



# ایستایی

نیرو و مولفه‌های آن



تجزیه نیروها



برآیند نیروها



گشتاور



تکیه گاه‌ها



دیاگرام آزاد اجسام و عکس العمل تکیه گاه‌ها



## نیرو و مولفه‌های نیرو

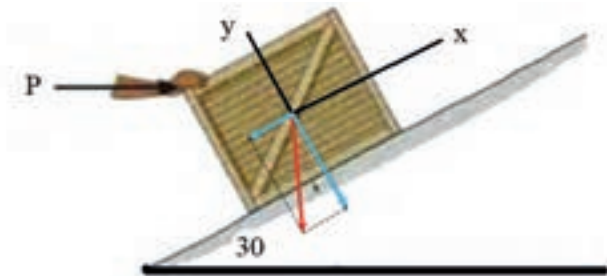


شکل ۱-۱

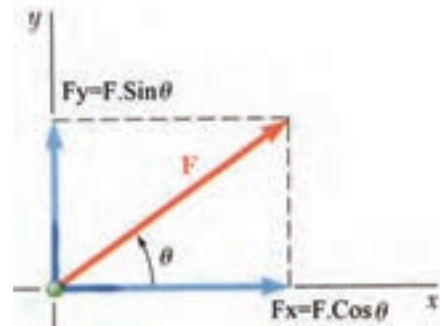
هرگونه عملی که در یک جسم تمایل به حرکت یا تغییر شکل و اندازه ایجاد کند را نیرو می‌گویند. نیرو یک مفهوم برداری می‌باشد که دارای مقدار، جهت، راستا و نقطه اثر می‌باشد. مهمترین واحدهای اندازه‌گیری نیرو، نیوتن (N)، کیلوگرم نیرو (Kgf) است در شکل (۱-۱) یک وزنه یک کیلوگرمی نیروی معادل  $9/8 \text{ N}$  تقریباً  $10 \text{ N}$  به سطح زمین وارد می‌کند.

یک نیرو را می‌توان به چندین نیرو تجزیه کرد و به طور

معمول در حل مسائل نیرو را به دو مولفه عمود بر هم تجزیه می‌کنند که در اکثر موارد و مسائل مولفه‌ها در امتداد محور افق و عمود نیز می‌باشد. شکل‌های (۱-۲) و (۱-۳) تجزیه نیروی  $F$  را نشان می‌دهد همان گونه که در شکل (۱-۳) مشاهده می‌کنید مولفه‌های نیروی  $F$  منطبق بر راستای افق نمی‌باشد.



شکل ۱-۳



شکل ۱-۲

### مثال ۱-۱

مولفه‌های عمودی نیروی  $F = 100 \text{ KN}$  که با محور افق در ربع اول محورهای مختصات زاویه  $20^\circ$  دارد را محاسبه کنید.

داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 100 \text{ KN}$ $\theta = 20^\circ$	$F_x$ $F_y$
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$	

$$F_x = 100 \cos 20^\circ = 93/96 \text{ KN}$$

$$F_y = 100 \sin 20^\circ = 34/20 \text{ KN}$$





## تمرین ۱-۱

مولفه‌های عمودی نیروی  $F = 150 \text{ KN}$  که با محور افق در ربع اول محورهای مختصات زاویه  $30^\circ$  دارد را محاسبه کنید.



## مثال ۱-۲

خواسته‌ها	داده‌ها
$F_x$ $F_y$	$F = 300 \text{ KN}$ $\theta = 30^\circ$
روابط	
$F_x = F \sin \theta$ $F_y = F \cos \theta$	

مولفه‌های عمودی نیروی  $F = 300 \text{ KN}$  را که با محور عمود در ربع اول محورهای مختصات زاویه  $30^\circ$  می‌سازد را محاسبه کنید.

$$F_x = 300 \sin 30^\circ = 150 \text{ KN}$$

$$F_y = 300 \cos 30^\circ = 259.8 \text{ KN}$$



## تمرین ۱-۲

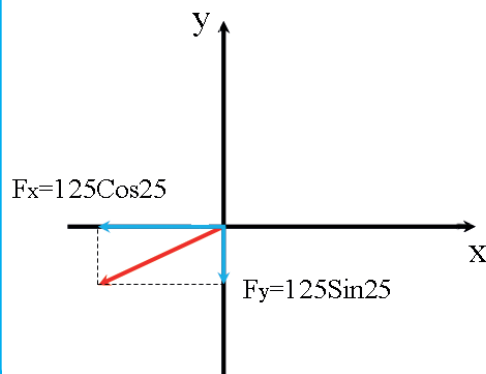
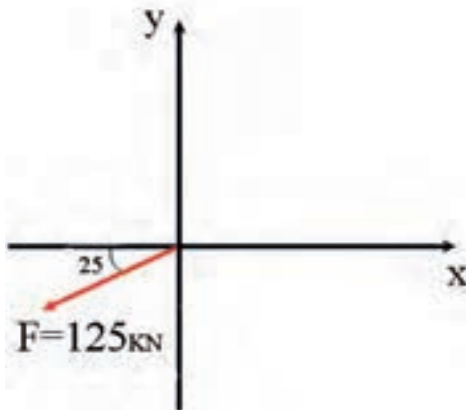
مولفه‌های عمودی نیروی  $F = 500 \text{ N}$  را که با محور عمود در ربع سوم محورهای مختصات زاویه  $45^\circ$  می‌سازد را محاسبه کنید.





### مثال ۱-۳

در شکل زیر مولفه‌های نیروی  $F$  را محاسبه کنید.



خواسته‌ها	داده‌ها
$F_x$ $F_y$	$F = 125 \text{ kN}$ $\theta = 25^\circ$
روابط	
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$	

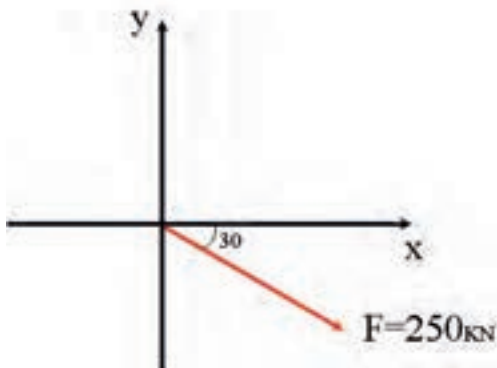
$$F_x = 125 \cos 25 = 113.28 \text{ kN}$$

$$F_y = 125 \sin 25 = 52.82 \text{ kN}$$



### تمرین ۱-۳

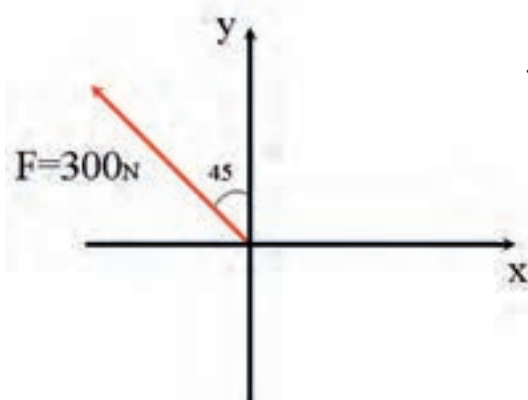
در شکل زیر مولفه‌های نیروی  $F$  را محاسبه کنید.





### مثال ۱-۴

در شکل زیر مولفه‌های نیروی  $F$  را محاسبه کنید.



خواسته‌ها	داده‌ها
$F_x$	$F = 300$
$F_y$	$\theta = 45^\circ$
روابط	
$F_x = F \sin \theta$ $F_y = F \cos \theta$	

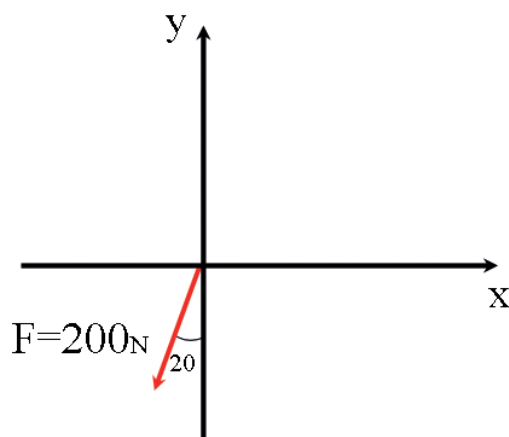
$$F_x = 300 \sin 45 = 212/13 N$$

$$F_y = 300 \cos 45 = 212/13 N$$



### تمرین ۱-۴

در شکل زیر مولفه‌های نیروی  $F$  را محاسبه کنید.





## مثال ۱-۵

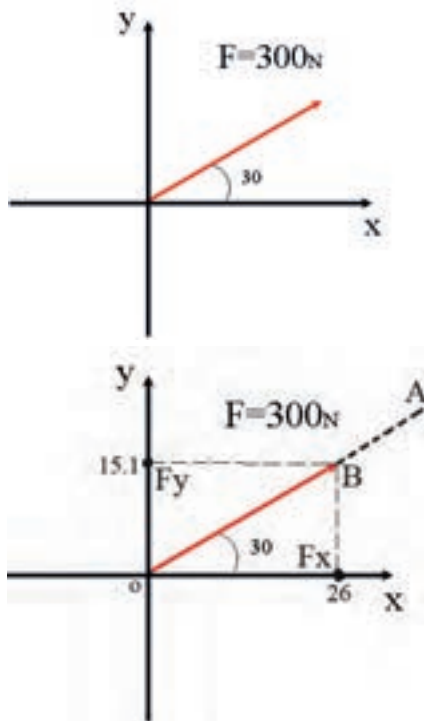
در شکل زیر مولفه‌های عمودی نیروی  $F$  را با روش ترسیم تعیین کنید.

۱ - ابتدا با نقاله زاویه  $30^\circ$  درجه را معین می‌کنیم.

۲ - با مقیاس مناسب (مثلاً برای هر  $100$  نیوتن یک سانتی‌متر) پاره خط  $OB$  را به اندازه سه سانتی‌متر مشخص می‌کنیم.

۳ - از نقطه  $B$  دو خط موازی محورهای  $y, x$  رسم می‌کنیم.

۴ - با استفاده از خط‌کش اندازه‌ها  $F_x, F_y$  را بر اساس مقیاس تعیین شده بدست می‌آوریم.



$$F_y = 15.1 \text{ mm} \rightarrow F_x = 15.1 \text{ N}$$

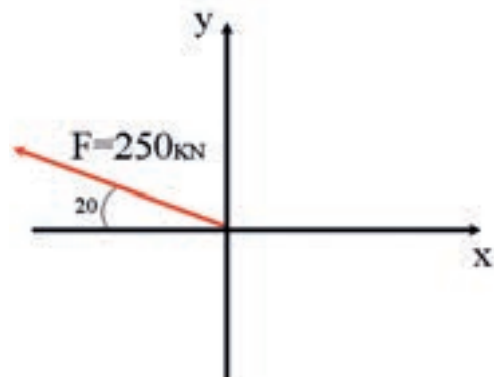
$$F_x = 26 \text{ mm} \rightarrow F_x = 260 \text{ N}$$

خواسته‌ها	داده‌ها
$F_x$ $F_y$	$F = 300$ $\theta = 30^\circ$
با خط‌کش و مقیاس مناسب رسم و محاسبه می‌گردد	



## تمرین ۱-۵

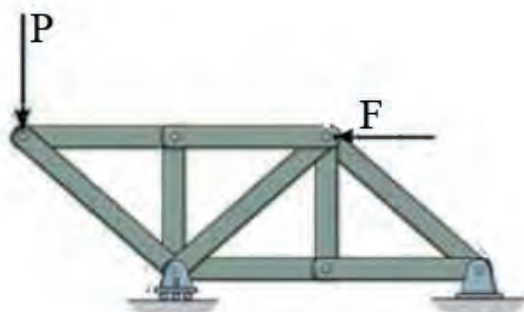
در شکل زیر مولفه‌های نیروی  $F$  را محاسبه کنید.



## تجزیه نیرو

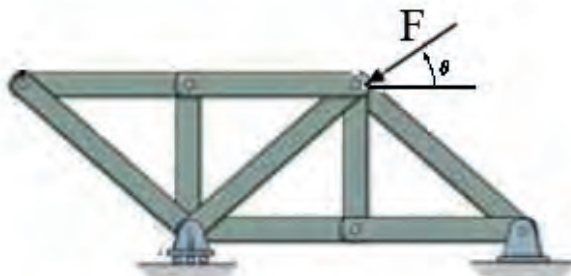


در اکثر مسائل نیروها با قطعات و اجسام زاویه می سازند و باتوجه به اینکه نیرو به عنوان یک مفهوم برداری در امتداد خط اثر خود تاثیرگذار می باشد، برای بررسی اثر یک نیرو در امتداد محوری خاص باید مولفه نیرو را بر روی آن داشته باشیم. به همین منظور در حل مسائلی که نیرو با محورهای عمود بر هم زاویه دارد بهتر است در ابتدای حل مسئله نیرو را به مولفه های عمود بر هم آن تجزیه کرد. برای تجزیه یک نیرو از زاویه نیرو با محورها کمک می گیرند.



شکل ۱-۴

برای محاسبه عکس العمل ها نیازی به تجزیه نیروها نیست. زیرا نیروی  $F$  با محور  $X$  زاویه  $0^\circ$  درجه می سازد و نیروی  $P$  با محور  $X$  زاویه  $90^\circ$  درجه می سازد.



شکل ۱-۵

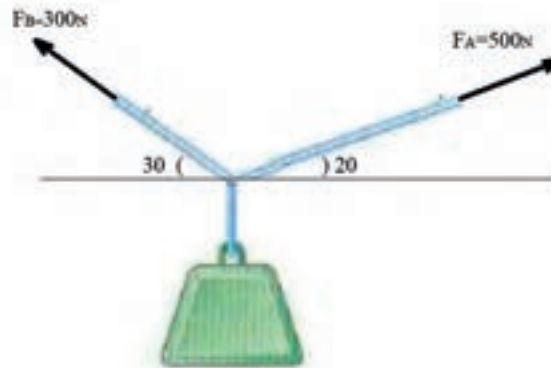
برای محاسبه عکس العمل ها بهتر است نیروی  $F$  را تجزیه کنیم. نیروی  $F$  با محور  $X$  زاویه  $\theta$  ساخته است.



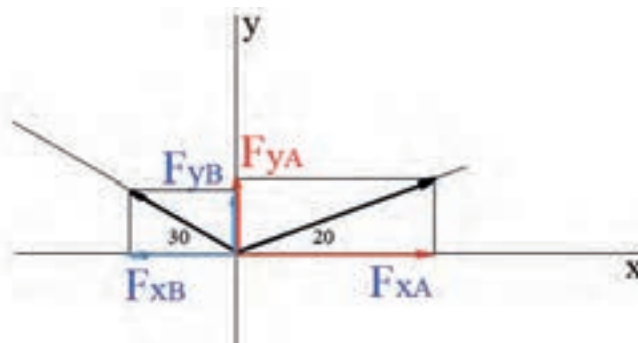


## مثال ۱-۶

در شکل زیر مولفه نیروهای  $F_A$  و  $F_B$  را به روش ترسیم محاسبه کنید.



- ۱ - ابتدا با مقیاس مناسب نیروهای  $F_A$  و  $F_B$  را در زاویه‌های مشخص شده رسم می‌کنیم.
- ۲ - از انتهای بردار  $F_A$  و انتهای بردار  $F_B$  خطوی موازی محورهای  $X$  و  $Y$  رسم می‌کنیم.
- ۳ - با توجه به مقیاس،  $F_{xA}$  و  $F_{yA}$  و همچنین  $F_{xB}$  و  $F_{yB}$  را بدست می‌آوریم.

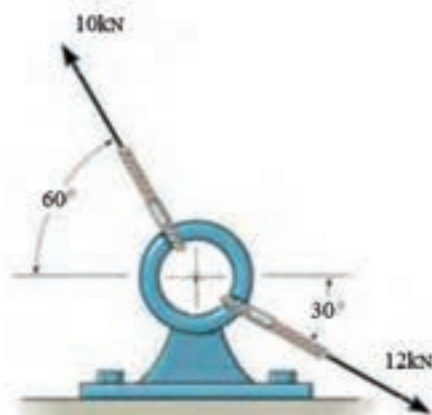




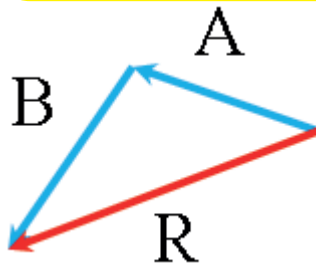


## تمرین ۱-۶

مولفه نیروها روی کابل‌های A,B را به روش ترسیم محاسبه کنید.



## برآیند نیرو



به جمع برداری دو یا چند نیرو برآیند نیرو گفته می‌شود.

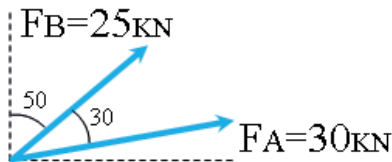
بردار  $R$  در شکل مقابل برآیند دو نیرو  $A$  و  $B$  را نشان می‌دهد و به عبارتی:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

روشهای گوناگونی برای محاسبه برآیند دو یا چند نیرو وجود دارد، در تمرین‌های صفحات بعد روش‌های متوازی‌الاضلاع، تجزیه و محاسباتی آمده است.

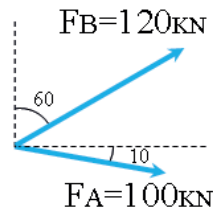
### تمرین ۱-۷

برآیند دو نیروی  $F_A$  و  $F_B$  را به روش محاسباتی بدست آورید.



### مثال ۱-۷

برآیند دو نیروی  $F_A$  و  $F_B$  را به روش محاسباتی بدست آورید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F_A = 100$	$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$
$F_B = 120$ $\theta = 10 + 30$	$\beta$ زاویه $R$ با $F_A$
روابط	
$R = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2F_A F_B \cos \theta}$	
$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{F_B \sin \theta}{R} \right)$	

$$R = \sqrt{120^2 + 100^2 + 2 \times 120 \times 100 \times \cos 40}$$

$$R = 206 / 84 \text{ kN}$$

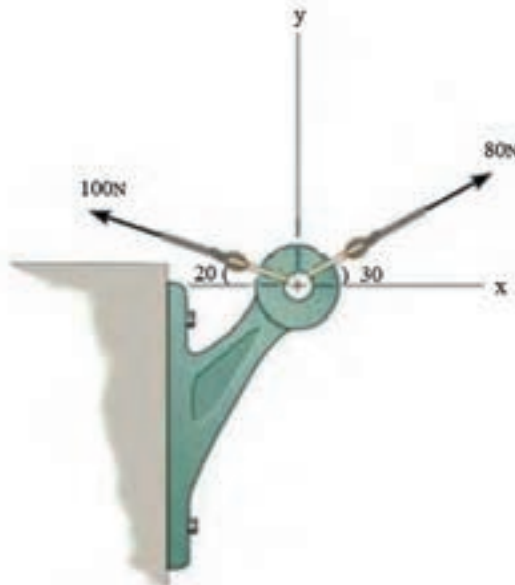
$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{120 \sin 40}{206 / 84} \right) = 21 / 89$$





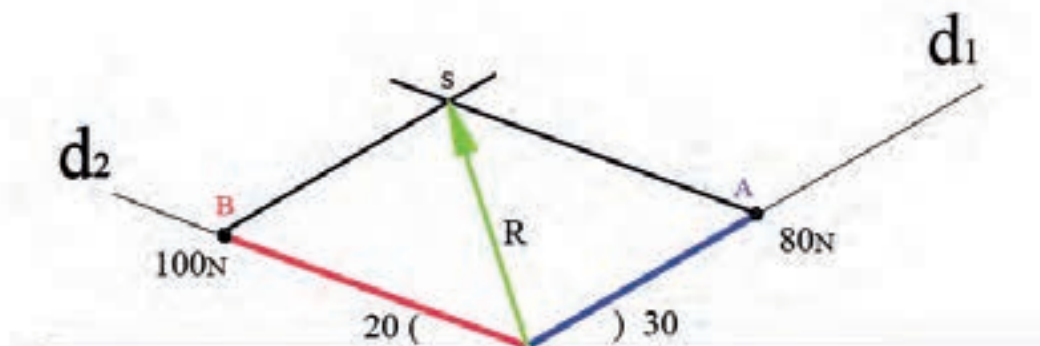
## مثال ۸-۱

برآیند دو نیروی وارد بر قلاب شکل زیر را به روش متوازی‌الاضلاع محاسبه کنید.



- ۱- خطوط  $d_1$  و  $d_2$  را مطابق شکل تحت زاویه‌های  $20^\circ$  و  $30^\circ$  درجه رسم می‌کنیم.
  - ۲- پاره‌خط‌ها  $OA$  و  $OB$  را به ترتیب به اندازه ۸ و ۱۰ سانتیمتر (هر ۱۰ نیوتن را معادل یک سانتی‌متر در نظر گرفته‌ایم) روی  $d_1$  و  $d_2$  مشخص می‌کنیم.
  - ۳- از نقطه  $A$  خطی به موازات  $OB$  رسم می‌کنیم.
  - ۴- از نقطه  $B$  خطی به موازات  $OA$  رسم می‌کنیم.
  - ۵- با ترسیم پاره‌خط  $OS$  بردار  $R$  بدست می‌آید.
- اندازه بردار  $R$  را با خط کش بدست آورده و در مقیاس نیرو (۱۰) ضرب می‌کنیم حاصل معادل برآیند دو بردار ۸۰ و ۱۰۰ نیوتنی می‌باشد.

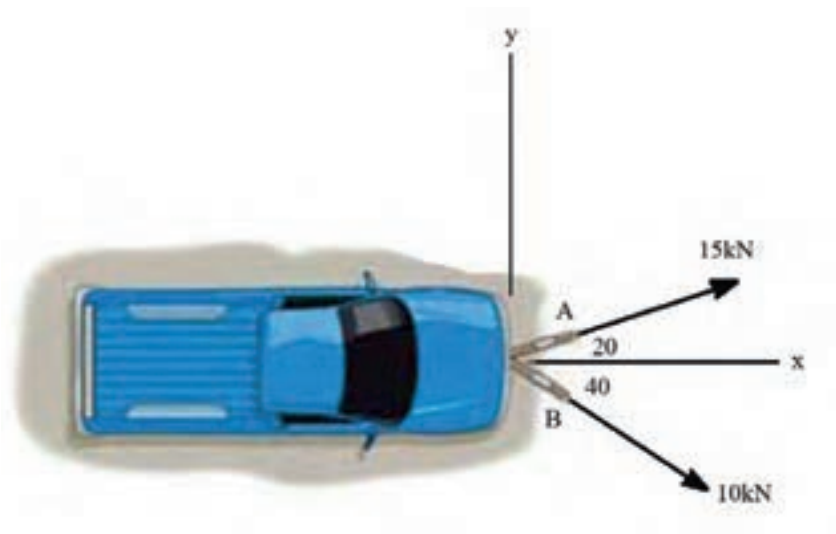
$$R = ۷۸۷ \text{ N}$$





## تمرین ۸-۱

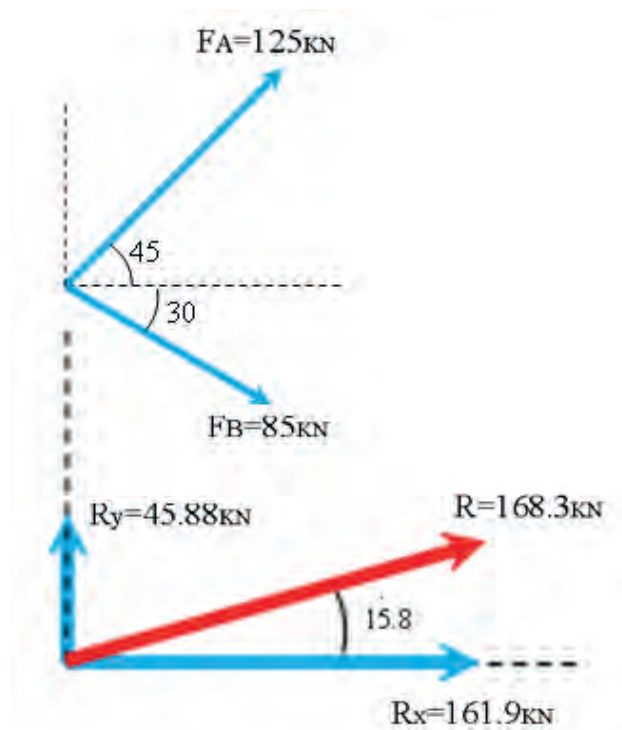
برآیند دو نیروی وارد بر خودروی شکل زیر را به روش متوازی الاضلاع محاسبه کنید.





## مثال ۹-۱

برایند دو نیروی  $F_A$  و  $F_B$  را در شکل زیر به روش تجزیه بدست آورید.



$$F_{xA} = 125 \times \cos 45 = 88.38 \text{ kN}$$

$$F_{yA} = 125 \sin 45 = 88.38 \text{ kN}$$

$$F_{xB} = 85 \cos 30 = 73.61 \text{ kN}$$

$$F_{yB} = 85 \sin 30 = 42.5 \text{ kN}$$

$$R_x = 88.38 + 73.61 = 161.99 \text{ kN}$$

$$R_y = 88.38 - 42.5 = 45.88 \text{ kN}$$

$$R = \sqrt{(161.99)^2 + (45.88)^2} = 168.3 \text{ kN}$$

$$\theta_R = \text{Arc tan} \left( \frac{R_y}{R_x} \right)$$

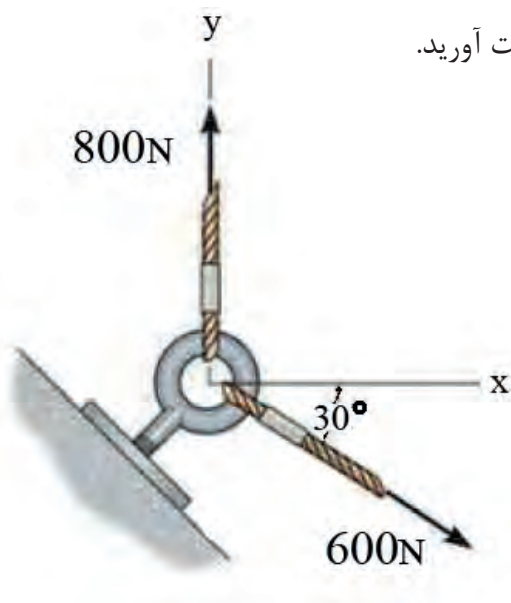
$$\theta_R = \text{Arc tan} \left( \frac{45.88}{161.99} \right) = 15.81^\circ$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F_A = 125$ $F_B = 85$ $\theta_A = 45$ $\theta_B = 30$	$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$ $\theta_R$
روابط	
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$	
$\vec{R}_x = \vec{F}_{xA} + \vec{F}_{xB}$ $\vec{R}_y = \vec{F}_{yA} + \vec{F}_{yB}$ $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$	



## تمرین ۹-۱

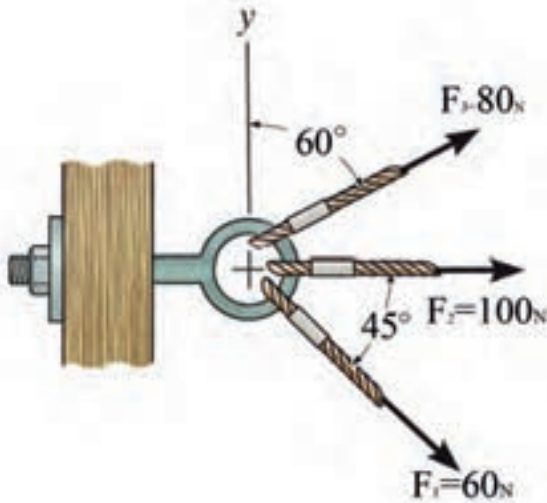
برآیند دو نیرو را در شکل زیر به روش تجزیه بدست آورید.





## مثال ۱۰-۱

برآیند سه نیروی شکل زیر را به روش تجزیه محاسبه کنید.



$$F_{1x} = 60 \cos 45 = 42 / 42$$

$$F_{1y} = 60 \sin 45 = 42 / 42$$

$$F_{2x} = 100$$

$$F_{2y} = 0$$

$$F_{3x} = 80 \cos 30 = 69 / 28$$

$$F_{3y} = 80 \sin 30 = 40$$

$$R_x = 42 / 42 + 100 + 69 / 28 = 211 / 7$$

$$R_y = 42 / 42 + 40 = 82 / 42$$

$$R = \sqrt{(211/7)^2 + (82/42)^2} = 227 / 17$$

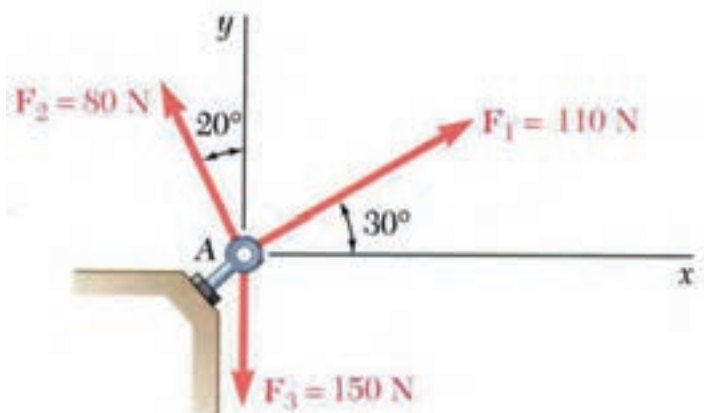
$$\theta_R = \text{Arc tan} \left( \frac{82/42}{211/7} \right) = 21 / 27^\circ$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F_1 = 60$ $F_2 = 100$ $F_3 = 80$ $\theta_1 = 45$ $\theta_2 = 0$ $\theta_3 = 30$	$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ $\theta_R$
روابط	
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$ $\vec{R}_x = \vec{F}_{1x} + \vec{F}_{2x} + \vec{F}_{3x}$ $\vec{R}_y = \vec{F}_{1y} + \vec{F}_{2y} + \vec{F}_{3y}$	
$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ $\theta_R = \text{Arc tan} \left( \frac{R_y}{R_x} \right)$	



## تمرین ۱-۱۰

برآیند سه نیروی شکل زیر را به روش تجزیه محاسبه کنید.

