EAMB7003 Camada-Limite Atmosférica
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Departamento de Engenharia Ambiental, UFPR
P01, 01 Abr 2019
Prof. Nelson Luís Dias

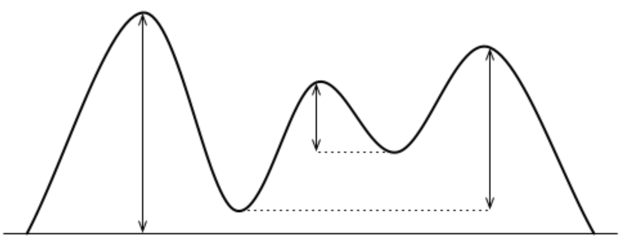
0

Declaro que segui o código de ética do Curso de Engenharia Ambiental ao realizar esta prova

NOME: GABARITO Assinatura: ____________________

---

1 [20] A proeminência de um cume é o desnível entre esse cume e a mais baixa curva de nível circundante que o inclua a ele mas a nenhum ponto mais alto.
A figura ao lado mostra a erupção de 2004 do monte Popocatépetl no México, vista de Puebla, Puebla. A figura abaixo permite identificar melhor a sua proeminência. Sabendo que a altitude do monte é de 5426 m, e que sua proeminência é de 3020 m, qual ou quais regiões da atmosfera estão ocupadas pela pluma da erupção no momento da fotografia?



SOLUÇÃO DA QUESTÃO:
Visualmente, pode-se estimar a altura da pluma sobre o cume em 2,5 a 3 vezes a proeminência da montanha. O topo da pluma alcança portanto uma altitude de $5500 + 3 \times 3000 = 14500\,\mathrm{m}$, ou aproximadamente o topo da tropsfera. Provavelmente a pluma não penetrou na estratosfera, entre outros motivos devido à forte inversão térmica que separa a troposfera da estratosfera.

Continue a solução no verso ⟹

2 [20] Mede-se uma densidade de metano no ar de $\rho_m = 0{,}001\,\mathrm{g\,m^{-3}}$. Obtenha a concentração de metano em ppm, sabendo que $R^{\#} = 8{,}314\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$, $p = 101325\,\mathrm{Pa}$, e $T = 300\,\mathrm{K}$.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

$$
\begin{aligned}
pV &= nR^{\#}T,\\
p_mV &= n_mR^{\#}T,\\
\frac{p_m}{p} &= \frac{n_m}{n} = x,
\end{aligned}
$$

onde x é a fração molar que desejamos obter. Mas

$$
\begin{aligned}
p_m &= \rho_m R_m T\\
&= \rho_m \frac{R^{\#}}{M_m} T\\
&= 1\times 10^{-6}\mathrm{kg\,m^{-3}} \times \frac{8{,}314\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}}{16\times 10^{-3}\mathrm{kg\,mol^{-1}}} \times 300\,\mathrm{K}\\
&= 0.1559\,\mathrm{J\,m^{-3}}\\
&= 0.1559\,\mathrm{N\,m\,m^{-3}}\\
&= 0.1559\,\mathrm{Pa} \Rightarrow\\
x &= \frac{0.1559}{101325} = 1.5384\times 10^{-6} = 1.5384\,\mathrm{ppm}\ \blacksquare
\end{aligned}
$$

Continue a solução no verso $\Longrightarrow$

3 [20] Enuncie os postulados de Reynolds

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

$$
\begin{aligned}
\overline{\overline{a}} &= \overline{a},\\
\overline{a'} &= 0,\\
\overline{\overline{a}b'} &= 0,\\
\overline{\frac{\partial a}{\partial x}} &= \frac{\partial \overline{a}}{\partial x} \quad \blacksquare
\end{aligned}
$$

Continue a solução no verso $\Longrightarrow$

4 [20] O fluxo de calor sensível vertical é dado por $H = \overline{\rho c_p w \theta}$. Supondo c_p constante, aplique a decomposição de Reynolds e utilize os postulados de Reynolds para obter uma expressão para H em termos de $\overline{\rho}$, $\overline{w}$, $\overline{\theta}$, e ρ', w', θ'.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

$$
\begin{aligned}
H &= \overline{\rho c_p w \theta} \\
&= c_p \overline{(\overline{\rho} + \rho')(\overline{w} + w')(\overline{\theta} + \theta')} \\
&= c_p \left[\overline{\overline{\rho}\,\overline{w}\,\overline{\theta} + \overline{\rho}\,\overline{w}\theta' + \overline{\rho} w' \overline{\theta} + \rho' \overline{w}\,\overline{\theta} + \overline{\rho} w' \theta' + \rho' w' \overline{\theta} + \rho' \overline{w} \theta' + \rho' w' \theta'} \right] \\
&= c_p \left[\overline{\overline{\rho}\,\overline{w}\,\overline{\theta} + \overline{\rho} w' \theta' + \rho' w' \overline{\theta} + \rho' \overline{w} \theta' + \rho' w' \theta'} \right] \\
&= c_p \left[\overline{\rho}\,\overline{w}\,\overline{\theta} + \overline{\rho}\,\overline{w' \theta'} + \overline{\rho' w'}\,\overline{\theta} + \overline{w}\,\overline{\rho' \theta'} + \overline{\rho' w' \theta'} \right] \quad \blacksquare
\end{aligned}
$$

Continue a solução no verso ⟹

5 [20] Na equação da continuidade promediada,

$$\underbrace{\frac{\partial \overline{\rho_\delta}}{\partial t}}_{\mathrm{I}} + \sum_{k=1}^{3} \underbrace{\overline{u_k} \frac{\partial \rho_r}{\partial x_k}}_{\mathrm{II}} + \sum_{k=1}^{3} \underbrace{\overline{u_k} \frac{\partial \overline{\rho_\delta}}{\partial x_k}}_{\mathrm{III}} + \sum_{k=1}^{3} \underbrace{\rho_r \frac{\partial \overline{u_k}}{\partial x_k}}_{\mathrm{IV}} + \sum_{k=1}^{3} \underbrace{\overline{\rho_\delta} \frac{\partial \overline{u_k}}{\partial x_k}}_{\mathrm{V}} + \sum_{k=1}^{3} \underbrace{\frac{\partial \overline{\rho' u_k'}}{\partial x_k}}_{\mathrm{VI}} = 0,$$

dê a ordem de magnitude dos termos I a VI em termos das escalas de densidade $\tilde{\rho}$, de velocidade $\tilde{u}$, e de comprimento ℓ, além da densidade na superfície ρ_0.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

$$\begin{aligned}
\mathrm{I} &\sim \frac{\tilde{\rho}\tilde{u}}{\ell};\\
\mathrm{II} &\sim \frac{\rho_0 \tilde{u}}{D} \sim \frac{\tilde{\rho}\tilde{u}}{\ell};\\
\mathrm{III} &\sim \frac{\tilde{\rho}\tilde{u}}{\ell};\\
\mathrm{IV} &\sim \frac{\rho_0 \tilde{u}}{\ell};\\
\mathrm{V} &\sim \frac{\tilde{\rho}\tilde{u}}{\ell};\\
\mathrm{VI} &\sim \frac{\tilde{\rho}\tilde{u}}{\ell} \blacksquare
\end{aligned}$$

Continue a solução no verso ⟹