Física II-A

Prof. Rodrigo B. Capaz

Instituto de Física

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Informações Gerais

Turmas: IF1 + FM1 + OV1 + NTA1 + IGM1

Horário: 4as. e 6as. 10-12h

Sala: A-327

Professor: Rodrigo Capaz (capaz@if.ufrj.br), Sala A-432,

Telefone: 2562-7331

Monitoria: Diversos horários (ver homepage)

Homepage: http://omnis.if.ufrj.br/~joras/disciplinas/12.1/fit122/

Provas: P1 – 20/04, P2 – 06/06, PF – 20/06, 2a. Chamada – 27/06

Questões discursivas e objetivas

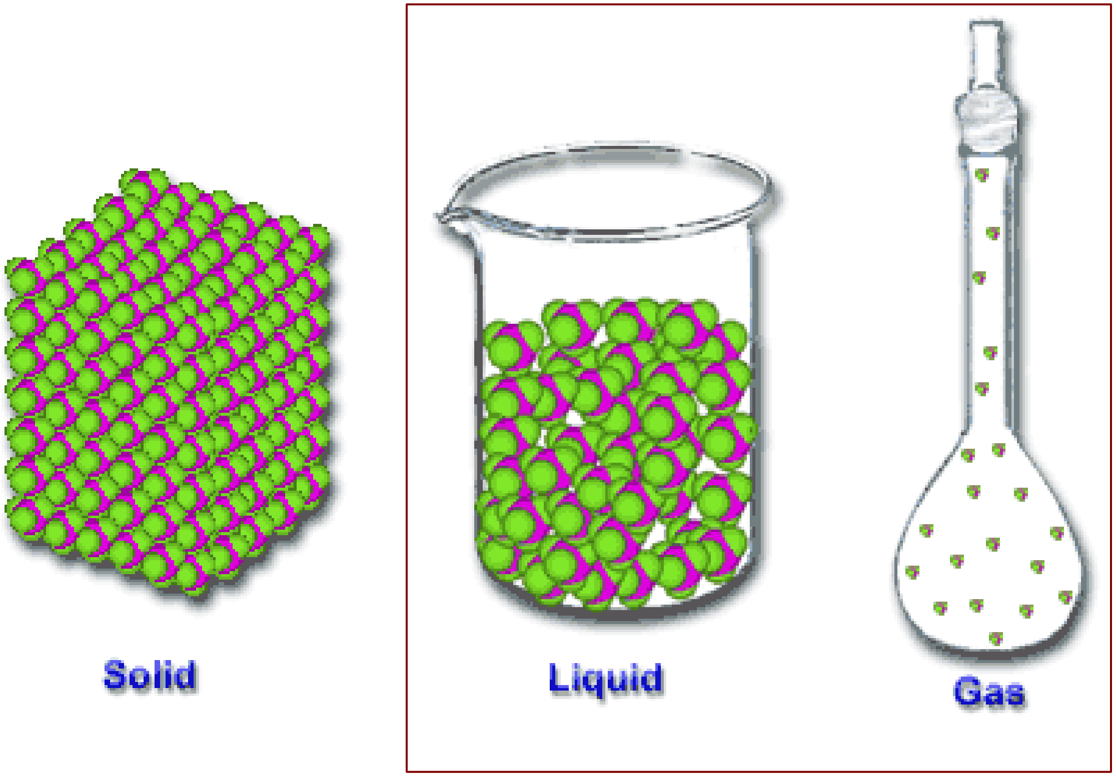
Livro-Texto: *Física 2 – Resnick, Halliday, Krane, 5a. Edição – LTC*

