به نام خدا

مقاومت مصالح ۱
چهارشنبه ۱۱-۱۴
امتحان میان ترم: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰
امتحان پایان ترم: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

کوییز اول: ۱۳۹۷/۰۸/۰۲
کوییز دوم: ۱۳۹۷/۰۹/۲۸

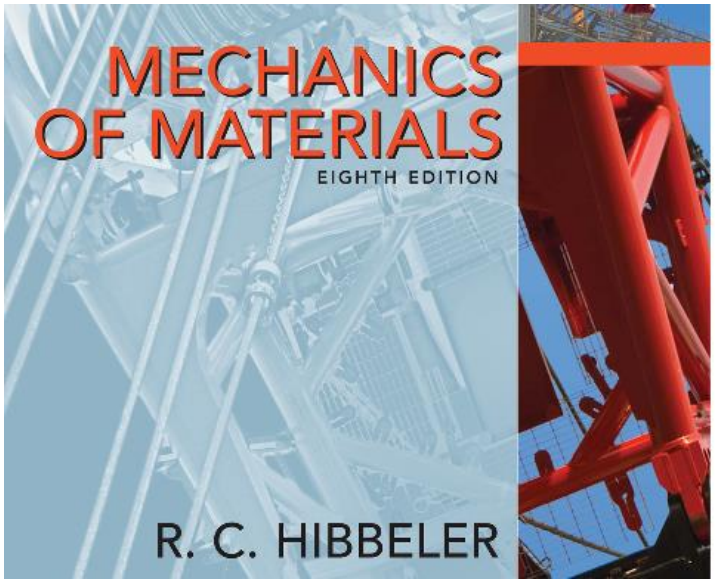
بارم بندی:
میان ترم: ۷ نمره
پایان ترم: ۹ نمره
کوییز: ۲ نمره
تمرین: ۲ نمره

مدرس: میلاد نادری

کتاب، جزوه، تمرین، آموزش و نمرات در سایت:
Lecturenote.blog.ir

مراجع درسی

- *Mechanics of Materials*, **Hibbeler**, R. C., Pearson Prentice Hall, **8th** Edition, 2008/11 (ISBN #: 0-13-602230-8)
- *Mechanics of Materials,* 5nd Edition, **Beer and Johnston**, McGraw Hill Publishing, New York, NY
- *Applied Strength of Materials,* 4th Edition, Robert L. Mott, Prentice Hall Publishing, Englewood Cliffs, NJ



امروز...

- مقدمه
- سیلابس
- تمرین
- اهداف دوره آموزشی
- مروری بر فصل ۵ و ۶ استاتیک
- اثرات متقابل داخلی

منابع مطالعه و تمرین

کلید موفقیت

MCHT 213 updated 6/3/10

Tentative Schedule – Fall 2010

Week	Date	Topic	Reading	Problems
1	8/23	Introduction, Statics Review, Internal Reactions	1.1-1.2	F1-1, F1-3, 1-1, 3, 10*, 18
	8/25	Stress (Normal, Average Shear), Bearing stress, Allowable Stress, Simple Connections	1.3-1.5	F1-11, F1-12, 1-21, 32, 45, 51, 61*
			1.6-1.7	F1-19, F1-21, F1-22, 1-77
2	8/30	Strain (Normal and Shear), (also review stress – shear, normal, FS via simple connection)	2.1-2.2	F2-1, 2-3, 6, 13 + HO 1_Ch1,2,3rev
	9/1	Mechanical Properties of Materials, Hooke's Law (also Poisson's Ratio)	3.1 – 3.8	F3-3, 3-17, 25
3	9/6	NO CLASS (Labor Day		
	9/8	Axial Deformation Thermal Expansion & Stress	4-1, 4-2, 4-6 only	F4-1, 4-5,10*,68,70 + HO 2_Ch4_Thermal
	9/13	Stress Concentrations, Start Chapter 5	4.7	4-87, 88, + HO3aCh4_AxialStressConc.
4		Torsional Deformation & Torsion Formula	5.1-5.3	F5-1, F5-4, 5-1, 5, 14

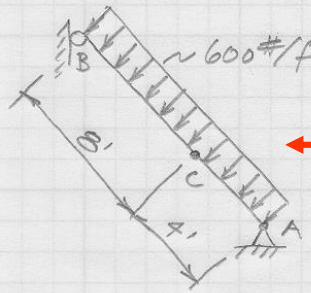
مطالبی که باید از کتاب پس از تدریس هر موضوع مطالعه شود.

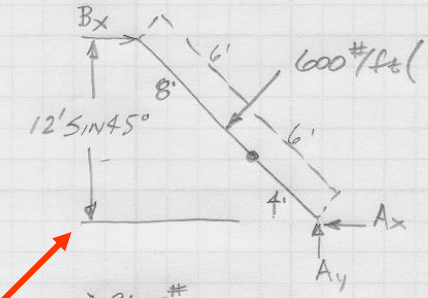
مهلت تحویل تمرین ها ۱ هفته پس از ارائه می باشد.

EMCH 013 | HOMEWORK | E. EVANS | 1/5/06 | 1/1

1-12 GIVEN:

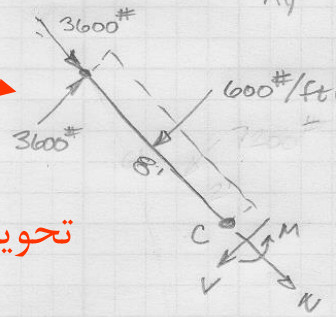
FIND:
- THE RESULTANT INTERNAL LOADINGS ACTING AT POINT C.





$\zeta + \Sigma M_A = 0 = 6'(7200^{\#}) - 12'\sin 45° B_x$

$B_x = 5091^{\#} \rightarrow$



$\zeta + \Sigma M_C = 0 = M + 4800^{\#}(4') - 3600^{\#}(8')$

$M = 9600'^{\#}$

$+\!\!\rightarrow \Sigma F = 0 = 3600^{\#} - V$

$V = 3600^{\#}$

$+\!\!\downarrow \Sigma F = 0 = N + 3600^{\#}$

$N = -3600^{\#}$

نام دوره

شماره فصل و سوال

نام

شماره صفحه

نام و تاریخ

ترسیم وضعیت

دنبال چه مجهولی هستید؟

واحدها همیشه نوشته شوند.

دیاگرام آزاد در صورت نیاز

بیش از دو سوال در یک صفحه نوشته نشود.

تحویل با تاخیر تمرین پذیرفته نیست.

جوابها در یک مستطیل نوشته شوند یا با خط زیر متمایز شوند.

تمرین

1. Given:

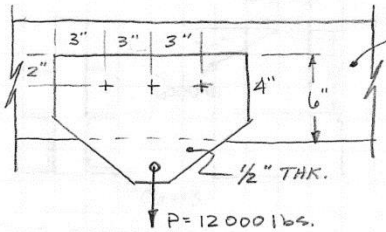


FIG. 20-13

Find: Design bolted joint

Solution: use ASTM grade A490 ; $\tau_{all} = 22000$ psi

$N = 3$ bolts

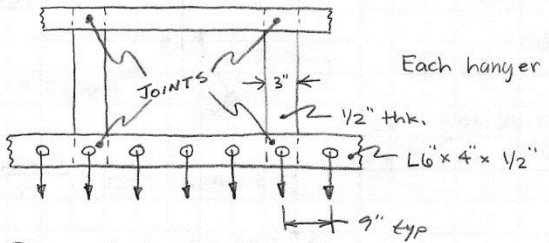
$F = P = 12000$ lbs.

$$A_s = \frac{F}{N \cdot \tau_{all}} = \frac{12000 \text{ lbs}}{3(22000 \text{ psi})} = \boxed{.1818 \text{ in}^2 = A_s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(.1818 \text{in}^2)}{\pi}} = \boxed{.481 \text{in} = D} \Rightarrow \text{use } 1/2\text{" bolt}$$

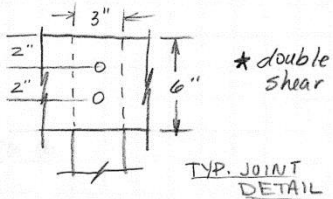
Use (3) 1/2"-13 UNC x 1 1/2" lg, ASTM grade A490, spaced as shown in fig. 20-13

2. Given:



Each hanger caries 750 lbs.

FIG 20-14



* double shear

TYP. JOINT DETAIL

Find: Design bolted joint

Solution: $F = 5250$ lbs.

