Física [na pandemia]
Aula 08

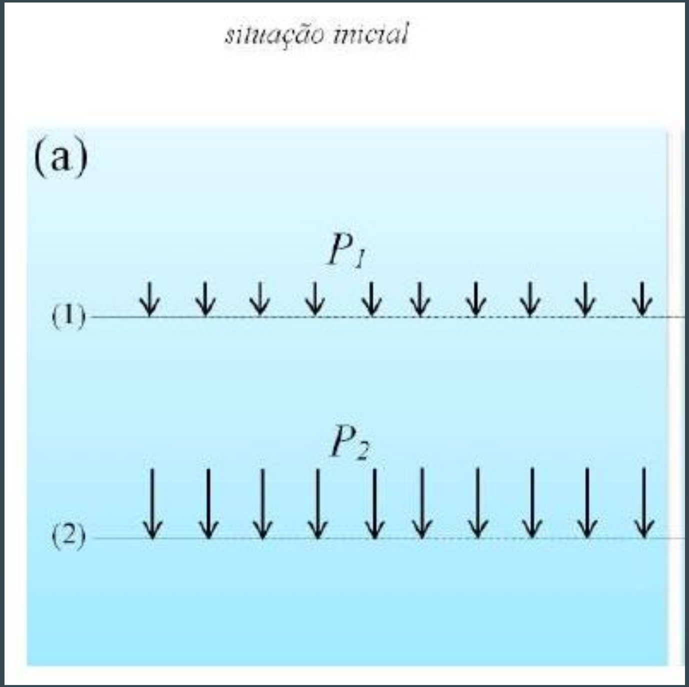
Prof. Dr. José Rafael Bordin
Departamento de Física
UFPel

Sumário

→ Princípio de Pascal

→ Princípio de Arquimedes

Princípio de Pascal



Como vimos na aula passada, a pressão no ponto (2) é

$$(P_2 = P_1 + \rho \cdot h \cdot g)$$

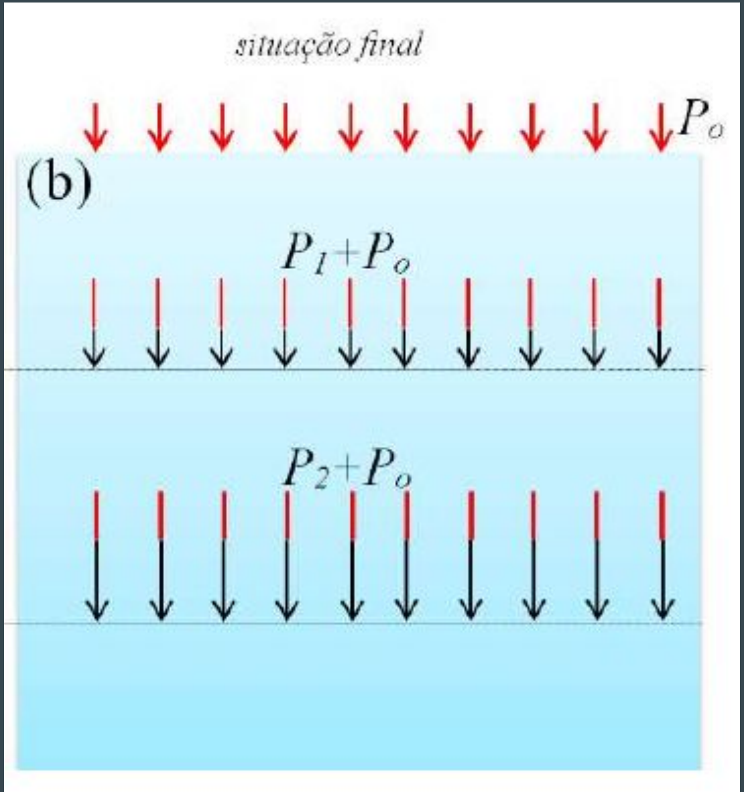
tal que se aplicarmos uma variação de em ambos os lados da igualdade,

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 + \Delta\rho \cdot h \cdot g$$

Contudo, se o fluido é incompressível a densidade não pode variar, logo

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 .$$

Princípio de Pascal



Em outras palavras, uma variação de pressão se propaga por um fluido incompressível - como no caso ao lado:

$$\Delta P_1 = \underbrace{(P_o + P_1)}_{final} - \underbrace{P_1}_{inicial} = P_o$$

$$\Delta P_2 = \underbrace{(P_o + P_2)}_{final} - \underbrace{P_2}_{inicial} = P_o$$

onde a variação se propagou - e é independente de h.

