

FICHA DE EXPECTATIVA DE RESPOSTA DA PROVA ESCRITA

CONCURSO	
Edital:	071/2022 (24/05/2022)
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 1,25)

Questão 1 - Uma estação de radar no solo monitora um foguete que partiu da rampa de lançamento e sobe verticalmente, conforme esquema da figura abaixo. A distância horizontal entre R e P é de 8Km. Determine a rapidez (velocidade) com que o foguete estará subindo verticalmente quando estiver a uma altura de 6Km e sua distância da estação do radar estiver crescendo a uma taxa de variação de 3600Km/h.

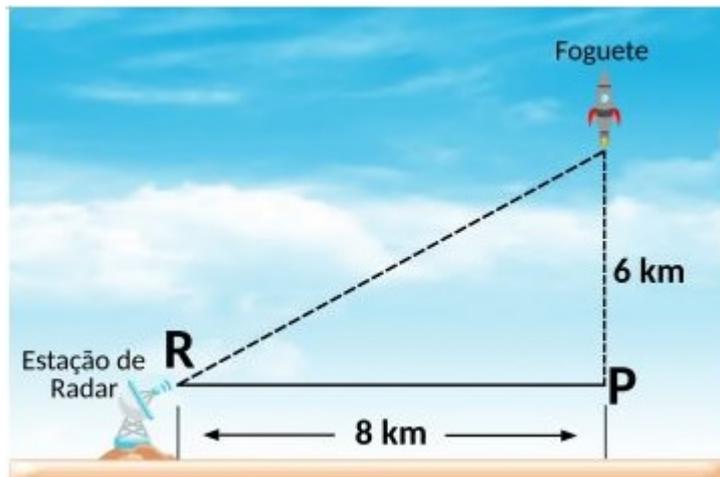


Figura – Esquema de monitoramento, através de radar fixo, de um lançamento de foguete.

Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

Se $l(t)$ é a distância do foguete à estação do radar, tem-se em qualquer instante t que

$$y^2 + (8)^2 = l^2 \Rightarrow y^2 + 64 = l^2$$

onde $y(t)$ é a altura a partir da plataforma P . Do enunciado,

$$\frac{dl}{dt} = 3600 \text{ km/h}$$

Quando $y = 6$, tem-se o valor

$$(6)^2 + (8)^2 = l^2 \Rightarrow 36 + 64 = l^2$$

$$l = \pm\sqrt{100} \Rightarrow l = \pm 10$$

(0,25 pontos se resolvido até este ponto)

Nesse caso, usa-se o valor positivo $l = 10$. Derivando a primeira equação com relação ao tempo t ,

$$2y \frac{dy}{dt} = 2l \frac{dl}{dt} \Rightarrow \frac{dy}{dt} = \frac{l}{y} \frac{dl}{dt}$$

e

$$\frac{dy}{dt} = \frac{10}{6} 3600 = 6000 \text{ km/h}$$

(1,25 pontos, pela obtenção do resultado)

Questão 2:

Valor (0,00 a 1,25)

$$\int_1^{27} \frac{f(3 \log_3 x)}{x} dx$$

Se

$$\int_0^9 f(t) dt = 3$$

Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

$$u = 3 \log_3 x$$

$$x = 1 \Rightarrow u = 3 \log_3 1 \Rightarrow u = 0$$

$$x = 27 \Rightarrow u = 3 \log_3 27 = 3 \log_3 3^3 = 9 \log_3 3 = 9$$

$$I = \int_1^{27} \frac{f(3 \log_3 x)}{x} dx = \int_0^9 \frac{f(u)}{x} dx$$

(0,5 pontos, se resolvido até este ponto)

$$u = 3 \log_3 x = 3 \frac{\ln x}{\ln 3} \Rightarrow \ln x = \frac{\ln 3}{3} u$$

$$d(\ln x) = \frac{\ln 3}{3} du \Rightarrow \frac{dx}{x} = \frac{\ln 3}{3} du$$

$$I = \int_0^9 f(u) \frac{\ln 3}{3} du = \frac{\ln 3}{3} \left[\int_0^9 f(u) du \right]$$

(1,0 ponto, se encontrada esta igualdade)

$$I = \frac{\ln 3}{3} [3]$$

$$\int_1^{27} \frac{f(3 \log_3 x)}{x} dx = \ln 3$$

(1,25 pontos, pela obtenção do resultado)

Questão 3:

Valor (0,00 a 1,25)

Questão 3 - Seja o sistema de equações diferenciais abaixo, onde $y'_i(t)$ é a derivada primeira de $y_i(t)$ com relação à variável t , com $i = 1, 2, 3$.

$$\begin{cases} y'_1(t) = 2y_1(t) + 3y_2(t) \\ y'_2(t) = y_2(t) \\ y'_3(t) = 2y_3(t) \end{cases}$$

Determine os autovalores e os autovetores da matriz dos coeficientes do sistema e diagonalize essa matriz. Em seguida, resolva o sistema, detalhando os cálculos referentes à resolução de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem.

Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

A matriz dos coeficientes do sistema é

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

A matriz A será diagonalizável por uma matriz P cujas colunas sejam os autovetores LI de A . Para se calcular os autovalores e os autovetores correspondentes de A , acha-se primeiramente o polinômio característico,

$$\det(\lambda I - A) = \begin{vmatrix} \lambda - 2 & 3 & 0 \\ 0 & \lambda - 1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda - 2 \end{vmatrix} = (\lambda - 1)(\lambda - 2)^2$$

(0,15 pontos, se resolvido até este ponto)

As raízes do polinômio característico são os autovalores λ_1 e λ_2 , ou seja,

$$(\lambda - 1)(\lambda - 2)^2 = 0$$

$$\lambda_1 = 1$$

$$\lambda_2 = 2 \text{ (multiplicidade 2)}$$

(Cada autovalor vale 0,1 pontos)

Determinando os autovetores $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3$. Assim, usando a matriz identidade I_3 ,

$$[\lambda I - A]\vec{p} = \vec{0}.$$

Para $\lambda_1 = 1$, tem-se

$$[\lambda_1 I - A]\vec{p} = \vec{0} \Rightarrow \left(\begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 - 2 & -3 & 0 \\ 0 & 1 - 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$-p_1 - 3p_2 = 0 \Rightarrow p_1 = -3p_2; \quad p_3 = 0$$

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3p_2 \\ p_2 \\ 0 \end{bmatrix} = p_2 \begin{bmatrix} -3 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} p_2 \vec{u}_1 \Rightarrow \vec{u}_1 = \begin{bmatrix} -3 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para $\lambda_1 = 2$, tem-se $[\lambda_2 I - A]\vec{p} = \vec{0}$,

$$\begin{bmatrix} 0 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$-3p_2 = 0 \Rightarrow p_2 = 0$$

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 \\ 0 \\ p_3 \end{bmatrix} = p_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + p_3 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = p_1 \vec{u}_2 + p_3 \vec{u}_3$$

$$\vec{u}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \vec{u}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

(Cada Autovetor vale 0,2 pontos. O candidato pode atingir 0,75 pontos)

A matriz diagonaliza A , ou seja,

$$P = [\vec{u}_1 \quad \vec{u}_2 \quad \vec{u}_3] = \begin{bmatrix} -3 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

tal que

$$D = P^{-1}AP = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Assim, $\vec{y}' = P\vec{u}$ e $\vec{y}' = P\vec{u}'$ fornece o sistema

$$\vec{u}' = D\vec{u} \Rightarrow \begin{bmatrix} u_1' \\ u_2' \\ u_3' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}$$
$$\begin{cases} u_1' = u_1 \\ u_2' = 2u_2 \\ u_3' = 2u_3 \end{cases}$$

(mais 0,25 pontos, por encontrar as equações diferenciais)

Equações diferenciais ordinárias de primeira ordem do tipo acima, resolve-se

$$u' = ku \Rightarrow \frac{du}{dt} = ku \Rightarrow \frac{du}{u} = k dt \Rightarrow \int \frac{du}{u} = k \int dt + \eta$$

$$\ln|u| = kt + \eta \Rightarrow u = e^{(kt+\eta)} = e^{kt} e^{\eta}$$

$$u(t) = \beta e^{kt}$$

Dessa forma, obtém-se

$$\begin{cases} u_1 = \beta_1 e^t \\ u_2 = \beta_2 e^{2t} \\ u_3 = \beta_3 e^{2t} \end{cases}$$

Concluindo,

$$\vec{y} = P\vec{u} \Rightarrow \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 e^t \\ \beta_2 e^{2t} \\ \beta_3 e^{2t} \end{bmatrix}$$

$$y_1(t) = -3\beta_1 e^t + \beta_2 e^{2t}$$

$$y_2(t) = \beta_2 e^{2t}$$

$$y_3(t) = \beta_3 e^{2t}$$

(0,50 pontos pela obtenção das respostas)

Questão 4:

Valor (0,00 a 1,25)

Questão 4 - Use o Teorema da Divergência para encontrar o fluxo do campo \vec{F} através da superfície σ com orientação para fora. Então,

$$\vec{F}(x, y, z) = x^3 \vec{i} + y^3 \vec{j} + z^3 \vec{k}$$

e σ é a superfície do sólido cilíndrico limitado por $x^2 + y^2 = 1$, $z = 0$ e $z = 3$.

Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

Do Teorema de Gauss, o fluxo Φ do campo \vec{F} através da superfície σ é dado por

$$\Phi = \iint_{\sigma} \vec{F} \cdot \vec{n} \, dS = \iiint_V \vec{\nabla} \cdot \vec{F} \, dv$$

Como V é um sólido cilíndrico,

$$\Phi = \iiint_V \vec{\nabla} \cdot \vec{F} \, r \, dz \, dr \, d\theta$$

onde $0 \leq \theta \leq 2\pi$, $0 \leq r \leq 1$ e $0 \leq z \leq 3$. Portanto,

$$\Phi = \int_0^{2\pi} \int_0^1 \int_0^3 \vec{\nabla} \cdot \vec{F} \, r \, dz \, dr \, d\theta$$

(0,5 pontos, pela aplicação do teorema de Gauss corretamente)

Calculando o divergente do campo,

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{F} = \left(\frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \right) \cdot (x^3 \vec{i} + y^3 \vec{j} + z^3 \vec{k})$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{F} = 3x^2 + 3y^2 + 3z^2 = 3(x^2 + y^2 + z^2)$$

(0,75 pontos, pelo divergente)

Concluindo,

$$\Phi = 3 \int_0^{2\pi} \int_0^1 \int_0^3 (x^2 + y^2 + z^2) \, r \, dz \, dr \, d\theta$$

$$\Phi = 3 \int_0^{2\pi} \int_0^1 \int_0^3 (r^2 + z^2) \, r \, dz \, dr \, d\theta$$

$$\Phi = 3 \int_0^{2\pi} \int_0^1 \int_0^3 (r^3 + z^2 r) \, dz \, dr \, d\theta$$

(1,00 ponto, pela correta substituição das variáveis)

$$\Phi = 3 \int_0^{2\pi} \int_0^1 (3r^3 + 9r) \, dr \, d\theta$$

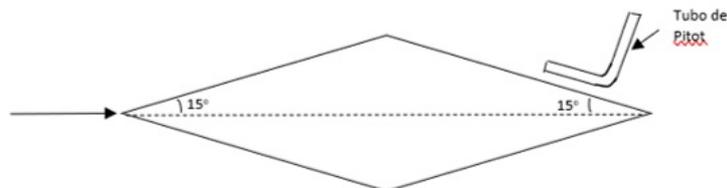
$$\Phi = 3 \int_0^{2\pi} \left(\frac{3}{4} + \frac{9}{2} \right) \, d\theta = 3 \int_0^{2\pi} \left(\frac{21}{4} \right) \, d\theta$$

$$\Phi = \frac{63}{4} (2\pi)$$

$$\Phi = \frac{63}{2} \pi$$

(1,25 pontos, pela obtenção da resposta)

Questão 5 - Considere o perfil diamante abaixo, inserido no escoamento hipersônico a um ângulo de ataque nulo. Considere um Tubo de Pitot inserido no escoamento, na localização conforme mostra a figura. Apresente a estratégia de cálculo das propriedades termodinâmicas e da velocidade (número de Mach) do escoamento que se estabelece à frente do tubo de Pitot.



Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

O perfil diamante inserido no escoamento hipersônico com ângulo de ataque nulo possui ângulo de deflexão igual a 15° . No escoamento hipersônico, o número de Mach é maior que 5, ou seja, a velocidade do escoamento é 5 vezes maior que a velocidade do som. Neste escoamento, ocorrerá uma onda de choque oblíqua colada ao bordo de ataque do perfil com ângulo da onda maior que 15° . Após a onda de choque, as propriedades termodinâmicas: pressão, temperatura e massa específica sofrem um aumento, e, por sua vez há uma diminuição da velocidade e do número de Mach. Nesta região o escoamento é supersônico e as linhas de corrente são paralelas à superfície do perfil.

O escoamento supersônico sobre a superfície plana do perfil enxerga um declive com ângulo 30° , estabelecendo um leque onda de expansão. Este leque de expansão faz com que as propriedades termodinâmicas do escoamento como pressão, temperatura e massa específica sofram um decréscimo, enquanto ocorre um aumento na velocidade do escoamento e um aumento no número de Mach. As linhas de corrente permanecem paralelas à superfície plana do perfil.

