



فصل ۳

فیزیک مکانیک



- مفاهیم پایه مکانیک (طول، سطح، حجم، نیرو و گشتاور و...) را شرح دهد.
- مؤلفه‌های نیرو را مشخص و برآیند نیروها را محاسبه کند.
- گشتاور نیرو را محاسبه نماید.
- رفتارهای مختلف جسم در برابر بار را توضیح دهد. (رفتار کششی، خمشی، برشی، پیچشی، ... و نیروهای محوری و تنش)
- هیدرولیک و کاربردهای آن را توضیح دهد.
- پنوماتیک و اجزای آن را توضیح دهد.

مکانیک بخشی از دانش فیزیک است. سرآغاز این رشته در تاریخ با شروع مهندسی هم‌زمان است. مکانیک را علمی تعریف کرده‌اند که شرایط سکون یا حرکت اجسام تحت تأثیر نیروها را پیش‌بینی و توصیف می‌کند. علم مکانیک به دو بخش ایستایی^۱ و پویایی^۲ قابل تقسیم است. ایستایی به بررسی اجسام در حالت تعادل و پویایی به بررسی اجسام شتاب‌دار می‌پردازد.



پویایی



ایستایی

ایستایی

به پیرامون خود نگاه کنید. درختان، ساختمان‌ها، تجهیزات و حتی قاب عکس روی دیوار همه در حالتی پایدار قرار دارند و تا وقتی که تعادل خود را حفظ کنند پایدار باقی می‌مانند. ساختمانی که در مجاورتش خاک‌برداری غیر اصولی انجام شده باشد ممکن است تعادل خود را از دست بدهد و فرو بریزد. ایستایی به بررسی شرایط تعادل و نیروها در اجسام می‌پردازد.

مفاهیم پایه

پیش از این با بسیاری از مفاهیم علم مکانیک در درس‌های علوم، ریاضی و کار و فناوری آشنا شده‌اید. از آنجا که این مفاهیم در این رشته کاربرد زیادی دارند، درک درستی از آنها لازم است. در اینجا برای یادآوری به تعریف چند مفهوم پایه اشاره می‌شود.

■ **طول:** طول اندازه یک خط در راستای مستقیم یا منحنی است. برای نمونه قطر یک دایره طول خط مستقیمی است که دایره را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند یا محیط دایره طول پیرامون آن است. یکای اندازه‌گیری طول در دستگاه بین‌المللی یکاها SI^۳ متر (m) است. البته برای اندازه‌گیری طول از یکاهای دیگری مانند میلی‌متر (mm) و سانتی‌متر (cm) نیز استفاده می‌شود.

■ **مساحت:** مساحت، اندازه دوبعدی یک شکل هندسی یا رویه یک جسم است. شکل هندسی ممکن است تخت یا خمیده باشد. یکای اندازه‌گیری مساحت در SI مترمربع (m^۲) است. برای اندازه‌گیری سطوح بزرگ‌تر از یکایی مانند کیلومتر مربع (Km^۲) استفاده می‌شود و در سطوح کوچک‌تر از یکایی مانند سانتی‌مترمربع

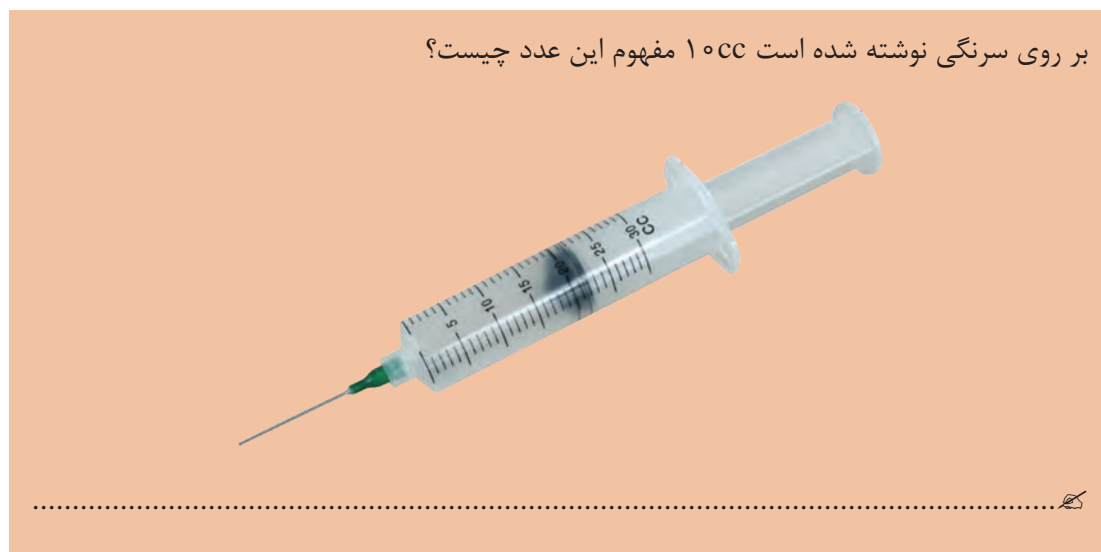
۱- static

۲- dynamic

۳- International System of Units

(cm^3) استفاده می‌شود.

■ **حجم:** حجم هر جسم، فضایی است که آن جسم اشغال می‌کند. یکای حجم فضای مکعبی است که هر ضلع آن برابر یکای طول است. در SI، یکای طول متر است در نتیجه حجم را به صورت m^3 نمایش می‌دهند.



فعالیت



■ **جرم:** به مقدار ماده موجود در یک جسم، جرم می‌گویند. یکای اندازه‌گیری جرم در دستگاه SI کیلوگرم (kg) است.

■ **چگالی:** چگالی، جرم واحد حجم ماده است. برای نمونه یک سانتی‌مترمکعب آهن $7/8$ گرم وزن دارد. می‌گوییم چگالی آهن $7/8$ است. یکای اندازه‌گیری چگالی در دستگاه SI، کیلوگرم بر مترمکعب است.

■ **جسم صلب:** وقتی در مقابل اعمال نیرو، اندازه و شکل جسم تغییر نکند، می‌گوییم جسم صلب است.

■ **نیرو:** تغییر در حرکت یک جسم ناشی از اعمال یک یا چند نیرو به آن می‌باشد. نیرو به ساده‌ترین شکل، به صورت فشاری یا کششی است که می‌تواند منابع مختلفی مانند گرانش زمین، الکتریکی، مغناطیسی، فسیلی و یا عضلانی باشد. وقتی بیش از یک نیرو به جسمی وارد شود، نیروی خالص را در نظر می‌گیریم؛ مثلاً اگر شما و دوستتان یک میله را در یک جهت با نیروی مساوی اهرم کنید، نیروها با هم ترکیب می‌شوند و نیروی خالصی به میزان دو برابر نیروی شما تولید می‌شود. اما اگر هریک از شما با نیروهای مساوی ولی این بار در خلاف جهت یکدیگر میله را اهرم کنید در این حالت جمع نیروهای شما صفر می‌شود و به میله هیچ نیرویی اعمال نمی‌شود. در نتیجه در محاسبه نیروها علاوه بر اندازه نیروها، جهت اعمال نیروها نیز مهم می‌باشد. پرکاربردترین یکاهای اندازه‌گیری نیرو در SI، نیوتون (N) و کیلوگرم نیرو (kgf) هستند.

