فیزیک پایه نهم

۱ - فواید ساخت ماشین چیست؟

فصل ۹ ماشین‌ها

چگونه می‌توانیم جسمی راکه خیلی سنگین است، حمل یا جابه‌جا کنیم؟ به نظر شما ایرانیان دورهٔ باستان، چگونه توانسته‌اند قطعات سنگین تخت جمشید را روی هم قرار دهند؟ یا امروزه چگونه ماهواره‌ها را به فضا پرتاب می‌کنند؟ پاسخ این سؤالات، قطعاً استفاده از ماشین است. ماشین‌ها به ما اجازهٔ انجام کارهای فراتر از انتظار را می‌دهند. بلندکردن خودرو به وسیلهٔ جک، جابه‌جایی میلیون‌ها لیتر نفت توسط یک کشتی، حفر تونل بین دو جزیره در زیر دریا، ساختن آسمان‌خراش‌هایی با ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر، ساخت پل‌های چند کیلومتری، پرتاب ماهواره‌ها و ...، تنها بخش کوچکی از کارهایی است که به کمک ماشین‌ها صورت می‌گیرد.

بشر به کمک اختراع و طراحی هوشمندانهٔ ماشین‌ها توانایی انجام کار خود را بسیار افزایش داده است. انسان‌های اولیه از جابه‌جا کردن تخته سنگ‌های بزرگ یا تنه‌های درخت عاجز بودند در حالی که امروزه با استفاده از ماشین‌ها می‌توانیم سازه‌های عظیم و بسیار سنگین را جابه‌جا کنیم.

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

ماشین‌ها چگونه به ما کمک می‌کنند؟

تصور زندگی بدون ماشین، بسیار سخت است. ماشین‌ها در بیشتر کارهای روزانهٔ ما نقش اساسی دارند و به ما کمک می‌کنند. هر ماشین برای منظور و کار مشخصی طراحی و ساخته شده است. برای درک بهتر این موضوع، خوب است دربارهٔ ورودی و خروجی یک ماشین، فکر کنیم. ورودی ماشین شامل همهٔ آن چیزهایی است که انجام می‌دهیم تا ماشین کار کند وخروجی آن چیزی است که ماشین برای ما انجام می‌دهد. مثلاً برای حرکت دوچرخه، نیرویی که به پدال وارد می‌کنیم، ورودی ماشین وخروجی آن حرکتی است که دوچرخه انجام می‌دهد (مانند سریع‌تر حرکت کردن یا از یک شیب بالا رفتن). ورودی یا خروجی ماشین‌ها ممکن است براساس نیرو، گشتاور نیرو، توان یا انرژی بررسی شوند.

شکل ۱ــ کار انجام شده توسط نیروی پا به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

۲- هر ماشین برای ..... و ..... طراحی و ساخته شده است.

۳- ورودی و خروجی ماشین چیست؟ مثال بزنید.

۴- ورودی و خروجی ماشین ها به چه عواملی بستگی دارد؟

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

فکر کنید

شکل۲ تصویر تعدادی از ماشین‌هایی را که روزانه با آنها سروکار داریم نشان می‌دهد. در مورد ورودی و خروجی این ماشین‌ها در زندگی و تبدیل انرژی در آنها گفت‌وگو کنید.

شکل۲ــ تعدادی از ماشین‌هایی که روزانه با آنها سروکار داریم.

* پارو، نیروی عضلانی دست‌های قایقران را به حرکت قایق تبدیل می‌کند.

* انرژی شیمیایی سوخت (گازوئیل یا گاز) توسط موتور به حرکت اتوبوس منجر می‌شود.

* انرژی الکتریکی به حرکت دورانی ماشین لباسشویی تبدیل می‌شود و شستشوی لباس و آبگیری آن را انجام می‌دهد.

* نیروی ماهیچه‌ای دست خیاط به حرکت سوزن چرخ خیاطی و دوخت لباس منجر می‌شود.

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

هر ماشینی می‌تواند از اجزای ساده‌تری به نام ماشین ساده تشکیل شده باشد. این اجزا با هم در ارتباط‌اند و یک هدف را دنبال می‌کنند؛ مثلاً در ساخت دوچرخه از ماشین‌های ساده‌ای مانند : اهرم، چرخ و محور، پیچ و مهره، چرخ‌دنده و . . . استفاده می‌شود تا بتواند کار نیروی پا را تبدیل به انرژی جنبشی کند. دوچرخه به ما امکان حرکت سریع‌تر و جابه‌جایی بیشتری را می‌دهد.