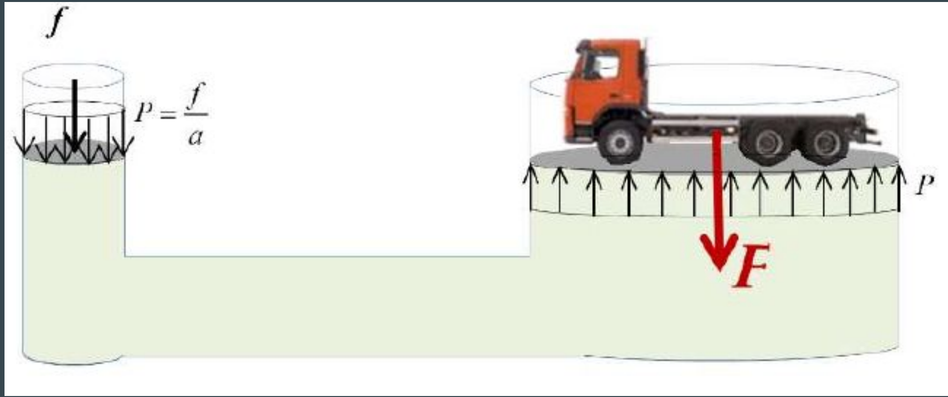
Princípio de Pascal

→ Podemos usar isto para construir aplicações práticas - como o macaco hidráulico.

→ Sabemos que a força que fazemos para levantar um veículo com o macaco é muito menor do que se fôssemos elevar o veículo “na unha”.

→ Pra isso, basta usar o Princípio de Pascal e o fato que

$$P = \frac{F}{A}$$

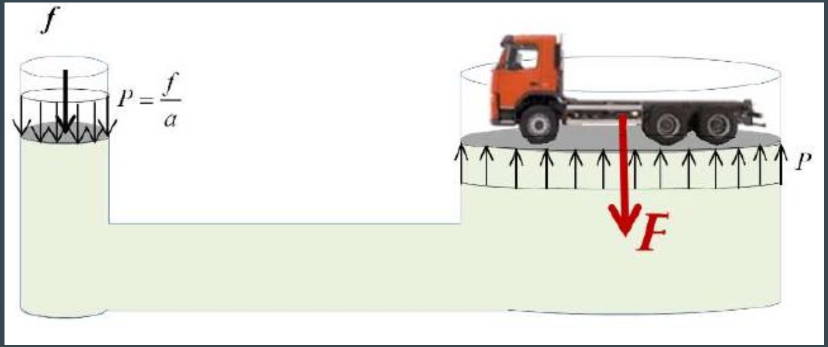


Princípio de Pascal

→ No lado direito da imagem temos um caminhão de peso F sobre uma plataforma de área A que faz uma pressão P sobre um fluido

→ Do outro lado, temos uma plataforma menor, de área *a*. Como P deve ser a mesma, a força f sobre a plataforma menor deve ser menor também, logo