Presença obrigatória: *75%*

Mês	2ª-feira		3ª-feira		4ª-feira		5ª-feira		6ª-feira	
Março/2012	-		-		-		01		02	-
	05		06		07	Fluidos	08		09	Fluidos
	12		13		14	Fluidos	15		16	Oscilações
	19		20		21	Oscilações	22		23	Oscilações
	26		27		28	Oscilações	29		30	Ondas
Abril/2012	02		03		04	Ondas	05		06	Sexta-Feira Santa
	09		10		11	Som	12		13	Som
	16		17		18	Som	19		20	PROVA 1
	23	SÃO JORGE	24		25	Temperatura	26		27	Calor
	30		-		-		-		-	
Maio/2012	-		01	DIA DO TRABALHO	02	Calor	03		04	Calor
	07		08		09	Gases	10		11	Gases
	14		15		16	Gases	17		18	2ª Lei da Termodinâmica
	21		22		23	2ª Lei da Termodinâmica	24		25	2ª Lei da Termodinâmica
	28		29		30	2ª Lei da Termodinâmica	31		-	2ª Lei da Termodinâmica
Junho/2012					-		-		01	2ª Lei da Termodinâmica
	04		05		06	PROVA 2	07	CORPUS CHRISTI	08	RECESSO
	11		12		13		14		15	
	18		19		20	PROVA FINAL	21		22	
	25		26		27	2ª CHAMADA	28		29	

Capítulo 15 – Estática dos Fluidos

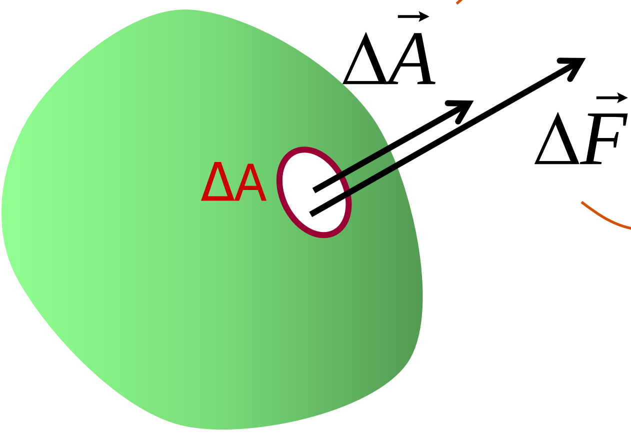
15.1 – Fluidos e sólidos



Fluidos ("substâncias que fluem")

http://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter

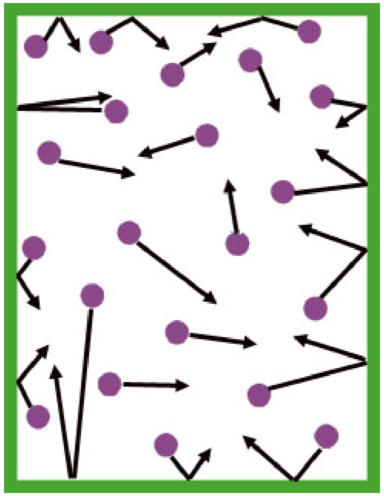
15.2 – Pressão e densidade (massa específica)



Vetor elemento de área: sentido definido para fora da superfície

Força média exercida pelo fluido: proporcional à área

$$\Delta\vec{F} = p\Delta\vec{A} \;\Rightarrow\; p = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$ pressão

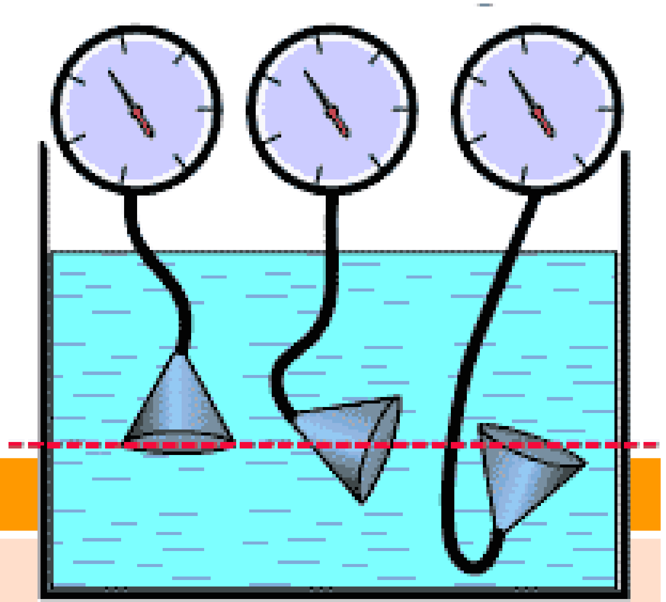


Origem microscópica da pressão: força média exercida pelas moléculas do fluido ao colidirem com as paredes de um recipiente