▶ قانون اول نیوتون

قانون اول نیوتون

وقتی نیروی خالص وارد بر جسم صفر باشد، می‌گوییم آن جسم در تعادل مکانیکی است. با نمادگذاری ریاضی



شکل ۱-۳

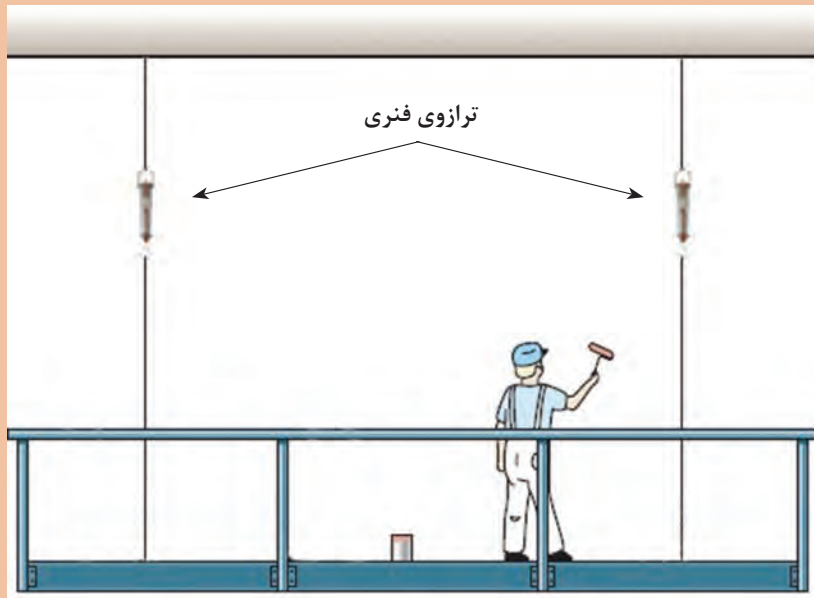
این عبارت را به این صورت می‌توان نوشت: $\Sigma f = 0$
 نماد Σ نشانه جمع برداری است و f نیروها را نشان می‌دهد.
 شکل (۱-۳) یک ترازو در حالت تعادل را نشان می‌دهد.

قانون اول نیوتون:

وقتی بر آیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد، هیچ تغییری در وضعیت حرکتی جسم اتفاق نمی‌افتد.

نقاشی بر روی داربستی که از هر دو طرف به وسیله دو طناب مهار شده است قرار دارد. بر روی هر کدام از طناب‌ها ترازویی قرار داده شده است. در هر حالت مقدار ترازوی سمت چپ نسبت به مقدار ترازوی سمت راست چه عددی را نمایش می‌دهد:

فعالیت



- نقاش در وسط داربست ایستاده است.
- نقاش از سمت راست فاصله گرفته است.
- نقاش از انتهای داربست آویزان شده است.



با توجه به قانون اول نیوتون، نحوه عملکرد ترازوی زیر را شرح دهید.



ویژگی‌های نیرو

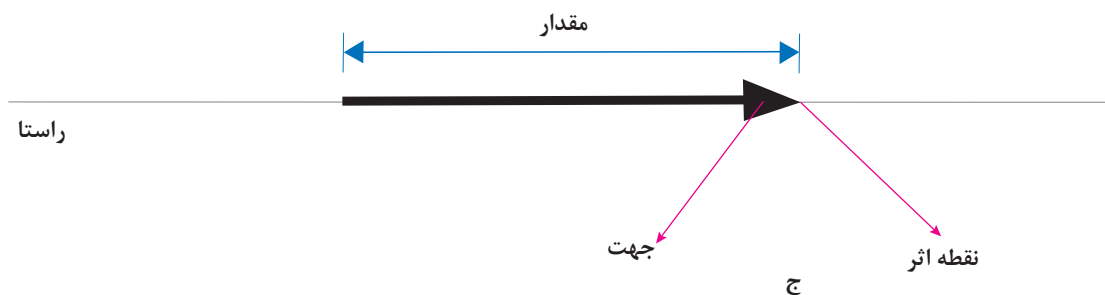
می‌دانیم که نیرو یک کمیت برداری است. کمیت‌های برداری دارای سه ویژگی مقدار، راستا و جهت هستند. برای معرفی کامل یک نیرو، علاوه بر سه مورد فوق، نقطه اثر نیرو نیز باید مشخص شود. (شکل ۲-۳ الف، ب و ج)



الف

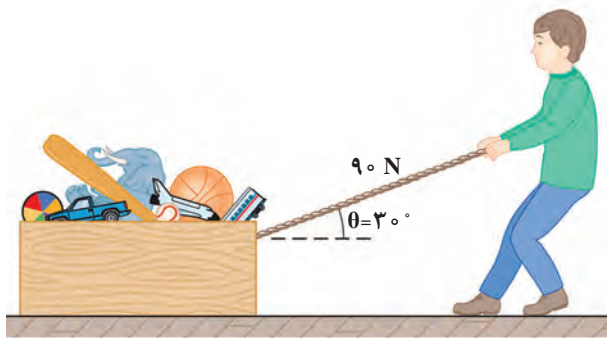


ب

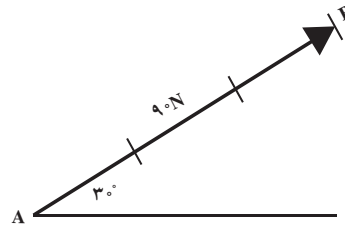


شکل ۲-۳

در شکل ۳-۳ الف فردی نمایش داده شده که تلاش می‌کند با ریسمان جعبه‌ای را روی زمین بکشد. در شکل ۳-۳ ب راستای نیرو با خط AB ، جهت آن با پیکان و مقدار نیرو با طول بردار AB (متناسب با اندازه نیرو) مشخص شده‌اند.



الف

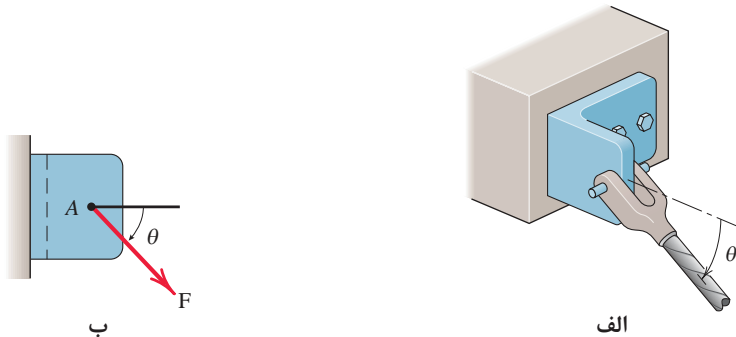


ب

شکل ۳-۳

مؤلفه‌های نیرو

هر نیرو را می‌توان به دو مؤلفه تجزیه نمود به نحوی که تأثیر هم‌زمان این مؤلفه‌ها، اثر خود نیرو را داشته باشد. به طور معمول، نیرو را در دو راستای عمود بر هم x و y تجزیه می‌کنند، مؤلفه افقی را با اندیس x و مؤلفه عمودی را با اندیس y نمایش می‌دهند. برای به دست آوردن مؤلفه‌های نیرو روش محاسباتی بیان می‌شود. در شکل ۳-۴ الف کابل با نیروی F کشیده می‌شود. برای تعیین مؤلفه‌های نیروی F در نمای نشان داده شده در شکل ۳-۴ ب به این ترتیب عمل می‌شود.

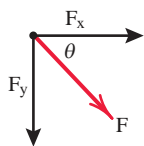


ب

الف

شکل ۳-۴

تجزیه نیرو: اندازه مؤلفه‌های عمودی نیروی F که با محور x زاویه θ را می‌سازد به کمک روابط زیر محاسبه می‌شود. توجه داشته باشید که در روابط فوق، زاویه نیرو با محور x مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۳-۵)

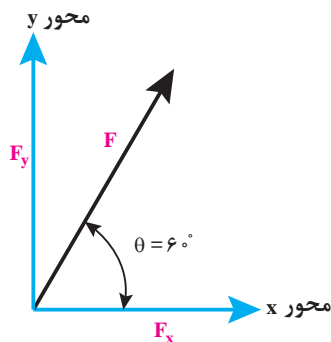
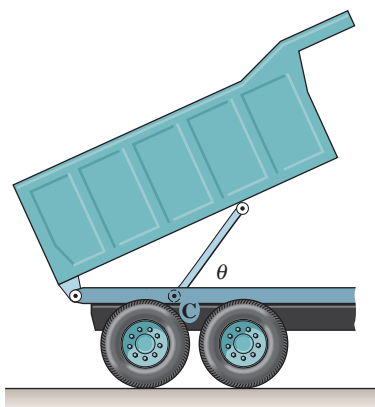


شکل ۳-۵

$$F_x = F \times \cos\theta$$

$$F_y = F \times \sin\theta$$

در یک کامیون حمل بار مطابق شکل ۳-۶ جک هیدرولیکی نیرویی برابر 40 kN در امتداد خود به باری که بلند می‌کند اعمال می‌نماید. مؤلفه‌های افقی F_x و عمودی F_y این نیرو را زمانی که زاویه $\theta = 60^\circ$ است، محاسبه کنید.