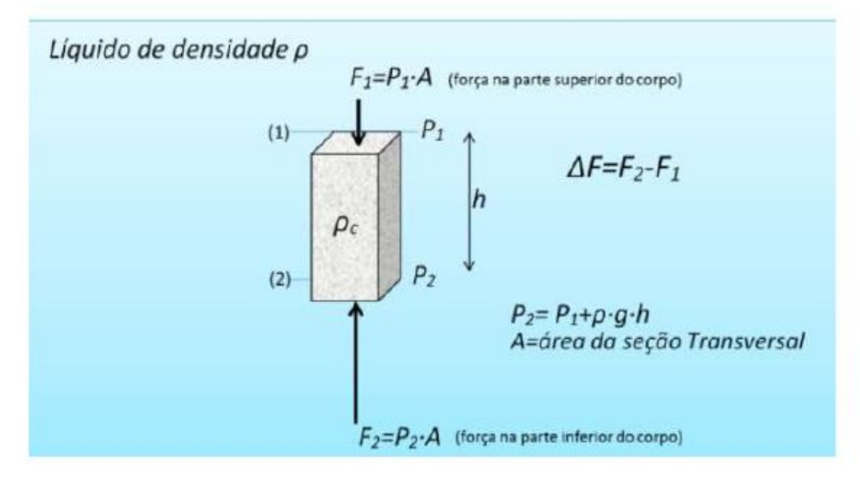
$$\Rightarrow \boxed{\frac{f}{a} = \frac{F}{A}} \text{ ou } \boxed{f = \frac{a}{A}F}.$$



Princípio de Arquimedes

→ Considere um corpo de densidade ρ_c submerso em um fluido de densidade ρ

→ Entre o topo e a base do corpo existe uma diferença de altura h, o que gera uma diferença de pressão e, consequentemente, uma força que chamaremos de Empuxo (**E**)

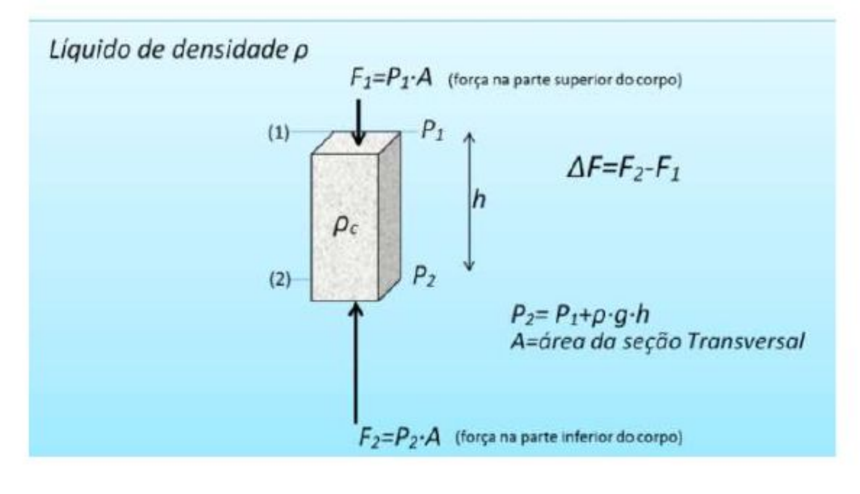


$$E = \Delta F = F_2 - F_1 = P_2 \cdot A - P_1 \cdot A = (P_2 - P_1) \cdot A$$

Princípio de Arquimedes

→ Mas sabemos que $(P_2 - P_1) = \rho \cdot g \cdot h$. Logo

$$E = \rho \cdot g \cdot \underbrace{h \cdot A}_{V} = \underbrace{\rho \cdot V}_{m} \cdot g \overset{ou}{=} m \cdot g$$



ou seja, o Empuxo é igual ao peso de fluido deslocado pelo corpo!

$$\boxed{E = \rho \cdot V_{sub} \cdot g \qquad (N)} \quad \text{(Força de Empuxo)}$$

$\rho =$ densidade do líquido (kg/m^3)

V_{sub} =volume submerso do corpo (m^3)

g=aceleração da gravidade ($g=10m/s^2$)

