FACULDADES INTEGRADAS “ESPÍRITA”

CURSO DE BACHARELADO DE FÍSICA ÊNFASE ASTRONOMIA

MEDIDAS

TRABALHO DE FÍSICA EXPERIMENTAL:

ALUNO: Ângelo Antônio Leithold

PROFESSOR: Josué Borba

1° ANO, 2° PERÍODO

SETEMBRO DE 2007

RESUMO

O termo grego φύσις (physis) significa natureza, por definição, a Física é, por assim dizer, uma ciência que estuda a natureza no sentido de perscrutar, mapear, medir e entender as componentes fundamentais do universo. Por exemplo, um corpo parado tem sobre si forças exercidas, contudo, sem o estudo físico, não seria possível parametrizar a resultante das tais.

Diz-se, por exemplo, noutra definição, que a Física está relacionada às leis de simetria e conservação pertinentes a energia, impulso, carga e paridade. Cientistas físicos estudam uma vasta gama de fenômenos, desde partículas subatômicas das quais toda a matéria é oriunda, até o macro-universo.

Alguns, num sentido mais estreito, definem a física como ciência de medidas, outros, ciência e filosofia, contudo, acredita-se ter sido a primeira ciência, ou a base de todo o conhecimento. Quando se mensura dimensões, formas, comprimentos, massas, tempo, ou fenômeno, as unidades de medida utilizadas, por definição, seguem um determinado padrão, o S.I., este dá leitura Metro, Kg e Segundo.

O presente relatório tem por finalidade o aprendizado da demonstrar o aprendizado no manuseio de instrumentações de medidas tais como: Paquímetros, Micrômetros e Balanças de Massa, cujas ordens de precisão diferem conforme o aparelho. A leitura e interpretação dos dados coletados e compilados para os cálculos de massa, densidade e propagação de erros, tem por objetivo fixar as informações apreendidas e aprendidas no decorrer da execução do exercício em laboratório experimental.

1. INTRODUÇÃO

A compreensão da natureza é um dos objetivos que move a Humanidade em direção ao progresso. A Física, assim, pode ser considerada a ‘’ciência mãe de todas as ciências’’, pois interage e permeia as mais diversas disciplinas. Neste contexto, estuda o Cosmo de forma geral, isto é, desde o micro até o macro Universo. Não se sabe exatamente desde quando os seres humanos se utilizam da metodologia de mensuração, porém, esta já está presente nas mais diversas e antigas referências históricas. Dentre estas, citam-se passagens da Bíblia, livro sagrado para muitas religiões, cuja existência das escrituras, presume-se, remontar à uma das mais antigas culturas, sobretudo o Velho Testamento, onde já figuram medidas de comprimento para a construção dos mais diversos objetos.

As medidas, são ‘’mostra’’ de diferentes grandezas físicas, estas são constituídas sobretudo das chamadas ‘’unidades fundamentais’’. Quando executamos o ato de medir, nada mais estamos fazendo do que comparar um determinado comprimento, por exemplo, com um outro ‘’comprimento padrão’’, arbitrado pela Comunidade Científica Internacional como a base de todos os outros padrões de si derivados. Assim, por exemplo, o ‘’metro padrão’’, cujo símbolo é ‘’m’’ atualmente é considerado como uma unidade de medida do S. I. igual ao comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante 1/299.792.458 de segundo, de acordo com a Resolução da 17ª Conferência Geral de Pesos e Medidas ocorrida em outubro de 1983 em Paris, França. Cabe salientar que inicialmente o metro era uma unidade de medida derivada de 1/40.000.000 do meridiano terrestre, que foi oficializado na primeira Conferência Geral de Pesos e Medidas em Paris em 1889, representado pela distância de dois traços paralelos feitos no ‘’protótipo internacional de platina’’, que se encontra depositado no pavilhão de Breteuil, Sèvres, França. Para o Quilogramo, o padrão é um decímetro cúbico de água bidestilada numa temperatura de 4° C, sendo o gramo sua milésima parte.

2. TEORIA

2.1.Objetivo

Nesse relatório, pretende-se verificar as diferenças de medidas dimensionais e de massa, além da propagação de erros, que ocorrem num determinado objeto, uma esfera de vidro, ao se calcular seu volume e massa, a partir de dados obtidos através de três instrumentos de medição, sejam, o paquímetro, o micrômetro e a balança. Para tal, é necessária uma rápida descrição dos instrumentos e alguns conceitos básicos, sejam, a definição de medida, erros exatidão e precisão.

