17/10/2009 – MEF – Medidas Físicas

Obs.: É necessário o domínio de conceitos de matemática básica.
Não utilize esta pesquisa como fonte única de estudos.
Correções e adaptações serão feitas regularmente.

Medidas, Algarismos Significativos, Notação Científica e Unidades SI

"Nenhuma ciência pode progredir muito sem se valer de observações quantitativas. Isto significa que devemos fazer medidas".
(Química Geral, James E. Brady, Gerard E. Humiston, 1.2 MEDIDAS).

Atenção: todos os conceitos listados abaixo devem ser bem entendidos, caso contrário será impossível resolver qualquer exercício.

1. Conceitos iniciais

Medir: Significa comparar uma grandeza (G) com um padrão pré-estabelecido, definido como unidade (U).

Grandeza física: é tudo aquilo que pode ser medido, assim, são grandezas físicas o peso, a massa a velocidade e etc. Toda medida de grandezas é acompanhada por um símbolo definido como unidade (U). Dividem-se em grandezas fundamentais e derivadas, verifique as tabelas da unidade 6.

Medida mais provável: toda medida traz consigo erros intrínsecos, cujas causas podem ser as mais variadas, de modo que a informação deste erro deve obrigatoriamente fazer parte do resultado da medida. Assim definimos a medida de uma grandeza como o resultado da sua comparação com uma unidade padrão "M(G)" mais um valor correspondente ao erro provável "ΔM", e é representada desta forma:

$$G = \left[M(G) \pm \Delta M\right] U$$

O sinal $\pm$ indica que o erro provável pode tanto contribuir positivamente como negativamente na medida da grandeza, ou seja, a **medida mais provável** encontra-se entre:

$$\left\{\left[M(G) + \Delta M\right] e \left[M(G) - \Delta M\right]\right\} U$$

Ex: foi realizada uma medição da massa (m) de um objeto e expressa da seguinte forma:

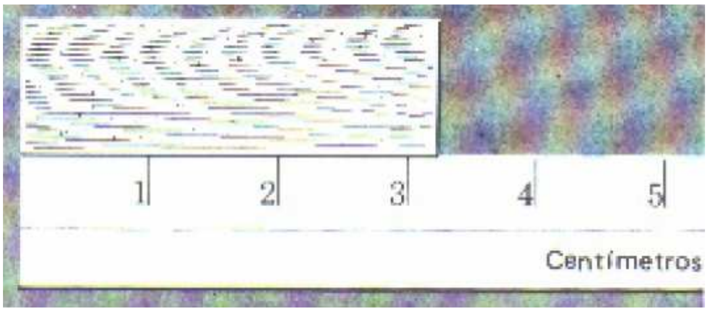
$$m = [101{,}25 \pm 0{,}04]\ g$$

O que esse resultado representa? O resultado indica que a grandeza tem um valor provável entre 101,21g e 101,29g, em virtude das condições em que a mesma foi realizada.

2. O que são <u>as</u> (algarismos significativos)?

Medida direta: é o valor que se obtém comparando-se diretamente o objeto com o padrão da grandeza. Ex: a (fig.01) é um exemplo de uma medida direta.

Medida indireta: são valores obtidos através de operações matemáticas com as medidas diretas.



(fig.01)

Ao realizar a medida, observamos que a peça de madeira tem 3 cm mais a incerteza, que poderíamos dizer estar entre 0,2 cm e 0,3 cm.

"Os dígitos obtidos como o resultado de uma medida chamam-se <u>as</u>, e nesta medida os <u>as</u> são aqueles que temos plena certeza, mais um duvidoso".

A medida na (fig.01) apresenta dois <u>as</u>. Todos os algarismos à direita de um duvidoso devem ser desconsiderados. O **algarismo duvidoso** é significativo e é considerado um indicativo na escala de medida (podendo variar de um experimentador para outro, *"depende do olho de quem mede"*).

A importância dos <u>as</u>, é que eles indicam a **precisão** de uma medida. A medida mais precisa é aquela que contém mais <u>as</u>.

Números aproximados: são mais comuns, resultam de medidas diretas ou indiretas e apresentam algum grau de incerteza. Dois termos descrevem a confiança de uma medida numérica e são elas:

*** A precisão:** Refere-se ao quão próximo duas medidas de uma mesma quantidade estão uma da outra (neste caso para duas medidas, mas podemos generalizar para **n** medidas). (O instrumento que fornece maior precisão em uma medida, é aquele fornece maior quantidade de <u>as</u>).
*** A exatidão:** Refere-se ao quão próximo uma medida está do valor verdadeiro. Geralmente uma medida mais precisa é também mais exata (exceto por instrumentos de medidas não calibrados).

A vírgula: sua função é distinguir entre inteiros e décimos, centésimos, milésimos..., de inteiros. Ex: 12,5 = 12 inteiros e cinco décimos.

Os zeros à esquerda: Em uma medida o algarismo zero à esquerda não é significativo, seu papel é ancorar a vírgula quando, por exemplo, na mudança de unidades de uma medida.

Os zeros à direita: A utilização do zero à direita é imprescindível (deve ser considerado), pois fixa a exatidão de uma medida, deixando ao próprio "zero à direita" o papel de algarismo duvidoso.

Ex: Utilizando-se uma régua decimetrada (décimos de metros), mediu-se o comprimento de uma caixa e obteve-se o valor de **12,0m**.

a) Quantos **as** tem esta medida?
b) Qual o erro em dizer que esta medida tem 12m?

