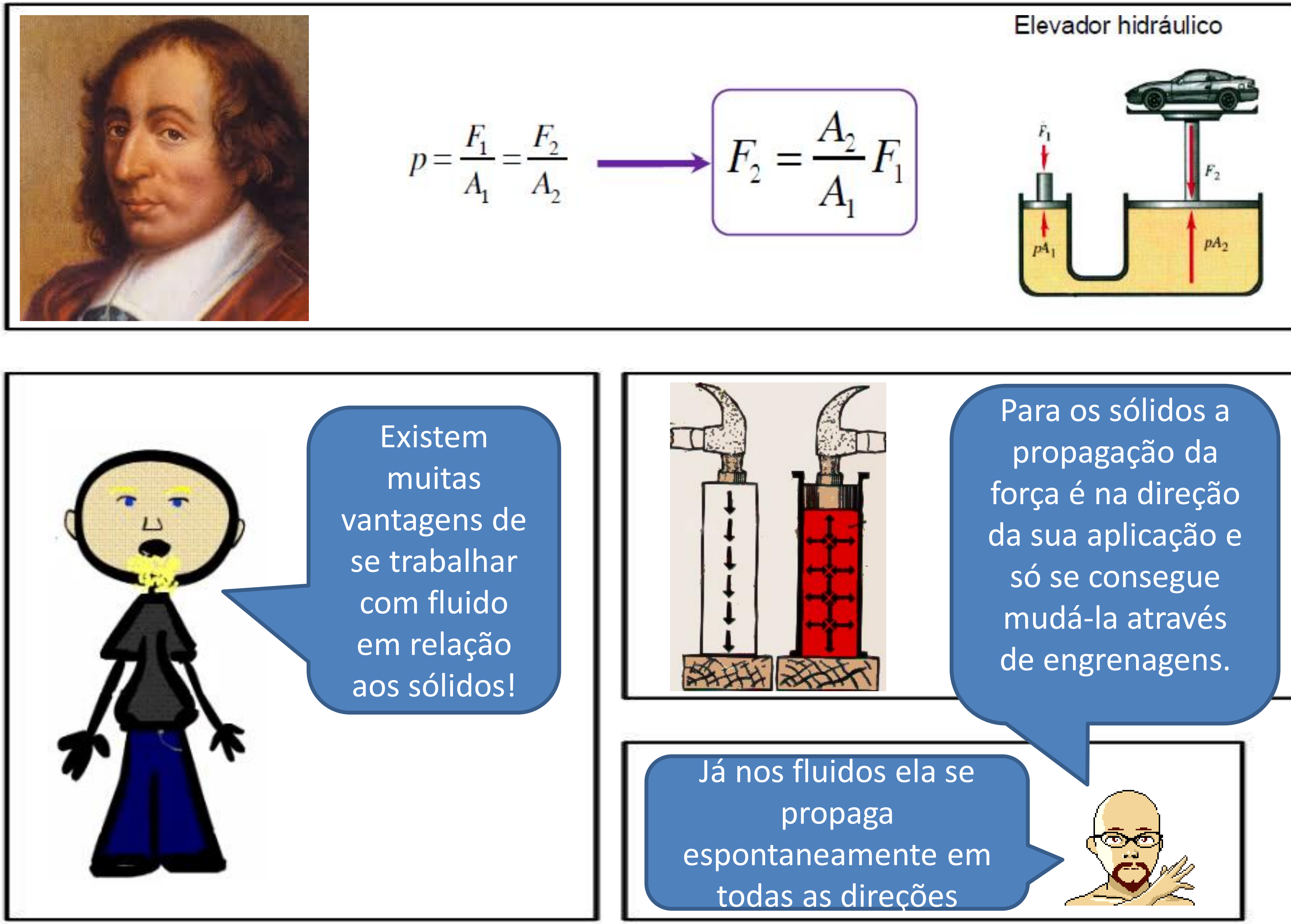
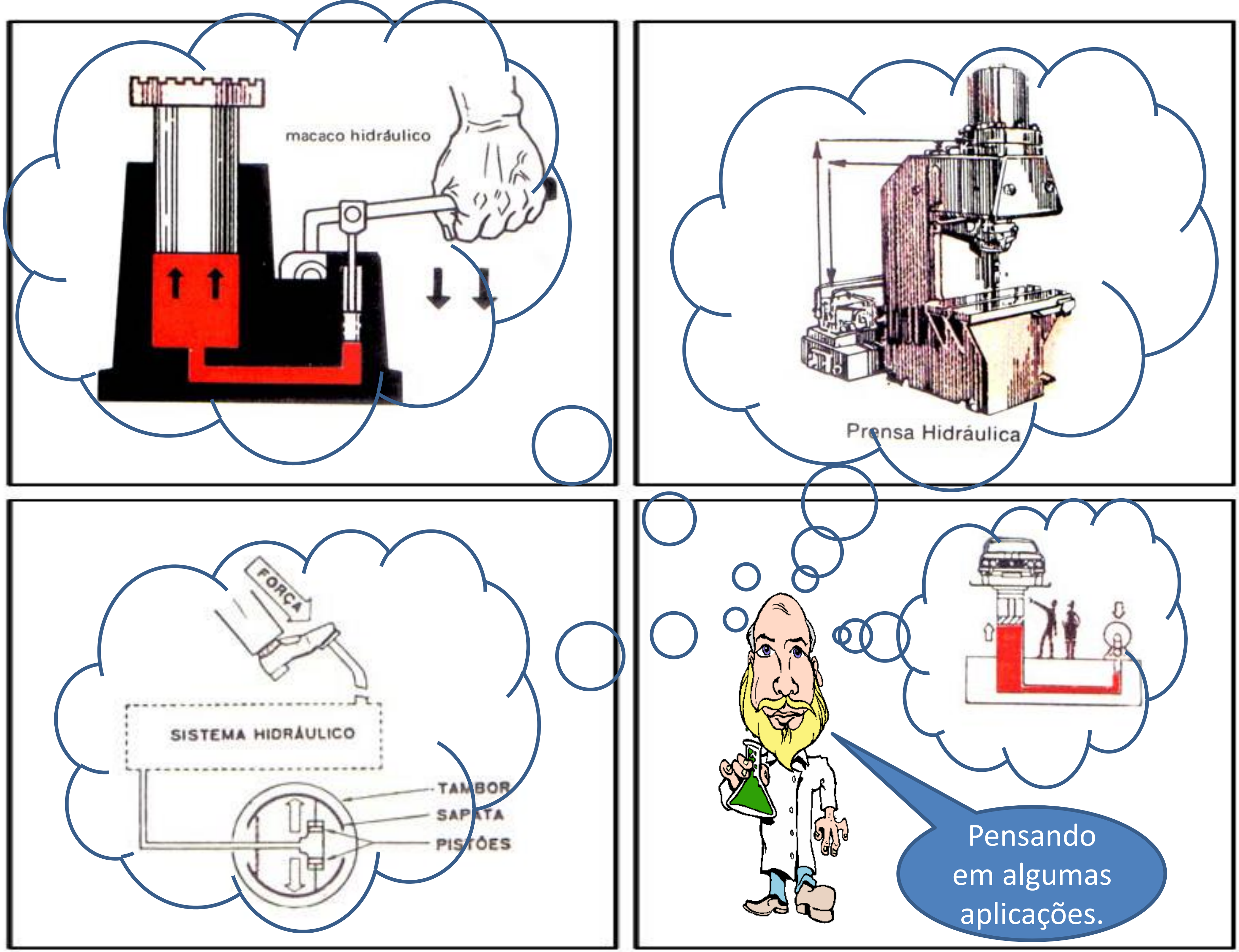
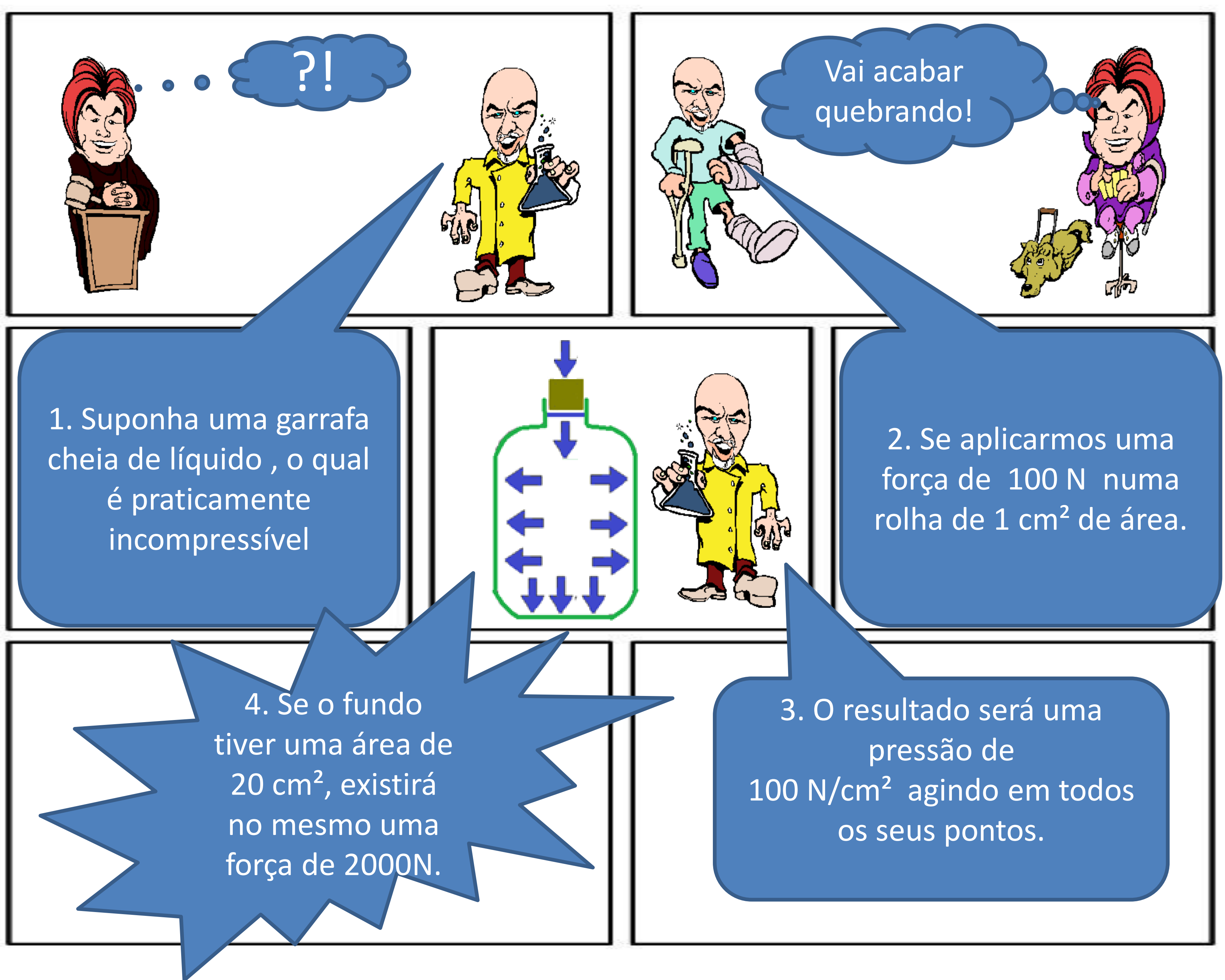
Quarta aula de laboratório de ME4310

Primeiro semestre de 2015

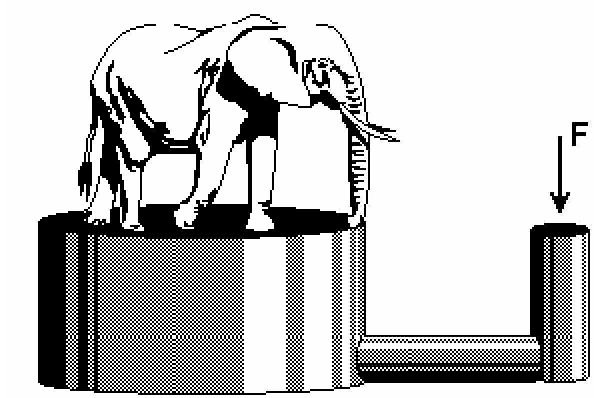

Blaise Pascal
Entre os dezoito e dezenove anos inventou a primeira máquina de calcular. Aos vinte anos aplicou seu talento à física, pois se interessou pelo trabalho de Torricelli sobre pressão atmosférica, deixando como resultado o Princípio de Pascal sobre a lei das pressões num líquido, que publicou em 1653 no seu Tratado do equilíbrio dos líquidos.
PUTS!
Lei de Pascal (1623-1662) Ao se aplicar a pressão em um ponto fluido ela se transmite integralmente aos demais pontos.
Vantagens dos fluidos sobre os sólidos!
$\vec{F}_1$
A_1
A_2
$\vec{F}_2$
http://www.brasilescola.com


Elevador hidráulico
$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$
F_1
F_2
pA_1
pA_2
Existem muitas vantagens de se trabalhar com fluido em relação aos sólidos!
Para os sólidos a propagação da força é na direção da sua aplicação e só se consegue mudá-la através de engrenagens.
Já nos fluidos ela se propaga espontaneamente em todas as direções


macaco hidráulico
Prensa Hidráulica
FORÇA
SISTEMA HIDRÁULICO
TAMBOR
SAPATA
PISTÕES
Pensando em algumas aplicações.


?!
Vai acabar quebrando!
1. Suponha uma garrafa cheia de líquido , o qual é praticamente incompressível
2. Se aplicarmos uma força de 100 N numa rolha de 1 cm² de área.
3. O resultado será uma pressão de 100 N/cm² agindo em todos os seus pontos.
4. Se o fundo tiver uma área de 20 cm², existirá no mesmo uma força de 2000N.

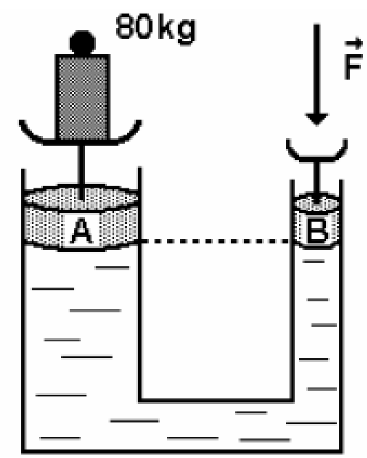
(Uerj 2001) Um adestrador quer saber o peso de um elefante. Utilizando uma prensa hidráulica, consegue equilibrar o elefante sobre um pistão de $2000 cm^2$ de área, exercendo uma força vertical F equivalente a 200N, de cima para baixo, sobre o outro pistão da prensa, cuja área é igual a $25 cm^2$. Calcule o peso do elefante.



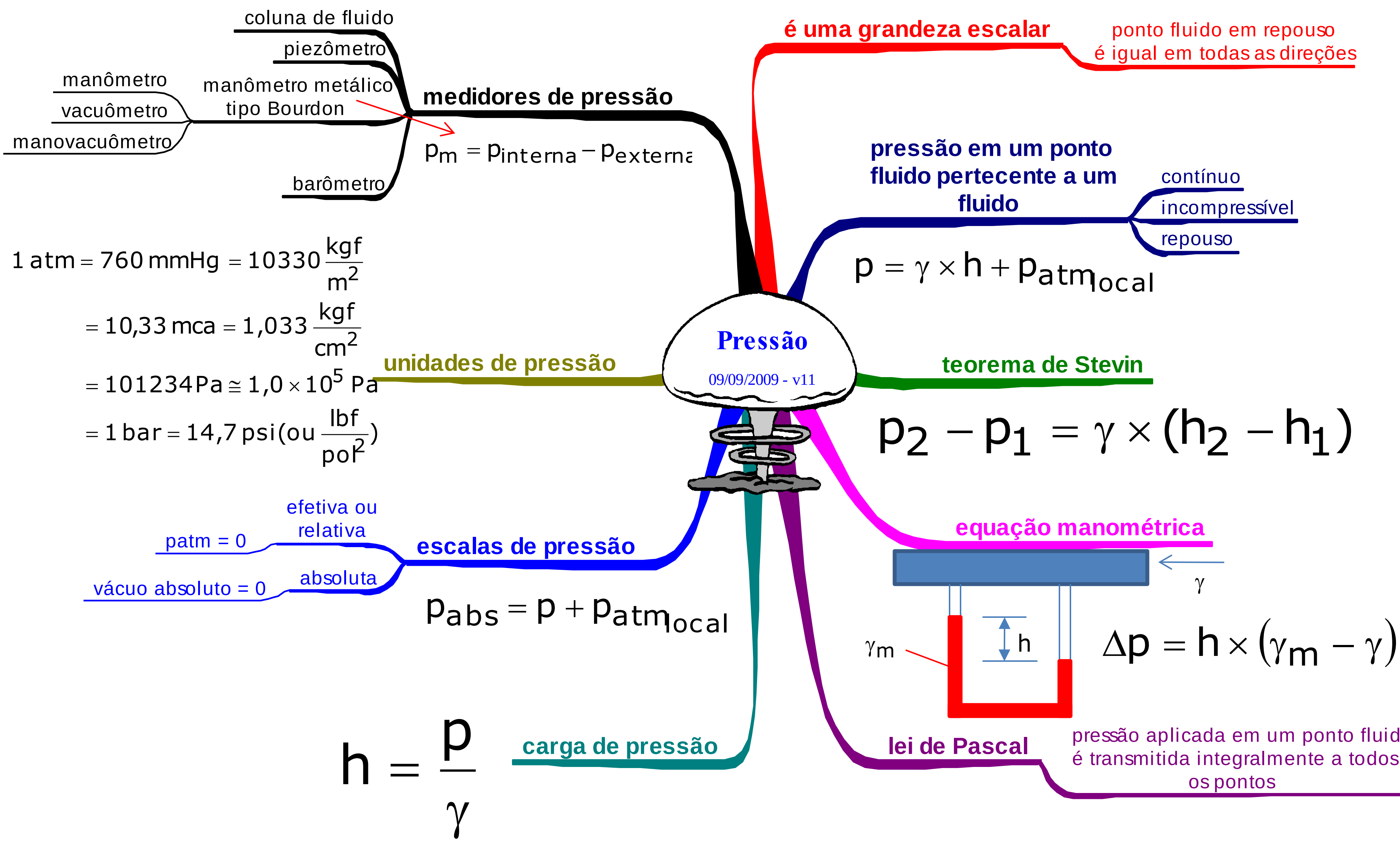
(Mackenzie 98) Dispõe-se de uma prensa hidráulica conforme o esquema a seguir, na qual os êmbolos A e B, de pesos desprezíveis, têm diâmetros respectivamente iguais a 40cm e 10cm. Se desejarmos equilibrar um corpo de 80kg que repousa sobre o êmbolo A, deveremos aplicar em B a força perpendicular **F, de intensidade:**