$N = 4$ bolts

use ASTM grade A307 ; $\tau_{all} = 10000$ psi

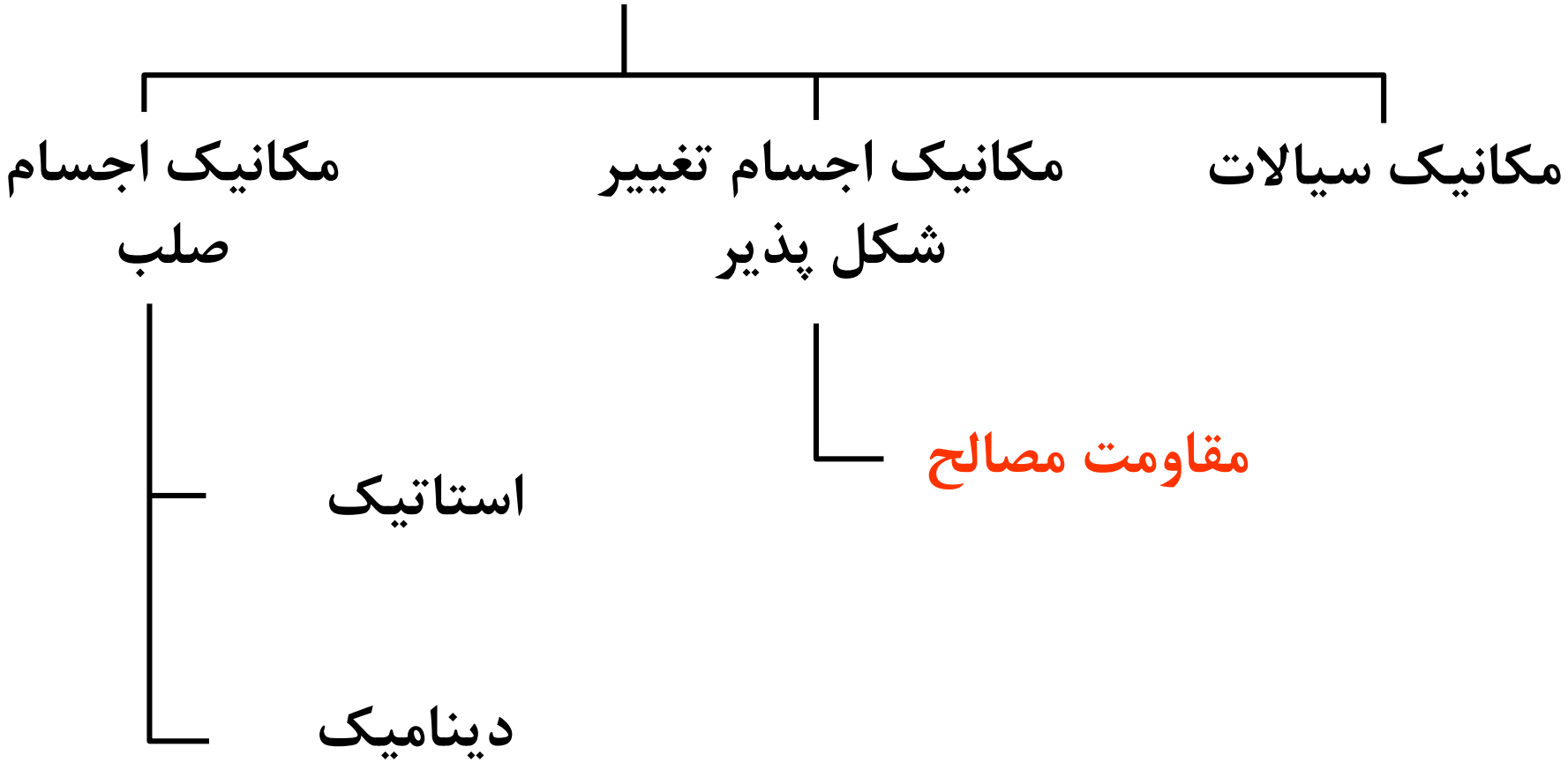
$$2A_s = \frac{F}{N \cdot \tau_{all}} = \frac{5250 \text{ lbs}}{4(10000 \text{ psi})} = .13125 \text{ in}^2$$

$$\boxed{A_s = .0656 \text{ in}^2}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(.0656 \text{ in}^2)}{\pi}} = \boxed{.289 \text{ in}} \Rightarrow \text{use } 5/16\text{" bolt}$$

Use (2) 5/16" - 18 UNC x 2" lg, ASTM grade A307, per joint (8 bolts total), spaced as shown in joint detail.

مهندسی مکانیک



مقاومت مصالح

- بارهای خارجی باعث ایجاد بارهای داخلی می شوند.
- بارهای داخلی سبب تغییر شکل در جسم میگردند.
- بارهای داخلی باعث تنش میشوند.
- جسم چقدر تغییر شکل می دهد؟
- تنش چقدر است؟
- آیا جسم تحت تنش ایمن است؟
- یک جسم چه میزان باید بزرگ باشد تا تنش کمترین مقدار باشد؟

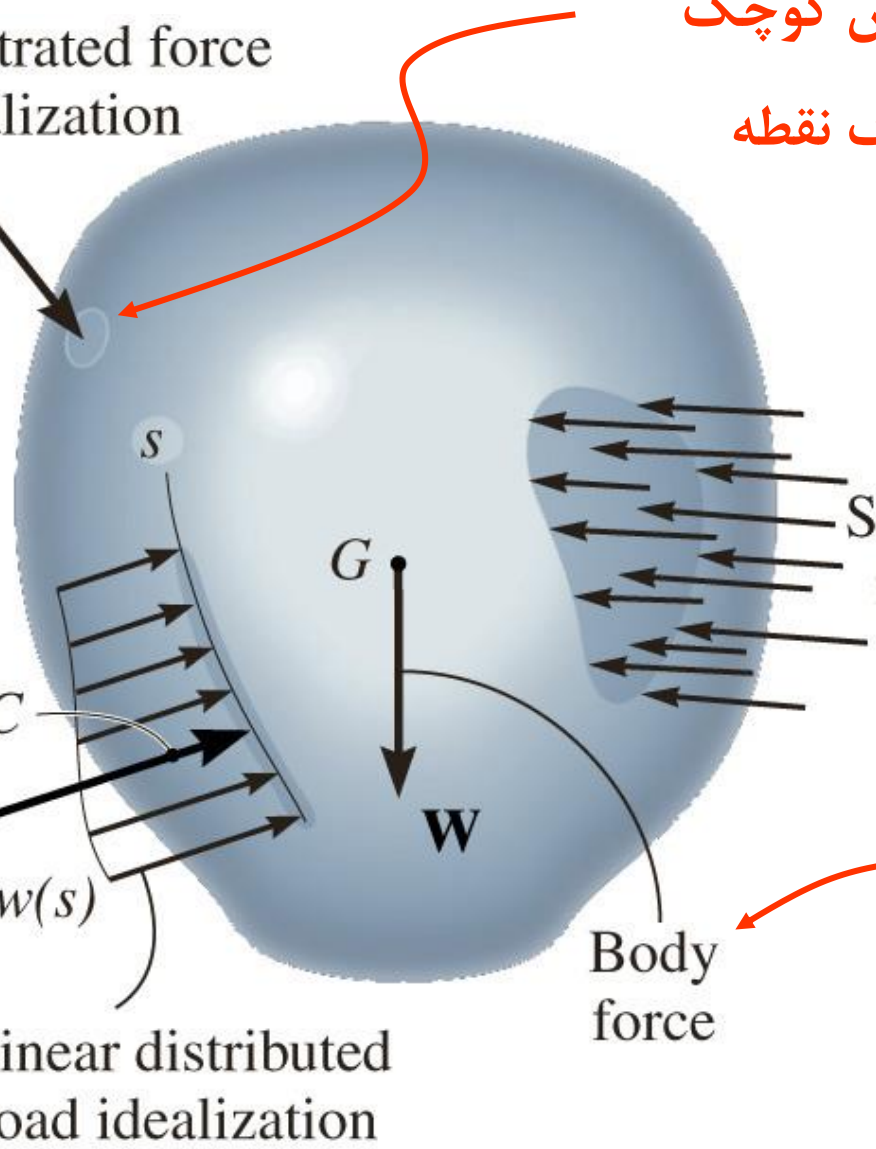
خروجی های مقاومت مصالح(۱)

- تحلیل اعضا تحت بارگذاری محوری به منظور تعیین تنش و تغییر شکل آنها در شرایط استاتیکی معین و نامعین شامل تنش های دمایی.
- تحلیل محورها (شافت ها) تحت بارگذاری پیچشی به منظور تعیین تنش و تغییر شکل آنها در شرایط استاتیکی معین و نامعین.
- تحلیل تیرها تحت بارگذاری خمشی و تعیین تنش در آنها.
- تحلیل تیرها تحت بارگذاری عرضی به منظور تعیین نیروهای برشی داخلی و ممان های خمشی. توسعه مفاهیم دیاگرام های نیروی برشی و ممان خمشی

مروری بر استاتیک: بارهای خارجی

سطح تماس کوچک

مانند یک نقطه



$\mathbf{F}_R$ نیروی برآیند

w(s) است

=

مساحت زیر منحنی

یک جسم روی جسم دیگر عمل میکند.

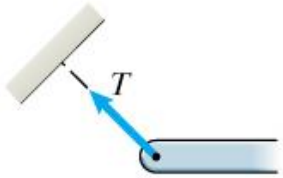
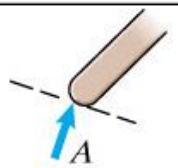
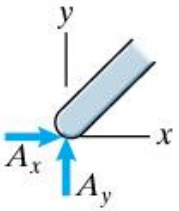
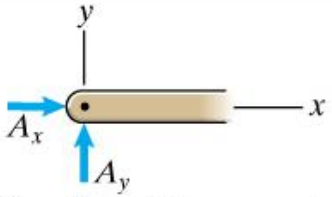
یک جسم روی دیگری بدون تماس عمل میکند.

روی یک سطح باریک وارد میشود.

بارهای خارجی

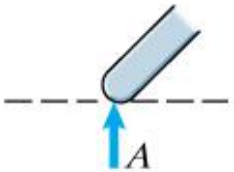
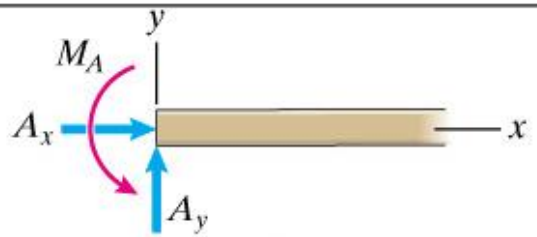
- بارهای خارجی می توانند بارهای تکیه گاهی و یا بارهای اعمال شده باشند.
- ابتدا مسئله باید برای همه مجهولات بارهای خارجی (بارهای تکیه گاهی) حل شود. سپس باید بارهای داخلی را محاسبه کرد.
- بارهای داخلی تولید تنش و کرنش می کنند.