شکل۳ ــ دوچرخه از اجزا یا ماشین‌های ساده‌تری مانند : اهرم، پیچ‌ومهره، چرخ و محور، چرخ و دنده و...تشکیل شده است.

۵- ماشین ها از چه چیزهایی ساخته می شوند؟

۶- چند نمونه ماشین ساده را نام ببرید.

۷- ماشین ساده چه تاثیری در عملکرد ماشین های بزرگتر دارد؟

۸- دوچرخه به ما قابلیت ..... و ..... می دهد.

دبیر: اشرفی

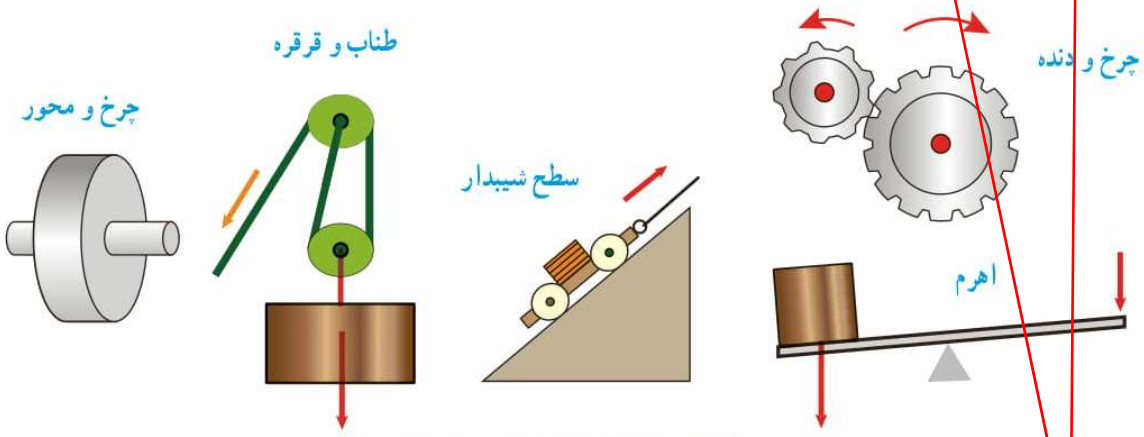
فیزیک پایه نهم

ماشین ساده

تولید خودرو، هواپیما، کشتی، ماهواره و دیگر ماشین‌های پیچیده با اختراع ماشین‌های ساده، صورت گرفته است. یک ماشین ساده مانند اهرم، وسیله‌ای مکانیکی است که به کمک آن می‌توان فعالیت‌های مشکل را به سادگی انجام داد. مثلاً با یک اهرم، شما می‌توانید یک جسم سنگین را که وزن آن چند برابر وزن خودتان است، حرکت دهید (شکل ۴).

شکل۴ ــ مرد با وارد کردن نیروی کوچکی بر دستهٔ اهرم می‌تواند جسم سنگینی را بلند کند.

در دورهٔ ابتدایی با ماشین‌های ساده‌ای مانند اهرم‌ها،سطح شیب‌دار و قرقره به صورت مقدماتی آشنا شدیم. در اینجا به بررسی دقیق‌تر برخی از انواع این ماشین‌ها می‌پردازیم.



شکل۵ ــ برخی از انواع ماشین‌های ساده

۹- ماشین ساده چیست؟ مثال بزنید.

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

پیش از آنکه به بررسی ماشین‌های ساده بپردازیم، مفهوم گشتاور نیرو را بیان می‌کنیم که در تحلیل برخی ماشین‌ها به ما کمک می‌کند.

شکل۶ــ با وارد کردن نیرو به دسته آچار، پیچ می‌چرخد.

گشتاور نیرو

در علوم سال‌های پیش اثر نیرو بر یک جسم را بررسی کردیم، یکی دیگر از اثرهای نیرو، اثر چرخانندگی آن است. مثلاً برای باز و بسته کردن در اتاق، به آن نیرو وارد می‌کنید و در حول لولایش می‌چرخد. با وارد کردن نیرو به دستهٔ آچار، پیچ را شل یا سفت می‌کنید. با وارد کردن نیرو به فرمان دوچرخه، آن را می‌چرخانید و دوچرخه را در جهتی که لازم است، هدایت می‌کنید.

اثر چرخانندگی یک نیرو را گشتاور نیرو می‌گوییم. برای شناسایی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو،آزمایش زیر را انجام دهید.

