Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física Gleb Wataghin

Instrumentação para Ensino F 809

Relatório Final

Jerusa Petróvna Resende Lara RA 992937

Professor responsável: José J. Lunazzi

Orientador: Mauro M. de Carvalho

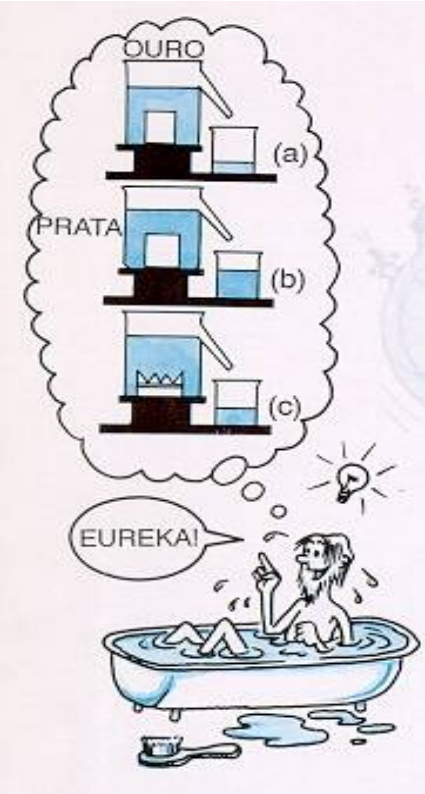
EFEITOS DO EMPUXO

1- Resumo:

Nesse projeto de instrumentação para o ensino, demonstraremos alguns experimentos que ajudará a entender os efeitos do empuxo. Serão realizados quatro experimentos que mostrarão o efeito do empuxo e sua relação com o peso aparente e com a densidade do fluido e do corpo imerso, sendo esse o objetivo principal.

2- Introdução:

Uma das histórias mais conhecidas sobre os trabalhos do grande filósofo, matemático e físico Arquimedes*, refere-se à genial solução dada por ele ao "problema da coroa do Rei Hieron".



O rei havia prometido aos deuses, que o protegeram em suas conquistas, uma coroa de ouro. Entregou, então, certo peso de ouro a um ourives para que este confeccionasse a coroa. Quando o ourives entregou a encomenda, com o peso igual ao do ouro que Hieron havia fornecido, foi levantada a suspeita de que ele teria substituído certa porção de ouro por prata. Arquimedes foi encarregado, pelo rei, de investigar se esta acusação era, de fato, verdadeira.

Conta-se, que ao tomar banho (em um banheiro público) observando a elevação da água a medida que mergulhava seu corpo , percebeu que poderia resolver o problema. Entusiasmado, saiu correndo para casa, atravessando as ruas completamente despido e gritando a palavra grega que se tornou famosa: "Eureka! Eureka!" (isto é: "Achei! Achei").

E realmente Arquimedes consegui resolver o problema da seguinte maneira:

1º - Mergulhou em um recipiente completamente cheio d'água uma massa de ouro puro, igual à massa da coroa, e recolheu à água que transbordou.

2º - Retomando o recipiente cheio d'água, mergulhou nele uma massa de prata pura, também igual da coroa, recolhendo a água que transbordou. Como a densidade da prata é menor do que a do ouro, é fácil perceber que o volume de água recolhido, nesta operação, era menor que a anterior.

3º - Finalmente, mergulhou no recipiente cheio d'água a coroa em questão, constatou que o volume de água recolhido tinha um valor intermediário entre aqueles recolhidos na 1º e na 2º operação. Ficou, assim, evidenciado que a coroa não era realmente de ouro puro. Comparando os três volumes de água recolhidos. Arquimedes conseguiu, até mesmo, calcular a quantidade de ouro que o ourives substituiu por prata.

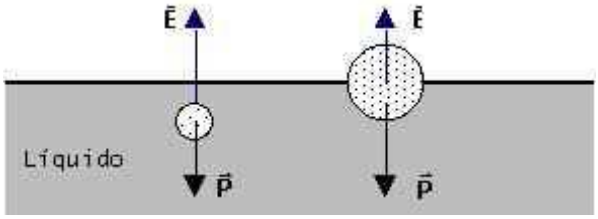
3- Teoria:

Todo corpo submerso total ou parcialmente em um fluido experimenta uma força vertical de baixo para cima e de módulo igual ao peso do volume deslocado. Esta força denominada empuxo ($\vec{E}$) é aplicada no centro de massa do volume de fluido deslocado conhecido como "centro de empuxo"

$$E = P_{fd} = m_{fd} \cdot g = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$$

$$E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g \qquad (1)$$

onde d_f = densidade do fluido e V_{fd} = volume do fluido deslocado.