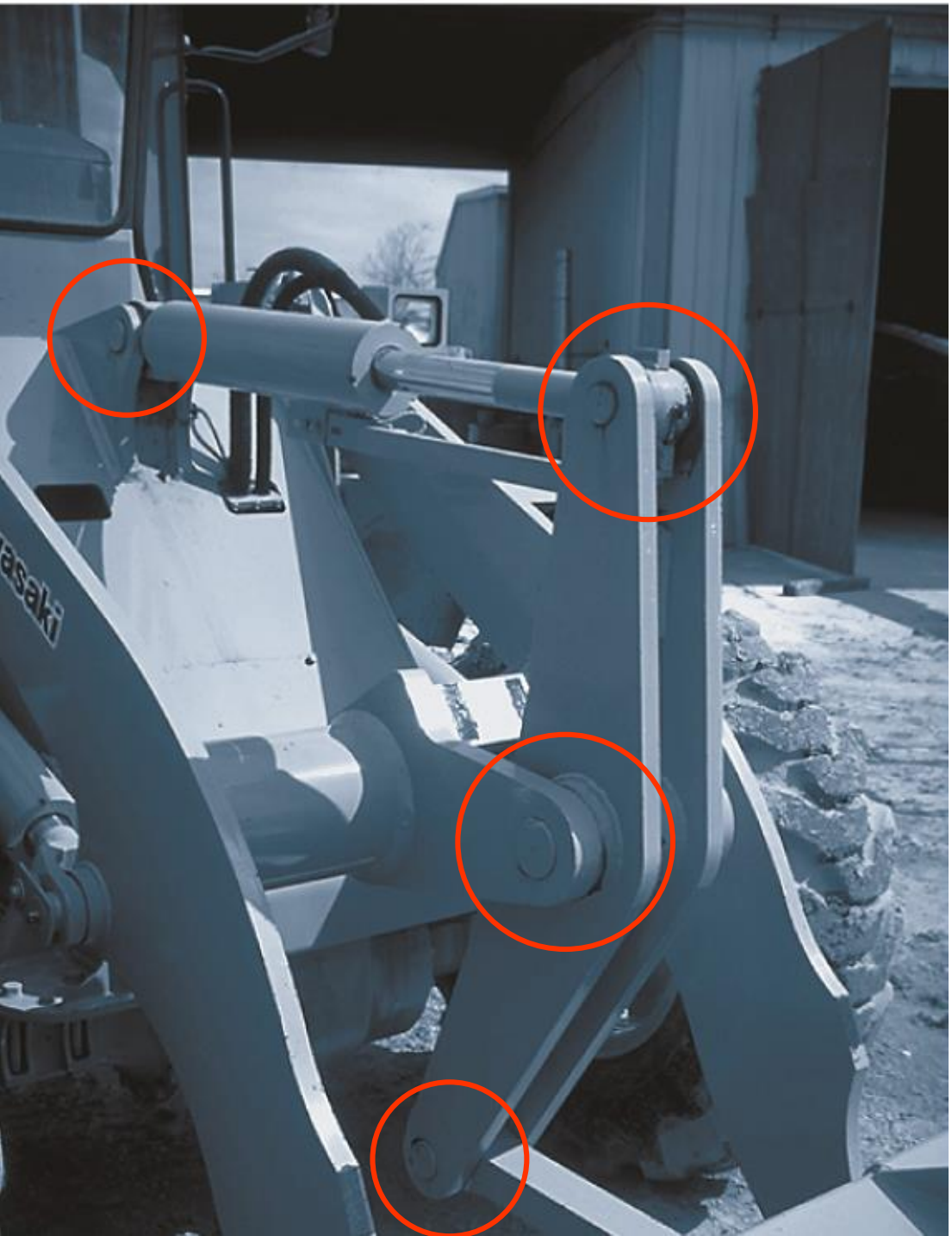
انواع تکیه گاه و نیروهای آنها (۲ بعدی)

Supports	Reactions
Rope or Cable Spring	 A Collinear Force
Contact with a Smooth Surface	 A Force Normal to the Supporting Surface
Contact with a Rough Surface	 Two Force Components
Pin Support	 Two Force Components

انواع تکیه گاه و نیروهای آنها (۲ بعدی)

Table 5.1

Supports	Reactions
Roller Support Equivalents	A Force Normal to the Supporting Surface
Constrained Pin or Slider	 A Normal Force
Fixed (Built-in) Support	 Two Force Components and a Couple



اتصالات پینی اجازه چرخش
را می دهند.

بارهای تکیه گاهی در پین
ها، نیروهایی هستند و از
جنس ممان ها نیستند.

تعادل استاتیک

- بردارها: $\Sigma \mathbf{F} = 0$ $\Sigma \mathbf{M} = 0$

- سیستم نیروی صفحه ای (۲ بعدی):

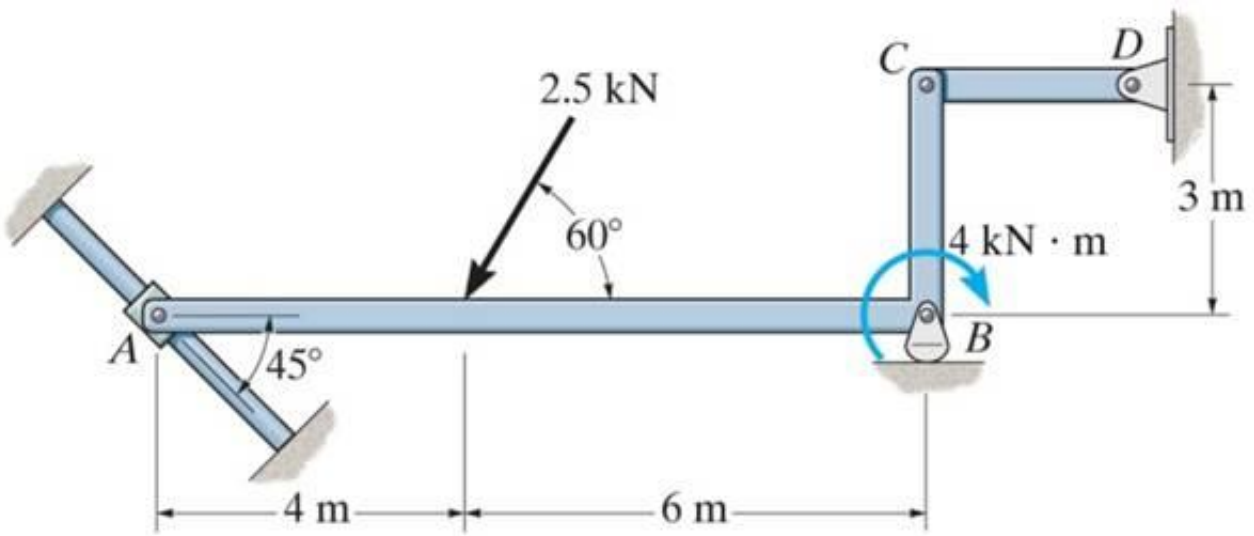
$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_o = 0$$ ⟵ عمود بر صفحه شامل نیروها

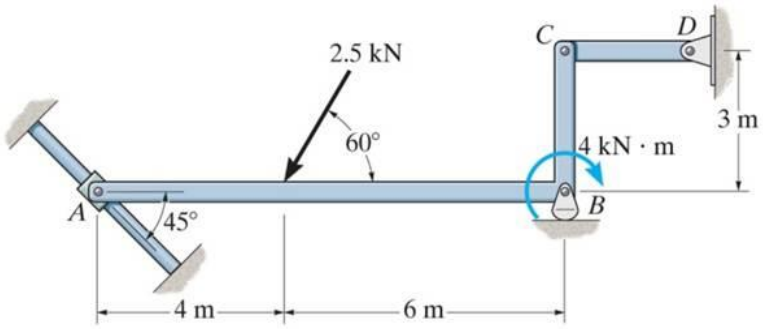
- یک دیاگرام جسم آزاد (FBD) ترسیم کنید تا بتوانید همه نیروهای وارد بر جسم را محاسبه کنید.

مثال FBD:

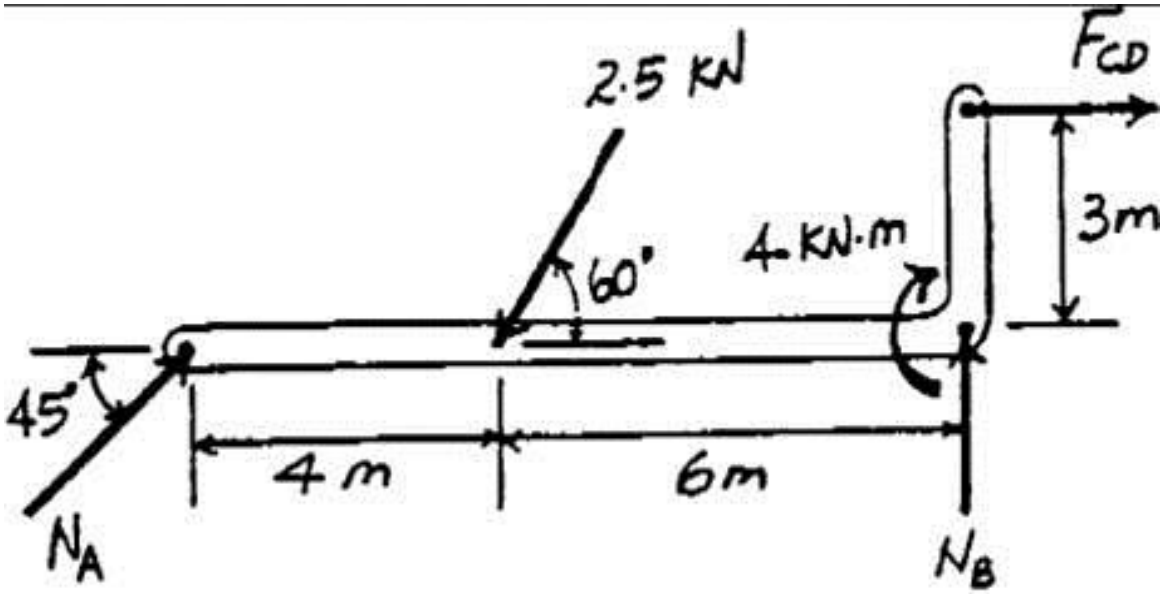


برای عضو ABC که توسط یک حلقه در نقطه A ، یک تکیه گاه غلتکی در نقطه B و یک لینک در C نگه داشته شده است، دیاگرام آزاد FBD را ترسیم کنید.

