

راهنمای آموزشی فزیک صنف یازدهم (دور سوم)

اهداف آموزشی:

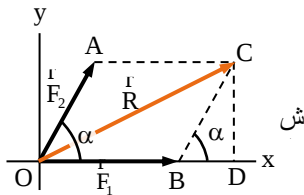
1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (محاسبه الجبری قوهٔ محصلهٔ چندین قوه، زوج قوه، شرایط عمومی تعادل، شرط اول تعادل، شرط دوم تعادل، تعبیر دیگری از فارمول مومنت، انتخاب موقعیت نقطهٔ دوران) آشنایی کامل دریافت کند.

2_ دانش آموزان با موارد استفاده از تعادل و شرایط تعادل آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات مطرح شده آشنا شوند و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول: دریافت محصلهٔ قوه‌های متلاقی به صورت الجبری :

هرگاه دو قوه $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ بر یک جسم در دو بُعد طوری عمل کنند که خطوط تأثیر شان با هم زاویهٔ α را بسازد، (شکل 10.7). در این صورت برای دریافت بزرگی یا مقدار محصله و سمت آن، متوازی‌الاضلاع وکتورهای آن دو قوه را تکمیل نموده و از روی آن محصله را محاسبه می‌کنیم.



در مثلث قائم‌الزاویهٔ $\triangle ODC$ دیده می‌شود که:

$$OC^2 = R^2 = OD^2 + DC^2 \quad \dots (i)$$

$$OB = F_1, \quad OD = OB + BD = F_1 + BD$$

حالا اگر قیمت OD را در رابطهٔ (i) می‌گذاریم، پس داریم که:

$$R^2 = (F_1 + BD)^2 + DC^2$$

$$R^2 = F_1^2 + 2F_1 \cdot BD + BD^2 + DC^2 \quad \dots (ii)$$

از مثلث قائم‌الزاویه $\triangle BDC$ چنین می‌توان نوشت:

$$BC^2 = F_2^2 = BD^2 + DC^2$$

اکنون به عوض $BD^2 + DC^2$ مقدار مساوی آن یعنی F_2^2 را در رابطهٔ (ii) می‌گذاریم:

$$R^2 = F_1^2 + 2F_1 \cdot BD + F_2^2 \quad \dots (iii)$$

از مثلث $\triangle BDC$ مقدار BD را دریافت نموده و در رابطهٔ (iii) وضع می‌کنیم:

$$BD = F_2 \cos \alpha$$

$$R^2 = F_1^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos \alpha + F_2^2$$

در نتیجه مقدار قوهٔ محصله را توسط رابطهٔ ذیل محاسبه می‌کنیم.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \times F_2 \cos \alpha}$$

ما گفتیم که مقدار قوهٔ محصله به بزرگی زاویه‌ای که بین دو قوه وجود دارد، ارتباط دارد، اکنون قیمت محصله (R) را نظر به قیمت α مورد مناقشه قرار می‌دهیم.

(الف) اگر بین دو قوه $\alpha = 0$ باشد، یعنی قوه‌ها هم‌جهت باشند، داریم که:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

(ب) اگر زاویه بین دو قوه 90° باشد، یعنی قوه‌ها بالای هم عمود باشد، در این صورت محصله را چنین می‌نویسیم.

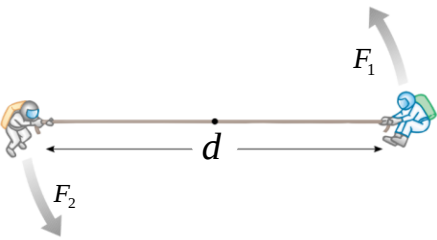
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

(ج) محصلهٔ قوه‌های مختلف‌الجهات ($\alpha = 180^\circ$) را می‌توانیم از رابطهٔ ذیل محاسبه کنیم.

$$R = |\vec{F}_1 - \vec{F}_2|$$

زوج قوه

هرگاه دو قوه موازی که دارای جهت های متقابل باشند، عموداً بر یک محور و بر دو نقطهٔ متفاوت یک جسم اثر کنند، آن‌ها را زوج قوه‌ها می‌گویند، در یک زوج قوه، هر دو قوه تأثیرات هم‌دیگر را بر محور از بین می‌برند. مومنت دوران یک زوج قوه، صرف نظر از این که محور دوران در کدام موقعیت قرار داشته باشد، همیشه عین قیمت را دارد.



