه، بازدهٔ آن سامانه نام دارد:

$$\text{بازده}=\frac{W_{مفید}}{W_{تولیدی}}\times 100=\frac{E_{مفید}}{E_{تولیدی}}\times 100=\frac{P_{مفید}}{P_{تولیدی}}\times 100$$

توان

۱۰ سوال

صفحه‌های ۷۳ تا ۷۷ کتاب درسی

مرجع

۱۶۱. در هر یک از جمله‌های زیر، کلمه یا عبارت درست را انتخاب کنید و یا جاهای خالی را کامل کنید.
الف) به تغییرات انجام کار توان می‌گویند. (درست- نادرست)
ب) هر اندازه یک وسیله کار معینی را در زمان (کمتری- بیشتری) انجام دهد، توان انجام کار آن بیشتر است.
پ) یکای توان در SI ..... می‌باشد.
ت) به کار انجام شده در واحد زمان ..... می‌گویند.
ث) آهنگ انجام کار را (توان- انرژی) می‌گویند.

صفحه‌های ۷۳ تا ۷۴، مرتبط با متن درس
الف) تهران ـ فدک ـ ۱۴۰۱
ب) دزفول ـ جنت ـ ۱۴۰۱
پ) رشت ـ اندیشه‌های شریف ـ ۱۴۰۱
ت) تهران ـ فرهیختگان ـ ۱۴۰۱
ث) تهران ـ دانشجو ـ ۱۴۰۱

۱۶۲. تلمبه‌ای در مدت ۲۰ ثانیه، ۲ کیلوگرم آب را تا ارتفاع ۳۰ متر بالا می‌برد. توان متوسط این تلمبه برای انجام این کار چند وات است؟ $(g=10\,m/s^2)$

صفحهٔ ۸۱، مکمل و مرتبط با تمرین ۲۰
تهران ـ دانش مفید ـ ۱۴۰۱

۱۶۳. شخصی به جرم ۵۰ کیلوگرم در مدت ۱۰ ثانیه از تعداد ۵۰ پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید این شخص چند وات است؟ (اتلاف انرژی نداریم و ارتفاع هر پله ۲۰ سانتی‌متر است.)

صفحهٔ ۸۱، مکمل و مشابه تمرین ۲۱
کرمانشاه ـ بعثت ـ ۱۴۰۱

۱۶۴. بالابری با تندی ثابت، باری به جرم ۵۰۰ کیلوگرم را در مدت ۲ دقیقه تا ارتفاع ۷۵ متر بالا می‌برد. اگر جرم بالابر ۳۲۰ کیلوگرم باشد، توان متوسط مفید موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟ $(g=10\,m/s^2)$

صفحهٔ ۸۱، مکمل و مشابه تمرین ۲۰
تهران ـ فرهیختگان ـ ۱۴۰۱

۱۶۵. اگر یک پمپ آب با توان متوسط مفید ۳۰۰ وات، در هر دقیقه ۵۰۰ کیلوگرم آب را بتواند از درون زمین بیرون بکشد، این آب حداکثر تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ $(g=10\,m/s^2)$

صفحهٔ ۷۴، مکمل و مشابه مثال ۳-۱۵
تهران ـ دانشجو ـ ۱۴۰۱

۱۶۶. آسانسوری با تندی ثابت، ۵ نفر مسافر را در مدت زمان ۸ دقیقه ۷۲ متر بالا می‌برد. اگر جرم متوسط هر نفر ۶۰ کیلوگرم و جرم آسانسور ۷۰۰ کیلوگرم باشد، توان متوسط مفید موتور آسانسور چند وات است؟ $(g=10\,m/s^2)$

صفحهٔ ۷۴، مکمل و مشابه مثال ۳-۱۵
شهرکرد ـ پژوهش ـ ۱۴۰۱

۱۶۷. پمپ آبی می‌تواند در هر دقیقه $20\,kg$ آب را از عمق ۱۰ متری بالا آورده و با تندی $5\,m/s$ از دهانهٔ لوله خارج کند. توان متوسط مفید پمپ چقدر است؟ $(g=10\,m/s^2)$

صفحهٔ ۷۴، مکمل و مشابه مثال ۳-۱۵
تهران ـ شهید بهرامی ـ ۱۴۰۱

۱۶۸. توان الکتریکی متوسط مفید یک موتور که برای بالا بردن اجسام مورد استفاده قرار می‌گیرد، برابر ۳۰۰۰ وات است. اگر توسط این موتور جسمی به جرم ۸۰ کیلوگرم را بالا بکشیم، این جسم در مدت ۱۰ ثانیه چند متر بالا می‌آید؟ $(g = 10 m/s^2)$

مرجع: صفحهٔ ۷۴، مکمل و مرتبط مثال ۳-۱۵ — بهشهر ـ دکتر حسابی ـ ۱۴۰۱

۱۶۹. در یک مسابقهٔ اسکی، ۲۰ ثانیه طول می‌کشد تا اسکی‌بازی به جرم ۶۰kg از ارتفاع ۳۰۰ متری سطح زمین، از حال سکون شیرجه رود و با تندی $30 m/s$ به زمین برسد. اگر نیروی مقاومت هوا ثابت فرض شود، در این مسیر اندازهٔ توان متوسط نیروی مقاومت هوا چند وات است؟ $(g = 10 m/s^2)$

مرجع: صفحهٔ ۷۳، مرتبط با رابطهٔ ۳-۹ — تهران ـ سلمان فارسی ـ ۱۴۰۱

۱۷۰. در پشت سدی آب از ارتفاع ۲۰۰ متری بالای سطح زمین به پایین سد به ارتفاع ۴۰ متر از سطح زمین سرازیر می‌شود. در مسیر حرکت آب توربینی قرار دارد که کار نیروی گرانشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. اگر توان الکتریکی خروجی از مولد ۲۰۰MW باشد، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد؟ $(g = 10 m/s^2, \rho_{آب} = 1000 kg/m^3)$

مرجع: صفحهٔ ۸۱، مکمل و مرتبط با تمرین ۲۰ — تهران ـ شهید باهنر ـ ۱۴۰۱

بازده

۱۰ سؤال

صفحه‌های ۷۵ تا ۷۷ کتاب درسی

۱۷۱. در هر یک از جمله‌های زیر، کلمه یا عبارت درست را انتخاب کنید و یا جاهای خالی را کامل کنید.

الف) بازده برابر با نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی است. (درست- نادرست)

ب) ..... سامانه تعیین می‌کند که چه درصدی از انرژی ورودی به سامانه به انرژی خروجی تبدیل می‌شود.

پ) نسبت توان ورودی به سامانه، به توان خروجی از آن (بازده- توان مفید) سامانه نام دارد.

مرجع: صفحه‌های ۷۵ تا ۷۷، مرتبط با متن درس — الف) تهران ـ مکتب الاحرار ـ ۱۴۰۱ — ب) بهبهان ـ سرای دانش ـ ۱۴۰۱ — پ) دزفول ـ جنت ـ ۱۴۰۱

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

صفحهٔ ۷۵، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — اسلامشهر ـ شهید کلینی ـ ۱۴۰۱

۱۷۳. جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن ۳۰۰ کیلوگرم است. اگر این بالابر در مدت ۵ ثانیه به اندازهٔ ۶ متر بالا رود:

الف) توان متوسط مفید موتور این بالابر چند وات است؟

ب) اگر توان ورودی موتور بالابر ۵۰۰۰ وات باشد، بازده موتور چند درصد است؟ $(g = 10 m/s^2)$

صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — الف) شیراز ـ عدالت ۱ ـ ۱۴۰۱

۱۷۴. توان ورودی یک موتور الکتریکی 5kW است. اگر این موتور در هر دقیقه ۸۰۰ کیلوگرم آب را با تندی ثابت از چاهی به عمق ۳۰ متر بالا بکشد: $(g = 10 m/s^2)$

الف) توان متوسط مفید موتور چند وات است؟ ب) بازده موتور چند درصد است؟

صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — کرج ـ سلاله ـ ۱۴۰۱

۱۷۵. آسانسوری با جرم اتاقک ۱۰۰kg در مدت ۲ دقیقه، شخصی به جرم ۲۰kg را در راستای قائم ۳۰ متر به طرف بالا جابه‌جا می‌کند. اگر بازده آسانسور ٪۸۰ باشد، توان ورودی و خروجی موتور آسانسور را به‌دست آورید. $(g = 10 m/s^2)$

صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — تهران ـ فاتح ـ ۱۴۰۱

۱۷۶. یک بالابر برقی با توان ۲۵۰۰۰W و بازده ۸۰ درصد، باری به جرم ۱۲۰kg را در مدت چند ثانیه می‌تواند تا ارتفاع ۱۵ متر بالا ببرد؟ $(g = 10 m/s^2)$

صفحهٔ ۷۶، مکمل و مرتبط با تمرین ۳-۱۷ — لاهیجان ـ یاس ـ ۱۴۰۱

۱۷۷. بالابری با تندی ثابت، باری به جرم ۱۲۰۰kg را در مدت زمان ۵ دقیقه تا ارتفاع ۴۰ متر بالا می‌برد. اگر جرم بالابر ناچیز باشد: $(g = 10 m/s^2)$

الف) توان متوسط مفید موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟

ب) اگر بازده آن ۵۰ درصد باشد، توان ورودی بالابر چقدر بوده است؟

صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — رشت ـ شهید نصیری ـ ۱۴۰۱

۱۷۸. توان مصرفی (توان ورودی) موتوری 4kW و بازده موتور ۸۰ درصد است: $(g = 10 m/s^2)$

الف) این موتور در هر دقیقه چند کیلوژول انرژی تلف می‌کند؟

ب) چه مدت طول می‌کشد تا این موتور، جسمی به جرم 16kg را به اندازهٔ 20m بالا ببرد؟

صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — ری ـ دکتر حسابی ـ ۱۴۰۱

۱۷۹. تلمبه‌ای در هر دقیقه 60kg آب را از عمق ۴ متر به ارتفاع ۲ متری بالای سطح زمین می‌برد: $(g = 10 m/s^2)$

الف) توان متوسط مفید تلمبه چقدر است؟

ب) اگر بازدهٔ تلمبه ۸۰ درصد باشد، توان مصرفی تلمبه را به‌دست آورید.

صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — یزد ـ روشن نوین ـ ۱۴۰۱

۱۸۰. یک موتور آب حجمی از آب را با آهنگ $0/8 m^3/s$ تا ارتفاع 15m بالا می‌برد. اگر بازده موتور ۸۰ درصد باشد، توان الکتریکی مصرفی موتور چند کیلووات است؟ $(g = 10 m/s^2, \rho_{آب} = 1 g/cm^3)$

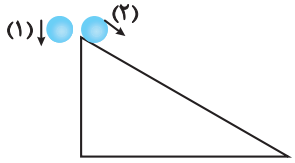
صفحهٔ ۷۵، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰ — تهران ـ ۱۷ شهریور ـ ۱۴۰۱

سؤال‌های ویژهٔ برترها

۱۰ سؤال

مرجع

۱۸۱. مطابق شکل دو گلوله را از ارتفاع h رها می‌کنیم. یکی از گلوله‌ها به‌صورت قائم در خلأ سقوط می‌کند و دومی روی سطح شیبدار بدون اصطکاک به پایین می‌لغزد. جدول زیر را با کلمات (هست- نیست) کامل کنید.



	وابسته به جرم	وابسته به مسیر حرکت
کار نیروی وزن روی گلوله‌ها		
تندی گلوله‌ها در انتهای مسیر		

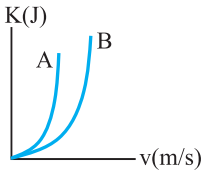
صفحهٔ ۶۹، مکمل و مرتبط با پرسش ۳-۳
ساری ـ فرزانگان ۲- ۱۴۰۱

۱۸۲. ثابت کنید کار نیروی وزن در یک جابه‌جایی قائم برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است. (رسم شکل و نوشتن روابط مربوطه الزامی است.)

صفحهٔ ۶۵، مرتبط با متن درس
شیراز ـ شهید دستغیب ۲ ـ ۱۴۰۱

۱۸۳. الف) اگر تندی متحرکی به جرم m به اندازهٔ ۵ متر بر ثانیه افزایش پیدا کند، انرژی جنبشی آن به اندازهٔ $\frac{5}{4}$ انرژی جنبشی اولیه افزایش می‌یابد. تندی اولیهٔ متحرک چند متر بر ثانیه است؟

ب) نمودار مقابل انرژی جنبشی دو جسم A و B را برحسب تندی آن‌ها نشان می‌دهد. جرم کدام جسم بیشتر است؟



صفحهٔ ۵۴، مرتبط با رابطهٔ ۳-۱
قم ـ فرزانگان ۲ ـ ۱۴۰۱

۱۸۴. کودکی به جرم $15kg$ از بالای یک سرسره آبی از حال سکون به سمت پایین سر می‌خورد. اگر ارتفاع سرسره $7m$ باشد:

الف) کار نیروی وزن چند ژول است؟ $(g = 10m/s^2)$

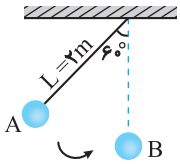
ب) اگر کودک با تندی $10m/s$ به زمین برسد، کار نیروی اصطکاک در این مسیر چند ژول است؟ (با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی حل شود.)

صفحهٔ ۶۱، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۳-۴
سنندج ـ فرزانگان ۱ ـ ۱۴۰۱

۱۸۵. جسمی از ارتفاع h در شرایط خلأ رها می‌شود و با تندی v از ارتفاع ۹ متری سطح زمین عبور می‌کند و با تندی $\frac{3}{2}v$ به سطح زمین می‌رسد. ارتفاع h چند متر است؟ $(g = 10m/s^2)$

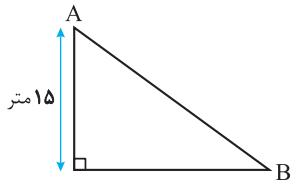
صفحهٔ ۶۹، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۳-۷
تهران ـ علامه حلی ۴ ـ ۱۴۰۱

۱۸۶. در شکل زیر طول نخ آونگ $2m$ است. اگر تندی گلولهٔ آونگ در وضعیت نشان داده شده A برابر $5m/s$ باشد، با صرف نظر از مقاومت هوا، تندی آونگ در پایین‌ترین وضعیت (نقطهٔ B) چند متر بر ثانیه است؟ (از قانون پایستگی انرژی حل شود و $\cos 60^\circ = 0/5$ و $g = 10m/s^2$)



صفحهٔ ۶۹، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۳-۷
سنندج ـ فرزانگان ۱ ـ ۱۴۰۱

۱۸۷. خودرویی به جرم $1000kg$ با تندی $15m/s$ از بالای سطح شیبداری حرکت کرده و با تندی $25m/s$ به پایین سطح شیبدار می‌رسد. در مدت زمان ۱۰ ثانیه، توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار چند کیلووات است؟ (نیروهای اتلافی ناچیز هستند) $(g = 10m/s^2)$



صفحهٔ ۷۳، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۳-۹
تهران ـ علامه حلی ۴ ـ ۱۴۰۱

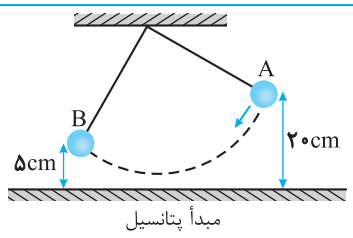
۱۸۸. یک پمپ برقی با توان کل $6/4kW$ در مدت زمان ۵ دقیقه $6m^3$ آب را تا ارتفاع $24m$ از سطح زمین بالا می‌برد. بازده این پمپ را پیدا کنید. $(g = 10m/s^2, \rho_{آب} = 10^3 kg/m^3)$

صفحهٔ ۷۵، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۳-۱۰
شیراز ـ شهید دستغیب ۲ ـ ۱۴۰۱

۱۸۹. اتومبیلی به جرم $1/2 \times 10^3 kg$ برای سبقت گرفتن از کامیونی، در مسیری افقی و در مدت $5s$ تندی خود را از $20m/s$ به $30m/s$ تغییر داده است. در صورتی که بازده موتور ۲۵٪ باشد، توان متوسط موتور خودرو چقدر باید باشد؟ (از نیروی اصطکاک صرفنظر کنید.)

