



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA OBJETIVA

TG38

PROJETO E ANÁLISE ESTRUTURAL



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **45 (quarenta e cinco)** questões objetivas, você receberá do fiscal de prova o cartão de respostas;
- As questões objetivas têm **5 (cinco)** opções de resposta (A, B, C, D e E) e somente uma delas está correta.



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas e também confira seu cargo. Caso tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em seu cartão de respostas, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher o cartão de respostas;
- Para o preenchimento do cartão de respostas, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Reserve tempo suficiente para o preenchimento do seu cartão de respostas. O preenchimento é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca do cartão de respostas em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas as marcações realizadas no cartão de respostas;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.

Boa Prova!

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

1

Os materiais para uso aeroespacial desempenham um papel crítico na indústria de aviação e exploração espacial, exigindo propriedades excepcionais de resistência, rigidez e leveza. Os compósitos fibrosos são uma escolha comum devido à sua excelente relação resistência-peso. No entanto, a disposição das fibras contínuas dentro desses compósitos é crucial para determinar suas propriedades mecânicas e comportamento estrutural.

Com relação à disposição típica das fibras contínuas nos compósitos fibrosos utilizados em aplicações aeroespaciais, analise os itens a seguir.

- I. As fibras podem ser cuidadosamente dispostas em uma única direção, proporcionando uma alta resistência e rigidez na direção da carga principal.
- II. As fibras podem ser distribuídas em várias direções, mas ainda mantendo uma orientação preferencial em relação à direção de aplicação da carga, oferecendo uma combinação de resistência e rigidez em múltiplas direções.
- III. As fibras podem ser distribuídas de forma aleatória, resultando em propriedades mecânicas isotrópicas. Isso pode ser vantajoso para aplicações onde a carga é aplicada de forma imprevisível em várias direções.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) III, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) I e III, apenas.
- (E) I, II e III.

2

A fibra de carbono é um material de alto desempenho, sendo o reforço mais comumente utilizado em compósitos avançados com matriz polimérica.

Com relação às fibras de carbono, analise as afirmativas a seguir.

- I. Possuem um alto módulo específico e uma alta resistência específica.
- II. Mantêm suas propriedades mecânicas mesmo em altas temperaturas, embora sejam suscetíveis à oxidação nessas condições.
- III. São sensíveis à umidade e a uma variedade de solventes, ácidos e bases.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) III, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) I e III, apenas.
- (E) I, II e III.

3

Para a fabricação de plásticos reforçados com fibras contínuas que atendem às especificações de projeto, as fibras devem estar distribuídas uniformemente no interior da matriz plástica.

Nesse contexto, relacione os processos de fabricação de compósitos às suas respectivas descrições.

1. Pultrusão.
 2. Produção de Prepreg.
 3. Enrolamento Filamentar.
- () Processo no qual fibras contínuas são impregnadas com resina e, em seguida, enroladas continuamente ao redor de um mandril. Posteriormente, o material é curado sob calor e pressão.
- () Método de fabricação envolve a impregnação das fibras com resina, empilhamento em camadas alternadas. A cura final ocorre sob calor e pressão. Deve ser armazenado a baixas temperaturas para evitar a cura prematura.
- () Processo contínuo no qual fibras de reforço são impregnadas com resina e, em seguida, passam por uma matriz de conformação para formar uma peça final com seção transversal constante.

Assinale a opção que indica a relação correta na ordem apresentada.

- (A) 3 – 1 – 2.
- (B) 2 – 3 – 1.
- (C) 1 – 2 – 3.
- (D) 3 – 2 – 1.
- (E) 2 – 1 – 3.

4

Em um compósito de poliéster reforçado com fibras de carbono contínuas e alinhadas, as fibras devem suportar 90% de uma carga aplicada na direção longitudinal, sabendo que a tensão na matriz no momento da falha da fibra é de 50MPa.

Considere que o módulo de elasticidade da fibra de carbono é de 264GPa e com uma resistência à tração de 4000MPa, enquanto o poliéster possui um módulo de elasticidade de 4,0GPa e com uma resistência à tração de 50MPa.

Nessas condições, a fração volumétrica de fibras necessária e o limite de resistência à tração desse compósito serão, respectivamente,

- (A) 0,24 e 524 GPa.
- (B) 0,12 e 524 GPa.
- (C) 0,24 e 1001 GPa.
- (D) 0,12 e 264 GPa.
- (E) 1,50 e 1001 GPa.

5

Ao se analisar o carregamento continuamente distribuído ao longo de todo o comprimento de uma viga, engastada na sua extremidade esquerda ($x = 0$), conclui-se que esse carregamento distribuído pode ser descrito pela função $w(x)$, que é dada por

$$w(x) = qe^x, 0 \leq x \leq 2L,$$

em que q é um valor constante.

Considerando que a outra extremidade da viga ($x = 2L$) está livre, o módulo da força vertical de reação no engaste é

- (A) $L(e^{2L} - 1)$.
- (B) $q(e^{2L} - e^L)$.
- (C) $qe^{2L} - 1$.
- (D) $2qe^{2L}$.
- (E) $q(e^{2L} - 1)$.

