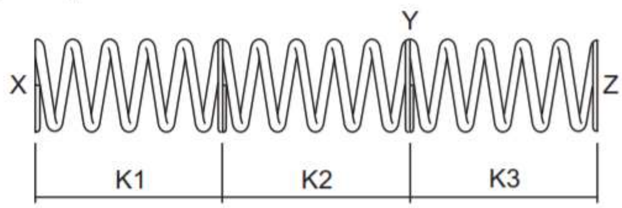
Universidade Federal de Pernambuco
Projeto Estrutural
Prof - Adriano Dayvson
Engenharia Naval

02/04/2018

Questões Estruturas

Obs: As unidades não serão colocadas
Equações simples serão resolvidas automaticamente
O autor não se responsabiliza pelas soluções
encontradas no documento, use por sua conta e risco

Três molas colocadas em série, conforme mostra a figura abaixo, são fixadas ao ponto Z, e, em seguida, é aplicado um deslocamento lateral de 10 mm no ponto X, em direção ao ponto Z.



Levando-se em conta que o material das molas obedece à lei de Hooke, o deslocamento lateral apresentado pelo ponto Y, em milímetros, é

Dados
K1 = 30N/mm
K2 = 20N/mm
K3 = 20N/mm

(A) 2
(B) 2,5
(C) 3
(D) 3,75
(E) 4

$desl := 10 \quad k1 := 30 \quad k2 := 20 \quad k3 := 20$

Lei de Hooke

$F := k \cdot x$

Associação Molas Série

$$k\_eq(k1 ; k2 ; k3) := \left(\frac{1}{k1} + \frac{1}{k2} + \frac{1}{k3} \right)^{-1}$$

$$k\_eq(30 ; 20 ; 20) = 7{,}5$$

$$F := k\_eq(k1 ; k2 ; k3) \cdot desl = 75$$

$$desl\_Y := \frac{F}{k3} = 3{,}75$$

Uma barra circular vazada, com diâmetro externo de 200 mm e interno de 120 mm, é submetida a um torque de 80 kN.m. O valor, com precisão de uma casa decimal, da tensão de cisalhamento junto à parede externa, em N/mm², é

Dado
$\pi = 3{,}14$

(A) 70,5
(B) 67,8
(C) 62,9
(D) 58,5
(E) 53,7

$de := 200 \quad di := 120$

$$T := \frac{80 \cdot 10^{3}}{10^{-3}} \qquad pi := 3{,}14$$

$$J := \frac{pi}{2} \cdot \left(\left(\frac{de}{2} \right)^{4} - \left(\frac{di}{2} \right)^{4} \right) = 1{,}3665 \cdot 10^{8}$$

$$\tau := \frac{T \cdot \frac{de}{2}}{J} = 58{,}5425$$

Um navio que possui seção transversal composta por fundo, convés e costados, todos planos e com um pontal de 10 m, é submetido à ação de momento fletor.

Para que a tensão normal no convés seja quatro vezes a tensão normal no fundo, a altura, em metros, da linha neutra, em relação ao fundo, deve valer

(A) 2
(B) 2,5
(C) 4
(D) 7,5
(E) 8

$Pontal := 10$

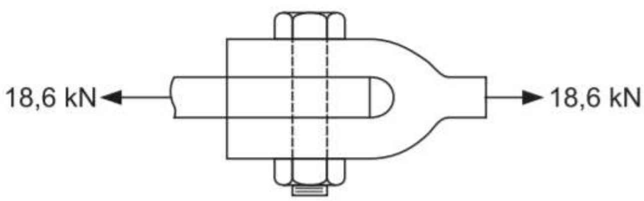
$\sigma c := \frac{M \cdot (Pontal - LN)}{I} \quad \sigma f := \frac{M \cdot (LN)}{I}$

$\sigma c := 4 \cdot \sigma f$

$f(LN) := 4 \cdot (LN) - (Pontal - LN)$

$LN := \text{solve}(f(LN) ; LN) = 2$

Duas peças unidas por um pino de seção circular maciça, de diâmetro D, são tracionadas por uma carga de 18,6 kN.