مومنت دوران در یک زوج قوه برای قوه‌های $F_1 = F_2 = F$ که از هم‌دیگر به فاصله d قرار شکل ذیل عمل می‌کند، دارای قیمت ذیل است.

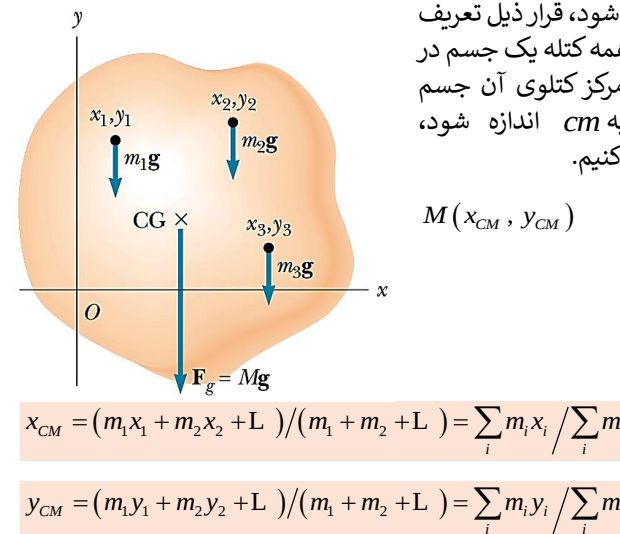
مرکز ثقل

مرکز ثقل یک جسم نقطه‌ای است که تصور می‌شود، تمام وزن جسم در همان نقطه جمع شده باشد و یا به عبارت دیگر نقطه تأثیر محصله اوزان تمام ذرات یک جسم را مرکز ثقل همان جسم گویند.

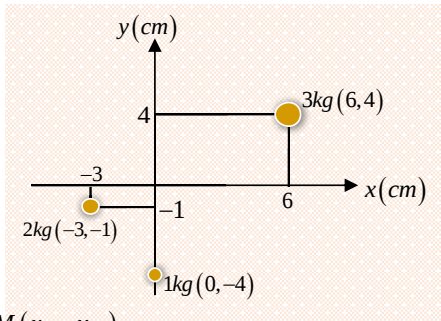
- مرکز ثقل دایره و کره مراکز آن‌ها است.
- مرکز ثقل مربع، مستطیل، لوزی و متوازی الاضلاع نقطه تقاطع اقطار شان اند.
- مرکز ثقل مثلث نقطه تقاطع میانه‌های آن که به اندازه $1/3$ حصه میانه از قاعده و $2/3$ حصه میانه از رأس مقابل آن واقع می‌باشد.
- مرکز ثقل ذوزنقه در نقطه تقاطع خط موصول مراکز ثقل مثلث‌ها و خط موصول تقاطع تنصیف دو ضلع موازی آن قرار دارد.
- مرکز ثقل استوانه در نقطه تنصیف خط موصول مراکز دایره قاعدتین آن است.
- مرکز ثقل هرم و مخروط $1/4$ حصه از قاعده و $3/4$ حصه از رأس آن‌ها واقع است.

مرکز ثقل یک سیستم که از چندین کتله واحد ساخته شده است

اگر در ساختار یک جسم چندین جسم با کتله‌های متفاوت بکار رفته باشد، در این‌صورت مرکز ثقل جسم که بنام مرکز کتله آن نیز یاد می‌شود، قرار ذیل تعریف می‌گردد نقطه‌ای که فرض می‌شود، همه کتله یک جسم در آن نقطه متمرکز شده است، بنام مرکز کتلوی آن جسم گفته می‌شود، که اگر فاصله به cm اندازه شود، مختصات آن را قرار ذیل دریافت می‌کنیم.



مثال 1. مختصات مرکز کتله سیستم ذیل را دریابید.