6

Uma treliça composta por cinco barras é construída de tal forma a gerar um quadrado de vértices ABCD. As barras AB, BC, CD e AD possuem comprimento de 1 m, já a barra BD possui comprimento igual a $\sqrt{2}$ m.

Assuma que as barras AB e CD são horizontais e a barra AB está acima da barra CD. Considere também que a estrutura está acoplada a uma parede vertical rígida, por meio de juntas de rotação nos vértices A e D.

Após ser aplicada no vértice C uma carga P , vertical e para baixo, a barra CD fica

- (A) com carregamento nulo.
- (B) sob tração, com carregamento de módulo $\frac{P\sqrt{2}}{2}$.
- (C) sob tração, com carregamento de módulo $P\sqrt{2}$.
- (D) sob compressão, com carregamento de módulo $\frac{P\sqrt{2}}{2}$.
- (E) sob compressão, com carregamento de módulo P .

7

O estado de tensões (σ) de um elemento infinitesimal de uma viga é tal que $\sigma_x = 10 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 15 \text{ MPa}$, $\sigma_z = 25 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 3 \text{ MPa}$, $\tau_{yz} = 5 \text{ MPa}$ e $\tau_{xz} = 9 \text{ MPa}$.

A soma das tensões principais associadas a este elemento, em MPa, é

- (A) 21.
- (B) 25.
- (C) 33.
- (D) 50.
- (E) 67.

8

Considere o estado plano de tensões onde $\sigma_x = \sigma_y = 5 \text{ MPa}$, e $\tau = 4 \text{ MPa}$.

As coordenadas do centro (C) e o raio (R) do círculo de Mohr associado a este estado de tensões são, respectivamente,

- (A) C = (0,0) e R = 2.
- (B) C = (5,0) e R = 2.
- (C) C = (0,5) e R = 4.
- (D) C = (5,0) e R = 4.
- (E) C = (5,5) e R = 4.

9

Um sistema composto por um oscilador amortecido forçado, cujo movimento é descrito pela equação diferencial:

$$10\ddot{x} + 24\dot{x} + 40x = 10\text{sen}(3t).$$

A frequência natural amortecida (ω_d) desse sistema, em rad/s, é

- (A) 1,2.
- (B) 1,6.
- (C) 2,0.
- (D) 2,2.
- (E) 2,6.

10

Considere um oscilador com dois graus de liberdade, cujo movimento é descrito pelo vetor de coordenadas generalizadas q , conforme a equação diferencial matricial a seguir:

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & m \end{bmatrix} \ddot{q} + \begin{bmatrix} 3k & -k \\ -k & 3k \end{bmatrix} q = 0,$$

com m e $k > 0$.

As frequências naturais desse sistema são

- (A) $\sqrt{\frac{2k}{m}}$ e $2\sqrt{\frac{k}{m}}$.
- (B) $\frac{k}{m}$ e $\frac{3k}{m}$.
- (C) $\frac{2k}{m}$ e $\frac{4k}{m}$.
- (D) $\frac{3k}{m}$ e $\frac{5k}{m}$.
- (E) $2\sqrt{\frac{k}{m}}$ e $\sqrt{\frac{7k}{m}}$.

11

Com base na teoria sobre osciladores harmônicos podemos afirmar que o movimento de um sistema pode ser descrito com base nos seus modos de vibração e frequências naturais.

Para um determinado sistema, os modos de vibração (v_1 e v_2) e suas respectivas frequências naturais (ω_1 e ω_2) são dadas por:

$$v_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ e } \omega_1 = 5 \text{ rad/s}$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \text{ e } \omega_2 = 8 \text{ rad/s}$$

Sendo C_1, C_2, ϕ_1 e ϕ_2 constantes, assinale a opção que indica a equação de movimento $x(t)$ desse sistema.

- (A) $x(t) = (C_1 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}) \cos(8t + \phi_1 + \phi_2)$
- (B) $x(t) = C_1 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cos(5t + \phi_1) + C_2 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \cos(8t + \phi_2)$
- (C) $x(t) = (C_1 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} + C_2 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}) \cos(5t + \phi_1 + \phi_2)$
- (D) $x(t) = C_1 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cos(3t + \phi_1) + C_2 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \cos(13t + \phi_2)$
- (E) $x(t) = C_1 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cos(5t + \phi_1) + C_2 \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \text{sen}(7t + \phi_2)$

12

Considere uma viga biapoiada, de comprimento L , com seção reta circular de diâmetro $d = 10\text{cm}$, submetida a um par de momentos conjugados ($M = 100\pi\text{Nm}$), aplicados nas suas extremidades (no sentido anti-horário no lado direito e horário, no lado esquerdo).

Sabendo que o ponto A está localizado na extremidade superior da seção transversal da viga, em $x = L/2$, assinale a opção que apresenta o tensor de tensões associado ao ponto A.