۱۰- گشتاور نیرو را با ذکر مثال تعریف کنید.

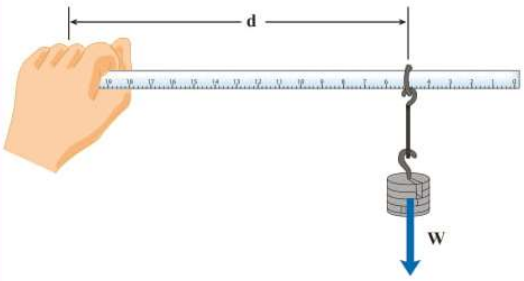
دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

آزمایش کنید

هدف : بررسی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو

وسایل و مواد لازم : حلقه، تعدادی وزنهٔ کوچک شکاف‌دار، خط‌کش، وزنه‌گیر



روش اجرا :

۱ــ خط‌کش را درون حلقه قرار دهید و وزنه‌گیر را آویزان کنید.

۲ــ انتهای خط‌کش را با دست خود بگیرید و به صورت افقی نگه دارید.

۳ــ در وزنه‌گیر، وزنه قرار دهید و به تدریج وزنه‌ها را زیاد کنید.

۴ــ اکنون وزنه‌ها را ثابت نگه دارید و فاصلهٔ حلقهٔ فلزی تا دستتان را کم و زیاد کنید.

از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

تأثیر چرخشی که دستتان احساس می‌کند و باید با آن مقابله کند تا خط‌کش را به صورت افقی نگه دارد، ناشی از گشتاور نیرویی است که وزنه‌ها ایجاد کرده‌اند. همان طور که از آزمایش پی برده‌اید، اندازهٔ نیرو و فاصلهٔ نیرو تا محور چرخش در گشتاور نیرو، مؤثر است.

۱۱- عوامل موثر در گشتاور نیرو را نام ببرید.

هدف: بررسی عوامل مؤثر بر گشتاور نیرو

وسایل و مواد لازم: حلقه، تعدادی وزنهٔ کوچک شکاف‌دار، خط‌کش، وزنه گیر

روش اجرا:

۱- خط‌کش را درون حلقه قرار دهید و وزنه گیر را آویزان کنید.

۲- انتهای خط‌کش را با دست خود بگیرید و به صورت افقی نگه دارید.

۳- در وزنه گیر، وزنه قرار دهید و به تدریج وزنه‌ها را زیاد کنید.

۴- اکنون وزنه‌ها را ثابت نگه دارید و فاصلهٔ حلقهٔ فلزی تا دستتان را کم و زیاد کنید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

* وقتی وزنه‌ها را زیاد می‌کنید، نیروی وزنه‌ها بیشتر می‌شود و خط‌کش میل به چرخش حول دست پیدا می‌کند و برای جلوگیری از چرخش آن باید دست مقابلهٔ بیشتری کند. بنابراین گشتاور نیرو با اندازهٔ نیرو رابطهٔ مستقیم دارد.

* وقتی فاصلهٔ وزنه‌ها تا دست بیشتر می‌شود، میل به چرخش خط‌کش بیشتر می‌شود و برای جلوگیری از چرخش آن باید دست مقابلهٔ بیشتری کند. بنابراین گشتاور نیرو با فاصلهٔ نیرو تا محور چرخش رابطهٔ مستقیم دارد.

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

شکل ۷ ــ بزرگی گشتاور نیرو به اندازهٔ نیرو و فاصلهٔ نقطه اثر نیرو تا محورچرخش بستگی دارد.

بزرگی گشتاور نیرو برابر با حاصل ضرب اندازهٔ نیرو در فاصلهٔ محل اثر نیرو تا محور چرخش است.

(۱) اندازهٔ نیرو × فاصلهٔ نقطه اثر نیرو تا محور چرخش = اندازهٔ گشتاور نیرو

با توجه به اینکه یکای نیرو نیوتون (N) و یکای فاصله متر (m) است، یکای گشتاور نیرو، نیوتون‌متر (Nm) است.

خود را بیازمایید

توضیح دهید چرا با آچار بلندتر، مهرهٔ محکم را می‌توان آسان‌تر باز کرد؟

۱۲- رابطه محاسبه گشتاور نیرو چیست؟

توضیح دهید چرا با آچار بلندتر، مهرهٔ محکم را می‌توان آسان‌تر باز کرد؟ هر چه دستهٔ آچار بلندتر می‌شود، فاصلهٔ نیرو تا محور چرخش افزایش می‌یابد و بنابراین گشتاور نیرو زیادتر می‌شود و مهره آسان‌تر باز می‌شود.

