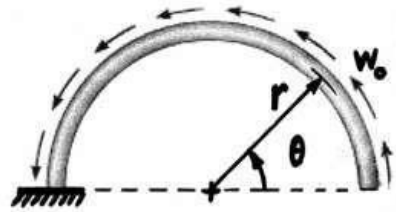
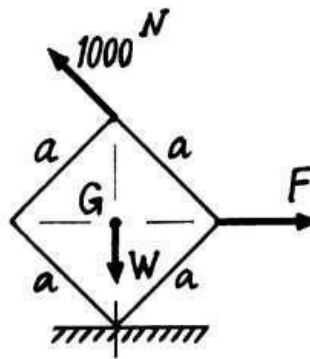


- ۱- قوس نیم دایره زیر در معرض بار گسترده‌ی یکنواخت با شدت  $w_0$  بر واحد طول قرار دارد. نسبت نیروی محوری به نیروی برشی در مقطع  $\theta$  برابر با کدام است؟



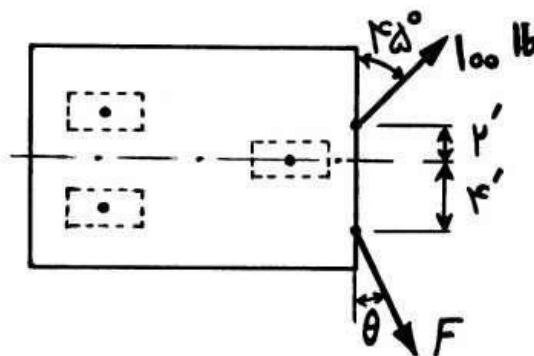
- (۱)  $\frac{\sin \theta}{1 - \cos \theta}$   
 (۲)  $\frac{\cos \theta}{1 - \sin \theta}$   
 (۳)  $\frac{\sin \theta}{1 + \cos \theta}$   
 (۴)  $\frac{\cos \theta}{1 + \sin \theta}$

- ۲- جعبه مکعب شکل زیر از روی یک یال روی زمین قرار گرفته است. در وضعیت تعادل، برآیند  $F$  و نیروی  $1000$  نیوتنی، چند نیوتن است؟



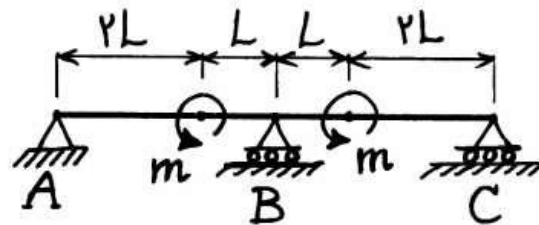
- (۱)  $1000$   
 (۲)  $1000\sqrt{2}$   
 (۳)  $1000\sqrt{3}$   
 (۴)  $1000\sqrt{5}$

- ۳- مقادیر  $F$  و  $\theta$  چقدر باشند تا کالسکه زیر بدون انحراف به سمت جلو حرکت نماید؟ (فرض بر آن است که هریک از چرخ‌ها بتواند پیرامون محور قائم گذرنده از مرکز آن، دوران کامل نماید)



- (۱)  $F = 100 \text{ lb}$  و  $\theta = 45^\circ$   
 (۲)  $F = 200 \text{ lb}$  و  $\theta = 45^\circ$   
 (۳)  $F = 68.2 \text{ lb}$  و  $\theta = 30^\circ$   
 (۴)  $F = 79.1 \text{ lb}$  و  $\theta = 26.56^\circ$

۴ - عکس العمل در تکیه گاه A چقدر است؟



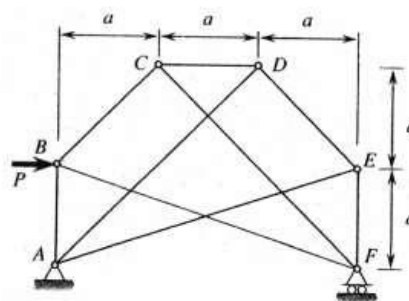
(۱)  $\frac{2m}{L}$

(۲)  $\frac{m}{L}$

(۳)  $\frac{2m}{3L}$

(۴)  $\frac{m}{3L}$

۵ - نیرو در عضو EF در خرابای زیر چند برابر P می باشد؟



(۱)  $\frac{1}{3}$

(۲)  $\frac{1}{2}$

(۳)  $\frac{2}{3}$

(۴) ۱

۶ - دو میله یکنواخت به جرم  $m$  و طول  $l$  مطابق شکل از طریق یک فنر پیچشی به ضریب سختی  $K$  در وضعیت قائم نگهداری می شوند. شرط پایداری تعادل سیستم کدام است؟ (در وضعیت نشان داده شده فنر بدون بار است.)

