

$$\text{بازوی سوگل} \times 800 \text{ N} = \text{بازوی سارا} \times 600 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{600 \text{ N}}{800 \text{ N}} = \frac{\text{بازوی سوگل}}{\text{بازوی سارا}} = \frac{3}{4} \Rightarrow \text{بازوی سوگل} = \frac{3}{4} \text{ بازوی سارا}$$

$$280 \text{ cm} = \text{طول میله} = \text{بازوی سارا} + \text{بازوی سوگل}$$

$$280 \text{ cm} = \text{بازوی سارا} + \frac{3}{4} \text{ بازوی سارا}$$

$$\Rightarrow \text{بازوی سوگل} = 120 \text{ cm} \text{ و } \text{بازوی سارا} = 160 \text{ cm}$$

آرواره‌های ما مانند اهرم نوع سوم عمل می‌کنند. بنابراین شبیه انبر می‌باشد. انبر اهرم نوع سوم است. قیچی کاغذبری و انبردست اهرم نوع اول است. چرخ دستی (فرغون) اهرم نوع دوم است.

قیچی کاغذبری با افزایش مسافت اثر نیرو به ماکمک می‌کند (طول تیغه آن از دسته آن بلندتر است). قیچی فلزبری و انبردست با افزایش نیرو به ماکمک می‌کنند (طول دسته آن‌ها بلندتر از طول تیغه آن‌ها است)، دیلم هم با افزایش نیرو به ماکمک می‌کند (طول دسته آن از سر آن بلندتر است)، بنابراین روش قیچی کاغذبری متفاوت است.

طبق رابطه تعادل گشتاور در اهرم‌ها داریم:

$$\text{نیروی مقاوم} \times \text{بازوی مقاوم} = \text{نیروی محرک} \times \text{بازوی محرک}$$

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{\text{بازوی محرک}}{\text{بازوی مقاوم}}$$

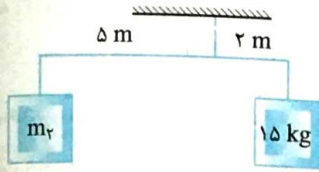
برای این‌که مزیت مکانیکی نصف شود، اگر طول بازوی محرک را ثابت نگه داریم، باید بازوی مقاوم را ۲ برابر کنیم. یا این‌که با ثابت نگه داشتن بازوی مقاوم، بازوی محرک را نصف کنیم.

در فرمان اتومبیل هر چه قدر قطر فرمان بزرگ‌تر باشد، چرخاندن آن راحت‌تر می‌شود چون بازوی نیروی محرک افزایش می‌یابد و نیروی کمتری مورد نیاز است. پس: $A > 1$

ترازوی دو کفه‌ای مانند اهرم نوع اول است که بازوی محرک و مقاوم آن با هم برابر هستند. پس: $A = 1$

در قیچی کاغذبری طول تیغه آن بلندتر از دسته آن است، مانند اهرم نوع اول. پس: $A < 1$

سپس حالت تعادل را برای اهرمی که جرم m_2 از آن آویزان است بررسی می‌کنیم و همه ۱۵ کیلوگرمی که از اهرم قبلی آویزان است را یک جا روی اهرم جدید می‌کشیم.



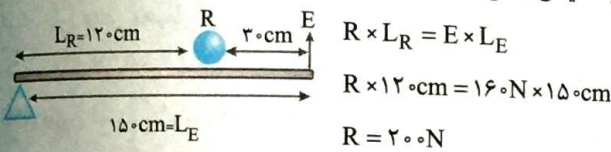
$$F_2 \times 5 = 15 \times 2 \Rightarrow F_2 = 6 \text{ N} \Rightarrow m_2 = 6 \text{ kg}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{6}{10}$$

بنابراین:

گزینه ۳ (۳۹۷)

با کشیدن شکل، داریم:



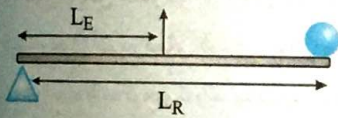
$$R \times L_R = E \times L_E$$

$$R \times 120 \text{ cm} = 160 \text{ N} \times 150 \text{ cm}$$

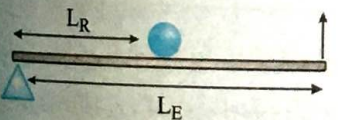
$$R = 200 \text{ N}$$

گزینه ۱ (۳۹۸)

دو حالت داریم که بازوی محرک یا بازوی مقاوم نصف طول اهرم است (طول اهرم را با L نشان می‌دهیم).