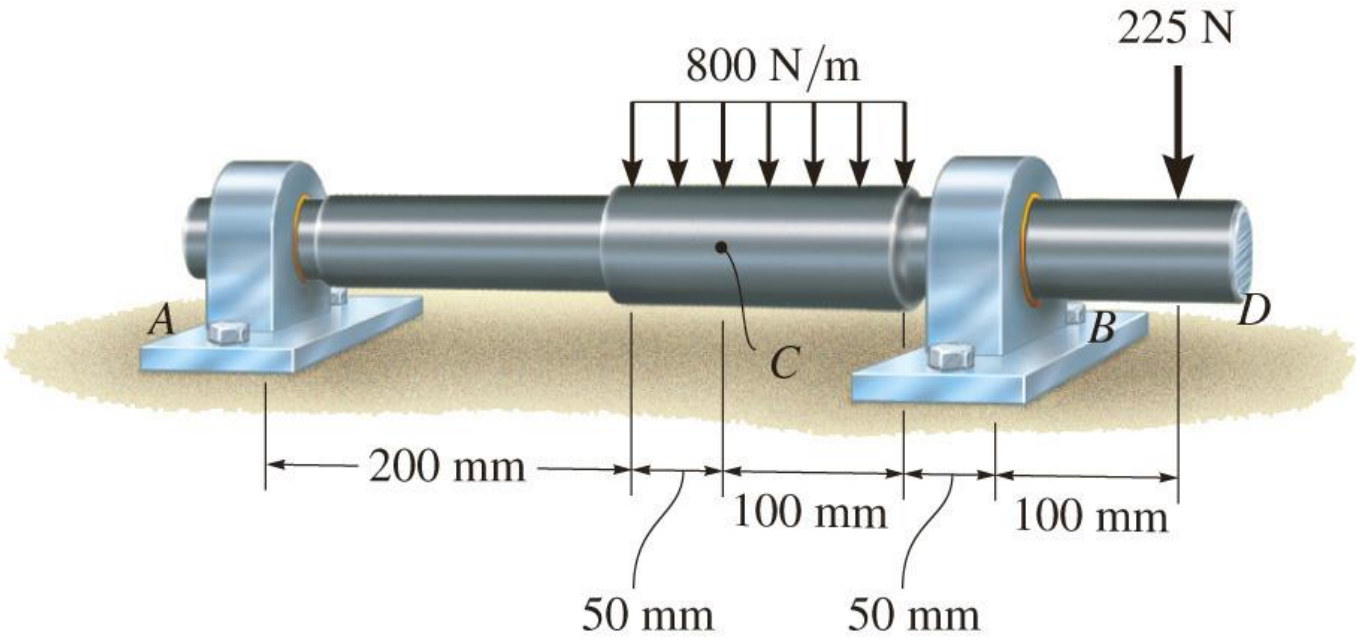
حل مثال FBD:



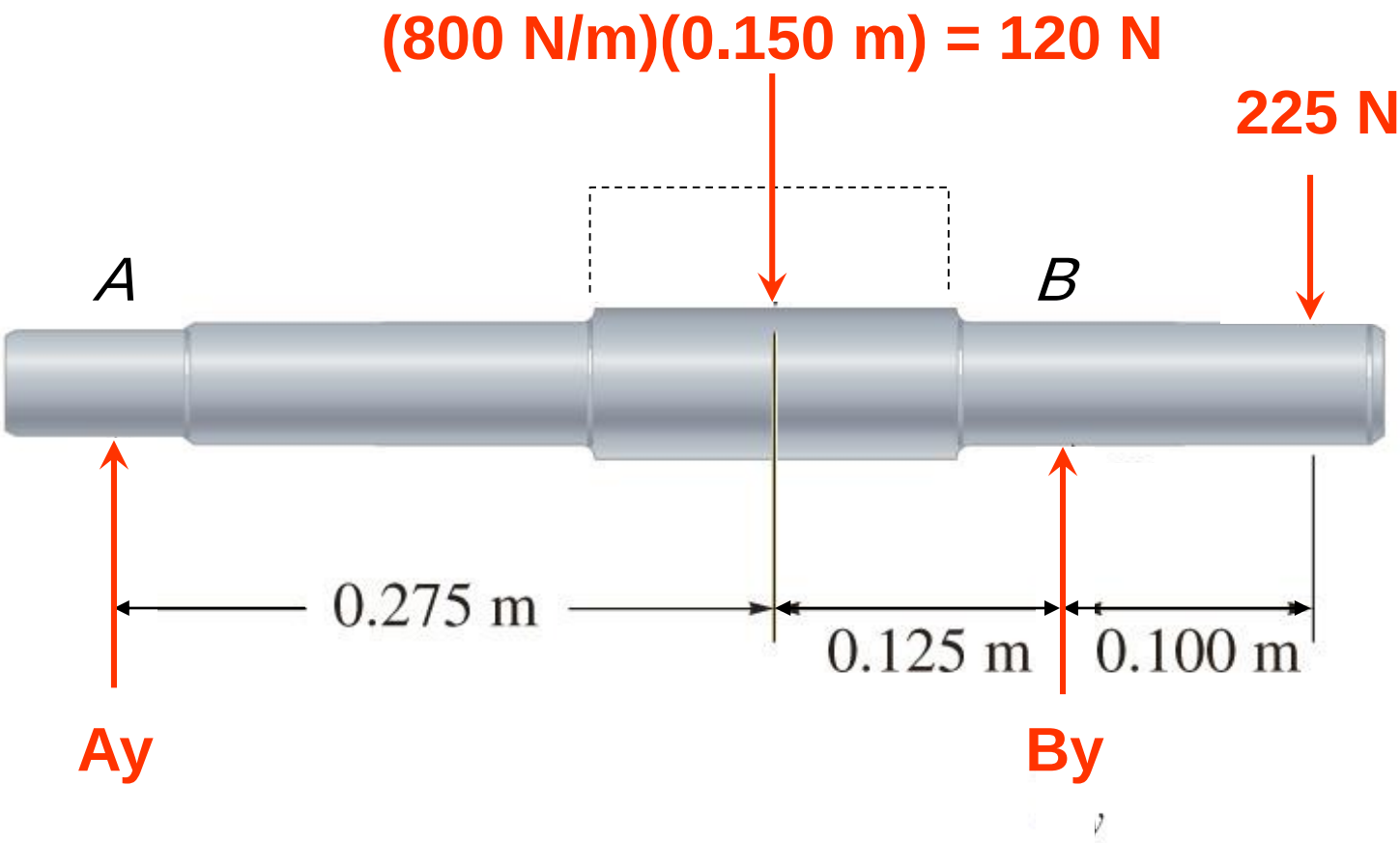
FBD



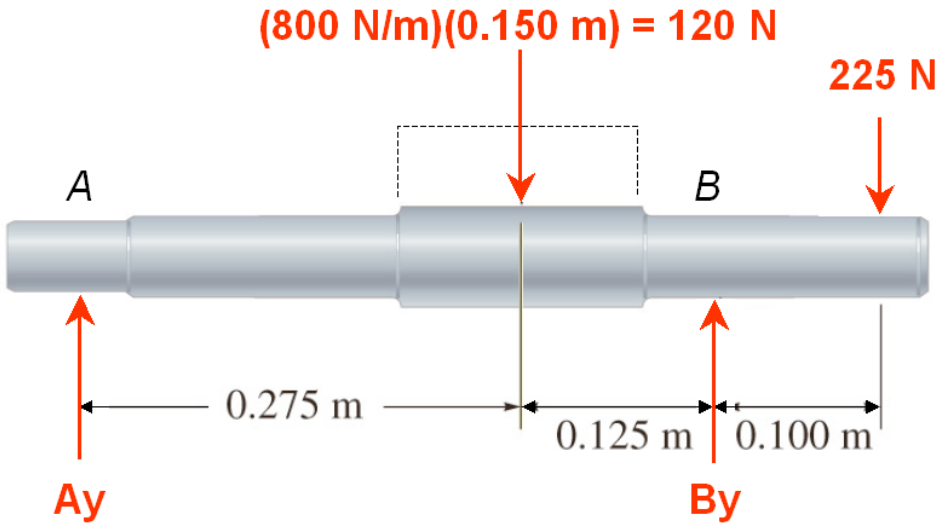
مثال: نیروهای عمودی تکیه گاهی در A و B را برای شافت نشان داده شده در شکل زیر محاسبه کنید.



FBD



معادلات تعادل



$$\oplus \Sigma M_A = 0 = .400m(B_y) - 120N(.275m) - 225N(.500m)$$

$$B_y = \frac{-120N(.275m) - 225N(.500m)}{-.400m}$$

$$B_y = \mathbf{363.75N} \uparrow$$

$$+\uparrow \Sigma Fy = 0 = Ay - 120N + 363.75N - 225N$$

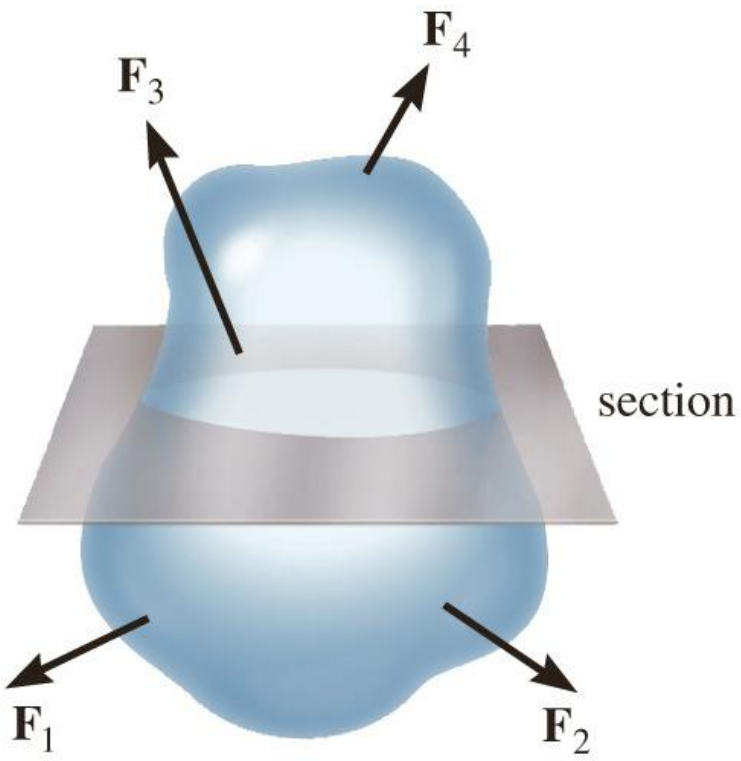
$$A_y = -18.75N$$

$$A_y = \mathbf{18.75N} \downarrow$$

استاتیک: لازم است شما قادر باشید تا...