Solução:

a) Existem 3 as, entendemos que os algarismos que estão à esquerda da vírgula são conhecidos com certeza, e o que está à direita é o duvidoso. Dizemos ainda que a medida está entre 11,9 e 12,1m, ou de outra forma $12{,}0 \pm 0{,}1m$.
b) Se dissermos que a medida tem 12m, o erro seria de um metro, a medida então estaria entre 11 e 13m, ou de outra forma $12 \pm 1m$.

3. Notação Científica (ou Notação Exponencial)

Quando a notação científica é utilizada, o número é escrito como o produto de um coeficiente e de um multiplicador. **O coeficiente é um número com apenas um digito do lado esquerdo da vírgula** (isto implica que ele pode ter infinitos algarismos a direita da vírgula). O multiplicador é o número 10 elevado a alguma potência. Por exemplo: o número 9.876.543 em notação científica é escrito do seguinte modo:

$$9{,}876\,543\times10^{6}$$

$$\text{neste caso 9 é o coeficiente, e } 10^{6} \text{ é o multiplicador}$$

Exercícios: Determine o número de algarismos significativos.

I)	II)	III)	IV)	V)
a) 7 b) 7,41 c) 7,414 d) 7,4	a) 7,40 b) 7,0000 c) 7,04 d) 7,0004 e) 7,0400 f) 700,4	a) ,007 b) 0,007 c) 0,00746 d) 0,00007 e) 0,00700 f) 700,007	a) 7×10^{-3} b) $7{,}46\times10^{-3}$ c) 7×10^{-5} d) $7{,}00\times10^{-3}$ e) $7{,}00007\times10^{2}$	a) $2{,}7\times10^{4}$ b) $2{,}7000\times10^{4}$ c) $2{,}70\times10^{4}$ d) $2{,}700\times10^{4}$
VI)				
a) 26,31; b) 26,01; c) 20,01; d) 20,00; e) 0,206; f) 0,00206; g) 0,002060; h) $2{,}06\times10^{-3}$; i) $2{,}060\times10^{-3}$; j) 606; k) $6{,}06\times10^{2}$; l) $1{,}00\times10^{21}$; m) 9,0000; n) 0,000005				

Respostas:

I) a) 1; b) 3; c) 4; d) 2	**II)** a) 3; b) 5; c) 3; d) 5; e) 5; f) 4	**III)** a) 1; b) 1; c) 3; d) 1; e) 3; f) 6
IV) a) 1; b) 3; c) 1; d) 3; e) 6	**V)** a) 2; b) 5; c) 3; d) 4	
VI) a) 4; b) 4; c) 4; d) 4; e) 3; f) 3; g) 4; h) 3; i) 4; j) 3; k) 3; l) 3; m) 5; n) 1		

Exercícios: Expresse os seguintes valores utilizando a notação científica.

I)
a) 393,68*; b) 0,1762; c) 1,4 milhão; d) 0,000 000 723; e) 0,000 000 700*; f) 0,000 000 7 g) 100,070; h) 1200 com dois <u>as</u>; i) 1200 com quatro <u>as</u>

Demonstrações:

a) 393,68

→ sabemos que a notação ciêntifica permite apenas um algarismo a esquerda da vírgula, então o valor deverá ser apresentado desta forma: 3,9368

→ mas sabemos também que não podemos alterar o valor original

→ e para isso usamos a base decimal (10)

→ contamos o número de casas que a vírgula andou para a esquerda

→ para a esquerda o valor do expoente seguirá positivo, e para direita negativo

$$393{,}68$$

+2 +1

→ esse número que contamos (chamaremos de x) será o expoente de dez $\left(10^{x}\right)$

→ então nosso resultado ficará da seguinte forma: $3{,}9368\times10^{2}$

e) 0,000 000 700

→ contamos as casas á direita

$$0{,}000\,000\,700$$

-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7

→ sabemos que devemos considerar os zeros a direita, pois são significativos

→ em notação científica: $7{,}00\times10^{-7}$

Respostas:

I) a) $3{,}9368 \times 10^{2}$; b) $1{,}762 \times 10^{-1}$; c) $1{,}4 \times 10^{6}$; d) $7{,}23 \times 10^{-7}$; e) $7{,}00 \times 10^{-7}$ f) 7×10^{-7}; g) $1{,}00070 \times 10^{2}$; h) $1{,}2 \times 10^{3}$; i) $1{,}200 \times 10^{3}$

4. Transformação de unidades (Análise dimensional).

A unidade de uma grandeza física determina uma dimensão, e Análise dimensional é o tratamento de unidades como "quantidades algébricas", ou seja, quando estivermos transformando alguma medida (acompanhada de sua respectiva unidade) em outra, chamaremos de análise dimensional. Em muitos casos precisamos transformar as medidas para uma mesma unidade, para podermos opera-las, ou seja não podemos calcular com unidades diferentes. **Normalmente passamos as medidas para a maior unidade presente no cálculo**, mas isso não é regra, o fato é que **não podemos alterar a quantidade de algarismos significativos**, isto ficará mais claro com os exercícios.