- (A) $\begin{pmatrix} -3,2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$
 (B) $\begin{pmatrix} 3,2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$
 (C) $\begin{pmatrix} 3,2 & 0 \\ 0 & -3,2 \end{pmatrix}$
 (D) $\begin{pmatrix} -3,2 & 1,6 \\ 1,6 & 0 \end{pmatrix}$
 (E) $\begin{pmatrix} 3,2 & 0 \\ 0 & -1,6 \end{pmatrix}$

13

Um estudante de engenharia, ao calcular os modos de vibração de um sistema composto por duas partículas restritas a se mover ao longo de uma linha horizontal, obteve os seguintes vetores:

$$v_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ e } v_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

A partir da análise dos modos acima, assinale a afirmativa correta.

- (A) O segundo modo representa um movimento uma partícula se move ao encontro da outra.
 (B) O primeiro modo representa um movimento onde o sistema se comporta como um corpo rígido.
 (C) Nada se pode afirmar sobre o comportamento do sistema a menos que sejam definidas as condições iniciais.
 (D) Os modos de vibração afirmam que os graus de liberdade estão desacoplados e os corpos se movem de forma independente.
 (E) Os modos de vibração afirmam que o movimento das partículas está desacoplado, porém os corpos se movem sempre em direções opostas.

14

Considere uma viga cuja área da seção reta varia ao longo do seu comprimento de acordo com a seguinte equação:

$$A(x) = (2L - x)^2, 0 \leq x \leq L.$$

Admita ainda que a viga é feita de um material com módulo de elasticidade E , está submetida a um carregamento axial P e possui uma extremidade engastada ($x = 0$).

O deslocamento (δ) de um ponto localizado na sua extremidade livre é dado por

- (A) $\frac{PL}{2E}$.
 (B) $\frac{PL}{E}$.
 (C) $\frac{P}{LE}$.
 (D) $\frac{P}{2LE}$.
 (E) $\frac{2P}{LE}$.

15

Considerando-se vigas em flexão pura, algumas premissas cinemáticas básicas são adotadas para o desenvolvimento da análise deste fenômeno.

Acerca das diversas hipóteses assumidas na teoria de vigas em flexão, analise as afirmativas a seguir.

- I. A posição da linha neutra é definida através do equilíbrio de forças e momentos gerados pelo campo de tensão.
 II. Existe sempre um eixo neutro, que não se deforma, sendo este eixo coincidente com o centroide das seções transversais.
 III. Independentemente do comportamento tensão versus deformação do material da viga, é assumido que a deformação ao longo da seção varia de forma linear.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
 (B) I e II, apenas.
 (C) I e III, apenas.
 (D) II e III, apenas.
 (E) I, II e III.

16

Considere uma viga, com seção transversal quadrada de lado L . Em uma determinada seção, a viga está sujeita a um esforço cortante V .

A máxima tensão de cisalhamento para a viga em questão é

- (A) $\frac{V}{L^4}$.
 (B) $\frac{3V}{2L^3}$.
 (C) $\frac{3V}{2L^2}$.
 (D) $\frac{3V}{L^2}$.
 (E) $\frac{3V}{2L}$.

17

Considere um material isotrópico, com comportamento linear elástico perfeito, submetido a um estado triaxial de tensões, cujas tensões principais são: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 10\text{MPa}$.

Sabe-se ainda que os módulos de elasticidade longitudinal e transversal do material são, respectivamente, $E = 300\text{GPa}$ e $G = 125\text{GPa}$.

A energia de deformação por unidade de volume (U_0), em J, é

- (A) 300.
 (B) 400.
 (C) 500.
 (D) 600.
 (E) 700.

18

Ao modelar um sistema massa-mola-amortecedor, um aluno obteve a seguinte equação diferencial:

$$10\ddot{x} + 80\dot{x} + 160x = 0$$

A equação representa um sistema

- (A) subamortecido, com $\zeta = 0,4$.
- (B) subamortecido, com $\zeta = 0,8$.
- (C) criticamente amortecido, com $\zeta = 1$.
- (D) superamortecido, com $\zeta = 1,4$.
- (E) superamortecido, com $\zeta = 1,8$.

19

Ao se analisar uma seção de um elemento, com seção reta quadrada de lado L , verifica-se que existe um único carregamento axial excêntrico aplicado no ponto $(0, h, b)$ para um sistema cartesiano centrado no ponto central da seção transversal, sendo o eixo x normal à seção transversal.

A equação que representa a linha neutra desta seção transversal é

- (A) $z = L^2 + \frac{h}{b}y$
- (B) $z = \frac{L^2 - 12hy}{12b}$
- (C) $z = \frac{L^2 + 12hy}{12b}$
- (D) $z = L^2 - \frac{h}{b}y$
- (E) $z = -\frac{hy}{b} - \frac{L^2}{12b}$

20

Uma massa $M = 100 \text{ kg}$ está acoplada a um eixo vertical por meio de uma haste, com seção circular de raio $R = 5 \text{ cm}$ e comprimento $L = \pi \text{ m}$. Esse eixo rotaciona ao redor do próprio eixo com velocidade angular ω , fazendo com que a massa se desloque sobre um plano horizontal e sem atrito.