حل.

$$M(x_{cm}, y_{cm})$$

$$x_{cm} = \frac{[3kg \cdot 6cm + 2kg \cdot (-3cm) + 1kg \cdot 0]}{(3kg + 2kg + 1kg)}$$

$$= \frac{(18kg \cdot cm - 6kg \cdot cm)}{6kg}$$

$$= \frac{(12kg \cdot cm)}{(6kg)} = \underline{2cm}$$

$$y_{cm} = \frac{[3kg \cdot 4cm + 2kg \cdot (-1cm) + 1kg \cdot (-4cm)]}{(3kg + 2kg + 1kg)}$$

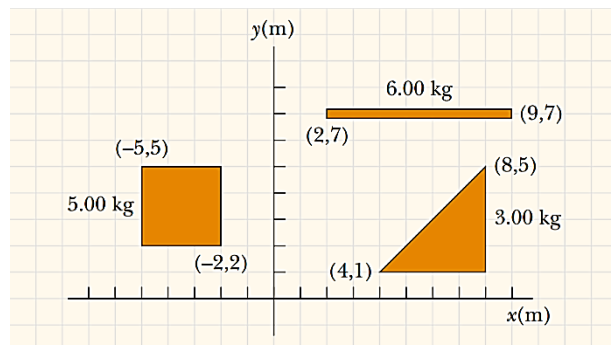
$$= \frac{(12kg \cdot cm - 2kg \cdot cm - 4kg \cdot cm)}{6kg}$$

$$= \frac{(6kg \cdot cm)}{(6kg)} = \underline{1cm}$$

در نتیجه مختصات مرکز کتله طور ذیل می‌باشد.

$$M(2, 1)$$

مثال 2. به شکل ذیل توجه نمائید، مختصات مرکز کتله را دریابید.



$$M(x_M, y_M)$$

$$x_M = \frac{6kg \cdot 5.5m + 5kg \cdot (-3.5m) + 3kg \cdot 6.67m}{(6kg + 5kg + 3kg)}$$

$$= \frac{(33kg \cdot m - 17.5kg \cdot m + 20.01kg \cdot m)}{(14kg)}$$

$$= \frac{(35.51kg \cdot m)}{(14kg)} = \underline{2.54m}$$

$$y_M = \frac{6kg \cdot 7m + 5kg \cdot 3.5m + 3kg \cdot 2.34m}{(6kg + 5kg + 3kg)}$$

$$= \frac{(6kg \cdot 7m + 5kg \cdot 3.5m + 3kg \cdot 2.34m)}{(6kg + 5kg + 3kg)}$$

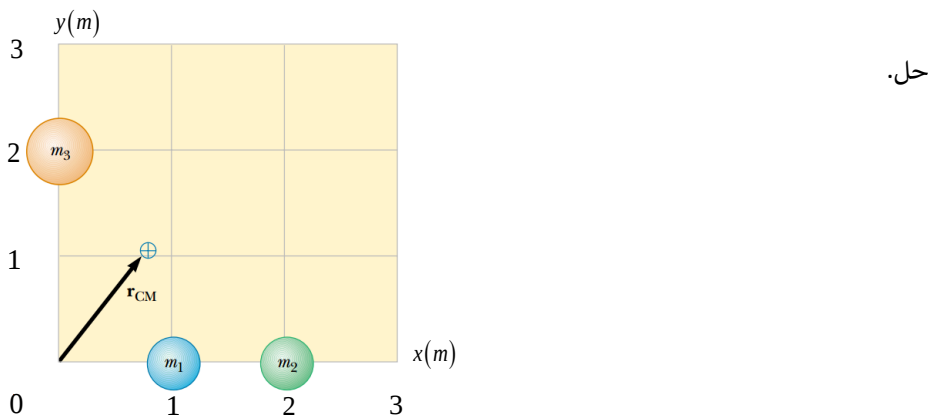
$$= \frac{(42kg \cdot m + 17.5kg \cdot m + 7.02kg \cdot m)}{(14kg)}$$

$$= \frac{(66.52kg \cdot m)}{(14kg)} = \underline{4.75m}$$

در نتیجه مختصات مرکز کتلوی بدست آمد که قرار زیر است.

$$M(2.54, 4.75)$$

مثال 3. مختصات مرکز کتله را نظر به شکل مقابل طوری دریافت نمائید که $m_1 = m_2 = 1.0kg$ و $m_3 = 2.0kg$ باشد.