Unidades SI:
pascal (Pa). 1 Pa = 1 N/m^2
Outras unidades:
lb/pol^2 (psi)
atm = 1,01325 × 10^5 Pa
bar = 10^5 Pa
mm Hg = 133.3 Pa

Note que a pressão é uma grandeza escalar: não depende da direção do vetor elemento de área

Medidores de Pressão

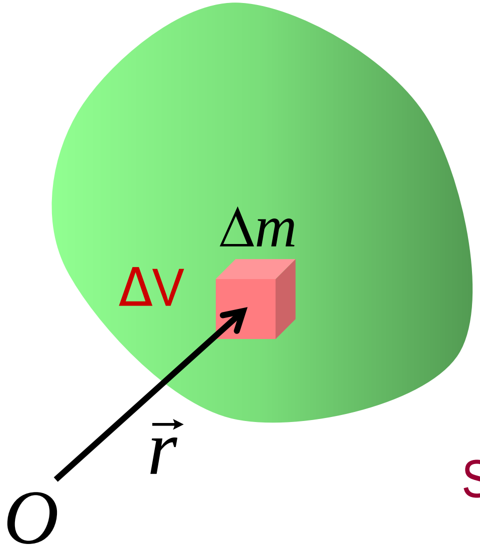


Ordens de Magnitude

10^{-17} Pa	Pressão no espaço intergaláctico
10^{-12} Pa	Menor pressão no obtida em laboratório
10^{-5} Pa	Pressão de radiação da luz solar na Terra; limiar da audição humana
10^{2} Pa	Limiar de dor da audição humana
10^{3} Pa	Variações típicas de pressão sangüínea
10^{5} Pa	Pressão atmosférica
10^{10} Pa	Pressão para transformar grafite em diamante
10^{11} Pa	Tensão de ruptura do grafeno; pressão no centro da Terra
10^{34} Pa	Pressão no interior de uma estrela de neutrons

Densidade

$$\rho(\vec{r}) = \lim_{\Delta V \to "0"} \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

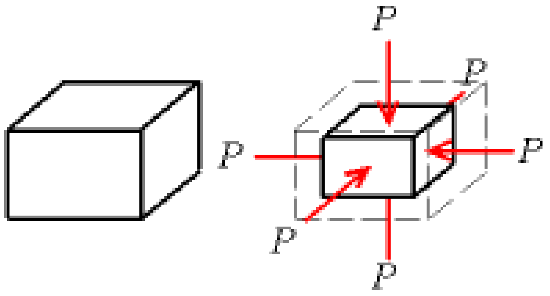


(infinitésimo físico: ΔV precisa ser suficientemente grande para que nele caibam muitas moléculas)

Se o objeto for homogêneo: $\rho = \dfrac{m}{V}$ (constante)

Com boa aproximação, esta condição geralmente ocorre para líquidos e sólidos, que têm compressibilidade baixa, mas certamente não para gases

Módulo de (in)compressibilidade (módulo de “bulk”):

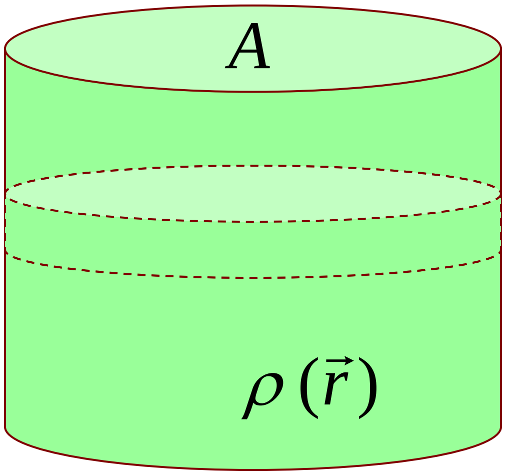


$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V}$$

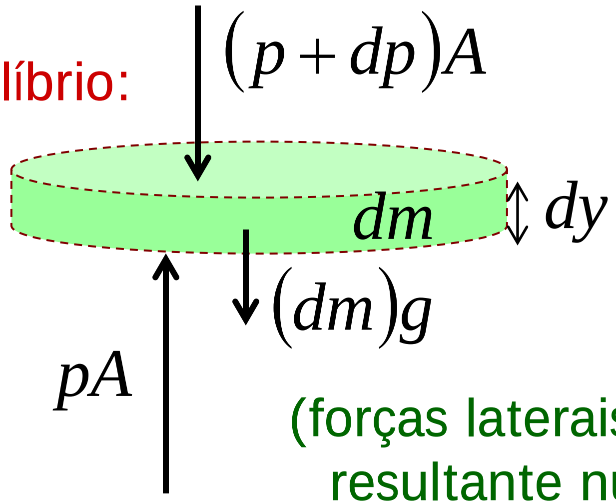
Mede a capacidade de um material de resistir a variações de volume para uma dada pressão aplicada

