مقدمه

دانش‌آموز گرامی؛

پیش از استفاده از این کتاب، خوب است گپ کوتاهی با هم داشته باشیم. در جلد اول کتاب فیزیک جامع کوشیده‌ایم تست‌های جامع و کامل و در سطوح آموزشی ساده تا بسیار دشوار (همان یک گام فراتر) برایتان فراهم و طراحی کنیم. این‌که چه‌قدر در این خدمت موفق بوده‌ایم را شما باید مشخص کنید. دوست داریم نظرات گران‌سنگ خود را برایمان ارسال کنید.

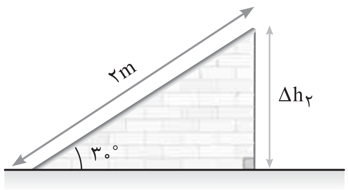
اما بدانید که سؤالِ خوب، پاسخ خوب هم لازم دارد. در این قسمت هم کوشیده‌ایم تا پاسخ‌های کامل با راه‌حل‌های گوناگون تستی و مفهومی برایتان بیاوریم. بنابراین اگر تستی را درست هم پاسخ دادی، باز هم پاسخ تشریحی آن را بخوان، شاید یک روش دیگر یا نکتهٔ ریز یا تذکر دیگری را هم دیدی. مهم‌تر از همه این‌که علاوه‌بر درس‌نامه‌های هر مبحث، راهبردهای آموزشی بسیار جامع را برایتان آماده کرده‌ایم تا یادگیری لذت‌بخش و مفاهیم برای شما به‌یاد ماندنی باشد. راهبردها، تکمیل‌کنندهٔ درس‌نامه‌ها هستند. برای آن که از دشواری مطالعه کاسته شود، همهٔ مفاهیم آموزشی را در هر مبحث، یک‌جا بیان نکرده‌ایم.

همان‌طور که در مقدمهٔ جلد اولِ این کتاب ذکر کردم، در هر مبحث اگر ابتدا تست‌هایی که با نشانِ مشخص کرده‌ایم را پاسخ دهید، با مراجعه به پاسخ آن‌ها، راهبردهای آموزشی را نیز خواهید آموخت. به‌این ترتیب آمادگی بیشتری برای پاسخ سایر تست‌های آن مبحث خواهید داشت.

لازم می‌دانم علاوه‌بر همهٔ همکاران بزرگوار مهروماه به‌ویژه جناب آقای احمد اختیاری مدیر فرزانه انتشارات و استاد محمدحسین انوشه مدیر شورای تالیف، از سرکار خانم مریم تاجداری، سمیه امیدی و رویا طبسی که در صفحه‌آرایی این جلد، گروه تولید انتشارات را یاری دادند سپاسگزاری ویژه داشته باشم.

نصرالله افاضل
مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک

فهرست



گام دوم تنها نیروی وزن روی وزنه‌ها کار انجام می‌دهد. (مجموع کار نیروهای کشش نخ صفر است.) چون جابه‌جایی m_1 رو به پایین بوده است، کار نیروی وزن روی آن مثبت $(W_1 = +m_1 g \Delta h_1)$ و چون جابه‌جایی m_2 رو به بالا بوده است کار نیروی وزن روی آن منفی $(W_2 = -m_2 g \Delta h_2)$ است. در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W_1 = +m_1 g \Delta h_1 = 3\times 10\times 2 = 60\,J \\ W_2 = -m_2 g \Delta h_2 = -2\times 10\times 1 = -20\,J \end{cases}$$

$$W_t = W_1 + W_2 = 60 + (-20) = 40\,J$$

گام سوم طبق قضیهٔ کار و انرژی، کار کل انجام شده روی مجموعه برابر با تغییر انرژی جنبشی مجموعه است:

$$W_t = \Delta K = \frac{1}{2}(m_1+m_2)(v_f^2 - v_i^2) \Rightarrow 40 = \frac{1}{2}(2+3)(v_f^2 - 0) \Rightarrow v_f^2 = 16 \Rightarrow v_f = 4\,m/s$$

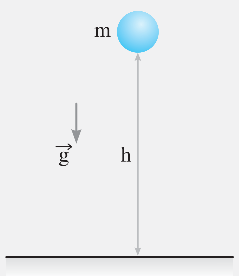
یعنی تندی هر دو جسم پس از $2\,m$ جابه‌جایی به $4\,m/s$ می‌رسد.

انرژی پتانسیل

به انرژی‌ای که به دلیل موقعیت مکانی اجسام نسبت به یکدیگر در آن‌ها ذخیره می‌شود، انرژی پتانسیل می‌گویند. در حقیقت انرژی پتانسیل، انرژی وضعیت سامانه (سیستم یا دستگاه) است.

انرژی پتانسیل گرانشی (U_g)

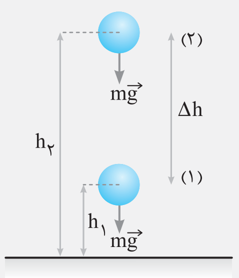
به انرژی‌ای که جسمی به دلیل داشتن **ارتفاع از زمین** دارد، انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ جسم - زمین می‌گویند و با نماد U_g نمایش داده می‌شود. البته از این به بعد برای سادگی در گفتار، انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ جسم- زمین را انرژی پتانسیل گرانشی جسم می‌گویند.



مطابق شکل، جسمی به جرم m را در نظر بگیرید که در ارتفاع h نسبت به سطح زمین قرار دارد. انرژی پتانسیل گرانشی این جسم به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

در این رابطه باید m برحسب کیلوگرم (kg)، g برحسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) و h برحسب متر (m) قرار داده شود تا U_g برحسب ژول (J) محاسبه گردد: $U_g = mgh$

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی



در شکل مقابل، جسم ابتدا در موقعیت (1) قرار دارد و در نهایت به موقعیت (2) می‌رسد. برای محاسبهٔ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم (ΔU_g) می‌توان نوشت:

$$\Delta U_g = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) = mg\Delta h$$

همچنین می‌دانیم وقتی جسمی در راستای قائم به اندازهٔ Δh بالا رود، کار نیروی وزن منفی است و برابر با: $W_{mg} = -mg\Delta h$

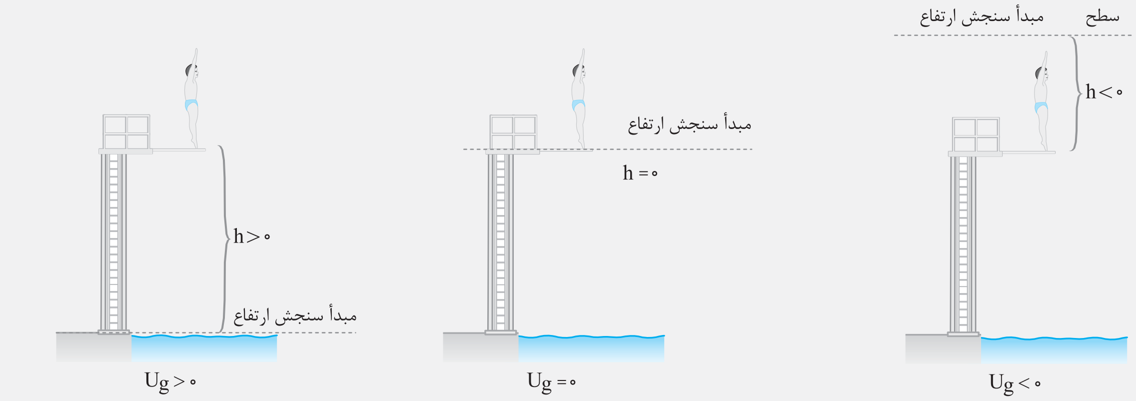
از مقایسه دو رابطهٔ به‌دست آمده داریم: $\Delta U_g = -W_{mg}$

یعنی همیشه کار نیروی وزن برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم است.

(۱) برای سادگی در استفاده از رابطهٔ $\Delta U = mg\Delta h$ می‌توان Δh را با علامت جای‌گذاری کرد، یعنی اگر جابه‌جایی جسم رو به بالا باشد Δh را مثبت و اگر جابه‌جایی جسم رو به پایین باشد Δh را **منفی** قرار می‌دهیم.

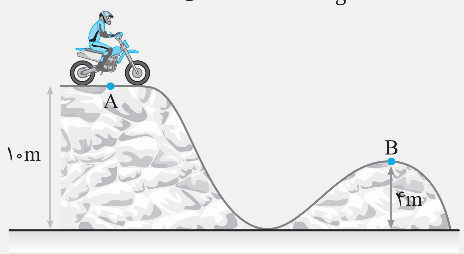
(۲) رابطهٔ $\Delta U_g = -W_{mg}$ در هر مسیر دلخواهی برقرار است و مسیر حرکت و نوع حرکتِ جسم اصلاً تأثیری روی رابطه ندارد.

(۳) توجه کنید که برای محاسبهٔ انرژی پتانسیل گرانشی، ارتفاع جسم را نسبت به هر نقطهٔ دلخواهی می‌توان سنجید. به نقطه‌ای که ارتفاع جسم را نسبت به آن می‌سنجیم، **مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی** می‌گویند. به شکل‌های زیر توجه کنید. برای شخصی که در مکان مشخصی قرار دارد، سه حالت مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی $(h=0)$ وجود دارد.



مشاهده می‌کنید که با تغییر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی، علامت U_g تغییر می‌کند. ولی نکتهٔ جالب اینجاست که اندازه و علامت تغییر انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU_g) مستقل از مبدأ سنجش ارتفاع است. یعنی ما در یک مسئله مختاریم که هر نقطه‌ای را به‌عنوان مبدأ سنجش ارتفاع در نظر بگیریم و این کار هیچ تأثیری بر پاسخ نهایی مسئله ندارد و ΔU_g همیشه از رابطهٔ $\Delta U_g = mg\Delta h$ محاسبه می‌شود. چون درآینده خواهیم دید که ΔU_g برای ما مهم است، نه U!

مثال: مطابق شکل مقابل، موتورسواری از نقطهٔ A شروع به حرکت می‌کند و در ادامه مسیرش به نقطهٔ B می‌رسد. اگر جرم موتورسوار و موتورش 200 kg باشد، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار و موتورش در جابه‌جایی از A تا B چند ژول است؟ $(g = 10\,m/s^2)$



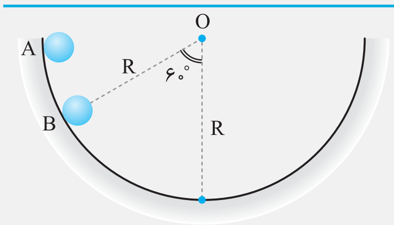
1) 8000 2) 12000
3) -8000 4) -12000

پاسخ: گزینه ۴ می‌دانیم که در محاسبهٔ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مسیر حرکت مهم نیست و فقط تغییر ارتفاع جسم مهم است تغییر ارتفاع موتورسوار برابر است با: $\Delta h = h_2 - h_1 = 4 - 10 = -6\,m$

حالا می‌توانیم از رابطهٔ $\Delta U_g = mg\Delta h$، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی را محاسبه کنیم: $\Delta U_g = 200 \times 10 \times (-6) = -12000\,J$

پاسخ سؤال کامل شده است، اما برای رضای دل خودمان کار نیروی وزن را محاسبه می‌کنیم: $W_{mg} = -\Delta U_g = 12000\,J$

مثال: در شکل مقابل گلوله‌ای درون یک نیم‌کرهٔ دارای اصطکاک از نقطهٔ A رها می‌شود. درجابه‌جایی گلوله از نقطهٔ A تا B کار نیروی وزن چند برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی گلوله است؟ $(\cos 60^\circ = \frac{1}{2}, g = 10\,m/s^2)$



