GRANDEZAS FÍSICAS E SUAS MEDIDAS

Profª Marina de Lurdes Machado

O que é uma grandeza física? Onde elas se encontram?

Em muitas situações cotidianas temos contato ou noção de uma grandeza física, mesmo sem conhecê-la. Por exemplo, quando empurramos um objeto qualquer fazemos um esforço físico que provoca neste objeto um deslocamento, isto é, uma mudança de lugar. Esse esforço constitui uma das mais importantes ideias desenvolvidas pela Física e que hoje se constitui no conceito de força.

Mas na Física a noção importa menos, o importante é poder medir! Portanto, uma grandeza física é tudo que pode ser quantizado, isto é, atribuído um valor numérico e uma unidade de medida que a caracteriza.

Por exemplo, quando subimos em uma balança estamos medindo a nossa massa, pois a balança é um instrumento de medida de massa e, a unidade quilograma, grama, etc., identifica essa grandeza física denominada massa.Assim, medir uma grandeza física significa compará-la com um padrão de medida cuja escala é pré-determinada. Dizendo de outra forma, significa compará-la com outra grandeza física, de mesma espécie, que é a unidade de medida e verificar quantas vezes essa unidade esta contida na grandeza a ser medida.

Importante:

Grandeza física = Valor numérico. Unidade de medida

→ Um número isolado **NÃO** significa uma grandeza física, a unidade de medida é imprescindível para identifica-la! ←

1**Unidades de medidas e sistemas de unidades**

O ato de medir não é específico da Física, e sempre existiu. Por exemplo, O escambo, um sistema de trocas de mercadorias primitivo,era baseado no valor de um produto tomado como valor de troca, isto é, unidade de medida.Com a evolução da sociedade, surgiu a moeda, isto é, o dinheiro. Assim, quando compramos algo temos uma unidade em comum que é a moeda locale o preço de um produto indica quantas vezes à moeda (unidade de medida) está contida no valor da compra.

As medidas de grandezas físicas também evoluíram ao longo do tempo e hoje temos uma gama de unidades e padrões de unidades, bastante confiáveis, que são utilizados no mundo inteiro. E, conforme já dissemos toda grandeza física é caracterizada pelo seu valor numérico seguido da unidade de medida.

Evidentemente podemos medir uma grandeza de diversas formas, conforme os instrumentos disponíveis para a medida e o local onde será efetuada a medida, dentre outros fatores. Num certo momento, foi necessário padronizar algumas unidades para facilitar a comunicação científica e o comércio de produtos industriais e manufaturados. Um conjunto de unidades padrões forma o que chamamos de Sistema de Unidades e, dentre esses, interessa-nos o Sistema Internacional de Unidades (SI).

1.1. Sistema Internacional de Unidades (SI)

O SI, criado em 1960, divide suas unidades em unidadesbásicas e unidades derivadas. Como o próprio nome já indica, as unidades derivadas são formadas por combinações de unidades de grandezas fundamentais, ou seja, por produto, divisão ou, produto e divisão conjugado de unidades fundamentais. No Quadro 1, estão colocadas as unidadesdas grandezas fundamentais do S.I., seus símbolos e definição de cada uma.

As três primeiras grandezas (Figura 1): Massa, Comprimento e Tempo, são as unidades fundamentais do estudo dos movimentos, a Mecânica, e o conjunto destas três grandezas físicas é chamado de sistema MKS.

Importante:

Acrescentando a unidade ampère ao sistema MKS obtemos o sistema:

(MKSA ↔ metro - quilograma - segundo - ampère)

O sistema MKSA é à base do Sistema Internacional.

Todas as unidades das grandezas físicas ligadas à mecânica são escritas como uma combinação das unidades destas três grandezas físicas, ou seja, todas as outras unidades são obtidas através de uma relação entre estas unidades fundamentais.

Quadro 1 - Grandezas fundamentais do Sistema Internacional-
,,,,,S.I. e suas unidades.

Grandeza	Unidade	Símbolo	Definição
Massa	quilograma	Kg	O protótipo internacional do quilograma, de platina-irídio, é mantido no BIPM[1] sob condições especificadas pela 1ª CGPM em 1889 (CR, 34-38): "... este protótipo passará a ser considerado a unidade de massa". A 3ª CGPM (1901; CR, 70), para acabar com a ambiguidade em relação ao uso popular da palavra "peso", confirmou: "O quilograma é a unidade de massa, é igual à massa do protótipo internacional do quilograma". (NIST, 2001, p. 4-5).
Comprimento	Metro	m	"... comprimentodo percurso percorridopela luz no vácuodurante umintervalo detempo de 1/299 792 458 deumsegundo. (NIST, 2001, p. 5).
Tempo	segundo	s	A definição refere-se a um átomo de césio em repouso a uma temperatura de 0 K. "... baseia-se em um átomo césio imperturbável por radiação de corpo negro, isto é, numa ambiente cuja temperatura é de 0 K: "... a duração de 9 192 631 770 vibrações da transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133". (1967). (NIST, 2001, p. 5).
Corrente elétrica	ampère	A	"...a corrente constanteque, mantidaem dois condutores paralelosretilíneos, de comprimento infinito, de seção circulardesprezível, separados por uma distância de um metro no vácuo, provoca entre estes condutores uma força igual a 2.10^{-7}N/m". (1946). (NIST, 2001, p. 7).
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	"... a fração 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água". (NIST, 2001, p. 7).
Quantidade de matéria	Mol	mol	"... a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quanto o número de átomos que existem em 0,012Kg de carbono 12, o seu símbolo é o mol". (1971) (NIST, 2001, p. 8). '(...), as entidades elementares devem ser especificadasepodem serátomos, moléculas, íons, elétrons,outras partículas, ou grupos específicos detais partículas". Idem.
intensidade luminosa	candela	cd	"(...) é a intensidade luminosa, em uma determinada direção, de uma fonteque emite uma radiaçãomonocromática,de frequência540.10^{12}Hz, cuja intensidade de radiaçãonaqueladireçãoé 1/683watt/rad. (1979) (NIST, 2001, p. 9).

Adaptado do "The International System of Unit (SI)", National Bureau of Standards Special Publication 330, edição de 2001.

[1]Escritório Internacional de Pesos e Medidas

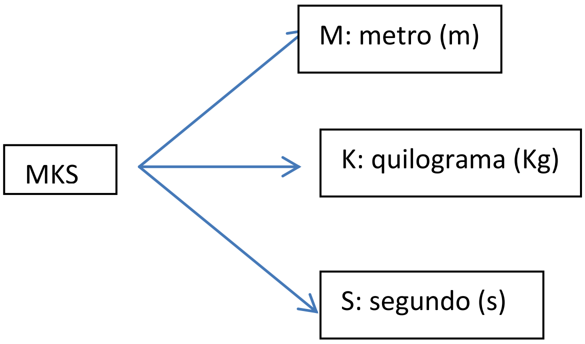

Figura 1: Sistema MKS

Por exemplo, a grandeza física velocidade é obtida por uma relação entre duas grandezas, que são o comprimento e o intervalo de tempo. Assim, a unidade de velocidade no SI é o metro por segundo ($m.s^{-1}$).

Algumas unidades combinadas das fundamentais recebem nomes especiais. Por exemplo, a unidade de força no S.I., obtida a partir da Segunda Lei de Newton ($F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$) é o $Kg.m.s^{-2}$, chamada de newton, e o seu símbolo é N. A unidade de trabalhono S.I., grandeza definida como o produto vetorial da força pelo deslocamento, é o $N.m=Kg.m.s^{-2}.m = Kg.m^2.s^{-2}$e recebe o nome de joule, cujo símbolo é J.

O nome da unidade é escrito com letra minúscula, mesmo que seja nome de uma pessoa. Temos uma exceção à regra que é a unidade de temperatura Celsius, escrito com letra maiúscula. Quando a unidade é uma homenagem a uma pessoa, seu símbolo inicia-se com letra maiúscula, as demais são escritos sempre com letra minúscula.

Para realizar operações matemáticas com unidades de medidas procede-se da mesma forma que qualquer expressão algébrica. Veja:

$x.x = x^2$ ↔ $m.m = m^2$ → metro quadrado,
$x.y = xy$ ↔ $N.m = Nm = J$ → newton metro, chamado Joule.

Da mesma forma, se temos mais de uma operação matemática:

$N : Kg = \cancel{Kg}.m.s^{-2} : \cancel{Kg} = m.s^{-2}$→metro por segundo ao quadrado,
$2m^2 + 5m^2 = 7m^2$ → sete metros quadrados.

2 Notação científica

A física é uma ciência que trata desde a estrutura mais elementar da matéria microscópica, como quarks e leptons, até dimensões comparáveis as galáxias, seja a Via Láctea, local onde nos encontramos, ou outras mais distantes da Terra. Por isso, as grandezas físicas variam de valores muito pequenos, por exemplo, a massa de um elétron em repouso que é da ordem de 10^{-31}Kg a valores muito grandes, como a massa do Sol, da ordem de grandeza de 10^{30}Kg.

Observe:

10^{-31}Kg = 0,000000000000000000000000000001Kg
10^{30}Kg = 1000000000000000000000000000000Kg

Escrever números muito grandes ou muito pequenos podem nos trazer transtornos. Já imaginou a dificuldade que seria multiplicar ou dividir tais números com tantos zeros?

Ese errarmos o número de zeros?

Para facilitar nosso trabalho recorremos a uma forma de escrever números, a chamada notação científica. Nessa forma um número N é escrito como o produto de um número n entre 1 e 10 ($1 \leq n < 10$) e uma potência de base 10.

$\boxed{N = n.10^{x}\text{, x é o expoente da potência de base 10 e } 1 \leq n < 10.}$

O expoente da potência de 10 será sempre positivo, para números com módulo maior que um e, sempre negativo, para números com módulo menor que um.

Vejamos alguns exemplos de valores de constantes físicas escritas em notação científica (NC), conforme Quadro 2.

Quadro 2: Valores de constantes físicas.

Constantes Físicas	Valor	Valor em NC
Constante de gravitação - G	$0{,}00000006673 N.m^{2}.Kg^{-2}$	$6{,}673 \times 10^{-11} N.m^{2}.Kg^{-2}$
Velocidade da luz no vácuo -c	$299979245{,}8 m.s^{-1}$	$2{,}999792458 \times 10^{8} m.s^{-1}$
Constante de Coulomb - K	$8987551788 N.m^{2}.C^{-2}$	$8{,}987551788 \times 10^{9} N.m^{2}.C^{-2}$

Observação: O valor da constante de Coulomb é aproximado. Fonte: TIPLER, P A; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. V.1, 5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. p. 730. Para saber outros valores de constantes físicas consultar: http://www.fisica.ufmg.br/~labexp/anexos/Constantes_Fisicas.htm.

3 Ordem de grandeza

A noção de ordem de grandeza está associada à potência de 10 que mais se aproxima do módulo da grandeza física. Por exemplo, a velocidade da luz é $2{,}999792458 \times 10^8 m.s^{-1}$, logo a ordem de grandeza da velocidade da luz no vácuo é $10^8 m.s^{-1}$.

Para determinar a ordem de grandeza escrevemos o valor da grandeza física em notação científica. Por exemplo, o raio de um átomo de Bohr é $(5{,}2917721092 \pm 0{,}00\ 000\ 000\ 17) \times 10^{-11} m$, logo a ordem de grandeza do átomo de Bohr é $10^{-11} m$.

<u>Exercícios</u>:

Pesquisar o valor e a ordem de grandeza das seguintes grandezas físicas:

a)Medida aproximada do diâmetro de um fio de cabelo;

b)Massa do próton;

c)Limite máximo de velocidade das rodovias paranaenses;

d)Sua massa (Obs.: utilize uma balança para verificar);

e)Distância da Terra ao Sol;

f)Número de Avogadro.

4 Conversão de unidades

Conforme já dissemos, a unidade é imprescindível para identificar uma grandeza física. Mas, também é importante saber transformar unidades de um sistema a outro ou dentro do mesmo sistema.

A unidade litro (l), que corresponde a um decímetro cúbico ($1dcm^3=1000cm^3$), é utilizada pelo SI para identificar o volume. Podemos nos deparar com situações em que o volume pode ser dado em outras unidades de volume e que necessitem ser convertidas para a unidade do S.I., por exemplo.

Outro caso que podemos citar são as estradas brasileiras onde os limites de velocidade dados em quilometro por hora ($Km.h^{-1}$), a mesma unidade utilizada pelo velocímetro dos carros em nosso país. Mas, e se tivermos que utilizar tais velocidades em uma unidade de medida do S.I., isto é, o metro por segundo ($m.s^{-1}$), como proceder? E se estivermos em outros países que adotam unidades de medidas diferentes de nós para as mesmas grandezas físicas?

Sugiro que você leia o texto abaixo escrito pelo físico americano Richard Feynman:

> Com o objetivo de obter as sutilezas [sobre velocidade] de modo mais claro, lembremo-nos de uma brincadeira que você certamente já ouviu. Quando uma senhora em seu carro é parada por um policial, o policial vem até ela e diz, “Senhora, você estava andando a 100 quilômetros por hora!” Ela diz, “Isto é impossível, senhor, eu estava viajando por apenas sete minutos”. “Isto é ridículo – como eu posso andar 100 quilômetros em uma hora quando eu não andei uma hora”.
>
> Como responderia para se fosse o policial?
>
> (...) Assim, precisamos definir melhor velocidade. O que deve ser mantido mesmo? A senhora pode também argumentar desta maneira: "Se eu continuasse indo da maneira como estava por mais uma hora, eu entraria naquele muro no final da rua!" (...) Dizemos, "Sim, obviamente, antes de você andar ua hora, bateria naquele muro, mas se andasse um segundo, iria percorrer 27,8 metros; senhora, você estava indo a 27,8 metros por segundo, e se continuasse indo, o próximo segundo seriam mais 27,8 metros, e o muro no final estaria mais distante do que isto?". Ela diz, "Sim, mas não existe nenhuma lei contra andar 27,8 metros por segundo! Existe apenas uma lei contra ir a 100Km por hora". "Mas", respondemos, é a mesma coisa".
>
> Richard Feyman. Lições de Física.

Quem está correto: o guarda ou a senhora?

Responder a esta questão envolve definir uma grandeza física "velocidade" como uma razão entre duas outras grandezas: o comprimento e o tempo gasto para percorrer tal comprimento.

Exemplo1: Vamos transformar 1Km/h em 1m/s.

A escala métrica é uma escala decimal (Figura 2), quando caminhamos na escala podemos seguir o sentido da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda.

Por exemplo, se seguirmos da esquerda para a direita observamos que o quilometro contém todas as demais unidades da escala, assim o Km é dez vezes maior que o hectômetro (hm), o qual por sua vez é dez vezes maior que o decâmetro (dam), e assim por diante. Dizendo de outra forma significa que o quilômetro é dividido em dez hectômetros o qual, por sua vez, é dividido em dez decâmetro. E, o quilometro é dividido em mil metros (Veja Figura 2).

<u>Observação importante</u>: As escalas de grama (g) e litro (l) requerem o mesmo tratamento, porque são também escalas decimais.

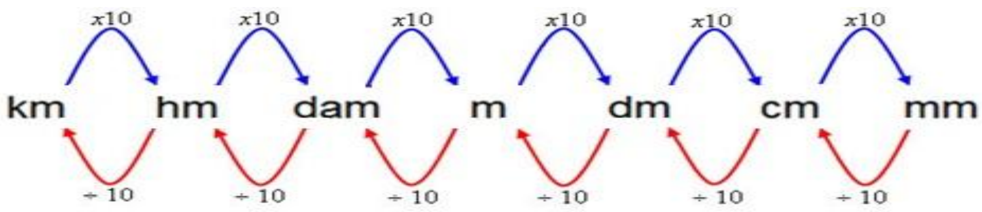

Figura 2: Múltiplos e submúltiplos da Escala Métrica decimal.

Fonte: www.google.com.br/. Acesso em: 09/01/2014.

O tempo, cujo instrumento de medida é o relógio, não segue escala decimal, mas é dividido em frações de 60 partes cada vez que mudamos na escala de hora, minuto ou segundo, assim,

1h = 60mim = 60 x 60s = 3600s

1min = 60s

Então, podemos escrever:

$1\frac{Km}{h}= \frac{1x1000m}{3600s} \rightarrow \frac{1000m}{3600s} \rightarrow$ dividindo ambos os membros da equação por 1000 obtemos:

$$\boxed{1\frac{Km}{h}= 1.\frac{1}{3,6}\frac{m}{s}}$$

Ou seja, a relação entre $\frac{Km}{h}$ e $\frac{m}{s}$ envolve o fator numérico $\frac{1}{3,6}$. Assim, para transformar de $\frac{Km}{h}$ para $\frac{m}{s}$ basta multiplicar por este fator, ou dividir o valor em $\frac{Km}{h}$ por 3,6. O contrário, isto é, de $\frac{m}{s}$ para $\frac{Km}{h}$ multiplicamos por 3,6.

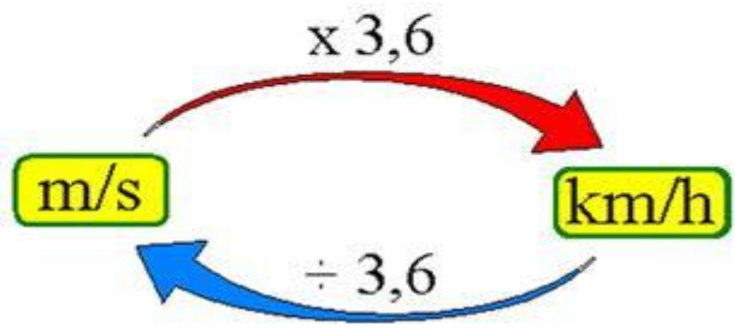

Figura 3: Conversão de unidades de velocidade no SIpara km/h.
Fonte: www.mundoeducacao.com. Acesso em: 15/01/2014.

E 100 $\frac{Km}{h}$ correspondem a quantos $\frac{m}{s}$? Afinal de conta, o policial estava certo? Ou errado?

Quando as escalas não são decimais podemos recorrer a fatores de conversão, normalmente encontrados em apêndices de livros de técnicos, em catálogos de fabricantes e na Internet. Ainda, podemos utilizar os procedimentos de regra de três simples, nesse caso, aplicável a qualquer transformação, inclusive quando a escala é decimal.

Vamos tomar como exemplo os fatores para conversão de unidades de comprimento entre o metro (m), polegada (in), o pés (ft) e a jarda (yd):

$$1m = 39{,}37in = 3{,}281ft = 1{,}094yd$$

Temos que considerar também aqueles casos em que o valor da grandeza é muito grande ou muito pequeno. Nesses casos utilizamos os prefixos dos múltiplos e submúltiplos de uma grandeza física e a notação científica. Por exemplo, o metro é a unidade padrão do Sistema Métrico Decimal importado pelo SI para unidade padrão de comprimento, assim seus prefixos são todos escritos em potência de base 10. No entanto, tais prefixos podem ser aplicados a qualquer unidade do SI e constituem-se em um multiplicador do valor da grandeza física, conforme Quadro 3 colocado a seguir.

Com base no Quadro 3 podemos afirmar que um metro é igual a dez elevado a quinze femto metro:

$$1m = 10^{15}fm$$

Podemos comprovar a afirmação acima levando em consideração que o prefixo femto é um multiplicador cujo valor corresponde a 10^{-15}. Assim:

$$1m = 10^{15} . 10^{-15} m = 10^{15-15} m = 10^{0} m = 1m$$

Quadro3–Múltiplos e submúltiplos formados por potência de 10.

Prefixo	Símbolo	Fator multiplicador	
		Potência	**Valor**
yotta	Y	10^{24}	1000000000000000000000000
zetta	Z	10^{21}	1000000000000000000000
exa	E	10^{18}	1000000000000000000
peta	P	10^{15}	1000000000000000
tera	T	10^{12}	1000000000000
giga	G	10^{9}	1000000000
mega,	M	10^{6}	1000000
quilo	K	10^{3}	1000
hecto	h	10^{2}	100
deca	da	10^{1}	10
PADRÃO		10^{0}	1
deci	d	10^{-1}	0,1
centi	c	10^{-2}	0,01
mili	m	10^{-3}	0,0001
micro	µ	10^{-6}	0,000001
nano	n	10^{-9}	0,000000001
peco	p	10^{-12}	0,000000000001
femto	f	10^{-15}	0,000000000000001
atto	a	10^{-18}	0,000000000000000001
zepto	z	10^{-21}	0,000000000000000000001
yocto	y	10^{-24}	0,000000000000000000000001

Observe que para efetuar operações matemáticas com números escritos em notação científica e potência de dez utilizamos as regras básicas da potenciação para a multiplicação e divisão. Ou seja:

- Multiplicação: conservamos a base e somamos os expoentes,
- Divisão: conservamos a base e subtraímos os expoentes.

Caso existam números diferentes de um (1) antes da potência de dez, efetuamos a multiplicação ou divisão destes números normalmente. Observe:

$$(2,0 \times 10^{3}) . (3,0 \times 10^{5}) = 6,0x10^{8}$$

Quando as operações envolvem Soma e subtração: os expoentes das potências de base 10 devem ser iguais. Para somarmos ou subtrairmos conservamos as potências de base 10 e somamos os subtraímos os coeficientes numéricos das potências.

$$(2{,}0 \times 10^{3}) + (3{,}0 \times 10^{5}) = (2{,}0 \times 10^{3}) + (300{,}0 \times 10^{3}) = 302{,}0 \times 10^{3}$$

5 Análise dimensional e equação dimensional

Afirmamos anteriormente que as unidades das grandezas físicas da mecânica são escritas em função das unidades das grandezas fundamentais comprimento, massa e tempo. Na verdade, todas as grandezas físicas podem ser dadas em função das fundamentais, por meio de símbolos de dimensões e esta representação é chamada de análise dimensional de uma grandeza física. O Quadro 3 apresenta os símbolos dimensionais das grandezas físicas fundamentais do S.I..

Quadro 3: Símbolos dimensionais das grandezas físicas fundamentais do S.I.

Grandeza física	Símbolo dimensional
[Comprimento]	**[L]**
[Massa]	**[M]**
[Tempo]	**[T]**
[Corrente elétrica]	**[I]**
[Quantidade de matéria]	**[N]**
[Intensidade luminosa]	**$[I_o]$**

Observe que os símbolos dimensionais são todos escritos em letra maiúscula.

Importante:

- o símbolo dimensional de um número real é um (1).
- a dimensional de um ângulo plano é um (1).

Vamos supor que experiências realizadas indicam que uma determinada grandeza depende das grandezas físicas comprimento, massa e tempo e que o sistema de unidades é o S.I.. Utilizando os símbolos dimensionais do quadro 3, podemos escrever equação dimensional desta grandeza, que chamaremos de X, conforme a equação a seguir:

$$[X] = L^x.M^y.T^z$$

onde x, y, z são as dimensões de cada grandeza da qual a grandeza [X] mostrou ser dependente.

Exemplo 2:

A Segunda Lei de Newton envolve o conceito de força , que é definido como: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, lembrando que($\Delta p = m.\Delta v$) representa a variação do impulso devido a força F e que $\Delta v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ é a variação de velocidade provocada pelo impulso. Assim, podemos escrever:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t}.\frac{\Delta x}{\Delta t.}$$

Onde:

m: dimensional de massa → [M],

Δx: dimensional de comprimento → [L],

Δt: dimensional de comprimento → [T].

Substituindo na equação da força F encontramos sua equação dimensional, no S.I.:

$$[F] = [M].[L].[T^{-2}]$$

Uma igualdade é homogênea, ou seja, se afirmamos que x=y, então y=x. Dizendo de outra forma, significa que o membro do lado direito da igualdade é igual ao membro do lado esquerdo dessa igualdade. Da mesma forma, uma equação que representa uma lei ou um fenômeno físico também é homogênea. Isso significa afirmar que equação dimensional é a mesma, seja do lado direito seja do lado esquerdo da igualdade.

Cuidado especial devemos ter ao somar ou subtrair uma equação dimensional, pois elas devem ter as mesmas unidades e dimensionais. Assim, se

X = A + B → a dimensão de A é a mesma de B = dimensão de X.

Exemplo 3:

O cálculo do módulo da energia cinética de um corpo de massa m quando sua velocidade é v, é calculada baseada na fórmula: $E_c = m.v^2$. Vamos verificar a dimensional dos dois lados da equação.

A equação dimensional do lado esquerdo é:

$m.v^2 = m.\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2 = M.\left(\frac{L}{T}\right)^2 = M.L^2.T^{-2}$

A equação dimensional do lado direito é:

$E_c = m.v^2 = M.L^2.T^{-2}$

Ou seja, a dimensional de E_c (lado direito da equação) é a mesma de $m.v^2$ (lado esquerdo da equação).

Exercícios:

1 Encontre a equação dimensional das seguintes grandezas físicas:

a) velocidade escalar média;
b) energia potencial gravitacional
c) energia potencial elétrica;
d) energia potencial elástica;
e) potência mecânica.
Pergunta-se: As dimensionais de b, c e d são iguais? Justifique sua resposta.

2 Sabendo que a força centrípeta (F_c)depende da massa (*m)*, da velocidade escalar (*v*) do objeto e do raio (*R*) da órbita do movimento, determine a equação de definição da mesma. $F_c = f(m, R, v)$

3 As dimensões da constante da gravidade universal *G* em função das grandezas fundamentais do SI?

a)$M^{-1}L^3T^{-2}$
b)$M^{-1} L^3 T^2$
c)MLT^2
d)$ML^{-1} T^{-2}$
e)n.d.a.

4 (Unirio-RJ) Para o movimento de um corpo sólido em contato com o ar foi verificado experimentalmente que a intensidade da força de resistência **F,** é

determinada pela expressão $F_r = k \cdot v^2$, na qual **v** é o módulo da velocidade do corpo em relação ao ar, e **k**, uma constante. A unidade de **k**, no Sistema Internacional (SI) é dada por:

a) $kg \cdot m^{-1}$
b) $kg \cdot m$
c) $kg \cdot m \cdot s^{-1}$
d) $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
e) $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$

Referências:

FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de física de Feynman**: edição definitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008, p. 8-3 - 8-4.

STEM, N.; GIRALDEZ, D. C.; DA MATTA, J. A. S. **Medidas de Grandezas Físicas.** Disponível em:http://www.engonline.fisp.br/1ano/fisica1/apostfisp.pdf. Acesso em: 03/01/2014.

SÃO PAULO/USP. **Capítulo 1:** medidas físicas, grandezas e unidades. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce1302/Cap1.pdf. Acesso em: 08/01/2014.

RIO DE JANEIRO/IFRJ. **Medidas Físicas**. Disponível em: http://www.fisica.ufjf.br/disciplinas/labfis1/aula1.pdf. Acesso em: 08/01/2014.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARTS AND TECHNOLOGY- NIST.**The Internacional System of Units (SI)**.Special Publication 330, 2001 Edition.NIST special publication 330, 2001 Edition, 75 pages, (July 2001).Coden: NSPUEZ. Disponível em:http://www.checklist.org.br/d/internationalsystemofunits.pdf. Acesso em: 03/01/2014

BRASIL/MDA. **Tabela de medidas agrárias não decimal**. Disponível em: http://sistemas.mda.gov.br/arquivos/TABELA_MEDIDA_AGRARIA_NAO_DECIMAL. pdf Acesso em: 13/01/2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros. v.1. 5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.