Material	B (Pa)
Ar (T constante)	$1,0\times10^{5}$
Água	$2,2\times10^{9}$
Diamante	$4,4\times10^{11}$

15.3 – Variação da pressão em um fluido em repouso no campo gravitacional



Equilíbrio:



(forças laterais têm resultante nula)

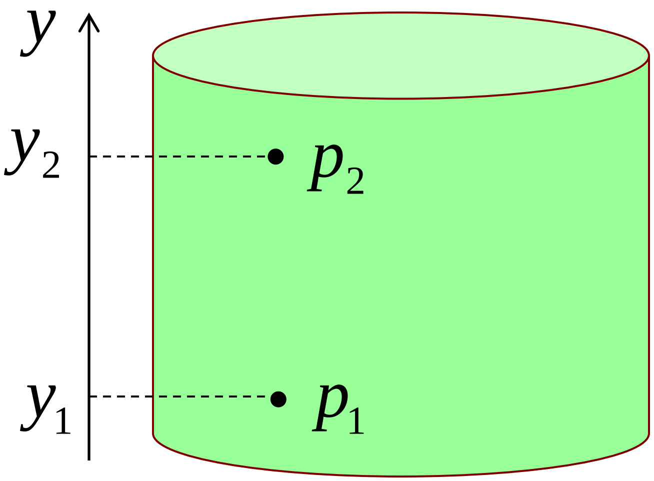
$$(p+dp)A+(dm)g = pA$$

$$(\cancel{p}+dp)A+\rho(y)Agdy = \cancel{p}A$$

(a densidade pode depender da profundidade)

$$dp=-\rho(y)gdy \quad \Rightarrow \boxed{\frac{dp}{dy}=-\rho(y)g}$$

Integrando entre dois pontos do fluido e supondo agora um fluido incompressível:



$$\frac{dp}{dy} = -\rho g \qquad dp = -\rho g dy$$

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = -\rho g \int_{y_1}^{y_2} dy \quad (\rho \text{ constante})$$

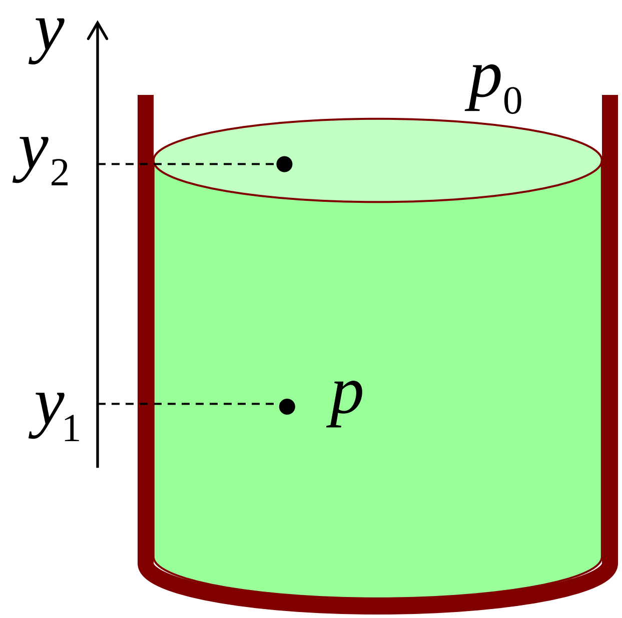
$$\boxed{p_2 - p_1 = -\rho g (y_2 - y_1)}$$