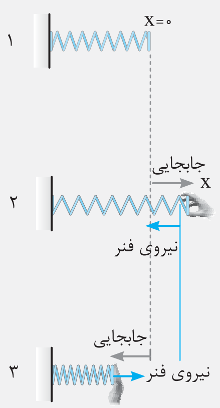
1) -1 2) 1
3) 2 4) -2

پاسخ: گزینه ۱ همان‌طور که گفته شد رابطهٔ $\Delta U_g = -W_{mg}$ مستقل از مسیر و نوع حرکت است و همیشه قابل استفاده است. یعنی در این مسئله هم استثنائی وجود ندارد و با خیال راحت می‌توانیم بنویسیم:

$$\Delta U_g = -W_{mg} \Rightarrow \frac{W_{mg}}{\Delta U_g} = -1$$

انرژی پتانسیل کشسانی فنر

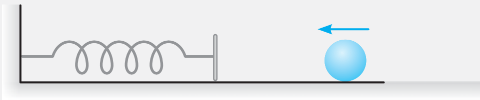
فنر وسیله‌ای است که همیشه با تغییر طول مخالفت می‌کند. یعنی هنگامی که فنر را کشیده یا فشرده می‌کنیم میل دارد به طول عادی خود برگردد. همچنین با **باز شدن** یا **فشرده شدن** فنر، در آن انرژی به‌صورت انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود. انرژی پتانسیل کشسانی را با نماد U_e نمایش می‌دهیم. به شکل‌های روبه‌رو توجه کنید. در شکل (1) فنر در طول عادی خود قرار دارد. در شکل (2) یک عامل خارجی فنر را کشیده می‌کند، مشاهده می‌کنید که در این حالت نیروی فنر در خلاف جهت جابه‌جایی به عامل خارجی وارد می‌شود و کار آن منفی است ولی با کشیده شدن فنر انرژی **پتانسیل کشسانی** آن افزایش می‌یابد. همچنین در شکل (3)، یک عامل خارجی فنر را فشرده می‌کند باز هم مشاهده می‌کنید که نیروی فنر و جابه‌جایی درخلاف جهت یکدیگرند و کار نیروی فنر منفی است ولی چون فنر فشرده شده است، تغییر انرژی پتانسیل کشسانی آن مثبت است. با این توضیحات برای فنر نیز می‌توان نوشت: $W_{فنر} = -\Delta U_e$



در حالتی که فنر طول عادی خودش را دارد، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در آن صفر است.

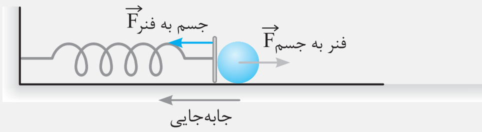
به‌طور کلی هرگاه طول فنر از طول عادی‌اش فاصله بگیرد (فشرده یا کشیده شود)، انرژی پتانسیل کشسانی‌اش افزایش می‌یابد و هرگاه طول فنر به طول عادی‌اش نزدیک شود، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در آن کاهش می‌یابد.

مثال: در شکل روبه‌رو گلوله‌ای روی سطح افقی با فنر برخورد می‌کند و آن را فشرده می‌کند. در کدام گزینه علامت کار گلوله روی فنر، کار فنر روی گلوله و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر از لحظهٔ برخورد گلوله تا لحظهٔ بیشینه فشردگی فنر به ترتیب از راست به چپ به‌درستی بیان شده است؟

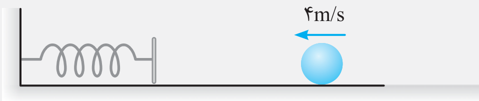


1) مثبت، مثبت، منفی 2) منفی، منفی، مثبت 3) منفی، مثبت، منفی 4) مثبت، منفی، مثبت

پاسخ: گزینه ۴ در شکل مقابل تمام نیروهای مهم رسم شده‌اند. مشاهده می‌کنید که نیرویی که جسم به فنر وارد می‌کند با جابه‌جایی هم‌سو است $(\theta = 0)$، درنتیجه کار جسم مثبت است. همچنین نیرویی که فنر به جسم وارد می‌کند درخلاف جهت جابه‌جایی است $(\theta = 180^\circ)$، در نتیجه کار فنر منفی است همچنین طبق رابطهٔ $\Delta U_e = -W_{\text{فنر}}$ مشخص است که ΔU_e مثبت است.



مثال: مطابق شکل، گلوله‌ای به جرم $1\,\text{kg}$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاکی حرکت می‌کند و در ادامه با یک فنر برخورد می‌کند. بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟



1) 32 2) 16 3) 8 4) 4

پاسخ: گزینه ۳ برای پاسخ دادن به این سؤال از قضیه کار و انرژی استفاده می‌کنیم. از لحظه‌ای که گلوله با فنر برخورد می‌کند فقط نیروی فنر بر آن اثر می‌کند و روی آن کار انجام می‌دهد، در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l} W_t = \Delta K \\ W_t = W_{\text{فنر}} \end{array}\right\} \Rightarrow W_{\text{فنر}} = \Delta K = K_2 - K_1$$

همچنین بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر هنگامی رخ می‌دهد که گلوله متوقف شود، چون در این لحظه فنر دارای بیشینه فشردگی است. در نتیجه در این لحظه $K_2 = 0$ است:

$$W_{\text{فنر}} = K_2 - K_1 \xrightarrow[K_2=0]{v_2=0} W_{\text{فنر}} = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -\frac{1}{2}\times 1\times 4^2 = -8\,\text{J}$$

رابطهٔ تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر و کار فنر به‌صورت مقابل است:

$$\Delta U_e = -W_{\text{فنر}} = -(-8) = 8\,\text{J}$$

چون فنر در حالت عادی خود هیچ انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده‌ای ندارد، می‌توان نوشت:

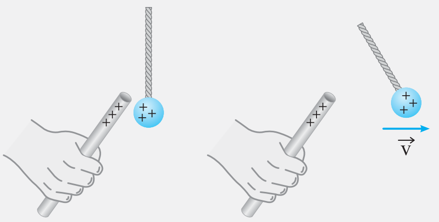
$$\Delta U_e = U_2 - U_1 = U_2 - 0 = U_2 \Rightarrow U_2 = 8\,\text{J}$$

یعنی بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر $8\,\text{J}$ است.

انرژی پتانسیل الکتریکی

انرژی که در مجموعه‌ای از اجسام دارای بار الکتریکی که روی هم اثر می‌گذارند ذخیره می‌شود.

مطابق شکل با نزدیک کردن دو جسم باردار به یکدیگر انرژی پتانسیل الکتریکی سامانهٔ دو جسم تغییر می‌کند. نحوهٔ تغییرات این انرژی به نوع بار اجسام و دور یا نزدیک کردن آن‌ها به یکدیگر بستگی دارد.



پاسخ‌های تشریحی

.331 گزینه ۲

درستی یا نادرستی هر عبارت را جداگانه بررسی می‌کنیم:

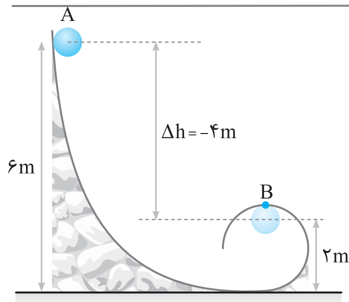
الف) (درست) تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی از رابطهٔ $\Delta U = mg\Delta h$ به‌دست می‌آید. چون جابه‌جایی جسم رو به پایین است، $\Delta h < 0$ است و در نتیجه $\Delta U < 0$ است.

ب) (نادرست) انرژی جنبشی همواره مثبت است، اما علامت انرژی پتانسیل گرانشی به مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی بستگی دارد. در حالتی که جسم پایین‌تر از مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی باشد، انرژی پتانسیل گرانشی آن منفی است.

پ) (نادرست) انرژی پتانسیل گرانشی ویژگی مشترک جسم و زمین است و برای سامانه‌ای متشکل از این دو تعریف می‌شود.

ت) (درست) تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مستقل از مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی و همچنین مسیر حرکت در یک جابه‌جایی مشخص است و همواره از رابطهٔ $\Delta U = mg\Delta h$ محاسبه می‌شود.

332. گزینه ۳

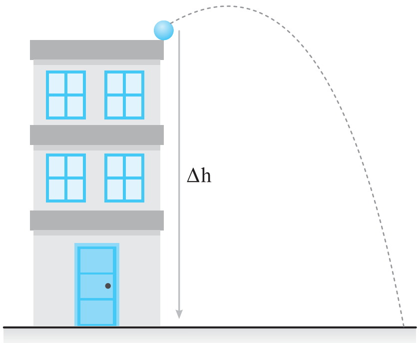


تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مستقل از مسیر حرکت است و از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ محاسبه می‌شود. فقط باید توجه داشته باشیم که تغییر ارتفاع (Δh) باید با علامت در رابطه قرار داده شود. مطابق شکل ارتفاع توپ در طی جابه‌جایی از نقطه A تا B کاهش یافته است و در نتیجه $\Delta h = -4\,m$ است. حالا می‌توان نوشت:

$$\Delta U = mg\Delta h = 0/4 \times 10 \times (-4) = -16\,J$$

نکته: ① تغییر انرژی پتانسیل گرانشی همواره از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ محاسبه می‌شود.
② علامت Δh فراموش نشود.

333. گزینه ۳



مطابق شکل تغییر ارتفاع سنگ از لحظه پرتاب تا لحظه برخورد به سطح زمین مستقل از مسیر حرکت سنگ است و هم‌اندازه با ارتفاع ساختمان است. همچنین چون تغییر ارتفاع سنگ رو به پایین است، این تغییر ارتفاع منفی است، یعنی:

$$\Delta h = -20\,m$$

حالا با استفاده از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U = mg\Delta h \xrightarrow[\Delta h = -20\,m]{m = 0/2\,kg} \Delta U = 0/2 \times 10 \times (-20) = -40J$$

334. گزینه ۲

گام اول رابطهٔ کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی در طی جابه‌جایی به‌صورت $\Delta U = -W_{mg}$ است. در نتیجه تغییر انرژی پتانسیل گرانشی برابر است با:

$$\Delta U = -W_{mg} = -(30) = -30J$$

گام دوم انرژی پتانسیل گرانشی در نقطه A برابر است با:

$$\Delta U = U_B - U_A \xrightarrow[U_B = -50J]{\Delta U = -30\,J} -30 = -50 - U_A \Rightarrow U_A = -20J$$

335. گزینه ۴

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = -100 - 300 = -400\,J$$

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم در طی یک جابه‌جایی برابر با $\Delta U = mg\Delta h$ است. ارتفاع جسم در طی این جابه‌جایی $4\,m$ کاهش یافته است $(\Delta h = -4\,m)$. در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\Delta U = mg\Delta h \Rightarrow -400 = m \times 10 \times (-4) \Rightarrow m = 10\,kg$$

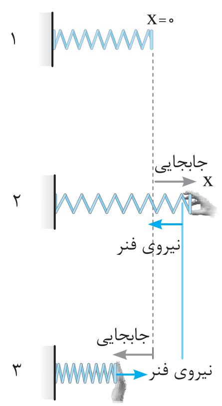
336. گزینه ۴

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم برابر با $\Delta U = mg\Delta h$ است:

$$\Delta U = mg\Delta h \xrightarrow[\Delta h = -2m]{m = 4kg} \Delta U = 4 \times 10 \times (-2) = -80J$$

برای محاسبه درصد تغییر انرژی پتانسیل گرانشی باید انرژی پتانسیل اولیه سنگ را محاسبه کنیم، برای محاسبه انرژی پتانسیل گرانشی اولیه باید ارتفاع سنگ نسبت به مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را بدانیم. اما در اطلاعات تست اشاره‌ای به مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی نشده است، در نتیجه انرژی پتانسیل گرانشی اولیه قابل محاسبه نیست و **گزینه «۴»** پاسخ این تست است.