Finalmente, o escoamento após a expansão, em velocidade supersônica encontra o tubo de Pitot, que tem formato rombudo, estabelece uma onda de choque normal e destacada, onde as propriedades termodinâmicas sofrem um forte acréscimo nos valores e uma grande diminuição da velocidade do escoamento para valor subsônico. O escoamento após a onda de choque normal até a região de estagnação no tubo de Pitot pode ser considerado escoamento isentrópico, onde as relações de escoamento isentrópico podem ser utilizadas.

As propriedades termodinâmicas podem ser determinadas pela estratégia descrita abaixo:

- 1) Tendo-se o valor do número de Mach do escoamento livre (M_1), é possível obter a razão de propriedades como pressão, temperatura, massa específica ($\frac{p_2}{p_1}, \frac{T_2}{T_1}, \frac{\rho_2}{\rho_1}$) e número de Mach (M_2) após a onda de choque através das relações de onda de choque oblíqua plana;
- 2) Com o número de Mach e o valor das propriedades termodinâmicas na região 2, região após a onda de choque oblíqua, é possível obter a razão de propriedades como pressão, temperatura, massa específica ($\frac{p_3}{p_2}, \frac{T_3}{T_2}, \frac{\rho_3}{\rho_2}$) e número de Mach (M_3) após o leque de expansão, utilizando-se as relações de expansão de Prandtl-Meyer;
- 3) Com o número de Mach e o valor das propriedades termodinâmicas na região 3, região após o leque de expansão, é possível obter a razão de propriedades como pressão, temperatura, massa específica ($\frac{p_4}{p_3}, \frac{T_4}{T_3}, \frac{\rho_4}{\rho_3}$) e número de Mach (M_4) após a onda de choque normal, na região 4, utilizando-se as equações de onda de choque normal;
- 4) A determinação das propriedades termodinâmicas entre as regiões 1 e 4 passam a ser estabelecidas por:

$$\frac{p_4}{p_1} = \frac{p_4}{p_3} \cdot \frac{p_3}{p_2} \cdot \frac{p_2}{p_1}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{\rho_4}{\rho_1} = \frac{\rho_4}{\rho_3} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

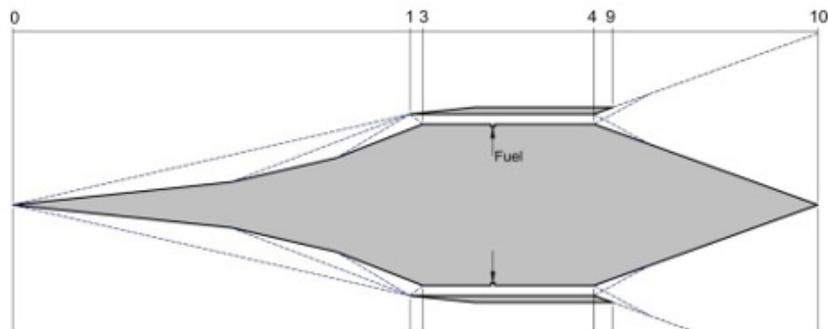
O escoamento supersônico forma onda de choque e as propriedades termodinâmicas aumentam e a velocidade diminui, mas, ainda é supersônico depois da onda – 0,25 pontos.

O leque aparece, onde as propriedades termodinâmicas diminuem e a velocidade (número de Mach) aumenta. O escoamento permanece supersônico – 0,25 pontos, que somados aos anteriores podem atingir 0,50 pontos.

O tubo de Pitot estabelece uma onda de choque destacada normal. Esta onda é subsônica, depois da onda de choque e as propriedades termodinâmicas aumentam e velocidade diminui até um nível subsônico – 1,25 pontos. Caso o candidato indique que a onda de choque é normal, mas, não subsônico, reduzir 0,25 pontos da pontuação total.

Questão 6 - Um veículo aeroespacial integrado a scramjet pode ser projetado, preliminarmente, utilizando uma abordagem de engenharia. Com base na figura abaixo:

- Identifique a seção de compressão e explique qual a sua finalidade;
- Identifique a seção da câmara de combustão e explique qual teoria pode ser utilizada nesta seção, simulando a queima de combustível com ar atmosférico em velocidade supersônica;
- Identifique a seção de expansão e explique qual a sua finalidade.



Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

- A seção de compressão está caracterizada na figura pela região 0 até 3, onde a região 0-1 refere-se à compressão externa e a região 1-3 refere-se à compressão interna. Esta seção é responsável por realizar a compressão do escoamento de forma que a temperatura seja superior à temperatura de ignição do combustível e a velocidade seja supersônica na entrada da câmara de combustão. (0,45 pontos).
- A seção da câmara de combustão compreende a região 3-4. Como primeira aproximação, pode ser utilizada a teoria de Rayleigh de escoamento unidimensional com adição de calor, que considera área transversal constante e sem considerar a adição de fluxo de combustível. (0,40 pontos).
- A seção de expansão está representada na região 4-10. Esta seção é responsável por expandir o escoamento da saída da câmara de combustão de maneira que se obtenha uma redução na temperatura, na pressão e na massa específica. Além disto, irá ocorrer o aumento na velocidade, o que proporcionará empuxo ao veículo. (0,40 pontos).

Questão 7:

Valor (0,00 a 1,25)

Questão 7 - O Tubo de Choque clássico, mais simples consiste basicamente em dois reservatórios (tubos), fechados nas extremidades, ambos com seção transversal de área constante e uniforme, sendo estes separados por um único diafragma, o qual permite manter diferentes pressões em cada um dos reservatórios. Na literatura, as propriedades termodinâmicas em equilíbrio, assim como as velocidades dos gases, pressurizados, nos reservatórios de alta pressão e de baixa pressão são identificadas pelo índice (4) e (1), respectivamente.

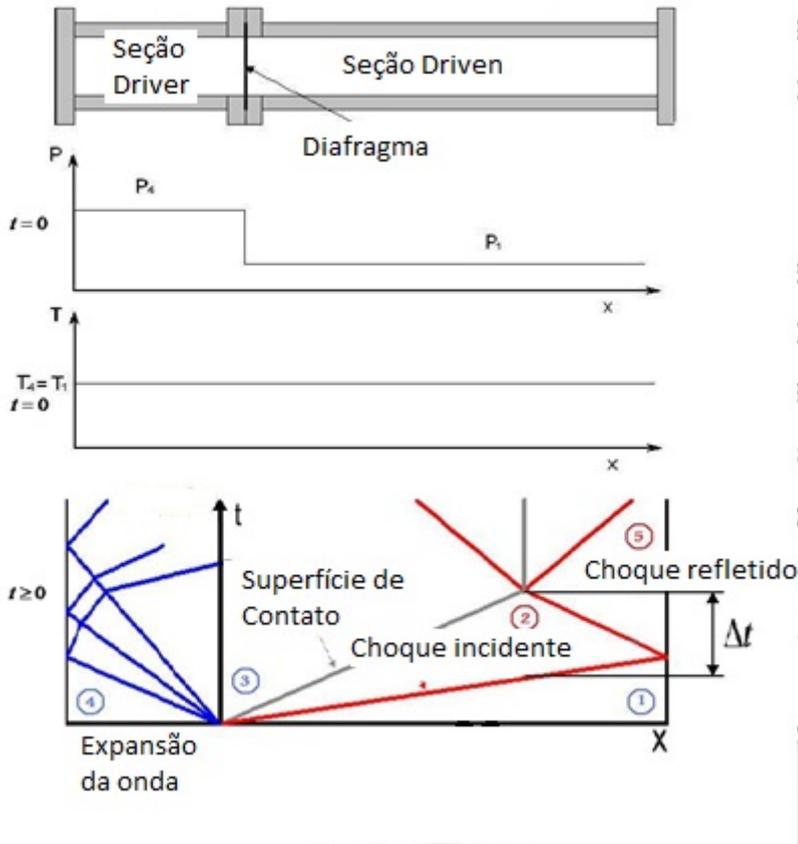


Figura. Tubo de Choque de seção transversal constante

Inicialmente, o reservatório de alta pressão, conhecido como driver, é pressurizado, isentropicamente a temperatura ambiente T_4 , com pressão p_4 , enquanto o reservatório de baixa pressão, conhecido como driven, é pressurizado, isentropicamente a temperatura ambiente T_1 , com pressão p_1 . Consequentemente, no tempo $t = 0$, o sistema está em equilíbrio termodinâmico $T_4 = T_1$.

