UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

PROCESSO SELETIVO 01/2022

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Na sequência são apresentadas as diretrizes da resolução das questões dissertativas elaboradas pela banca da Área de Conhecimento **SISTEMAS TERMO FLUIDOS**.

Questão 01

Inicialmente selecionamos apenas uma das variáveis: e, D, L; visto que todas têm dimensão de comprimento. Não obstante, não podemos escolher Δp, pois é a variável dependente. Feito isso, temos que listar as dimensões de cada variável:

$$[\Delta p] = \frac{M}{LT^3}$$

$$[L] = L$$

$$[D] = L$$

$$[e] = L$$

$$[\rho] = \frac{M}{L^3}$$

$$[\mu] = \frac{M}{LT}$$

Primeiro, combinamos Δp, V, D e μ em termos de Π. Como apenas Δp e ρ têm dimensão M, avoca a razão $\Delta p/\rho$, em que para cancelar o T no denominador, o V deve ser incluso no numerador para que os T's se cancelem. Ademais, essa inclusão resulta um L^2 no numerador, requerendo também um D^2 no denominador, ficando:

$$\Pi_1 = \frac{\Delta p}{\rho V^2 D^2}$$

O Π_2 é encontrado combinando L com as três variáveis repetidas V, D e ρ. Como L e D têm a dimensão de comprimento, temos:

$$\Pi_2 = \frac{L}{D}$$

Assim como, naturalmente o Π_3 é obtido da seguinte combinação:

$$\Pi_3 = \frac{e}{D}$$

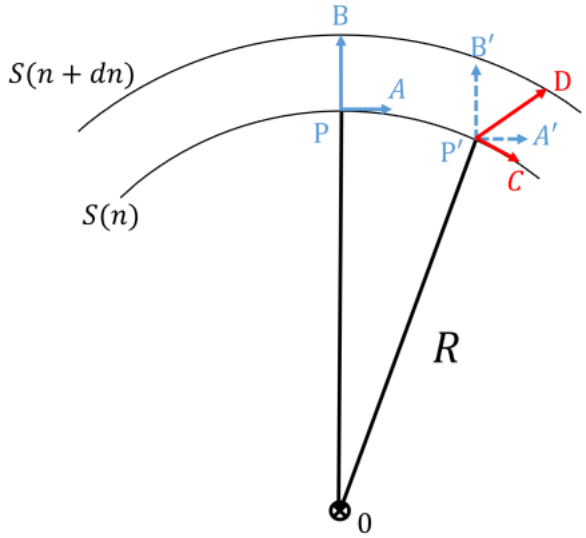
O Π_4 é encontrado combinando μ com V, D e ρ. Tanto μ e ρ tem dimensão M que requer a razão ρ/μ. Novamente, o T no numerador requer V no numerador. Ademais, isso resulta L no denominador, de modo que D deve ser incluso no numerador. Enfim, depois dessas considerações Π_4 fica:

$$\Pi_4 = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Finalmente, a expressão final que relaciona os termos $\Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4)$ é:

$$\frac{\Delta p}{\rho V^2 D^2} = f\left(\frac{L}{D}, \frac{e}{D}, \frac{\rho V D}{\mu}\right)$$

Questão 2:



Dados:

Para o tempo t: $\measuredangle BPA = \measuredangle B'P'A' = 90^{\circ}$

Para o tempo $t + dt$: $\measuredangle DPC$

$\measuredangle B'P'D = \alpha$

$\measuredangle A'P'C = \measuredangle POP' = \beta$

Da figura 1, podemos escrever o "gap" angular por:

$$-d\gamma = \alpha - \beta \qquad 01$$

Substituindo a relação 01 na definição da viscosidade, temos:

$$-\mu = \frac{\tau}{\frac{\alpha}{dt} - \frac{\beta}{dt}} \qquad 02$$

Ademais, da figura também é possível obter a seguinte relação para o termo o primeiro termo presente no denominador:

$$\frac{\alpha}{dt} = \left(\frac{B'D}{dn}\right)\frac{1}{dt} = \frac{BD - B'B}{dndt} = \frac{BD - PP'}{dndt} = \frac{V(n+dn)dt - V(n)dt}{dndt} = \frac{dV}{dn} \qquad 03$$

No que segue, tem-se para o segundo temo no denominador:

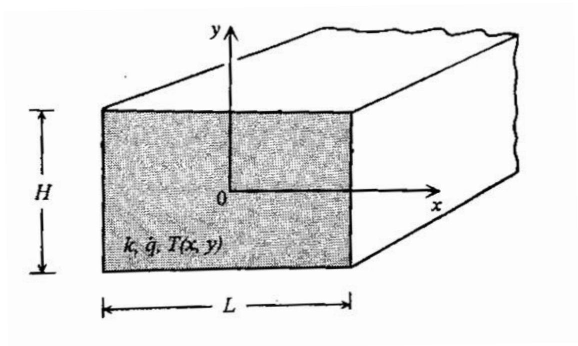
$$\frac{\beta}{dt} = \frac{POP'}{dt} = \frac{PP'}{Rdt} = \frac{Vdt}{Rdt} = \frac{V}{R} \qquad 04$$

