

MEC047 – MÁQUINAS DE FLUXO EM SISTEMAS DE PROPULSÃO

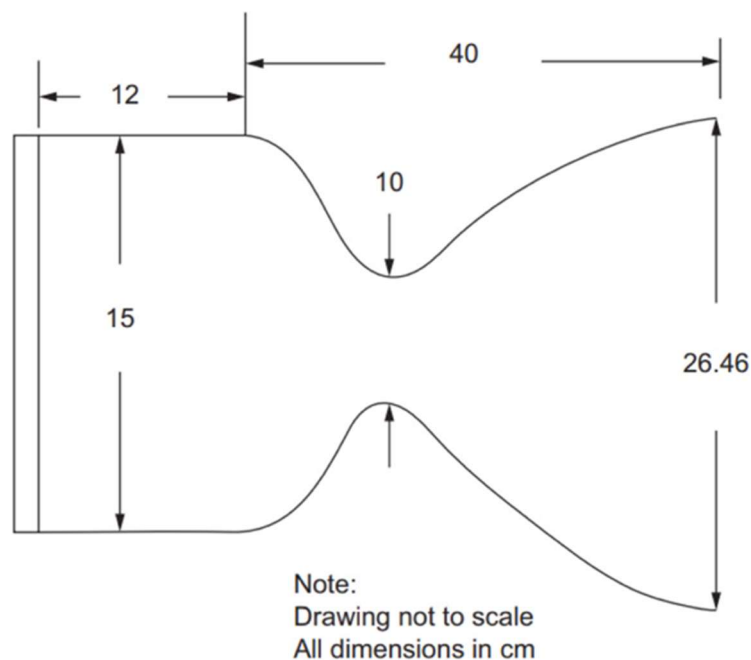
PROVA 01: QUESTÃO - SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Data: 28/09/2026

Entregar: Versão eletrônica, script (arquivo fonte), relatório apresentando: introdução, metodologia, resultados e discussão, conclusões, referências bibliográficas.

Grupo 01 – Desenvolva um código computacional para resolver o problema a seguir. Considere o sistema de propulsão de um foguete a propelente líquido mostrado na Figura. Combustível e oxidante reagem num processo de combustão para produzir gases na câmara de combustão a uma pressão de 5 MPa, com uma temperatura $T_c = 3000$ K, $MW = 15$ kg/kg-mol, e $k = 1,2$.

- (a) Considerando a operação ao nível do mar, um escoamento isentrópico unidimensional em toda a extensão e condições de estagnação na câmara, determine o empuxo e o impulso específico deste motor.
- (b) O escoamento na tubeira está quase perfeitamente expandido?
- (c) Em nossa análise ideal, normalmente assumimos que as condições da câmara são valores de estagnação. Quanto o empuxo do item (a) mudaria se relaxássemos essa suposição e considerássemos o fato de que os gases da câmara não têm velocidade zero ao entrarem na contração do bocal?



Grupo 02 – Escreva um código de computador para prever uma trajetória balística bidimensional arbitrária em uma Terra plana e não rotativa. Considere um foguete com as seguintes características:

Condição 01:

$C_D = 0,3$	$C_L = 0$	$D_{ref} = 3,1 \text{ in}$
$F = 18 - 9t$	$0 \leq t \leq 2 \text{ s}$	$(F \approx \text{lb})$
$m_0 = 1,1 \text{ lb}$	$I_s = 165 \text{ s}$	

Condição 02:

$C_D = 0,45$	$C_L = 0$	$D_{ref} = 3,5 \text{ in}$
$F = 18 - 9t$	$0 \leq t \leq 3 \text{ s}$	$(F \approx \text{lb})$
$m_0 = 1,3 \text{ lb}$	$I_s = 175 \text{ s}$	

Condição 03:

$C_D = 0,25$	$C_L = 0$	$D_{ref} = 3,25 \text{ in}$
$F = 18 - 9t$	$0 \leq t \leq 4 \text{ s}$	$(F \approx \text{lb})$
$m_0 = 1,5 \text{ lb}$	$I_s = 155 \text{ s}$	

- Obtenha os valores da massa final e a massa instantânea com base nas informações fornecidas acima.
- Escreva seu código assumindo condições atmosféricas constantes, velocidade do vento arbitrária e variação desprezível da gravidade. Utilize o melhor método numérico para a integração e anexe-lo como uma função do código principal.
- Verifique o algoritmo comparando a altitude obtida com a solução da trajetória vertical, definindo $C_D = 0$ e $F = 9$ constantes, com $t_b = 2 \text{ s}$. Apresente o resultado das altitudes de queima e total.
- Após verificar o código, preveja e trace a trajetória do veículo (Altitude versus Alcance) para ângulos de lançamento iniciais de 70° , 75° , 80° e 85° em relação ao horizonte, com um vento lateral de 16 km/h (10 mph). Inclua o arrasto na simulação e forneça gráficos para a velocidade, aceleração, alcance e altitude do veículo em função do tempo para o caso de (Condição 01: $\theta = 70^\circ$, Condição 02: $\theta = 75^\circ$ e Condição 03: $\theta = 80^\circ$). Considere uma haste de lançamento de $1,8 \text{ metro}$ para seus cálculos.

Grupo 03 – Desenvolva um código computacional para encontrar uma solução ao problema detalhado a seguir. A Figura mostra o Motor de Custo Ultrabaixo (ULCE), atualmente comercializado para propulsão de veículos lançadores. As dimensões da figura estão em polegadas. O motor possui uma câmara de 700 psi e utiliza propelentes LOX/LH₂ ($c^* = 7800$ ft/s) a uma razão de mistura (O/F) de 6,0. Assumindo $k = 1,2$ e desempenho ideal do motor, calcule: (a) vazão total do propelente do motor, (b) empuxo ao nível do mar, (c) impulso ao nível do mar, (d) pressão do empuxo ao nível do mar, (e) empuxo no vácuo, (f) impulso específico ao nível do mar e no vácuo, e (g) velocidade de saída do escoamento da tubeira ao nível do mar e no vácuo.