دبیر: اشرفی

فیزیک پایه نهم

توجّه: قبل از آن‌که دسته‌بندی ماشین‌ها را بیان کنیم ابتدا باید گشتاور نیرو را بررسی کنیم تا به درک بهتر ماشین‌ها به‌ویژه گروه اهرم‌ها برسیم.

گشتاور نیرو (اثر چرخشی نیرو)

با حرف یونانی τ (تاو) نشان داده می‌شود، **کمیّتی برداری** است.

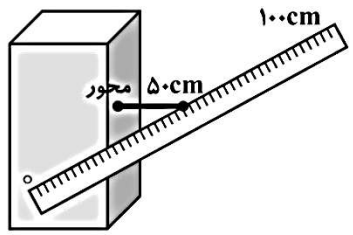
عاملی که سبب چرخش یک جسم به دور محور (تکیه‌گاه) می‌شود.

همان‌طور که قبلاً گفته شد **نیروها اثرات متفاوتی دارند که یکی از آن‌ها اثر چرخانندگی است**؛ یعنی اگر بر جسمی که می‌تواند حول یک لولا یا محور دَوَران کند نیرو یا نیروهای اثر کنند، ممکن است بتوانند آن جسم را حول محور یا تکیه‌گاه بچرخانند در این‌حالت می‌گوییم نیرو گشتاور ایجاد کرده است.

به‌طور مثال هنگام باز کردن در یا پنجره، نیروی دست شما گشتاور ایجاد می‌کند و در یا پنجره حول لولای خود می‌چرخند.

برای درک بهتر و عوامل مؤثّر بر گشتاور یک نیرو، مثال زیر را در نظر می‌گیریم.

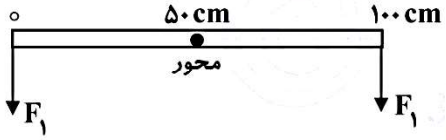
طبق شکل خط‌کش **یک‌نواختی** به طول ۱m (۱۰۰cm) درست از نقطه‌ی وسط یعنی جایی که علامت ۵۰cm دارد روی محورش قرار گرفته است و خط‌کش به حال سکون و افقی باقی می‌ماند. (شکل الف)



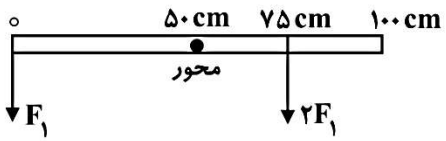
(الف)

حال اگر در محل علامت صفر خط‌کش در یک‌سر آن وزنه‌ای آویخته شود، این وزنه، نیروی F_1 بر خط‌کش وارد می‌کند و موجب چرخش خط‌کش می‌شود یا **گشتاور** ایجاد می‌کند. برای جلوگیری از چرخش خط‌کش می‌توان به یکی از روش‌های زیر عمل کرد.

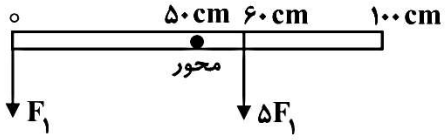
۱) نیرویی مساوی F_1 در نقطه‌ی ۱۰۰cm خط‌کش، به آن وارد کرد.



۲) نیرویی برابر $2F_1$ در نقطه‌ی ۷۵cm خط‌کش، به آن وارد کرد.



۳) نیرویی برابر $5F_1$ در نقطه‌ی ۶۰cm خط‌کش، به آن وارد کرد.



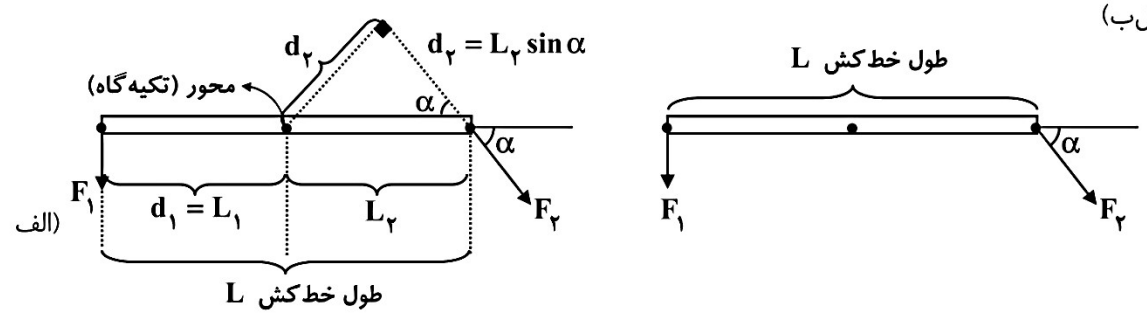
یا راه‌های بسیار دیگر ...

