UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS

EMITIDO EM 15/02/2022 18:24

FICHA DE EXPECTATIVA DE RESPOSTA DA PROVA ESCRITA

CONCURSO	
Edital:	101/2021 (10/11/2021)
Carreira:	PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Unidade Acadêmica:	ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Área de Conhecimento:	HIPERSÔNICA E MATEMÁTICA

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA TODAS AS QUESTÕES DISCURSIVAS
Clareza e propriedade no uso da linguagem
Coerência e coesão textual
Domínio dos conteúdos, evidenciando a compreensão dos temas objeto da prova
Domínio e precisão no uso de conceitos
Coerência no desenvolvimento das ideias e capacidade argumentativa

Questão 1: **Valor (0,00 a 1,00)**

Parametrize, no sentido horário, a curva do plano xy dada pela equação $x^2 - 4x + 2y^2 = 0$. Em seguida, determine o vetor unitário tangente à curva no ponto de coordenadas $(2, \sqrt{2})$.

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

i) Parametrização da curva no sentid

A equação da curva pode se

Que é uma elipse do tipo

tem semi-eixo maior $a = 2$ e semi-

A parametrização de uma el

Como $cos(-t) = cos(t)$

por:

Substituindo os valores da e

ii) vetor unitário tangente à curva no

O ponto $(2, \sqrt{2})$, devido à s

(vetor unitário) tangente à curva nes

Como a elipse está orientada no se

desta forma, é dado por:

Observação: Não é recomendado u

a equação não representa uma funçã

Questão 2: **Valor (0,00 a 1,00)**

Considere a função $f(x)$ dada por: $f(x) = \frac{u(x) \cdot v(x)}{[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}}$.

Determine a expressão para a função $f'(x) = \frac{df}{dx}$.

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

A função $f'(x)$ deve ser obtida derivando-se, em relação à variável x, a função $f(x)$, o que pode ser feito utilizando-se as regras da derivada do produto e do quociente ou utilizando-se a derivada logarítmica, sendo esta última forma mais rápida e, por isto, vamos fazê-la assim.

$$f(x) = \frac{u(x) \cdot v(x)}{[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}}$$

$$ln[f(x)] = ln\left[\frac{u(x) \cdot v(x)}{[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}}\right]$$

$$ln[f(x)] = ln[u(x)] + ln[v(x)] - \frac{1}{2} ln[r(x)] - \frac{5}{3} ln[s(x)]$$

$$\frac{d}{dx}\{ln[f(x)]\} = \frac{d}{dx}\left\{ln[u(x)] + ln[v(x)] - \frac{1}{2} ln[r(x)] - \frac{5}{3} ln[s(x)]\right\}$$

$$\frac{f'(x)}{f(x)} = \frac{u'(x)}{u(x)} + \frac{v'(x)}{v(x)} - \frac{1}{2}\frac{r'(x)}{r(x)} - \frac{5}{3}\frac{s'(x)}{s(x)}$$

$$f'(x) = f(x)\left[\frac{u'(x)}{u(x)} + \frac{v'(x)}{v(x)} - \frac{1}{2}\frac{r'(x)}{r(x)} - \frac{5}{3}\frac{s'(x)}{s(x)}\right]$$

$$f'(x) = \frac{u(x) \cdot v(x)}{[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}}\left[\frac{u'(x)}{u(x)} + \frac{v'(x)}{v(x)} - \frac{1}{2}\frac{r'(x)}{r(x)} - \frac{5}{3}\frac{s'(x)}{s(x)}\right] \qquad (*)$$

