

مقدمه

دانش آموز گرامی؛

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

اما بدانید که سؤال خوب، پاسخ خوب هم لازم دارد. در این قسمت هم کوشیده ایم تا پاسخ‌های کامل با راه حل‌های 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 نکته ریز یا تذکر دیگری را هم دیدی. مهم تر از همه این که علاوه بر درس نامه‌های هر مبحث، راهبردهای آموزشی بسیار جامع را برایتان آماده کرده ایم تا یادگیری لذت بخش و مفاهیم برای شما به یاد ماندنی باشد. راهبردها، تکمیل کننده درس نامه‌ها هستند. برای آن که از دشواری مطالعه کاسته شود، همه مفاهیم آموزشی را در هر مبحث، یک جا بیان نکرده ایم.

همان طور که در مقدمه جلد اول این کتاب ذکر کردم، در هر مبحث اگر ابتدا تست‌هایی که با نشان مشخص کرده ایم را پاسخ دهید، با مراجعه به پاسخ آن‌ها، راهبردهای آموزشی را نیز خواهید آموخت. به این ترتیب آمادگی بیشتری برای پاسخ سایر تست‌های آن مبحث خواهید داشت.

لازم می‌دانم علاوه بر همه 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 انتشارت را یاری دادند سپاسگزاری ویژه داشته باشم.

نصراالله افاضل

مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک

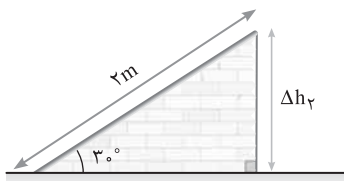
فهرست

۵	فصل ۱: فیزیک و اندازه‌گیری
۳۷	فصل ۲: کار، انرژی و توان
۱۳۷	فصل ۳: ویژگی‌های فیزیکی مواد
۲۰۹	فصل ۴: دما و گرما
۳۳۷	فصل ۵: ترمودینامیک
۴۰۳	فصل ۶: الکتریسیته ساکن
۵۰۷	فصل ۷: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم
۶۰۱	فصل ۸: مغناطیس
۶۵۹	فصل ۹: القای الکترومغناطیس و جریان متناوب



۷۰۱

کنکور ۹۷



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 ($W_1 = +m_1g\Delta h_1$) و چون جابه‌جایی m_2 رو به بالا بوده است کار نیروی وزن روی آن منفی ($W_2 = -m_2g\Delta h_2$) است. در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W_1 = +m_1g\Delta h_1 = 3 \times 10 \times 2 = 60 \text{ J} \\ W_2 = -m_2g\Delta h_2 = -2 \times 10 \times 1 = -20 \text{ J} \end{cases}$$

$$W_t = W_1 + W_2 = 60 + (-20) = 40 \text{ J}$$

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

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

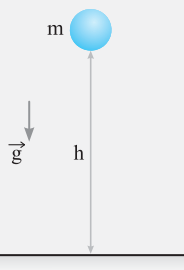
یعنی تندی هر دو جسم پس از 2 m جابه‌جایی به 4 m/s می‌رسد.

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 سامانه جسم - زمین می‌گویند و با نماد U_g نمایش داده می‌شود. البته از این به بعد برای سادگی در گفتار، انرژی پتانسیل گرانشی سامانه 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 به صورت 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 محاسبه 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 اندازه Δh بالا رود، کار نیروی وزن منفی است و برابر با:

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

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

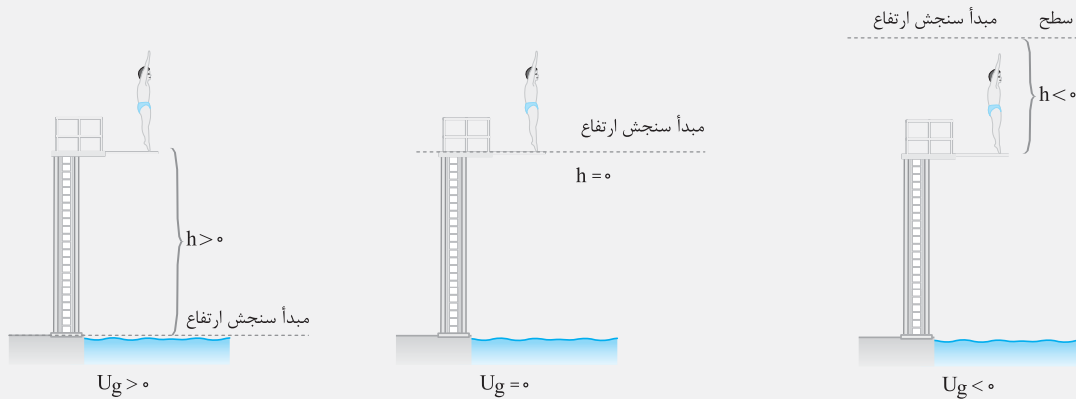
از مقایسه دو رابطه به دست آمده داریم:

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

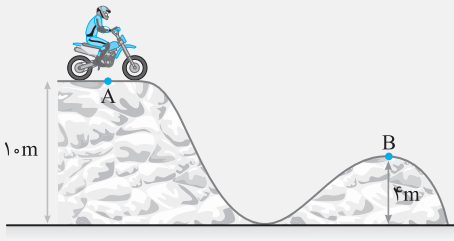
1) برای سادگی در استفاده از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ می‌توان Δh را با علامت جای‌گذاری کرد، یعنی اگر جابه‌جایی جسم رو به بالا باشد Δh را مثبت و اگر جابه‌جایی جسم رو به پایین باشد Δh را منفی قرار می‌دهیم. 

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

3) توجه کنید که برای محاسبه انرژی پتانسیل گرانشی، ارتفاع جسم را نسبت به هر نقطه 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.



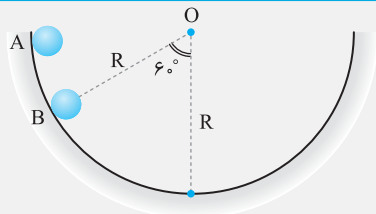
مشاهده می‌کنید که با تغییر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی، علامت U_g تغییر می‌کند. ولی نکته جالب اینجاست که اندازه و علامت تغییر انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU_g) مستقل از مبدأ سنجش ارتفاع است. یعنی ما در یک مسئله مختاریم که هر نقطه‌ای را به عنوان مبدأ سنجش ارتفاع در نظر بگیریم و این کار هیچ تأثیری بر پاسخ نهایی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



مثال: مطابق شکل مقابل، موتورسواری از نقطه A شروع به حرکت می‌کند و در ادامه مسیرش به نقطه 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؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

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

پاسخ: گزینه 4 می‌دانیم که در محاسبه تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مسیر حرکت مهم نیست و فقط تغییر ارتفاع جسم مهم است تغییر ارتفاع $\Delta h = h_2 - h_1 = 4 - 10 = -6 \text{ m}$
حالا می‌توانیم از رابطه $\Delta U_g = mg\Delta h$ ، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی را محاسبه کنیم:
 $\Delta U_g = 200 \times 10 \times (-6) = -12000 \text{ J}$
پاسخ سؤال کامل شده است، اما برای رضای دل خودمان کار نیروی وزن را محاسبه می‌کنیم:
 $W_{mg} = -\Delta U_g = 12000 \text{ J}$