(۱)  $K > mgl$

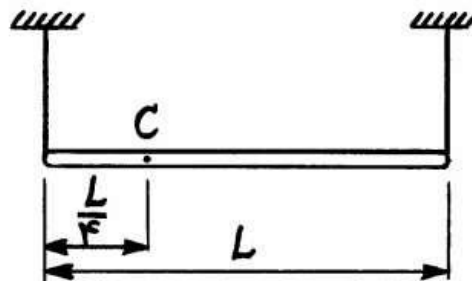
(۲)  $K > \frac{1}{4}mgl$

(۳)  $K < mgl$

(۴)  $K < \frac{1}{4}mgl$

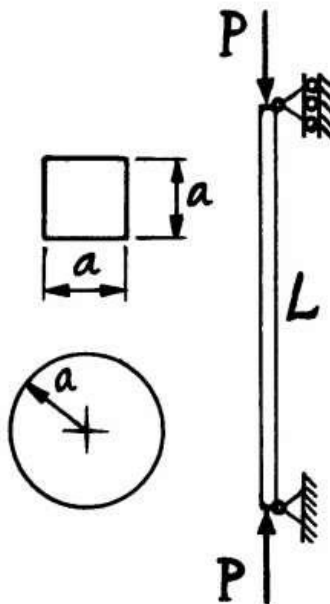


- ۷ - میله یکنواختی به طول  $L$  توسط دو طناب در دو انتهای آن نگهداری شده و کشش هر طناب  $N$  است. اگر به جای طناب انتهای چپ، از تکیه‌گاه ساده‌ای در نقطه  $C$  به فاصله  $\frac{L}{4}$  از این انتها استفاده شود، کشش طناب طرف راست چند نیوتن خواهد بود؟



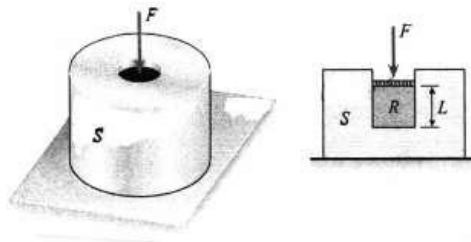
- (۱) ۲۰  
(۲) ۴۰  
(۳) ۶۰  
(۴) ۱۲۰

- ۸ - دو ستون دو سر لولا از یک جنس به طول  $L$  با دو مقطع مربع  $(a \times a)$  و دایره (به شعاع  $a$ ) تحت فشار محوری  $P$  قرار دارند. نسبت بار بحرانی ستون با مقطع مربع به بار بحرانی ستون با مقطع دایره  $\left(\frac{P_{cr \text{ مربع}}}{P_{cr \text{ دایره}}}\right)$  چقدر است؟



- (۱)  $\frac{1}{3\pi}$   
(۲)  $\frac{\pi}{3}$   
(۳)  $\frac{3}{\pi}$   
(۴) ۱

- ۹ - یک استوانه لاستیکی به شعاع  $R$  و طول  $L$  و مقطع عرضی  $A$  داخل یک استوانه فولادی  $S$  با نیروی  $F$  که به طور یکنواخت فشار را به لاستیک اعمال می‌کند، فشرده می‌شود. مقدار کوتاه شدگی استوانه لاستیکی چند برابر  $\frac{FL}{EA}$  است؟



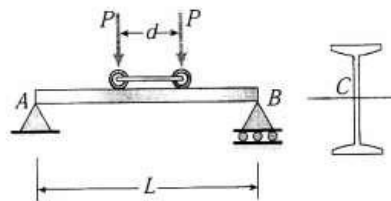
$$(1) \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{(1+\nu)}$$

$$(2) \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)}$$

$$(3) \frac{(1-\nu)(1+2\nu)}{(1+\nu)}$$

$$(4) \frac{(1+\nu)(1+2\nu)}{(1-\nu)}$$

- ۱۰ - تیر ساده  $AB$  به طول دهانه  $L$ ، مطابق شکل در معرض دو بار متحرک  $P$  که می‌توانند در راستای طول تیر جابجا شوند، قرار دارد. فاصله دو نیرو مساوی  $d$  و ممان اینرسی و مدول مقطع تیر به ترتیب  $I$  و  $S$  می‌باشند. حداکثر تنش خمشی به واسطه بارهای متحرک چند برابر  $\frac{PL}{S}$  می‌باشد؟



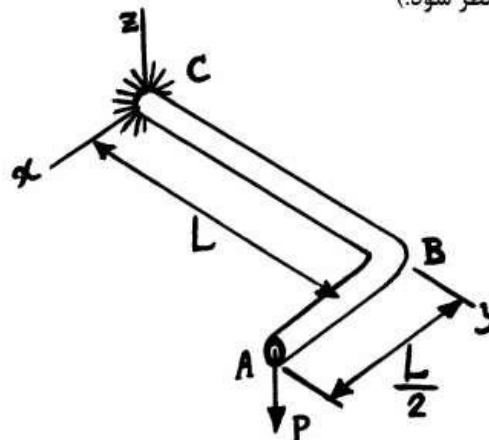
$$(1) 4\left(1 - \frac{d}{\sqrt{L}}\right)^2$$

$$(2) 2\left(1 - \frac{d}{\sqrt{L}}\right)^2$$

$$(3) \frac{1}{4}\left(1 - \frac{d}{\sqrt{L}}\right)^2$$

$$(4) \frac{1}{4}\left(1 - \frac{d}{\sqrt{L}}\right)^2$$

- ۱۱ - لوله افقی زیر در نقطه  $C$  به دیوار ثابت شده و در نقطه  $A$  تحت اثر نیروی عمودی  $P$  به سمت پایین قرار گرفته است. چنانچه طول قسمت‌های  $AB$  و  $BC$  دو برابر شوند، تغییر مکان عمودی نقطه  $A$  چند برابر می‌شود؟ (از اثر برش عرضی صرف‌نظر شود.)