2.1 Medida

Em física, uma medida é relacionada de forma próxima com o fato de que as ciências exatas são baseadas em aspectos quantitativos. Pode-se definir que uma medida é a relação numérica entre uma grandeza e outra, de mesma natureza, tomada como unidade.

2.2 Erros

Os erros são inerentes a todas medidas e nunca são completamente eliminados. A teoria dos erros, diz que um problema está resolvido se for apresentado juntamente à solução encontrada. Para se obter o valor de volume, por exemplo, seguido do cálculo de densidade a partir de medidas diretas de diâmetro e massa, é necessário dimensionar o erro inserido na cadeia de cálculos.

2.3 Exatidão e precisão

O termo exatidão, significa que ao se executar determinada medição, os erros sistemáticos são considerados nulos ou desprezíveis, pois sua magnitude jamais alterará o resultado final; também existe o termo ‘’medida exata’’, cuja principal atitude ao tomá-la, é a redução ou minimização de medidas que levem

a erros acidentais, logo uma ‘’medida exata é aquela cujos erros acidentais são pequenos’’.

2.4 Equações

A partir de uma esfera de vidro, foram tomadas medidas (x_i) através de paquímetro, micrômetro e balança de massas. As medições repetidas N vezes por instrumento, possibilitam os cálculos de valores médios x_m e demonstraram seus respectivos erros (Δx) conforme as equações (1) e (2), respectivamente:

$$x_m = \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i}{N} \tag{1}$$

$$\Delta x = \sum_{i=1}^{N} \frac{|x_m - x_i|}{N} \tag{2}$$

Para calcular volume (V), foram aplicadas equações que utilizam o diâmetro (D) ao invés do raio (R), conforme a equação (3):

$$V = \frac{4}{3}\Pi R^3 = \frac{4}{3}\Pi \left(\frac{D}{2}\right)^3$$

$$V = \frac{\Pi}{6} D^3 \tag{3}$$

isso se deve ao fato que a divisão por 2 pelo diâmetro para encontrar o raio, poderia propiciar algum tipo de aproximação do cálculo, o que geraria um aumento nos erros já existentes. Ao se obter as medidas de massa (m) e proceder ao cálculo do volume da esfera, torna-se possível calcular sua massa específica, ou, no caso deste trabalho a densidade (ρ) dada pela equação (4):

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{4}$$

Porém, ao se realizar cálculos para se obter outras grandezas de forma indireta, a partir de medidas obtidas diretamente, ocorre um aumento nos erros através da propagação de erros que é dada pela equação (5), onde *V* é uma grandeza qualquer, podendo por exemplo, ser Volume (V), e mais adiante Densidade (ρ):

$$V = f(x \pm \Delta x, y \pm \Delta y, ...) \tag{5}$$

Neste trabalho, foi utilizada para a determinação da propagação de erros para o cálculo de volume, a equação (6) da multiplicação, onde:

$$V \pm \Delta V = (x_m . y_m) \pm (x_m . \Delta_y + y_m . \Delta_x) \tag{6}$$

Para a determinação da propagação de erros e cálculo da densidade (ρ), foi utilizada a equação da divisão (7):

$$V \pm \Delta V = \frac{x_m}{y_m} \pm \frac{1}{y_m^2} \cdot (x_m \cdot \Delta y + y_m \cdot \Delta_x) \tag{7}$$

3. PARTE EXPERIMENTAL OU DESENVOLVIMENTO

Para a tomada de medidas da esfera, (no caso uma bolinha de gude), foi utilizado um primeiro paquímetro, em seguida, um segundo paquímetro para realizar a segunda medida, e, um terceiro para realizar a terceira medida, repetindo a seqüência na quarta medida, e assim sucessivamente até a décima, sendo que três medições foram executadas com em cada dois paquímetros, e quatro no terceiro. O procedimento de tomada de medidas do micrômetro, seguiu a mesma metodologia do paquímetro, isto é, foi utilizado um primeiro micrômetro e executada uma primeira medida, e assim sucessivamente até a décima medida. Para tomada de medida de massas, o procedimento foi repetido por dez vezes, e foi utilizada somente uma balança. Foram procedidas medições em toda área possível para dez tomadas. Os resultados foram inseridos em tabelas para posterior análise dos dados.