337. گزینه ۳



تغییر ارتفاع موتورسوار برابر است با:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = h_2 - 80$$

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار برابر با $\Delta U = mg\Delta h$ است. همچنین چون تغییر ارتفاع (ممکن است جابه‌جایی با راستای قائم زاویه بسازد و بهتر است تغییر ارتفاع استفاده شود.) موتورسوار رو به پایین بوده است، انرژی پتانسیل گرانشی آن حتماً کاهش یافته است. $(\Delta U = -6 \times 10^4\,J)$ در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\Delta U = mg\Delta h \Rightarrow -6 \times 10^4 = 200 \times 10 \times \Delta h \Rightarrow \Delta h = -30\,m$$
$$\Rightarrow h_2 - 80 = -30 \Rightarrow h_2 = 50\,m$$

338. گزینه ۳

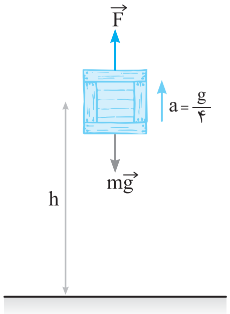
وقتی جسمی در شرایط خلأ از ارتفاعی رها می‌شود، در ثانیه اول حرکتش، $5\,m$ در ثانیهٔ دوم $15\,m$، در ثانیهٔ سوم $25\,m$ سقوط می‌کند. بنابراین تغییر ارتفاع جسم در ثانیهٔ اول برابر است با:

$$\Delta h = -5\,m$$

با استفاده از رابطهٔ $\Delta U = mg\Delta h$، جرم گلوله را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U = mg\Delta h \Rightarrow -20 = m \times 10 \times (-5) \Rightarrow m = 0/4\,kg \Rightarrow m = 400g$$

339. گزینه ۲



گام اول چون سطح زمین به‌عنوان مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی در نظر گرفته شده است، انرژی پتانسیل گرانشی جسم در ارتفاع h از سطح زمین برابر است با: $U=mgh$. مطابق شکل، شخص نیروی F را در راستای قائم به جسم وارد می‌کند و جسم با شتاب $\frac{g}{4}$ رو به بالا حرکت می‌کند. با استفاده از قانون دوم نیوتون نیروی F را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{\text{خالص}}=ma \Rightarrow F-mg=ma \Rightarrow F=m(g+a) \xrightarrow{a=\frac{g}{4}} F=\frac{5}{4}mg$$

گام دوم حالا با استفاده از تعریف کار به سراغ محاسبهٔ کار نیروی F می‌رویم. نیروی F هم‌جهت با جابه‌جایی است $(\theta=0)$:

$$W=Fd\cos\theta \xrightarrow[\theta=0]{d=h} W_F=Fh\cos 0^\circ \xrightarrow{F=\frac{5}{4}mg} W_F=\frac{5}{4}mgh$$

گام سوم در آخرین مرحله نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{W_F}{U}=\frac{\frac{5}{4}mgh}{mgh}=\frac{5}{4}$$

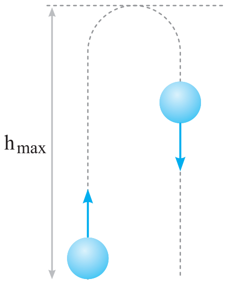
340. گزینه ۱

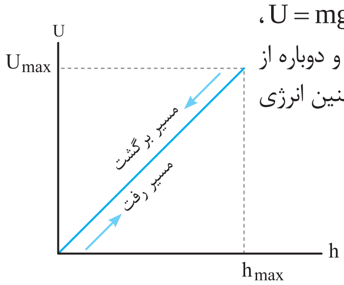
مستقل از نوع حرکت آسانسور و شخص، در طی یک جابه‌جایی همواره کار نیروی وزن قرینهٔ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است، یعنی:

$$W_{mg}=-\Delta U_g \Rightarrow \frac{W_{mg}}{\Delta U_g}=-1$$

نکته: در هر نوع جابه‌جایی جسم همواره رابطهٔ مقابل برقرار است: $\Delta U_g=-W_{mg}$

341. گزینه ۳





مطابق شکل وقتی جسمی را از سطح زمین و در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم جسم رفته‌رفته از سطح زمین (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی) فاصله می‌گیرد و طبق رابطهٔ $U=mgh$، انرژی پتانسیل گرانشی افزایش می‌یابد. وقتی جسم به نقطه اوجش می‌رسد، برمی‌گردد و دوباره از نقاط مسیر رفت عبور می‌کند و این بار انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد. همچنین انرژی پتانسیل گرانشی جسم در سطح زمین صفر است $(h=0)$.

حالا با این توضیحات مشخص است که **گزینهٔ «۳»** پاسخ صحیح است. برای درک بهتر موضوع، در نمودار زیر، جهت تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی مسیر رفت و برگشت را نیز مشخص کرده‌ایم.

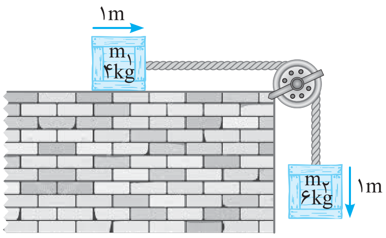
342. گزینه ۳

ابتدا به راهبرد کوتاه زیر توجه کنید:

راهبرد «۱۱»: وقتی با یک مجموعه دو یا چند جسمی سروکار داریم، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مجموعه برابر با مجموع تغییر انرژی پتانسیل گرانشی هر یک از اجسام است. یعنی:

$$\Delta U_{\text{مجموعه}}=\Delta U_1+\Delta U_2+\ldots=m_1g\Delta h_1+m_2g\Delta h_2+\ldots$$

نکته: علامت Δh ها در رابطهٔ فوق فراموش نشود!



با استفاده از رابطهٔ $\Delta U=mg\Delta h$، تغییر انرژی پتانسیل هر یک از اجسام را محاسبه می‌کنیم. همان‌طور که مشخص است، تغییر ارتفاع جسم m_1 صفر است، یعنی:

$$\Delta U_1=m_1g\Delta h_1 \xrightarrow{\Delta h_1=0} \Delta U_1=0$$

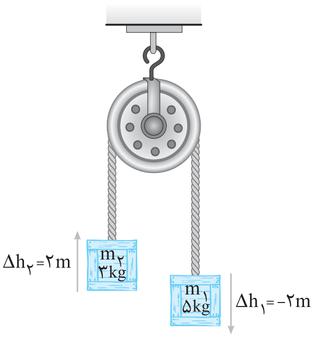
پس از یک متر سقوط، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم m_2 برابر است با:

$$\Delta U_2=m_2g\Delta h_2=6\times 10\times(-1)=-60\,J$$

حالا با جمع کردن مقادیر به‌دست آمده، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مجموعه را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U_{\text{مجموعه}}=\Delta U_1+\Delta U_2=0+(-60)=-60\,J$$

343. گزینه ۴



گام اول مطابق شکل وزنه‌ها توسط نخی، از طریق یک قرقره ثابت به هم متصل‌اند. پس از رها شدن، وزنهٔ $m_1=5\,kg$ دو متر پایین می‌آید و وزنهٔ $m_2=3\,kg$ دو متر بالا می‌رود. با استفاده از رابطهٔ $\Delta U=mg\Delta h$، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی هر وزنه را محاسبه می‌کنیم:

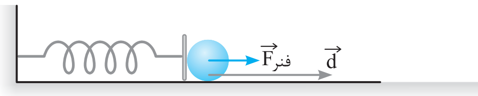
$$\Delta U_1=m_1g\Delta h_1=5\times 10\times(-2)=-100\,J$$

$$\Delta U_2=m_2g\Delta h_2=3\times 10\times(2)=60\,J$$

گام دوم تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مجموعه برابر با مجموع تغییر انرژی پتانسیل گرانشی هر وزنه است:

$$\Delta U_{\text{مجموعه}}=\Delta U_1+\Delta U_2=-100+60=-40\,J$$

344. گزینه ۳



مطابق شکل مشخص است که وقتی فنر فشرده را رها می‌کنیم، نیروی فنر، جسم را به سمت راست جابه‌جا می‌کند و نیروی فنر با جابه‌جایی هم‌جهت خواهد بود $(\theta=0)$.
در نتیجه کار نیروی فنر در طی این جابه‌جایی مثبت است. $W_{\text{فنر}} = F.d.\cos 0>0$

رابطه کار نیروی فنر و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر به‌صورت مقابل است: $\Delta U_e = -W_{\text{فنر}} \xrightarrow{W_{\text{فنر}}>0} \Delta U_e <0$

البته یه جور دیگه هم میشه تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر را متوجه شد: چون فنر در حال نزدیک شدن به طول عادی است، در نتیجه انرژی ذخیره شده در آن رو به کاهش است و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی آن منفی است.

345. گزینه ۴

از لحظه‌ای که گلوله با فنر برخورد می‌کند، فقط نیروی فنر بر آن اثر می‌کند و روی آن کار انجام می‌دهد. در نتیجه طبق قضیهٔ کار و انرژی می‌توان نوشت:

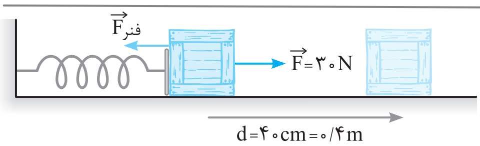
$$\left.\begin{array}{l} W_t = \Delta K \\ W_t = W_{\text{فنر}} \end{array}\right\} \Rightarrow W_{\text{فنر}} = \Delta K \xrightarrow{W_{\text{فنر}}=-\Delta U_e} -\Delta U_e = \Delta K = K_2 - K_1$$

بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر هنگامی رخ می‌دهد که گلوله متوقف شود. پس در لحظهٔ بیشینه فشردگی فنر، تندی و انرژی جنبشی جسم صفر است $(K_2=0)$:

$$-\Delta U_e = \overset{0}{\cancel{K_2}} - K_1 \xrightarrow{\Delta U_e=128\,J} -128 = -K_1 \Rightarrow K_1 = 128\,J \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = 128 \xrightarrow{m=4\,kg} \frac{1}{2}\times 4\times v_1^2 = 128 \Rightarrow v_1 = 8\,m/s$$

346. گزینه ۲



گام اول چون سطح بدون اصطکاک است، فقط دو نیروی $F=30\,N$ و $F_{\text{فنر}}$ بر جسم اثر کرده و روی آن کار انجام می‌دهند. نیروی F با جابه‌جایی هم‌جهت است $(\theta=0)$، در نتیجه کار آن برابر است با: $W = Fd\cos\theta \Rightarrow W_F = Fd\cos 0^\circ = 30\times 0/4\times 1 = 12\,J$

گام دوم کار کل انجام شده روی جسم برابر با مجموع کار نیروی F و کار فنر $(W_{\text{فنر}})$ است: $W_t = W_F + W_{\text{فنر}} \xrightarrow{W_F=12\,J} W_t = 12 + W_{\text{فنر}}$

طبق قضیه کار و انرژی، کار کل انجام شده روی جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی جسم است:

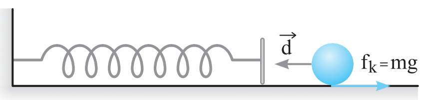
$$W_t = \Delta K = K_2 - \overset{0}{\cancel{K_1}} = \frac{1}{2}mv_2^2 \xrightarrow[v_2=1\,m/s]{m=6\,kg} W_t = \frac{1}{2}\times 6\times 1^2 = 3\,J$$

گام سوم حالا با ترکیب روابط به‌دست آمده، $W_{\text{فنر}}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} W_t = 12 + W_{\text{فنر}} \\ W_t = 3\,J \end{array}\right\} \Rightarrow 3 = 12 + W_{\text{فنر}} \Rightarrow W_{\text{فنر}} = -9\,J$$

طبق رابطهٔ $\Delta U_e = -W_{\text{فنر}}$، تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر را محاسبه می‌کنیم: $\Delta U_e = -W_{\text{فنر}} = -(-9) = 9\,J$

347. گزینه ۳



گام اول مطابق شکل نیروی اصطکاک $(f_k=mg)$ در خلاف جهت حرکت بر جسم اثر می‌کند، در نتیجه کار آن پس از 30cm فشرده شدن فنر برابر است با:

$$W = Fd\cos\theta \Rightarrow W_{f_k} = f_k\times d\times\cos 180 \xrightarrow[d=0/3\,m]{f_k=mg} W_{f_k} = mg\times 0/3\times(-1) \xrightarrow{g=10\,m/s^2} W_{f_k} = -3\,m$$