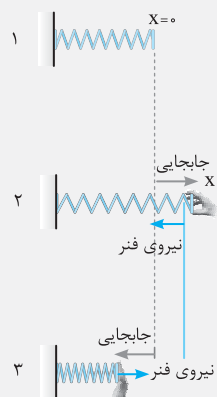
مثال: در شکل مقابل گلوله‌ای درون یک نیم‌کره دارای اصطکاک از نقطه A رها می‌شود. در جابه‌جایی گلوله از نقطه A تا B کار نیروی وزن چند برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی گلوله است؟ ($\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

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

پاسخ: گزینه 1 همان‌طور که گفته شد رابطه $\Delta U_g = -W_{mg}$ 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 به صورت 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 در خلاف 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:

$$W_{0 \rightarrow 1} = -\Delta U_e$$

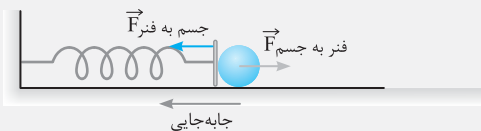
در حالتی که فنر طول عادی خودش را دارد، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در آن صفر است.

به طور کلی هرگاه طول فنر از طول عادی اش فاصله بگیرد (فشرده یا کشیده شود)، انرژی پتانسیل کشسانی اش افزایش می یابد و هرگاه طول فنر به طول عادی اش نزدیک شود، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در آن کاهش می یابد.

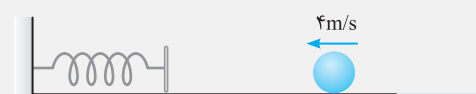


مثال: در شکل روبه رو گلوله ای روی سطح افقی با فنر برخورد می کند و آن را فشرده می کند. در کدام گزینه علامت کار گلوله روی فنر، کار فنر روی گلوله و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر از لحظه برخورد گلوله تا لحظه بیشینه فشردگی فنر به ترتیب از راست به چپ به درستی بیان شده است؟

- (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 شده اند. مشاهده می کنید که نیرویی که جسم به فنر وارد می کند با جابه جایی هم سو است ($\theta = 0$)، در نتیجه کار جسم مثبت است. همچنین نیرویی که فنر به جسم وارد می کند در خلاف جهت جابه جایی است ($\theta = 180^\circ$)، در نتیجه کار فنر منفی است همچنین طبق رابطه $\Delta U_e = -W_{01}$ مشخص است که ΔU_e مثبت است.



مثال: مطابق شکل، گلوله ای به جرم 1 kg روی یک سطح افقی بدون اصطکاکی حرکت می کند و در ادامه با یک فنر برخورد می کند. 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 می کنیم. از لحظه ای که گلوله با فنر برخورد می کند فقط نیروی فنر بر آن اثر می کند و روی آن کار انجام می دهد، در نتیجه می توان نوشت:

$$W_t = \Delta K \\ W_t = W_{01} \Rightarrow W_{01} = \Delta K = K_2 - K_1$$

همچنین بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر هنگامی رخ می دهد که گلوله متوقف شود، چون در این لحظه فنر دارای بیشینه فشردگی است. در نتیجه در این لحظه $K_2 = 0$ است: $W_{01} = K_2 - K_1 \xrightarrow[v_2=0]{K_2=0} W_{01} = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -\frac{1}{2} \times 1 \times 4^2 = -8 \text{ J}$ رابطه تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر و کار فنر به صورت مقابل است:

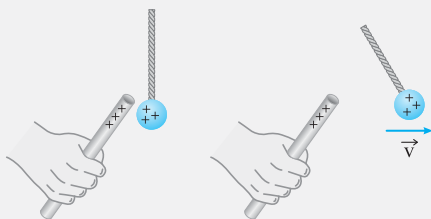
$$\Delta U_e = -W_{01} = -(-8) = 8 \text{ J}$$

چون فنر در حالت عادی خود هیچ انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده ای ندارد، می توان 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 J است.

انرژی پتانسیل الکتریکی



انرژی که در مجموعه ای از اجسام دارای بار الکتریکی که روی هم اثر می گذارند ذخیره می شود.

مطابق شکل با نزدیک کردن دو جسم باردار به یکدیگر انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه دو جسم تغییر می کند. نحوه تغییرات این انرژی به نوع اجسام و دور یا نزدیک کردن آن ها به یکدیگر بستگی دارد.

پاسخ های تشریحی

331. گزینه ۲

درستی یا نادرستی هر عبارت را جداگانه بررسی می کنیم:

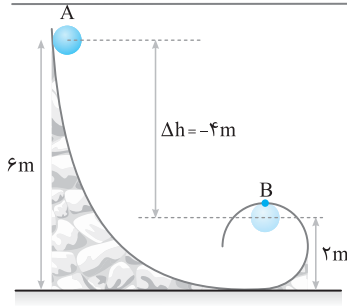
(الف) (درست) تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ به دست می آید. چون جابه جایی جسم رو به پایین است، $\Delta h < 0$ است و در نتیجه $\Delta U < 0$ است.

(ب) (نادرست) انرژی جنبشی همواره مثبت است، اما علامت انرژی پتانسیل گرانشی به مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی بستگی دارد. در حالتی که جسم پایین تر 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 سامانه ای متشکل از این دو تعریف می شود.

(ت) (درست) تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مستقل از مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی و همچنین مسیر حرکت در یک جابه جایی مشخص است و همواره از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ محاسبه می شود.

332. گزینه ۳

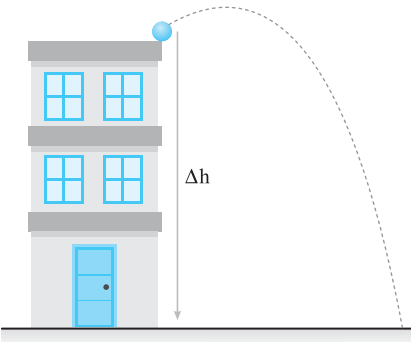


تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مستقل از مسیر حرکت است و از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ محاسبه می‌شود. فقط باید توجه داشته باشیم که تغییر ارتفاع (Δh) باید با علامت در رابطه قرار داده شود. مطابق شکل ارتفاع توپ در طی جابه‌جایی از نقطه A تا B کاهش یافته است و در نتیجه $\Delta h = -4\text{ m}$ است. حالا می‌توان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

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

نکته: ۱) تغییر انرژی پتانسیل گرانشی همواره از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ محاسبه می‌شود. ۲) 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:

$$\Delta h = -20\text{ m}$$

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

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

334. گزینه ۲

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

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

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

$$\Delta U = U_B - U_A \xrightarrow{\substack{\Delta U = -30\text{ J} \\ U_B = -50\text{ J}}} -30 = -50 - U_A \Rightarrow U_A = -20\text{ J}$$

