

1.1- O QUE É MEDIR?

Todas as ciências lidam com um amplo conjunto de grandezas. Cada uma delas relevante para o estudo, ou a análise, de um determinado fenômeno. No caso da física dizemos que ela lida com grandezas físicas.

Um dos aspectos mais importantes em relação às grandezas físicas é que sempre existe a necessidade de quantificá-las. Quantificar, que é estabelecer o quanto existe de certa grandeza como a massa, requer que a comparemos com outras. Ou seja, exige que façamos comparações. Dizemos que para determinarmos com precisão o valor de uma grandeza física existe a necessidade de se efetuar medidas. Medir, por outro lado, é comparar.

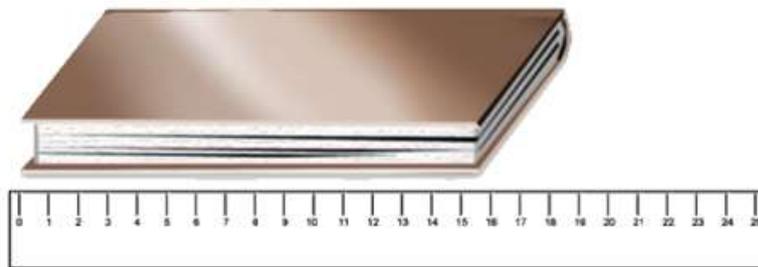


Fig. 1- Medir é comparar com uma unidade de medida.

Por exemplo, no cotidiano, quando estamos numa viagem muitas vezes queremos saber qual é a velocidade do automóvel. Existe um instrumento (o velocímetro) que nos dá informações sobre os valores dessa grandeza física ao longo da viagem. Quando vamos à feira, por exemplo, queremos saber qual é a massa de uma porção de tomates. Nesse caso dizemos que queremos saber qual é o peso dos tomates ou de uma porção de tomates. Também às vezes nos interessa saber qual é a altura de alguém. Ou seja, precisamos medir o comprimento de um indivíduo.

O fato é que no dia a dia efetuamos medidas praticamente ao longo do dia inteiro. Para constatar isso basta, por exemplo, contar quantas vezes consultamos o relógio para determinar as horas. Estamos neste caso, medindo o tempo.



Fig. 2- Podemos usar nossas pulsações para medir o tempo. Unidade não padronizada, pois depende de cada indivíduo.

Medir é comparar uma grandeza com outra grandeza (de mesma natureza) a qual se adota como uma unidade de medida. De preferência, devemos adotar uma unidade padrão.

Na ciência, por outro lado, definimos o que é medir como sendo aquilo que fazemos quando comparamos grandezas da mesma natureza. Fazemos uma comparação da grandeza física que queremos medir com uma unidade de medida, de preferência uma unidade de medida padrão. No entanto, muitas vezes lançamos mão de unidades não padronizadas. Por exemplo: quando medimos o tamanho de uma sala, às vezes utilizamos o palmo, ou o do passo da perna. Você dá cinco passos e diz: essa sala mede 5 metros, imaginando que cada passo corresponda a 1 metro. Mas de qualquer maneira estamos lançando mão de uma unidade não padronizada. Por vezes é isso que temos à nossa disposição.

O fato é que no processo de medida, devemos adotar uma unidade da grandeza a ser medida.

As unidades de medida padronizadas são aquelas que hoje são aceitas praticamente em todos os países. São as unidades do sistema internacional de medidas.

Gostaríamos de chamar a atenção para o fato de que muitas vezes agente lança mão de processos de medidas indiretas. Por exemplo: como se pode medir a massa da terra, a massa do sol, se nós não temos balanças para pesar esses objetos como dizemos no cotidiano ou para medir a massa.

2. MEDIDAS DE MASSA

Massa é outra grandeza física difícil de ser definida.

Mas veja bem, aqui estamos diante de outra situação bastante feliz, bastante conveniente para as ciências. Isso por que sabemos medir massas com muita precisão. Usualmente nós chamamos de balanças aqueles instrumentos que utilizamos para medidas de massas. Quero chamar a atenção para o fato de que uma balança romana é composta por dois pratos e veja-se que agora vamos medir massas utilizando a balança romana comparando massas. Mas como comparamos massas? Aqui esta uma coisa curiosa. Neste caso, nós estamos comparando forças. Mas de que força estamos falando agora? Da força gravitacional conhecida como força peso. A força gravitacional não varia muito na superfície terrestre. E essa força é a força peso. Ela é dada pela massa \times a aceleração da gravidade no local.

