

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES (RELATÓRIO)

"O empuxo hidrostático, isto é, a força que o fluido exerce sobre o corpo nele imerso, é igual ao peso do volume de fluido deslocado no processo de imersão."

Neste experimento, vamos verificar este princípio através da relação $E = d.V.g$

1. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO ÁLCOOL "d"

Na determinação da densidade do álcool, tomamos como referência a densidade da água ($1,0 \text{ g/cm}^3$), através da seguinte relação:

$$\frac{d_{\text{Álc}}}{d_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{m_{\text{Álc}}}{V_{\text{Álc}}}}{\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{m_{\text{Álc}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \text{logo:} \quad \frac{d_{\text{Álc}}}{1} = \frac{m_{\text{Álc}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}}$$

m_0 = massa do picnômetro vazio

m_2 = massa do picnômetro com água

m_1 = massa do picnômetro com álcool

d = densidade do álcool

$$m_{\text{Álc}} = m_1 - m_0$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_2 - m_0$$

$$m_0(\text{g}) = 31,0$$

$$m_1(\text{g}) = 78,2 \Rightarrow m_{\text{Álc}} = 47,2$$

$$m_2(\text{g}) = 88,2 \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = 57,2$$

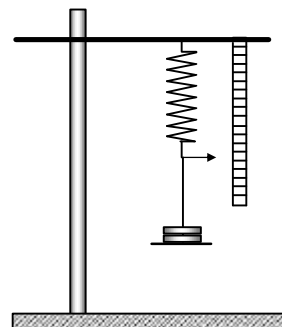
$$\mathbf{d \text{ (g/cm}^3\text{)} = 0,83}$$

2. CALIBRAÇÃO DA MOLA

Nesta parte do experimento vamos pesar algumas massas conhecidas e registra a deformação sofrida pela mola, de forma que possamos estabelecer uma relação entre a deformação da mola e a força tensora.

Obs.: No cálculo do peso vamos considerar $g = 980 \text{ cm/s}^2$

Massa (g)	32,60	52,00	72,70	94,30	113,50	145,40
Y = Peso (din)	31.948	50.960	71.246	92.414	111.230	142.492
X = Elongação (cm)	0,40	1,20	1,95	2,80	3,50	4,40



Após a construção do gráfico, concluímos que os dois primeiros pontos não deveriam ser considerados, na definição da melhor reta.

Massa (g)	32,60	52,00	72,70	94,30	113,50	145,40	
Y = Peso (din)	31.948	50.960	71.246	92.414	111.230	142.492	$\Sigma[Y] = 417.382$
X = Elongação (cm)	0,40	1,20	1,95	2,80	3,50	4,40	$\Sigma[X] = 12,65$
X.Y	12.779	61.152	138.930	258.759	389.305	626.965	$\Sigma[X.Y] = 1.413.959$
X ²	0,16	1,44	3,80	7,84	12,25	19,36	$S[X^2] = 43,25$

$$Y = a.X + b, \quad P = K.X + b$$

$$a = \frac{[\sum x_i] \cdot [\sum y_i] - 4 \cdot [\sum x_i y_i]}{[\sum x_i]^2 - 4 \cdot [\sum x_i^2]} = 28.947$$

$$b = \frac{[\sum x_i y_i] \cdot [\sum x_i] - [\sum (x_i^2)] \cdot [\sum y_i]}{[\sum x_i]^2 - 4 \cdot [\sum x_i^2]} = 12.800$$

Equação da melhor reta: $Y = 28.947 X + 12.800$

Pontos corrigidos

Elong. X (cm)	0,40	1,20	1,95	2,80	3,50	4,40
Peso Y (din)	24.379	47.537	69.247	93.852	114.115	140.168
Valores s/correção	31.948	50.960	71.246	92.414	111.230	142.492

Pontos de ajuste

Elong. X (cm)	1,00	4,00	P ₁
Peso Y (din)	41.747	128.589	P ₂

Relação entre peso e deformação da mola

$$P = 28.947 X + 12.800$$

3. MEDIDAS DO EMPUXO HIDROSTÁTICO

Medimos o empuxo de forma indireta.