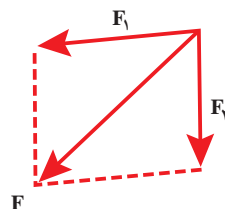
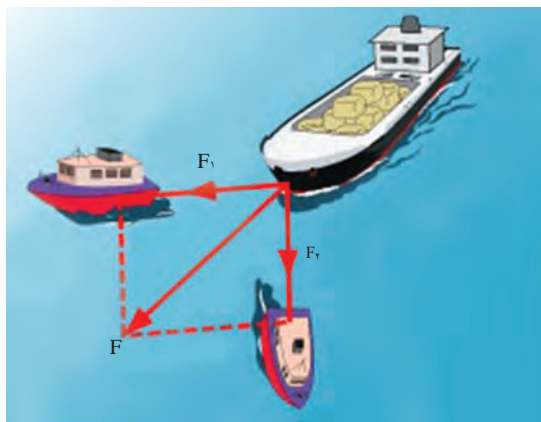
شکل ۳-۶

$$F_x = F \times \cos 60^\circ = 40 \times 0.5 = 20 \text{ kN}$$

$$F_y = F \times \sin 60^\circ = 40 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 20\sqrt{3} = 34.6 \text{ kN}$$

برابند نیروها

گفتیم که نیروی وارد بر یک جسم، تمایل به حرکت در راستای نیرو را به وجود می‌آورد. حال اگر به جسمی در جهت‌های مختلف نیرو وارد شود، (مانند قایق موجود در شکل ۳-۷) جسم در کدام جهت تمایل به حرکت خواهد داشت؟



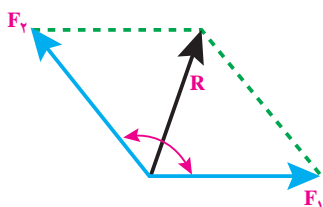
شکل ۳-۷

برای به دست آوردن مجموع تأثیر نیروهای مختلف در یک جسم، برآیند نیروها را محاسبه می کنند. برآیند نیروها را با R نمایش می دهند.

محاسبه برآیند نیروها

برای به دست آوردن برآیند دو نیروی F_1 و F_2 که با یکدیگر زاویه α می سازند (شکل ۳-۸) از رابطه زیر استفاده می شود:

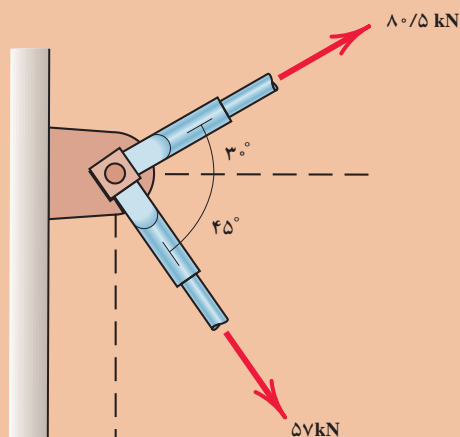
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$



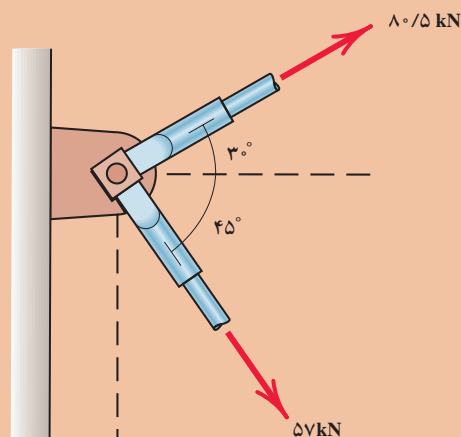
شکل ۳-۸

ابتدا نیروهای وارد بر نشی‌های پایه دکل نفتی (شکل ۳-۹) را به دو مؤلفه x, y بر روی شکل ۳-۱۰ تجزیه کنید، سپس برآیند نیروهای وارد بر آن را به دست آورید؟

فعالیت

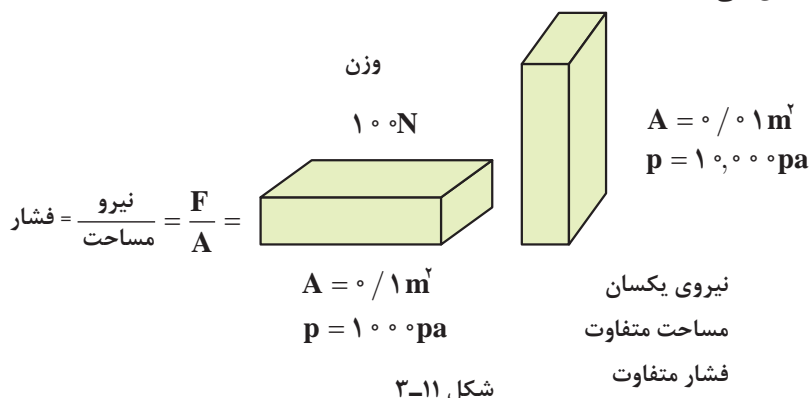


شکل ۳-۹



شکل ۳-۱۰

فشار: نیروی وارد بر سطح می باشد. برای تشخیص تفاوت فشار و نیرو، دو قطعه در شکل ۳-۱۱ را در نظر بگیرید. قطعه‌ها یکسان هستند. ولی یکی از آنها روی انتها و دیگری روی پهلویش قرار گرفته است. وزن هر دو قطعه یکی است و در نتیجه نیروی یکسانی به سطح وارد می کنند (اگر آنها را روی ترازو بگذاریم هر دو یک عدد را نشان می دهند). ولی قطعه قائم فشار بیشتری به سطح وارد می کند. اگر قطعه را کج کنیم به طوری که فقط روی یک گوشه قرار گیرد، فشار باز هم بیشتر می شود. واحد اندازه گیری فشار، پاسکال می باشد و آن را با حرف P نمایش می دهند.



فعالیت



با فهمیدن مفهوم فشار توضیح دهید چرا در هنگام شیرجه زدن در آب می بایست ابتدا دست‌ها و سر وارد آب شوند؟



.....

.....

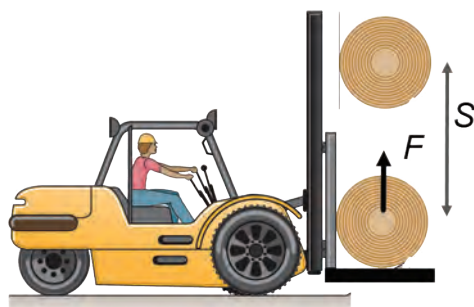
.....

.....



کار: اگر نیرویی بر جسمی وارد شود و آن را به حرکت درآورد، کار انجام شده است. وقتی کار انجام می شود، انرژی از نوعی به نوعی دیگر تبدیل می شود.

■ **توان:** انرژی تبدیل شده یا کار انجام شده در واحد زمان، توان نامیده می‌شود. یکای اندازه‌گیری توان، وات (W) می‌باشد. توان را با واحد دیگری به نام اسب بخار نیز بیان می‌کنند که هر اسب بخار برابر با 746 وات است. برای نمونه مقدار مشخصی انرژی برای بالا بردن یک آسانسور لازم است. یک الکتروموتور با توان 5 kW می‌تواند این کار را انجام دهد اما یک الکتروموتور 20 kW این کار را چهار بار سریع‌تر انجام می‌دهد.