335. گزینه ۴

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = -100 - 300 = -400\text{ J}$$

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 ($\Delta h = -4\text{ m}$). در نتیجه می‌توان نوشت:

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

336. گزینه ۴

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

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

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

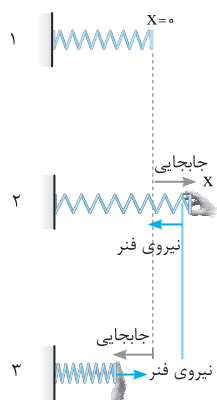
تغییر ارتفاع موتورسوار برابر است با:

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

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، ($\Delta U = -6 \times 10^4\text{ J}$) در نتیجه می‌توان نوشت:

$$\Delta U = mg\Delta h \Rightarrow -6 \times 10^4 = 200 \times 10 \times \Delta h \Rightarrow \Delta h = -30\text{ m}$$

$$\Rightarrow h_2 - 80 = -30 \Rightarrow h_2 = 50\text{ m}$$



338. گزینه ۳

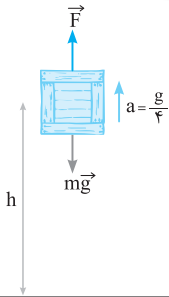
وقتی جسمی در شرایط خلأ از ارتفاعی رها می‌شود، در ثانیه اول حرکتش، 5 m در ثانیه دوم 15 m، در ثانیه سوم 25 m سقوط می‌کند. بنابراین تغییر ارتفاع جسم در ثانیه اول برابر است با:

$$\Delta h = -5\text{ m}$$

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

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

339. گزینه ۲



گام اول چون سطح زمین به عنوان 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 می کند و جسم با شتاب $\frac{g}{4}$ رو به بالا حرکت می کند. با استفاده از قانون دوم نیوتون

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

گام دوم حالا با استفاده از تعریف کار به سراغ محاسبه کار نیروی F می رویم. نیروی F هم جهت با جابه جایی است ($\theta = 0$):

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

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

گام سوم در آخرین مرحله نسبت خواسته شده را محاسبه می کنیم:

340. گزینه ۱

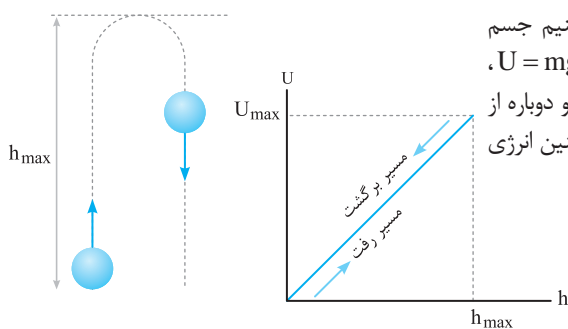
مستقل از نوع حرکت آسانسور و شخص، در طی یک جابه جایی همواره کار نیروی وزن قرینه تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است، یعنی:

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

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

نکته: در هر نوع جابه جایی جسم همواره رابطه مقابل برقرار است:

341. گزینه ۳



مطابق شکل وقتی جسمی را از سطح زمین و در راستای قائم رو به بالا پرتاب می کنیم جسم رفته رفته از سطح زمین (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی) فاصله می گیرد و طبق رابطه $U = mgh$ ، انرژی پتانسیل گرانشی افزایش می یابد. وقتی جسم به نقطه اوجش می رسد، برمی گردد و دوباره از نقاط مسیر رفت عبور می کند و این بار انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می یابد. همچنین انرژی پتانسیل گرانشی جسم در سطح زمین صفر است ($h = 0$).

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

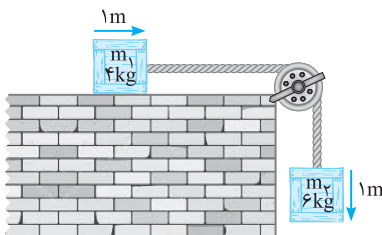
342. گزینه ۳

ابتدا به راهبرد کوتاه زیر توجه کنید:

راهبرد «۱»: 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:

$$\Delta U_{\text{مجموعه}} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots = m_1 g \Delta h_1 + m_2 g \Delta h_2 + \dots$$

نکته: علامت Δh ها در رابطه فوق فراموش نشود!



با استفاده از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ ، تغییر انرژی پتانسیل هر یک از اجسام را محاسبه می کنیم. همان طور که

مشخص است، تغییر ارتفاع جسم m_1 صفر است، یعنی: $\Delta U_1 = m_1 g \Delta h_1 \xrightarrow{\Delta h_1 = 0} \Delta U_1 = 0$

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

$$\Delta U_2 = m_2 g \Delta h_2 = 6 \times 10 \times (-1) = -60 \text{ J}$$

حالا با جمع کردن مقادیر به دست آمده، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مجموعه را محاسبه می کنیم:

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

343. گزینه ۴

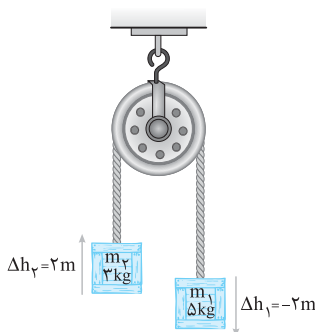
گام اول مطابق شکل وزنه ها توسط نخ، از طریق یک قرقره ثابت به هم متصل اند. پس از رها شدن، وزنه $m_1 = 5 \text{ kg}$ دو متر پایین می آید و وزنه $m_2 = 3 \text{ kg}$ دو متر بالا می رود. با استفاده از رابطه $\Delta U = mg\Delta h$ ، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی هر وزنه را محاسبه می کنیم:

$$\Delta U_1 = m_1 g \Delta h_1 = 5 \times 10 \times (-2) = -100 \text{ J}$$

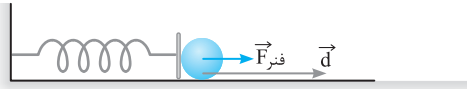
$$\Delta U_2 = m_2 g \Delta h_2 = 3 \times 10 \times (2) = 60 \text{ J}$$

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

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



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. $W_{01} = F \cdot d \cdot \cos 0 > 0$

$$\Delta U_e = -W_{01} \xrightarrow{W_{01} > 0} \Delta U_e < 0$$

رابطه کار نیروی فنر و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر به صورت مقابل است:

البته به 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 قضیه کار و انرژی می‌توان نوشت:

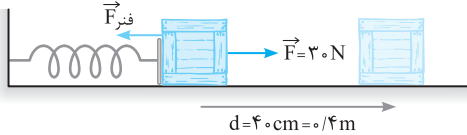
$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_{01} = \Delta K \xrightarrow{W_{01} = -\Delta U_e} -\Delta U_e = \Delta K = K_2 - K_1$$

بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر هنگامی رخ می‌دهد که گلوله متوقف شود. پس در لحظه بیشینه فشرده‌گی فنر، تندی و انرژی جنبشی جسم

$$-\Delta U_e = K_2 - K_1 \xrightarrow{\Delta U_e = 128 \text{ J}} -128 = -K_1 \Rightarrow K_1 = 128 \text{ J} \Rightarrow \text{صفر است } (K_2 = 0)$$