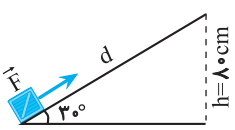
صفحهٔ ۷۴، مکمل و مرتبط با مثال ۳-۱۴
ملارد ـ علامه حلی ـ ۱۴۰۱

۱۹۰. یک گلولهٔ کوچک به جرم $200g$ توسط نخی از سقف آویزان است. مطابق شکل این گلوله را با تندی ۲ متر بر ثانیه از نقطهٔ A پرتاب می‌کنیم، گلوله حداکثر تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. چند ژول از انرژی مکانیکی گلوله در این جابه‌جایی تلف شده است؟ $(g = 10m/s^2)$



صفحهٔ ۷۲، مکمل و مرتبط با مثال ۳-۱۳
ملارد ـ علامه حلی ـ ۱۴۰۱

۱۳۸. برای محاسبهٔ کار نیروی ثابت F، ابتدا جابه‌جایی جعبه در امتداد سطح شیب‌دار را به‌دست می‌آوریم:



$$\sin ۳۰^\circ = \frac{h}{d} \xrightarrow[\sin ۳۰^\circ = \frac{۱}{۲}]{h=۸۰cm=۰/۸m} \frac{۱}{۲} = \frac{۰/۸}{d} \Rightarrow d = ۱/۶m$$

برای محاسبهٔ کار نیروی ثابت F داریم:

$$W_F = (F\cos\theta)d \xrightarrow[\theta=۰,\cos ۰^\circ=۱]{F=۵N,d=۱/۶m}$$

$$W_F = ۵\times ۱\times ۱/۶ = ۸J$$

همواره کار نیروی وزن برای جابه‌جایی h در امتداد قائم برابر با $\pm mgh$ است که علامت مثبت برای جابه‌جایی رو به پایین و علامت منفی برای جابه‌جایی رو به بالا است، بنابراین داریم:

$$W_{mg} = -mgh \xrightarrow[g=۱۰m/s^۲,h=۰/۸m]{m=۵۰۰g=۰/۵kg}$$

$$W_{mg} = -۰/۵\times ۱۰\times ۰/۸ = -۴J$$

---

۱۳۹. در شکل نشان داده شده توپ رو به بالا حرکت کرده است. ابتدا جابه‌جایی توپ در امتداد قائم را می‌یابیم:

$$h = ۳/۴ - ۱/۴ = ۲m$$

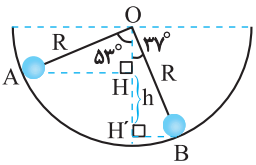
کار نیروی وزن در این جابه‌جایی در امتداد قائم و رو به بالا برابر است با:

$$W_{mg} = -mgh \xrightarrow[h=۲m]{m=۱/۴kg,g=۱۰m/s} W_{mg} = -۱/۴\times ۱۰\times ۲$$

$$\Rightarrow W_{mg} = -۲۸J$$

---

۱۴۰. کار نیروی وزن جسم تابع اختلاف ارتفاع قائم نقاط ابتدایی و انتهایی مسیر است. ابتدا جابه‌جایی گلوله در امتداد قائم را می‌یابیم:



$$\cos ۵۳^\circ = \frac{OH}{R} \Rightarrow OH = R\cos ۵۳^\circ \xrightarrow[\cos ۵۳^\circ = ۰/۶]{R=۰/۳m}$$

$$OH = ۰/۳\times ۰/۶ = ۰/۱۸m$$

$$\cos ۳۷^\circ = \frac{OH'}{R} \Rightarrow OH' = R\cos ۳۷^\circ \xrightarrow[\cos ۵۳^\circ = ۰/۸]{R=۰/۳m}$$

$$OH' = ۰/۳\times ۰/۸ = ۰/۲۴m$$

$$h = OH' - OH \xrightarrow[OH=۰/۱۸m]{OH'=۰/۲۴m} h = ۰/۲۴ - ۰/۱۸ = ۰/۶m$$

کار نیروی وزن در این جابه‌جایی در امتداد قائم (h) و رو به پایین برابر است با:

$$W_{mg} = +mgh \xrightarrow[g=۱۰m/s^۲,h=۰/۶m]{m=۱۰۰g=۰/۱kg}$$

$$W_{mg} = ۰/۱\times ۱۰\times ۰/۶ = ۰/۶J$$

---

۱۴۱. الف) درست
ب) افزایش
پ) نادرست
ت) درست
ث) مثبت- کاهش
ج) نادرست
چ) جسم- سامانه

---

۱۴۲. الف) مطابق این قضیه، کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است.

ب) با استفاده از قضیهٔ کار- انرژی جنبشی می‌توان مسئله را حل کرد. ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده، انرژی جنبشی اتومبیل را در دو وضعیت مورد نظر مسئله به‌دست می‌آوریم:

$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ \xrightarrow[v_۱=۷۲km/h=۲۰m/s]{m=۵۰۰۰kg}$$

$$K_۱ = \frac{۱}{۲}\times ۵۰۰۰\times ۲۰^۲ = ۱۰^۶J$$

$$K_۲ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ \xrightarrow[v_۲=۳۰m/s]{m=۵۰۰۰kg}$$

$$K_۲ = \frac{۱}{۲}\times ۵۰۰۰\times ۳۰^۲ = ۲/۲۵\times ۱۰^۶J$$

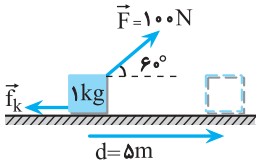
به این ترتیب کار کل انجام شده روی اتومبیل برابر است با:

$$W_t = K_۲ - K_۱ \xrightarrow[K_۱=۱۰^۶J]{K_۲=۲/۲۵\times ۱۰^۶J} W_t = ۲/۲۵\times ۱۰^۶ - ۱۰^۶$$

$$\Rightarrow W_t = ۱/۲۵\times ۱۰^۶J$$

---

۱۴۳. الف) بر جسم ۴ نیروی وزن، عمودی سطح، F و f_k وارد می‌شود. کار نیروی وزن و نیروی عمودی سطح که بر جابه‌جایی عمودند، صفر می‌باشد. بنابراین کار کل برابر مجموع کار نیروهای F و f_k است و در این حالت داریم:



$$W_t = W_F + W_{f_k} \Rightarrow W_t = (F\cos\theta)d - f_k d$$

$$\xrightarrow[\theta=۶۰^\circ,\ \cos ۶۰^\circ=\frac{۱}{۲},f_k=۱۰N]{F=۱۰۰N,d=۵m}$$

$$W_t = ۱۰۰\times \frac{۱}{۲}\times ۵ - ۱۰\times ۵ = ۲۰۰J$$

ب) با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_t = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) \xrightarrow[W_t=۲۰۰J]{m=۱kg,v_۱=۰}$$

$$۲۰۰ = \frac{۱}{۲}\times ۱\times (v_۲^۲ - ۰)$$

$$\Rightarrow v_۲^۲ = ۴۰۰ \Rightarrow v_۲ = ۲۰m/s$$

---

۱۴۴. الف) با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی می‌توان کار کل را محاسبه کرد. بنابراین داریم:

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

$$\xrightarrow[m=۲۰g=۲\times ۱۰^{-۲}kg]{v_۱=۳۰۰m/s,v_۲=۱۰۰m/s} W_t = \frac{۱}{۲}\times ۲\times ۱۰^{-۲}\times (۱۰۰^۲ - ۳۰۰^۲)$$

$$\Rightarrow W_t = -۸۰۰J$$

ب) کار کل وارد بر جسم با مجموع کار نیروهای f، وزن و نیروی عمودی سطح برابر است. کار نیروی عمودی سطح و وزن که بر جابه‌جایی عمودند، صفر است. بنابراین داریم:

$$W_t = W_f \Rightarrow W_t = -fd \xrightarrow[d=10cm=0/1m]{W_t=-800J} -800 = -f \times 0/1 \Rightarrow f = 8000N$$