Sabendo que a tensão máxima que a haste pode suportar é de $\sigma_{adm} = 100 \text{ MPa}$, a velocidade angular máxima da haste, em rad/s , é

- (A) 25.
- (B) 50.
- (C) 75.
- (D) 100.
- (E) 110.

21

Um elemento está submetido a um estado uniaxial de tensão de tração ($\sigma_y = \sigma_z = 0$) com $\sigma_x = 100 \text{ MPa}$. Além disso, o elemento foi submetido a um aumento de temperatura de 100° C .

Considerando que o módulo de elasticidade é $E = 200 \text{ GPa}$ e o coeficiente de dilatação linear é $\alpha = 25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, a deformação ϵ_x desse elemento, é

- (A) $-2,5 \times 10^{-4}$.
- (B) -5×10^{-4} .
- (C) $2,5 \times 10^{-4}$.
- (D) 5×10^{-4} .
- (E) $7,5 \times 10^{-4}$.

22

Considere um eixo maciço de seção circular com raio r , onde são escolhidas duas seções circulares distintas, distantes L uma da outra. Sabe-se que este eixo transmite um torque $T(x) = t \cdot x$ entre essas duas seções circulares, onde $0 \leq x \leq L$.

A rotação relativa $\Delta\phi$ entre essas duas seções é

- (A) $\frac{L^2 t}{2\pi G r^4}$
- (B) $\frac{L^2 t}{3\pi G r^3}$
- (C) $\frac{L^2 t}{8\pi G r^4}$
- (D) $\frac{L^2 t}{\pi G r^4}$
- (E) $\frac{16L^2 t}{\pi G r^4}$

23

O comportamento de um material ao ser submetido a um carregamento é de extrema importância para o levantamento das suas propriedades. Um exemplo é a relação entre tensão-deformação, podendo ser obtida experimentalmente por meio de ensaios de tração.

Relacione os tipos de materiais às respectivas descrições dos seus diagramas tensão-deformação.

1. Elástico Linear
2. Elástico Perfeitamente Plástico
3. Elástico com endurecimento linear
4. Perfeitamente Plástico

- () a tensão é constante para qualquer que seja a deformação.
- () a relação entre tensão e deformação é linear para qualquer nível de tensão.
- () o diagrama é composto por duas retas com inclinações diferentes e não nulas.
- () para pequenas deformações o material apresenta relação linear entre tensão e deformação, porém após uma determinada deformação a tensão passa a ser constante.

Assinale a opção que apresenta a relação correta, segundo a ordem apresentada.

- (A) 1 – 2 – 4 – 3.
- (B) 2 – 1 – 4 – 3.
- (C) 3 – 4 – 1 – 2.
- (D) 4 – 1 – 3 – 2.
- (E) 4 – 2 – 1 – 3.

24

Considerando as reações internas e as tensões que atuam em uma seção de um elemento sujeito a carregamentos variados, assinale a afirmativa correta.

- (A) Em um problema de flexão pura, um elemento qualquer da viga fica submetido a tensões axiais e de cisalhamento.
- (B) A existência de esforços cortantes não nulos ao longo de uma viga faz com que o respectivo momento fletor seja constante.
- (C) Em uma viga biapoiada, submetida a um carregamento distribuído uniforme, o momento fletor varia parabolicamente.
- (D) A tensão de cisalhamento é máxima para um elemento na superfície da viga.
- (E) A tensão devida a presença de um momento fletor apresenta seu módulo máximo na linha neutra.

25

Uma caixa é sustentada por quatro cabos em paralelo, os quais encontram-se conectados ao teto e a caixa diretamente. Considere que os cabos são todos iguais e podem ser considerados flexíveis, com módulo de elasticidade E e seção reta de área A .

Assinale a opção que indica a rigidez equivalente desse sistema de cabos.

- (A) $\frac{EA}{4L}$.
- (B) $\frac{EA}{2L}$.
- (C) $\frac{2EA}{L}$.
- (D) $\frac{4EA}{L}$.
- (E) $\frac{4L}{EA}$.

26

Os osciladores harmônicos quando submetidos a forçamentos harmônicos, em regime permanente, respondem com mesma frequência da excitação. Porém, a amplitude depende intimamente da relação entre a frequência natural do sistema (ω_n) e a frequência do forçamento (ω).

Com relação à resposta de osciladores harmônicos a forçamentos também harmônicos, a razão de amplificação da excitação forçada

- (A) tende a zero caso a frequência natural seja muito menor do que a frequência de excitação ($\frac{\omega}{\omega_n} \gg 3$).
- (B) tende ao infinito caso $\frac{\omega}{\omega_n} = 1$, independentemente do fator de amortecimento (ζ).
- (C) é unitária quando $\frac{\omega}{\omega_n} = \frac{6}{5}$, independentemente do fator de amortecimento (ζ).
- (D) é mínima quando $\frac{\omega}{\omega_n} = 1$.
- (E) é nula quando $\omega = 0$.