a) 5,0 N
b) 10 N
c) 20 N
d) 25 N
e) 50 N

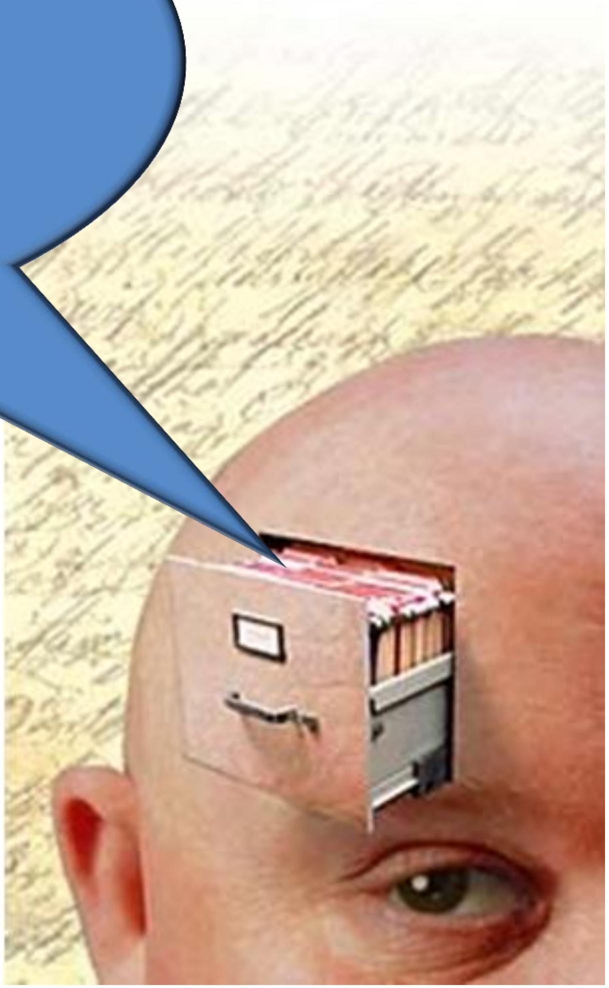
Dado:
$g = 10 m/s^2$



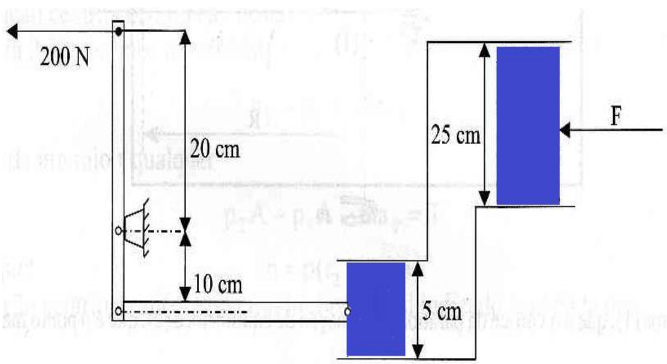
Reflexões sobre o que já foi estudado.

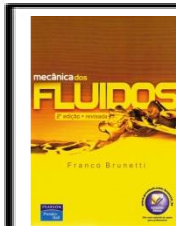


Vamos praticar o que foi estudado nos próximos exercícios!



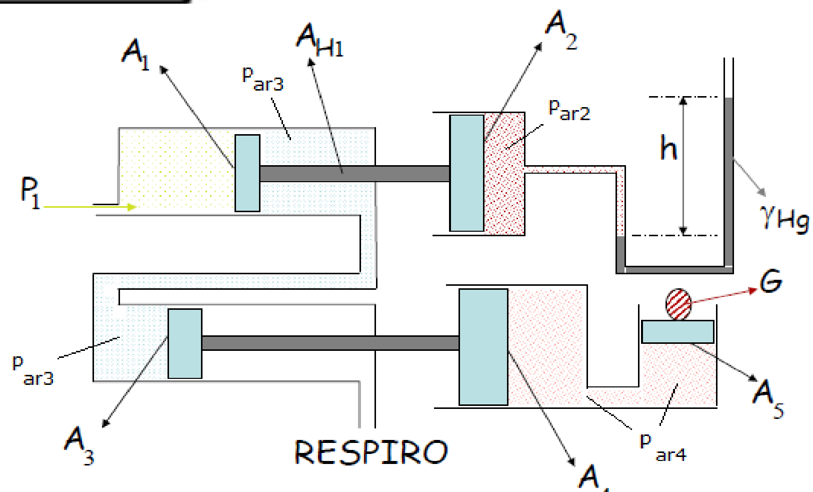
2.2 – Aplica-se a força de 200 N na alavanca AB, como é mostrado na figura. Qual a força F que deve ser exercida sobre a haste do cilindro para que o sistema permaneça em equilíbrio?





2.1 – No sistema da figura, desprezando-se o desnível entre os cilindros, detrerminar o peso G, que pode ser suportado pelo pistão V. Desprezar os atritos. Dados:

$$p_1 = 500\text{kPa}; A_I = 10\text{cm}^2;$$
$$A_{H1} = 2\text{cm}^2; A_{II} = 2{,}5\text{cm}^2;$$
$$A_{III} = 5\text{cm}^2; A_{IV} = 20\text{cm}^2;$$
$$A_V = 10\text{cm}^2; h = 2\text{m}; \gamma_{Hg} = 136000\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

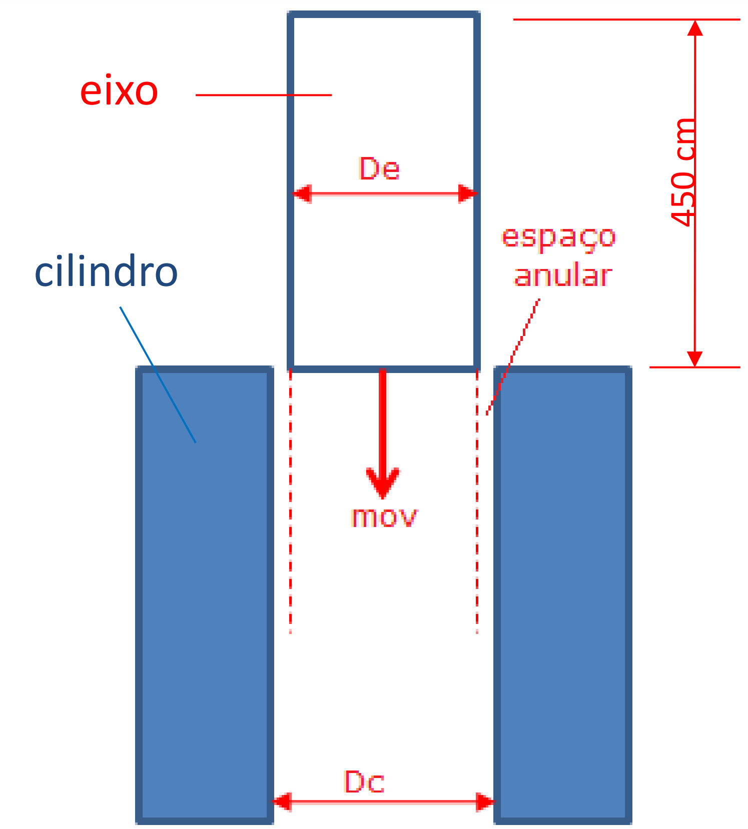


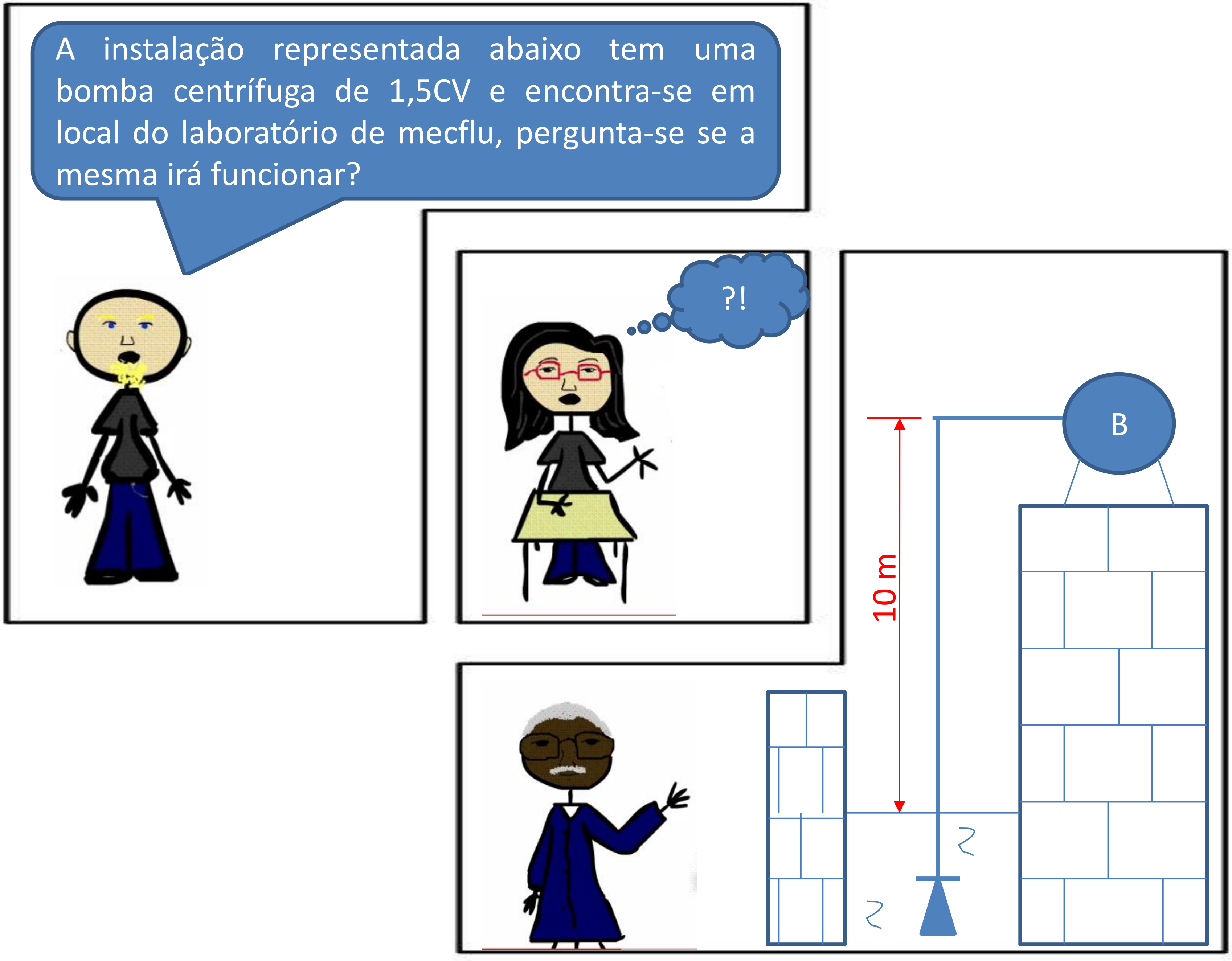
A situação representada pela figura a seguir, esquematiza um elevador hidráulico utilizado para lubrificação de automóveis. O mesmo é constituído por um eixo de diâmetro igual a 35 cm e de altura de 450 cm, coaxial a um cilindro de diâmetro igual a 35,02 cm. O espaço anular entre o eixo e o cilindro é preenchido por um óleo lubrificante de viscosidade cinemática igual a $3{,}5 \times 10^{-4}$ m²/s e peso específico igual a 8.500 N/m³. Sabendo que o eixo desce com uma velocidade constante de 0,4 m/s e que o peso total do veículo e eixo é de 35.000 N, pede-se:

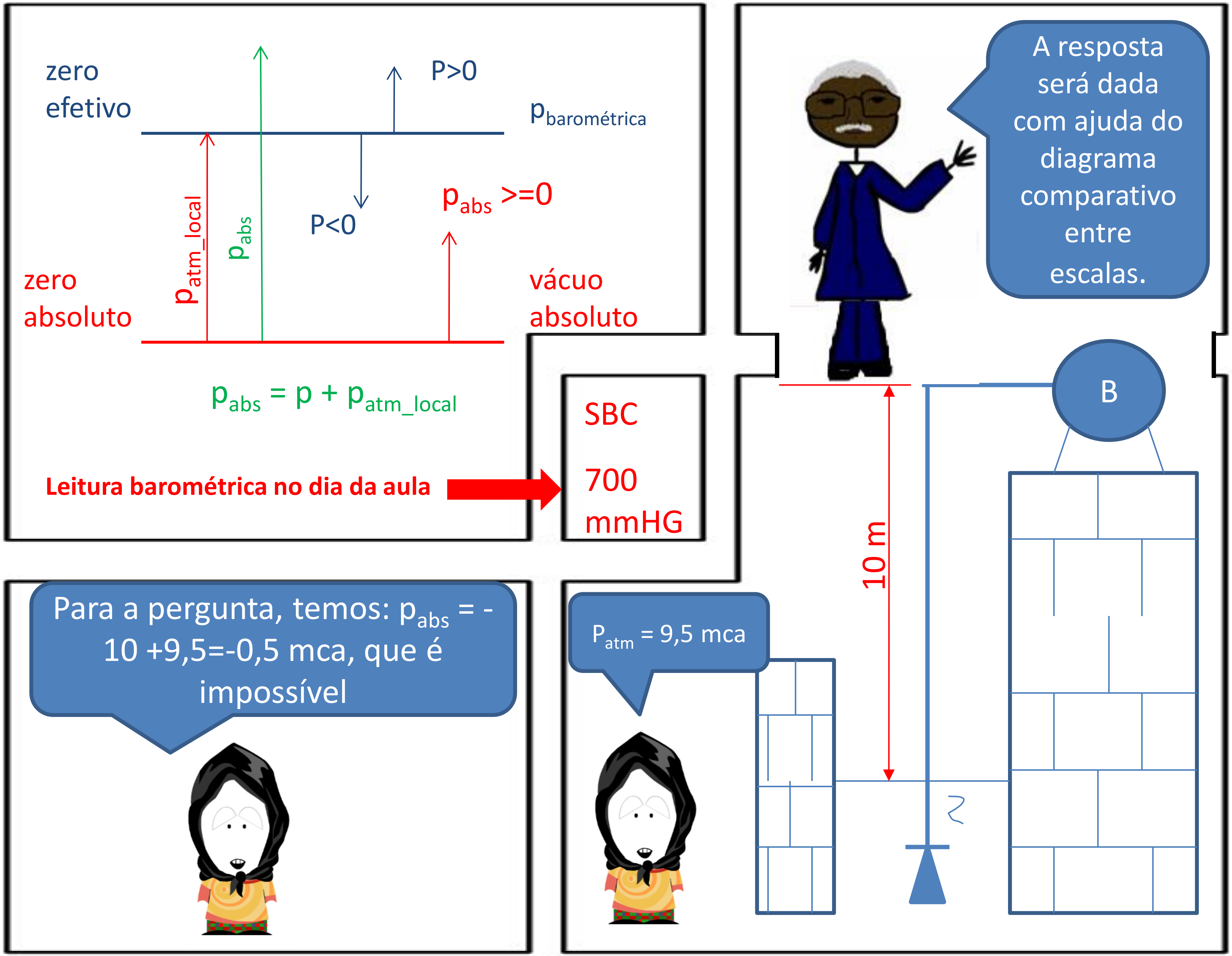
a) a Lei de variação da força de resistência viscosa, em função do tempo, no movimento descendente do eixo;

b) a Lei de variação da pressão de acionamento do eixo, em função do tempo, imposta uniformemente distribuída na sua face inferior;

c) a pressão de acionamento quando o eixo desceu 1,5 m.




A instalação representada abaixo tem uma bomba centrífuga de 1,5CV e encontra-se em local do laboratório de mecflu, pergunta-se se a mesma irá funcionar?
?!
B
10 m


zero efetivo
P>0
$p_{barométrica}$
P<0
p_{abs} >=0
p_{atm_local}
p_{abs}
zero absoluto
vácuo absoluto
$p_{abs} = p + p_{atm\_local}$
Leitura barométrica no dia da aula
SBC
700 mmHG
A resposta será dada com ajuda do diagrama comparativo entre escalas.
B
10 m
Para a pergunta, temos: p_{abs} = -10 +9,5=-0,5 mca, que é impossível
P_{atm} = 9,5 mca

Q_2 (tipoB)

Na figura, a superfície da água está em (A) pois neste nível a pressão absoluta do AR é de 104 KPa abs. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manometro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/litro, o peso específico do mercurio de 136 N/litro e o diâmetro do reservatório D = 13 cm .

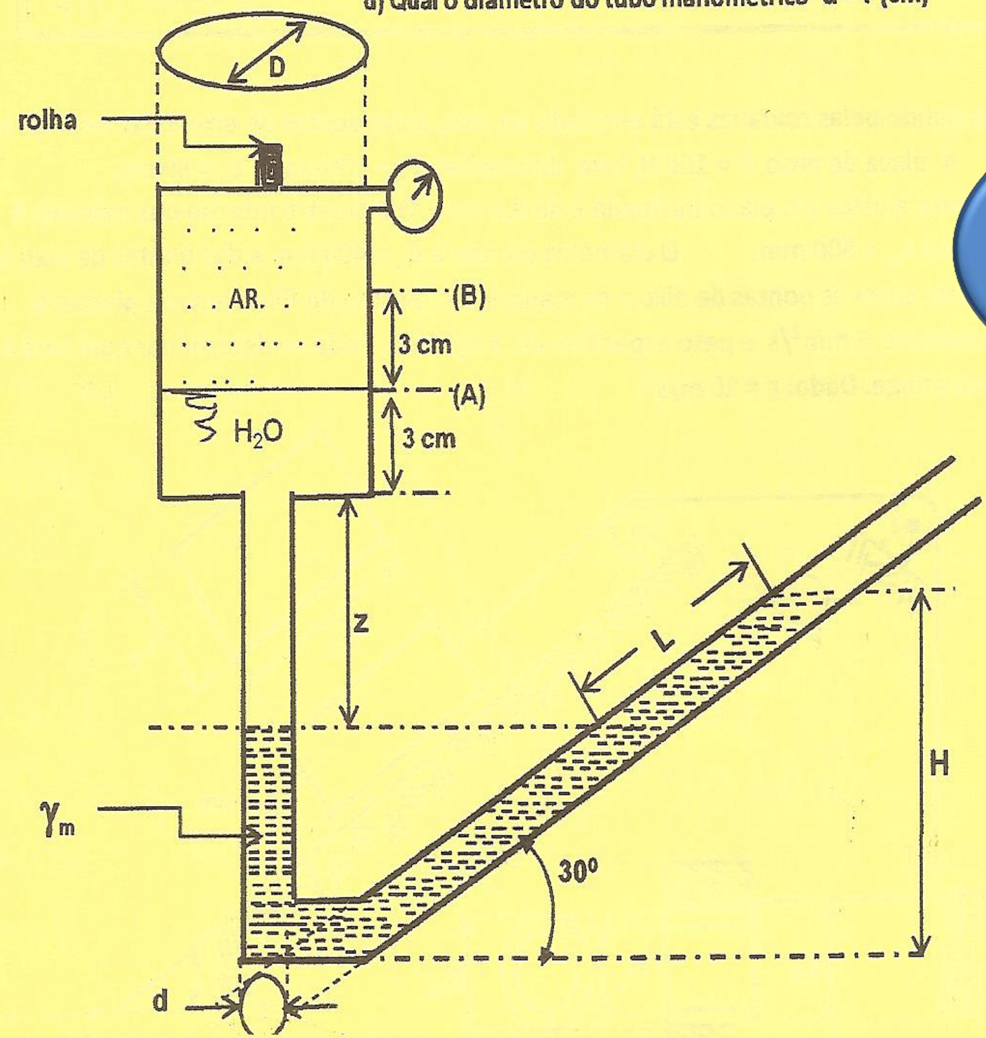
Pede-se:

a) Qual o peso específico do fluido manométrico γ_m =?

