

Física 2 – Ciências Moleculares

Caetano R. Miranda

AULA 8 – 26/03/2025

crmiranda@usp.br



Cronograma

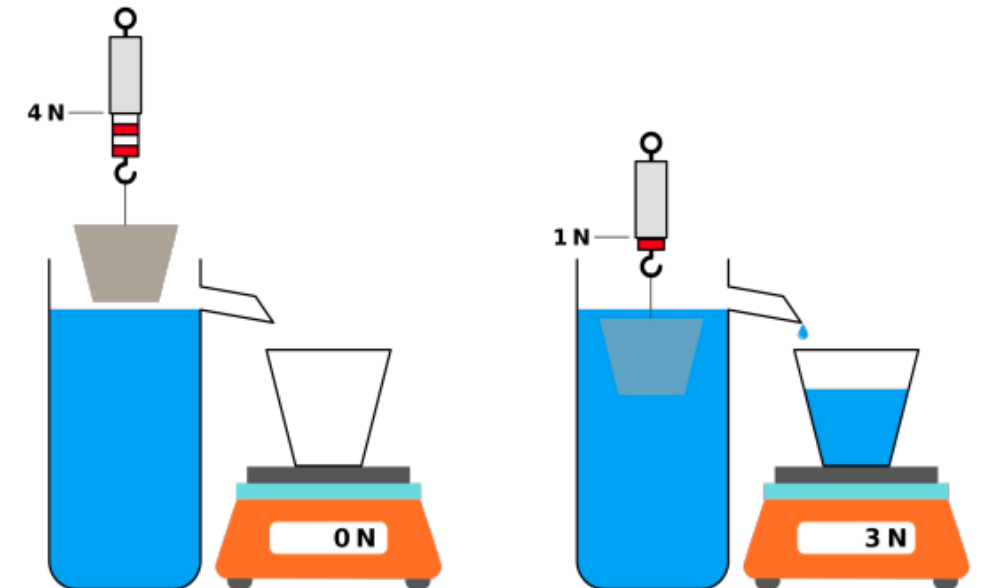
CRONOGRAMA TENTATIVO - FÍSICA II - CCM					
DATA	aula n°	Segundas (16h - 18h)	aula n°	Quartas (09h - 12h)	DATA
24/2	1	Apresentação do curso	2	Projeto - Definição	26/2
3/3	Feriado	Carnaval	Feriado	Carnaval	5/3
10/3	3	Revisão matemática	4	Projeto - Ideação	12/3
17/3	5	DEMO 1 - Pressão	6	Estática dos Fluidos	19/3
24/3	7	DEMO 2 - Hidrodinâmica	8	Hidrodinâmica	26/3
31/3	9	DEMO 3 - Hidrodinâmica II	10	Hidrodinâmica	2/4
7/4	11	Revisão - P1	12	PROVA 1	9/4 ENTREGA 1
14/4	Feriado	Semana Santa	Feriado	Semana Santa	16/4
21/4	Feriado	Tiradentes	13	Oscilações I	23/4
28/4	14	DEMO 4 - Corda vibrante / Molas / Ondulatória	15	Oscilações II	30/4
5/5	16	Ondas	17	Ondas	7/5
12/5	18	DEMO 5 - Barulhinho bom	19	Som	14/5
19/5	20	Revisão - P2	21	PROVA 2	21/5 ENTREGA 2
26/5	22	DEMO 6 - Fenômenos Térmicos e Gases	23	Primeira Lei e Gases	28/5
2/6	24	DEMO 7 - Máquinas térmicas	25	Segunda Lei	4/6
9/6	26	DEMO 8 - Cinética & Mecânica Estatística	27	Cinética dos Gases e Mecânica Estatística	11/6
16/6	Feriado	Corpus Christi	Feriado	Corpus Christi	18/6
23/6	28	Projeto	29	Apresentações	25/6 ENTREGA 3
30/6	30	PROVA SUB	31	VISTA	2/7

DEMONSTRAÇÕES – 24/03/2025

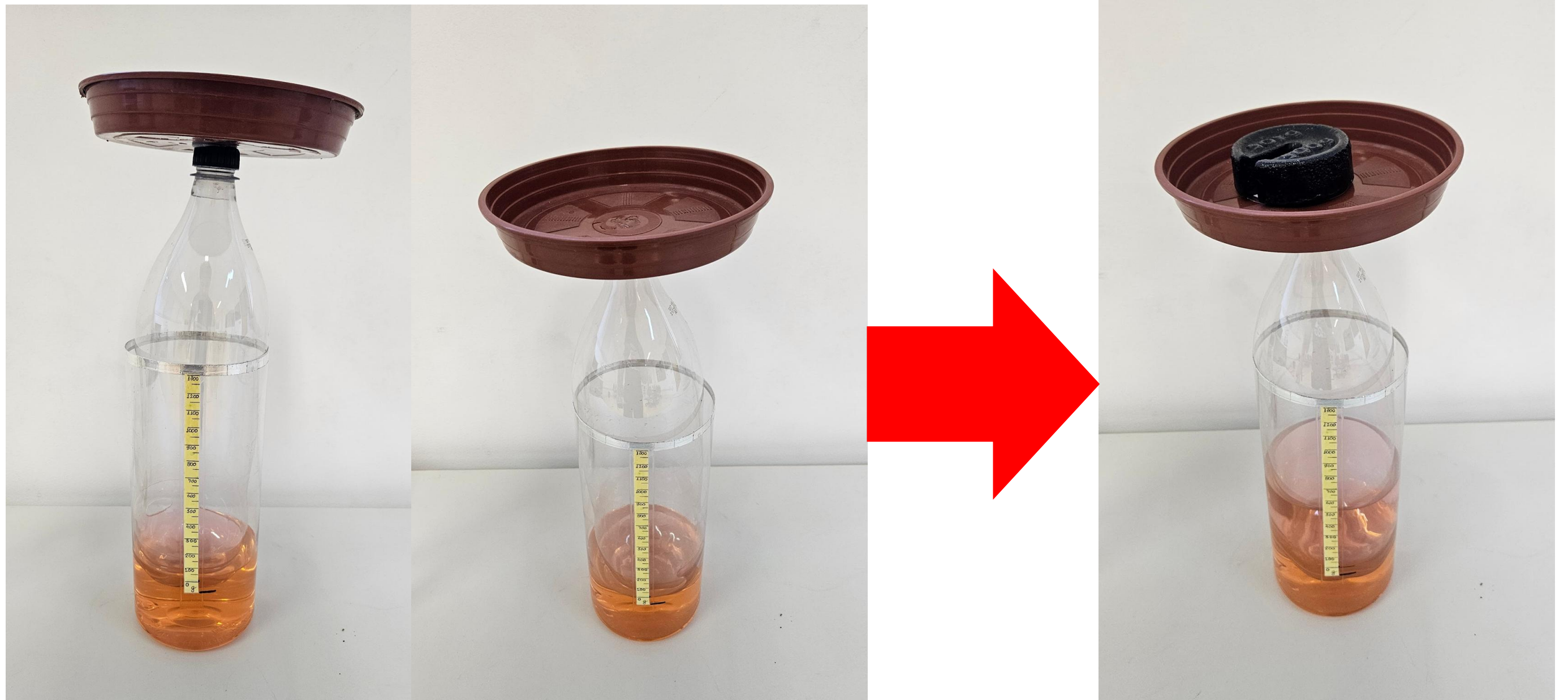
Princípio de Arquimedes:



Dado um objeto de formato totalmente irregular, tal como esse abaixo, como calcular seu volume?