$$\left. \begin{matrix} L_E = \frac{1}{2} L \\ L_R = L \end{matrix} \right\} \Rightarrow L_E = \frac{1}{2} L_R \Rightarrow A = \frac{L_E}{L_R} \Rightarrow A = \frac{1}{2}$$



$$\left. \begin{matrix} L_R = \frac{1}{2} L \\ L_E = L \end{matrix} \right\} \Rightarrow L_R = \frac{1}{2} L_E \Rightarrow A = 2$$

گزینه ۲ (۳۹۹)

باید برآیند گشتاورهای ساعتگرد و پادساعتگرد با هم برابر باشند تا اهرم در حالت تعادل باقی بماند:

برآیند گشتاورهای پادساعتگرد = برآیند گشتاورهای ساعتگرد

$$\Rightarrow 5 \text{ N} \times 40 \text{ cm} = (8 \text{ N} \times L_B) + (2 \text{ N} \times 40 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow 200 \text{ N.cm} = (8 \times L_B) + 80 \text{ N.cm}$$

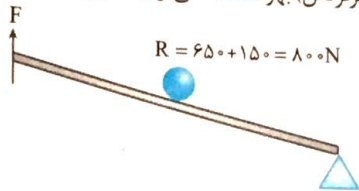
$$\Rightarrow 8 \times L_B = 120 \text{ N.cm} \Rightarrow L_B = 15 \text{ cm}$$

$$B \text{ و } A \text{ فاصله جسم } = 40 \text{ cm} - 15 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

گزینه ۴ (۳۹۶)

برای سادگی حل همه سنگینی بهزاد را در وسط بدنش فرض می‌کنیم و به جایی که همه جرم بهزاد را آن جا فرض کرده‌ایم، مرکز جرم می‌گوییم.

اکنون اگر فرض کنیم سپیده کوچولو همان جایی که بر پشت برادرش نشسته مرکز جرم (گرانیگاه - مرکز ثقل) بهزاد است، می‌توان شکل را شبیه به اهرم زیر دانست:



پس حتماً نیروی محرک کمتر از ۸۰۰ نیوتن بوده و ساختار اهرم شبیه به فندق شکن یا درنوشابه بازکن خواهد بود.

گزینه ۴ (۳۹۳)

تعدادل گشتاور در اهرم: $F_E \times d_E = F_R \times d_R$

$$F_E \times \frac{1}{4} d_R = 3600 \text{ N} \times d_R$$

$$F_E = 4 \times 3600 = 14400 \text{ N}$$

$$\text{مزیت مکانیکی اهرم: } A = \frac{F_R}{F_E} \Rightarrow A = \frac{3600 \text{ N}}{14400 \text{ N}} = \frac{1}{4}$$

گزینه ۱ (۳۹۴)

در این اهرم، طول بازوی محرک کمتر از طول بازوی مقاوم است. پس نیروی محرک باید بزرگ‌تر از نیروی مقاوم باشد تا اهرم در تعادل بماند. تنها گزینه درست، گزینه (۱)، است.

گزینه ۲ (۳۹۵)

پای ما مانند اهرم نوع دوم عمل می‌کند که در آن بازوی محرک بلندتر از بازوی مقاوم است. بنابراین مزیت مکانیکی آن از یک بزرگ‌تر است.

اکنون گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم: قاشق غذاخوری اهرم نوع سوم است و مزیت مکانیکی آن کوچک‌تر از ۱ است.

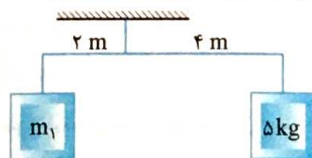
قیچی باغبانی اهرم نوع اول است که بازوی مقاوم آن کوتاه‌تر از بازوی محرک است و مزیت مکانیکی آن بزرگ‌تر از ۱ است.

انبر زغال‌گیر از دو اهرم نوع سوم تشکیل شده است و مزیت مکانیکی آن کوچک‌تر از ۱ است.

قیچی کاغذبری، مانند اهرم نوع اولی است که مزیت مکانیکی آن کمتر از ۱ است.

گزینه ۳ (۳۹۶)

ابتدا حالت تعادل را برای اهرمی که جرم m_1 از آن آویزان است بررسی می‌کنیم:



$$F_1 \times 2 = 50 \text{ N} \times 4 \Rightarrow F_1 = 100 \text{ N} \Rightarrow m_1 = 10 \text{ kg}$$

گزینه ۳ (۴۰۵)

گشتاور نیروی F_1 و F_2 ساعتگرد و گشتاور نیروی F_3 پادساعتگرد است.