3.1 Instrumentos

3.1.1 Paquímetro

Um paquímetro é um instrumento utilizado para medir a distância entre dois lados simetricamente opostos em um objeto, funciona por deslizamento de uma base móvel sobre uma régua graduada (Podendo medir profundidades, etc); quando ajustado entre dois pontos, e retirado do local, a medição é lida em sua régua perante a posição da base móvel, possui uma régua sobreposta chamada nônio, ou vernier, que aumenta a precisão de leitura. Os paquímetros utilizados possuem uma escala de resolução de 1/50 mm, ou 0,02 mm, assim, é possível uma precisão de leitura, através do vernier, ou nônio de dois centésimos de milímetro.

3.1.2 Micrômetro

O micrômetro é um instrumento que mede com exatidão toda a espécie de objetos. Funciona por rosqueamento de um parafuso (Tambor) micrométrico sobre uma haste, é muito mais preciso que o paquímetro, pois a haste gira em fuso com uma rosca de alta precisão. A leitura é feita através de uma escala graduada no corpo do tambor ligado ao fuso, também possui um nônio que aumenta substancialmente a precisão. Os micrômetros utilizados neste trabalho, contêm uma escala de resolução de 0,001 mm ou um milésimo de milímetro em seu vernier ou nônio.

3.1.3 Balança

Uma balança de massa, ou simplesmente balança, é um instrumento que mede a massa de um determinado corpo. A utilizada para a execução deste relatório, possui uma escala de resolução de 0,1 g , ou, um décimo de gramo.

4. RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

4.1 Tabelas de medições de diâmetros e massa

Neste item foram compiladas as tabelas de dados para posterior utilização em cálculos.

Equações utilizadas para calcular a média e o erro absoluto:

Valor médio das N medidas ou média: $x_m = \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i}{N}$

Valor do erro ou incerteza, erro absoluto: $\Delta x = \sum_{i=1}^{N} \frac{|x_m - x_i|}{N}$

A tabela 1 e a tabela 2, foram montadas a partir de dez leituras seguidas do diâmetro da esfera de vidro através de um paquímetro e micrômetro respectivamente, na tabela 3 foram inseridos dados de massa através de uma balança.

Tabela 1 - Leitura com Paquímetro

Paquímetro			
	Medidas (xi)	**xm-xi**	**|xm-xi|**
	18,70	-0,120	0,12
	18,60	-0,020	0,02
	18,55	0,030	0,03
	18,60	-0,020	0,02
	18,50	0,080	0,08
	18,60	-0,020	0,02
	18,50	0,080	0,08
	18,55	0,030	0,03
	18,65	-0,070	0,07
	18,55	0,030	0,03
Média (xm)	**18,58**	**Soma Σ (|xm-xi|) =>**	**0,5**
		Erro absoluto (Δ x) =>	**0,05**

Tabela 2 - Leitura com Micrômetro

Micrômetro			
	Medidas (xi)	**xm-xi**	**|xm-xi|**
	18,596	0,0458	0,0458
	18,698	-0,0562	0,0562
	18,681	-0,0392	0,0392
	18,731	-0,0892	0,0892
	18,627	0,0148	0,0148
	18,558	0,0838	0,0838
	18,578	0,0638	0,0638
	18,594	0,0478	0,0478
	18,722	-0,0802	0,0802
	18,633	0,0088	0,0088
Média (xm)	**18,64**	**Soma Σ (|xm-xi|) =>**	**0,5296**
		Erro absoluto (Δ x) =>	**0,05**

A tabela 3 foi montada a partir de dez leituras seguidas da massa da esfera de vidro através de uma Balança de Massas de Laboratório.

Tabela 3 - Leitura com Balança de Massas.

Balança			
	Medidas (xi)	**xm-xi**	**|xm-xi|**
	7,7	-0,340	0,34
	7,2	0,160	0,16
	7,3	0,060	0,06
	7,3	0,060	0,06
	7,4	-0,040	0,04
	7,8	-0,440	0,44
	7,1	0,260	0,26
	7,3	0,060	0,06
	7,2	0,160	0,16
	7,3	0,060	0,06
Média (xm)	**7,4**	**Soma Σ (|xm-xi|) =>**	**1,64**
		Erro absoluto (Δ x) =>	**0,2**

4.2 CÁLCULOS

Neste item foi utilizada a equação (3) que usa o Diâmetro (D) das medições através dos paquímetros e inseridas nas Tabelas 1 e 2 para o cálculo do volume.