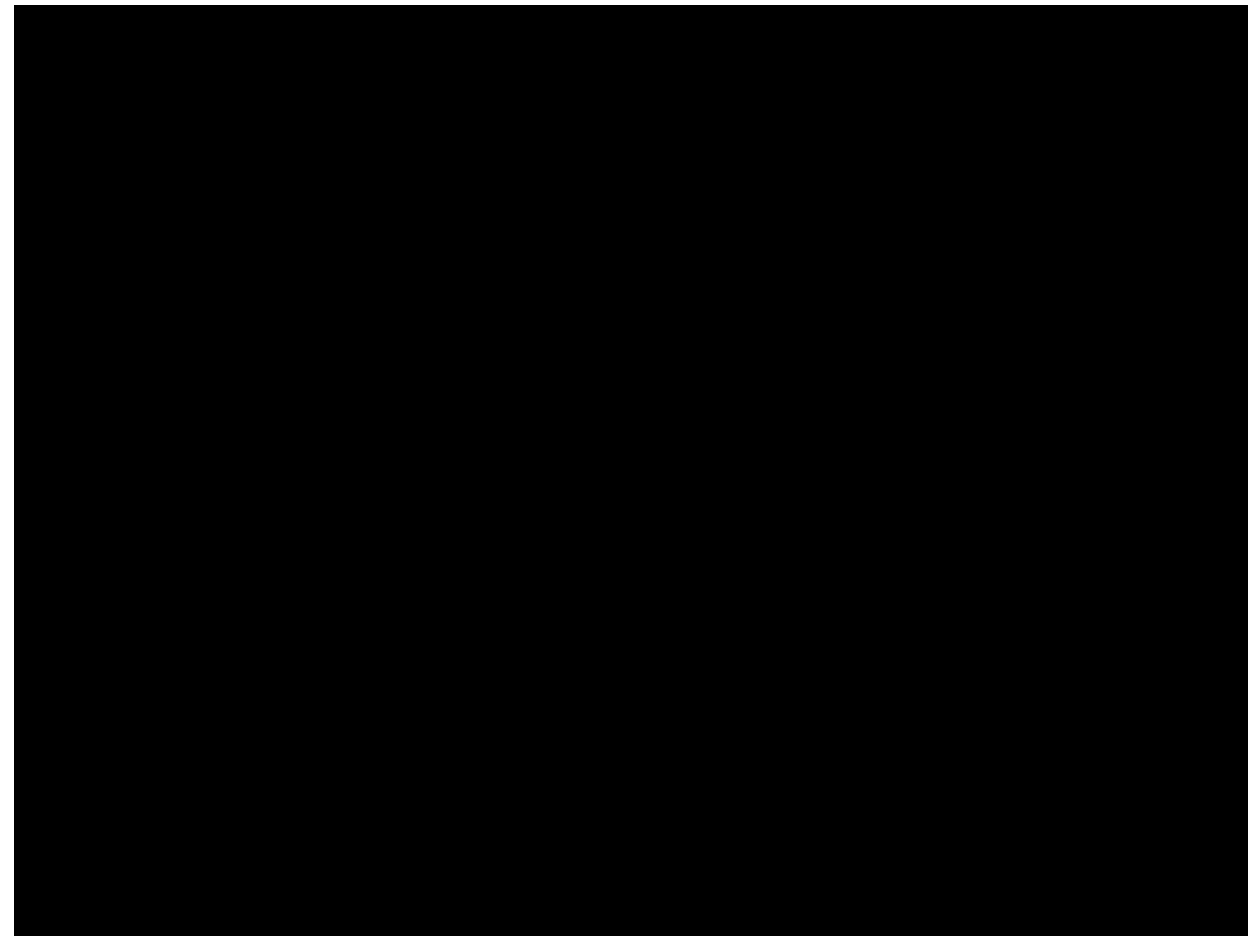
Balança de empuxo:



Princípio de Arquimedes:



- Qual o princípio por trás desta demonstração?

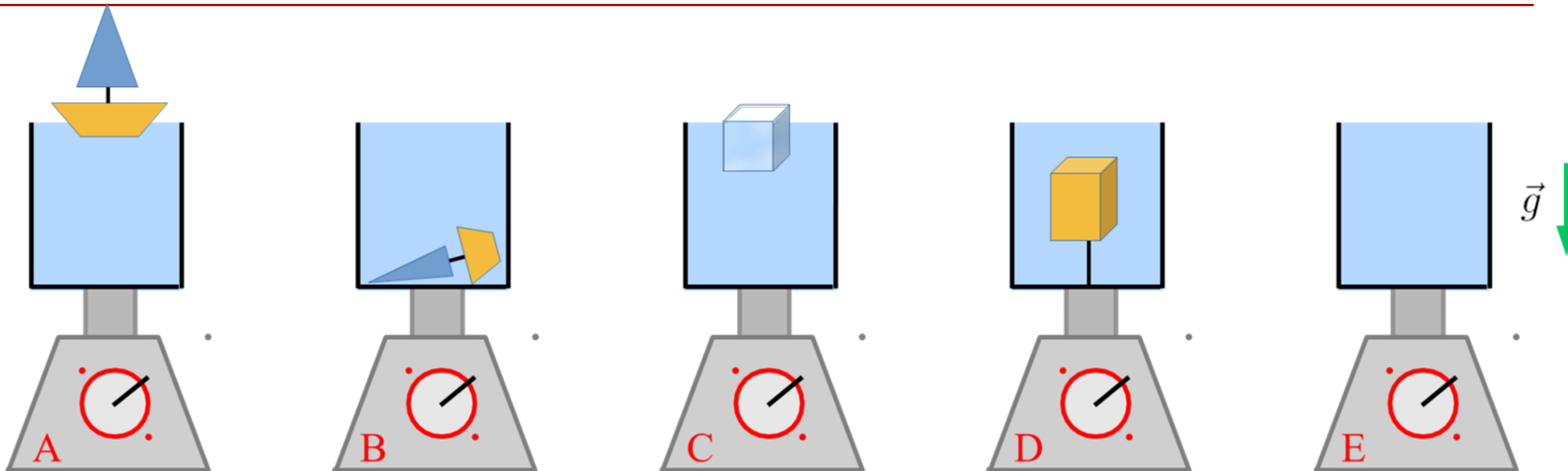


Gangorra:



- Qual a utilidade da barreira no meio da gangorra? O que aconteceria se a retirássemos?
- Qual a explicação para que a gangorra não se desequilibre? Como essas massas e torques são igualadas?
- Qual a diferença entre colocar o peso diretamente na água ou colocá-la dentro do barquinho?

Fixação:



Qual das alternativas abaixo representa a leitura nas balanças?