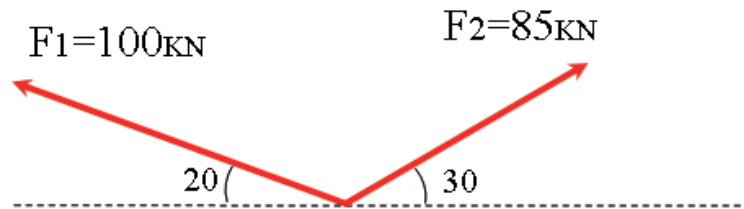






## مثال ۱-۱۱

برآیند دو نیروی شکل زیر را به روش محاسباتی بدست آورید.



$$R = \sqrt{(100)^2 + (85)^2 + 2 \times 100 \times 85 \times \cos 130^\circ}$$

$$R = 79.35 \text{ kN}$$

$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{F_1 \sin \theta}{R} \right)$$

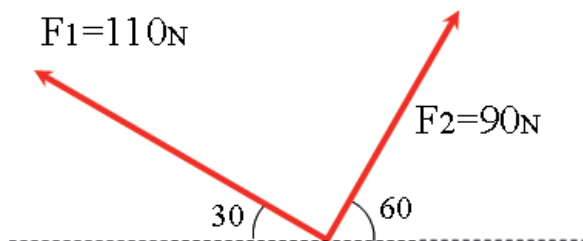
$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{100 \sin 130^\circ}{79.35} \right) = 74.88^\circ$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F_1 = 100$	$R$
$F_2 = 85$	$\beta$ زاویه با $F_2$
$\theta = 130^\circ$	
$180 - 20 - 30$	
روابط	
$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$	



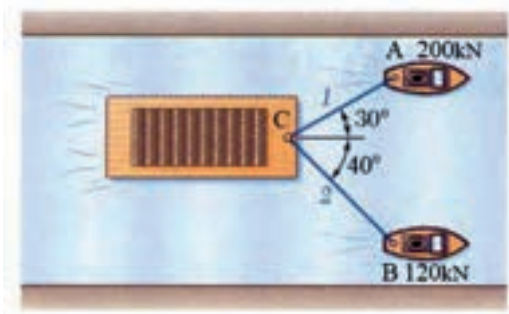
## تمرین ۱-۱۱

برآیند دو نیروی شکل زیر را به روش محاسباتی بدست آورید.



## مثال ۱-۱۲

برآیند نیروهای قایق‌های A, B را به روش محاسباتی بدست آورید.



خواسته‌ها	داده‌ها
$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$ $\beta$ زاویه R با $F_A$	$F_A = 200$ $F_B = 120$ $\theta = 70$
روابط	
$R = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2F_A F_B \cos \theta}$ $\beta = \sin^{-1} \left( \frac{F_B \sin \theta}{R} \right)$	

$$R = \sqrt{(120)^2 + (200)^2 + 2 \times 120 \times 200 \times \cos 70}$$

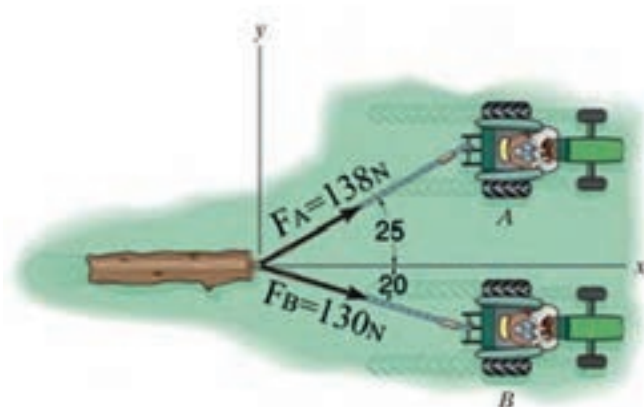
$$R = 266.71$$

$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{120 \sin 70}{266.71} \right) = 25^\circ$$

$F_A$  با  $R$  زاویه  $\beta$

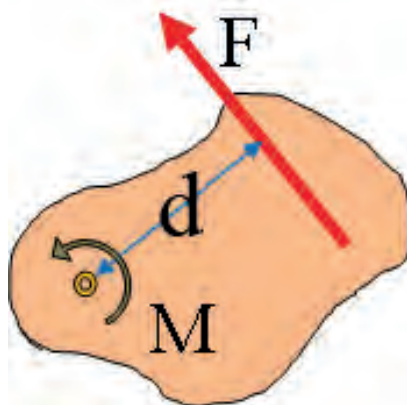
## تمرین ۱-۱۲

برایند نیروهای اعمالی از سوی تراکتورها A و B بر روی تنه درخت را به روش محاسباتی بدست آورید.



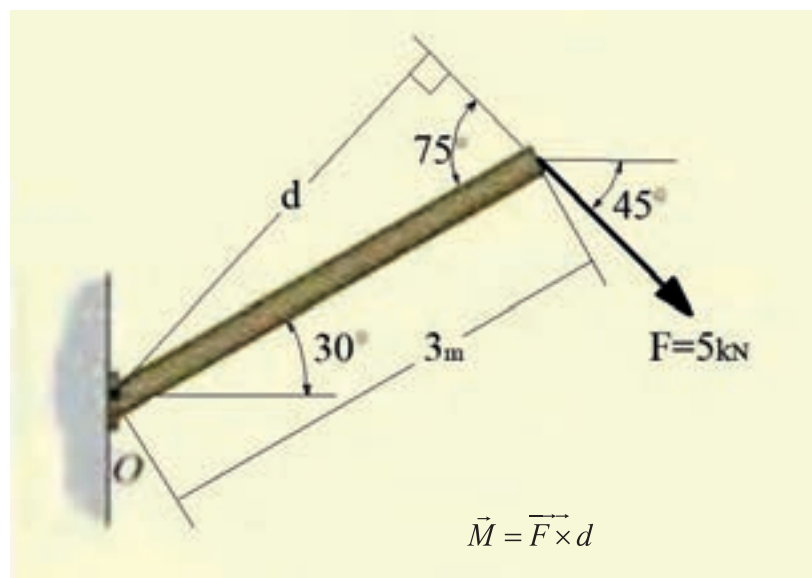


یکی از اثرات نیروی وارد بر اجسام صلب، گشتاور پیچی است. گشتاور را با حرف  $M$  نشان می‌دهند. مهم‌ترین واحد گشتاور  $N.m$  می‌باشد اما از واحدهای  $N.mm$  و  $KN.m$  نیز در حل مسائل استفاده می‌گردد. گشتاور از حاصل ضرب نیرو در بازوی عمود بر آن برای هر نقطه از جسم قابل محاسبه می‌باشد و در شکل (۱-۶) میزان گشتاور حول نقطه (O) از رابطه  $\vec{M} = \vec{F} \times d$  بدست می‌آید.



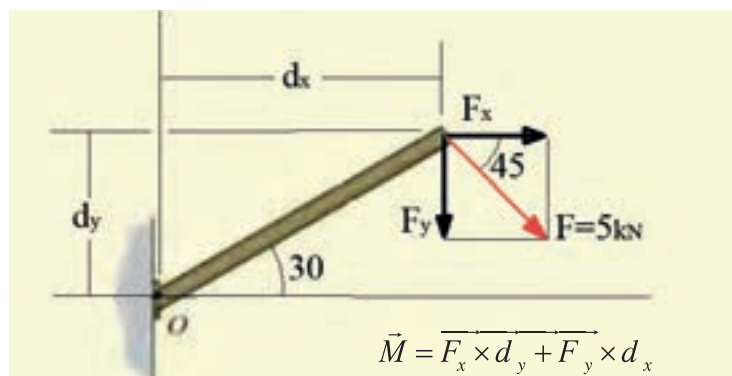
شکل ۱-۶

برای محاسبه گشتاور یک نیرو حول نقطه‌ای خاص می‌توان از دو روش استفاده کرد. در روش اول با استفاده از هندسه و شکل مسئله و روابط ریاضی،  $d$  فاصله عمودی بین نیرو و مرکز دوران را محاسبه می‌کنند. شکل (۱-۷) این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۷

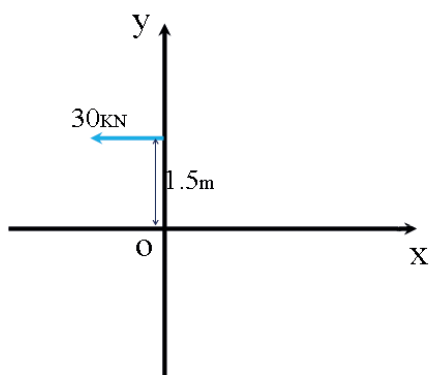
در روش دوم نیرو را به دو مولفه ی عمود بر هم و منطبق با محورهای مسئله تجزیه می کنند و گشتاور هر کدام از مولفه ها را جداگانه محاسبه می کنند و در انتها گشتاورها را به شکل جبری با یکدیگر جمع می کنند. مراحل انجام این روش در شکل (۸-۱) نشان داده شده است.



شکل ۸-۱

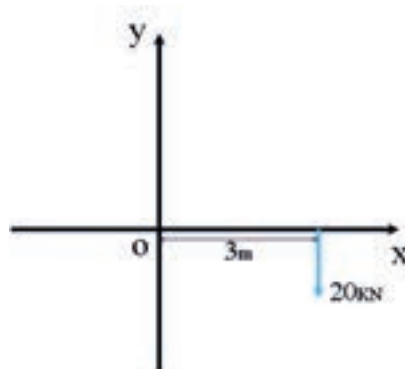
### تمرین ۱-۱۳

گشتاور نیرو را حول نقطه O محاسبه کنید.



### مثال ۱-۱۳

گشتاور نیرو حول نقطه O محاسبه کنید.



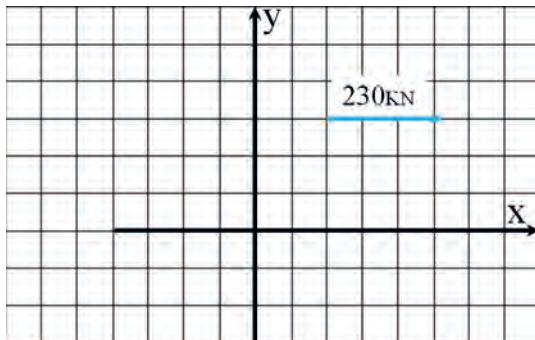
خواسته ها	داده ها
M	$d = 3$ $F = 20$
روابط	
$M = F \cdot d$	

$$M = 3 \times 20 = 60 \text{ kN.m} \rightarrow$$



## مثال ۱-۱۴

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.



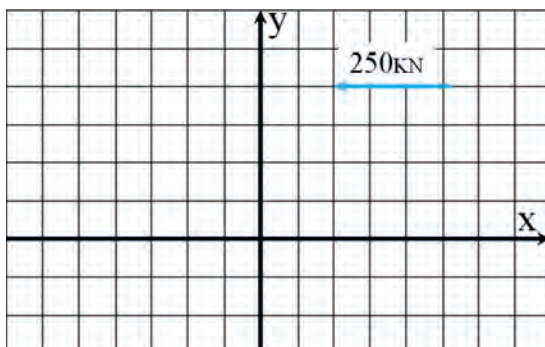
خواسته‌ها	داده‌ها
M	$d = 3$ $F = 230$
روابط	
$M = F \cdot d$	

$$M = 3 \times 230 = 690 \text{ kN.m}$$



## تمرین ۱-۱۴

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.





### مثال ۱-۱۵

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.

۱ - ابتدا باید نیرو را به مولفه‌های آن تجزیه کنیم

$$F_x = 38 \sin 60 = 32.9$$

$$F_y = 38 \cos 60 = 19$$

۲ - با توجه به نقطه O فاصله نیروهای  $F_x$  و  $F_y$  را به ترتیب

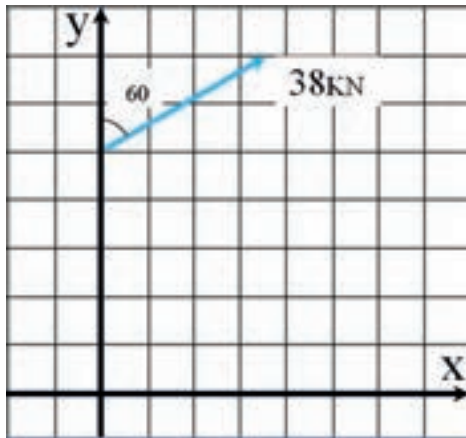
$d_x$  و  $d_y$  نامگذاری کرده و از روی شکل مشخص می‌کنیم.

$$d_x = 5$$

**نکته:** در این مثال مولفه  $F_y$  نسبت به نقطه O بازویی ندارد.

$$d_y = 0$$

$$M = 32.9 \times 5 = 164.5 \text{ KN.m}$$

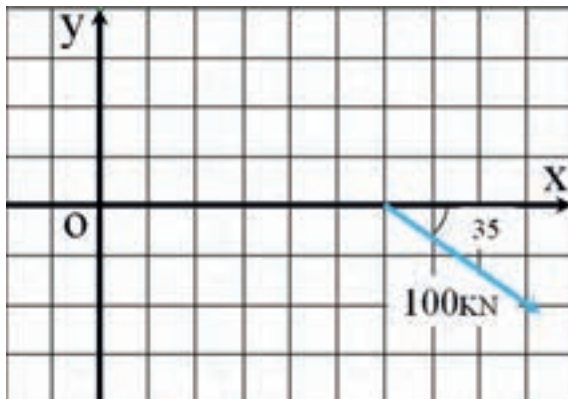


خواسته‌ها	داده‌ها
M	$F = 38 \text{ KN}$ $\theta = 30^\circ$ $d = 5$
روابط	
$M = Fd$	



### تمرین ۱-۱۵

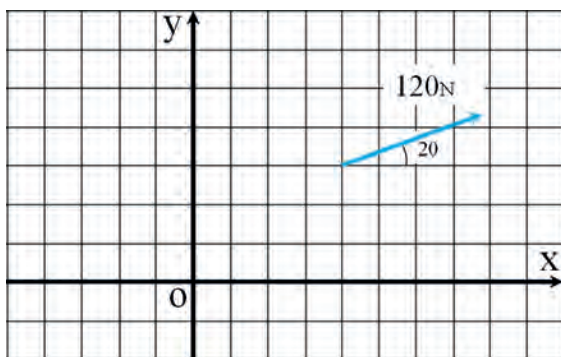
گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.





## مثال ۱-۱۶

گشتاور نیرو حول نقطه O محاسبه کنید.



**نکته:** دو مقدار  $\overline{F_x d_x}$  و  $\overline{F_y d_y}$  بردار هستند و بر مبنای علامتشان جمع می‌شوند که در این مثال به دلیل اینکه  $\overline{F_x d_x}$  ساعت گرد می‌باشد منفی بوده و از مقدار  $\overline{F_y d_y}$  کم می‌شود. علامت منفی مقدار  $\vec{M}$  بخاطر جهت دوران است که در این مثال، گشتاور نیروی  $\vec{F}$  یک گشتاور ساعت گرد است.

داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 120$ $\theta = 20^\circ$	M
روابط	
$M = F.d$ $\vec{M} = \vec{F_x d_x} + \vec{F_y d_y}$	

$$F_x = 120 \cos 20^\circ = 112.76$$

$$F_y = 120 \sin 20^\circ = 41.04$$

$$d_x = 3$$

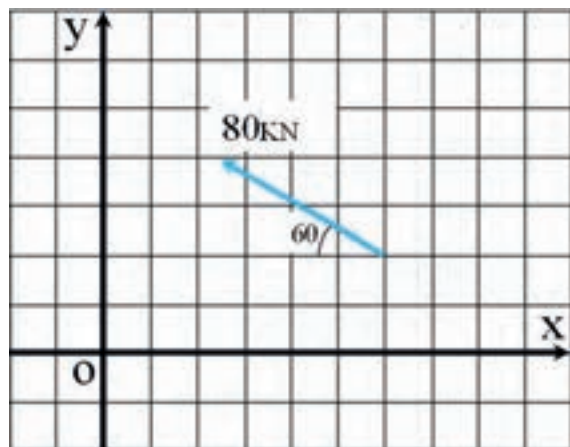
$$d_y = 4$$

$$M = 4 \times 41.04 - 112.76 \times 3 = -174.12 \text{ N.mm}$$



## تمرین ۱-۱۶

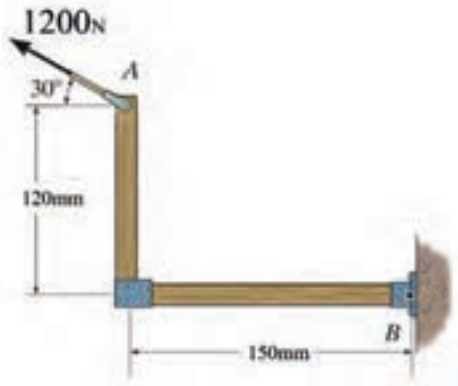
گشتاور نیرو حول نقطه O حساب کنید.





## مثال ۱-۱۲

گشتاور نیروی ۱۲۰۰ N وارد بر نقطه A را در نقطه B محاسبه کنید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 1200$ $\theta = 30^\circ$ $d_x$ $d_y$	$M_B$
روابط	
$\bar{M}_B = \bar{F} \cdot \bar{d} = F_x d_x + F_y d_y$	

$$F_x = 1200 \cos 30 = 1039/2$$

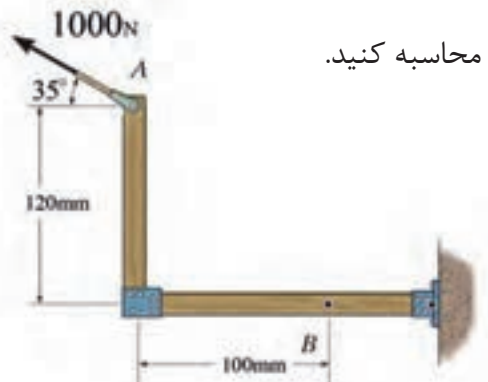
$$F_y = 1200 \sin 30 = 600$$

$$M = 1039/2 \times 120 - 600 \times 150 = 34704 \text{ N.mm}$$



## تمرین ۱-۱۲

گشتاور نیروی ۱۰۰۰ N وارد بر نقطه A را در نقطه B محاسبه کنید.

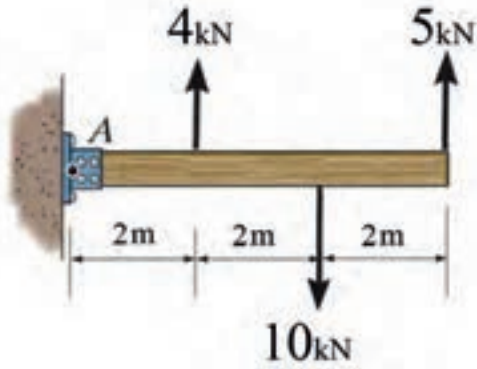






### مثال ۱-۱۸

گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.



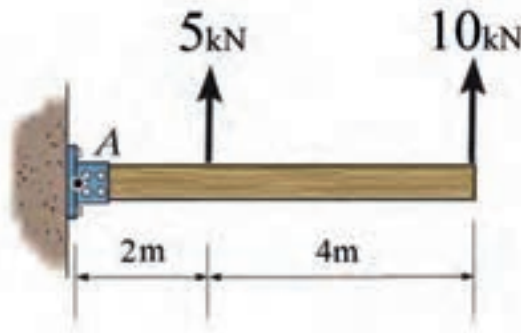
$$M_A = 5 \times 6 - 10 \times 4 + 4 \times 2 = -2 \text{ KN.m}$$

$$M_A = -2 \text{ KN.m}$$



### تمرین ۱-۱۸

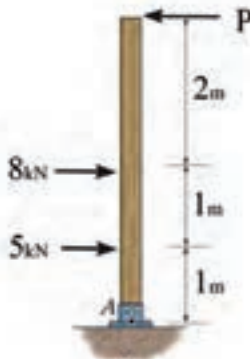
گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.





## مثال ۱۹-۱

نیروی  $P$  را به شکلی محاسبه کنید که گشتاور وارد بر نقطه  $A$  صفر شود.



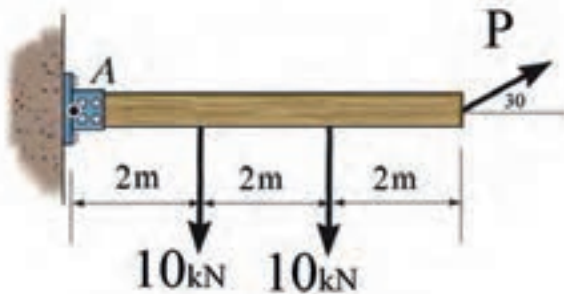
$$M_A = P \times 4 - 8 \times 2 - 5 \times 1 = 0$$

$$P = \frac{8 \times 2 + 5}{4} = 5/25 \text{ kN}$$



## تمرین ۱۹-۱

نیروی  $P$  چه مقدار باشد تا گشتاور وارد بر نقطه  $A$  صفر شود.



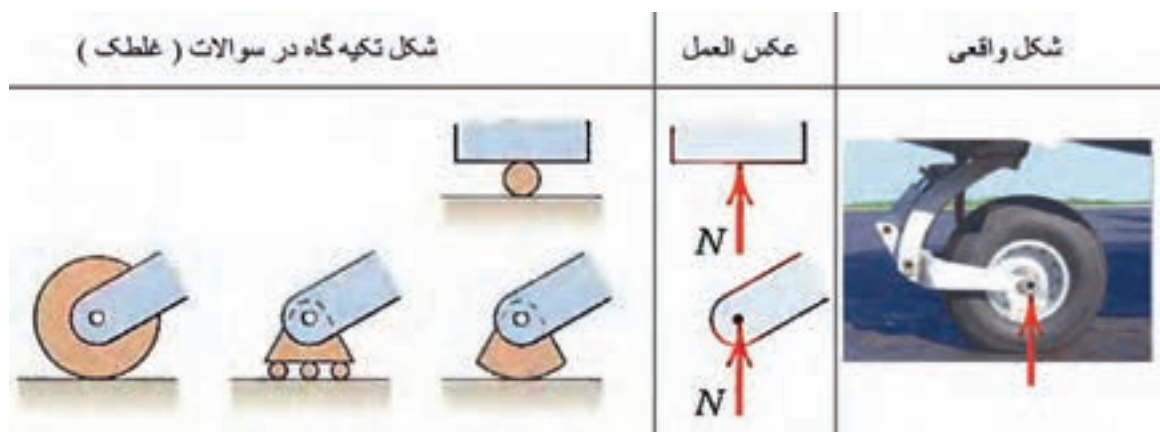


محل اتصال اجسام به یکدیگر و یا با زمین را تکیه گاه می خوانند. بسته به فرم و شکل اتصال، تکیه گاه‌ها به انواع گوناگونی تقسیم بندی می شوند اما در این کتاب فقط تکیه گاه های که در فضای دو بعدی عمل می کنند کار شده است.

تکیه گاه‌ها به واسطه تحمل نیروهایی که از اجسام به آن‌ها منتقل می گردد اجسام را در حالت تعادل نگاه می دارند. محاسبه مقدار نیرو و گشتاوری که به یک تکیه گاه وارد می شود در طراحی و ساخت صحیح آن تکیه گاه بسیار حائز اهمیت می باشد.


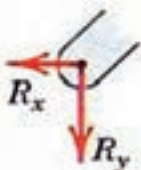

تکیه گاه‌های دوبعدی باتوجه به درجه آزادی حرکت خود به سه گروه تقسیم بندی می شوند:

۱ - تکیه گاه‌هایی که فقط یک حرکت انتقالی در صفحه را محدود می کنند (مانند چرخ خودرو، غلطک‌ها). در شکل (۹-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه تکیه گاه‌ها آورده شده است.




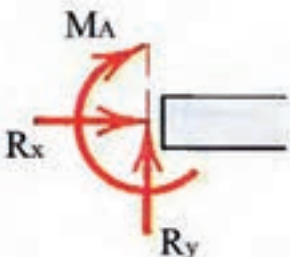

شکل (۹-۱)

۲ - تکیه گاه‌هایی که هر دو حرکت انتقالی جسم در صفحه را محدود می کنند (مانند مفصلها، لولاها، ...). در شکل (۱۰-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه از تکیه گاه‌ها آورده شده است.

شکل واقعی	عکس العمل	شکل تکیه گاه در سوالات ( مفصل )
		

شکل ۱-۱۰

۳ - تکیه گاه‌های که نه تنها هر دو حرکت انتقالی در صفحه را محدود می‌کنند بلکه از دوران جسم نیز جلوگیری می‌کنند و اجازه ی هیچگونه حرکت و یا دورانی را به جسم نمی‌دهند (پای ستونهای جوشکاری شده- اتصال تیر به ستون که کاملاً جوشکاری شده باشد...). در شکل (۱-۱۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه تکیه گاه‌ها آورده شده است.

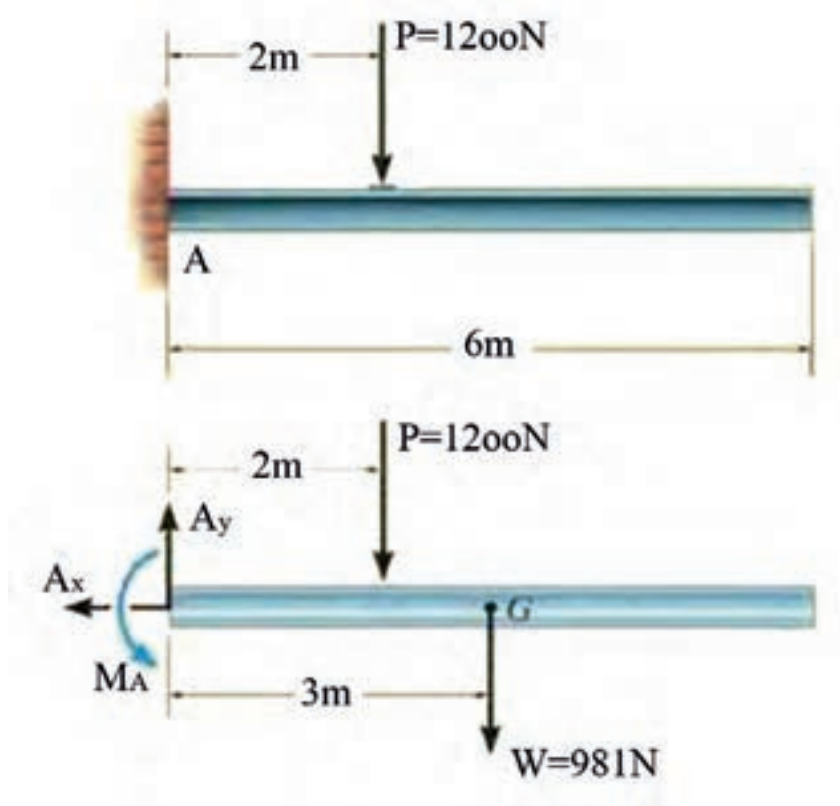
شکل واقعی	عکس العمل	شکل تکیه گاه در سوالات ( ثابت )
		

شکل ۱-۱۱

## دیاگرام آزاد اجسام



برای محاسبه و تعیین مقدار نیروهای وارد بر تکیه‌گاه‌ها مدل ساده شده‌ای از شکل مسئله را رسم می‌کند و جسم را از دیگر اجسام و زمین جدا می‌کنند و در محل جدایش با در نظر گرفتن نوع تکیه‌گاه، عکس العمل‌های مناسب را انتخاب کرده و قرار می‌دهند. در دیاگرام آزاد اجسام با توجه به مسئله ممکن است از وزن قطعات صرف‌نظر گردد و یا وزن را در مرکز جرم قطعات به عنوان یک نیرو اعمال کنند. شکل (۱-۱۲) یک نمونه از رسم دیاگرام آزاد می‌باشد.



شکل ۱-۱۲

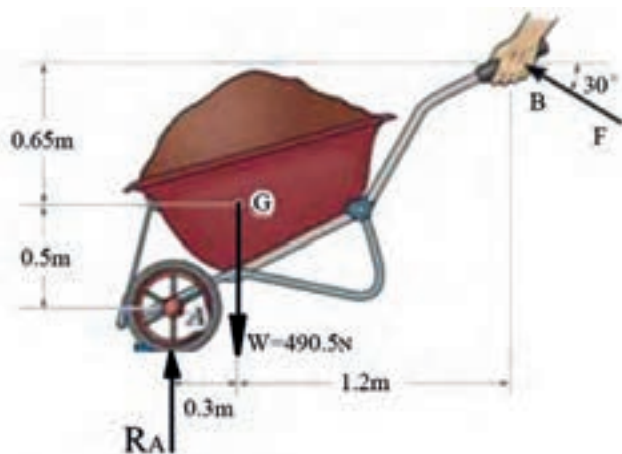
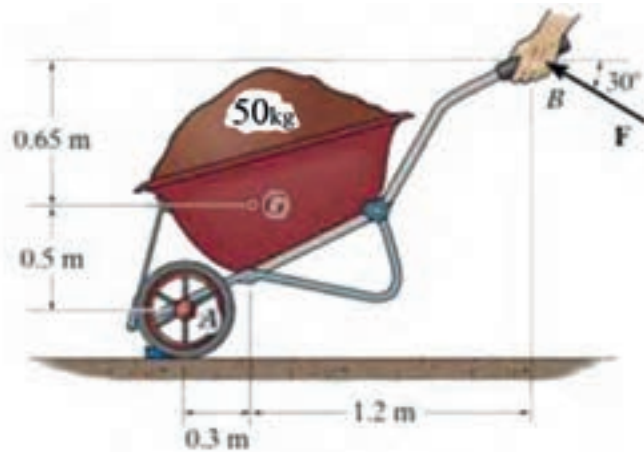
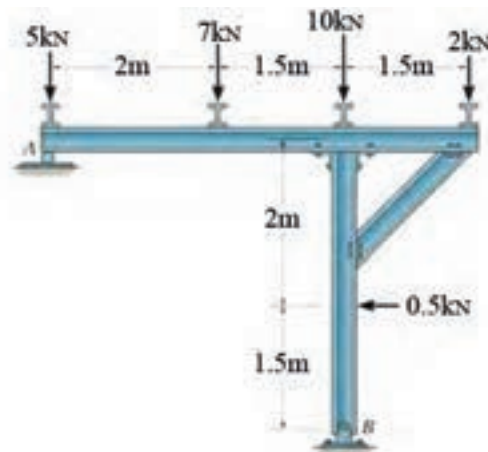
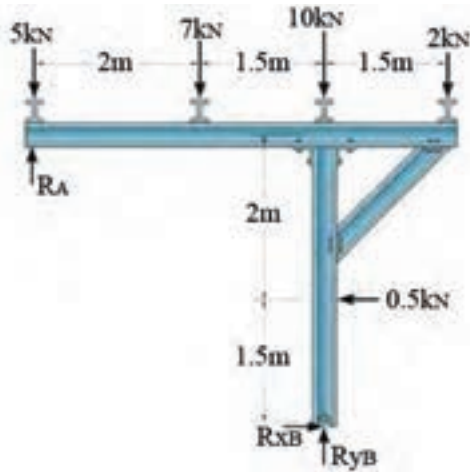
### نکته

انتخاب جهت نیروها و گشتاورها در تکیه‌گاه‌ها کاملاً اختیاری می‌باشد و بعد از حل مسئله علامت نیرو و یا گشتاور نشان دهنده جهت درست نیرو و یا گشتاور می‌باشد (علامت + به معنی درست بودن جهت انتخابی و علامت - به معنی اشتباه بودن جهت پیشنهادی می‌باشد)



## مثال ۲۰-۱

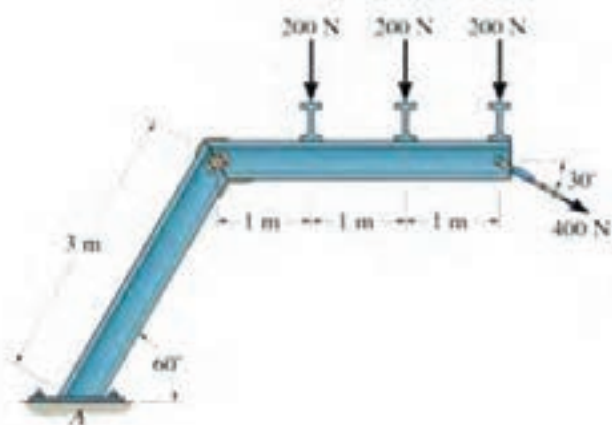
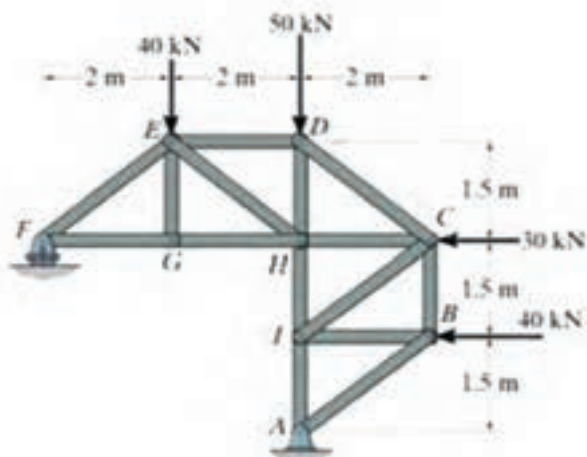
دیگرام آزاد مسائل زیر را رسم کنید.





