



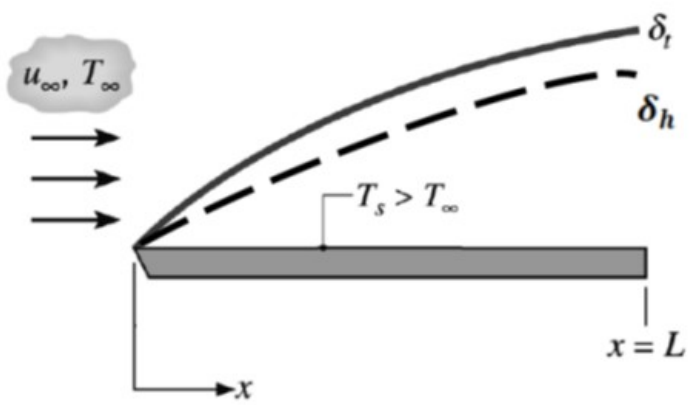
CONCURSO ITA 2025
EDITAL: 02/ITA/2025
CARGO: PESQUISADOR

PERFIL: PQ-09

CADERNO DE QUESTÕES

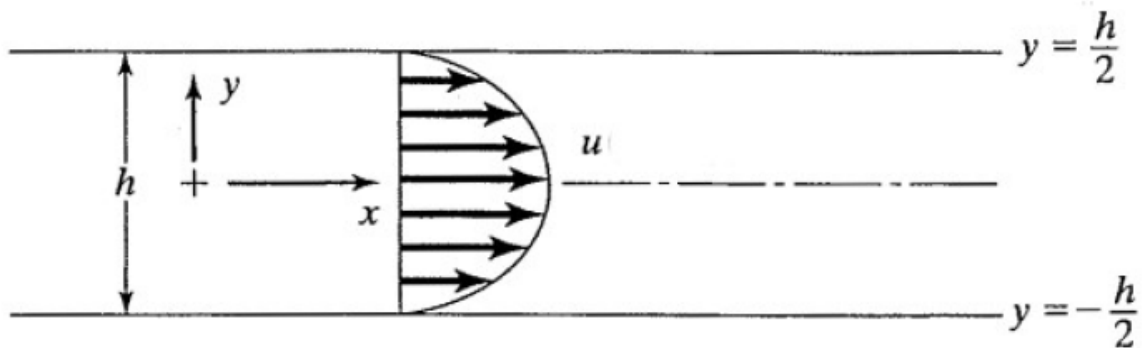
1. Esta prova tem duração de **4 (quatro) horas**.
2. Você poderá usar **apenas** caneta esferográfica de corpo transparente com tinta preta, lápis ou lapiseira, borracha, régua transparente simples e compasso. **É proibido portar qualquer outro material escolar ou equipamento eletrônico.**
3. Você recebeu este **caderno de questões e um caderno de respostas** que deverão ser devolvidos ao final do exame.
4. O caderno de questões é composto por **5 questões dissertativas**.
5. As **questões dissertativas devem ser respondidas exclusivamente no caderno de respostas**. Responda sequencialmente as questões, usando caneta preta.
6. **É obrigatória a devolução do caderno de questões e do caderno de respostas**, sob pena de desclassificação do candidato.
7. **Aguarde o aviso para iniciar a prova. Ao terminá-la, avise o fiscal e aguarde-o no seu lugar.**

Questão 1. (2 pontos) Um aparato experimental foi construído para determinar o coeficiente de transferência de calor local (h_x) quando uma placa plana à temperatura local T_s é resfriada por um escoamento de ar à velocidade e temperatura uniformes (u_∞, T_∞) e com propriedades constantes, conforme esquematizado na figura. Os resultados obtidos para o número de Nusselt local foram correlacionados em função dos parâmetros adimensionais Reynolds e Prandtl na forma:

$Nu_x = 0,035 Re_x^{0,8} Pr^{1/3}$	$Nu_x = \frac{h_x x}{k}; \quad Re_x = \frac{\rho u_\infty x}{\mu}; \quad Pr = \frac{\mu C_p}{k}$
sendo: μ = viscosidade ρ = massa específica k = condutividade térmica C_p = calor específico à pressão constante δ_h = espessura da camada limite hidrodinâmica δ_t = espessura da camada limite térmica L = comprimento da placa	

- (0,5 pontos) Explique o significado físico dos números adimensionais Reynolds (Re) e Prandtl (Pr).
- (0,5 pontos) Explique como fica a relação entre as espessuras das camadas limites hidrodinâmica e térmica quando $Pr = 1$.
- (1,0 ponto) Determine a relação entre o coeficiente de convecção médio ($h_{\text{médio}}$) na placa e o coeficiente de convecção local (h_x), na posição $x = L$.