Inicialmente pesamos alguns objetos (três) e obtemos:

$$P = 28.947,26X + 12.799,80$$

Em seguida medimos o peso aparente destes mesmos objetos, mergulhando-os, totalmente, em fluidos de densidades conhecidas (álcool e água), e registramos a elongação sofrida pela mola (vide esquema ao lado), que nos deu o peso aparente dos objetos:

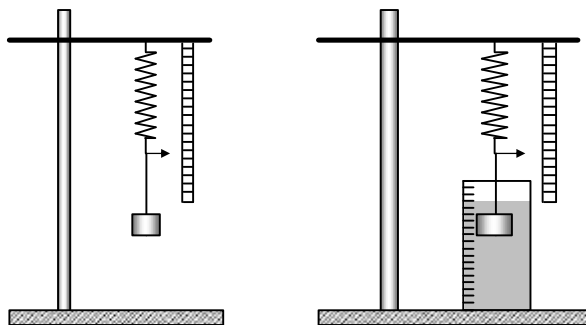
$$P' = 28.947,26X' + 12.799,80$$

Como $P' = P - E$, temos que:

$$28.947X' + 12.800 = 28.947X + 12.800 - E$$

$$E = 28.947 (X - X') \text{ ou } E = 28.947 \Delta X.$$

Em seguida repetimos o procedimento anterior mergulhando os objetos parcialmente nos fluidos e observamos que o empuxo ficou reduzido aproximadamente de 50%.



Valores medidos para imersão no álcool $V_0 = 200 \text{ ml} = 200 \text{ cm}^3$ $d_1 = 0,83 \text{ g/cm}^3$ $k = 28.947 \text{ din/cm}$

Objeto	X (cm)	Imersão	X'(cm)	DX = X - X'	V (cm ³)	DV = V - V ₀	Dm = d ₁ . DV (g)	E = k.DX (din)
1	60,5	Total	60,0	0,5	218,75	18,75	15,56	14.474
		Parcial	60,3	0,2	208,75	8,75	7,26	5.789
2	60,2	Total	59,8	0,4	213,25	13,25	11,00	11.579
		Parcial	60,0	0,2	207,25	7,25	6,02	5.789
3	57,3	Total	56,5	0,8	223,75	23,75	19,71	23.158
		Parcial	56,9	0,4	222,50	22,50	18,68	11.579

Valores medidos para imersão no água $V_0 = 200 \text{ ml} = 200 \text{ cm}^3$ $d_2 = 1,00 \text{ g/cm}^3$ $k = 28.947 \text{ din/cm}$

Objeto	X (cm)	Imersão	X'(cm)	DX = X - X'	V (cm ³)	DV = V - V ₀	Dm = d ₂ . DV (g)	E = k.DX (din)
1	60,5	Total	59,8	0,7	217,50	17,50	17,50	20.263
		Parcial	60,2	0,3	208,75	8,75	8,75	8.684
2	60,2	Total	59,6	0,6	212,50	12,50	12,50	17.368
		Parcial	60,1	0,1	205,00	5,00	5,00	2.895
3	57,3	Total	56,4	0,9	222,50	22,50	22,50	26.053
		Parcial	56,9	0,4	212,50	12,50	12,50	11.579

Relação entre Empuxo e massa do fluido deslocado E x Dm

Do princípio de Arquimedes temos que Empuxo é igual ao peso do fluido deslocado, logo, podemos determinar graficamente o aceleração da gravidade, a partir da relação:

$$E = g \cdot Dm$$

Cálculo de g a partir do gráfico E = f (Dm) para objetos imersos em álcool

X = Δm (g)	15,56	7,26	11,00	6,02	19,71	18,68	Σ[X] =	78,23
Y = E (din)	14.474	5.789	11.579	5.789	23.158	11.579	Σ[Y] =	72.368
X.Y	225.246	42.046	127.339	34.838	456.498	216.236	Σ[X.Y] =	1.102.203
X ²	242,19	52,74	120,95	36,21	388,58	348,76	S[X ²] =	1.189,43

$$Y = a.X + b, \quad E = g.Dm$$

$$a = \frac{[\sum x_i] \cdot [\sum y_i] - 6 \cdot [\sum x_i y_i]}{[\sum x_i]^2 - 6 \cdot [\sum x_i^2]} = 936$$

$$b = \frac{[\sum x_i y_i] \cdot [\sum x_i] - [\sum (x_i^2)] \cdot [\sum y_i]}{[\sum x_i]^2 - 6 \cdot [\sum x_i^2]} = -143$$