- 1) $B > A = C = E > D$
- 2) $B > A > C > E > D$
- 3) $B > A > E > C > D$
- 4) $B > E > C = A > D$
- 5) $B = A > E = C > D$

Princípio de Arquimedes

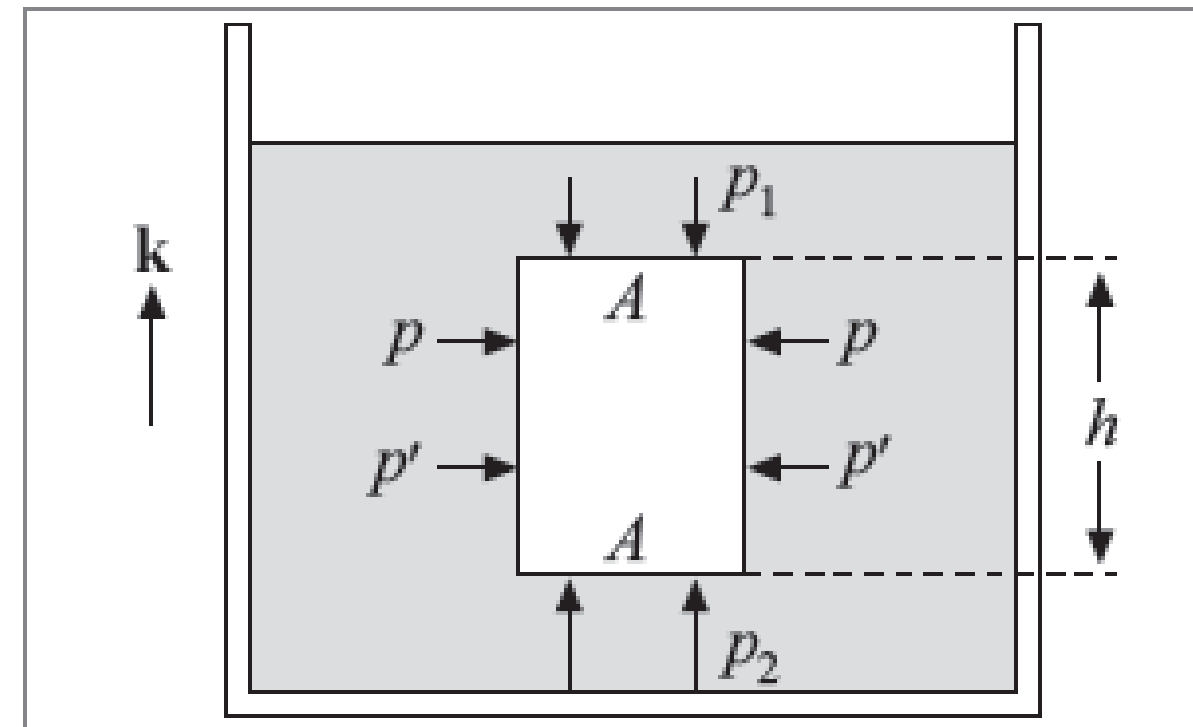
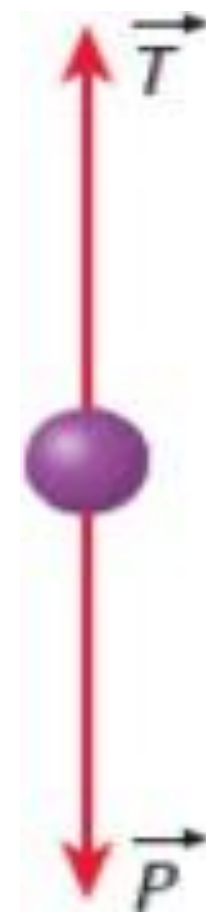
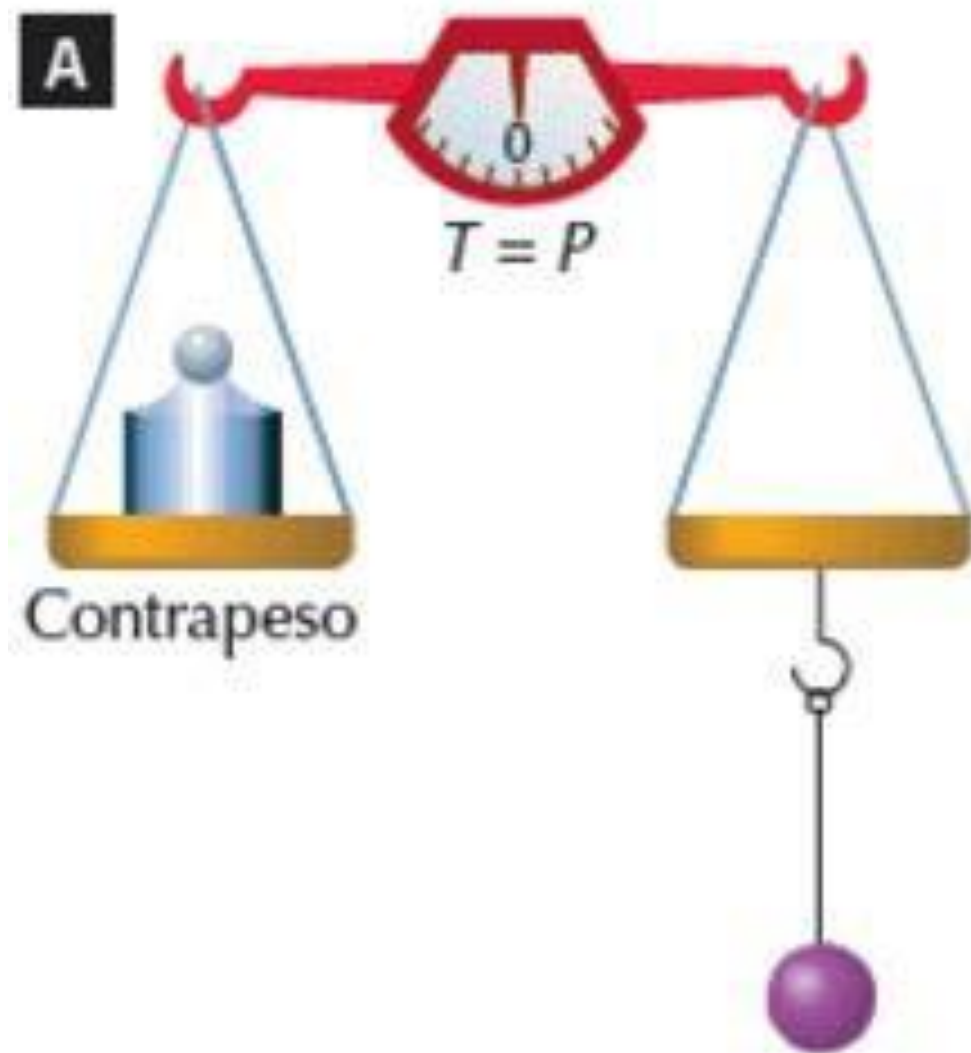
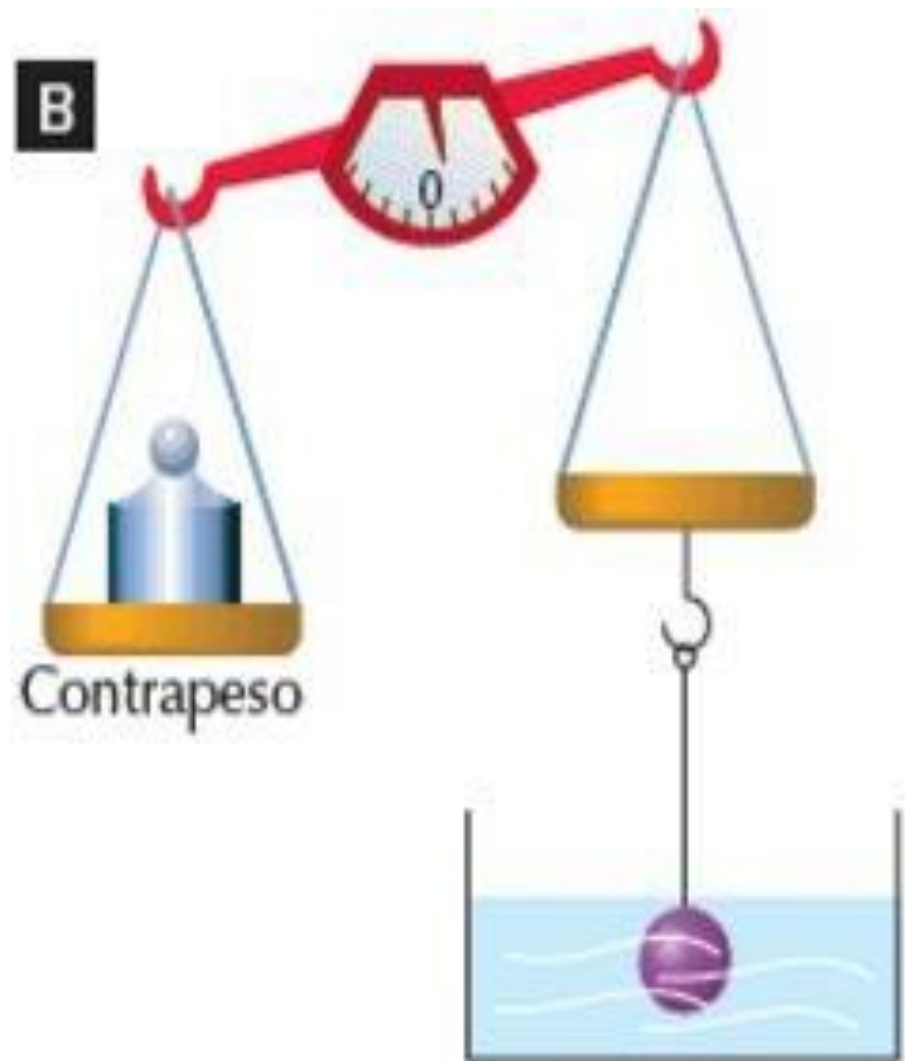