Princípio de Arquimedes

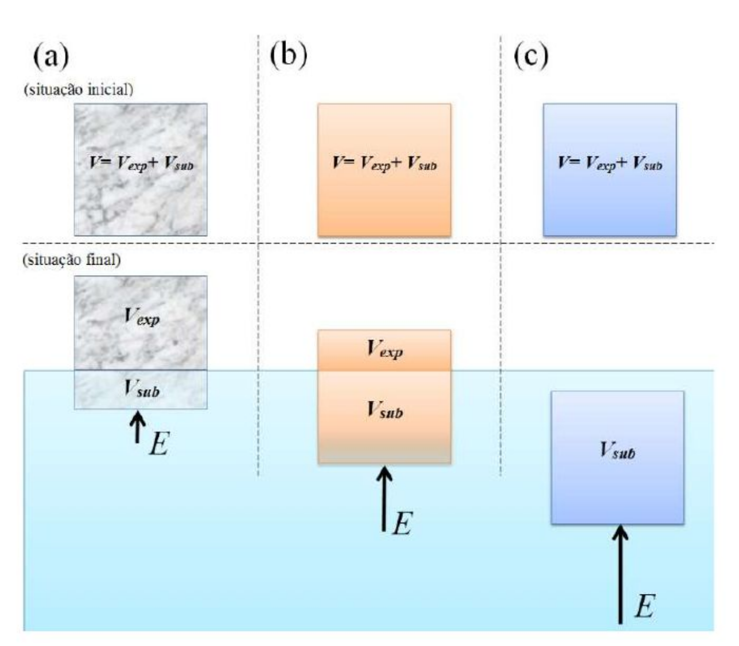
→ Nos casos (a) e (b) o corpo está flutuando na superfície do corpo - neste caso não possui aceleração e a força de Empuxo iguala o Peso do corpo, ou

$$\boldsymbol{E = P_c}$$

$$\rho V_{sub} \cancel{g} = \rho_c V_c \cancel{g}$$

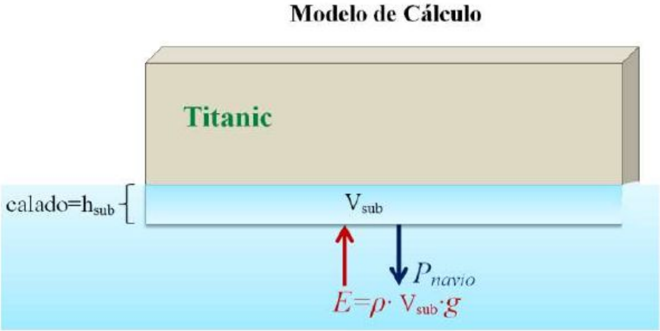
$$\boxed{\rho V_{sub} = \rho_c V_c}$$

→ Se $\rho V_{sub} < \rho_c V_c$, então o corpo afunda!



Exemplo

E.2) Um dos maiores navio de passeio do mundo possui: massa total carregado=220000toneladas; comprimento=360m; largura=47m; altura=65m(acima da linha d'água); motores=4 elétricos de 18MW (24480cv cada); velocidade máxima=40km/h. Agora, calcule a altura abaixo da linha d'água (h_{sub}), considerando a área da base do navio constante ao longo da altura (considere o navio como sendo uma *caixa*) e $\rho=1020kg/m^3$ (água salgada). Essa altura submersa é chamada de *Calado* do navio.



Exemplo

E.2) Um dos maiores navio de passeio do mundo possui: massa total carregado=220000toneladas; comprimento=360m; largura=47m; altura=65m(acima da linha d'água); motores=4 elétricos de 18MW (24480cv cada); velocidade máxima=40km/h. Agora, calcule a altura abaixo da linha d'água (h_{sub}), considerando a área da base do navio constante ao longo da altura (considere o navio como sendo uma *caixa*) e $\rho=1020kg/m^3$ (água salgada). Essa altura submersa é chamada de *Calado* do navio.

$$\rho\cdot V_{sub}\cdot \cancel{g} = m_{navio}\cdot \cancel{g}$$

$$V_{sub} = \frac{m_{navio}}{\rho} = \frac{220000000kg}{1020kg/m^3} = 215\ 686,3m^3$$