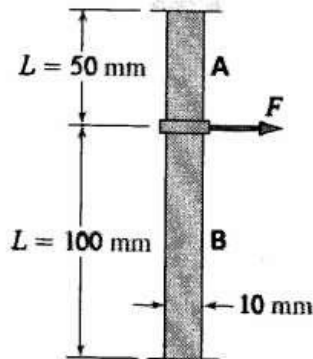
$$(1) 1$$

$$(2) 2$$

$$(3) 4$$

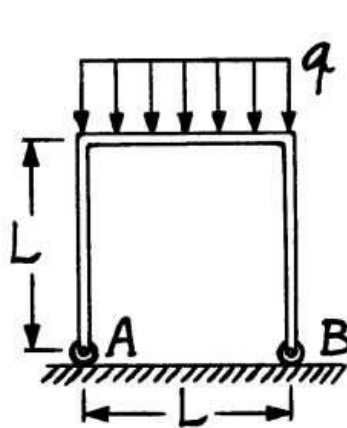
$$(4) 8$$

- ۱۲- یک صفحه صلب به دو قطعه لاستیکی A و B با مدول برشی  $1 \text{ MPa}$  و به ابعاد  $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  متصل شده است. صفحه صلب مقید به جابجایی افقی در صورت اعمال نیروی  $F$  می باشد. در صورتی که جابجایی افقی صفحه برابر با  $5 \text{ mm}$  باشد، با فرض توزیع یکنواخت تنش برشی در قطعات لاستیکی، میزان نیروی اعمالی  $F$  چند نیوتن است؟



- (۱)  $1/5$   
(۲)  $2$   
(۳)  $2/5$   
(۴)  $3/5$

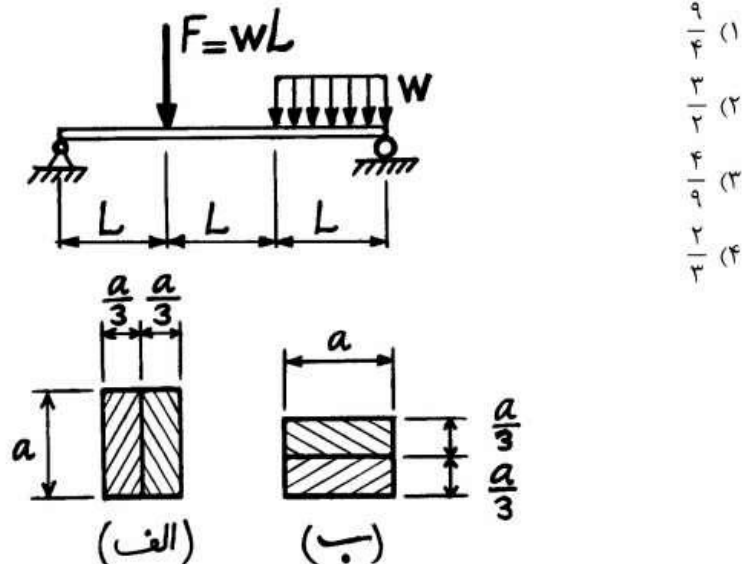
- ۱۳- جسم زیر از سه ضلع بسیار نازک با طول  $L$  و مدول خمشی  $EI$  ساخته شده است. پایه های A و B به صورت چرخ های بدون اصطکاک در تماس با زمین هستند. در اثر بار گسترده یکنواخت نشان داده شده با شدت  $q$ ، میزان افزایش



فاصله  $AB$  چند برابر  $\frac{qL^4}{EI}$  است؟

- (۱)  $\frac{1}{12}$   
(۲)  $\frac{1}{6}$   
(۳)  $\frac{1}{4}$   
(۴)  $\frac{5}{12}$

- ۱۴- تیر زیر بر روی دو تکیه‌گاه ساده تحت بارگذاری قرار دارد. این تیر با استفاده از تسمه‌های فولادی به ابعاد  $a \times \frac{a}{3}$  ساخته شده است. نسبت خیز بیشینه در حالت (الف) چند برابر خیز بیشینه در حالت (ب) می‌باشد؟

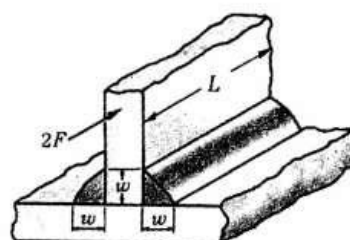


- (۱)  $\frac{9}{4}$   
(۲)  $\frac{3}{2}$   
(۳)  $\frac{4}{9}$   
(۴)  $\frac{2}{3}$

- ۱۵- براساس مدل پتروف، در یاتاقانی که شرط لایه ضخیم روانکار ارضاء شده باشد، با نصف شدن بار شعاعی روی شافت، ضریب اصطکاک چگونه تغییر می‌کند؟  
(۱) نصف می‌شود.  
(۲) ثابت می‌ماند.  
(۳) دو برابر می‌شود.  
(۴) چون ممکن است شرط لایه ضخیم دیگر برقرار نباشد، نمی‌توان پاسخ داد.
- ۱۶- برای انتقال توان  $10$  اسب بخار پیشنهاد شده، از چرخنده‌های ساده (spur gears) استفاده شود. سرعت ورودی  $1750 \text{ rpm}$  و سرعت خروجی  $350 \text{ rpm}$  است. حداقل تعداد دندانه  $15$  عدد است. طراحی خود را براساس حداقل فاصله مراکز انجام دهید. حداقل فاصله مراکز چند اینچ است؟ (محورهای ورودی و خروجی باید در یک جهت قرار بگیرند).