Figura 1.14 Princípio de Arquimedes.



A verificação da existência de uma força com que o líquido atua sobre um corpo nele mergulhado pode ser feita com o auxílio de uma balança de braços iguais.

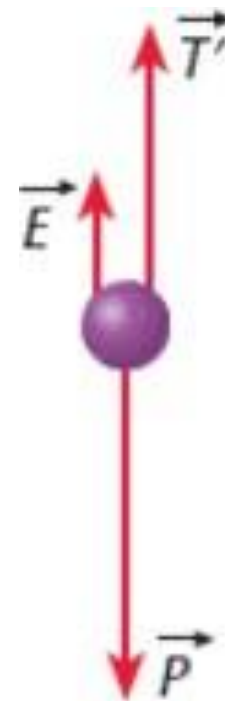
Na fig. A, o peso do corpo P é, em módulo, igual à tração T do fio, aplicada no prato da balança à direita



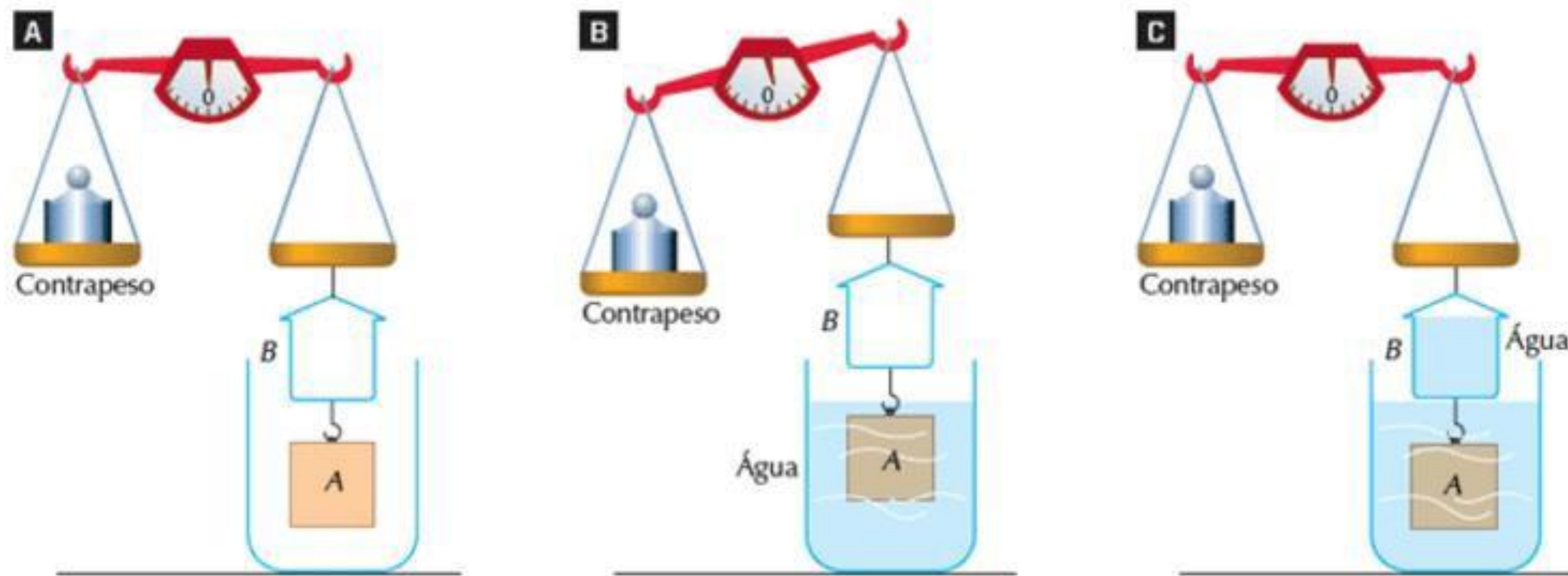
Na fig. B, o corpo imerso no líquido parece pesar menos, pois a balança se desequilibra do lado do contrapeso.

A conclusão é que o líquido deve necessariamente estar exercendo no corpo uma força E de direção vertical de sentido para cima, provocando assim esse desequilíbrio.

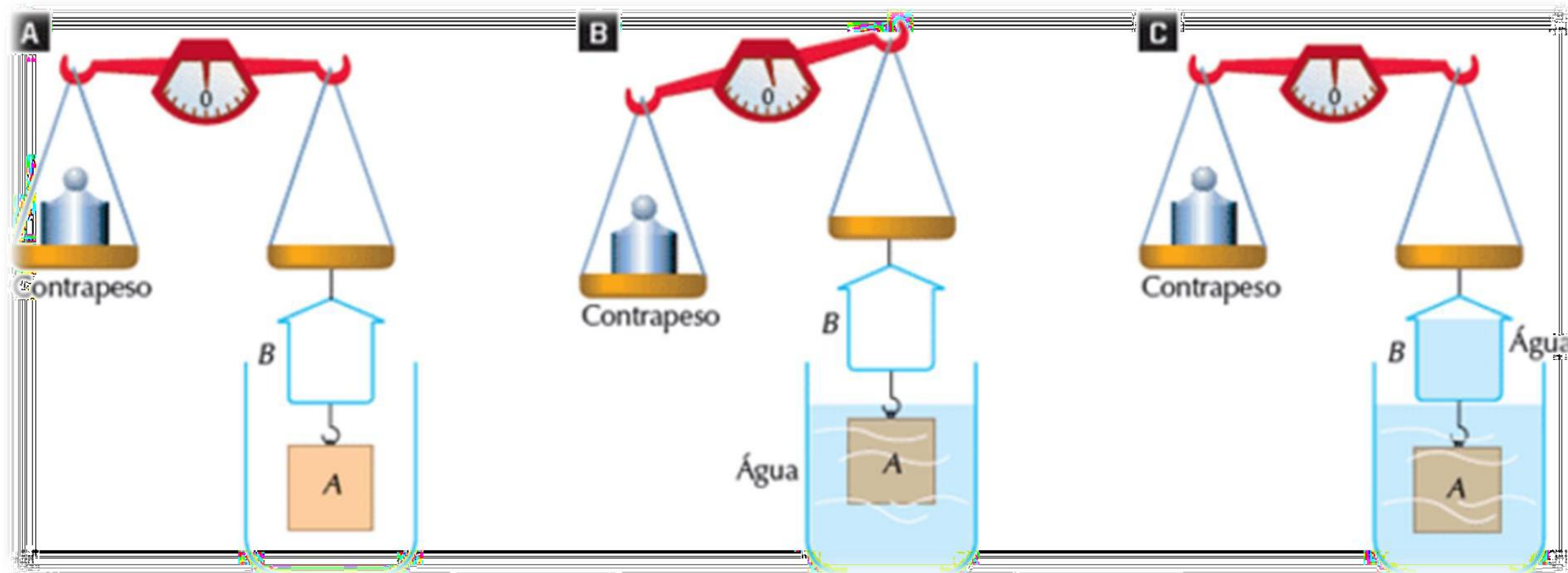
A essa força E que o líquido exerce no corpo imerso dá-se o nome de empuxo E .