حل. در قدم نخست مرکز کتلوی هر یک از اشکال را دریافت نموده و بعداً مرکز ثقل سیستم دریافت می‌گردد.

$$M_l(x_M, y_M)$$

$$x_M = m_l \cdot (x_1 + x_2) / 2m_l = 6kg \cdot (2m + 9m) / 2 \cdot 6kg$$

$$= (66kg \cdot m) / 12kg = 5.5m$$

$$y_M = m_l \cdot (y_1 + y_2) / 2m_l = 6kg \cdot (7m + 7m) / 2 \cdot 6kg$$

$$= (84kg \cdot m) / 12kg = 7m$$

$$\underline{M_l(5.5m, 7m)}$$

$$M_s(x_M, y_M)$$

$$x_M = m_s \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) / 4m_s = 5kg \cdot (-5m - 5m - 2m - 2m) / 4 \cdot 5kg$$

$$= (-70kg \cdot m) / 20kg = -3.5m$$

$$y_M = m_s \cdot (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) / 4m_s = 5kg \cdot (5m + 5m + 2m + 2m) / 4 \cdot 5kg$$

$$= (70kg \cdot m) / 20kg = 3.5m$$

$$\underline{M_s(-3.5m, 3.5m)}$$

$$M_t(x_M, y_M)$$

$$x_M = m_t \cdot (x_1 + x_2 + x_3) / 3m_t = 3kg \cdot (8m + 8m + 4m) / 3 \cdot 3kg$$

$$= 3kg \cdot 20m / 9kg = 6.67m$$

$$y_M = m_t \cdot (y_1 + y_2 + y_3) / 3m_t = 3kg \cdot (5m + 1m + 1m) / 3 \cdot 3kg$$

$$= 3kg \cdot 7m / 9kg = 2.34m$$

$$\underline{M_t(6.67m, 2.34m)}$$

و حالا داریم که:

شرایط تعادل (Equilibrium's Condition) :

هرگاه چندین قوه بر نقاط مختلف یک جسم عمل کند و جسم در حالت تعادل قرار داشته باشد، این معنی را می‌دهد که محصلهٔ تمام قوه‌های مؤثر بر جسم مساوی به صفر گردد و برعکس اگر این شرط تحقق نیابد، قوهٔ محصله باعث تولید تعجیل یا شتاب در جسم گردیده و این تعجیل، جسم را در یک حرکت انتقالی قرار می‌دهد. جسمی که در حالت تعادل قرار دارد، نباید دوران داشته باشد و برای تحقق این مطلب لازم است که مجموع مومنت‌های دوران به حول یک نقطهٔ کیفی دوران، نیز مساوی به صفر شود. هر دو شرط فوق را شرایط تعادل قبول کرده اند. پس در صورتی که چند قوه در نقاط مختلف و کیفی یک جسم عمل کنند، این جسم وقتی در حالت تعادل قرار می‌گیرد که دو شرط ذیل در آن تحقق یابد.

شرط اول: محصلهٔ قوه‌های عامل بر آن مساوی به صفر گردد.

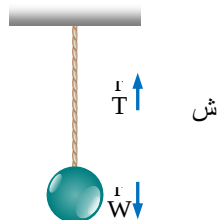
$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots = \Sigma F = 0$$

و یا به صورت مؤلفه: $\Sigma F_x = 0 \wedge \Sigma F_y = 0$

شرط دوم: مجموع تمام مومنت‌های دوران به حول یک نقطهٔ کیفی دوران در جسم باید مساوی به صفر باشد.

$$F_1L_1 + F_2L_2 + F_3L_3 + \dots = \Sigma \tau = \Sigma M = 0$$

مثال (1): یک کتله به وزن 10 N توسط یک تار به سقف خانه آویزان شده و به حالت سکون قرار دارد، (شکل 10.27). قوهٔ کشش در تار محاسبه کنید.



حل: چون جسم به حالت سکون است، پس قوه‌های عامل بر آن به حالت تعادل هستند، یعنی:

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow T + (-W) = 0 \Rightarrow T - W = 0 \Rightarrow T = 10 \text{ N}$$

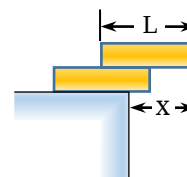
مثال (2): جسمی که توسط یک تار آویزان شده است، توسط یک قوهٔ $F = 15 \text{ N}$ که به طور افقی عمل نموده و تار با سقف زاویهٔ $\theta = 53^\circ$ را تشکیل می‌دهد، (شکل 10.28). و جسم را در حالت تعادل

$$\begin{aligned} x_{cm} &= \sum_i m_i x_i / M = (m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3) / (m_1 + m_2 + m_3) \\ &= \frac{1.0 \text{ kg} \cdot 1.0 \text{ m} + 1.0 \text{ kg} \cdot 2.0 \text{ m} + 2.0 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m}}{1.0 \text{ kg} + 1.0 \text{ kg} + 2.0 \text{ kg}} \\ &= \frac{3.0 \text{ kg} \cdot \text{m}}{4.0 \text{ kg}} = 0.75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{cm} &= \sum_i m_i y_i / M = (m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3) / (m_1 + m_2 + m_3) \\ &= \frac{1.0 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m} + 1.0 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m} + 2.0 \text{ kg} \cdot 2.0 \text{ m}}{1.0 \text{ kg} + 1.0 \text{ kg} + 2.0 \text{ kg}} \\ &= \frac{4.0 \text{ kg} \cdot \text{m}}{4.0 \text{ kg}} = 1.00 \text{ m} \end{aligned}$$