Qual deverá ser o menor diâmetro do pino, em milímetros, para que o valor médio da tensão de cisalhamento, em cada uma de suas seções transversais, não ultrapasse 187,5 MPa?

Dado

$\pi = 3{,}1$

(A) 6
(B) 8
(C) 10
(D) 12
(E) 14

$F := 18{,}6 \cdot 10^{3} \quad \tau\_med := 187{,}5$

$\tau := \frac{F}{A} \quad pi := 3{,}1$

$A := pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^{2} \quad F\_pino := \frac{F}{2}$

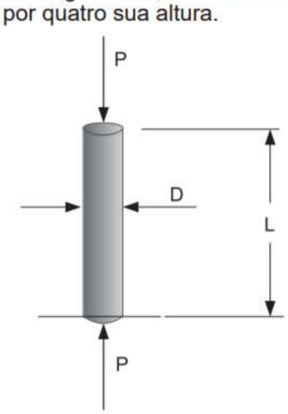
$f(D) := F\_pino - \tau\_med \cdot A$

Resolvendo para encontrar D resultará em uma eq de segundo grau

$\text{solve}(f(D) ; D) = \begin{bmatrix} -8 \\ 8 \end{bmatrix}$

Pegando valor positivo $D := 8$

Em um projeto de um pilar cilíndrico sob compressão, com as extremidades engastadas, verificou-se a necessidade de multiplicar por quatro sua altura.



Para ser mantido o valor da carga crítica de flambagem do pilar, seu diâmetro deve ser multiplicado por

(A) 0,5
(B) 1,41
(C) 2
(D) 4
(E) 8

Euler: $Pcr := \frac{\boldsymbol{\pi}^{2} \cdot E \cdot I}{Lf^{2}} \quad I := \frac{\boldsymbol{\pi} \cdot D^{4}}{32}$

Bi engastada: $Lf := 0{,}5 \cdot L$

$L\_novo := 4 \cdot L \quad D\_novo := x \cdot D$

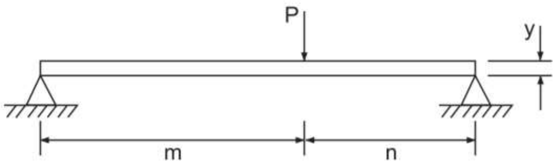
$Lf\_novo := 0{,}5 \cdot L\_novo \quad I\_novo := \frac{\boldsymbol{\pi} \cdot D\_novo^{4}}{32}$

$\frac{\pi^{2} \cdot E \cdot I}{Lf^{2}} := \frac{\pi^{2} \cdot E \cdot I\_novo}{Lf\_novo^{2}} \quad => \quad \frac{I}{4} := \frac{I\_novo}{64}$

$f(D) := \frac{I}{4} - \frac{I\_novo}{64}$ (equação segundo grau)

$\text{solve}(f(D) ; x) = \begin{bmatrix} -2 \\ 2 \end{bmatrix}$ então: $x := 2$

A barra da figura abaixo tem seção transversal contínua, momento de inércia da seção transversal I, comprimento L e altura da seção transversal igual a y. Ela é apoiada nas extremidades e carregada com força P a uma distância m da extremidade esquerda e n da extremidade direita.