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

346. گزینه ۲



گام اول چون سطح بدون اصطکاک است، فقط دو نیروی F و F_{01} 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: $W = F d \cos \theta \Rightarrow W_F = F d \cos 0^\circ = 30 \times 0/4 \times 1 = 12 \text{ J}$

گام دوم کار کل انجام شده روی جسم برابر با مجموع کار نیروی F و کار فنر (W_{01}) است: $W_t = W_F + W_{01} \xrightarrow{W_F = 12 \text{ J}} W_t = 12 + W_{01}$ طبق قضیه کار و انرژی، کار کل انجام شده روی جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی جسم است:

$$W_t = \Delta K = K_2 - K_1 \xrightarrow{K_1 = 0} \frac{1}{2} m v_2^2 \xrightarrow{\substack{m = 6 \text{ kg} \\ v_2 = 1 \text{ m/s}}} W_t = \frac{1}{2} \times 6 \times 1^2 = 3 \text{ J}$$

گام سوم حالا با ترکیب روابط به‌دست آمده، W_{01} را محاسبه می‌کنیم: $W_t = 12 + W_{01} \Rightarrow 3 = 12 + W_{01} \Rightarrow W_{01} = -9 \text{ J}$

طبق رابطه $\Delta U_e = -W_{01} = -(-9) = 9 \text{ J}$ ، تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر را محاسبه می‌کنیم:

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:

$$W = F d \cos \theta \Rightarrow W_{f_k} = f_k \times d \times \cos 180^\circ \xrightarrow{\substack{f_k = mg \\ d = 0/3 \text{ m}}} W_{f_k} = mg \times 0/3 \times (-1) \xrightarrow{g = 10 \text{ m/s}^2} W_{f_k} = -3 \text{ m}$$

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

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

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:

$$W_t = W_{f_k} = -6 \text{ m}$$

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:

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

703. گزینه ۴

گام اول: چون سطح مقطع ستون فرضی جو، 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 رابطه $P = \frac{F}{A}$ نوشت:

$$F = PA = 10^5 \times 1 = 10^5 \text{ N}$$

$$F = mg \Rightarrow 10^5 = m \times 10 \Rightarrow m = 10^4 \text{ kg}$$

گام دوم: جرم هوای موجود در این ستون فرضی برابر است با: که برابر 10 تن است

704. گزینه ۱

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

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

705. گزینه ۱

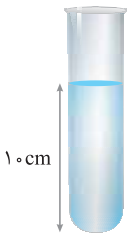
روش اول: با استفاده از رابطه $F = PA$ و $P = \rho gh$ می‌توان نیروی جیوه بر کف ظرف را به صورت زیر به دست آورد:

توجه کنید که شعاع داخلی لوله $2 \div 2 = 1\text{cm}$ و چگالی جیوه در SI برابر 13600kg/m^3 است:

$$F = (\rho gh)A \xrightarrow{A = \pi r^2} F = 13600 \times 10 \times 0.01 \times \pi \times (0.01)^2 \xrightarrow{\pi = 3} F = 4.08 \text{ N} \approx 4 \text{ N}$$

روش دوم: چون لوله استوانه‌ای شکل و یکنواخت است می‌توان از رابطه $F = mg$ نیروی جیوه بر ته لوله را به دست آورد.

$$m = PV \Rightarrow F = \rho Vg \Rightarrow F = 13600 \times 0.01 \times \pi \times \left(\frac{1}{100}\right)^2 \times 1 \Rightarrow F = 4 \text{ N}$$

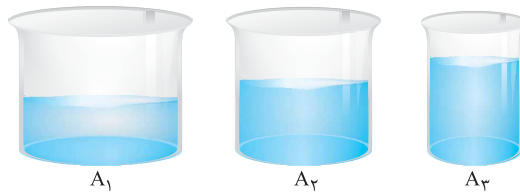


706. گزینه ۱

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:

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

تذکره: 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 این رو اگر از رابطه $F = PA$ استفاده کنیم، باید توجه کنیم که علاوه بر این که 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 همه 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 رابطه $F = PA$ 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 سانتی‌متر مربع از این نقاط نیز یکسان است پس جمله «ب» هم غلط است.

708. گزینه ۴

ظرف‌ها به شکل استوانه نیستند یا بدنه آن‌ها یکنواخت نیست. بنابراین برای محاسبه نیروی مایع بر کف ظرف از رابطه $F = \rho ghA$ استفاده می‌کنیم:

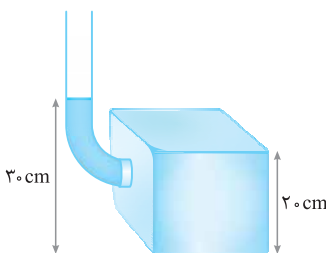
$$\left. \begin{array}{l} F_A = \rho ghA_A \\ F_B = \rho ghA_B \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_A = P_B}{h_A = h_B} \rightarrow \frac{F_A}{F_B} = \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = \frac{8\text{cm}^2}{12\text{cm}^2} = \frac{2}{3}$$

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

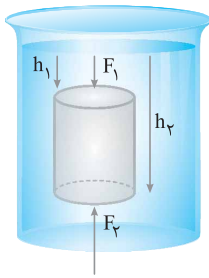
709. گزینه ۳

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

$$F = \rho ghA \Rightarrow F = 800 \times 10 \times 0.3 \times (100 \times 10^{-4}) \Rightarrow F = 24 \text{ N}$$



710. گزینه ۲



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

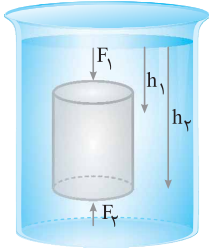
$$\left. \begin{aligned} F_1 &= \rho gh_1 A = 1000 \times 10 \times 0.1 \times (20 \times 10^{-4}) = 2 \text{ N} \\ F_2 &= \rho gh_2 A = 1000 \times 10 \times 0.5 \times (20 \times 10^{-4}) = 10 \text{ N} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta F = F_2 - F_1 = 10 - 2 = 8 \text{ N}$$

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 رابطه $\Delta F = \rho g A \Delta h$ نیز استفاده کرد.