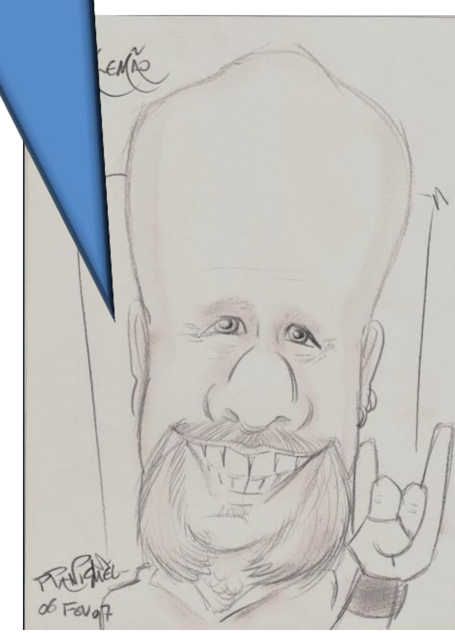
b) Qual a leitura barométrica local em mmHg ?

c) Se na condição da figura (com a rolha), a cota H = 65 cm; qual será a nova cota H quando se retirar a rolha ?

d) Qual o diâmetro do tubo manométrico d = ? (cm)



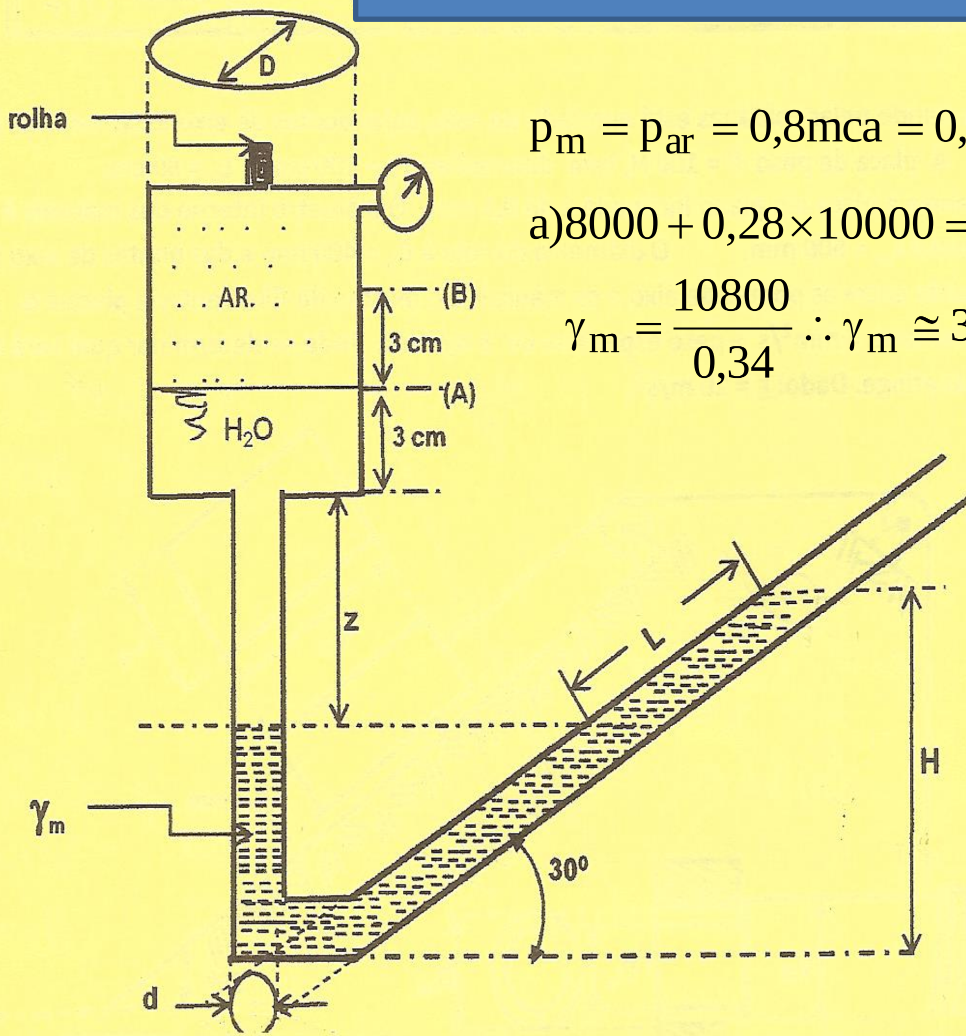
Mais um de prova!



Q_2 (tipoB)

Na figura, a superfície da água está em (A) pois neste nível a pressão absoluta do AR é de 104 KPa abs. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manometro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/litro, o peso específico do mercurio de 136 N/litro e o diâmetro do reservatório D = 13 cm .

Pede-se: a) Qual o peso específico do fluido manométrico γ_m =?



$$p_m = p_{ar} = 0{,}8\text{mca} = 0{,}8 \times 10000 = 8000\,\frac{N}{m^2}\,(\text{ou Pa})$$

$$a)\,8000 + 0{,}28 \times 10000 = 0{,}34 \times \gamma_m$$

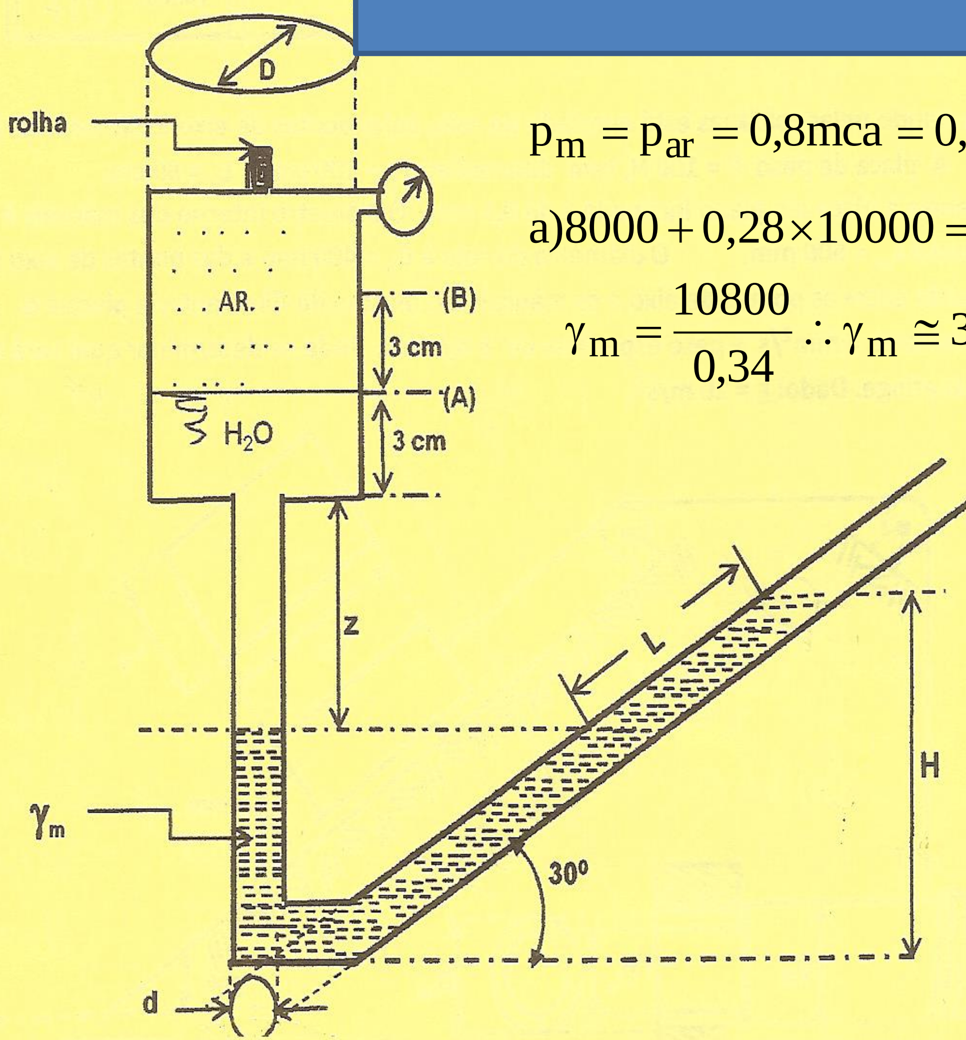
$$\gamma_m = \frac{10800}{0{,}34} \therefore \gamma_m \cong 31764{,}7\,\frac{N}{m^3} \Rightarrow (1{,}0)$$

Q_2 (tipoB)

Na figura, a superfície da água está em (A) pois neste nível a pressão absoluta do AR é de 104 KPa abs. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manometro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/litro, o peso específico do mercurio de 136 N/litro e o diâmetro do reservatório D = 13 cm.

Pede-se: a) Qual o peso específico do fluido manométrico γ_m =?

b) Qual a leitura barométrica local em mmHg ?



$$p_m = p_{ar} = 0{,}8\text{mca} = 0{,}8 \times 10000 = 8000\,\frac{N}{m^2}\ (\text{ou Pa})$$

$$a)\ 8000 + 0{,}28 \times 10000 = 0{,}34 \times \gamma_m$$

$$\gamma_m = \frac{10800}{0{,}34} \therefore \gamma_m \cong 31764{,}7\,\frac{N}{m^3} \Rightarrow (1{,}0)$$

$$b)\ p_{ar_{abs}} = 104\text{kPa} = 104000\,\frac{N}{m^2}\ (\text{ou Pa})$$

$$p_{ar_{abs}} = p_{ar} + p_{atm_{local}}$$

$$\therefore 104000 = 8000 + p_{atm_{local}}$$

$$\therefore p_{atm_{local}} = 96000\ \text{Pa} \Rightarrow (0{,}5)$$

$$h_{Hg} = \frac{96000}{136000} \times 1000 \cong 705{,}9\ \text{mmHg} \Rightarrow (0{,}5)$$

Na figura, a superfície da água está em (A) pois neste nível a pressão absoluta do AR é de 104 KPa abs. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manometro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/litro, o peso específico do mercurio de 136 N/litro e o diâmetro do reservatório D = 13 cm .

c) Se na condição da figura (com a rolha), a cota H = 65 cm; qual será a nova cota H quando se retirar a rolha ?

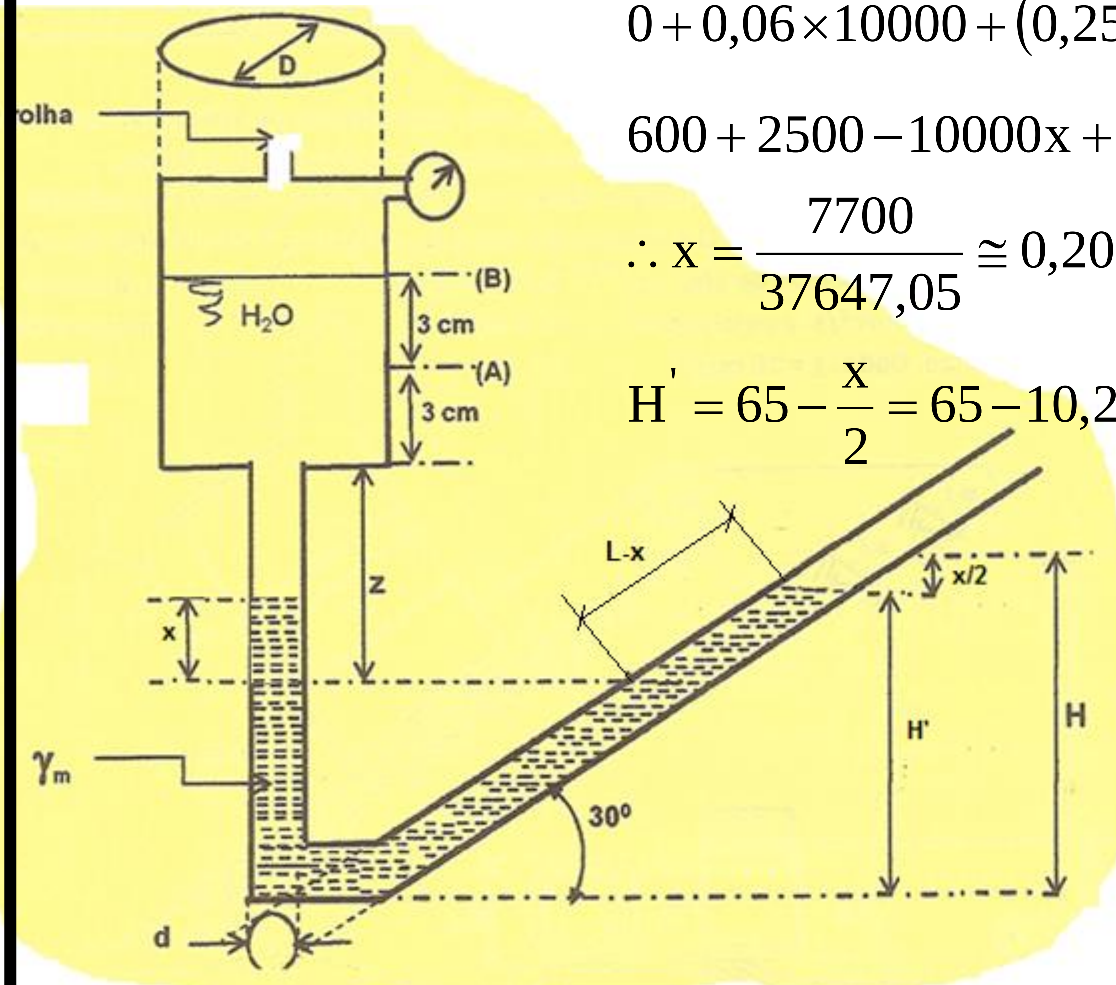
c)

$$0+0{,}06\times 10000+(0{,}25-x)\times 10000+x\times\gamma_m=\frac{(L-x)}{2}\times\gamma_m$$

$$600+2500-10000x+31764{,}7x=10800-15882{,}35x$$

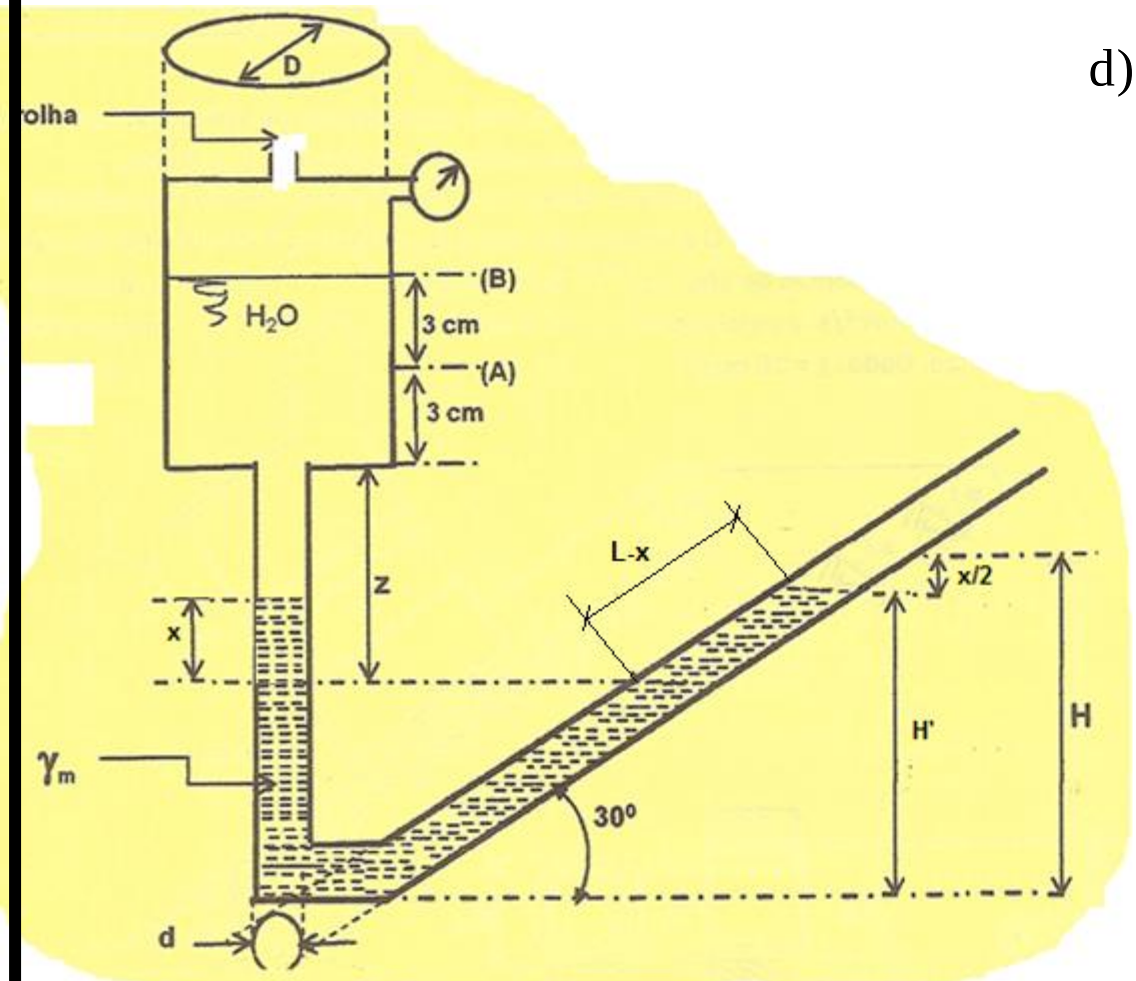
$$\therefore x=\frac{7700}{37647{,}05}\cong 0{,}205m\Rightarrow(0{,}5)$$

$$H^{'}=65-\frac{x}{2}=65-10{,}25=54{,}75cm\Rightarrow 0{,}5$$



Na figura, a superfície da água está em (A) pois neste nível a pressão absoluta do AR é de 104 KPa abs. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manometro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/litro, o peso específico do mercurio de 136 N/litro e o diâmetro do reservatório D = 13 cm .