Sabendo-se que a distância da linha neutra à sua extremidade superior é 1/4 da altura da seção transversal, a tensão normal máxima na seção transversal da viga que está equidistante dos pontos de apoio é

(A) $\frac{P \cdot L \cdot y}{3 \cdot m \cdot I}$

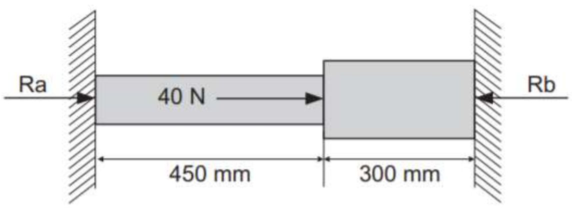
(B) $\frac{P \cdot L \cdot y}{6 \cdot n \cdot I}$

(C) $\frac{I \cdot m \cdot y}{3 \cdot P \cdot L}$

(D) $\frac{2 \cdot P \cdot n \cdot y}{3 \cdot I}$

(E) $\frac{3 \cdot P \cdot n \cdot y}{8 \cdot I}$

Uma viga de aço é composta de duas seções circulares, com áreas transversais de 250 mm² e 500 mm², com 450 mm e 300 mm de comprimento, respectivamente. Essa barra é engastada em suas extremidades, e uma força de 40N é aplicada no ressalto entre as seções dessa viga.



Após a análise desses dados, conclui-se que os valores absolutos das reações nas extremidades (Ra e Rb) são, respectivamente, em N:

(A) 10 e 30
(B) 15 e 25
(C) 20 e 20
(D) 25 e 15
(E) 30 e 10

Apoios equidistantes:

$RA := \frac{P}{2} \quad RB := RA \quad m := n$

$Vmax := \frac{P}{2}$

$M := \frac{P}{2} \cdot x \quad M\_max := \frac{P}{2} \cdot n$

$c\_max := \frac{3}{4} \cdot y$

$\sigma\_max := \frac{M \cdot c\_max}{I}$

$\sigma\_max := \frac{P \cdot n \cdot 3 \cdot y}{2 \cdot 4 \cdot I}$

$\sigma\_max := \frac{3 \cdot P \cdot n \cdot y}{8 \cdot I}$

Estrutura hiperestática

Liberar Lado Rb e calcular deformação trativa

$\delta\_t := \frac{40 \cdot 450}{E \cdot 250}$

Eliminar o 40N e considerar Rb (compressão)

$\delta\_c := \frac{Rb \cdot 300}{E \cdot 500} + \frac{Rb \cdot 450}{E \cdot 250}$

Como está engastado o somatório deve ser zero

$\delta\_t - \delta\_c := 0 \quad f(Rb) := (\delta\_t - \delta\_c)$

$\delta\_t - \delta\_c = -\frac{3 \cdot (-120 + Rb + 3 \cdot Rb)}{5 \cdot E}$

$Rb := \frac{360}{12} = 30$

$Ra := -40 + Rb = -10$

$|Ra| = 10$ (absoluto)

Considerando-se que, em uma viga de seção retangular, as tensões de cisalhamento variam parabolicamente, o máximo valor de cisalhamento no plano da seção transversal de área A, submetido a uma força cortante Q, é

(A) $\frac{Q}{2A}$

(B) $\frac{2Q}{5A}$

(C) $\frac{3Q}{4A}$

(D) $\frac{3Q}{2A}$

(E) $\frac{5Q}{4A}$

Tensão cisalhante

$$\tau := \frac{V \cdot Q}{I \cdot b} \quad \text{(V = cortante)}$$

Área

$$A := h \cdot b$$

Inércia retângulo

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Primeiro momento

$$Q := \frac{b}{2} \cdot \left(\frac{h^2}{4} - y_1^{\,2} \right)$$

Em $y_1 := 0$

$$\tau := \frac{V \cdot \left(\frac{b \cdot h^2}{8} \right)}{\frac{b \cdot h^3}{12} \cdot b} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot h \cdot b}$$

Um sistema massa–mola–amortecedor é submetido à vibração livre, amortecida com um grau de liberdade. O sistema possui massa igual a 20 kg e rigidez igual a 500 N/m. Se o fator de amortecimento é igual a 0,6, qual é o valor, em rad/s, da frequência de vibração amortecida?