A equação (*) já serve como resposta, mas ela pode ser reescrita. De forma que:

$$f'(x) = \frac{u(x) \cdot v(x)}{[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}}\left[\frac{6v(x)r(x)s(x)u'(x)+6u(x)r(x)s(x)v'(x)-3u(x)v(x)s(x)r'(x)-10u(x)v(x)r(x)s'(x)}{6u(x)v(x)r(x)s(x)}\right]$$

$$f'(x) = \frac{6v(x)r(x)s(x)u'(x)+6u(x)r(x)s(x)v'(x)-3u(x)v(x)s(x)r'(x)-10u(x)v(x)r(x)s'(x)}{6[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}} \qquad (**)$$

$$f'(x) = \frac{6r(x)s(x)[v(x)u'(x)+u(x)v'(x)]-u(x)v(x)[s(x)r'(x)-10r(x)s'(x)]}{6[r(x)]^{1/2}[s(x)]^{5/3}} \qquad (***)$$

As expressões (*), (**) e (***) servem como resposta à questão, sendo a expressão (*) a que tem a forma mais simples.

Observação: Se algum candidato resolver a questão usando a derivada do produto e do quociente e chegar à resposta correta sua resposta será considerada.

Questão 3: **Valor (0,00 a 1,00)**

Considere a função real $y = f(x)$ definida no intervalo $I = [a, b]$. Explique, com palavras e equações, como podemos calcular:

a) o comprimento da curva no intervalo I;
b) o volume do sólido de revolução obtido girando-se a curva em torno do eixo x.

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

a) o comprimento da curva no intervalo I;

A maneira mais adequada para se calcular o comprimento de uma curva de uma função real $y = f(x)$ definida no intervalo $I = [a, b]$ é usando a integral definida através da expressão

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + [f'(x)]}\, dx$$

onde $f'(x)$ é a derivada primeira da função em relação à variável x.

b) o volume do sólido de revolução obtido girando-se a curva em torno do eixo x.

A maneira mais simples para se calcular o volume do sólido obtido ao girar a curva de uma função real $y = f(x)$ definida no intervalo $I = [a, b]$ em torno do eixo x é usando a integral definida dada por

$$V = \int_a^b \pi[f(x)]^2\, dx$$

visto que o sólido pode ser tratado como um cilindro de 'raio' $f(x)$ que vai desde $x = a$ até $x = b$.

Questão 4: **Valor (0,00 a 1,00)**

Considere que, sob condições especificadas com n observações, o consumo de combustível de uma aeronave possui distribuição normal com valor médio e desvio padrão conhecidos. Explique (com suas palavras, gráficos ou equações) o que é e como pode ser calculado o intervalo de confiança de 90% desta pesquisa.

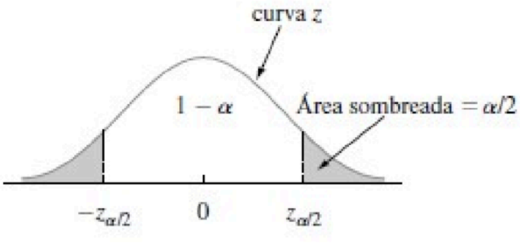
Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

O intervalo de confiança de uma certa distribuição é uma estimativa que mostra o intervalo no qual o parâmetro (medida) se encontra com determinado nível de probabilidade. O intervalo de confiança, $IC = 1 - \alpha$, da média de uma medida (μ) com distribuição normal com desvio padrão (σ) e valor médio $\bar{x}$ conhecidos, está contido no intervalo:

$$\left(\bar{x} - z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{x} + z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

Por estarmos interessados em um intervalo de confiança de 90%, fazemos $\alpha = 0,1$ e calculamos o valor crítico $z_{\alpha/2}$ para que tenhamos 90% da área sob a curva da distribuição normal entre os valores $-z_{\alpha/2}$ e $z_{\alpha/2}$.



Assim, o intervalo de confiança calculado corresponde à probabilidade de (a média de) uma nova medida está contida neste intervalo.

Questão 5: **Valor (0,00 a 1,00)**

Considere a matriz

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -4 & 3 \\ 4 & -6 & 3 \\ 3 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

a) determine os autovalores e autovetores associados à matriz A;
b) diga, justificando, se a matriz A é diagonalizável;
c) diga qual o autoespaço associado ao menor autovalor.