Equação da melhor reta: $Y = 936 X + (-143)$

Valor de g determinado experimentalmente $g = 936 \text{ cm/s}^2$ $Dg (\%) = -4\%$

Pontos corrigidos

X = Δm (g)	15,56	7,26	11,00	6,02	19,71	18,68
Y = E (din)	14.425	6.655	10.151	5.490	18.309	17.338
Valores s/ correção	14.474	5.789	11.579	5.789	23.158	11.579

Pontos de ajuste

X = Δm (g)	5,00	15,00	P ₁
Y = E (din)	4.537	13.898	P ₂

Cálculo de g a partir do gráfico E = f (Dm) para objetos imerso em água

X = Δm (g)	17,50	8,75	12,50	5,00	22,50	12,50	Σ[X] = 78,75
Y = E (din)	20.263	8.684	17.368	2.895	26.053	11.579	Σ[Y] = 86.842
X.Y	354.604	75.987	217.104	14.474	586.182	144.736	Σ[X.Y] = 1.393.087
X ²	306,25	76,56	156,25	25,00	506,25	156,25	S[X ²] = 1.226,56

$$Y = a.X + b, \quad E = g.Dm$$

$$a = \frac{[\sum x_i] \cdot [\sum y_i] - 6 \cdot [\sum x_i y_i]}{[\sum x_i]^2 - 6 \cdot [\sum x_i^2]} = 1.313$$

$$b = \frac{[\sum x_i y_i] \cdot [\sum x_i] - [\sum (x_i^2)] \cdot [\sum y_i]}{[\sum x_i]^2 - 6 \cdot [\sum x_i^2]} = -2.754$$

Equação da melhor reta: $Y = 1.313 X + (-2.754)$

Pontos corrigidos

X = Δm (g)	17,50	8,75	12,50	5,00	22,50	12,50
Y = E (din)	20.216	8.731	13.653	3.809	26.779	13.653
Valores s/correção	20.263	8.684	17.368	2.895	26.053	11.579

Pontos de ajuste

X = Δm (g)	5,00	15,00	P ₁
Y = E (din)	3.809	16.935	P ₂

Valor de g determinado experimentalmente

$$g = 1.313 \text{ cm/s}^2$$

Dg (%) = 34%

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES / FOLHA DE QUESTÕES

1) Determine a constante elástica da mola,
Resposta: $k = 28\,947 \text{ din/cm}$ (cálculos na página 2)

2) Calcule o valor da densidade do álcool.
Resposta: $d = 0,83 \text{ g/cm}^3$ (cálculos na página 1)

3) Os "buracos negros" são regiões do universo de densidade muito elevada, capazes de absorver matéria, que passaria a ter a densidade desses buracos. Estime a ordem de grandeza do volume da Terra, com massa da ordem de 10^{27} gramas, teria caso fosse absorvida por um buraco negro de densidade 10^{24} g/cm^3 .

Resposta:

$$d = \frac{m}{v} \therefore v = \frac{m}{d} \therefore v_T = \frac{10^{27}}{10^{24}} = 10^3 \text{ cm}^3$$

4) Ajuste, usando o MMQ, os pontos obtidos no gráfico $E \times \Delta m$ para o álcool a uma reta passando pela origem, isto é, ache o valor de g na equação $E = g \Delta m$:
Resposta: $g = 936 \text{ cm/s}^2$ (cálculos na página 4 e gráficos em anexo)

5) Um corpo é totalmente mergulhado no interior de um líquido e abandonado a seguir. Poderão ser observadas as seguintes situações:

- a) O corpo permanece em repouso na sua posição de equilíbrio;
- b) O corpo afunda;
- c) O corpo sobe no interior do líquido;
- d) O corpo emerge, passando a flutuar, em equilíbrio na superfície do líquido.