(A) 2
(B) 4
(C) 6
(D) 8
(E) 10

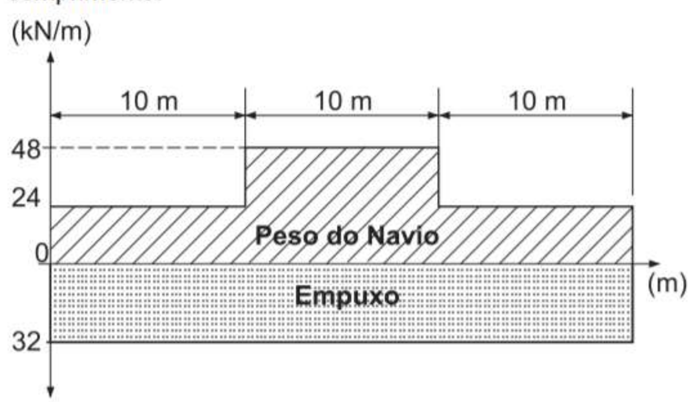
$$m := 20 \quad k := 500$$

$$\zeta := \frac{c}{2 \cdot (k \cdot m)^{0,5}} \qquad \zeta := 0,6$$

Sistema sub-amortecido ζ<1

$$\omega n := \left(\frac{k}{m} \right)^{0,5} = 5 \quad \omega d := \omega n \cdot \left(1 - \zeta^2 \right)^{0,5} = 4$$

O gráfico a seguir representa as curvas de peso e empuxo de um navio, distribuídas ao longo dos seus 30 m de comprimento.



Sabendo-se que o navio flutua em águas tranquilas, conclui-se que o valor máximo em módulo do momento fletor que atua nas seções do navio, em (kN.m), é

(A) 160
(B) 320
(C) 480
(D) 600
(E) 720

$$Carga\_Liq := \begin{bmatrix} -24+32 \\ -48+32 \\ -24+32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ -16 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$V := -\left(\int Carga\_Liq \, d\,x \right)$$

$$V1(x) := -\left(\text{maple}\left(\int Carga\_Liq_1 \, d\,x \right) \right) = -8 \cdot x$$

$$C1 := 0$$

$$V2(x) := -\left(\text{maple}\left(\int Carga\_Liq_2 \, d\,x \right) \right) = 16 \cdot x$$

$$C2 := V1(10) - V2(10) = -240$$

Simétrico, momento máximo no centro

$$M1(x) := \text{maple}\left(\int V1(x) \, d\,x \right) = -4 \cdot x^2$$

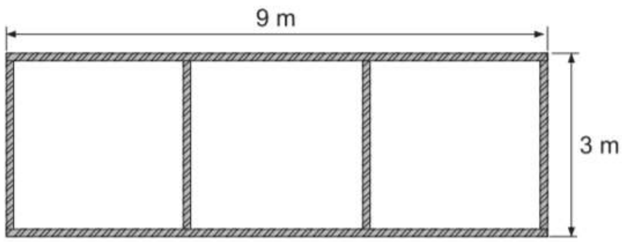
$$M2(x) := \text{maple}\left(\int (V2(x) - 240) \, d\,x \right) = 8 \cdot x \cdot (-30 + x)$$

$$CM2 := M1(10) - M2(10) = 1200$$

$$M\_max := M2(15) + CM2 = -600$$

$$\left| M\_max \right| = 600 \ (\textit{módulo})$$

A figura abaixo representa a seção de uma embarcação com pontal e boca moldados de 3 m e 9 m, respectivamente, construída em aço, com chapa de 10 mm de espessura.