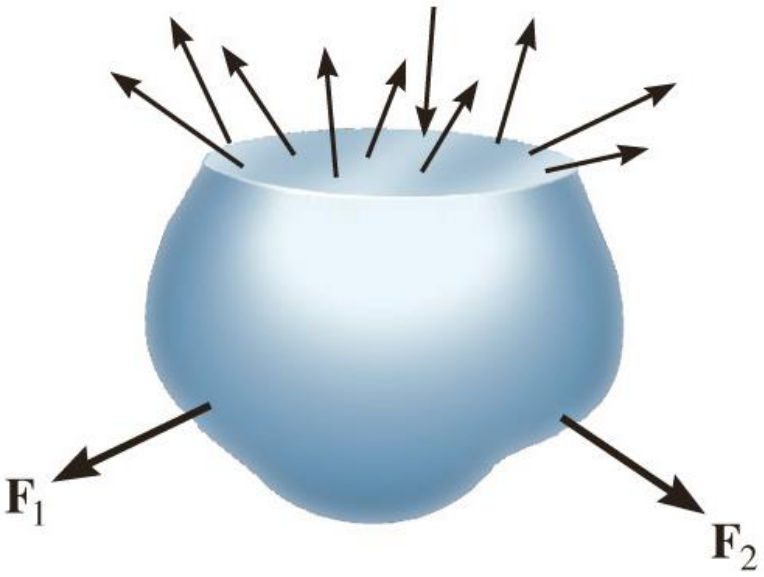
- دیاگرام جسم آزاد را ترسیم کنید.
- انواع تکیه گاه ها و بارهای آن ها را بدانید.
- معادلات تعادل را نوشته و حل کنید به گونه ای که نیروهای مجهول محاسبه شوند
- با برش مقطع بتوانید بارهای داخلی را بدست آورید.
- مرکز یک سطح را تعیین کنید.
- ممان اینرسی حول محور گذرنده از مرکز سطح را بدست آورید.

بارهای داخلی (عکس العمل های داخلی)



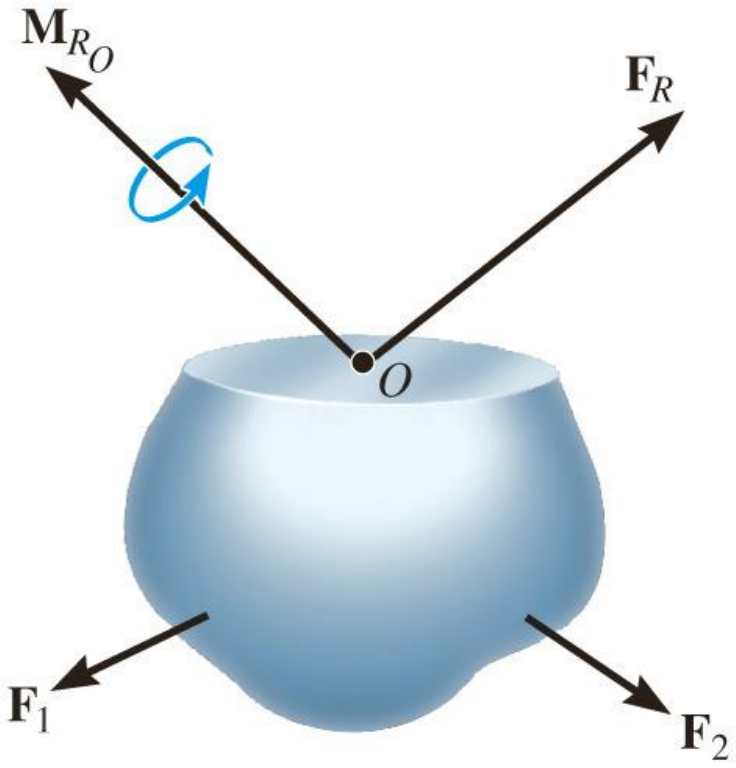
- بارهای عکس العمل های داخلی برای نگه داشتن جسم به صورت یکپارچه تحت بارگذاری خارجی مورد نیاز هستند.
- روش مقطع زنی یک برش را روی جسم ایجاد میکند تا عکس العمل ها داخلی در محل برش تعیین شود.

دیاگرام جسم آزاد FBD بعد از برش



- دو بخش جسم را جدا کنید و برای یک طرف، FBD ترسیم کنید.
- با استفاده از معادلات تعادل، بارهای خارجی را با عکس العمل های داخلی مرتبط سازید.

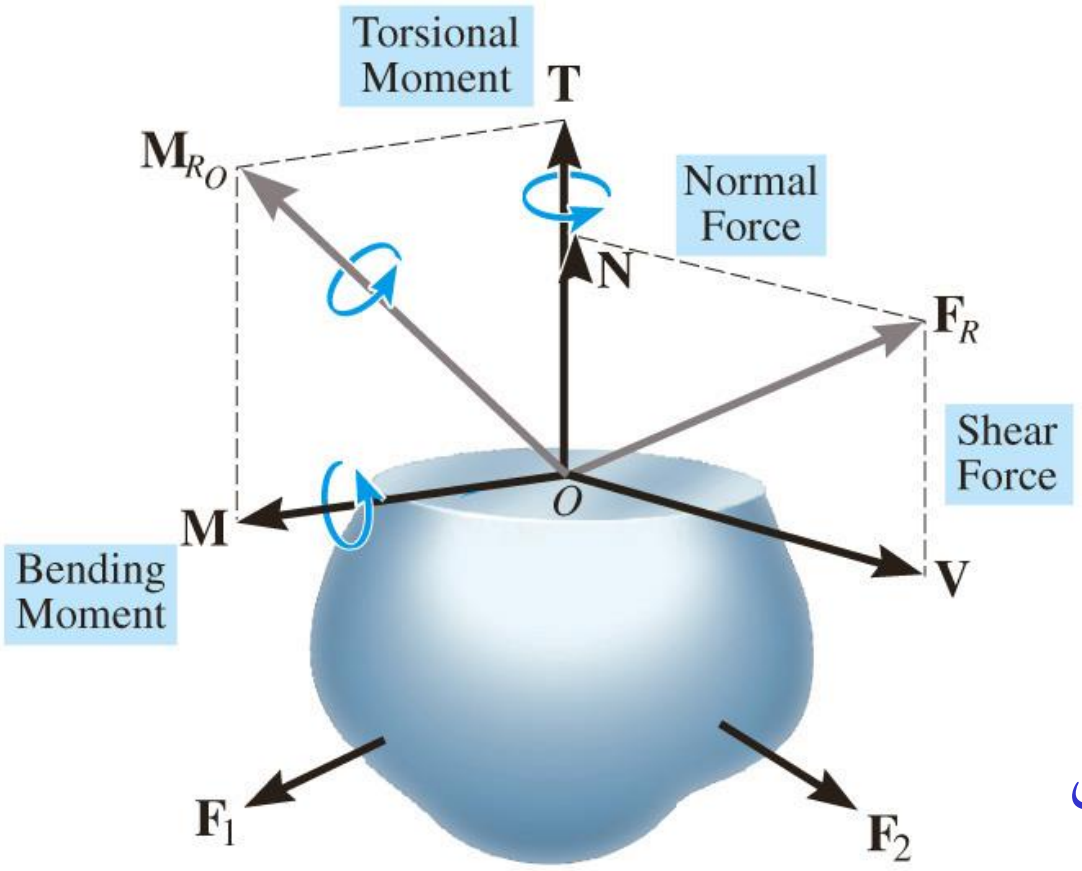
نیرو و ممان برآیند



- نقطه O در مرکز مقطع انتخاب شده است.
- اگر عضو (جسم) بلند و کشیده باشد، مثل یک میله و یا تیر، مقطع عموماً عمود بر محور طولی انتخاب می شود.

مولفه های برآیند

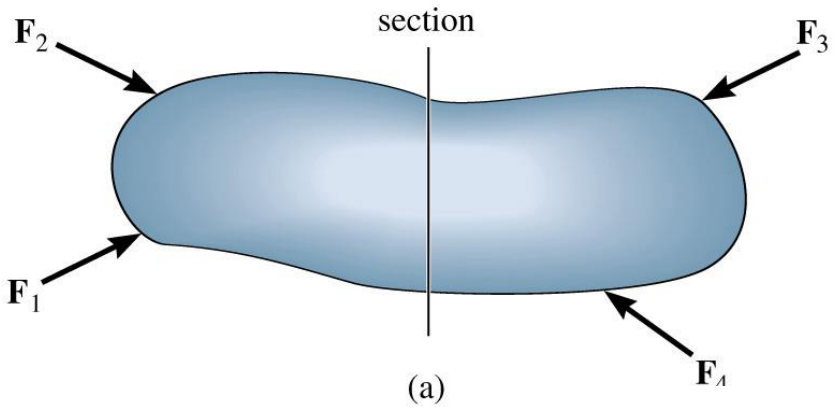
- مولفه ها در دو جهت عمود و موازی با صفحه مقطع محاسبه میشوند.

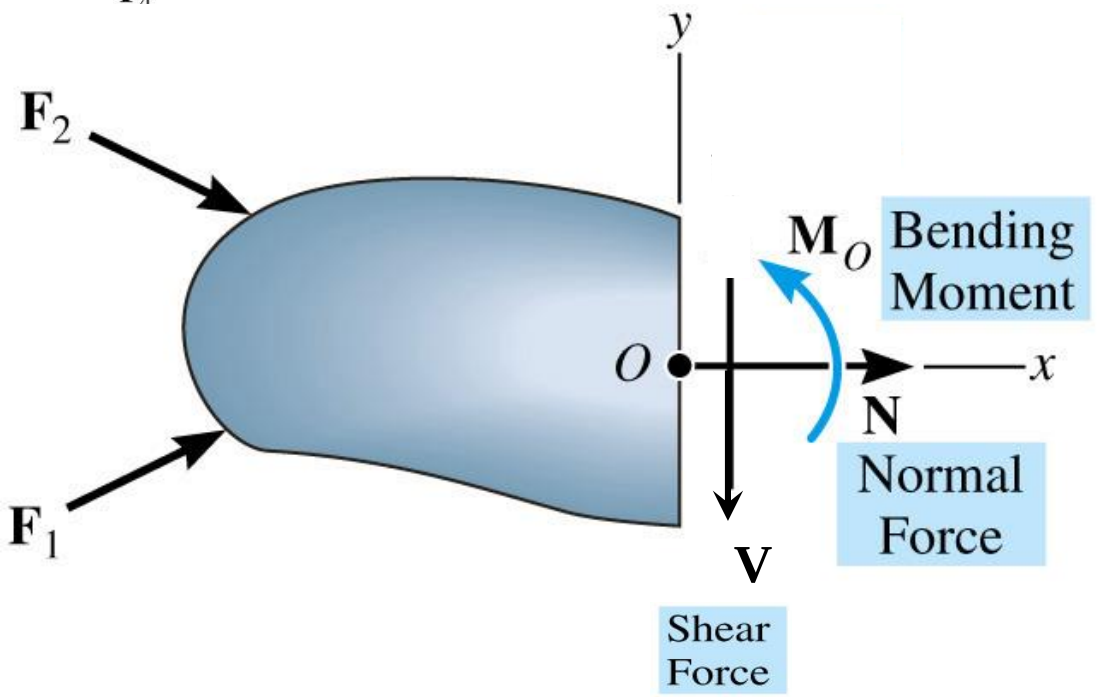


- برای تعیین تنش ها، از بارهای عکس العملی داخلی استفاده میشود.