درنتیجه مختصات مرکز کتله (0.75, 1.00) میباشد.

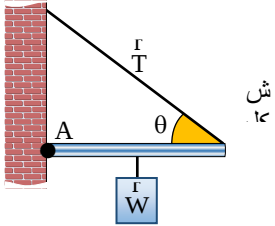
مثال 4. دو کتاب هم شکل و هم وزن به طول L مطابق شکل ذیل روی هم قرار دارند فاصله اعظمی بیش بر آمدگی (x) را حساب کنید طوری که کتاب‌ها سقوط نکنند.



حل.

$$\begin{aligned} x_1 &= (M) \cdot (L / 2) / M = L / 2 \\ x_2 &= (M) \cdot (L / 2) / 2M = L / 4 \\ x &= x_1 + x_2 = L / 2 + L / 4 = 3L / 4 \end{aligned}$$

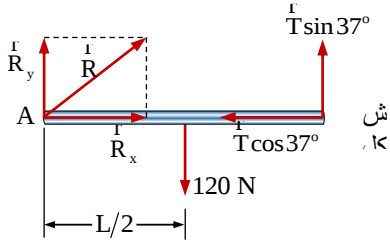
تشکیل داده به دیواری وصل گردیده است، یک جسم به وزن $W = 120\text{ N}$ در نقطهٔ وسطی دستک آویزن شده است، (شکل 10.30).



(الف) قوهٔ کشش (T) را در ریسمان دریافت کنید.

(ب) قوهٔ عکس‌العمل (R) که دیوار بر دستک در نقطهٔ A عمل می‌کند چند است؟

حل: (الف) قوهٔ کشش را به مرکب‌های شان تجزیه می‌کنیم، (شکل 10.31). با تطبیق شرط دوم تعادل داریم که:



$$\begin{aligned}\sum M = 0 &\Rightarrow T_y \times L - W(L/2) = 0 \\ &\Rightarrow (T \cdot \sin 37^\circ)L - (120\text{ N})(L/2) = 0 \Rightarrow T(0.6) = 60\text{ N} \\ &\Rightarrow T = 100\text{ N}\end{aligned}$$

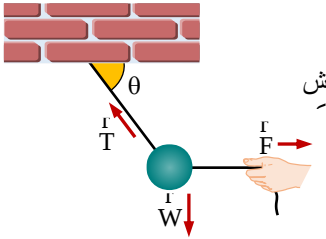
(ب) از شرط اول تعادل داریم:

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0 &\Rightarrow R_x - T_x = 0 \Rightarrow R_x = T_x \\ &\Rightarrow R_x = T \cos 37^\circ = (100\text{ N})(0.8) \Rightarrow R_x = 80\text{ N}\end{aligned}$$

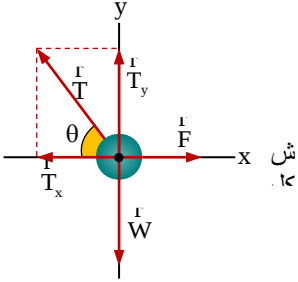
قوهٔ عکس‌العمل از قاعدهٔ فیثاغورث چنین محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned}\sum F_y = 0 &\Rightarrow R_y + T_y - W = 0 \\ &\Rightarrow R_y + (100\text{ N})(\sin 37^\circ) - 120\text{ N} = 0 \\ &\Rightarrow R_y = 60\text{ N} \Rightarrow R^2 = R_x^2 + R_y^2 \Rightarrow R = 100\text{ N}\end{aligned}$$

نگهداشته است، کشیده می‌شود قوهٔ کشش (T) را که بر تار عمل می‌کند محاسبه نموده و هم وزن جسم (W) را به دست آورید.