Finalmente, substituindo a relação (03) e (04) na definição dada (02), temos:

$$\tau = \mu\left(\frac{dV}{dn} - V/R\right)$$

Questão 3:

i) Modelo físico:



ii) Considerações: regime permanente; Biot é elevado, logo as temperaturas nas superfícies são aproximadamente iguais a T_∞; propriedades constantes; geração de calor uniforme; condução de calor em duas dimensões (x,y).

iii) Solução:

Adotando o sistema de coordenadas conforme o modelo físico, a equação da condução de calor é:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0 \tag{1}$$

As condições de contorno são:

$$T\left(x = \pm\frac{L}{2}, y\right) = T_\infty \tag{2.a}$$

$$T\left(x, y = \pm\frac{H}{2}\right) = T_\infty \tag{2.b}$$

Reescrevendo a equação (1), tem-se:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = -\frac{\dot{q}}{k} \tag{3}$$

Integrando ambos os lados da equação (3) para o domínio retangular, ficamos com:

$$\int_{-L/2}^{L/2}\int_{-H/2}^{H/2}\left(\frac{\partial^2 \mathrm{T}}{\partial \mathrm{x}^2} + \frac{\partial^2 \mathrm{T}}{\partial \mathrm{y}^2}\right) dy\ dx = \int_{-L/2}^{L/2}\int_{-H/2}^{H/2}\left(-\frac{\dot{\mathrm{q}}}{\mathrm{k}}\right)\ dy\ dx \tag{4}$$

Utilizando-se o perfil de temperatura dado no problema, encontram-se as derivadas parciais de segunda ordem:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left[T_\infty + \theta_m\left(1 - \frac{x^2}{(L/2)^2}\right)\left(1 - \frac{y^2}{(H/2)^2}\right)\right]\right] = -\frac{8\theta_m}{L^2}\left(1 - \frac{y^2}{(H/2)^2}\right) \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\partial}{\partial y}\left[T_\infty + \theta_m\left(1 - \frac{x^2}{(L/2)^2}\right)\left(1 - \frac{y^2}{(H/2)^2}\right)\right]\right] = -\frac{8\theta_m}{H^2}\left(1 - \frac{x^2}{(L/2)^2}\right) \quad (6)$$

Substituindo-se (5) e (6) em (4):

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}}\int_{-\frac{H}{2}}^{\frac{H}{2}} -8\theta_m\left(\frac{1}{L^2}\left(1 - \frac{y^2}{(H/2)^2}\right) + \frac{1}{H^2}\left(1 - \frac{x^2}{(L/2)^2}\right)\right)dy\ dx = -\frac{\dot{q}}{k}HL \quad (7)$$

O resultado de (7) é a expressão:

$$-\frac{16}{3}\theta_m\left(\frac{H}{L} + \frac{L}{H}\right) = -\frac{\dot{q}}{k}HL \quad (8)$$

Logo:

$$\theta_m = \frac{3\dot{q}}{16k}\frac{HL}{\left(\frac{H}{L} + \frac{L}{H}\right)} \quad (9)$$

Ou:

$$\theta_m = \frac{3\dot{q}}{16k}\frac{H^2L^2}{(H^2 + L^2)} \quad (10)$$

Com $\theta_m = T(0{,}0) - T_\infty$, e sabendo que a temperatura máxima ocorre exatamente no centro geométrico da seção transversal do condutor:

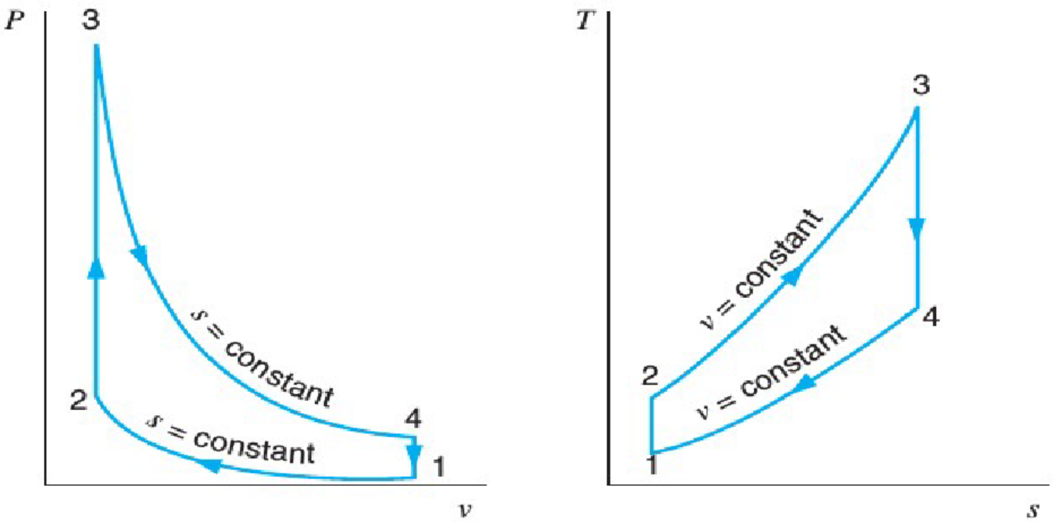
$$T_{máx} = T(0{,}0) = \theta_m + T_\infty \quad (11)$$

Substituindo-se (10) na expressão (11), chegamos na resposta do problema:

$$\boldsymbol{T_{máx} = \frac{3\dot{q}}{16k}\frac{H^2L^2}{(H^2 + L^2)} + T_\infty}$$

Questão 4:

a) A representação gráfica do gráfico Pressão versus Volume e Temperatura versus Entropia são representadas na figura abaixo.



- Processo 1-2: Compressão isentrópica

Nesse processo ocorre uma compressão isentrópica do ar. Isso leva a uma redução do volume da mistura ar-gasolina. Processo isentrópico significa que a entropia se mantem constante, e para isso, não existe troca de calor e o processo é reversível. O volume é reduzido, de 1 para 2, o que leva a um aumento na temperatura.

- Processo 2-3: Combustão isovolumétrica

Uma centelha explode a mistura ar-gasolina. Esse processo considera a penas o período de tempo no qual o volume não começa a aumentar. Observa-se um grande aumento na pressão, mas o volume permanece constante. Como adiciona-se calor ao sistema, observa-se um aumento na temperatura e na entropia.

Processo 3-4: Expansão isoentrópica

A partir do momento que a gasolina explodiu, ela vai se expandir, aumentando o volume e diminuição da pressão da câmara. Não ocorre troca de calor nessa etapa, mantendo a entropia constante. Observa-se também uma redução da temperatura.

- Processo 4-1: Rejeição isovolumétrica

Também conhecido como ciclo de exaustão, nesse processo ocorre a eliminação da mistura, a um volume constante. Esse processo acarreta em uma queda na pressão, temperatura e entropia, devido à exaustão do calor.

b) A eficiência é definida como a razão entre o trabalho e a energia térmica entregue ao sistema. Para esse sistema, as trocas de calores ocorrem nas transformações 2-3 e 4-1:

Calor absorvido	$Q_{23} = c_v(T_3 - T_2)$
Calor cedido	$Q_{41} = c_v(T_4 - T_1)$

Nesta toada, podemos escrever a eficiência pela seguinte relação:

$$\eta = \frac{W}{Q_{23}} \qquad 01$$

Da primeira lei da termodinâmica, dada por:

$$W_{ciclo} = dQ - dU \qquad 02$$

tem-se que para um ciclo fechado, $dU = 0$. Assim:

$$W_{ciclo} = dQ = Q_{23} - Q_{41} = c_v[(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)]$$

$$\eta = \frac{W}{Q_{23}} = \frac{c_v[(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)]}{c_v(T_2 - T_3)} = 1 + \frac{(T_1 - T_4)}{(T_3 - T_2)}$$

$$\eta = 1 + \frac{T_1\left(1 - \frac{T_4}{T_1}\right)}{T_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} \qquad 03$$

Como o processo 1-2 é adiabático, tem-se:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \qquad 04$$

De maneira similar, para o processo 3-4:

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} \qquad 05$$

Das relações dadas em 04 e 05, pode-se tirar que:

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1} \qquad 06$$

Aplicando-se essa igualdade na equação da eficiência, finalmente obtém-se:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{r_v^{\gamma-1}}$$

Onde:

η: eficiência do motor

r_v: Razão de compressão

$\gamma = c_p/c_v$: Relação entre as capacidades térmicas a pressão constante e a volume constante

Presidente da Banca Examinadora

Prof. Oséias Pessoa

Assinaturas do documento

Código para verificação: **32P7USQ5**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

OSEIAS ALVES PESSOA (CPF: 920.XXX.989-XX) em 14/03/2022 às 11:28:47
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:37:38 e válido até 30/03/2118 - 12:37:38.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwMTAxNzFfMTAxNzRfMjAyMl8zMlA3VVNRNQ== ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **UDESC 00010171/2022** e o código **32P7USQ5** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.