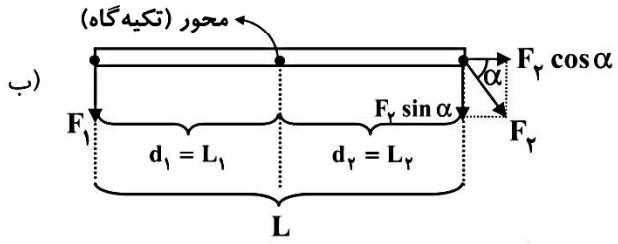
دبیر: اشرفی

بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخشی یک نیرو (گشتاور نیرو) به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ـ اندازه یا بزرگی نیروی عمودی F(N)

۲ـ بازوی گشتاور d(m): فاصله‌ی عمودی تکیه‌گاه از خط اثر نیرو (شکل الف) یا فاصله‌ی تکیه‌گاه از نیروی عمودی (شکل ب)





** اندازه یا بزرگی گشتاور یک نیرو برابر است با حاصل‌ضرب نیروی عمود در بازوی گشتاور آن نیرو یعنی:

(بازوی گشتاور آن نیرو) × (نیروی عمود) = گشتاور نیرو				
τ	=	F	×	d
(N.m)		(N)		(m)

**** واحد گشتاور نیوتن متر (N.m) است.**

در شکل (الف) گشتاور نیروهای F_1 و F_2 عبارت‌اند از:

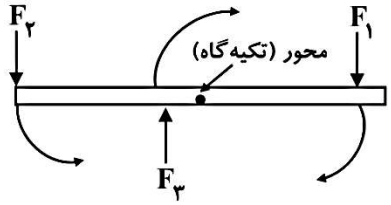
$$\tau_1 = F_1 d_1 = F_1 L_1$$
$$\tau_2 = F_2 d_2 = F_2 L_2 \sin\alpha$$

در شکل (ب) گشتاور نیروهای F_1 و F_2 عبارت‌اند از:

$$\tau_1 = F_1 d_1 = F_1 L_1$$
$$\tau_2 = F_2 d_2 = F_2 \sin\alpha . L_2$$

نکته‌ی ۶: به گشتاورهایی که در جهت عقربه‌ی ساعت باشند «**گشتاور ساعتگرد**» و گشتاورهایی که خلاف جهت عقربه‌ی ساعت باشند را «**گشتاورهای پادساعتگرد**» می‌گویند.

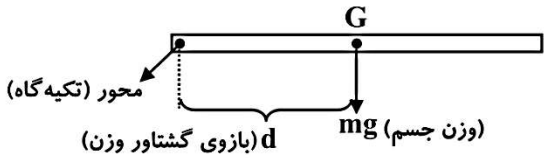
به‌طور مثال در شکل مقابل گشتاور نیروهای F_1 و F_3 ساعتگرد و گشتاور نیروی F_2 پادساعتگرد است.



نکته‌ی ۷: نیرویی که امتدادش از تکیه‌گاه (نقطه‌ی محوری) می‌گذرد اثر چرخشی ندارد و گشتاور آن صفر است.

$\tau = 0$

وقتی از وزن جسم صرف‌نظر نشود وزن جسم نیز یکی از نیروهای گشتاوری به حساب می‌آید و بازوی آن از گرانیگاه (G) تا تکیه‌گاه می‌باشد.



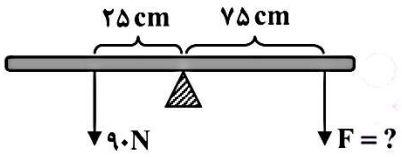
شرط تعادل (افقی ماندن میله یا جسم):

۱ـ مجموع (برآیند) نیروهای وارد بر جسم صفر باشد. $\Sigma F = 0$

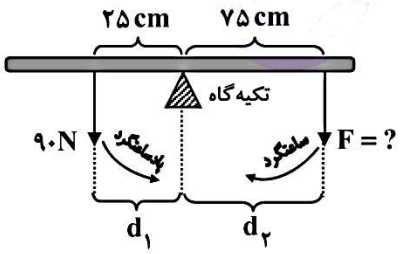
۲ـ مجموع گشتاورهای ساعتگرد **برابر** مجموع گشتاورهای پادساعتگرد باشد یا **مجموع گشتاورهای وارد بر جسم صفر شود.**