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

a) determine os autovalores e autovetores associados à matriz A;

i) Os autovalores da matriz A são as raízes de seu polinômio característico: $p_c^A = det(A - \lambda I) = 0$

Portanto:

$$\begin{vmatrix} 2-\lambda & -4 & 3 \\ 4 & -6-\lambda & 3 \\ 3 & -3 & \lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$\lambda(2-\lambda)(6+\lambda) - 36 - 36 - [-9(6+\lambda) - 16\lambda - 9(2-\lambda)] = 0$$

O que nos dá:

$$\lambda^3 + 4\lambda^2 + 4\lambda = 0$$
$$\lambda(\lambda+2)^2 = 0$$
$$\lambda_1 = 0; \quad \lambda_2 = -2$$

ii) Para obtermos os autovetores, devemos considerar a equação: $(A - \lambda I)\overline{v} = \overline{0}$

Ou seja:

$$\begin{pmatrix} 2-\lambda & -4 & 3 \\ 4 & -6-\lambda & 3 \\ 3 & -3 & \lambda \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Para $\lambda = -2$, temos:

$$\begin{pmatrix} 4 & -4 & 3 \\ 4 & -4 & 3 \\ 3 & -3 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Resolvendo o sistema pela matriz aumentada e usando as operações sobre as linhas da matriz (em sequência: $L_2 \to L_2 - L_1$; $L_3 \to L_3 - \frac{3}{4}L_1$; $L_2 \leftrightarrow L_3$; $L_2 \to -4L_2$; $L_1 \to L_1 - 3L_2$; $L_1 \to \frac{L_1}{4}$), encontramos:

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \implies \vec{v} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Observação: Outras sequências de operações sobre as linhas da matriz dão a mesma resposta.

Para $\lambda = 0$, temos:

$$\begin{pmatrix} 2 & -4 & 3 \\ 4 & -6 & 3 \\ 3 & -3 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Resolvendo o sistema pela matriz aumentada e usando as operações sobre as linhas da matriz (em sequência: $L_3 \to \frac{L_3}{3}$; $L_1 \to L_1 - 2L_3$; $L_2 \to L_2 - 4L_3$; $L_1 \to L_1 - L_2$; $L_2 \to -\frac{L_2}{2}$; $L_3 \leftrightarrow L_1$; $L_1 \to L_1 + L_2$), encontramos:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -\frac{3}{2} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{3}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \implies \vec{v} = \begin{pmatrix} \frac{3}{2} \\ \frac{3}{2} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Observação: Outras sequências de operações sobre as linhas da matriz dão a mesma resposta.

b) diga, justificando, se a matriz A é diagonalizável;

A matriz A não é diagonalizável, pois, sendo uma matriz de ordem 3, possui apenas dois autovetores linearmente independentes.

c) diga qual o autoespaço associado ao menor autovalor.

O autoespaço associado ao autovalor $\lambda =- 2$ é unidimensional e gerado pelo seu autovetor. Ou seja, o autoespaço associado a $\lambda =- 2$ pode ser escrito como:

$$A_{-2} = \{t\,(1,1,0)\,,\ t \in \mathbb{R}\}$$

Questão 6: **Valor (0,00 a 1,00)**

Sabendo que $\vec{F}$ é um campo vetorial de classe C^1, que as curvas γ_1 e γ_2 (da Figura 1) são curvas de classe C^1

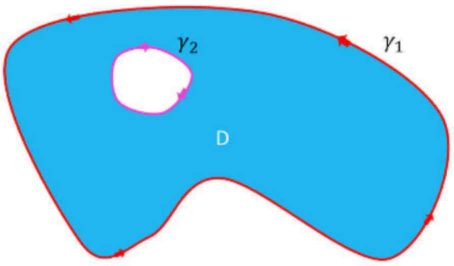


Figura 1:

Sabendo ainda que:

$$\oint_{\gamma_1} \vec{F} \cdot d\vec{r} = a$$

$$\oint_{\gamma_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = b$$

Determine o valor de:

$$\iint_D \left(\frac{\partial F_2}{\partial x} - \frac{\partial F_1}{\partial y} \right) dx\, dy$$