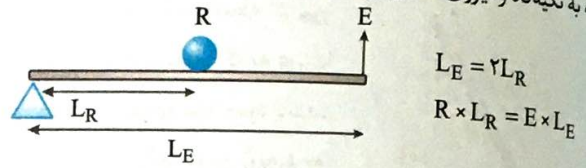
$$F_3 \times d_3 = (F_1 \times d_1) + (F_2 \times d_2)$$

$$\Rightarrow 80 \text{ N} \times 40 \text{ cm} = (20 \text{ N} \times 50 \text{ cm}) + (F_1 \times 110 \text{ cm})$$

$$F_1 \times 110 \text{ cm} = 3200 - 1000 = 2200 \text{ N} \cdot \text{cm} \Rightarrow F_1 = 20 \text{ N}$$

گزینه ۱ (۴۰۶)

جرم میله را همانند یک جسم مقاوم در مرکز آن تصور می‌کنیم اکنون نقطه A شبیه به تکیه‌گاه و نیروی کشش نخ شبیه نیروی محرک است.



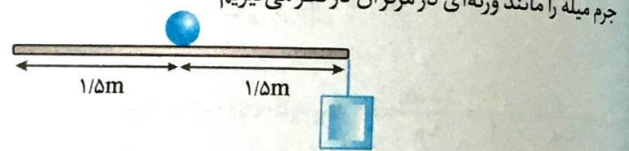
$$L_E = 2L_R$$

$$R \times L_R = E \times L_E$$

$$600 \text{ N} \times L_R = E \times 2L_R \Rightarrow E = 300 \text{ N}$$

گزینه ۴ (۴۰۷)

جرم میله را مانند وزنه‌ای در مرکز آن در نظر می‌گیریم:



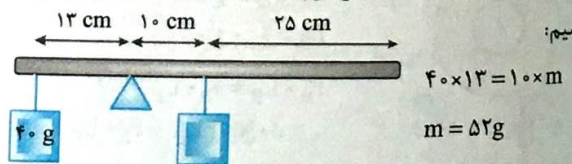
برای این که میله در تعادل باشد، باید تکیه‌گاه بین وزنه و جرم میله باشد:

$$F \times 100 \text{ cm} = 400 \text{ N} \times 50 \text{ cm}$$

$$F = 200 \text{ N} \Rightarrow m = 20 \text{ kg}$$

گزینه ۲ (۴۰۸)

کل جرم خطکش را در مرکز جرم آن در نظر می‌گیریم و چون خطکش یکنواخت است، مرکز جرم آن در وسط خطکش قرار دارد. اکنون رابطه تعادل گشتاور را می‌نویسیم:

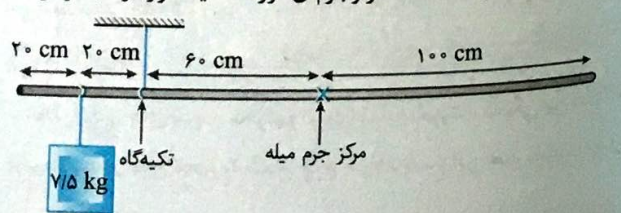


$$40 \times 13 = 10 \times m$$

$$m = 52 \text{ g}$$

گزینه ۳ (۴۰۹)

برای این که مجموعه در حال تعادل باشد، باید وزنه‌ای در سمت راست قرار داشته باشد. چون میله جرم‌دار است، تمام جرم آن را مانند وزنه‌ای در مرکزش در نظر می‌گیریم و چون یکنواخت است، مرکز جرم آن در وسط میله قرار دارد. بنابراین:



$$7.5 \text{ N} \times 20 \text{ cm} = W_{\text{میله}} \times 60 \text{ cm} \Rightarrow W_{\text{میله}} = 25 \text{ N} \Rightarrow m_{\text{میله}} = 2.5 \text{ kg}$$

گزینه ۱ (۴۰۵)

رابطه تعادل گشتاورها را می‌نویسیم:

$$F_E \times L_E = F_R \times L_R \Rightarrow F_E \times 150 \text{ cm} = 300 \text{ N} \times 50 \text{ cm} \Rightarrow F_E = 100 \text{ N}$$

گزینه ۳ (۴۰۶)

طبق رابطه بازده داریم:

$$Ra = \frac{F_R \times L_R}{F_E \times L_E} \Rightarrow \frac{60}{100} = \frac{300 \times 50}{100 \times L_E} \Rightarrow L_E = 250 \text{ cm}$$

در حالت قبلی فاصله نیروی محرک از تکیه‌گاه ۱۵۰ cm بود. بنابراین باید نیروی محرک را ۱۰۰ cm از تکیه‌گاه دور کنیم تا همچنان اهرم در تعادل بماند.