$$V = \frac{\Pi}{6} D^3$$

Levando-se em conta o cálculo de propagação de erros, temos equação da multiplicação:

$$V \pm \Delta V = (x_m . y_m) \pm (x_m . \Delta_y + y_m . \Delta_x)$$

D é o diâmetro medido

$$V \pm \Delta V = D \pm \Delta D \tag{8}$$

$$D^3 = D \cdot D \cdot D \tag{9}$$

desenvolvendo

$$D \pm \Delta D = D^3 \pm (3D . \Delta_x) \tag{10}$$

$$V \pm \Delta V = \frac{\Pi}{6}(D \pm \Delta D) \tag{11}$$

assim, obtemos a equação (12) para o volume da esfera, com o devido dimensionamento de propagação de erros:

$$V \pm \Delta V = \frac{\Pi}{6} D^3 \pm (3D\Delta_x) \tag{12}$$

4.3 Volume da esfera - Paquímetro

Para o cálculo de volume das medidas obtidas através de paquímetro, obtemos os seguintes dados da Tabela 1

$$D = 18{,}58mm$$

$$\Delta x = \pm 0{,}05mm$$

Onde *D* é a média do diâmetro da esfera e Δx o erro estimado.

Calculando o volume através da equação (12) com a respectiva propagação de erros obtemos:

$$V \pm \Delta V = \frac{\Pi}{6}(18{,}58)^3 \pm (3.18{,}58.0{,}05)$$

$$V \pm \Delta V = (3.358{,}43 \pm 2{,}79)mm^3$$

4.4 Volume da esfera - Micrômetro

Para o cálculo de volume das medidas obtidas através de micrômetro, obtemos os seguintes dados da Tabela 1

$$D = 18{,}64mm$$

$$\Delta x = \pm 0{,}05mm$$

Onde *D* é a média do diâmetro da esfera e Δx o erro estimado.

Calculando o volume através da equação (12) com a respectiva propagação de erros obtemos:

$$V \pm \Delta V = \frac{\Pi}{6}D^3 \pm 3D.\Delta_x$$

$$V \pm \Delta V = \frac{\Pi}{6}(18{,}64)^3 \pm (3.18{,}64.0{,}05)$$

$$V \pm \Delta V = (3.391{,}07 \pm 2{,}80)mm^3$$

4.5 Cálculo de densidade

Obtidas as medidas de massa e volume, foi executado cálculo de densidade da esfera de vidro utilizando a equação :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Uma vez que é uma ‘’divisão’’, a equação com propagação de erros é:

$$V \pm \Delta V = \frac{x_m}{y_m} \pm \frac{1}{y_m^2} \cdot (x_m \cdot \Delta y + y_m \cdot \Delta_x)$$

substituindo temos:

$$\rho \pm \Delta \rho = \frac{m}{v} \pm \frac{1}{v^2} \cdot (m \cdot \Delta v + v \cdot \Delta m)$$

Uma vez desenvolvida a equação, é possível o cálculo da densidade do material que compõe a esfera. Após foi verificado que a densidade do vidro coaduna com as disponibilizadas em tabelas específicas, conforme descrito adiante.

4.5.2 Densidade da esfera a partir da massa e diâmetro- Paquímetro

Da Tabela 3, massa, obtemos:

$$m \pm \Delta m = (7{,}4 \pm 0{,}2)g$$

Da Tabela 1, volume:

$$V \pm \Delta V = (3.358{,}43 \pm 2{,}79)mm^3$$

$$\rho \pm \Delta\rho = \frac{7{,}4}{3.358{,}43} \pm \frac{1}{3.358{,}43^2} \cdot (7{,}4 \cdot 2{,}79 + 3.358{,}43 \cdot 0{,}2)$$

Logo, a densidade da esfera de vidro é

$$\rho \pm \Delta\rho = 2{,}20mg/mm^3 \mp 0{,}614\mu .g/mm^3$$

acertando as casas e arredondando:

$$\rho \pm \Delta\rho = (2{,}2000 \pm 0{,}0006)g/cm^3$$

4.5.2 Densidade da esfera a partir da massa e diâmetro - Micrômetro

Da Tabela 3, massa

$$m \pm \Delta m = (7{,}4 \pm 0{,}2)g$$

Da Tabela 2, volume

$$V \pm \Delta V = (3.391{,}07 \pm 2{,}80)mm^3$$

assim,

$$\rho \pm \Delta\rho = \frac{7,4}{3.391,07} \pm \frac{1}{3.391,07^2} \cdot (7,4 \cdot 2,80 + 3.391,07 \cdot 0,2)$$

$$\rho \pm \Delta\rho = 2,18 mg/mm^3 \pm 0,608 \mu .g/mm^3$$

acertando as casas e arredondando

$$\rho \pm \Delta\rho = (2,1800 \pm 0,0006) g/cm^3$$

4.6 Propagação de erros

Uma vez que se deve usar apenas o algarismo mais significativo para indicar o erro, este, para o volume da esfera, a partir do paquímetro foi:

$$\pm \Delta V = \pm 2,79 mm^3$$

arredondando, o valor final para o erro é:

$$\pm \Delta V = \pm 2,8 mm^3$$

A propagação de erros para as medidas de Diâmetro feitas através de micrômetro, para o volume da esfera, foi:

$$\pm \Delta V = \pm 2,80 mm^3$$

o valor final para o erro é:

$$\pm \Delta V = \pm 2,8 mm^3$$

4.5.4 Cálculo da média e da incerteza

Utilizando os resultados finais obtidos para o volume e para a densidade com o paquímetro e com o micrômetro, a média foi obtida primeiramente a partir da equação da adição (13):

$$V \pm \Delta V = (x_m + y_m) \pm (\Delta_x + \Delta_y) \tag{13}$$

para em seguida ser utilizada a equação da divisão (7):

$$V \pm \Delta V = \frac{x_m}{y_m} \pm \frac{1}{y_m^2} \cdot (x_m \cdot \Delta_y + y_m \cdot \Delta_x)$$

4.5.4.1 Média dos volumes

Substituindo os termos:

$$V_{pm} \pm \Delta V_{pm} = (V_p + V_m) \pm (\Delta V_p + \Delta V_m)$$

$$V_{pm} \pm \Delta V_{pm} = (3.358{,}43 + 3.391{,}07) \pm (2{,}79 + 2{,}80)$$

$$V_{pm} \pm \Delta V_{pm} = (6.749{,}50 \pm 5{,}59) mm^3$$

após a soma, para a média dos Volumes com a propagação de erros:

$$V_{pm} \pm \Delta V_{pm} = (6.749{,}50 \pm 5{,}59) mm^3$$

e

$$y \pm \Delta y = 2 \pm 0$$

logo

$$MV_{pm} \pm \Delta MV_{pm} = \frac{V_{pm}}{y} \pm \frac{1}{y^2} \cdot (V_{pm} \cdot 0 + y \cdot \Delta V_{pm})$$

assim

$$MV_{pm} \pm \Delta MV_{pm} = \frac{6.749{,}50}{2} \pm \frac{1}{2^2} \cdot (6.749{,}50 \cdot 0 + 2 \cdot 5{,}59)$$

$$MV_{pm} \pm \Delta MV_{pm} = (3.379{,}75 \pm 2{,}795) mm^3$$

ou arredondando

$$MV_{pm} \pm \Delta MV_{pm} = (3{,}380 \pm 0{,}003) cm^3$$

4.5.4.1 Média das densidades

Substituindo os termos:

$$\rho_{pm} \pm \Delta \rho_{pm} = (\rho_p + \rho_m) \pm (\Delta \rho_p + \Delta \rho_m)$$

$$\rho_{pm} \pm \rho V_{pm} = (2{,}20.10^{-3} + 2{,}18.10^{-3}) \pm (0{,}607.10^{-6} + 0{,}614.10^{-6})$$

$$\rho_{pm} \pm \Delta \rho_{pm} = (4{,}38.10^{-3} \pm 1{,}221.10^{-6}) g / mm^3$$

após a soma, para a média aritmética das densidades, dividiu-se o resultado por 2, com a respectiva propagação de erros, conforme a equação da divisão desenvolvida, onde:

$$\rho_{pm} \pm \Delta \rho_{pm} = (4{,}38.10^{-3} \pm 1{,}221.10^{-6}) g / mm^3$$

e

$$y \pm \Delta y = 2 \pm 0$$

logo

$$M\rho_{pm} \pm \Delta M\rho_{pm} = \frac{\rho_{pm}}{y} \pm \frac{1}{y^2} \cdot (\rho_{pm} \cdot 0 + y \cdot \Delta\rho_{pm})$$

assim

$$M\rho_{pm} \pm \Delta M\rho_{pm} = \frac{4{,}38.10^{-3}}{2} \pm \frac{1}{2^2} \cdot (4{,}38.10^{-6} \cdot 0 + 2.1{,}221^{-6})$$

$$M\rho_{pm} \pm \Delta\rho V_{pm} = (2{,}19.10^{-3} \pm 0{,}6105.10^{-6}) g/mm^3$$

Acertando as casas e arredondando:

$$M\rho_{pm} \pm \Delta M\rho_{pm} = (2{,}1900 \pm 0{,}0006) g/cm^3$$

Na Tabela 4 foram compilados os volumes e as densidades conforme demonstrado acima.