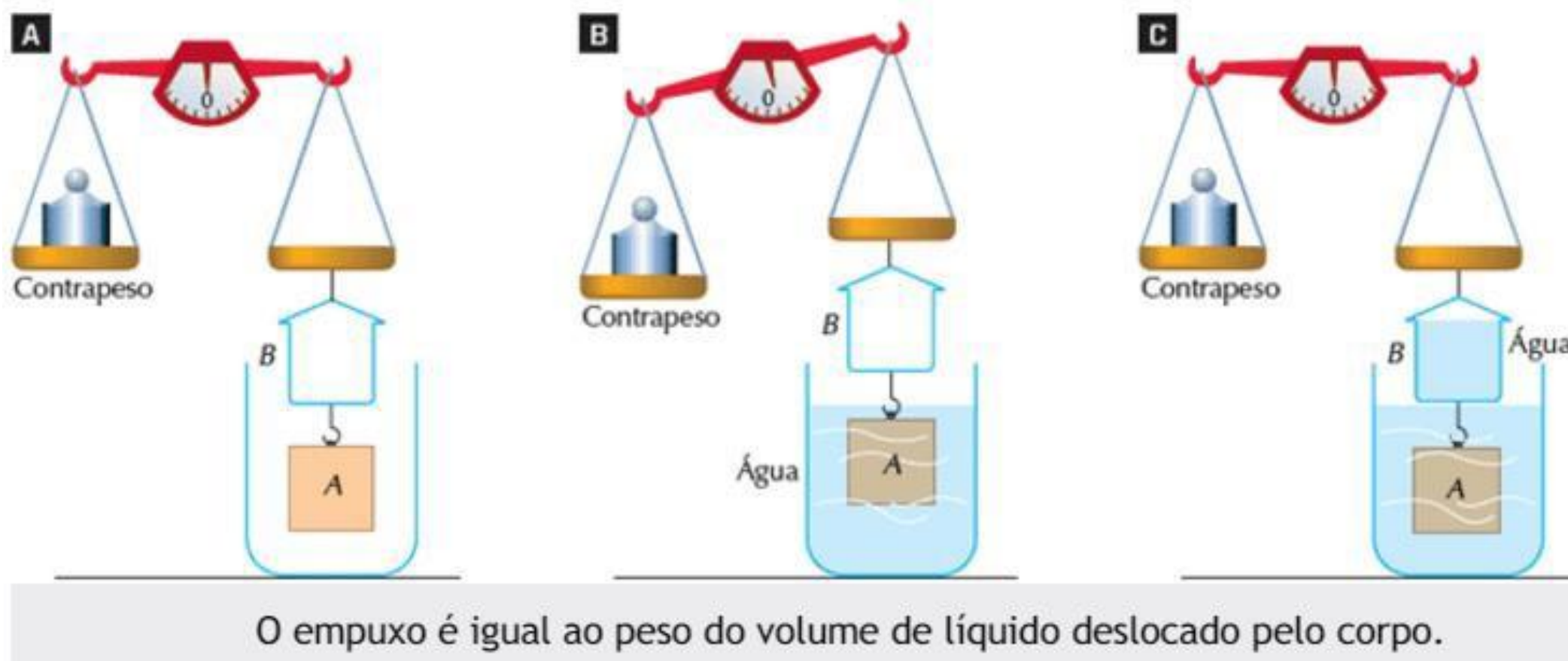
A intensidade E do empuxo pode ser determinada segundo a experiência:



Há dois cilindros: A , sólido e fechado, e B , aberto em sua parte superior e de mesmo volume que A . Assim, o cilindro A preenche exatamente a cavidade vazia do cilindro B .



- ✓ Na fig. A, o equilíbrio é obtido com o contrapeso no prato da balança, à esquerda.
- ✓ Na fig. B o empuxo da água sobre o corpo provoca desequilíbrio: o peso aparente do corpo é inferior ao do contrapeso.
- ✓ Na fig. C, o equilíbrio é restabelecido quando o cilindro B é preenchido completamente com água.

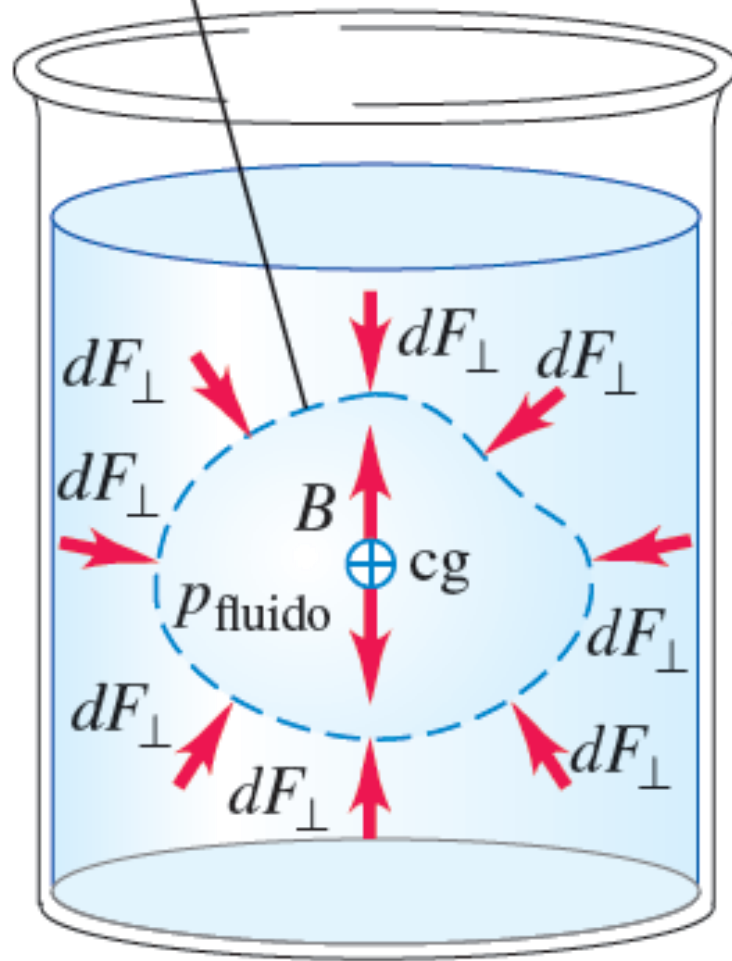


$$\vec{E} = \vec{P}_{LD}$$

Conclusão: o corpo imerso desloca uma quantidade de água. O peso do volume de água deslocado equilibra o empuxo, pois o equilíbrio foi restituído, colocando-se esse volume de água deslocado no cilindro vazio.