Exemplo: pressão a uma profundidade *h* em um líquido sujeito à pressão atmosférica

$$y_2 - y_1 = h$$

$$p_0 - p = -\rho g h$$

$$\boxed{p = p_0 + \rho g h}$$



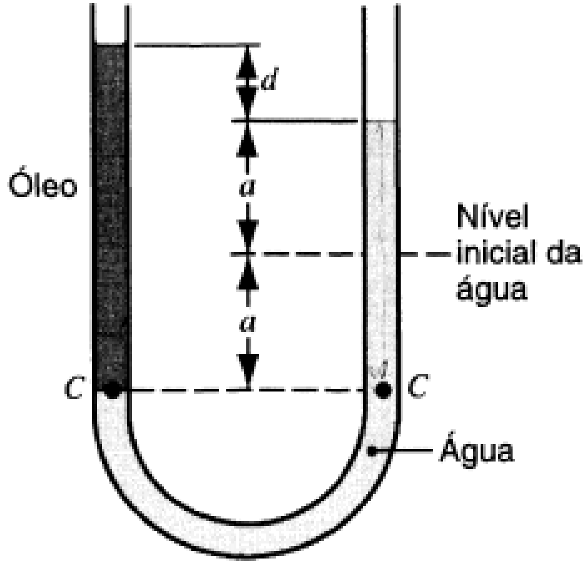
Note que $p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$ implica em que 2 pontos à mesma profundidade têm necessariamente a mesma pressão.

No entanto, podemos apenas usar este resultado se os dois pontos do fluido forem ligados por um caminho onde a densidade é **constante**

Contra-exemplo: Problema resolvido 15-1

Problema Resolvido 15.1.

Um tubo em forma de U, em que ambas as extremidades estão abertas para a atmosfera, é parcialmente preenchido com água. O óleo, que não se mistura com a água, é derramado em um dos ramos do tubo até que seu nível fique a uma distância $d = 12{,}3$ mm acima do nível da água no outro ramo. Considerando que a água subiu de uma distância $a = 67{,}5$ mm em relação ao seu nível original (Fig. 15.6), determine a massa específica do óleo.



Variação da pressão atmosférica com a altitude:

Para resolver este problema, temos que lembrar que o ar é um fluido compressível, ou seja, a densidade varia com a pressão

$$\frac{dp}{dy} = -\rho(y)g$$

Supondo que a temperatura do ar não varia apreciavelmente para pequenas altitudes, podemos usar a lei dos gases ideais:

$$pV = nRT \quad \Rightarrow p = \underbrace{\left(\frac{nm_{mol}}{V}\right)}_{\rho}\frac{RT}{m_{mol}} \quad \Rightarrow p \propto \rho$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

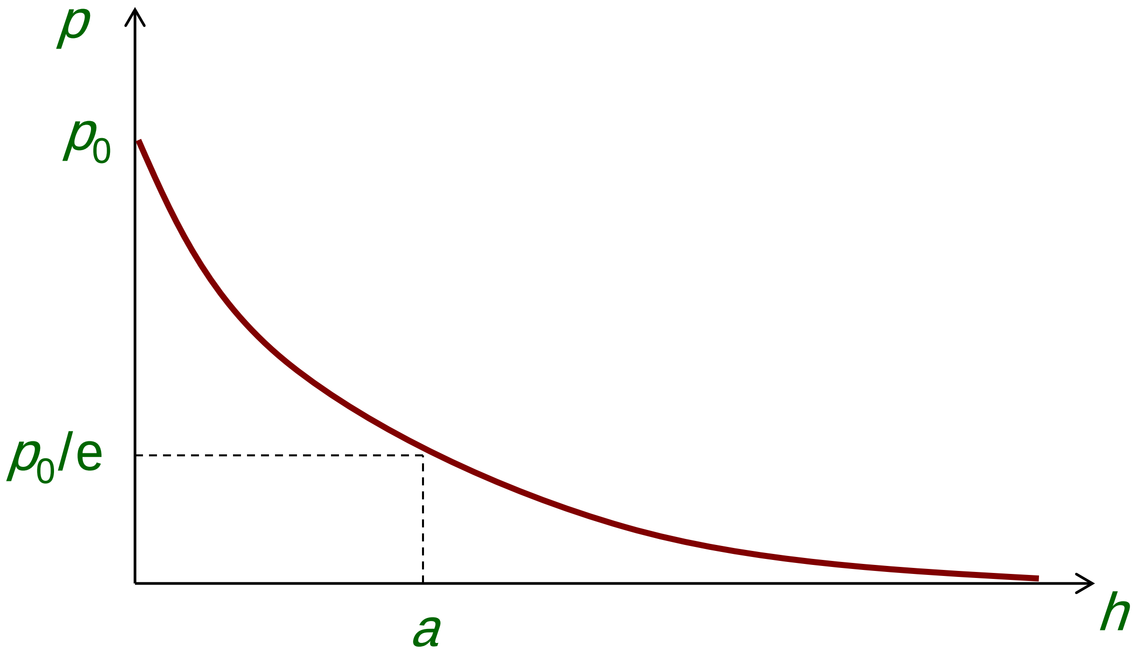
$$\frac{dp}{dy} = -\frac{p\rho_0}{p_0}g \quad \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{\rho_0 g}{p_0}dy \quad \Rightarrow \int_{p_0}^{p}\frac{dp'}{p'} = -\frac{\rho_0 g}{p_0}\int_0^h dy$$