Considerando-se o valor de 170 MPa para a tensão normal admissível, o maior valor de momento fletor que essa seção pode suportar, em kN.m, é

(A) 38.520
(B) 42.278
(C) 55.592
(D) 68.441
(E) 72.439

Calcular Momento de Inércia total

6 peças: Convés Superior
Convés inferior
4 chapas verticais

Convés Superior e Inferior

$$I1 := \frac{9 \cdot 0{,}01^{3}}{12} = 7{,}5 \cdot 10^{-7} \quad A1 := 9 \cdot 0{,}01$$

Chapas Verticais

$$I2 := \frac{0{,}01 \cdot (3 - 2 \cdot 0{,}01)^{3}}{12} = 0{,}0221$$

$A2 := (3 - 2 \cdot 0{,}01) \cdot 0{,}01$ (não necessário)

Estrutura simétrica então: $LN := 1{,}5$

$$I\_total := 4 \cdot I2 + 2 \cdot I1 + 2 \cdot \left(A1 \cdot \left(LN - \frac{0{,}01}{2} \right)^{2} \right)$$

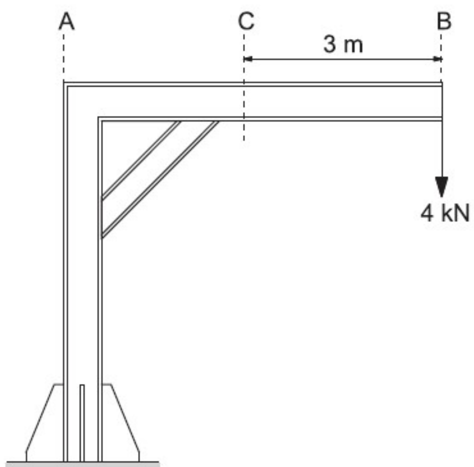
$$I\_total = 0{,}4905$$

$$\sigma := \frac{M \cdot c}{I} \quad \text{dado:} \quad \sigma := 170 \cdot 10^{3}$$

então:

$$M := \frac{\sigma \cdot I\_total}{LN} = 55592{,}037$$

O turco apresentado na figura abaixo é utilizado para erguer uma carga de 4 kN.



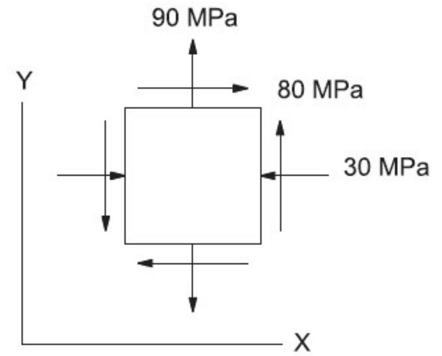
Se a lança AB tem peso uniforme igual a 600 N/m, a força vertical, em kN, e o momento, em kN.m, resultantes na seção transversal que passa pelo ponto C são, respectivamente, iguais a

(A) 5,8 e 17,4
(B) 5,8 e 14,7
(C) 1,8 e 12,0
(D) 1,8 e 14,7
(E) 1,8 e 17,4

$$Cv := 4 + 3 \cdot \frac{600}{1000} = 5{,}8$$

$$M\_C := 4 \cdot 3 + 3 \cdot \frac{600}{1000} \cdot \frac{3}{2} = 14{,}7$$

Considere o estado plano de tensões representado pelo elemento indicado na figura abaixo.



$$\sigma xx := -30 \quad \sigma yy := 90 \quad \tau xy := 80$$

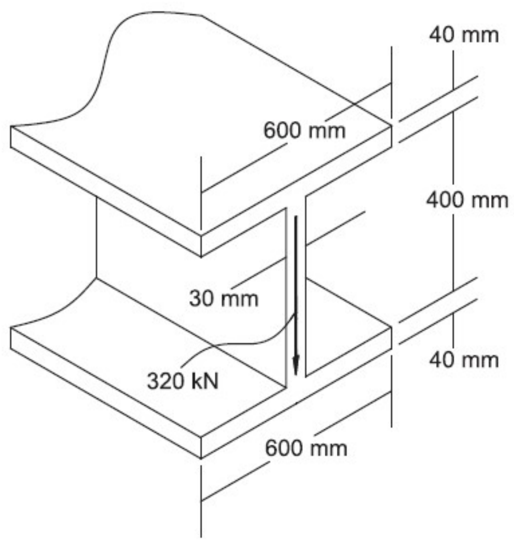
$$\tau\_max := \sqrt{\left(\frac{\sigma xx - \sigma yy}{2}\right)^2 + \tau xy^2} = 100$$

$$\sigma\_med := \frac{\sigma xx + \sigma yy}{2} = 30$$

Os valores da tensão de cisalhamento máxima no plano e da tensão normal média a ela associada, em MPa, são, respectivamente, iguais a

