Mecânica dos Fluidos

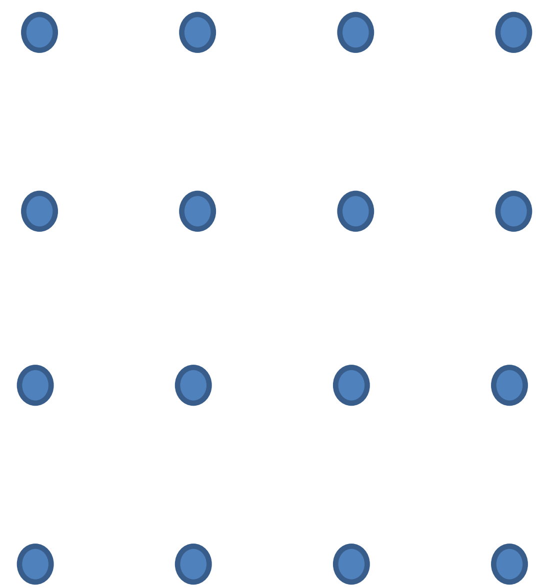
ME4310 e MN5310 – Capítulo 1

19/08/2009

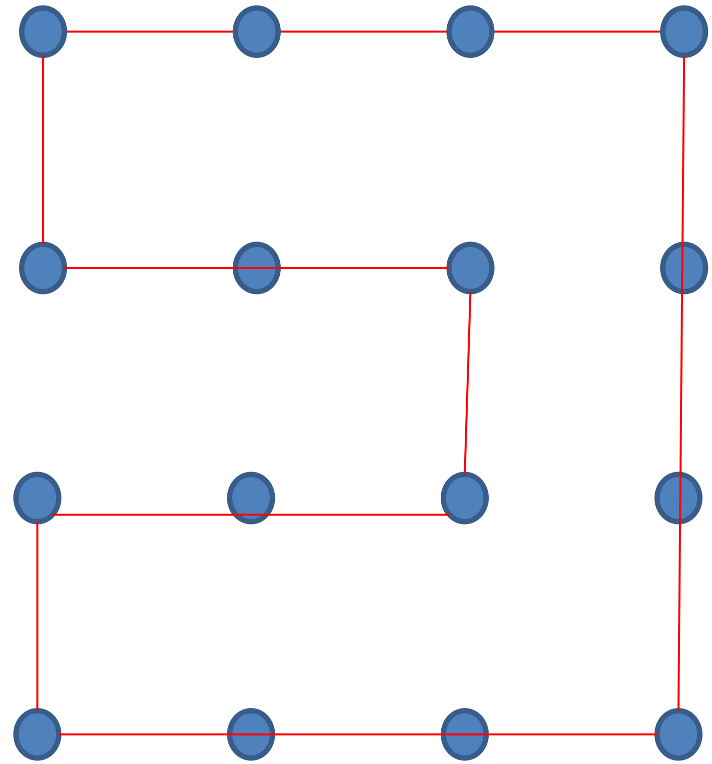
Proposta: aprender através da pedagogia da pergunta, da curiosidade e do aprender fazendo, para tal inicia-se o curso através de problemas.

Problema 1

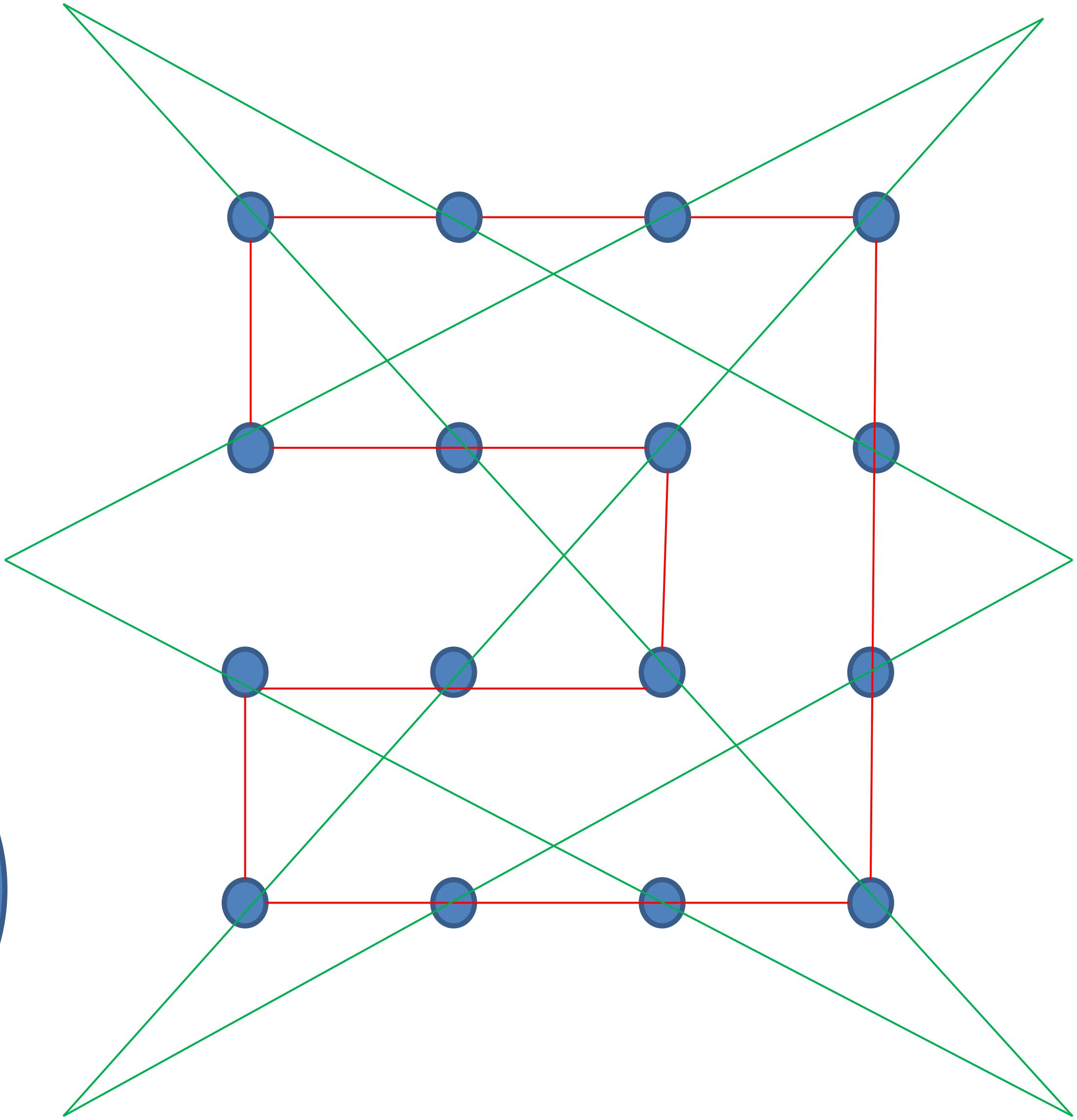
Você deve unir todos os dezesseis pontos com segmentos de retas, isto sem retirar o “lápis do papel” e iniciar e terminar no mesmo ponto sem jamais passar duas vezes pelo mesmo ponto.



Uma solução possível.



As linhas verdes representam uma outra solução possível.



Quebra de paradigma: **não existe só uma solução!**

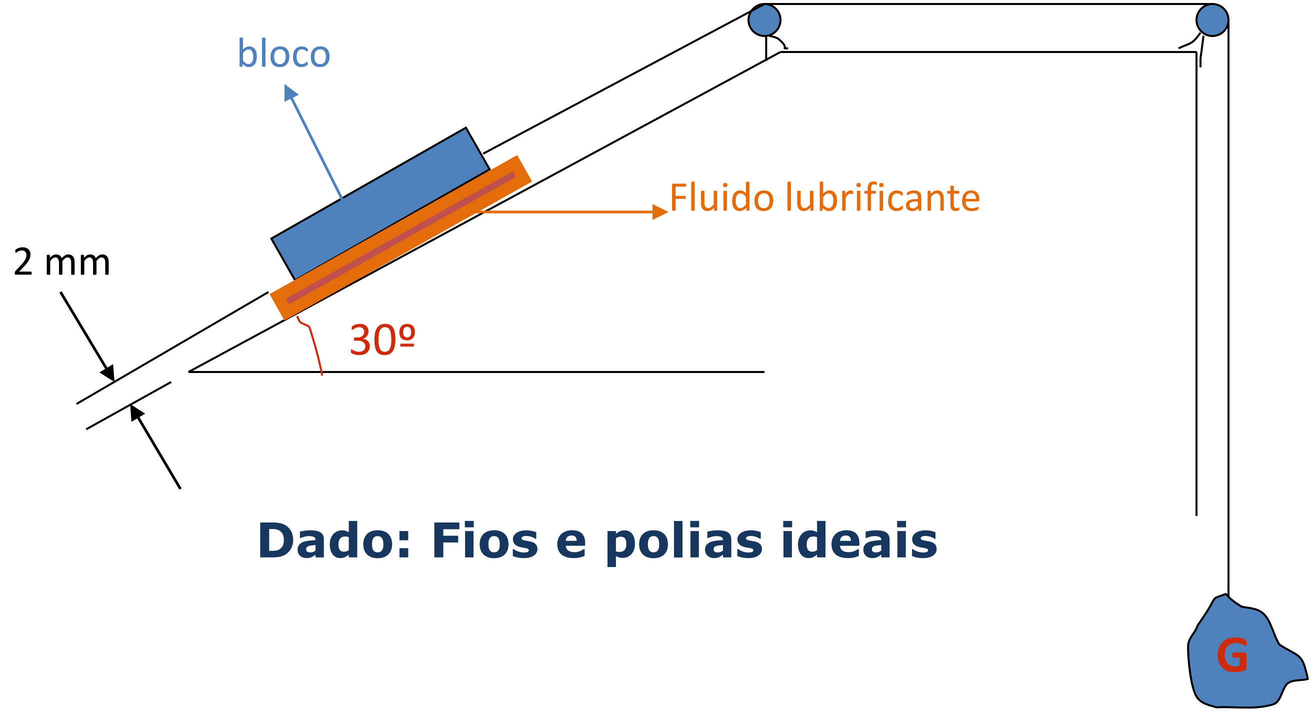

Importante:
refletir sobre
as diferenças
das soluções
apresentadas!

Problema 2

Determinar a viscosidade para que o sistema a seguir tenha uma velocidade de deslocamento igual a 2 m/s constante.

Dado: $G = 400$ N e $G_{bloco} = 200$ N

Área de contato entre bloco e fluido lubrificante igual a 0,5 m²

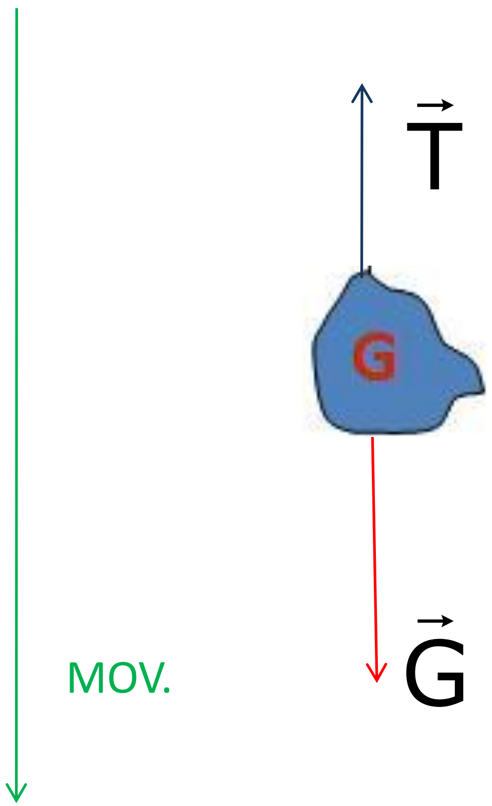


Dado: Fios e polias ideais


Como a velocidade é constante deve-se impor que a resultante em cada corpo é igual a zero!
WANTED
VENOM


Para impor a condição anterior deve-se inicialmente estabelecer o sentido de movimento.

Pensando no corpo de peso G, sabe-se que ele desce.



COMO A VELOCIDADE É CONSTANTE, TEM - SE :

$$G = T = 400\,N$$

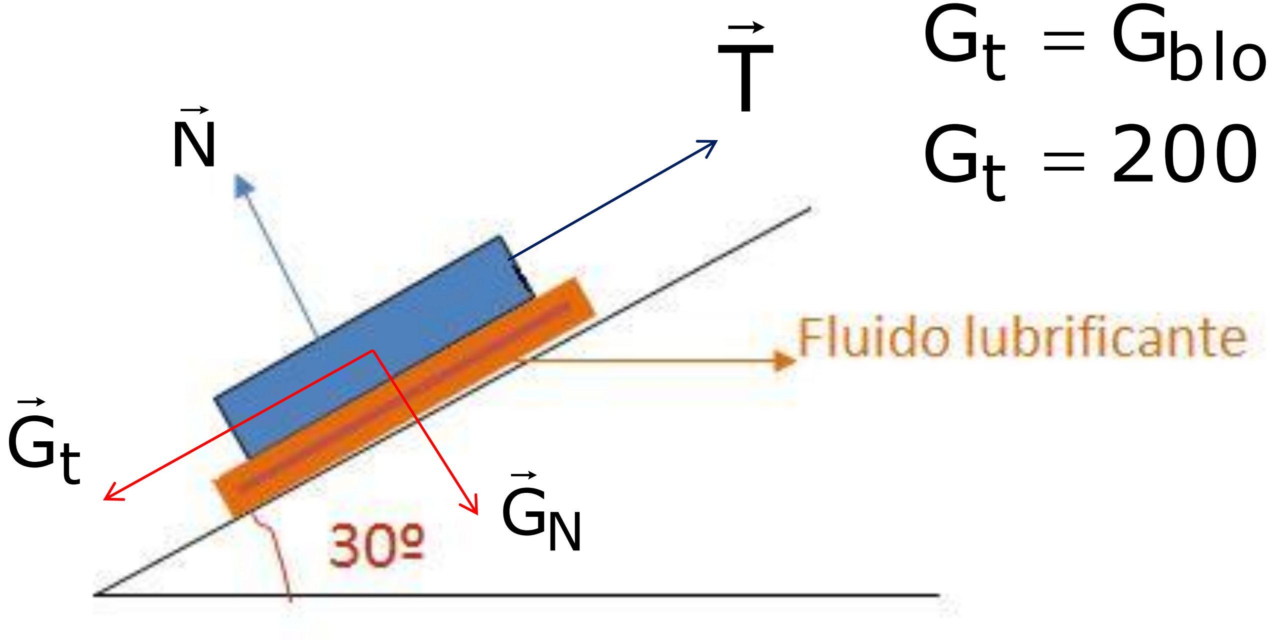
Pensando no bloco que no caso sobe com velocidade constante.

$$N = G_N$$

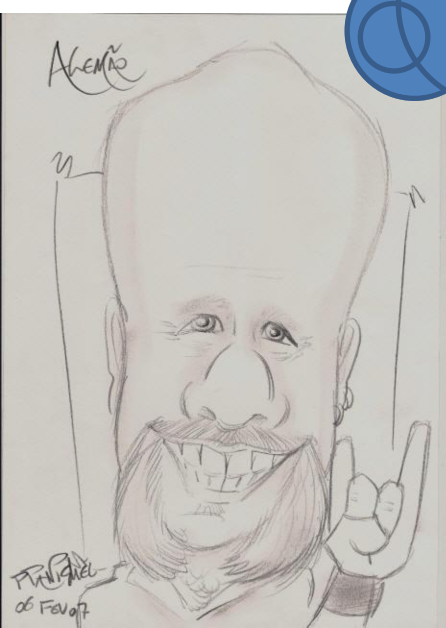
$$T = 400\,N$$

$$G_t = G_{bloco} \times sen30$$

$$G_t = 200 \times 0{,}5 = 100\,N$$



Importante observar que para se ter a velocidade constante a resultante no bloco deve ser nula, portanto deve existir uma força contrária ao movimento que neutraliza esta resultante de 300N, força esta que representa o atrito do bloco com o fluido lubrificante, força denominada de FORÇA DE RESISTÊNCIA VISCOSA .



PRIMEIRA CONCLUSÃO: o contato de um corpo sólido em movimento com o fluido lubrificante faz surgir uma força contrária ao movimento denominada de força de resistência viscosa.

F_μ ou $F_t \rightarrow$ força de resistência viscosa

Portanto:

$$F_{\mu} = T - G_t = 400 - 100$$

$$\therefore F_{\mu} = 300\,N$$

Vamos introduzir o conceito
da força de resistência
viscosa.

A determinação da intensidade da força de resistência viscosa:

$$F_{\mu} = \tau \times A_{contato}$$

$$\therefore \tau = \frac{300}{0,5} = 600\ \frac{N}{m^2}\ \text{ou}\ Pa$$

Onde τ é a tensão de cisalhamento que será determinada pela lei de Newton da viscosidade.

Enunciado da lei de Newton da viscosidade:

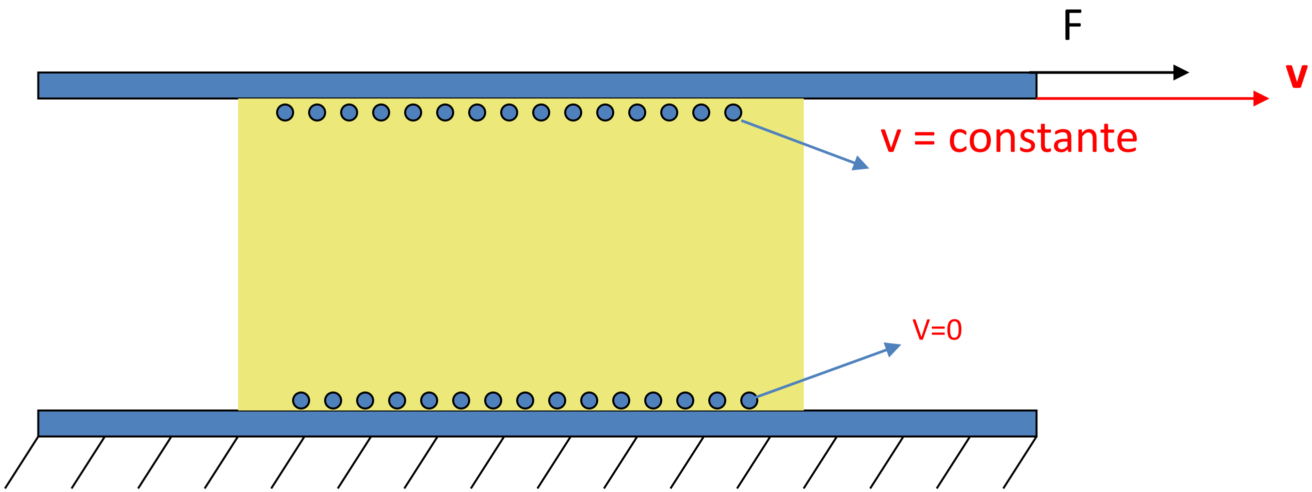
"A tensão de cisalhamento é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade."

O que vem a ser gradiente de velocidade?

Para a compreensão do conceito de gradiente de velocidade, evoca-se a experiência das duas placas, onde além de se observar após um intervalo de tempo dt a velocidade constante, tem-se o princípio de aderência.

Princípio de aderência observado na experiência das duas placas

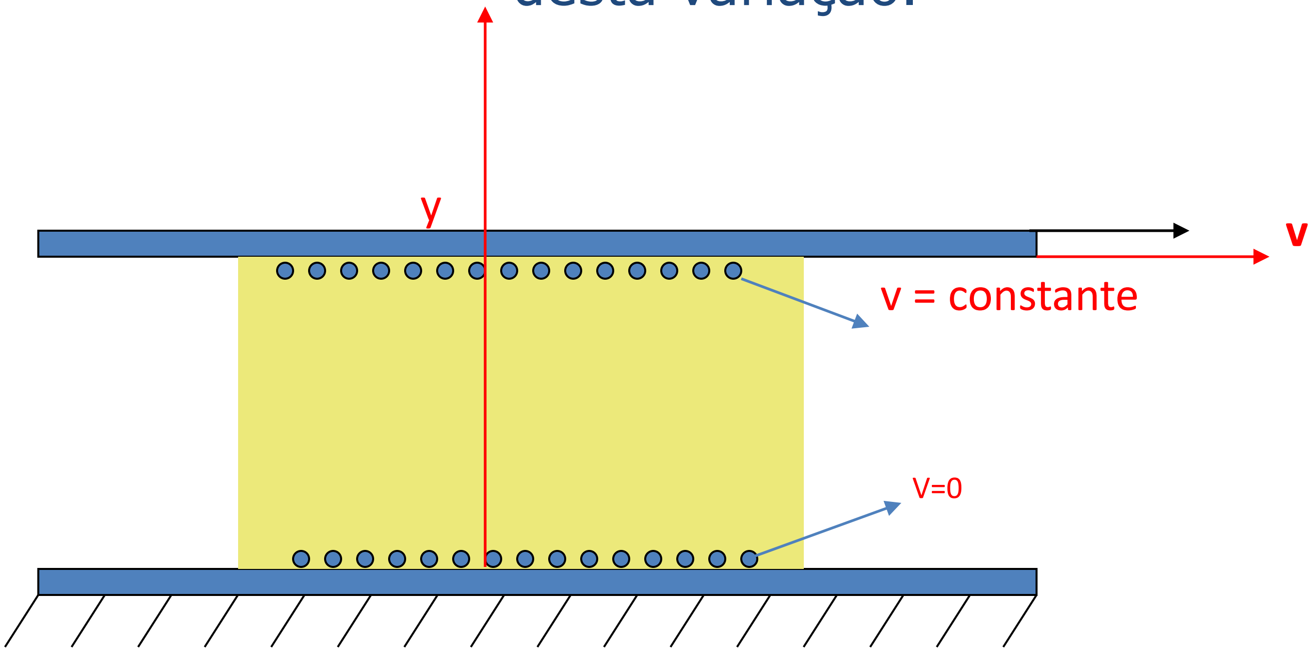
As partículas fluidas em contato com uma superfície sólida têm a velocidade da superfície que encontram em contato.



Gradiente de velocidade

$$\frac{dv}{dy}$$

representa o estudo da variação da velocidade no meio fluido em relação a direção mais rápida desta variação.



Para se calcular o gradiente de velocidade deve-se conhecer a função v = f(y), que no caso de espessura de fluido lubrificante pequena é considerada linear.

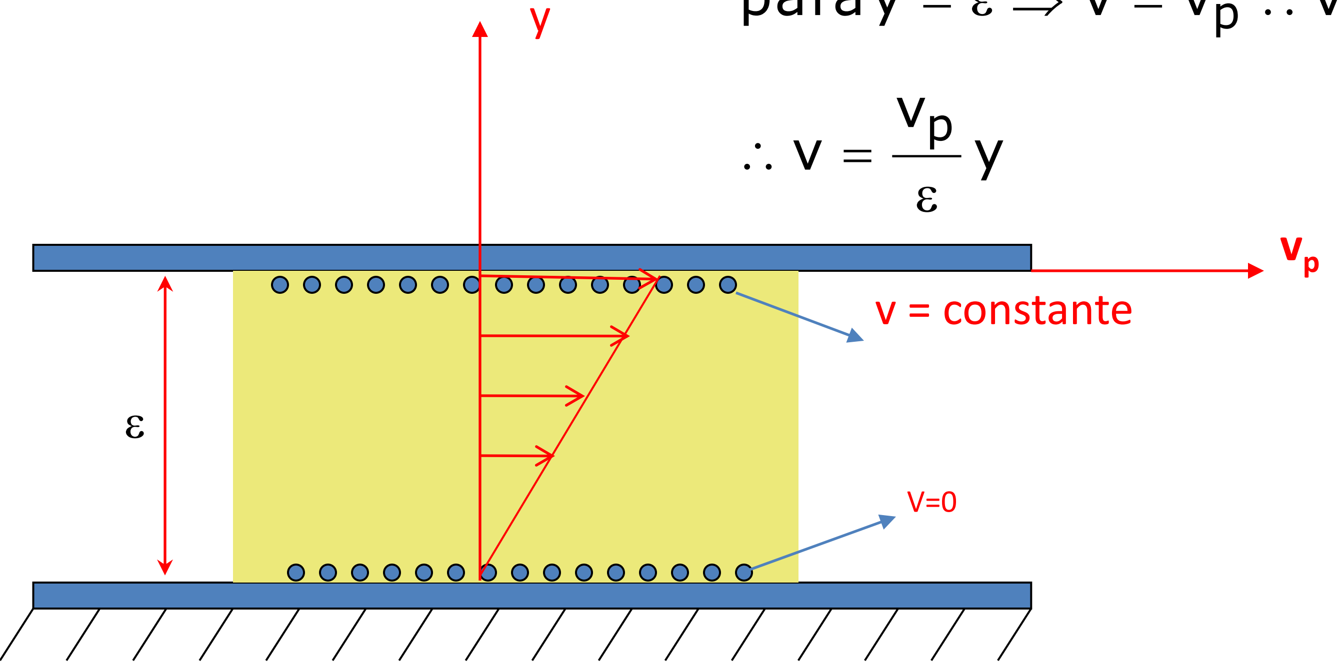
$$v = ay + b$$

Para se achar "a" e "b", deve-se impor as duas condições de contorno originadas pelo princípio de aderência.

$$\text{para } y = 0 \Rightarrow v = 0 \therefore 0 = 0 + b \Rightarrow b = 0$$

$$\text{para } y = \varepsilon \Rightarrow v = v_p \therefore v_p = a \times \varepsilon \Rightarrow a = \frac{v_p}{\varepsilon}$$

$$\therefore v = \frac{v_p}{\varepsilon} y$$



Portanto para esta situação, tem-se:

$$\frac{dv}{dy} = \frac{v_p}{\varepsilon}$$

Representação da lei de Newton da viscosidade

$$\tau \ \alpha \ \frac{dv}{dy}$$

Mas para espessuras pequenas, tem-se:

$$\tau \ \alpha \ \frac{v_p}{\varepsilon}$$

Para se eliminar o símbolo de proporcionalidade e se estabelecer a igualdade, deve-se introduzir a constante de proporcionalidade, que no caso é a viscosidade dinâmica, ou viscosidade absoluta ou simplesmente a viscosidade (μ).

Portanto:

$$\tau = \mu \times \frac{dv}{dy}$$

Para espessuras pequenas tem-se a simplificação prática da lei de Newton da viscosidade:

$$\tau = \mu \times \frac{v_p}{\varepsilon}$$

Pode-se definir a unidade da viscosidade através da sua equação dimensional.

M, L e T são as grandezas fundamentais.

$$[\mu] = \frac{M}{T \times L}$$

F, L e T são as grandezas fundamentais.

$$[\mu] = \frac{F \times T}{L^2}$$

Importante, para o sistema CGS, tem-se:

$$[\mu] = \frac{F \times T}{L^2} = \frac{\text{dina} \times \text{s}}{\text{cm}^2} = \text{poise}$$

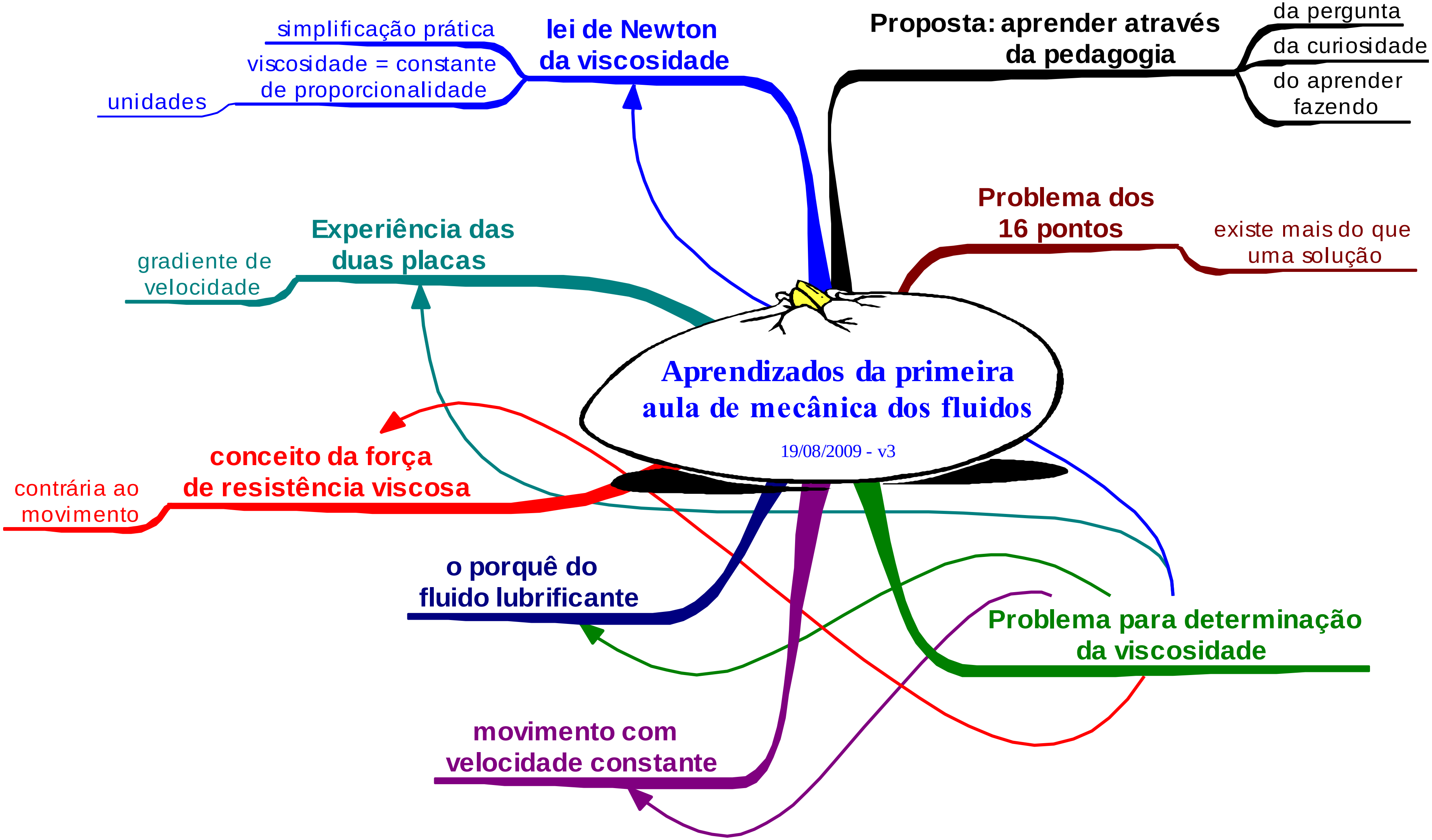
$$[\mu] = \text{centipoise} = 1\,\text{cP} = 10^{-2}\,\text{P}$$

Conclusão do exercício:

$$\tau = 600\frac{N}{m^2} = \mu \times \frac{v_p}{\varepsilon} = \mu \times \frac{2}{2 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \mu = 600 \times 10^{-3}\frac{N \times s}{m^2}(Pa \times s)$$

Recomendo para fixação dos aprendizados desta aula a resolução do exercício 1.5 do livro: Mecânica dos Fluidos escrito pelo professor Franco Brunetti.



Aprendizados da primeira aula de mecânica dos fluidos
19/08/2009 - v3
lei de Newton da viscosidade
simplificação prática
viscosidade = constante de proporcionalidade
unidades
Proposta: aprender através da pedagogia
da pergunta
da curiosidade
do aprender fazendo
Problema dos 16 pontos
existe mais do que uma solução
Experiência das duas placas
gradiente de velocidade
conceito da força de resistência viscosa
contrária ao movimento
o porquê do fluido lubrificante
Problema para determinação da viscosidade
movimento com velocidade constante