Tabela 4 - Resultado dos Cálculos de volume e densidade

	Média	Erros
Volume Paquímetro ($V_p \pm \Delta V_p$)	3.358,43 mm³	± 2,79 mm³
Volume Micrômetro ($V_m \pm \Delta V_m$)	3.391,07 mm³	± 2,80 mm³
Média do Volume ($MV_{pm} \pm \Delta MV_{pm}$)	3.379,75 mm³	± 2,795 mm³
Densidade Paquímetro ($\rho_p \pm \Delta\rho_p$)	2,20 mg/mm³	± 0,0006 mg/mm³
Densidade Micrômetro ($\rho_m \pm \Delta\rho_m$)	2,18 mg/mm³	± 0,0006 mg/mm³
Média da Densidade ($\rho_{pm} \pm \Delta\rho_{pm}$)	2,19 mg/mm³	± 0,0006 mg/mm³

Na Tabela 5 foram listados os volumes e as densidades arredondadas e tomando-se por base cm^3 e g.

Tabela 5 - Volume e densidade em cm^3

	Média	Erros
Volume Paquímetro ($V_p \pm \Delta V_p$)	3,360 cm^3	± 0,003 cm^3
Volume Micrômetro ($V_m \pm \Delta V_m$)	3,390 cm^3	± 0,003 cm^3
Média do Volume ($MV_{pm} \pm \Delta MV_{pm}$)	3,380 cm^3	± 0,003 cm^3
Densidade Paquímetro ($\rho_p \pm \Delta \rho_p$)	2,2000 g/cm^3	± 0,0006 g/cm^3
Densidade Micrômetro ($\rho_m \pm \Delta \rho_m$)	2,1800 g/cm^3	± 0,0006 g/mm^3
Média da Densidade ($\rho_{pm} \pm \Delta \rho_{pm}$)	2,1900 g/cm^3	± 0,0006 g/mm^3

5. QUESTÕES

Este item destina-se à resolução de questões do Plano de Aula – Roteiro I.

a). Comente a diferença entre os valores e número de algarismos significativos encontrados para os valores das medidas da esfera com o paquímetro e com o micrômetro.

A diferença reside no fato da precisão de ambos, pois o paquímetro possui uma escala de precisão na ordem de 1/50 mm ou dois centésimos de milímetros, enquanto o micrômetro possui uma escala de precisão da ordem de 0,001 mm ou um milésimo de milímetros.

b). Na medida dos objetos, qual foi medido com maior precisão, a massa, ou o volume (diâmetro e/ou comprimento)?

Devida escala dos instrumentos, a precisão maior foi para os diâmetros medidos pelo paquímetro e pelo micrômetro (menor no paquímetro e maior no micrômetro), pois a escala de ambos residia na ordem de centésimos e milésimos, enquanto da balança, possuía uma escala na ordem de décimos de gramo. A questão do volume, é dependente da precisão de ambos instrumentos, assim, não possui nem maior, nem menor precisão em relação dos instrumentos citados, pois esta depende dos cálculos e da propagação de erros.

c). Qual resultado você considera mais preciso para o volume e/ou densidade, o valor obtido da média, ou o valor obtido com o paquímetro, ou o valor obtido com o micrômetro? Explique.

O valor obtido por leitura direta através do micrômetro é o de maior precisão do que o valor obtido através do paquímetro. Isso se deve ao fato da escala mais justa do micrômetro, porém, sempre haverá uma incerteza na mensuração. Esta incerteza, traduzida em erro, deve ser minimizada. Uma forma de reduzi-la é através de sucessivas tomadas de medidas, que compiladas, extraída a média e calculada a diferença dimensional através da propagação de erros, estarão numa dimensão mais próxima da real.

Imagine, por exemplo, se tomamos a medida de um determinado objeto numa determinada temperatura, se este dilata, ao aumentar a temperatura, sucessivas medidas acompanharão o aumento dimensional do objeto, ao diminuir a temperatura, ocorrerá o mesmo fenômeno, ou seja, o objeto terá reduzida sua dimensão, e as tomadas acompanharão esta diminuição. Porém, a média das sucessivas medidas estará mais próxima da medida real do que somente uma tomada de medidas, pois haverá na escala de erro um valor acima e abaixo da medida considerada.

d). Expresse os valores das massas no sistema de unidades CGS e no sistema internacional (SI).