Para pesar procedemos assim: um pacote de tomates é colocado em um dos pratos da balança. Agora procuramos equilibrar essa força colocando pesos no outro prato. E vamos colocando pesos até enquanto um ponteiro se desloca. Quando ele atinge o centro daquele espaço no qual o ponteiro pode-se deslocar, dizemos que houve o equilíbrio das forças. Consequentemente para sabermos qual é a massa, ou qual é a força exercida pela massa associada aos tomates nós vamos agora procurar determinar, e isso é fácil, quanto de massa nós colocamos no outro prato. É claro que ao colocarmos massas no outro prato, muitas vezes nós lançamos mão de pesinhos, pesos grandes, pesos pequenos, de acordo com a figura que temos ao lado.



Fig. 3- A balança Romana.

Portanto, comparar massas nesse caso, é comparar forças. É claro que podemos fazer medidas mais sofisticadas de massas, por exemplo: como agente determina massas de moléculas? Não vamos colocar moléculas numa balança. Ai lançamos mão de outros instrumentos de forma que nós podemos, por exemplo, lançar mão de um instrumento denominado espectrógrafo de massa. Nele, a massa é depositada depois de passar por uma região na qual existe um campo magnético. Assim, a partir de uma medida indireta que é o raio da circunferência associada a sua trajetória quando ela passa pelo campo magnético, podemos inferir sua massa. É uma medida indireta, portanto.

A unidade padrão, no sistema internacional de medidas, é o Quilograma que se tornou praticamente a unidade utilizada por quase todo mundo. Muitos países aderiram a essa unidade. No entanto, os países de língua inglesa ainda adotam outras unidades de medida como, por exemplo, o Pound. O fato é que são unidades padronizadas, mas não unidades de medidas do sistema internacional de medidas.



Fig. 4- O Quilograma padrão, guardado no Instituto de pesos e medidas de Paris.

Por outro lado temos os múltiplos e submúltiplos por que a variação de massas dos objetos no universo é a maior existente. Não existe nada que varie tanto quanto a massa. A massa do elétron é de cerca de 10^{-31} kg. A massa do próton 2.000 vezes maior. A massa de uma maçã é aproximadamente 100g, 200g e assim por diante. Mas veja a massa da terra é impressionante de grande. A massa do sol, a massa de uma galáxia de forma que os objetos existentes no universo possuem massas com valores os mais diversos possíveis. Eu acho que não existe nada com uma diversidade de valores com essa grandeza física denominada massa. Podemos utilizar múltiplos da massa. Uma tonelada é igual a 1.000 kg.

Outra unidade bastante utilizada no cotidiano é a grama que é igual a $1/1000$. A grama é um submúltiplo da unidade quilograma. De qualquer forma muitas vezes podemos utilizar outras unidades de medidas. Por exemplo, na astronomia fazemos uso da massa solar.

1ton = 10^3 kg	Tonelada
1 kg	Quilograma
1g = 10^{-3} m	Gramma
1mg = 10^{-3} m	Miligrama
1 μ m = 10^{-6} m	Micrograma

Fig. 5- Múltiplos e submúltiplos do quilograma.

Utilizar a massa de uma estrela típica e a partir daí fica fácil agente dizer essa estrela tem 0,5 massas solares ou esta grande estrela tem 100 massas solares. Esta é uma unidade mais conveniente para a astronomia.

Body	Mass (kg)
Visible Universe	$\sim 10^{52}$
Milky Way galaxy	7×10^{41}
Sun	1.99×10^{30}
Earth	5.98×10^{24}
Moon	7.36×10^{22}
Horse	$\sim 10^3$
Human	$\sim 10^2$
Frog	$\sim 10^{-1}$
Mosquito	$\sim 10^{-5}$
Bacterium	$\sim 10^{-15}$
Hydrogen atom	1.67×10^{-27}
Electron	9.11×10^{-31}

Fig. 6 - Massas de vários objetos no Universo.

3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Na maioria das vezes as medidas são efetuadas mediante o uso de instrumentos. E isso não é de agora.



Fig. 7- São muitos os instrumentos de medida.

3.1- Instrumentos de Medidas de Distâncias

Efetua medidas de grandezas físicas utilizando instrumentos adequados para essas medidas. Uma simples régua pode ser utilizada para esse instrumento de medida de distância. Muitas vezes recorremos ao micrômetro, ao paquímetro, que são instrumentos de medidas para pequenas distâncias. Uma fita métrica é um instrumento de medida simples e versátil. Sempre lançamos mão de instrumentos de medidas de distância.