711. گزینه ۳



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

$$F_1 = \rho gh_1 A$$

$$F_2 = \rho gh_2 A$$

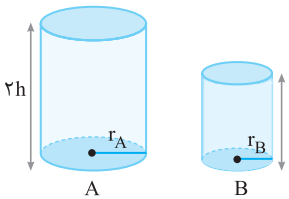
و برای نیروی مایع بر سطح پایینی که در عمق h_2 از مایع است می‌توان نوشت:

$$\Delta F = F_2 - F_1 = \rho gh_2 A - \rho gh_1 A \Rightarrow \Delta F = \rho g A (h_2 - h_1) \quad \text{داریم.}$$

$$60 = (1/2 \times 10^3) \times 10 \times 0.01 (\Delta h) \Rightarrow \Delta h = 0.5 \text{ m} \Rightarrow \Delta h = 50 \text{ cm}$$

با قرار دادن معلومات سوال در این رابطه داریم:

712. گزینه ۴



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

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

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

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{r_A^2 h_A}{r_B^2 h_B} \xrightarrow{r_A = 2r_B, h_A = 2h_B} \frac{F_A}{F_B} = \frac{2^2 \times 2}{1 \times 1} = 8$$

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

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\rho_A g h_A}{\rho_B g h_B} \xrightarrow{\rho_A = \rho_B, h_A = 2h_B} \frac{P_A}{P_B} = 2$$

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

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. گزینه ۴

ابتدا فشار کل مایع‌ها را در کف ظرف به دست می‌آوریم سپس از رابطه $F = P \cdot A$ نیروی مایع بر کف ظرف را مشخص می‌کنیم.

گام اول با توجه به این که فشار کل مایع‌ها در کف ظرف از مجموع فشار دو مایع به دست می‌آید داریم:

$$P = P_{JA} + P_{\text{وین}} = 1000 \times 10 \times 0.1 + 800 \times 10 \times 0.05 = 1400 \text{ Pa}$$

$$F = PA = 1400 \times (50 \times 10^{-4}) = 7 \text{ N}$$

گام دوم نیروی حاصل از این فشار بر کف ظرف یعنی بر مساحت 50 cm^2 برابر است با:

تذکره: 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. گزینه ۲



بیشینه نیرویی که چوب پنبه تحمل می‌کند تا در نرود، از رابطه $F = PA$ به دست می‌آید که در آن A مساحت مقطع چوب پنبه و P مجموع فشار مایع و فشار وزنه روی پیستون است و F همان بیشینه 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:

$$F = \left(\frac{mg}{A} + \rho gh \right) A \Rightarrow 2 = \left(\frac{10m}{20 \times 10^{-4}} + 1000 \times 10 \times 0.1 \right) \times 10 \times 10^{-4} \Rightarrow m = 0.2 \text{ kg} \Rightarrow m = 200 \text{ g}$$

تذکره: 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 همه طرف‌ها استوانه‌ای شکل نیستند یا به عبارتی سطح مقطع یکنواختی ندارند. از این رو برای مقایسه نیروی مایع درون آن‌ها بر کف ظرف از رابطه $F = \rho ghA$ استفاده می‌کنیم و برای هر یک داریم:

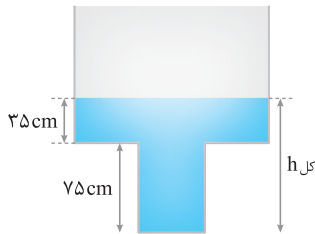
$$F_1 = \rho g \times 0/20 \times 5 \times 10^{-4} \Rightarrow F_1 = 10^{-4} \rho g$$

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

$$F_1 = F_2 < F_3$$

گام دوم و در نهایت می‌توان نوشت:

716. گزینه ۳



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

گام اول ارتفاع مایع در بخش نازک پایین آن 75cm و سطح مقطع این قسمت 30cm² است. پس حجم مایع در این بخش از ظرف برابر است با:

$$V = Ah = 30 \text{cm}^2 \times 75 \text{cm} = 2250 \text{cm}^3$$

حجم باقی‌مانده در بخش بالایی ظرف برابر است با:

$$V' = 7/5 \times 1000 - 2250 = 5220 \text{cm}^3$$

و ارتفاع این حجم از مایع برابر است با:

$$V' = A'h' \Rightarrow 5250 = 150 \times h' \Rightarrow h' = 35 \text{cm}, h_{\text{کل}} = 75 + 35 = 110 \text{cm} = 1/11 \text{m}$$

گام دوم فشار مایع در کف را به دست می‌آوریم:

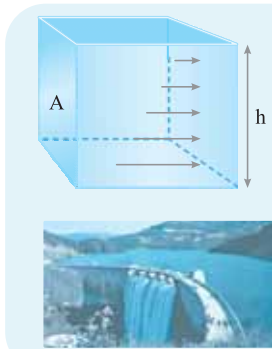
$$P = \rho gh = (3 \times 10^3) \times 10 \times 1/11 = 33000 \text{Pa}$$

گام سوم نیروی وارد بر کف از طریق مایع برابر است با:

$$F = PA, F = 33000 \times (30 \times 10^{-4}) = 99 \text{N}$$

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

717. گزینه ۱



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

$$P = \rho gh \Rightarrow \bar{P}_{\text{جداره}} = \rho g \frac{h}{2} \Rightarrow \bar{F}_{\text{جداره}} = \bar{P}_{\text{جداره}} \cdot A = \frac{\rho ghA}{2}$$

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

$$F = \frac{1000 \times 10 \times (40 \times 10^{-2}) \times (0/2 \times 0/4)}{2} \Rightarrow F = 160 \text{N}$$

در این سؤال می‌توان نوشت:

تذکره: سطح دیواره جانبی ظرف 25 cm × 40 cm است.

718. گزینه ۲

یادآوری: مساحت جانبی یا دیواره استوانه‌ای به ارتفاع h و شعاع قاعده r از رابطه $S = 2\pi r \times h$ به دست می‌آید.

در گام اول مساحت جانبی ظرف را به دست می‌آوریم و در گام بعدی با استفاده از رابطه $\bar{P} = \frac{\rho gh}{2}$ فشار متوسط و در گام آخر نیروی متوسط مایع بر دیواره ظرف را حساب می‌کنیم.

$$S_{\text{جداره}} = 2\pi r \times h = 2\pi \times 0/1 \times 0/2 = 0/04 \pi \text{m}^2$$

$$\bar{P} = \frac{\rho gh}{2} = \frac{1000 \times 10 \times 0/2}{2} = 1000 \text{Pa}$$

گام دوم محاسبه فشار متوسط:

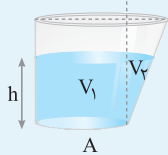
$$\bar{F} = \bar{P}A = 1000 \times 0/04 \pi$$

گام سوم محاسبه نیروی متوسط وارد بر جداره ظرف:

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

719. گزینه ۳

راهنبرد «۹»: تاکنون دریافتیم فشار مایع بر کف ظرف از رابطه $P = \rho gh$ به دست 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 رابطه $F = \rho ghA$ به دست می‌آید. اگر ظرف استوانه‌ای شکل 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 دهانه‌اش باز دارد می‌توان نوشت:

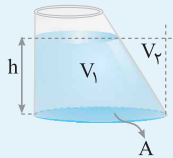
$$F = \rho g h A \xrightarrow{hA = V_1} F = \rho g V_1 \xrightarrow{\rho V_1 = m_1} F = m_1 g$$

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

$$F = m_1 g < m g$$

اگر جرم کل مایع را m در نظر بگیریم می‌توان نوشت:

نتیجه: اگر حجم استوانه فرضی که با قاعده 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 دهانه‌اش باز دارند برقرار است.