سیستم نیروی صفحه ای

جهت های صحیح V، N و M
در سیستم داخلی نیروها مطابق
با شکل زیر نشان داده شده است.





خلاصه روش حل مسائل مقاومت مصالح:

۱. ابتدا نیروهای تکیه گاهی مجهول را محاسبه کنید.

۲. نیروهای داخلی را در نقطه مورد نظر با برش عضو (در صورت نیاز) تعیین کنید.

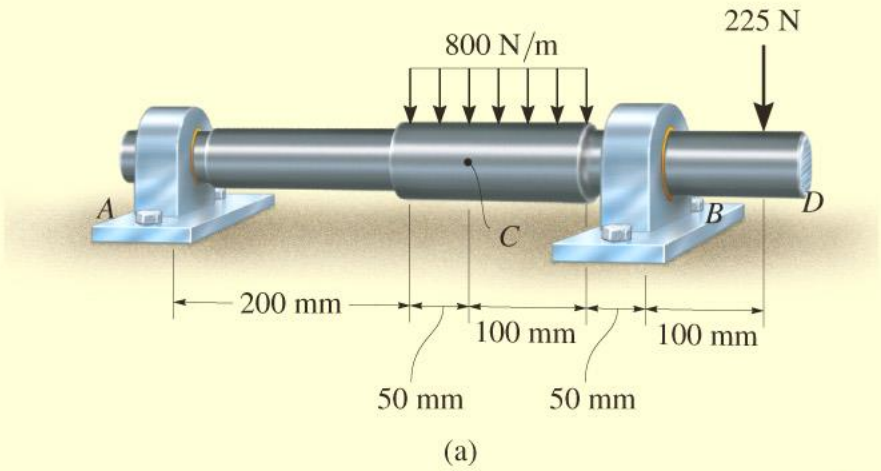
۳. مشخصات سطح (اینرسی، مرکز، مساحت و .....) را محاسبه کنید.

۴. تنش را بدست آورید!!!

به مثال های ۱ و ۲ توجه کنید.

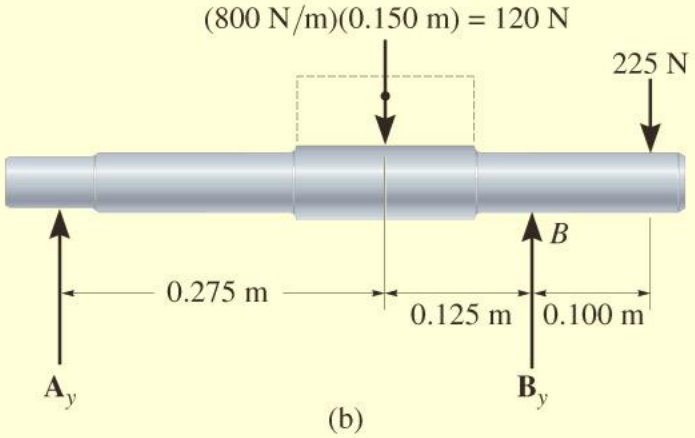
EXAMPLE 1.2

Determine the resultant internal loadings acting on the cross section at C of the machine shaft shown in Fig. 1–5*a*. The shaft is supported by bearings at A and B, which exert only vertical forces on the shaft.



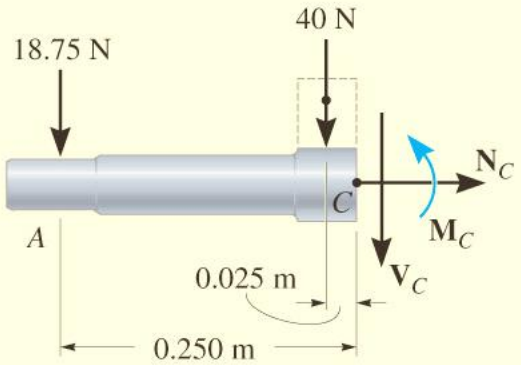
(a)

Fig. 1–5



(b)

Fig. 1–5b



(c)

Fig. 1–5c

Solution

We will solve this problem using segment AC of the shaft.

Support Reactions. A free-body diagram of the entire shaft is shown in Fig. 1–5*b*. Since segment AC is to be considered, only the reaction at A has to be determined. Why?

$$\curvearrowleft + \Sigma M_B = 0;\quad -A_y(0.400\text{ m}) + 120\text{ N}(0.125\text{ m}) - 225\text{ N}(0.100\text{ m}) = 0$$

$$A_y = -18.75\text{ N}$$

The negative sign for A_y indicates that $\mathbf{A}_y$ acts in the *opposite sense* to that shown on the free-body diagram.

Free-Body Diagram. Passing an imaginary section perpendicular to the axis of the shaft through C yields the free-body diagram of segment AC shown in Fig. 1–5*c*.

Equations of Equilibrium.

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0;\qquad N_C = 0 \qquad \textit{Ans.}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0;\qquad -18.75\text{ N} - 40\text{ N} - V_C = 0$$

$$V_C = -58.8\text{ N} \qquad \textit{Ans.}$$

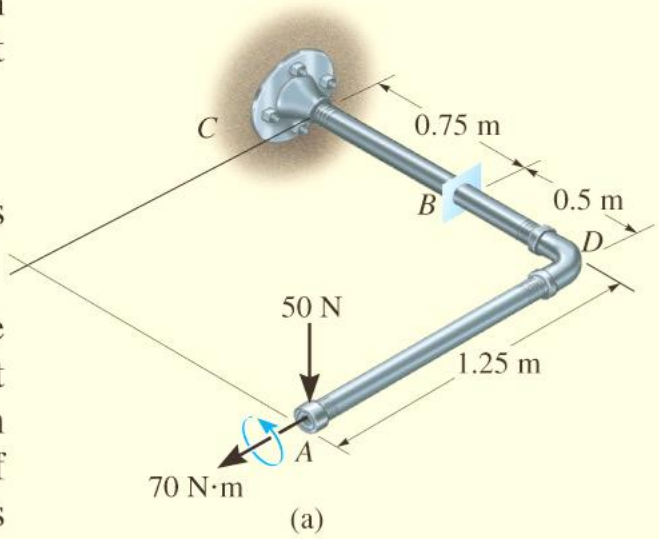
$$\curvearrowleft + \Sigma M_C = 0;\quad M_C + 40\text{ N}(0.025\text{ m}) + 18.75\text{ N}(0.250\text{ m}) = 0$$

$$M_C = -5.69\text{ N}\cdot\text{m} \qquad \textit{Ans.}$$

What do the negative signs for V_C and M_C indicate? As an exercise, calculate the reaction at B and try to obtain the same results using segment CBD of the shaft.

EXAMPLE 1.5

Determine the resultant internal loadings acting on the cross section at B of the pipe shown in Fig. 1–8*a*. The pipe has a mass of 2 kg/m and is subjected to both a vertical force of 50 N and a couple moment of 70 N · m at its end A. It is fixed to the wall at C.



(a)

Solution

The problem can be solved by considering segment AB, which does *not* involve the support reactions at C.

Free-Body Diagram. The x, y, z axes are established at B and the free-body diagram of segment AB is shown in Fig. 1–8*b*. The resultant force and moment components at the section are assumed to act in the positive coordinate directions and to pass through the *centroid* of the cross-sectional area at B. The weight of each segment of pipe is calculated as follows:

$$W_{BD} = (2\ \text{kg/m})(0.5\ \text{m})(9.81\ \text{N/kg}) = 9.81\ \text{N}$$

$$W_{AD} = (2\ \text{kg/m})(1.25\ \text{m})(9.81\ \text{N/kg}) = 24.525\ \text{N}$$

These forces act through the center of gravity of each segment.

Equations of Equilibrium. Applying the six scalar equations of equilibrium, we have*

$$\Sigma F_x = 0; \qquad (F_B)_x = 0 \qquad \textit{Ans.}$$

$$\Sigma F_y = 0; \qquad (F_B)_y = 0 \qquad \textit{Ans.}$$

$$\Sigma F_z = 0; \qquad (F_B)_z - 9.81\ \text{N} - 24.525\ \text{N} - 50\ \text{N} = 0$$

$$(F_B)_z = 84.3\ \text{N} \qquad \textit{Ans.}$$

$$\Sigma (M_B)_x = 0; \quad (M_B)_x + 70\ \text{N}\cdot\text{m} - 50\ \text{N}\,(0.5\ \text{m}) - 24.525\ \text{N}\,(0.5\ \text{m}) - 9.81\ \text{N}\,(0.25\ \text{m}) = 0$$