Empuxo

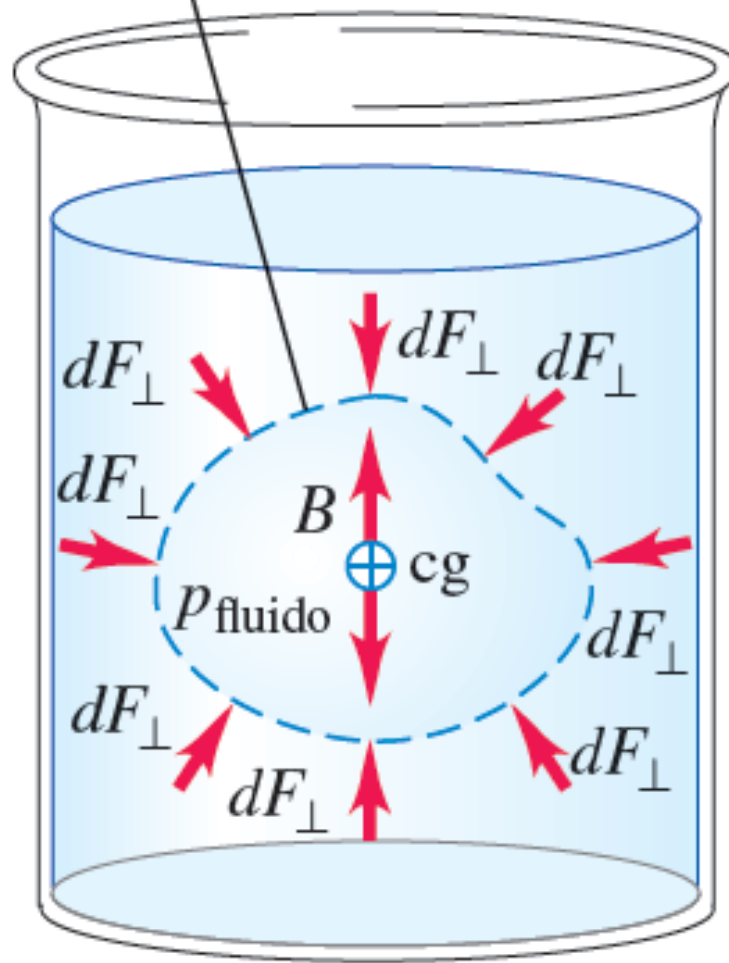
(a) Uma porção qualquer de fluido em equilíbrio



As forças da pressão sobre a porção de fluido somam-se, constituindo uma força de empuxo que é igual em módulo ao peso da porção.

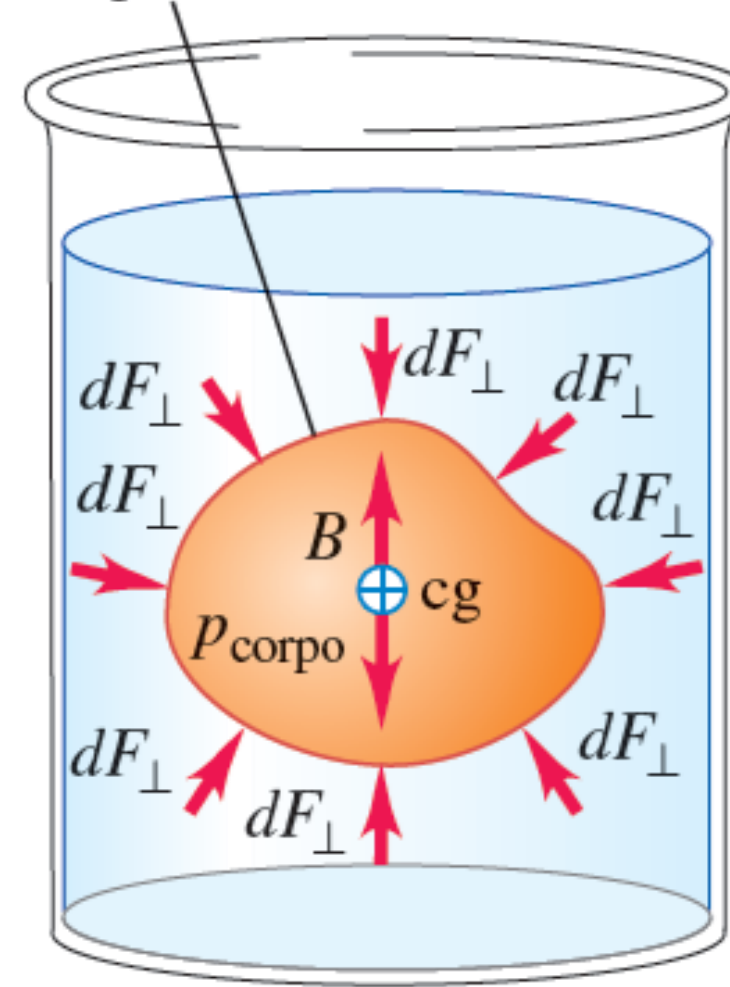
Empuxo

(a) Uma porção qualquer de fluido em equilíbrio



As forças da pressão sobre a porção de fluido somam-se, constituindo uma força de empuxo que é igual em módulo ao peso da porção.

(b) Porção de fluido substituída por um corpo sólido de mesmo tamanho e forma



As forças decorrentes da pressão são iguais, então o corpo é submetido à mesma força de empuxo que a porção de fluido, *independentemente do peso do corpo.*

Princípio de Arquimedes

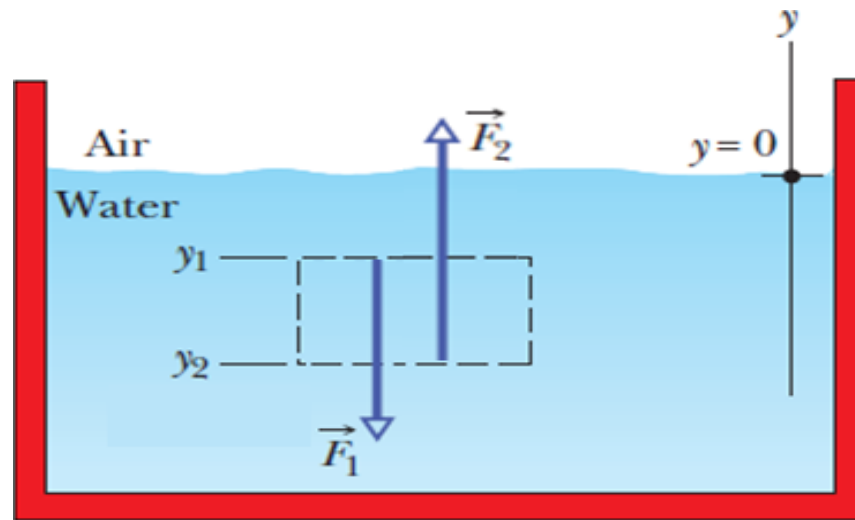
A força de Empuxo (E) que um fluido homogêneo e em equilíbrio aplica em um corpo nele mergulhado é a resultante de todas as forças aplicadas pelo fluido em todos os pontos do corpo.

Sua direção é sempre vertical e seu sentido de baixo para cima.