## تمرین ۲۰-۱

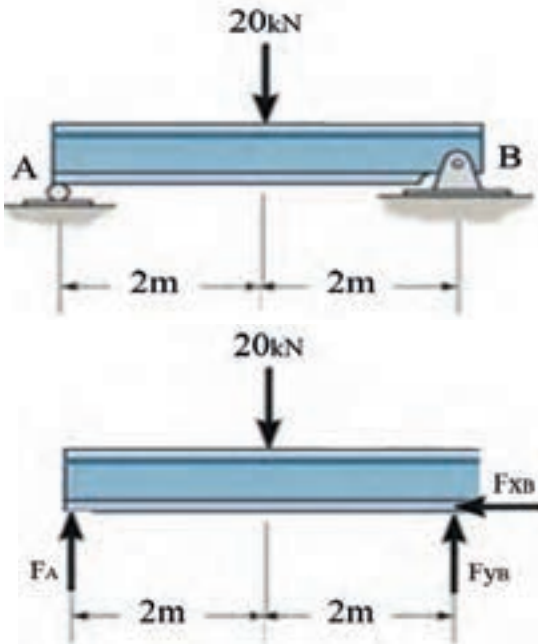
دیاگرام آزاد شکل زیر را رسم کنید.





### مثال ۱-۲۱

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



$$\sum M_B = 0 \Rightarrow -F_A \times 4 + 20 \times 2 = 0 \Rightarrow F_A = 10 \text{ kN}$$

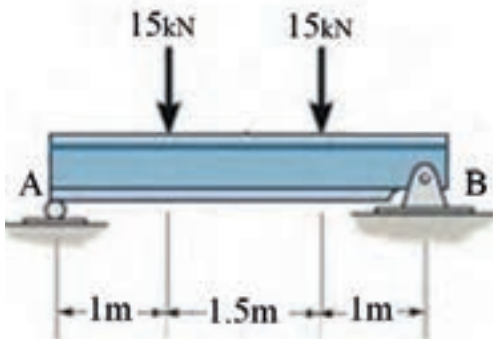
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow 10 + F_{yB} - 20 = 0 \Rightarrow F_{yB} = 10 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xB} = 0$$



### تمرین ۱-۲۱

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.

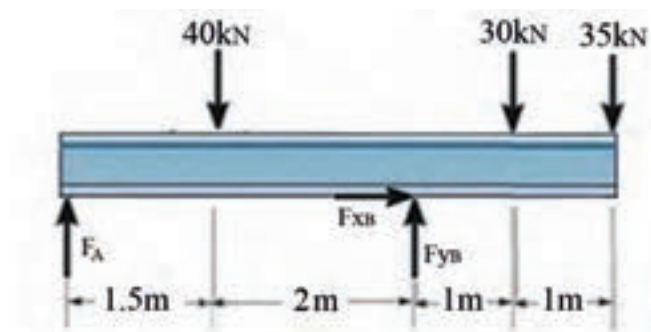
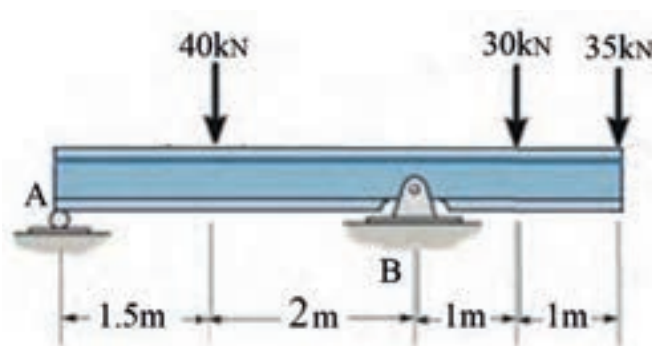






## مثال ۱-۲۱

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



$$\sum M_A = 0$$

$$3/5 F_{yB} - 40 \times 1/5 - 30 \times 4/5 - 35 \times 5/5 = 0$$

$$F_{yB} = \frac{40 \times 1/5 + 30 \times 4/5 + 35 \times 5/5}{3/5} = 110/71 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$110/71 + F_A - 40 - 30 - 35 = 0$$

$$F_A = 40 + 30 + 35 - 110/71 = -5/71 \text{ KN}$$

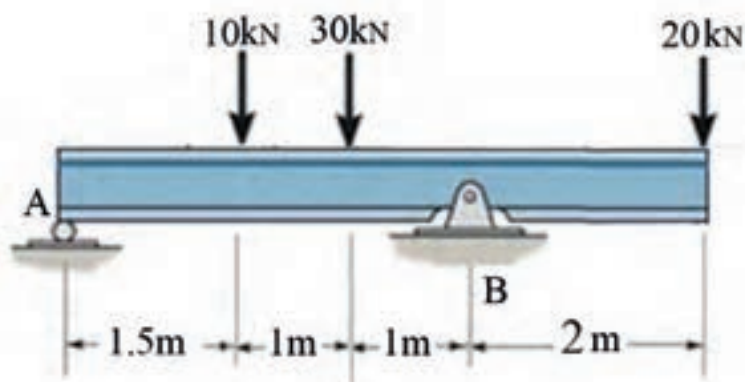
**نکته:** مقدار نیروی  $F_A$  عدد  $-5/71$  بدست آمده است که منفی بودن آن نشان می دهد که جهت پیشنهادی نیروی  $F_A$  در دیاگرام آزاد جسم اشتباه بوده است.

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xB} = 0$$



## تمرین ۱-۲۲

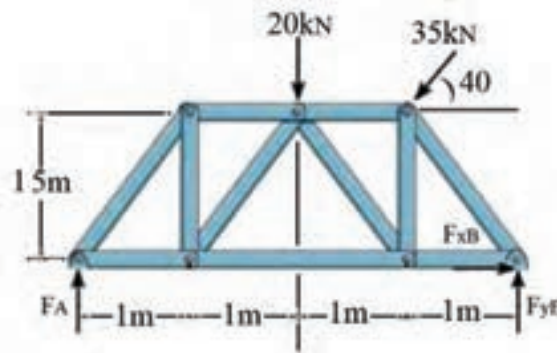
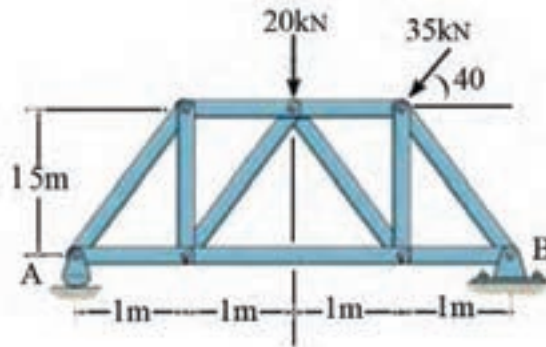
عکس العمل تکیه گاهی A و E را محاسبه کنید.





## مثال ۱-۲۳

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



۱ - نیروی ۳۵kN را باید با توجه به زاویه  $40^\circ$  به مولفه های عمود بر هم تجزیه کرد.

$$\sum M_B = 0$$

$$-4F_A + 20 \times 2 + 1 \times 35 \sin 40^\circ + 1/5 \times 35 \cos 40^\circ = 0$$

$$F_A = \frac{40 + 1 \times 35 \sin 40^\circ + 1/5 \times 35 \cos 40^\circ}{4} = 25/67 \text{ KN}$$

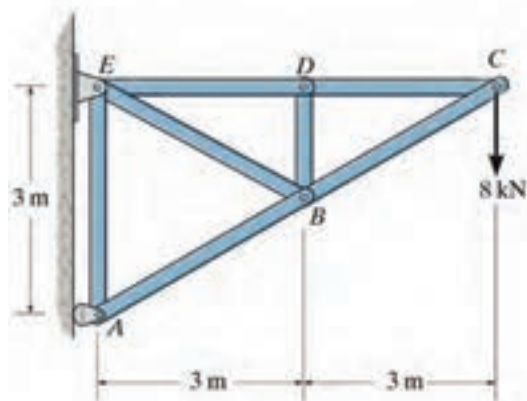
$$\sum F_y = 0 \quad F_{yB} + 25/67 - 20 - 35 \sin 40^\circ = 0 \Rightarrow F_{yB} = 16/82 \text{ KN}$$

$$\sum F_x = 0 \quad F_{xB} - 35 \cos 40^\circ = 0 \Rightarrow F_{xB} = 26/81 \text{ KN}$$



## تمرین ۱-۲۳

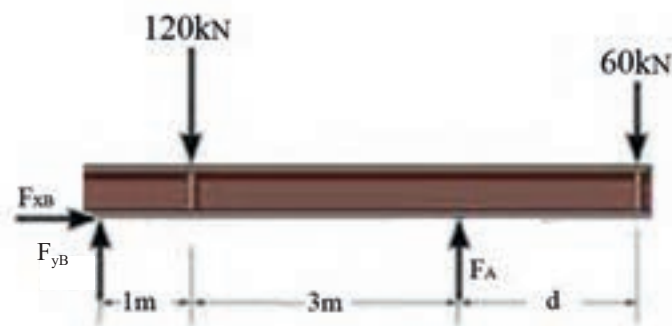
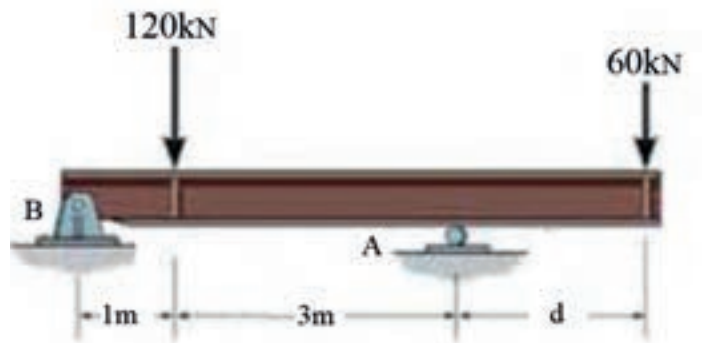
عکس‌العمل‌های تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.





## مثال ۱-۲۴

فاصله  $d$  را به شکلی تعیین کنید که نیروی وارد بر تکیه‌گاه  $A$  از  $120\text{ kN}$  بیشتر نشود.



$$\sum M_B = 0 \Rightarrow 120 \times 4 - 120 \times 1 - 60 \times (4 + d) = 0$$

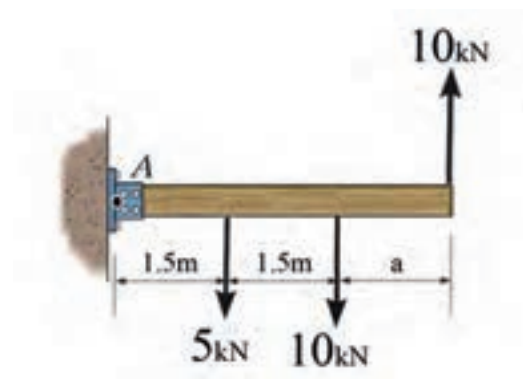
$$480 - 120 - 240 - 60d = 0$$

$$d = \frac{120}{60} = 2\text{ m}$$



## تمرین ۱-۲۴

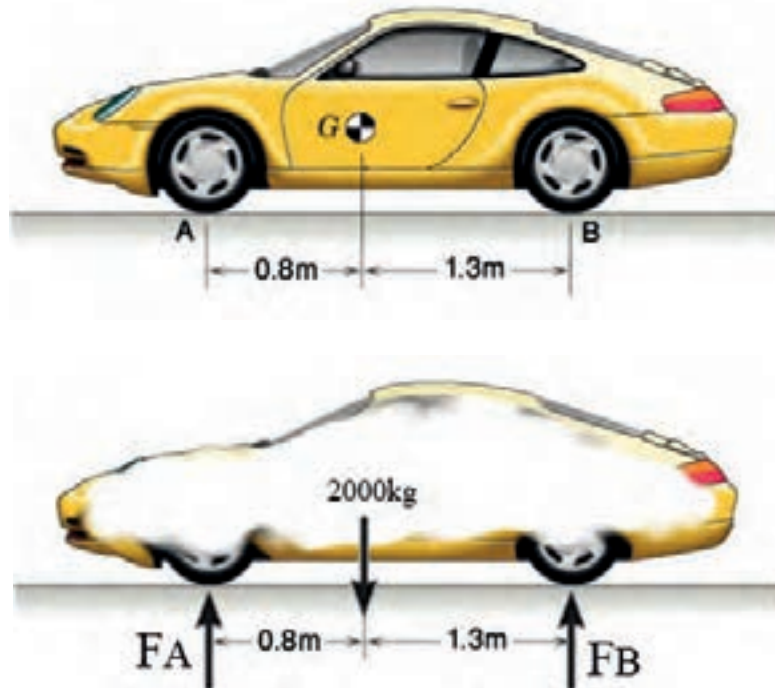
فاصله  $a$  را به شکلی تعیین کنید که گشتاور وارد بر نقطه  $A$  صفر باشد.





## مثال ۱-۲۵

اگر جرم خودرو شکل زیر  $2000\text{kg}$  باشد، نیروی وارد بر هر یک از چرخ‌های خودرو را محاسبه کنید.



$$\sum M_B = 0$$

$$2/1 \times F_A - 2000 \times 9/81 \times 1/3 = 0$$

$$F_A = \frac{2000 \times 9/81 \times 1/3}{2/1} = 12145/7 \text{ N}$$

نیروی روی هر کدام از چرخ‌های جلو خودرو

$$\frac{F_A}{2} = \frac{12145/7}{2} = 6072/8 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B + 12145/9 - 2000 \times 9/81 = 0$$

$$F_B = 7474/1 \text{ N}$$

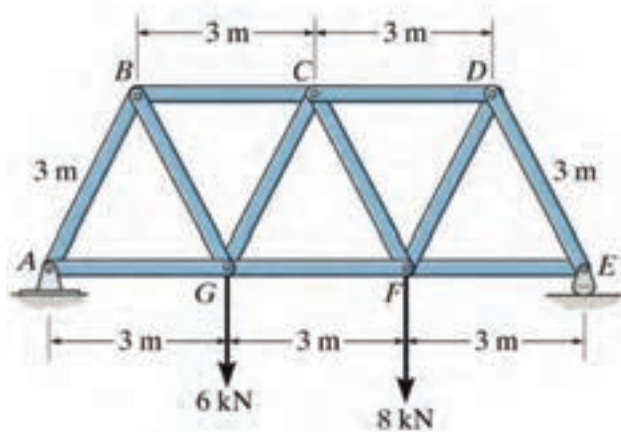
نیروی روی هر کدام از چرخ‌های عقب خودرو

$$\frac{F_B}{2} = \frac{7474/1}{2} = 3737 \text{ N}$$



## تمرین ۲۵-۱

عکس العمل‌های تکیه‌گاه‌های A و E را محاسبه کنید.

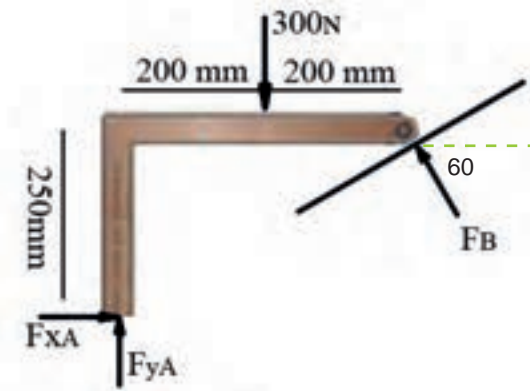
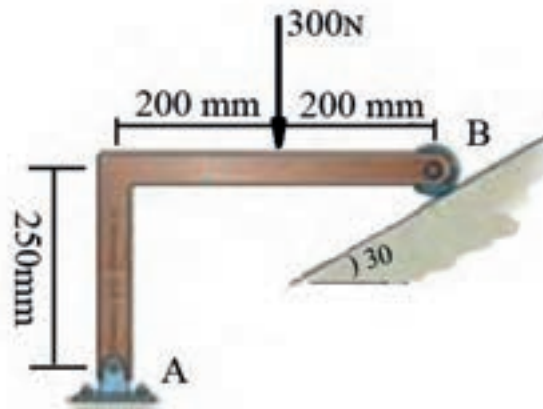






## مثال ۱-۲۶

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



**نکته:** نیروی  $F_B$  را به مولفه های عمود بر هم آن تجزیه می کنیم.

$$\sum M_A = 0$$

$$F_B \sin 60^\circ \times 400 + 250 F_B \cos 60^\circ - 300 \times 200 = 0$$

$$F_B (400 \sin 60^\circ + 250 \cos 60^\circ) - 60000 = 0$$

$$F_B = \frac{60000}{400 \sin 60^\circ + 250 \cos 60^\circ} = 127.2 \text{ N}$$

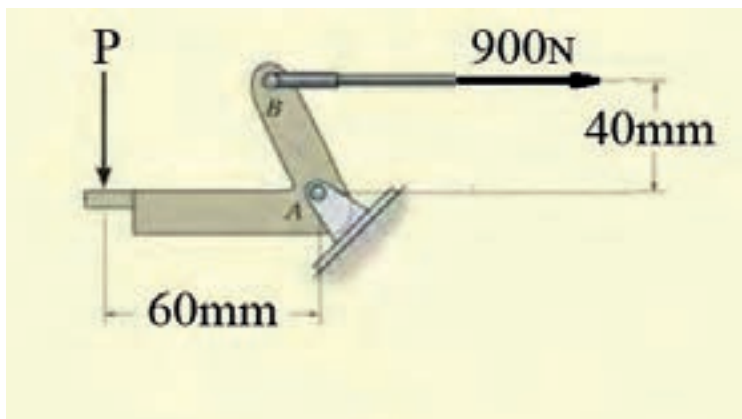
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{yA} + 127.2 \sin 60^\circ - 300 = 0 \Rightarrow F_{yA} = 189.8 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xA} - F_B \cos 60^\circ = 0 \Rightarrow F_{xA} = 127.2 \cos 60^\circ = 63.6 \text{ N}$$



## تمرین ۱-۲۶

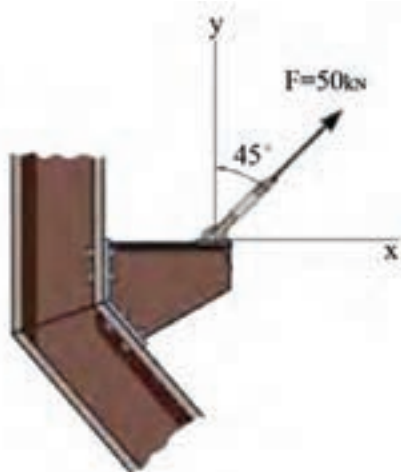
نیروی کشش کابل B معادل  $900\text{ N}$  است، نیروی  $P$  که بر پدال وارد می‌شود را محاسبه کنید.



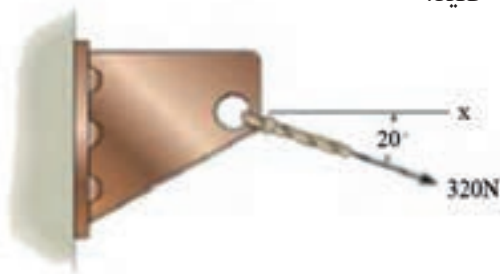


## تمرین های دوره ای فصل اول

۱ - نیروی کشش کابل در شکل زیر را به مولفه های آن تجزیه کنید.

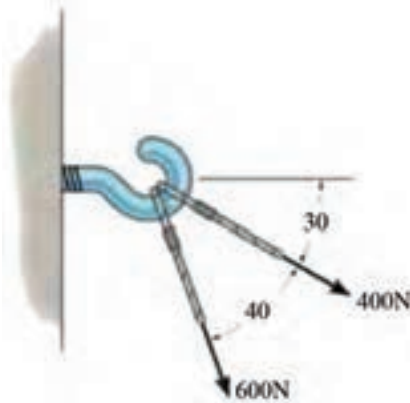


۲ - نیروی ۳۲۰ N کابل را به مولفه های آن تجزیه کنید.

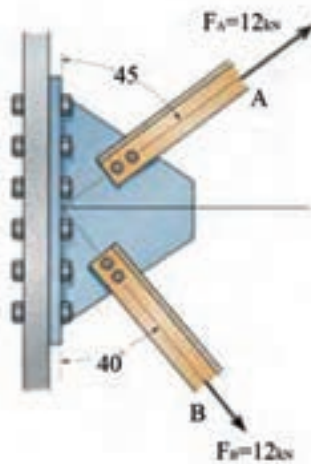




۳ - برآیند نیروهای وارد بر پیچ را با روش های ترسیمی ، محاسباتی و تجزیه بدست آورید.



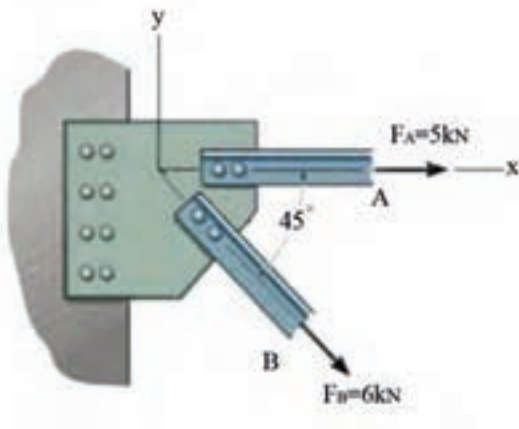
۴ - برآیند نیروهای وارد بر بادبند اتصال شکل زیر را محاسبه کنید.



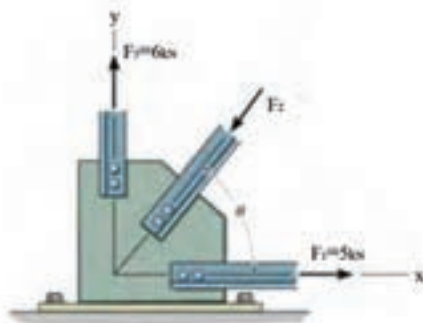


## تمرین های دوره ای فصل اول

۵ - برآیند نیروها را در اتصال زیر محاسبه کنید.



۶ - نیروی  $F_2$  و زاویه  $\theta$  را در اتصال بادی پایداری پای ستون چنان محاسبه کنید که برآیند نیروها در اتصال صفر گردد.

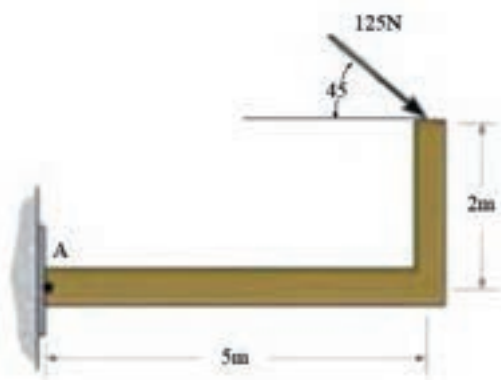




۷ - برآیند نیروهای وارد بر قلاب را از روش تجزیه محاسبه کنید.



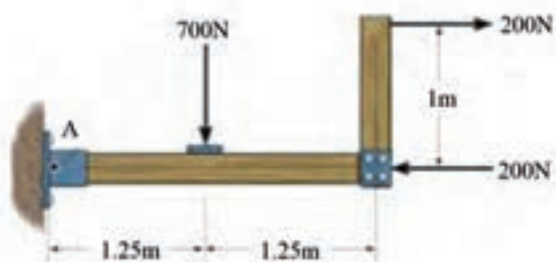
۸ - در شکل زیر گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.





## تمرین های دوره ای فصل اول

۹ - در شکل زیر گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.

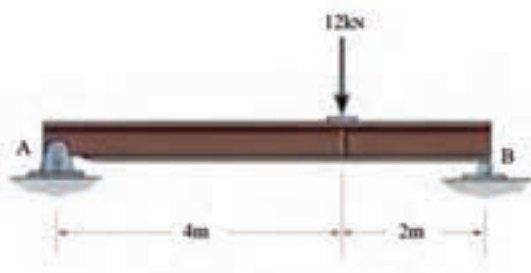


۱۰ - گشتاور نیروی ۵۰ N را حول نقاط A و B محاسبه کنید.

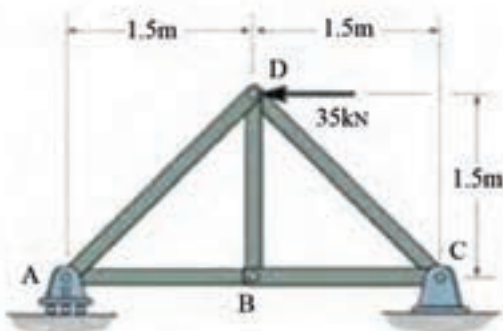




۱۱ - عکس العمل تکیه گاه های A ، B را تعیین کنید.



۱۲ - عکس العمل تکیه گاه های A ، C را تعیین کنید.

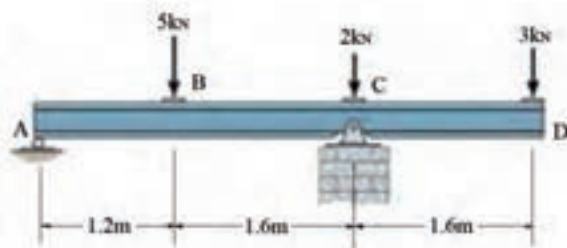




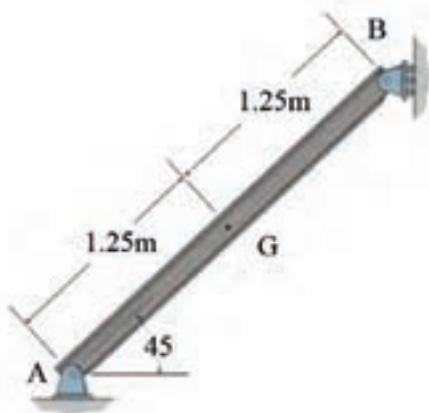


## تمرین های دوره ای فصل اول

۱۳ - عکس العمل تکیه گاه های  $A$  ،  $C$  را تعیین کنید.

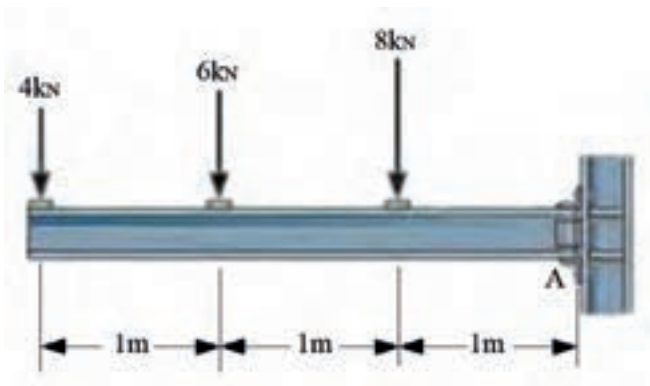


۱۴ - اگر جرم هر متر از تیر آهن استفاده شده در شکل زیر ۲۶ کیلوگرم باشد عکس العمل تکیه گاه های  $A$  و  $B$  را محاسبه کنید.

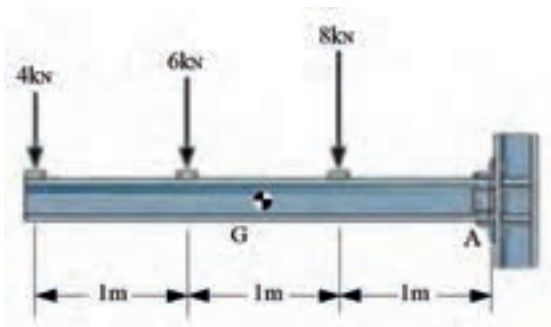




۱۵ - عکس العمل در تکیه گاه ثابت A را محاسبه کنید.



۱۶ - اگر جرم واحد طول تیر آهن شکل زیر  $36 \text{ kg/m}$  باشد عکس العمل تکیه گاه گیردار A را بدست آورید.





# مکانیک مواد

انواع تنش



تنش و کرنش و ضریب کشسانی



قانون هوک



تنش‌های مجاز



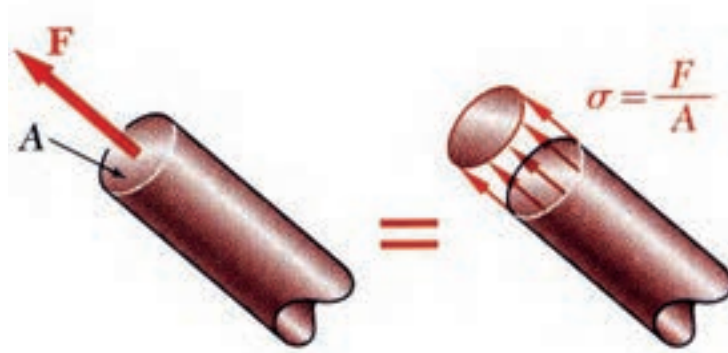
ضریب اطمینان





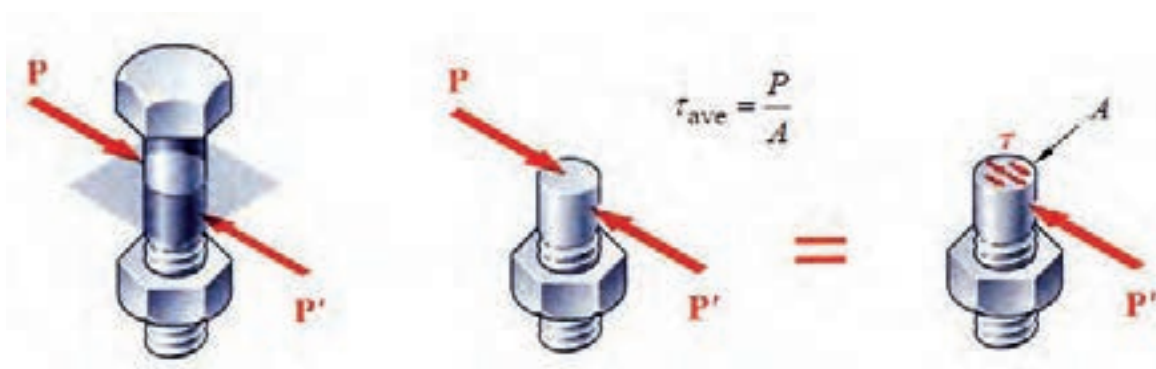
نسبت نیرو بر سطح مقطع را تنش می‌گویند. با افزایش نیرو میزان تنش در یک سطح نیز افزایش می‌یابد با توجه به تعریف تنش و یکاهای نیرو و سطح مقطع یکای تنش،  $\frac{N}{m^2}$  بدست می‌آید که پاسکال نامیده می‌شود. از دیگر واحدهای مهم تنش MPa و GPa می‌باشد.