$$(M_B)_x = -30.3\ \text{N}\cdot\text{m} \qquad \textit{Ans.}$$

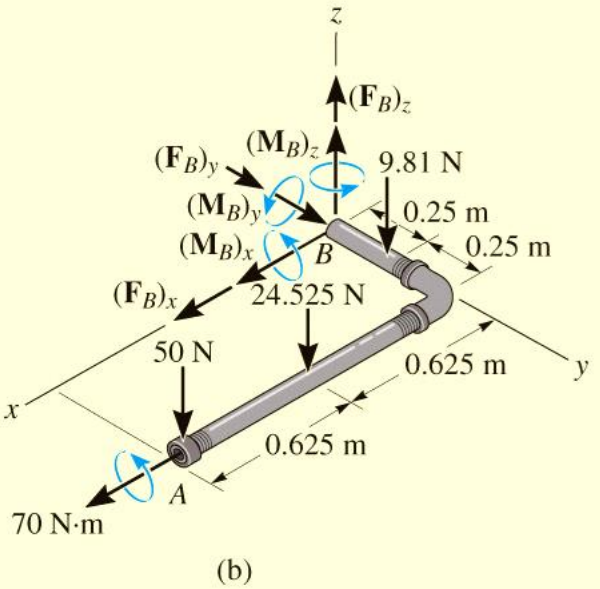
$$\Sigma (M_B)_y = 0; \quad (M_B)_y + 24.525\ \text{N}\,(0.625\ \text{m}) + 50\ \text{N}\,(1.25\ \text{m}) = 0$$

$$(M_B)_y = -77.8\ \text{N}\cdot\text{m} \qquad \textit{Ans.}$$

$$\Sigma (M_B)_z = 0; \qquad (M_B)_z = 0 \qquad \textit{Ans.}$$

What do the negative signs for $(M_B)_x$ and $(M_B)_y$ indicate? Note that the normal force $N_B = (F_B)_y = 0$, whereas the shear force is $V_B = \sqrt{(0)^2 + (84.3)^2} = 84.3\ \text{N}$. Also, the torsional moment is $T_B = (M_B)_y = 77.8\ \text{N}\cdot\text{m}$ and the bending moment is $M_B = \sqrt{(30.3)^2 + (0)} = 30.3\ \text{N}\cdot\text{m}$.

*The *magnitude* of each moment about an axis is equal to the magnitude of each force times the perpendicular distance from the axis to the line of action of the force. The *direction* of each moment is determined using the right-hand rule, with positive moments (thumb) directed along the positive coordinate axes.

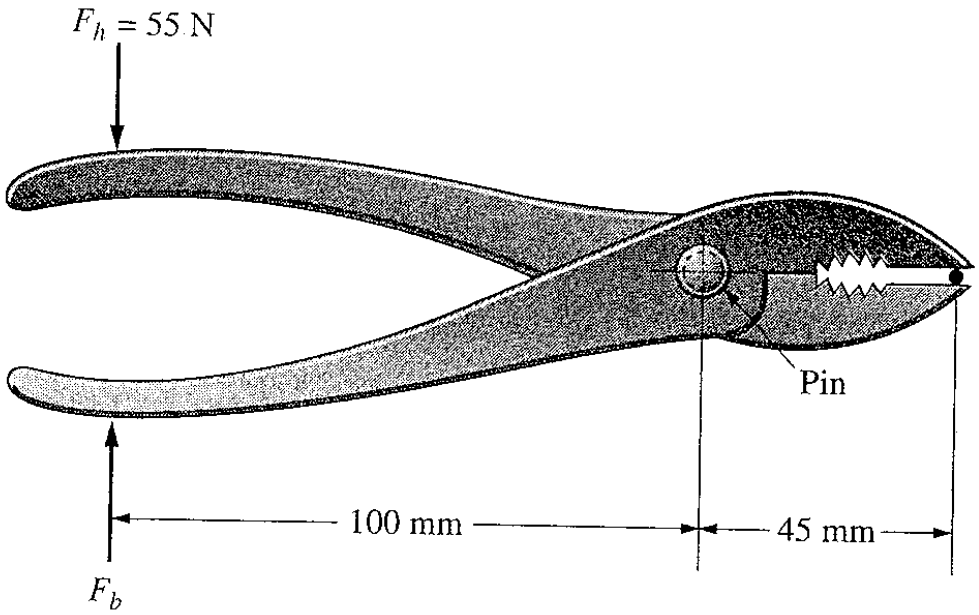


(b)

Fig. 1–8

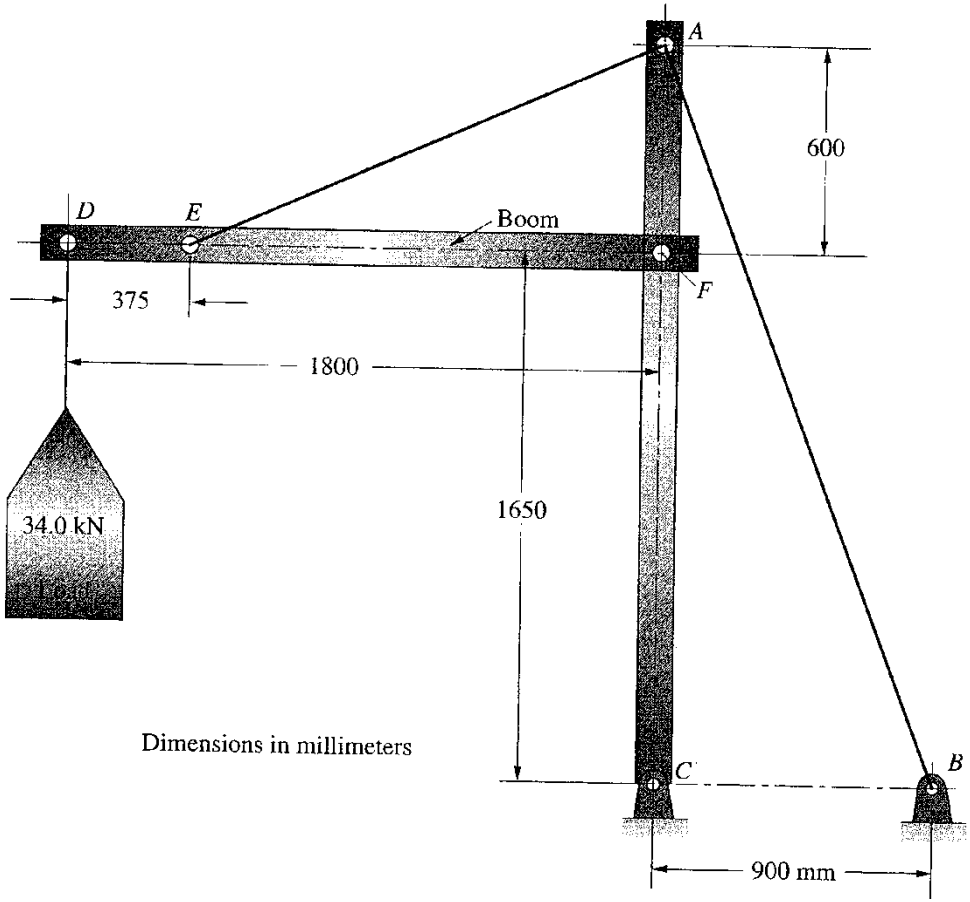
استاتیک: مثال ۱- انبردست

یک انبردست مطابق شکل موجود است.
بیابید: نیروی اعمال شده به سیم و نیرو در پینی که دو بخش انبردست را به هم متصل کرده است.



تمرین جلسه آینده

استاتیک- مثال ۲: سازه جرثقیل



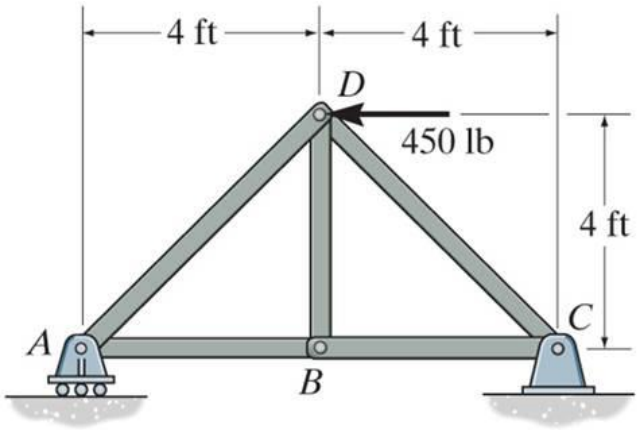
سازه جرثقیل مطابق شکل می باشد.
بیابید: نیروها و دیاگرام آزاد برای کابل های AB و AE، تیر DEF و ستون AFC.

تمرین جلسه آینده

مثال

بارگذاری روی خرپا نشان داده شده است.

مطلوبست: نیروها در هر عضو خرپا.



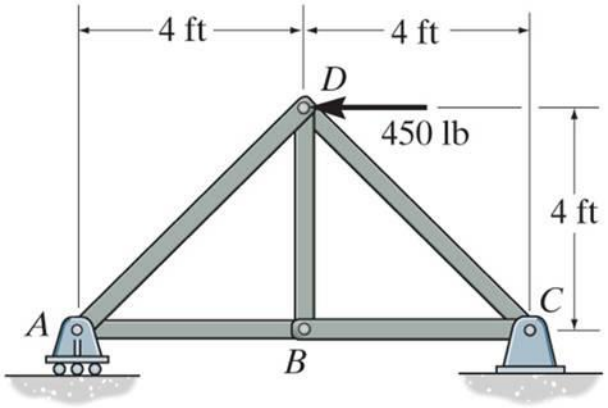
۱. چک کنید آیا هیچ عضو بدون نیرو (صفر نیرویی) وجود دارد.

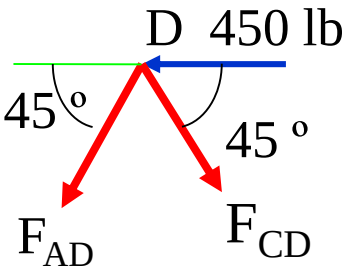
۲. از پین D تحلیل را آغاز کرده و سپس پین A را بررسی کنید.