d) Qual o diâmetro do tubo manométrico d = ? (cm)

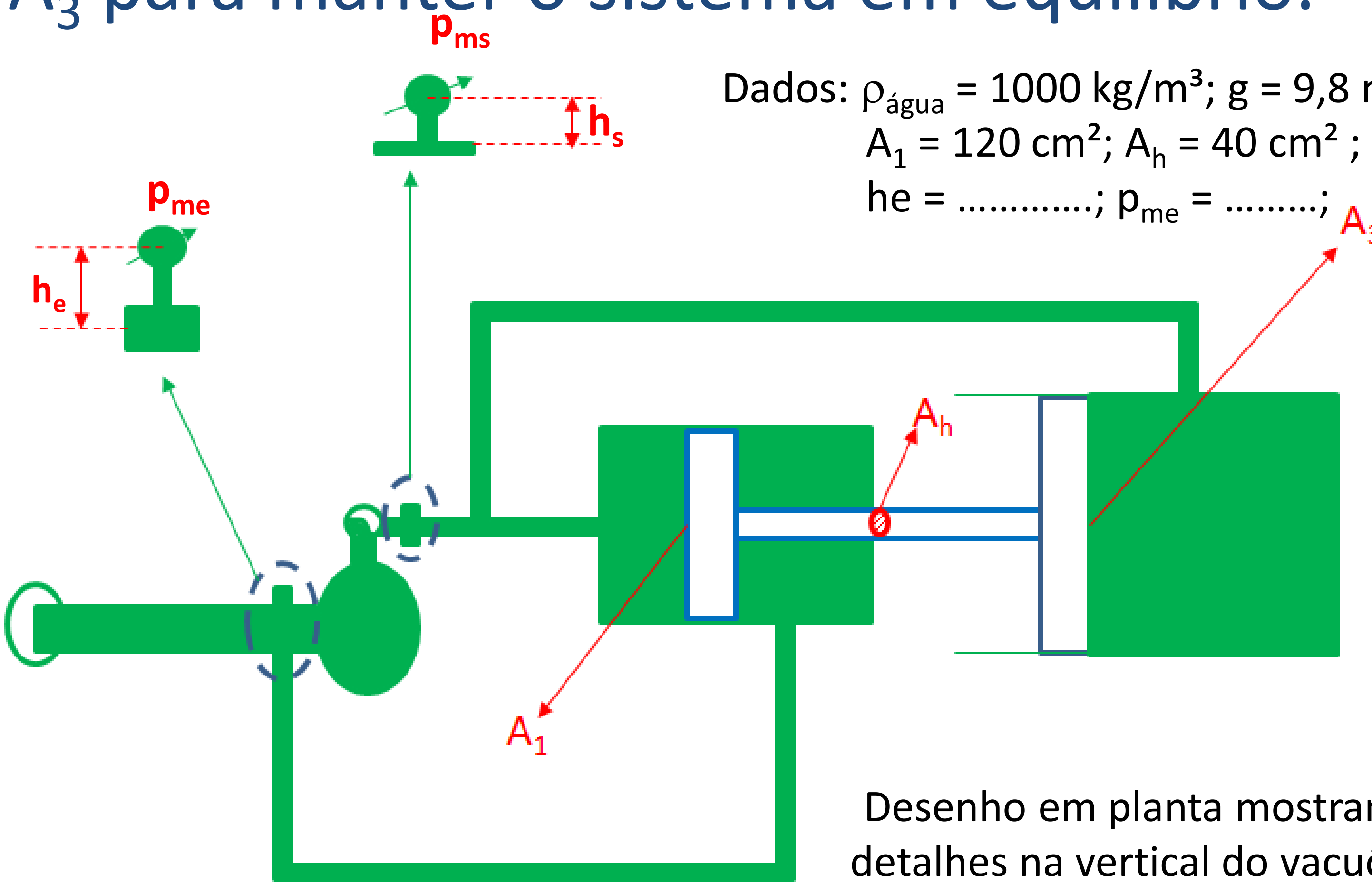


d)

$$3 \times \frac{\pi \times 13^2}{4} = 20{,}5 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$\therefore d = \sqrt{\frac{3 \times 13^2}{20{,}5}} \cong 5{,}0\,\text{cm}$$

Para a vazão fixada na bancada pede-se calcular a área A_3 para manter o sistema em equilíbrio.



Dados: $\rho_{água}$ = 1000 kg/m³; g = 9,8 m/s²
A_1 = 120 cm²; A_h = 40 cm² ;
he = ...; p_{me} = ...;

Desenho em planta mostrando os detalhes na vertical do vacuômetro na seção de entrada da bomba e do manômetro na seção de saída da bomba.

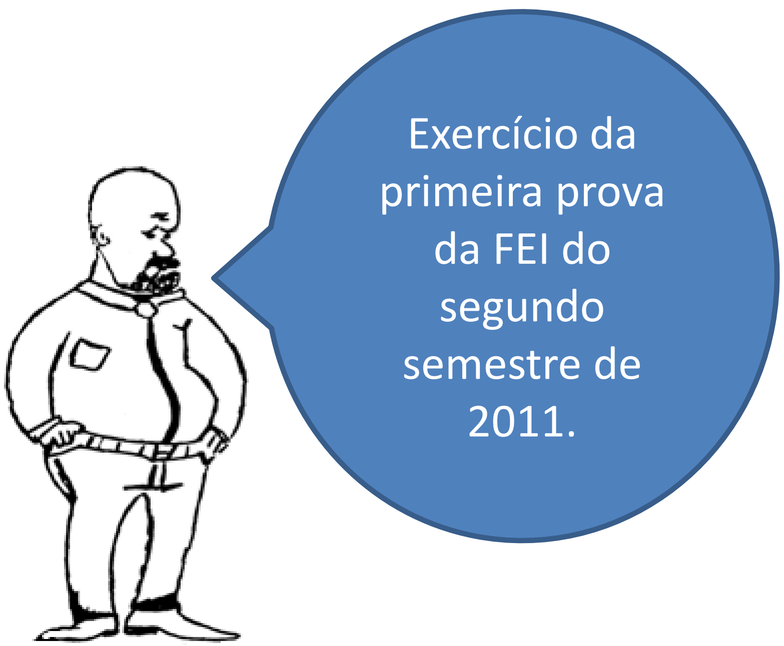
Dados: A_{tanque} =................; Dh = 100 mm; t = ...
hs = ...; p_{ms} = ...

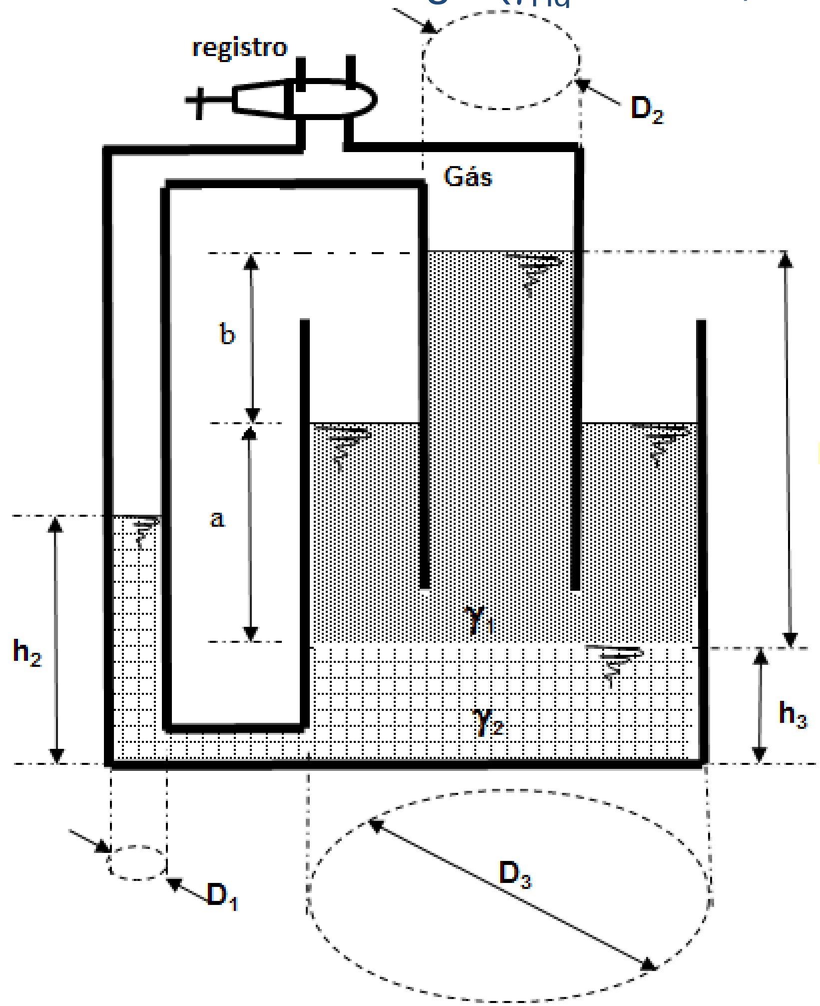
Na figura, os elementos são cilíndricos, sendo: D_1 = 16 cm; D_2 = 20 cm e D_3 = 28 cm. Pesos específicos: γ_1 = 15 N/L e γ_2 desconhecido. No fundo do recipiente (onde o fluido é γ_2) a pressão é de 280 KPa. As cotas valem: h_1 = 9 m; h_2 = 7 m e h_3 = 4 m. A leitura barométrica local é de 685 mm Hg. (γ_{Hg} = 133,4 N/L). Pede - se:

a) A pressão absoluta do Gás em kPa;

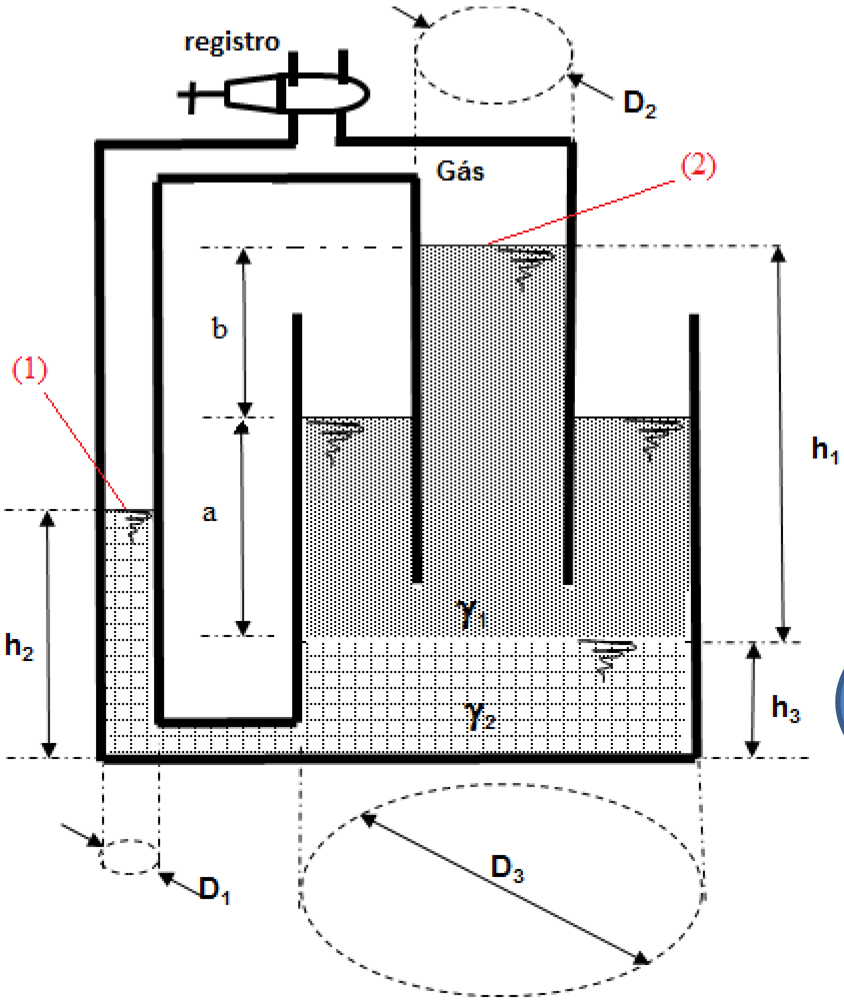
b) As cotas a e b para registro fechado;

.





Solução item a



$$p_{gás} + \gamma_2 \times (h_2 - h_3) - \gamma_1 \times h_1 = p_{gás}$$

$$\therefore \gamma_2 = \frac{\gamma_1 \times h_1}{(h_2 - h_3)} = \frac{15000 \times 9}{(7-4)} = 45000 \frac{N}{m^3}$$

$$p_{gás} + \gamma_2 \times h_2 = p_{fundo}$$

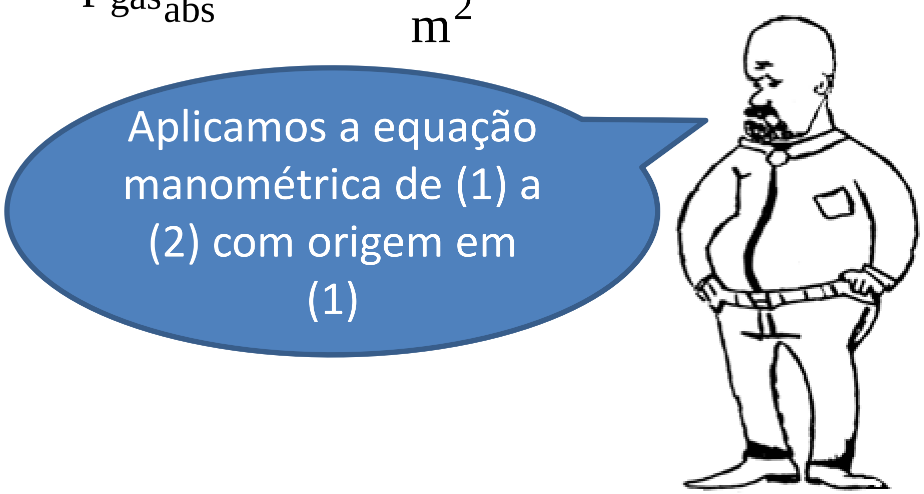
$$p_{gás} + 45000 \times 7 = 280000$$

$$p_{gás} = -35000 \frac{N}{m^2}$$

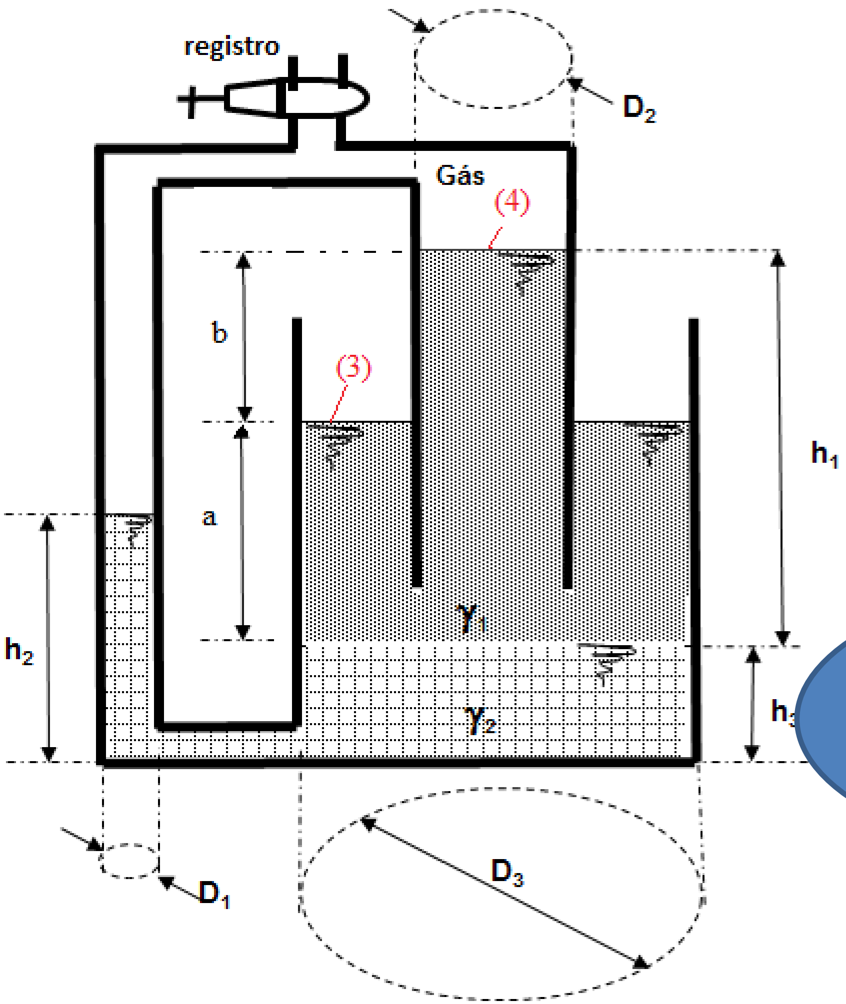
$$p_{gás_{abs}} = p_{gás} + p_{atm_{local}}$$

$$p_{gás_{abs}} = -35000 + 0{,}685 \times 133400$$

$$p_{gás_{abs}} = 56379 \frac{N}{m^2}$$



Solução item b



$$p_{gás} + \gamma_1 \times b = 0$$

$$-35000 + 15000 \times b = 0$$

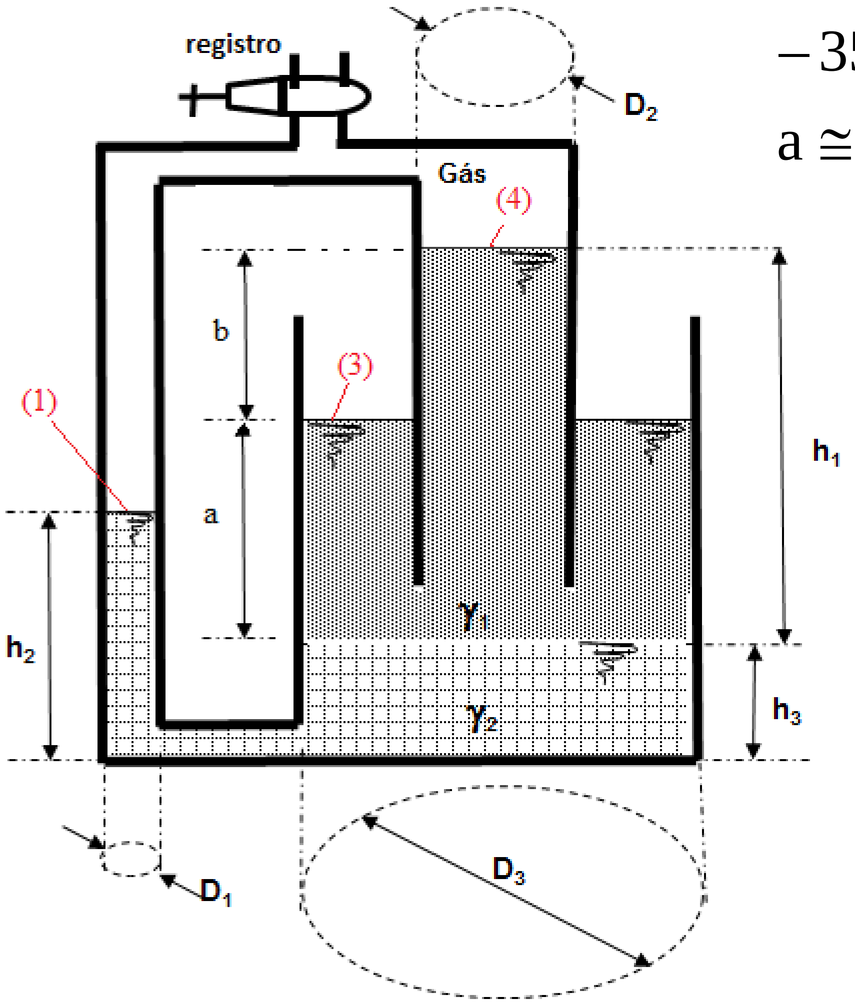
$$b = \frac{35000}{15000} \cong 2{,}33\text{m}$$

Solução item b (cont)

$$p_{gás} + \gamma_2 \times (h_2 - h_1) - \gamma_1 \times a = 0$$

$$-35000 + 45000 \times (7 - 4) - 15000 \times a = 0$$

$$a \cong 6{,}67\text{m}$$



Aplicamos a equação manométrica de (1) a (3) com origem em (1)


Vamos acrescentar um novo item
no exercícios anterior.