(A) 80 e 30
(B) 80 e 90
(C) 100 e 30
(D) 100 e 60
(E) 100 e 90

A viga tipo I apresenta as dimensões mostradas na figura abaixo.



A viga está submetida a uma força cortante de 320 kN. O momento de inércia em relação ao eixo horizontal baricêntrico da seção transversal é, aproximadamente, $2{,}5 \times 10^9$ mm^4.

Qual o valor aproximado da tensão de cisalhamento máxima atuante na seção transversal da viga em MPa?

(A) 25
(B) 28
(C) 32
(D) 38
(E) 40

$$V := 320 \cdot 10^3$$

$$I := 2{,}5 \cdot 10^9$$

Máximo no centro da viga

$$t := 30$$

$$Q := \int y \, \mathrm{d}A$$

$$Q := 220 \cdot (600 \cdot 40) + 100 \cdot (200 \cdot 30) = 5{,}88 \cdot 10^6$$

$$\tau\_max := \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} = 25{,}088$$

Uma barra com comprimento igual a 5 m e área de seção transversal igual a 2.500 mm^2 é submetida a uma força axial de tração de 400 kN ao longo de seu comprimento. O material tem comportamento linear elástico.

Se o comprimento tem um aumento de 10 mm, qual o módulo de elasticidade longitudinal do material em GPa?

(A) 80
(B) 100
(C) 120
(D) 140
(E) 160

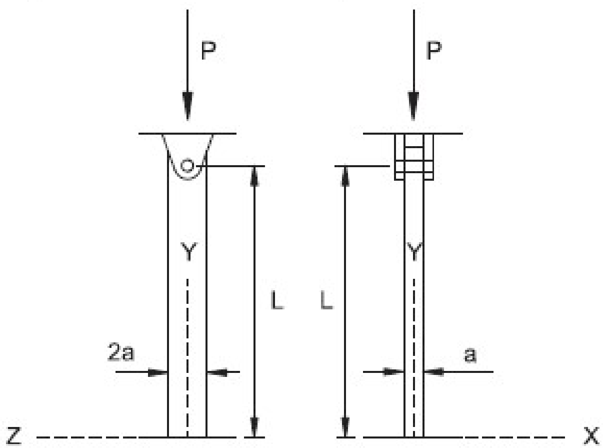
$$L := 5000$$

$$\sigma\_xx := \frac{400 \cdot 10^3}{2500} = 160$$

$$\varepsilon\_xx := \frac{10}{L} = 0{,}002$$

$$E := \frac{\sigma\_xx}{\varepsilon\_xx} = 80000\ \text{MPa} \quad E := \frac{E}{1000} = 80\ \text{GPa}$$

Uma coluna de aço estrutural deve suportar uma carga axial P, conforme ilustrado na figura.



A extremidade inferior da coluna está engastada. O dispositivo pino e suporte, na extremidade superior da coluna, permite rotação em torno do pino, mas evita rotações em torno do eixos y e z.

Qual o valor da carga máxima P que a coluna pode suportar sem flambar?