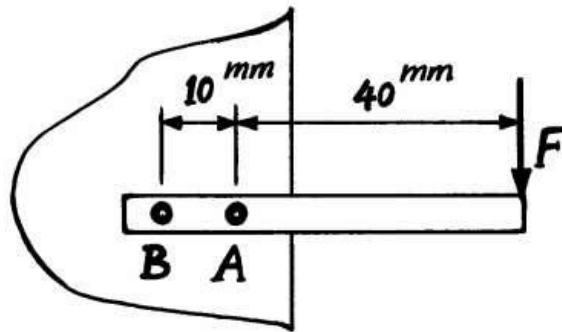
- (۱)  $3/75$   
(۲)  $4/5$   
(۳)  $5$   
(۴)  $5/25$

- ۱۷- نیروی مجاز بر واحد طول، برای جوش گوشه‌ای دو طرفه زیر چند برابر  $wL\tau_{all}$  است؟ (نیروی اعمالی موازی راستای خط جوش است و از خمش صرف‌نظر شود).



- (۱)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$   
(۲)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$   
(۳)  $\sqrt{2}$   
(۴)  $\sqrt{3}$

۱۸- در اتصال زیر، پرچ‌ها یک اندازه و از یک جنس ساخته شده‌اند. نسبت ضریب ایمنی پرچ A چند برابر ضریب ایمنی پرچ B است؟



- (۱)  $\frac{9}{11}$   
 (۲) ۱  
 (۳)  $\frac{11}{9}$   
 (۴) ۴

۱۹- دو فنر فشاری از سیم کرم-وانادیم با قطر  $\frac{1}{6}$  mm ساخته شده‌اند. فنر اول ده کویل دارد و قطر میانگین آن ۲۰ mm است. فنر دوم پنج کویل دارد و قطر میانگین آن ۴۰ mm است. نسبت سختی فنر اول به فنر دوم کدام است؟

- (۱) ۸  
 (۲) ۴  
 (۳) ۲  
 (۴)  $\frac{1}{4}$

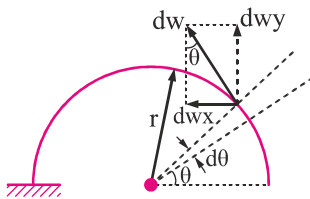
۲۰- یک بلبرینگ ساده برای بار شعاعی  $F_r$  و عمر L با ضریب اطمینان (ضریب بار) S در حالت پوسته ثابت و شافت چرخنده طراحی شده است. در صورتی که پس از  $\frac{L}{4}$  دور شافت ثابت گشته و پوسته بچرخد، ضریب اطمینان طراحی برای همان عمر L چقدر خواهد بود؟

- (۱)  $\frac{1}{8}S$   
 (۲)  $\frac{1}{9}S$   
 (۳)  $\frac{1}{11}S$   
 (۴)  $\frac{1}{12}S$

## پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۱ درست است.

در المانی از بار گسترده  $w_0$  داریم:

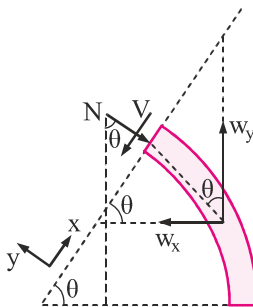


$$dW = w_0 r d\theta$$

$$dW_x = dW \sin \theta = w_0 r \sin \theta d\theta \quad \int_0^\theta \rightarrow W_x = w_0 r (1 - \cos \theta) \quad (I)$$

$$dW_y = dW \cos \theta = w_0 r \cos \theta d\theta \quad \int_0^\theta \rightarrow W_y = w_0 r \sin \theta \quad (II)$$

حال در قطاعی از تیر داریم:



$$\sum F_x = 0 \rightarrow V = W_y \sin \theta - W_x \cos \theta$$

$$\xrightarrow{I, II} V = (w_0 r \sin \theta) \sin \theta - [w_0 r (1 - \cos \theta)] \cos \theta = w_0 r (1 - \cos \theta)$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N = W_y \cos \theta + W_x \sin \theta$$

$$\xrightarrow{I, II} N = (w_0 r \sin \theta) \cos \theta + [w_0 r (1 - \cos \theta)] \sin \theta = w_0 r \sin \theta$$

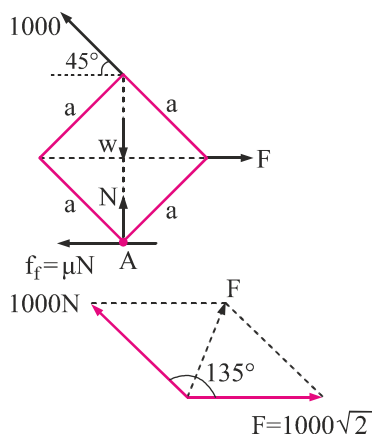
طبق خواسته مسئله داریم:

$$\frac{N}{V} = \frac{w_0 r \sin \theta}{w_0 r (1 - \cos \theta)} = \frac{\sin \theta}{1 - \cos \theta}$$

۲. گزینه ۱ درست است.