Na figura, os elementos são cilíndricos, sendo: D_1 = 16 cm; D_2 = 20 cm e D_3 = 28 cm. Pesos específicos: γ_1 = 15 N/L e γ_2 desconhecido. No fundo do recipiente (onde o fluido é γ_2) a pressão é de 280 KPa. As cotas valem: h_1 = 9 m; h_2 = 7 m e h_3 = 4 m. A leitura barométrica local é de 685 mm Hg. (γ_{Hg} = 133,4 N/L).

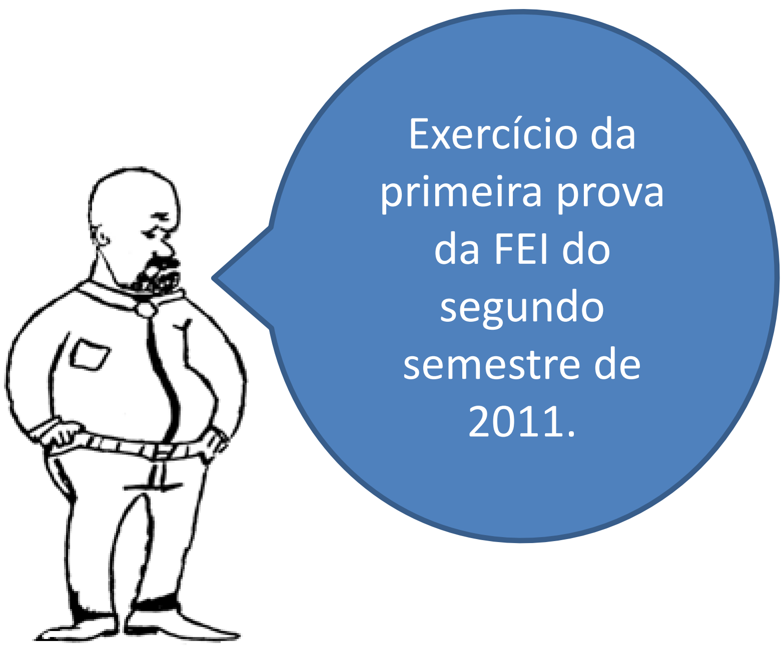
Pede - se:

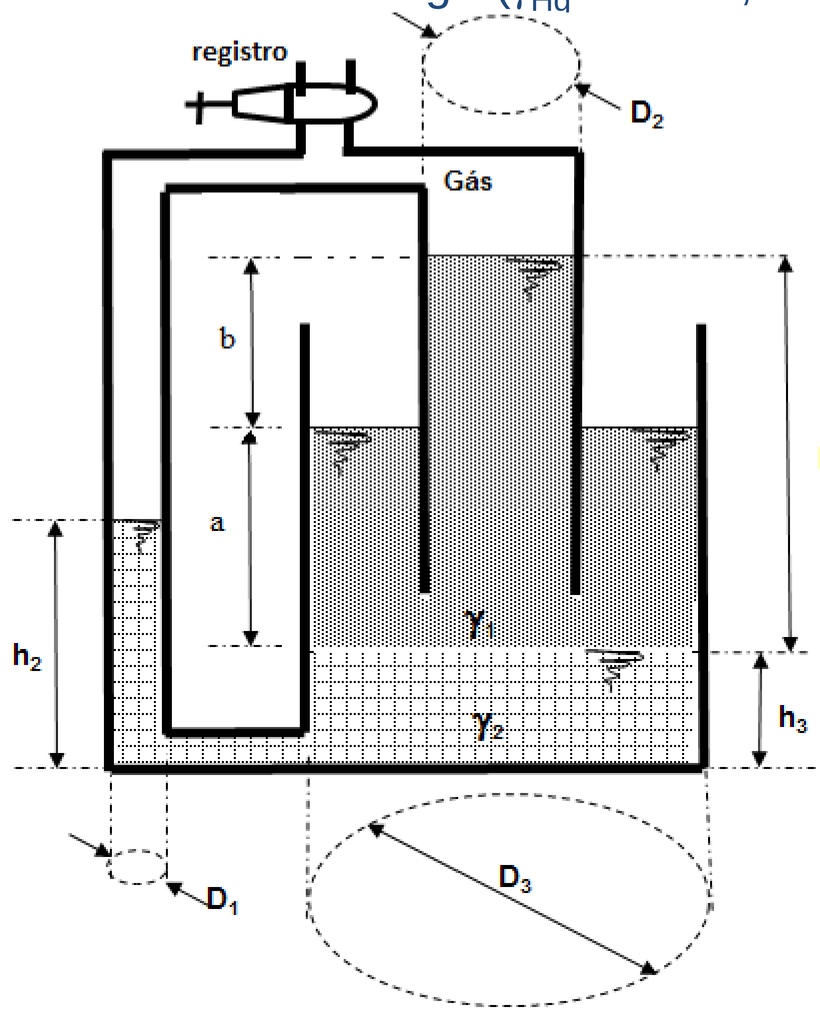
a) ;

b) ;

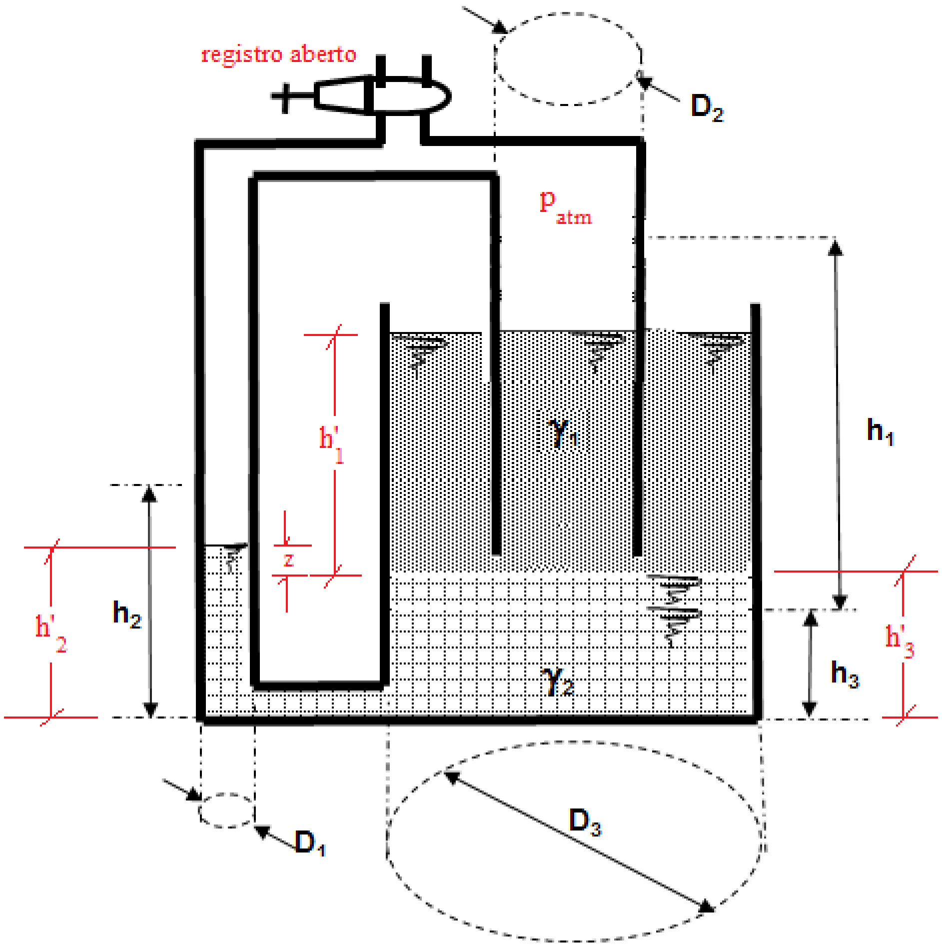
c) *As novas cotas, ao se abrir o registro.*

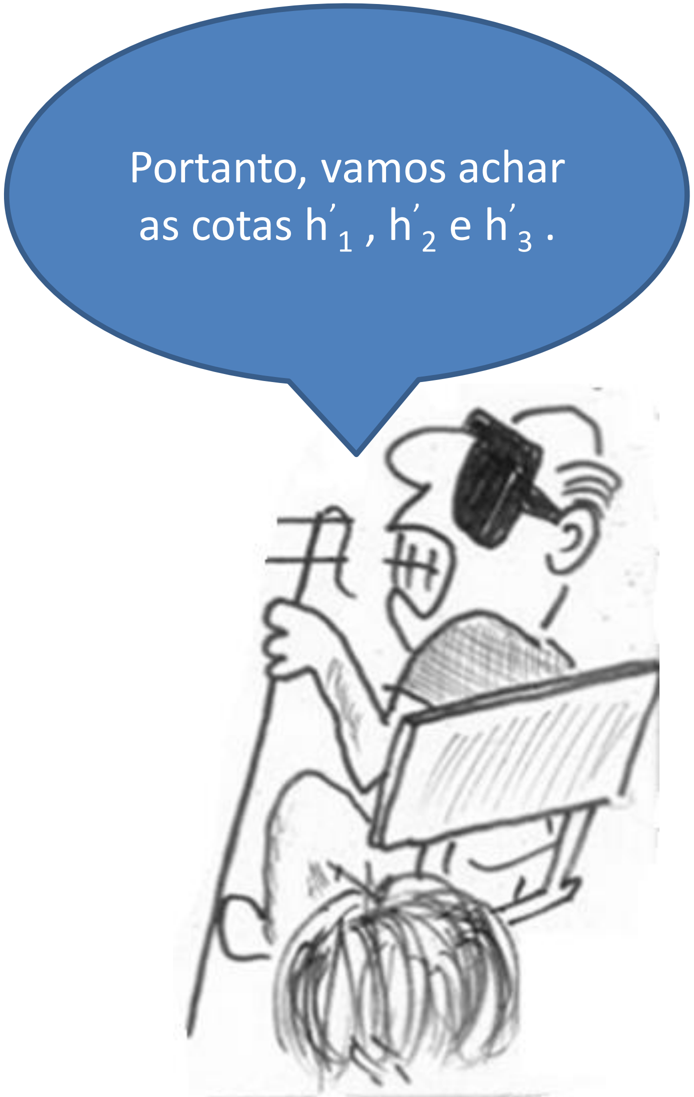
.






O registro sendo aberto passamos a ter a pressão atmosférica atuando como mostra o próximo slide.

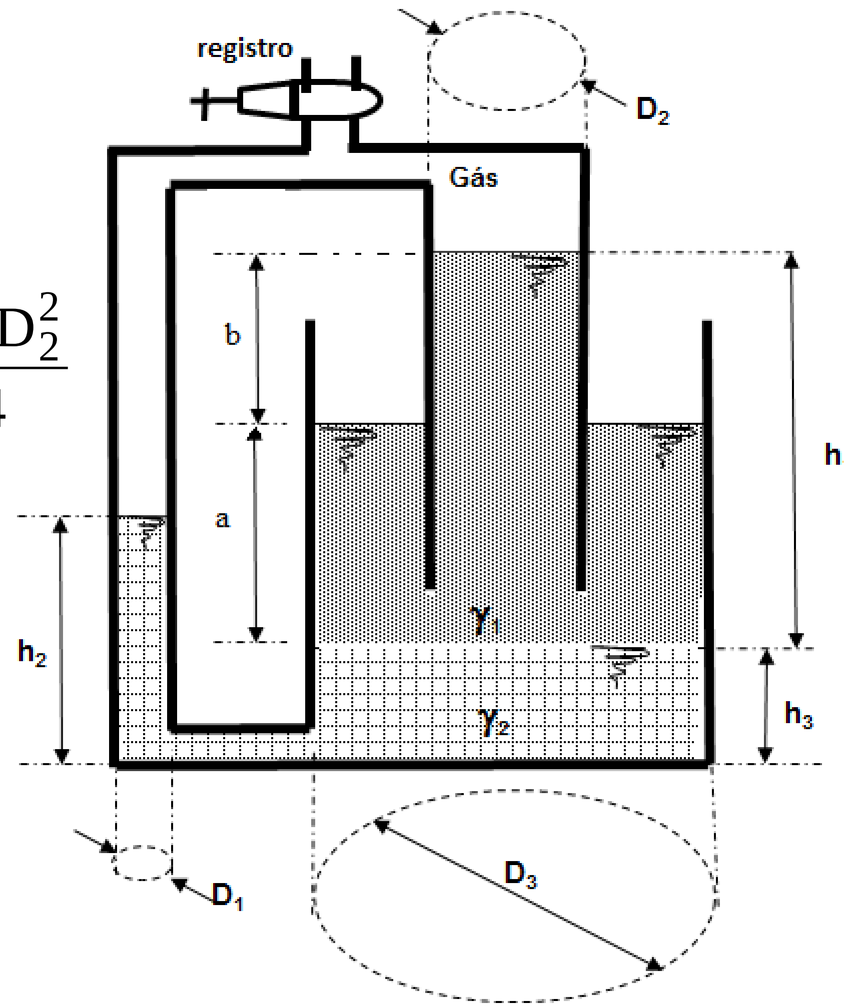

registro aberto
D2
patm
h1
h'1
γ1
z
h2
h'2
γ2
h3
h'3
D1
D3


Portanto, vamos achar as cotas h'1 , h'2 e h'3 .

Devemos lembrar que não existem alterações nos volumes dos fluidos

$$V_{inicial} = a \times \frac{\pi \times D_3^2}{4} + b \times \frac{\pi \times D_2^2}{4}$$

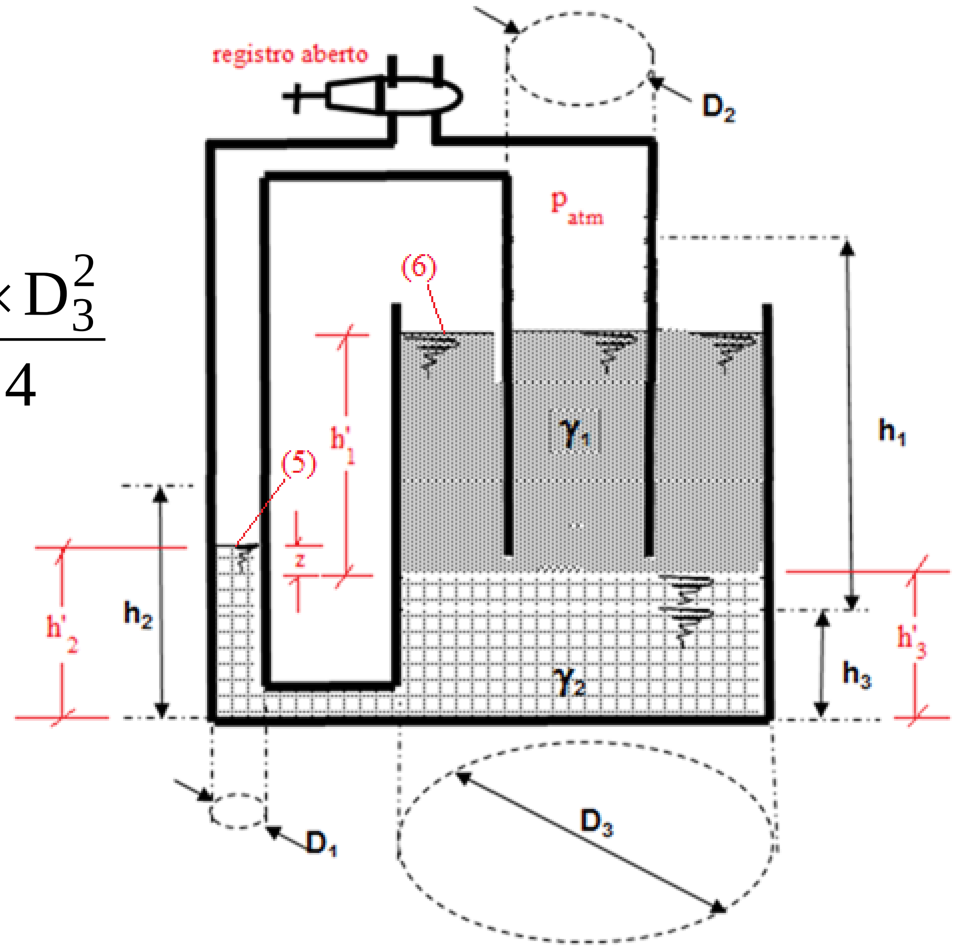
Agora é só calcular o volume final!