۱۴۵. به جسم ۳ نیروی وزن، عمودی سطح و f_k وارد می‌شود که کار نیروی عمودی سطح به دلیل عمود بودن بر جابه‌جایی صفر است. کار کل که برابر مجموع کار تک‌تک نیروها است، برابر است با:

$$W_t = W_{mg} + W_{f_k} \Rightarrow W_t = +mgh + W_{f_k}$$

$$\xrightarrow[m=4kg,g=10m/s^2]{h=d\sin 30^\circ=6\times\frac{1}{2}=3m,W_{f_k}=-48J} W_t = 4\times10\times3 - 48 \Rightarrow W_t = 72J$$

با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی می‌توان نوشت:

$$W_t = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \xrightarrow[v_1=0]{W_t=72J,m=4kg} 72 = \frac{1}{2}\times4\times(v_2^2 - 0) \Rightarrow 36 = v_2^2 \Rightarrow v_2 = 6m/s$$

۱۴۶. به سنگ دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود که جمع کار این دو نیرو با تغییر انرژی جنبشی سنگ در ابتدا و انتهای مسیرش برابر است. بنابراین خواهیم داشت:

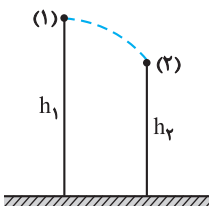
$$W_t = W_{mg} + W_{\text{مقاومت هوا}} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Rightarrow -mgh - f_{\text{هوا}}h = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow[v_1=30m/s,f_{\text{هوا}}=0/5N]{m=400g=0/4kg,g=10m/s^2,v_2=0} -0/4\times10\times h - 0/5\times h = \frac{1}{2}\times0/4\times(0-900) \Rightarrow 4/5h = 180 \Rightarrow h = \frac{180}{4/5} = 40m$$

۱۴۷. به موتورسوار و موتورش دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود که جمع کار این دو نیرو با تغییر انرژی جنبشی آن‌ها برابر است.

به این ترتیب خواهیم داشت:



$$W_t = W_{mg} + W_{\text{مقاومت هوا}}$$

$$= \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Rightarrow +mgh + W_{\text{مقاومت هوا}} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow[v_2=20m/s,h=h_1-h_2=70-60=10m]{m=200kg,g=10m/s^2,v_1=15m/s} 200\times10\times10 + W_{\text{مقاومت هوا}} = \frac{1}{2}\times200\times(400-225)$$

$$\Rightarrow 20000 + W_{\text{مقاومت هوا}} = 17500$$

$$\Rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = -2500J$$

۱۴۸. الف) با توجه به اینکه هواپیما تندی اولیه دارد، در هنگام خروج چترباز از هواپیما، تندی اولیهٔ چترباز، همان تندی اولیهٔ هواپیما است. از طرفی به چترباز دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود که جمع کار این دو نیرو با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است. به این ترتیب خواهیم داشت:

$$W_t = W_{mg} + W_{\text{مقاومت هوا}} = \Delta K$$

$$\Rightarrow +mgh + W_{\text{مقاومت هوا}} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow[v_1=20m/s,v_2=30m/s]{m=80kg,g=10m/s^2,h=500m} +80\times10\times500 + W_{\text{مقاومت هوا}}$$

$$= \frac{1}{2}\times80\times(900-400) \Rightarrow +400000 + W_{\text{مقاومت هوا}} = 20000$$

$$\Rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = -380000J$$

ب) با استفاده از رابطهٔ محاسبهٔ کار نیروی ثابت داریم:

$$W_{\text{مقاومت هوا}} = -f_{\text{هوا}}h \xrightarrow[h=500m]{W_{\text{مقاومت هوا}}=-380000} -380000 = -500h \Rightarrow f_{\text{هوا}} = 760N$$

۱۴۹. الف) هنگامی که فنری را توسط جسمی فشرده و رها می‌کنیم، انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم- فنر به انرژی جنبشی جسم تبدیل می‌شود و جسم با تندی زیادی پرتاب می‌شود.

ب) کار نیروی وزن برابر است با:

$$W_{mg} = -mgh \xrightarrow[g=10m/s^2,h=10m]{m=200g=0/2kg} W_{mg} = -0/2\times10\times10 = -20J$$

کار نیروی وزن برابر با منفیِ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است، بنابراین داریم:

$$W_{mg} = -\Delta U \xrightarrow{W_{mg}=-20J} -20 = -\Delta U \Rightarrow \Delta U = 20J$$

۱۵۰. الف) کار نیروی وزن برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم است، بنابراین داریم:

$$W_{mg} = -mg\Delta h = -mg(h_C - h_A)$$

$$\xrightarrow[h_C=2m,g=10m/s^2]{m=10kg,h_A=5m} W_{mg} = -10\times10\times(2-5)$$

$$\Rightarrow W_{mg} = 300J$$

ب) برای محاسبهٔ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی و چگونگی تغییر آن از کار نیروی وزن به‌صورت زیر استفاده می‌کنیم:

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

$$\xrightarrow[\Delta h=h_2-h_1=4-6=-2m]{m=70kg,g=10m/s^2} \Delta U = 70\times10\times(-2)$$

$$\Rightarrow \Delta h = -1400J$$

انرژی پتانسیل گرانشی جسم به اندازهٔ ۱۴۰۰ ژول کاهش می‌یابد.

۱۵۱. الف) جنبشی- پتانسیل
ب) گرما
پ) انرژی مکانیکی
ت) درست
ث) درست
ج) متغیر
چ) نادرست
ح) منزوی

۱۵۲. با توجه به اینکه اثر ناشی از نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا را نادیده گرفته‌ایم، اصل پایستگی انرژی مکانیکی برقرار است. لذا از رابطهٔ پایستگی انرژی مکانیکی می‌توان نوشت:

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

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

با حذف m از طرفین معادلهٔ بالا و جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

$$\xrightarrow[g=10m/s^2, h_A=5m]{v_A=10m/s,\ v_B=12m/s} \frac{1}{2}\times100+10\times5=\frac{1}{2}\times144+10h_B$$

$$\Rightarrow 100 = 72 + 10h_B \Rightarrow h_B = 2/8m$$

دقت کنید مبدأ انرژی پتانسیل را سطح زمین گرفته‌ایم.

---

۱۵۳. با توجه به اینکه اتلاف انرژی نداریم، اصل پایستگی انرژی مکانیکی برقرار است. با ثابت ماندن انرژی مکانیکی در طول مسیر حرکت و با در نظر گرفتن سطح زمین به عنوان مبدأ پتانسیل گرانشی می‌توان نوشت:

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

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

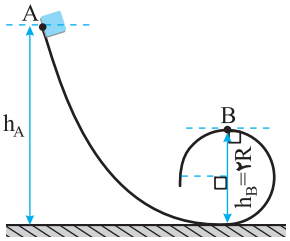
با حذف m از طرفین معادلهٔ بالا و جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

$$\xrightarrow[h_2=7/2m, g=10m/s^2]{v_1=10m/s,\ v_2=6m/s} \frac{1}{2}\times100+10h_1=\frac{1}{2}\times36+10\times7/2$$

$$\Rightarrow 50+10h_1 = 90 \Rightarrow h_1 = 4m$$

---

۱۵۴. الف) کار نیروی وزن برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است، بنابراین می‌توان نوشت:



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

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

$$\xrightarrow[\Delta h = h_B - h_A = 0/4 - 1/2 = -0/8m]{m=4kg, g=10m/s^2}$$

$$W_{mg} = -4\times10\times(-0/8) \Rightarrow W_{mg} = 32J$$

ب) اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین بگیریم، به کمک اصل پایستگی انرژی مکانیکی می‌توان نوشت:

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

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

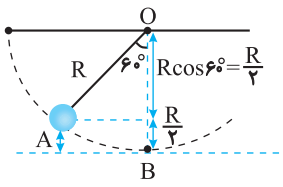
با حذف m از طرفین معادلهٔ بالا و جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

$$\xrightarrow[h_A=120cm=1/2m, g=10m/s^2]{V_A=0, h_B=2R=40cm=0/4m} 0+10\times1/2=\frac{1}{2}\times v_B^2+10\times0/4$$

$$\Rightarrow v_B^2 = 16 \Rightarrow v_B = 4m/s$$

---

۱۵۵. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را پایین‌ترین سطحی که گلوله از آن عبور می‌کند، در نظر بگیریم، به کمک اصل پایستگی انرژی مکانیکی می‌توان نوشت:



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

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

با حذف m از طرفین معادلهٔ بالا و جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