Questão 2. (2 pontos) Considere o escoamento estacionário de baixa velocidade, completamente desenvolvido, de um fluido viscoso. Esse escoamento é gerado por um gradiente de pressão em um canal bidimensional infinitamente longo de altura h , com paredes fixas, conhecido como escoamento de Poiseuille, mostrado na figura abaixo. Admitindo que o fluido se desloca na direção horizontal, x , com velocidade u , e desprezando a ação da força de gravidade, responda às seguintes questões:



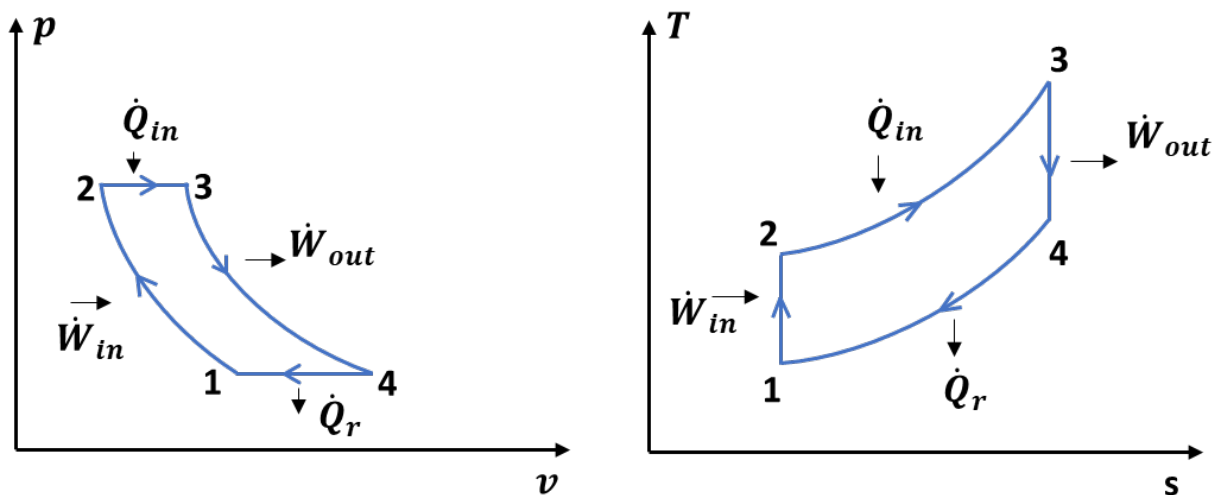
- (0,5 pontos) A partir da equação da continuidade, quais as características do campo de velocidades deste escoamento?
- (0,5 pontos) Escreva a equação de momentum de Navier-Stokes para o escoamento.
- (0,5 pontos) A partir da imposição de condições de contorno adequadas ao escoamento encontre a expressão analítica para o perfil de velocidade.
- (0,5 ponto) Calcule a tensão de cisalhamento nas paredes do canal.

Questão 3. (2 pontos) Uma placa retangular é isolada termicamente nas suas duas faces planas. O lado em $x = 0$ também é isolado. O lado em $x = a$ é mantido à temperatura T_a . O lado em $y = 0$ é mantido à temperatura T_0 e o lado em $y = b$ é mantido à temperatura T_b .

- a) (0,4 pontos) Mostre um esboço da placa em coordenadas $x - y$ com as condições de contorno adequadas e identifique a equação diferencial que define o problema. Redefina a temperatura ($T(x, y) \rightarrow \theta(x, y)$) de modo a obter condições de contorno homogêneas na coordenada x e mostre um esboço da placa nas coordenadas $x - y$ com a temperatura redefinida e as condições de contorno adequadas.
- b) (0,3 pontos) Divida o problema redefinido, ($\theta(x, y)$), em dois outros problemas, i.e., ($\theta(x, y) = \theta_1(x, y) + \theta_2(x, y)$), com condições de contorno homogêneas na coordenada x de maneira que cada um possa ser resolvido pelo método de separação de variáveis. Identifique as equações diferenciais e as condições de contorno para ambos.
- c) (1,3 pontos) Resolva o problema de condução de calor para a placa com as seguintes condições de contorno: CC1 - em $x = 0$, $\partial T / \partial x = 0$; CC2 - em $x = a$, $T = 0$; CC3 - em $y = 0$, $T = T_1$; CC4 - em $y = b$, $T = 0$.