$\Sigma\tau_{\text{ساعتگرد}} = \Sigma\tau_{\text{پادساعتگرد}}$

مثال ۳: با توجّه به شکل میله‌ای **یک‌نواخت** و **سبک** بر روی پایه‌ای قرار دارد. مقدار F چه‌قدر باشد تا میله **افقی** بماند؟



پاسخ:



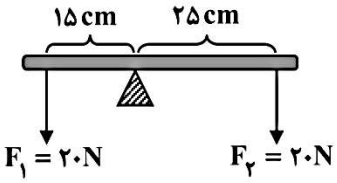
$\tau_1 = 90 \times 0/25 = 22/5 \ \text{N.m}$

$\tau_2 = F \times 0/75$

شرط تعادل: $\tau_1 = \tau_2$

$22/5 = F \times 0/75 \Rightarrow \boxed{F = 30\,\text{N}}$

مثال ۴: میله‌ی **یک‌نواخت** و **سبکی** روی پایه‌ای (تکیه‌گاه) قرار دارد:

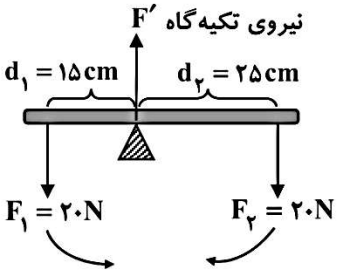


الف) گشتاور کدام‌یک از نیروها بزرگ‌تر است یا میله در کدام جهت می‌چرخد؟

ب) برای ایجاد تعادل نیروی F_2 را چند سانتی‌متر باید به تکیه‌گاه نزدیک کرد؟

ج) تکیه‌گاه چه نیرویی را تحمّل می‌کند؟

پاسخ:



الف) $\tau_1 = F_1 d_1 = ۲۰ \times ۰/۱۵ = ۳\ N.m$

$\tau_2 = F_2 d_2 = ۲۰ \times ۰/۲۵ = ۵\ N.m$

$\tau_1 < \tau_2$ یعنی میله در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.

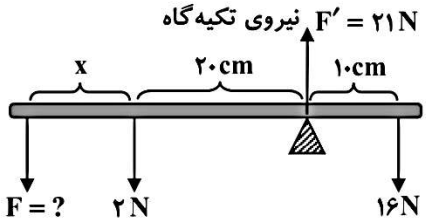
ب) شرط تعادل $\tau_1 = \tau_2$

$۳۰۰ = ۲۰ \times d_2 \Rightarrow \boxed{d_2 = ۱۵cm}$

باید به تکیه‌گاه نزدیک شود. $۲۵ - ۱۵ = \boxed{۱۰cm}$

ج) $F' = F_1 + F_2 = ۲۰ + ۲۰ = ۴۰N$

مثال ۵: با توجّه به شکل اگر میله‌ی **سبک** و **یک‌نواخت** در حال تعادل باشد مقدار F و x را بیابید.



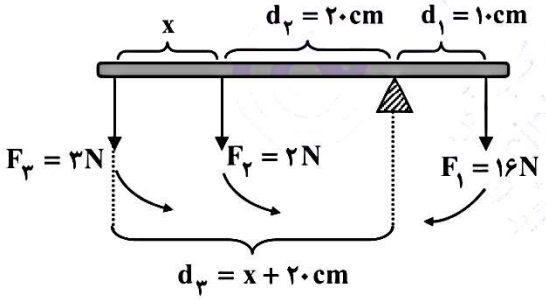
پاسخ:

از آن‌جا که برآیند نیروهای وارد بر جسم باید صفر باشد پس:

$F + ۲N + ۱۶N - ۲۱N = ۰$

$\boxed{F = ۳N}$

و از آن‌جا که مجموع گشتاورهای وارد بر جسم باید صفر باشد.