Os valores e suas devidas unidades nos sistemas SI e CGS estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 comparação das massas CGS e SI

Sistema CGS	Sistema SI
7,7 g	0,0077 kg
7,2 g	0,0072 kg
7,3 g	0,0073 kg
7,3 g	0,0073 kg
7,4 g	0,0075 kg
7,8 g	0,0078 kg
7,1 g	0,0071 kg
7,3 g	0,0073 kg
7,2 g	0,0072 kg
7,3 g	0,0073 kg
Média 7,4 g	**0,0074 kg**

e). Busque uma tabela de densidades para identificar o elemento de que é feito o onjeto medido.

Os prováveis materiais mais próximos que se adequam aos valores encontrados podem ser ou o "Vidro de Borossilicato Pyrex – Duran" – cuja densidade se encontra entre 2,1 – 2,3; ou o Cordierite, cuja densidade se situa entre 2,1 – 2,3, conforme explicitado na Tabela 7.

Tabela 7 – Densidades de vidros e cerâmicos

Vidros e Cerâmicos	Densidade (g/cm^3)
Vidro de Chumbo - Cristal	2,8 – 2,9
Cordierite	2,0 – 2,2
Vidro de Borossilicato - Pyrex - Duran	2,1 – 2,3
Vidro de soda - tipo janela	2,4 – 2,6

Instituto Superior Técnico – Demat – Departamento de Engenharia de Materiais. Disponível em <http://www.demat.ist.utl.pt/~alberto/brinca/experiencias/Exp.1-Arquimedes/Tabela%20de%20Densidades%202003.doc> - Acesso em 1° de maio de 2007.

f). Escreva os valores de densidade em g/cm^3 e kg/m^3.

Os valores das densidades em g/cm^3 e kg/m^3 estão representados na Tabela 8 juntamente com a propagação de erros.

Tabela 8 – Comparação de densidades em g/cm^3 e kg/m^3

	ρ g/cm^3	Erro g/cm^3	ρ kg/m^3	Erro kg/m^3
ρ Paquímetro	2,2000	± 0,0006	2.200,0	± 0,6
ρ Micrômetro	2,1800	± 0,0006	2.180,0	± 0,6
ρ Média	2,1900	± 0,0006	2.190,0	± 0,6

g). Por quê são realizadas várias repetições das medidas?

Ao repetirmos a mensuração de uma grandeza em condições que acreditamos serem idênticas, nunca obteremos o resultado idêntico, conforme comprovado nas tabelas 1, 2 e 3 deste trabalho.

Os valores que foram medidos não podem ser considerados os valores verdadeiros, pois é sabido que medições não são exatas e sua precisão é limitada pela escala de precisão do instrumento que é utilizado para executar a leitura.

As várias repetições das medidas são necessárias para reduzir o erro e linearizá-las, pois, ao se realizar uma medição, esta vem acompanhada de erros e de incertezas, estas, por assim dizer, podem ser definidas como uma determinada quantidade de dúvida da leitura.

Os erros, podem ser definidos como a diferença entre os valores medidos e os valores que podemos considerar ‘’verdadeiros’’. Portanto, a repetição é necessária para reduzir as incertezas que se apresentam ao se medir determinada grandeza.

h). Qual a menor parte de um centímetro que pode ser estimada com uma régua comum? Qual a menor parte de um centímetro que pode ser estimada com um paquímetro? E com um micrômetro?

A menor parte medida do centímetro através de uma régua graduada, seria sua décima parte, ou, 1mm, isto é, qualquer valor que seja menor que a graduação observada diretamente, passa a ser ‘’avaliada’’, pois, depende da acuidade visual do observador, portanto, esta deve ser a medida que se tem ‘’certeza’’.

No caso do Paquímetro, esta dependerá da escala de precisão do nônio (Ou vernier) que é dada na base do instrumento, esta pode ser em torno de 1 centésimo de milímetro, ou 2 centésimos de milímetro. Alguns paquímetros de menor qualidade, possuem uma precisão inferior à 5 centésimos de milímetro. Traduzindo para centímetro, a medida pode ser em um milésimo de centímetro (0,001cm) , ou dois milésimos de centímetro (0,002cm), ou, conforme descrito, no caso de paquímetros de baixa qualidade, 5 milésimos de centímetro (0,005cm).

No micrômetro, ocorre o mesmo processo do paquímetro, isto é, a estimativa de medida, dependerá da escala vernier (ou nônio), assim, tomando-se por base um micrômetro cuja escala é de 0,001 mm (Um milésimo de milímetro) a estimativa se dará em torno de 0,0001 cm.

i). Qual a medida em centímetros cúbicos da esfera? Qual o volume em litros? Qual a massa em quilogramas?

Sua medida em centímetros cúbicos é :(3,380 ± 0,003) cm^3 , seu volume em litros é (0,00338 ± 0,00003) e sua massa em kg é 0,0074 kg

j) Qual o significado do desvio padrão? E do desvio padrão da média?

O desvio padrão nos dá a confiabilidade de determinado valor encontrado numa quantidade de N medidas, resumindo, quanto maior seu valor, menor será a confiabilidade de uma determinada média. É seu valor que estabelece a incerteza de qualquer medida quando nos baseamos em outras. Portanto, a confiabilidade de determinada uma série de medidas, é indicada pelo desvio padrão.

O desvio padrão da média nos indica que existe uma determinada possibilidade, dada em porcentual, de que um valor de uma grandeza, se encontra num determinado limite superior e inferior dado por $x = (\bar{x} \pm s_x)$. Ou que o intervalo de confiança de um determinado porcentual poderia ser obtido por um conjunto infinito de medidas, e que algumas medidas poderiam nos indicar uma amostra que nos indicaria as mesmas características de determinada amostragem.

k). Qual a finalidade de se calcular a média ponderada?

Quando se fazem medições com instrumentos diferentes e diferentes experimentadores, métodos e instrumentos, pode haver uma diferença nos erros estatísticos ocasionada , assim, é necessária a determinação de uma média ponderada que fará equalização, ou uma melhor aproximação das medidas de um determinado conjunto de diversos resultados experimentais.

l). Poderia a medida de um objeto com um micrômetro, mudar o número de algarismos significativos no volume de um objeto medido com o paquímetro.

Sim, é possível, no próprio trabalho em laboratório do qual este relatório é resultante, foi observada esta mudança, isto é, o paquímetro tem uma precisão na ordem de centésimos de milímetros, enquanto o micrômetro possui uma escala de medida na ordem de milésimos de milímetros.

6.DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Nesse relatório, foram verificadas as diferenças de medidas dimensionais, de massa e densidade, de uma esfera de vidro. Esta conforme observado, embora visualmente regular, apresentou uma provável e pequena diferença de medidas de diâmetro.

As medidas de diâmetro tomadas a partir de um paquímetro, um micrômetro e da massa tomada através de uma balança, partiu-se para o cálculo de volume e densidade.

Os valores médios calculados de volume, cujas medidas foram oriundas das medições via paquímetro, (3,360 ± 0,003) cm^3, se apresentaram bastante semelhantes aos valores obtidos a partir do micrômetro, (3,390 ± 0,003) cm^3, o que gerou uma média resultante de volume dos dois instrumentos, (3,380 ± 0,003) cm^3, condizente com o esperado.

Quanto à densidade encontrada, apesar da propagação de erros aumentar em função dos cálculos em cascata, tanto para o paquímetro, (2,2000 ± 0,0006) g/cm^3, quanto para o micrômetro, (2,1800 ± 0,0006) g/mm^3, e a resultante da média entre os dois instrumentos, (2,1900 ± 0,0006) g/mm^3, mostrou estar correta e condizente com a realidade. Isto se deve, provavelmente pela tomada de medidas cuidadosas e pelos cálculos executados, o que resultou num bom aproveitamento. Para as medidas de volume estas poderiam ser tomadas a partir da imersão da esfera num recipiente contendo líquido, o que agiria como uma maneira de se descobrir se o valor calculado, realmente seria condizente com o medido. Uma sugestão interessante, por exemplo, seria uma seringa de injeção com determinada quantidade de água, tendo uma escala graduada, esta teria uma relativa precisão em medições de volume através de leitura direta.

O cálculo de densidade resultou na provável determinação do material de que é composta a esfera, que pode estar entre o Cordierite, cuja densidade se situa entre 2,0 – 2,2, ou o Vidro de Borossilicato - Pyrex – Duran de densidade entre 2,1 – 2,3. Assim, os resultados das experiências e cálculos, aparentemente se mostram satisfatórias, pois foi possível uma comparação paramétrica no final do trabalho entre o material medido e materiais disponíveis em tabelas comparativas.

7.BIBLIOGRAFIA

* Instituto Superior Técnico – Demat – Departamento de Engenharia de Materiais. Disponível em: <http://www.demat.ist.utl.pt/~alberto/brinca/experiencias/Exp.1Arquimedes/Tabela%20de%20Densidades%202003.doc> - Acesso em 28 de abril de 2007.

*Universidade Estadual do Centro-Oeste: Departamento de Física – Disponível em <http://www.unicentro.br/fisica/laboratorio/Introdincertezas.pdf > - Acesso em 1° de maio de 2007.