Para cada uma dessas situações, discuta como atuam as forças de pressão sobre o corpo e compare a sua densidade com a do líquido.

a)

$W = E$
 $\mathbf{r}_c \cdot V_c \cdot g = \mathbf{r}_l \cdot V_l \cdot g$
 $\mathbf{r}_c = \mathbf{r}_l$ A densidade do corpo é igual à densidade do líquido.

b)

$W > E \Rightarrow \mathbf{r}_c > \mathbf{r}_l$
 $W = N + E$
 A densidade do corpo é maior que a densidade do líquido.

c)

Neste caso podemos ter a mistura de dois líquidos de densidades diferentes, por exemplo, água e óleo.
 $\mathbf{r}_{H_2O} > \mathbf{r}_{\text{óleo}} > \mathbf{r}_{\text{álcool}}$

Ao acrescentarmos água ao álcool a mistura torna-se mais densa fazendo a gotícula de óleo desprender-se do fundo do recipiente e subir até a porção média do recipiente, mostrando que no primeiro caso $\rho_{\text{óleo}} > \rho_{\text{álcool}}$ e que no 2º caso a mistura (álcool + água) tem a mesma densidade do óleo.

d)

$W = E$
 $\mathbf{r}_c \cdot V_c \cdot g = \mathbf{r}_l \cdot V_l \cdot g$ como $V_l < V_c \Rightarrow \mathbf{r}_c < \mathbf{r}_l$
 A densidade do corpo é menor que a densidade do líquido.

6) Repita os procedimentos da questão 4 para a água.

Resposta: Encontramos $g = 1313 \text{ cm/s}^2$ (cálculos na página 5 e gráfico em anexo)

7) Discuta os valores de g obtidos nos itens 4 e 6, identificando as principais fontes de erro.

Resposta: encontramos valores diferentes para g, provavelmente devido a erros de leitura e também devido à densidade da água que não foi calculada e sim aceita como $1,00 \text{ g/cm}^3$.

8) Muitas pessoas pensam, ingenuamente, que se um tubo flexível estiver com a boca flutuando acima do nível da água será possível respirar através dele enquanto estiverem mergulhadas. Explique com base no que você aprendeu sobre forças de pressão, qual a incoerência desse raciocínio.

Resposta: A área da superfície do corpo humano (pessoa adulta) é da ordem de 1 m^2 . O valor da pressão atmosférica ao nível do mar é da ordem de 10^5 Pa . Isso significa que uma pessoa, ao nível do mar, sofre a ação de uma força de cerca de 10^4 N devido à pressão atmosférica, equivalente ao peso de uma tonelada. Estando o nosso corpo cheio de ar, a mesma pressão que atua de fora para dentro, atua de dentro para fora, impedindo de sermos esmagados. Havendo qualquer variação na pressão externa, esta seria transmitida integralmente ao nosso corpo. Imagine uma pessoa mergulhando a 200 m de profundidade, respirando por um tubo como descrito na questão. Sabendo que a pressão atm aumenta de 1 atm a cada 10 m de profundidade, a 200 m teríamos sobre a pessoa uma pressão de mais 21 atm. Como o pulmão da pessoa só tem ar, haveria uma pressão externa muito maior que a interna, desta forma haveria dificuldade para esta pessoa respirar e esta poderia ser esmagada pela pressão externa da água. Desta forma fica demonstrada a incoerência desse raciocínio.

9) Um aquário, com um peixe, está equilibrado no prato de uma balança. Num certo instante, o peixe nada para a superfície para apanhar comida. Explique o que acontece com a leitura da balança.

Resposta: Quando ele sobe ele empurra a água para baixo, o que faz com que aumente o valor indicado na leitura da balança.

$$P = E + F$$

10) O princípio de Arquimedes vale num satélite em órbita circular terrestre? Explique.

Resposta:

O princípio de Arquimedes diz que: O empuxo hidrostático, isto é, a força que o fluido exerce sobre o corpo nele imerso, é igual ao peso do volume de fluido deslocado no processo de imersão.

$$P = E ,$$

$$\mathbf{r}_c \cdot V_c \cdot g = \mathbf{r}_l \cdot V_l \cdot g \quad g = \text{zero}$$

Não é válido