چون وضعیت  $w$  و به تبع آن نیروی  $N$  نیروی اصطکاک  $f_f$  در لبه درگیر مشخص نیست، باید نیروی  $F$  را از معادله گشتاوری به دست آوریم. یعنی:





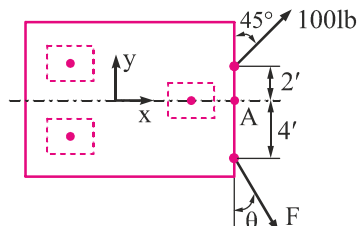
$$\sum M_A = 0 \rightarrow -F \times \frac{a\sqrt{2}}{2} + 1000 \cos 45^\circ \times a\sqrt{2} \rightarrow F = 1000\sqrt{2} \text{ N}$$

حال برآیند نیروی  $F = 1000\sqrt{2}$  و نیروی  $1000 \text{ N}$  عبارت است از:

$$F' = \sqrt{(1000\sqrt{2})^2 + (1000)^2 + 2(1000\sqrt{2})(1000)\cos 135^\circ} = 1000$$

۳. گزینه ۴ درست است.

در صورت سؤال مهم است که معادله  $\sum F_y = 0$  و  $\sum M_A = 0$  در مورد گزینه‌ها ارضاء شود که داریم:



گزینه ۱:  $\sum F_y = 0$  ,  $\sum M_A \neq 0$

گزینه ۲:  $\sum F_y \neq 0$  ,  $\sum M_A \neq 0$

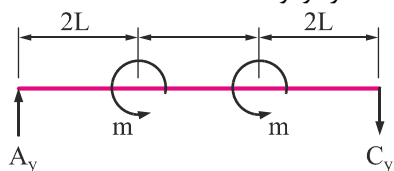
گزینه ۳:  $\sum F_y \neq 0$  ,  $\sum M_A \neq 0$

گزینه ۴:  $\sum F_y = 0$  ,  $\sum M_A = 0$

که چون در گزینه چهارم اعداد غیر روند وجود دارد و ماشین حساب مجاز نیست، می‌توان از نادرست بودن سایر گزینه‌ها به درست بودن گزینه ۴ پی برد!

۴. گزینه ۴ درست است.

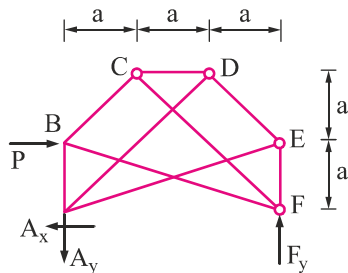
چون تیر از لحاظ بارگذاری پادمتقارن است، بنابراین می‌توان تکیه‌گاه وسط (B) را حذف کرد و نوشت:



$$\sum M_C = 0 \rightarrow A_y \times 6L = m + m \rightarrow A_y = \frac{m}{3L}$$

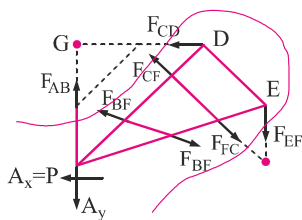
۵. گزینه ۳ درست است.

ابتدا عکس‌العمل  $A_x$  را به دست می‌آوریم:



$$\sum F_x = 0 \rightarrow A_x = P$$

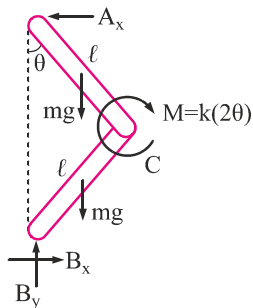
در مقطع زیر داریم:



$$\sum M_G = 0 \quad -P \times 2a - F_{EF} \times 3a = 0 \rightarrow F_{EF} = \frac{-2}{3}P$$

۶. گزینه ۲ درست است.

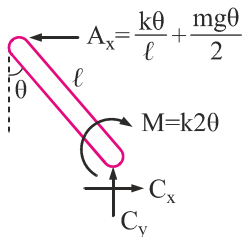
اگر سیستم از پایداری خارج شود ( $\theta \ll 1$ )، داریم:



$$\sum M_B = 0 \rightarrow -k2\theta - 2mg \frac{\ell}{2} \sin \theta + A_x 2\ell \cos \theta = 0$$

$$\frac{\sin \theta \approx \theta}{\cos \theta = 1} \rightarrow A_x = \frac{k\theta}{\ell} + \frac{mg\theta}{2}$$

در عضو AC داریم:

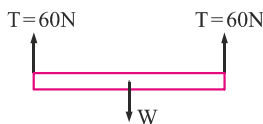


$$\sum M_C = 0 \rightarrow k2\theta = \left( \frac{k\theta}{\ell} + \frac{mg\theta}{2} \right) \ell \cos \theta$$

$$\xrightarrow[\theta=0]{\text{برای حالت پایداری}} k_{\min} = \frac{mg\ell}{2} \rightarrow k > \frac{1}{2}mg\ell$$

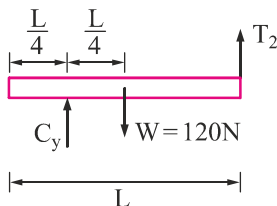
۷. گزینه ۲ درست است.