Isso mesmo!

$$V_{final} = h_1^{'} \times \frac{\pi \times D_3^2}{4}$$

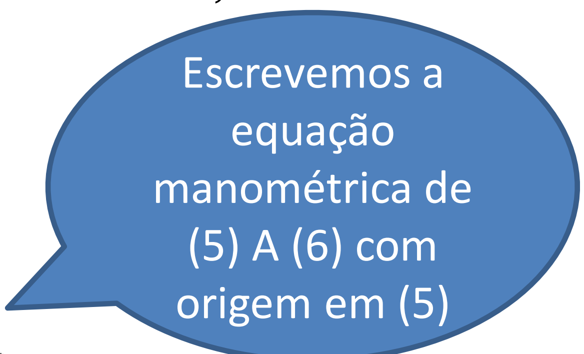
Igualando:

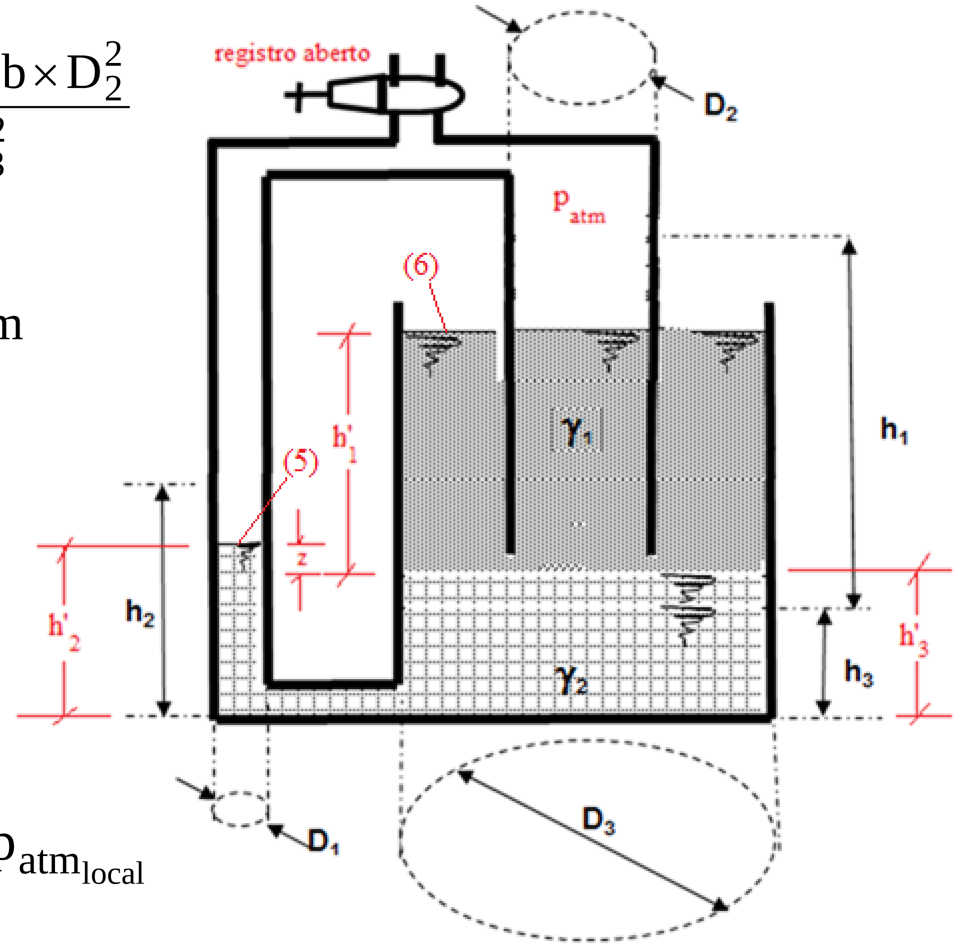


$$a \times \frac{\pi \times D_3^2}{4} + b \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} = h_1' \times \frac{\pi \times D_3^2}{4}$$

$$h_1' = \frac{a \times \frac{\pi \times D_3^2}{4} + b \times \frac{\pi \times D_2^2}{4}}{\frac{\pi \times D_3^2}{4}} = \frac{a \times D_3^2 + b \times D_2^2}{D_3^2}$$

$$h_1' = \frac{6{,}67 \times 0{,}28^2 + 2{,}33 \times 0{,}20^2}{0{,}28^2} \cong 7{,}86\text{m}$$





$$p_{atm_{local}} + z \times \gamma_2 - h_1' \times \gamma_1 = p_{atm_{local}}$$

$$z = \frac{h_1' \times \gamma_1}{\gamma_2} = \frac{7{,}86 \times 15000}{45000} \cong 2{,}62\text{m}$$

$$\left(h_2 - h_2'\right) \times \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \left(h_3' - h_3\right) \times \frac{\pi \times D_3^2}{4}$$

$$\left(h_2 - h_2'\right) \times D_1^2 = \left(h_3' - h_3\right) \times D_3^2$$

$$h_2' - h_3' = z$$

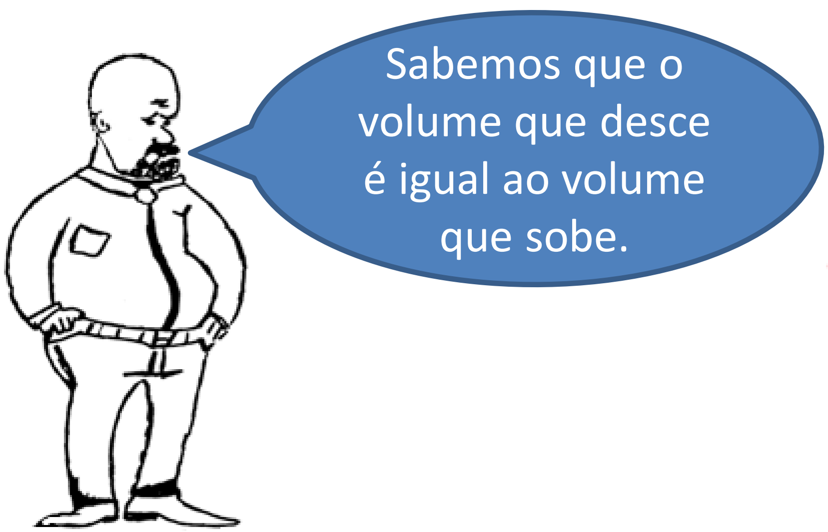
$$h_2' = z + h_3'$$

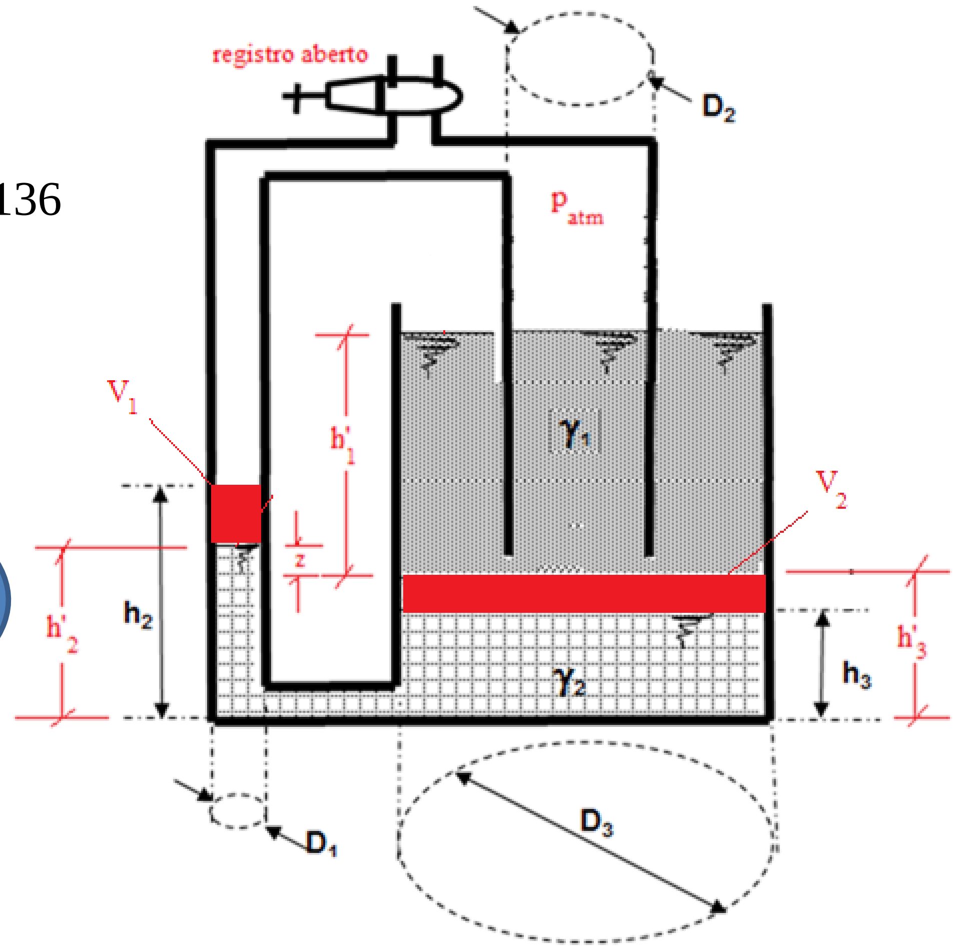
$$\left(7 - 2{,}62 - h_3'\right) \times 0{,}16^2 = \left(h_3' - 4\right) \times 0{,}28^2$$

$$0{,}112128 - 0{,}16^2 \times h_3' = 0{,}28^2 \times h_3' - 0{,}3136$$

$$h_3' \cong 4{,}09\text{m}$$

$$h_2' = 2{,}62 + 4{,}09 = 6{,}71\text{m}$$






Vamos acrescentar um novo item em um dos exercícios da aula anterior.

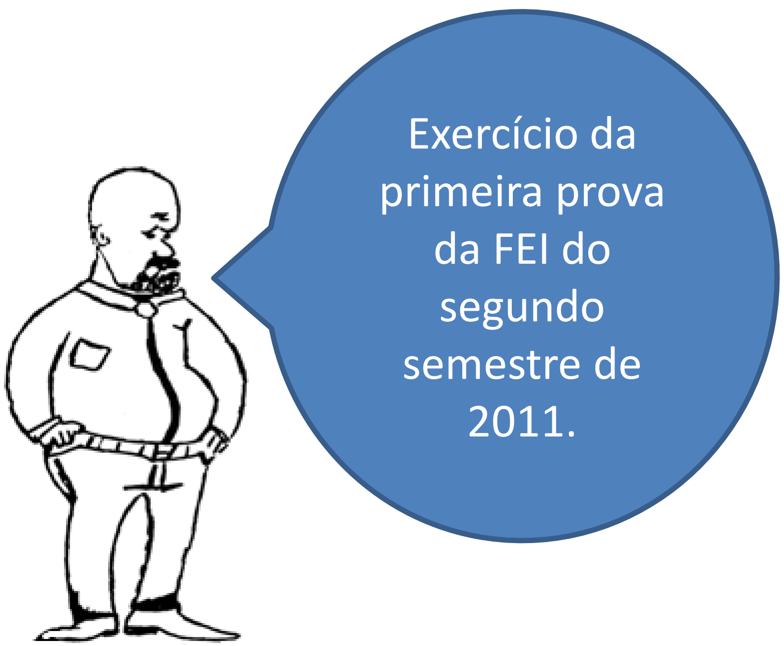
Na figura, os elementos são cilíndricos, sendo: D_1 = 16 cm; D_2 = 20 cm e D_3 = 28 cm. Pesos específicos: γ_1 = 15 N/L e γ_2 desconhecido. No fundo do recipiente (onde o fluido é γ_2) a pressão é de 280 KPa. As cotas valem: h_1 = 9 m; h_2 = 7 m e h_3 = 4 m. A leitura barométrica local é de 685 mm Hg. (γ_{Hg} = 133,4 N/L). Pede - se:

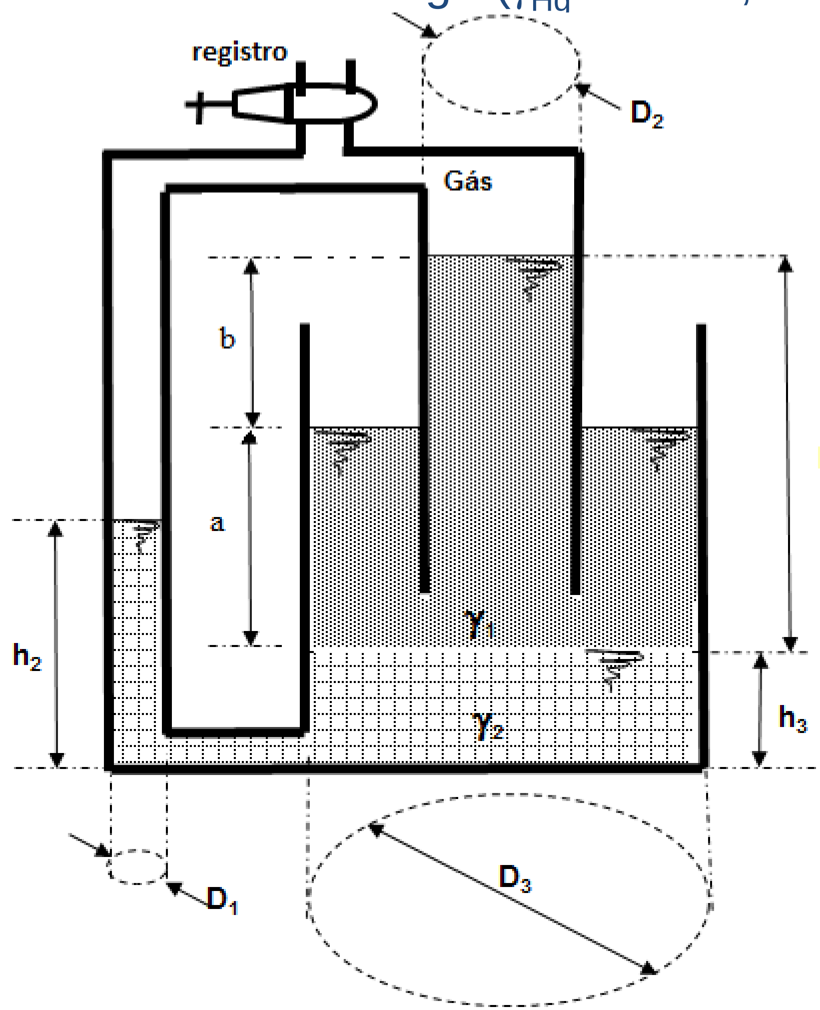
a) ;

b) ;

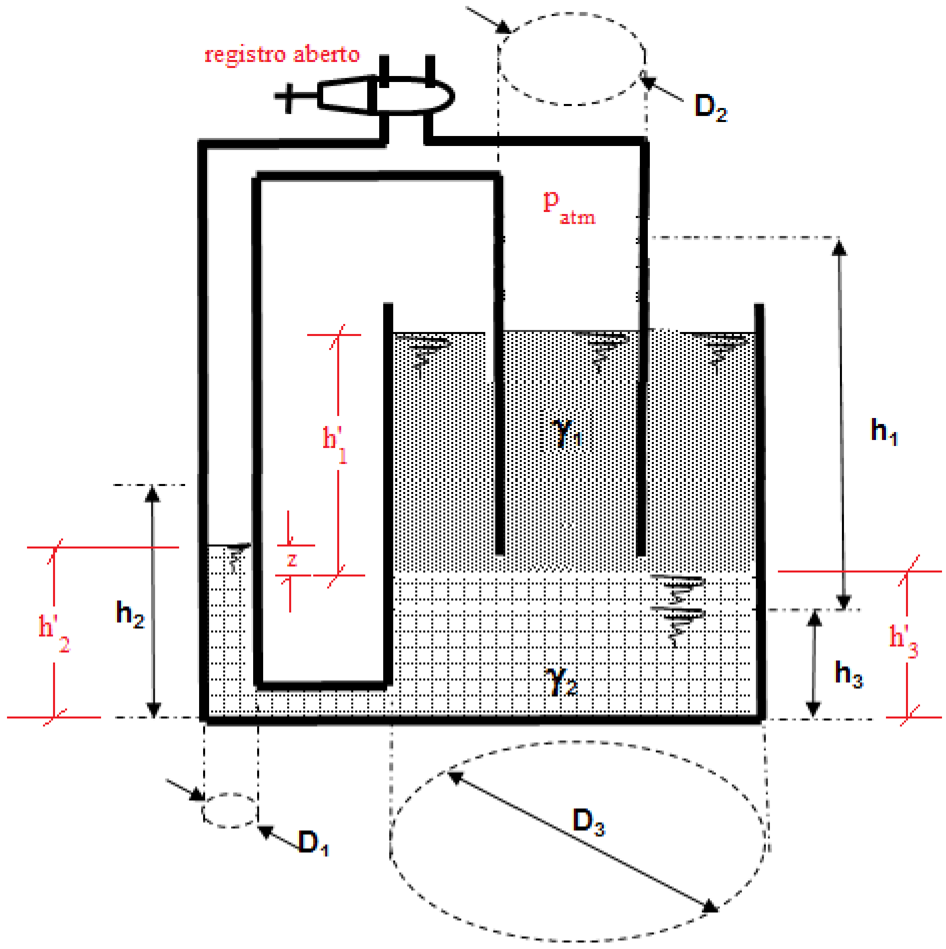
c) *<u>As novas cotas, ao se abrir o registro</u>*.

.



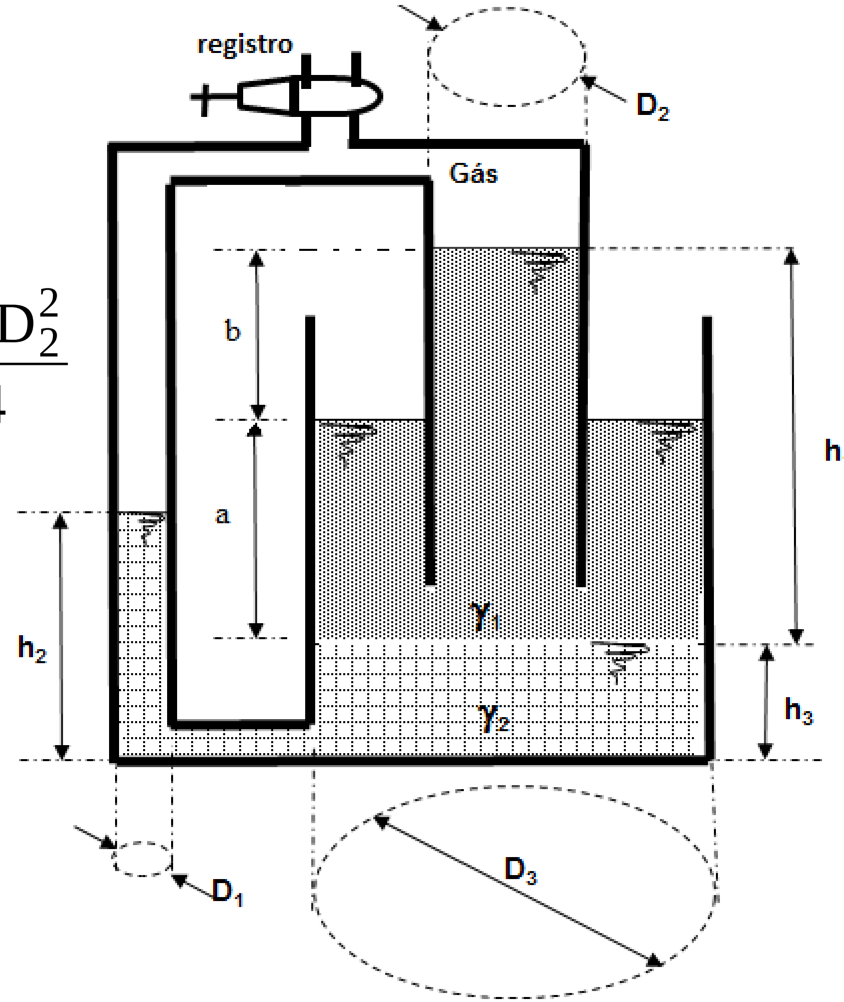



O registro sendo aberto passamos a ter a pressão atmosférica atuando como mostra o próximo slide.