گام دوم شرایط نیروی اصطکاک هنگام بازگشت گلوله نیز مانند مسیر رفت آن است و در برگشت نیز کار آن برابر با $W_{f_k} = -3\,m$ است. در نتیجه کار کل انجام شده توسط نیروی اصطکاک روی جسم در مسیر رفت و برگشت برابر است:

$$W_{f_{k,\text{کل}}} = -2W_{f_k} = 2\times(-3\,m) = -6\,m$$

گام سوم از لحظه برخورد تا لحظه بازگشت و جدا شدن گلوله از فنر، کار نیروی فنر صفر است (چون فنر به طول عادی خود برگشته است) در نتیجه در مسیر رفت و برگشت فقط نیروی اصطکاک روی جسم کار انجام داده است و کار کل انجام شده روی جسم برابر با کار نیروی اصطکاک است:

$$W_t = W_{f_{k,\text{کل}}} = -6\,m$$

گام چهارم طبق قضیه کار و انرژی، کار کل انجام شده روی جسم در مسیر رفت و برگشت برابر با تغییر انرژی جنبشی جسم است:

$$W_t = \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \xrightarrow{W_t=-6\,m} -6\cancel{m} = \frac{1}{2}\cancel{m}\,(v_2^2 - v_1^2) \xrightarrow{v_1=4\,m/s} -6 = \frac{1}{2}(v_2^2 - 4^2)$$

$$\Rightarrow v_2^2 = 4 \Rightarrow v_2 = 2\,m/s$$

703. گزینه ۴

گام اول چون سطح مقطع ستون فرضی جَو، یکنواخت و ثابت است، می‌توان نیرویی را که جو بر سطح $1m^2$ وارد می‌کند، برابر وزن هوای این ستون در نظر گرفت و از رابطهٔ $P=\frac{F}{A}$ نوشت:

$$F=PA=10^5\times 1=10^5\,N$$

گام دوم جرم هوای موجود در این ستون فرضی برابر است با:

$$F=mg \Rightarrow 10^5=m\times 10 \Rightarrow m=10^4\,kg$$

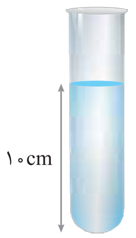
که برابر 10 تن است

704. گزینه ۱

چون نیروی آب بر پنجرهٔ زیردریایی مورد نظر است، از رابطهٔ $F=PA$ استفاده می‌کنیم و مقدار P را فشار ناشی از ستون آب بالای سر آن در نظر می‌گیریم:

$$F=(\rho gh)A \Rightarrow F=(1000\times 10\times 10)\times(100\times 10^{-4}) \Rightarrow F=1\times 10^3\,N$$

705. گزینه ۱



روش اول: با استفاده از رابطهٔ $F=PA$ و $P=\rho gh$ می‌توان نیروی جیوه بر کف ظرف را به صورت زیر به دست آورد:

توجه کنید که شعاع داخلی لوله $2\div 2=1cm$ و چگالی جیوه در SI برابر $13/6\times 1000=13600\,kg/m^3$ است:

$$F=(\rho gh)A \xrightarrow{A=\pi r^2} F=13600\times 10\times 0/1\times \pi\times(0/01)^2 \xrightarrow{\pi=3} F=4/08\,N \simeq 4\,N$$

روش دوم: چون لولهٔ استوانه‌ای شکل و یکنواخت است می‌توان از رابطهٔ $F=mg$ نیروی جیوه بر ته لوله را به‌دست آورد.

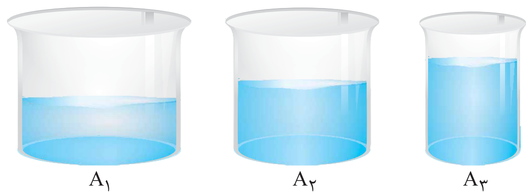
$$m=PV \Rightarrow F=\rho Vg \Rightarrow F=13600\times 0/10\times \pi\times(\frac{1}{100})^2\times 1 \Rightarrow F=4N$$

706. گزینه ۱

می‌دانیم نیرویی که مایع به کف ظرف استوانه‌ای وارد می‌کند برابر وزن مایع است و چون وزن مایع، یعنی مقدار مایع، در هر سه ظرف یکسان است، نیروی مایع بر کف ظرف‌ها نیز یکسان است:

$$F=PA \xrightarrow{P=\rho gh} F=\rho ghA \xrightarrow[m=\rho V]{hA=V} F=mg$$

تذکر: چون مقدار مایع در هر سه ظرف یکسان است، اما سطح مقطع ظرف‌ها متفاوت هستند، می‌توان نتیجه گرفت ارتفاع مایع درون ظرف‌ها یکسان نیست، از این‌رو اگر از رابطهٔ $F=PA$ استفاده کنیم، باید توجه کنیم که علاوه بر این‌که مساحت کف ظرف‌ها متفاوت است، فشار در کف ظرف‌ها نیز یکسان نیست پس در این رابطه دو متغیر وجود دارد.



707. گزینه ۴

شکل ظرف تأثیری بر فشار مایع ندارد و چون همهٔ نقاط A، B، C و D در عمق یکسان از سطح مایع هستند، در این نقاط فشار مایع یکسان است. اما یادتان هست که نیروی مایع بر سطح از رابطهٔ $F=PA$ به دست می‌آید و برای جمله «ب» چون مساحت مورد نظر در نقاط B و D یکسان و برابر $1cm^2$ و فشار آن‌ها نیز یکسان است، نیروی مایع بر هر سانتی‌مترمربع از این نقاط نیز یکسان است پس جمله «ب» هم غلط است.

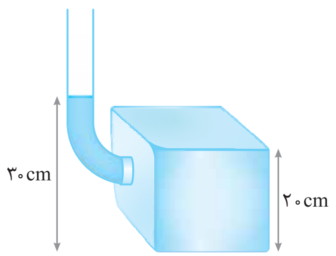
708. گزینه ۴

ظرف‌ها به شکل استوانه نیستند یا بدنهٔ آن‌ها یکنواخت نیست. بنابراین برای محاسبهٔ نیروی مایع برکف ظرف از رابطهٔ $F=\rho ghA$ استفاده می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l}F_A=\rho ghA_A\\ F_B=\rho ghA_B\end{array}\right\} \Rightarrow \xrightarrow[h_A=h_B]{P_A=P_B} \frac{F_A}{F_B}=\frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{F_A}{F_B}=\frac{8cm^2}{12cm^2}=\frac{2}{3}$$

تذکر: چون ارتفاع مایع‌ها و چگالی آن‌ها مشابه است، فشار در کف ظرف مشابه است.

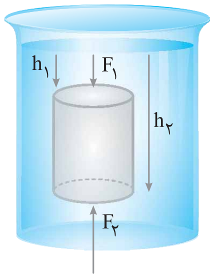
709. گزینه ۳



متوجه هستید که نیروی وارد بر کف ظرف را از رابطهٔ $F=\rho ghA$ به دست می‌آوریم. اما باید حواستان باشد که ارتفاع h را برابر 30cm در نظر بگیرید نه 20cm!

$$F=\rho ghA \Rightarrow F=800\times 10\times 0/3\times(100\times 10^{-4}) \Rightarrow F=24\,N$$

.710 (گزینهٔ ۲)



روش اول: می‌توان از رابطهٔ $F = PA$ که در آن $P = \rho gh$ است، نیروی وارد بر سطح بالایی و سطح پایینی را به دست آورد. پس داریم:

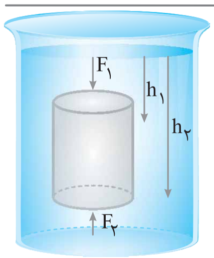
$$\left.\begin{aligned} F_1 &= \rho gh_1 A = 1000\times10\times0/1\times(20\times10^{-4}) = 2\,\text{N} \\ F_2 &= \rho gh_2 A = 1000\times10\times0/5\times(20\times10^{-4}) = 10\,\text{N}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta F = F_2 - F_1 = 10 - 2 = 8\,\text{N}$$

این نیروی خالص 8 نیوتونی از طرف آب به جسم به طرف بالا اثر می‌کند و مخالف نیروی وزن جسم است و سبب سبک شدن جسم در مایع می‌شود.

در بخش‌های جلوتر خواهید دید که این نیرو به نام نیروی شناوری یا نیروی ارشمیدس است.

روش دوم: چون سطوح بالا و پایین جسم یکسان هستند می‌توان از رابطهٔ $\Delta F = \rho gA\Delta h$ نیز استفاده کرد.

.711 (گزینهٔ ۳)



برای محاسبهٔ نیروهایی که مایع بر قاعده‌های بالایی و پایینی استوانه وارد می‌کند، از رابطهٔ $F = PA$ استفاده می‌کنیم که در آن $P = \rho gh$ است. برای محاسبهٔ نیروی مایع بر سطح بالایی که در عمق h_1 از مایع است داریم:

$$F_1 = \rho gh_1 A$$

و برای نیروی مایع بر سطح پایینی که در عمق h_2 از مایع است می‌توان نوشت:

$$F_2 = \rho gh_2 A$$

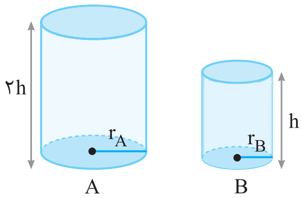
اگر دو رابطهٔ بالا را از هم کم کنیم، داریم:

$$\Delta F = F_2 - F_1 = \rho gh_2 A - \rho gh_1 A \Rightarrow \Delta F = \rho gA(h_2 - h_1)$$

با قرار دادن معلومات سوال در این رابطه داریم:

$$60 = (1/2\times10^3)\times10\times0/01(\Delta h) \Rightarrow \Delta h = 0/5\,\text{m} \Rightarrow \Delta h = 50\,\text{cm}$$

.712 (گزینهٔ ۴)



یادآوری: هرگاه ابعاد جسم مکعب یا استوانه‌ای‌شکل، دو برابر ابعاد جسم مکعب یا استوانه‌ای‌شکل دیگر باشد، حجم جسم اول $2^3 = 8$ برابر حجم جسم دوم می‌شود.

روش اول: می‌دانیم که در ظروف استوانه‌ای‌شکل، نیروی مایع بر کف ظرف برابر وزن مایع درون ظرف است، چون وزن مایع متناسب با حجم استوانه (پر از مایع) است می‌توان نوشت:

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{m_A g}{m_B g} \xrightarrow{m=\rho V} \frac{F_A}{F_B} = \frac{V_A}{V_B} = \frac{A_A h_A}{A_B h_B}$$

از طرفی می‌دانیم که مساحت کف ظرف استوانه برابر $A = \pi r^2$ است و داریم:

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{r_A^2 h_A}{r_B^2 h_B} \xrightarrow[h_A = 2h_B]{r_A = 2r_B} \frac{F_A}{F_B} = \frac{2^2\times2}{1\times1} = 8$$

برای مقایسهٔ فشار دو مایع در کف ظرف‌ها از رابطهٔ $P = \rho gh$ استفاده می‌کنیم و داریم:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\rho_A gh_A}{\rho_B gh_B} \xrightarrow[h_A = 2h_B]{\rho_A = \rho_B} \frac{P_A}{P_B} = 2$$

روش دوم: چون هر دو ظرف استوانه‌ای شکل هستند، نیروی مایع بر کف ظرف برابر وزن مایع است و چون وزن مایع A، 8 برابر وزن مایع B است، $\frac{F_A}{F_B} = 8$ است و چون ارتفاع مایع ظرف A دو برابر ارتفاع مایع B است فشار A نیز 2 برابر B است.

.713 (گزینهٔ ۴)

ابتدا فشار کل مایع‌ها را در کف ظرف به‌دست می‌آوریم سپس از رابطهٔ $F = P_{\text{کف}} A$ نیروی مایع بر کف ظرف را مشخص می‌کنیم.