27

A energia potencial de um sistema ($V(q)$) é dada por:

$$V = \frac{1}{2}K_1(q_1 - q_2 + aq_3)^2 + \frac{1}{2}K_2(q_1 + q_2 - bq_3)^2$$

Considerando que $q = [q_1 \ q_2 \ q_3]^T$, o traço da matriz de rigidez (K) do sistema é dado pela expressão

- (A) $3K_1 + 3K_2$.
- (B) $a^2K_1 + b^2K_2$.
- (C) $(2a^2)K_1 + (2b^2)K_2$.
- (D) $(1 + a)K_1 + (1 + b)K_2$.
- (E) $(2 + a^2)K_1 + (2 + b^2)K_2$.

28

Considere uma viga de comprimento L , módulo de elasticidade E , momento de inércia da seção transversal I , engastada em apenas uma extremidade e submetida a uma carga perpendicular P na outra extremidade.

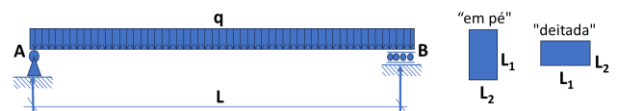
Assinale a opção que indica a deflexão máxima dessa viga.

- (A) $\frac{PL^3}{2EI}$.
- (B) $\frac{PL^3}{6EI}$.
- (C) $\frac{PL^3}{3EI}$.
- (D) $\frac{PL^4}{6EI}$.
- (E) $\frac{PL^4}{12EI}$.

29

Considere um projeto que envolve a análise de uma viga biapoiada com comprimento L sujeita a uma carga distribuída uniforme q .

A viga tem uma seção transversal retangular definida por dimensões $L_1 = 3k$ e $L_2 = k$, onde k é uma constante dimensional.



O dilema enfrentado pelo engenheiro é determinar a orientação ótima da viga para suporte de carga: uma configuração "deitada", com L_1 servindo como base e L_2 como altura, ou uma configuração "em pé", com L_2 como base e L_1 como altura.

Após análise, o projetista determinou que a razão entre a tensão máxima de flexão da viga deitada e a tensão máxima de flexão da viga em pé é

- (A) 9.
- (B) 6.
- (C) 3.
- (D) 0.
- (E) -1.

30

Como engenheiro, é importante conhecer as propriedades dos materiais, de modo a garantir a durabilidade e qualidade dos projetos, o que é feito muitas vezes por meios de testes mecânicos. Sobre este assunto, assinale V para a afirmativa verdadeira e F para a falsa.

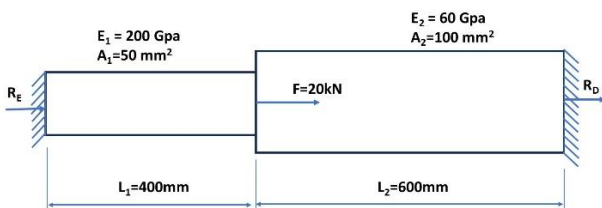
- () Testes de tração revelam informações essenciais sobre a resistência dos materiais, permitindo-lhes avaliar se os materiais podem resistir a tensões operacionais sem sofrer mudanças estruturais permanentes.
- () Testes de fadiga são utilizados para avaliar a durabilidade dos materiais, indicando o nível de tensão que leva à falha do material após repetidas aplicações de carga ao longo de um número específico de ciclos.
- () As rupturas resultantes de torções assemelham-se às provocadas por trações, visto que ambas as situações culminam em uma diminuição quase equivalente de área.
- () A resposta de um metal ao ser comprimido, dentro do limite elástico, em termos de elasticidade, é semelhante à sua resposta sob tensão de tração. Com isso, um único tipo de ensaio é suficiente para a obtenção de diversos parâmetros.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – F – F – F.
- (B) V – V – F – V.
- (C) F – V – F – F.
- (D) V – F – V – F.
- (E) V – V – F – F.

31

Um analista estrutural precisa avaliar as reações nos apoios de uma viga composta submetida a uma carga concentrada de 20kN, conforme mostrado na figura abaixo.



A viga é engastada em ambos os lados e possui dois segmentos de comprimento $L_1 = 400mm$ e área transversal $A_1 = 50mm^2$ e de comprimento $L_2 = 600mm$ e área transversal $A_2 = 100mm^2$. O módulo de elasticidade da viga é de 200 GPa e 60 GPa, respectivamente.

Com base em elementos finitos, determine as reações horizontais que ocorrem nas extremidades esquerda (R_E) e direita (R_D), em kN, respectivamente.

- (A) $-\frac{100}{7}$ e $-\frac{40}{7}$
- (B) $\frac{140}{7}$ e $-\frac{280}{7}$
- (C) $-\frac{40}{3}$ e $-\frac{20}{3}$
- (D) $-\frac{70}{3}$ e $\frac{10}{3}$
- (E) $\frac{280}{7}$ e $-\frac{140}{7}$

32

Na indústria aeroespacial, a segurança e a eficiência dos veículos espaciais são de importância crítica, demandando materiais que suportam condições extremas, desde o lançamento até a reentrada na atmosfera terrestre. Nesse cenário, engenheiros aeroespaciais recorrem aos ensaios de impacto para avaliar a resistência e a tenacidade de materiais usados na construção de aeronaves e satélites.