Portanto, vamos achar as cotas h'_1 , h'_2 e h'_3 .

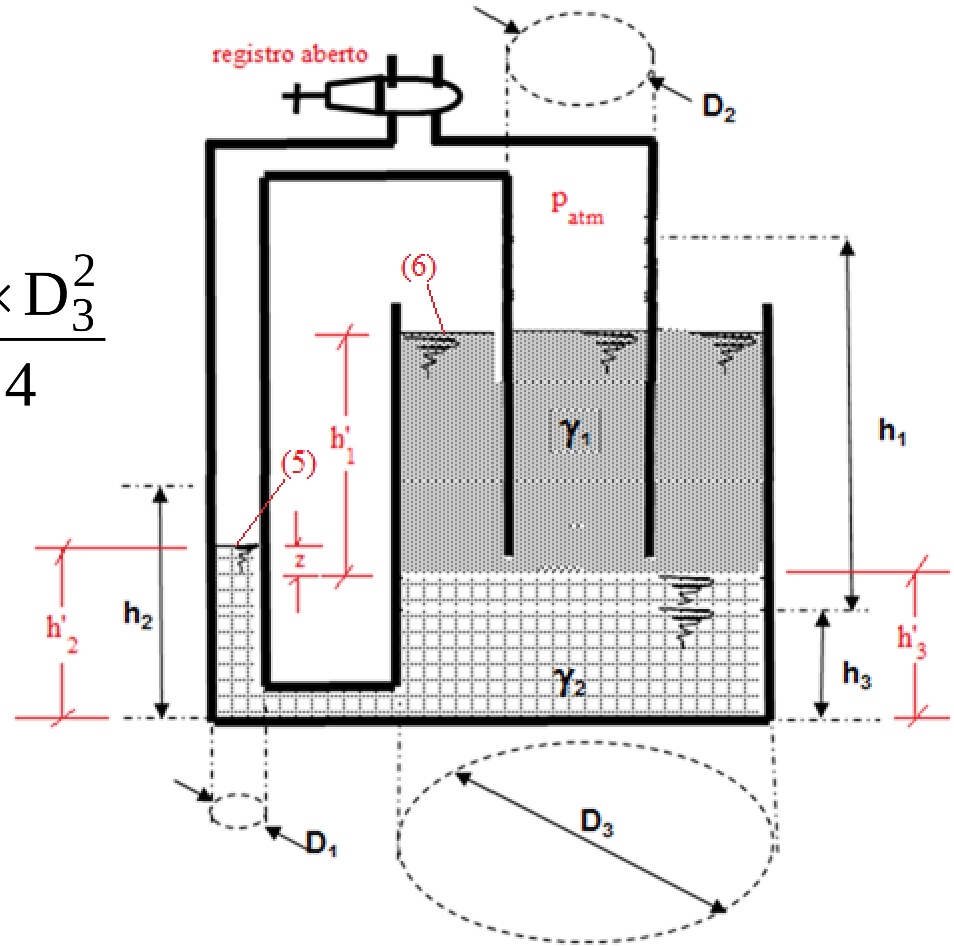
$$V_{inicial} = a \times \frac{\pi \times D_3^2}{4} + b \times \frac{\pi \times D_2^2}{4}$$



Isso mesmo!

$$V_{final} = h_1^{'} \times \frac{\pi \times D_3^2}{4}$$

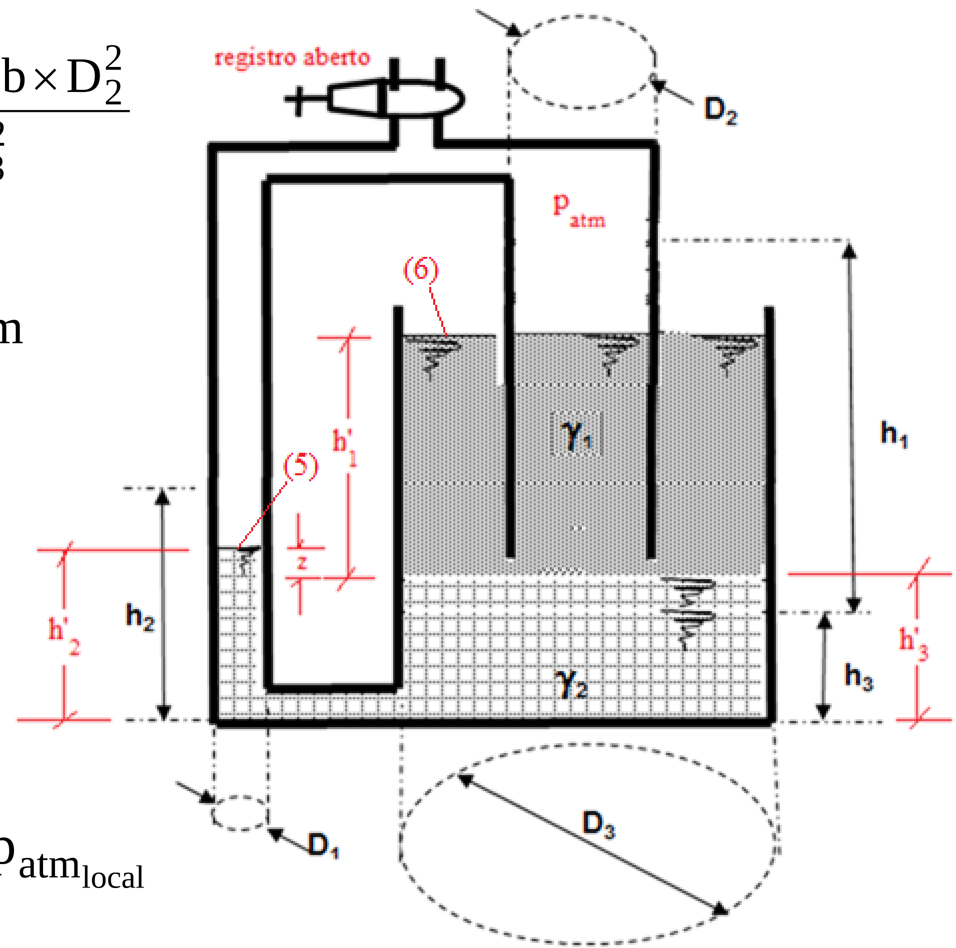
Igualando:

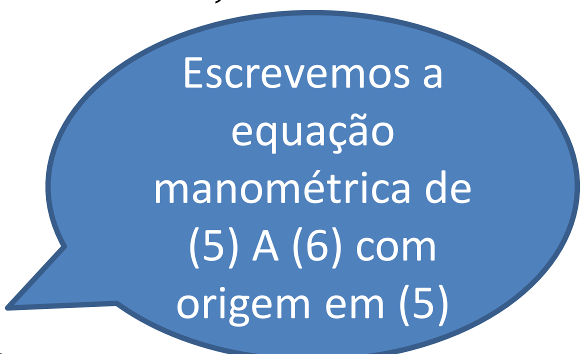


$$a \times \frac{\pi \times D_3^2}{4} + b \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} = h_1^{'} \times \frac{\pi \times D_3^2}{4}$$

$$h_1^{'} = \frac{a \times \frac{\pi \times D_3^2}{4} + b \times \frac{\pi \times D_2^2}{4}}{\frac{\pi \times D_3^2}{4}} = \frac{a \times D_3^2 + b \times D_2^2}{D_3^2}$$

$$h_1^{'} = \frac{6{,}67 \times 0{,}28^2 + 2{,}33 \times 0{,}20^2}{0{,}28^2} \cong 7{,}86\text{m}$$





$$p_{atm_{local}} + z \times \gamma_2 - h_1^{'} \times \gamma_1 = p_{atm_{local}}$$

$$z = \frac{h_1^{'} \times \gamma_1}{\gamma_2} = \frac{7{,}86 \times 15000}{45000} \cong 2{,}62\text{m}$$

$$\left(h_2 - h_2^{'}\right)\times\frac{\pi\times D_1^2}{4} = \left(h_3^{'} - h_3\right)\times\frac{\pi\times D_3^2}{4}$$

$$\left(h_2 - h_2^{'}\right)\times D_1^2 = \left(h_3^{'} - h_3\right)\times D_3^2$$

$$h_2^{'} - h_3^{'} = z$$

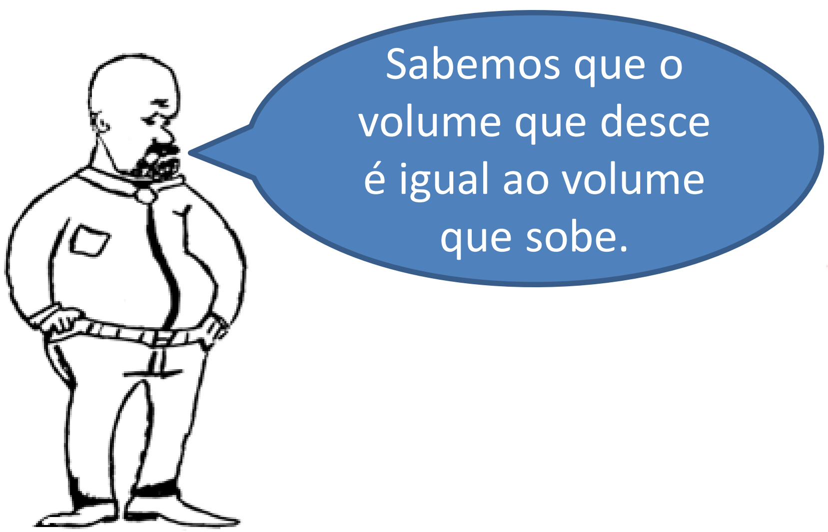
$$h_2^{'} = z + h_3^{'}$$

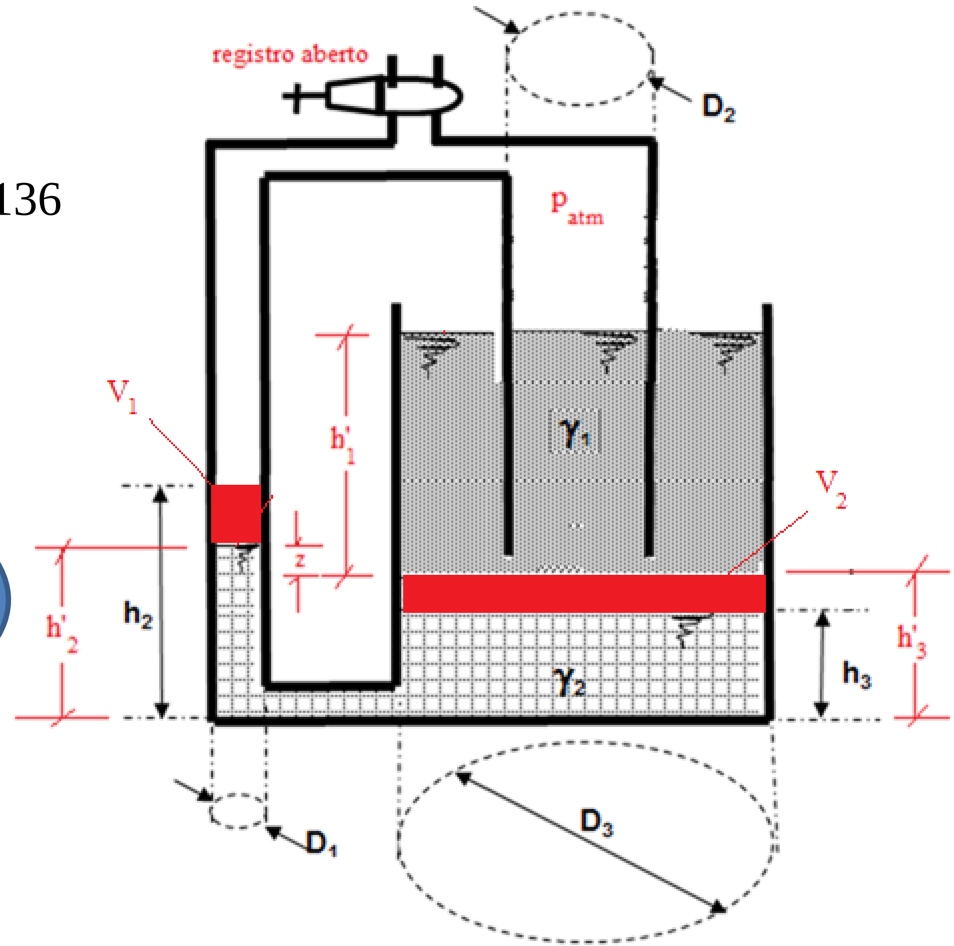
$$\left(7 - 2{,}62 - h_3^{'}\right)\times 0{,}16^2 = \left(h_3^{'} - 4\right)\times 0{,}28^2$$

$$0{,}112128 - 0{,}16^2\times h_3^{'} = 0{,}28^2\times h_3^{'} - 0{,}3136$$

$$h_3^{'} \cong 4{,}09\,m$$

$$h_2^{'} = 2{,}62 + 4{,}09 = 6{,}71\,m$$



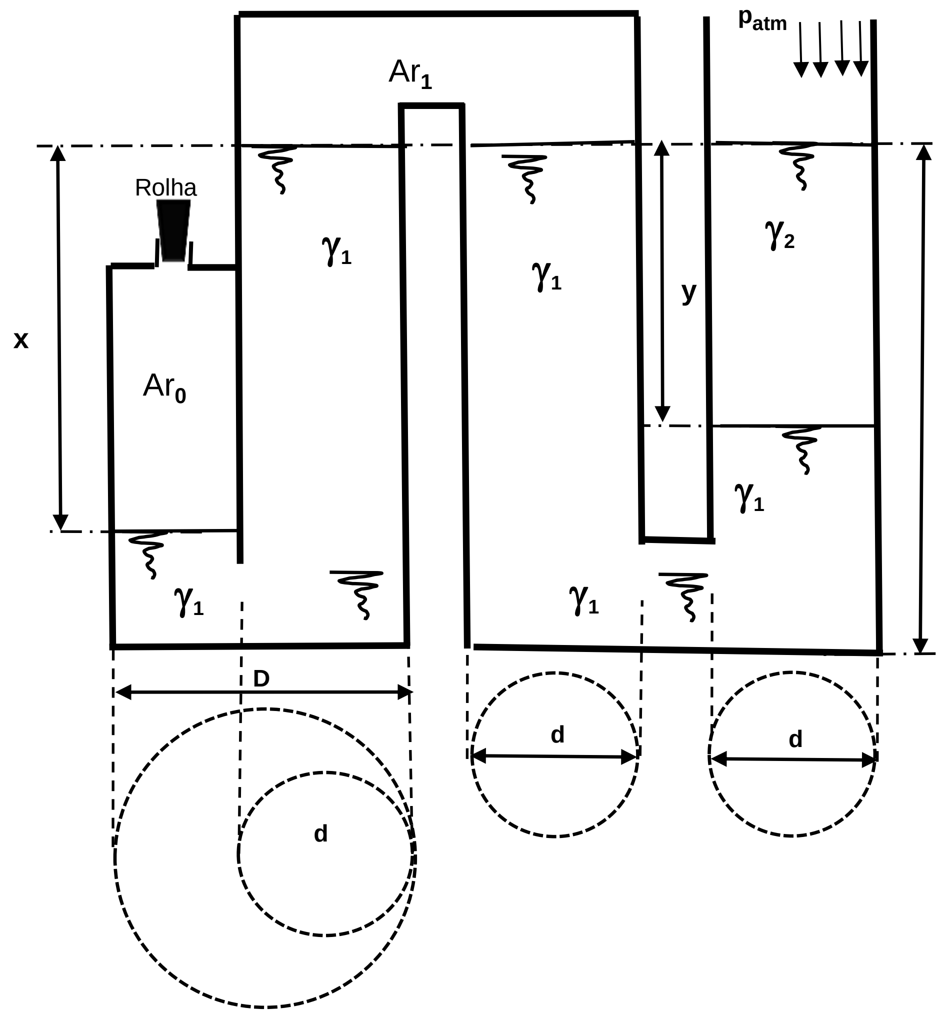



Vamos fazer mais um.

Na figura os diâmetros são respectivamente : D = 75 cm e d = 50 cm.
As cotas : x = 2 m; y = 1,4 m e z = 2,5 m. Os fluidos são de pesos específicos γ_1 = 10 N/L e γ_2 = 20 N/L. Sendo a pressão atmosférica local igual a100KPa.

Pede-se:

a) A pressão do Ar_1 em KPa abs;
b) A pressão do Ar_0 em KPa;
c) Qual será a nova cota z, se ao retirar a rolha, ocorre uma variação na pressão do Ar_1 de 4 KPa ?




