Grandezas físicas, unidades de medidas, transformações de unidades, notação científica e algarismos significativos

Uma grandeza física é uma quantidade que pode ser medida e representada por um número associado a uma unidade de medida. Você nunca viu nada, em seu curso colegial, sobre unidades e sistemas de unidade, medidas físicas, ordens de grandeza e precisa de uma introdução mais detalhada? Há muito material disponível além do que está em seu livro-texto. Na Internet, por exemplo, há textos e vídeos, como um vídeo disponível no Youtube com a segunda aula do "telecurso 2000" http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=E3fOUamazz8 ; Quase todas as informações desse texto foram obtidas de textos disponíveis em sítios da Internet, como o do Inmetro. Há muito mais material disponível, **é sua tarefa** buscar o que mais necessita. Peça ajuda a colegas, estagiários e monitores se necessitar.

Algumas informações complementares, no entanto, podem ajudar. Leia o texto antes de tentar fazer o questionário 1. Também pode ajudar ler e tentar pensar como resolver os exercícios da primeira parte da lista 1.

I - Sistema Internacional de unidades, SI

O SI é definido a partir de 7 grandezas - e unidades - fundamentais:

1. **distância**, medida em metros, com símbolo ***m***;
2. **massa**, medida em quilogramas, com símbolo ***kg***;
3. **tempo**, medido em segundos, com símbolo ***s***;
4. **corrente elétrica**, mediada em Ampères, símbolo ***A;***
5. **temperatura termodinâmica**, medida em kelvins, com símbolo ***K;***
6. **Quantidade de matéria**, medida em mols, símbolo ***mol*** [1]***;***
7. **Intensidade luminosa**, medida em candelas, símbolo ***cd***.

Em mecânica vamos lidar mais com as unidades de distância, massa e tempo. Há várias unidades derivadas destas sete fundamentais, como a unidade de velocidade (m/s), força (N) ou área (m^2). Algumas dessas unidades derivadas têm nomes especiais, como a unidade de força, chamada de newton, mas que no fundo corresponde a $kg.m/s^2$, a unidade de energia, o joule (J), que corresponde a $kg.m^2/s^2$ ou ainda a unidade de carga elétrica, o Coulomb, que equivale a A.s (a carga que passa por um fio condutor , em um segundo, quando a corrente nesse fio é um ampère).

Há várias unidades muito usadas no dia a dia (e como consequência em problemas de física e engenharia), **mas que não fazem parte do SI**, como calorias (unidade de energia), litro (unidade

---

[1] Uma curiosidade: no Brasil, essa grandeza se chama ***quantidade de matéria*** (um substantivo masculino) e tanto seu nome quanto o símbolo de sua unidade é o "mol". O plural do termo consta nos dicionários (Aurélio, Houaiss, Michaelis) como "mols". Essa grafia também é adotada pelo INMETRO. No entanto a ABL – Academia Brasileira de Letras, na sua consistência vernacular, registra as grafias "móis" ou "moles" como plural de "mol". Outra curiosidade: em Portugal essa grandeza é chamada "quantidade de substância" (um substantivo feminino!) e tem por unidade a "mole" com plural [as] "moles". Dê uma olhada no texto de ensino de química disponível em http://www.spq.pt/boletim/docs/BoletimSPQ_090_065_15.pdf !

de volume), tonelada (unidade de massa), quilômetros por hora (unidade de velocidade) ou o byte (unidade de memória de computador). Também, há outros sistemas de unidades, como o CGS, que adota para unidades fundamentais de distância, massa e tempo o centímetro, a grama e o segundo, e tem como unidade de força o dina.

II – Múltiplos e submúltiplos

Na página do Inmetro podemos ver a tabela apresentada a seguir. Os múltiplos quilo, k, (mil, igual a 10^3), mega, M, (milhão, igual a 10^6) e giga, G, (bilhão, igual a 10^9) são bem comuns. Há outros comuns em física, mas menos empregados no nosso dia a dia. O crescimento vertiginoso da capacidade de memória dos computadores, por exemplo, está tornando popular o próximo múltiplo dessa sequência, o tera, T, (10^{12}), com a palavra “terabytes”.

Múltiplos:

Nome do prefixo	Símbolo do prefixo	Quantidade pela qual a unidade é multiplicada
yotta	Y	10^{24} = 1 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	10^{21} = 1 000 000 000 000 000 000 000
exa	E	10^{18} = 1 000 000 000 000 000 000
peta	P	10^{15} = 1 000 000 000 000 000
tera	T	10^{12} = 1 000 000 000 000
giga	G	10^{9} = 1 000 000 000
mega	M	10^{6} = 1 000 000
quilo	K	10^{3} = 1 000
hecto	H	10^{2} = 1 00
deca	da	10

Submúltiplos:

Nome do prefixo	Símbolo do prefixo	Quantidade pela qual a unidade é multiplicada
deci	d	10^{-1} = 0,1
centi	c	10^{-2} = 0,01
mili	m	10^{-3} = 0,001
micro	µ	10^{-6} = 0,000 001
nano	n	10^{-9} = 0,000 000 001
pico	p	10^{-12} = 0,000 000 000 001
femto	f	10^{-15} = 0,000 000 000 000 001
atto	a	10^{-18} = 0,000 000 000 000 000 001
zepto	z	10^{-21} = 0,000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	10^{-24} = 0,000 000 000 000 000 000 000 001

Para formar o múltiplo ou submúltiplo de uma unidade, basta colocar o nome do prefixo desejado na frente do nome desta unidade. O mesmo se dá com o símbolo.

Exemplos:
Para multiplicar e dividir a unidade metro por mil:
quilo + metro = quilometro; k + m = km
mili + metro = milimetro; m + m = mm
Para multiplicar e dividir a unidade volt por mil:
quilo + volt = quilovolt; k + V = kV
mili + volt = milivolt; m + V = mV

Os prefixos SI também podem ser empregados com unidades fora do SI. Por exemplo, megabyte, quilocaloria; megatonelada; hectolitro, etc.

III – Transformações de unidades:

Para transformar uma unidade em outra, basta muitas vezes consultar uma tabela, ou usar um "fator", como o 3,6 no caso de conversão de m/s em km/h. No entanto agora queremos que você aprenda como essas tabelas são construídas, ou como esses fatores são calculados. É isso que vamos cobrar em provinhas e provas! Acostume-se a não usar a "regra de três". Essa regra só pode ser usada quando as grandezas são diretamente proporcionais – o que nem sempre ocorre com transformações de unidades, principalmente se não temos um "fator de conversão", mas informação sobre a relação entre as unidades uma a uma.

Transformar unidades é muito fácil: basta colocar, no lugar da unidade, o seu valor na nova unidade desejada. Depois basta fazer as contas. O resultado dessas contas é o tal "fator" de conversão, presente nas inúmeras tabelas disponíveis.

Exemplo: como transformar km/h em m/s?
Vamos ver a quantos km/h corresponde uma velocidade de 150 m/s. No lugar do símbolo "m" vamos escrever o valor de um metro em quilômetros e no lugar de "s" vamos escrever o valor de um segundo em horas:
1 quilômetro = 1.000 metros → 1 m = 1/1.000 = 10^{-3} km.
1 hora = 60 X 60 = 3.600 s → 1 s = 1/3.600 h.

Então:

$$150\ \frac{m}{s} = 150\ \frac{10^{-3}\ km}{\frac{1}{3.600}\ h} = 150\ X\ 3600\ X 10^{-3} = 540\ \frac{km}{h}$$

IV – Algarismos significativos

Quando medimos uma grandeza, é impossível determinar o seu valor com precisão infinita! A precisão no valor da grandeza e o número de algarismos com o qual a representamos reflete essa informação, ou seja, até onde temos certeza na medida, e a partir de onde temos dúvidas. Diz-se que uma representação tem *n* algarismos significativos quando se admite um erro no **algarismo seguinte** da representação. Por exemplo, imagine que um cientista mediu a temperatura de água e a anotou como 22,0° C. Neste caso, o algarismo duvidoso é o 0, pois não se sabe ao certo se a temperatura é por exemplo, 21,99° C ou 22,01° C. O mesmo se costuma fazer com a representação de números fracionários, racionais ou irracionais, como o π. Podemos representá-lo como 3,14, 3,1416 ou 3,14159. Ou ainda *1/30 = 0,0333* com três algarismos significativos (erro na quinta casa decimal). No seu curso de laboratório você vai aprender mais sobre algarismos significativos, como determiná-los, de que maneira o nosso conhecimento sobre o valor de uma grandeza aumenta quando repetimos a medida várias vezes, ou como a menor precisão de uma medida afeta a precisão de outras grandezas que dependem dela mas que foram medidas com maior precisão (propagação de erros). No momento tenha em mente que podemos simplificar muito as contas se prestarmos atenção no número de casas decimais que realmente importam. Quando falamos em ordem de grandeza, geralmente nos referimos à potência de 10 da grandeza, quando escrita em notação científica, no máximo com um algarismo significativo. Uma quantidade com valor $2{,}678 \times 10^3$ tem uma ordem de grandeza 103 e a ordem de grandeza de $7{,}8 \times 10^{12}$ é 10^{13}.

V - Análise dimensional:

A Análise dimensional é útil na previsão, verificação e resolução de equações que relacionam as diversas grandezas físicas. Este procedimento auxilia também a minimizar a necessidade de memorização das equações e fórmulas. Quando fazemos análise dimensional, estamos preocupados com **as dimensões** das grandezas físicas**,** e nos baseamos no fato de que os dois lados de uma expressão algébrica que representa uma lei física devem sempre ter a mesma dimensão (ou seja, devem ser medidos nas mesmas unidades).

Costuma-se indicar as dimensões de uma grandeza entre colchetes, com as letras T para dimensão de tempo (segundos, minutos, meses...), L para distâncias (metros, quilômetros, polegadas...) e M para massa (quilogramas, libras, etc.). Por exemplo, uma velocidade tem dimensão de [L] / [T], ou seja, é sempre medida em uma unidade e distância dividida por outra de tempo (m/s, km/h, léguas/ano, etc.) Toda a grandeza física que não é uma das grandezas fundamentais pode ser expressa em função de uma combinação dessas grandezas fundamentais. Ou seja, uma grandeza mecânica x, que depende só da massa, do comprimento e do tempo tem a seguinte equação dimensional: $[x] = k\,[M]^a\,[T]^b\,[L]^c$, onde a, b e c são números, positivos, negativos ou nulo, inteiros ou fracionários. Resolver essa equação dimensional significa achar os valores de a, b e c de tal forma que ambos os lados da equação sejam medidos nas mesmas unidades. k é uma constante "adimensional" (ou seja, é um número sem unidade) e seu valor não pode ser determinado por esse tipo de análise.

O conceito de velocidade, por exemplo, leva à seguinte equação dimensional: $[v] = [M]^a\,[T]^b\,[L]^c = [L].[T]^{-1}$. Portanto a=0, b=-1 e c=1. Já a pressão (equivalente à força por unidade de área) tem dimensão $[p] = [M]\,[L]^{-1}\,[T]^{-2}$, com a=1, b=-2 e c=-1.