حل: در این‌جا سه قوهٔ که در حال تعادل هستند، بر جسم تأثیر می‌کنند. این سه قوه عبارت اند از: (الف) قوهٔ وزن جسم (W) ، (ب) قوهٔ وارده (F) که بر جسم عمل می‌کند، (ج) قوهٔ کشش (T) که بر تار عمل می‌کند، اولاً این سه قوه را به یک سیستم مختصات قائم انتقال می‌دهیم. سپس شرط اول تعادل را در هر دو محور x و y بر جسم تطبیق می‌کنیم. (شکل 10.29).



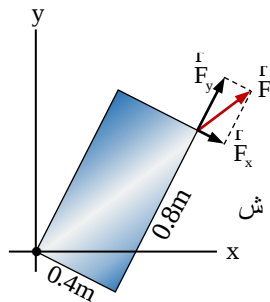
تطبیق شرط اول تعادل بر محور x:

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0 &\Rightarrow F - T_x = 0 \Rightarrow T_x = F \\ &\Rightarrow T \cos \theta = F \Rightarrow T \cos 53^\circ = 15\text{ N} \Rightarrow T \times 0.6 = 15\text{ N} \\ &\Rightarrow T = 25\text{ N}\end{aligned}$$

اکنون شرط اول تعادل را بر محور y تطبیق می‌نماییم:

$$\begin{aligned}\sum F_y = 0 &\Rightarrow T_y - W = 0 \Rightarrow W = T_y \\ &\Rightarrow W = T \sin \theta = (25\text{ N})(\sin 53^\circ) = (25\text{ N})(0.8) = 20\text{ N} \\ &\Rightarrow W = 20\text{ N}\end{aligned}$$

مثال (3): یک انجام یک دستک چوبی بسیار سبک به طول L به صورت افقی که فرض می‌کنیم دارای وزن نیست، در نقطهٔ A و انجام دیگر آن به وسیلهٔ یک ریسمان که با دستک زاویهٔ $\theta = 37^\circ$ را



برای حالت تعادل می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned}\sum M = 0 &\Rightarrow (F_y)(0.4 \text{ m}) - (F_x)(0.8 \text{ m}) = 0 \\ &\Rightarrow (F_y)(0.4 \text{ m}) = (F_x)(0.8 \text{ m}) \Rightarrow F_y = 2F_x \dots (i)\end{aligned}$$

اکنون نظر به قضیه فیثاغورث داریم که:

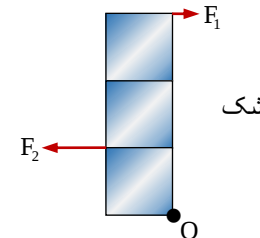
$$(F_x)^2 + (F_y)^2 = F^2 \Rightarrow (F_x)^2 + (F_y)^2 = 10000 \text{ N}^2 \dots (ii)$$

اگر رابطه اول را در دوم وضع کنیم پس مرکبه‌ها را چنین می‌یابیم:

$$\begin{aligned}(F_x)^2 + (2F_x)^2 &= 10000 \text{ N}^2 \Rightarrow 4(F_x)^2 = 10000 \text{ N}^2 \\ &\Rightarrow (F_x)^2 = 2500 \text{ N}^2 \Rightarrow \sqrt{(F_x)^2} = \sqrt{2500 \text{ N}^2} \Rightarrow F_x \approx 50 \text{ N} \\ &\Rightarrow F_y = 2F_x = 2(50 \text{ N}) = 100 \text{ N} \Rightarrow F_y \approx 100 \text{ N}\end{aligned}$$

مثال (6): یک رنگ‌مال که 600 نیوتن وزن دارد، در موقعیت معینی بر روی یک خاوزه چوبی که وزن آن 500 نیوتن می‌باشد که از دوطرف به دو ریسمان آویزان شده است، ایستاده و دیواری را رنگ می‌کند، (شکل 10.35). مقدار قوه‌های کشش T_1 و T_2 را که بر ریسمان عمل می‌کنند به دست آرید. (از سایر وزن‌ها در سیستم صرف نظر می‌شود).

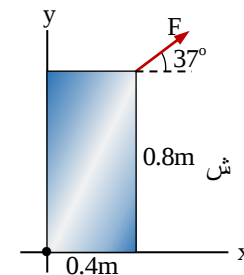
مثال (4): یک بکس فرض می‌شود بدون وزن و از سه مربع ساخته شده است، به حل نقطه O آزادانه دوران می‌کند، (شکل 10.32). اگر $F_1 = 10 \text{ N}$ بوده و هر ضلع مربع 1 m باشد، مقدار F_2 قوه که صندوق را به تعادل می‌آورد محاسبه کنید.