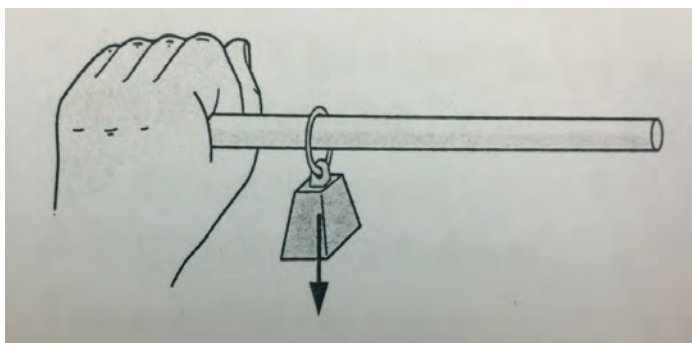
شکل ۳-۱۲

مثال: در شکل ۳-۱۲ لیفتراک، مقدار نیروی 5000 N به جعبه وارد می‌کند و در مدت زمان $2/5 \text{ s}$ آن را به اندازه 2 m جابه‌جا می‌نماید. مطلوب است محاسبه توان این لیفتراک. جابه‌جایی $d=2 \text{ m}$
مدت زمان $T=2/5 \text{ s}$
توان $P=?$

$$P = \frac{W}{t}, \quad W = F \cdot d$$

$$\text{توان} = \frac{\text{جابه‌جایی} \times \text{مقدار نیرو}}{\text{زمان}} \Rightarrow P = \frac{F \cdot d}{t} = \frac{5000 \text{ N} \times 2 \text{ m}}{2/5 \text{ s}} = 4000 \text{ W} = 4 \text{ kW}$$

■ **گشتاور:** انتهای خط کشی را با دست خود به صورت افقی نگه دارید. وزنه‌ای نزدیک دستتان از آن بیاویزید. احساس می‌کنید که خط کش تاپ می‌خورد. حال وزنه را بلغزانید تا از دستتان دور شود. احساس می‌کنید که پیچ و تاب شدیدتر می‌شود، اما وزنه تغییری نکرده است. نیروی وارد بر دست شما یکسان است. آنچه تغییر کرده گشتاور است. (شکل ۳-۱۳)

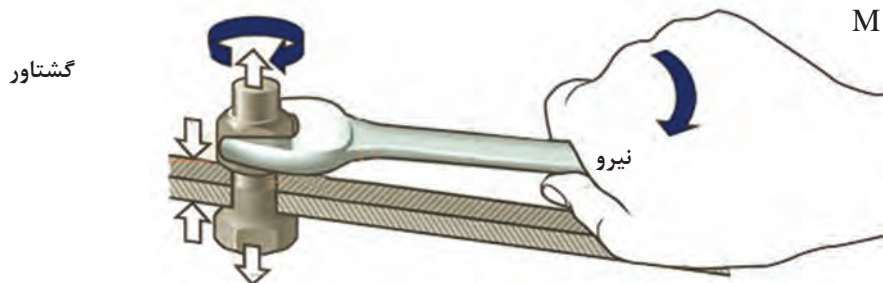


شکل ۳-۱۳

نیرو تمایل به حرکت دادن اجسام یا تغییر در سرعت آنها را دارد و گشتاور تمایل به پیچاندن اجسام یا تغییر در حالت چرخش اجسام. اگر بخواهیم جسم ساکنی را به حرکت در آوریم به آن نیرو وارد می‌کنیم ولی اگر بخواهیم جسم ساکنی را بچرخانیم به آن گشتاور وارد می‌کنیم.

گشتاور را به صورت حاصل ضرب بازوی اهرم در نیرو تعریف می‌کنیم که می‌خواهد باعث چرخش شود.
نیرو × بازوی اهرم = گشتاور

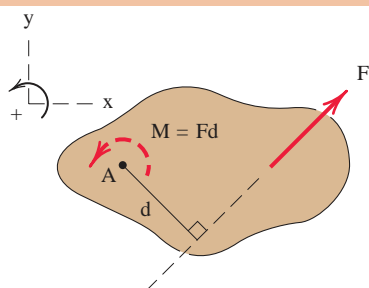
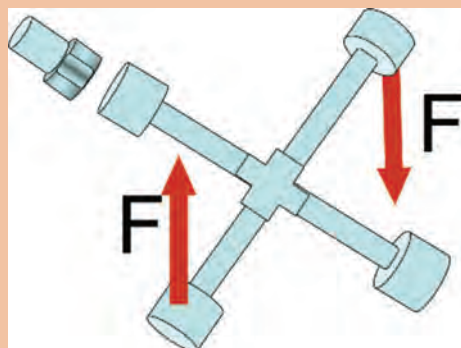
$$M = d \times F$$



شکل ۲-۱۴

چرا راننده کامیون‌ها در هنگام باز و بسته کردن پیچ‌های چرخ کامیون میله‌ای را به دسته آچار خود اضافه می‌کنند تا دسته آن بلندتر شود؟

فعالیت



شکل ۲-۱۵

گشتاور نیرو: برای بررسی کامل اثر نیروهایی که بر یک جسم وارد می‌شوند لازم است تا تمایل به چرخشی که در جسم به وجود می‌آید نیز بررسی شود. همان‌گونه که می‌دانید گشتاور، معیاری برای اثر چرخشی نیرو حول یک نقطه معین است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M = F \times d$$

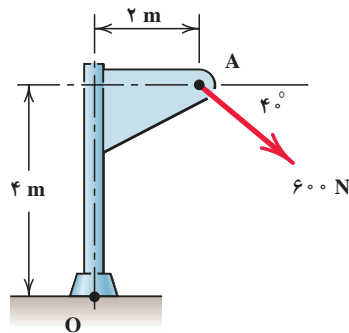
در رابطه ذکر شده:

M معرف: گشتاور نیرو با یکای N.m

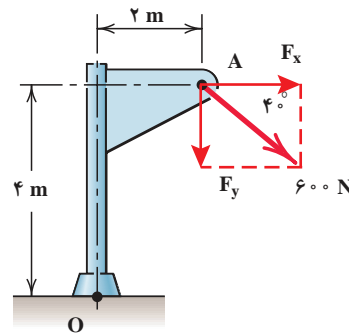
F معرف: نیرو با یکای N

d معرف: بازوی گشتاور با یکای m

گشتاور اعمال شده به یک جسم ممکن است جسم را در جهت ساعت گرد یا خلاف عقربه ساعت بچرخاند. در اینجا گشتاور ساعت گرد با علامت منفی و گشتاور خلاف عقربه ساعت با علامت مثبت نشان داده شده است. مثال: در سازه زیر گشتاور ناشی از نیروی ۶۰۰ N را حول نقطه O بر حسب N.m محاسبه نمایید.



شکل ۳-۱۶



شکل ۳-۱۷

- از رابطه خواهیم داشت:

$$F_x = 600 \times \cos 40^\circ = 460 \text{ N}$$

$$F_y = 600 \times \sin 40^\circ = 386 \text{ N}$$

- با محاسبه گشتاور این مؤلفه‌ها حول نقطه O، گشتاور نیروی F حول این نقطه به دست می‌آید:

$$M_O = (460 \text{ N})(4 \text{ m}) + (386 \text{ N})(2 \text{ m}) = 2610 \text{ N.m}$$

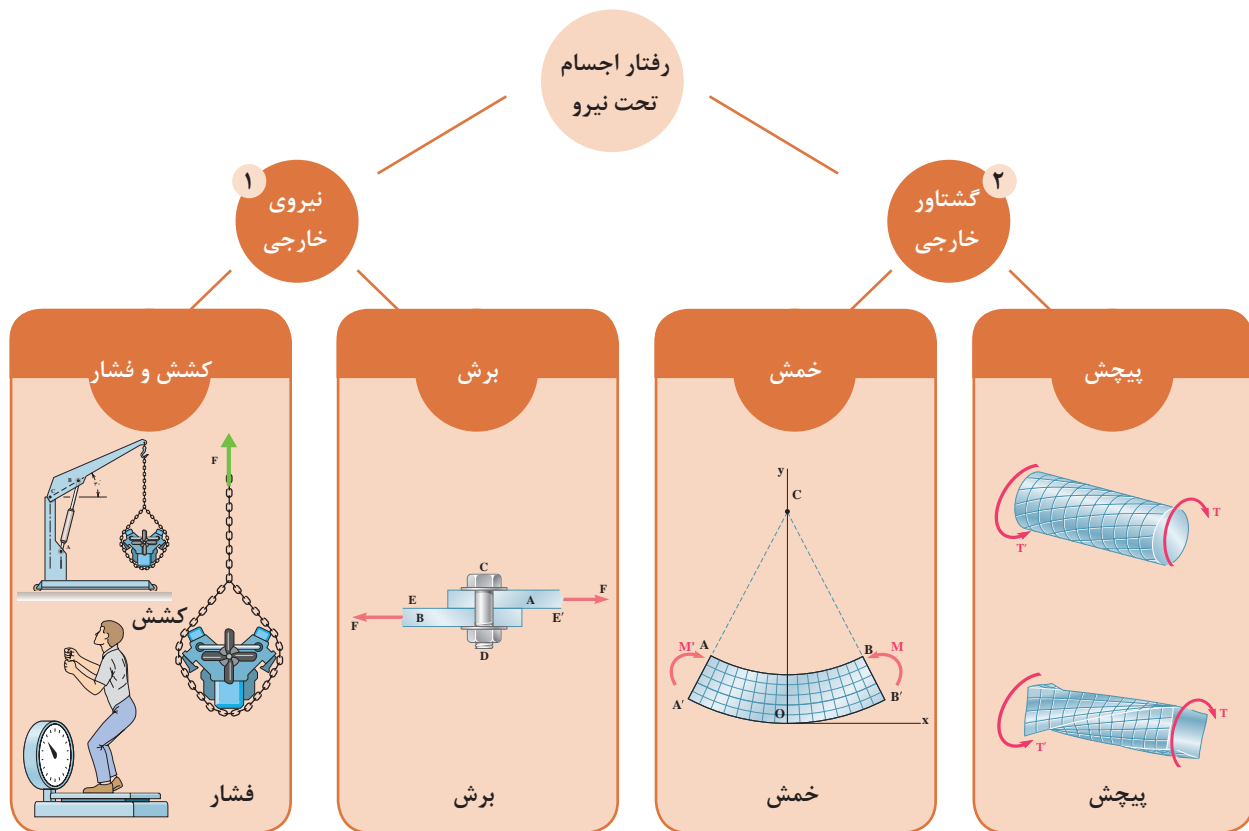
هر دو گشتاور مؤلفه‌ها، ساعت گرد بوده و به این دلیل با یکدیگر جمع شده‌اند.