De uma maneira ideal, em $t = 0$, o diafragma é rompido, instantaneamente, e o gás do reservatório de alta pressão expande na direção do reservatório de baixa pressão, provocando o estabelecimento de onda de choque normal que se move com velocidade u_2 , e se propaga no gás do reservatório de baixa pressão comprimindo e aquecendo o gás inicialmente em repouso. Simultaneamente, uma série de ondas de expansão se propaga na direção do reservatório de alta pressão, rarefazendo e resfriando o gás (em repouso) do reservatório de alta pressão.

Em $0 < t < t_1$ o gás comprimido, a uma pressão p_2 , e aquecido, a uma temperatura T_2 , em processo irreversível s_2 , originário do gás do reservatório de baixa pressão, na qual a onda de choque passou se move com velocidade u_2 , na direção da onda de choque. De um modo similar, o gás rarefeito, a uma pressão p_3 , e resfriado, a uma temperatura T_3 , em processo isentrópico s_3 , originário do gás do reservatório de alta pressão, no qual a série (leque) de ondas de expansão passou se move com velocidade u_3 , acelerando o gás na direção da onda de choque. A frente da onda de expansão se move na velocidade do som do gás do reservatório de alta pressão a_4 , enquanto que a cauda da onda de expansão se move na mesma velocidade do gás que experimentou a passagem da onda de choque u_2 , originário do reservatório de baixa pressão. Consequentemente, uma discontinuidade, denominada por superfície de contato, é estabelecida, separando

o gás comprimido e aquecido pela onda de choque e o gás rarefeito e resfriado pela onda de expansão. Explique o que ocorre com as propriedades pressão, temperatura e velocidade dos gases na interface da superfície de contato.

Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta:

Na superfície de contato irá ocorrer $p_2 = p_3$ e $u_2 = u_3$, entretanto $T_2 \neq T_3$ consequentemente $s_2 \neq s_3$. (1,25 pontos) |

Questão 8:

Valor (0,00 a 1,25)

Questão 8 - Veículos espaciais devem ser projetados considerando-se a missão a ser executada, ou seja, podem ser utilizados para inserção de satélites em órbita, sondas espaciais em rotas interplanetárias ou veículo de sondagem. A necessidade de se

projetar um veículo que cumpra os requisitos de velocidade ou de altitude é um fator crucial para o início do projeto de um motor foguete. Faz-se necessário, então, a escolha adequada do tipo de propelente que será utilizado neste motor. Existem três tipos de propelentes capazes de produzir propulsão: sólido, líquido e híbrido. A escolha do propelente depende do tipo de missão. Para realizar a escolha adequadamente é importante que se avalie as vantagens e desvantagens de cada tipo de propelente. Escolha dois propelentes e apresente vantagens e desvantagens destes propelentes.

Resposta Esperada:

Expectativa de Resposta

Para cada tipo de missão haverá um tipo de propelente mais adequado. Motores foguete a propelente sólido são mais adequados para lançamentos que não exigem controle absoluto da missão, visto que não permitem o controle após a partida. São mais baratos que aqueles com propelente líquido ou híbrido e são capazes de gerar mais empuxo por unidade de volume do veículo por possuir um maior fator de empacotamento. É comumente utilizado em operações de lançamento de veículos espaciais nos estágios propulsores durante a fase de voo atmosférico. Entretanto, um motor foguete a propelente sólido, em média, precisa de 30% a 50% a mais em massa de propelente que um motor foguete a propelente líquido.

Motores foguete a propelente líquido são os que apresentam a maior eficiência propulsiva, com maior empuxo por unidade de massa, entretanto são mais caros e complexos. São usados em sistemas espaciais que necessitam de um controle bastante fino e preciso. Carrega consigo a maior segurança de ter oxidante e combustível separados fisicamente.

Motores foguete a propelente híbrido possuem características mistas, com algumas vantagens do motor foguete a propelente sólido, como uma maior densidade e fator de empacotamento, e algumas vantagens do propelente líquido, como a modulação do empuxo. Além disso, bem como os motores foguete a propelente líquido, carrega consigo a maior segurança de ter oxidante e combustível separados fisicamente.

(Como o candidato deve comentar sobre dois propelentes, 0,65 para cada propelente, até o limite do valor da questão).

NATAL, 11 de Outubro de 2022 às 16:41.

Assinado digitalmente em
11/10/2022 12:53

DOUGLAS DO NASCIMENTO SILVA
PRESIDENTE

Assinado digitalmente em
11/10/2022 13:05

DEUSDEDIT MONTEIRO MEDEIROS
1º EXAMINADOR

Assinado digitalmente em
11/10/2022 15:55

HEIDI KORZENOWSKI
2º EXAMINADOR