(A) $\frac{\pi^2 E a^4}{3L^2}$

(B) $\frac{2\pi^2 E a^4}{3L^2}$

(C) $\frac{\pi^2 E a^4}{L^2}$

(D) $\frac{2\pi^2 E a^4}{L^2}$

(E) $\frac{4\pi^2 E a^4}{L^2}$

Euler: $Pcr := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Lf^2}$

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Flambagem na direção Z:

engastado-apoiado: $Lf := 0{,}7 \cdot L$

$$I := \frac{a \cdot (2 \cdot a)^3}{12} = \frac{2 \cdot a^4}{3}$$

$$Pcr := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot 2 \cdot a^4}{3 \cdot (0{,}7 \cdot L)^2}$$

$$Pcr := \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot a^4}{1{,}47 \cdot L^2}$$

Flambagem na direção X:

biengastado: $Lf := 0{,}5 \cdot L$

$$I := \frac{2 \cdot a \cdot (a)^3}{12} = \frac{a^4}{6}$$

$$Pcr := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot a^4}{6 \cdot (0{,}5 \cdot L)^2}$$

$$Pcr := \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot a^4}{3 \cdot L^2}$$

O ponto crítico de um elemento estrutural é representado por um estado plano de tensão, cujos valores de tensão são: $\sigma_x = 100$ MPa, $\sigma_y = -50$ MPa e $\tau_{xy} = 0$.

Se o limite de escoamento do material é igual a 450 MPa, qual o fator de segurança em relação ao escoamento, segundo a teoria da máxima tensão de cisalhamento?

(A) 1,5
(B) 2,0
(C) 2,5
(D) 3,0
(E) 3,5

$\sigma xx := 100 \quad \sigma yy := -50 \quad \tau xy := 0 \quad \sigma\_esc := 450$

$$\tau\_max := \sqrt{\left(\frac{\sigma xx - \sigma yy}{2}\right)^2 + \tau xy^2} = 75$$

$$\tau\_max\_crit := \frac{\sigma\_esc}{2}$$

$$fs := \frac{\tau\_max\_crit}{\tau\_max} = 3$$

Uma embarcação com pontal igual a D possui seção mestra com geometria retangular. O eixo neutro da seção mestra está situado a uma distância $\frac{2D}{5}$ do chapeamento do fundo.

Se os módulos de seção, no chapeamento do fundo e no chapeamento do convés das anteparas, são, respectivamente, iguais a Z_F e Z_D, qual o valor da relação $\frac{Z_F}{Z_D}$?

(A) $\frac{1}{2}$

(B) $\frac{2}{3}$

(C) $\frac{3}{2}$

(D) $\frac{5}{3}$

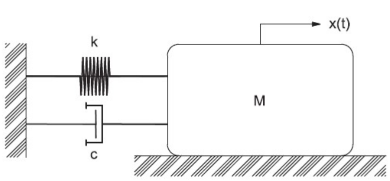
(E) $\frac{5}{2}$

$$LN := \frac{2 \cdot D}{5}$$

$$ZF := \frac{I}{LN} \quad ZD := \frac{I}{D - LN}$$

$$ZF\_sobre\_ZD := \frac{D - LN}{LN} = \frac{3}{2}$$

A figura a seguir apresenta um sistema massa-mola-amortecedor, cuja massa desliza sem atrito com o solo, e está sujeito à vibração livre com amortecimento viscoso.



Se M = 10 kg, c = 120 N.s/m e k = 1.000 N/m, os valores do fator de amortecimento (ζ) e da frequência de vibração amortecida (ω_d), em rad/s, são, respectivamente, iguais a

(A) 0,4 e 6
(B) 0,4 e 10
(C) 0,6 e 6
(D) 0,6 e 8
(E) 0,6 e 10

$m := 10 \quad c := 120 \quad k := 1000$

$$\zeta := \frac{c}{2 \cdot (k \cdot m)^{0,5}} = 0,6$$

Sistema sub-amortecido ζ<1

$$\omega n := \left(\frac{k}{m}\right)^{0,5} = 10$$

$$\omega d := \omega n \cdot \left(1 - \zeta^2\right)^{0,5} = 8$$