گزینه ۴ (۴۰۷)

برای این که مجموعه در حال تعادل باشد، برآیند گشتاورهای ساعتگرد باید با برآیند گشتاورهای پادساعتگرد یکی شود:

$$\text{گشتاور ساعتگرد} = F_R \times L_R = 40 \text{ N} \times 1/5 \text{ m} = 60 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{گشتاور پادساعتگرد} = F_E \times L_E = 40 \text{ N} \times 0/5 \text{ m} = 20 \text{ N} \cdot \text{m}$$

بنابراین به ۴۰ N.m گشتاور پادساعتگرد احتیاج داریم. پس وزنه را باید به سمت چپ تکیه‌گاه اضافه کنیم. بنابراین گزینه‌های (۱) و (۲) حذف می‌شوند. اکنون از مقادیر داده شده در گزینه‌های (۳) و (۴) کمک می‌گیریم:

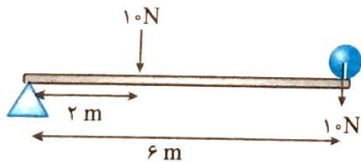
$$\text{گزینه (۳): } 12 \text{ N} \times 0/5 \text{ m} = 6/5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{گزینه (۴): } 100 \text{ N} \times 0/4 \text{ m} = 40 \text{ N} \cdot \text{m}$$

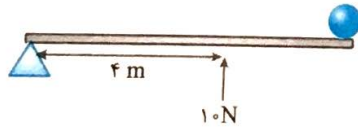
پس گزینه (۴) درست است.

گزینه ۲ (۴۰۸)

نخست باید توجه کنیم که نیروی مقاوم روی میله نیز ۱۰ N است. پس برای حفظ تعادل میله، باید گشتاورهای ساعتگرد بتوانند گشتاورهای پادساعتگرد را خنثی کنند، یعنی:

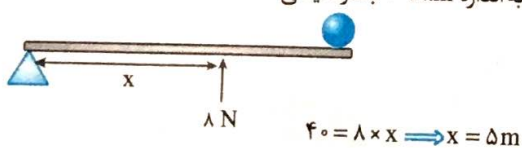


$$\text{گشتاورهای ساعتگرد} = (10 \times 2) + (10 \times 6) = 80 \text{ N} \cdot \text{m}$$



$$\text{گشتاورهای پادساعتگرد} = (10 \times 4) = 40 \text{ N} \cdot \text{m}$$

بنابراین نیروی جدید، باید نیرویی رو به بالا باشد و بتواند گشتاوری به صورت $80 - 40 = 40 \text{ N} \cdot \text{m}$ پادساعتگرد و به اندازه ۴۰ N.m بسازد، یعنی:



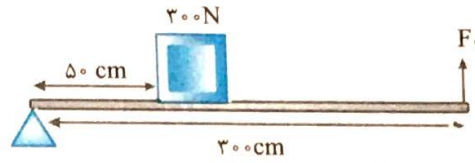
$$40 = 8 \times x \Rightarrow x = 5 \text{ m}$$

بنابراین نیروی ۸ N باید در فاصله $5 - 6 = 1 \text{ m}$ از سر آزاد میله (سری که به تکیه‌گاه متصل نیست) وارد شود.

گزینه ۴۰۹

برای این که نیروی تکیه‌گاه هر سنگ را به دست آوریم، هر بار سنگ دیگر را مانند تکیه‌گاه در نظر می‌گیریم:

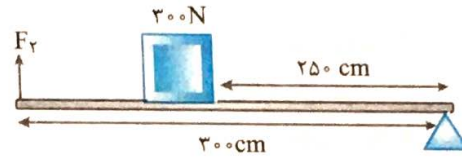
بار اول: نیروی سنگ ۱: $F_1 \times 300 \text{ cm} = 300 \text{ N} \times 50 \text{ cm} \Rightarrow F_1 = 50 \text{ N}$



بار دوم:

$F_2 \times 300 \text{ cm} = 300 \text{ N} \times 250 \text{ cm}$

$\Rightarrow F_2 = 250 \text{ N}$

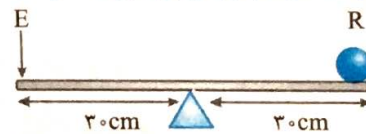


نیروی سنگ ۲:

بنابراین ۵۰ نیوتون از وزن کودک را سنگ ۱ و ۲۵۰ نیوتون از وزنش را سنگ ۲ تحمل می‌کند.