A respeito de ensaios de impacto Charpy e Izod, analise as afirmativas a seguir.

- I. A diferença entre eles é que no Charpy o corpo de prova é posicionado na vertical e o golpe é desferido no mesmo lado do entalhe e no Izod o corpo de prova é posicionado na horizontal, e o golpe é desferido na face oposta ao entalhe.
- II. O resultado destes ensaios é representado pela medida da energia absorvida pelo corpo de prova durante a fratura.
- III. Quanto maior a altura atingida pelo martelo após o impacto, mais energia o corpo de prova terá absorvido, indicando maior tenacidade do material.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) III, apenas.
- (D) I e II, apenas.
- (E) II e III, apenas.

33

Uma equipe de engenheiros aeroespaciais está projetando uma asa de aeronave para um novo modelo de avião. Eles decidiram usar o método de elementos finitos (MEF) para analisar o comportamento estrutural da asa sob diferentes condições de carga, como durante manobras de voo, turbulências atmosféricas e aterrissagens.

Nesse processo, assinale a alternativa que indica a função do passo de pré-processamento na aplicação do MEF.

- (A) Resolver as equações diferenciais geradas pela modelagem.
- (B) Gerar a malha de elementos finitos.
- (C) Realizar os cálculos do MEF.
- (D) Avaliar a precisão da solução.
- (E) Realizar o pós-processamento dos resultados obtidos.

34

Na modelagem de um componente com utilização de elementos finitos, verificou-se que existe simetria na geometria e no carregamento. Surgiu, então, a ideia de se realizar o modelamento de apenas metade do componente. Sabe-se, porém, que este processo apresenta peculiaridades.

Assinale a opção que incorre em considerações *imprecisas* a respeito do assunto.

- (A) Uma vantagem desta modelagem é a redução de tempo e recursos computacionais, já que se reduz o número de elementos finitos necessários para a análise, diminuindo o uso de memória e o tempo de processamento.
- (B) Se um objeto possui simetria em relação a um plano, pode-se modelar apenas uma metade do objeto e aplicar condições de simetria na fronteira.
- (C) Se a carga aplicada ao objeto é simétrica, apenas uma fração da carga precisa ser modelada.
- (D) Mesmo que as condições de simetria sejam corretamente modeladas, o processo sempre terá perda de precisão em relação ao modelo completo.
- (E) Há necessidade de atenção para condição de contorno na superfície de simetria, uma vez que esta garante que os efeitos serão corretamente distribuídos por todo o modelo.

35

Um engenheiro estrutural está realizando uma análise de elementos finitos em uma ponte suspensa recém-construída para garantir sua segurança e estabilidade. Durante a análise, ele observa as propriedades das matrizes de massa e de rigidez dos elementos e do sistema como um todo. Sobre este assunto, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () A matriz de massa do sistema é sempre definida positivamente.
- () A matriz de rigidez do sistema é sempre definida positivamente.
- () A matriz de massa do sistema é sempre singular, a menos que as condições de contorno sejam incorporadas.
- () A matriz de rigidez do sistema é sempre singular, a menos que as condições de contorno sejam incorporadas.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) F – V – V – F.
- (B) F – V – V – V.
- (C) V – F – F – V.
- (D) F – V – F – V.
- (E) V – F – V – F.

36

Em um projeto de uma estrutura aeroespacial, a atenção à distribuição de tensões é crucial para garantir a integridade estrutural durante operações extremas, como lançamento, reentrada na atmosfera e manobras em órbita.

Uma das principais preocupações é o projeto de componentes que evitam a concentração de tensões, que podem levar a falhas prematuras. Dado este contexto, as geometrias mais propensas a causar concentração de tensão em uma peça estrutural são

- (A) seções transversais com espessura uniforme.
- (B) cantos arredondados em junções estruturais.
- (C) entalhes e recortes abruptos em áreas de alta carga.
- (D) perfis aerodinâmicos suaves em fuselagens.
- (E) junções com soldas contínuas e sem sobreposição.

37

Uma empresa da área aeroespacial está desenvolvendo um novo tipo de aeronave que apresenta uma fuselagem inovadora. Para otimizar o design estrutural da fuselagem e garantir sua resistência e segurança, a equipe de engenharia decidiu utilizar o Método dos Elementos Finitos (MEF). Porém, ficou em dúvida se utilizaria elementos finitos de baixa ordem ou de alta ordem.

Considerando as peculiaridades de um projeto de fuselagem, assinale a opção que indica a(s) principal(is) desvantagem(ens) dos elementos finitos de baixa ordem em comparação com os de alta ordem.

- (A) a facilidade de implementação computacional (codificação) do elemento.
- (B) a menor capacidade para representar grandes deformações.
- (C) as limitações na representação de geometrias complexas.
- (D) o aumento no tempo de processamento computacional.
- (E) a necessidade de um número maior de graus de liberdade.

38

Na indústria aeroespacial, prioriza-se a otimização de veículos e estruturas para combinar leveza e resistência sem sacrificar segurança ou integridade estrutural. Placas, cascas e chapas são estruturas fundamentais nesse setor, destacando-se por ter espessura muito menor em relação ao comprimento e à largura, conferindo-lhes propriedades mecânicas ideais para aplicações aeroespaciais.