$\tau_1 = \tau_2 + \tau_3$

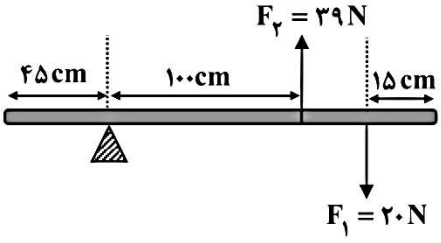
$F_1 d_1 = F_2 d_2 + F_3 d_3$

$۱۶ \times ۱۰ = (۲ \times ۲۰) + [۳ \times (x + ۲۰)]$

$۱۶۰ = ۴۰ + ۳x + ۶۰$

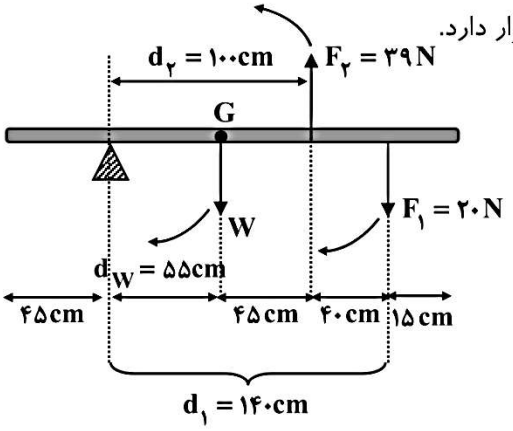
$۱۶۰ - ۱۰۰ = ۳x \Rightarrow ۶۰ = ۳x \Rightarrow x = \frac{۶۰}{۳} = \boxed{۲۰cm}$

مثال ۶: با توجّه به شکل میله‌ی **یک‌نواخت ۲ متری** بر روی تکیه‌گاهی به حال تعادل است **وزن** میله چند نیوتن است؟



پاسخ:

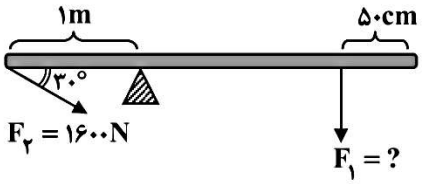
با توجّه به یک‌نواخت بودن میله‌ی **گرانیگاه** آن در وسط میله قرار دارد.



طبق تعادل گشتاوری خواهیم داشت:

$$\tau_1 + \tau_W = \tau_2$$
$$(F_1 d_1) + W d_W = F_2 d_2$$
$$(۲۰ \times ۱۴۰) + W \times ۵۵ = ۱۰۰ \times ۳۹$$
$$۲۸۰۰ + ۵۵W = ۳۹۰۰$$
$$۵۵W = ۳۹۰۰ - ۲۸۰۰$$
$$۵۵W = ۱۱۰۰ \Rightarrow W = \frac{۱۱۰۰}{۵۵} = \boxed{۲۰N}$$

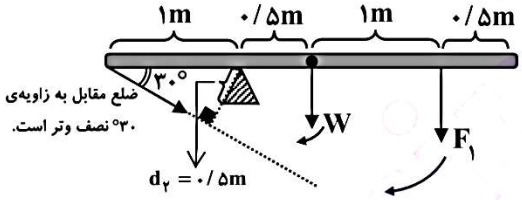
مثال ۷: با توجّه به شکل میله‌ی یک‌نواخت ۳ متری که وزن آن ۱۰۰N است روی تکیه‌گاه به حال تعادل قرار دارد. اندازه‌ی نیروی F_1 چند نیوتن است؟



پاسخ:

برای پیدا کردن بازوی گشتاور d_2 یا باید نیروی F_2 را تجزیه کنیم و فاصله‌ی نیروی عمودی را با تکیه‌گاه در نظر بگیریم یا فاصله‌ی عمودی تکیه‌گاه تا امتداد نیرو را در نظر بگیریم.

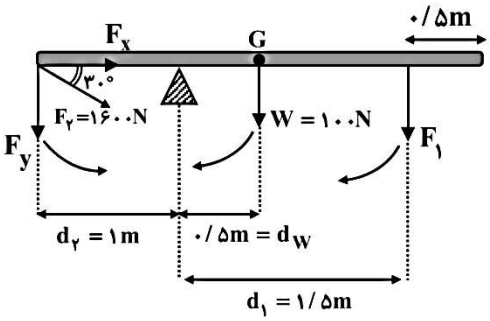
وزن میله در گرانیگاه که وسط میله باشد قرار دارد.