Se d_c é a densidade do corpo e V_c seu volume, seu peso será:

$$P = m_c g = d_c \cdot V_c \cdot g \qquad (2)$$

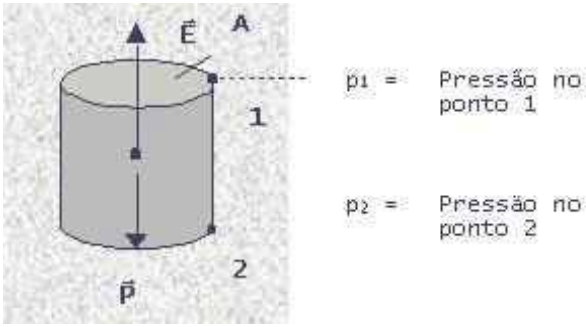
Se o corpo está totalmente imerso ($V_c = V_{fd}$), ele subirá quando o empuxo for maior que o peso e afundará em caso contrário. Comparando (1) e (2), temos que:

Se $d_c < d_f$ => O corpo pode flutuar na superfície do fluido.
$d_c = d_f$ => O corpo fica em equilíbrio no interior do fluido (com o corpo totalmente imerso).
$d_c > d_f$ => O corpo afunda no fluido.

---

* Arquimedes viveu no século III a.C., na cidade de Siracusa, uma colônia grega situada na Sicília (Sul da Itália).

O empuxo é uma força que resulta da diferença de pressão existente entre pontos de diferentes níveis no interior de um fluido. No caso particular de um corpo (como mostra a figura), de secção transversal de área (A) constante (como um cilindro, por exemplo) é determinado por:



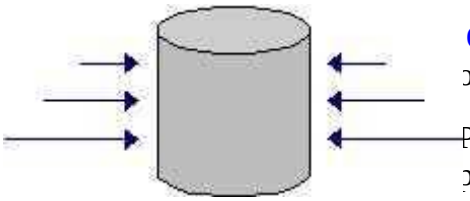
$$E = (p_2 - p_1) \cdot A$$

$$E = \Delta p \cdot A$$

ou pois, pelo Teorema de Stevin,

$\Delta p = d_f \cdot g \cdot \Delta h$ e $E = d_f \cdot g \cdot \Delta h \cdot A$ ou,

como $V_{fd} = \Delta h \cdot A$, $E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$



Obs.: As forças laterais-horizontais diametralmente opostas, anulam-se duas a duas.

Portanto, a resultante horizontal das forças exercidas pelo fluido é nula.

4 Procedimento Experimental:

Para demonstrar as aplicações do empuxo, realizaremos três experimentos relatados abaixo:

4.1- Mostrar que o empuxo aumenta com o volume de um corpo.

- Demonstração com uma bexiga em três tamanhos diferentes (mais cheia V_1, média V_2 e vazia V_3)

Esse primeiro experimento é apenas para comprovar a validade da formula (1) do empuxo.

$$\mathbf{E = d_{ar} \cdot V_{fd} \cdot g}$$

Soltando as três bexigas de uma mesma altura, verificamos que todas caem em tempos diferentes, sendo a maior a mais lenta e a vazia a mais rápida.

A força total sobre cada uma das bexigas é :

$$F = P - E$$

onde P é o peso e E o empuxo dor ar sobre cada uma. O Peso das três é aproximadamente o mesmo , todavia, pelo seu maior volume, o empuxo na maior delas

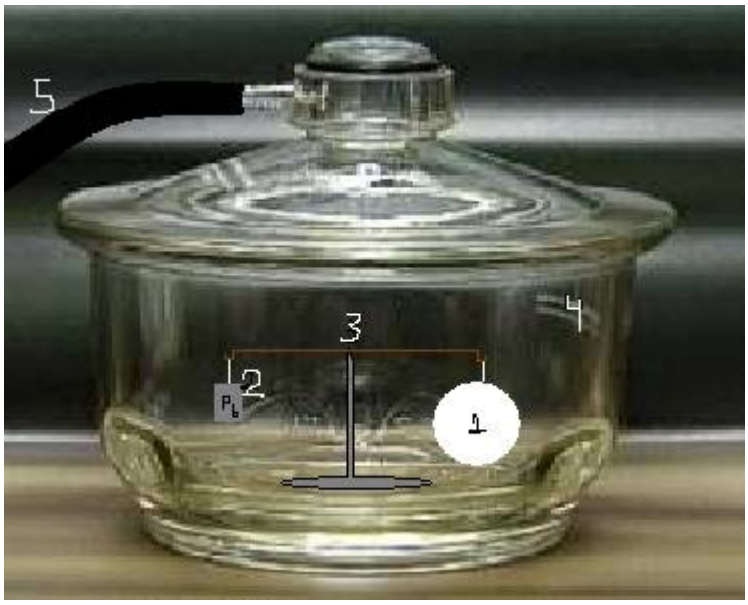
é maior do que nas outras duas. Portanto, a que tem a menor força resultante (P - E) sobre ela é a maior das bexigas e, por essa razão, é a que cai mais lentamente. Resumidamente:

como $V_{fd1} > V_{fd2} > V_{fd3}$
então
$E_1 > E_2 > E_3$

4.2-Mostrar que o efeito em que o empuxo aumenta com o volume do corpo, tem influência sobre a mediada do peso de um corpo.