در حالت اول داریم:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow W = 120 \text{ N}$$

در حالت دوم داریم:



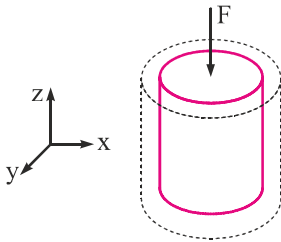
$$\sum M_C = 0 \rightarrow T_2 \times \frac{3L}{4} = 120 \frac{L}{4} \rightarrow T_2 = 40 \text{ N}$$

۸. گزینه ۱ درست است.

$$\frac{P_{\text{crs}}}{P_{\text{crc}}} = \frac{\frac{\pi^2 EI}{\ell_e^2} \Big|_s}{\frac{\pi^2 EI}{\ell_e^2} \Big|_c} = \frac{I_s}{I_c} = \frac{\frac{a^4}{12}}{\frac{\pi a^4}{4}} = \frac{1}{3\pi}$$

۹. گزینه ۲ درست است.

استوانه لاستیکی از طرف  $x$  و  $y$  دارای تعاون است پس:



$$\sigma_x = \sigma_y$$

همچنین دو راستای  $x$  و  $y$  مقید است پس:

$$\varepsilon_x = 0 \rightarrow \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)) = 0 \xrightarrow[\sigma_x = \sigma_y]{\sigma_z = \frac{F}{A}} \sigma_x = \sigma_y = \frac{\nu}{1-\nu} \frac{F}{A} \quad (I)$$

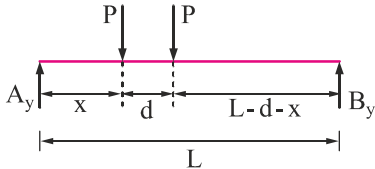
حال کرنش در راستای  $z$  عبارت است از:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}(\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)) \xrightarrow{(I)} \varepsilon_z = \frac{1}{E}\left(\frac{F}{A} - \frac{\nu^2}{1-\nu} \frac{zF}{A}\right) = \frac{F}{AE}\left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}\right)$$

$$\rightarrow \Delta L_z = \varepsilon_z L \rightarrow \Delta L_z = \frac{FL}{AE}\left(\frac{1-\nu-2\nu^2}{1-\nu}\right) = \frac{\sigma L}{AE} \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu}$$

۱۰. گزینه ۳ درست است.

نیروی تکیه‌گاهی  $A$  عبارت است از ( $x$  پارامتر متغیر است):



$$\sum M_B = 0 \rightarrow A_y = \frac{P}{L}(2L - 2x - d)$$

در دو حالت ممکن است ممان خمشی ماکزیمم اتفاق افتد که داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \begin{array}{l} \text{Section 1: } x \text{ from A, } y \text{ from load } P \\ \rightarrow M_1 A_y \times y - P(y-x) \end{array} \\ \begin{array}{l} \text{Section 2: } y \text{ from A, } y \text{ from support B} \\ \rightarrow M_2 = A_y \times y \end{array} \end{array} \right\} \rightarrow M_2 > M_1$$

بنابراین در مقطع دوم حتماً ممان خمشی ماکزیمم است و داریم:

$$\begin{aligned} M_2 = A_y \times y &\xrightarrow[y \text{ بیشترین مقدار}]{y=x} M_2 = \frac{P}{L}(2L - 2x - d)x \\ \rightarrow \frac{\partial M_2}{\partial x} = 0 &\rightarrow x^* = \frac{2L-d}{4} \rightarrow M_{2\max} \Big|_x = \frac{P}{L}\left(2L - 2\left(\frac{2L-d}{4}\right) - d\right)\left(\frac{2L-d}{4}\right) \\ \rightarrow M_{2\max} \Big|_{x^*} &= \frac{PL}{2}\left(1 - \frac{d}{2L}\right)^2 \rightarrow \sigma_{\max} = \frac{M_{2\max}}{S} = \frac{PL}{S} \frac{1}{2}\left(1 - \frac{d}{2L}\right)^2 \end{aligned}$$

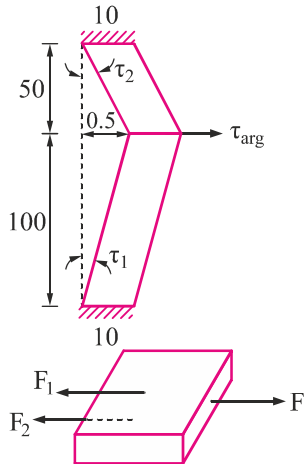
۱۱. گزینه ۴ درست است.

$$y_A = \frac{PL_{BC}^3}{3EI} + \frac{PL_{AB}^3}{3E\Sigma} + \frac{(PL_{AB})L_{BC}}{GJ} L_{AB}$$

که مشاهده می شود با دو برابر شدن  $L_{AB}$  و  $L_{BC}$ ، خیز عمودی نقطه A، 8 برابر می شود.

۱۲. گزینه ۱ درست است.

در لاستیک های موجود در شکل داریم:



$$\gamma_1 = +g\gamma_1 = \frac{0.5}{50} = 0.01$$

$$\tau_1 = G\gamma_1 \rightarrow \tau_1 = 1 \times 0.01 = 0.01 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow F_1 = \tau_1 A = 0.01 \times 100 \rightarrow F_1 = 1 \text{ N}$$

$$\gamma_2 = +g\gamma_2 = \frac{0.5}{100} = 0.005$$

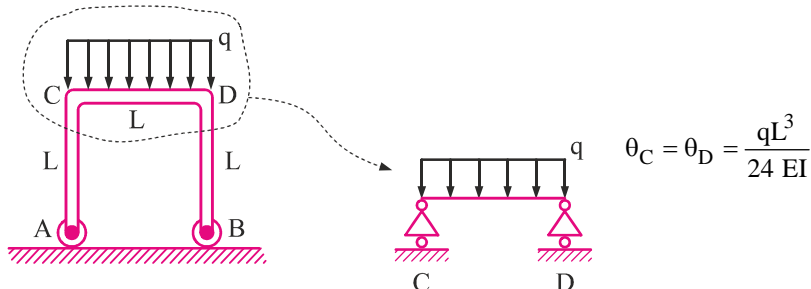
$$\tau_2 = G\gamma_2 \rightarrow \tau_2 = 1 \times 0.05 = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow F_2 = \tau_2 A = 0.005 \times 100 \rightarrow F_2 = 0.5$$