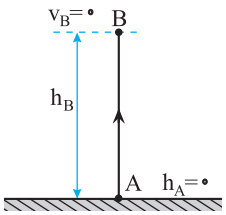
$$\xrightarrow[g=10m/s^2, h_B=0]{v_A=0, h_A=\frac{R}{2}=\frac{50}{2}=25cm=0/25m}$$

$$\frac{1}{2}\times v_B^2 + 0 = 0 + 10\times0/25$$

$$\frac{1}{2}\times v_B^2 = 2/5 \Rightarrow v_B^2 = 5 \Rightarrow v_B = \sqrt{5}m/s$$

---

۱۵۶. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین بگیریم، ابتدا انرژی مکانیکی توپ را در لحظهٔ پرتاب شدن و رسیدن به بالاترین مکان به‌صورت زیر حساب می‌کنیم:



$$E_A = K_A + \cancel{U_A}$$

$$= \frac{1}{2}mv_A^2 \xrightarrow[v_A=15m/s]{m=2kg}$$

$$E_A = \frac{1}{2}\times2\times(15)^2$$

$$\Rightarrow E_A = 225J$$

$$E_B = \cancel{K_B} + U_B = mgh_B \xrightarrow[g=10m/s^2]{m=2kg}$$

$$E_B = 2\times10\times h_B \Rightarrow E_B = 20h_B$$

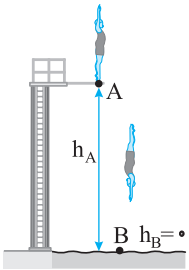
با جایگذاری مقادیر انرژی مکانیکی توپ در رابطهٔ $W_f = E_B - E_A$، بالاترین ارتفاع توپ از سطح زمین برابر است با:

$$W_f = E_B - E_A \xrightarrow[E_B=20h_B]{E_A=225J, W_f=-75J} -75 = 20h_B - 225$$

$$\Rightarrow 20h_B = 150 \Rightarrow h_B = 7/5m$$

---

۱۵۷. ابتدا انرژی مکانیکی شناگر را در لحظهٔ پرش (A) و هنگام رسیدن به سطح آب (B) حساب می‌کنیم. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح آب فرض کنیم، داریم:



$$E_A = K_A + U_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$$

$$\xrightarrow[h_A=20m, v_A=2m/s]{m=80kg, g=10m/s^2}$$

$$E_A = \frac{1}{2}\times80\times4 + 80\times10\times20 \Rightarrow E_A = 16160J$$

$$E_B = K_B + U_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \xrightarrow[h_B=0, v_B=10m/s]{m=80kg, g=10m/s^2}$$

$$E_B = \frac{1}{2}\times 80\times 100 + 0 \Rightarrow E_B = 4000J$$

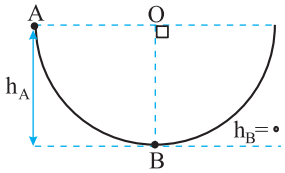
با جایگذاری مقادیر انرژی مکانیکی شناگر در رابطهٔ $W_f = K_B - K_A$، کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا (انرژی تلف شده) بر روی شناگر برابر است با:

$$W_f = E_A - E_A \xrightarrow[E_A=16160J]{E_B=4000J} W_f = 4000 - 16160$$

$$\Rightarrow W_f = -12160J$$

---

۱۵۸. ابتدا انرژی مکانیکی جسم را در لحظهٔ رها شدن و هنگام رسیدن به نقطهٔ B حساب می‌کنیم. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را پایین‌ترین سطحی که جسم از آن عبور می‌کند، در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



$$E_A = K_A + U_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A \xrightarrow[v_A=0m, g=10m/s^2]{m=2kg, h_A=2m}$$

$$E_A = 0 + 2\times 10\times 2 \Rightarrow E_A = 40J$$

$$E_B = K_B + U_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \xrightarrow{m=2kg, h_B=0}$$

$$E_B = \frac{1}{2}\times 2\times v_B^2 + 0 \Rightarrow E_B = v_B^2$$

با جایگذاری مقادیر انرژی مکانیکی جسم در رابطهٔ $W_{f_k} = E_B - E_A$، تندی جسم در مکان B برابر است با:

$$W_{f_k} = E_B - E_A \xrightarrow[E_A=40J]{W_{f_k}=-4J, E_B=v_B^2} -4 = v_B^2 - 40$$

$$\Rightarrow v_B^2 = 36 \Rightarrow v_B = 6m/s$$

---

۱۵۹. الف) اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین بگیریم، انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطهٔ A برابر است با:

$$U_A = mgh_A \xrightarrow[h_A=8m]{m=0/5kg, g=10m/s^2}$$

$$U_A = 0/5\times 10\times 8 \Rightarrow U_A = 40J$$

ب) انرژی مکانیکی جسم در دو مکان A و B با هم برابر است، بنابراین خواهیم داشت:

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

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

$$\xrightarrow[\text{جرم m از طرفین معادله حذف می‌شود}]{g=10m/s^2, h_A=8m, h_B=0, v_A=0} \frac{1}{2}v_B^2 + 0 = 0 + 10\times 8$$

$$\Rightarrow v_B^2 = 160 \Rightarrow v_B = 4\sqrt{10}m/s$$

پ) کار نیروی اصطکاک در مسیر BC برابر است با کاهش انرژی مکانیکی، بنابراین می‌توان نوشت:

$$W_{f_k} = E_C - E_B \Rightarrow W_{f_k} = (K_C + \cancel{U_C}) - (K_B + \cancel{U_B})$$

$$-f_k d = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 \xrightarrow[d=18m, v_C=0]{m=0/5kg, v_B=4\sqrt{10}m/s}$$

$$-18f_k = 0 - \frac{1}{2}\times 0/5\times 160 \Rightarrow f_k \simeq 2/2N$$

---

۱۶۰. ابتدا انرژی مکانیکی چترباز را در لحظهٔ پریدن (A) و هنگام رسیدن به سطح زمین (B) حساب می‌کنیم. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین فرض کنیم، داریم:

$$E_A = K_A + U_A \Rightarrow E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$$

$$\xrightarrow[v_A=50m/s, h_A=500m]{m=60kg, g=10m/s^2} E_A = \frac{1}{2}\times 60\times 2500 + 60\times 10\times 500$$

$$\Rightarrow E_A = 375000J$$

$$E_B = K_B + U_B \Rightarrow E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$\xrightarrow[v_B=10m/s, h_B=0]{m=60kg, g=10m/s^2} E_B = \frac{1}{2}\times 60\times 100 + 0$$

$$\Rightarrow E_B = 3000J$$

کار نیروی مقاومت هوا برابر است با کاهش انرژی مکانیکی، بنابراین می‌توان نوشت:

$$W_{\text{مقاومت هوا}} = E_B - E_A \xrightarrow[E_B=3000J]{E_A=375000J}$$

$$W_{\text{مقاومت هوا}} = 3000 - 375000 \Rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = -372000J$$

---

۱۶۱. الف) نادرست

ب) کمتری

پ) وات

ت) توان متوسط

ث) توان

---

۱۶۲. برای محاسبهٔ توان تلمبه داریم:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t=20s]{m=3kg, h=30m}$$

$$P_{av} = \frac{2\times 10\times 30}{20} = 30W$$

---

۱۶۳. برای محاسبهٔ توان متوسط مفید این شخص خواهیم داشت:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow P_{av} = \frac{mgh}{\Delta t} \xrightarrow[h=50\times 20=1000cm=10m]{m=50kg, \Delta t=10s}$$

$$P_{av} = \frac{50\times 10\times 10}{10} \Rightarrow P_{av} = 500W$$

---

۱۶۴. کار کل انجام شده روی بار شامل کار نیروی وزن و کار نیروی موتور بالابر برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب داریم:

$$W_{mg} + W_{\text{موتور}} = K_2 - K_1$$

$$\Rightarrow -mg(h_2 - h_1) + W_{\text{موتور}} = 0 - 0$$

$$\Rightarrow W_{\text{موتور}} = mg(h_2 - h_1) \xrightarrow[h_2-h_1=75m, g=10m/s^2]{m=500+320=820kg}$$

$$W_{\text{موتور}} = 820\times 10\times 75 \Rightarrow W_{\text{موتور}} = 615000J$$