$$\ln\frac{p}{p_0} = -\frac{\rho_0 g}{p_0} h \quad \Rightarrow p = p_0 e^{-h/a}, \qquad a = \frac{p_0}{g\rho_0}$$

Pressão decai exponencialmente com a altitude!

Usando $g = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$, $\rho_0 = 1{,}21\ \mathrm{kg/m^3}$ e $p_0 = 1{,}01\times 10^5$ Pa, temos:

$a = 8{,}55\ \mathrm{km}$



Halliday Problema 15-8: Pressão em um referencial acelerado

8. (a) Considere um recipiente com fluido sujeito a uma aceleração a vertical para cima. Mostre que a variação da pressão com a profundidade no fluido é expressa por

$$p = \rho h(g + a),$$

onde h é a profundidade e ρ é a massa específica. (b) Mostre também que, se o fluido como um todo sofre uma aceleração vertical a para baixo, a pressão a uma profundidade h é expressa por

$$p = \rho h(g - a).$$

(c) O que ocorre no caso de queda livre?

Halliday Problema 15-12: Líquido girante (Kit LADIF)

12. (*a*) Um fluido gira com velocidade angular constante ω em relação ao eixo vertical central de um reservatório cilíndrico. Mostre que a variação da pressão na direção radial é expressa por

$$\frac{dp}{dr} = \rho\omega^2 r.$$

(*b*) Faça $p = p_c$ no eixo de rotação ($r = 0$) e mostre que a pressão p em um ponto qualquer a uma distância r vale

$$p = p_c + \tfrac{1}{2}\rho\omega^2 r^2.$$

(*c*) Mostre que a superfície do líquido possui a forma de um parabolóide de revolução (Fig. 15.26); isto é, uma seção transversal vertical da superfície pode ser representada pela curva $y = \omega^2 r^2/2g$. (*d*) Mostre que a variação da pressão com a profundidade é $p = \rho g h$.

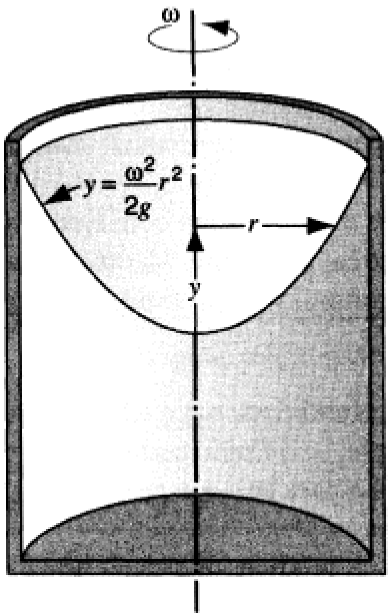
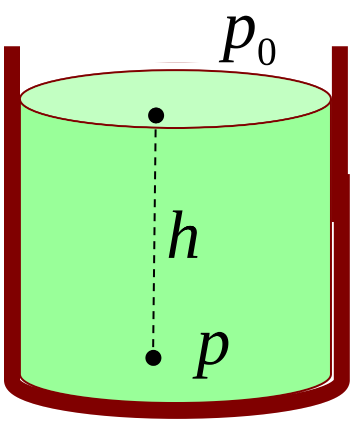


Fig. 15.26 Problema 12.