ب) برای شکل مقابل که دهانه‌اش کوچک‌تر است می‌توان نوشت:

$$F = \rho g h A \xrightarrow{hA = V_1} F = \rho g V_1 \xrightarrow{\rho V_1 = m_1} F = m_1 g$$

در این رابطه m_1 جرم مایع درون استوانه فرضی با حجم V_1 و قاعده کف ظرف (A) است.

$$F = m_1 g > mg$$

اگر جرم کل مایع را m در نظر بگیریم می‌توان دریافت که:

نتیجه: اگر حجم استوانه فرضی که با قاعده 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 (عکس‌عملی) وجود دارد که مخالف و هم‌اندازه کنش است.»

در شکل روبه‌رو مایع بر هر نقطه جداره 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 جداره مایل ظرف با

افق زاویه‌ای می‌سازند که اگر هر نیرو را به دو مؤلفه افقی و قائم تجزیه کنیم، مؤلفه افقی هر کدام

از این نیروهای F' با نیروهای جداره قائم ظرف خنثی می‌شوند.

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

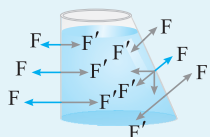
$$N + F'_1 = mg \Rightarrow N = mg - F'_1$$

در نتیجه نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، کمتر از وزن مایع است.

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

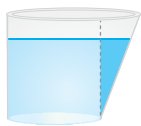
نکته: ۱) اگر جرم ظرف ناچیز باشد نیرویی که ظرف بر تکیه‌گاه یا سطح افقی یا ترازو وارد می‌کند در هر حالت برابر وزن مایع

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 قاعده 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. گزینه ۱

چون، دهانه 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 ظرف وارد می‌کند، کمتر از وزن مایع آن است.

721. گزینه ۳

چون مساحت دهانه سطح مایع کمتر از سطح قاعده ظرف است، نیروی مایع بر کف ظرف بیشتر از وزن مایع است.

722. گزینه ۳

تاکنون دریافته‌ایم که فشار مایع به شکل ظرف بستگی ندارد و متناسب با ارتفاع آن یا عمق در هر نقطه 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 بر کف باشند رابطه $F_1 = F_2$ برقرار نیست و $F_1 > F_2$ می‌شود.

723. گزینه ۳

روش اول: چون ارتفاع مایع درون ظرف در هر دو حالت ① و ② یکسان است، بنابراین رابطه 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 رابطه $F = PA = \rho ghA$ به دست می‌آوریم و می‌توان نوشت:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{P_1 A_1}{P_2 A_2} \xrightarrow{P_1 = P_2} \frac{F_1}{F_2} = \frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2} \xrightarrow{r_1 = 2r_2} \frac{F_1}{F_2} = 4$$

روش دوم: چون دهانه 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 $F_2 < mg$ 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. گزینه ۱

دقت کنید که در این سؤال نیروسنج مقدار نیروی 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.

$$N = W_{y0E} + W_{\uparrow \text{مایع}} \xrightarrow{W_{y0E} = 0} \xrightarrow{N = F} F = W_{\uparrow \text{مایع}}$$

725. گزینه ۲

در این سؤال که دهانه 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.

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

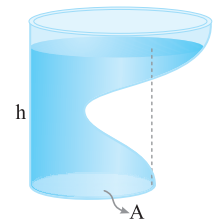
726. گزینه ۴

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

$$F = \rho ghA \xrightarrow{hA = V'} \xrightarrow{V' = \rho V'} F = \rho gV'$$

$$F = \rho gV' \xrightarrow{m' = \rho V'} F = m'g$$

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 همه نقاط خودش به طور یکسان منتقل می‌کند.

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

در شکل مقابل یک مایع تراکم‌ناپذیر، درون ظرف U شکل قرار دارد. مساحت مقطع یک شاخه ظرف برابر a و مساحت مقطع شاخه 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 همه قسمت‌های دیگر و در جهت‌های گوناگون منتقل می‌کند، پس به پیستون بزرگتر، همین فشار منتقل شده و نیروی F ایجاد می‌کند و بنابراین اصل پاسکال می‌توان نوشت:

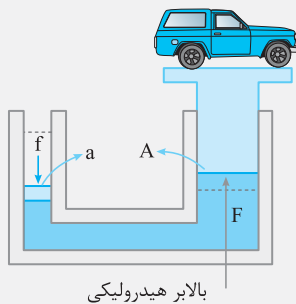
$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \Rightarrow \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

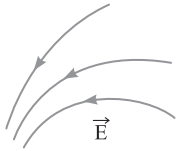
یعنی با نیروی کوچکتر f بر پیستون کوچک، نیروی بزرگتر F بر پیستون بزرگ ایجاد کرده‌ایم. ② با توجه به این که مساحت پیستون‌ها از رابطه مساحت دایره به دست می‌آید می‌توان نوشت:

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

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

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





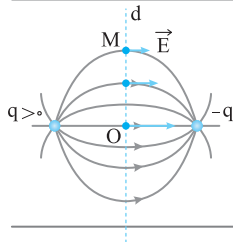
مثلاً در شکل مقابل با گذشت زمان میدان در همه نقاط آن ثابت می‌ماند اما چنین میدانی یکنواخت نیست. پس یادتان باشد ثابت بودن به معنی تغییر نکردن با گذشت زمان است اما یکسان بودن به معنی تغییر نکردن در مکان‌های مختلف است.

1831. **گزینه ۱**

خطوط میدان الکتریکی فقط یک طرح و تجسم از میدان و ابزاری برای مقایسه بزرگی و جهت میدان در نقاط مختلف آن است. بنابراین در نقطه 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 نقطه 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 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 نقطه M یا هر نقطه 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**

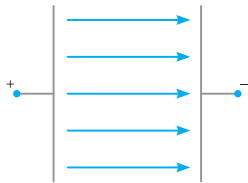
با توجه به ویژگی‌های خطوط میدان می‌توان «گزینه ۲» را انتخاب کرد؛ زیرا تعداد خط‌های گذرنده از هر بار یکسان است و همچنین جهت خطوط از مثبت خارج و به منفی وارد شده است.

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

1835. **گزینه ۲**

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

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

1836. **گزینه ۴**

گام اول بنابر رابطه $\vec{F} = q\vec{E}$ ، 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**

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

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

یادآوری: در رابطه $\vec{F} = q\vec{E}$ ، مقدار بار q را باید با قید علامت بار به کار ببریم.