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

Pelo Teorema de Green, temos que:

$$\int\int_D \left(\frac{\partial F_2}{\partial x} - \frac{\partial F_1}{\partial y}\right) dxdy = \oint_{\partial D} (F_1 dx + F_2 dy)$$

Por outro lado, no plano, temos que:

$$\oint_{\partial D} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \oint_{\partial D} (F_1 dx + F_2 dy)$$

Para a figura em questão, temos que $\partial D = \gamma_1 \cup \gamma_2$, de forma que:

$$\oint_{\partial D} (F_1 dx + F_2 dy) = \oint_{\gamma_1} \vec{F} \cdot d\vec{r} + \oint_{\gamma_1} \vec{F} \cdot d\vec{r} = a + b$$

O que nos dá:

$$\int\int_D \left(\frac{\partial F_2}{\partial x} - \frac{\partial F_1}{\partial y}\right) dxdy = a + b$$

Questão 7: **Valor (0,00 a 1,00)**

Os fenômenos que regem o voo hipersônico podem ser descritos por meio das leis conservativas da Física: Conservação da Massa, Conservação da Quantidade de Movimento Linear e Conservação da Energia. Essas leis são expressas matematicamente pelas Equações da Continuidade, de Navier-Stokes e da Energia (1ª Lei da Termodinâmica), que são válidas para: meio contínuo, escoamento em regime permanente e transiente, fluido incompressível (velocidades subsônicas, número de Mach $\leq$ 0,3), ou compressível (velocidades entre subsônica, número de Mach > 0,3, e hipersônica, número de Mach > 5), escoamento laminar ou turbulento, onde, em geral, a forças de campo, aquecimento volumétrico e difusão de massa são desprezíveis; portanto, não consideradas.

Considerando-se um elemento fluido infinitesimal, se movendo em um fluido, em coordenadas cartesianas (x, y, z) (Fig. 2), têm-se as Equações Diferenciais Parciais (EDPs) não lineares, na forma conservativa. As equações da Continuidade, da Quantidade de Movimento (Equações de Navier-Stokes) e da Energia são dadas por

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \left[\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w)\right] = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho u^2 + p - \tau_{xx}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\rho u v - \tau_{yx}\right) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho u w - \tau_{zx}) = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho v u - \tau_{xy}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\rho v^2 + p - \tau_{yy}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\rho v w - \tau_{zy}\right) = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho w) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho w u - \tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\rho w v - \tau_{yz}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\rho w^2 + p - \tau_{zz}\right) = 0 \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(E_t) + \frac{\partial}{\partial x}\left[(E_t + p)u - q_x - u\tau_{xx} - v\tau_{xy} - w\tau_{xz}\right] +$$
$$\frac{\partial}{\partial y}\left[(E_t + p)v - q_y - u\tau_{yx} - v\tau_{yy} - w\tau_{yz}\right] + + \frac{\partial}{\partial z}\left[(E_t + p)w - q_z - u\tau_{zx} - v\tau_{zy} - w\tau_{zz}\right] = 0 \tag{5}$$

sendo: ρ a massa específica do fluido; u, v, w as componentes da velocidade do escoamento; p a pressão; τ a tensão (normal e de cisalhamento) devido aos efeitos viscosos do fluido; E_t a energia total; q o fluxo de calor.

onde:

$$\tau_{xx} = \lambda\left(\nabla.\vec{V}\right) + 2\mu\frac{\partial u}{\partial x} \qquad \tau_{yy} = \lambda\left(\nabla.\vec{V}\right) + 2\mu\frac{\partial v}{\partial y} \qquad \tau_{zz} = \lambda\left(\nabla.\vec{V}\right) + 2\mu\frac{\partial w}{\partial z} \tag{6}$$