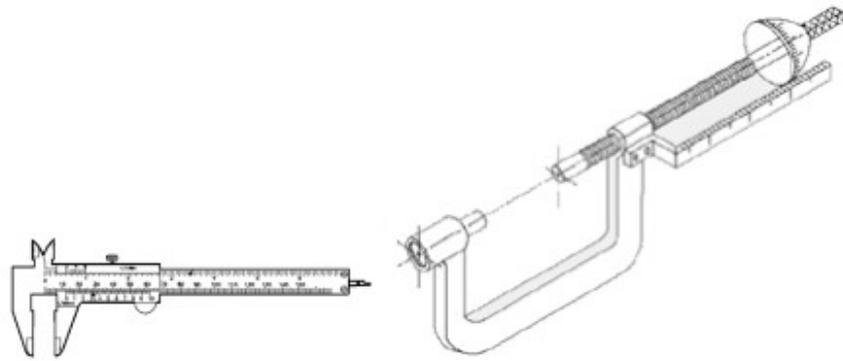


Fig. 8- Paquímetro e micrômetro.

Finalmente queremos dizer que podemos medir arcos. Agora não estamos medindo a menor distância entre dois pontos. Mas estamos efetuando medidas de distância ao longo de uma curva. Nesse caso nós devemos dividir a curva em vários pedacinhos de tal maneira que em cada pedacinho possamos considerá-lo como sendo nessa aproximação um segmento de reta, em cada desses pedaços.



Fig. 9- Trena: Instrumento simples e versátil.

3.2- Relógios

Aliás, o que é um relógio?

A rigor, um relógio se baseia em fenômenos periódicos. Um pêndulo, por exemplo, quando oscila podemos utilizá-lo como relógio. Nesse caso, vamos compararmos o período de oscilação do relógio, ou seja, é um intervalo de tempo desde quando se inicia o movimento até ele voltar para a mesma posição pela primeira vez com uma unidade de tempo. Se considerarmos a segunda vez nós temos aí dois períodos.

Ao longo da história da humanidade nós os seres humanos, lançamos mão de vários tipos de relógios e ainda o fazemos nos dias de hoje.

Por exemplo, na antiguidade se utilizava muito relógios de areia. Notem a figura abaixo e isso acaba se tornando muito familiar, é a ampulheta.



Fig. 10- Alguns relógios são verdadeiras obras de arte.

Também ao longo de toda a antiguidade lançamos mão do relógio de sol onde a sombra projetada no solo de uma simples estaca (ou gnomo) nos dá uma indicação a respeito da hora do dia. Depois evoluímos para relógio de sol bastante sofisticado e, no entanto para construí-los, há necessidade de se recorrer aos astrônomos. Por que só eles entendem como devemos fazer a marcação do solo para que possamos fazer a leitura desse tipo de relógio.



Fig.11- Relógio de Sol na USP.

Também podemos mencionar os relógios d'água. Galileu utilizou relógio d'água. Aqui a ideia é que agente saiba quanto tempo demora para que, por exemplo, a caixa atinja a metade do volume. À medida que nós abrimos ou deixamos a água correr podemos medir o tempo.



Fig. 12- Relógio de água e a ampulheta

Galileu se deu conta que o pêndulo poderia ser muito utilizado para medir o tempo. Huighens não perdeu tempo. Desenvolveu o relógio a pêndulo com um mecanismo bastante sofisticado. Esses relógios a pêndulo são lindos, verdadeiras obras de arte. Em muitas casas nós temos esses relógios, verdadeiras preciosidades. Mas tudo evolui. Os relógios digitais dos dias de hoje representam uma evolução do conceito de relógio.



Fig. 13- O osciloscópio.

Osciloscópio Um equipamento muito usado em laboratórios de pesquisa, que permite obter medidas de intervalos de tempo muito pequenos com alta precisão é o osciloscópio.

Hoje medimos o tempo utilizando relógios atômicos com uma precisão simplesmente impressionante. Digamos que esses relógios se atrasem cerca de 10 segundos ao longo de toda a história do universo, ou seja, ao longo de 13,7 bilhões de anos. É uma realização fantástica da ciência.



Fig. 14- Relógio atômico.

3.3- Instrumentos de Medidas de Massa

Existem balanças analógicas, balanças digitais dentre elas destaco a balança romana por que ela foi utilizada desde os tempos de Roma antiga, alguma versão dela na verdade.

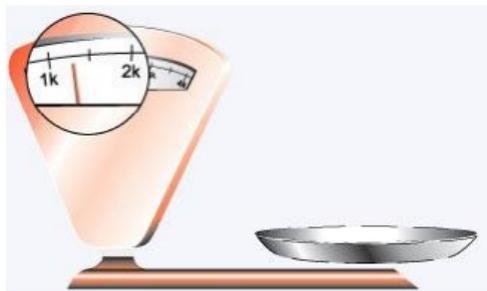


Fig. 15- Balança analógica.



Fig. 16- Balança digital.