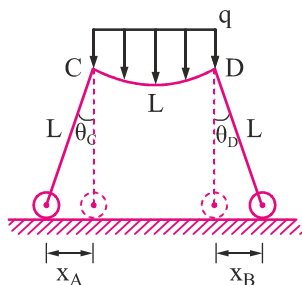
$$\sum F_x = 0 \rightarrow F = F_1 + F_2 = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ N}$$

۱۳. گزینه ۱ درست است.

شیب در نقاط C و D را باید پیدا کنیم، بنابراین قسمتی که بار گسترده بر آن اعمال می شود را می توان با تیر با دو انتهای ساده مدل کرد و نوشت:



حال به دلیل این که در قسمت AC و BD ممان خمشی وجود ندارد، می توان آن ها را به صورت خط صاف در نظر گرفت و نوشت:



$$\Delta L_{AB} = x_A + x_B = \theta_C \times L + \theta_D \times L = \frac{qL^3}{24 EI} \times L + \frac{qL^3}{24 EI} \times L$$

$$\Delta_{AB} = \frac{1}{12} \frac{qL^4}{EI}$$

۱۴. گزینه ۳ درست است.

به هر حال، به کمک تئوری کاسیگلیانو خیز ناشی از انرژی خمشی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{y_{\max A}}{y_{\max B}} = \frac{\int \frac{M_x}{EI_A} \frac{\partial M_x}{\partial P} dx}{\int \frac{M_x}{EI_B} \frac{\partial M_x}{\partial P} dx} = \frac{\frac{1}{EI_A} \int M_x \frac{\partial M_x}{\partial P} dx}{\frac{1}{EI_B} \int M_x \frac{\partial M_x}{\partial P} dx} = \frac{I_B}{I_A} = \frac{\frac{a \left( \frac{2a}{3} \right)^3}{12}}{\frac{\frac{2a}{3} (a)^3}{12}} = \frac{4}{9}$$

۱۵. گزینه ۳ درست است.

طبق رابطه ضریب اصطکاک مربوط به مدل پتروف مشاهده می‌شود که با نصف شدن بار شعاعی ( $W$ )، ضریب اصطکاک ( $f$ ) دو برابر می‌شود.

$$f = 2\pi^2 \frac{\mu N}{P} \frac{r}{C}, \quad P = \frac{W}{2r\ell}$$

لازم به ذکر است که تئوری پتروف با فرض یاتاقان هم‌مرکز معرفی شده که البته برای یاتاقان غیر هم‌محور نیز مناسب ارزیابی می‌شود.

۱۶. گزینه ۲ درست است.

$$i = \frac{W_p}{W_g} = \frac{1750}{350} = 5 \rightarrow i = \frac{N_g}{N_p} = 5 \rightarrow N_g = 5N_p \xrightarrow{N_{\min}=N_p=15} N_g = 75$$

حال فاصله بین مراکز در کم‌ترین مقدار (چون از استفاده کردیم) عبارت است از:

$$d'_{\min} = \frac{d_p + d_g}{2} = \frac{m(N_g + N_p)}{2} = m \frac{(75 + 15)}{2} = 45 \text{ m}$$

حال فاصله  $d'_{\min}$  به اینچ عبارت است از:

$$d'_{\min(\text{in})} = \frac{45}{25.4} \text{ m}$$

چون به مدول  $m$  دسترسی نداریم نمی‌توان فاصله  $d'_{\min}$  را یافت. البته اگر مدول‌های استاندارد (0.5, 0.8, 1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 و 50 در واحد میلی‌متر) را در نظر بگیریم، بهترین گزینه، گزینه ۲ می‌باشد.

۱۷. گزینه ۲ درست است.

در جوش ماهیچه‌ای شکل سؤال تنش برشی ماکزیمم عبارت است از:

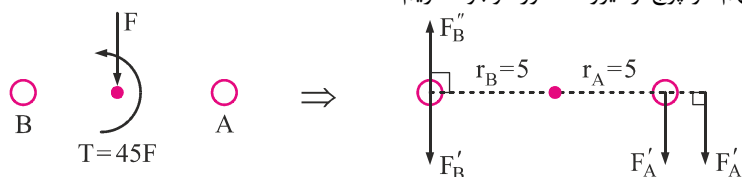
$$\tau_{\max} = \frac{2F}{A} = \frac{2F}{2 + \ell} = \frac{2F}{2 \frac{\sqrt{2}}{2} wL} = \frac{\sqrt{2}F}{wL}$$

ضریب اطمینان و اماندگی استاتیکی را محاسبه می‌کنیم:

$$n_s = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} = \frac{\tau_{\text{all}}}{\tau_{\max}} = \frac{\tau_{\text{all}}}{\frac{\sqrt{2}F}{wL}} = \frac{\tau_{\text{all}} wL}{\sqrt{2}F} \xrightarrow{n_s=1 \text{ مرز و اماندگی}} F = \frac{1}{\sqrt{2}} \tau_{\text{all}} wL$$

۱۸. گزینه ۱ درست است.