Para fluido Newtoniano

$$\lambda = -\frac{2}{3}\mu$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) \qquad \tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right) \qquad \tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right)$$

$$\vec{V} = u\,\vec{i} + v\,\vec{j} + w\,\vec{k} \qquad \left|\vec{V}\right| = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} \qquad \nabla.\vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$q_x = -k\frac{\partial T}{\partial x} \qquad q_y = -k\frac{\partial T}{\partial y} \qquad q_z = -k\frac{\partial T}{\partial z}$$

$$E_t = \rho\left(e + \frac{\left|\vec{V}\right|^2}{2}\right)$$

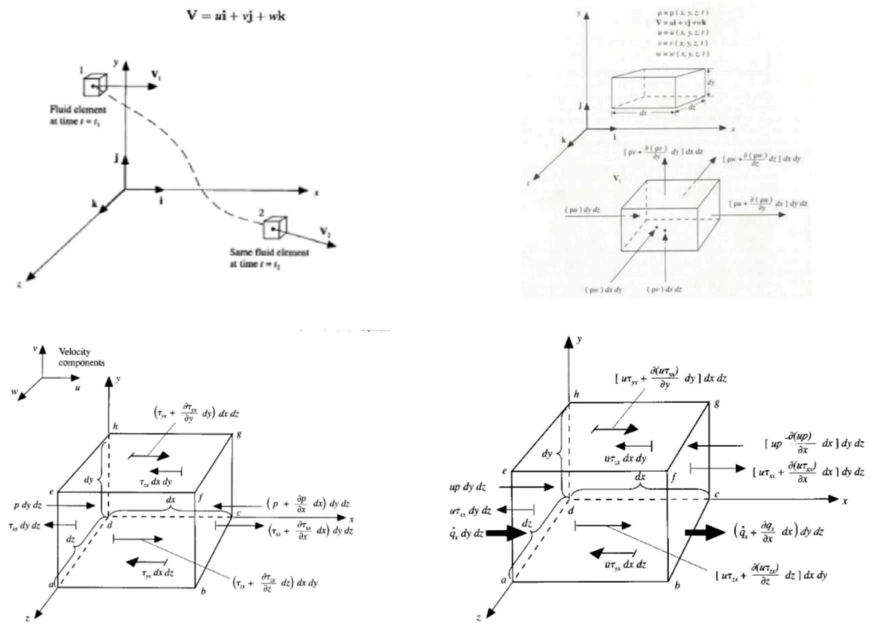


Figura 2: Elemento de fluido infinitesimal, se movendo no escoamento.

a) Quais as hipóteses a serem aplicadas às EDPs para obter as relações de uma onda de choque normal, que resulta em um sistema de 3 equações e 4 incógnitas dada por:

$$\rho_1 u_1 = \rho_2 \quad u_2$$

$$p_1 + \rho_1 u_1^2 = p_2 + \rho_2 u_2^2 \tag{7}$$

$$h_1 + \frac{u_1^2}{2} = h_2 + \frac{u_2^2}{2}$$

b) Que consideração deve ser aplicada, ao conjunto das 3 equações e 4 incógnitas (Eq. 7), para obter as equações fechadas aplicáveis a escoamento que experimenta a existência de uma onda de choque normal, dadas por:

$$M_2^2 = \frac{1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_1^2}{\gamma \ M_1^2 - \frac{\gamma - 1}{2}}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{2\gamma}{(\gamma + 1)}\left(M_1^2 - 1\right) \tag{8}$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{M_1^2(\gamma + 1)}{\left[2 + (\gamma - 1)M_1^2\right]}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{\frac{p_2}{p_1}}{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \left[1 + \frac{2\gamma}{(\gamma + 1)}\left(M_1^2 - 1\right)\right]\left[\frac{2 + (\gamma - 1)M_1^2}{M_1^2(\gamma + 1)}\right]$$

onde índices 1 e 2 significam, respectivamente, escoamento antes e após o estabelecimento da onda de choque normal.