توان متوسط موتور بالابر برابر است با:

$$P_{av}=\frac{W_{\text{موتور}}}{\Delta t}\xrightarrow{W_{\text{موتور}}=۶۱۵۰۰۰,\ \Delta t=۱۲۰s}P_{av}=\frac{۶۱۵۰۰۰}{۱۲۰}$$

$$\Rightarrow P_{av}=۵۱۲۵W$$

این توان برحسب اسب بخار برابر است با:

$$P_{av}=(۵۱۲۵W)(\frac{۱hp}{۷۴۶W})\Rightarrow P_{av}\simeq ۶/۸۷hp$$

---

۱۶۵. با استفاده از رابطهٔ محاسبه توان متوسط مفید خواهیم داشت:

$$P_{av}=\frac{W_{\text{موتور}}}{\Delta t}\Rightarrow P_{av}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow{P_{av}=۳۰۰W,m=۵۰۰kg,\ \Delta t=۶۰s,g=۱۰m/s^۲}$$

$$۳۰۰=\frac{۵۰۰\times ۱۰\times h}{۶۰}\Rightarrow h=\frac{۳۰۰\times ۶۰}{۵۰۰\times ۱۰}\Rightarrow h=۳/۶m$$

---

۱۶۶. با استفاده از رابطهٔ محاسبهٔ توان متوسط مفید برای موتور آسانسور خواهیم داشت:

$$P_{av}=\frac{W_{\text{موتور}}}{\Delta t}\Rightarrow P_{av}=\frac{mgh}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{m=۵\times ۶۰+۷۰۰=۱۰۰۰kg,g=۱۰m/s^۲,\ \Delta t=۸\times ۶۰=۴۸۰s,h=۷۲m}$$

$$P_{av}=\frac{۱۰۰۰\times ۱۰\times ۷۲}{۴۸۰}\Rightarrow P_{av}=۱۵۰۰W$$

---

۱۶۷. کار کل انجام شده روی آب شامل کار نیروی وزن و کار پمپ آبی برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب داریم:

$$W_{\text{وزن}}+W_{\text{پمپ}}=K_۲-\overset{\circ}{K}_۱\Rightarrow -mg\Delta h+W_{\text{پمپ}}=\frac{۱}{۲}mv_۲^۲$$

$$\Rightarrow W_{\text{پمپ}}=mg\Delta h+\frac{۱}{۲}mv_۲^۲\xrightarrow{m=۲۰kg,\ g=۱۰m/s^۲,\ v_۲=۵m/s,\Delta h=۱۰m}$$

$$W_{\text{پمپ}}=۲۰\times ۱۰\times ۱۰+\frac{۱}{۲}\times ۲۰\times ۲۵\Rightarrow W_{\text{پمپ}}=۲۲۵۰J$$

توان متوسط مفید پمپ برابر است با:

$$P_{av}=\frac{W_{\text{پمپ}}}{\Delta t}\xrightarrow{W_{\text{پمپ}}=۲۲۵۰J,\ \Delta t=۶۰s}P_{av}=\frac{۲۲۵۰}{۶۰}$$

$$\Rightarrow P_{av}=۳۷/۵W$$

---

۱۶۸. با استفاده از رابطهٔ محاسبهٔ توان متوسط مفید برای این موتور خواهیم داشت:

$$P_{av}=\frac{W}{\Delta t}\Rightarrow P_{av}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow{m=۸۰kg,\ g=۱۰m/s^۲,\ P_{av}=۳۰۰۰W,\Delta t=۱۰s}$$

$$۳۰۰۰=\frac{۸۰\times ۱۰\times h}{۱۰}\Rightarrow ۸۰h=۳۰۰۰\Rightarrow h=۳۷/۵m$$

---

۱۶۹. به کمک قضیهٔ کار و انرژی، کار کل انجام شده روی اسکی‌باز با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است. به این ترتیب داریم:

$$W_{mg}+W_f=K_۲-\overset{\circ}{K}_۱\Rightarrow -mg\Delta h+W_f=\frac{۱}{۲}mv_۲^۲$$

$$\Rightarrow W_f=\frac{۱}{۲}mv_۲^۲+mg\Delta h\xrightarrow{m=۶۰kg,\ g=۱۰m/s^۲,\ v_۲=۳۰m/s,\ \Delta h=-۳۰۰m}$$

$$W_f=\frac{۱}{۲}\times ۶۰\times ۹۰۰+۶۰\times ۱۰\times (-۳۰۰)\Rightarrow W_f=-۱۵۳۰۰۰$$

اندازهٔ توان متوسط نیروی مقاومت هوا برابر است با:

$$P_{av}=\frac{|W_f|}{\Delta t}\xrightarrow{|W_f|=۱۵۳۰۰۰,\ \Delta t=۲۰s}P_{av}=\frac{۱۵۳۰۰۰}{۲۰}$$

$$\Rightarrow P_{av}=۷۶۵۰W$$

---

۱۷۰. با استفاده از رابطهٔ محاسبه توان متوسط مفید خواهیم داشت:

$$(P_{av})_{\text{خروجی}}=\frac{W_{\text{خروجی}}}{\Delta t}\Rightarrow P_{av}=\frac{(mgh)}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{P_{av}=۲۰۰\times ۱۰^۶W,g=۱۰m/s^۲,\ h=۲۰۰-۴۰=۱۶۰m,\Delta t=۱s}۲۰۰\times ۱۰^۶=\frac{m\times ۱۰\times ۱۶۰}{۱}$$

$$\Rightarrow m=\frac{۲۰۰\times ۱۰^۶}{۱۶۰۰}\Rightarrow m=۱۲۵۰۰۰kg$$

برای محاسبهٔ حجم این جرم از آب به کمک رابطهٔ $\rho=\frac{m}{v}$ خواهیم داشت:

$$\rho=\frac{m}{v}\xrightarrow{m=۱۲۵۰۰۰kg,\ \rho=۱۰۰۰kg/m^۳}۱۰۰۰=\frac{۱۲۵۰۰۰}{v}\Rightarrow v=۱۲۵m^۳$$

---

۱۷۱. الف) درست ب) بازده پ) بازده

---

۱۷۲. توان خروجی از پمپ برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{W}{\Delta t}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow{m=\rho V=۱۰^۳\times ۳=۳۰۰۰kg,\Delta t=۶۰s,\ g=۱۰m/s^۲,h=۲۴m}$$

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{۳۰۰۰\times ۱۰\times ۲۴}{۶۰}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=۱۲۰۰۰W=۱۲kW$$

ب) بازده پمپ برابر است با:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times ۱۰۰\xrightarrow{P_{\text{خروجی}}=۱۲kW,\ P_{\text{ورودی}}=۲۰kW}$$

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{۱۲}{۲۰}\times ۱۰۰=۶۰٪$$

---

۱۷۳. الف) توان متوسط مفید (توان خروجی) موتور بالابر برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{W}{\Delta t}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow{m=۳۰۰kg,\ g=۱۰m/s^۲,\ h=۶m,\ \Delta t=۵s}$$

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{۳۰۰\times ۱۰\times ۶}{۵}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=۳۶۰۰W$$

ب) بازدهٔ موتور برابر است با:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times ۱۰۰\xrightarrow{P_{\text{خروجی}}=۳۶۰۰W,\ P_{\text{ورودی}}=۵۰۰۰W}$$

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{۳۶۰۰}{۵۰۰۰}\times ۱۰۰=۷۲٪$$

---

۱۷۴. الف) توان متوسط مفید (توان خروجی) موتور برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{W}{t}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow[\Delta t=60s\,,\,h=30m]{m=800kg\,,\,g=10m/s^2}$$

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{800\times10\times30}{60}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=4000W=4kW$$

ب) بازده موتور برحسب درصد برابر است با:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times100\xrightarrow[P_{\text{ورودی}}=5kW]{P_{\text{خروجی}}=4kW}$$

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{4}{5}\times100=80\%$$

---

۱۷۵. توان خروجی موتور آسانسور (توان متوسط مفید) برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{W}{\Delta t}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow[h=30m\,,\,\Delta t=120s]{m=120kg\,,\,g=10m/s^2}$$

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{120\times10\times30}{120}\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=300W$$