نکته



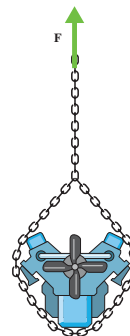
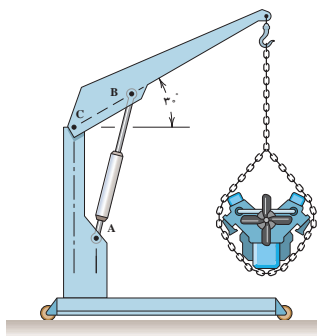
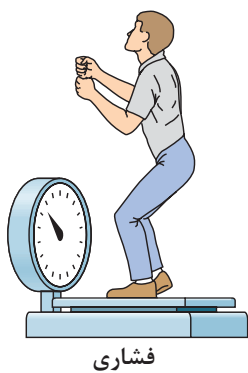
انواع نیروهای وارد بر یک جسم

در قسمت قبل به بررسی مفاهیم پایه در ایستایی پرداختیم که جسم در اثر اعمال نیرو تغییر شکل نمی‌دهد. در این قسمت می‌خواهیم رفتار اجسام را تحت تأثیر نیروهای مختلف تجزیه و تحلیل کنیم. رفتار اجسام تحت بارهای مختلف عبارت‌اند از:

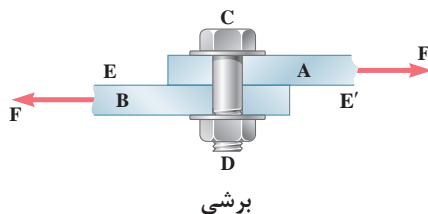


نیروی خارجی

کششی و فشاری: در صورتی که به جسمی نیروهایی در امتداد محور طولی و عمود بر سطح مقطع آن وارد شود، می‌توانند به صورت کششی یا فشاری به اجسام وارد شوند و در آنها افزایش یا کاهش طول ایجاد نمایند.

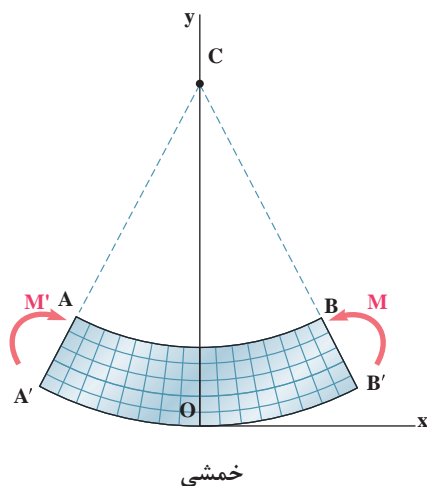


■ **برشی:** جهت درک بهتر این موضوع آزمایش زیر را انجام دهید. کتاب خود را بر روی میز به طوری قرار دهید تا از یک سمت به میز و از سمت دیگر آزاد باشد. همان طور که مشاهده می‌شود اگر به کتاب نیروی عرضی وارد شود علاوه بر خمش، یک لغزش بین صفحات ایجاد می‌شود. این لغزش به دلیل نیروی برشی وارد بر کتاب است.

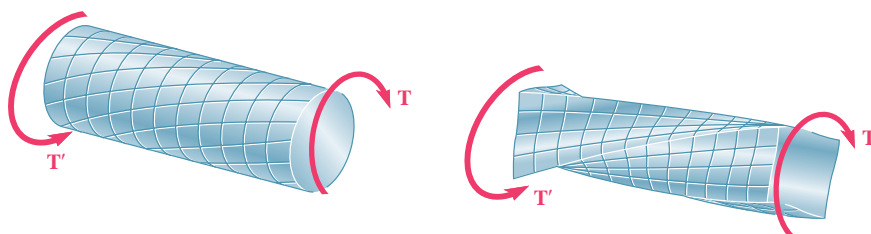


گشتاور خارجی

■ **خمشی (ممان):** در صورتی که دو گشتاور مساوی و در خلاف جهت یکدیگر در دو طرف جسم وارد شود، جسم دچار خمش می‌شود.



■ **پیچشی (تورک):** در صورتی که گشتاور وارد بر یک جسم، حول محور طولی اش باشد، میله تحت پیچش قرار می‌گیرد.

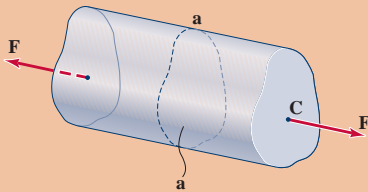


پیچشی

تغییرات ایجاد شده در اجسام با اعمال نیروی محوری به آنها

تنش محوری

به نیروی وارد بر واحد سطح، تنش گفته می‌شود. چنانچه نیروی وارد، نیروی محوری باشد به این نیرو، تنش محوری وارد بر سطح A گفته می‌شود.



میله منشوری زیر را در نظر بگیرید که تحت نیروی کششی F قرار دارد. به نظر شما اثر نیروی F در یک مقطع دلخواه مانند (a-a) به چه صورتی خواهد بود؟

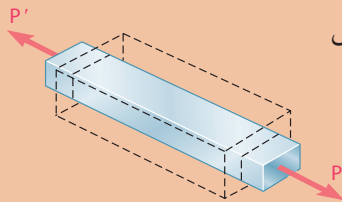
فعالیت



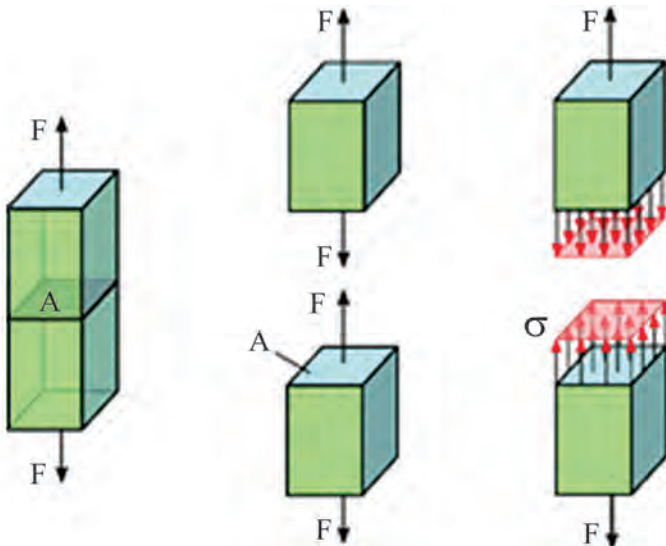
تذکر



بارهای محوری ضمن افزایش یا کاهش طول، سبب کاهش یا افزایش ابعاد دیگر جسم نیز می‌شود.