در صورتی که نیرو بر سطح مقطع عمود باشد تنش ایجاد شده را تنش عمودی یا قائم می‌خوانند و با حرف  $\sigma$  (زیگما) نشان می‌دهند. شکل (۲-۱) تنش عمودی کششی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱

در صورتی که نیرو با سطح مقطع موازی باشد تنش ایجاد شده را تنش برشی می‌خوانند و با حرف  $\tau$  (تاو) بیان می‌کنند. شکل (۲-۲) تنش برشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲



## مثال ۲-۱

200kN



200kN

به میله‌ای به قطر ۲۰ mm نیروی فشاری معادل ۲۰۰ kN اعمال گشته است نوع و مقدار تنش در میله را بررسی کنید.

خواسته‌ها	داده‌ها
نوع و مقدار تنش	$d = 20 \text{ mm}$ $F = 200 \text{ kN}$
روابط	
$\sigma = \frac{F}{A}$	

$$\sigma = \frac{200000}{\pi 10^2} = 636.9 \text{ MPa}$$

تنش از نوع فشاری



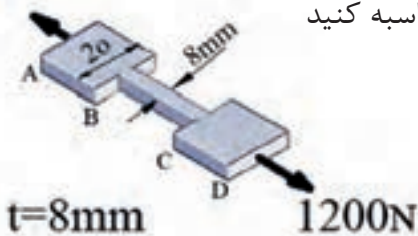
## تمرین ۲-۱

میله‌ای به قطر ۲۵ mm تحت نیروی کششی معادل ۱۵۰ kN قرار دارد، میزان و نوع تنش اعمالی بر میله را معین کنید.



## مثال ۲-۲

1200N



مقدار تنش کششی در سه قسمت AB، BC و CD محاسبه کنید

۱ - ابتدا باید مقدار نیرو را در هر مقطع بررسی کنیم.

در این مسئله نیرو در تمام مقاطع یکسان است و مقدار آن همان  $1200\text{N}$  است اما مساحت مقاطع با یکدیگر فرق می کند.

$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = \frac{1200}{20 \times 8} = 7.5 \text{ MPa}$$

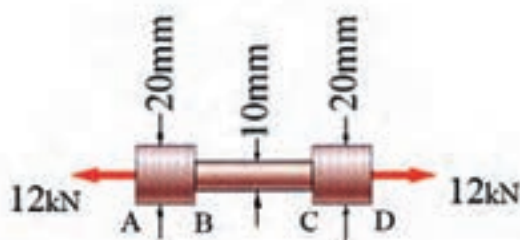
$$\sigma_{CD} = \frac{F_{CD}}{A_{CD}} = \frac{1200}{20 \times 8} = 7.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{1200}{8 \times 8} = 18.75 \text{ MPa}$$



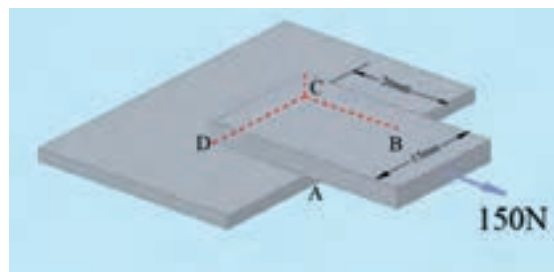
## تمرین ۲-۲

مقدار تنش کششی را در سه قسمت AB، BC و CD محاسبه کنید.



### مثال ۲-۳

مقدار تنش برشی را در سطح چسب کاری شده ABCD معین کنید.



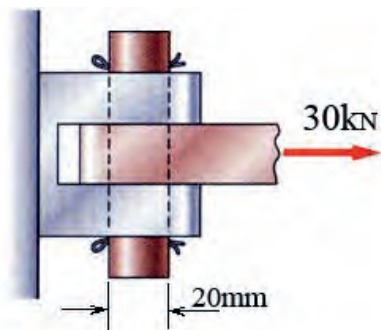
$$F = 150\text{N}$$

$$A = 15 \times 20 = 300\text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{150}{300} = 0.5\text{ MPa}$$

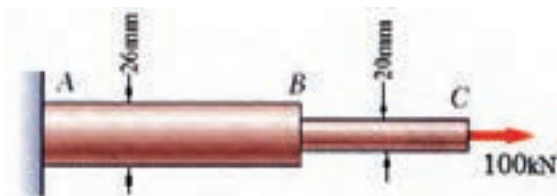
### تمرین ۲-۳

مقدار تنش برشی وارد بر پین را محاسبه کنید.



### مثال ۲-۴

میزان تنش را در قسمت‌های AB و BC میله‌ی شکل زیر محاسبه کنید.

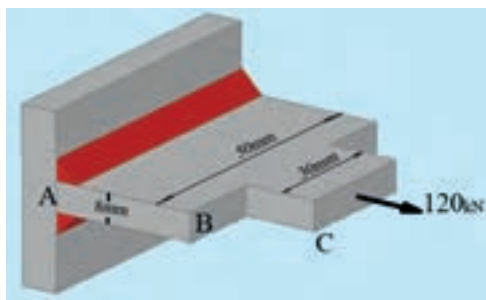


$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = \frac{100000}{\pi 13^2} = 188 / \text{MPa}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{100000}{\pi 10^2} = 318 / \text{MPa}$$

### تمرین ۲-۴

میزان تنش را در قسمت‌های AB و BC محاسبه کنید.

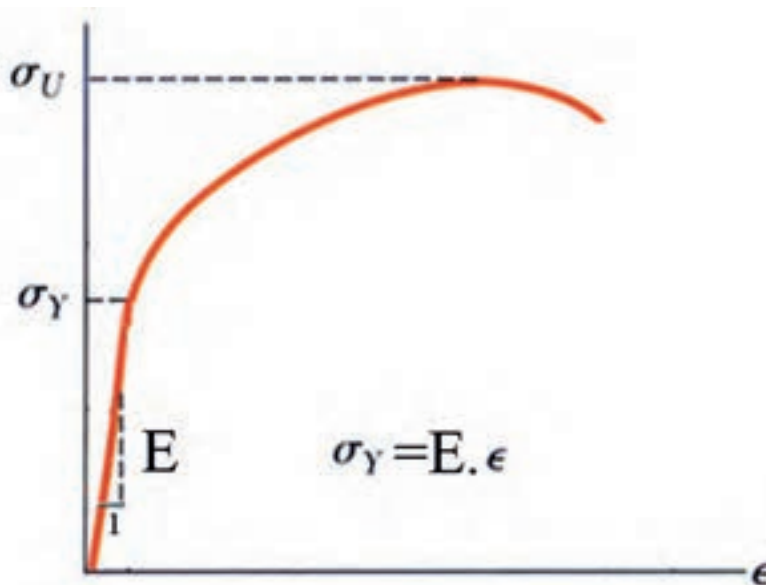




برای تعیین خواص و خصوصیات مواد در آزمایشگاه‌های مقاومت مصالح بر روی مواد آزمایش‌های گوناگونی از قبیل کشش، خمش، برش، پیچش، ضربه و ... انجام می‌گردد که با توجه به هر کدام از این آزمایش‌ها قسمتی از خصوصیات مهندسی مواد معین می‌گردد.

از مهم‌ترین مشخصات یک ماده مدول یانگ می‌باشد که در آزمایش کشش و با استفاده از منحنی تنش-کرنش تعیین می‌گردد. ضریب کشسانی از تقسیم تنش بر کرنش بدست می‌آید. به بیان دیگر شیب قسمت خطی منحنی تنش-کرنش را ضریب کشسانی می‌خوانند.

واحد مدول یانگ Pa است که برای فولاد مقدار آن  $200 \text{ GPa}$  می‌باشد. شکل (۲-۳) منحنی تنش کرنش را نشان می‌دهد. نسبت جابجایی به طول اولیه نمونه‌ی آزمایشی، را کرنش می‌گویند.



شکل ۲-۳

## قانون هوک

رابطه بین تنش و کرنش را در محدوده الاستیک قانون هوک می‌نامند و از رابطه  $\sigma = E\varepsilon$  محاسبه می‌گردد. با استفاده از قانون هوک و رابطه تنش می‌توان میزان جابجایی را در یک قطعه محاسبه کرد. میزان جابجایی در اجسام را از رابطه  $\Delta L = \frac{FL}{AE}$  محاسبه می‌کنند.





## مثال ۵-۲

یک میله فولادی به قطر ۳۰ میلی متر تحت نیروی کششی  $150 \text{ kN}$  قرار گرفته است. میزان کرنش در میله را محاسبه کنید. مدول یانگ برای فولاد  $200 \text{ GPa}$  فرض می شود.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 30^2}{4} = 706.85 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{150000}{706.85} = 212.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma = E \times \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{212.2}{200000} = 1.06 \times 10^{-3}$$

**نکته:** مدول یانگ که معادل  $200 \text{ GPa}$  می باشد در معادله باید به شکل  $200000 \text{ Mpa}$  قرار گیرد.



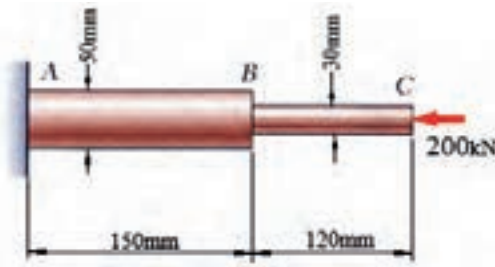
## تمرین ۵-۲

یک میله فولادی به قطر ۱۵ میلی متر تحت نیروی کششی  $120 \text{ kN}$  قرار گرفته است. میزان کرنش در میله را محاسبه کنید. مدول یانگ برای فولاد  $200 \text{ GPa}$  فرض می شود.



## مثال ۲-۶

تغییر طول میله فولادی ABC را با توجه به اینکه مدول یانگ فولاد  $200 \text{ GPa}$  است محاسبه کنید.



$$\Delta L_{BC} = \frac{F_{BC} L_{BC}}{A_{BC} E_{BC}} = \frac{200000 \times 120}{\pi (15)^2 \times 200000} = 0.1698 \text{ mm}$$

$$\Delta L_{AB} = \frac{F_{AB} L_{AB}}{A_{AB} E_{AB}} = \frac{200000 \times 150}{\pi (25)^2 \times 200000} = 0.07 \text{ mm}$$

۱- در حل این مسائل باید نیرو را در هر قسمت از میله مورد بررسی قرار داد که در این سوال نیرو یکسان است.

$$\Delta L_{ABC} = \Delta L_{AB} + \Delta L_{BC} = 0.169 + 0.07$$

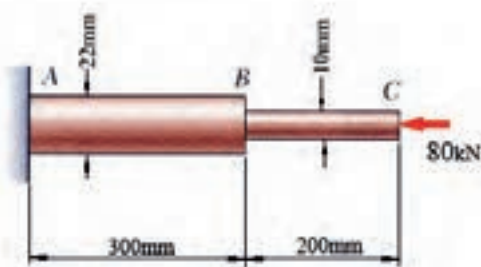
۲- برای هر قسمت از مساحت مقطع همان قسمت استفاده می‌کنیم.

$$\Delta L_{ABC} = 0.239 \text{ mm}$$



## تمرین ۲-۶

تغییر طول میله آلومینیومی ABC را با توجه به اینکه مدول یانگ آلومینیوم  $70 \text{ GPa}$  است، بررسی کنید.





## مثال ۲-۲

میزان کرنش در میله‌ای فولادی با مدول یانگ  $200 \text{ GPa}$  را بررسی کنید اگر تنش فشاری درون میله  $180 \text{ Mpa}$  باشد.

$$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{180}{200000} = 9 \times 10^{-4}$$



## تمرین ۲-۲

میزان کرنش در میله‌ای فولادی به مدول یانگ  $200 \text{ GPa}$  را بررسی کنید اگر تنش کششی درون میله  $200 \text{ Mpa}$  باشد.



## مثال ۲-۸

طول میله‌ای آلومینیومی ( $E = 70 \text{ GPa}$ ) که بر اثر تنش  $120 \text{ Mpa}$  به میزان  $0.2$  میلی‌متر افزایش طول یافته است را بررسی کنید.

$$\sigma = 120 \text{ MPa}$$

$$\Delta L = 0.2 \text{ mm}$$

$$E = 70 \text{ GPa}$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{120}{70000} = 1.71 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow L = \frac{\Delta L}{\varepsilon} \Rightarrow L = \frac{0.2}{1.71 \times 10^{-3}} = 116.95 \text{ mm}$$

**نکته:** تنش  $120 \text{ Mpa}$  درون میله بر اثر نیرویی ایجاد گشته که در حل نیازی به آن نیرو نبوده است.



## تمرین ۸-۲

طول میله‌ای آلومینیومی ( $E = 70 \text{ GP}$ ) که بر اثر تنش  $150 \text{ MPa}$  به میزان  $0.3$  میلی متر افزایش طول یافته است را بررسی کنید.



## مثال ۹-۲

در آزمایش کشش بر روی یک میله برنجی ( $E = 105 \text{ GP}$ ) مطابق شکل زیر میزان تنش و کرنش را بدست آورید.



$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{20000}{\pi \cdot 7.5^2} = 113.7 \text{ MPa}$$

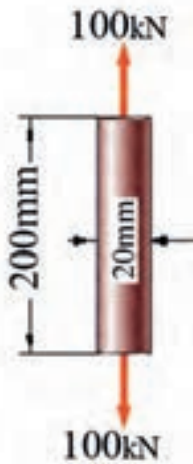
$$\sigma = E \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{113.7}{105000} = 1.078 \times 10^{-3}$$



## تمرین ۹-۲

در آزمایش کشش یک نمونه مطابق شکل زیر در نیروی  $100 \text{ kN}$  تغییر طول معادل  $0.31$  میلی‌متر ثبت گردیده است. بررسی کنید جنس نمونه از کدام یک از مواد زیر است: فولاد، آلومینیوم، برنج.



## تنش‌های مجاز



برای رسیدن به ایمنی در طراحی و کنترل هزینه‌های پروژه چه رابطه‌ای را میان تنش در قطعات و استحکام قطعات باید در نظر گرفت. در پاسخ به این پرسش چندین روش ارائه شده است که در الگوی تنش مجاز (ارائه شده از طرف موسسه AISC) تنش در قطعات فولادی از روابط زیر پیروی می‌کند.

$$\sigma_{\text{allow}} \leq 0.6 \sigma_y$$

$$\tau_{\text{allow}} = 0.4 \sigma_y$$

در اکثر مسائل از فولادها  $St37$ ،  $St44$  و  $St52$  استفاده شده است. مقادیر تنش نهایی و تسلیم این فولادها در جداول پیوست کتاب آورده شده است.



## مثال ۲-۱۰

استحکام تسلیم فولادی معادل  $240_{\text{Mpa}}$  است. با توجه به پیشنهاد AISC میزان تنش مجاز کششی و برشی این فولاد را محاسبه کنید.

$$\sigma_{\text{allow}} \leq 0.6 \sigma_y$$

$$\tau_{\text{allow}} = 0.4 \sigma_y$$

$$\sigma = 0.6 \times 240 = 144 \text{ MPa}$$

$$\tau = 0.4 \times 240 = 96 \text{ MPa}$$



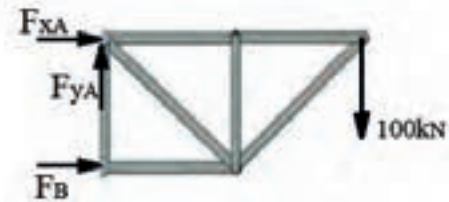
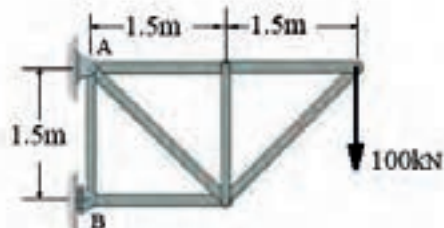
## تمرین ۲-۱۰

اگر براساس AISC تنش برشی مجاز فولادی  $140_{\text{Mpa}}$  باشد، تنش مجاز کششی آن را بدست آورید.



## مثال ۱۱-۲

تنش برشی وارد بر پین A به قطر ۶۰ mm را در اتصال شکل زیر محاسبه کنید.



۱ - ابتدا باید دیاگرام آزاد جسم را رسم کنیم و نیروی وارد بر پین را بدست آوریم.

$$\sum M_B = 0$$

$$1/5 F_{xA} + 3 \times 100 = 0$$

$$F_{xA} = \frac{-300}{1/5} = -200$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{yA} - 100 = 0 \Rightarrow F_{yA} = 100$$

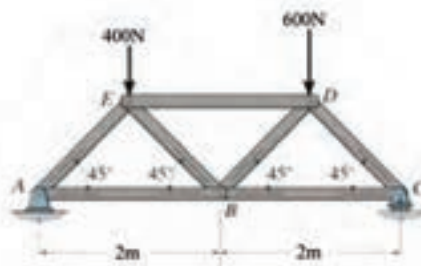
$$F_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2} = \sqrt{100^2 + 200^2} = 223.6 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2223600}{\pi \times 30^2} = 79.1 \text{ MPa}$$



## تمرین ۱۱-۲

تنش برشی وارد بر پین A به قطر ۴۰ mm را در اتصال



شکل زیر بدست آورید.



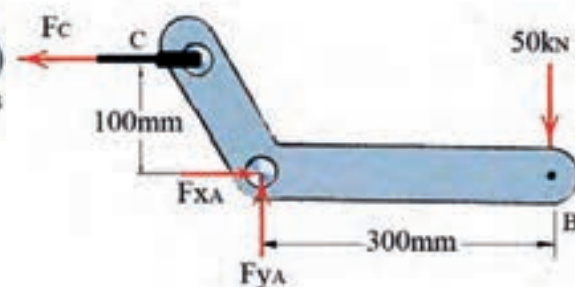
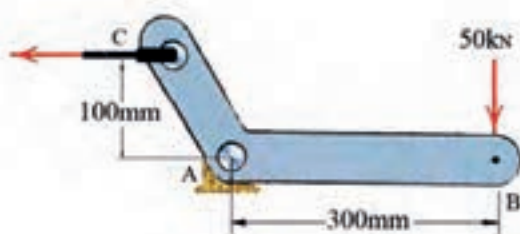
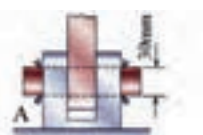
متداول ترین روش برای رسیدن به ایمنی و اطمینان در طراحی استفاده از ضریب اطمینان می باشد. در این روش تنش در قطعات از تقسیم تنش تسلیم بر ضریب اطمینان که عددی بزرگتر از یک است محاسبه می گردد.

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma} ; FS = \frac{\tau_y}{\tau}$$



## مثال ۱۲-۲

ضریب اطمینان در پین A را بررسی کنید، اگر تنش برشی تسلیم آن 250MPa باشد.



$$\sum M_A = 0 \Rightarrow 100F_C - 50 \times 300 = 0$$

$$F_C = \frac{50 \times 300}{100} = 150_{kN}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{yA} - 50 = 0 \Rightarrow F_{yA} = 50$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xA} - 150 = 0 \Rightarrow F_{xA} = 150$$

$$F_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2} = \sqrt{150^2 + 50^2} = 158.1_{kN}$$

$$\tau = \frac{158.1}{2 \times \pi \times 5^2} = 111/88$$

$$FS = \frac{250}{111/88} = 2/23$$

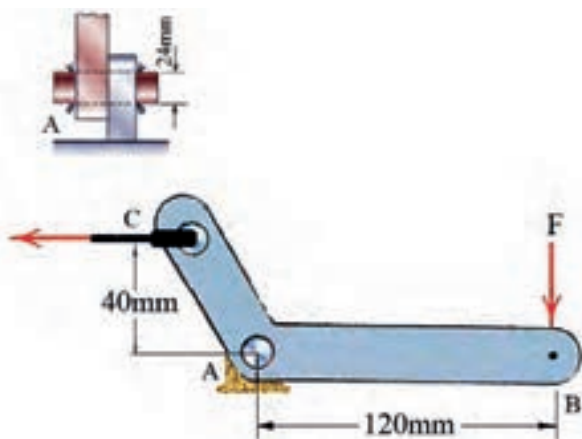
ضریب اطمینان پایینی در نظر گرفته شده است که مناسب نمی باشد.





## تمرین ۱۲-۲

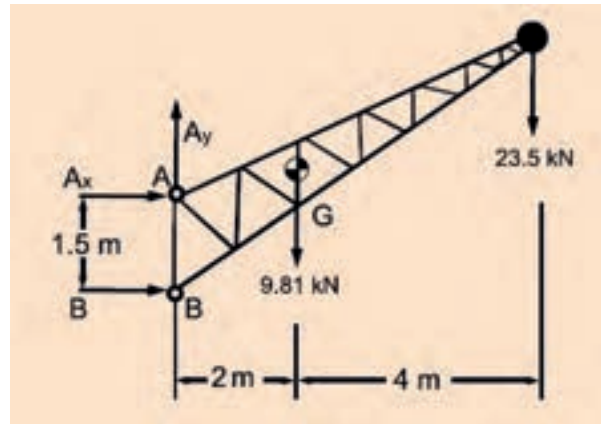
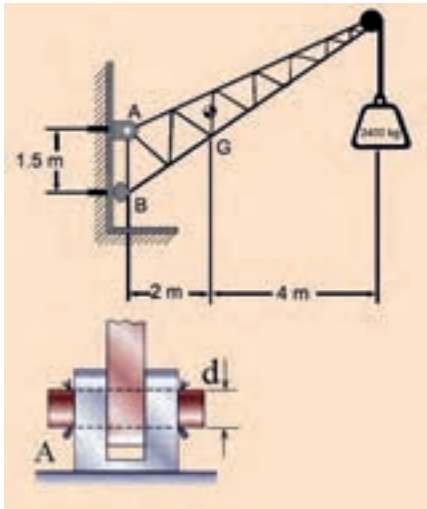
حداکثر نیروی  $F$  را محاسبه کنید اگر پین  $A$  از فولادی با تنش تسلیم  $250 \text{ Mpa}$  ساخته شده باشد و ضریب اطمینان ۳ در نظر گرفته شده باشد.





## مثال ۲-۱۳

اگر اتصال پین در نقطه A از نوع دویل باشد و جنس پین از فولاد St52، با توجه به پیشنهاد AISC قطر پین A را بدست آورید.



۱ - ابتدا نیروی وارد بر پین A را محاسبه می کنیم.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{yA} - 1000 \times 9/81 - 2400 \times 9/81 = 0$$

$$F_{yA} = 9810 + 23544 = 33354 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$1/5 F_{xA} - 9810 \times 2 - 23544 \times 6 = 0$$

$$F_{xA} = \frac{9810 \times 2 + 23544 \times 6}{1/5} = 107256 \text{ N}$$

$$F_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2} = \sqrt{107256^2 + 33354^2} = 112322/4 \text{ N}$$

با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St52 برابر با 355 MPa است.

$$\tau = 0/4 \times 355 = 142 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{112322/4}{142} = 791 \text{ mm}^2$$

با توجه به اینکه پین از دو طرف نیرو را کنترل می کند داریم:

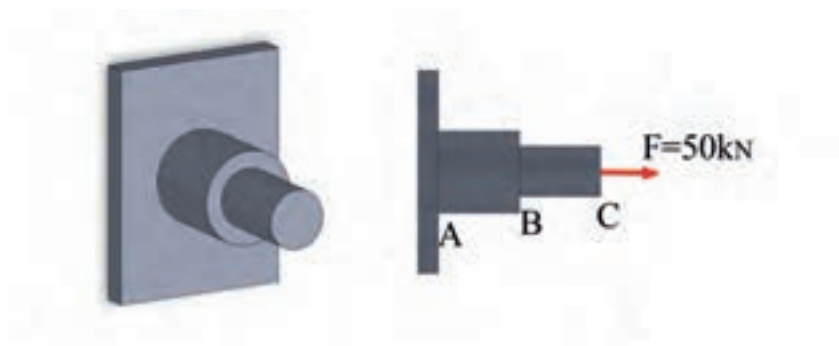
$$A = \frac{791}{2} = 395/5 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times 395/5}{\pi}} = 22/44 \text{ mm} \quad 23 \text{ mm}$$



## تمرین های دوره ای فصل دوم

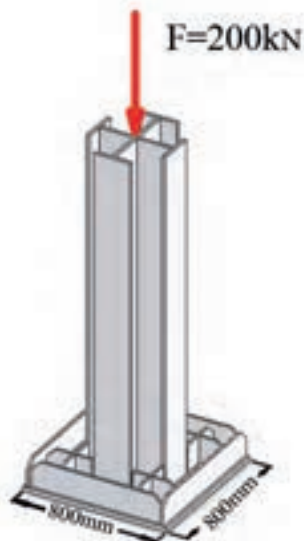
- ۱ - لوله ای فولادی به قطر بیرونی ۲۵ میلی متر و ضخامت جداره ۱ سانتی متر تحت نیروی فشاری ۳۰ kN قرار دارد . تنش فشاری در لوله چند Mpa می باشد.

- ۲ - میله AB,BC از فولاد St۳۷ به قطر ۳۰ و ۴۰ میلی متر میباشد . میزان تنش کششی در میله AB و BC را محاسبه کنید.

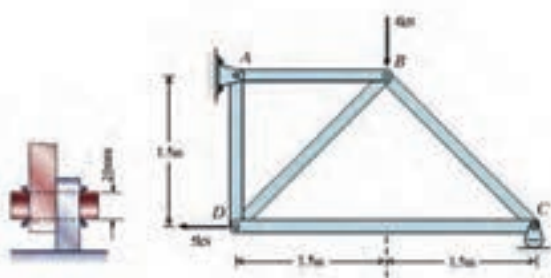




۳ - در شکل زیر تنش فشاری وارد بر بتن زیر صفحه ستون را محاسبه کنید.



۴ - مقدار تنش برشی در پین A را محاسبه کنید.

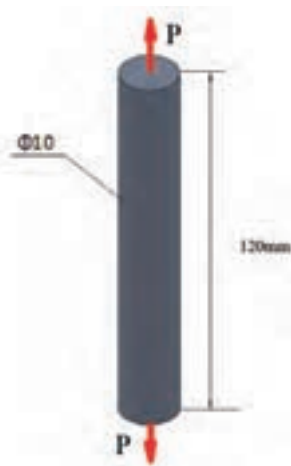




## تمرین های دوره ای فصل دوم

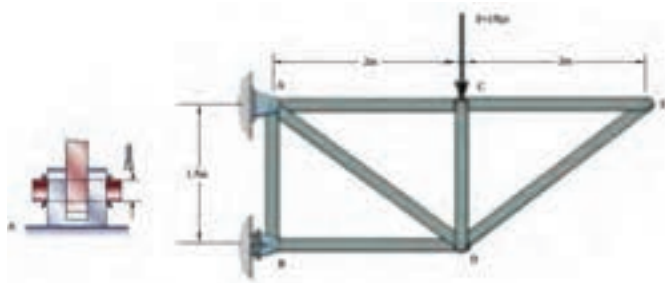
۵ - مقدار افزایش طول میله ای به قطر ۱ سانتی متر و طول  $60\text{ cm}$  را که تحت نیروی کششی  $25\text{ kN}$  قرار دارد محاسبه کنید.

۶ - حداکثر نیروی  $P$  را برای شکل زیر چنان تعیین کنید که تغییر طول میله بیشتر از  $0.3$  میلی متر نباشد. (میله فولادی با مدول یانگ  $200\text{ GPa}$  می باشد)





۷ - مقدار تنش برشی در پین A را محاسبه کنید.

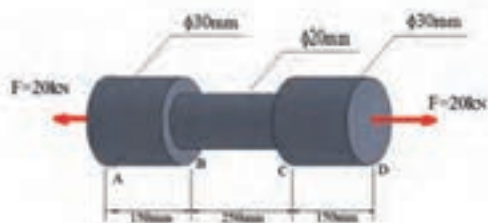


۸ - اگر جنس پین A در سوال هفت از فولادی با حداکثر تنش برشی  $300 \text{ Mpa}$  باشد ضریب اطمینان در پین را تعیین کنید.



## تمرین های دوره ای فصل دوم

۹ - تنش در مقاطع مختلف شکل زیر را محاسبه کنید.



۱۰ - اگر شکل سوال ۹ میله ای فولادی با مدول یانگ  $200 \text{ GPa}$  باشد مقدار افزایش طول هر قسمت از میله را محاسبه کنید. ازدیاد طول کلی میله را بدست آورید.



۱۱ - میله‌ای آلومینیومی با مدول ینگ  $70 \text{ Gpa}$  تحت آزمایش کشش  $0.02$  کرنش کرده است . مقدار تنش در نمونه‌ای آزمایشی را تعیین کنید.





# اتصال در سازه‌های فلزی

## (اتصال‌های جوشی)

اندازه جوش



اندازه موثر در جوش شیار



اندازه موثر گلویی در جوش گوشه



سطح موثر جوش



محاسبه تنش در جوش شیار



محاسبه تنش در جوش گوشه



تنش‌های مجاز جوش و الکترود



تعیین ظرفیت اتصال



## اندازه جوش

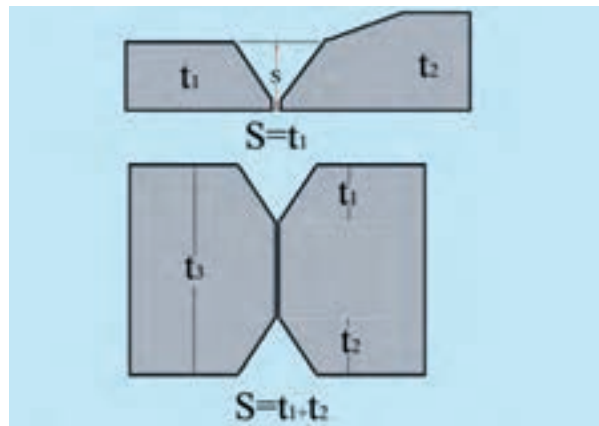


عوامل بسیاری بر استحکام یک اتصال جوشی اثر گذارند که شکل جوش و اندازه آن (طول جوش، ساق و بعد جوش) از مهمترین این عوامل می باشند.

## اندازه موثر در جوش شیاری



اندازه موثر جوش در یک اتصال شیاری مطابق ضخامت ورق نازک تر می باشد و در جوش شیاری با نفوذ جزئی میزان اندازه موثر از جمع نفوذهای اتصال بدست می آید. شکل (۳-۱) میزان  $S$  در اتصالات شیاری را نشان می دهد.