حل: برای حالت تعادل نوشته می‌توانیم که:

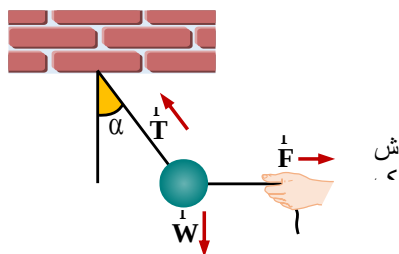
$$\begin{aligned}\sum M = 0 &\Rightarrow F_2 d_2 - F_1 d_1 = 0 \Rightarrow F_2 (1 \text{ m}) - (10 \text{ N})(3 \text{ m}) = 0 \\ &\Rightarrow F_2 = 30 \text{ N}\end{aligned}$$

مثال (5): قوه $F = 100 \text{ N}$ بالای جسمی نازکی تقریباً مستطیل شکل دارای ابعاد $(0.8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m})$ در رأس مقابل نقطه دوران (O) که با سطح افقی محور مثبت x زاویه 37° را ساخته است، عمل نموده است، (شکل 10.33).

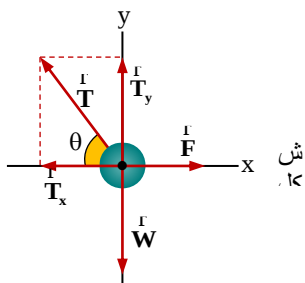


برای این که حالت تعادل را اختیار نمایید، مقدار F_x و F_y را محاسبه کنید.

حل: زاویه که قوه F با محور مثبت x ساخته است، برای دریافت مرکبه‌ها مهم نیست، چون جسم پس از کمی دوران در تعادل قرار می‌گیرد، وکتور قوه آن وقت در امتداد قطر مستطیل عمل می‌کند، شکل (10.34). با افزایش قوه مرکبه‌ها نیز افزایش می‌یابد.



حل: در قدم نخست زاویه را می‌یابیم که با سطح افقی قوه کشش ساخته است؛ یعنی $\theta = 90.0^\circ - \alpha = 53.0^\circ$ می‌باشد؛ گفتیم که جسم در حالت تعادل است؛ پس با در نظر داشت شکل (10.38) و شرط اول تعادل داریم



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F + (-T_x) = 0 \Rightarrow T_x = F = 30.0 \text{ N}$$

اکنون قوه کشش را توسط رابطه ذیل دریافت می‌کنیم

$$T_x = T \cos \theta \Rightarrow 30.0 \text{ N} = T \cos 53.0^\circ \Rightarrow T = 50.0 \text{ N}$$

برای دریافت مقدار T_y داریم که

$$T_y = T \sin \theta = (50.0 \text{ N}) (\sin 53.0^\circ) \Rightarrow T_y = 40.0 \text{ N}$$

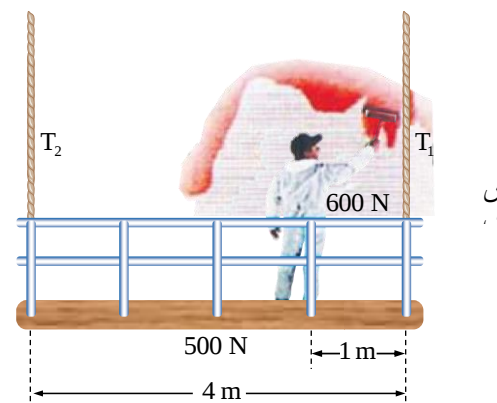
و حالاً می‌دانیم که $\sum F_y = 0$ است و داریم

$$T_y + (-W) = 0 \Rightarrow W = T_y = 40.0 \text{ N}$$

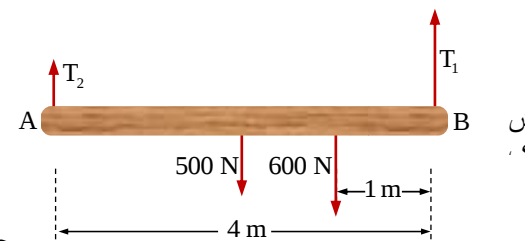
پس از رابطه $\vec{W} = m\vec{g}$ خواهیم نوشت که

$$m = \frac{W}{g} \Rightarrow m = \frac{40.0 \text{ N}}{10.0 \text{ N/kg}} = 4 \text{ kg}$$

معادله تعادل اجسام به صورت عموم سه نوع است.