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:

$$\vec{E} = \frac{-m\vec{g}}{q} \begin{cases} q > 0 & \uparrow \vec{E} \text{ Sw } \left(\frac{-m\vec{g}}{q} \right) \cdot \left(\frac{-m\vec{g}}{q} \right) \\ q < 0 & \downarrow \vec{E} \text{ Sw } \left(\frac{-m\vec{g}}{q} \right) \cdot \left(\frac{-m\vec{g}}{q} \right) \end{cases}$$

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

$$E = \frac{mg}{|q|} = \frac{10 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-6}} \Rightarrow E = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$$

به طرف پایین

1839. گزینه ۴

با استفاده از راهبرد «۱۳»، برای ذره در حال تعادل در میدان الکتریکی و گرانشی، می‌توان نوشت:

$$\vec{E} = -\frac{mg}{q} \Rightarrow m = \frac{|q|E}{g} = \frac{0.4 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^5}{10} = 2 \times 10^{-2} \text{ kg} \Rightarrow m = 20 \text{ g}$$

1840. گزینه ۲

یادآوری: هر مقدار بار الکتریکی q مضرب صحیحی از بار $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است:

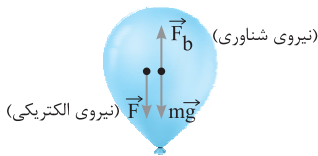
از راهبرد، می‌دانیم: بر ذره، دو نیروی ① گرانشی و ② الکتریکی اثر می‌کند. چون ذره در حال تعادل است نیروی الکتریکی رو به بالا و بر خلاف نیروی وزن است. چون ذره بار مثبت دارد نیروی الکتریکی هم‌جهت میدان رو به بالاست. در نتیجه صفحه A باید منفی و B مثبت باشد و برای محاسبه

$$F_E = mg \Rightarrow qE = mg \Rightarrow q = \frac{mg}{E} \xrightarrow{q=ne} n \times 1.6 \times 10^{-19} = \frac{1.6 \times 10^{-14} \times 10}{1.0 \times 10^5} \Rightarrow n = 10$$

تعداد الکترون‌ها نیز می‌توان نوشت:

1841. گزینه ۲

یادآوری: اگر جسمی درون شاره‌ای (مانند هوا) قرار گیرد از طرف شاره بر جسم نیرویی به طرف بالا وارد می‌شود. به این نیرو، نیروی شناوری می‌گویند. بر این بادکنک سه نیرو اثر می‌کند:



① نیروی گرانشی، ② نیروی الکتریکی، ③ 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:

$$F_b - F - mg = 0 \xrightarrow{F=qE} F_b = |q|E + mg \Rightarrow F_b = 10 \times 10^{-6} \times 10^4 + 10 \times 10^{-3} \times 10 = 0.2 \text{ N}$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F} = q\vec{E} \\ \vec{F}_T = m\vec{a} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \vec{F} = \vec{F}_T \rightarrow m\vec{a} = q\vec{E} \\ \vec{F} = q\vec{E} \text{ رابطهٔ دوم نیوتون و رابطهٔ مشخص کرد:} \end{array}$$

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

$$\xrightarrow{\text{.k}\{III(SLX)\}q>0\text{H}}$$

$$\text{.SwH } \vec{E} \text{ } S_{\vec{E}} \text{ } i \vec{a}$$

$$q > 0 \rightarrow \vec{a} \parallel \vec{E}$$

$$\xrightarrow{\text{.k}\{III(\hat{A}y)\}q<0\text{H}}$$

$$\text{.SwH } \vec{E} \text{ } S_{\vec{E}} \text{ } y \vec{a}$$

$$q < 0 \rightarrow \vec{a} \text{ مخالف } \vec{E}$$

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 در نظر گرفت و معادله‌های چنین حرکتی را برای ذره می‌توان به کار برد:

$$V = at + V_0$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t$$

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

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

$$\Delta x = \frac{V + V_0}{2} t$$

در این سؤال می‌توان نوشت:

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

1843. گزینه ۴

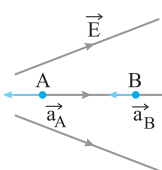
می‌دانیم که بر ذره m که بار منفی دارد در میدان الکتریکی \vec{E} ، نیروی الکتریکی \vec{F} وارد می‌شود و داریم:

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

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 ذره (2) خنثی بوده است.

1845. گزینه ۲

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

گام اول شتاب ذره را به دست می‌آوریم چون فقط نیروی الکتریکی بر ذره اثر می‌کند از رابطه $F_T = ma \Rightarrow F_T = qE$ می‌توان نوشت:

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

$$v = at + v_0 \xrightarrow{v_0=0} v = 10 \times 2 + 0 = 20 \text{ m/s}$$

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

1846. گزینه ۱

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

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

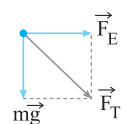
1847. گزینه ۴

بر ذره دو نیرو وارد می‌شود: (۱) نیروی گرانشی، (۲) نیروی الکتریکی، نیروی گرانش که همواره به طرف پایین است. اما نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی خلاف جهت میدان و در این جا رو به پایین است.

$$\begin{cases} \vec{F}_T = m\vec{a} \\ \vec{F}_T = \vec{F}_1 + m\vec{g} \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_1 + m\vec{g} = m\vec{a} \xrightarrow{F=q|E|} \text{از قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:}$$

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

1848. گزینه ۱

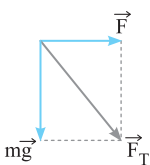


بر ذره دو نیرو وارد می‌شود: (۱) نیروی وزن (mg) (۲) نیروی الکتریکی ($F_E = qE$). این دو نیرو بر هم عمودند. اگر فرض کنیم میدان الکتریکی به طرف راست باشد نیروی الکتریکی نیز افقی و به طرف راست است و بر نیروی وزن عمود است. در این صورت نیروی خالص وارد بر جسم برابر است با:

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

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

1849. گزینه ۱



بر ذره دو نیرو وارد می‌شود: (۱) نیروی الکتریکی که به طرف راست است. (۲) نیروی گرانش که به طرف پایین است. از این رو بر 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 گزینه «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 رابطه $F = qE$ به دست می‌آید:

$$F = qE = 2 \times 10^{-3} \times 10^2 = 0.2 \text{ N}$$

$$mg = 40 \times 10^{-3} \times 10 = 0.4 \text{ N}$$

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

$$F_T = ma \Rightarrow mg - F = ma \Rightarrow 0.4 - 0.2 = 40 \times 10^{-3} \times a \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$$

گام سوم از قانون دوم نیوتون شتاب ذره را به دست می‌آوریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a (2t - 1) + v_0 \xrightarrow{v_0=0} \Delta x = \frac{1}{2} \times 5 (2 \times 2 - 1) \Rightarrow \Delta x = 7.5 \text{ m}$$

یادآوری: در حرکت با شتاب ثابت جابه‌جایی جسم در ثانیه t ام از رابطه $\Delta x = \frac{1}{2} a (2t - 1) + v_0$ به دست می‌آید.