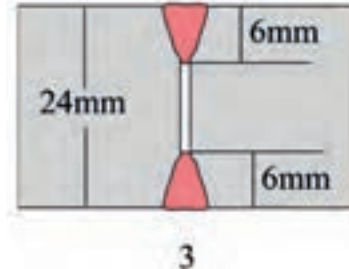
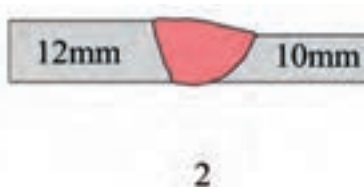
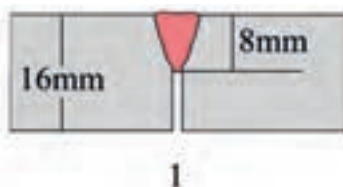


شکل ۳-۱



### مثال ۳-۱

اندازه موثر در جوشهای شیاری زیر را محاسبه کنید.

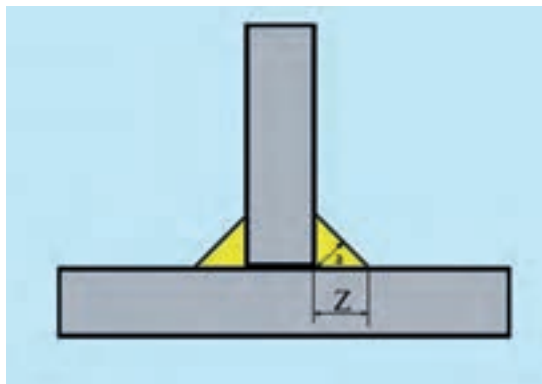


- ۱)  $S = 8_{mm}$
- ۲)  $S = 10_{mm}$
- ۳)  $S = 6 + 6 = 12_{mm}$

## اندازه موثر گلویی در جوش گوشه



اندازه موثر گلویی در جوش گوشه معادل ارتفاع وارد بر وتر مثلث قائم الزاویه‌ای است که در جوش گوشه محاط می‌گردد که با حرف  $a$  نشان داده می‌شود. اندازه جوش گلویی با رابطه  $a = 0.707Z$  به ساق جوش گوشه ارتباط پیدا می‌کند. شکل (۳-۲) میزان  $a$  و  $Z$  را در جوش گوشه نشان می‌دهد.

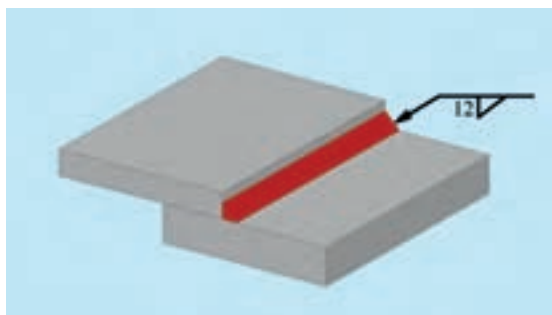


شکل ۳-۲



### مثال ۳-۲

اندازه موثر جوش شکل زیر را محاسبه کنید.



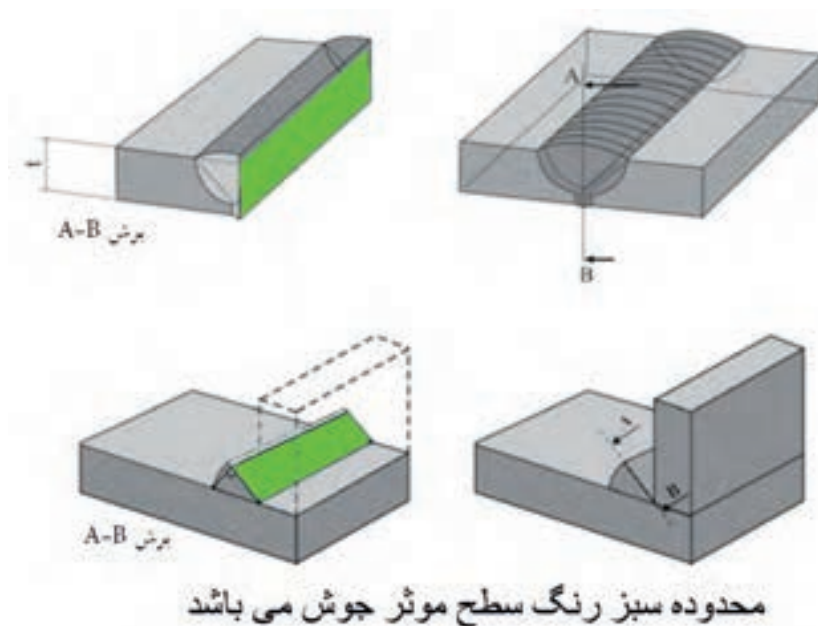
$$Z = 12$$

$$a = 0.707 \times 12 = 8.48 \text{ mm}$$

## سطح موثر جوش



از حاصل ضرب طول جوش در بعد جوش سطح موثر جوش محاسبه می‌گردد. که از نقطه نظر تئوری این سطح در برابر نیروها و گشتاورها، استحکام اتصال را تامین می‌کند.  
شکل (۳-۳) سطح موثر جوش را نشان می‌دهد.

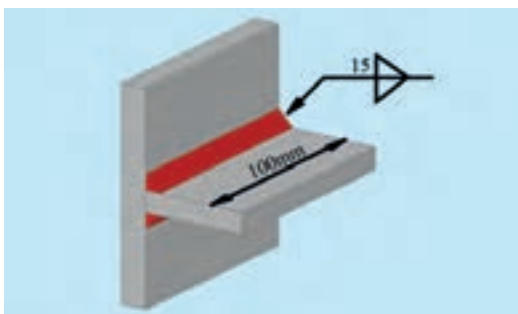


شکل ۳-۳



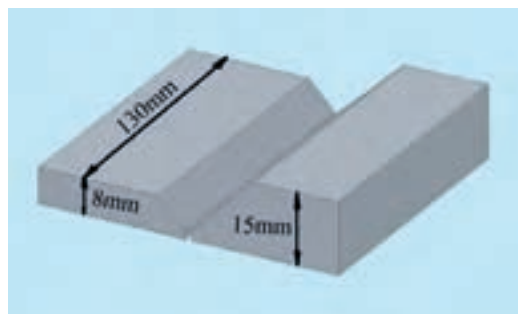
### مثال ۳-۳

سطح موثر جوش در اتصالات زیر را معین کنید.



(ب)

$$A_w = 0.707 \times 15 \times 2 \times 100 = 2121 \text{ mm}^2$$



(الف)

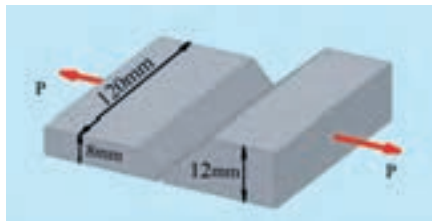
$$A_w = 8 \times 130 = 1040 \text{ mm}^2$$

## محاسبه تنش در جوش شیاری



در جوش شیاری با نفوذ کامل اگر فرایند جوشکاری مطابق مقررات و استانداردهای جوشکاری اجرا شده باشد نیاز به محاسبه استحکام جوش شیاری نمی‌باشد.

و استحکام جوش را مطابق استحکام ورق نازکتر در نظر می‌گیرند اما برای محاسبه تنش در هر جوش شیاری با نفوذ کامل و یا نفوذ جزئی باید نیروی وارد بر اتصال را بر سطح موثر جوش تقسیم کرد.

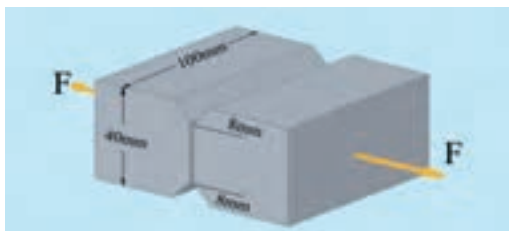


### مثال ۳-۴

حداکثر نیروی  $P$  را برای اتصال زیر محاسبه کنید (قطعات از ورق St۳۷ ساخته شده‌اند).

در این نوع اتصالات ضخامت موثر جوش را با ضخامت ورق نازکتر برابر فرض می‌کنند. با توجه به عدم مشخص کردن نوع الکترود می‌توان استحکام جوش را با ورق نازکتر برابر فرض کرد. با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St۳۷ برابر با  $234 \text{ Mpa}$  است که تنش مجاز آن  $140 \text{ Mpa}$  می‌شود.

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \sigma A = 140 \times 120 \times 8 = 134400 \text{ N} = 134.4 \text{ kN}$$



### مثال ۳-۵

حداکثر نیروی  $F$  وارد بر طرح اتصال زیر را محاسبه کنید (ورقها از جنس St۴۴ و الکترود E۶۰۱۳ می‌باشد).  
با توجه به شکل موضع جوش ضعیف ترین قسمت اتصال است.

$$A_w = 100 \times 8 \times 2 = 1600 \text{ mm}^2$$

با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St۴۴ برابر با  $275 \text{ Mpa}$  است

$$A_p = 100 \times 40 = 4000 \text{ mm}^2$$

$$F_p = \sigma_p A_p = 275 \times 4000 = 1100000 \text{ N} = 1100 \text{ kN}$$

$$F_w = \sigma_w A_w = 275 \times 1600 = 440000 \text{ N} = 440 \text{ kN}$$

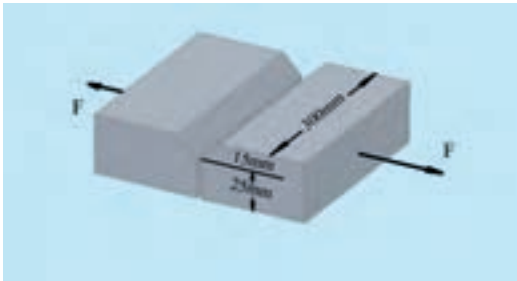
کمترین مقدار  $F$  که در این مسئله  $440 \text{ kN}$  می‌باشد حداکثر ظرفیت اتصال می‌باشد.





### تمرین ۱-۳

حداکثر نیروی  $F$  وارد بر طرح اتصال زیر را محاسبه کنید (ورق ها از جنس St۴۴ و الکتروود E۶۰۱۳ می باشد).



### محاسبه تنش در جوش گوشه

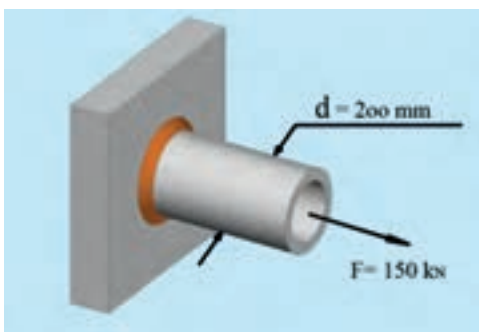


میزان تنش در یک جوش گوشه را از تقسیم نیروی وارد بر اتصال بر سطح موثر جوش محاسبه می کنند. تنش در جوش گوشه را تنش برشی در نظر می گیرند.



### مثال ۶-۳

اندازه ساق جوش اتصال زیر را محاسبه کنید (الکتروود مصرفی E۶۰۱۳).



$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{150000}{95} = 1578.94 \text{ mm}^2$$

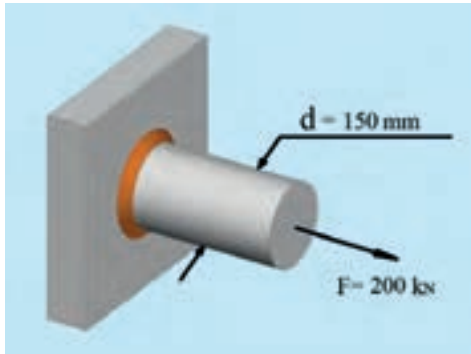
$$A_w = 0.707Z \times \pi D = 1578.94$$

$$Z = \frac{1578.94}{0.707 \times \pi \times 200} = 3.55 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$



## تمرین ۲-۳

اندازه ساق جوش اتصال زیر را محاسبه کنید (الکتروود E۷۰۱۸).



## تنش‌های مجاز جوش و الکتروود



از آنجا که ایمنی و سلامت طرح در یک اتصال جوشی به عوامل بسیار متفاوتی بستگی دارد همواره طراحان از تنش‌های مجاز که به مراتب کمتر از تنش تسلیم ورق‌ها و الکتروودها می‌باشد استفاده می‌کنند. تعیین تنش مجاز بر مبنای مقررات و استانداردهای حاکم بر طرح انجام می‌گیرد.



## مثال ۲-۳

اگر تنش برشی مجاز الکتروود E۷۰۱۸ مقدار  $141 \text{ Mpa}$  باشد حداکثر مقاومت جوش گوشه به طول یک میلی متر با یکای  $\text{N/mm}$  را محاسبه کنید.

$$\tau = \frac{F}{0.707 \times Z \times L} \Rightarrow F = 0.707 \times \tau \times Z \times L$$

$$F' = 0.707 \times 141 \times 1 \times Z$$

$$F' = 99.6Z$$



### تمرین ۳-۳

اگر تنش برشی مجاز الکتروود  $E11018$  مقدار  $173 \text{ Mpa}$  باشد حداکثر مقاومت جوش گوشه به طول یک میلی متر با یکای  $\text{N/mm}$  را محاسبه کنید.

### تعیین ظرفیت اتصال

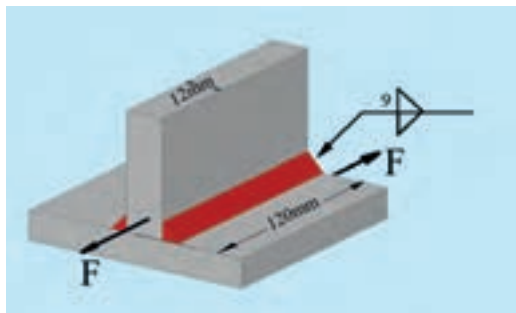


در یک اتصال جوشکاری ظرفیت نهایی اتصال را با توجه به ضعیف ترین عضو اتصال محاسبه می کنند. برای این منظور تمام قطعات یک اتصال را به شکل مجزا مورد بررسی و تحلیل قرار می دهند و در انتها کمترین ظرفیت را به عنوان ظرفیت نهایی اتصال مشخص می کنند.



### مثال ۳-۸

حداکثر نیروی  $F$  را محاسبه کنید (جنس ورقها  $St44$  می باشد و از الکترودهای  $E7013$  جهت جوشکاری استفاده شده است)



$$\tau_p = \frac{F_p}{A_p}$$

$$F_p = \tau_p \times A_p = 0.4 \times 275 \times 12 \times 120 = 158400 \text{ N}$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w}$$

$$A_w = 2 \times 9 \times 120 \times 0.707 = 1527.12 \text{ mm}^2$$

$$F_w = \tau_w \times A_w = 110 \times 1527.12 = 167983.2 \text{ N}$$

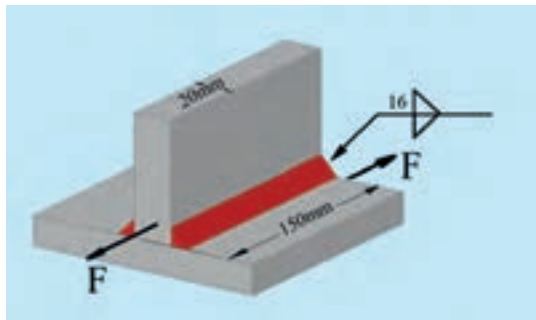
حداکثر نیروی  $F$  کمترین مقدار محاسباتی یعنی  $158.4 / \text{KN}$  در نظر گرفته می شود.





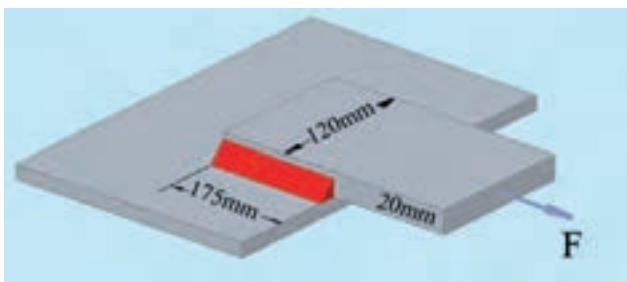
### تمرین ۳-۵

حداکثر نیروی  $F$  را محاسبه کنید (جنس ورقها St52 می باشد واز الکتروود  $E_{۷۰۱۸}$  جهت جوشکاری استفاده شده است).



### مثال ۳-۹

اندازه ساق جوش را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید (ورقها از جنس St37 و الکتروودها  $E_{۶۰۱۳}$  می باشند).



$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \Rightarrow F_p = \sigma_p \cdot A_p = 140 \times 120 \times 20 = 336000 \text{ N}$$

$$A_w = 0.707 \times 175 \times 2 \times Z = 247 / 45 Z$$

$$\tau_w = \frac{F}{A_w} \Rightarrow F = \tau_w \cdot A_w = 95 \times 247 / 45 \times Z = 336000$$

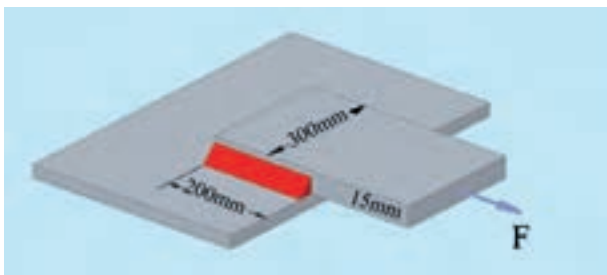
$$Z = \frac{336000}{95 \times 247 / 45} = 14 / 29 \text{ mm}$$

ساق را  $15 \text{ mm}$  در نظر می گیریم.



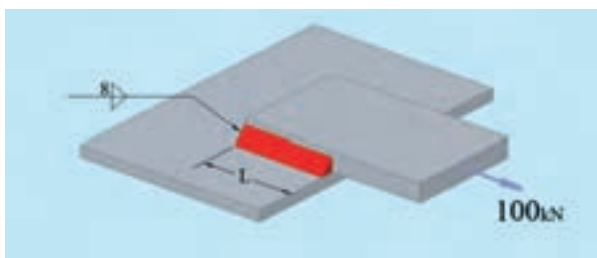
### تمرین ۳-۵

اندازه ساق جوش را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید (ورقها از جنس St۴۴ و الکتروود E۶۰۱۳ انتخاب شده است).



### مثال ۳-۱۰

طول جوش مناسب را با توجه به اینکه الکتروود مصرفی E۷۰۱۸ میباشد برای طرح اتصال زیر محاسبه کنید.



$$A_w = 2 \times 0.707 \times 8 \times L = 11.31L$$

$$E7018 \Rightarrow \tau = 110 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{100000}{110} = 909.09 = 11.31L$$

$$L = 80 / 37 \approx 81 \text{ mm}$$



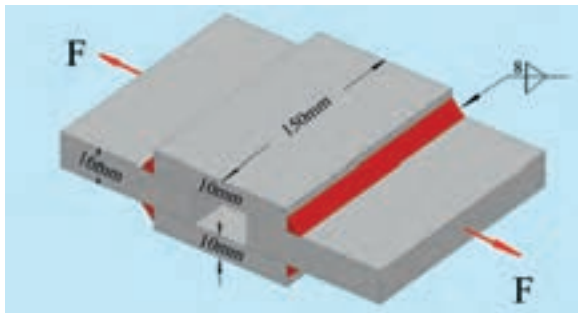
### تمرین ۳-۶

حداکثر نیروی  $F$  را با توجه به جوش محاسبه کنید (الکترود  $E6013$ ).



### مثال ۳-۱۱

ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید. (ورق‌ها از جنس  $St37$  می‌باشد و الکترودها  $E6013$  می‌باشد)



$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \Rightarrow F_p = \sigma_p \cdot A_p = 140 \times 16 \times 150 = 336000 N$$

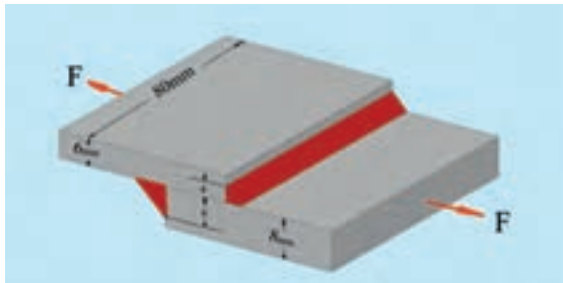
$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} \Rightarrow F_w = \tau_w \cdot A_w = 90 \times 2 \times 150 \times 8 \times 0.707 = 152712 N$$

ظرفیت اتصال براساس نیروی کمتر محاسبه می‌گردد که در این مثال مقدار  $152712 N$  می‌باشد.



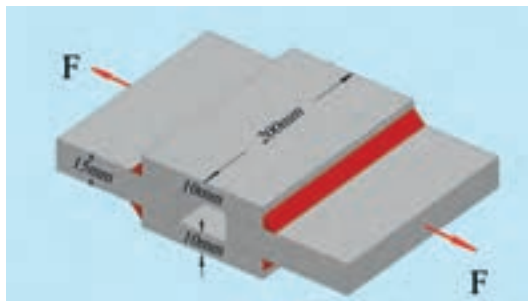
### تمرین ۳-۷

ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید (ورق‌ها از جنس St۴۴ می‌باشد و الکتروده E۶۰۱۳ است)



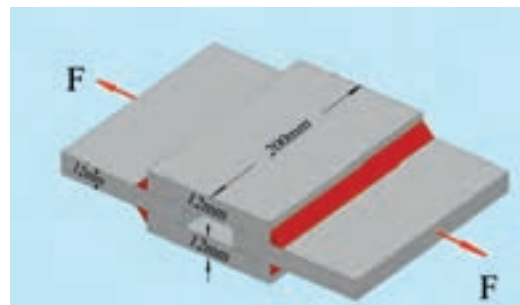
### تمرین ۳-۹

حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید (ورق‌ها St۳۷ و الکترودها E۷۰۱۸ می‌باشد).



### مثال ۳-۱۲

اندازه ساق جوشه‌ها را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید. (ورق‌ها St۳۷ و الکترودها E۷۰۱۸ می‌باشد)



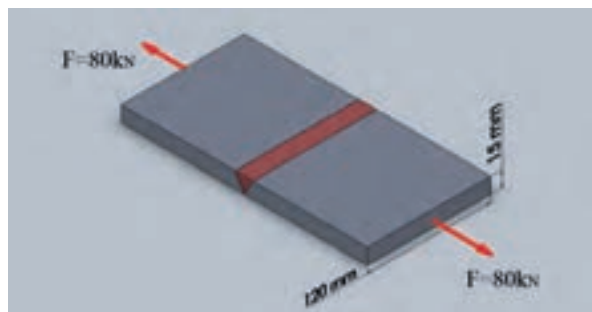
$$F_p = \sigma_p \cdot A_p = 140 \times 200 \times 12 = 336000 \text{ N}$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} \Rightarrow w = \frac{336000}{110 \times 2 \times 200 \times 0.707} = 10 / \text{mm} \approx 11 \text{ mm}$$

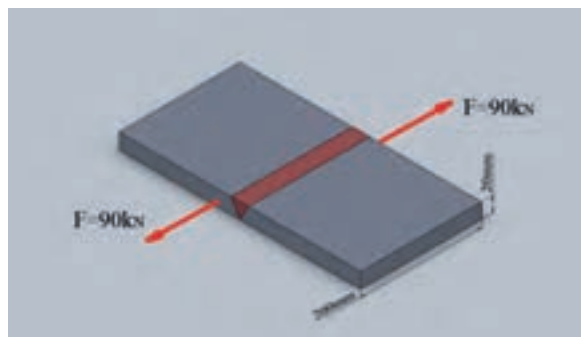


## تمرین های دوره ای فصل سوم

۱ - نوع و مقدار تنش در خط جوش اتصال زیر را بیان کنید.

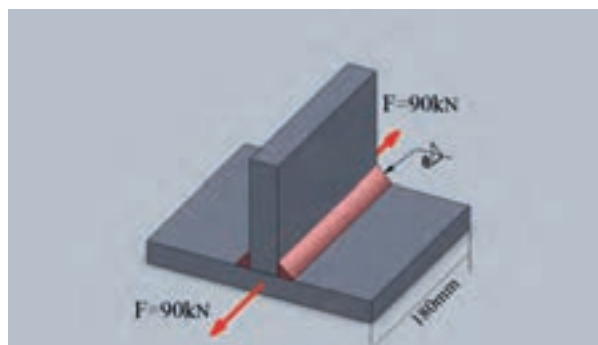


۲ - نوع و مقدار تنش در خط جوش اتصال زیر را بیان کنید.

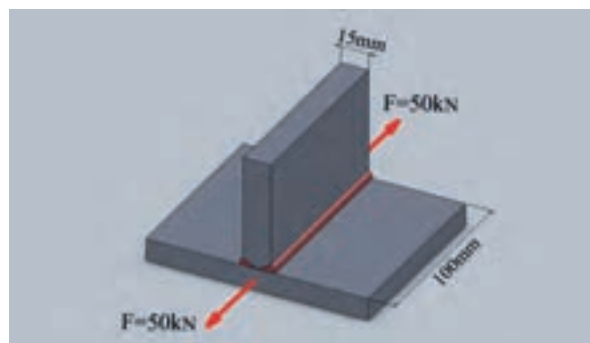




۳ - مقدار تنش برشی در اتصال زیر را محاسبه کنید



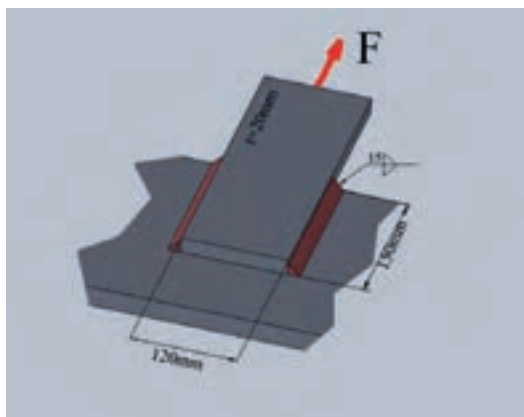
۴ - مقدار تنش برشی در اتصال زیر را محاسبه کنید



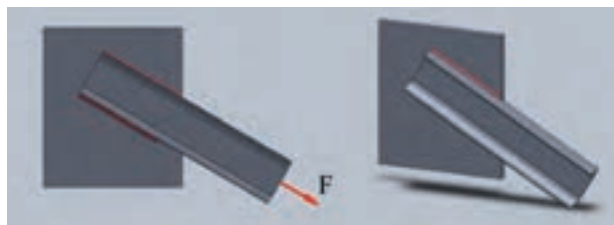


## تمرین های دوره ای فصل سوم

۵- اگر برای ساخت اتصال زیر از ورق  $St44$  و الکتروود  $E7018$  استفاده شده باشد حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید.

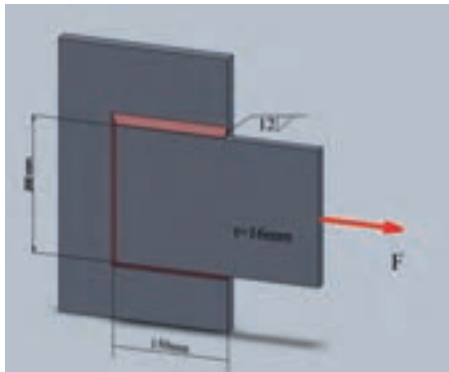


۶- در اتصال بادبند زیر از ناودانی  $UNP120$  استفاده شده است که با الکتروود  $E6023$  جوشکاری شده است اگر ساق جوش ها  $8_{mm}$  باشد طول جوش مناسب را بر مبنای ظرفیت اتصال محاسبه کنید. (برای مساحت مقطع ناودانی از پیوست کتاب استفاده کنید. جنس ناودانی  $St37$  می باشد)

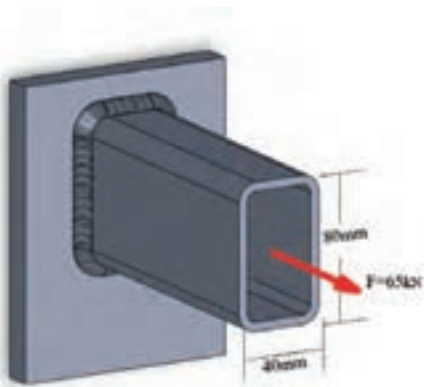




۷ - ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید ( جنس ورق ها St44 می باشد و از الکتروود E۷۰۱۸ برای جوشکاری استفاده شده است )



۸ - ساق جوش مناسب را برای اتصال زیر محاسبه کنید ( الکتروود مصرفی E۶۰۱۳ می باشد )

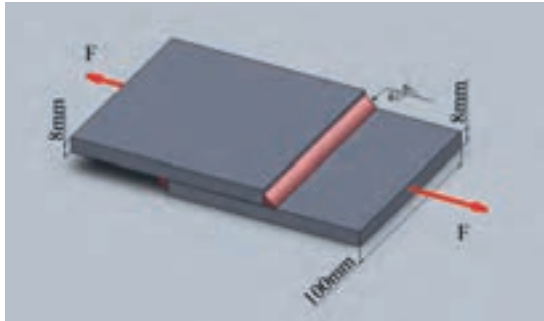




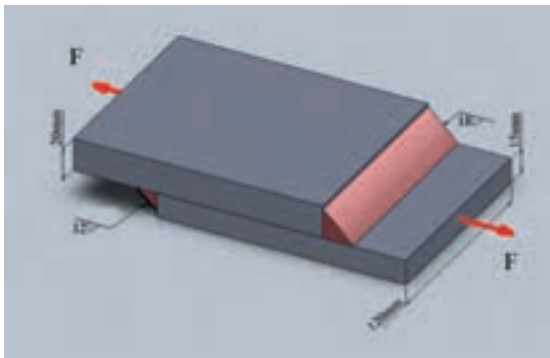


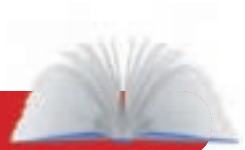
## تمرین های دوره ای فصل سوم

۹ - در ساخت اتصال زیر از ورق St۴۴ و الکتروود E۷۰۱۸ استفاده شده است حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید .



۱۰ - در ساخت اتصال زیر از ورق St۳۷ و الکتروود E۷۰۱۸ استفاده شده است حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید .





۱۱ - در سوال ۱۰ ساق جوش  $18_{mm}$  را با توجه به ظرفیت اتصال بهینه کنید . ( ساق جوش می تواند کمتر در نظر گرفته شود . )



# اتصال در سازه‌های فلزی

## (اتصال پیچی و اتصال پرچی)

انواع اتصالات پیچی



– اتصال اصطکاکی



– اتصال اتکایی



– درجه استحکام پیچ‌ها



– تنش در اتصال پیچی و برشی



– تنش برشی در ساق پیچ



– تنش کششی در ورق اتصال



– تنش لهیدگی در ورق اتصال



## انواع اتصالات پیچی



اتصالات پیچی از نقطه نظر طراحی و بارگذاری به دو گروه اتصالات اتکایی و اصطکاکی تقسیم می‌شوند.