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

a) Quais as hipóteses a serem aplicadas às EDPs para obter as relações de uma onda de choque normal, que é um sistema de 3 equações e 4 incógnitas.
R: regime permanente (todas as derivadas em relação ao tempo são ignoradas), escoamento unidimensional através de onda de choque normal (velocidade predominante na direção x, as velocidades nas direções perpendiculares são ignoradas), sem camada limite (as derivadas da velocidade em relação a são ignoradas; logo as tensões normais e cisalhamento são ignoradas); escoamento adiabático (sem fluxo de calor).

b) Que consideração deve ser aplicada, ao conjunto das 3 equações e 4 incógnitas (Eq. 7), para obter as equações fechadas aplicáveis a escoamento que experimenta a existência de uma onda de choque normal.
R: Para obter um conjunto de 4 equações e 4 incógnitas é necessário utilizar uma equação de estado. Somente a equação de estado do gás perfeito ($p = \rho R T$) possibilita obter um conjunto de equações fechadas, conforme dadas.

Questão 8: **Valor (0,00 a 1,00)**

A combustão de um combustível com ar atmosférico pode ser analiticamente estimada utilizando a teoria de Rayleigh de escoamento unidimensional com adição de calor, porém sem adição de massa e considerando que a área transversal da câmara de combustão é constante.

Em um veículo aeroespacial integrado a sistema de propulsão hipersônica aspirada baseada em combustão supersônica (tecnologia scramjet), o ar atmosférico entra na câmara de combustão em velocidade supersônica com temperatura superior a temperatura de ignição do combustível. O combustível em velocidade sônica é injetado e misturado na corrente de ar atmosférico. Ambos, o combustível e o ar atmosférico entram em combustão e os produtos da combustão atingem velocidade supersônica, próxima a velocidade sônica, na saída da câmara de combustão.

Nestas condições,

a) O que limita a quantidade de calor adicionado na câmara de combustão de um scramjet;

b) O que ocorre com a temperatura total e a pressão total, ao longo da câmara de combustão de um veículo scramjet, onde a temperatura total é dada por

$$T_{total} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right) T \qquad (9)$$

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

a) O que limita a quantidade de calor adicionado na câmara de combustão de um scramjet
R: A não ocorrência de onda de choque normal, que provocaria o bloqueio do escoamento, chocked flow. Portanto o número de Mach após a adição de calor deverá permanecer supersônico, próximo de 1.

b) O que ocorre com a temperatura total e a pressão total, ao longo da câmara de combustão de um veículo scramjet, onde a temperatura total é dada por
R: A temperatura total aumentará em função da adição de calor $T_{total\ (out)} \geq T_{total\ (in)}$, enquanto a pressão total diminuirá $p_{total\ (out)} \leq p_{total\ (in)}$.

Questão 9: **Valor (0,00 a 1,00)**

Explique, a partir da Figura 3, a curva de θ-β-Mach $tg\theta = 2\cot g\,\beta\left[\frac{M_1^2 sen^2\beta - 1}{M_1^2(\gamma + \cos 2\beta) + 2}\right]$ em relação ao posicionamento da onda de choque e das propriedades termodinâmicas, nas seguintes condições:

a) θ menor que θ_{max}, porém para choque fraco (weak shock), considerando $M_2 > 1$ (linha inferior tracejada);

b) θ menor que θ_{max}, porém para choque forte (strong shock), linha superior tracejada;

c) θ maior que θ_{max}.

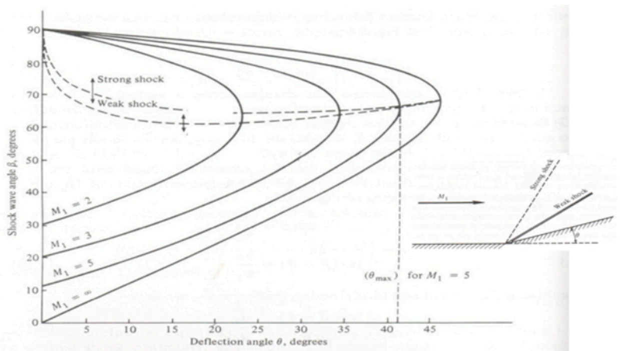
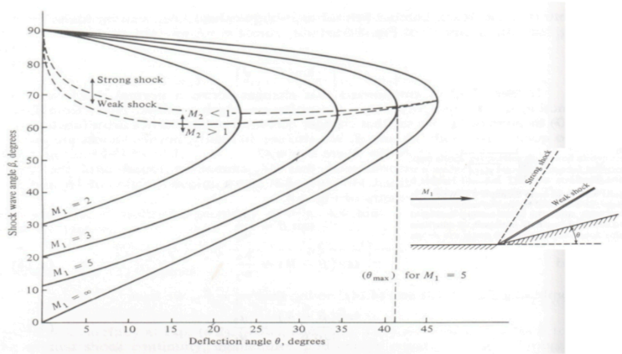