*Quando um corpo está totalmente ou parcialmente submerso em um fluido, uma **força de empuxo** exercida pelo fluido age sobre o corpo. A força é dirigida para cima e tem módulo igual ao **peso do fluido deslocado** pelo corpo.*

$$\vec{E} = \vec{P}_{LD}$$

Como calcular a força de Empuxo ($\vec{E}$)?



$$E = F_2 - F_1$$

$$E = P_2 A - P_1 A$$

$$E = (P_2 - P_1) A$$

Pelo Teorema de Stevin, sabemos que:

$$P_2 = P_1 + \rho g (y_2 - y_1)$$

Com, $h = y_2 - y_1$ e $V = Ah$, podemos escrever a diferença de pressão como

$$P_2 - P_1 = \rho g h$$

Substituindo na equação do Empuxo, temos:

$$E = \rho V g = P_{LD}$$

Flutuação

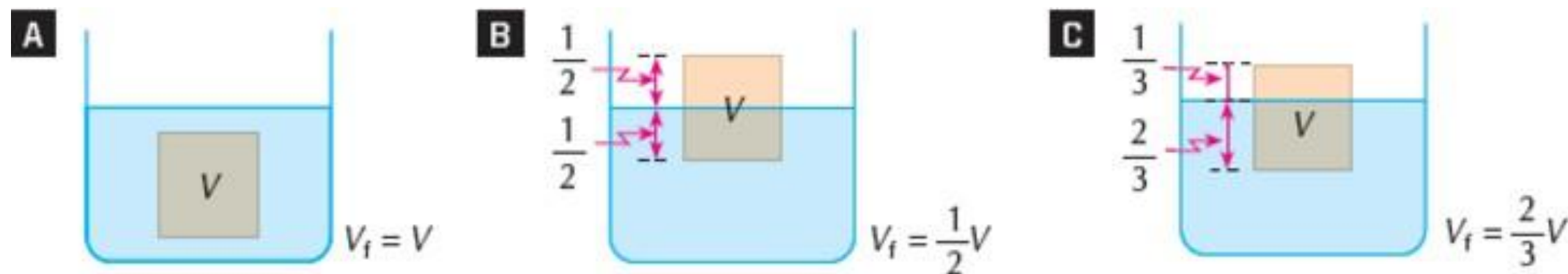
- ✓ Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo da força de empuxo que age sobre o corpo é igual ao módulo da força gravitacional a que o corpo está submetido.

$$E = F_g$$

$$F_g = m_f g$$

- ✓ Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo da força gravitacional a que o corpo está submetido é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.
 - ✓ Um corpo que flutua desloca um peso de fluido igual a seu próprio peso.
-

-
- ✓ O volume V_f do fluido deslocado é o próprio volume do corpo se ele estiver totalmente imerso (fig.A);
 - ✓ O volume V_f do fluido deslocado é o volume imerso quando o corpo está flutuando (figs.B e C).



O volume do fluido deslocado corresponde ao volume imerso do corpo.

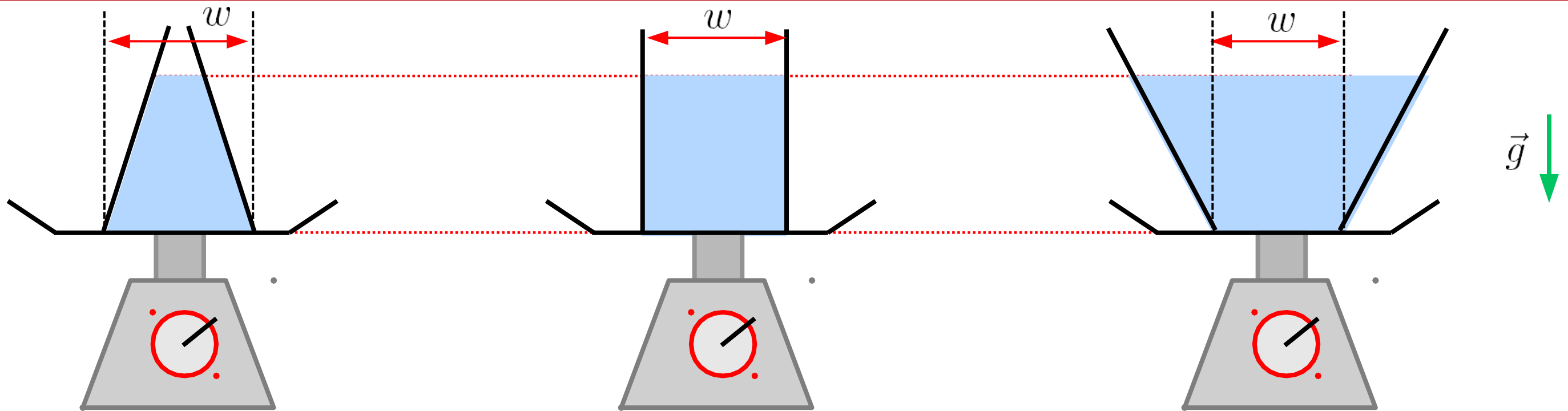
Peso aparente de um fluido

- ✓ *O peso aparente de um corpo está relacionado ao peso real e à força de empuxo através da equação:*

$$P_{APARENTE} = P_{REAL} - F_E$$

- ✓ *O módulo da força de empuxo que está sujeito um corpo que flutua é igual ao peso do corpo. Portanto, um corpo que flutua tem peso aparente igual a zero.*

Princípio de Pascal: paradoxo da hidrostática

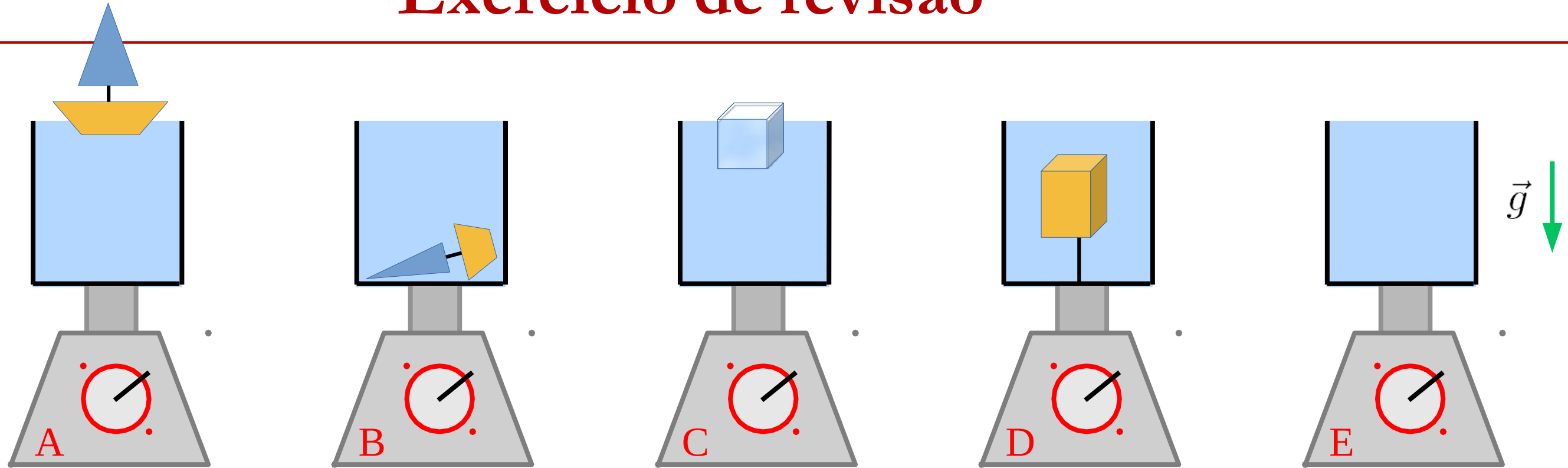


De acordo com a lei de Stevin, a força do líquido sobre o fundo da balança é igual nas 3 situações:

$$\vec{F} = -\rho g h A_w \hat{z}$$

A massa de fluido contida nos recipientes são distintas. Como a balança mede o peso correto?

Exercício de revisão



Qual das alternativas abaixo representa a leitura nas balanças?

- 1) $B > A = C = E > D$
- 2) $B > A > C > E > D$
- 3) $B > A > E > C > D$
- 4) ~~$B > E > C = A > D$~~
- 5) $B = A > E = C > D$

Ex: lei de Halley

Pressão de um fluido compressível em equilíbrio num campo gravitacional constante.