## اتصالات اصطکاکی



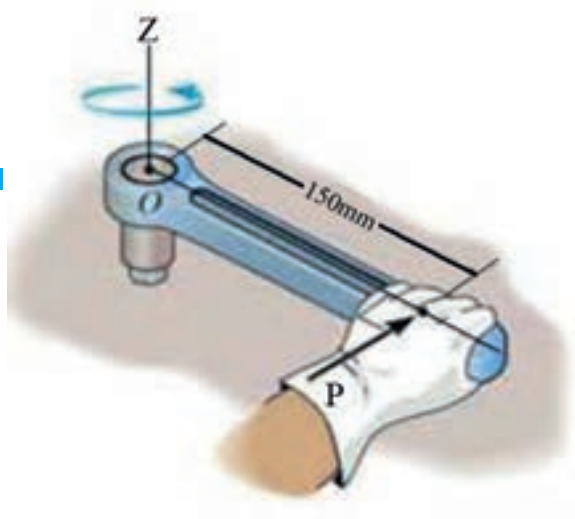
در این نوع اتصالات گشتاوری متناسب با پیچ و اصطکاک بین قطعات برای سفت کردن اتصال اعمال می‌گردد که طی آن پیچ تحت شرایط کشش قرار گرفته و همانند یک فنر عمل می‌کند برای محاسبه مقادیر فنی در این اتصالات از جدول (۴-۱) کتاب استفاده خواهیم کرد.

مشخصه رزوه	سطح مقطع تنش $A_s$ mm <sup>2</sup>	حداکثر گشتاور بستن پیچ با یکای N.m								
		درجه استحکام								
		8.8			10.9			12.9		
		ضریب اصطکاک $\mu$								
		۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۰	۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۰	۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۰
M8	۳۶,۶	۲۰	۲۵	۳۰	۳۰	۳۷	۴۴	۳۵	۴۳	۵۲
M10	۵۸,۰	۴۰	۵۰	۶۰	۵۹	۷۳	۸۷	۶۹	۸۴	۱۰۰
M12	۸۴,۳	۶۹	۸۷	۱۰۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۱	۱۲۰	۱۴۸	۱۷۷
M16	۱۵۷	۱۷۰	۲۲۰	۲۶۰	۲۵۰	۳۱۵	۳۸۰	۲۹۰	۳۷۰	۴۴۵
M20	۲۴۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۲۰	۴۹۰	۶۱۵	۷۴۰	۵۷۰	۷۰۰	۸۴۰
M24	۳۵۳	۵۹۰	۷۴۰	۸۹۰	۸۴۰	۱۰۵۰	۱۲۵۰	۹۸۰	۱۲۵۰	۱۵۰۰
M8×1	۳۹,۲	۲۲	۲۸	۳۳	۳۲	۴۰	۴۸	۳۷	۴۶	۵۶
M10×1.25	۶۱,۲	۴۲	۵۳	۶۴	۶۲	۷۷	۹۳	۷۲	۹۰	۱۱۰
M12×1.5	۸۸,۱	۷۲	۹۲	۱۱۰	۱۰۵	۱۳۲	۱۶۰	۱۲۵	۱۵۵	۱۸۵
M16×1.5	۱۶۷	۱۸۰	۲۳۰	۲۸۰	۲۶۵	۳۴۰	۴۱۰	۳۱۰	۳۹۰	۴۸۰
M20×1.5	۲۷۲	۳۷۵	۴۸۰	۵۹۰	۵۳۰	۶۸۰	۸۴۰	۶۲۰	۸۰۰	۹۸۰
M24×2	۳۸۴	۶۳۰	۸۱۰	۹۹۰	۹۰۰	۱۱۵۰	۱۴۰۰	۱۰۵۰	۱۳۵۰	۱۶۵۰

جدول ۴-۱: جدول اتصالات پیچی - اصطکاکی



در این نوع اتصالات پیچ‌ها نقش انتقال نیرو را ایفا می‌کنند در اتصالات اتکایی محاسبات تنش بر روی برش پیچ متمرکز می‌گردد.



## مثال ۱-۴

در یک اتصال اصطکاکی با ضریب اصطکاک  $0.2$  از یک پیچ  $M24$  با درجه استحکام ۸-۸ استفاده شده است. الف) حداکثر گشتاور قابل اعمال را بررسی کنید. ب) نیروی  $P$  لازم برای بستن پیچ را محاسبه کنید.

حداکثر گشتاور بستن پیچ  $890 \text{ MPa}$

$$890 = 150 \times P \Rightarrow P = \frac{890}{150} = 5.9 \text{ N} \quad (\text{ب})$$

الف) با استفاده از جدول (۴-۱) داریم:



## تمرین ۱-۴

در یک اتصال اصطکاکی با ضریب اصطکاک  $0.15$  از پیچ  $M20$  استفاده شده است. در صورتی که درجه استحکام پیچ ۹-۱۲ باشد، گشتاور لازم جهت بستن پیچ را معین کنید.

## درجه استحکام پیچ‌ها



روش‌ها و استانداردهای مختلفی برای تعیین استحکام پیچ‌ها وجود دارد. در یکی از این روش‌ها دو عدد بر روی سر پیچ حک شده است که با استفاده از آن می‌توان مقاومت نهایی و مقاومت تسلیم پیچ را محاسبه کرد. در این روش صد برابر عدد اول را به عنوان تنش نهایی پیچ معرفی می‌کنند و ده برابر حاصل ضرب دو عدد را تنش تسلیم پیچ می‌دانند.

رقم اول  $\sigma_u = 100 \times$  تنش نهایی

رقم دوم  $\times$  رقم اول  $\sigma_y = 10 \times$  تنش تسلیم



### مثال ۲-۴

استحکام نهایی و استحکام نقطه تسلیم پیچ ۸-۸ را محاسبه کنید.

$$\sigma_u = 100 \times 8 \times 1 = 800 \text{ MPa} \quad \text{استحکام نهایی}$$

$$\sigma_y = 8 \times 8 \times 10 = 640 \text{ MPa} \quad \text{استحکام نقطه تسلیم}$$



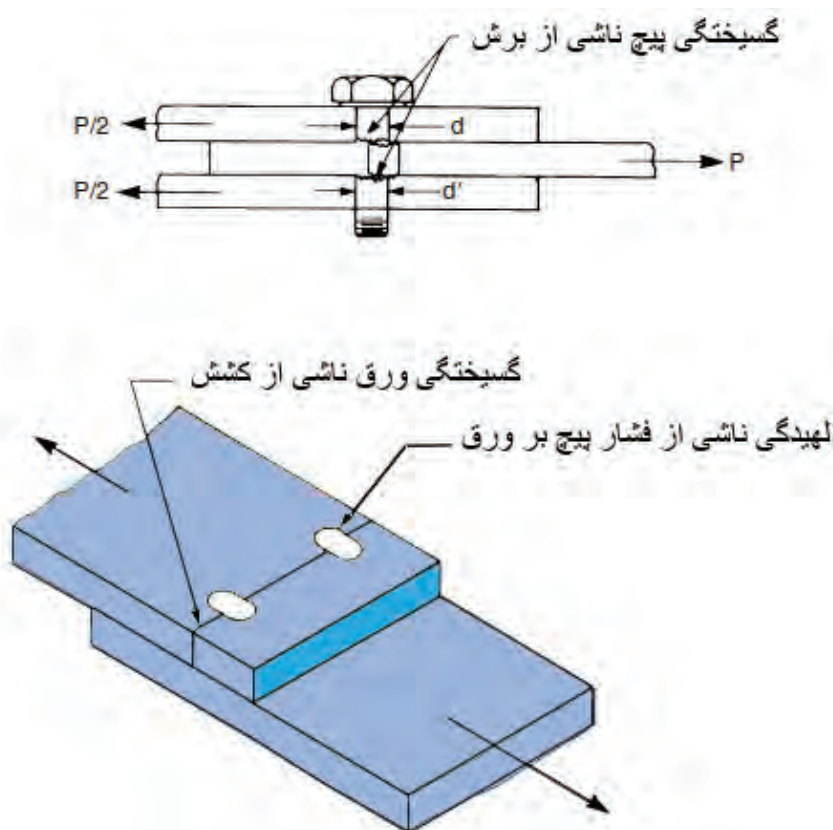
### تمرین ۲-۴

استحکام نهایی و استحکام نقطه تسلیم پیچ ۵-۶ را محاسبه کنید.

## تنش در اتصالات پیچی و پرچی



برای بررسی یک اتصال پیچی و تعیین ظرفیت اتصال باید تمام حالت‌های گسیختگی در اتصال را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. شکل (۴-۱) انواع گسیختگی در یک اتصال را نشان می‌دهد.

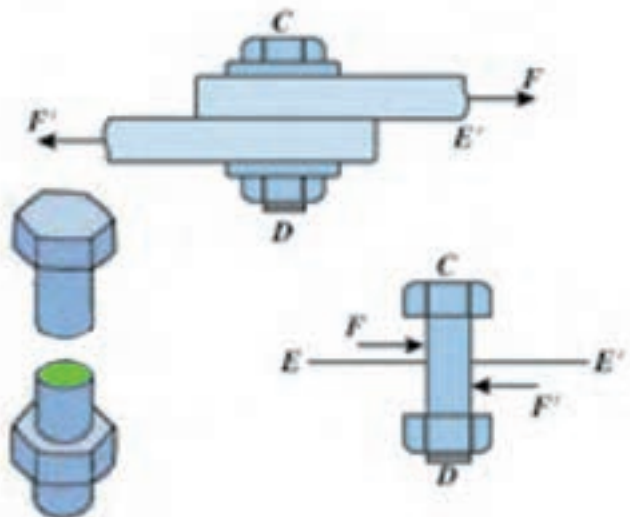


شکل ۴-۱

## تنش برشی در ساق پیچ



در یک اتصال پیچی و یا پرچی یکی از موارد گسیختگی برش در مقطع پیچ و یا پرچ می‌باشد که برای محاسبه تنش برشی در ساق پیچ از رابطه  $\tau = \frac{F}{n \cdot A_s}$  استفاده می‌گردد.  $n$  تعداد سطوحی است که در برابر برش مقاومت می‌کند. شکل (۲-۴) یک اتصال و مقطع برش پیچ را نشان می‌دهد.



محدوده سبز رنگ سطح مقاوم در برابر برش پیچ



### مثال ۳-۴

مساحت موثر پیچ M۲۰ را در دو حالت اتصال اصطکاکی و اتصال اتکایی محاسبه کنید.

مساحت موثر پیچ اصطکاکی را از جدول (۴-۱) استخراج می‌کنند.

$$A = 240 \text{ mm}^2$$

پیچ اصطکاکی

$$A_s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

پیچ اتکایی





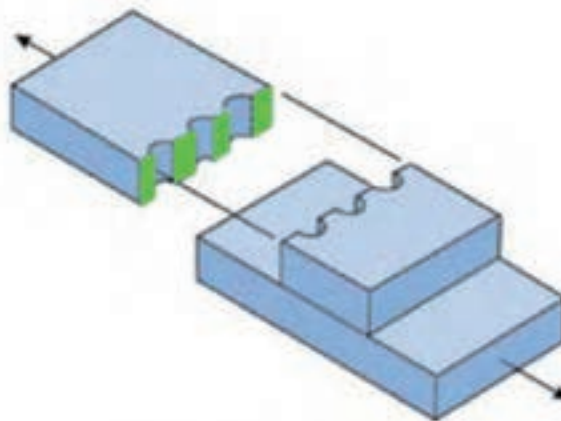
### تمرین ۳-۴

مساحت موثر پیچ اصطکاکی  $M_{16}$  و پیچ اتکایی  $M_{16}$  را محاسبه کنید.



### تنش کشش در ورق اتصال

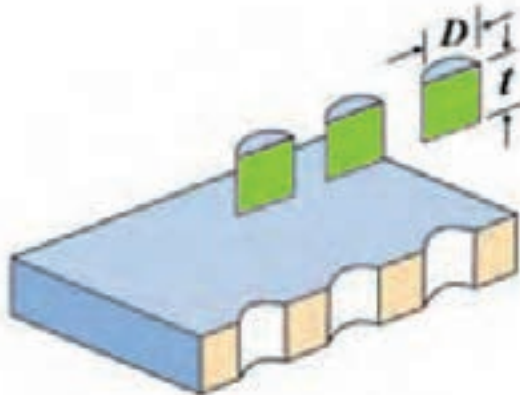
یکی دیگر از حالت‌های گسیختگی در طرح اتصال پیچی و یا پرچی پاره‌شدن ورق اتصال است. برای محاسبه تنش کششی در ورق اتصال براساس ضعیف‌ترین قسمت ورق (ردیفی از پیچ‌ها و یا پرچ‌ها که تعداد پیچ و یا پرچ بیشتری داشته باشد) و نیروی وارد بر آن عمل می‌کنند. شکل (۳-۴) ضعیف‌ترین مقطع را در ورق اتصال نشان می‌دهد.



محدوده سبز رنگ ضعیف‌ترین مقطع ورق می‌باشد

شکل ۳-۴

## تنش لهیدگی در ورق اتصال



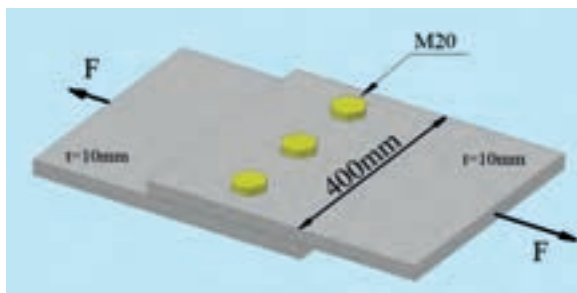
محدوده سبز رنگ سطح موثر در لهیدگی می باشد

شکل ۴-۴

بر اثر فشار پیچ به ورق اتصال تنش فشاری در سطح مشترک پیچ و ورق ایجاد می گردد که بر اثر آن ورق له می گردد و این تنش را با عنوان تنش لهیدگی می شناسند. حدود مجاز برای تنش لهیدگی از رابطه  $\sigma_c = 1/23 \sigma_y$  محاسبه می گردد. برای محاسبه میزان تنش لهیدگی از رابطه  $\sigma_c = \frac{F}{ntd}$  استفاده می شود.



### مثال ۴-۴



در اتصال دو ورق St37 به ابعاد  $400 \times 10$  از سه عدد پیچ  $M20$  بدرجه استحکام ۸-۸ استفاده شده است. حداکثر نیروی  $P$  را محاسبه کنید.

(الف) بررسی مقاومت برشی در ساق پیچها

$$\tau = 0 / 4 \times 8 \times 8 \times 10 = 259$$

$$A = \frac{3\pi d^2}{4} = \frac{3 \times \pi \times 20^2}{4} = 942 \text{ mm}^2$$

$$P = \tau \cdot A \Rightarrow P = 259 \times 942 = 244158 \text{ N} = 241 / 1 \text{ KN}$$

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 141 \text{ Mpa}$$

$$D = 1/1 d = 1/1 \times 20 = 22 \text{ mm}$$

$$A = (400 - 3 \times 22) \times 10 = 3340$$

$$P = \sigma \cdot A = 3340 \times 141 = 470940 \text{ N} = 470 \text{ KN}$$

$$\sigma_c = 1/23 \sigma_y = 235 \times 1/23 = 10.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{ntd} \Rightarrow P = (10.2) \times (3) \times 10 \times 20 =$$

$$P = 187 / 200 \text{ N} = 187 \text{ KN}$$

(ب) بررسی تنش کششی در ورق

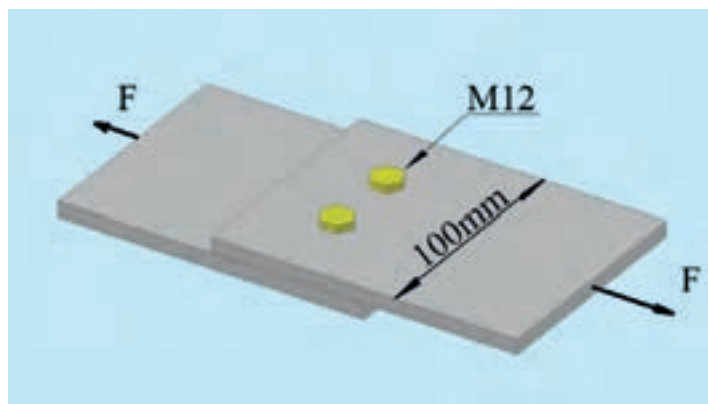
قطر سوراخ

(ج) تنش لهیدگی در ورق



## تمرین ۴-۴

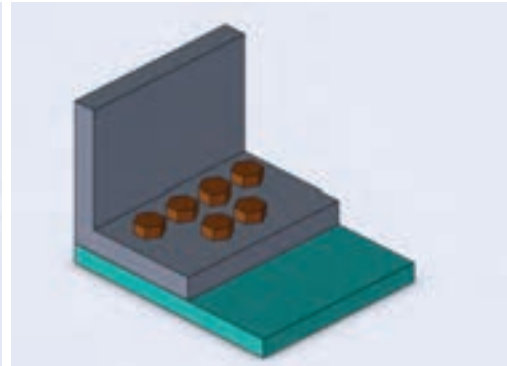
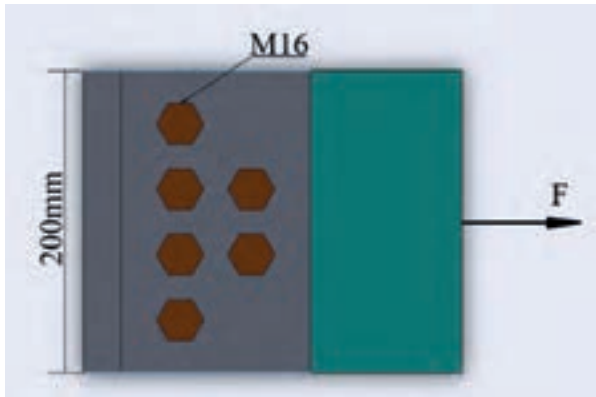
حداکثر نیروی  $F$  را برای اتصال دو ورق فولادی  $St44$  به ضخامت  $12\text{ mm}$  و پهنای  $100\text{ mm}$  که به وسیله ۲ عدد پیچ  $M12$  و با درجه استحکام ۸-۸ متصل شده‌اند، را محاسبه کنید.





## مثال ۵-۴

حداکثر نیروی  $F$  را در اتصال شکل زیر با ورق  $St37$  به ضخامت  $20$  میلی‌متر که توسط  $6$  عدد پیچ  $M16$  با درجه استحکام  $8-8$  ایجاد شده است محاسبه کنید.



الف) بررسی مقاومت برشی در ساق پیچ‌ها

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

$$\tau = 0 / 4 \times 8 \times 8 \times 10 = 259 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{6\pi d^2}{4} = \frac{6 \times \pi \times 16^2}{4} = 1205 / 76 \text{ mm}^2$$

$$P = \tau \cdot A \Rightarrow P = 259 \times 1205 / 76 = 308764 / 5 \text{ N} = 308 \text{ KN}$$

ب) بررسی تنش کششی در ورق

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 140 \text{ MPa}$$

$$D = 1/d = 1/1 \times 16 = 17/6 \text{ mm} \quad \text{قطر سوراخ}$$

$$A = (200 - 4 \times 17/6) 20 = 2592 \text{ mm}^2 \quad \text{ورق}$$

$$P = \sigma \cdot A = 140 \times 2592 = 362880 \text{ N} = 362 \text{ KN}$$

ج) تنش لهیدگی در ورق

$$\sigma_c = 1/33 \sigma_y = 1/33 \times 235 = 312 / 5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{ntd} \Rightarrow P = 312 / 5 \times 6 \times 20 \times 16 = 600000$$

$$P = 600000 \text{ N} = 600 \text{ KN}$$

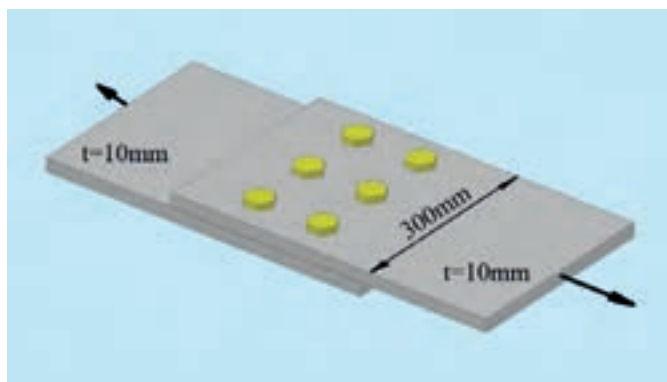
حداکثر نیروی  $F$  مقدار  $308 \text{ KN}$  می‌باشد.





## تمرین ۵-۴

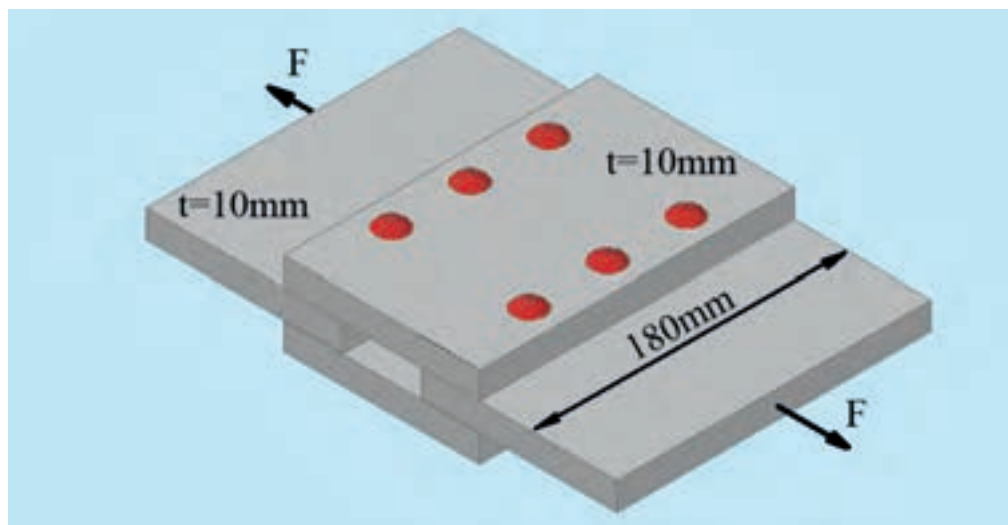
حداکثر نیروی  $F$  را در اتصال شکل زیر با ورق  $St44$  که توسط ۶ عدد پیچ  $M24$  با درجه استحکام ۹-۱۲ ایجاد شده است محاسبه کنید.





## مثال ۶-۴

در اتصال پرچی نشان داده شده از ۶ پرچ با قطر ۲۰ mm استفاده شده است. جنس پرچها و صفحات از فولاد St۳۷ با ضخامت ۱۵ mm می باشد. حداکثر نیروی قابل اعمال بر اتصال را محاسبه کنید.



الف) برش در پرچها (اتصال دوبل)

$$A = \frac{n\pi d^2}{4} = \frac{3 \times \pi \times 20^2}{4} = 942 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{2A} \Rightarrow F = 2A\tau = 2 \times 942 \times 95 = 178980 \text{ N} = 178.9 \text{ kN}$$

ب) گسیختگی در ورق ضعیف اتصال

$$D = 1/1 \times 20 = 22 \text{ mm}$$

$$A = (180 - 3 \times 22) \times 10 = 1140 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \sigma \cdot A = 140 \times 1140 = 159600 \text{ N} = 159 \text{ kN}$$

ج) لهیدگی ورق

$$\sigma_c = 1/33 \sigma_y = 1/33 \times 235 = 312/5 \text{ MPa}$$

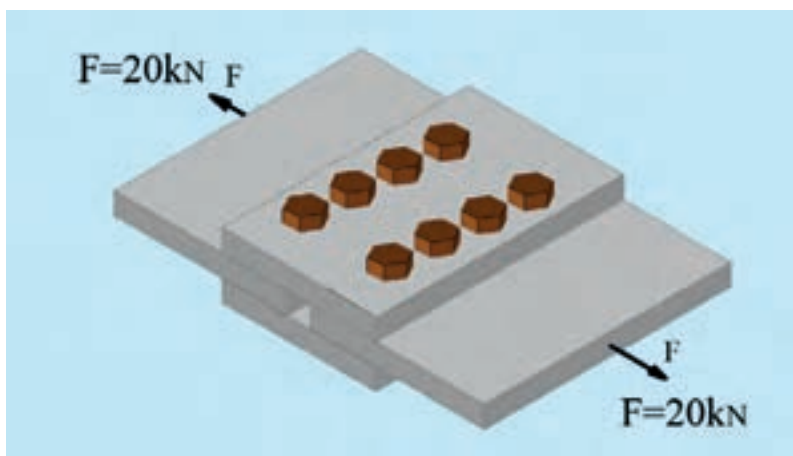
$$\sigma_c = \frac{F}{nA} \Rightarrow F = nA\sigma_c = 3 \times 10 \times 20 \times 312/5 = 187500 \text{ N} = 187.5 \text{ kN}$$

حداکثر نیروی قابل اعمال مقدار ۱۵۹ kN می باشد.



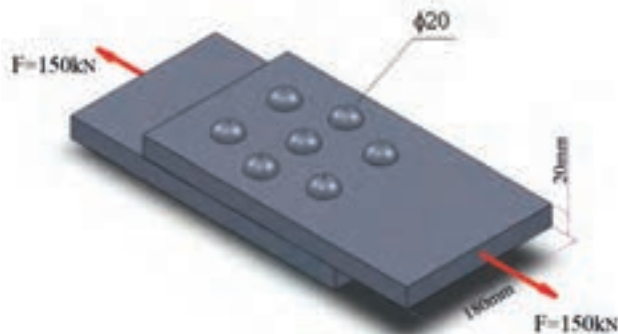
## تمرین‌های دوره‌ای فصل چهارم

۱ - تنش برشی در پیچهای  $M20$  شکل زیر را محاسبه کنید.

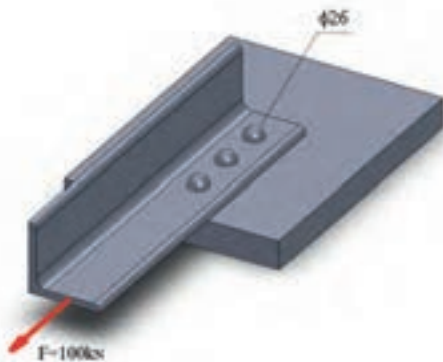




۲ - میزان تنش لهیدگی در اتصال زیر را محاسبه کنید.



۳ - اگر قطر پرچها  $26\text{ mm}$  باشد مقدار تنش برشی وارد بر هر پرچ را در اتصال بابتند زیر را محاسبه کنید.

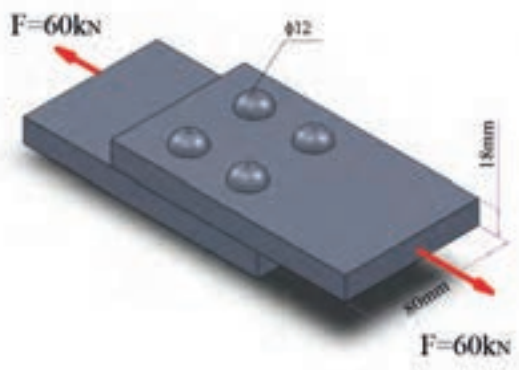




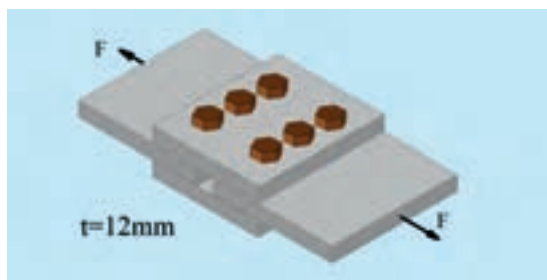


## تمرین‌های دوره‌ای فصل چهارم

- ۴ - میزان تنش برشی در پرچ‌ها، تنش کششی در ورق و تنش لهیدگی را در اتصال زیر محاسبه کنید.

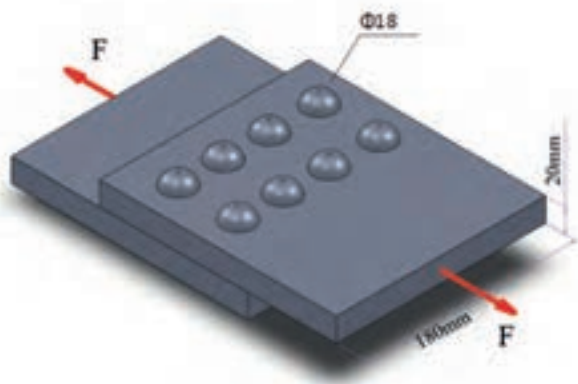


- ۵ - حداکثر ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید. (پیچ‌ها  $M18$  با تنش برشی مجاز  $120 \text{ Mpa}$  و جنس ورق‌ها  $St37$  می‌باشد)

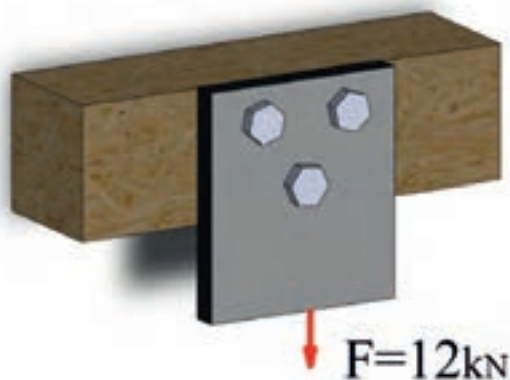


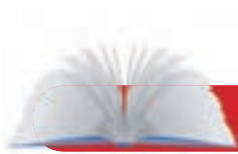


۶ - اگر تنش برشی مجاز پرچها  $130 \text{ Mpa}$  باشد و ورق ها از جنس  $\text{St}37$  باشد حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید.



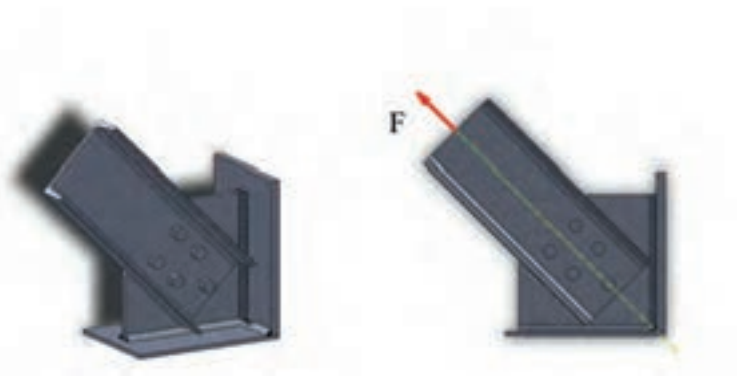
۷ - تنش برشی در پیچ  $M16$  اتصال زیر را محاسبه کنید.





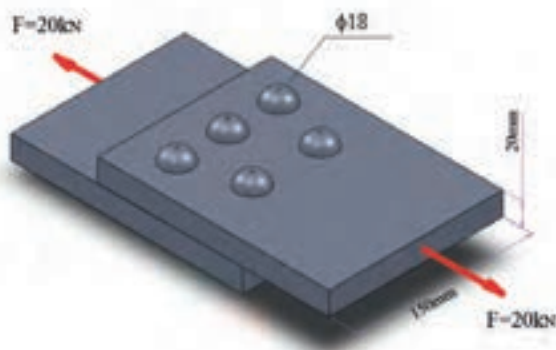
## تمرین های دوره ای فصل چهارم

- ۸ - اگر حداکثر تنش برشی پیچ ها  $M20$  در اتصال زیر  $340 \text{ Mpa}$  باشد با ضریب اطمینان ۳ حداکثر نیروی  $F$  را محاسبه کنید. ( نیرو از مرکز سطح پیچ ها می گذرد )





۹ - بیشترین تنش کشش در ورق اتصال زیر را محاسبه کنید.