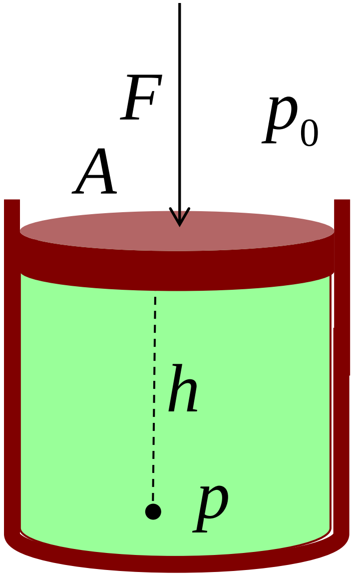
15.4 – Princípios de Pascal e de Arquimedes

Blaise Pascal (1623-1662)

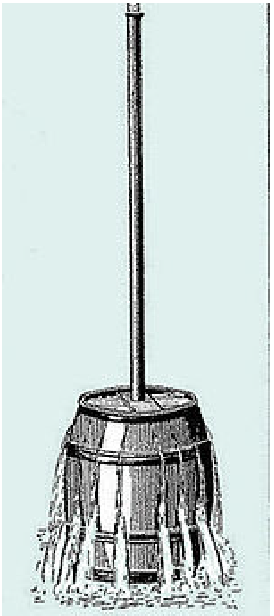
Princípio de Pascal (1652): "A pressão aplicada a um fluido enclausurado é transmitida sem atenuação a cada parte do fluido e para as paredes do reservatório que o contém"



$$p = p_0 + \rho g h$$

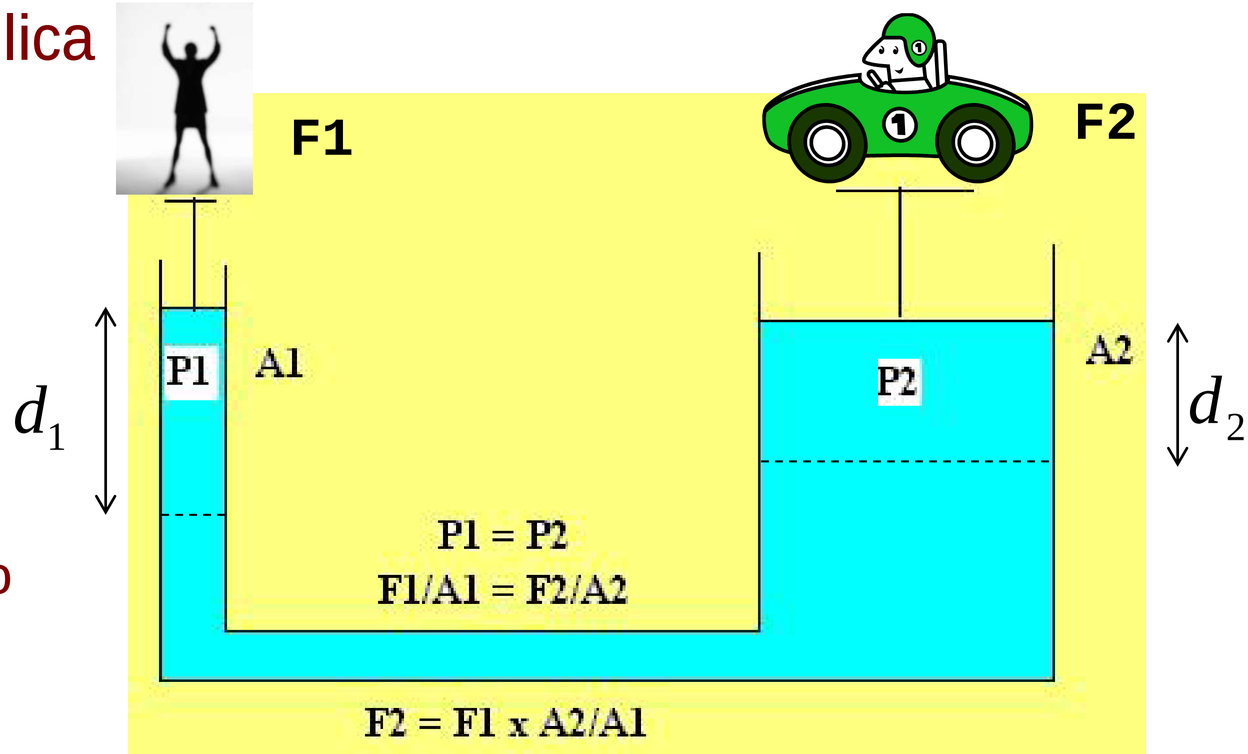


$$p = p_0 + \rho g h + \frac{F}{A}$$



Experimento do barril (1646)

Alavanca hidráulica



Viola a conservação da energia? Não!