Vamos resolver o exercício anterior **sem pensar como engenheiros**.

a)

$$p_{ar_1} + y \times \gamma_1 - y \times \gamma_2 = p_{atm_{local}}$$

Na escala efetiva:

$$p_{ar_1} + 1{,}4 \times 10000 - 1{,}4 \times 20000 = 0$$

$$p_{ar_{1abs}} = p_{ar_1} + p_{atm_{local}} = 14 + 100 = 114\text{kPa}$$

b)

$$p_{ar_1} + x \times \gamma_1 = p_{ar_0}$$

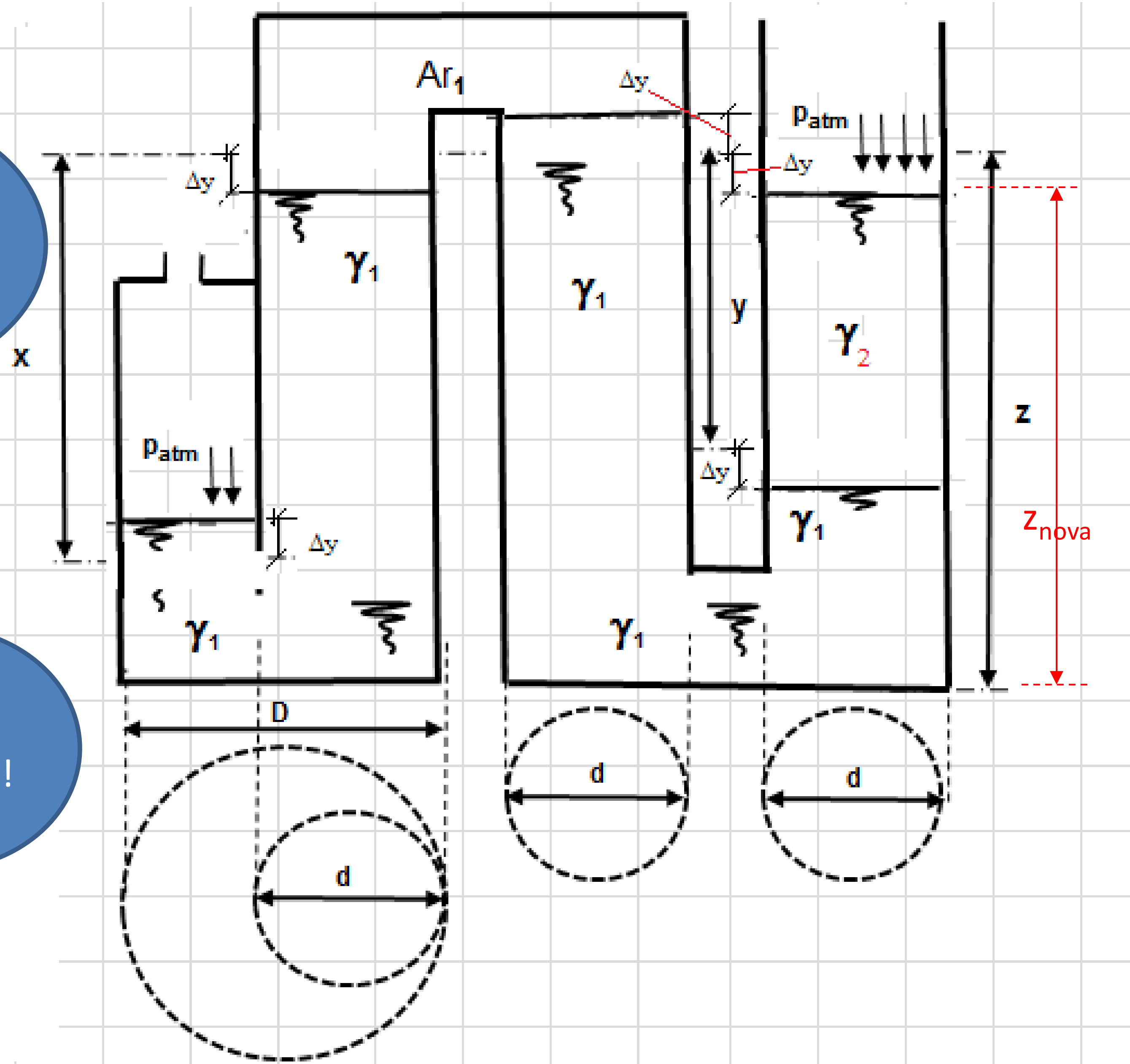
Na escala efetiva:

$$14000 + 2 \times 10000 = p_{ar_0}$$

$$p_{ar_0} = 34000\text{Pa} = 34\text{kPa}$$

c)

Retirando a rolha temos a situação descrita pela figura:



O Δp é negativo!

Pela equação manométrica, temos:

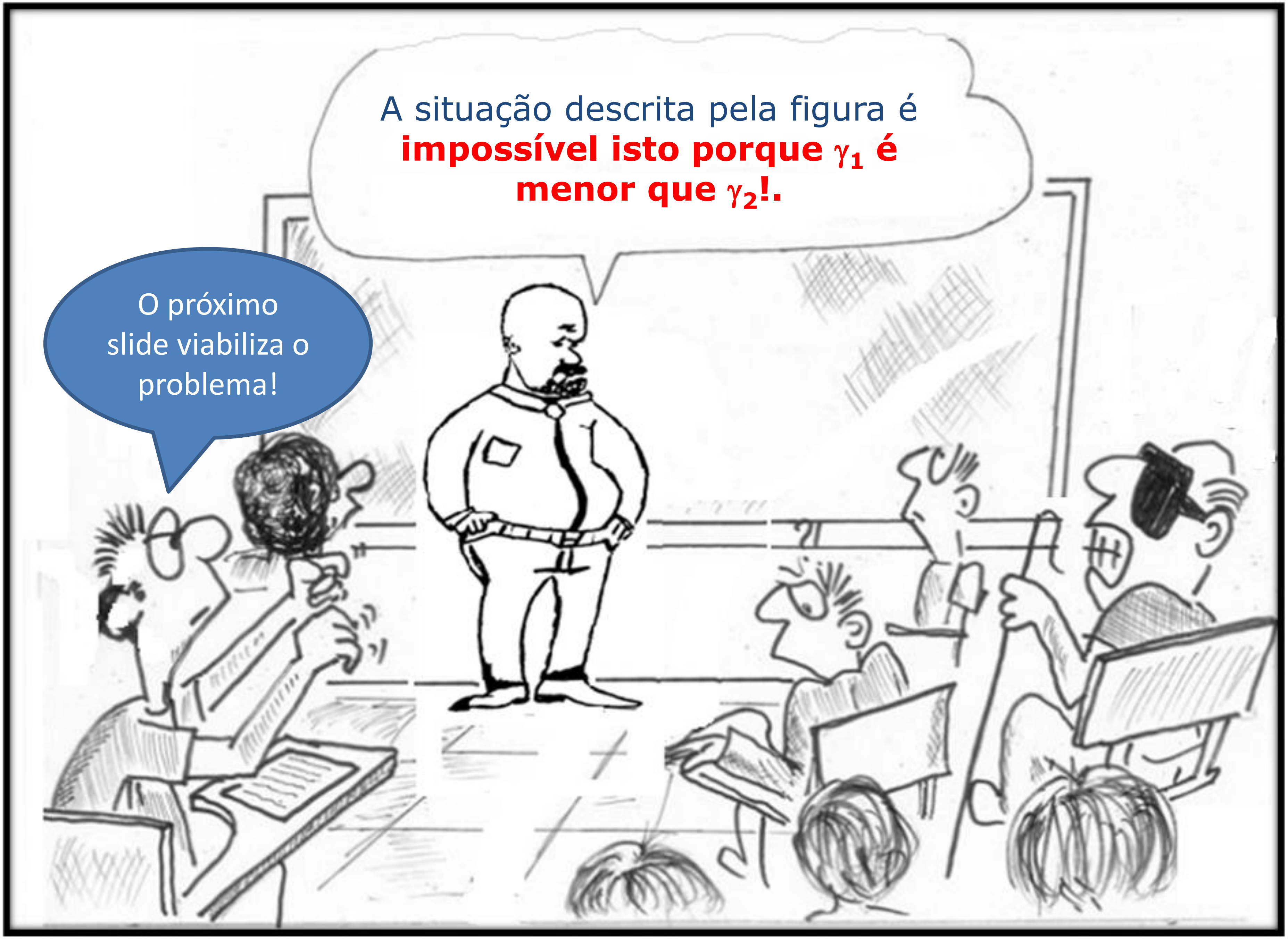
$$-\Delta p + 2 \times \Delta y \times \gamma_1 = 0$$

$$-4000 + 2 \times \Delta y \times 10000 = 0$$

$$\Delta y = \frac{4000}{20000} = 0{,}2\text{m}$$

$$\therefore z_{nova} = z - \Delta y = 2{,}5 - 0{,}2 = 2{,}3\text{m}$$

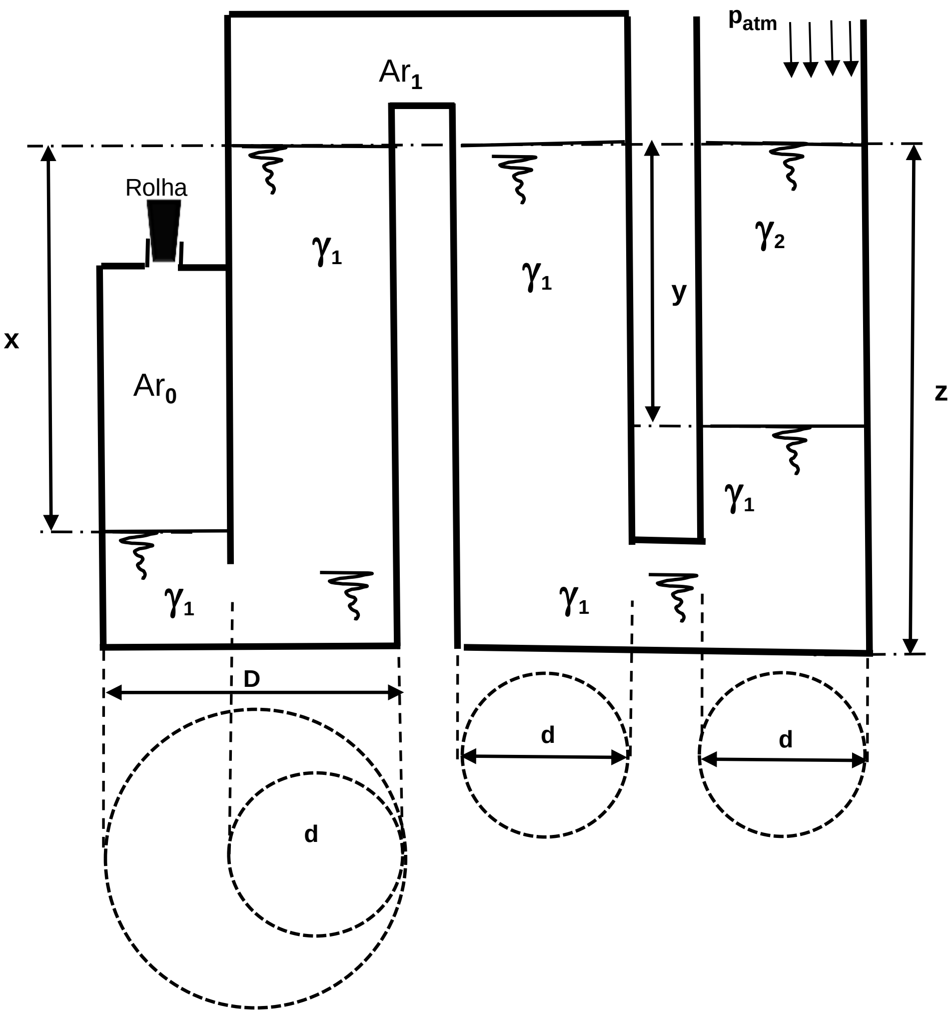

Vamos resolver o exercício agora
pensando como engenheiros.


A situação descrita pela figura é **impossível isto porque γ_1 é menor que γ_2!.**
O próximo slide viabiliza o problema!

Na figura os diâmetros são respectivamente : D = 75 cm e d = 50 cm.
As cotas : x = 2 m; y = 1,4 m e z = 2,5 m. **Os fluidos são de pesos específicos γ_1 = 20 N/L e γ_2 = 10 N/L**. Sendo a pressão atmosférica local igual a100KPa.

Pede-se:

a) A pressão do Ar_1 em KPa abs;
b) A pressão do Ar_0 em KPa;
c) Qual será a nova cota z, se ao retirar a rolha, ocorre uma variação na pressão do Ar_1 de 4 KPa ?




Continuando **sem pensar como engenheiros,** vamos aplicar a equação manométrica de (1) (2) com origem em (1):

a)

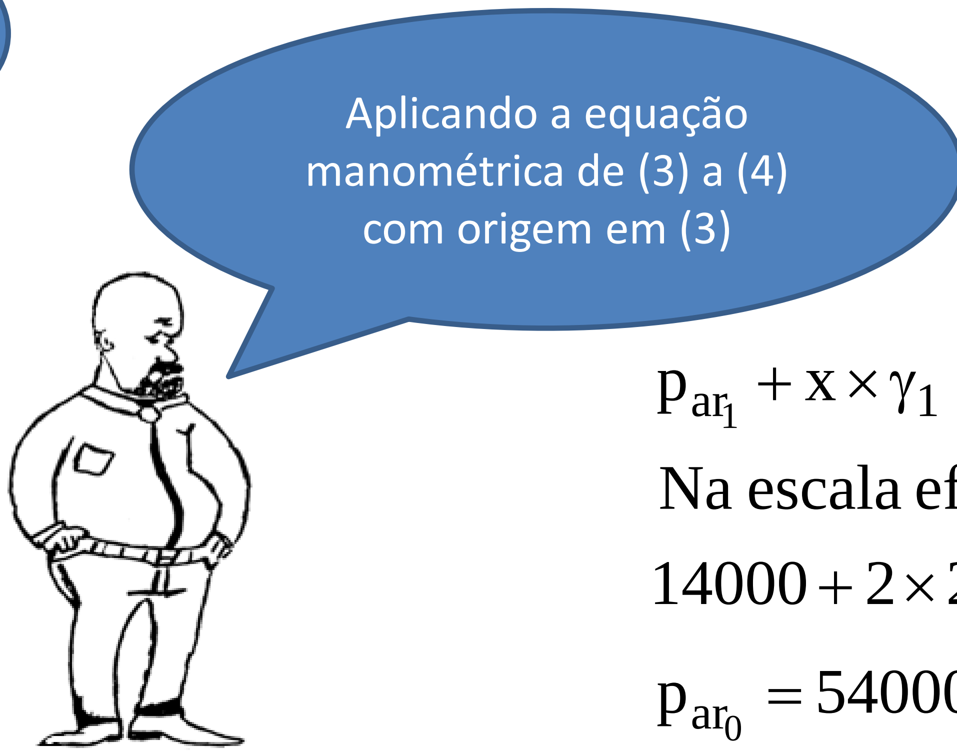
$$p_{ar_1} + y \times \gamma_1 - y \times \gamma_2 = p_{atm_{local}}$$

Na escala efetiva:

$$p_{ar_1} + 1{,}4 \times 20000 - 1{,}4 \times 10000 = 0$$

$$p_{ar_{1abs}} = p_{ar_1} + p_{atm_{local}} = -14 + 100 = 86\text{kPa}$$

b)



$$p_{ar_1} + x \times \gamma_1 = p_{ar_0}$$

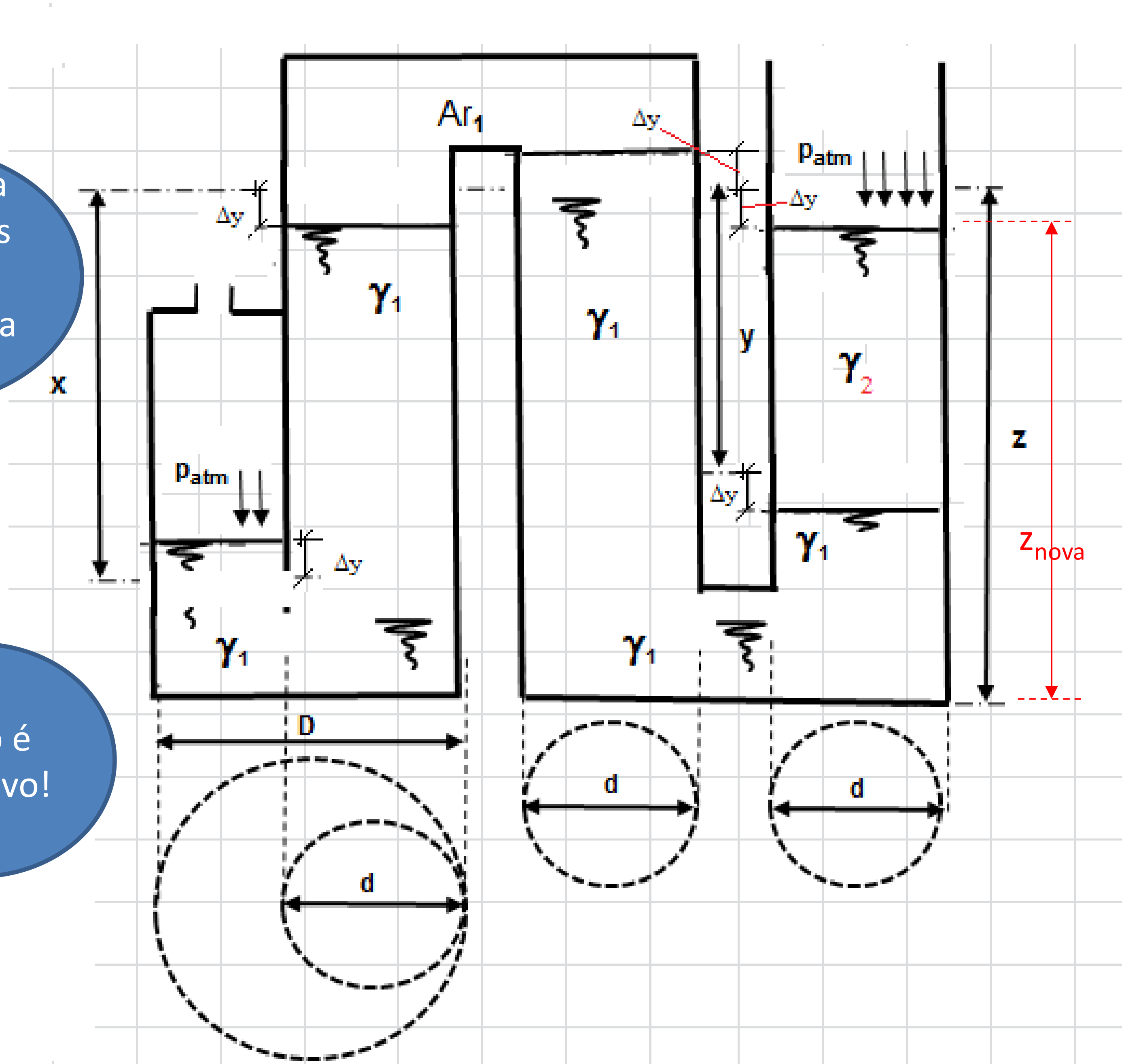
Na escala efetiva:

$$14000 + 2 \times 20000 = p_{ar_0}$$

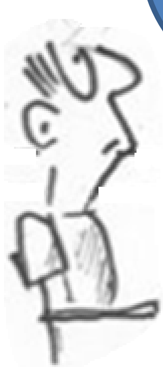
$$p_{ar_0} = 54000\text{Pa} = 54\text{kPa}$$

c)

Retirando a rolha temos a situação descrita pela figura:



O Δp é negativo!



Pela equação manométrica, temos:

$$- \Delta p + 2 \times \Delta y \times \gamma_1 = 0$$

$$- 4000 + 2 \times \Delta y \times 20000 = 0$$

$$\Delta y = \frac{4000}{40000} = 0{,}1\text{m}$$

$$\therefore z_{nova} = z - \Delta y = 2{,}5 - 0{,}1 = 2{,}4\text{m}$$