در شکل ۳-۱۸ در سطح مقطع (a-a) تنش محوری به جسم وارد شده است که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.



$$\sigma = \frac{\pm F}{A}$$

شکل ۳-۱۸

σ : تنش محوری (فشاری یا کششی)

F: نیروی محوری (کششی با علامت + و فشاری با علامت -)

A: سطح مقطع

واحد تنش در سیستم SI با توجه به رابطه آن، $\frac{N}{m^2}$ (پاسکال PA) می‌باشد و بهتر است به منظور هماهنگی با آئین نامه‌ها در محاسبات از واحد $\frac{N}{mm^2}$ (مگا پاسکال MPa) استفاده شود.

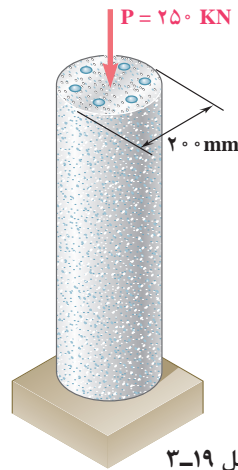
اگر نیروی محوری (F) کششی باشد تنش ایجاد شده تنش کششی خواهد بود و σ مثبت می‌باشد. اگر نیروی محوری (F) فشاری باشد تنش ایجاد شده تنش فشاری خواهد بود و σ منفی می‌باشد.

مثال: ستونی کوتاه (شکل ۳-۱۹) تحت تأثیر نیروی محوری $p=۲۵۰\text{KN}$ قرار دارد. تنش پای ستون را محاسبه کنید؟ نیروی p فشاری است.

$$p = -۲۵۰\text{KN} = -۲۵۰ \times ۱۰۰۰ = -۲۵۰۰۰۰\text{ N}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{۳/۱۴ \times (۲۰۰)^2}{4} = ۳۱۴۰۰\text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{-۲۵۰۰۰۰\text{ N}}{۳۱۴۰۰\text{ mm}^2} = ۷/۹۶ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

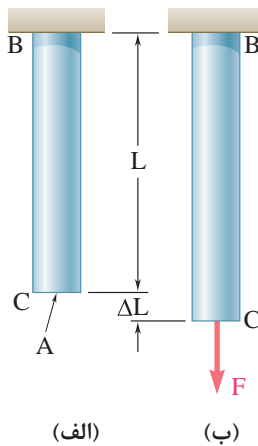


شکل ۳-۱۹

تغییر وضعیت ابعادی اجسام با اعمال بار محوری به آنها

تغییر طول اجسام تحت تأثیر بارهای محوری

میله BC به طول L و سطح مقطع A مطابق شکل ۳-۲۰ الف مفروض است. اگر نیروی کششی F به آن وارد شود، سبب افزایش طول میله به اندازه ΔL خواهد شد که مقدار آن از رابطه زیر تعیین می‌شود (شکل ۳-۲۰ ب).



شکل ۳-۲۰

$$\Delta L = \frac{F \times L}{A \times E}$$

در این رابطه E ضریب ارتجاعی (مدول یانگ^۱) جسم می‌باشد که به جنس میله بستگی دارد و واحد آن نیز همان واحد تنش یعنی $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ و یا (MPa) است.

۱- Young's modulus



میله فولادی (با ضریب ارتجاعی $E=2 \times 10^5$ تحت نیروی $F=471 \text{ KN}$ قرار می‌گیرد. میزان تغییر طول ایجاد شده را محاسبه کنید؟

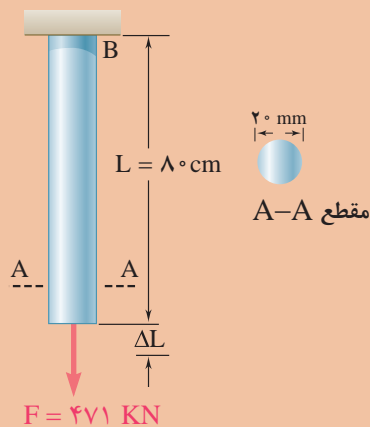
$$F = +471 \text{ KN} = +471000 \text{ N}$$

$$L = 80 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{R \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

$$E = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta L = \frac{F \times L}{A \times E} = \frac{+471000 \times 800}{314 \times 2 \times 10^5} = +6 \text{ mm}$$



شکل ۳-۲۱

کاربرد سیالات در صنعت

هیدرولیک



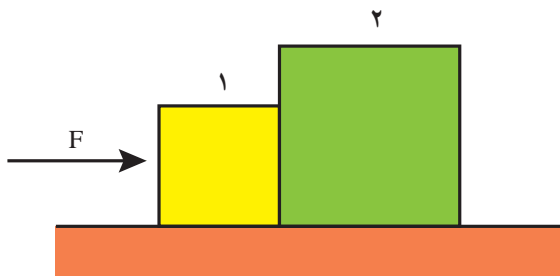
در دنیای مدرن امروز، هیدرولیک نقش بسیار مهمی در زندگی روزمره مردم بازی می‌کند. اگر با دقت به اطراف خود نگاه کنید می‌بینید که در صنایع مختلف سیستم‌های هیدرولیکی استفاده شده‌اند. فرمان خودرو یک سیستم هیدرولیکی است. ماشین جمع‌آوری زباله، ماشین‌های مورد استفاده در راه‌سازی همگی دارای سیستم هیدرولیکی می‌باشند.

دلیل کاربرد بسیار زیاد سیستم‌های هیدرولیکی را می‌توان به سادگی طراحی، سادگی و دقت کنترل، انعطاف‌پذیری، قابلیت افزایش نیرو و راندمان بالای این سیستم‌ها اشاره کرد. البته این سیستم‌ها دارای معایبی نظیر نشتی که باعث افت فشار در سیستم می‌شود و همچنین هزینه‌های بالای قطعات نیز هستند.



اصل پاسکال

از اصولی ترین قوانین حاکم بر سیالات، قانون پاسکال است. طبق این قانون فشار وارده بر یک سیال، درون سیال و در همه جهات منتشر می شود. دو جعبه مانند شکل ۳-۲۲ در تماس با هم در نظر بگیرید. اگر به جعبه ۱ نیرویی وارد شود، این جعبه، نیرویی را به جعبه ۲ وارد خواهد کرد.



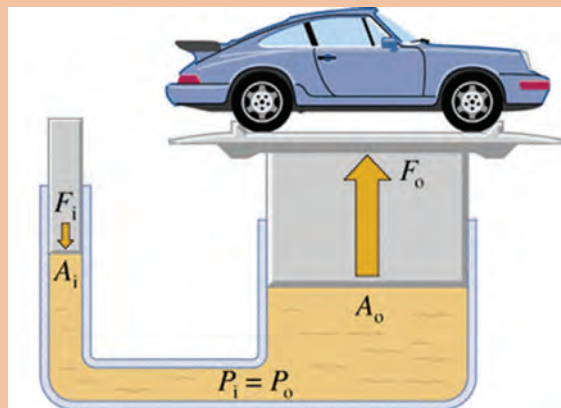
شکل ۳-۲۲

نیروی وارد بر جعبه ۲ در همان جهت نیروی وارد شده بر جعبه ۱ است. حال اگر نیرویی را بر یک سیال وارد کنیم، فشار به همه نقاط درون سیال انتقال پیدا می کند. این اصل بنیادی را فردی به نام پاسکال کشف کرد و به افتخار ایشان این اصل به نام این دانشمند نام گذاری شده است. فشار وارد شده بر هر سیال محدود تراکم ناپذیر، به همه نقاط درون سیال انتقال پیدا می کند. همان طور که قبلاً اشاره شد، فشار به صورت نیروی وارد بر سطح تعریف می شود.

$$P = \frac{F}{A}$$



با توجه به اصل پاسکال، می‌توان با یک نیروی کم، یک نیروی زیاد را تولید کرد. با توجه به شکل ۲۳-۳، این مفهوم را ثابت کنید.



شکل ۲۳-۳

.....

.....

.....