Trabalho realizado pela pessoa sobre o fluido: $W_1 = F_1 d_1 = P_1 A_1 d_1$

Trabalho realizado pelo fluido sobre o carro: $W_2 = F_2 d_2 = P_2 A_2 d_2$

Volume de fluido deslocado se conserva: $A_1 d_1 = A_2 d_2 \quad \Rightarrow W_1 = W_2$

Kit LADIF 1I-08 (seringa)

Halliday Problema 15-3: Represa

3. A água possui uma profundidade D atrás da face vertical a montante de uma barragem, conforme mostrado na Fig. 15.23. Seja L a largura da barragem. (*a*) Determine a força horizontal resultante exercida sobre a barragem pela pressão manométrica da água; e (*b*) o momento resultante devido à pressão manométrica exercida pela água, em relação a uma linha paralela à largura da barragem e que passa pelo ponto O. (*c*) Onde se situa a linha de ação da força resultante equivalente?

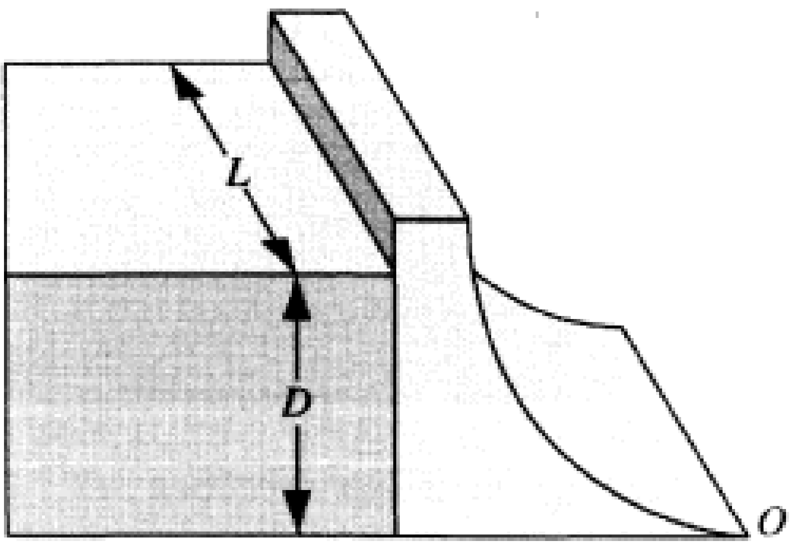


Fig. 15.23 Problema 3.

Discussão: paradoxo hidrostático

Coloca-se água a um mesmo nível em todos os recipientes mostrados na Fig. 15.17. As áreas das bases são idênticas para todos os recipientes. Se a pressão nas partes inferiores de todos os recipientes são idênticas, a força suportada pela base de cada recipiente é a mesma. Por que, então, os três recipientes possuem diferentes pesos quando colocados sobre uma balança? Este resultado aparentemente contraditório é normalmente conhecido como o *paradoxo hidrostático*.

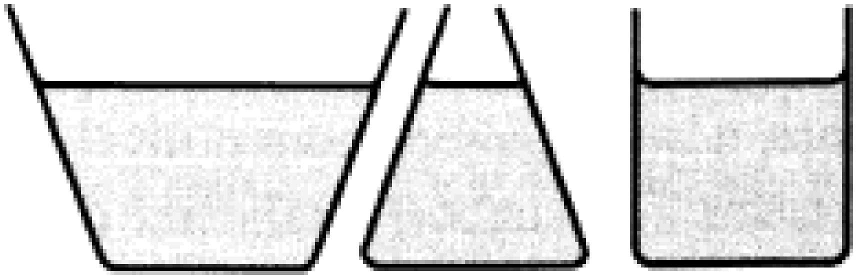


Fig. 15.17 Questão 7.