Hipótese: $PV = \text{const}$ (ex: gás ideal a temperatura constante)

Fluido em equilíbrio estático: $\nabla P = \vec{f}_R^{(\text{ext})}, \Rightarrow \frac{dP}{dz} = -\rho(z)g$

Equação de estado: $P/\rho = \text{const} = P_0/\rho_0$

(note que $1/2$ depende de z)

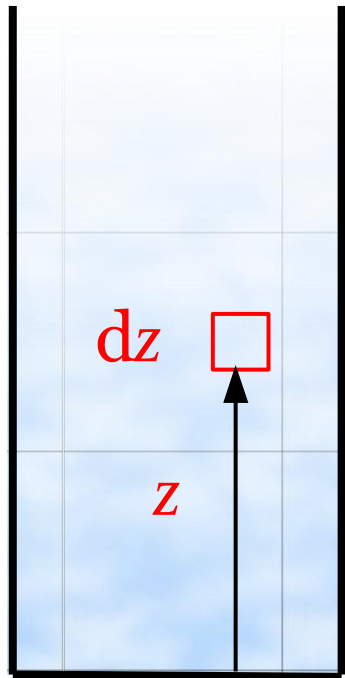
$$\Rightarrow \frac{dP}{dz} = -\frac{\rho_0 P g}{P_0}, \Rightarrow \int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = - \int_0^z \frac{dz}{z_0}$$

onde $z_0 = \frac{P_0}{\rho_0 g}$

Para $P_0 = 1 \text{ atm}$
 $\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$P(z) = P_0 e^{-z/z_0}$$

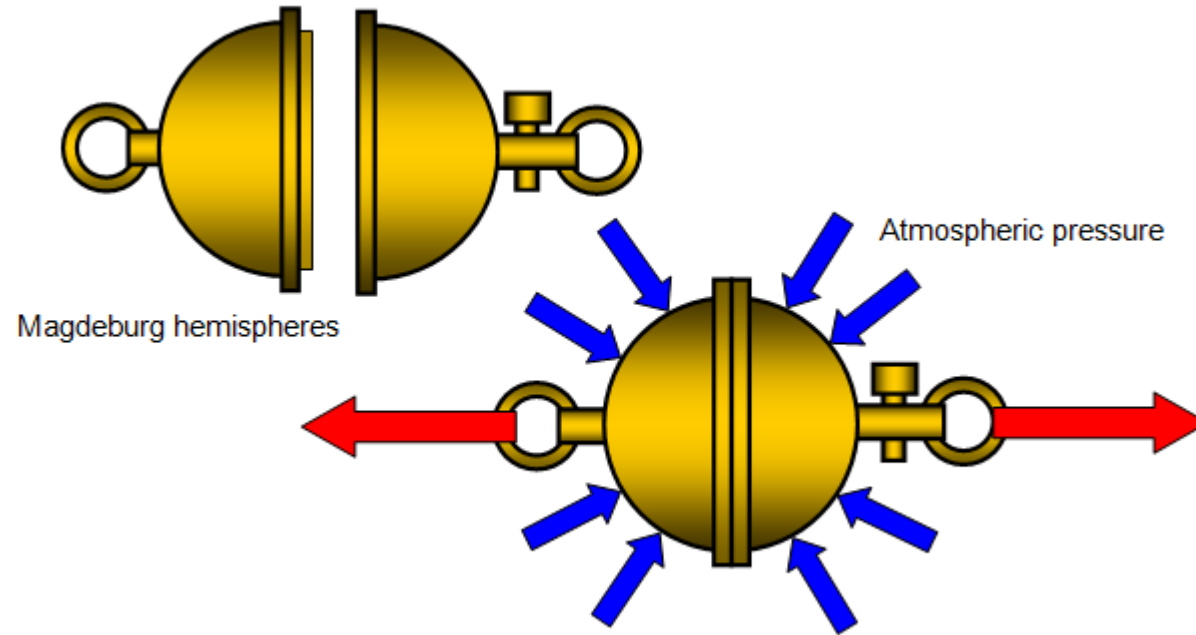
$$\Rightarrow z_0 = 8.6 \text{ km}$$



H

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Problema 1



- Assumindo vácuo entre as duas placas, qual a força necessária para soltá-las ?

Questao 3 – Empuxo – Young & Freedman

Uma estatua de ouro solido de 15 Kg está sendo içada de um navio submerso. Qual é a tensão no cabo de sustentação (desprezando sua massa) quanto a estátua está em repouso:

- a) Completamente submersa
- b) Fora da água



Questao 2 – Moyses cap 1

No manômetro de reservatório (Fig. P.2), calcule a diferença de pressão $p_1 - p_2$ entre os dois ramos em função da densidade ρ do fluido, dos diâmetros d e D , e da altura h de elevação do fluido no tubo, relativamente ao nível de equilíbrio N_0 que o fluido ocupa quando $p_1 = p_2$. (Fonte: Moyses Nussenzveig, Vol.2)

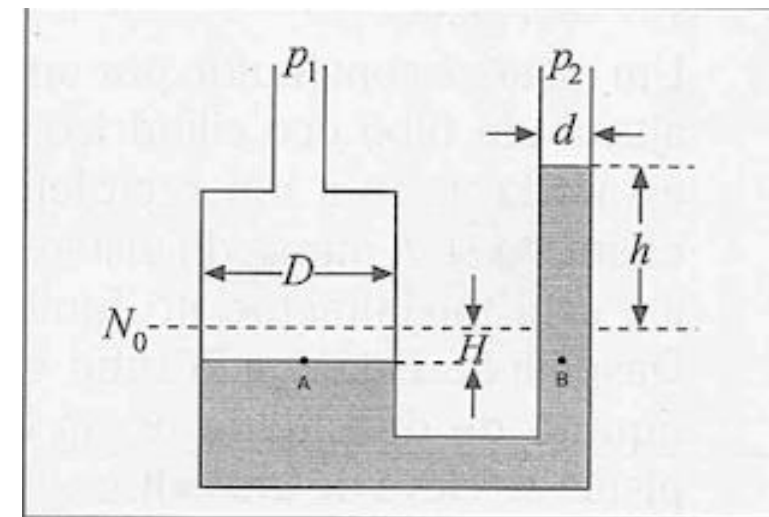


Figura P.2

Missao – Baloes em Marte



Balões em Marte

Foi sugerido que poderíamos explorar Marte usando balões de gas para sobrevoar a superfície de perto. A força de empuxo da atmosfera mantém os balões no alto. A densidade da atmosfera marciana é 0.0154 Kg/m^3

Suponha que os balões sejam construídos com plástico fino, porém resistente, com uma densidade tal que cada metro quadrado possua uma massa de $5,00\text{g}$

O gas que usaríamos para inflar esses balões é tão leve que sua massa poderia ser desprezada.

Baloes em Marte

- (A) Quais devem ser o raio a e a massa desses balões para que eles pairam logo acima da superfície
- (B) Se soltarmos um desses balões na Terra, onde a densidade atmosférica é $1,20 \text{ Kg/m}^3$, qual seria a aceleração inicial, supondo que o balão tenha o mesmo tamanho que em Marte ? O balão subiria ou cairia ?
- (C) Se em Marte esses balões tivessem cinco vezes o raio calculado no item a, qual seria o peso máximo dos instrumentos que eles poderiam carregar ?

A força de empuxo é proporcional a R^3 e a massa do balão é proporcional a R^2 , então a carga que pode ser transportada aumenta quando o raio do balão aumenta.

Calculamos a massa da carga. Para encontrar o peso da carga, precisaríamos saber o valor de g para Marte.