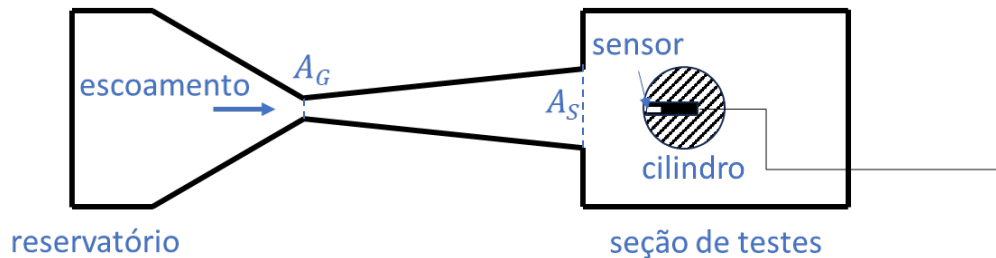
Questão 4. (2 pontos) Por Décadas o ciclo Brayton tem sido de importância fundamental para a indústria Aeronáutica. Mas também tem relativa importância para aplicações na produção de energia elétrica. Com o despertar do século XXI um interesse ressurgiu para se aplicar ciclos Brayton para gerar energia elétrica e produzir efeito propulsivo no espaço. Neste caso o ciclo é fechado e utiliza como fluido de trabalho uma mistura de He-Xe. No caso a mistura de He-Xe possui um $\gamma = c_p/c_v$ constante numa ampla faixa de temperatura e de valor igual a 1,66. A Fig. 1 mostra dois gráficos esquemáticos de pressão versus volume específico (pXv) e temperatura versus entropia específica (TXs). Todas as unidades estão no SI.

Figura 1. Gráficos esquemático pressão versus volume específico (pXv) e temperatura versus entropia específica (TXs).



- (1 ponto) Deduza a partir de princípios básicos a fórmula da eficiência térmica para o ciclo Brayton, fechado ideal e isentrópico. Esta fórmula deve ser apresentada em termos da razão de pressão p_2/p_1 .
- (0,5 pontos) Calcule, baseado nos dados a seguir o valor desta eficiência. $T_1 = 433,9 \text{ K}$, $T_2 = 518,6 \text{ K}$, $T_3 = 1046,9 \text{ K}$ e $T_4 = 906,4 \text{ K}$.
- (0,5 pontos) Apesar do valor calculado em “b”, na literatura o valor apresentado é de $\eta_{th} \cong 0,314$, com pequena variação. Explique quais fatores poderiam afetar o valor calculado em “b” para que ele seja igual ao apresentado neste item.

Questão 5. (2 pontos) Um túnel de vento supersônico foi construído a partir uma tubeira convergente-divergente conectada a uma seção de testes projetada para Mach 2,5, conforme Figura Abaixo. O reservatório da tubeira mantém o ar a 300 K e 1,0 MPa constantes durante o tempo de teste.



Assumindo que o escoamento é isentrópico ao longo do túnel, pede-se:

- (0,5 pontos) Calcular a área da garganta (A_G) necessária para que o escoamento na seção de testes ($A_S = 1,0 \text{ m}^2$) atinja a condição de projeto.
- (0,75 pontos) Calcular a temperatura e pressão estáticas assim como a velocidade na seção de testes, nas condições de projeto.
- (0,75 pontos) Estimar os valores das medidas efetuadas num modelo cilíndrico com um sensor de pressão montado na posição central da saída da tubeira e paralelo ao escoamento, conforme disposto na Figura, nas condições de projeto. E, se fosse um sensor de temperatura, qual seria a medição estimada? Descrever o procedimento e as hipóteses utilizadas para as estimativas.

Considerar o ar como caloricamente perfeito, $R = 287 \text{ J/(kg.K)}$ e $\gamma = 1,4$. Além disso, não há efeitos viscosos.

Relações úteis

Relações Isentrópicas	Relações da Onda de Choque Normal
$\frac{A}{A_G} = \frac{1}{M^2} \left[\frac{2}{\gamma + 1} \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right) \right]^{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1}}$ $\frac{P_t}{P} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$ $\frac{T_t}{T} = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2$ $a = \sqrt{\gamma R T}$	$\frac{P_2}{P_1} = 1 + \frac{2\gamma}{\gamma + 1} (M_1^2 - 1)$ $\frac{T_2}{T_1} = \left[1 + \frac{2\gamma}{\gamma + 1} (M_1^2 - 1) \right] \frac{2 + (\gamma - 1)M_1^2}{(\gamma + 1)M_1^2}$ $M_2^2 = \frac{1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_1^2}{\gamma M_1^2 - (\gamma - 1)/2}$

Nomenclatura

A	Área da seção transversal	γ	Razão entre calores específicos
P	Pressão	t	Subscrito, indica condição total ou de estagnação
T	Temperatura	1	Subscrito, indica condição anterior à onda de choque
a	Velocidade do som	2	Subscrito, indica condição posterior à onda de choque
M	Número de Mach	G	Subscrito, indica condição na garganta
R	Constante do gás	S	Subscrito, indica condição na seção de testes

Rascunho

RASCUNHO

Rascunho

RASCUNHO

Rascunho

RASCUNHO

Rascunho