برای محاسبهٔ توان ورودی موتور آسانسور خواهیم داشت:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times100\xrightarrow[P_{\text{خروجی}}=300W]{\text{بازده}=80\%}$$

$$80=\frac{300}{P_{\text{ورودی}}}\times100\Rightarrow P_{\text{ورودی}}=\frac{300\times100}{80}$$

$$\Rightarrow P_{\text{ورودی}}=375W$$

---

۱۷۶. ابتدا توان خروجی (توان متوسط مفید) بالابر را به‌صورت زیر می‌یابیم:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times100\xrightarrow[P_{\text{ورودی}}=2500W]{\text{بازده}=80\%}$$

$$80=\frac{P_{\text{خروجی}}}{2500}\times100\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=2000W$$

مدت زمان بالا بردن جسم برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow[m=120kg\,,\,h=15m]{P_{\text{خروجی}}=2000W\,,\,g=10m/s}$$

$$2000=\frac{120\times10\times15}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=9s$$

---

۱۷۷. الف) توان متوسط مفید برابر است با:

$$P_{av}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow[h=40m\,,\,\Delta t=300s]{m=1200kg\,,\,g=10m/s^2}$$

$$P_{av}=\frac{1200\times10\times40}{300}\Rightarrow P_{av}=1600W$$

این توان برحسب اسب‌بخار برابر است با:

$$P_{av}=(1600W)(\frac{1hp}{746W})\Rightarrow P_{av}\simeq2/1hp$$

ب) با معلوم بودن بازده و توان خروجی (توان متوسط مفید)، توان ورودی را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times100\xrightarrow[P_{\text{خروجی}}=1600W]{\text{بازده}=50\%}$$

$$50=\frac{1600}{P_{\text{ورودی}}}\times100\Rightarrow P_{\text{ورودی}}=\frac{1600\times100}{50}$$

$$\Rightarrow P_{\text{ورودی}}=3200W$$

---

۱۷۸. الف) ابتدا توان متوسط مفید موتور را به‌صورت زیر می‌یابیم:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مصرفی}}}\times100$$

$$\xrightarrow[P_{\text{مصرفی}}=4kW]{\text{بازده}=80\%}80=\frac{P_{\text{مفید}}}{4}\times100\Rightarrow P_{\text{مفید}}=3/2kW$$

انرژی مصرفی و انرژی مفید (انرژی خروجی) موتور برابر است با:

$$E_{\text{خروجی}}=P_{\text{خروجی}}t\xrightarrow[t=60s]{P_{\text{خروجی}}=3200W}E_{\text{خروجی}}=3200\times60$$

$$\Rightarrow E_{\text{خروجی}}=192000J$$

$$E_{\text{مصرفی}}=P_{\text{مصرفی}}t\xrightarrow[t=60s]{P_{\text{مصرفی}}=4000W}E_{\text{مصرفی}}=4000\times60$$

$$\Rightarrow E_{\text{مصرفی}}=240000J$$

برای محاسبهٔ انرژی تلف‌شده توسط موتور در مدت یک دقیقه خواهیم داشت:

$$E_{\text{تلف‌شده}}=E_{\text{مصرفی}}-E_{\text{خروجی}}\xrightarrow[E_{\text{خروجی}}=192000J=192kJ]{E_{\text{مصرفی}}=240000J=240kJ}$$

$$E_{\text{تلف‌شده}}=240-192=48kJ$$

ب) برای محاسبهٔ مدت زمان لازم برای بالا بردن جسم می‌توان نوشت:

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow[m=16kg\,,\,h=20m]{P_{\text{خروجی}}=3200W\,,\,g=10m/s^2}$$

$$3200=\frac{16\times10\times20}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=1s$$

---

۱۷۹. الف) توان متوسط مفید تلمبه برابر است با:

$$P_{av}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow[h=6m\,,\,\Delta t=60s]{m=60kg\,,\,g=10m/s^2}P_{av}=\frac{60\times10\times6}{60}$$

$$\Rightarrow P_{av}=60W$$

ب) با معلوم بودن توان متوسط مفید و بازده تلمبه، توان مصرفی تلمبه را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بازده برحسب درصد}=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مصرفی}}}\times100$$

$$\xrightarrow[P_{\text{مفید}}=60W]{\text{بازده}=80\%}80=\frac{60}{P_{\text{مفید}}}\times100\Rightarrow P_{\text{مصرفی}}=75W$$

---

۱۸۰. ابتدا توان متوسط مفید موتور را می‌یابیم:

$$P_{av}=\frac{mgh}{\Delta t}\xrightarrow{m=\rho V}P_{av}=\frac{\rho Vgh}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow[h=15m\,,g=10m/s^2\,,\,\Delta t=1s]{\rho=10^3kg/m^3\,,V=0/8m^3}P_{av}=\frac{10^3\times0/8\times10\times15}{1}$$

$$\Rightarrow P_{av}=12000W=12kW$$

با معلوم بودن بازده موتور و توان متوسط مفید آن، توان مصرفی آن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{بازده برحسب درصد} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مصرفی}}} \times ۱۰۰$$

$$\xrightarrow[P_{\text{مفید}}=۱۲۰kW]{\text{بازده}=۸۰\%} ۸۰ = \frac{۱۲۰}{P_{\text{مصرفی}}} \times ۱۰۰$$

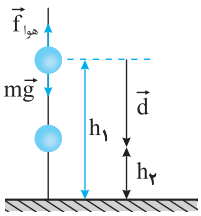
$$\Rightarrow P_{\text{مصرفی}} = ۱۵۰kW$$

پاسخ سوال‌های ویژه برترها

۱۸۱.

	وابسته به جرم	وابسته به مسیر حرکت
کار نیروی وزن روی گلوله‌ها	هست	نیست
تندی گلوله‌ها در انتهای مسیر	نیست	نیست

۱۸۲. در شکل مقابل جسمی به جرم m در حال سقوط به طرف زمین است. در حین سقوط نیروی وزن $(\vec{mg})$ و نیروی مقاومت هوا $(\vec{f}_{\text{مقاومت هوا}})$ به آن وارد می‌شود.



وقتی جسم از ارتفاع $h_۱$ به ارتفاع $h_۲$ از سطح زمین می‌رسد، کار نیروی وزن در این جابه‌جایی برابر است با:

$$W_{\text{وزن}} = (mg\cos\theta)d = (mg\cos ۰^\circ)d = mgd \xrightarrow{d=h_۱-h_۲}$$

$$W_{\text{وزن}} = mg(h_۱-h_۲) = -(mgh_۲ - mgh_۱)$$

$$\Rightarrow W_{\text{وزن}} = -(U_۲-U_۱) \Rightarrow W_{\text{وزن}} = -\Delta U$$

رابطهٔ بالا نشان می‌دهد کار نیروی وزن برای منفیِ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است.

۱۸۳. الف) با استفاده از رابطهٔ نسبت انرژی جنبشی جسم در دو حالت داریم:

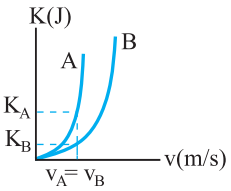
$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow \frac{K_۲}{K_۱} = \frac{m_۲}{m_۱} \times (\frac{v_۲}{v_۱})^۲$$

$$\xrightarrow[K_۲=K_۱+\frac{۵}{۴}K_۱=\frac{۹}{۴}K_۱]{v_۲=v_۱+۵ \,,\, m_۲=m_۱} \frac{۹}{۴} = ۱ \times (\frac{v_۱+۵}{v_۱})^۲$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف رابطه جذر می‌گیریم}} \frac{۳}{۲} = \frac{v_۱+۵}{v_۱}$$

$$\Rightarrow ۳v_۱ = ۲v_۱ + ۱۰ \Rightarrow v_۱ = ۱۰m/s$$

ب) برای مقایسهٔ جرم دو جسم، در شرایطی که تندی دو جسم یکسان باشد، جسمی که انرژی جنبشی بیشتری داشته باشد، جرمش بیشتر است:



$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \frac{m_A}{m_B} \times (\frac{v_A}{v_B})^۲ \xrightarrow{v_A=v_B}$$

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{m_A}{m_B} \xrightarrow{K_A>K_B} m_A > m_B$$

جرم متحرک A بیشتر است.