گام اول با توجه به این‌که فشار کل مایع‌ها در کف ظرف از مجموع فشار دو مایع به‌دست می‌آید داریم:

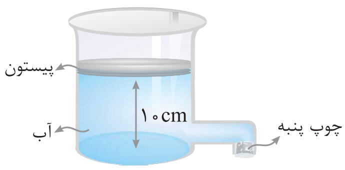
$$P = P_{\text{آب}} + P_{\text{روغن}} = 1000\times10\times0/1 + 800\times10\times0/05 = 1400\,\text{Pa}$$

گام دوم نیروی حاصل از این فشار بر کف ظرف یعنی بر مساحت $50\,\text{cm}^2$ برابر است با:

$$F = PA = 1400\times(50\times10^{-4}) = 7\,\text{N}$$

تذکر: در این سؤال حجم کل ظرف سطح مقطع یکسان ندارد و نمی‌توان نیروی وارد بر کف ظرف را از مجموع وزن مایع‌ها به دست آورد.

.714 (گزینهٔ ۲)



بیشینهٔ نیرویی که چوب پنبه تحمل می‌کند تا دَر نَرَود، از رابطهٔ $F = PA$ به دست می‌آید که در آن A مساحت مقطع چوب پنبه و P مجموع فشار مایع و فشار وزنهٔ روی پیستون است و F همان بیشینهٔ نیروی اصطکاک یعنی 2N است. اگر حداکثر جرم شن که می‌توان روی پیستون ریخت برابر m در نظر بگیریم و با توجه به ناچیز بودن جرم پیستون، می‌توان نوشت:

$$F = \left(\frac{mg}{A_{\text{پیستون}}} + \rho gh\right)A_{\text{چوب پنبه}} \Rightarrow 2 = \left(\frac{10m}{20\times10^{-4}} + 1000\times10\times0/1\right)\times10\times10^{-4} \Rightarrow m = 0/2\,\text{kg} \Rightarrow m = 200\,\text{g}$$

تذکر: اثر فشار هوا از دو طرف بر چوب پنبه وارد می‌شود، θ مساوی است؛ پس در محاسبات اصلاً فشار هوا لحاظ نمی‌شود.

715. گزینه ۲

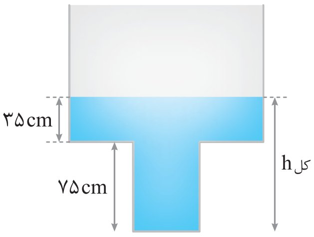
گام اول همهٔ ظرف‌ها استوانه‌ای‌شکل نیستند یا به عبارتی سطح مقطع یکنواختی ندارند، از این‌رو برای مقایسهٔ نیروی مایع درون آن‌ها بر کف ظرف از رابطهٔ $F=\rho ghA$ استفاده می‌کنیم و برای هر یک داریم:

$F_1=\rho g\times 0/20\times 5\times 10^{-4}\Rightarrow F_1=10^{-4}\rho g$

$F_2=\rho g\times 0/25\times 4\times 10^{-4}\Rightarrow F_2=10^{-4}\rho g\ ,\ F_3=\rho g\times 0/2\times 6\times 10^{-4}\Rightarrow F_3=1/2\times 10^{-4}\rho g$

گام دوم و در نهایت می‌توان نوشت: $F_1=F_2<F_3$

716. گزینه ۳



در گام اول ارتفاع کل مایع در ظرف را به‌دست آوریم. در گام دوم از رابطهٔ $P=\rho gh$ فشار مایع و در گام سوم از رابطهٔ $F=PA$ نیروی مایع بر کف ظرف را به‌دست می‌آوریم.

گام اول ارتفاع مایع در بخش نازک پایین آن $75cm$ و سطح مقطع این قسمت $30cm^2$ است. پس

حجم مایع در این بخش از ظرف برابر است با: $V=Ah=30cm^2\times 75cm=2250cm^3$

حجم باقی‌مانده در بخش بالایی ظرف برابر است با: $V'=7/5\times 1000-2250=5220cm^3$

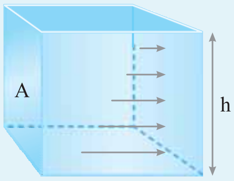
و ارتفاع این حجم از مایع برابر است با: $V'=A'h'\Rightarrow 5250=150\times h'\ ,\ h'=35cm\ ,\ h_{کل}=75+35=110cm=1/1m$

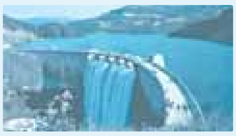
گام دوم فشار مایع در کف را به‌دست می‌آوریم: $P=\rho gh=(3\times 10^3)\times 10\times 1/1=33000Pa$

گام سوم نیروی وارد بر کف از طریق مایع برابر است با: $F=PA\ ,\ F=33000\times(30\times 10^{-4})=99N$

تذکر: چون ظرف ضخامت یکنواخت و یکسانی ندارد نمی‌توان از رابطهٔ $F=mg$ نیروی مایع بر کف را به‌دست آورد. اگر از این روش استفاده کنید به اشتباه **گزینه «۴»** را انتخاب می‌کنید.

717. گزینه ۱





راهبرد «۸»: می‌دانید که فشار مایع متناسب با عمق مایع افزایش می‌یابد و از این‌رو فشار مایع و در نتیجه نیروی مایع بر جدارهٔ قائم ظرف در عمق‌های مختلف یکسان نیست، اما می‌توانیم مقدار متوسط فشار $(\bar{P})$ و متوسط نیروی مایع بر جدارهٔ قائم $(\bar{F})$ را از رابطه‌های زیر به دست آوریم:

$$P=\rho gh\Rightarrow \bar{P}_{متوسط}=\rho g\frac{h}{2}\Rightarrow \bar{F}_{متوسط}=\bar{P}_{متوسط}.A=\frac{\rho ghA}{2}$$

در این رابطه، A مساحت جدارهٔ ظرف است، به همین دلیل دیوارهٔ سدها را در عمق بیشتر ضخیم‌تر می‌سازند.

در این سؤال می‌توان نوشت: $F=\dfrac{1000\times 10\times(40\times 10^{-2})\times(0/2\times 0/4)}{2}\Rightarrow F=160N$

تذکر: سطح دیواره جانبی ظرف $25\,cm\times 40cm$ است.

718. گزینه ۲

یادآوری: مساحت جانبی یا دیوارهٔ استوانه‌ای به ارتفاع h و شعاع قاعدهٔ r از رابطهٔ $S=2\pi r\times h$ به‌دست می‌آید.

در گام اول مساحت جانبی ظرف را به‌دست می‌آوریم و در گام بعدی با استفاده از رابطهٔ $\bar{P}=\dfrac{\rho gh}{2}$ فشار متوسط و در گام آخر نیروی متوسط مایع بر دیوارهٔ ظرف را حساب می‌کنیم.

گام اول $S_{جانبی}=2\pi r\times h=2\pi\times 0/1\times 0/2=0/04\,\pi m^2$

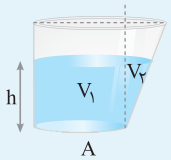
گام دوم محاسبهٔ فشار متوسط: $\bar{P}=\dfrac{\rho gh}{2}=\dfrac{1000\times 10\times 0/2}{2}=1000Pa$

گام سوم محاسبهٔ نیروی متوسط وارد بر جدارهٔ ظرف: $\bar{F}=\bar{P}A=1000\times 0/04\pi$

$\bar{F}=40\pi N=120N$

719. گزینه ۳

راهبرد «۹»: تاکنون دریافتیم فشار مایع بر کف ظرف از رابطهٔ $P=\rho gh$ به‌دست می‌آید و فشار در هر عمق h از مایع به شکل ظرف بستگی ندارد. اما نیروی مایع بر کف ظرف حتماً برابر وزن مایع درون ظرف نیست و به طور کلی برای هر ظرفی با هر شکلی این نیرو از رابطهٔ $F=\rho ghA$ به دست می‌آید. اگر ظرف استوانه‌ای‌شکل باشد، نیروی مایع بر کف ظرف برابر وزن مایع است و اگر ظرف استوانه‌ای و یکنواخت نباشد، حالت‌های زیر را می‌توان در نظر گرفت:



الف) برای ظرفی مانند شکل مقابل که دهانهٔ باز دارد می‌توان نوشت:

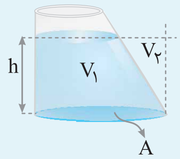
$$F = \rho g h A \xrightarrow{hA = V_1 (¾ºHº¼TwH\ ´\backslash e)} F = g\rho V_1 \xrightarrow{\rho V_1 = m_1} F = m_1 g$$

در این رابطه، m_1 جرم مایع درون استوانهٔ فرضی با حجم V_1 و سطح مقطع کف ظرف (A) است.

اگر جرم کل مایع را m در نظر بگیریم می‌توان نوشت: $F = m_1 g < m_{ÍÅl¶®¨} g$ (ýoË þ¨oll ÍÅl¶ Á»oÃº)

نتیجه: اگر حجم استوانهٔ فرضی که با قاعدهٔ کف ظرف ساخته می‌شود از حجم کل مایع کم‌تر باشد، نیروی مایع بر کف ظرف کم‌تر از وزن مایع است.

نکته: این نتیجه برای ظرف‌هایی که دهانهٔ باز دارند برقرار است.

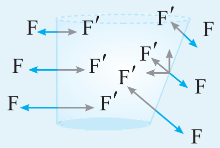


ب) برای شکل مقابل که دهانهٔ ظرف از قاعده‌اش کوچک‌تر است می‌توان نوشت:

$$F = \rho g h A \xrightarrow{hA = V_1 (¾ºHº¼TwH\ ´\backslash e)} F = g\rho V_1 \xrightarrow{\rho V_1 = m_1}$$

در این رابطه m_1 جرم مایع درون استوانهٔ فرضی با حجم V_1 و قاعدهٔ کف ظرف (A) است. $F = m_1 g$

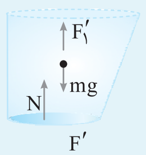
اگر جرم کل مایع را m در نظر بگیریم می‌توان دریافت که: $F = m_1 g > mg$ (ýoË þ¨oll ÍÅl¶ Á»oÃº)



نتیجه: اگر حجم استوانهٔ فرضی که با قاعدهٔ کف ظرف ساخته می‌شود، بیشتر از حجم کل مایع باشد، نیروی مایع بر کف ظرف بیشتر از وزن مایع است.

اما چرا چنین نتایج عجیب و غریبی به دست می‌آید؟

علت این پدیده‌ها را با قانون سوم نیوتون می‌توان توجیه کرد. یادتان هست که بنابراین قانون «برای هر کنشی (عملی)، واکنشی (عکس‌العملی) وجود دارد که مخالف و هم‌اندازهٔ کنش است.»



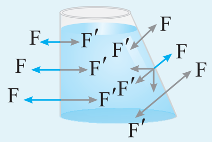
در شکل روبه‌رو مایع بر هر نقطهٔ جدارهٔ ظرف نیروی F وارد می‌کند که رو به بیرون ظرف است. واکنش این نیروها از ظرف بر مایع و رو به داخل ظرف است (F') نیروهای جدارهٔ مایل ظرف با افق زاویه‌ای می‌سازند که اگر هر نیرو را به دو مولفهٔ افقی و قائم تجزیه کنیم، مؤلفهٔ افقی هر کدام از این نیروهای F' با نیروهای جدارهٔ قائم ظرف خنثی می‌شوند.

اما مؤلفه‌های قائم این نیروها مخالف وزن مایع هستند و برایند این مؤلفه‌ها، (یعنی F'_1) با نیروی وزن مایع، کم‌تر از وزن مایع خواهد بود.

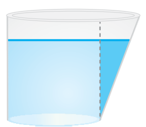
در نتیجه نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، کم‌تر از وزن مایع است. $N + F'_1 = mg \Rightarrow N = mg - F'_1$

همین استدلال را می‌توان برای ظرف با دهانهٔ کوچک‌تر از کف آن نیز به کار برد.

نکته: (۱) اگر جرم ظرف ناچیز باشد نیرویی که ظرف بر تکیه‌گاه یا سطح افقی یا ترازو وارد می‌کند در هر حالت برابر وزن مایع درون ظرف است چه ظرف استوانه‌ای باشد، چه دهانه‌اش باز و چه دهانه‌اش بسته باشد.