اجزا و ملزومات سیستم هیدرولیکی

ملزومات سیستم هیدرولیکی

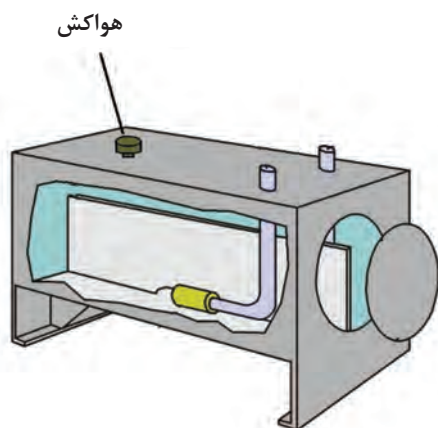


ملزومات

۱ مخزن: همان‌طور که از نام آن پیداست، روغن را در خود نگهداری می‌کند. روغن هیدرولیکی از مخزن خارج شده و وارد سیستم هیدرولیکی می‌شود و دوباره به مخزن برمی‌گردد.



۲ هواکش: روغن موجود در مخزن، هنگامی که سیستم در حال کار کردن است، بالا و پایین می‌رود و یک هواکش برای مخزن به عنوان تأمین هوای بیرونی عمل می‌کند.



نحوه عملکرد فشارسنج

۲ فشار سنج: میزان فشار در یک سیستم هیدرولیک را اندازه‌گیری می‌کند. فشارسنج‌ها از لوله‌های ورودی، چرخ‌دنده، عقربه و صفحه مدرج شده تشکیل شده است. عضو اصلی فشار سنج‌ها لوله‌های ورودی می‌باشد. لوله‌های ورودی از یک لوله فلزی خمیده بیضوی تشکیل شده است که با افزایش فشار سیال تمایل به باز شدن داشته و با کاهش فشار انحنای بیشتری می‌یابد. تغییرات انحنا از طریق یک سیستم چرخ‌دنده‌ای به عقربه منتقل می‌شود. جهت و مقدار حرکت عقربه به جهت و مقدار تغییر انحنای لوله‌های ورودی بستگی دارد.



جهت افزایش عمر فشارسنج‌ها در سیستم‌های هیدرولیکی، از آنها چطور استفاده می‌کنند؟

پژوهش کنید

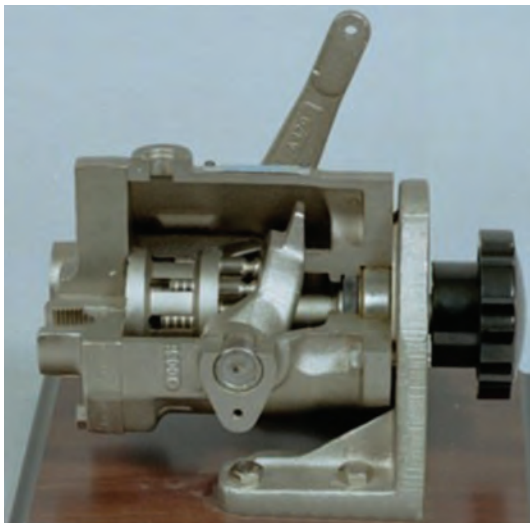


اجزا

سیستم‌های هیدرولیکی دارای سه جزء اصلی به منظور تولید، کنترل و انتقال توان می‌باشند. **۱ پمپ‌ها:** پمپ‌ها روغن را از مخزن بیرون کشیده و آن را میان یک سری از شیرها و عملگرهای هیدرولیکی (سیلندرها و هیدروموتورها) پخش می‌کنند. پمپ‌ها براساس نوع عملکردشان به انواع مختلفی مانند پمپ‌های دنده‌ای، پمپ‌های پیستونی و پمپ‌های پره‌ای تقسیم می‌شوند.



پمپ دنده‌ای



پمپ پیستونی



پمپ پره‌ای

۲ عملگرها: از جمله کاربردهای سیستم‌های هیدرولیکی جابه‌جا کردن اجسام، اعمال نیرو به اجسام و ایجاد گشتاور می‌باشد. قطعاتی که این کار را انجام می‌دهند عملگر نامیده می‌شوند. با توجه به اینکه عملگرها حرکت دورانی و یا حرکت خطی ایجاد می‌کنند به دو دسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند:
الف) عملگرهای دورانی (هیدروموتورها) ب) عملگرهای خطی (سیلندرها)



عملگر دورانی (هیدروموتور)



عملگر خطی (سیلندر)

۳ شیرهای کنترل: یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در سیستم‌های هیدرولیک، بخش کنترل می‌باشد. شیرها وظیفه کنترل را در سیستم‌های هیدرولیکی بر عهده دارند و دارای سه نوع، شیرهای کنترل فشار، شیر کنترل جهت و شیر کنترل جریان می‌باشد.



شیر کنترل جریان



شیر کنترل جهت



شیر کنترل فشار

پنوماتیک



یکی از سیالات مورد استفاده در صنعت، هوای فشرده شده می‌باشد. از هوای فشرده شده جهت کنترل و انتقال نیرو به سیستم‌ها استفاده می‌شود که به این علم پنوماتیک گفته می‌شود. کلمه پنوما از کلمه یونان

قدیم مشتق شده است و به عنوان تنفس باد و در فلسفه به عنوان روح است. سیستم‌های پنوماتیکی به دلیل تمیزی، در صنایع بسته‌بندی و صنایع غذایی کاربرد بسیار زیادی دارند.



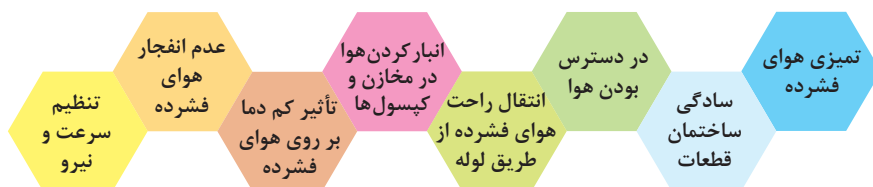
خط بسته‌بندی



یونیت دندانپزشکی

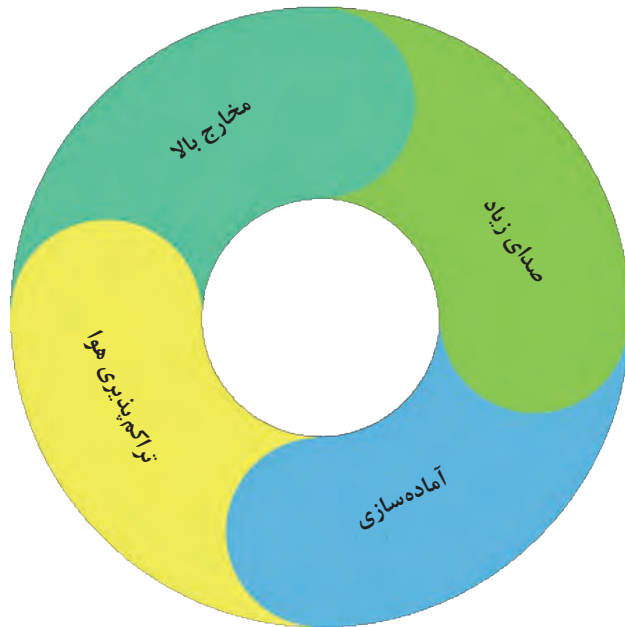
از مزایای پنوماتیک می‌توان به:

- ۱ در دسترس بودن هوا
 - ۲ انتقال راحت هوای فشرده از طریق لوله
 - ۳ انبار کردن هوا در مخازن و کپسول‌ها
 - ۴ تأثیر کم دما بر روی هوای فشرده
 - ۵ عدم انفجار هوای فشرده
 - ۶ سادگی ساختمان قطعات
 - ۷ تنظیم سرعت و نیرو
 - ۸ تمیزی هوای فشرده
- اشاره کرد.



با این وجود سیستم‌های پنوماتیکی دارای معایب و محدودیت‌هایی نیز می‌باشند. معایب سیستم‌های پنوماتیکی عبارت‌اند از:

- ۱ صدای زیاد
- ۲ مخارج بالا
- ۳ تراکم‌پذیری هوا و در نتیجه عدم امکان ایجاد سرعت یکنواخت در عملگرها
- ۴ آماده‌سازی



معایب سیستم‌های پنوماتیکی

تراکم پذیری هوا

▶ مبانی فیزیکی هوای فشرده

هوا قابلیت تراکم پذیری دارد. بدین معنا که اگر هوا تحت فشار قرار بگیرد، متراکم می‌شود.

