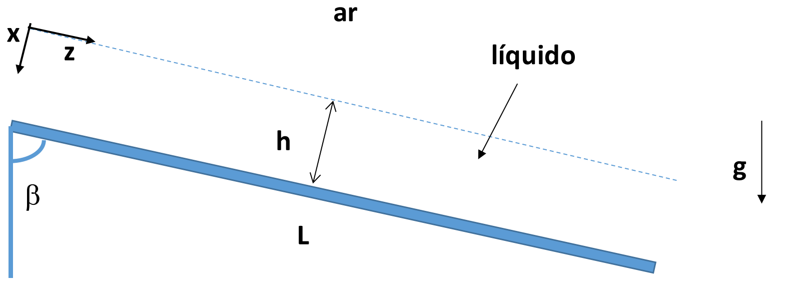
PQI3203 – Navier-Stokes: Filme descendente **Data:______________**

Grupo

N USP	Nome	Turma

Atividade 1:

Um fluido newtoniano incompressível (densidade ρ, viscosidade dinâmica μ) escoa em regime permanente, laminar, sobre uma placa plana inclinada (ângulo formado com vertical = β). Adota-se o sistema de coordenadas com origem no início da placa (figura). O comprimento da placa é L (direção z) e a sua largura, W (direção y). A espessura do filme de fluido sobre a placa é constante (??) e igual a h (direção x). A superfície livre do fluido está exposta à pressão atmosférica.



a) Comente e justifique as hipóteses elencadas no enunciado e as demais que julgar necessárias. Aplique a equação da continuidade.

b) Onde a velocidade do líquido é máxima? O ar escoa, próximo da interface? Se sim, justifique como. Esboce o(s) perfil(is) de velocidade(s).

c) Aplique a Navier-Stokes na direção y e x para a fase líquida. Quais são as condições de contorno? Como variam os componentes v_x e v_y ? E a pressão com x e y ?

d) Aplique a Navier-Stokes na direção z. Como varia a pressão com x, y e z? Quais as condições de contorno (velocidades, pressão e tensões)?

e) Obtenha o perfil de velocidades do líquido.

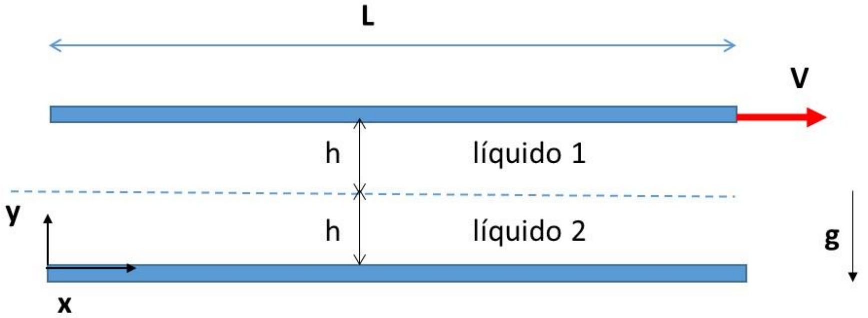
f) Expresse a vazão volumétrica de líquido que desce o plano e a velocidade média deste escoamento. Defina um número de Reynolds para este escoamento.

g) Qual a força que o líquido exerce na placa? Indique o sentido e direção desta força e expresse os componentes. Analise a influência de β e h nos resultados.

h) Para o escoamento sobre uma placa quadrada de 1m x 1 m, considere um líquido viscoso e adote valores de β e h. Calcule a velocidade média e o número de Reynolds. Compare os seus resultados com os dos outros grupos.

Atividade 2:

Dois líquidos imiscíveis, newtonianos e viscosos (densidades $\rho 1 < \rho 2$, viscosidades dinâmicas $\mu 1 > \mu 2$) escoam entre duas placas paralelas, horizontais e extensas. A placa inferior é mantida imóvel e a superior tem velocidade V. As espessuras de cada camada de líquido é h e a pressão não varia com x (figura). As pressões em x = 0 e x = L são iguais. Considere o equacionamento de cada uma das fases. Deduza as expressões: (a) do perfil de velocidades do escoamento, (b) da velocidade na interface, (c) do campo de pressões, (d) da tensão de cisalhamento no líquido e (e) da força tangencial dos líquidos sobre as paredes.



$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\left(\frac{\partial\rho v_x}{\partial x}+\frac{\partial\rho v_y}{\partial y}+\frac{\partial\rho v_z}{\partial z}\right)=0$$

$$\rho\frac{\partial v_x}{\partial t}+\rho\left(v_x\frac{\partial v_x}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_x}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_x}{\partial z}\right)=\rho g_x-\frac{\partial p}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2}\right)$$

$$\rho\frac{\partial v_y}{\partial t}+\rho\left(v_x\frac{\partial v_y}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_y}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_y}{\partial z}\right)=\rho g_y-\frac{\partial p}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2}\right)$$

$$\rho\frac{\partial v_z}{\partial t}+\rho\left(v_x\frac{\partial v_z}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_z}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_z}{\partial z}\right)=\rho g_z-\frac{\partial p}{\partial z}+\mu\left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2}\right)$$

$$\tau_{yx}=\tau_{xy}=\mu\left(\frac{\partial v_x}{\partial y}+\frac{\partial v_y}{\partial x}\right)$$

$$\tau_{yz}=\tau_{zy}=\mu\left(\frac{\partial v_z}{\partial y}+\frac{\partial v_y}{\partial z}\right)$$

$$\tau_{zx}=\tau_{xz}=\mu\left(\frac{\partial v_x}{\partial z}+\frac{\partial v_z}{\partial x}\right)$$

$$\tau_{xx}=2\mu\left(\frac{\partial v_x}{\partial x}\right)$$

$$\tau_{yy}=2\mu\left(\frac{\partial v_y}{\partial y}\right)$$

$$\tau_{zz}=2\mu\left(\frac{\partial v_z}{\partial z}\right)$$