گزینه ۴۱۰

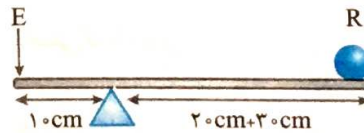
هر بار یک طرف مکعب را به عنوان تکیه‌گاه در نظر می‌گیریم و نیروی محرک را پیدا می‌کنیم.



$R \times L_R = E \times L_E$

$50 \text{ N} \times 30 \text{ cm} = E \times 30 \text{ cm} \Rightarrow E = 50 \text{ N}$

کمینه نیروی محرک:



$50 \text{ N} \times 50 \text{ cm} = E \times 10 \text{ cm} \Rightarrow E = 250 \text{ N}$

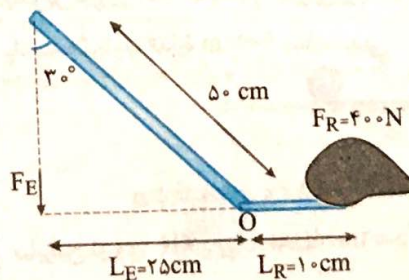
بیشینه نیروی محرک:

اگر نیروی محرک از ۵۰ نیوتون کمتر شود، میله از سمت راست می‌افتد.

و اگر نیروی محرک از ۲۵۰ نیوتون بیشتر شود، میله از سمت چپ می‌افتد.

گزینه ۴۱۱

جهت نیروی محرک باید عکس شود تا تعادل گشتاور حول نقطه O برقرار شود. سنگ مانند نیروی مقاوم است و نقطه O مانند تکیه‌گاه است.



اگر بدانیم که بازوی محرک، فاصله عمودی نیروی محرک تا تکیه‌گاه است و بدانیم که در مثلث قائم‌الزاویه، ضلع روبه‌رو به زاویه ۳۰° نصف وتر است، بنابراین بازوی محرک ۲۵ سانتی‌متر خواهد بود. اکنون رابطه تعادل گشتاور را می‌نویسیم:

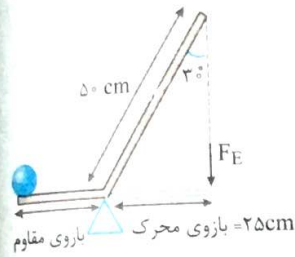
$F_E \times L_E = F_R \times L_R \Rightarrow F_E \times 25 \text{ cm} = 400 \text{ N} \times 10 \text{ cm}$

$\Rightarrow F_E = 160 \text{ N}$

بنابراین برای بلند کردن سنگ به نیرویی بزرگ‌تر از ۱۶۰ نیوتون نیازمندیم.

گزینه ۴۱۲

برای پیدا کردن فاصله نقطه اثر نیرو تا تکیه‌گاه، باید فاصله‌ای که به دست می‌آوریم، بر راستای نیرو عمود باشد. در مثلث قائم‌الزاویه ضلع روبه‌رو به زاویه ۳۰° نصف وتر است. بنابراین طول بازوی محرک، ۲۵ cm است. حال از رابطه مزیت مکانیکی اولیه آل برای اهرم استفاده می‌کنیم:



طول بازوی مقاوم: $A = \frac{L_E}{L_R} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{25 \text{ cm}}{L_R} \Rightarrow L_R = 50 \text{ cm}$

گزینه ۴۱۳

چرخ و محور کاملاً به هم وصل هستند. بنابراین به همان اندازه که چرخ یا محور بچرخد، دیگری نیز خواهد چرخید.

گزینه ۴۱۴

ابتدا اهرم شبیه به این چرخ و محور را رسم می‌کنیم، سپس رابطه تعادل گشتاور را می‌نویسیم:

$L_E = \text{شعاع محور} \Rightarrow L_R = 4L_E$

$F_R \times L_R = F_E \times L_E$

$\Rightarrow 50 \text{ N} \times 4L_E = F_E \times L_E$

$\Rightarrow F_E = 200 \text{ N}$

نیروسنج A نیروی ۲۰۰ نیوتون را نشان می‌دهد و نیروسنج B مجموع نیروهای وارد بر چرخ و محور را نشان می‌دهد، یعنی ۲۵۰ نیوتون.

گزینه ۴۱۵

با عوض کردن جای نیروی محرک و نیروی مقاوم، مزیت مکانیکی این دستگاه برابر با نسبت شعاع محور به شعاع چرخ خواهد شد و این عدد نسبت به قبل $\frac{1}{16}$ خواهد بود.

$\frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{16}$