Dado esse contexto, analise as afirmativas a seguir.

- I. Chapas são peças planas, nas quais os carregamentos são supostamente contidos nesse plano. São empregadas em revestimentos e componentes menores que necessitam de resistência e leveza, como painéis de acesso e revestimentos internos.
- II. Cascas são estruturas planas, nas quais carregamentos são supostamente perpendiculares a esse plano, gerando flexão e cisalhamento. São utilizadas em áreas que requerem grande rigidez e resistência a cargas, tais como as asas de aeronaves e painéis de controle.
- III. Placas são peças estruturais que não são necessariamente planas, nas quais os carregamentos podem ser tanto tangenciais como normais à superfície da casca. São empregadas em componentes que precisam resistir a cargas distribuídas de maneira complexa, como fuselagens de aeronave.

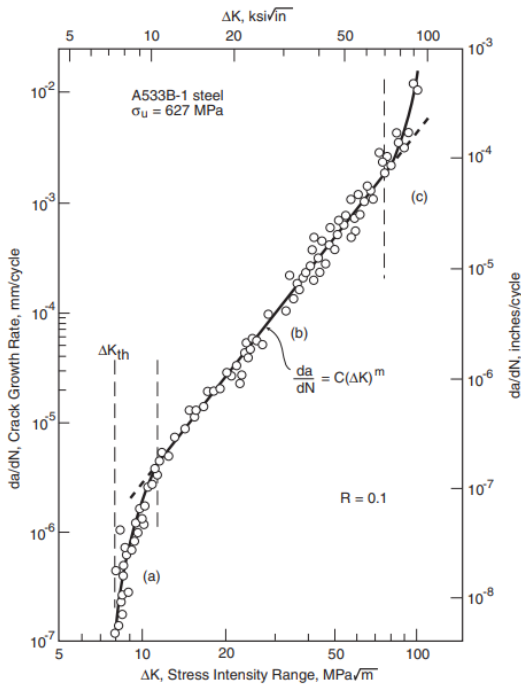
Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) III, apenas.
- (D) I e II, apenas.
- (E) I e III, apenas.

39

Durante o desenvolvimento de novas ligas metálicas para uso em componentes aeroespaciais, engenheiros precisam realizar ensaios de propagação de trincas por fadiga.

Um exemplo de resultado deste tipo de ensaio está apresentado na figura abaixo, que apresenta a taxa de crescimento da trinca ($\frac{da}{dN}$) e a variação do fator de intensidade de tensão (ΔK) para diferentes comprimentos de trinca.



Ref.: Dowling, Norman E. Mechanical Behavior of Materials eBook: International Edition. Pearson Higher Ed, 2013.

Um modelo muito utilizado para este tipo de ensaio é o modelo exponencial definido pela Lei de Paris, que permite calcular a inclinação da linha reta no gráfico log-log corresponde ao expoente m e o intercepto com o eixo y definido como C ($\frac{mm/ciclos}{MPa\sqrt{m}}$).

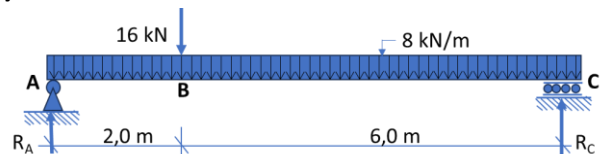
Supondo que dois pontos hipotéticos de um determinado ensaio são $A = (10, 10^{-5})$ e $B = (100, 10^{-2})$, os valores dos parâmetros são

- (A) $m = 1$ e $C = 10^{-6}$
- (B) $m = 2$ e $C = 10^{-6}$
- (C) $m = 2$ e $C = 10^{-7}$
- (D) $m = 3$ e $C = 10^{-8}$
- (E) $m = 3$ e $C = 10^{-10}$

Atenção: O enunciado a seguir refere-se às três próximas questões!

Um engenheiro está envolvido no design do assoalho de uma aeronave e tem por responsabilidades garantir que as vigas estruturais que apoiam os painéis sejam capazes de suportar as cargas operacionais sem falhar. Inicialmente, ele idealiza uma viga simplesmente apoiada com 8 metros de comprimento, com uma carga distribuída uniforme de 8 kN/m ao longo de toda a extensão e uma carga concentrada de 16 kN é aplicada a 2 metros da extremidade esquerda. A seção da viga é uniforme, com base de 5 cm e altura 20 cm .

Para o projeto, existem dois materiais que podem ser empregados: a liga 1, que tem resistência ao cisalhamento entre 100 a 140 MPa e resistência à tração entre 200 e 270 MPa e a liga 2, que tem resistência ao cisalhamento entre 330 a 430 MPa e resistência à tração entre 570 e 620 MPa.