Figura 3

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

Considerando uma cunha com deflexão θ menor que θ_{max} sempre terá duas soluções para a obtenção do ângulo da onda de choque oblíqua plana βno mundo físico. Uma solução para choque forte (strong shock) e uma para choque fraco (weak shock), dada pela equação:



a) θ menor que θ_{max} , porém para weak shock, considerando $M_2>1$;
R: para uma cunha com deflexão θ menor que θ_{max} , considerando $M_2>1$, a onda de choque oblíqua plana está atada ao bordo de ataque da cunha, promovendo aumento nas propriedades termodinâmicas e uma diminuição na velocidade (consequentemente no número de Mach), porém continuará supersônico $M_2>1$, e as linhas de corrente estarão alinhadas á superfície plana da cunha.

b) θ menor que θ_{max} , porém para strong shock;
R: Esta condição não ocorre na natureza com ângulo θ menor que θ_{max} . Porém, em nessas condições, a onda de choque estará atada ao bordo de ataque e as propriedades termodinâmicas após a onda de choque atada sofreram um acréscimo em relação às propriedades que não experimentaram a onda de choque atada. Ainda a velocidade do escoamento após a onda de choque será subsônica $M_2< 1$.

c) θ maior que θ_{max} .
R: Quando o ângulo θ é superior a θ_{max} , a onda de choque será destacada do bordo de ataque da cunha e as condições são aquelas das por uma onda de choque normal, aumento dos valores das propriedades termodinâmicas e diminuição da velocidade (número de Mach) para velocidade subsônica.

Questão 10: **Valor (0,00 a 1,00)**

Comente a relação de área-velocidade $\frac{dA}{A} = \left(M^2 - 1\right)\frac{du}{u}$, considerando:

a) $M \to 0$
b) $0 \leq M < 1$
c) $M = 1$
d) $M > 1$

Resposta Esperada:

Expectativa de resposta:

a) $M \rightarrow 0$

Número de Mach tende a zero, está relacionado a escoamento incompressível, geralmente assumindo $M \leq 0{,}3$

b) $0 \leq M < 1$

Corresponde a escoamento subsônico. Em um escoamento quase-unidimensional, um aumento na velocidade, correspondente a uma diminuição de área, significando um duto convergente. Evidentemente, um aumento na área, corresponde a uma diminuição na velocidade, e o duto será divergente.

c) $M = 1$

Escoamento sônico corresponde a M = 1, logo $\frac{dA}{A} = 0$ que corresponde matematicamente a um máximo ou um mínimo na distribuição da área. Fisicamente, somente a solução de mínimo é aceitável.

d) $M > 1$

Escoamento supersônico, M > 1, um aumento na velocidade corresponde a um aumento de área, portanto, um duto divergente. Consequentemente, uma diminuição na velocidade está associada a um diminuição na área e corresponde a um duto convergente.

NATAL, 15 de Fevereiro de 2022 às 18:24.

Assinado digitalmente em 15/02/2022 17:42	Assinada digitalmente em 15/02/2022 17:49	Assinado digitalmente em 15/02/2022 18:22
FRANCISCO EDSON DA SILVA PRESIDENTE	PAULO GILBERTO DE PAULA TORO 1° EXAMINADOR	HEIDI KORZENOWSKI 2° EXAMINADOR