Exemplo

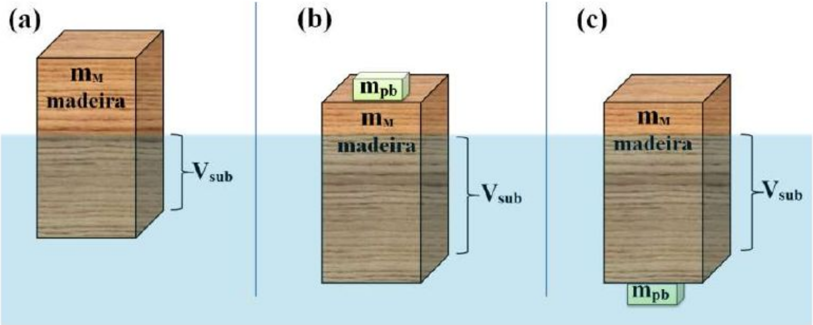
E.2) Um dos maiores navio de passeio do mundo possui: massa total carregado=220000toneladas; comprimento=360m; largura=47m; altura=65m(acima da linha d'água); motores=4 elétricos de 18MW (24480cv cada); velocidade máxima=40km/h. Agora, calcule a altura abaixo da linha d'água (h_{sub}), considerando a área da base do navio constante ao longo da altura (considere o navio como sendo uma *caixa*) e $\rho=1020kg/m^3$ (água salgada). Essa altura submersa é chamada de *Calado* do navio.

$$V_{sub} = h_{sub} \cdot A_{base} \Rightarrow h_{sub} = \frac{V_{sub}}{A_{base}} = \frac{215\,686.3m^3}{360m \cdot 47m} = \boxed{12,75m}$$

Exemplo

E.5) Um bloco de madeira tem massa de *3kg* e densidade $\rho_M = 600 kg/m^3$. Esse bloco é colocado em água doce.

a) Calcule a fração do volume do bloco de madeira que fica submersa e a fração que fica exposta, veja figura ao lado para os itens (a), (b) e (c).



Esse bloco de madeira deve ser carregado de chumbo $\rho_{pb} = 11400 kg/m^3$ para flutuar na água com <u>*80%* de seu volume submerso</u>.

b) Calcule massa de chumbo (*Pb*) necessária para ser colocada no topo do bloco de madeira.

c) Calcule a massa de chumbo que deve ser colocado na *base* do bloco de madeira.

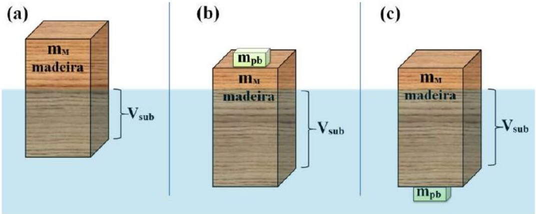
Solução:

Exemplo

(a)

E.5) Um bloco de madeira tem massa de *3kg* e densidade $\rho_M = 600kg/m^3$. Esse bloco é colocado em água doce.

a) Calcule a fração do volume do bloco de madeira que fica submersa e a fração que fica exposta, veja figura ao lado para os itens (a), (b) e (c).



Esse bloco de madeira deve ser carregado de chumbo $\rho_{pb} = 11400kg/m^3$ para flutuar na água com <u>80% de seu volume submerso</u>.

b) Calcule massa de chumbo (*Pb*) necessária para ser colocada no topo do bloco de madeira.

c) Calcule a massa de chumbo que deve ser colocado na *base* do bloco de madeira.

Solução:

$$+\uparrow \sum F_{ext} = E - P_M = 0$$

$$E = P_M \Rightarrow \underbrace{\rho \cdot V_{sub} \cdot g}_{E} = \underbrace{\overbrace{\rho_M \cdot V_M}^{m_M} \cdot g}_{P_g}$$

$$\frac{V_{sub}}{V_M} = \frac{\rho_M}{\rho} = \frac{600kg/m^3}{1000kg/m^3} = \boxed{0,6 = 60\%}$$

Exemplo

(b)

E.5) Um bloco de madeira tem massa de *3kg* e densidade $\rho_M = 600 kg/m^3$. Esse bloco é colocado em água doce.