40

Em relação ao problema apresentado, é correto afirmar que

- (A) a tensão máxima de cisalhamento ocorre na borda superior; além disso, ambas as ligas atendem aos critérios de segurança em relação à resistência ao cisalhamento.
- (B) a tensão máxima de cisalhamento ocorre na borda superior; além disso, apenas a liga 2 atende aos critérios de segurança em relação à resistência ao cisalhamento.
- (C) a tensão máxima de cisalhamento ocorre no eixo neutro; além disso, apenas a liga 2 atende aos critérios de segurança em relação à resistência ao cisalhamento.
- (D) a tensão máxima de cisalhamento ocorre na borda inferior; além disso, apenas a liga 2 atende aos critérios de segurança em relação à resistência ao cisalhamento.
- (E) a tensão máxima de cisalhamento ocorre no eixo neutro; além disso, ambas as ligas atendem aos critérios de segurança em relação à resistência ao cisalhamento.

41

Em relação ao projeto apresentado, é correto afirmar que

- (A) a tensão de tração máxima ocorre na borda inferior; além disso, ambas as ligas atendem aos critérios de segurança em relação à resistência à flexão.
- (B) a tensão de tração máxima ocorre no eixo neutro; além disso, nenhuma das ligas atendem aos critérios de segurança em relação à resistência à flexão.
- (C) a tensão de tração máxima ocorre na borda inferior; além disso, apenas a liga 2 atende aos critérios de segurança em relação à resistência à flexão.
- (D) a tensão de tração máxima ocorre no eixo neutro; além disso, ambas as ligas atendem aos critérios de segurança em relação à resistência à flexão.
- (E) a tensão de tração máxima ocorre na borda inferior; além disso, apenas a liga 1 atende aos critérios de segurança em relação à resistência à flexão.

42

No projeto, foram considerados fatores relacionados à resistência mecânica em flexão e cisalhamento. Entretanto, outras propriedades mecânicas devem ser consideradas.

Nesse contexto, assinale (V) para a afirmativa verdadeira e (F) para a falsa.

- () O ensaio de fadiga tem por finalidade investigar o crescimento de trincas já existentes em um material sob cargas cíclicas. Esse tipo de ensaio mede a taxa de crescimento de trincas em função da variação do fator de intensidade de tensão aplicado durante os ciclos de carga.
- () Para aplicações em componentes de estruturas aeroespaciais, a ductilidade do material é um fator importante, juntamente com a resistência mecânica. A capacidade do material de deformar-se plasticamente antes da ruptura é crucial para absorver energia durante eventos inesperados, como impactos ou sobrecargas operacionais.
- () A resistência à corrosão é um fator importante na seleção de materiais para a indústria aeroespacial, especialmente para aeronaves que operam em ambientes marinhos ou são expostas a produtos químicos corrosivos, como fluidos de degelo.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – V – F.
- (B) V – F – V.
- (C) F – V – V.
- (D) V – V – V.
- (E) F – F – F.

43

Na análise de elementos finitos, os conceitos de deslocamento e deformação são fundamentais e desempenham papéis diferentes na descrição do comportamento de materiais e estruturas sob carga.

Sobre tais conceitos, analise as afirmativas a seguir.

- I. Deformações em uma estrutura modelada por elementos finitos são sempre contínuos dentro de um elemento e entre elementos adjacentes.
- II. Deslocamentos são sempre contínuos entre elementos finitos, especialmente em locais com concentração de tensões ou em interfaces entre materiais diferentes.
- III. Ambos deslocamentos e deformações podem ser descontínuos dentro de um único elemento finito ou entre elementos adjacentes, como ocorre em áreas com altos gradientes de tensão.

Está correto o que se afirma em

- (A) I e III, apenas.
- (B) II e III, apenas.
- (C) I, apenas.
- (D) II, apenas.
- (E) III, apenas.

44

No desenho técnico, as vistas em perspectivas são utilizadas para facilitar a visualização e compreensão das peças em análise.

Com relação aos principais tipos de perspectiva, analise as afirmativas a seguir.

- I. A perspectiva isométrica é uma perspectiva central que se utiliza de um ou mais pontos de fuga.
- II. A perspectiva trimétrica é uma perspectiva axonométrica ortogonal onde os três ângulos do triedro de referência se projetam em ângulos desiguais no quadro.
- III. A perspectiva cavaleira é uma perspectiva cilíndrica oblíqua, na qual o objeto tem uma face paralela ao quadro.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) III, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

45

De acordo com a norma NBR 8404, que aborda a indicação do estado de superfícies em desenhos técnicos, o símbolo básico utilizado para indicar o estado de uma superfície é constituído por duas linhas de comprimento desigual, e inclinadas 60 graus com relação ao traço que representa a superfície considerada. Além do símbolo básico, são descritas nesta norma modificações que podem ser feitas para indicar restrições ou especificações a serem seguidas.

A respeito destas modificações, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () A adição de um traço ao símbolo básico indica que a remoção de material é exigida.
- () Quando somente um valor de rugosidade é informado sobre o símbolo básico, este representa o valor mínimo.
- () Se um processo específico de fabricação for exigido, este deve ser indicado em linguagem não abreviada sobre o traço horizontal complementar do símbolo.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – F – F.
- (B) V – F – V.
- (C) V – V – F.
- (D) F – F – V.
- (E) F – V – F.

Realização