1851. گزینه ۲

روش اول: مطابق شکل (1) سه نیرو بر گلوله آونگ وارد شده است و چون گلوله در حالت تعادل است، برآیند آن‌ها صفر است. از راهبرد «۱۳» می‌دانیم اگر برآیند (نیروی خالص) سه نیرو صفر شود می‌توان برآیند دو نیرو را برابر قرینه نیروی سوم در نظر گرفت:

$$\vec{F}_E + m\vec{g} + \vec{T} = 0 \Rightarrow \vec{F}_E + m\vec{g} = -\vec{T}$$

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 زاویه 37°) که همان تانژانت 37° است استفاده کرد و نوشت:

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

$$\Rightarrow q = 3 \times 10^{-5} C \Rightarrow q = 30 \mu C$$

تذکره: 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:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_E = T \sin 37^\circ \\ mg = T \cos 37^\circ \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{تجزیه نیروها}} \frac{F_E}{mg} = \tan 37^\circ \xrightarrow{F_E = |q|E} \tan 37^\circ = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow q = 30 \mu C$$

1852. گزینه ۴

یادآوری: اگر برآیند سه نیرو صفر باشد، برآیند دو نیرو برابر قرینه 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 برآیند این سه نیرو صفر است و می‌دانیم که بزرگی برآیند دو تا از این سه نیرو (مثلاً T و mg) برابر بزرگی نیروی سوم (یعنی F_E) است پس می‌توان نوشت:

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

$$\left. \begin{array}{l} mg = 50 \times 10^{-3} \times 10 = 0.5 N \\ T = 0.5 N \end{array} \right\} \xrightarrow{T=mg} F_{(T, mg)} = 2T \cos\left(\frac{120}{2}\right) = 2T \times \cos 60^\circ = T$$

چون F_E برآیند $F_{(T, mg)}$ را خنثی کرده است می‌توان نتیجه گرفت، بزرگی نیروی F_E برابر $mg = T = 0.5 N$ است و از رابطه $F_E = |q|E$ میدان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$F_E = |q|E \Rightarrow 0.5 = 20 \times 10^{-6} E \Rightarrow E = 25 \times 10^3 N/C$$

1853. گزینه ۴

اول از هر چیز می‌توانیم بگوییم که بار q منفی است. چرا؟ به این دلیل که گلوله 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:

$$\frac{F_E}{\sin 150^\circ} = \frac{mg}{\sin 150^\circ} \xrightarrow{\sin 150^\circ = \sin 30^\circ} \frac{F_E}{\sin 30^\circ} = \frac{mg}{\sin 30^\circ} \Rightarrow \frac{F_E}{\frac{1}{2}} = \frac{20 \times 10^{-3} \times 10}{\frac{1}{2}} \Rightarrow F_E = 0.2 N$$

$$F_E = |q|E \Rightarrow |q| = \frac{0.2}{10^2} \Rightarrow q = -2 \times 10^{-3} C$$

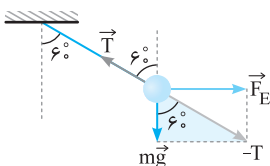
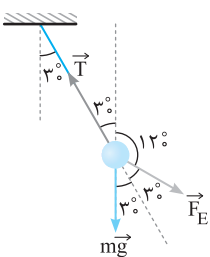
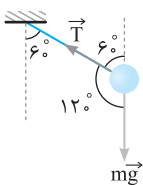
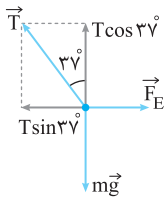
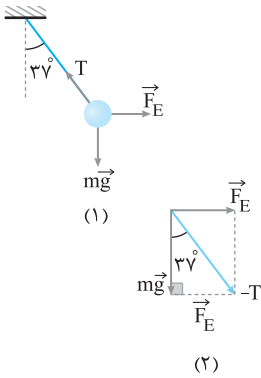
در مرحله آخر برای محاسبه بار q می‌توان نوشت:

1854. گزینه ۴

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

از آن‌جا که گلوله در حال تعادل است باید برآیند \vec{F}_E و $m\vec{g}$ با قرینه کشش نخ برابر باشد. پس برای مثلث هاشور خورده می‌توان نوشت:

$$\tan 60^\circ = \frac{F_E}{mg} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{F_E}{mg} \quad \textcircled{1}$$



اگر زاویه 60° نصف و برابر 30° شود در این صورت از رابطه فوق می توان نوشت:

$$\tan 30^\circ = \frac{F'_E}{mg} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{F'_E}{mg} \quad (2)$$

از تقسیم کردن طرفین رابطه (2) به طرفین رابطه (1) می توان نتیجه گرفت:

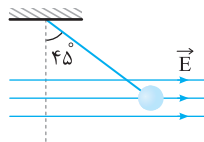
$$\frac{1}{3} = \frac{F'_E}{F_E} \xrightarrow{F_E = q|E|} \frac{1}{3} = \frac{|q|E'}{|q|E} \xrightarrow{q=q} \frac{1}{3} = \frac{E'}{E}$$

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

$$\text{درصد تغییر میدان} = \frac{E' - E}{E} = \frac{\frac{1}{3}E - E}{E} = -\frac{2}{3} \approx -66.6\% \approx -67\%$$

1855. گزینه ۴

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



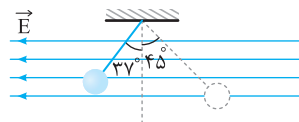
$$\tan \alpha = \frac{F_E}{mg} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{|q|E}{mg} \xrightarrow{\alpha_1 = 45^\circ} 1 = \frac{|q|E_1}{mg} \quad (1)$$

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

$$\tan 37^\circ = \frac{|q|E_2}{mg} \xrightarrow{\tan 37^\circ = \frac{3}{4}} \frac{3}{4} = \frac{|q|E_2}{mg} \quad (2)$$

حالت اول:

$$\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{3 - 4}{4} = \frac{-1}{4} \approx -25\%$$



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.

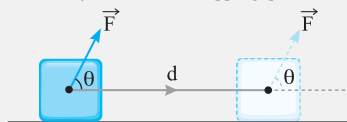
گام چهارم در این حالت می توان نتیجه گرفت که میدان 175% تغییر می کند. زیرا در حالت دوم جهت میدان مخالف حالت اول است و اندازه آن $\frac{3}{4}$ برابر

اندازه حالت اول است پس تغییر میدان برابر است با:

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

انرژی پتانسیل الکتریکی

پیش از این که درباره انرژی پتانسیل الکتریکی بحث کنیم، بهتر است یادآوری کوتاهی از مبحث کار و انرژی داشته باشیم:



$$W_F = F \cdot d \cdot \cos \theta \quad (F, d)$$

تعریف کار یک نیروی ثابت:

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

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v حرکت می کند، از رابطه روبه رو تعریف می شود:

$$W_T = K_2 - K_1$$

قضیه کار و انرژی جنبشی:

$$U_g = mgh$$

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

$$E = U + K$$

انرژی مکانیکی جسم:

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

پایستگی انرژی مکانیکی:

$$\vec{F} \parallel \vec{d} \quad W_F = Fd$$

اگر زاویه بین نیروی \vec{F} و جابه جایی \vec{d} ، صفر یا حاده باشد، کار نیرو مثبت است.

$$\vec{F} \perp \vec{d} \quad W_F = -Fd$$

اگر زاویه بین نیروی \vec{F} و جابه جایی \vec{d} ، 180° یا منفرجه باشد، کار نیرو منفی است.

$$\vec{F} \perp \vec{d} \quad W_F = 0$$

اگر زاویه بین نیروی \vec{F} و جابه جایی \vec{d} ، 90° باشد، کار نیرو صفر است.