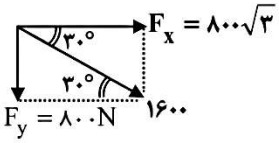


شرط تعادل:

$$F_1 d_1 + W d_W = F_2 d_2$$
$$(F_1 \times ۱/۵) + (۱۰۰ \times ۰/۵) = ۱۶۰۰ \times ۰/۵$$
$$۱/۵F_1 = ۸۰۰ - ۵۰ \Rightarrow ۱/۵F_1 = ۷۵۰ \Rightarrow F_1 = \frac{۷۵۰}{۱/۵} = \boxed{۵۰۰N}$$

راه دوم: نیروی F_2 را به دو نیروی عمود بر هم F_y و F_x تجزیه می‌کنیم.



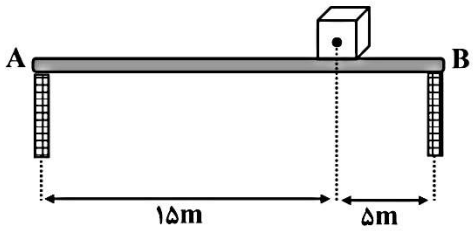


$F_x = ۸۰۰\sqrt{۳}$ ضلع مقابل زاویه‌ی ۶۰°، $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$ وتر است.

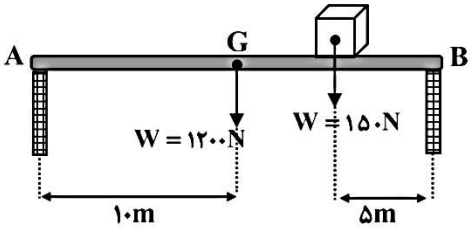
$F_y = ۸۰۰N$ ضلع مقابل زاویه‌ی ۳۰° نصف وتر است.

$$F_1 d_1 + W d_W = F_2 d_2$$
$$(F_1 \times ۱/۵) + (۱۰۰ \times ۰/۵) = ۸۰۰ \times ۱$$
$$F_1 = \frac{۷۵۰}{۱/۵} = ۵۰۰N$$

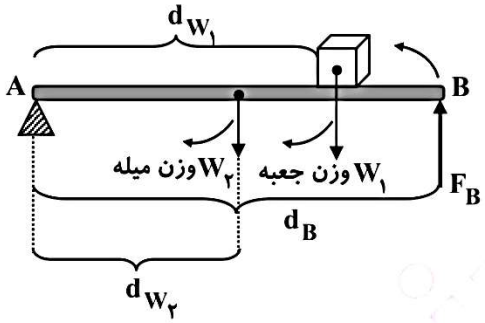
مثال ۸: وزنه‌ای به جرم ۱۵kg مطابق شکل روی میله‌ی یک‌نواختی به جرم ۱۲۰kg اثر می‌کند. این میلـه روی دو ستون A و B تکیه دارد نیروی وارد بر هر ستون را محاسبه کنید.



پاسخ:



در این‌گونه پرسش‌ها که **دو تکیـه‌گاه** دارنـد هـر بـار یکـی از پایه‌ها را تکیه‌گاه و پایه‌ی دیگر را نیرو در نظر می‌گیریم و شرط تعادل گشتاوری را می‌نویسیم؛ سپس ستون دیگر را تکیـه‌گاه در نظر می‌گیریم و شرط تعادل گشتاوری را برای آن می‌نویسیم.

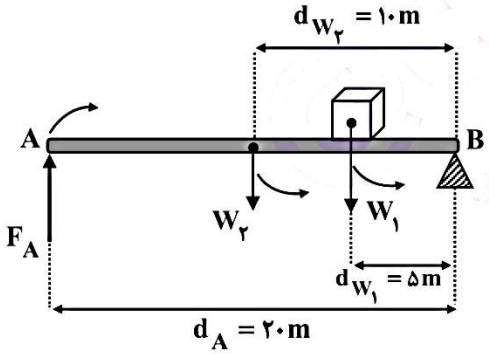


ابتدا ستون A را تکیه‌گاه فرض می‌کنیم:

$$F_B d_B = W_1 d_{W_1} + W_2 d_{W_2}$$

$$F_B \times ۲۰ = (۱۵۰ \times ۱۵) + (۱۲۰۰ \times ۱۰)$$

$$F_B = \frac{۱۴۲۵۰}{۲۰} = ۷۱۲/۵\text{N}$$



حال ستون B را تکیه‌گاه فرض می‌کنیم.

$$F_A d_A = (W_2 d_{W_2}) + (W_1 d_{W_1})$$

$$F_A \times ۲۰ = (۱۲۰۰ \times ۱۰) + (۱۵۰ \times ۵) \Rightarrow F_A = \frac{۱۲۷۵۰}{۲۰} = \boxed{۶۳۷/۵\text{N}}$$