سرنگی برداشته و طبق شکل زیر انگشت خود را سر آن گذاشته و پیستون را فشار دهید.



همان‌طور که پیستون تا جایی جلو می‌رود ولی از یک نقطه به بعد فشردن آن بسیار دشوار می‌شود. در کلاس در مورد دلیل این موضوع بحث کنید. چرا پیستون توانست تا حدی جلو برود ولی از این بیشتر ممکن نبود. در حالی که در ظاهر چیزی درون سرنگ نبود؟ آزمایش فوق را این بار با سرنگی پر از آب تکرار کنید. این بار چگونه؟ آیا سرنگ را توانستید فشرده کنید؟ به نظر شما تفاوت دو آزمایش فوق در چیست؟ شباهتشان چیست؟

.....

.....

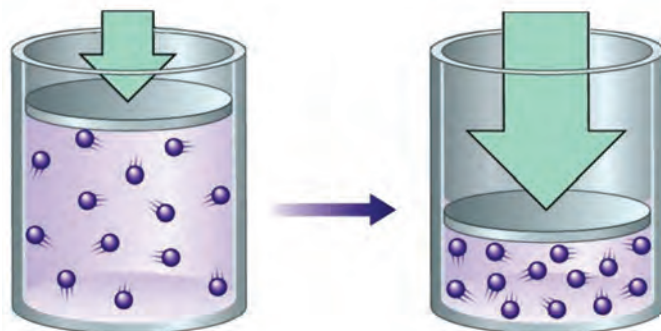
.....

پژوهش کنید



قانون بویل ماریوت

این قانون، بیان می‌کند که حاصل ضرب فشار در حجم یک مقدار معین گاز در صورتی که حرارت ثابت باشد، همیشه ثابت خواهد ماند.



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

هوا با حجم $v=2\text{m}^3$ تحت فشار $P=40\text{ kpa}$ قرار دارد. حال با ثابت بودن حرارت چنانچه حجم مذکور در اثر نیرویی به $v=0.5\text{m}^3$ برسد فشار حاصله چقدر است؟

فعالیت



اجزا و ملزومات سیستم پنوماتیکی

اجزا

سیستم‌های پنوماتیکی نیز همانند سیستم‌های هیدرولیکی جهت تولید، کنترل و انتقال توان دارای اجزا و ملزوماتی هستند.

در زیر به معرفی هر کدام از این اجزا می‌پردازیم.

اجزای اصلی سیستم‌های پنوماتیکی شامل سه بخش کمپرسورها، شیرهای کنترل و عملگرها می‌باشد.

■ **کمپرسورها:** کمپرسورها منبع اصلی تولید هوای فشرده در سیستم‌های پنوماتیکی می‌باشد.

کمپرسورها به طور کلی از نظر نوع ساختمان به سه دسته کمپرسورهای پیستونی، کمپرسورهای دورانی و کمپرسورهای سیالی تقسیم بندی می‌شوند.



■ **شیرهای کنترل:** شیرهای پنوماتیکی جزء عناصر بسیار مهم و کلیدی در مدارات پنوماتیک می‌باشند که تعیین‌کننده نحوه عملکرد مدار می‌باشد. شیرهای پنوماتیکی از نظر کاربرد به پنج دسته تقسیم می‌شوند:

۱ شیرهای کنترل جهت

۲ شیرهای کنترل جریان

۳ شیرهای کنترل فشار

۴ شیرهای یک‌طرفه

۵ شیرهای قطع و وصل



شیر قطع و وصل

شیر یک‌طرفه

شیر کنترل فشار

شیر کنترل جهت

شیر کنترل جریان

■ **عملگرها:** در سیستم‌های پنوماتیکی انرژی پنوماتیکی توسط عملگرها به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود. عملگرها به دو دسته، عملگرهای خطی (سیلندرها) و عملگرهای دورانی (موتورهای پنوماتیکی) تقسیم می‌شوند.



عملگر دورانی (موتور)

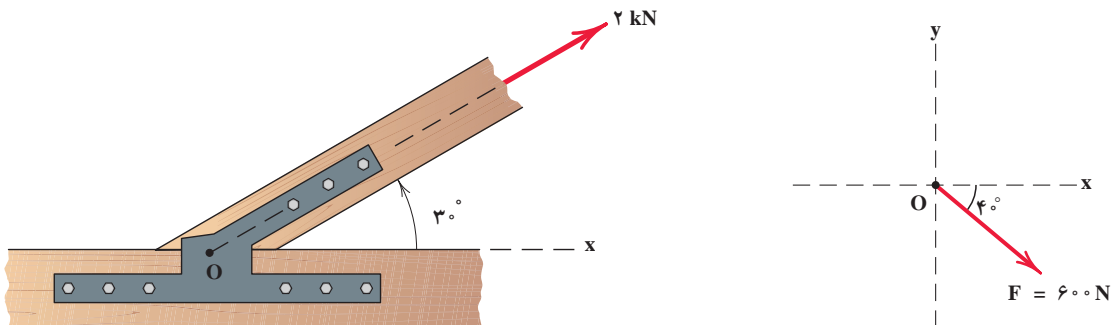


عملگر خطی (سیلندر)

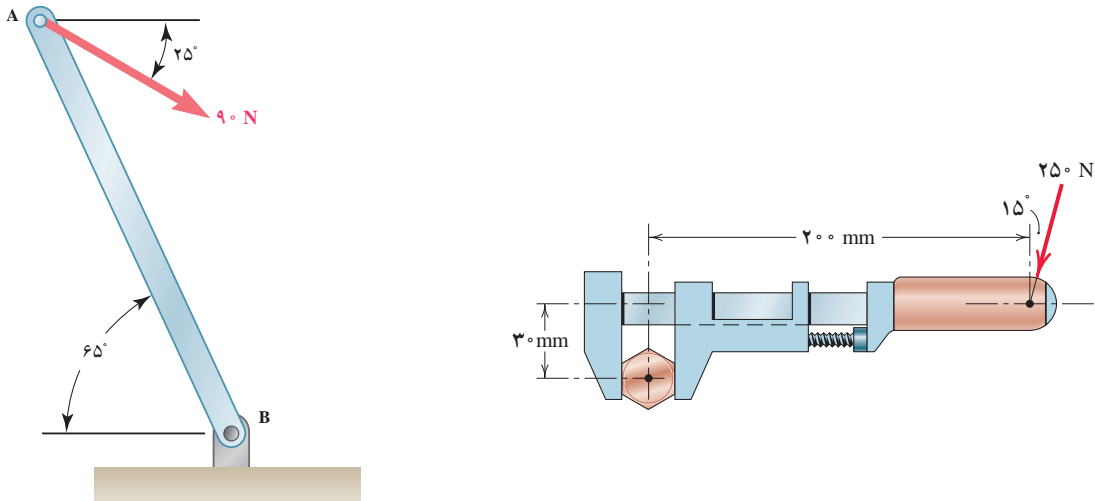
ارزشیابی پایانی فصل سوم

تمرینات فیزیک - مکانیک

۱ بردار زیر را به مؤلفه‌های متعامد آن تجزیه نمایید؟



۲ گشتاور نیروهای زیر حول محور دوران را با استفاده از تعریف گشتاور حساب کنید؟



(راهنمایی: برای محاسبه d کافی است نیرو را امتداد داده و از مرکز دوران بر آن عمود رسم کنیم:

$$\cos \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$$

۵ لوستری به وزن 50 kN از کابلی به قطر 30 میلی‌متر آویزان است. مطلوب است محاسبه تنش محوری کابل.

۶ ستونی تحت تأثیر بار محوری 500 kN قرار دارد. مطلوب است محاسبه تنش در پای ستون (از وزن ستون صرف نظر شود).

✓ نیرویی برابر 1000 kN بر یک صفحه کف ستون وارد می شود. اگر تنش زیر صفحه 5 MPa باشد، مطلوب است محاسبه ابعاد کف ستون در صورتی که صفحه کف ستون:
الف) مربع باشد.
ب) دایره باشد.

با کمک هم گروهی خود پل ماکارونی بسازید و مقاومت آن را در بارگذاری نسبت به پل ماکارونی سایر هم کلاسی هایتان بررسی کنید. راهکار خود را برای بهبود مقاومت پل خود بنویسید.

پروژه