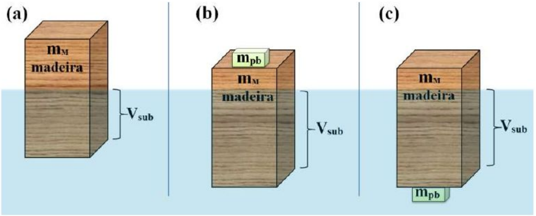
a) Calcule a fração do volume do bloco de madeira que fica submersa e a fração que fica exposta, veja figura ao lado para os itens (a), (b) e (c).

Esse bloco de madeira deve ser carregado de chumbo $\rho_{pb} = 11400 kg/m^3$ para flutuar na água com <u>*80%* de seu volume submerso</u>.

b) Calcule massa de chumbo (*Pb*) necessária para ser colocada no topo do bloco de madeira.

c) Calcule a massa de chumbo que deve ser colocado na *base* do bloco de madeira.

Solução:



$$+\uparrow \sum F_{ext(y)} = E - P_M - P_{pb} = 0$$

$$E = P_M + P_{pb} \Rightarrow \underbrace{\rho \cdot V_{sub} \cdot g}_{E} = \underbrace{m_M \cdot g}_{P_g} + \underbrace{m_{pb} \cdot g}_{P_{pb}}$$

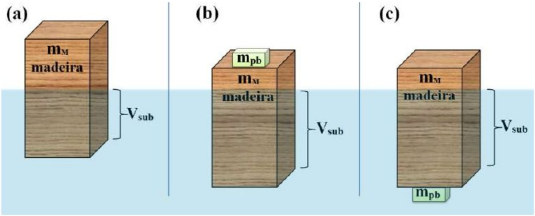
$$\underbrace{\rho \cdot V_{sub} \cdot g}_{E} = \underbrace{m_M \cdot g}_{P_g} + \underbrace{m_{pb} \cdot g}_{P_{pb}}$$

Exemplo

(b)

E.5) Um bloco de madeira tem massa de *3kg* e densidade $\rho_M = 600 kg/m^3$. Esse bloco é colocado em água doce.

a) Calcule a fração do volume do bloco de madeira que fica submersa e a fração que fica exposta, veja figura ao lado para os itens (a), (b) e (c).



Esse bloco de madeira deve ser carregado de chumbo $\rho_{pb} = 11400 kg/m^3$ para flutuar na água com 80% de seu volume submerso.

b) Calcule massa de chumbo (*Pb*) necessária para ser colocada no topo do bloco de madeira.

c) Calcule a massa de chumbo que deve ser colocado na *base* do bloco de madeira.

Solução:

$$+\uparrow \sum F_{ext(y)} = E - P_M - P_{pb} = 0$$

$$E = P_M + P_{pb} \Rightarrow \underbrace{\rho \cdot V_{sub} \cdot g}_{E} = \underbrace{m_M \cdot g}_{P_g} + \underbrace{m_{pb} \cdot g}_{P_{pb}}$$

$$\underbrace{\rho \cdot V_{sub} \cdot g}_{E} = \underbrace{m_M \cdot g}_{P_g} + \underbrace{m_{pb} \cdot g}_{P_{pb}}$$

Exemplo

(b)

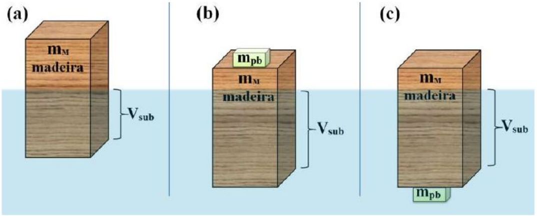
E.5) Um bloco de madeira tem massa de *3kg* e densidade $\rho_M = 600kg/m^3$. Esse bloco é colocado em água doce.

a) Calcule a fração do volume do bloco de madeira que fica submersa e a fração que fica exposta, veja figura ao lado para os itens (a), (b) e (c).