(۲) اگر جرم ظرف (به هر شکلی که باشد) برابر m و جرم مایع درون آن برابر m' باشد و مجموعه روی یک ترازو باشد، عددی که ترازو نشان می‌دهد مجموع وزن ظرف با وزن مایع یعنی $mg + m'g$، است.



در این سؤال چون سطح مقطع سطح مایع بیشتر از سطح مقطع قاعدهٔ ظرف است یا ظرف با دهانه باز داریم. نیروی مایع بر کف ظرف کم‌تر از وزن مایع است. تفاوت بین نیروی مایع بر کف ظرف با وزن مایع برابر وزن مایعی است که حجمش برابر حجم هاشورخورده است.

720. گزینهٔ ۱

چون، دهانهٔ ظرف (1) بسته‌تر از سطح قاعده‌اش است می‌توان دریافت نیرویی که مایع به کف این ظرف وارد می‌کند، بیشتر از وزن مایع آن است و در ظرف (2) که دهانه‌اش بازتر از سطح قاعده‌اش است، نیرویی که مایع بر کف ظرفش وارد می‌کند، کم‌تر از وزن مایع آن است.

721. گزینهٔ ۳

چون مساحت دهانهٔ سطح مایع کم‌تر از سطح قاعدهٔ ظرف است، نیروی مایع بر کف ظرف بیشتر از وزن مایع است.

722. گزینهٔ ۳

تاکنون دریافته‌ایم که فشار مایع به شکل ظرف بستگی ندارد و متناسب با ارتفاع آن یا عمق در هر نقطهٔ آن است. پس با توجه به هم‌ارتفاع بودن ظرف‌ها $P_1 = P_2$ است. F_1 و F_2 نیروهایی هستند که ظرف‌ها به سطح افقی وارد می‌کنند و برابر مجموع وزن مایع درون ظرف و وزن ظرف است که برای هر دو ظرف یکسان است. پس $F_1 = F_2$ است. دقت کنید که اگر F_1 و F_2 نیروهای مایع برکف باشند رابطهٔ $F_1 = F_2$ برقرار نیست و $F_1 > F_2$ می‌شود.

723. گزینهٔ ۳

روش اول: چون ارتفاع مایع درون ظرف در هر دو حالت ① و② یکسان است، بنابر رابطهٔ فشار مایع ($P=\rho gh$)، فشار مایع بر کف ظرف در دو حالت یکسان است؛ اما نیرویی را که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، از رابطهٔ $F=PA=\rho ghA$ به دست می‌آوریم و می‌توان نوشت:

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{P_1A_1}{P_2A_2}\xrightarrow[A=\pi r^2]{P_1=P_2}\frac{F_1}{F_2}=\frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}\xrightarrow{r_1=2r_2}\frac{F_1}{F_2}=4$$

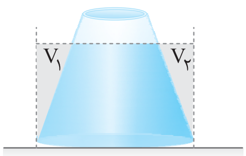
روش دوم: چون دهانهٔ ظرف ① کوچک‌تر از قاعده‌اش است، نیروی مایع بر کف این ظرف بزرگ‌تر از وزن مایع آن است یعنی $F_1>mg$ است و در ظرف ② نیز $F_2<m.g$ است پس می‌توان دریافت $F_1>F_2$ می‌باشد و با توجه به برابر بودن فشار هر دو ظرف ($P=\rho gh$)، فقط **گزینه**«۳» درست خواهد بود.

724. گزینهٔ ۱

دقت کنید که در این سؤال نیروسنج مقدار نیرویی را که ظرفی که روی آن قرار دارد، نشان می‌دهد که برابر مجموع وزن ظرف و مایع درون ظرف است، چون از وزن ظرف صرف‌نظر شده است پس عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، برابر وزن مایع درون ظرف است.

$$([\,^1\text{W»0Ã}^0)\ \ N=W_{\text{ý0Ë}}+W_{\text{ÍÄI¶}}\xrightarrow[N=F]{W_{\text{ý0Ë}}=0}F=W_{\text{ÍÄI¶}}$$

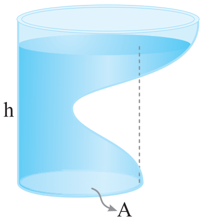
725. گزینهٔ ۲



در این سؤال که دهانهٔ ظرف بسته‌تر از سطح قاعده‌اش است ($F_1>W$) می‌دانیم نیروی مایع بر کف ظرف (F_1) بیشتر از وزن مایع (W) است. اما چون وزن ظرف ناچیز است، نیرویی که ظرف بر سطح افقی وارد می‌کند فقط برابر وزن مایع درون آن است.

تذکر: اختلاف F_1 و W به اندازهٔ وزن مایعی است که حجم‌های V_1 و V_2 شکل مقابل را پر کند.

726. گزینهٔ ۴



با توجه به این‌که نیروی مایع بر کف ظرف از رابطهٔ $F=\rho ghA$ به دست می‌آید می‌توان نوشت:

$$F=\rho ghA\xrightarrow[\text{.SwH A ½køI¤ I Âòo Î ¾ºH¼TwH ´ \textbackslash e } V']{hA=V'}$$

$$F=g\rho V'\xrightarrow[V'\text{Âòo Î ´ \textbackslash e ·»nj ÍÄI¶ ³o] } m']{m'=\rho V'}F=m'g$$

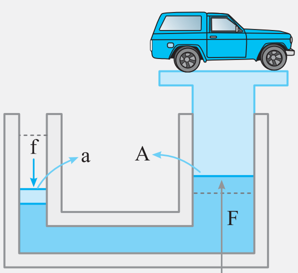
چون با توجه به شکل ظرف، m' می‌تواند بیشتر یا کم‌تر یا برابر جرم مایع درون ظرف باشد، پس **گزینه**«۴» درست است.

اصل پاسکال و کاربردهای آن

◂ اگر به یک مایع تراکم‌ناپذیر فشار وارد شود، مایع این فشار را به همهٔ نقاط خودش به طور یکسان منتقل می‌کند.

① بنابر اصل پاسکال فشار به صورت یکسان در همهٔ نقاط مایع منتقل می‌شود، اما نیرویی که مایع بر سطوح وارد می‌کند به اندازهٔ مساحت مورد نظر بستگی دارد.

در شکل مقابل یک مایع تراکم‌ناپذیر، درون ظرف U شکل قرار دارد. مساحت مقطع یک شاخهٔ ظرف برابر a و مساحت مقطع شاخهٔ بزرگ‌تر A است. با اعمال نیروی f به پیستون کوچک‌تر فشار $P=\frac{f}{a}$ بر مایع وارد می‌شود و مایع این فشار را به همهٔ قسمت‌های دیگر و در جهت‌های گوناگون منتقل می‌کند، پس به پیستون بزرگ‌تر، همین فشار منتقل شده و نیروی F ایجاد می‌کند و بنابر اصل پاسکال می‌توان نوشت:



بالابر هیدرولیکی

$$\Delta P_1=\Delta P_2\Rightarrow\frac{f}{a}=\frac{F}{A}\Rightarrow\frac{F}{f}=\frac{A}{a}$$

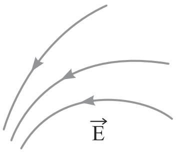
یعنی با نیروی کوچک‌تر f بر پیستون کوچک، نیروی بزرگ‌تر F بر پیستون بزرگ ایجاد کرده‌ایم.

② با توجه به این‌که مساحت پیستون‌ها از رابطهٔ مساحت دایره به دست می‌آید می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l}A=\pi R^2\\ a=\pi r^2\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{F}{f}=\frac{A}{a}=\frac{R^2}{r^2}$$

در این رابطهٔ R شعاع پیستون بزرگ و r شعاع پیستون کوچک است.

● این مبحث مربوط به دورهٔ اول دبیرستان است، اما چون به بحث فشار مربوط می‌شود، تعدادی تست از آن آورده‌ایم.



مثلاً در شکل مقابل با گذشت زمان میدان در همهٔ نقاط آن ثابت می‌ماند اما چنین میدانی یکنواخت نیست. پس یادتان باشد ثابت بودن به معنی تغییر نکردن با گذشت زمان است اما یکسان بودن به معنی تغییر نکردن در مکان‌های مختلف است.

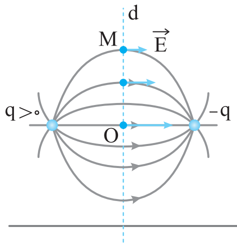
1831. گزینه ۱

خطوط میدان الکتریکی فقط یک طرح و تجسم از میدان و ابزاری برای مقایسهٔ بزرگی و جهت میدان در نقاط مختلف آن است، بنابراین در نقطهٔ Q میدان وجود دارد اما خط آن را نشان نداده‌ایم. تراکم خطوط در S بیشتر از Q است. پس بزرگی میدان در آن قوی‌تر است. جهت میدان الکتریکی در نقطهٔ P برداری مماس بر خط میدان است که از P می‌گذرد و در جهت میدان می‌باشد.

1832. گزینه ۴

چون بار منفی است نیروی وارد بر آن خلاف جهت میدان و مماس بر میدان است. چون تراکم خطوط میدان در A کم‌تر از تراکم خطوط میدان در B است، بزرگی نیروی وارد بر ذره در A کم‌تر از B است. یعنی طول بردار نیرو در A کم‌تر از B باید باشد.

1833. گزینه ۳



اگر خوب به شکل مقابل دقت کنید، در نقطهٔ M یا هر نقطهٔ دیگر، بردار مماس بر خطوط میدان، بردار میدان الکتریکی در آن نقطه را نشان می‌دهد. چون به طرف O حرکت می‌کنیم، تراکم خطوط زیاد (خطوط به هم نزدیک‌تر) می‌شوند. در نتیجه بزرگی میدان الکتریکی نیز افزایش می‌یابد.

1834. گزینه ۲

با توجه به ویژگی‌های خطوط میدان می‌توان **گزینه** «۲» را انتخاب کرد؛ زیرا تعداد خط‌های گذرنده از هر بار یکسان است و همچنین جهت خطوط از مثبت خارج و به منفی وارد شده است.

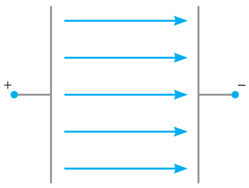
گزینه «۱ و ۴» جهت خطوط درست رسم نشده است، **گزینه** «۳»، طرح خطوط نادرست است.

1835. گزینه ۲

با استفاده از رابطهٔ $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{|q|}$ می‌توان نوشت:

$$E=\frac{0/2}{20}=10^{-2}\,N/C$$

1836. گزینه ۴



گام اول بنابر رابطهٔ $\vec{F}=q\vec{E}$، چون بار q منفی است، نیروی $\vec{F}$ خلاف جهت $\vec{E}$ خواهد بود و چون میدان الکتریکی مورد نظر به طرف بار منفی یعنی به طرف راست است، نیروی $\vec{F}$ به طرف چپ به بار q اثر می‌کند.

گام دوم میدان الکتریکی یکنواخت است پس $E_A=E_B=E_C$ می‌باشد و بنابراین نیروی وارد بر بار q در هر سه نقطه هم اندازه است.

1837. گزینه ۳

با توجه به این‌که $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}$ و $q<0$ است، برای نیروی الکتریکی داده شده می‌توان نوشت:

$$E=\frac{(-15\vec{i}+20\vec{j})\,\mu N}{-2\mu C}=7/5\vec{i}-10\vec{j}\,N/C$$

یادآوری: در رابطهٔ $\vec{F}=q\vec{E}$، مقدار بار q را باید با قید علامت بار به‌کار بریم.

1838. گزینه ۲

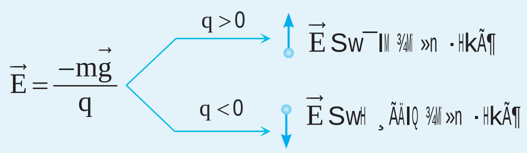
راهبرد «۱۲»: اگر ذره‌ای به جرم m و بار q در میدان الکتریکی یکنواخت E در حال تعادل باشد، بر ذره دو نیرو وارد می‌شود:

(۱) نیروی الکتریکی $\vec{F}=q\vec{E}$ (۲) نیروی گرانش $m\vec{g}$.