۳. عضو BD صفر نیرویی است . $F_{BD} = 0$

۴. چرا برای این مسئله ابتدا نیروهای تکیه گاهی را بدست نمی آوریم؟

ادامه حل مثال





FBD of pin D

$$+ \rightarrow \sum F_X = -450 + F_{CD}\cos 45° - F_{AD}\cos 45° = 0$$

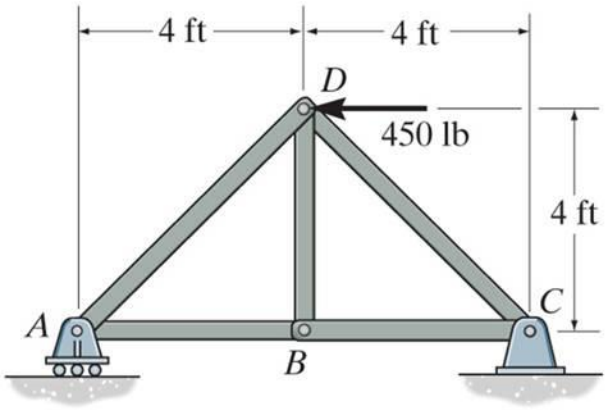
$$+ \uparrow \sum F_Y = - F_{CD}\sin 45° - F_{AD}\sin 45° = 0$$

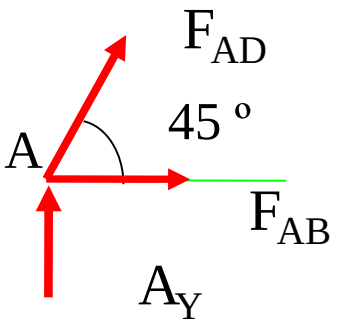
$F_{CD} = 318$ lb (کشش) or (T)

and $F_{AD} = -318$ lb (فشار) or (C)

ادامه حل مثال

تحلیل پین A

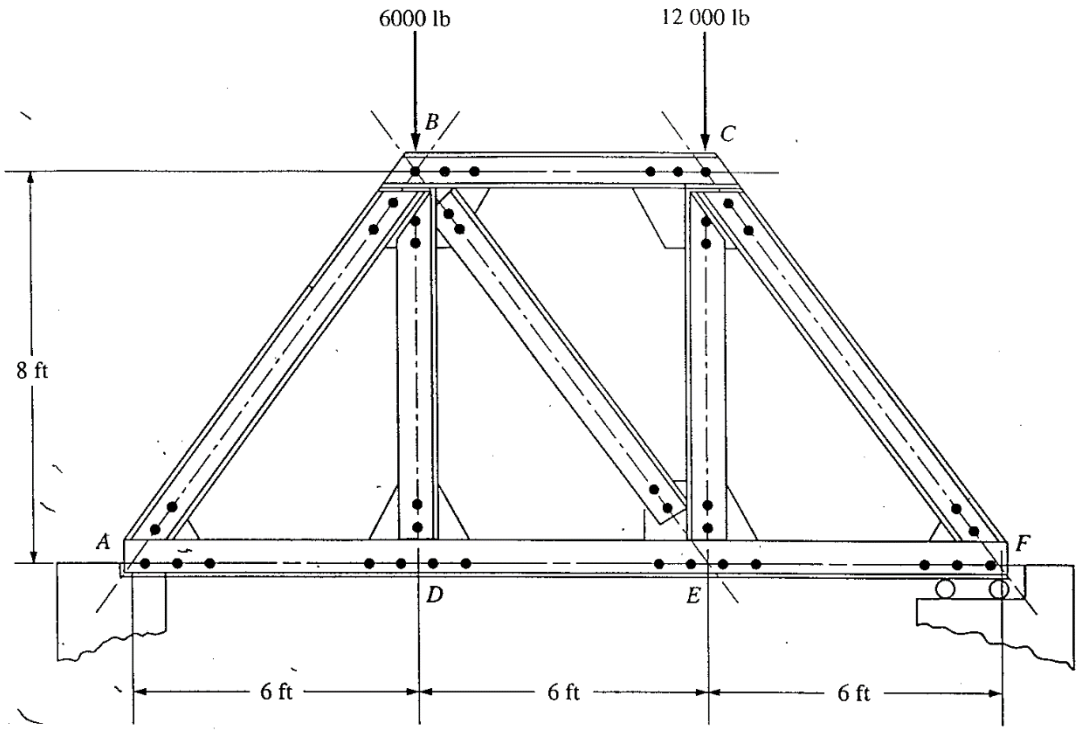




FBD of pin A

$$+ \rightarrow \sum F_X = F_{AB} + (-318)\cos 45° = 0; \qquad \underline{F_{AB} = 225 \text{ lb (T)}}$$

استاتیک- مثال ۲: سازه خرپا



Member specifications:

AD, DE, EF L2 × 2 × ⅛ – doubled —— ⌋|⌊

BD, CE, BE L2 × 2 × ⅛ – single —— ⌋

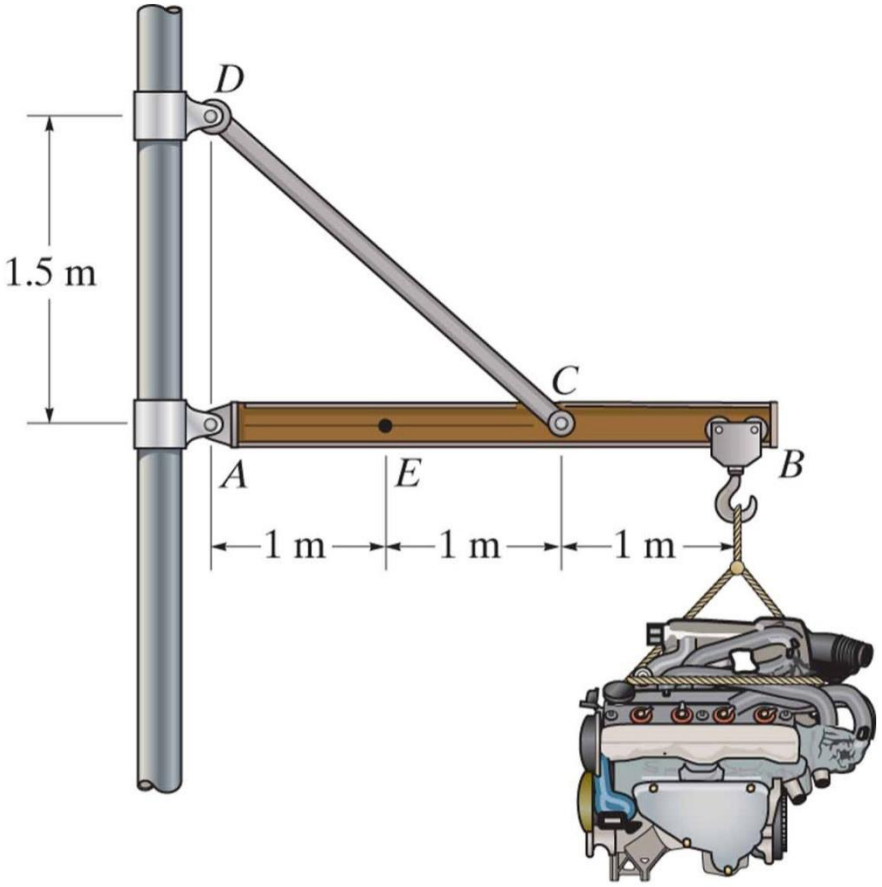
AB, BC, CF C3 × 4.1 – doubled —— ⊐⊏

نیروهای اعضای زیر را بیابید
AB, BC, AD, EF, BD, BE, CE, CF

تمرین جلسه آینده

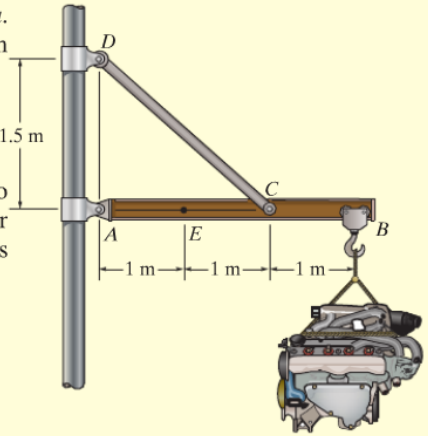
یک موتور ۵۰۰ کیلوگرمی از یک تیر یک جرثقیل مطابق شکل آویزان شده است. بارهای داخلی برآیند وارد بر سطح مقطع تیر در نقطه **E** را تعیین کنید.

Example 4: The 500 kg engine is suspended from the boom crane as shown. Determine resultant internal loadings acting on the cross section of the boom at point E.



EXAMPLE 1.3

The 500-kg engine is suspended from the crane boom in Fig. 1–6*a*. Determine the resultant internal loadings acting on the cross section of the boom at point *E*.



(a)

SOLUTION

Support Reactions. We will consider segment *AE* of the boom so we must first determine the pin reactions at *A*. Notice that member *CD* is a two-force member. The free-body diagram of the boom is shown in Fig. 1–6*b*. Applying the equations of equilibrium,

$$\circlearrowleft + \Sigma M_A = 0; \quad F_{CD}\left(\tfrac{3}{5}\right)(2\text{ m}) - [500(9.81)\text{ N}](3\text{ m}) = 0$$

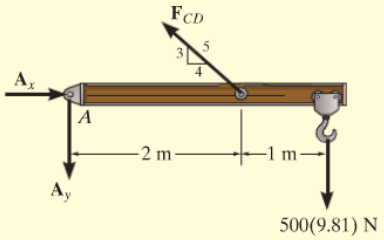
$$F_{CD} = 12\,262.5\text{ N}$$

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad A_x - (12\,262.5\text{ N})\left(\tfrac{4}{5}\right) = 0$$

$$A_x = 9810\text{ N}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -A_y + (12\,262.5\text{ N})\left(\tfrac{3}{5}\right) - 500(9.81)\text{ N} = 0$$

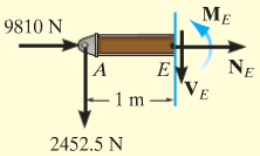
$$A_y = 2452.5\text{ N}$$



(b)

Free-Body Diagram. The free-body diagram of segment *AE* is shown in Fig. 1–6*c*.

Equations of Equilibrium.



(c)

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad N_E + 9810\text{ N} = 0$$

$$N_E = -9810\text{ N} = -9.81\text{ kN} \qquad \textit{Ans.}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -V_E - 2452.5\text{ N} = 0$$

$$V_E = -2452.5\text{ N} = -2.45\text{ kN} \qquad \textit{Ans.}$$

$$\circlearrowleft + \Sigma M_E = 0; \quad M_E + (2452.5\text{ N})(1\text{ m}) = 0$$

$$M_E = -2452.5\text{ N}\cdot\text{m} = -2.45\text{ kN}\cdot\text{m} \qquad \textit{Ans.}$$

Fig. 1–6

عکس العمل ها در A و C را یافته و دیاگرام آزاد جسم را ترسیم کنید.