- Demonstraremos que "uma massa de isopor pesa mais que a mesma massa de chumbo".

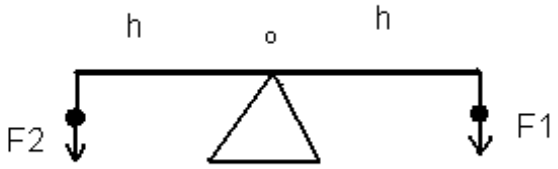
(Foi construído uma balança com precisão de três casas decimais, e colocados em equilíbrio uma bola de isopor e um pedacinho de chumbo, tendo essa condição como inicial. Colocando esse sistema dentro de um dissecador e fazendo um baixo vácuo, notamos que a balança tende para o lado da bolinha de isopor.)



Legenda:

1-bola de isopor
2- massa de chumbo
3- balança
4-dessecador
5-conexão para sistema de vácuo

Fig : Ilustração da montagem experimental



Para ficar em equilíbrio:

$$F_2 \,.\, h = F_1 \,.\, h \qquad (3)$$

onde $F_1 = P_1 - E_1$ e $F_2 = P_2 - E_2$ são as forças que atuam na bola de isopor e no pedaço de chumbo respectivamente

$T = F \,.\, h$ é o torque dessas forças em relação a <u>o</u> e a equação (3) é a condição de equilíbrio da balança

A equação (3) pode ser escrita:

$$P_2 - E_2 = P_1 - E_1$$

ou

$$P_2 - P_1 = E_2 - E_1$$

Usando as formulas (1) e (2) temos:

$$(m_1 - m_2) \,.\, g = d_{ar} \,.\, (V_1 - V_2) \,.\, g$$

Se $V_1 = V_2 \rightarrow m_2 = m_1$

Se $V_1 > V_2 \rightarrow m_1 > m_2$

Como $V_{isop} > V_{Pb}$ então $m_{isop} > m_{Pb}$

Tirando o ar do dissecador, o empuxo tende a zero e as forças F_1 e F_2 reduzem-se a

Tirando o empuxo, a força é:

$$F_2 = m_2 \,.\, g \qquad \text{e} \qquad F_1 = m_1 \,.\, g$$

e, portanto

$$F_1 \,.\, h > F_2 \,.\, h$$

Fazendo a balança indicar a maior massa da bola de isopor.

4.3- Mostrar, através do empuxo, que a pressão tem um efeito maior em sólidos do que em líquidos.

Colocamos um pedaço de madeira (palito de fósforo) dentro de um vidro de água e, verificamos que a madeira flutua. Tampamos a boca do vidro com uma tampa plástica e a pressionamos aumentando uma pressão dentro do vidro. Logo a madeira afunda.

A densidade de um corpo é dada por $d = m / V$, onde m é a massa e V o volume do corpo.

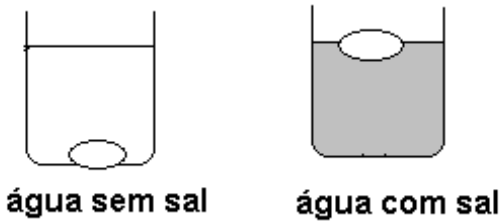
Quando aumentamos a pressão sobre um objeto seu volume diminui e sua massa não se altera aumentando, assim, sua densidade.

Na experiência, quando a densidade da madeira sob essa pressão for maior que a do liquido ele afunda com vimos anteriormente.

Obs: A variação da densidade do liquido (praticamente incompressível) devido à pressão é desprezível

4.4- Experimento para mostrar o efeito da densidade do líquido

Um ovo colocado num recipiente com água vai até o fundo, onde fica apoiado, conforme a figura .Em outro recipiente coloca-se água e adicionando-se sal até haver saturação, e o ovo flutua.



O que acontece é que a água com sal é mais densa do que a água pura o que aumenta o empuxo sobre o ovo.

5-Referencias

Sites:

www.fisica.ufjf.br/disciplinas/labfis2/pratica02.pdf

www.educar.sc.usp.br/licenciatura/ 1999/empuxo/Empuxo-pg-00.htm
www.seed.slb.com/pt/lab/buoyancy/buoy.pdf
www.cienciaemcasa.cienciaviva.pt/medidensidade.html