لازم به ذکر است که پیچ A حتما بحرانی تر از پیچ B است و بنابراین فقط گزینه ۱ می تواند درست باشد. برای حل، با انتقال نیروی F به مرکز سطح پیچ ها و اختصاص سهم هر پیچ از نیرو گشتاور موجود داریم:



$$F'_A = F'_B = \frac{F}{N} = \frac{F}{2} = 0.5 F$$

$$F''_A = F''_B = \frac{T}{NR} = \frac{45 F}{2 \times 5} = 4.5 F$$

$$F_A = F'_A + F''_A = 0.5F + 4.5F = 5F \rightarrow \tau_A = \frac{F_A}{A} = \frac{5F}{A} \rightarrow n_{SA} = \frac{S_{sy}}{\tau_A} = \frac{S_{sy}}{\frac{5F}{A}} = \frac{AS_{sy}}{5F}$$

$$F_B = F'_B - F''_B = -4 F \rightarrow \text{علامت منفی صرفاً نشان دهنده جهت است} \rightarrow \tau_B = \frac{F_B}{A} = \frac{4F}{A} \rightarrow$$

$$n_{SB} = \frac{S_{sy}}{\tau_B} = \frac{S_{sy}}{\frac{4F}{A}} = \frac{AS_{sy}}{4F}$$

$$\frac{n_{SA}}{n_{SB}} = \frac{\frac{AS_{sy}}{5F}}{\frac{AS_{sy}}{4F}} = \frac{4}{5} \approx \frac{9}{11}$$

۱۹. گزینه ۲ درست است.

رابطه سختی فنر عبارت است از:

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \left( \frac{Gd^4}{8D^3N_a} \right)_1 = \frac{G_1d_1^4}{8(20)^3 \cdot 10} \\ k_2 &= \left( \frac{Gd^4}{8D^3N_a} \right)_2 = \frac{G_2d_2^4}{8(40)^3 \cdot 5} \end{aligned} \right\} \xrightarrow[\substack{G_1=G_2=G \\ d_1=d_2=d}]{k_1} \frac{k_1}{k_2} = \frac{\frac{Gd^4}{8(20)^3 \cdot 10}}{\frac{Gd^4}{8(40)^3 \cdot 5}} = \frac{40^3 \times 5}{20^3 \times 10} = 4$$

۲۰. گزینه ۲ درست است.

طبق تعریف ارائه شده به صورت سؤال، منظور از ضریب اطمینان (ضریب بار) نسبت  $S = \frac{C}{F_e}$  می باشد که در حالت رینگ داخلی

چرخان ( $V_A = 1$ ) داریم:

$$S_1 = \frac{C}{F_{e1}} = \frac{C}{XV_A F_r + YF_a} \xrightarrow[\substack{V_A=1 \\ F_a=0}]{S_1} \frac{C}{XF_r} \quad (I)$$

در حالت رینگ خارجی چرخان ( $V_B = 1.2$ ) داریم:

$$S_2 = \frac{C}{F_{e2}} = \frac{C}{XV_B F_r + YF_a} \xrightarrow[\substack{V_B=1.2 \\ F_a=0}]{S_2} \frac{C}{1.2 \times F_r} \approx 0.83 \frac{C}{XF_r} \xrightarrow{(I)} S_2 = 0.83 S_1$$

هنگامی که بلبرینگ در بارگذاری متغیر قرار می‌گیرد، بار شعاعی معادل ( $F_{eq}$ ) عبارت است از:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	بخش زمانی	سرعت دورانی	سرعت دورانی $\times$ بخش زمانی (1) $\times$ (2)	$\sum_{(f_i)}^{(3)} (3)$ بخش دورانی	نیروی شعاعی ( $F_{ri}$ )	نیروی محوری ( $F_{ai}$ )	نیروی معادل ( $F_{ex}$ )	ضریب کاربرد ( $a_{fi}$ )	$a_{fi} F_{ei}$ (7) $\times$ ( $\sigma$ )
رینگ داخلی چرخان	0.5	N	0.5 N	0.5	$F_r$	0	$X F_r$	1	$X F_r$
رینگ خارجی چرخان	0.5	N	0.5 N	0.5	$F_r$	0	$1.2 X F_r$	1	$1.2 X F_r$
مجموع	1		N	1					

$$F_{eq} = \left[ \sum f_i (a_{fi} f_{ei})^n \right]^{\frac{1}{n}} \xrightarrow[n=3]{\text{بلبرینگ}} F_{eq} = \left[ 0.5 (X F_r)^3 + 0.5 (1.2 X F_r)^3 \right]^{\frac{1}{3}} \rightarrow F_{eq} \approx 1.1 X F_r$$

حال ضریب اطمینان (ضریب بار) در حالت اول و دوم عبارت است از:

$$S_1 = \frac{C}{F_{e1}} = \frac{C}{X V_A F_r + Y F_a} \xrightarrow[F_a=0]{V_A=1} S_1 = \frac{C}{X F_r} \quad (I)$$

$$S_1 = \frac{C}{F_{e2}} = \frac{C}{1.1 X F_r} \approx 0.9 \frac{C}{X F_r} \xrightarrow{(I)} S_2 = 0.9 S_1$$