Esse bloco de madeira deve ser carregado de chumbo $\rho_{pb} = 11400kg/m^3$ para flutuar na água com 80% de seu volume submerso.

b) Calcule massa de chumbo (*Pb*) necessária para ser colocada no topo do bloco de madeira.

c) Calcule a massa de chumbo que deve ser colocado na *base* do bloco de madeira.



Solução:

$$\underbrace{\rho \cdot V_{sub} \cdot g}_{E} = \underbrace{m_M \cdot g}_{P_g} + \underbrace{m_{pb} \cdot g}_{P_{pb}}$$

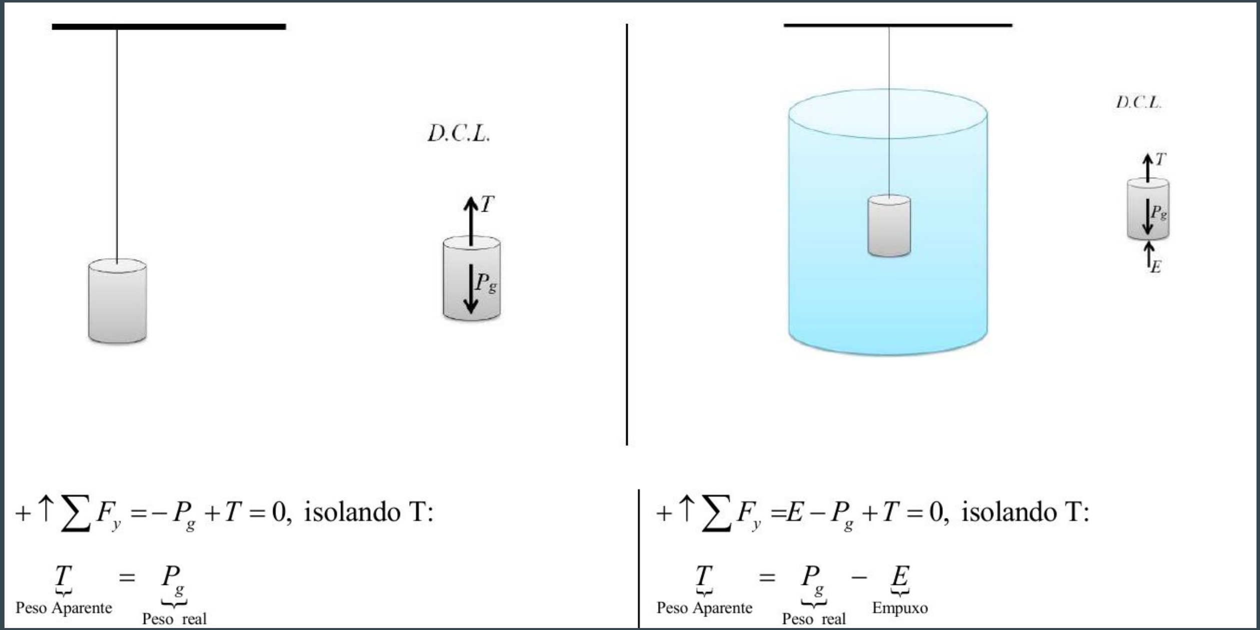
$$m_{pb} = \rho \cdot V_{sub} - m_M$$

$$m_{pb} = \rho \cdot \left(\underbrace{0{,}8 \cdot V_M}_{V_{sub}} \right) - m_M$$

$$m_{pb} = 1000kg/m^3 \cdot \left(0{,}8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} m^3\right) - 3kg = \boxed{1kg}$$

Peso Aparente

→ Corpos submersos são empurrados para cima pelo Empuxo, “diminuindo” o Peso



Peso Aparente

→ Corpos submersos são empurrados para cima pelo Empuxo, “diminuindo” o Peso

$$\boxed{\underbrace{P_{ap}}_{\text{Peso Aparente}} = \underbrace{P_g}_{\text{Peso real}} - \underbrace{E}_{\text{Empuxo}}}$$