Exercícios: Transforme as medidas para metro (m), decâmetro (dam), hectômetro (hm) e quilometro (km), utilize a tabela de prefixos métricos da unidade 6.

a) 18,7dm *
b) 186,6cm
c) 1865,4mm

Respostas:

a) 1,87m = 0,187dam = 0,0187hm = 0,00187km;
b) 1,866m = 0,1866dam = 0,01866hm = 0,001866km
c) 1,8654m = 0,18654dam = 0,018654hm = 0,0018654km

Demonstrações:

$a)\ 18{,}7\text{dm} \rightarrow \text{m, dam, hm e km}:$

O método prático para transformar unidades consiste no seguinte, você deve saber as equivalências para assim poder calcular alguma coisa, veja:

$a)\ 18{,}7\text{dm} \rightarrow \text{m}$

Sabemos que 1 metro é igual a 10dm, então 18,7dm é igual a quantos metros?

montamos nossa cálculo da seguinte forma:

$$18{,}7\text{dm} \cdot \left(\frac{1\text{m}}{10\text{dm}}\right)$$

note que colocamos a unidade dm para baixo justamente para podermos cancelar:

$$\frac{18{,}7}{10} \cdot \left(\frac{\text{dm}}{\text{dm}}\right) \cdot (1\text{m}) = 1{,}87 \cdot (1) \cdot (1\text{m}) = 1{,}87\text{m}$$

$18{,}7\text{dm} \rightarrow \text{dam}$

$1\text{dam} = 10\text{m}$

$1\text{m} = 10\text{dm}$

agora montamos um esquema que nos permita cancelar as unidades:

$$18{,}7\text{dm} \cdot \left(\frac{1\text{m}}{10\text{dm}}\right) \cdot \left(\frac{1\text{dam}}{10\text{m}}\right) = \frac{18{,}7}{100} \cdot \left(\frac{\text{dm}}{\text{dm}}\right) \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{m}}\right) \cdot (\text{dam})$$

cancelamos tudo o que for possível:

$\rightarrow 0{,}187\text{dam} \rightarrow \text{em notação ciêntifica} = 1{,}87 \times 10^{-1}\text{dam}$

$18{,}7\text{dm} \rightarrow \text{hm}$

$1\text{m} = 10\text{dm}$

$1\text{hm} = 100\text{m}$

$$18{,}7\text{dm} \cdot \left(\frac{1\text{m}}{10\text{dm}}\right) \cdot \left(\frac{1\text{hm}}{100\text{m}}\right) = \frac{18{,}7}{1000} \cdot \left(\frac{\text{dm}}{\text{dm}}\right) \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{m}}\right) \cdot (\text{hm}) = 0{,}0187\text{hm ou } 1{,}87 \times 10^{-2}\text{hm}$$

$$18{,}7\text{dm} \to \text{km}$$
$$1\text{m} = 10\text{dm}$$
$$1\text{km} = 1000\text{m}$$
$$18{,}7\text{dm}\cdot\frac{1\text{m}}{10\text{dm}}\cdot\frac{1\text{km}}{1000\text{m}} = \frac{18{,}7}{10000}\text{km} = 0{,}00187\text{km ou } 1{,}87\times10^{-3}\text{km}$$

Exercícios: Transforme as medidas para centímetro (cm), milímetro (mm), micrometro (μm), nanômetro (nm) e angstrom ($\mathring{A}$), utilize as tabela de prefixos e conversões da unidade 6.

a) 18,7dm
b) 186,6cm
c) 1865,4mm *

Respostas:

a) 187cm = 187×10mm = $187\times10^{4}\,\mu$m = 187×10^{7} nm = $187\times10^{8}\,\mathring{A}$
b) 186,6cm = 1866mm = $1866\times10^{3}\,\mu$m = 1866×10^{6} nm = $1866\times10^{7}\,\mathring{A}$
c) 186,54cm = 1865,4mm = $18654\times10^{2}\,\mu$m = 18654×10^{5} nm = $18654\times10^{6}\,\mathring{A}$

Demonstrações:

$$\text{c) } 1865{,}4\text{mm} \to \text{cm, mm, } \mu\text{m, nm e } \mathring{A}:$$
$$1\text{cm} = 10\text{mm}$$
$$1865{,}4\text{mm}\cdot\left(\frac{1\text{cm}}{10\text{mm}}\right) = 186{,}54\text{cm}$$
$$1865{,}4\text{mm} \to \mu\text{m}$$

quanto maior a diferença entre as unidades, maior o número de relações temos que usar
é claro que podemos fazer mentalmente mas neste caso faremos passo – à – passo:

$$1\text{m} = 100\text{cm}$$
$$1\text{cm} = 10\text{mm}$$
$$1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$$
$$1865{,}4\text{mm}\cdot\left(\frac{1\text{cm}}{10\text{mm}}\right)\cdot\left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}}\right)\cdot\left(\frac{1\mu\text{m}}{10^{-6}\text{m}}\right)$$

Note que montamos a expressão sempre de acordo com a nossa necessidade de cancelar as unidades, veja que primeiro foi o mm, depois o cm e por último o m, sobrando o μm.

$$1865{,}4\cancel{\text{mm}}^{1}\cdot\left(\frac{1\cancel{\text{cm}}^{2}}{10\cancel{\text{mm}}_{1}}\right)\cdot\left(\frac{1\cancel{\text{m}}^{3}}{100\cancel{\text{cm}}_{2}}\right)\cdot\left(\frac{1\mu\text{m}}{10^{-6}\cancel{\text{m}}_{3}}\right)$$

Agora é só multiplicar e dividir o que sobrou da conta:

$$1865{,}4\cdot\left(\frac{1}{10}\right)\cdot\left(\frac{1}{100}\right)\cdot\left(\frac{1\mu\text{m}}{10^{-6}}\right) = 1865{,}4\cdot\left(\frac{1\mu\text{m}}{10\cdot10^{2}\cdot10^{-6}}\right) = 1865{,}4\cdot\left(\frac{1\mu\text{m}}{10^{1+2-6}}\right) = 1865{,}4\cdot\left(\frac{1\mu\text{m}}{10^{-3}}\right)$$

$$\text{e finalmente } (1865{,}4\mu\text{m})\cdot\left(\frac{1}{10^{-3}}\right) = 1865{,}4\times10^{3}\,\mu\text{m} = 18654\times10^{2}\,\mu\text{m}$$

$$\text{ou em notação ciêntífica: } 1{,}8654\times10^{6}\,\mu\text{m}$$

5. Operações com as.

Em quase todos os casos, utilizam-se os valores obtidos nas medições para calcular outras quantidades. As operações com esses valores geram cada vez mais incertezas, e a análise necessária para se chegar à maneira correta de expressar o resultado é claramente tediosa e demorada. Felizmente existem regras fáceis (não se assuste) que podem ser seguidas e evitam a análise dos cálculos.

Obs.: (1) Constantes como π (pi), e (número de Euler), e etc., não devem ser levadas em consideração para o arredondamento”

(2) Os arredondamentos **podem** ser feitos uma vez no final das operações, **mas não é regra**, e a seguir apresentaremos cálculos com arredondamentos parciais.

I. Arredondamento: Nos cálculos, arredonde para cima se o último dígito for maior que 5, se for menor que 5 o valor é conservado. Quando o número termina em 5, arredonde sempre para o número par mais próximo.

De outra forma: o número sublinhado indica onde devemos fazer o arredondamento, e **x é o número que influência o arredondamento** é está em negrito.

a) **Se x > 5, 50, 500... arredonde para cima.**
Ex: 1,$\underline{5}$**67** = 1,6 | 6,2$\underline{3}$**6** = 6,24 | 27,$\underline{7}$**9** = 27,8 | 18,$\underline{7}$**8** = 18,8

b) **Se x < 5, 50, 500... o valor é conservado.**
Ex: 3,8$\underline{7}$**2** = 3,87 | 4,9$\underline{6}$**0** = 4,96 | 27,$\underline{7}$**3** = 27,7 | 20,$\underline{9}$**4** = 20,9

c) **Se x = 5, 50, 500... arredonde para o nº. par mais próximo.**
Ex: 9,8$\underline{7}$**5** = 9,88 | 7,6$\underline{6}$**5** = 7,66 | 27,$\underline{5}$**5** = 27,6 | 27,$\underline{4}$**5** = 27,4

(c*) quando o número anterior (neste caso o sublinhado) for impar adicionamos uma unidade, e quando for par o algarismo é mantido.

Exercícios: Arredonde os valores nos algarismos sublinhados utilizando os critérios de arredondamento.

I)	II)	III)	IV)
a) 1524,$\underline{5}$500100 b) 12,1$\underline{2}$599875 c) 204,$\underline{9}$6501212 d) 0,0012$\underline{1}$521111 e) 0,1$\underline{3}$7298760	a) 69$\underline{9}$,05 b) 80,$\underline{0}$32 c) 27,$\underline{2}$4 d) 4,$\underline{8}$205 e) 0,5$\underline{4}$31	a) 1,5$\underline{5}$500 b) 0,003$\underline{5}$5 c) 12$\underline{9}$,500 d) 1,$\underline{9}$500 e) 0,8$\underline{0}$5 f) 25,1$\underline{0}$5 g) 2$\underline{8}$,500 h) 0,000$\underline{4}$500	a) 6$\underline{7}$,8 b) 0,003$\underline{6}$48 c) 0,00$\underline{3}$65 d) $9,\underline{2}72\times10^{-34}$ e) $4,\underline{6}51\times10^{22}$ f) 1$\underline{2}$7 g) $3\underline{2}40,1\times10^{-24}$

Respostas:

I)	a) 1524,6; b) 12,13; c) 205,0; d) 0,00122; e) 0,14
II)	a) 699; b) 80,0; c) 27,2; d) 4,8; e) 0,54
III)	a) 1,56; b) 0,0036; c) 130; d) 2,0; e) 0,80; f) 25,10; g) 28; h) 0,0004
IV)	a) 68; b) 0,0036; c) 0,0036; d) $9,3\times10^{-34}$; e) $4,7\times10^{22}$; f) $1,3\times10^{2}$; g) $3,2\times10^{-21}$

II) Regra da adição e subtração:

"O resultado de uma adição ou subtração, não deve conter mais dígitos após a vírgula do que o valor com menos dígitos após a vírgula, dentre os valores utilizados no cálculo".

Exemplos:

a)
$$\begin{array}{r} 4,371 \\ +\,302,5?? \\ \hline 306,871 \end{array}$$

De acordo com a regra arredondamos para $306,9$.

b)
$$\begin{array}{r} 137,?? \\ +\,11,51 \\ \hline 148,51 \end{array}$$

De acordo com a regra arredondamos para 149.

III) Regra da multiplicação e divisão:

"Para multiplicação e divisão, o produto ou quociente não deve possuir mais algarismos significativos do que o fator menos preciso utilizado no cálculo".

Exemplo: Multiplique as seguintes medidas: (6,2cm)(7,00cm).

$$\begin{array}{r} 6{,}2 \quad cm \\ \times 7{,}00 \; cm \\ \hline 43{,}4 \quad cm^2 \end{array}$$

A regra nos diz que a resposta não pode ter mais do que 2 as, uma vez que este é o numero de as do fator menos preciso. Assim arredondamos a resposta calculada de $43{,}4\;cm^2$ para $43\;cm^2$.

IV) Regra para potenciação, exponenciação, radiciação, logaritmação, e funções especiais (trigonométricas, hiperbólicas etc.)

"O resultado arredondado deve manter o número de algarismos significativos que se está operando".

Exemplo: Extrair a raiz quadrada de uma medida cujo valor numérico é 148,51.

$$\sqrt{148{,}51} = 12{,}18646791$$

$\rightarrow$ A regra nos diz que devemos manter o número de as que nos foi fornecido, então arredondamos para cinco as, e o resultado $12{,}186$.

$\rightarrow$ Podemos ainda verificar a validade da resposta elevando ao quadrado:

$(12{,}186)^2 = 148{,}498596 \rightarrow$ arredondamos para cinco as e temos:

$148{,}50 \rightarrow$ vemos que o resultado se aproximou bastante do valor original, mesmo não se tratando do mesmo número, concluimos que a regra é últil.

V) Números Exatos: São aqueles que não contém incertezas. Por exemplo: o número de jogadores em um time de basquetebol (exatamente 5), o número de centímetros em uma polegada e etc. Embora na ciência e na vida diária, a maioria dos números encontrados não são exatos. Ao utilizar esses números nos cálculos, considera-se que eles possuem um número infinito de as. Assim a conversão de um comprimento de 4,27m em decímetros faz-se da seguinte maneira:

$$4{,}27\ \text{m} \times \left(\frac{10\ \text{dm}}{1\text{m}}\right) = 42{,}7\ \text{dm}$$

Note que colocamos a unidade metro como denominador (de 1) para cancelarmos com o metro que estava acompanhando o numerador (de 4,27). Este é o método prático para transformação de unidades.
Neste exemplo o número de as da resposta foi determinado pelo número de as do comprimento medido.

Exercícios: Resolva utilizando as regras (as demonstrações estão marcadas com *):

I)	II)
a) $3{,}142 \div 8{,}05$ * b) $29{,}3 + 213{,}87$ c) $144{,}3 + (2{,}54)(8{,}3)$ * d) $1{,}473 \div 2{,}6$ e) $3{,}94 \times 2{,}122345$ f) $9 \times 0{,}00043$ g) $\left(6{,}734 \times 10^3\right) \div \left(7{,}41 \times 10^8\right)$	a) $\dfrac{3{,}6\left(7{,}431 \times 10^8\right)}{1{,}49\left(6{,}67 \times 10^4\right)}$ b) $\dfrac{(4{,}28)\left[60{,}621 - (606{,}1 - 598{,}38)^2\right]}{\left(\frac{146{,}7}{22{,}8}\right) - (6{,}67)(1{,}4)}$ *

Demonstrações:

I a) $\dfrac{3{,}142}{8{,}05} = 0{,}390310559 \Rightarrow 0{,}390$

I c) $144{,}3 + (2{,}54 \times 8{,}3) = 144{,}3 + (21{,}082) = 144{,}3 + 21 \Rightarrow 165$

II b)

$$\left\{(4{,}28)\left[60{,}621-(606{,}1-598{,}38)^2\right]\right\}\div\left[\left(\frac{146{,}7}{22{,}8}\right)-(6{,}67)(1{,}4)\right]$$

$\rightarrow$ devemos resolver separadamente para depois agruparmos os valores e solucionar:

$(606{,}1-598{,}38)^2=(7{,}7)^2=(59{,}29)$

$(60{,}621-59{,}29)=1{,}33$

$(4{,}28)(1{,}33)=5{,}6924\rightarrow$ arredondando em 3 <u>as</u> $=5{,}69$

$\rightarrow$ resolvemos o númerador $=5{,}69$

$\rightarrow$ agora resolvemos o denominador:

$\left(\frac{146{,}7}{22{,}8}\right)=6{,}43$

$(6{,}67)(1{,}4)=9{,}3$

$(6{,}43)-(9{,}3)=-2{,}87=-2{,}9$

$\rightarrow$ armando a conta: $\frac{5{,}69}{-2{,}9}=1{,}962068966\rightarrow$ arredondando: $-2{,}0$

Respostas:

I) a) 0,390; b) 243,2; c) 165 d) 0,57; e) 8,36; f) 0,004; g) $9{,}09\times10^{-6}$	
II) a) $2{,}7\times10^{4}$; b) -2,0	

Exercícios: Resolva utilizando as regras (as demonstrações estão marcadas com *):

I)	II)
a) 323 + 2,981 b) 29,368 - 0,004 c) 26,14 + 1,073 d) 4,673 – 10,1 e) 52,565 + 13 f) (126)(3,9) g) (4,638)(9,00) h) $\frac{67{,}6}{38}$ i) (52,19 + 1,68)(1,0 - 0,4) j) (67,323 - 67,1)(12,6 + 1,96) k) $3{,}8\times10^4\times1{,}6\times10^5$ l) $(3{,}8\times10^4)-(1{,}6\times10^5)$ m) $(3{,}22\times10^6)+(4{,}62\times10^3)$*	a) $(1{,}87\times10^4)+(4{,}61\times10^{-3})$ b) $(8{,}6\times10^{-4})(9{,}23\times10^8)$ c) $(9{,}5\times10^{-2})(127-8)$ d) $\frac{6{,}723\times10^{-5}}{1{,}00\times10^9}$ e) $\frac{1{,}4\times10^{14}}{6{,}09\times10^{-8}}$ f) $\frac{(121{,}4)(2{,}00\times10^{29})}{(6{,}439\times10^{21})(4{,}8389\times10^{-3})}$* g) $\frac{(26{,}78-27{,}14)(1{,}628\times10^{-3})}{(14{,}38+16{,}72)(7{,}234\times10^{-6})}$

Respostas:

I) a) 326; b) 29,364; c) 30,16; d) -5,4; e) 66; f) $4{,}9\times10^2$; g) 41,7; h) 1,8; i) 3×10^1; j) 3	
I) k) $6{,}1\times10^9$; l) $-1{,}2\times10^5$; m) $3{,}22\times10^6$	
II) a) $1{,}87\times10^4$; b) $7{,}9\times10^5$; c) 11; d) $6{,}72\times10^{-14}$; e) $2{,}3\times10^{21}$; f) $7{,}80\times10^{11}$; g) -2,6	

Demonstrações:

I m)

$\left(3{,}22 \times 10^{6}\right) + \left(4{,}62 \times 10^{3}\right) = ???$

$\longrightarrow$ para resolver o caso, precisamos passar ambos os valores para a mesma notação

$\longrightarrow$ um método prático é utilizar uma relação do menor para o maior, veja:

$4{,}62 \times 10^{3} = x \times 10^{6}$

$\longrightarrow$ isolamos o x:

$$x = \frac{4{,}62 \times 10^{3}}{10^{6}} = 4{,}62 \times 10^{3-6} = 4{,}62 \times 10^{-3} = 0{,}00462$$

$\longrightarrow$ agora podemos substituir o valor encontrado em x:

$x \times 10^{6} = 0{,}00462 \times 10^{6}$

$\longrightarrow$ efetuando a operação, vemos que podemos agrupar os multiplicadores, pois são iguais:

$$\left(3{,}22 \times 10^{6}\right) + \left(0{,}00462 \times 10^{6}\right) = (3{,}22 + 0{,}00462) \times 10^{6}$$

$= 3{,}22462 \longrightarrow$ arredondando: $3{,}22 \times 10^{6}$

$\longrightarrow$ este é o resultado final·

II f)

$$\left[(121{,}4)\left(2{,}00 \times 10^{29}\right)\right] \div \left[\left(6{,}439 \times 10^{21}\right)\left(4{,}8389 \times 10^{-3}\right)\right]$$

$\longrightarrow$ resolvendo o numerador:

$121{,}4 \times 2{,}00 \times 10^{29} = 242{,}8 \times 10^{29} \longrightarrow$ arredondando: 243×10^{29}

$\longrightarrow$ resolvendo o denominador:

$6{,}439 \times 4{,}8389 \times 10^{21} \times 10^{-3} = 31{,}16 \times 10^{21-3} = 31{,}16^{18}$

$\longrightarrow$ divindo: $\dfrac{243 \times 10^{29}}{31{,}16^{18}} = 7{,}798459564 \times 10^{29-18} = 7{,}798459564 \times 10^{11}$

$\longrightarrow$ arredondando: $= 7{,}80 \times 10^{11}$

Exercícios: Resolva utilizando as regras: (* para demonstrações)

OBS: A partir da letra (f) os resultados são expressos apenas numericamente, sem dimensão, isto é, são adimensionais (livre de dimensões).

a) $\sqrt[3]{\left(351{,}113\,m^{2}\right)^{2}}$ *

b) $(1{,}68\,V)^{-\pi}$*

c) $(444{,}4\,{}^{\circ}C)^{2{,}5}$*

d) $\left(0{,}0081\,g \times h^{-1}\right)^{-1}$*

e) $\left(0{,}006 \times 10^{4}\,mm\right)^{2}$*

f) $\tan(181{,}97\,{}^{\circ})$*

g) $\log\left(8{,}362045 \times 10^{-13}\,W \times m^{-2}\right)$*

h) $\ln\left(3{,}601 \times 10^{2}\,\dfrac{K}{mm^{3}}\right)$

i) $e^{-18{,}1}$

Respostas:

a) $4{,}976\,97 \times 10\,m^{\frac{4}{3}}$; b) $1{,}96 \times 10^{-1}\,V^{-\pi}$; c) $4{,}163 \times 10^{6}\,{}^{\circ}C^{2{,}5}$; d) $1{,}2 \times 10^{2}\,h \cdot g^{-1}$

e) $4 \times 10^{3}\,mm^{2}$; f) $3{,}439\,7 \times 10^{-2}$; g) $-1{,}207769 \times 10$; h) 5,886; i) $1{,}38 \times 10^{-8}$

Demonstrações:

a)

$$\sqrt[3]{\left(351{,}113m^2\right)^2}$$

$$\sqrt[3]{(351{,}113)^2 m^4} = \sqrt[3]{123\,280{,}338\,8m^4} = 49{,}76965226m^{\frac{4}{3}} = 4{,}976\,97 \times 10m^{\frac{4}{3}}$$

b)

$$(1{,}68V)^{-\pi} = \frac{1}{1{,}68^{\pi}V^{\pi}} = \frac{1}{5{,}103\,051\,888V^{\pi}} = 0{,}195961166V^{-\pi} = 0{,}196V^{-\pi} = 1{,}96 \times 10^{-1}V^{-\pi}$$

c)

$$(444{,}4\,°C)^{2{,}5} = (444{,}4\,°C)^{\frac{5}{2}} = \sqrt[2]{(444{,}4\,°C)^5} = \sqrt[2]{1{,}733286088 \times 10^{13}\,°C^5}$$

$$4\,163\,275{,}529\,°C^{\frac{5}{2}} = 4{,}163 \times 10^6\,°C^{2{,}5}$$

d)

$$\left(0{,}0081g \times h^{-1}\right)^{-1} = \frac{1}{0{,}0081g \times \frac{1}{h}} = \frac{1}{0{,}0081} \times \left(\frac{1}{\frac{g}{h}}\right) = 123{,}4567901 \times \frac{h}{g} = 1{,}2 \times 10^2\,h \cdot g^{-1}$$

e) $\left(0{,}006 \times 10^4\,mm\right)^2 = 0{,}000\,036 \times 10^8\,mm^2 = 3{,}6 \times 10^{-5+8}\,mm^2 = 4 \times 10^3\,mm^2$

f) $\tan(181{,}97\,°) = 0{,}034\,396\,541 = 0{,}034\,397 = 3{,}439\,7 \times 10^{-2}$

g)

$$\log\left(8{,}362045 \times 10^{-13}\,W \times m^{-2}\right) = ?$$

$\rightarrow$ aqui você pode jogar os valores numéricos na calculadora ou ainda separar o multiplicador do coeficiente de acordo com as propriedades dos logaritmos:

$$\log(8{,}362\,045) + \log\left(10^{-13}\right) = 0{,}922\,312\,5 + \left(-13\log 10\right) = 0{,}9223125 - 13 = -12{,}0776875$$

$$-1{,}207769 \times 10$$

6. O Sistema Internacional de Unidades (SI)

ATENÇÃO: SE NESCESSÁRIO CONSULTE O ARQUIVO "MEF: Tabelas de unidades de medida (*1)" PRESENTE NO SITE "GUIDG.COM" PARA PODER RESOLVER OS PRÓXIMOS EXERCÍCIOS.

I) O SI é composto de 7 unidades fundamentais de medidas. Todas as outras unidades existentes, são derivadas dessas por combinações apropriadas.

As sete unidades fundamentais do SI:

Grandeza Física	Nome da Unidade	Símbolo
Massa	Quilograma	kg
Comprimento	Metro	m
Tempo	Segundo	s
Corrente elétrica	Ampère	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensidade luminosa	Candela	cd
Quantidade de substância	Mol	mol

II) Tabela de prefixos métricos.

Fator	Prefixo	Símbolo
10^{24}	iota	Y
10^{21}	zeta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	**quilo**	k
10^{2}	**hecto**	h
10^{1}	**deca**	da

Fator	Prefixo	Símbolo
10^{-1}	**deci**	d
10^{-2}	**centi**	c
10^{-3}	**mili**	m
10^{-6}	**micro**	μ
10^{-9}	**nano**	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	iocto	y

III) Transformação de unidades com prefixos.

Prefixo	Fator de multiplicação	Exemplos	Símbolos
Quilo	$1000\ (10^{3})$	1 quilometro = 1000 metros $(10^{3}\ m)$	**km**
		1 quilograma = 1000 gramas $(10^{3}\ g)$	**kg**
Deci	$\frac{1}{10}\ (10^{-1})$	1 decímetro = 0,1 metro $(10^{-1}\ m)$	**dm**
Centi	$\frac{1}{100}\ (10^{-2})$	1 centímetro = 0,01 metro $(10^{-2}\ m)$	**cm**
Mili	$\frac{1}{1000}\ (10^{-3})$	1 milímetro = 0,001 metro $(10^{-3}\ m)$	**mm**
		1 milissegundo = 0,001 segundo $(10^{-3}\ s)$	**ms**
		1 miligrama = 0,001 grama $(10^{-3}\ g)$	**mg**
Micro	$\frac{1}{1000000}\ (10^{-6})$	1 micrometro = 0,000 001 metro $(10^{-6}\ m)$	**μm**
		1 micrograma = 0,000 001 grama $(10^{-6}\ g)$	**μg**
Nano	$\frac{1}{1000000000}\ (10^{-9})$	1 nanômetro = 0,000 000 001 metro $(10^{-9}\ m)$	**nm**
		1 nanograma = 0,000 000 001 grama $(10^{-9}\ g)$	**ng**

IV) Exercícios: Análise dimensional (Refazer as demonstrações * e resolver os demais exercícios)

a) Expresse 172 cm em dm.*

b) Expresse 0,255 dm^3 em cm^3.*

c) Um objeto está-se movendo a uma velocidade de $14{,}2cm\cdot s^{-1}$, expresse esta velocidade em quilômetros por hora $\left(km\cdot h^{-1}\right)$.*

d) Converta 17,6cm em (I) mm, (II) m, (III) km, (IV) nm.

e) Expresse a altura de uma pessoa, 6,00 ft em centímetros.

f) Expresse em onças a massa de 250g de um pacote de cereais.

g) Converta a densidade $11700kg\cdot m^{-3}$ em gramas por centímetro cúbico $\left(g\cdot cm^{-3}\right)$.

h) Expresse a densidade $6{,}5\ g\cdot mm^{-3}$ em microgramas por nanômetro cúbico $\left(\mu g\cdot nm^{-3}\right)$.

i) Expresse a aceleração $9{,}81\ m\cdot s^{-2}$ em quilômetros por hora ao quadrado $\left(km\cdot h^{-2}\right)$.

j) Converta $5{,}0g\cdot cm^{-3}$ em (I) g/mL, (II) g/L, (III) kg/mL, (IV) kg/L, (V) $kg\cdot m^{-3}$, (VI) $g\cdot m^{-3}$

k) Transforme a medida $148{,}0N\cdot m^{-2}$ para a unidade $g\cdot cm^{-1}s^{-2}$, expresse o resultado em notação científica.

Respostas:

a) 172,2dm; b) $255cm^3$; c) $0{,}511km\cdot h^{-1}$;
d) (I) 176mm, (II) 0,176m, (III) $1{,}76\times10^{-4}\,km$, (IV) $1{,}76\times10^{8}\,nm$
e)183cm; f) 8,82oz; g) $11{,}7g\cdot cm^{-3}$; h) $6{,}5\times10^{-12}\,\mu g\cdot nm^{-3}$; i) $1{,}27\times10^{5}\,km\cdot h^{-2}$
j) (I) $5{,}0g\cdot mL^{-1}$; (II) $5{,}0\times10^{3}\,g\cdot L^{-1}$; (III) $5{,}0\times10^{-3}\,kg\cdot mL^{-1}$; (IV) $5{,}0kg\cdot L^{-1}$;
j) (V) $5{,}0\times10^{3}\,kg\cdot m^{-3}$; (VI) $5{,}0\times10^{6}\,g\cdot m^{-3}$; k) $1{,}480\times10^{3}\,g\cdot cm^{-1}\cdot s^{-2}$

Demonstrações:

a)

$$172cm = xdm$$
$$\text{sabemos que } 1dm = 10cm$$
$$\rightarrow \text{montamos um esquema que nos permita cancelar as unidades indesejadas}\cdot$$
$$172cm\cdot\left(\frac{1dm}{10cm}\right)=\frac{172dm}{10}=17{,}2dm$$

b)

$$0{,}255\,dm^3 = xcm^3$$
$$\text{sabemos que } 1\ dm = 10cm$$
$$\rightarrow \text{para obter uma relação cúbica basta elevar ao cubo dos dois lados da igualdade}\cdot$$
$$(1dm)^3=(10cm)^3 \Rightarrow\ 1dm^3=10^3cm^3$$
$$\rightarrow \text{montamos um esquema que nos permita cancelar as unidades indesejadas}\cdot$$
$$0{,}255dm^3\cdot\left(\frac{10^3cm^3}{1dm^3}\right)=0{,}255\cdot10^3cm^3=0{,}255\cdot1000cm^3=255cm^3$$

c)

$14{,}2\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1} = x\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

sabemos que 1m = 100cm, e que 1000m = 1km

$\longrightarrow$ utilizando a regra de três:

$$1\text{m} \quad = 100\text{cm}$$
$$10^3\ \text{m} = x$$

$\longrightarrow$ multiplicando em cruz temos:

$$1\text{m}\cdot x = 10^3\ \text{m}\cdot 100\text{cm}$$
$$1\text{m}\cdot x = 10^3\ \text{m}\cdot 10^2\ \text{cm} = 10^5\ \text{m}\cdot\text{cm}$$

$\longrightarrow$ isolando o x temos:

$$x = \frac{10^5\ \text{m}\cdot\text{cm}}{1\text{m}} = 10^5\ \text{cm}$$

$\longrightarrow$ da relação anterior concluimos que: $10^3\ \text{m} = 1\text{km} = 10^5\ \text{cm}$

sabemos também que $1\text{h} = 60\text{min} = 3600\text{s}$

$\longrightarrow$ agora montamos o esquema que nos permita cancelar as unidades indesejadas:

$$\left(\frac{14{,}2\text{cm}}{\text{s}}\right)\cdot\left(\frac{1\text{km}}{10^5\ \text{cm}}\right)\cdot\left(\frac{3600\text{s}}{1\text{h}}\right) = \left(\frac{14{,}2\cdot 3600\text{km}}{10^5\ \text{h}}\right) = \left(\frac{51120\text{km}}{10^5\ \text{h}}\right)$$

$$= \frac{51120\text{km}}{100000\text{h}} = \frac{0{,}5112\text{km}}{\text{h}} = 0{,}511\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$$

$\longrightarrow$ de acordo com a regra da multiplicação e divisão, arredondamos o resultado para três algarismos significativos $\cdot$

Fontes de pesquisa e estudo:

Química Geral, Vol. 1, 2ª Edição – James E. Brady, Gerard E. Humiston.
Princípios de Química, 3ª Edição – Peter Atkins, Loretta Jones.
Química Geral, Vol. 1, 2ªEdição – John B. Russell
Apostila do curso: Medidas e Algarismos Significativos, Física Experimental.
UDESC – CCT (Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Tecnológicas).
Curso, Disciplina: LEF – Licenciatura em Física, MEF – Medidas Físicas