چون ذره در حال تعادل است نیروی خالص وارد بر ذره برابر صفر است و می‌توان نوشت:

$$\vec{F}+m\vec{g}=0\Rightarrow\vec{F}=-m\vec{g}\xrightarrow{\vec{F}=q\vec{E}}q\vec{E}=-m\vec{g}\Rightarrow\vec{E}=\frac{-m\vec{g}}{q}$$

به این رابطه که رسیدید خوب دقت کنید بردار $\vec{g}$ همواره به طرف پایین است. اگر $q>0$ (مثبت) باشد، به دلیل وجود علامت منفی در این رابطه، بردار $\vec{E}$ خلاف $\vec{g}$ یعنی به طرف بالاست و اگر $q<0$ (منفی) باشد بردار $\vec{E}$ هم‌علامت و در نتیجه هم‌جهت بردار $\vec{g}$ می‌شود و به طرف پایین خواهد بود:



پس در این سؤال که بار الکتریکی منفی $(-5\mu C)$ است میدان الکتریکی به طرف پایین است و بزرگی آن برابر است با:

$$E=\frac{mg}{|q|}=\frac{10\times10^{-3}\times10}{5\times10^{-6}}\Rightarrow E=2\times10^{4}\,N/C$$ به طرف پایین

1839. گزینه ۴

با استفاده از **راهبرد** «۱۲»، برای ذرهٔ در حال تعادل در میدان الکتریکی و گرانشی، می‌توان نوشت:

$$\vec{E}=-\frac{m\vec{g}}{q}\xrightarrow{\text{SwH ¸ÃÄIQ ýoö ¾M}\ \vec{E}}q<0$$

$$E=\frac{mg}{|q|}\Rightarrow m=\frac{|q|E}{g}==\frac{0/4\times10^{-6}\times5\times10^{5}}{10}=2\times10^{-2}kg\Rightarrow m=20g$$

1840. گزینه ۲

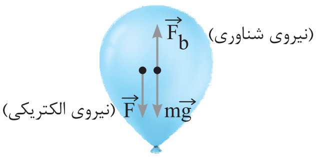
یادآوری: هر مقدار بار الکتریکی q مضرب صحیحی از بار $e=1/6\times10^{-19}C$ است: $q=ne$

از راهبرد، می‌دانیم: بر ذره، دو نیروی (۱) گرانشی و (۲) الکتریکی اثر می‌کند. چون ذره در حال تعادل است نیروی الکتریکی رو به بالا و بر خلاف نیروی وزن است، چون ذره بار مثبت دارد نیروی الکتریکی هم‌جهت میدان رو به بالاست، در نتیجه صفحهٔ A باید منفی و B مثبت باشد و برای محاسبهٔ تعداد الکترون‌ها نیز می‌توان نوشت:

$$F_E=mg\Rightarrow qE=mg\Rightarrow q=\frac{mg}{E}\xrightarrow{q=ne}n\times1/6\times10^{-19}=\frac{1/6\times10^{-14}\times10}{1/0\times10^{5}}\Rightarrow n=10$$

1841. گزینه ۲

یادآوری: اگر جسمی درون شاره‌ای (مانند هوا) قرار گیرد از طرف شاره برجسم نیرویی به طرف بالا وارد می‌شود، به این نیرو، نیروی شناوری می‌گویند.



بر این بادکنک سه نیرو اثر می‌کند:

(۱) نیروی گرانشی، (۲) نیروی الکتریکی، (۳) نیروی شناوری. چون بار الکتریکی بادکنک مثبت و میدان الکتریکی نیز رو به پایین است، نیروی الکتریکی وارد بر بادکنک هم رو به پایین است. نیروی شناوری هوا بر بادکنک رو به بالاست و بادکنک معلق (در حالت تعادل) است می‌توان نوشت:

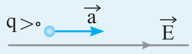
$$F_b-F-mg=0\xrightarrow{F=qE}F_b=|q|E+mg\Rightarrow F_b=10\times10^{-6}\times10^{4}+10\times10^{-3}\times10=0/2N$$

1842. گزینه ۴

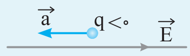
راهبرد «۱۳»: اگر بار الکتریکی q بر ذره‌ای به جرم m قرار گیرد و ... قرار گیرد و در میدان $\vec{E}$ رها شود، شتابی را که بار در اثر میدان الکتریکی می‌گیرد می‌توان از قانون دوم نیوتون و رابطهٔ $\vec{F}=q\vec{E}$ مشخص کرد:

$$\left.\begin{aligned}\vec{F}&=q\vec{E}\\ \vec{F}_T&=m\vec{a}\end{aligned}\right\}\xrightarrow{\vec{F}=\vec{F}_T}m\vec{a}=q\vec{E}$$

$$\vec{a}=\frac{q}{m}\vec{E}\xrightarrow{\text{.k\{I (SLX¶) } q>0 \text{ 0H}}\text{.SwH } \vec{E}\text{ S¿]´À } \vec{a}$$



$$\xrightarrow{\text{.k\{I (Âÿ¹¶) } q<0 \text{ 0H}}\text{.SwH } \vec{E}\text{ S¿] ý° i } \vec{a}$$



نکته: اگر میدان الکتریکی یکنواخت باشد، شتاب ذره که در اثر میدان پدید می‌آید نیز مقداری ثابت خواهد بود و حرکت ذره را می‌توان شتاب‌دار با شتاب ثابت درنظر گرفت و معادله‌های چنین حرکتی را برای ذره می‌توان به‌کار برد:

$$V=at+V_0$$

$$\Delta x=\frac{1}{2}at^2+V_0t \qquad \Delta x=\frac{V+V_0}{2}t$$

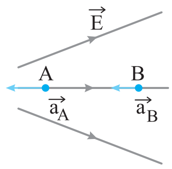
$$V^2-V_0^2=2a\Delta x$$

در این سؤال می‌توان نوشت:

$$\vec{a}=\frac{q}{m}\vec{E}$$

و چون علامت بار q معلوم نیست می‌تواند هم‌جهت یا خلاف جهت باشد.

1843. گزینه ۴



می‌دانیم که بر ذرهٔ m که بار منفی دارد در میدان الکتریکی $\vec{E}$، نیروی الکتریکی $\vec{F}$ وارد می‌شود و داریم:

$$\vec{F}=q\vec{E}$$

و از **راهبرد** «۱۳» می‌توان نوشت:

$$\vec{a}=\frac{q}{m}\vec{E}$$

چون $q<0$ (منفی) است بردار شتاب مخالف $\vec{E}$ و در جهت چپ است و چون بزرگی $\vec{E}$ در A بیشتر از B است (تراکم بیشتر) بزرگی شتاب ذره در A بیشتر از B است.

1844. گزینه ۲

یادآوری: نیروی الکتریکی که از طرف میدان الکتریکی بر بار منفی وارد می‌شود خلاف جهت میدان الکتریکی است.

نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی خلاف جهت میدان الکتریکی و نیروی وارد بر بار مثبت در جهت میدان الکتریکی است بر بار وارد می‌شود و مسیر حرکت بار منفی به طرف بالا و مسیر حرکت بار مثبت به طرف پایین تغییر می‌کند. معلوم است که ذرهٔ (2) خنثی بوده است.

1845. گزینه ۲

یادآوری: در حرکت با شتاب ثابت سرعت ذره برحسب زمان از رابطهٔ $v = at + v_0$ به‌دست می‌آید.

گام اول شتاب ذره را به‌دست می‌آوریم چون فقط نیروی الکتریکی برذره اثر می‌کند از رابطهٔ $F_T = qE$ « $F_T = ma$ می‌توان نوشت:

$$ma = qE \Rightarrow a = \frac{qE}{m} = \frac{10\times10^{-6}\times10^2}{20\times10^{-6}\times10} = 10\,m/s^2$$

گام دوم از معادلهٔ سرعت زمان برای حرکت شتاب‌دار می‌توان نوشت:

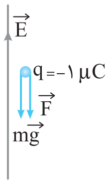
$$v = at + v_0 \xrightarrow{v_0=0} v = 10\times2+0 = 20\,m/s$$

1846. گزینه ۱

از **راهبرد** «۱۳»، می‌دانیم که شتاب ذرهٔ باردار در میدان الکتریکی برابر $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$ است و برای مقایسهٔ بردار شتاب دو ذره می‌توان نوشت:

$$\frac{\vec{a}_2}{\vec{a}_1} = \frac{q_2}{q_1}\times\frac{m_1}{m_2}\times\frac{\vec{E}_2}{\vec{E}_1} \xrightarrow[q_2=-2q\ ,\ q_1=q]{\vec{E}_2=\vec{E}_1\ ,\ m_1=m\ ,\ m_2=4m} \frac{\vec{a}_2}{\vec{a}_1} = \frac{-2q}{q}\times\frac{m}{4m} \Rightarrow \frac{\vec{a}_2}{\vec{a}_1} = -\frac{1}{2} \Rightarrow \vec{a}_1 = -2\vec{a}_2$$

1847. گزینه ۴



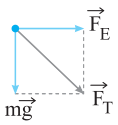
بر ذره دو نیرو وارد می‌شود: ① نیروی گرانشی، ② نیروی الکتریکی، نیروی گرانش که همواره به طرف پایین است، اما نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی خلاف جهت میدان و در این‌جا رو به پایین است.

از قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}\vec{F}_T = m\vec{a}\\ \vec{F}_T = \vec{F}_1 + m\vec{g}\end{cases} \Rightarrow \vec{F}_1 + m\vec{g} = m\vec{a} \xrightarrow{F=|q|E}$$

$$|q|E + mg = ma \Rightarrow 1\times10^{-6}\times10^4 + 1\times10^{-3}\times10 = 10^{-3}a \Rightarrow a = \frac{10^{-2}+10^{-2}}{10^{-3}} = 20\,m/s^2$$

1848. گزینه ۱

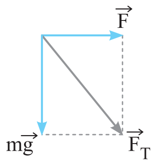


بر ذره دو نیرو وارد می‌شود: ① نیروی وزن (mg) ② نیروی الکتریکی $(F_E = qE)$. این دو نیرو بر هم عمودند. اگر فرض کنیم میدان الکتریکی به طرف راست باشد نیروی الکتریکی نیز افقی و به طرف راست است و بر نیروی وزن عمود است. در این‌صورت نیروی خالص وارد بر جسم برابر است با:

$$F_T = \sqrt{F_E^2 + (mg)^2} = \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}$$

$$F_T = \sqrt{(200\times10^{-6}\times10) + (200\times10^{-6}\times10)^2} = 2\sqrt{2}\times10^{-3}\,N\ ,\ a = \frac{F_T}{m} = \frac{2\sqrt{2}\times10^{-3}}{200\times10^{-6}} = 10\sqrt{2}\,m/s^2$$

1849. گزینه ۱



بر ذره دو نیرو وارد می‌شود: ① نیروی الکتریکی که به طرف راست است. ② نیروی گرانش که به طرف پایین است. از این‌رو برایند این دو نیرو در جهت $\vec{F}_T$ در شکل مقابل است. اما چون ذره از حالت سکون رها شده است حرکت ذره در جهت نیروی خالص وارد بر آن یعنی $\vec{F}_T$ خواهد بود. و چون $m\vec{g} = \vec{F}$ مقدارهای ثابت و در نقاط بین دو صفحه یکسان هستند، اندازه و جهت $\vec{F}_T$ هم یکسان و ثابت است پس جهت حرکت ذره خط مستقیم و مطابق **گزینهٔ** «۱» خواهد بود.