# برش کاری

مساحت برش



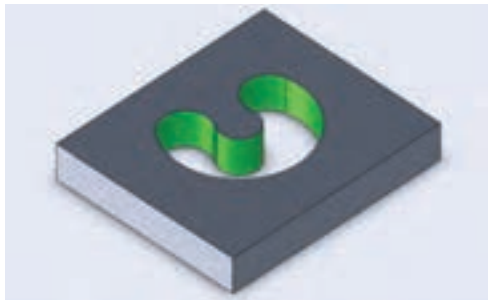
برش کاری با لبه‌های برش تخت



برش کاری به وسیله لبه برش شیب‌دار



## مساحت برش



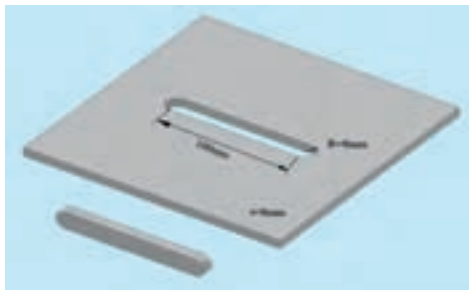
شکل ۵-۱

در یک فرآیند برش کاری سطحی از جسم که تحت برش قرار بگیرد را مساحت برش می‌نامند. شکل (۵-۱) سطح برش قطعه برشکاری شده را با رنگ سبز نشان می‌دهد.



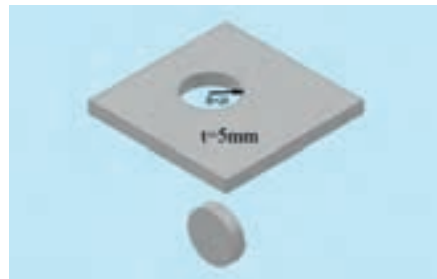
### مثال ۵-۱

مساحت برش در شکل‌های زیر را محاسبه کنید.



ب

$$\begin{aligned} \text{ب) } A &= (\pi D + 2L)t = (\pi \times 16 + 2 \times 100) \times 8 \\ A &= 20016 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



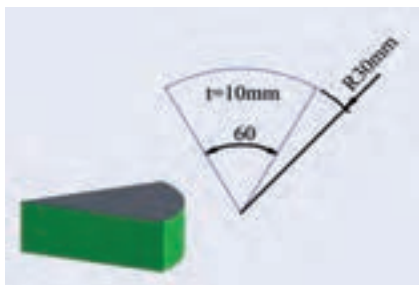
الف

$$\begin{aligned} \text{الف) } A &= \pi D t \\ A &= 40 \times 5 \times \pi = 628 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

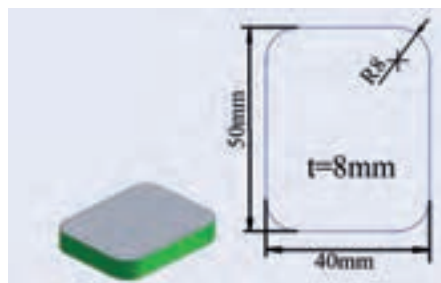


### تمرین ۵-۱

مساحت برش در شکل‌های زیر را محاسبه کنید.



ب



الف

## برشکاری با لبه‌های برش تخت



یکی از روش‌های برشکاری استفاده از لبه‌های برش تخت می‌باشد (پرسها، پانچ‌ها). در حل مسائل برش تخت تعیین تنش برشی نهایی و سطح مقطع برش بسیار حائز اهمیت است که از روابط زیر محاسبه می‌شود.

ضخامت قطعه  $\times$  محیط برش  $= A =$  سطح مقطع برش

$$\tau = (0.7 \sim 0.8) \sigma_{\text{نهایی}}$$

$$F = \tau \times A \quad \text{نیروی برش}$$

برای محاسبه تناژ و ظرفیت یک پرس نیروی لازم برای برشکاری را به میزان ۳۰٪ افزایش می‌دهند. رابطه  $F_p = 1/3 F$  میزان ظرفیت یک پرس را معین می‌کند.



### مثال ۵-۲

تنش برشی نهایی فولادی را که تنش کششی نهایی آن  $370 \text{ MPa}$  است محاسبه کنید.

$$\tau \cong (0.7 \sim 0.8) \times \sigma_{\text{نهایی}}$$

$$\tau = 0.7 \times 370 = 259 \text{ MPa} \quad \text{نهایی}$$



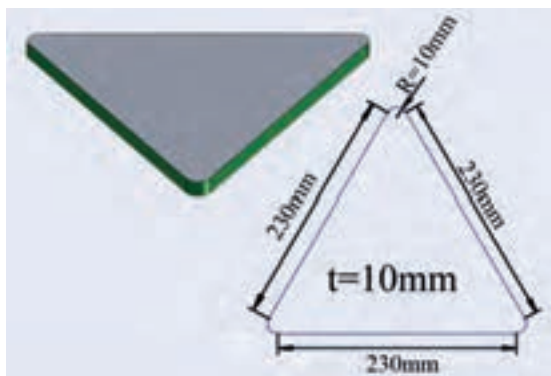
### تمرین ۵-۲

تنش برشی نهایی فولادی که تنش کششی نهایی آن  $490 \text{ MPa}$  است را محاسبه کنید.

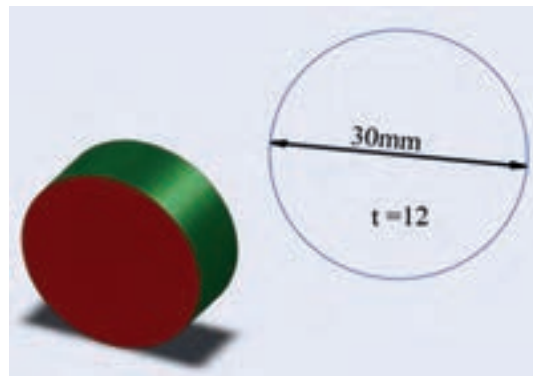


### مثال ۵-۳

نیروی برش برای سطوح زیر را که از فولاد با تنش برشی نهایی  $210 \text{ MPa}$  ساخته شده‌اند را محاسبه کنید.



ب



الف

(ب)

(الف)

$$A = \left( 3L + \frac{3}{4}\pi D \right) t$$

$$A = \left( 3 \times 230 + \frac{3}{4}\pi \times 20 \right) \times 10 = 7371 \text{ mm}^2$$

$$F = \tau \cdot A = 210 \times 7371 = 1547910 \text{ N}$$

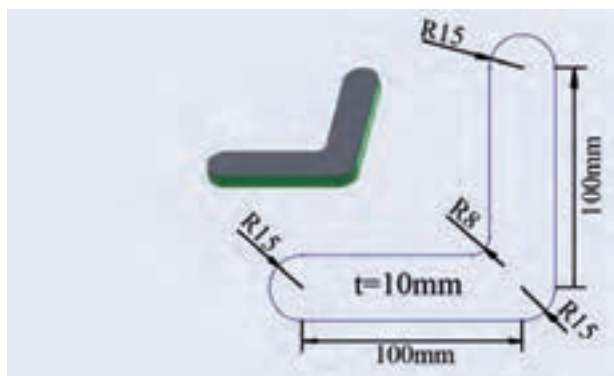
$$A = \pi D t = 30 \times 12 \times \pi = 1130.4 \text{ mm}^2$$

$$F = \tau \cdot A = 210 \times 1130.4 = 237384 \text{ N}$$



### تمرین ۵-۳

نیروی برش برای شکل زیر را که از فولاد با تنش برشی نهایی  $250 \text{ MPa}$  ساخته شده است را محاسبه کنید.







## مثال ۴-۵

ظرفیت دستگاه پرس برای سوراخ کاری به قطر  $20\text{ mm}$  در ورق فولادی با تنش برشی نهایی  $250\text{ Mpa}$  و ضخامت  $10\text{ mm}$  را تعیین کنید.

$$A = D \pi t = 20 \times \pi \times 10 = 628\text{ mm}^2$$

$$F = \tau \times A = 250 \times 628 = 157000\text{ N}$$

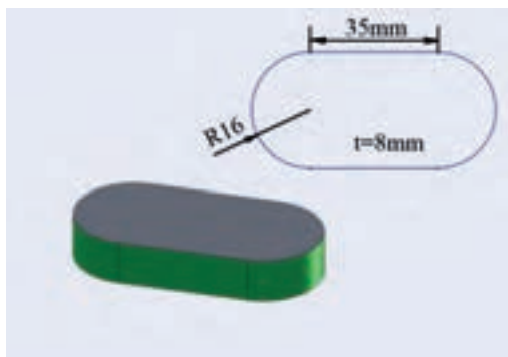
$$F_P = 1/3 F = 157000 \times 1/3 = 52333\text{ N}$$

$$F_P = 52333\text{ N} = 5233\text{ Kg} \cdot \text{f} = 50/4\text{ Ton}$$



## تمرین ۴-۵

ظرفیت دستگاه پرس برای قطعه به ضخامت  $8\text{ mm}$  از ورق فولادی با تنش برشی نهایی  $350\text{ Mpa}$  و مطابق شکل زیر را محاسبه کنید.



## برشکاری به وسیله لبه برش شیب دار



در برش ورقها به شکل طولی از قیچیها و گیوتینها استفاده می گردد. در این دستگاهها برای کنترل و کاهش نیروی لازم برای برش، تیغه برش به شکل زاویه دار فرود می آید و فرآیند برشکاری از یک سمت ورق آغاز شده و به سمت دیگر جریان پیدا می کند و در هر لحظه به نسبت سطح کل قطعه قسمت بسیار کمی تحت برش قرار می گیرد. برای محاسبه نیروی لازم جهت برشکاری از رابطه تقریبی زیر استفاده می شود:

$$F = 0.8 \times k \times \tau \times \frac{t^2}{\tan \phi}$$



## مثال ۵-۵

نیروی برشی لازم برای ورق فولادی کربنی ساختمانی به ضخامت ۱۵<sub>mm</sub> با تنش برشی نهایی ۳۰۰<sub>Mpa</sub> را به وسیله تیغه برشی با شیب ۱۳° تعیین کنید.

$$F = \frac{\sigma}{\lambda} \times k \times \tau \times \frac{t^2}{\tan \varphi}$$

$$F = \frac{300 \times 10^6 / 4 \times 10^3 \times 15^2}{\tan 13} = \frac{216000}{\tan 13} = 93913_N$$



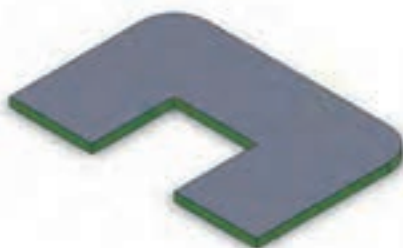
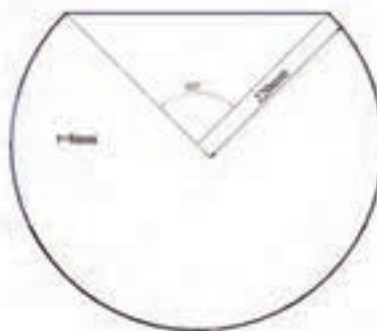
## تمرین ۵-۵

نیروی برشی لازم برای برشکاری ورق فولادی با ضخامت ۸<sub>mm</sub> و تنش برشی نهایی ۲۶۰<sub>Mpa</sub> به وسیله تیغه برشی با شیب ۱۰ درجه را تعیین کنید.



## تمرین های دوره ای فصل پنجم

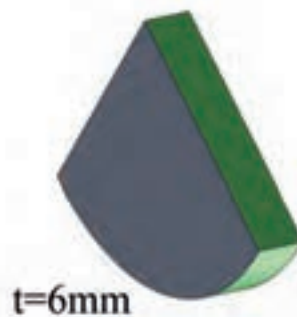
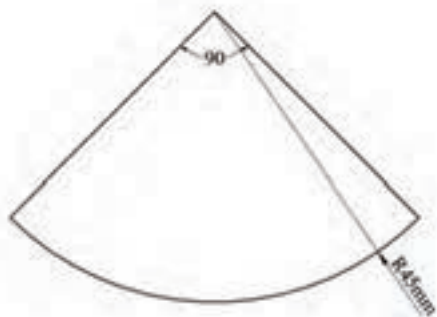
۱ - مساحت برش در شکل های زیر را محاسبه کنید





۲ - تنش برشی نهایی فولادی با تنش کششی نهایی  $450 \text{ Mpa}$  را محاسبه کنید.

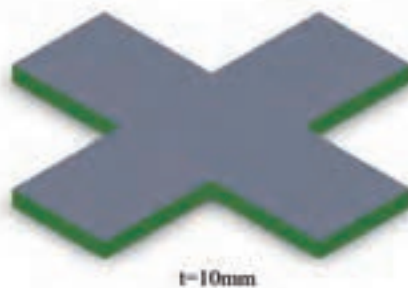
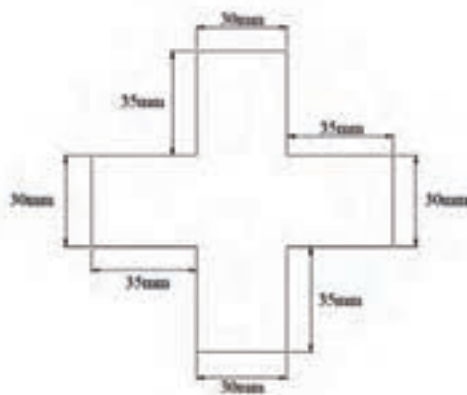
۳ - نیروی برش برای ساخت قطعه فولادی زیر را بدست آورید تنش کششی نهایی ورق  $520 \text{ Mpa}$  می باشد





## تمرین های دوره ای فصل پنجم

۴ - آلیاژ آلومینیوم با تنش برشی نهایی  $185 \text{ Mpa}$  برای ساخت قطعه زیر انتخاب شده است. اگر در هر ضربه پرس چهار عدد از این قطعه تولید گردد نیروی ظرفیت پرس را محاسبه کنید.

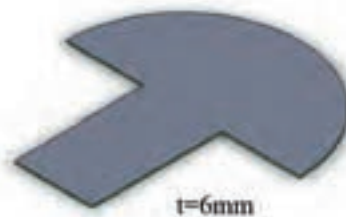
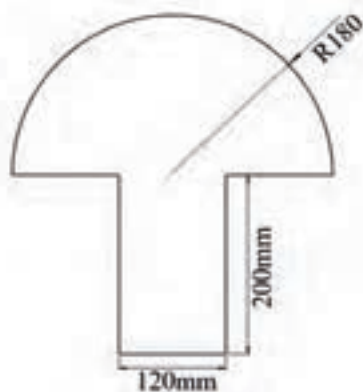


۵ - نیروی برش لازم، برای برش کاری ورق آلومینیوم با ضخامت ۸ میلی متر و تنش برش نهایی  $330 \text{ Mpa}$  به وسیله تیغه برشی با شیب  $14^\circ$  درجه را محاسبه کنید.



## تمرین های دوره ای فصل چهارم

- ۶ - ظرفیت پرس را برای ساخت قطعه زیر که از ورق فولادی با تنش کششی نهایی  $600 \text{ Mpa}$  ساخته شده است محاسبه کنید.





# مخزن‌های جدار نازک

مخزن جدار نازک



تنش در مخازن کروی



تنش در مخازن استوانه ای



– محاسبه به کمک نمودار



## مخزن جدار نازک



مخازن برای ذخیره و انتقال سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به وزن سیال و یا فشار درون مخزن بر دیواره‌های مخزن تنش ایجاد می‌گردد. برای ایمنی و اطمینان از عملکرد صحیح مخازن لازم است میزان تنش بر روی پوسته مخزن محاسبه گردد و در این خصوص مخازن به دو گروه مخازن جدار نازک و مخازن جدار ضخیم تقسیم شده‌اند. اگر نسبت قطر به ضخامت در مخزنی از عدد بیست بزرگتر شود می‌توان با دقت مناسبی از روابط مخازن جدار نازک برای محاسبه تنش در آن مخزن استفاده کرد.



### مثال ۶-۶

کدام یک از مقاطع زیر را به عنوان مخزن جدار نازک می‌توان بررسی کرد.



۱)  $K = \frac{104}{4} = 26$  مخزن جدار نازک

۲)  $K = \frac{30}{5} = 6$  مخزن جدار ضخیم

۳)  $K = \frac{D}{t} = \frac{130}{(65-50)} = \frac{130}{15} = 8.6$  مخزن جدار ضخیم

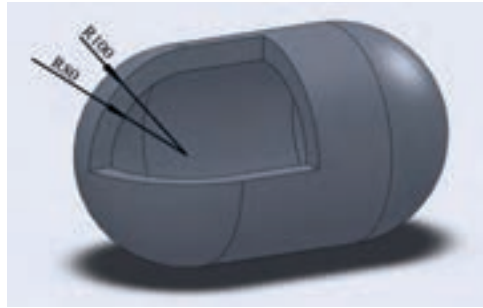
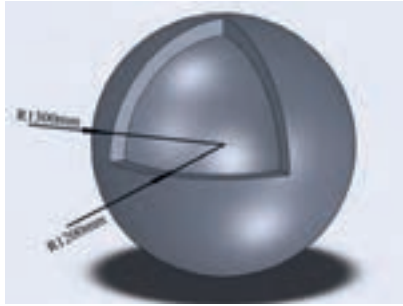
۴)  $K = \frac{D}{t} = \frac{40}{(20-10)} = 4$  مخزن جدار ضخیم





## تمرین ۱-۶

کدام یک از مخازن زیر جدار نازک می باشد؟



## تنش در مخازن کروی



برای محاسبه تنش در یک مخزن کروی از رابطه  $\sigma = \frac{PD}{4t}$  استفاده می گردد.



## مثال ۲-۶

حداکثر فشارمخزن کروی به قطر ۲ متر و ضخامت ۱۵mm که از ورق St۳۷ ساخته شده است را محاسبه کنید.

برای فولاد St۳۷ تنش مجاز کششی ۱۴۰Mpa می باشد.

$$\sigma = \frac{PD}{4t}$$

$$\Rightarrow P = \frac{4\sigma \cdot t}{D} \Rightarrow P = \frac{4 \times 140 \times 15}{2000} = 42 \text{ MPa}$$



### تمرین ۲-۶

حداکثر فشار مخزن کروی به قطر ۱/۲ متر و ضخامت ۱۵<sub>mm</sub> که از ورق St۳۷ ساخته شده است را محاسبه کنید.



### مثال ۳-۶

ضخامت مخزن کروی از جنس ورق St۴۴ به قطر ۰/۵ متر که برای فشار ۱۰<sub>Mpa</sub> ساخته شده است را محاسبه کنید.

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 0.6 \times 275 = 165 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{4t} \Rightarrow t = \frac{PD}{4\sigma} = \frac{10 \times 500}{4 \times 165} = 7.57 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

ورق به ضخامت ۸<sub>mm</sub> را انتخاب می‌کنیم.



### تمرین ۳-۶

ضخامت مخزن کروی از جنس ورق St۵۲ به شعاع ۴۰<sub>cm</sub> متر که برای فشار ۲۰<sub>Mpa</sub> ساخته شده است را محاسبه کنید.





### مثال ۴-۶

در ساخت یک مخزن کروی به قطر ۳ متر از ورق آلیاژی آلومینیوم ۲۰۲۴ استفاده شده است. ضخامت جداره مخزن ۲۲ میلی متر و فشار درون مخزن  $5 \text{ Mpa}$  است. استحکام مخزن را بررسی و ضریب اطمینان را بدست آورید. تنش تسلیم آلومینیوم را از پیوست کتاب بدست آورید.

$$\sigma_y = 325 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{4t} \Rightarrow \sigma = \frac{5 \times 3000}{4 \times 22} = 170/45 \text{ Mpa}$$

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{325}{170/45} = 1/9$$



### تمرین ۴-۶

در ساخت یک مخزن کروی به قطر ۲/۵ متر از ورق آلیاژی آلومینیوم ۲۰۲۴ استفاده شده است. ضخامت ورق ۲۵ میلی متر و ضریب اطمینان در طراحی ۳ بوده است. حداکثر فشار درون مخزن را بررسی کنید.



### مثال ۵-۶

یک مخزن کروی به قطر ۰/۶ متر را به روش جوشکاری دو نیم کره ساخته اند اگر کیفیت جوشها ۰/۸ کیفیت ورق باشد و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۲/۵ و فشار  $12 \text{ Mpa}$  ضخامت ورق را محاسبه کنید (تنش تسلیم ورق  $360 \text{ Mpa}$  فرض شود)

$n$  ضریب اطمینان در صورت معادله و  $K$  ضریب کیفیت که عددی کوچکتر از یک است در مخرج معادله ظاهر می شود.

$$\sigma = \frac{npD}{4Kt}$$

$$t = \frac{nPD}{4K\sigma} = \frac{2 \times 5 \times 12 \times 600}{4 \times 0.8 \times 360} = 15/62 \text{ mm}$$

ورق به ضخامت  $16 \text{ mm}$  انتخاب می گردد.



## تمرین ۵-۶

حداکثر فشار در یک مخزن کرووی جوشی را با توجه به اینکه قطر مخزن ۱ متر و تنش تسلیم ورق  $320 \text{ Mpa}$  می باشد بررسی کنید (ضخامت جدار  $2 \text{ cm}$  و ضریب کیفیت جوش به ورق  $0.7$  و با ضریب اطمینان ۳)

## تنش در مخازن استوانه‌ای



برای محاسبه تنش در مخازن استوانه‌ای و لوله‌های انتقال سیال از رابطه  $\sigma = \frac{PD}{r_t}$  استفاده می‌گردد.



## مثال ۶-۶

حداکثر فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۴۰ سانتیمتر و ضخامت  $10 \text{ mm}$  که از ورق St۴۴ ساخته شده است را محاسبه کنید.

تنش مجاز کششی برای فولاد St۴۴ از رابطه  $\sigma_{allow} \leq 0.6 \sigma_y$  محاسبه می‌گردد و تنش تسلیم را از جداول پیوست کتاب استخراج می‌کنیم.

$$\sigma_{allow} = 0.6 \times 275 = 165 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{r_t} \Rightarrow P = \frac{\sigma \cdot t}{D} \Rightarrow P = \frac{2 \times 165 \times 10}{400} = 8.25 \text{ MPa}$$



## تمرین ۶-۶

حداکثر فشار مخزن استوانه‌ای به قطر  $30\text{ cm}$  و ضخامت  $20\text{ mm}$  که از ورق St52 ساخته شده است را محاسبه کنید.



## مثال ۶-۷

ضخامت مخزن استوانه‌ای را که برای فشار  $6/5\text{ Mpa}$  به قطر  $0/5$  متر از فولاد St52 ساخته شده را با ضریب اطمینان  $2/5$  محاسبه کنید.

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 0/6 \times 355 = 213$$

$$\sigma = \frac{PDn}{2t} \Rightarrow t = \frac{nPD}{2\sigma} = \frac{2/5 \times 6/5 \times 500}{2 \times 213} = 19/07\text{ mm} \approx 20\text{ mm}$$

ورق  $20\text{ mm}$  را جهت ساخت مخزن می‌توان استفاده کرد.



### تمرین ۶-۷

ضخامت مخزن استوانه ای را که برای فشار  $100 \text{ Mpa}$  به قطر  $0/8$  متر از فولاد St52 ساخته شده را با ضریب اطمینان ۳ محاسبه کنید.



### مثال ۶-۸

حداکثر فشار درون لوله‌ی فولادی با تنش کششی مجاز  $240 \text{ Mpa}$  به ضخامت  $8 \text{ mm}$  و قطر  $200 \text{ mm}$  را محاسبه کنید.

$$\sigma = \frac{PD}{rt} \Rightarrow P = \frac{r\sigma t}{D} = \frac{2 \times 240 \times 8}{200} = 19.2 \text{ MPa}$$

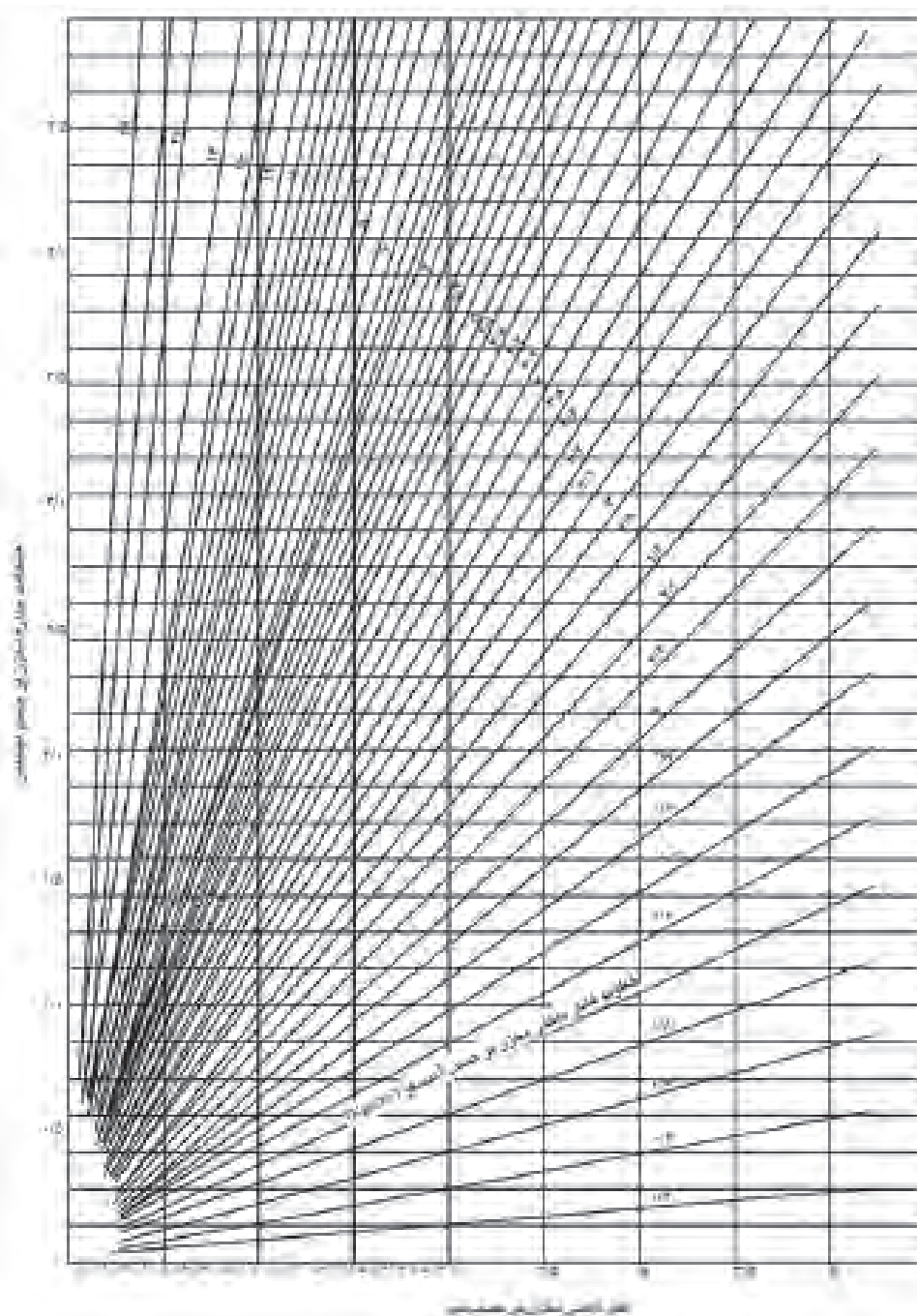


### تمرین ۶-۸

حداکثر فشار درون لوله‌ی فولادی با تنش کششی مجاز  $230 \text{ Mpa}$  به ضخامت  $10 \text{ mm}$  و قطر  $60 \text{ cm}$  را محاسبه کنید.



استفاده از نمودارها و جداول در طراحی بسیار مناسبتر و سریعتر از روابط و معادلات می باشد به همین منظور برای طراحی مخازن نمودارهای تدوین شده است که در کتابهای طراحی مخزن آورده شده است. نمودار (۶-۱) برای طراحی مخزن استوانه‌ای با تنش مجاز  $140 \text{ Mpa}$  می باشد.



نمودار ۶-۱



### مثال ۹-۶

- فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۲/۵ متر را در شرایطی که ضخامت ورق فولادی  $4_{mm}$  است و تنش مجاز کششی ورق معادل  $140_{Mpa}$  می‌باشد محاسبه کنید (با استفاده از نمودار).
- ۱ - بر روی محور قطر مخزن نمودار ۱-۶ از نقطه ۲/۵ خطی به موازات محور ضخامت رسم می‌کنیم.
  - ۲ - بر روی محور ضخامت از نقطه ۴ خطی به موازات محور قطر رسم می‌کنیم
  - ۳ - نقطه محل برخورد دو خط ترسیم شده بین نمودارها  $4/6$  و  $4/8$  اتمسفر واقع شده است.
  - ۴ - فشار مخزن تقریباً  $4/7$  اتمسفر می‌باشد.



### تمرین ۹-۶

- فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۳/۵ متر را در شرایطی که ضخامت ورق فولادی  $4_{mm}$  است و تنش مجاز کششی ورق معادل  $140_{Mpa}$  می‌باشد محاسبه کنید (با استفاده از نمودار).

## تمرین‌های دوره ای فصل ششم



- ۱ - مخزن کروی به قطر ۲ متر و ضخامت جداره  $12_{mm}$  تحت فشار  $5_{Mpa}$  قرار دارد مقدار تنش در مخزن را محاسبه کنید .





## تمرین های دوره ای فصل ششم

۲ - ضخامت جداره مخزن کروی که از ورق St52 و به قطر  $80\text{ cm}$  طراحی شده است را برای فشار  $40\text{ Mpa}$  محاسبه کنید .

۳ - در ساخت یک مخزن کروی به قطر  $2\text{ m}$  از ورق فولادی به ضخامت  $2\text{ cm}$  با تنش کششی مجاز  $150\text{ Mpa}$  استفاده شده است اگر الکتروود مصرفی  $E7018$  باشد و ضریب کیفیت جوش  $0.85$  باشد حداکثر فشار مخزن را محاسبه کنید.

۴ - لوله فولادی به قطر  $40$  سانتیمتر و ضخامت  $8$  میلی متر است و تنش مجاز  $125\text{ Mpa}$  می باشد حداکثر فشار درون لوله را محاسبه کنید .



۵ - ضخامت جداره مخزن استوانه ای به قطر  $45_{cm}$  که از فولاد با تنش کششی مجاز  $450_{Mpa}$  ساخته شده است را برای فشار  $10_{Mpa}$  محاسبه کنید.

۶ - با استفاده از نمودار ضخامت جداره مخزن استوانه ای به قطر ۳ متر را برای فشار ۴ اتمسفر محاسبه کنید ( تنش مجاز فولاد  $140_{Mpa}$  می باشد )

۷ - سوال ۶ را با استفاده از روش محاسباتی حل کنید.