حل: در قدم نخست قوه‌های که در سیستم عمل می‌کنند، رسم می‌کنیم، (شکل 10.36).



چون سیستم در حالت تعادل

است، پس می‌توان اصل تعادل مومنت را به کار بُرد. برای محاسبه قوه‌های T_1 و T_2 اولاً نقطه A یعنی نقطه تأثیر قوه T_2 و سپس نقطه تأثیر قوه T_1 یعنی B را انتخاب می‌کنیم.

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &\Rightarrow T_2 \cdot 0 + T_1 \cdot L - (500 \text{ N}) \cdot \frac{L}{2} - (600 \text{ N}) \cdot \frac{3L}{4} = 0 \\ &\Rightarrow 0 + T_1 (4 \text{ m}) - (500 \text{ N}) \cdot \frac{4 \text{ m}}{2} - (600 \text{ N}) \cdot \frac{12 \text{ m}}{4} = 0 \\ &\Rightarrow T_1 = 700 \text{ N} \end{aligned}$$

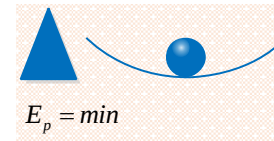
و برای محاسبه قوه T_2 داریم که:

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\Rightarrow T_1 \cdot 0 + T_2 \cdot L - (500 \text{ N}) \cdot \frac{L}{2} - (600 \text{ N}) \cdot \frac{L}{4} = 0 \\ &\Rightarrow 0 + T_2 (4 \text{ m}) - (500 \text{ N}) \cdot \frac{4 \text{ m}}{2} - (600 \text{ N}) \cdot \frac{4 \text{ m}}{4} = 0 \\ &\Rightarrow T_2 = 400 \text{ N} \end{aligned}$$

مثال (7): اگر یک گلوله به وزن $\vec{W}$ مطابق شکل (10.37) به کمک قوه افقی 30.0 N در حالت تعادل است؛ و ریسمان زاویه 37.0° را با عمود ساخته است؛ مقدار کتله گلوله را به kg محاسبه کنید؛ اگر $g = 10.0 \text{ N/kg}$ باشد.

1. تعادل پایدار یا ثابت

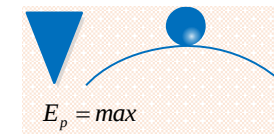
تعادلی را گویند که اگر یک جسم از حالت اولی اش بیجا یا منحرف گردد، دوباره حالت اولی را اختیار نماید، این نوع تعادل زمانی تشکیل می شود که:



- فاصله بین مرکز ثقل و نقطه اتكاء کم باشد.
- سطح قاعده جسم بزرگ باشد.
- انرژی پوتانشیل جسم اصغری باشد.

2. تعادل ناپایدار یا غیر ثابت

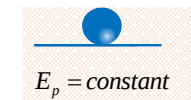
عبارت از تعادلی است که اگر یک جسم از حالت اولیش بی جا یا منحرف گردد دوباره حالت اولی را اختیار کرده نتواند و این تعادل زمانی تشکیل می شود که:



- نقطه اتكاء از قاعده دور باشد.
- سطح قاعده جسم کوچک باشد.
- جسم دارای انرژی پوتانشیل اعظمی باشد.

3. تعادل بی تفاوت

آن حالت یک جسم است در تمام حالات دارای تعادل باشد، و این تعادل زمانی تشکیل می شود که:



- فاصله مرکز ثقل از نقطه اتكاء ثابت باشد.
- سطح اتكاء جسم در هر حالت ثابت باقی بماند.
- انرژی پوتانشیل جسم نیز در تمام حالات ثابت باشد.

کته نقطوی چیست؟

کته عبارت از مقدار مواد است که در جسم، جابجا شده است و واحد اندازه گیری آن کیلوگرام است. که عملاً کته یک لیتر آب خالص در حرارت $4^{\circ}C$ را یک کیلوگرام قبول نموده اند. اصطلاح دیگری که در موارد معین در علم فزیک بکار برده می شود، عبارت از کته نقطه بی است که بخاطر، ایجاد سهولت در حل مشکل ها و مسایل علم فزیک از آن استفاده می شود.