1850. گزینه ۳

گام اول میدان الکتریکی به طرف بالا و از ذره مثبت است. پس میدان بر ذره نیروی به طرف بالا وارد می‌کند که این نیرو از رابطهٔ $F = qE$ به‌دست می‌آید:

$$F = qE = 2\times10^{-3}\times10^2 = 0/2N$$

گام دوم میدان گرانش زمین نیز بر ذره نیروی mg به طرف پایین وارد می‌کند که برابر است با:

$$mg = 40\times10^{-3}\times10 = 0/4N$$

گام سوم از قانون دوم نیوتون شتاب ذره را به‌دست می‌آوریم:

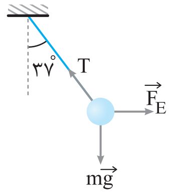
$$F_T = ma \Rightarrow mg - F = ma \Rightarrow 0/4 - 0/2 = 40\times10^{-3}\times a \Rightarrow a = 5m/s^2$$

گام چهارم از رابطهٔ جابه‌جایی در ثانیهٔ tام برای حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت می‌توان نوشت:

$$\Delta x = \frac{1}{2}\alpha(2t-1) + v_0 \xrightarrow{v_0=0} \Delta x = \frac{1}{2}\times5(2\times2-1) \Rightarrow \Delta x = 7/5m$$

یادآوری: در حرکت با شتاب ثابت جابه‌جایی جسم در ثانیه tام از رابطهٔ $\Delta x = \frac{1}{2}\alpha(2t-1) + v_0$ به‌دست می‌آید.

1851. گزینه ۲

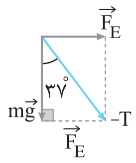


(۱)

روش اول: مطابق شکل (1) سه نیرو بر گلولهٔ آونگ وارد شده است و چون گلوله درحالت تعادل است، برایند آن‌ها صفر است.

از **راهبرد** «۱۳» می‌دانیم اگر برایند (نیروی خالص) سه نیرو صفر شود می‌توان برایند دو نیرو را برابر قرینهٔ نیروی سوم در نظر گرفت:

$$\vec F_E + m\vec g + \vec T = 0 \Rightarrow \vec F_E + m\vec g = -\vec T$$



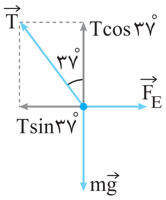
(۲)

مطابق شکل (2)، چون $\vec F_E$ بر $m\vec g$ عمود است می‌توان از روابط مثلثاتی که مناسب باشند استفاده کرد. مثلاً در این سؤال می‌توان از نسبت ضلع F_E به ضلع $m\vec g$ (روبه‌رو و مجاور زاویهٔ 37°) که همان تانژانت 37° است استفاده کرد و نوشت:

$$\tan 37^\circ = \frac{F_E}{mg} \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{|q|E}{mg} \xrightarrow[q>0]{\tan 37^\circ = \frac{3}{4}} \frac{3}{4} = \frac{q\times 10^4}{40\times10^{-3}\times10}$$

$$\Rightarrow q = 3\times10^{-5}\,C \Rightarrow q = 30\,\mu C$$

تذکر: ذره در جهت خطوط میدان منحرف شده، پس بار آن مثبت است.

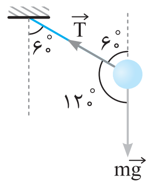


روش دوم: برای حل این سؤال می‌توان از تجزیه نیروها نیز استفاده کرد و نوشت:

$$\left\{\begin{matrix} F_E = T\sin 37^\circ \\ mg = T\cos 37^\circ \end{matrix}\right\} \longrightarrow \frac{F_E}{mg} = \tan 37^\circ \xrightarrow{F_E = |q|E} \tan 37^\circ = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow q = 30\,\mu C$$

1852. گزینه ۴

یادآوری: اگر برایند سه نیرو صفر باشد، برایند دو نیرو برابر قرینهٔ نیروی سوم است.



بر گلوله سه نیرو وارد می‌شود که دو نیروی کشش نخ و نیروی وزن وارد بر گلوله را در شکل رسم کرده‌ایم. نیروی سوم نیروی الکتریکی است که چون جهت میدان الکتریکی را نمی‌دانیم آن را رسم نکرده‌ایم. اما می‌دانیم که برایند این سه نیرو صفر است و می‌دانیم که بزرگی برایند دو تا از این سه نیرو (مثلاً mg و T) برابر بزرگی نیروی سوم (یعنی F_E) است پس می‌توان نوشت: $m\vec g + \vec T = -\vec F_E$

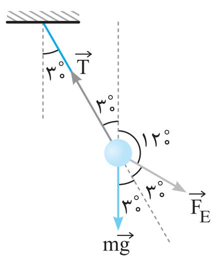
اکنون بزرگی برایند $m\vec g$ و $\vec T$ را به‌دست می‌آوریم. یادتان هست که چگونه؟

$$\left.\begin{matrix} mg = 50\times10^{-3}\times10 = 0/5\,N \\ T = 0/5\,N \end{matrix}\right\} \xrightarrow{T=mg} F_{(T,\,mg)} = 2T\cos(\frac{120}{2}) = 2T\times\cos 60^\circ = T$$

چون F_E برایند $F_{(T,mg)}$ را خنثی کرده است می‌توان نتیجه گرفت، بزرگی نیروی F_E برابر $mg = T = 0/5\,N$ است و از رابطهٔ $F_E = |q|E$ میدان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$F_E = |q|E \Rightarrow 0/5 = 20\times10^{-6}E \Rightarrow E = 25\times10^3\,N/C$$

1853. گزینه ۴



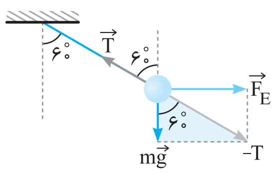
اول از هر چیز می‌توانیم بگوییم که بار q منفی است. چرا؟ به این دلیل که گلولهٔ آونگ خلاف جهت میدان منحرف شده است. دوم این‌که با توجه به نیروهای وارد بر گلوله که در شکل ملاحظه می‌کنید می‌توانیم از راهبرد قبل، استفاده کنیم و قانون سینوس‌ها را برای سه نیروی در حال تعادل که بر گلوله وارد می‌شود، به‌کار ببریم و بنویسیم:

$$\frac{F_E}{\sin 150^\circ} = \frac{mg}{\sin 150^\circ} \xrightarrow{\sin 150^\circ = \sin 30^\circ} \frac{F_E}{\sin 30^\circ} = \frac{mg}{\sin 30^\circ} \Rightarrow \frac{F_E}{\frac{1}{2}} = \frac{20\times10^{-3}\times10}{\frac{1}{2}} \Rightarrow F_E = 0/2\,N$$

در مرحله آخر برای محاسبهٔ بار q می‌توان نوشت:

$$F_E = |q|E \Rightarrow |q| = \frac{0/2}{10^2} \Rightarrow q = -2\times10^{-3}\,C$$

1854. گزینه ۴



در شکل مقابل نیروهای وارد بر گلوله را رسم کرده‌ایم، ملاحظه فرمایید.

از آن‌جا که گلوله در حال تعادل است باید برایند $\vec F_E$ و $m\vec g$ با قرینه کشش نخ برابر باشد.

پس برای مثلث هاشور خورده می‌توان نوشت:

$$\tan 60^\circ = \frac{F_E}{mg} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{F_E}{mg} \quad (۱)$$

اگر زاویهٔ 60° نصف و برابر 30° شود در این صورت از رابطهٔ فوق می‌توان نوشت:

$$\tan 30^\circ = \frac{F'_E}{mg} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{F'_E}{mg} \quad (۲)$$

از تقسیم کردن طرفین رابطهٔ (۲) به طرفین رابطهٔ (۱) می‌توان نتیجه گرفت:

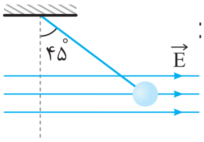
$$\frac{1}{3} = \frac{F'_E}{F_E} \xrightarrow{F_E = |q|E} \frac{1}{3} = \frac{|q|E'}{|q|E} \xrightarrow{q=q} \frac{1}{3} = \frac{E'}{E}$$

پس میدان الکتریکی باید به یک سوم مقدار اولیه‌اش برسد. بنابراین درصد تغییرات میدان برابر است با:

$$\text{درصد تغییر میدان} = \frac{E'-E}{E} = \frac{\frac{1}{3}E - E}{E} = -\frac{2}{3} \simeq -66/6 \simeq \%-67$$

.1855 گزینهٔ ۴

گام اول چون میدان $\vec{E}$ افقی است، با توجه به **راهبرد «۱۳»**، در حالت اولیه که زاویه انحراف نخ 45° است می‌توان نوشت:



$$\tan\alpha = \frac{F_E}{mg} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{|q|E}{mg} \xrightarrow[E_2=E_1]{\alpha_1=45^\circ} 1 = \frac{|q|E_1}{mg} \quad (۱)$$

گام دوم اگر میدان الکتریکی تغییر کند تا زاویهٔ انحراف نخ به 37° برسد ممکن است دو حالت رخ دهد:

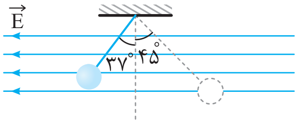
حالت اول:

$$\tan 37^\circ = \frac{|q|E_2}{mg} \xrightarrow{\tan 37^\circ = \frac{3}{4}} \frac{3}{4} = \frac{|q|E_2}{mg} \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۲)\ و\ (۱)} \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{3}{4}}{1} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{3-4}{4} = \frac{-1}{4} \simeq -\%25$$

گام سوم

حالت دوم: در این حالت ممکن است میدان الکتریکی ابتدا به صفر برسد و سپس در جهت مخالف افزایش یابد. پس انحراف گلوله مطابق شکل خواهد بود.



گام چهارم در این حالت می‌توان نتیجه گرفت که میدان %175 تغییر می‌کند. زیرا در حالت دوم جهت میدان مخالف حالت اول است و اندازهٔ آن $\frac{3}{4}$ برابر اندازهٔ حالت اول است پس تغییر میدان برابر است با:

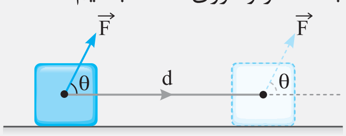
$$|\Delta\vec{E}| = |\vec{E}_2 - \vec{E}_1| = -\frac{3}{4}E_1 - E_1 = \frac{-7}{4}E_1 \Rightarrow \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{-\frac{7}{4}E_1}{E_1} = \frac{-7}{4} = -\%1/75 = -\%175$$

انرژی پتانسیل الکتریکی

پیش از این‌که دربارهٔ انرژی پتانسیل الکتریکی بحث کنیم، بهتر است یادآوری کوتاهی از مبحث کار و انرژی داشته باشیم:

۱) تعریف کار یک نیروی ثابت:

$$\underset{(J)}{W_F} = \underset{(N)}{F}\ \underset{(m)}{d}\ \cos\theta_{(F,d)}$$



$\theta_{(F,d)}$ زاویه بین $\vec{F}$ و جابه‌جایی $(\vec{d})$ است و W_F کار نیروی F روی جسم در این جابه‌جایی است.

۲) انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v حرکت می‌کند، از رابطه روبه‌رو تعریف می‌شود:

$$\underset{(J)}{K} = \frac{1}{2}\underset{(kg)}{m}\ \underset{(\frac{m}{s})^2}{v^2}$$

۳) قضیه کار و انرژی جنبشی:

$$W_T = K_2 - K_1$$

۴) انرژی پتانسیل گرانشی جسمی که در ارتفاع h از مبداء پتانسیل گرانشی است:

$$U_g = mgh$$

۵) انرژی مکانیکی جسم:

$$E = U + K$$

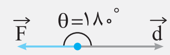
۶) پایستگی انرژی مکانیکی:

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

۱) اگر زاویهٔ بین نیروی $\vec{F}$ و جابه‌جایی $\vec{d}$، صفر یا حاده باشد، کار نیرو مثبت است.

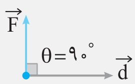
$$W_F = Fd$$

۲) اگر زاویه بین نیروی $\vec{F}$ و جابه‌جایی $\vec{d}$، 180° یا منفرجه باشد، کار نیرو منفی است.



$$W_F = -Fd$$

۳) اگر زاویه بین نیروی $\vec{F}$ و جابه‌جایی $\vec{d}$، 90° باشد، کار نیرو صفر است.



$$W_F = 0$$