۱۸۴. الف) کار نیروی وزن برابر است با:

$$W_{mg} = -mg\Delta h \xrightarrow[\Delta h=-۷m]{m=۱۵kg \,,\, g=۱۰m/s^۲}$$

$$W_{mg} = -۱۵ \times ۱۰ \times (-۷)$$

$$\Rightarrow W_{mg} = +۱۰۵۰J$$

ب) طبق قضیهٔ کار و انرژی خواهیم داشت:

$$\xrightarrow[m=۱۵kg \,,\, v_۲=۱۰m/s]{W_{mg}=۱۰۵۰J \,,\, v_۱=۰} ۱۰۵۰ + W_f = \frac{۱}{۲} \times ۱۵ \times ۱۰۰ - ۰$$

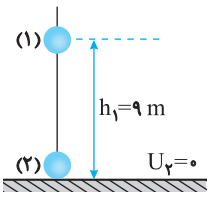
$$\Rightarrow W_f = -۳۰۰J$$

۱۸۵. با توجه به اینکه اتلاف انرژی نداریم، انرژی مکانیکی در ارتفاع ۹ متری از سطح زمین با انرژی مکانیکی در لحظهٔ رسیدن به سطح یکسان است، بنابراین داریم:

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

با حذف m از طرفین رابطهٔ بالا و جایگذاری مقادیر داده شده داریم:



$$\xrightarrow[g=۱۰m/s^۲ \,,\, h_۱=۹m \,,\, h_۲=۰]{v_۱=v \,,\, v_۲=\frac{۳}{۲}v}$$

$$\frac{۱}{۲} \times v^۲ + ۱۰ \times ۹ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۹}{۴}v^۲ + ۰$$

$$\Rightarrow \frac{۵}{۸}v^۲ = ۹۰ \Rightarrow v^۲ = ۱۴۴$$

$$\Rightarrow v = ۱۲m/s$$

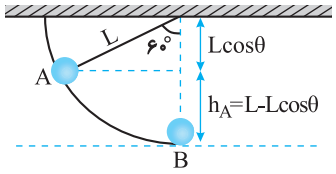
اکنون با در نظر گرفتن لحظهٔ رها شدن گلوله و برخورد آن با زمین داریم:

$$K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲ \xrightarrow[U_۲=۰]{K_۱=۰} \cancel{mgh} = \frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۲^۲$$

$$\xrightarrow{v_۲=\frac{۳}{۲}\times ۱۲=۱۸m/s} ۱۰ \times h = \frac{۱}{۲} \times ۱۸^۲$$

$$\Rightarrow h = ۱۶/۲m$$

۱۸۶. ابتدا انرژی مکانیکی جسم را در مکان A و هنگام رسیدن به نقطهٔ B حساب می‌کنیم. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را پایین‌ترین سطحی که جسم از آن عبور می‌کند، در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



$$E_A = K_A + U_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh$$

$$\xrightarrow[h_A = L - L\cos 60^\circ = 2 - 2\times\frac{1}{2} = 1m]{v_A = 5m/s\ ,\ g = 10m/s^2}$$

$$E_A = \frac{1}{2}\times m\times 25 + m\times 10\times 1 \Rightarrow E_A = 22/5m$$

$$E_B = K_B + U_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$\xrightarrow[g=10m/s^2]{h_B=0} E_B = \frac{1}{2}\times m\times v_B^2 + 0 \Rightarrow E_B = \frac{mv_B^2}{2}$$

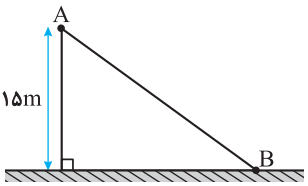
با مساوی قرار دادن مقادیر انرژی مکانیکی در دو مکان A و B خواهیم داشت:

$$E_A = E_B \xrightarrow[E_B=\frac{mv_B^2}{2}]{E_A=22/5m} \frac{mv_B^2}{2} = 22/5m$$

$$\Rightarrow v_B^2 = 45 \Rightarrow v_B = 3\sqrt{5}m/s$$

---

۱۸۷. به کمک قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، ابتدا کار انجام گرفته توسط موتور خودرو را به‌دست می‌آوریم. بنابراین خواهیم داشت:



$$W_t = W_{mg} + W_{\text{موتور}} = K_B - K_A$$

$$\Rightarrow mgh + W_{\text{موتور}} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\xrightarrow[v_B=25m/s\ ,\ v_A=15m/s]{m=1000kg\ ,\ g=10m/s^2\ ,\ h=15m} 1000\times 10\times 15 + W_{\text{موتور}}$$

$$= \frac{1}{2}\times 1000\times (25)^2 - \frac{1}{2}\times 1000\times (15)^2$$

$$150000 + W_{\text{موتور}} = 312500 - 112500$$

$$\Rightarrow W_{\text{موتور}} = 50000J = 50kJ$$

توان متوسط موتور خودرو برابر است با:

$$P_{av} = \frac{W_{\text{موتور}}}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t=10s]{W_{\text{موتور}}=50kJ} P_{av} = \frac{50}{10} \Rightarrow P_{av} = 5kW$$

---

۱۸۸. ابتدا توان متوسط مفید (توان خروجی) پمپ را می‌یابیم. بنابراین خواهیم داشت:

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{mgh}{\Delta t} \xrightarrow[g=10m/s^2, h=24m\ ,\ \Delta t=300s]{m=\rho V=10^3\times 6=6000kg}$$

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{6000\times 10\times 24}{300} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 4800W = 4/8kW$$

بازده این پمپ برحسب درصد برابر است با:

$$\text{بازده برحسب درصد} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{کل}}}\times 100 \xrightarrow[P_{\text{کل}}=6/4kW]{P_{\text{خروجی}}=4/8kW}$$

$$\text{بازده برحسب درصد} = \frac{4/8}{6/4}\times 100 = \%75$$

---

۱۸۹. می‌دانیم که کار کل انجام شده توسط موتور خودرو، برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب، با به‌دست آوردن انرژی جنبشی خودرو در دو وضعیت داده شده و محاسبهٔ کار کل موتور خودرو داریم:

$$W_t = K_2 - K_1 \Rightarrow W_t = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow[v_2=30m/s]{m=1/2\times 10^3 kg, v_1=20m/s} W_t = \frac{1}{2}\times 1200\times (900-400)$$

$$\Rightarrow W_t = 300000J = 300kJ$$

توان متوسط مفید موتور خودرو (توان خروجی) برای انجام این کار برابر است با:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t=5s]{W=300kJ} P_{av} = \frac{300}{5} = 60kW$$

به کمک رابطهٔ بازده برحسب درصد، توان متوسط خودرو (توان کل) را می‌یابیم، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{بازده برحسب درصد} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{کل}}}\times 100 \xrightarrow[\text{بازده}=\%25]{P_{\text{خروجی}}=60kW}$$

$$25 = \frac{60}{P_{\text{کل}}}\times 100 \Rightarrow P_{\text{کل}} = \frac{6000}{25} \Rightarrow P_{\text{کل}} = 240kW$$

---

۱۹۰. ابتدا انرژی مکانیکی گلوله را در دو مکان A و B به‌دست می‌آوریم. بنابراین خواهیم داشت:

$$E_A = U_A + K_A \Rightarrow E_A = mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\xrightarrow[h_A=20cm=0/2m\ ,\ v_A=2m/s]{m=200g=0/2kg\ ,\ g=10m/s^2}$$

$$E_A = 0/2\times 10\times 0/2 + \frac{1}{2}\times 0/2\times 4$$

$$\Rightarrow E_A = 0/4 + 0/4 = 0/8J$$

$$E_B = U_B + K_B \Rightarrow E_B = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\xrightarrow[h_B=0/05m,\ v_B=0]{m=0/2kg\ ,\ g=10m/s^2}$$

$$E_B = 0/2\times 10\times 0/05 + 0 = 0/1J$$

برای محاسبهٔ انرژی تلف‌شده (W_f) در مسیر A تا B کافی است که میزان کاهش انرژی مکانیکی را در A و B را بیابیم. پس می‌توان نوشت:

$$W_f = E_B - E_A \xrightarrow[E_B=0/1J]{E_A=0/8J} W_f = 0/1 - 0/8 = -0/7J$$

یادداشت: