Aula 9 de fenômenos de transporte

11/04/2013

Para água com $0 \leq t \leq 100^0C$

$$\rho\left(\frac{kg}{m^3}\right) \approx 1000 - 0{,}0178.\left|t°C - 4°C\right|^{1{,}7} \pm 0{,}2\%$$

$$ln\frac{\mu}{\mu_0} = -1{,}704 - 5{,}306z + 7{,}003.z^2$$

Com

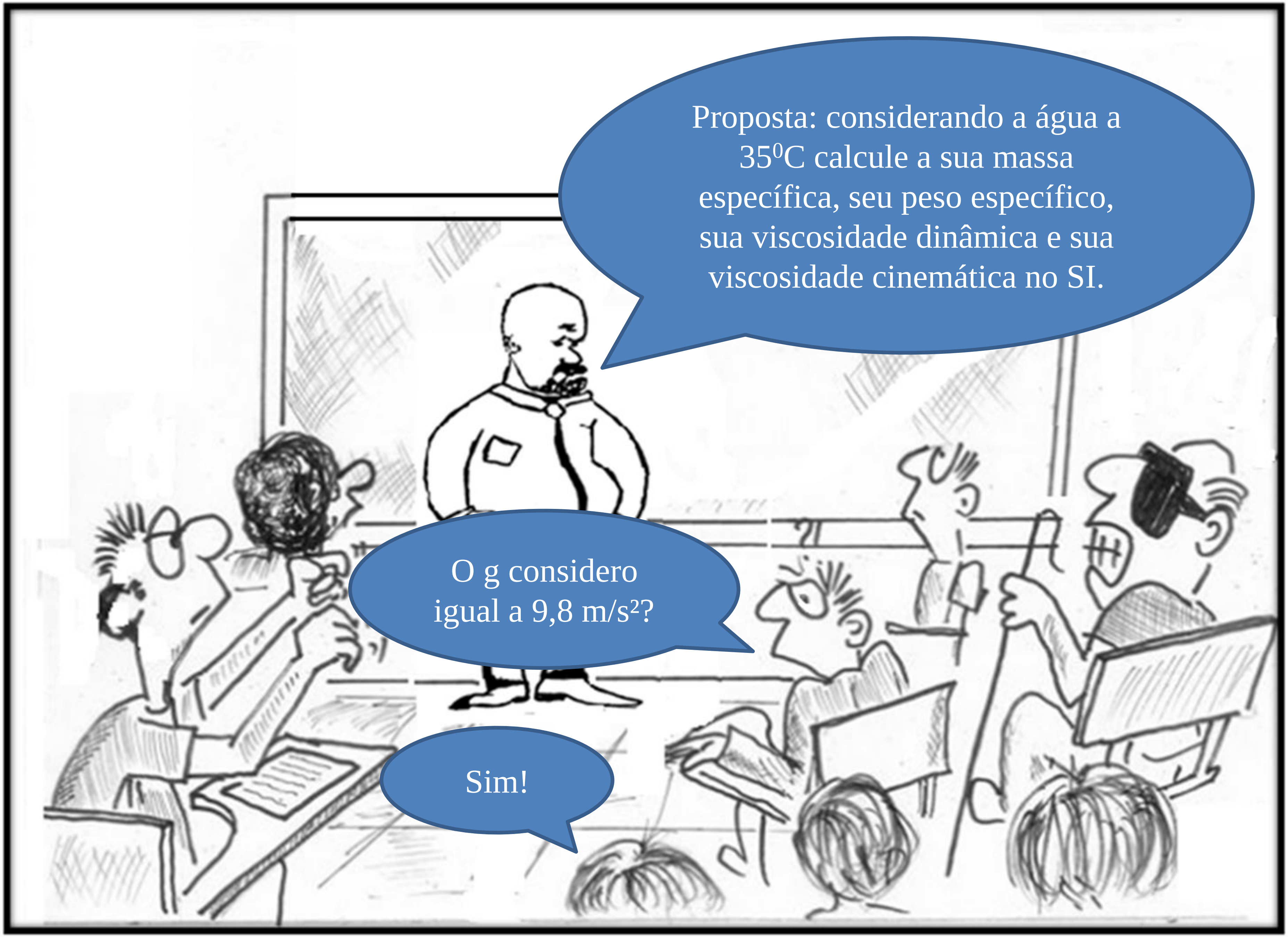
$$z = \frac{273\ K}{T\ K}$$

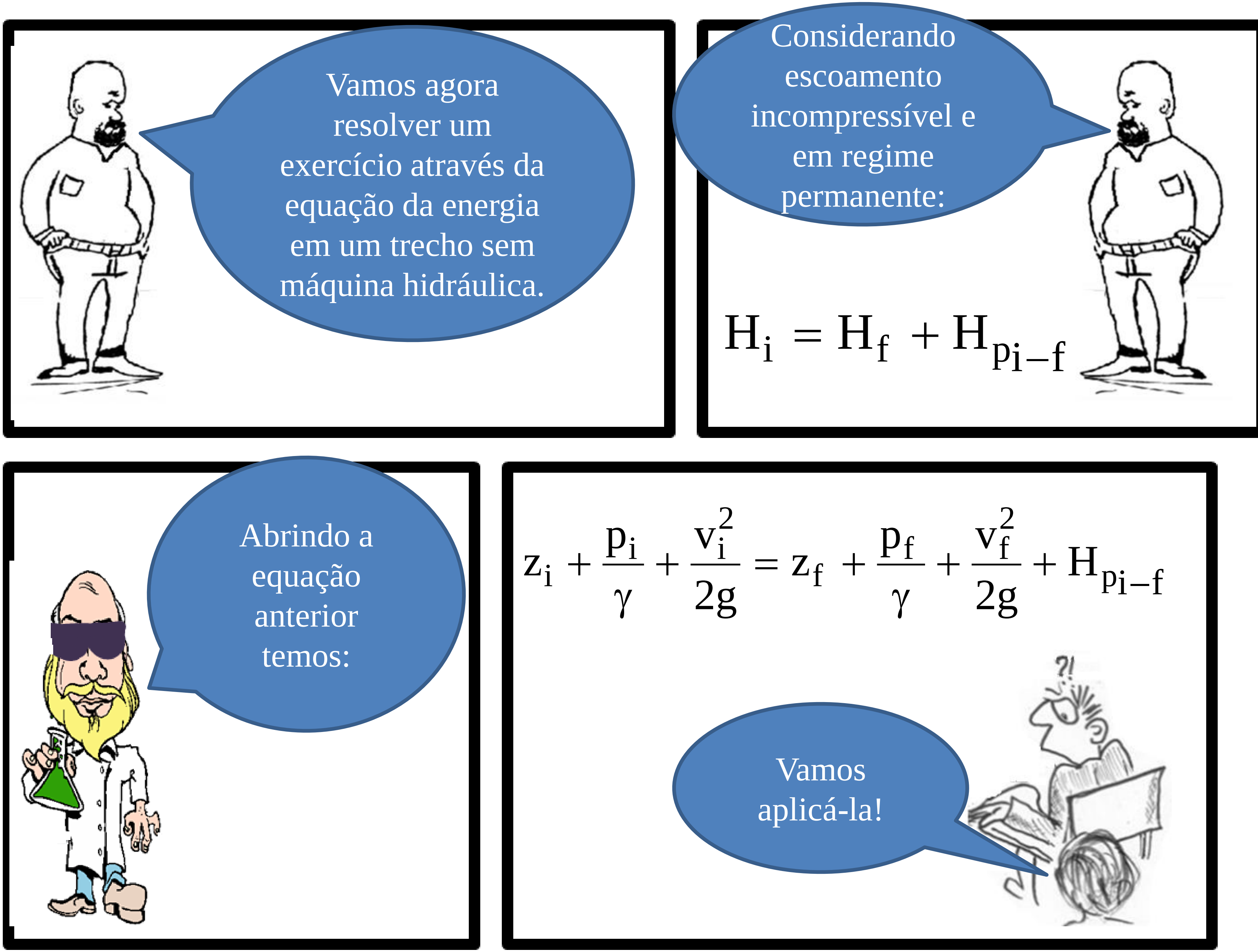
$$\mu_0 = 1{,}788.e^{-3}\frac{kg}{m.s}$$

As equações anteriores para determinação da massa específica e da viscosidade foram extraídas do livro “Mecânica dos fluidos” escrito por
Frank M. White – 4ª ed. – MCGRAWHILL

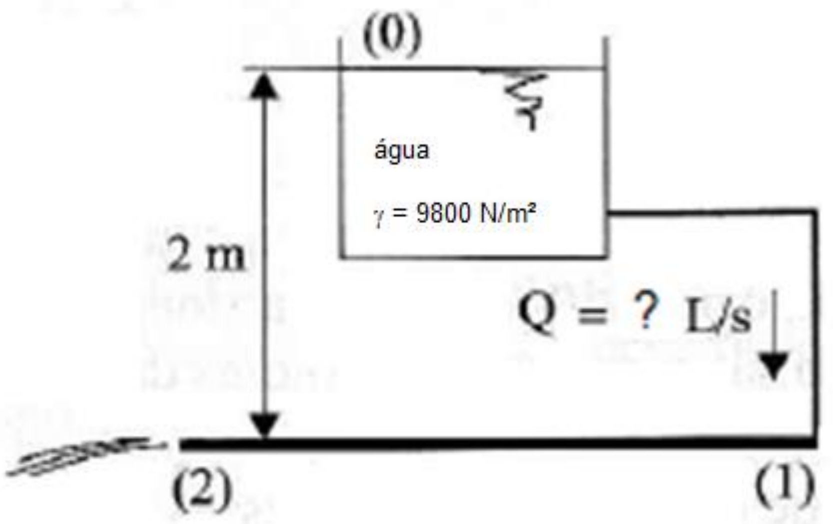
Já a viscosidade cinemática, seria:

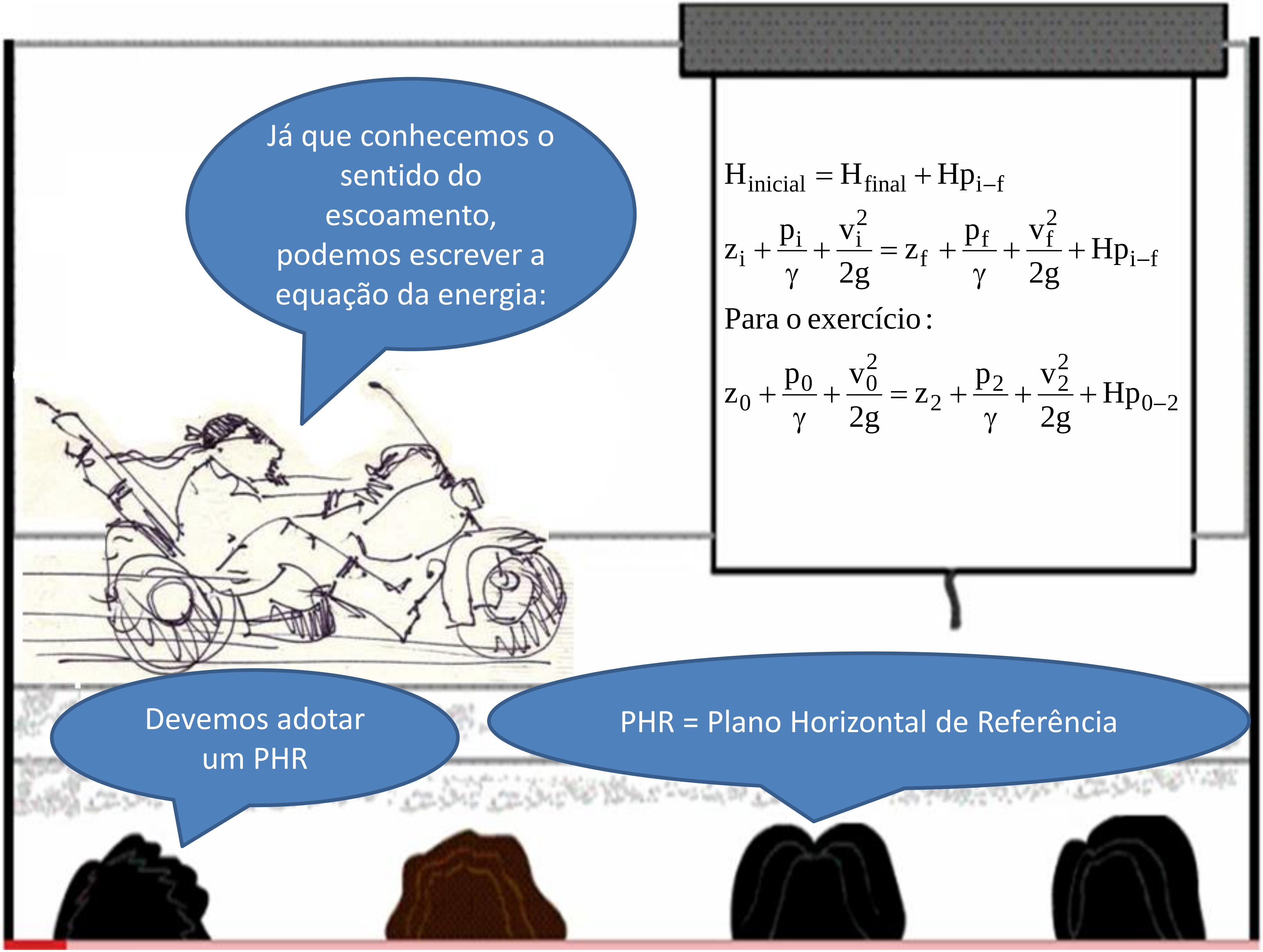
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$


Proposta: considerando a água a 35^{0}C calcule a sua massa específica, seu peso específico, sua viscosidade dinâmica e sua viscosidade cinemática no SI.
O g considero igual a 9,8 m/s²?
Sim!


Vamos agora resolver um exercício através da equação da energia em um trecho sem máquina hidráulica.
Considerando escoamento incompressível e em regime permanente:
$H_i = H_f + H_{p_{i-f}}$
Abrindo a equação anterior temos:
$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g} + H_{p_{i-f}}$
?!
Vamos aplicá-la!

Para a instalação hidráulica esquematizada a seguir, sabendo que a tubulação é de aço de espessura 40 de $D_{nominal}$ = 3” (D_{int} = 77,9 mm e A = 47,7 cm²) e que a perda de carga entre as seções (0) e (2) é igual a 1,4 m, pede-se determinar a vazão de escoamento.





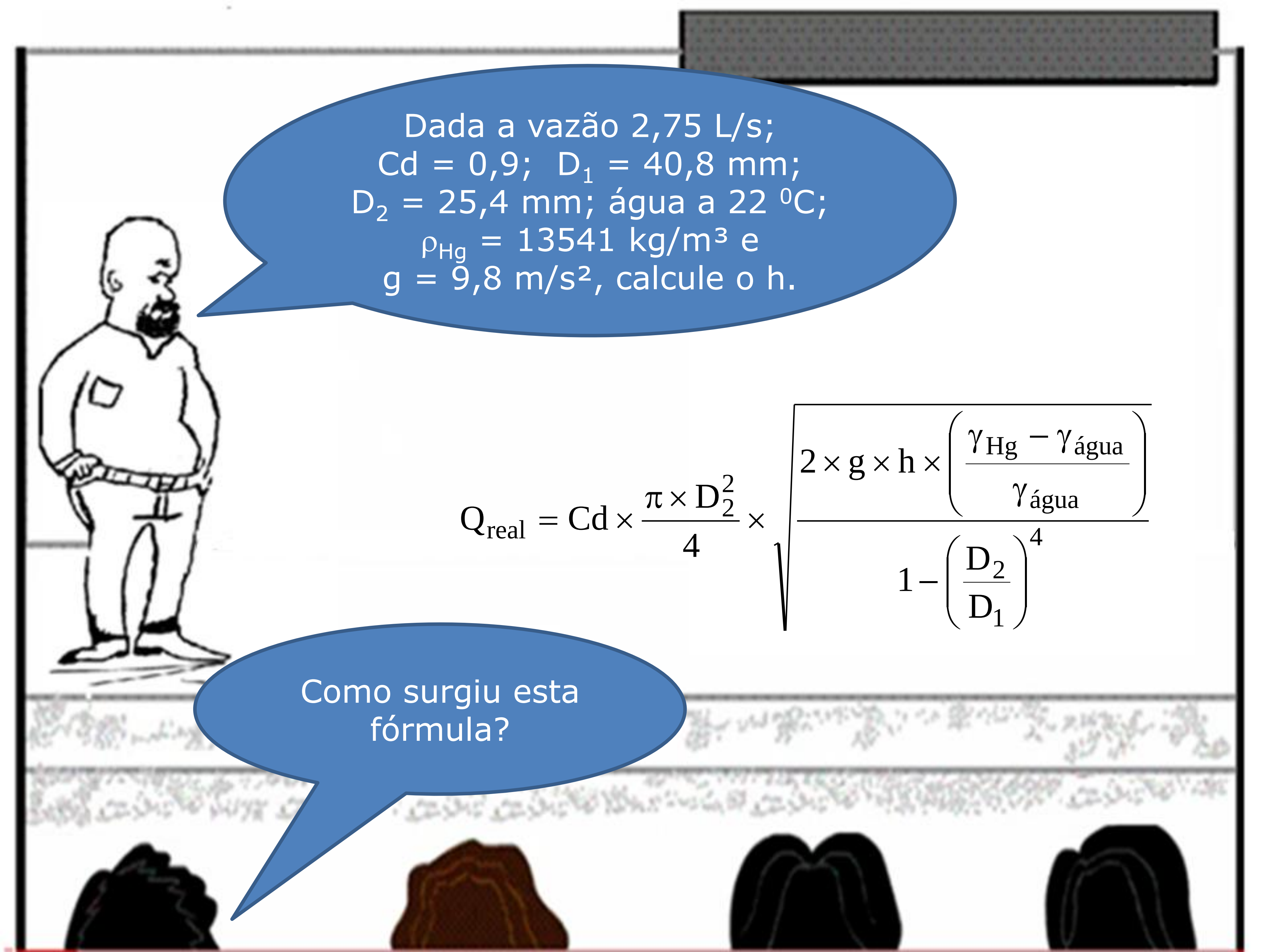
Já que conhecemos o sentido do escoamento, podemos escrever a equação da energia:
$H_{inicial} = H_{final} + Hp_{i-f}$
$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g} + Hp_{i-f}$
Para o exercício:
$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Hp_{0-2}$
Devemos adotar um PHR
PHR = Plano Horizontal de Referência

Adotando O PHR no eixo da tubulação que passa na seção (2) e trabalhando na escala efetiva ($p_{atm} = 0$)

$$2 = \frac{v_2^2}{19{,}6} + 1{,}4 \Rightarrow v_2 = \sqrt{19{,}6 \times (2 - 1{,}4)} \cong 3{,}43\,\frac{m}{s}$$

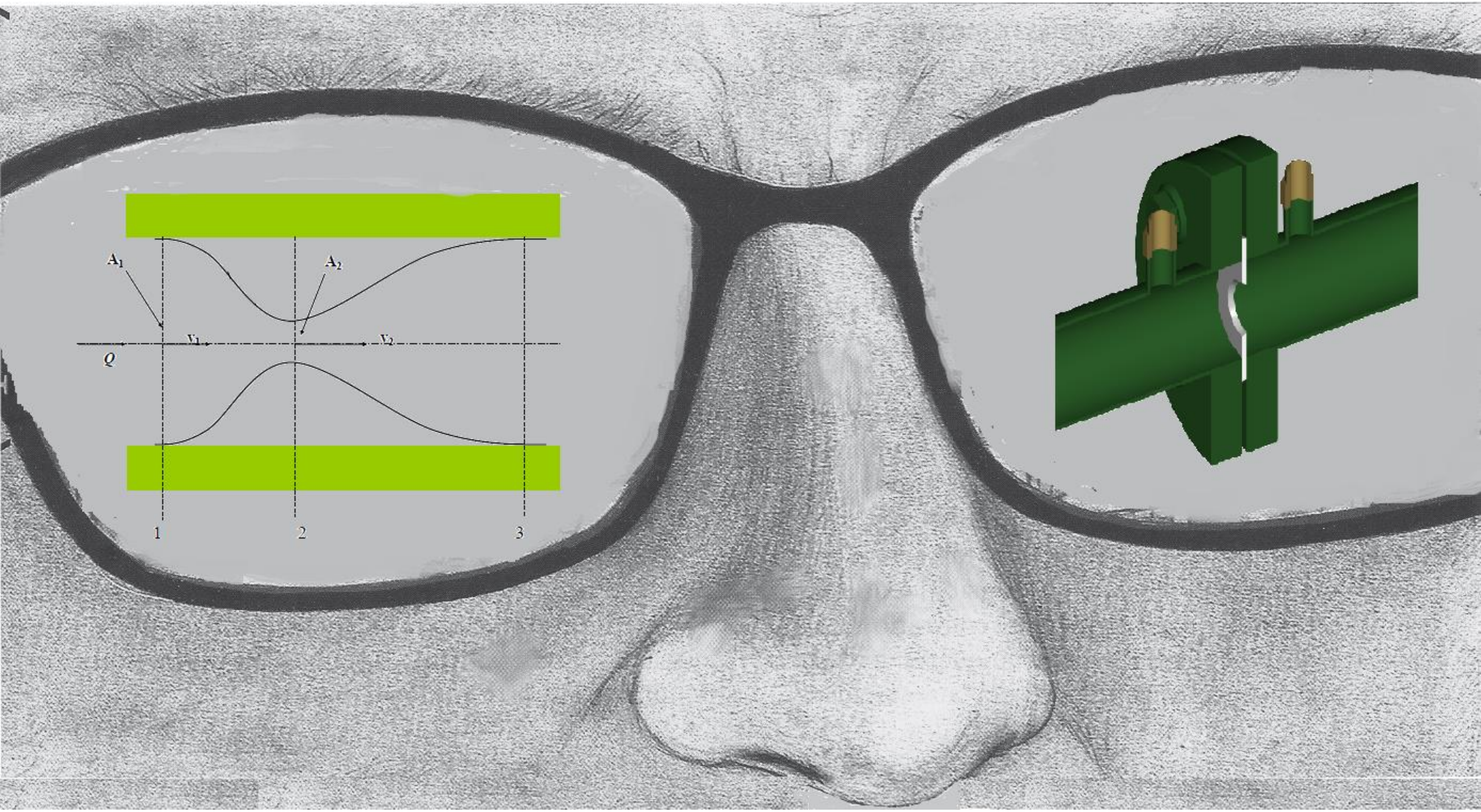
$$Q = v \times A = 3.43 \times 47{,}7 \times 10^{-4} = 0{,}0164\,\frac{m^3}{s} = 16{,}4\,\frac{L}{s}$$


Vamos retomar um exercício

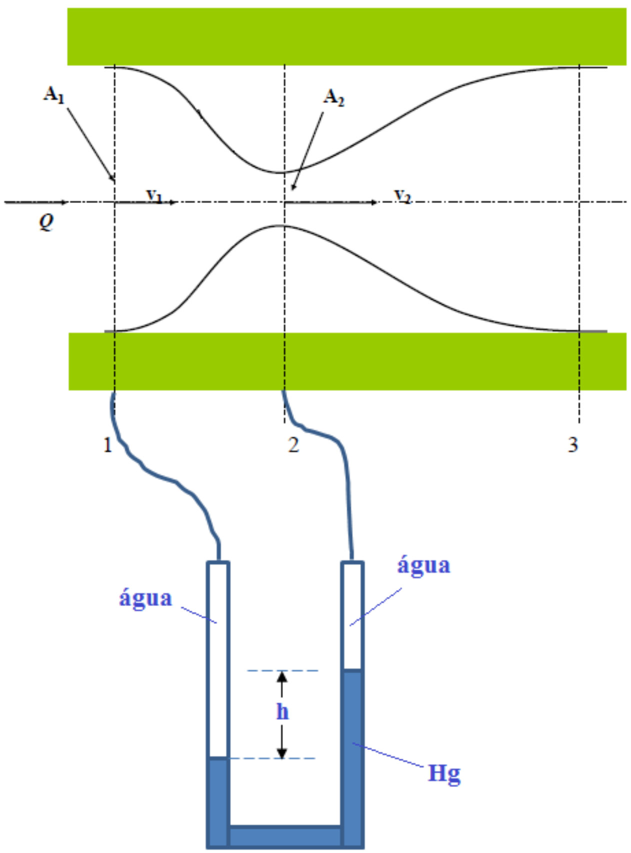


$$Q_{real} = Cd \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times g \times h \times \left(\frac{\gamma_{Hg} - \gamma_{água}}{\gamma_{água}}\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$

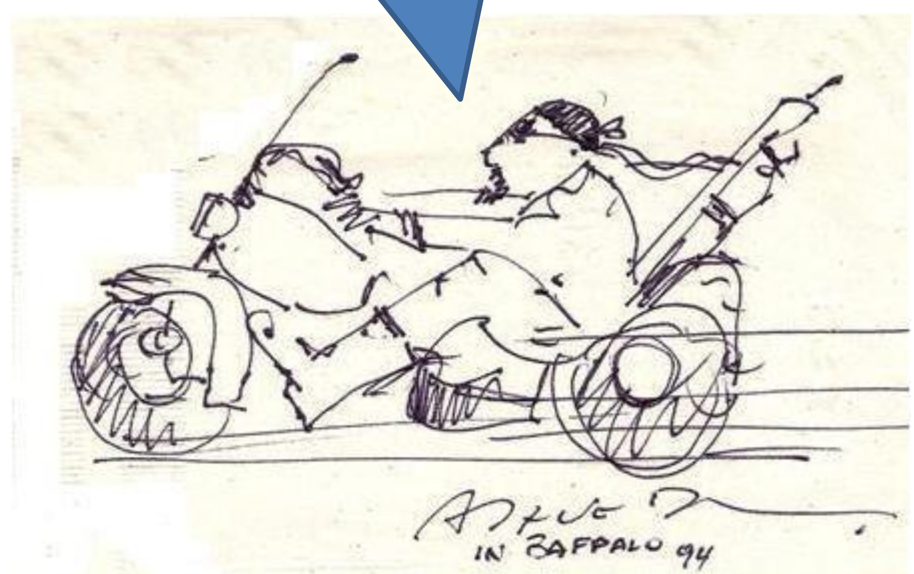
Objetivo fornecer uma visão sobre o venturi e a placa de orifício.



Venturi



Hoje veremos o equacionamento do venturi.



Equacionamento do Venturi

- Considera-se fluido ideal e aplica-se a equação de Bernoulli de 1 a 2:

$$H_1 = H_2$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

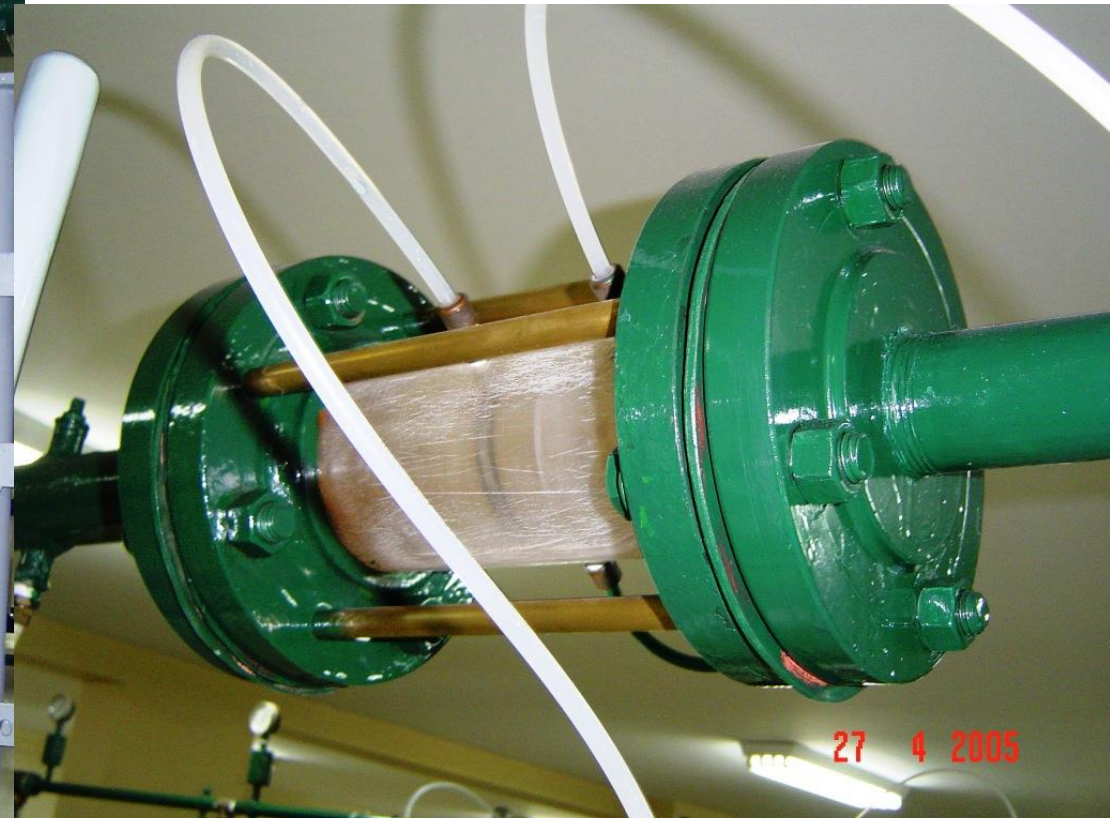
Como os medidores foram instalados em um plano horizontal tem-se que a carga potencial (Z) é constante, portanto:

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$\therefore v_2^2 - v_1^2 = 2g \times \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Pelo fato de $v_2>v_1$ pode-se concluir que $p_1>p_2$ o que comprova que existe um aumento de carga cinética e em consequência uma redução da carga de pressão, veja o redutor de pressão ao lado.

Isto também pode ser comprovado na própria bancada



Pela equação da continuidade aplicada a um escoamento incompressível e em regime permanente tem-se:

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

Portanto:

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

$$\therefore v_1 = v_2 \times \frac{A_2}{A_1} = v_2 \times \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

Substituindo na equação anterior :

$$v_2^2\left[1-\left(\frac{D_o}{D_1}\right)^4\right] = 2g \times \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Através de uma manômetro diferencial em forma de U instalado entre as seções 1 e 2, tem-se:

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma)$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{\frac{2gh \times \left(\dfrac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}{1 - \left(\dfrac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$


A velocidade v_2 calculada anteriormente é teórica, isto porque se considerou um fluido ideal, ou seja, um fluido que escoa sem ter perda de carga.


?

Portanto pode-se determinar a vazão teórica e com a definição de coeficiente de velocidade a vazão real:

$$Q_{teórica} = v_2 \times A_2$$

$$\text{Coeficiente de vazão} \rightarrow C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórica}}$$

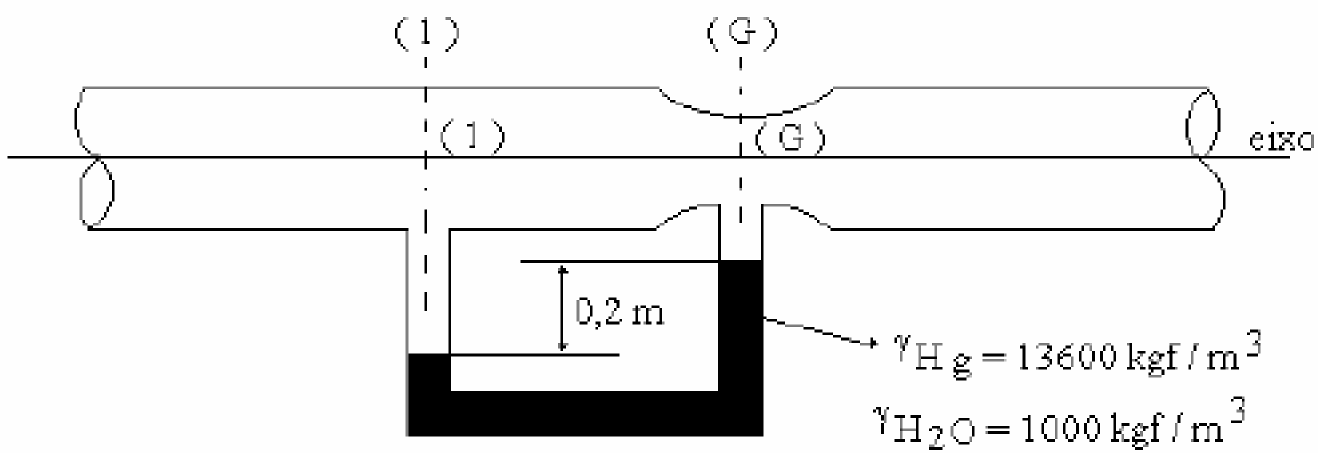
$$\therefore Q_{real} = C_d \times A_o \times \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$

Exercícios:

1

Em uma instalação hidráulica instalou-se um medidor de vazão do tipo Venturi para estimar a vazão de escoamento da água na instalação. Sabendo-se que ∅ máx. do Venturi é igual a 20 mm, ∅ garg do Venturi é igual 10 mm. Desnível do mercúrio no manometro diferencial 20 cm e que o coeficiente de vazão do venturi e 0,95 pede-se:

a) a diferença de pressão entre a área máx. e a garganta
b) a vazão teórica no venturi
c) a vazão real do escoamento.



2

Sabendo que o Venturi a seguir tem um coeficiente de vazão igual a 0,98, pede-se determinar a vazão real do escoamento, são dados: A_1 = 10 cm²; A_2 = 5 cm²; $\gamma_{água}$ = 1000 kgf/m³ e γ_{Hg} = 13600 kgf/m³