# پیوست ها و فهرست منابع

جدول ۱- خواص مکانیکی مواد - فلزات



جدول ۱- خواص مکانیکی مواد - غیر فلزات



جدول ۲ - مشخصات نیم رخ ها (پروفیل ها)



جدول ۳- ضریب تبدیل یکاها



جدول ۴- نشان های استفاده شده در کتاب



فهرست منابع



## جدول ۱- خواص مکانیکی مواد - فلزات<sup>۱</sup>

مواد	چگالی kg/m <sup>3</sup>	استحکام نهایی			استحکام تسلیم		مدول کششی GPa	مدول صلابت GPa	ضریب انبساط گرمايي ۱۰ <sup>-۶</sup> /°C	شکل پذیری درصد ازدیاد طول در ۵۰ mm
		کشش MPa	نشار <sup>۱</sup> MPa	برش MPa	کشش MPa					
فولاد										
ساخته‌شده Si37	۷۸۶۰	۳۵۵			۲۳۴	۱۳۵	۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ Si44	۷۸۶۰	۴۷۵			۳۷۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ Si50	۷۸۶۰	۵۴۰			۲۹۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۱۷
آلیاژ Si52	۷۸۶۰	۵۶۰			۳۵۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ Si60	۷۸۶۰	۶۴۰			۳۲۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ Si70	۷۸۶۰	۷۵۰			۳۶۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۱۸
فولاد زنگ نزن:										
نورد سرد	۷۹۲۰	۸۶۰			۵۲۰		۱۹۰	۷۵	۱۷/۳	۱۲
نرم شده	۷۹۲۰	۶۵۵			۲۶۰		۱۹۰	۷۵	۱۷/۳	۵۰
فولاد تقویت شده										
استحکام متوسط	۷۸۶۰	۴۸۰			۳۷۵		۲۰۰	۷۷	۱۱/۷	
استحکام بالا	۷۸۶۰	۶۲۰			۴۱۵		۲۰۰	۷۷	۱۱/۷	
چدن										
چدن خاکستری	۷۲۰۰	۱۷۰	۶۵۵	۲۴۰			۶۹	۲۸	۱۲/۱	۰/۵
چدن چکش خوار	۷۳۰۰	۳۴۵	۶۲۰	۳۳۰	۳۳۰		۱۶۵	۶۵	۱۲/۱	۱۰
آلومینیوم										
آلیاژ 1100-H14	۲۷۱۰	۱۱۰	۷۰	۹۵	۵۵	۷۰	۷۰	۲۶	۲۳/۶	۹
(۹۹٪ ۹۹ Al)										
آلیاژ 2014-T6	۲۸۰۰	۴۵۵	۲۷۵	۴۰۰	۲۳۰	۷۵	۷۵	۲۷	۲۳/۰	۱۳
آلیاژ 2024-T4	۲۸۰۰	۴۷۰	۲۸۰	۳۲۵	۷۳				۲۳/۲	۱۹
آلیاژ 5456-H116	۲۶۳۰	۳۱۵	۱۸۵	۲۳۰	۱۳۰	۷۲	۷۲	۲۶	۲۳/۹	۱۶
آلیاژ 6061-T6	۲۷۱۰	۲۶۰	۱۶۵	۲۴۰	۱۴۰	۷۰	۷۰	۲۶	۲۳/۶	۱۷
آلیاژ 7075-T6	۲۸۰۰	۵۷۰	۳۳۰	۵۰۰		۷۲	۷۲	۲۸	۲۳/۶	۱۱
مس:										
مس ( ۹۹/۹٪ Cu )										
نرم شده	۸۹۱۰	۲۲۰	۱۵۰	۷۰		۱۲۰	۱۲۰	۲۴	۱۶/۹	۲۵
سخت کشیده	۸۹۱۰	۳۹۰	۲۰۰	۲۶۵		۱۲۰	۱۲۰	۲۴	۱۶/۹	۴
برنج زرد (Cu ۶۰٪, Zn ۴۰٪)										
نورد سرد	۸۴۷۰	۵۱۰	۳۰۰	۴۱۰	۲۵۰	۱۰۵	۱۰۵	۳۹	۲۰/۹	۸
نرم شده	۸۴۷۰	۳۲۰	۲۲۰	۱۰۰	۶۰	۱۰۵	۱۰۵	۳۹	۲۰/۹	۶۵
برنج قرمز (Cu ۸۰٪, Zn ۲۰٪)										
نورد سرد	۸۷۴۰	۵۸۵	۳۲۰	۴۳۵		۱۲۰	۱۲۰	۴۴	۱۸/۷	۳
نرم شده	۸۷۴۰	۲۷۰	۲۱۰	۷۰		۱۲۰	۱۲۰	۴۴	۱۸/۷	۴۸
تیتانیوم	۴۷۳۰	۹۰۰		۸۳۰		۱۱۵			۹/۵	۱۰

## جدول ۱- خواص مکانیکی مواد (ادامه) - غیر فلزات

مواد	kg/m <sup>۳</sup> گالری	استحکام نهایی			استحکام تسلیم <sup>۳</sup>		مدول کشسانی GPa	مدول صلابت GPa	ضریب انبساط گرمایی ۱۰ <sup>-۶</sup> /°C	درصد ازدیاد طول در ۵۰mm
		کشش MPa	فشار <sup>۲</sup> MPa	برش MPa	کشش MPa	برش MPa				
الوار <sup>۳</sup> چوبی، خشک شده										
صنوبر	۴۱۵	۶۰	۳۹	۷/۶			۱۰	۰/۵	۴/۵ تا ۳/۰	
گردو	۷۲۰		۶۳	۱۶/۵			۱۵			
کاج	۴۱۵	۵۵	۳۶	۷/۶			۹			
بتون										
استحکام متوسط	۲۳۲۰		۲۸				۲۵		۹/۹	
پلاستیک										
نایلن، نوع ۶/۶	۱۱۴۰	۷۵	۹۵		۴۵		۲/۸		۱۴۴	۵۰
پلی استر PBT (پلاستیک نرم)	۱۳۴۰	۵۵	۷۵		۵۵		۲/۴		۱۳۵	۱۵۰
وینیل، PVC سخت	۱۴۴۰	۴۰	۷۰		۴۵		۳/۱		۱۳۵	۴۰
لاستیک	۹۱۰	۱۵							۱۶۲	۶۰۰
گرانیت (مقادیر متوسط)	۲۷۷۰	۲۰	۲۴۰	۳۵			۷۰	۴	۷/۲	
شیشه، ۹۸٪ سیلیکا	۲۱۹۰		۵۰				۶۵	۴/۱	۸۰	
۱. خواص فلزها در نتیجه تغییرات فشار، عملیات گرمایی و مکانیکی بسیار تغییر می کند.										
۲. در فلزهای شکل پذیر استحکام در فشار و کشش برابر فرض می شود.										
۳. واصل الوارهای چوبی با توجه به بارگذاری به موازات رگه های چوب در نظر گرفته شده است										

## جدول ۲- مشخصات نیم رخ ها (پروفیل ها)

# نیرها

مقیاسه با (DIN 1026 10.63)

ناودانی - (U - شکل)

$$r_1 = t$$

$$r_2 = \frac{1}{2}$$

S سطح مقطع نیم رخ  
I ممان سطحی محوری درجه 2  
W منول سطحی محوری  
m' وزن طولی

انتهای ها طبق  
DIN 997 (10.70)

مشخصه نیم رخ ناودانی به ارتفاع 100mm از 2 - St 37 طبق DIN 17 100

U - 100 - St 37 - 2 - DIN 1026 پروفیل

علامت کوتاه	انتهای ها به mm					سطح مقطع S cm <sup>2</sup>	وزن طولی m' kg/m	فاصله از محور y-y e <sub>y</sub> cm	برای محورها خم				انتهای ها به mm	
	U	h	b	s	t				x-x		y-y		w <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max.
30x15	30	15	4	4,5	7,5	2,21	1,74	0,52	2,53	1,69	0,38	0,39	10	6,4
30	30	33	5	7	16,5	5,44	4,27	1,31	6,39	4,26	5,33	2,68	18	8,4
40x20	40	20	5	5,5	10	3,66	2,87	0,67	7,58	3,97	1,14	0,86	11	6,4
40	40	35	5	7	17,5	6,21	4,87	1,33	14,1	7,05	6,68	3,08	18	11
50x25	50	25	5	6	12,5	4,92	3,86	0,81	16,8	6,73	2,49	1,48	16	8,4
50	50	38	5	7	19	7,12	5,59	1,31	26,4	10,6	9,12	3,75	20	11
60	60	30	6	6	15	6,46	5,07	0,91	31,6	10,5	4,51	2,16	18	8,4
65	65	42	5,5	7,5	21	9,03	7,09	1,42	57,5	17,7	14,1	5,07	25	11
80	80	45	6	8	22,5	11,0	8,64	1,45	106	26,5	19,4	6,36	25	13
100	100	50	6	8,5	25	13,5	10,6	1,55	206	41,2	29,3	8,49	30	15
120	120	55	7	9	27,5	17,0	13,4	1,60	364	60,7	43,2	11,1	30	17
140	140	60	7	10	30	20,4	16,0	1,75	605	86,4	62,7	14,8	35	17
160	160	65	7,5	10,5	32,5	24,0	18,8	1,84	925	116	85,3	18,3	35	21
200	200	75	8,5	11,5	37,5	32,2	25,3	2,01	1910	191	148	27,0	40	23
240	240	85	9,5	13	42,5	42,3	33,2	2,23	3600	300	248	39,6	45	25
280	280	95	10	15	47,5	53,3	41,8	2,53	6280	448	399	57,2	50	25
300	300	100	10	16	50	58,8	46,2	2,70	8030	535	495	67,8	55	25

مقیاسه با (DIN 1028 10.76)

نیم رخ دو طرف مساوی

$$r_1 = s$$

$$r_2 = \frac{s}{2}$$

S سطح مقطع نیم رخ  
I ممان سطحی محوری درجه 2  
W منول سطحی محوری  
m' وزن طولی

انتهای ها طبق  
DIN 997 (10.70)

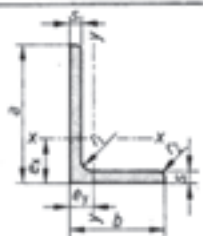
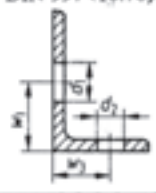
مشخصه نیم رخ با عرض بازوی 45 mm و ضخامت پای 5 mm طبق DIN 17 100

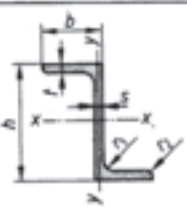
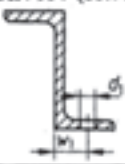
L - 45 x 5 - St 37 - 2 - DIN 1028 پروفیل

علامت کوتاه	انتهای ها به mm					سطح مقطع S cm <sup>2</sup>	وزن طولی m' kg/m	فاصله از محور y-y e <sub>y</sub> cm	برای محورها خم				انتهای ها به mm			
	L	a	s	t	c				x-x		y-y		w <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max.		
20x3	20	3	1,12	0,88	0,60	0,39	0,28	12	4,3	60	6	6,91	5,42	1,69	22,8	5,29
25x3	25	3	1,42	1,12	0,73	0,79	0,45	15	6,4	60	8	9,03	7,09	1,77	29,1	6,88
25x4	25	4	1,85	1,45	0,76	1,01	0,58	15	6,4	65	7	8,7	6,83	1,85	33,4	7,18
30x3	30	3	1,74	1,36	0,84	1,41	0,65	17	8,4	70	7	9,4	7,38	1,97	42,4	8,43
30x4	30	4	2,27	1,78	0,89	1,81	0,86	17	8,4	70	9	11,9	9,34	2,05	52,6	10,6
35x4	35	4	2,67	2,10	1,00	2,96	1,18	17	8,4	75	7	10,1	7,94	2,09	52,4	9,67
35x5	35	5	3,28	2,57	1,04	3,56	1,45	18	11	75	8	11,5	9,03	2,13	58,9	11,0
40x4	40	4	3,08	2,42	1,12	4,38	1,56	22	11	80	6	9,35	7,34	2,17	55,8	9,57
40x5	40	5	3,79	2,97	1,16	5,43	1,91	22	11	80	8	12,3	9,60	2,26	72,3	12,6
45x4	45	4	3,49	2,74	1,23	6,43	1,97	25	13	80	10	15,1	11,9	2,34	87,5	15,5
45x5	45	5	4,3	3,38	1,28	7,83	2,43	30	17	90	7	12,2	9,61	2,45	92,6	14,1
50x5	50	5	4,8	3,77	1,40	11,0	3,05	30	17	90	9	15,5	12,2	2,54	116	18,0
50x6	50	6	5,69	4,47	1,45	12,8	3,61	30	13	100	8	15,5	12,2	2,74	145	19,9
50x7	50	7	6,56	5,15	1,49	14,6	4,15	30	13	100	10	19,2	15,1	2,82	177	24,7
60x5	60	5	5,82	4,57	1,64	19,4	4,45	35	17	100	12	22,7	17,8	2,90	207	29,2



جدول ۲- مشخصات نیم رخها (پروفیلها) - (ادامه)

نیم رخها															
نیم رخ دو طرف نامساوی															
مقایسه با DIN 1029 (7.78)															
				$r_1 = s$ $r_2 = \frac{s}{2}$				$S$ سطح مقطع نیم رخ $I$ ممان سطحی محوری درجه 2 $W$ مدول سطحی محوری $m'$ وزن طولی							
مشخصه نیم رخ دو طرف نامساوی با عرض پاهای 65 mm و 50 mm از 2 - USt 37 طبق DIN 17100															
L - نیم رخ DIN 1029 - USt 37 - 2 - L 65x50x5															
علامت کوتاه	اندازه ها mm			سطح مقطع S cm <sup>2</sup>	وزن طولی m <sup>3</sup> /m	فاصله محورها		برای محورهای خم				اندازه ها mm			
	a	b	s			e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>	x - x		y - y		w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	d <sub>1</sub> max.	d <sub>2</sub> max.
L						cm	cm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>				
30x20x3	30	20	3	1,42	1,11	0,99	0,50	1,25	0,62	0,44	0,29	17	12	8,4	4,3
30x20x4	30	20	4	1,85	1,45	1,03	0,54	1,59	0,81	0,55	0,38	22	12	11	4,3
40x20x3	40	20	3	1,72	1,35	1,43	0,44	2,79	1,08	0,47	0,30	22	12	11	4,3
40x20x4	50	20	4	2,25	1,77	1,47	0,48	3,59	1,42	0,60	0,39	22	12	11	4,3
45x30x4	45	30	4	2,87	2,25	1,48	0,74	5,78	1,91	2,05	0,91	25	17	13	8,4
45x30x5	45	30	5	3,53	2,77	1,52	0,78	6,99	2,35	2,47	1,11	25	17	13	8,4
50x30x4	50	30	4	3,07	2,41	1,68	0,70	7,71	2,33	2,09	0,91	30	17	13	8,4
50x30x5	50	30	5	3,78	2,96	1,73	0,74	9,41	2,88	2,54	1,12	30	17	13	8,4
50x40x5	50	40	5	4,27	3,35	1,56	1,07	10,04	3,02	5,89	2,01	30	22	13	11
60x30x5	60	30	5	4,29	3,37	2,15	0,68	15,6	4,04	2,60	1,12	35	17	17	8,4
60x40x5	60	40	5	4,79	3,76	1,96	0,97	17,2	4,25	6,11	2,02	35	22	17	11
60x40x6	60	40	6	5,68	4,46	2,00	1,01	20,1	5,03	7,12	2,38	35	22	17	11
65x50x5	65	50	5	5,54	4,35	1,99	1,25	23,1	5,11	11,9	3,18	35	30	21	13
70x50x6	70	50	6	6,88	5,40	2,24	1,25	33,5	7,04	14,3	3,81	40	30	23	13
75x50x7	75	50	7	8,3	6,51	2,48	1,25	46,4	9,24	16,5	4,39	40	30	23	13
75x55x5	75	55	5	6,3	4,95	2,31	1,33	35,5	6,84	16,2	3,89	40	30	23	17
75x55x7	75	55	7	8,66	6,80	2,40	1,41	47,9	9,39	21,8	5,52	45	22	23	11
80x40x6	80	40	6	6,89	5,41	2,85	0,88	44,9	8,73	7,59	2,44	45	22	23	11
80x40x8	80	40	8	9,01	7,07	2,94	0,95	57,6	11,4	9,68	3,18	45	22	23	11
80x60x7	80	60	7	9,38	7,36	2,51	1,52	59,0	10,7	28,4	6,34	50	25	25	17
90x60x6	90	60	6	8,69	6,82	2,89	1,41	71,7	11,7	25,8	5,61	50	25	25	17
90x60x8	90	60	8	11,4	8,96	2,97	1,49	92,5	15,4	33,0	7,31	50	35	25	17
100x50x6	100	50	6	8,73	6,85	3,49	1,04	89,7	13,8	15,3	3,86	55	30	25	13
100x50x8	100	50	8	11,5	8,99	3,59	1,13	116	18,0	19,5	5,04	55	30	25	13
100x50x10	100	50	10	14,1	11,1	3,67	1,20	141	22,2	23,4	6,17	55	30	25	13

دوبلشی (Z)																
مقایسه با DIN 1027 (10.63)																
				$r_1 = t$ $r_2 = \frac{t}{2}$				$S$ اندازه سطح مقطع نیم رخ $I$ ممان سطحی محوری درجه 2 $W$ مدول سطحی محوری $m'$ وزن طولی								
مشخصه نیم رخ دو طرف نامساوی با ارتفاع 80 mm از 2 - USt 37 طبق DIN 17100																
L - نیم رخ DIN 1027 - USt 37 - 2 - L 80																
علامت کوتاه	اندازه ها mm				سطح مقطع S cm <sup>2</sup>	وزن طولی m <sup>3</sup> /m	فاصله محورها		برای محورهای خم				اندازه ها mm			
	h	b	s	t			e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>	x - x		y - y		w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	d <sub>1</sub> max.	d <sub>2</sub> max.
L							cm	cm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>				
30	30	38	4	4,5	4,32	3,39	5,96	3,97	13,7	3,80	20	11	11	11	11	
40	40	40	4,5	5	5,43	4,26	13,5	6,75	17,6	4,66	22	11	11	11	11	
50	50	43	5	5,5	6,77	5,31	26,3	10,5	23,8	5,88	25	11	11	11	11	
60	60	45	5	6	7,91	6,21	4,7	14,9	30,1	7,09	25	13	13	13	13	
80	90	50	6	7	11,1	8,71	109	27,3	47,4	10,1	30	13	13	13	13	
100	100	55	6,5	8	14,5	11,4	222	44,4	72,5	14,0	30	17	17	17	17	
120	120	60	7	9	18,2	14,3	402	67,0	106	18,8	35	17	17	17	17	
140	140	65	8	10	22,9	18,0	676	96,6	148	23,3	35	17	17	17	17	
160	160	70	8,5	11	27,5	21,6	1060	132	204	31,0	35	21	21	21	21	

# نیم رخ‌ها

مطابق با DIN 1025 T1 (10.63)

نیم رخ I - شکل باریک

$$r_1 = s$$

$$r_2 = 0,6 \cdot s$$

S: اندازه سطح مقطع  
I: میان سطحی محوری درجه 2  
W: منول سطحی محوری  
m': وزن طولی

اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)

مشخصه نیم رخ I - شکل باریک سری I با ارتفاع 180 mm طبق DIN 17 100 U St44-2 : DIN 1025 - U St44 - 2 - I 180

علامت کوتاه	اندازه ها به mm				سطح مقطع S cm <sup>2</sup>	وزن طولی m' kg/m	برای محورهای خم				اندازه ها به mm		
	I	h	b	s			t	x - x		y - y		w <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max.
							I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>			
	80	80	42	3,9	5,9	7,57	5,94	77,8	19,5	6,29	3,00	22	6,4
	100	100	50	4,5	6,8	10,6	8,34	171	34,2	12,2	4,88	28	6,4
	120	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	328	54,7	21,5	7,41	32	8,4
	140	140	66	5,7	8,6	18,2	14,3	573	81,9	35,2	10,7	34	11
	160	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	935	117	54,7	14,8	40	11
	180	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	1450	161	81,3	19,8	44	13
	200	200	90	7,5	11,3	33,4	26,2	2140	214	117	26,0	48	13
	220	220	98	8,1	12,2	39,5	31,1	3060	278	162	33,1	52	13
	240	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	4250	354	221	41,7	56	17
	260	260	113	9,4	14,1	53,3	41,9	5740	442	288	51,0	60	17
	280	280	119	10,1	15,2	61,0	47,9	7590	542	364	61,2	60	17
	300	300	125	10,8	16,2	69,0	54,2	9800	653	451	72,2	64	21
	320	320	131	11,5	17,3	77,7	61,0	12510	782	555	84,7	70	21
	360	360	143	13,0	19,5	97,0	76,1	19610	1090	818	114	76	23
	400	400	155	14,4	21,6	118	92,4	29210	1460	1160	149	88	23

مطابق با DIN 1025 T2 (10.63)

نیم رخ I - شکل پهن (نیم رخ پهن)

$$r_1 = 2 \cdot s$$

S: اندازه سطح مقطع  
I: میان سطحی محوری درجه 2  
W: منول سطحی محوری  
m': وزن طولی

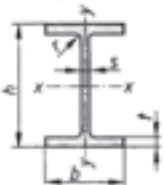

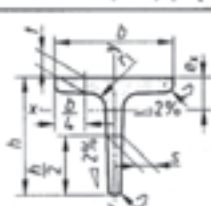
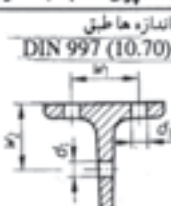
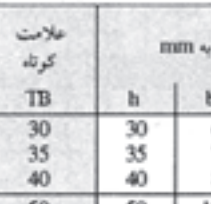
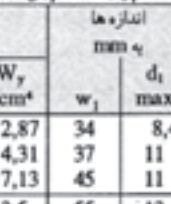
اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)

مشخصه نیم رخ I - شکل پهن با سری IPB با ارتفاع 240 mm از St 52 - 3 طبق DIN 17 100 : DIN 1025 - St 52 - 3 - IPB 240

علامت کوتاه	اندازه ها به mm				سطح مقطع S cm <sup>2</sup>	وزن طولی m' kg/m	برای محورهای خم				اندازه ها به mm			
	IPB	h	b	s			t	x - x		y - y		یک درجه	دورریزه w <sub>2</sub>	d <sub>1</sub> max.
							I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>				
	100	100	100	6	10	26,0	20,4	450	89,9	167	33,5	56	-	13
	120	120	120	6,5	11	34,0	26,7	860	144	318	52,9	66	-	17
	140	140	140	7	12	43,0	33,7	1510	216	550	78,5	76	-	21
	160	160	160	8	13	54,3	42,6	2490	311	889	111	86	-	23
	180	180	180	8,5	14	65,3	51,2	3830	426	1360	151	100	-	25
	200	200	200	9	15	78,1	61,3	5700	570	2000	200	110	-	25
	220	220	220	9,5	16	91,0	71,5	8090	736	2840	258	120	-	25
	240	240	240	10	17	106	83,2	11260	938	3920	327	-	96	35
	260	260	260	10	17,5	118	93,0	14920	1150	5130	395	-	106	40
	280	280	280	10,5	18	131	103	19270	1380	6590	471	-	110	25
	300	300	300	11	19	149	117	25170	1680	8560	571	-	120	45
	320	320	300	11,5	20,5	161	127	30820	1930	9240	616	-	120	28
	360	360	300	12,5	22,5	181	142	43190	2400	10140	676	-	-	-
	400	400	300	13,5	24	198	155	57680	1880	10820	721	-	120	45
	450	450	300	14	26	218	171	78890	3550	11720	781	-	-	-
	500	500	300	14,5	28	239	187	107200	4290	12620	842	-	120	45
	550	550	300	15	29	254	199	136700	4970	13080	872	-	-	-



## جدول ۲- مشخصات نیم رخ‌ها (پروفیل‌ها) - (ادامه)

نیم رخ‌ها												
نیم رخ I - شکل متوسط												
مقایسه با DIN 1025 T5 (3.65)												
	S اندازه سطح مقطع I ممان سطحی محوری درجه 2 W مدول سطحی محوری m' وزن طولی					DIN 997 (10.70) 			مشخصه نیم رخ I - شکل عرض متوسط سری IPE با ارتفاع 300 mm از S444 - 2 طبق DIN 17100 IPE 300 - 2 - St 44 - DIN 1025 - پروفیل IPE طول ساخت: 4 تا 15 متر			
	علامت کوتاه	اندازه ها به mm					برای محورها خم				اندازه ها به mm	
IPE		h	b	s	t	r	x - x		y - y		w <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max.
							I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		
80		80	46	3,8	5,2	5	80,1	20,0	8,49	3,69	26	6,4
100		100	55	4,1	5,7	7	171	34,2	15,9	5,79	30	8,4
120		120	64	4,4	6,3	7	318	53,0	27,7	8,65	36	8,4
160		160	82	5,0	7,4	9	869	109	68,3	16,7	44	13
200		200	100	5,6	8,5	12	1940	194	142	28,5	56	13
240		240	120	6,2	9,8	15	3890	324	284	47,3	68	17
300		300	150	7,1	10,7	15	8360	557	604	80,5	80	23
360		360	170	8,0	12,7	18	16270	904	1040	123	90	25
400		400	180	8,6	13,5	21	23130	1160	1320	146	96	28
نیم رخ T - شکل												
مقایسه با DIN 1024 (3.82)												
	S اندازه سطح مقطع I ممان سطحی محوری درجه 2 W مدول سطحی محوری m' وزن طولی					DIN 997 (10.70) 			مشخصه نیم رخ T - شکل با ارتفاع 50 mm از جنس St37 - 2 طبق DIN 17 100 T - پروفیل DIN 1024 - St37 - 2 - T50			
	علامت کوتاه	اندازه ها به mm					برای محورها خم				اندازه ها به mm	
T		b = h	s = t			e <sub>x</sub> cm	x - x		y - y		w <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max.
							I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		
20		20	3	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,20	0,20	-	3,2
25		25	3,5	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,43	0,34	15	3,2
30		30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,58	17	4,3
40		40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	2,58	1,29	21	6,4
50		50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	6,06	2,42	30	6,4
60		60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	12,2	4,07	34	8,4
80		80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	37,0	9,25	45	11
100		100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	88,3	17,7	60	13
120		120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	178	29,7	70	17
140		140	15	39,3	31,3	3,80	660	64,7	330	47,2	80	21
نیم رخ TB - شکل												
مقایسه با DIN 1024 - St44 - 2 - TB 60 : DIN 17 100 طبق St44 - 2 از 60 mm ارتفاع												
	S اندازه سطح مقطع I ممان سطحی محوری درجه 2 W مدول سطحی محوری m' وزن طولی					DIN 997 (10.70) 			مشخصه نیم رخ TB - شکل با ارتفاع 60 mm از جنس St44 - 2 طبق DIN 17 100 TB - پروفیل DIN 1024 - St44 - 2 - TB 60			
	علامت کوتاه	اندازه ها به mm					برای محورها خم				اندازه ها به mm	
TB		h	b	s = t		e <sub>x</sub> cm	x - x		y - y		w <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max.
							I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		
30		30	60	5,5	4,64	3,64	0,67	2,58	1,11	8,62	2,87	8,4
35		35	70	6	5,94	4,66	0,77	4,49	1,65	15,1	4,31	11
40		40	80	7	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	28,5	7,13	11
50		50	100	8,5	12,0	9,42	1,09	18,7	4,78	67,7	13,5	13
60		60	120	10	17,0	13,4	1,30	38,0	8,09	137	22,8	17



### جدول ۳- ضریب تبدیل یکاها

از یکای قدیمی	به یکای SI	تبدیل تقریبی	تبدیل دقیق تر
طول			
اینچ (in)	میلیمتر (mm)	$\div 4 \rightarrow \times 100$	$\times 25 / 4$
فوت (ft)	متر (m)	$\div 3$	$\times 0 / 30$
یارد (yd)	متر (m)	$\times 1$	$\div 12 \rightarrow \times 13$
جرم			
پوند (lb)	کیلوگرم (kg)	$\div 2$	$\times 0 / 45$
پوند (lb)	گرم (g)	$\times 1000 \rightarrow \div 2$	$\times 454$
اونس (oz)	گرم (g)	$\times 30$	$\times 28 / 4$
نیرو			
پوند نیرو (lbf)	نیوتون (N)	$\times 4$	$\times 9 \rightarrow \div 2$
کیلو پوند (kp)	نیوتون (N)	$\times 10$	$\times 9 / 8$
کیلوگرم نیرو (kgf)	نیوتون (N)	$\times 10$	$\times 9 / 8$
گشتاور			
پوند نیرو فوت (lbf.ft)	نیوتون متر (N.m)	$\times 3 \rightarrow \div 2$	$\times 1 / 36$
فشار - تنش			
psi (lbf/in <sup>2</sup> )	N/m <sup>2</sup>	$\times 7000$	$\times 6895$
psi (lbf/in <sup>2</sup> )	کیلو پاسکال (kPa)	$\times 7$	$\times 6 / 9$
psi (lbf/in <sup>2</sup> )	مگا پاسکال (MPa) یا (N/mm <sup>2</sup> )	$\times 7 \rightarrow \div 1000$	$\times 6 / 9 \rightarrow \div 1000$
اتمسفر (kgf/cm <sup>2</sup> )	مگا پاسکال (MPa) یا (N/mm <sup>2</sup> )	$\div 10$	$\times 0 / 98$
توان			
اسب بخار (hp)	کیلو وات (kW)	$\times 3 \rightarrow \div 4$	$\times 0 / 746$
انرژی			
kgf.m	ژول (J)	$\times 10$	$\times 9 / 807$
ft.lbf	ژول (J)	$\times 9 \rightarrow \div 7$	$\times 1 / 35$

## جدول ۴- نشان های استفاده شده در کتاب

نشان	کمیت	نشان	کمیت
$r$	شعاع میله	$A$	مساحت
$s$	اندازه جوش شیاری	$a$	اندازه گلویی موثر جوش گوشه
$t$	ضخامت	$b$	عرض
$T$	گشتاور	$d$	قطر میله و بازوی گشتاور
$V$	حجم	$D$	قطر سوراخ
$W$	وزن	$E$	ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته)
$z$	اندازه ساق جوش گوشه	$F$	بار متمرکز (مانند نیرو)
$\sigma$	تنش عمودی	$F.S.$	ضریب اطمینان
$t$ یا $T$	تنش برشی	$h$	ارتفاع
$\varepsilon$	کرنش	$l$ یا $L$	طول
$\delta$ یا $\Delta L$	تغییر طول	$m$	جرم
$\sigma_{ult}$ یا $S_u$	استحکام نهایی	$P$	فشار
$\sigma_y$ یا $S_y$	استحکام در نقطه تسلیم	$P$	توان
$\sigma_{all}$ یا $\sigma_{مجاز}$	حداکثر تنش مجاز	$R$	شعاع سوراخ



## فهرست منابع

محاسبات فنی تخصصی ، کرمانشاه ، نشر شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۸۹

جدول و استاندارد های طراحی و ماشین سازی ، فیشر ، ولی نژاد ، نشر طراح ، ۱۳۸۸

Vector Mechanics for Engineers , Statics, P. Beer, E.Johnson, 7 th Edition,2004

Engineering Mechanics Statics,R.C.Hibbelrer,12th Edition

Mechanics of Material , P.Beer,E.Johnson,4 th Edition, 2006

Engineering Mechanics, Statics ,J.Meriam, 4th Edition 1977

Structural Welding Code Steel, AWS D1.1 , 2002

